

骨内インプラントの骨接触率に関する考察

—非脱灰研磨標本数と骨接触率の信頼性との関わり—

和田本昌良, 佐藤 裕二, 相良 正明, 久保 隆靖

橋本 正毅, 和田本小百合, 赤川 安正

A Study on Bone Contact Ratio around an Endosseous Dental Implant

— The Relation between the Number of Undecalcified Ground Sections
and Reliability of Bone Contact Ratio —

Masayoshi Wadamoto, Yuuji Sato, Masaaki Sagara, Takayasu Kubo, Masaki Hashimoto,
Sayuri Wadamoto and Yasumasa Akagawa

(平成6年9月30日受付)

緒 言

骨内インプラントが、長期にわたり良好な機能を営むためには、種々の条件が要求されるが、なかでも骨内での強固な支持は最も重要なものの1つである。この骨内支持の確立には、インプラント周囲の骨構造を評価することが是非とも必要であると考えられる。

従来より、インプラント周囲の骨構造の評価は組織学的ならびに形態計測学的観察、X線学的観察、さらには力学的試験（インプラント押し出し試験^{1,2)}、インプラント除去トルク値の測定³⁻⁵⁾など）によりなされてきた。なかでも、組織破壊や薄切時の変形が少なく、インプラントとともに周囲骨構造を観察できる非脱灰研磨標本を用いての組織学および骨接触率を指標とする形態計測学的手法で検討することがもっぱらなされてきた。しかし、これらの方法では、得られる標本の厚さに比較して薄切時に失う組織部が多いため、1本のインプラントから数枚の周囲組織標本しか得られない欠点がある。実際、従来からの報告の多くは、わずかに数枚から得られる骨接触率で周囲骨界面を評価しており、実際の骨構造を表現しているとはいえない。我々は、これらの問題を克服できる骨構造の評価法としてインプラント周囲骨構造の三次元構築法

を確立した^{6,7)}。そこで、この方法から得られた真の骨接触率と、従来からの骨接触率の評価方法を比較することにより、1本のインプラントから何枚の標本を作製すれば、信頼性の高い形態計測学的評価ができるかを明らかにしようとして以下の検討を行った。

材料および方法

実験動物には、雌性ニホンザル成猿（体重6~8kg）3頭を用いた。 $\overline{M_1P_2P_1}$ 、 $\overline{P_1P_2M_1}$ のうちインプラントを埋入する予定側の歯を連続的に抜去し、3か月以上の治癒期間をおいた後、その部をインプラント埋入部位とした。インプラントには、円柱状チタン合金（Ti6Al4V、直径3.6mm、長さ8.0mm）表面に厚さ約50 μ mのハイドロキシアパタイトがコーティングされているアパタイトコーティング・チタン合金インプラント（京セラ株式会社）を用いた（以下インプラントと略す）（図1）。

各動物の埋入予定部位に各1本ずつ以下の方法で埋入した。インプラント植立専用エンジン（Royal Handengine® bone surgery system, ローヤル製作所）に、ガイドドリル、トレフィンバーおよびボトムフォーマーを順次装着し、毎分800回転の低速度で滅菌生理食塩水の注水下に骨窩を形成した。次いで、専用のエキスパンドリマーにて骨窩をインプラント直径より約100 μ m大きく拡大し、カバースクリューを装着したインプラントをその上縁が骨窩の頬舌側縁の高さとほぼ一致するよう手指にて埋入した。剝離した

広島大学歯学部歯科補綴学第一講座（主任：赤川安正教授）本研究は一部文部省科学研究費補助金（一般研究（B）平成3~4年度 No. 03454450）によった。

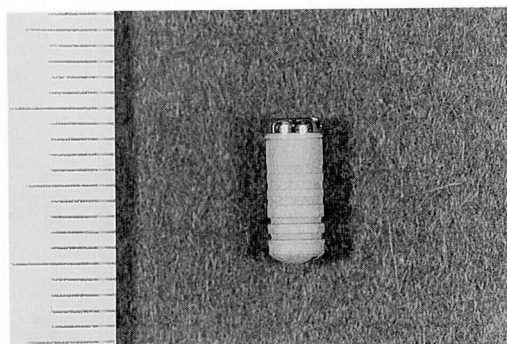


図1 実験に用いたアパタイトコーティング・チタン合金インプラント（直径 3.6 mm, 長さ 8.0 mm）. 上部にはカバースクリューが装着されている. このインプラントは骨内に完全に埋入された.

