

# インプラントの骨接触率と骨占有率に対する咬合荷重の影響 Bone contact and bone occupancy around single stage implant loaded and unloaded

利森 仁, 添田義博, 高安勇輝, 中西 功, 早川雅秀, 杉本忠雄, 川原 大  
Hitoshi Toshimori, Yoshihiro Soeda, Yuki Takayasu, Ko Nakanishi,  
Masahide Hayakawa, Tadao Sugimoto, Dai Kawahara

臨床器材研究所

Institute of Clinical Materials, 1-22-27 Tokocho, Moriguchi, Osaka 570-0035

Two stage implants have become to be mainstream because osteogenesis and osseointegration were disturbed by micromotion at the implant bone interface under the biting stress of mastication. In recent year, two stage implants have been used as a single stage implant for immediate placement and immediate loading to accomplish early recovery of function and esthetics, and the 10 years survival rates demonstrated 80 to 100%. Statistical analysis of Institute of Clinical Materials, ICM on 55 immediate loading implants demonstrated high survival rate of  $92.3 \pm 7.3\%$  for 10 years or more. These high survival rates were performed with recent development of accurate predictability on bone quantity (morphology) and quality (density). As an inevitable result, single stage implant might be revived as a latest implant procedure. Clinical investigations on sapphire screw implants of single stage demonstrated high survival rates of  $92.65 \pm 8.40\%$ . In this study, histometric measurement on bone contact (BC) and bone occupancy (BO) to/around the implant surface were carried out for the purpose of analyzing the successful condition of the sapphire screw implant under functional load and compared with BC and BO under unload condition. Single stage implant made of single crystal sapphire is supported steadily with BC of  $49 \pm 19\%$  to  $69 \pm 19\%$  and BO of  $18 \pm 18\%$  to  $82 \pm 10\%$ , regardless of load and unload, when the implant is steadily fixed in cortical bone with sufficient quantity (morphology) and quality (density) at the beginning of installation. BO of loaded implants become to be more increased and dense compared with that of unloaded implant since 8 weeks post implantation.

**key words:** bone contact, bone occupancy, loaded/unloaded

## 目 的

Two stage implant は咬合応力下での micromotion による骨成長の抑制と破壊を回避する技法として現在定着している。近年 two stage インプラントを single stage インプラントとして直後荷重に活用する臨床家が増加しており, ICM 所属の 6 歯科クリニックにおける直後荷重インプラントの 10 年間の生存率は  $92.3 \pm 7.3\%$  ( $n=55$ ) を示している [1]。より高い生存率は X 線画像による骨組織の質 (密度) 量 (形態) の解析, CT 画像による 3 次元診断などの進歩によりさらに確固なものとなるだろう。このような現状からすると最近における single stage implant の急速な活用頻度の増大は当然

のことであろう。筆者らは 1975 年に single stage implant として sapphire screw implant を開発し, 臨床に活用してきた。その 10 年以上の生存率は  $81-92.65\%$  の高率を示している [2][3]。本研究では single stage implant における直後荷重の成功要因を解析するために sapphire screw implant (Bioceram® 3SIS, 京セラ) をカニクイザルの顎骨に埋入しインプラント周囲の骨接触率 (BC) と骨占有率 (BO) を組織計測法にて計量して, 埋入直後より咬合荷重させた荷重実験群と咬合を回避させた非荷重実験群の BC と BO を比較検討した。

## 材料と方法

カニクイザル 4 匹の上下顎左右 M1, M2 を抜歯 6 ヶ月後に合計 32 本の sapphire screw implant (Bioceram® 3SIS, 京セラ) を右側に各 2 本埋入し, 1 週後に Au-Pd-Ag 冠にて連結装

着し、咬合応力に対応できるように設計した(以下、荷重群と略記). 左側各 2 本は P2 と M3 を支台とした Au-Pd-Ag 棒状ブリッジにより咬合荷重から解放されるよう設計した(以下、非荷重群と略記). 埋入トルク値は  $38 \pm 6 \text{ Ncm}$  で埋入直後の PTV 値は -1 以下であった. なお、トルク値、PTV 値が不十分な 1 本については埋入位置を変えて再埋入して実験に供した. 実験動物は埋入 1, 4, 8, 16 週後にバルビタールによる全身麻酔下で 3% glutaraldehyde 溶液にて頸動脈経由で還流固定した. 金属冠、ブリッジおよびインプラントを除去した後、顎骨から採取した組織ブロックを 10% 蟻酸 10% ホルマリン液内にて脱灰固定した. 組織ブロックはセロイジン封埋し、近遠心方向で  $20 \mu\text{m}$  厚径の切片とし、HE およびアザンマローリー法で染色した.

