

生体用チタン合金と整形外科用インプラントへの応用

前原克彦・土居憲司

電子・情報カンパニー・医療材料部

Features and Application of Titanium Alloys for Surgical Implants

Katsuhiko Maehara · Kenji Doi

高齢者人口の急激な増加と QOL (Quality of Life) の向上を求め、社会情勢の高まりにより、整形外科的治療を要する患者数は毎年 10% 以上の増加をみている。これらの治療のために体内に埋め込む部材をインプラントと呼び、生体適合性と耐食性が要求されることから、従来のステンレス鋼や Co 合金に加えて、最近ではチタン材料がひろく適用されるようになってきている。

1. 生体用チタン合金

チタン材料のなかでインプラントとして最初に適用されたのは純チタンであり、固定プレートやワイヤとしてもちいられている。しかし、生体内には一般に想像される以上の応力がかかることも多く、高強度を必要とする部分にはチタン合金が使われる。従来、このような用途の大多数には Ti-6Al-4V 合金がもちいられてきた。

この合金の成分であるバナジウムは、単体金属としては細胞毒性が強いことが報告¹⁾²⁾されているため、このような成分を含まない合金の開発が進められている³⁾。これら生体用チタン合金として検討あるいは実用化されている材料の例を第 1 表⁴⁾に示す。

2. 整形外科用インプラントへの応用

バナジウムを含まないチタン合金を世界にさきがけて実用化した当社製人工股関節を写真 1 に示す。人工股関節には、骨への固定をポーンセメントでおこなうセメント式と、セメントをもちいずに骨をインプラントに結合させるセメントレス式とがある。セメントレス式では、骨との結合をはかるために、表面をポーラスに加工したり、さらにそこに骨伝導性にすぐれた材料をコーティングしたりすることが主流になってきている⁵⁾。

材料の選定においては、常温の引張強度や降伏強度だけではなく、生体内での疲労強度を考慮する必要がある。さらにセメントレス式では、前述の加工過程における熱処理時の強度低下も重要な因子である。また、各種試験によって生物学的安全性を確認することも必須である。

これらの検討の結果、セメント式には Ti-15Mo-5Zr-3Al 合金

を⁶⁾、セメントレス式には Ti-6Al-2Nb-1Ta を適用した⁷⁾。インプラント形状やポーラス性状などについても最新の知見をとりいれて設計をおこない、前者は 8 年間、後者は 7 年間の臨床成績をえるに至っている。現在まで、術後成績は順調に推移しており、今後の経過が注目される。

参考文献

- 1) S. G. Steinemann: Evaluation of Biomaterials, John Wiley & Sons Inc. (1980) p.1.
- 2) 川原春幸: 日本金属学会会報, Vol.31, No.12 (1992), p.1033.
- 3) 岡崎義光ほか: までりあ, Vol.36, No.11 (1997), p.1092.
- 4) 佐々木佳男ほか: 金属, Vol.66, No.9 (1996), p.812.
- 5) 松下富春ほか: 金属, Vol.68, No.2 (1998), p.108.
- 6) 山室隆夫ほか: 新しい医療機器研究, Vol.3, No.1 (1995), p.1.
- 7) 松下富春ほか: までりあ, Vol.38, No.3 (1999) p.239.



写真 1 セメント式(左)とセメントレス式(右)人工股関節
Photo 1 Hip prostheses of cemented type (left) and non-cemented type (right)

第 1 表 インプラント用チタン合金の例
Table 1 Examples of titanium alloy for implants

Material	Tensile Properties			Remarks
	TS MPa	YS MPa	EI. %	
Ti-6Al-4V	860	795	10	ASTM F 136
Ti-6Al-7Nb	900	800	10	ASTM F 1295
Ti-5Al-2.5Fe	1 020	895	15	ISO-5832-11
Ti-6Al-2Nb-1Ta	710	655	10	
Ti-15Mo-5Zr-3Al	1 000	900	10	
Ti-15Zr-4Nb-2Ta-0.2Pd	726	671	24	Under Estimation
Ti-15Sn-4Nb-2Ta-0.2Pd	990	883	14	Under Estimation