粘膜骨膜弁を戻してインプラント上部を完全に被覆後、緊密に縫合して埋入操作を終えた。埋入した各動物のインプラントは、1 頭目の $\overline{P_2M_1}$ 相当部のものを No. 1, 2 頭目の $\overline{M_1P_2}$ 相当部のものを No. 2, 3 頭目の $\overline{P_1P_2}$ 相当部のものを No. 3 とした。

埋入 3 カ月後に動物を屠殺し、インプラントを含む下顎骨を摘出し、近遠心幅約 15 mm にトリミング後、10% 中性ホルマリンにて浸漬固定した。その後アルコール系列にて脱水し、スチレンモノマーによる透徹操作を経てポリエステル樹脂（リゴラックレジン[®], 応研商事）に包埋した。得られた組織ブロックは、硬組織薄切機（EXAKT-CUTTING GRINDING SYSTEM, EXAKT APPARATEBAU）を用いて切断し、インプラント近遠心部にそれぞれ約 1 mm の骨を残したインプラントを含む組織ブロックを用意した（図 2）。

我々の開発した三次元構築法の概略を図 3 に示した。組織ブロックを超精密研磨装置（MICROGRINDING MACHINE MG4000E, EXAKT APPARATEBAU）を

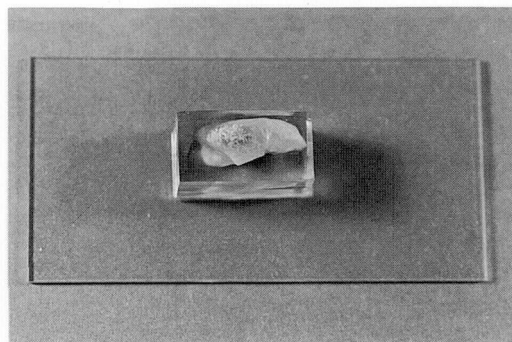


図2 超精密研磨装置で研磨できるように用意した組織ブロック。

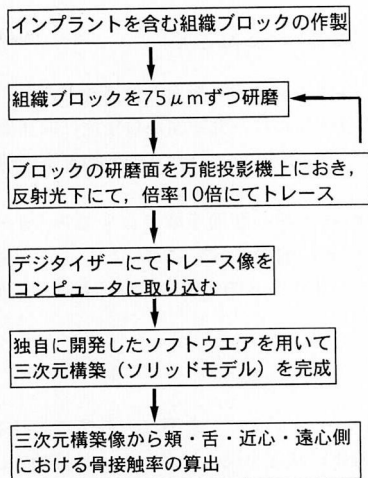


図3 三次元構築像を得るまでの手順。

用いて 75 μm 研磨し、その研磨面を万能投影機（Profile Projector V-16E, 日本光学工業株式会社）上に置き、インプラント周囲の骨構造を観察、1 枚のトレース像を得た。インプラント近心 1 mm の骨部から遠心 1 mm まで、75 μm 毎に研磨からトレースに及ぶ操作を繰り返し、連続する 70 枚の顎骨断面像を得た。この断面像をデジタイザーにより、パーソナルコンピュータ（PC9801-ES2, 日本電気株式会社）に取り込み、独自に開発したソフトウェアを用いてインプラント周囲骨構造の三次元構築を行った。なお、ディスプレイ画面の 1 画素が 1 辺 75 μm の立方体の集合からなるソリッドモデルによるコンピュータグラフィックスとしたことにより、任意の断面における切断像が表示でき、その部の骨接触率の算出も可能となった。インプラント周囲骨の三次元構築像から任意断面を取り出し、次の式で骨接触率を求めた。