インプラントに対する骨接触率 (BC) と骨占有率 (BO) は NIH Image Version 1.61 にて計測した. BC と BO の計測部位はインプラントの皮質骨層貫通部の骨髄側内縁から約 1.0mm はなれた第 1 ネジ山から第 4 ネジ山間の

3.0mm 範囲に限定した. その理由は、インプラント周囲の骨成長はインプラント貫通部位の皮質内縁からの距離に深く影響されるからである.

### 結果

BC はインプラント埋入 1 週間後では骨孔形成時に飛散した切削骨片が埋入インプラント周辺、とくにネジ山間の間葉組織内に散在していた. そして、その一部は骨成長の足場となっていたが、埋入 1 週後の BC は 0% であった. 4 週後の BC は荷重群で  $52 \pm 21\%$ 、非荷重群で  $49 \pm 19\%$  を示し、1 週から 4 週にかけて顕著な BC の増大が見られた. これに反し 4 週から 16 週にかけては BC の増大はほとんど認められなかった (Table).

BO については埋入後 1 週から 16 週にかけて徐々に増大し、とくに 16 週後の荷重群の BO は  $82 \pm 10\%$  を示し非荷重群の  $58 \pm 11\%$  に比較して 1.5 倍強の大きい値を示した (Table, Figure).

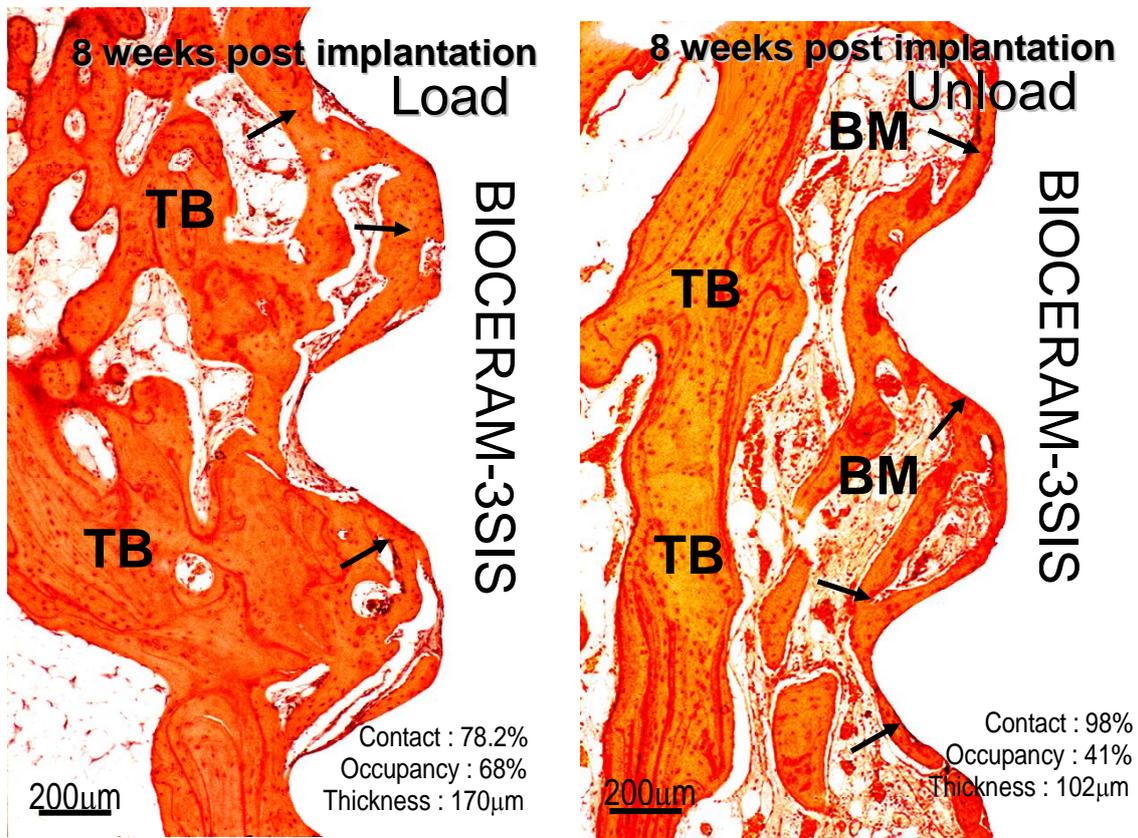


Figure Bone contact and occupancy 8 weeks post implataion

Arrow : implant sheath bone

TB : trabecular bone

BM : bone marrow

Loading Term	1 week	4 weeks	8 weeks	16 weeks
--------------	--------	---------	---------	----------

and Table Load/Unload	Bone Contact and Bone Occupancy to Implant Surface						
	Load	Load	Unload	Load	Unload	Load	Unload
Bone contact (%)	0	52±21	49±19	56±19	63±20	61±26	69±19
Bone occupancy (%)	13±11	27±9	18±18	67±18	40±15	82±10	58±11

