

무시멘트형 대퇴부 스템

구경희 · 김태영

서울대학교 의과대학 정형외과학교실

서 론

1900년대 초반 무시멘트형의 인공고관절이 개발된 이후 대퇴 골수강내에 인공관절을 고정하기 위하여 많은 노력을 하였으나 효과적이지 못하였고 1958년 John Charnley에 의하여 대퇴부 스템의 고정에 골시멘트가 처음으로 사용된 이후 1970년대까지 시멘트형 인공고관절이 보편적으로 사용되었다. 그러나 중장기 추시 결과 무균성 해리와 시멘트 주위의 심한 골 흡수와 같은 합병증으로 인해 인공관절 치환술에 생체 역학적 고정개념의 무시멘트형 고정이 개발되었다^{10, 14, 15, 18)}.

무시멘트 대퇴부 스템의 선택에 있어서는 디자인, 표면처리, 재질을 포함한 여러 가지 요소를 감안하여야 한다.

본 론

1. 스템 재질

현재 사용되고 있는 무시멘트형 스템의 재질은 titanium 합금이나 cobalt chrome 이 사용되고 있다. 스템의 재질은 biocompatible 하여야 하고 충분한 mechanical strength와 stability를 가져야 하며, 적당한 modulus of elasticity를 가져야 한다²⁵⁾. 이러한 조건을 만족하기 위해서는 titanium 합금이 cobalt chrome 보다는 적합하다고 알려져 있다. 현재 사용되고 있는 대부분의 인공고관절의 재질은 titanium-aluminium-vanadium (Ti_6AlV_4)합금이다. 하지만 CLS stem등 일부회사 제품은 세포독성이 더 적다고 알려진 titanium-niobium 합금을 사용하고 있으며²⁸⁾ DePuy의 AML stem은 cobalt chrome으로 만들어 진다.

2. 표면처리

무시멘트형 인공고관절의 표면처리는 골조직이 잘 성장할 수 있는 형상인 porous coating, 골조직과 화학적 구조가 유사한 hydroxyapatite coating, alumina등을 이용하여 단순히 거칠게 만드는 sand blasting, 그리고 최근 널리 사용되고 있는 plasma spray등이 있다.

1) porous coating 방법

porous coating의 목적은 골 성장에 적합한 porous structure를 만드는데 있다. 일반적으로 알려진 optimal pore structure는 약 30%의 porosity와 150~400 um 혹은 250~350 um 크기의 pore 이다²⁾. 미국계 회사들(Biomet, DePuy, Zimmer, Howmedica)은 350~480um 크기의 pore size를 사용하고 있으며 유럽 회사들은(Aesculap, Protek)은 200~250 um 정도의 크기를 사용하고 있다. 그러나 적당한 pore size 와 porosity에 대하여는 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다. porous 코팅방법에는 여러 가지 형태로 생긴 (주로 구형) titanium bead를 implant의 표면에 sintering 시키거나(DePuy, Howmedica), fiber 모양의 titanium으로 pad모양을 만들고 이것을 diffusion bonding 방법으로 implant에 코팅시키는 방법(Zimmer), 그리고 최근 가장 널리 사용되는 plasma spray(Biomet, Aesculap, Protek)등이 있다.

(1) bead sintering

bead sintering 방법은 일정한 크기의 bead를 사용함으로써 pore의 크기나 porosity를 조절할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 sintering시 titanium 합금의 microstructure에 영향을 줄 수 있는 온도인 1720~1850 °F 보다 높은 2200~2400 °F를 사용함으로써 스템과 bead의 microstructural change를 bead와 스템의 경계면에 notch등이 발생하여 피로강도를 약화시킬 수 있으며 수술후 bead가 탈락되어 osteolysis 등을 유발할 수도 있다. cobalt chrome을 사용하는 경우도 고온을 사용하기

※ 통신저자: 구 경 희

경기도 성남시 분당구 구미동 300
분당서울대학교병원 정형외과
Tel: 82-31-787-7194
Fax: 82-31-787-4056
E-mail: khkoo@snu.ac.kr

는 마찬가지로 titanium 합금에 비해서는 강도에 덜 영향을 받는다고 알려져 있어 AML stem 등에는 cobalt chrome을 사용하고 있다.

