ジルコニアと k-wire の骨親和性の比較

長崎三菱病院整形外科

藤 樹 宏

国立小浜病院整形外科

白石 光一・久 芳 昭 紘

長崎大学医学部整形外科

岩 崎 勝 郎・平 野 徹

池 田 定 倫・鈴 木 良 平

Biocompatibility of zirconia ceramics for bone as compared with k-wire

by

Hiroshi Fjiki

Department of Orthopedic Surgery,
Nagasaki Mitsubishi Hospital

Koichi Shiraish and Akihiro Kuba

Department of Orthopedic Surgery,
Obama National Hospital

Katsuro Iwasaki, Tooru Hirano, Sadamich Ikeda
and Ryohei Suzuki

Department of Orthopedic Surgery, Nagasaki
University School of Medicine

Zirconia ceramics is characterized by higher strength and higher toughness, as compared with other bioceramics.

In order to evaluate the biocompatibility of the zirconia ceramics with bone, two implants were inserted into the mature rabbit's femur intramedullary. One of these implants was from zirconia and the other from K-wire.

Four rabbits were sacrificed, at one, four, eight, and twelve weeks after operation respectively. The specimens of femurs were fixed in formalin, decalcified and embedded in paraffin. The paraffin sections were stained with H & E, and Azan stain.

One week after operation, thin fibrous band with connective tissue was observed, but the infiltration of inflammatory cells was almost nil in the tissue around zirconia ceramics pins.

Four weeks after operation, more of the thinner fibrous was observed around zirconia than one week after. Eight and twelve weeks after operation, none of the tissue reaction was observed around zirconia.

However, in the tissue around k-wire pins, thick fibrous band with connective tissue and some inflammatory cell infiltration was observed at one week after insertion. Thereafter, at four to eight weeks after insertion, tissue reaction was observed and twelve weeks later none of this was observed around the K-wire.

はじめに

近年、セラミックスの研究開発が盛んに行なわれており、整形外科領域ではアルミナセラミックスが人工関節、スクリュー、代用骨等にすでに利用されている。しかしセラミックス特有の欠点である傷がつくと折れやすいという“もろさ”があり、時として破損例、折損例が散見される。

部分安定化ジルコニアはその“もろさ”を改善した高靱性の特性を有している。我々はこのジルコニアセラミックスの生体材料としての有用性を検討する実験を行なってきたが、今回は骨髓内に挿入したジルコニアセラミックスの生体反応を K-wire のそれとを比較したので報告する。

実験方法

成熟家兎を用い、ネブタール麻酔下に香蘭社製直径 2 mm, 長さ 8 cm のジルコニア棒を左側大腿子部より大腿骨髓内に挿入した。右側には直径 2 mm の K-wire を同様に挿入した。家兎は実験後 1, 4, 8, 12 週目に屠殺し、大腿骨を摘出して軟 X 線写真を撮影した。この大腿骨の標本をホルマリン固定後脱灰しヘマトキシソーエオジン染色及びマロリーアザン染色の組織標本を作製した。実験は各週 4 羽づつ行なった。

結果

A) 軟 X 線写真所見

各週ともにジルコニアと K-wire との間に特に所見の差は認められなかった (図 1)。

B) 組織所見

1) ジルコニア

i) 大腿骨近位部 (大転子部)

刺入後 1 週の大腿骨近位部 (大転子部) の標本ではジルコニアの内腔表面は半分以上が直接類骨に接しており、その他の部分でも類骨を交えた狭い結合組織より成っていた。炎症・細胞浸潤はほとんど認められず、全体に類骨形成が著明であった (図 2, 1 w)。

刺入後 4 週では内腔表面は 1 週より成熟し肥厚した骨梁より成るものが多く、肉芽組織の形成は 1 週より少なくなっていた (図 2, 4 w)。

刺入後 8 週ではジルコニアの内腔表面の半分以上は成熟した骨そのもので覆われており他の部位は直接骨

図 1 軟 X 線写真像 (右が K-wire 左がジルコニア) 所見の差は認められない。

髄組織より成っていた (図 2, 8 w)。

刺入後 12 週は 8 週の見たと全く同じで組織反応はみられなかった (図 2, 12 w)。

ii) 大腿骨中央部 (骨幹部)

刺入後 1 週の大腿骨中央部の標本は内腔の一部には結合組織の形成が認められたがほとんどの部位で直接骨髓組織と接しており、組織反応に乏しかった (図 3, 1 w)。

刺入後 4 週では内腔は結合組織、肉芽の形成はほとんど認められなくなり、組織反応はみられなかった (図 3, 4 w)。

刺入後 8 週, 12 週では内腔は直接骨あるいは骨髓組織と接し、組織反応は認められなかった (図 3, 8 w 及び 12 w)。

2) K-wire

i) 大腿骨近位部 (大転子部)

刺入後 1 週の大腿骨近位部 (大転子部) の K-wire の内腔表面はジルコニアに比べ全体に結合組織形成が強く、一部には類骨を交えた疎性結合組織より成っていた。類骨形成はジルコニアに比べ乏しく、また炎症細胞浸潤も認められた (図 4, 1 w)。

刺入後 4 週の標本は 1 週目よりも骨形成は多く、成熟してきているがジルコニアに比べると少なかった。

図2 ジルコニアセラミックスの大腿骨近位部の組織像(×40)

図3 ジルコニアセラミックスの大腿骨中央部の組織像(×100)

