

インプラント頰部における骨頂喪失と咬合応力

Crestal Bone loss under masticating load

早川雅秀, 高橋満次, 利森 仁, 小池宏忠, 林 正人, 杉本忠雄, 川原 大

Masahide Hayakawa, Mitsuji Takahashi, Hitoshi Toshimori, Hirotsada Koike,
Masato Hayashi, Tadao Sugimoto, Dai Kawahara

臨床器材研究所

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

This study was carried out to clarify causes of crestal bone loss around implants neck by histometric investigation using sapphire screw implants of single stage, implanted into monkey's mandibles and maxillae, and to compare the crestal bone losses between the both implants loaded and unloaded.

Crestal bone loss started at the 2 weeks post implantation and demonstrated remarkable bone resorption caused by surgical events of bone drilling. Osteogenic stem cells of periosteum covered crestal bone began osteogenesis at the end of 2 weeks post implantation and reconstructed the crestal bone loss. The size of crestal bone loss was almost settled by balancing the bone resorption and formation up to 4 weeks post implantation. After that, the crestal bone loss did not increase and kept the size in a range of $612 \pm 210 \mu\text{m}^2$ to $833 \pm 335 \mu\text{m}^2$ 4 to 16 weeks post implantation. No significant difference between the both crestal bone losses of loaded implants and unloaded was confirmed at the 4, 8 and 16 weeks post implantation. It is revealed that the size of crestal bone loss may be settled by surgical events but not load bearing of biting stress, when the implant is rigidly fixed by cortical bone with adequate bone quantity (morphology) and quality (density). From the results, it is notified to observe strictly the surgical procedure for the purpose of keeping the living activity of periosteum.

key words: crestal bone loss, histometry, load/unload, single stage implant

緒 言

Single stage sapphire screw implant の生存率は 10 年以上経過で $81\% \sim 92.65 \pm 8.40\%$ であると報告されている [1][2]. 本研究は Bioceram screw implant (3SIS) [3] をカニクイザルの上下顎骨に埋入し, implant 頰部の頂骨喪失 (crestal bone loss, CBL) を組織計測法により計量し, 埋入直後より咬合荷重させた実験群と非荷重実験群の CBL を比較検討することを目的とした.

材料と方法

インプラントの埋入:

カニクイザル 4 匹の上下顎 M_1 , M_2 を抜歯後 10 ヶ月以上経過したのち, インプラント挿入部

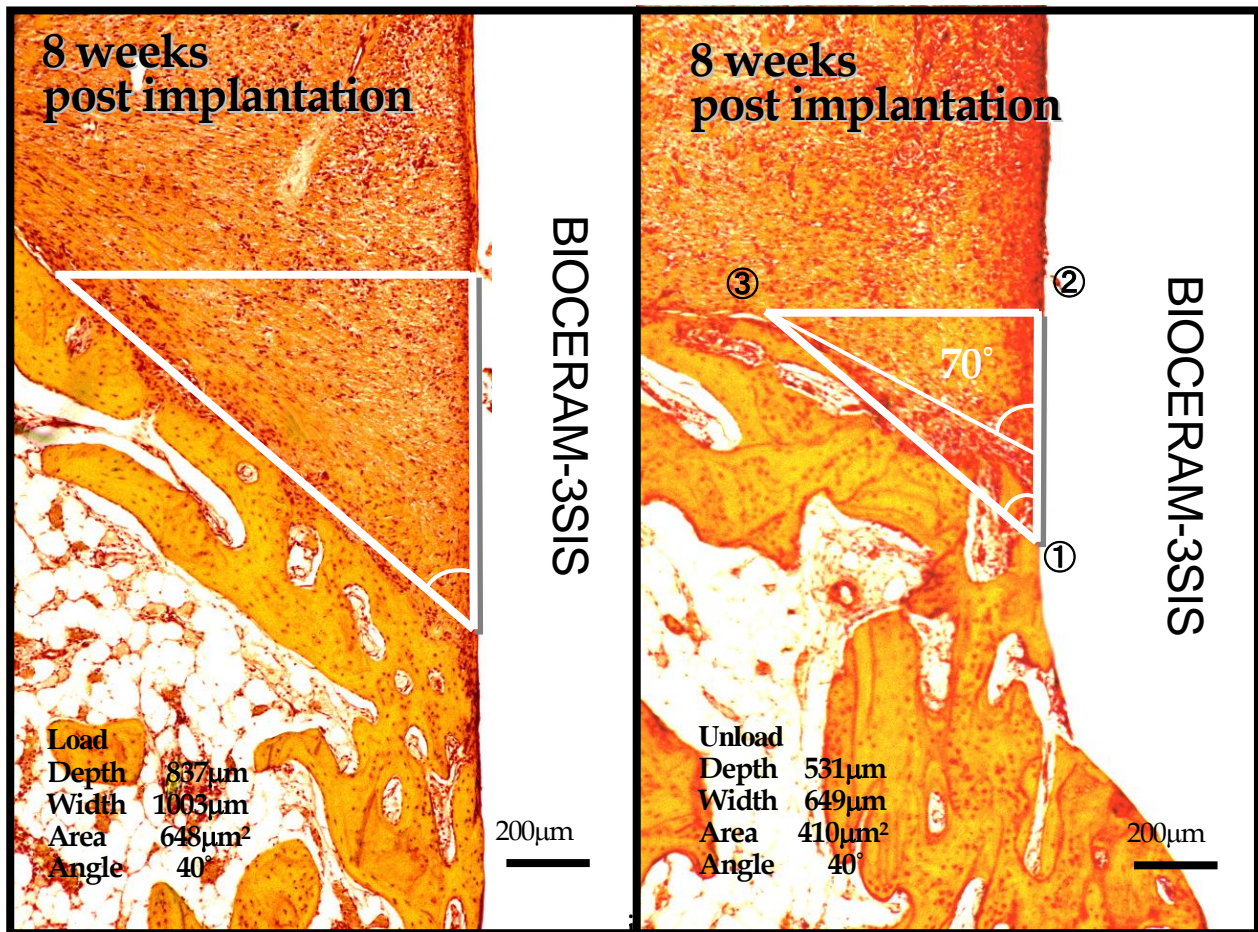
の鋭角的骨稜をスタンパーにて平坦にしたのち, Bioceram® Sapphire implant, 3SIS (京セラ) を片顎 2 本ずつ合計 32 本を埋入した. 骨切削は Microdispencer-8000 (インプラテック社, 東京) により, ペニシリン 5×10^4 単位, ストレプトマイシン 0.05 g/l 添加 Hanks 磷酸緩衝液の灌注下で行った. なお, インプラント ソケットおよび骨膜剥離骨面は KN 液 ($\text{NaCl } 7.0 \text{ g}$, $\text{KCl } 0.2 \text{ g}$, $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \text{ } 1.15 \text{ g}$, $\text{CaCl}_2 \text{ } 0.1 \text{ g}$, l-glucose 2.0 g , penicillim 1000 IU , suteptomycin 0.02 g , ascorbic acid 0.05 g , dexamethasone 4 mg , aqua dest. 1000 ml) [4] にて洗浄したのち埋入手術を行った.

咬合荷重と非荷重実験の設計:

片顎に 2 本ずつ植立し, 1 週後に Au-Pd-Ag 冠にて 2 本のインプラントを連結固着し咬合応力を負荷させた. 反対側 2 本は P_3 - M_2 間に Au-Pd-Ag

bar bridge を装着し、咬合力が負荷されないように設計した. インプラント埋入 1, 4, 8, 16 週後にネンブータルによる全身麻酔下で 3% glutaraldehyde 液にて生体還流固定を行った. インプラントを包含した骨組織ブロックを採取し、脱灰再固定後切片とし Azan-Mallory と HE 染色を行った. CBL は NIH Image Version 1.61 を活

用して組織計測法にて計量し、計量範囲は Figure に示した△地区に限定した. 荷重実験群と非荷重実験群の CBL 量の差は、標本標準偏差 Sample standard deviation, $SSD = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$ にて有意差を検定した.



8 weeks load, left and 8 weeks unload, right.

結 果

CBLについて:

埋入 1 週後の骨組織は、骨切削に対する初期反応を示すものの CBL は全く認められず、骨組織はインプラント表面に密着していた. 1 週から 2 週にかけては手術侵襲による骨組織の吸収像が所々にみとめられ、2 週から 4 週にかけて著明な CBL の増大を示した. すなわち、1 週後荷重群の CBL $105 \pm 9 \mu\text{m}^2$ は 4 週後 $665 \pm 207 \mu\text{m}^2$ に、そして非荷重群の 1 週後 $105 \pm 9 \mu\text{m}^2$ は $675 \pm 146 \mu\text{m}^2$ まで顕著な増大を示した. これに反して 4 週

から 16 週にかけては著明な変化はなく、荷重群 4 週後の CBL $665 \pm 207 \mu\text{m}^2$ は 16 週後には $833 \pm 35 \mu\text{m}^2$ に、非荷重群 4 週後の CBL $675 \pm 146 \mu\text{m}^2$ は 16 週後には $807 \pm 221 \mu\text{m}^2$ に僅かな増大を示したに過ぎなかった. つまり、4 週以降は荷重群と非荷重群ともに CBL の増大は顕著ではなかった. とくに注目すべきことは全実験期間を通して荷重群と非荷重群の間には CBL について全く有意差が認められなかったことである (Figure, Table).