骨接触率 =

$$\frac{\text{インプラント表面に接する骨の総画素数}}{\text{インプラント表面に接する総画素数}} \times 100\%$$

骨接触率を算出する際に設定したインプラント表面は、インプラントのカバースクリューを除いた上端から低部中央までの範囲とし、さらに頬側、舌側、近心、遠心の各側に分けた。これらのインプラントの頬舌側あるいは近遠心側方向から 75 μm 間隔で連続する 32 断面についてそれぞれの骨接触率を求めた。

次いで、32 断面の骨接触率の平均値と、32 断面から任意に数枚を取り出し平均した骨接触率の値との差を平均偏差とし、以下の式で求めた。

$$\text{平均偏差} = \left| \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} - \bar{X} \right|$$

\bar{X} : 各側における32断面の骨接触率の平均値
 n : 各側における32断面から任意に取り出した数
 X_i : 任意に取り出した個々の骨接触率の値

32断面から n 個の断面を取り出す組み合わせ $32! / (32-n)! \cdot n!$ 個のすべてについて、その平均偏差を求め、n が 1 から 6 の場合のそれぞれの平均値を算出した。

結 果

No. 1 のインプラントを例に、各側における32断面の骨接触率の状況を図4に示した。骨接触率は各断面により差が存在した。次に、3本のインプラントの頬・舌・近心・遠心の各側について任意に取り出した断面数とそのすべての組み合わせから算出された平均偏差の平均との関係を示した(図5)。各側とも、値に多少の違いはあるものの、取り出す断面数が多くなるほど平均偏差は減少し、この値が5%以下になるのは各側での断面数が3個以上の場合であり、約3%になるのは5個から6個の断面数を取り出した場合であった。

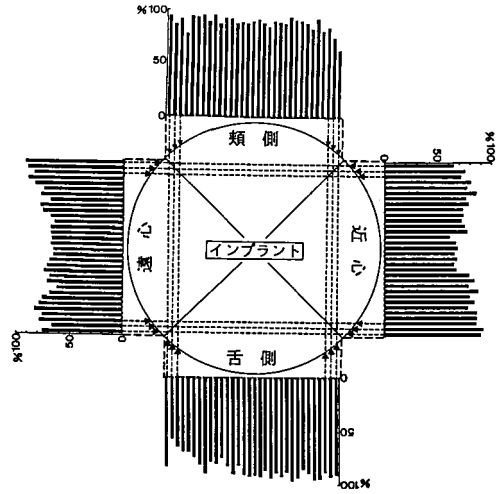


図4 インプラント表面の骨接触率。頬、舌、近心、遠心の各側における 75 μm 間隔からなる32断面のそれぞれの骨接触率を示している (No. 1 インプラント)。

