

Metal on Polyethylene in Total Hip Arthroplasty

Joon-Soon Kang, MD, Ryuh Sup Kim, MD

Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine, Inha University, Incheon, Korea

Conventional gamma sterilization could induce substantial oxidative degradation during subsequent storage of the PE component in air and during their use in vivo. This oxidative degradation may induce high wear rates, delamination and/or gross fracture of the affected PE component. An improved understanding of the effects of cross-linking and oxidation on ultra high molecular weight polyethylene (UHMWPE) has lead to the common use of oxygen-protected packing during radiation sterilization and shelf storage. More recently, methods to deliberately highly cross link UHMWPE while reducing the material's potential to oxidize have been develop in the form of highly cross linked UHMWPE. We reviewed the manufacturing, sterilization, cross linking methods and clinical results of the new polyethylene.

Key Words: Hip, Arthroplasty, Polyethylene

서 론

고전적인 금속-고분자 폴리에틸렌(UHMWPE) 관절면을 이용한 인공 고관절 치환술은 고관절 골괴사, 골성 관절염, 류마티드 관절염 등 고관절 질환의 기능 향상과 동통 완화에 가장 효과적인 치료법으로 인식되고 있다. 그러나 인공 관절 치환술 후에 발생하는 관절면의 심한 마모는 골용해와 인공물의 이완으로 후기 고관절 탈구를 야기시키는 재치환술의 주요 기전으로 밝혀졌다¹⁻³⁾. 골용해는 관절면 또는 주변 부위에서 발생하는 미립자(particulate debris)에 대한 생물학적인 반응으로, 미립자는 인공물의 여러 부위에서 발생할 수 있으나 관절면에서 발생하는 마모 입자가 가장 많은 문제점을 일으킨다. 따라서 관절면에서 마모 입자를 최소화하기 위해 고분자 폴리에틸렌의 대체물로 고도 교차 결합 폴리에틸렌이 최근 개발되어 사용

되고 있으며 hard-hard bearing으로 세라믹-세라믹과 금속-금속 관절면의 사용이 증가하고 있다. 본문에서는 폴리에틸렌의 기본 제조 공정, 방사선 조사와 산화, 교차 결합 유도 방법, 고도 교차 결합 폴리에틸렌 라이너의 임상 결과에 대해 문헌 고찰을 해 보고자 한다.

본 론

1. 폴리에틸렌 라이너의 제조 공정

에틸렌(Ethylene)은 2개의 탄소 원자와 4개의 수소 원자로 이루어진 탄화수소(C_2H_4)다. 폴리에틸렌은 여러 개의 에틸렌 분자의 long chain polymer로 각각의 탄소가 서로 연결되어 있으며 각각의 탄소는 2개의 수소 원자를 가지고 있다. 고분자 폴리에틸렌의 기계적 특성은 화학 구조, 분자량, 결정 체제(crystalline organization) 및 온도와 밀접한 연관이 있다. 고분자 폴리에틸렌의 미세 구조는 amorphous matrix에 crystalline domain이 융합된 2중 구조로 되어있으며, 각각의 crystalline domain을 연결하는 구조는 좀 더 강한 물리적 저항력을 제공한다. 정형외과에서 사용되는 고분자 폴리에틸렌의 분자량은 3백만~6백만(gram/mole) 정도이며 녹는점은 $125\sim145^\circ C$, 비중은 $0.930\sim0.945\text{ g/cm}^3$ 이다. 초고분자량 폴리에틸렌 인공 관절면 부품은 분자량에 차이가 있지만 중합된 분말을 고온 고압에서 봉재 형태로 압출 성형(extruded rod)하거나 판

Submitted: August 17, 2010 1st revision: September 16, 2010

2nd revision: October 31, 2010 2nd revision: November 4, 2010

Final acceptance: November 4, 2010

• Address reprint request to **Joon-Soon Kang, MD**

Department of Orthopaedic Surgery, Inha University Hospital,
7-206 Sinheung-dong 3-ga, Jung-gu, Incheon 400-711, Korea
TEL: +82-32-890-3666 FAX: +82-32-890-3099
E-mail: kangjoon@inha.ac.kr

• 본 논문은 인하대학교의 지원에 의하여 연구되었음.

Copyright © 2010 by Korea Hip Society

제 형태로 압축 성형하여 최종 제품형태로 기계 가공하여 생산하는 것이 가장 보편적이며, 분말을 최종 제품 형태의 형틀에 넣어 직접 제작(direct molding)하는 방법도 있다⁴⁾.