Table Crestal Bone Loss

Post Implantation (week)	1	4	8	16
AREA (μm^2)				
Load		665±207	786±304	833±335
Unload	105±9	675±146	612±210	807±221

±SSD, n=4

CBL と手術侵襲：

インプラント頸部を包囲する軟組織は上皮層、結合織層、外骨膜層の3層より構成されている。埋入1～2週後には外科的侵襲による組織破壊はほぼ終了し、外骨膜層内の骨原性幹細胞はインプラント4週後になると骨形成を開始し、外科的侵襲部の骨再生が進展され修復過程にはいる。この際、上皮層と結合織の侵入増生と骨膜由来骨原性幹細胞との陣取り競争が認められた。

考 察

CBL計測はインプラントの状態が適正範囲にあるかどうかの判定には有効な手段である。X線像上でみられるCBLは主として垂直方向つまりCBLの欠損深さの計測値のみで判断されている。このX線像上での1次元的判断には多くの制約のあることは衆知のことであるが、臨床的有用性はかなり高い。本動物実験でのCBLについての組織計測法による2次元的判定は少数例ではあるが、CBLの発現機序を考える上で甚だ有効な手段であることをこの研究報告は明示している。

これまでのX線像によるCBLに関する報告では咬合荷重によるCBLの増大が詳細に述べられている[5]-[10]。しかしながら本研究では荷重群と非荷重群間のCBLには有意差は全く認められなかった。このことは埋入直後における外科的侵襲がCBLの大略を決定し、咬合応力荷重に起因する骨吸収はきわめて僅少であることを明示している。さらに、これを裏付ける所見として次の2点があげられる。CBLは埋入直後から4週までは著明に増大するが、その後は著明には拡大しなかった。荷重群と非荷重群との間には経時的にも各週別でも有意差は認められなかった。つまりCBLは埋入後4週までに大略が決定され、その後は咬合荷重/非荷重に関係なくわずかなCBL増大を示すに過ぎなかった。このような結果は次の理由にもとづくものであろう。すなわち埋入トルク値36 Ncm程度で、埋入直後PTV値が0以下

の条件が成立したインプラントを本実験では活用していたので、インプラントは埋入直後より皮質骨内に強固に維持され、咬合力に十分対応することができたのであろう。詳述すると、Bioceram 3SISのネジ山の深さ(0.4mm)傾斜角度(50°)からすると骨組織/ネジ山嵌合が3ヶ所成立していると、骨接触面積は12.96mm²となる。組織計測法によると骨接触率は50%であり、換算するとインプラントの顎骨内維持に必要な耐垂直応力=300N/implantは[11][12][13]、接触面積6.48mm²で対応することになる。垂直応力300Nはネジ山斜面角度50°により圧縮応力200N、ずり応力230Nに分力され、骨組織界面においては圧縮応力=31MPa、ずり応力35MPaが負荷されることになる。この値は骨のbiological fatigue 1000 μe をはるかに凌駕することになる[13]。それにも拘らず本実験において直後荷重条件下でインプラントが顎骨内で固着していた理由は、①インプラント頸部stepおよびインプラント底部における緻密骨層の支持、②2本のインプラントを連結固定したことによる顎骨内における咬合応力の方向と分散の変化が関与しているものと考えている。しかし、この点についてはより詳細なbiomechanicalな解析が要求される。