(2) diffusion bonded coating

Zimmer사에서만 사용하는 방법이다. 이 방법은 titanium fiber를 잘게 잘라서 구부린 다음 mesh 형태로 molding하여 pad를 만들고 이 pad를 스템부위에 압박시킨 후 pad와 스템이 융합할 때까지 1400~1800 °F의 온도로 가열한다. bead sintering에 비해서 낮은 온도로 가열하나 fiber mesh와 스템사이에 생기는 notch나 crack 등은 발생 할 수 있다.

(3) plasma spray

최근 가장 널리 사용되는 plasma spray (Biomet, Aesculap, Protek)는 bead coating의 단점인 피로강도 약화를 보완할 목적으로 1980년대초 개발되었다. 스템의 코팅할 부위를 아주 작은 metal ball로 단조시킨 후 진공 상태에서 Ti_6AlV_4 powder를 extreme high energy plasma arc로 스템에 inject한다.

2) hydroxyapatite-coating

조기에 충분한 골성장을 얻기 위하여 1980년대부터 소개되었다^{6, 12, 13, 17, 32)}. hydroxyapatite의 화학적 구조가 골과 유사하여 이상적인 것으로 생각되었으나 인공관절-hydroxyapatite의 경계면이 약하고 smooth한 표면으로 인해 골-hydroxyapatite 경계면의 고정력도 떨어져 중장기 임상결과는 porous-coated implant에 비해서 불량하다고 보고되고 있다^{16, 33)}.

최근 hydroxyapatite coating의 장점과 porous coating의 장점을 모두 살리기 위하여 implant의 표면을 porous coating으로 처리한 다음 그 위에 hydroxyapatite로 도포하는 방법이 사용되고 있다^{5, 20, 23, 30)}. 그러나 이러한 방법도 50~300 um 정도의 pore 위에 50 um 의 두께로 hydroxyapatite를 coating하면 오히려 pore를 막을 수 있으므로 그 결과에 대하여는 더 두고 보아야 한다.

3) corundum blasting

alumina 등의 단단한 tiny material을 titanium 표면에 강한 속도로 분사하여 5~7 um로 얇게 손상을 주어 표면을 거칠게 만드는 방법으로 CLS, Zweymuler stem 등에 사용되어 우수한 임상결과를 얻고 있다^{1, 32)}. bead sintering이나 plasma spray 등에 비해 고온을 사용하지 않으므로 재료의 피로강도를 유지 할 수 있다는 장점이 있다. 동물실험상 plasma spray 에 비해서 골 성장이 적게 일어난다고 보고되었으나 실제 임상성적은 우수한 것으로

보고되고 있다^{1, 32)}.

3. 스템 표면 coating 범위

스템에 있어 coating의 범위에 대해서는 아직도 결론이 정립되지 않았다. 현재 사용되고 있는 스템은 근위부만 코팅된 proximal-coated stem과 80%이상 coating된 extensively-coated stem의 두 종류가 있다. proximal coating은 비환형성(non-circumferential coating)과 환형(circumferential coating)으로 구분할 수 있다. Harris-Galante 스템에 사용되었던 non-circumferential proximal coated stem의 경우 coating 되지 않은 편편한 부위가 관절액이나 폴리에틸렌 입자의 통로로 작용하여 스템의 tip주위에 골용해를 일으키는 중요한 원인이 된다고 보고되어 현재는 사용되지 않고 있다. 현재 대부분의 제품은 근위부만 coating되어 있는 데 그 이유는 재치환술 시 삽입물의 제거가 용이하고, 스트레스 방패에 의한 대퇴 근위부의 골흡수가 적기 때문이다.