공정이 완료된 폴리에틸렌 부품의 소독 방법으로 gas plasma, ethylene oxide, gamma radiation 등이 있다. 과거에는 gas plasma, ethylene oxide 방법이 주로 사용되었으나 이 방법은 교차 결합이 발생되지 않아 마모에 대한 저항성을 높일 수 없다. Ethylene oxide 방법은 소독 후 free radical 형성은 없으나 폴리에틸렌 내부까지 완전 소독이 어려우며 독성 잔여물이 남을 수 있는 단점이 있다. gas plasma 방법은 비교적 안전한 방법이지만 교차 결합을 유도하지 못하므로 단독으로는 사용하지 않고 있다. 최근 30년 동안 사용된 폴리에틸렌 라이너의 소독은 2.5~4 Mrads 정도의 gamma radiation을 공기에 노출시킨 상태에서 시행하였다⁴⁾.

2. 방사선 조사와 산화

폴리에틸렌 마모에 가장 중요한 영향을 미치는 인자는 멸균 처리를 위한 방사선 조사시 발생하는 폴리에틸렌 구조의 미세 변화이다. 폴리에틸렌의 방사선을 조사하면 분자 연결 구조의 단절이 생기며 free radical이 발생되는데 이때 산소가 있으면 자유 라디칼(free radical)은 산소 분자와 결합하여 산화(oxidation)가 일어나게 된다(Fig. 1). 특히 폴리에틸렌 라이너 제조 공정에서 유동성을 좋게 하기 위해 첨가한 calcium stearate가 표면 가까이 몰려 있어 산화 작용이 심하게 발생된 경우에는 표면부에 백색 띠(white band)가 관찰되기도 한다. 감마선 조사 후 산화에 의한 미세구조 변화는 기계적 물성의 저하를 일으키며 시간이 경과할수록 심해진다. 폴리에틸렌의 표면 산화는 강도를 약화시켜 마모에 대한 저항력이 크게 줄어들며 표층 분리(delamination)와 골절까지 유발될 수 있다. 또한 폴

리에틸렌의 crystalline 부분에 남아 있는 free radical은 수년에 걸쳐서 산화를 유발할 수 있다. 따라서 제조 후 고고로 장기간 보관된(long shelf period) 제품은 표면 산화가 진행되어 폴리에틸렌의 물리적 특성에 결함이 생길 가능성이 있다^{5,6)}. 반면에 산소가 없는 환경에서는 free radical은 주변의 free radical과 재결합하여 3차원적인 교차 결합이 일어나 마모에 강한 저항성을 갖게 된다. 일반적으로, 교차 결합이 증가하면 산화는 줄어들고 반대로 교차 결합이 줄어들면 산화는 증가한다. 따라서 공기에 노출된 상태에서의 방사선 조사는 폴리에틸렌의 산화를 유발시켜 물리적 특성을 약화 시키지만 산소가 없는 환경에서는 방사선 조사는 교차 결합을 유발시켜 마모율을 감소시키며, 분자의 운동성이 줄어들고 변성에 더 저항성을 가지게 된다. 반면에 교차 결합은 항복 강도(yield strength)나 인장 강도(ultimate tensile strength)는 약화시키는 단점이 있다⁶⁻⁸⁾.

3. 고도 교차 결합 폴리에틸렌 (Highly cross-linked polyethylene)

교차 결합을 유도하는 방법에는 peroxide chemistry, ionizing radiation, electron beam radiation 등이 있으며 free radical을 만들어 주변의 폴리에틸렌 분자와 융합하여 교차 결합을 하게 된다. 감마선 조사 방법은 과거 30년 이상 사용되어온 비교적 안전한 방법으로 24시간에 걸쳐 서서히 조사하기 때문에 온도에 대한 손상 가능성이 적다. 반면에 electron beam은 기존의 방법보다 5,000배 이상 빠른 속도로 조사하기 때문에 고온에 의한 손상 가능성이 제기되고 있다. 교차 결합 후 남아있는 free radical을 제거하는 방법에는 폴리머를 용해점(125°C에서 135°C)까지 열을 가하는 remelting 방법과, 용해점보다 조금 낮은 온도로 가열하는 annealing 방법이 있다. Remelting 방법은 free radical을 완전히 제거하지만 폴리에틸렌의 물리적 성질(crystallinity and stiffness)을 약화시키는 단점이 있으며, annealing 방법은 free radical이 소량 잔존하는 단점이 있다^{7,9)}. 교차 결합 반응을 유도한 후 재용해된 물질들은 여분의 free radical을 지니지 않게 되어, 에틸렌 옥사이드나 가스 플라즈마로 소독을 하여도 산화 반응이 일어나지 않게 된다. 현재 FDA 승인을 받은 상품화 되어 있는 물질은 Marathon (DePuy, Warsaw, IN), Longevity (Zimmer, Warsaw, IN), Durasul (Centerpulse Orthopaedics, Austin, TX), Crossfire (Stryker Howmedica Osteonics, Allendale, NJ), XLPE (Smith & Nephew Orthopaedics, Memphis, TN) 등이다. 이들의 제조 과정은 방사선 조사량과 방법(감마선 또는 electron beam), 재용해 방법(annealing, remelting) 등에 차이가 있다(Table 1).

