대한고관절학회지 제16권 제2호
Vol. 16, No. 2, June, 2004

인공관절의 금속 표면 처리방법

한 창 동

연세대학교 의과대학 정형외과학교실

무시멘트 인공관절의 고정방법은 1970년대에 시멘트형 인공관절의 실패율이 높아지면서 발달하기 시작하였으며, 요즈음은 porous 코팅 방법 뿐만 아니라 시멘트를 사용하지 않는 모든 무시멘트 인공관절의 금속 표면 처리 방법을 biologic fixation 이란 용어를 사용하여 여러 종류의 금속과 골조직과의 고정방법들을 표현하고 있다.

현재 사용되고 있는 무시멘트 인공관절의 재질은 티타니움 합금과 코발트 크롬 합금이며 생체적합성, fatigue strength, osteophilia, elastic modulus 등에서 티타니움 합금이 인체에 더 적합한 금속으로 알려져 있다[15,16].

현재까지 개발되어 사용되고 있는 표면 처리 방법은 다음과 같다.

1. Porous coating

Porous 코팅을 금속표면에 처리하면 pore 구조가 만들어 지고 그 곳에 골조직이 자라들어가게(bone ingrowth) 하는 이론이다. Pore 크기가 너무 작으면 골세포의 증식을 방해하고 너무 크면 골조직보다는 섬유조직이 형성되며 이제까지 연구된 결과를 보면 150 400 μm 의 pore 크기가 골 내성장에 가장 적합한 것으로 알려져 있다[2]. 모든 회사들의 제품을 보면 서로 다른 pore size와 pore structure를 갖고 있는데 이것은 제품의 특허와 관계가 있으며, 아직도 optimal pore size와 optimal pore structure등은 논란이 많으며 많은 연구가 진행되고 있다[3].

Porous 코팅방법에는 여러가지가 있으며 아래와 같다.

a) Bead sintering

전통적인 방법으로 bead를 여러 겹으로 쌓아놓고 초고온상태에서 열을 가하는 방법이다.

간단한 방법이지만 초고온을 사용하므로 implant 와 bead에 손상을 주며 금속 자체의 강도를 약화시키고 특히 경계부위에 notch sensitivity 현상을 유발하여 implant 의 longevity에 영향을 미치게 된다[13]. 또한 bead 의 결합 강도가 약화되어 bead 가 떨어져서 흔히 말하는 bead disease 가 나타나기도 한다. 최근에는 여러 겹으로 bead를 붙이는 전통적인 방법과 다른 단 한 층의 bead를 sintering하는 기술도 있으며 S-ROM이 대표적인 제품이다.

b) Diffusion bonding

Bead 또는 fiber metal 을 금속 표면에 쌓아놓고 진공 상태에서 열을 가하는 방법인데 sintering 보다는 저온에서 진행하므로 금속에 생길 수 있는 손상이 덜하지만 notch sensitivity 등은 비슷하게 나타나므로 implant 의 강도에 주는 변화는 피할 수 없다[14].

c) Plasma spray

금속처리 방법이 발달하면서 등장한 방법으로, sintering같은 초고온의 열을 가하는 방법의 단점을 피하기 위해 개발된 방법이다[5,6]. 1980년대에 임상에

※ 통신저자: 한 창 동
서울시서대문구신촌동134
연세의대정형외과학교실
Tel: 82-2-361-5642
Fax: 82-2-363-1139
E-mail: cdhan@yumc.yonsei.ac.kr

사용하기 시작하였으며 금속가루를 고압가스와 혼합하여 high energy arc로 금속표면에 분사시키는 방법이다. 장점으로는 substrate 가 가열 되지 않으므로 금속의 high fatigue strength 가 유지된다. 단점은 일반적인 bead 나 fiber metal에 의한 porosity 보다 pore 형성이 적고 불규칙한 단점이 있고, spray된 금속가루가 떨어지기 쉬워서 인공관절 내의 3rd body wear를 증가 시킬 수 있다. 최근에는 이러한 단점을 극복하기 위해 여러가지 새로운 plasma spray 방법들이 소개되고 있다.

2. Grit blasting

일명 corundumization이라고 하는 방법으로 전통적인 bead나 fiber metal 을 사용하는 porous surface 보다 smooth한 표면 처리 법으로 5 μm의 roughness 를 보이는 기술이다. 주로 alumina 등의 강도가 높은 가루를 높은 속도로 분사하여 티타니움의 표면을 거칠게 만드는 기술로, 고식적인 bony ingrowth 와는 다른 ongrowth개념이며 골조직이 substrate에 직접 접하기 때문에 강한 생역학적 고정을 얻을 수 있다. 또한 다른 방법과 달리 고온의 열을 사용하지 않으므로 재질의 변화가 없이 강도를 유지할 수 있다[1,18].

3. Hydroxyapatite coating

골성장을 향상시키기 위해 인공 합성된 calcium phosphates를 사용한다. 가장 많이 사용하는 HA(Hydroxyapatite)와 TCP(Tricalcium phosphate)의 두 가지가 있으며 HA가 Ca/P 1.67로 TCP의 Ca/P 1.5보다 안정적이고 인체내에서 용해가 잘 안 된다. Calcium phosphate가 fixation rate을 증가시키고 골성장 범위도 더 넓다는 긍정적인 면은 증명이 되어 있다[4,8,9].