## 考 察

BCの増大は埋入後1週から4週までにほぼ完了し、4週から16週にかけて漸増したが、有意な増大ではなかった。この所見については次述の報告からも十分に理解できる。S. Mori and M. Burr[4]は埋入手術の侵襲による骨の損傷は埋入4週後には沈静化し、再生修復期に入ると報告している。さらに S. J. Hoshaw, D.P. Fyhrie and M.B. Schaffler[5] や W.E. Roberts[6]らは埋入4週後は手術侵襲による骨組織の再生サイクル (A-R-F cycle, A: bone cell activation, R: resorption, F: formation) に相当していると述べている。すなわち埋入後のBCの消長はA-R-Fのバランスで決定される。本研究での測定値は全実験期間を通じて埋入4週以後は著明な変化はなく、しかも荷重群と非荷重群との間には有意差は全く認められなかった。このような結果はインプラントの埋入トルク値を38Ncm程度とし埋入直後のPTV値-1以下のものを実験に供したことからすると、インプラントは埋入直後より強固な皮質骨で維持され咬合応力下でのmicromotionが僅少(50μm以下)であったことが想定され、A-R-Fは増骨的に制御されたのであろう[7]。

BOは埋入後4週から漸増し、8週より16週にかけて荷重群の方が非荷重群より著明に増大した。A. Piatteli, A. Ruggeri and M. Franchi[8]らは咬合荷重下のインプラント周囲では厚い層板骨(lamellar bone)が形成されたと報告している。J. Wolff[9]が報告しているように骨組織はmechanically sensitive control systemである。そしてH.M. Frost[10]は骨再生のmechanical factorとしてminimum effective strain (MES 100 - 300με)を提唱している。H. Kawahara, D. Kawahara, M. Hayakawa, Y. Tamai, T. Kuremoto and S. Matsuda[7]はインプラントを包む骨組織(sheath bone)が100-500μεの圧縮歪を受け

n=4, ±: Sample standard deviation  
たときにはsheath boneを包む内骨膜のenvelop cellsは破骨細胞に、引張歪をうけたときは骨芽細胞に分化すると報告している。本研究に使用したBioceram® 3SISのネジ山の深さ(0.4mm)と傾斜角度(50°)からすると、骨組織に3ヶのネジ山が嵌合した場合BC 100%で12.96mm<sup>2</sup>で咬合力を負荷することになる。機能的咀嚼時の考慮すべき咬合力は300N/implantといわれており[11][12]、本研究での最小BC 52%では300N/6.7 mm<sup>2</sup>となり44.8MPaの負荷となる。この場合50°の傾斜角度により骨表面での負荷は圧縮圧力21.6MPa、ずり応力26.3MPaとなる。これらの応力下でのインプラントを包むsheath boneの歪量は疲労破壊歪量1000μεの範囲をはるかに超えている。それにも拘らずインプラントが顎骨内に支持されていた理由は2本のインプラントを連結固定したことによる咬合応力の方向と分散の変化に起因しているものと考えているが、これについてはなお詳細な解析が必要であろう。