また内腔の大部分は膠原化した結合織より成り、その表面を synovial cell 様のものが覆っていた(図4, 4w)。

刺入後8週の K-wire 腔は成熟した骨で覆われている部位も認められるが大部分は骨髓組織より成り、その表面はうすい硝子代した結合織で覆われていた(図4, 8w)。

刺入後12週ではジルコニアと K-wire との間に特に差は認められず組織反応はなくなっていた(図4, 12w)。

ii) 大腿骨中央部(骨幹部)

挿入後1週の大腿骨中央部の K-wire の内腔はほぼ全周にわたり、厚い膠原化した結合織で覆われてお

り、一部には類骨形成を伴っていた(図5, 1w)。

挿入後4週の標本では内腔表面には薄い膠原組織で覆われ、一部にリンパ球等の細胞浸潤を交えているところもあるが、一週目と比べると組織反応、炎症反応ともに減少していた(図5, 4w)。

挿入後8週では内腔表面はさらに薄い硝子化した結合織で覆われていた。炎症細胞浸潤は認められなかった(図5, 8w)。

挿入後12週目では K-wire とジルコニアとの間に差は認められず、内腔表面は直接骨髓造血組織で覆われ組織反応はなくなっていた(図5, 12w)。

考察および結論

整形外科領域でのインプラント材は従来より金属が主である。しかし金属材料の長期生体内移植における体内への金属イオンの溶出、あるいは疲労劣化、腐食などの問題があり、生体内での安定性、組織適合性の面からセラミックスがそれにかわるものと期待されている。その代表であるアルミナセラミックスは諸家の報告でも骨親和性が優秀なことが証明され、すでに人工関節、代用骨

等に臨床応用されている。しかしセラミックス特有の欠点である易破損性という問題があり、生体内での破損例、折損例が散見される。

安定化剤としてイットリア(Y_2O_3)を含有しているジルコニアはその結晶が正方晶と単斜晶との2相よりなる部分安定化ジルコニアである。これは応力がかかると結晶が常温で簡単に相転移を起こし、それを妨げる機構となっている。これにより易破損性を改善した高強度、高靱性の特性がでる。曲げ強度試験では多結晶アルミナ 40 kg/mm²、単結晶アルミナ 130 kg/mm²、ジルコニア 160 kg/mm²、でジルコニアは前二者に比べ高強度の特性がある。さらにセラミックス最大の欠点である傷がつくと折れやすいという特性は通

図4 K-wire の大腿骨近位部の組織像 (× 40)

図5 K-wire の大腿骨中央部の組織像 (× 100)

常試験片の中央に切り込みをつけたノッチドビーム法で測定し破壊靱性と呼ぶ。それでは多結晶アルミナ $4 \text{ MN/m}^{3/2}$ 、単結晶アルミナ $2 \text{ MN/m}^{3/2}$ 、ジルコニア $20 \text{ MN/m}^{3/2}$ でありジルコニアがとび抜けて高い靱性を有している。

今回我々はこのジルコニアセラミックスの骨髄内での生体反応を家兎を用い、K-wire とで比較検討した。その結果は先に述べているがまとめるとジルコニアは挿入後1週において、部位によってはうすい結合組織の隔壁が認められたが炎症細胞浸潤はなく、海綿骨部では周囲に類骨形成が強く認められた。挿入後4週目には隔壁も薄くなり、1週目でみられた類骨も厚く肥厚した成熟骨となっていた。挿入後8週、12週の標

本には全く組織反応はみられなかった。それに対し K-wire は挿入後1週で膠原組織等による隔壁もジルコニアより強く、内腔全周にあり炎症細胞浸潤も認められた。類骨形成も認められたがジルコニアに比べ少なかった。挿入後4週、8週と経時的に組織反応は弱くなったがジルコニアに比べると強く、反応がなくなったのは12週目であった。

以上ジルコニアセラミックスと K-wire の骨との反応をみてきたがジルコニアセラミックスは K-wire に比べ骨との親和性が優れていることが確認できた。このことはジルコニアが他のセラミックスに比べ優れた時性を有していることより整形外科領域への応用が期待できると思われる。

ま と め

1. ジルコニアと K-wire の骨髄内での生体反応を観察した。
2. ジルコニアは挿入初期より組織反応は弱く、挿入後8週では全く反応が認められなかった。
3. K-wire は挿入後4週目までは組織反応が強く、12週目に反応がなくなった。
4. ジルコニアは K-wire に比べ骨親和性に優れている。

参 考 文 献

- 1) Beckman, C. A. et al.: Bone Formation at a Ceramic Implant Interface. Calc Tiss, Res 165-171, Springer-Verlag, 1971.
- 2) 蟹江良一ほか: Al_2O_3 セラミックスに対する実験的研究。整形外科セラミック・インプラント・コロキウム記録集 (1979), 京都セラミック株式会社, Al_2O_3 (1979), 23-28, 1980.
- 3) Nagai, N. et al.: Biological reaction of zirconid ceramic as a new implant material in the dental field. Jap. J. Oral Biol. 24: 759-762, 1982.
- 4) 敷田卓治: 整形外科領域におけるセラミックイ

ンプラントの現況とその将来. 日本歯科インプラント学会誌, 2: 129-135, 1979.

何故 K-wire に主に出現するのでしょうか?

質 問

熊本大学 石川浩一郎

K-wire 周囲に初期に出現する炎症細胞とはどのような細胞ですか?

解 答

長崎三菱病院 藤樹 宏

リンパ球がほとんどであった. K-wire のほうが異物反応が強いと思われる.

~~~~~