DePuy의 AML 스템은 extensively-coated stem인데 근위부만 coating된 스템보다 골간부에 보다 더 광범위한 생물학적 고정을 얻을 수 있다. 그러나 스트레스 방패 현상이 심하고 재치환술시 스템의 제거가 어려운 단점이 있다.

proximal-coated stem과 extensively-coated stem에서 현재까지의 임상적 결과는 비슷하나 이들의 정확한 비교 우월성은 좀더 오랜 기간 임상적 연구가 필요하다. 그러나 인공 고관절 재치환술 시에는 proximal-coated stem이 extensively-coated stem보다 스템의 제거가 용이하며 주위의 골파괴를 최소한으로 줄일 수 있으므로 primary total hip arthroplasty시에는 proximal-coated stem이 주로 권장된다.

4. 스템 디자인

1) straight 스템과 anatomic 스템

대퇴골 경부는 anteversion되어 있고 대퇴골 간부는 anterior bowing을 가지고 있어 대퇴골은 sagittal plane에서 double curvature를 가지고 있다. anatomic 스템은 골수강내에 스템을 맞추기 위해 bowing과 anteversion을 가지는 stem을 말하며 좌우를 따로 준비해야 한다. 하지만 bowing 의 정도는 개인차와 연령차가 있으며 실제 골수강내에 stem을 맞추기는 힘들 수 있다. anatomic 스템이 straight 스템에 비해 근위부에서는 더 많은 contact를 얻을 수 있고 micromotion이 적다는 보고가 있으나¹⁹⁾ anatomic stem이 straight stem 보다 임상적으로 우수하다는 보고는 없다.

2) distal fixation 과 proximal fixation

distal fixation은 AML 스템이^{8,9,11)} 대표적인 예로 대퇴골 근위부 형태는 개인차가 있으므로 diaphysis에 스템의 원위부를 고정시키는 개념이다. 대퇴골 근위부에 스템과의 접촉이 적고 하중이 적게 전달되어 stress shielding이 심할 수 있으며²²⁾ thigh pain의 빈도가 높고 재수술시 스템을 제거하려면 대퇴골에 손상을 많이 줄 수 있다는 단점이 있다.

proxiaml fixation은 tapered stem을 이용하여 주로 metaphysis에서 press-fit을 얻을 수 있는 형태로 대표적인 디자인으로 CLS 스템^{27,29)}, Zweymuller 스템³⁴⁾을 들 수 있으며, 정상에 가까운 strain pattern을 얻을 수 있다¹⁹⁾.

3) collar

Harris-Galante stem, APR stem 등에 사용되었던 스템 collar의 필요성에 대하여는 이견이 있다. 이론적 장점은 collar가 대퇴경부 절단면 후내방부 골피질을 자극함으로써 stress shielding을 막을 수 있으며 stem의 subsidence를 막을 수 있다는 점이다. 하지만 인공고관절 치환술 후 시간이 지나면, 후내방부 골피질의 atrophy 혹은 osteolysis가 일어나 collar와 골피질과 접촉은유지되지 않는다. 오히려 collar는 수술시 press-fit을 방해할 가능성이 있다.

4) custom made stem

수술전 시행한 CT data를 이용하여 원래의 골수강과 같은 크기와 모양의 custom made stem을 만들어 최대한으로 골수강을 채우려는 개념이다. 이 경우 골수강을 채우려면, 스템의 크기가 커져야 하고, 스템이 더욱 stiff 해지고, 원래의 뼈의 elasticity와 차이가 많이 나게 된다. 또한 한 가지 broach만 사용하므로 스템이 들어갈 골수강을 준비하기가 어렵고 가격이 비싸고 기존의 스템보다 더 좋은 결과를 얻었다는 보고가 없다.

5) modular stem

micromotion을 줄이기 위해 proximal fit과 distal fit을 동시에 얻고자 개발되었으며 S-ROM stem이 대표적인 예이다. 하지만 modular interface stability에 대한 장기적인 추시가 필요하다.

