

Impacted cancellous allograftの 骨形成に及ぼす荷重の影響

大阪市立大学医学部整形外科
大橋 弘嗣

はじめに

人工股関節再置換術の際には骨欠損をともなっていることが多く、その補填方法が問題となる。現在、補填材料としては自家骨、同種骨の他にハイドロキシアパタイトなどの人工材料を用いることが可能である。最初はブロック状のものが用いられることが多かったが、近年小骨片や顆粒状のものを密に詰め込む **impaction graft** 法も行われるようになってきた。特に、同種骨を用いる **impacted cancellous allograft** を用いる方法の良好な臨床成績が報告され、骨欠損部の補填法のひとつとして有用と考えられている。

しかし、**impacted cancellous allograft** の初期固定性や骨形成能に関する基礎的な報告は少ない。われわれは既にこれらに関して、**impacted cancellous allograft** の力学試験を行い初期固定に及ぼす **cancellous allograft** 作製の条件の検討を行い、骨片の大きさの分布が **impacted cancellous allograft** の力学的特性に影響を及ぼすことを報告している。さらに非荷重下での骨形成能についてハイドロキシアパタイト顆粒との比較をウサギ骨欠損モデルを用いて観察している。非荷重下では初期には **impacted cancellous allograft**

周囲に新生骨形成が認められたがその後徐々に吸収を受け、やがて正常に存在する状態にまで骨量は減少し、その原因として非荷重のためのメカニカルストレスの不足を考えた。

そこで今回は、**impacted cancellous allograft** の骨形成能について荷重の影響を調べることを目的として本研究を計画した。

方法

1) 小骨片の作製

日本のヒツジ 1 頭を屠殺し、無菌的に大腿骨、脛骨、骨盤を摘出した。軟部組織、軟骨を除去し骨を小さいブロックに細切した。これを **Lere Bone Mill (DePuy)** を用いて小骨片にした。この小骨片は使用まで -70°C で保存した。

2) インプラントの作製

ヒツジ中足骨はほぼ四角柱のまっすぐな骨であり、1 下肢に 1 本しかいないために歩行すれば荷重がかかる。また、やや後傾しているために曲げ力もかかるがほとんどは圧縮力が作用していると考えられる。この中足骨中央に骨欠損部を作製し、近位側に臨床で

impacted cancellous allograft を行う際に用いている大腿骨用ステムに似たテーパのあるステムを挿入することとした。(図1)。表面は smooth とした。

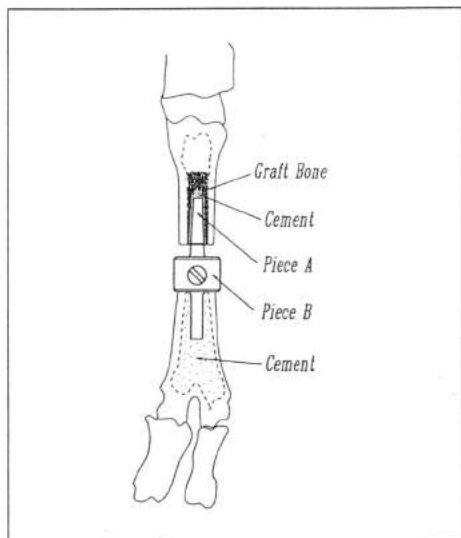


図1 荷重モデルのシェーマ

非荷重モデルでは近位部にステムを挿入するだけとし、欠損部をあけたまま AO small DCP プレートで骨片を固定した(図2)。

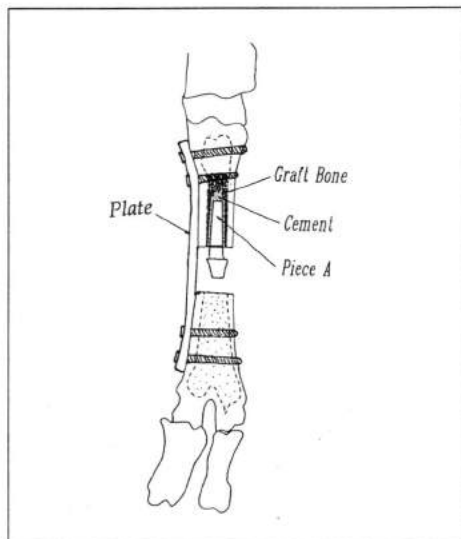


図2 非荷重モデルのシェーマ

荷重モデルでは、遠位側に四角柱の形状のステムを持ったインプラントを作製し、近位用インプラントとネジで固定できるようにした(図3)。

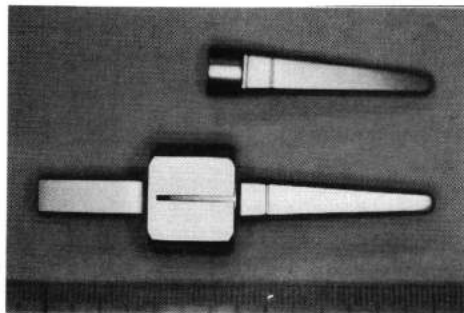


図3 実験に用いたインプラント。
上が非荷重用、下が荷重用。

3) 動物実験

動物実験はフランス、パリの整形外科研究所、Laboratoire de Recherches Orthopédiques, Faculté de Médecine, Lariboisière - Saint - Louis との共同研究で、パリ郊外の Institut National de la Recherche Agricologique で行った。フランスのヒツジ 24 頭を用いた。全身麻酔下で左下肢を剃毛し、消毒した。中足骨部外側に直線の皮切を加え、骨膜下に中足骨を露出した(図4)。