考 察

本研究の結果、骨接触率を求める際には、標本数が3枚あれば約5%、5枚から6枚採れると3%程度全

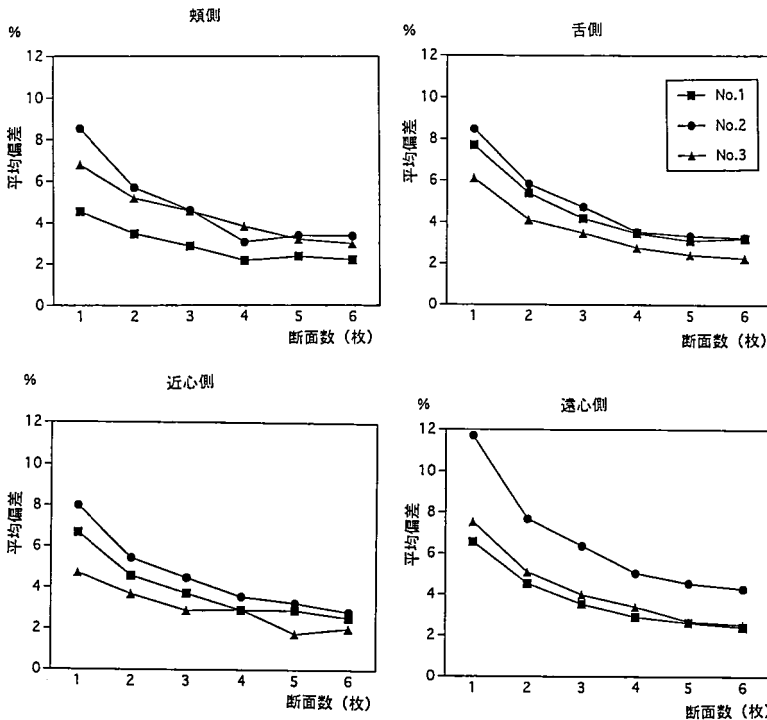


図5 各側における断面数と平均偏差との関係。断面数が多くなるに従い、平均偏差が減少している。

平均値と異なることが判明した。

組織形態計測の一つである骨接触率は、インプラントに対する骨反応の数量的解析として、最近よく用いられており^{8,9)}、骨接触率が高いことはより確かな骨内支持が得られているとみなされている。しかし、従来検討されてきた骨接触率の算出に用いられた標本数をみると、1本のインプラントから Akagawa ら¹⁰⁾、Hayashi ら¹¹⁾は1枚を、井上ら¹²⁾、Deporter ら¹³⁾は2ないし3枚を、Buser¹⁴⁾は水平断の8枚である。実際、非脱灰研磨標本の作製過程において、ブロックを切断するためのバンド・ソー（鋸の刃）の厚さが約200 μm あるため、切断すると約200 μm 以上のブロックが失われる。もとより、骨界面はインプラント周囲全域にわたるものであるから、検討する標本数はより多い方が、インプラント周囲骨構造を正確に把握するうえに好ましいことは論を待たない。しかし、先に述べたように1本のインプラントから得られる非脱灰研磨標本の数を増やすことには方法論的に困難があり、骨界面の評価に適切な標本の枚数については明らかにされていないのが現状である。そこで、非脱灰研磨標本の数とそれらより算出される骨接触率の信頼性について検討を試みた。各側における75 μm 間隔の各断面像をそれぞれ各非脱灰研磨標本に相当するものとし、その断面数と平均値からの“ちらばり”を示す指標である平均偏差¹⁵⁾との関係を求めた。その結果、1本のインプラントから1枚の標本を採り出すだけでは約5～12%のちがいが生じ、得られた骨接触率にかなりのばらつきがあること、標本数を3枚にすると約5%に誤差は減少し、5枚から6枚に増やすと約3%に収束など、標本数を多くするほど骨接触率のばらつきが少なくなり、信頼性が増すことが明らかになった。

また、異なる条件下で骨接触率を比較し、実際統計学的に有意 ($P < 0.05$) であった平均値の差をみると、Hayashi ら¹¹⁾の報告では16%、井上ら¹²⁾は20%、Deporter らは12%¹⁶⁾であった。今回の結果、すなわち1本のインプラントから1枚の標本を得た場合の誤差が約5～12%、2枚で約3.5～8%、3枚で約3～6.5%であったことを併せ考えると、1本から1ないし2枚の標本だけでは、統計学的に信頼性が低いと考えられる。一方、標本数が多いほど骨接触率のばらつきが小さくなり信頼性は高くなるものの、1本のインプラントから5ないし6枚の標本を常に得るには技術的に極めて難しい。本研究の結果は、骨接触率を検討する際には、1本のインプラントから少なくとも3枚以上の標本を作製して、検討することが実際の生体内で存在している骨構造をよく把握する上で望ましいこ

とを示唆している。

総 括

骨内インプラントの骨接触率に関して、非脱灰研磨標本数と骨接触率の信頼性との関わりを、インプラント周囲骨の三次元構築法を用いて検索した結果、信頼性の高い形態計測学的評価には1本のインプラントから3枚以上の標本を作製して検討する必要性が示唆された。