結 論

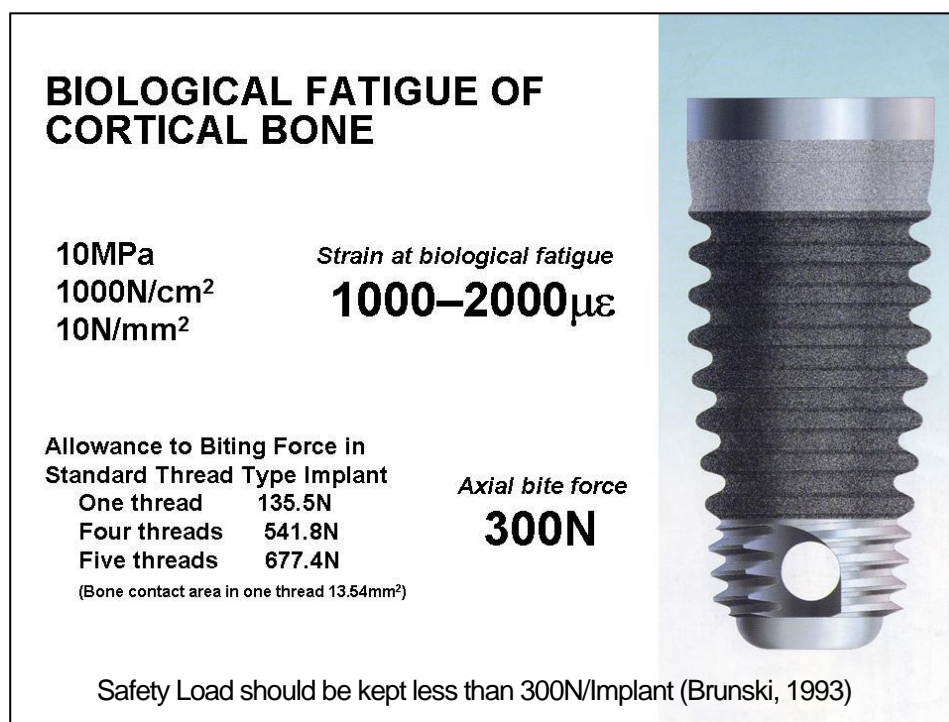
CBLの増大はインプラント後2週からはじまり4週までに大略は完了する、その主因は手術侵襲によるもので、骨膜内の骨原性細胞は手術侵襲2週後より活性化し外科的侵襲によるCBLの修復に関与する。この場合、皮質骨で強固に維持されているインプラントでは、そのCBLは埋入時の手術侵襲によって決定され、咬合荷重による増大は認められない。また、埋入4週以後のCBLの拡大は16週までやや増大する傾向はみられるが、有意差は認め難い。さらに、埋入1週から16週までの全実験期間を通じて荷重群と非荷重群間のCBLには有意差は認められなかった。

文 献

- [1] M. Itose, M. Yukawa, T. Wada and A. Yamagami : Quintessence-Jap Vol. 10 (1991), p.143.
- [2] D.E. Steffid, 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.
- [3] H. Kawahara, M. Hirabayashi and T. Shikita : J. Biomed. Mater. Res. Vol. 14 (1980), p.597.
- [4] T. Nakamura and H. Kawahara : Dental Outlook. Vol. 94 (1999), p. 681.
- [5] C.E. Misch : Contemporary Implant Dentistry (Mosby, St. Louis 1993).
- [6] R. Adell, U. Lekholm and B. Rockler : Int. J. Oral Surg. Vol. 10 (1981), p. 387.
- [7] J. Roos, L. Sennerby, U. Lekholm, T. Jemt, K. Grondahl and T. Albrektsson : Int. J. Oral Maxillofac. Implants. Vol. 12 (1997), p. 504.
- [8] C.J. Ivanoff, K. Grondahl, L. Sennerby, C. Bergstrom and U. Lekholm : Int. Oral Maxillofac. Implants. Vol. 14 (1999), p. 173.
- [9] C. Aparicio and P. Orozco, Clin. Oral Implants Res. Vol. 9 (1998), p. 398.
- [10] C.E. Misch, F. D-Misch, J. Hoar, G. Beck, R. Hazen and C.M Misch : J. Oral Implantol. Vol. 25 (1999), p. 185.
- [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.
- [13] H. Kawahara, D. Kawahara, M. Hayakawa, Y. Tamai, T. Kuremoto and S. Matsuda : Implant Dent. Vol. 12 (2003), p. 61.

臨床器材研究所提供 office@icm.ac

Biomechanics からみた咬合応力とインプラントの成否



皮質骨が生体内で疲労破折に到る歪み量は1000μεである。この歪み量はcortical boneで200kg/cm², sheathe boneで100kg/cm²の咬合応力を支持し得ることを意味している。したがって1000N/cm²以下の咬合応力であれば皮質骨は耐えられる。咬合応力300N/implantを達成するには典型的なネジ山をもったmicrovent implantで計算するとネジ山1個の咬合応力対応面積は13.55mm²,したがってネジ山3個で135.5N × 3 = 406.5Nに耐えることができる。種々なマイナス要因を加味してもネジ山4個が嵌合しておれば即時荷重も可能となる。(文責, 川原春幸)