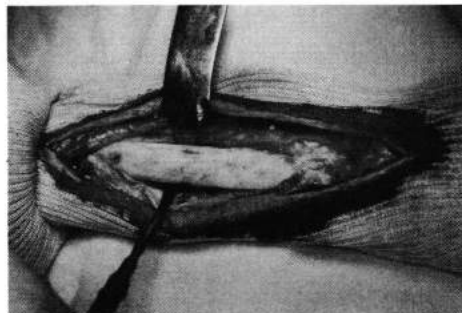


図4 骨膜下に中足骨を露出

中央 1.7cm をギグリーで切除した(図5)。近位側、遠位側をドリルで十分にステムが入るまでリーミングした。

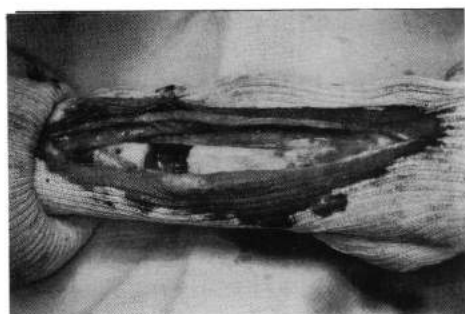


図5 中足骨中央部に1.7cmの骨欠損を作製

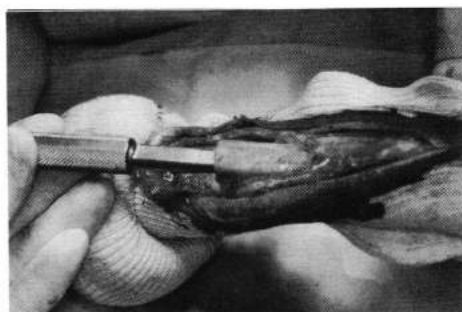


図6 タンパーで小骨片をimpaction

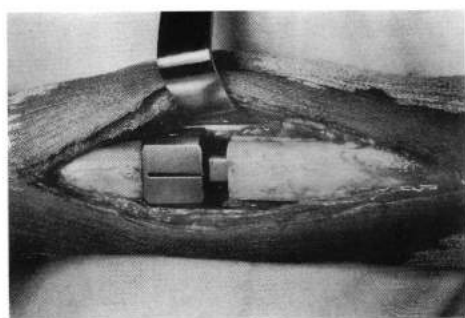


図7 荷重用インプラントを挿入したところ
右側がステム状になっている

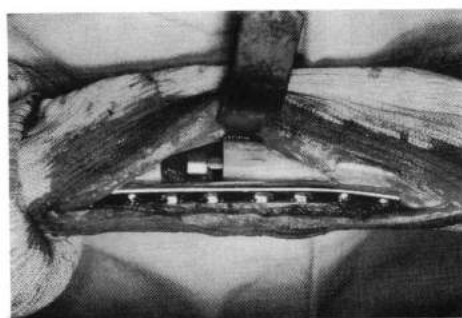


図8 非荷重用インプラントを挿入し、
プレートで固定

近位部の骨髓腔を生理的食塩水で洗浄後、日本のヒツジの小骨片を髓腔の奥から順に密に充填した。最後は特製のタンパーで impaction した (図6)。

骨セメント (CMW-1) で近位用ステムをセメント固定した。

荷重モデルでは同時に遠位用ステムを中足骨の遠位骨片にセメント固定した。骨セメント硬化後、近位用インプラントを遠位用インプラントにはめ込み、両者をネジで固定した (図7)。

非荷重モデルでは骨欠損部の間隙を保ったまま両骨片をプレートで固定し、近位用ステムに荷重がかからないようにした (図8)。

皮下組織、皮膚を縫合後、大腿部から足尖までギプス固定を行った。麻酔覚醒後から歩

行は許可し、以後歩行や食事等に制限は与えなかった。左下肢がギプス固定されているがヒツジは4本足で歩行していた。術後1ヵ月、3ヵ月時にレントゲン撮影を行ったが、骨折や感染の認められたものはなかった。術後3ヵ月および6ヵ月後に屠殺し、中足骨を摘出しレントゲンを撮影した。