결 론

무시멘트 인공고관절은 재료와 가공 기술 등의 발전과 함께 많은 개념의 발전을 가지고 왔다. 현재 쓰이고 있는 인공고관절의 이론적 배경 및 결과에 대해서 충분한 이해가 필요하고 이것을 바탕으로 적당한 인공관절을 선택하여

좋은 결과를 얻을 수 있고 원래 인공 고관절이 지향하는 목적을 이룰 수 있으며, 발전하는 과학에 따라 새로운 개념의 인공관절을 개발할 수 있을 것이다.

REFERENCES

- 1) Blaha JD, Gruen TA, Grappiolo G, Mancinelli CA, Spotorno L, Romagnoli S and Ivaldo N: *Porous coatings: do we need it? Orthopedics*, 17:779-780, 1994.
- 2) 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 Relat Res*, 150: 263-270, 1980.
- 3) Bourne RB, Rorabeck CH, Patterson JJ, and Guerin J: *Tapered titanium cementless total hip replacements: a 10 to 13 year followup study. Clin Orthop Relat Res*, 393:112-120, 2001.
- 4) Clohisy JC and Harris WH: *The Harris-Galante uncemented femoral component in primary total hip replacement at 10 years: J Arthroplasty*, 14:915-917, 1999.
- 5) Cook SD, Thomas KA, Dalton JE, Volkman TK, Whitecloud TS III and Kay JF: *Hydroxyapatite coating of porous implants improves bone in growth and interface attachment strength. J Biomed Mater Res*, 26:989-1001, 1992.
- 6) Cook SD, Thomas KA, Kay JF and Jarcho M: *Hydroxyapatite-coated titanium for orthopedic implant applications. Clin Orthop Relat Res*, 232:225-243, 1988.
- 7) Delaunay C and Kapandji AI: *Survival analysis of cementless grit-blasted titanium total hip arthroplasties. J Bone Joint Surg*, 83-A:408-413, 2002.
- 8) Engh CA Jr, Claus AM, Hopper RH Jr and Engh CA: *Long-term results using the anatomic medullary locking hip prosthesis. Clin Orthop Relat Res*, 393:137-147, 2001.
- 9) Engh CA and Bobyn JD: *The influence of stem size and extent of porous coating on femoral bone resorption after primary cementless hip arthroplasty. Clin Orthop Relat Res*, 231: 7-28: 1988.
- 10) Engh CA, Bobyn JD and Glassman AH: *Porous coated hip replacement. The factor governing bone ingrowth, stress shielding and clinical result. J Bone Joint Surg*, 69-B:45-55, 1987.
- 11) Engh CA, McGovern TF and Engh CA Jr: *Clinical experience with the anatomic medullary locking(AML) prosthesis for primary total hip replacement. Biological, Material, and Mechanical Considerations of Joint Replacement. New York, Raven Press:167-184, 1993.*
- 12) Furlong RJ and Osborn JF: *Fixation of hip prostheses by hydroxyapatite ceramic coatings. J Bone Joint Surg*, 73-B:741-745, 1991.
- 13) Geesink RG, de Groot K and Klein CP: *Bonding of bone to apatite-coated implants. J Bone Joint Surg*, 70-B:17-22, 1988.