文 献

- 1) 石田光輔：アパタイトセラミックインプラントの骨組織による保持に関する組織学的研究。口病誌 51, 337-371, 1984.
- 2) Cook, S.D., Kay, J.F., Thomas, K.A. and Jarcho, M.: Interface mechanics and histology of titanium and hydroxylapatite-coated titanium for dental implant applications. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 2, 15-22, 1987.
- 3) Johansson, C.B. and Albrektsson, T.: Integration of screw implants in the rabbit. A 1-year follow-up of removal torque of titanium implants. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 2, 69-75, 1987.
- 4) Johansson, C.B., Sennerby, L. and Albrektsson, T.: A removal torque and histomorphometric study of bone tissue reactions to commercially pure titanium and vitallium implants. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 6, 437-441, 1987.
- 5) Sennerby, L., Thomsen, P. and Ericson, L.E.: A morphometric and biomechanical comparison of titanium implants inserted in rabbit cortical and cancellous bone. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 7, 62-71, 1992.
- 6) Akagawa, Y., Wadamoto, M., Sato, Y. and Tsuru, H.: The three-dimensional bone interface of an osseointegrated implants: A method for study. *J. Prosthet. Dent.* 68, 813-816, 1992.
- 7) 赤川安正, 和田本昌良, 佐藤裕二：目でみるインプラント周囲の骨構造 コンピュータグラフィックスによるインプラント界面骨の理解。Dental Implantology 1, 6-14, 1994.
- 8) Deporter, D.A., Watson, P.A., Pilliar, R.M., Melcher, A.H., Winslow, J., Howley, T.P., Hansel, P., Maniopoulos, C., Rodriguez, A., Abdulla, D., Parisien, K. and Smith, D.C.: A histological assessment of the initial healing response adjacent to porous-surfaced, titanium alloy dental implants in dogs. *J. Dent. Res.* 65, 1064-1070, 1986.
- 9) Satomi, K., Akagawa, Y., Nikai, H. and Tsuru, H.: Bone-implant interface structures after non-tapping and tapping insertion of screw-type titanium alloy endosseous implants. *J. Prosthet. Dent.*, 59, 339-342, 1988.

- 10) Akagawa, Y., Satomi, K., Nikai, H. and Tsuru, H.: Initial interface between submerged hydroxyapatite-coated titanium alloy implant and mandibular bone after nontapping and tapping insertions in monkeys. *J. Prosthet. Dent.* **63**, 559-564, 1990.
- 11) Hayashi, K., Uenoyama, K., Matsuguchi, N. and Sugioka, Y.: Quantitative analysis of in vivo tissue response to titanium-oxide and hydroxyapatite-coated titanium alloy. *J. Biomed. Mater. Res.* **25**, 515-523, 1991.
- 12) 井上 孝, 下野正基, 羽賀通夫, 飯島俊一, 武田孝之, 関根 弘, 岸 正孝, 小宮山彌太郎, 吉田浩一: ビーグル犬における骨結合型骨内インプラントのレントゲンのらびに組織学的検索—特に ITI および Brånemark インプラントの比較—*歯科学報* **91**, 613-626, 1991.
- 13) Deporter, D.A., Watson, P.A., Pilliar, R.M., Chipman, M.L. and Valiquette, N.: A histological comparison in the dog of porous-coated vs. threaded dental implants. *J. Dent. Res.* **69**, 1138-1145, 1990.
- 14) Buser, D., Schenk, R. K., Steinemann, S., Fiorellini, J.P., Fox, C.H. and Stich, H.: Influence of surface characteristics on bone integration of titanium implants. A histomorphometric study in miniature pigs. *J. Biomed. Mater. Res.* **25**, 889-902, 1991.
- 15) 小川 龍: 臨床医のためのやさしい医学統計学—増補版—. 真興交易(株)医書出版部, 東京, 1988.