4) 評価

レントゲン像での骨髓腔の骨梁、骨皮質の肥厚、吸収について観察した。さらに病理組織学的に検討する予定であるが、現在硬組織標本を作製中である。

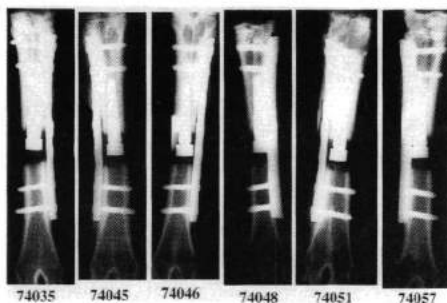


図9 非荷重モデルの術後3ヵ月後のレントゲン像

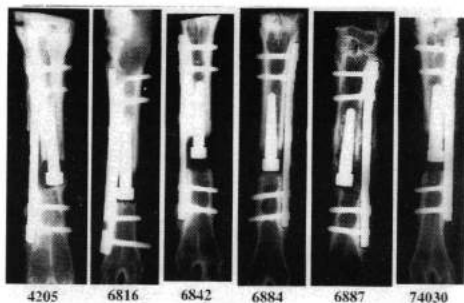


図10 非荷重モデルの術後6ヵ月後のレントゲン像

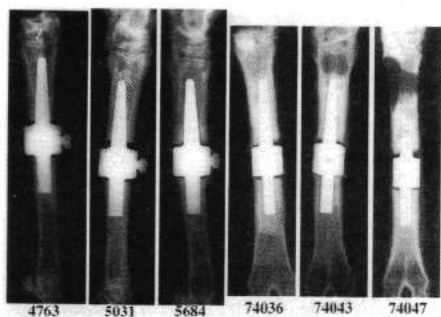


図11 荷重モデルの術後3ヵ月後のレントゲン像

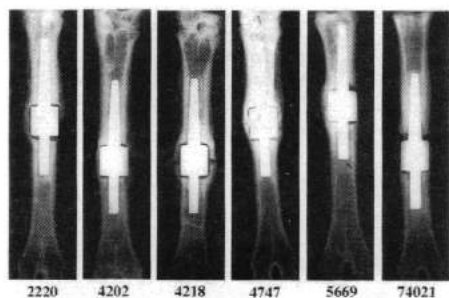


図12 荷重モデルの術後6ヵ月後のレントゲン像

結果

1) 非荷重モデル

術後3ヵ月後ではステム周囲に移植骨を認め、骨皮質に変化はない(図9)。

一部に骨切り部の骨吸収を認める。骨欠損部への新生骨形成は認められない。

術後6ヵ月では骨皮質は軽度菲薄化し、ステム周囲の移植骨は5例で認めにくくなっていた(図10)。4例で骨切り部の骨吸収を認め、骨欠損部には一部に新生骨形成を認めた。

2) 荷重モデル

術後3ヵ月ではステム周囲に2例で骨硬

化像を認め、2例にステム先端に骨硬化像を認めた(図11)。骨皮質の肥厚は認めない。

術後6ヵ月では4例でステム周囲に骨硬化像を認め、2例では骨透亮像を認めた(図12)。1例に骨皮質の肥厚を認めた。5例ではインプラント周囲に仮骨形成を認めた。

考察

人工股関節再置換術における移植骨の役割としては、初期固定性を向上させることと同時に骨形成能を持ち骨欠損部の骨を回復することである。同種骨を用いる場合、採取部位に制限があるが骨皮質を多く含む構造体として用いることと小骨片にして充填材として用

て用いることと小骨片にして充填材として用いることが可能である。構造体として用いる場合、ある程度の力学的強度を持つため初期固定性の向上には有効であるが、自家骨に置き換わるには長年の年月を要するかもしくは置き換われない。また、自家骨に置き換わる過程で力学的強度が低下するという報告もある。

そこでわれわれは小骨片を密に充填する **impaction graft** 法に注目し、研究を行ってきた。力学実験の結果では **impaction** された骨は海綿骨とほぼ同等の強度を持っていた。また、骨形成能に関してもハイドロキシアパタイト顆粒と同等の骨形成能を有していた。今回ここに荷重負荷を加えたところ、**impacted cancellous allograft** は自家骨に置き換わるとともに骨梁の増加、骨皮質の肥厚が認められ、自家骨に置き換わるとともに局所の力学的条件に応じてリモデリングを受けていることが認められた。

今回は大型動物使用のために実験をフランスで行ったこと、術後経過観察期間が長かったこと、硬組織標本作製するのに時間がかかることなどの理由によりレントゲン評価での比較検討を行った。移植骨の吸収や移植部への新生骨形成の程度などは観察できなかつ

たが、骨梁構造の出現や骨皮質の肥厚など非荷重モデルとは異なる所見が得られ、荷重による効果であると考えている。今後、組織標本を含めて定量的に検討していきたいと考えている。

まとめ

1. **impacted cancellous allograft** の骨形成能について荷重の影響を調べることを目的としたヒツジモデルを作製した。
2. レントゲン像では荷重モデルではステム周囲に骨硬化像、骨皮質の肥厚を認めたが、非荷重モデルでは移植骨の吸収、骨皮質の軽度の菲薄化を認め、荷重が **impacted cancellous allograft** の骨形成能に影響を及ぼしていることが示唆された。
3. 今後組織学的にも検討する予定である。

謝 辞

本研究に対し、助成をしていただきました日本股関節研究振興財団に深謝いたします。