- 14) **Haddad RJ Jr, Skalley TC and Cook SD:** *Clinical and roentgenographic evaluation of noncemented porous coated anatomic total hip arthroplasty.* Clin Orthop Relat Res, 258: 176-182, 1990.
- 15) **Han CD, Lee WS and Yang IW:** *Comparison of porous-coating femoral stem with HA/TPC -coated femoral stem in total hip arthroplasty.* J Korean Orthop Assoc, 35:583-588, 2000.
- 16) **Hayashi K, Inadome T, Mashima T and Sugioka Y:** *Comparison of bone-implant interface shear strength of solid hydroxyapatite and hydrox -yapatite-coated titanium implants.* J Biomed Mater Res, 27:557-563, 1993.
- 17) **Hayashi K, Uenoyama K, Matsuguchi N and Sugioka Y:** *Quantitative analysis of in vivo tissue responses to titanium-oxide and hydroxyapatitecoated titanium alloy.* J Biomed Mater Res, 25:515-523, 1991.
- 18) **Heekin RD, Callaghan JJ, Hopkinson WJ, Savory CG and Xenos JS:** *The porous-coated anatomical total hip prosthesis inserted without cement.* J Bone Joint Surg, 75-A:77-91, 1993.
- 19) **Huiskes R and Chao EY:** *A survey of finite element analysis in orthopedic biomechanics.* J Biomech, 16:385-409, 1983.
- 20) **Ido K, Matsuda T, Yamamuro T, Okumura H, Oka M and Takagi H:** *Cementless total hip replacement.* Acta Orthop Scand, 64:607-612, 1993.
- 21) **Kawamura H, Dunbar MJ, Murray P, Bourne RB and Rorabeck CH:** *The porous coated anatomic total hip replacement. A ten to fourteen-year follow-up study of a cementless total hip arthroplasty.* J Bone Joint Surg, 83-A:1333-1338, 2001.
- 22) **Lee JM, Cho DY, Hwang JK and Lee JB:** *5 to 9 year results of uncemented total hip arthroplasty using Cementless Spotorno (CLS) Stem in young patients with osteonecrosis.* J Korean Hip Soc, 8:130-139, 1996.
- 23) **Oonishi H, Yamamoto M, Ishimaru H, Tsuji E, Kushitani S, Aono M and Ukon Y:** *The effect of hydroxyapatite coating on bone growth into porous titanium alloy implants.* J Bone Joint Surg, 71-B:213-216, 1989.
- 24) **Parvizi J, Keisu KS, Hojack WJ, Sharkey PF and Rothman RH:** *Primary total hip arthroplasty with an uncemented femoral component: a long-term study of the Taperloc stem.* J Arthroplasty, 19:151-156, 2004.
- 25) **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 Relat Res, 235:181-194, 1988.
- 26) **Purtill JJ, Rothman RH, Hozack WJ and Sharkey PF:** *Total hip arthroplasty using two different cementles tapered stems.* Clin Orthop Relat Res, 393:121-127, 2002.
- 27) **Schramm M, Keck F, Hohmann D and Pitto RP:** *Total hip arthroplasty using an uncemented femoral component with taper design: outcome at 10-year follow-up.* Arch Orthop Trauma Surg, 120:407-412, 2000.
- 28) **Semlitsch M:** *Twenty years of Sulzer experience with artificial hip joint materials.* Proc Inst Mech Eng, 203:159-165, 1989.
- 29) **Siebold R, Scheller G, Schreiner U and Jani L:** *Long-term results with the cement-free Spotorno CLS shaft.* Orthopade, 30:317-322, 2001.
- 30) **Soballe K, Broskdtedt-Rasmussen H, Hansen ES and Bunger C:** *Hydroxyapatite coating modidies implant membrane formation. Controlled micromotion studies in dogs.* Acta Orthop Scand, 63:128-140, 1992.
- 31) **Soballe K, Toksvig-Larsen S, Gelineck J, Fruensgaars S, Hansen ES, Ryd L, Lucht U and Bunger C:** *Migration of hydroxyapatite coated femoral prostheses. A roentgen stereophotogrammetric study.* J Bone Joint Surg, 75-B:681-687, 1993.
- 32) **Spotorno L, Romagnoli S, Ivaldo N, Grapiolo G, Bibbiani E, Blaha DJ and Guen TA:** *The CLS system. Theoretical concept and results.* Acta Orthop Belg, 59(S):144-148, 1993.
- 33) **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 coating thickness.* J Biomed Mater Res, 27:1315-1327, 1993.
- 34) **Weissinger M and Helmreich C:** *Long-term results with Zweymuller cement-free Alloclassic stem.* Z Orthop Ihre Grenzgeb, 139:200-205, 2001.
- 35) **Xenos JS, Callaghan JJ, Heekin RD, Hopkinson WJ, Savory CG and Moore MS:** *The porous-coated anatomic total hip prosthesis, inserted without cement: A prospective study with a minimum of ten years of follow-up.* J Bone Joint Surg, 81-A:74-82, 1999.