교차 결합의 정도는 방사선 용량에 비례하며 교차 결합

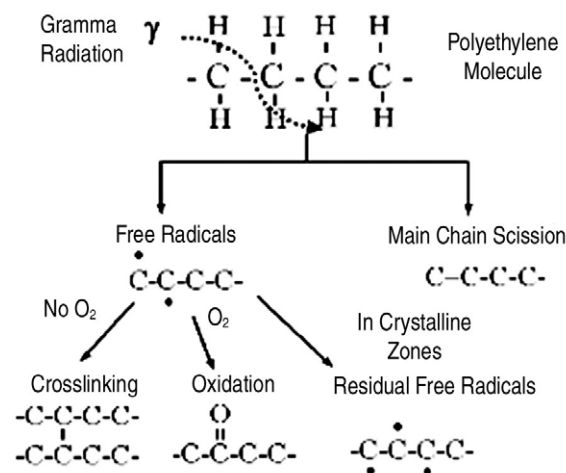


Fig. 1. 방사선 조사에 의한 폴리에틸렌 구조 변화.

정도에 따라 마모율은 반비례하여 감소한다. 그러나 교차 결합이 증가하면 폴리에틸렌의 물리적 특성인 최대 강도(ultimate tensile strength), 연성(ductility), 인성(toughness), 피로 강도(fatigue strength)는 감소하기 때문에, 폴리에틸렌의 물리적 특성을 보존하면서 임상적으로 골용해의 문제점을 유발시키지 않는 정도의 극소량의 마모를 발생시키는 교차 결합을 만들기 위한 적정량의 방사선 용량에 대해서는 아직 논란이 있다¹⁰⁾.

4. 고도 교차 결합 폴리에틸렌의 임상 결과

고도 교차 결합 폴리에틸렌의 임상 결과 마모 감소율은 비교하는 대조군에 사용된 기존의 폴리에틸렌의 종류에 따라 23~95%까지 다양하게 보고 되고 있으며(Table 2), hip simulator wear test의 마모 감소율에는 미치지 못한다. 이러한 차이는 포복(creep) 변형에 의한 head penetration과 대조군의 라이너 제조 방법의 차이 때문으로 설명할 수 있다. creep은 수술 후 6개월 이내에 발생하며 교차 결합의 정도에는 크게 영향을 받지 않기 때문에 수술 후 1년 까지의 마모율 차이는 의미가 없다. 따라서 고도 교차 결합 폴리에틸렌의 임상적 마모는 초기

bedding-in period의 head penetration data를 제외하고 마모율을 계산한다. Dorr 등¹¹⁾은 수술 5년 후 Durasul liner와 고전적인 폴리에틸렌 라이너(2.5-4 MRad, oxygen free)를 비교한 결과 55% 마모 감소율을 보고하였으며, D'Antonio 등²⁾은 Crossfire liner의 경우 60% 감소(대조군: 2.5Mrad, nitrogen contained vacuum package)를 보고하였다. 또한 Engh 등¹²⁾은 Marathon liner(4.1-7.2 년 추시)에서 95% 마모 감소(대조군: Gas plasma, non cross link)를 보고하였다. Highly cross-linked polyethylene liner의 마모는 대조군의 라이너의 종류에 따라 wear simulator test에서도 마모 감소율이 차이가 확인되었으며, 임상에서도 대조군의 라이너의 처리 방법이 중요한 변수가 된다. 즉 교차 결합이 안된 폴리에틸렌을 대조군으로 하여 고도 교차 결합 폴리에틸렌 군과 비교할 경우에는 감마선으로 소독한 폴리에틸렌(중등도 교차 결합 폴리에틸렌)을 대조군으로 한 경우보다 현저한 마모율 차이를 보이게 된다^{12,13)}.