사용방법은 두 가지가 있으며 smooth 표면에 HA 코팅하는 방법과 porous 표면에 HA와 TCP를 혼합하여 코팅하는 방법이다[7,12]. 주로 티타니움에 사용하며 plasma spray를 이용한다. 대부분 50 200 μm 두께로 코팅하며 현재 임상에서 많이 사용하고 있다[11,17,20].

4. 새로운 방법

최근에 사용하는 방법으로는 cancellous structured titanium, tantalum 방법[2,19] 등이 임상에 이용되고 있으나 임상적으로 얼마나 중요한 가치가 있는지 논란이 많다. 즉 인공관절과 골조직과의 생역학은 shear, compression, tension등이 적절히 작용해야 하는데 새로운 porous 코팅방법이 이러한 복잡한 생역학적인 면을 모두 만족시킬 수 있느냐가 논란의 요점이다.

그밖에 substrate표면을 machining, ion beam etching, microknurling등의 기법을 사용하여 grooves, dimples, pores등을 만들어서 surface texture 또는 irregularity를 만드는 기술도 개발되어 있다.

REFERENCES

1) **Blaha JD, Gruen TA and Grappiolo G et al**: *Porous coatings: do we need it?. Orthopedics, 17(9):779-780, 1994.*
2) **Bloebaum RD, Merrell M, Gustkek et al**: *Retrieval analysis of a hydrxyapatite-coated hip prosthesis. Clin Orthop, 267:97,1991.*
3) **Bobyn JD, Engh CA, Glassman AH**: *Histological analysis of a retrieved microporous coated femoral hip prosthesis: a seven year case report.Clin Orthop, 221:303,1988*
4) **Bobyn JD, Pilliar RM, Cameron HU, and Weatherly GC**: *The optimum pore size for the fixation porous-surfaced metal implants by the ingrowth bone. Clin. Orthop, 150:263-270, 1980.*
5) **Bourne RB, Rorabeck CH, Burkart BC, Kirk PG**: *Ingrowth surfaces: Plasma spray coating to titanium alloy hip replacements. Clin Orthop, 298:37, 1994.*
6) **Hahn H, Palich W**: *Preliminary evaluation of porous metal surfaced titanium for orthopaedic implants. J Biomed Mater Res, 4:571,1970.*
7) **Cook SD, Thomas KA, Dalton JE, Volkman TK, Whitecloud TS III, and Kay JF**: *Hydroxyapat coating of porous implants improves bone ingrowth and interface attachment strength. J Biomed Mater Res, 26:989-1001, 1992.*

8) **Furlong RJ and Osborn JF**: *Fixation of hip pros - theses by hydroxyapatite ceramic coatings. J Bone Joint Surg, 73-B:741-745, 1991.*
9) **Geesink RG, de Groot K, and Klein CP**: *Bonding of bone to apatite-coated implants. J Bone Joint Surg, 225:147-170, 1987.*
10) **Ido K, Matsuda T, Yamamuro T, Okumura H, Oka M, and Takagi H**: *Cementless total hip replacement. Acta Ortho Scand, 64:607-612, 1993.*
11) **Nakashima Y, Hayashi K and Inadome T et a**: *Hydroxyapatite-coating on titanium arc sprayed titanium implants. J Biomed Mater Res, 35: 287-298, 1997.*
12) **Oonishi H, Yamamoto M and Ishimaru H et al**: *The effect of hydroxyapatite coating on bone growth into porous titanium alloy implants. J Bone Joint Surg, 71-B: 213-216, 1989.*
13) **Pilliar RM**: *Powder metal-made orthopaedic implants with porous surface for fixation by tissue ingrowth. Clin Orthop, 176:42, 1983.*
14) **Pilliar RM**: *Porous surfaced metallic implants for orthopaedic applications. J Biomed Mater Res Appl Biomater 21(Suppl A1):1,1987.*
15) **Poss R, Walker P, Spector M, Reilly DT, Robertson DD and Sledge CB**: *Strategies for improving fixation of femoral components in total hip arthroplasty. Clin Orthop, 235:181-194, 1988.*
16) **Semlitsch M**: *Twenty years of Sulzer experience with artificial hip joint materials. Proc Inst Mech Eng, 203:159-165, 1989.*
17) **Soballe K, Toksvige-Lasen S, Gelineck J. et al**: *Migration of hydroxyapatite coated femoral pros - theses. A roentgen stereophotogrammetric study. J Bone Joint Surg, 75-B, 681-687, 1993.*
18) **Spotorno L, Romagnoli S and lvaldo N. et al**: *The CLS system. Theoretical concept and results. Acta Orthop Belg, 59 Suppl: 144-148, 1993.*
19) **Stackpool GJ, Kay AB, Morton P et al**: *Bone ingrown characteristics of porous tantalum: a new material for orthopaedic implants. Trans Combined Meet Orthop Res Soc USA, Japan, Canada, Europe. In press 1995.*
20) **Wang BC, Lee TM, Chang F, and Yang CY**: *The shear strength and failure mode of plasma-sprayed hydroxyapatite coating to bone. The Effects of coat - ing thickness. J biomed Mater Res, 27: 1315-1327, 1993.*