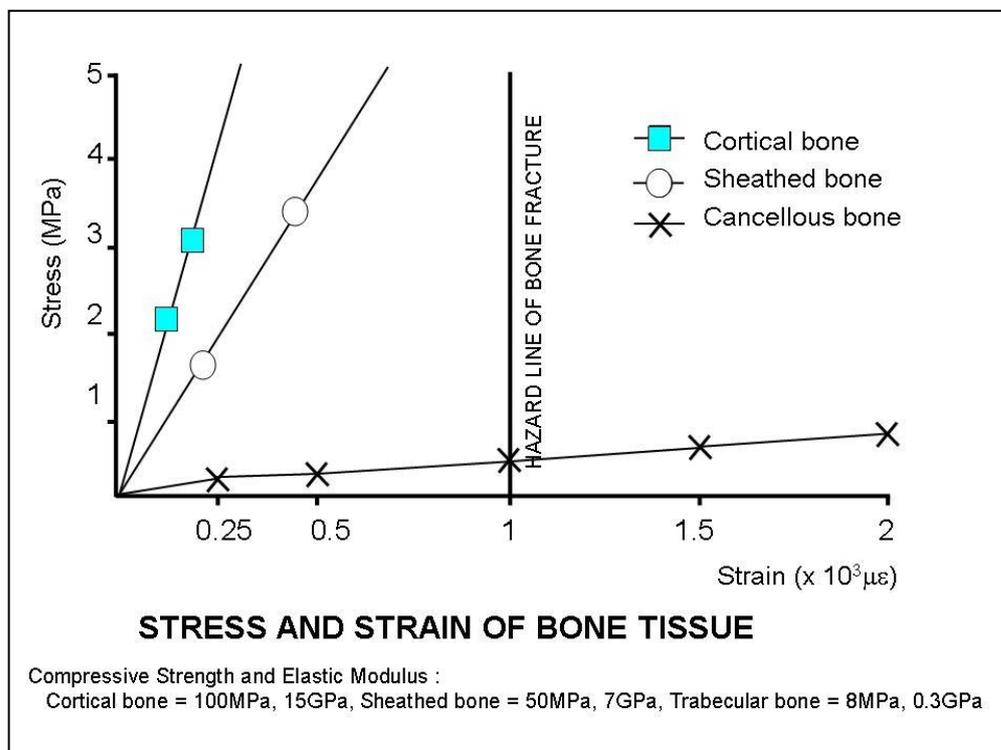
## 結 論

インプラントが埋入直後より皮質骨で強固に支持されている場合には顎骨骨髓内におけるimplant表面に対するBC(骨接触率)は埋入4週までに49-52%に達し、その後は漸増するが、著明な変化はない。しかも荷重群と非荷重群との間には有意差は全く認められない。BO(骨占有率)は埋入後4週から漸増し、8週より16週にかけては荷重群の方が非荷重群より著明に増大し、とくに16週荷重群のBOは非荷重群の約1.5倍強の値を示す。このことはインプラントを包む緻密骨層(implant sheath bone)の咬合荷重による微小歪MES(100-1000με)が骨成長を促進することを実証している。

## 文 献

- [1] H. Kawahara, T. Nakamura and D. Kawahara : J Oromax Biomech. Vol. 6 (2000), p. 62.
- [2] M. Itose, M. Yukawa, T. Wada and A. Yamagami : Quintessence-Jap Vol. 10 (1991), p.143.
- [3] D.E. Steflid, D.L. Koth, F.G. Robinson, R.V. McKinney, B.C. Davis, C.F. Morris and Q.B. Davis : J. Oral Implant. Vol. 21 (1995), p. 8.
- [4] S. Mori and M. Burr : Bone, Vol. 14 (1993), p. 103.
- [5] S.J. Hoshaw, D.P. Fyhrie, M.B. Schaffler : The Biological Mechanisms of Tooth Eruption, Resorption and Replacement by Implants (Harvard Society for the Advancement of Orthodontics, Boston 1994).
- [6] W.E. Roberts, P.K. Turley, N. Brezniak and P.J. Fielder : Calif. Dent. Assoc. J. Vol. 15 (1987), p. 54.
- [7] H. Kawahara, D. Kawahara, M. Hayakawa, Y. Tamai, T. Kuremoto and S. Matsuda : Impl. Dent. Vol. 12 (2003), p. 21.
- [8] A. Piatteli, A. Ruggeri, M. Franchi et al. J. Oral Implantol. Vol. 19 (1993), p. 314.
- [9] J. Wolff : Virchows Arch Pathol Anat. Vol. 50 (1890), p. 389.
- [10] H.M. Frost : Clinical Aspects of Metabolic Bone Disease (Excerpta Medica, Amsterdam 1973).
- [11] J.B. Brunski, D.A. Pules and A. Nanci: JOMI, Vol. 15 (2000), p.153.
- [12] J.B. Brunski : Clinical Materials, Vol. 10 (1992), p. 153.

臨床器材研究所提供      office@icm.ac



骨の歪量が 1000 $\mu\epsilon$ 以上になるような咬合応力が骨に負荷されるとその部分の骨では biological fatigue (生物疲労破壊) がおこる。100-500 $\mu\epsilon$ は minimum effective strain (最小効果歪) といわれ引張歪では骨造成が、圧縮歪では骨吸収がおこると推定されている (H. Kawahara et al.; Implant Dentistry, 2(1), 2003).