전통적인 고분자 폴리에틸렌을 사용한 인공 고관절 수술 후 관절면 마모에 영향을 주는 요인으로 연령, 성별, 체질량 지수(body mass index), 환자의 활동성, 대퇴골 두 크기, 인공물 삽입 위치 등이 주요 인자로 알려져 왔으나,

Table 1. Highly Cross-Linked Polyethylenes

Trade Name	Company	Cross Linking Method	Rad. Dose	Free Radical Removal
Marathon	DePuy	Gamma	5 Mrad	Remelting
Longevity	Zimmer	Electron Beam	10 Mrad	Remelting
Durasul	Sulzer	Electron Beam	9.5 Mrad	Remelting
Crossfire	Osteonics	Gamma	10.5 Mrad	Annealing
XLPE	Smith&Nephew	Gamma	10 Mrad	Remelting
Aeonean	Kyocera	Gamma	7.5 Mrad	Annealing

Table 2. Percent Wear Reductions in Early and Midterm Clinical Studies of Highly Cross-Linked Polyethylene Acetabular Liners Compared with Previously Used Polyethylenes

Manufacturing Process for Highly Cross-Linked Polyethylene	Study	Sterilization Process for Comparison Polyethylene	Wear Reduction(%)
Cold-Irradiated and Annealed(Crossfire)	Martell et al. ²⁶⁾	Gamma-R, Inert	42
	Krushell et al. ²⁷⁾	Gamma-R, Inert	58
	D'Antonio et al. ¹⁴⁾	Gamma-R, Inert	60
	Sychterz et al. ²⁸⁾	Gas Plasma	45
Cold-Irradiated and Melted (Marathon)	Bitsch et al. ¹³⁾	Gamma-R, Air	73
	Engh et al. ¹²⁾	Gas Plasma	95
	Digas et al. ³⁾	Gamma-R, Inert	54
Warm-Irradiated and Adiabatic Melted (Durasul)	Bragdon et al. ²⁹⁾	Gamma-R, Air	83
	Dorr et al. ¹¹⁾	Gamma-R, Inert	55
	Manning et al. ³⁰⁾	Gamma-R, Air	90
Warm-Irradiated and Subsequently Melted (Longevity)	Hopper et al. ³¹⁾	Gas Plasma	44
	Digas et al. ³⁾	Gamma-R, Inert	31

중단기 추시 결과 고도 교차 결합 폴리에틸렌에서는 환자 측 요인은 큰 의미가 없고, 폴리에틸렌의 재질과 마모 특성이 중요한 것으로 보고 되고 있다^{11,14,15}. 또한 비구컵의 적정 삽입 위치는 고전적인 폴리에틸렌 뿐 아니라, 고도 교차 결합 폴리에틸렌에서도 마모율에 영향을 준다. 비구컵 외전각이 수직에 가까울수록 골두와 접촉점이 상부연(upper rim, equator)에 가까워져 과도한 스트레스에 의한 조기 마모나 피로 골절이 유발될 수 있는데 특히 remelting 폴리에틸렌의 경우 폴리에틸렌의 fracture toughness가 감소하여 조기 실패의 원인이 될 수 있다¹⁶. 또한 neck-socket impingement 및 탈구를 예방하기 위해 큰 대퇴 골두를 사용할 경우 상대적으로 라이너 두께가 얇아져 특히 locking mechanism 부위에서 fatigue cracking 가능성도 있다¹⁷.

비구컵 마모율이 연간 0.1 mm 이하인 경우 골 융해는 드물게 발생하지만, 이 임계점을 초과할 경우 골 융해는 매우 광범위하게 발생하게 된다^{18,19}. Crossfire, Dursul, Marathon 제품의 고도 교차 결합 폴리에틸렌 라이너는 모두 중단기 추시에서 연간 마모율이 0.1 mm 이하이고, 심각한 골융해의 발생도 없으며 임상 결과도 좋게 보고하고 있다^{3,11,13-15,20}. 그러나 고도 교차 결합 폴리에틸렌의 마모 입자 크기는 1 micron 이하가 대부분이며, 세포 배양에서 cytokine이 증가되어 있어 장기 추시에서 마모 입자의 생물학적인 활동도에 대한 우려 또한 제기되고 있으며²¹, 이 경우 골 융해의 임계점은 연간 1 mm 보다 작을 수도 있다²²⁻²⁴. 현재 까지 고도 교차 결합 폴리에틸렌 라이너에서 심한 골 융해는 증례가 1예만 보고 되어 있으며, 이 경우도 stem-cement interface의 마모 입자(debris)에 의한 골융해로, 재수술 결과 폴리에틸렌 라이너의 문제는 아닌 것으로 확인되었다²⁵.

결 론

인공 고관절 전치환술에서 폴리에틸렌 마모는 레진의 종류, 제조 공정 방법, 대퇴골 두 크기, 비구컵 위치, 환자의 활동도, 체중 등 여러 가지 요인에 의해 영향을 받는다. 고도 교차 결합 폴리에틸렌은 중기 임상 추시 결과, 기존의 폴리에틸렌에 비해 마모율이 현저하게 감소되고, 심각한 골융해의 발생도 줄어들어 삽입물의 해리 등에 의한 재치환 수술을 감소시킬 것으로 기대되고 있다. 그러나 고도 교차 결합 폴리에틸렌은 피로 골절에 취약한 단점이 있으므로, 비구컵의 삽입 위치와 neck-socket impingement에 주의를 기울여야 하며, 이상적인 교차 결합 유도 방법 및 마모 입자에 대한 생체내 생물학적 반응에 대해서는 장기 추시 관찰이 필요하다.

REFERENCES

1. Ayers DC. Polyethylene wear and osteolysis following total knee replacement. *Instr Course Lect.* 1997;46:205-13.
2. Clohisy JC, Harris WH. The Harris-Galante uncemented femoral component in primary total hip replacement at 10 years. *J Arthroplasty.* 1999;14:915-7.
3. Digas G, Kärrholm J, Thanner J, Malchau H, Herberts P. The Otto Aufranc Award. Highly cross-linked polyethylene in total hip arthroplasty: randomized evaluation of penetration rate in cemented and uncemented sockets using radiostereometric analysis. *Clin Orthop Relat Res.* 2004;429:6-16.
4. Callaghan JJ, Rosenberg AG, Rubash HE. *The adult hip.* 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2007. 117-27.
5. Schmalzried TP, Kwong LM, Jasty MJ, et al. The mechanism of loosening of cemented acetabular components in total hip arthroplasty. Analysis of specimens retrieved at autopsy. *Clin Orthop Relat Res.* 1992;274:60-78.
6. Tanner MG, Whiteside LA, White SE. Effect of polyethylene quality on wear in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1995;317:83-8.
7. Kurtz SM, Muratoglu OK, Evans M, Edidin AA. Advances in the processing, sterilization and crosslinking of ultra-high molecular weight polyethylene for total joint arthroplasty. *Biomaterials.* 1999;20:1659-88.
8. Willie BM, Gingell DT, Bloebaum RD, Hofmann AA. Possible explanation for the white band artifact seen in clinically retrieved polyethylene tibial components. *J Biomed Mater Res.* 2000;52:558-66.
9. Sakoda H, Voice AM, McEwen HM, et al. A comparison of the wear and physical properties of silane cross-linked polyethylene and ultra-high molecular weight polyethylene. *J Arthroplasty.* 2001;16:1018-23.
10. McKellop H, Shen FW, Lu B, Campbell P, Salovey R. Development of an extremely wear-resistant ultra high molecular weight polyethylene for total hip replacements. *J Orthop Res.* 1999;17:157-67.
11. Dorr LD, Wan Z, Shahrddar C, Sirianni L, Boutary M, Yun A. Clinical performance of a Durasul highly cross-linked polyethylene acetabular liner for total hip arthroplasty at five years. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87:1816-21.
12. Engh CA Jr, Stepniewski AS, Ginn SD, et al. A randomized prospective evaluation of outcomes after total hip arthroplasty using cross-linked marathon and non-cross-linked Enduron polyethylene liners. *J Arthroplasty.* 2006;21 Suppl:17-25.
13. Bitsch R, Heisel C, Bal S, Dela Rosa M, Schmalzried T. Reduction of osteolysis with crosslinked polyethylene at five years. *The Annual Meeting of the American Association of Hip and Knee Surgeons;* 4 Nov 2006; Dallas, TX.
14. D'Antonio JA, Manley MY, Capello WN, et al. Five-year experience with Crossfire highly cross-linked polyethylene.

- Clin Orthop Relat Res.* 2005;441:143-50.
15. Heisel C, Silva M, dela Rosa MA, Schmalzried TP. Short-term in vivo wear of cross-linked polyethylene. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86-A:748-51.
16. Bradford L, Baker D, Ries MD, Pruitt LA. Fatigue crack propagation resistance of highly crosslinked polyethylene. *Clin Orthop Relat Res.* 2004;429:68-72.
17. Halley D, Glassman A, Crowninshield RD. Recurrent dislocation after revision total hip replacement with a large prosthetic femoral head. A case report. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86-A:827-30.
18. Dowd JE, Sychterz CJ, Young AM, Engh CA. Characterization of long-term femoral-head-penetration rates. Association with and prediction of osteolysis. *J Bone Joint Surg Am.* 2000;82-A:1102-7.
19. Dumbleton JH, Manley MT, Edidin AA. A literature review of the association between wear rate and osteolysis in total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2002;17:649-61.
20. Röhr S, Nivbrant B, Mingguo L, Hewitt B. In vivo wear and migration of highly cross-linked polyethylene cups a radiostereometry analysis study. *J Arthroplasty.* 2005;20:409-13.
21. Fisher J, Jin Z, Tipper J, Stone M and Ingham E. Tribology of alternative bearings. *Clin Orthop Relat Res.* 2006 Dec;453:25-34.
22. Endo M, Tipper JL, Barton DC, Stone MH, Ingham E, Fisher J. Comparison of wear, wear debris and functional biological activity of moderately crosslinked and non-crosslinked polyethylenes in hip prostheses. *Proc Inst Mech Eng H.* 2002;216:111-22.
23. Fisher J, Bell J, Barbour PS, et al. A novel method for the prediction of functional biological activity of polyethylene wear debris. *Proc Inst Mech Eng H.* 2001;215:127-32.
24. Ries MD, Scott ML, Jani S. Relationship between gravimetric wear and particle generation in hip simulators: conventional compared with cross linked polyethylene. *J Bone Joint Surg Am.* 2001;83-A Suppl:116-22.
25. Bradford L, Kurland R, Sankaran M, Kim H, Pruitt LA, Ries MD. Early failure due to osteolysis associated with contemporary highly cross-linked ultra-high molecular weight polyethylene. A case report. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86-A:1051-6.
26. Martell JM, Verner JJ, Incavo SJ. Clinical performance of a highly cross-linked polyethylene at two years in total hip arthroplasty: a randomized prospective trial. *J Arthroplasty.* 2003;18 Suppl:55-9.
27. Krushell RJ, Fingerhuth RJ, Cushing MC. Early femoral head penetration of a highly cross-linked polyethylene liner vs a conventional polyethylene liner: a case-controlled study. *J Arthroplasty.* 2005;20 Suppl:73-6.
28. Sycherz CJ, Engh CA Jr, Engh CA. A prospective, randomized clinical study comparing Marathon and Enduron polyethylene acetabular liners: 3 year results. *J Arthroplasty.* 2004;19:258.
29. Bragdon CR, Barrett S, Martell JM, Greene ME, Malchau H, Harris WH. Steady-state penetration rates of electron beam-irradiated, highly cross-linked polyethylene at an average 45-month follow-up. *J Arthroplasty.* 2006;21:935-43.
30. Manning DW, Chiang PP, Martell JM, Galante JO, Harris WH. In vivo comparative wear study of traditional and highly cross-linked polyethylene in total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2005;20:880-6.
31. Hopper RH Jr, Young AM, Orishimo KF, McAuley JP. Correlation between early and late wear rates in total hip arthroplasty with application to the performance of marathon cross-linked polyethylene liners. *J Arthroplasty.* 2003;18 Suppl:60-7.

국문초록

폴리에틸렌-금속 관절면

강준순 · 김려섭

인하대학교 의과대학 정형외과학교실

고전적인 감마선 조사 방법으로 제조된 폴리에틸렌 관절면을 이용한 인공 고관절 치환술은 폴리에틸렌 라이너의 보관 과정이나 생체내 삽입 후 산화에 의한 변성에 의해 강도를 약화시켜 마모에 대한 저항력이 크게 줄어들어 마모율이 증가되고 폴리에틸렌 라이너의 표층 분리나 골절까지 유발될 수 있다. 폴리에틸렌의 교차 결합과 산화 및 마모에 대한 최근 많은 연구가 진척되어 고도 교차 결합 폴리에틸렌이 최근 개발되어 사용되고 있다. 본문에서는 폴리에틸렌의 기본 제조 공정, 방사선 조사와 산화, 교차 결합(cross linking) 유도 방법, 임상 결과에 대해 문헌 고찰을 해 보고자 한다.

색인단어: 고관절, 인공 관절 치환술, 폴리에틸렌