

Metal-on-Metal Bearing in Total Hip Arthroplasty

Youn-Soo Park, MD, Seung-Jae Lim, MD

Department of Orthopedic Surgery, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea

Metal-on-metal bearings have been reintroduced with the improved materials, design and manufacturing quality control as an alternative to the conventional metal-on-polyethylene articulation. The advantages of total hip arthroplasty using a metal-on-metal bearing include an extremely low wear rate, a very small risk of in vivo fracture and the use of a larger femoral head. These advantages have led to an increased use of metal-on-metal bearings for younger and more active patients with advanced hip disease. Concerns remain regarding the elevated levels of metal ions and their potential consequences such as metal hypersensitivity or potential carcinogenesis.

Key Words: Total hip arthroplasty, Metal-on-metal bearing, Wear, Metal ion

서 론

인공 고관절 수술에 금속-금속 관절면이 처음으로 사용된 것은 1938년에 영국 런던의 Middlesex 병원에서 Philip Wiles에 의해서 여섯 명의 Still's disease 환자에게 삽입된 stainless-steel implant이었는데, 불행히도 제2차 세계 대전으로 인해 그 기록이 소실되었다. 이후 1960년대 들어서는 여러 선구적인 연구자들에 의해서 주조 Cobalt-Chromium alloy로 만들어진 다양한 디자인의 금속-금속 인공 고관절(Sivash 1959, Ring 1964, McKee-Farr 1965, Huggler & Müller 1965)이 개발되어 사용되었다¹⁾. 하지만, 시간이 지나면서 금속-폴리에틸렌 관절면을 사용한 Charnley prosthesis의 우수한 초기 성공률, 제조공정 상의 결함으로 인한 금속 관절 표면의 마찰력(frictional torque) 증가에 의한 비구 부품의 해리 문제, 발암이나 금속 과민반응에 대한 우려 등이 제기되면서 1970년대 중반부터는 금속-금속 관절면의 사용이 사실상

중단되었다. 이후에 금속-금속 관절면이 재조명을 받기 시작한 것은 1960년대 후반에 McKee-Farrar 고관절 전치환술 시행받은 후에 장기간 추시된 일부 예들에 대한 사후 검시 소견에서 삽입되어 있는 금속 관절면의 마모율이 극히 낮고 삽입물 주위 조직에서 마모입자가 거의 발견되지 않는다고 보고된 이후부터이다²⁻⁴⁾. 즉, 마찰학적 조건이 적절하게 유지된 경우에는 금속-금속 관절면은 장기간 인체 내에서 사용되어도 극히 낮은 마모율을 보인다는 사실에 고무되어 과거 실패한 사례에서 발견된 제조 기술상의 문제를 개선하고 적절한 관절 간극을 두는 향상된 마찰 공학적 개념을 갖춘 제 2세대 금속-금속 관절면을 이용한 고관절 삽입물이 1984년 Müller, 1988년 Weber 에 의해 개량 출시되었고, 현재까지 전세계적으로 널리 사용되고 있다. 최근에는 금속 관절면의 가장 큰 장점인 큰 대퇴 골두를 사용할 수 있다는 점을 적용한 현대적 개념의 금속-금속 고관절 표면 치환술도 도입되어 활동력이 왕성한 젊은 환자들에게 적합한 수술로 각광받고 있다^{5,6)}. 본 장에서는 금속-금속 관절면 이용한 고관절 전치환술의 특성, 중기 임상 추시 결과 및 체내 금속 이온 증가에 따른 논란점 등에 대하여 기술하고자 한다.

금속-금속 관절면의 마모 특성

금속-금속 관절면의 마모에 영향을 미치는 인자로는 금속 재료, 직경(diameter)과 간극 (clearance), 표면 형태(surface topography) 및 윤활 작용(lubrication) 등이 있

Submitted: June 30, 2010

1st revision: August 16, 2010

2nd revision: August 26, 2010

Final acceptance: August 26, 2010

• Address reprint request to **Youn-Soo Park, MD**
Department of Orthopedic Surgery, Samsung Medical Center,
Sungkyunkwan University School of Medicine,
50 Ilwon-dong, Kangnam-gu, Seoul 135-710, Korea
TEL: +82-2-3410-3504 FAX: +82-2-3410-0061
E-mail: ysp3504@skku.edu
Copyright © 2010 by Korea Hip Society

다. 인공 고관절에서 관절면의 재료로는 경도(hardness)가 높고 부식(corrosion)에 강한 cobalt-chromium-molybdenum (CoCrMo) alloy가 선호된다. 이중 크롬 함량이 높으면 내부식성(corrosion resistance)이 강하다. 금속 합금의 제조 과정에서 carbides가 생성되는데 주변 기질과 강하게 결합하여 원래 기질보다 5배 큰 경도를 가지게 된다⁷⁾. CoCrMo alloy는 carbon content의 정도에 따라서 high-carbon alloy (>0.2% carbon)와 low-carbon alloy (<0.07% carbon)로 나뉘게 된다. Low-carbon CoCrMo alloy의 경우에는 인체 내에서 관절면으로 사용 시에 표면에서 떨어져 나오는 carbide에 의한 third-body wear가 적은 장점이 있지만 high-carbon CoCrMo alloy에 비해서 마모입자가 많이 발생하는 단점이 있다. 거시 기하학적 측면에서 금속 관절면은 ball과 socket의 직경과 bearing의 간극이 중요하다. 간극이란 관절면의 적도(equator) 지역에서 socket의 내측 반경과 ball의 외측 반경간의 차이를 말한다. 관절면의 직경이 커지거나 간극이 줄어들게 되면 접촉면적(contact area)은 커지게 되며, 접촉응력(contact stress)은 접촉 면적에 반비례한다. 간극은 윤활 작용에도 영향을 미치는데 간극이 작을수록 액체 막 윤활(fluid-film lubrication)이 잘 일어나고, 간극이 너무 커지면 접촉 면적이 줄어서 효과적인 윤활기전을 상실하게 되고 마모가 빨리 일어나게 된다. 그러나, 제 1세대 금속-금속 관절면의 회수 연구(retrieval study)에서 입증되었듯이 간극이 지나치게 작아 거의 없게 되면 적도 접촉(equatorial contact)이 일어나서 마찰력이 커지고, 염력(torque)이 증가하며, 삽입물 해리의 원인이 된다^{8,9)}. 최근의 대량생산기술로 제조할 수 있는 최소 간극은 20 μm 이며, 간극이 150 μm 이상이 되면 초기 running-in period에서의 마모율이 급증한다고 한다. 윤활 작용 또한 금속-금속 관절면의 마찰과 마모에 영향을 주는 주요 변수이다. Lambda (λ) ratio란 액체막의 두께(film thickness)와 표면 거칠기(surface roughness) 간의 비율을 말하는데, 관절면에서 낮은 마찰을 얻기 위해서는 적당한 lambda (λ) ratio를 유지하는 것이 바람직하다. 이것은 접촉면의 미세형태(microtopography)와 재료의 탄력성(elastic property)을 조절함으로써 가능하다. 완전한 액체막 윤활을 이룬 관절면은 두 표면이 서로 분리되며, 이러한 조건에서 하중은 액체를 통해서만 전달되기 때문에 마모는 최소화 되게 된다. 혼합형 막 윤활(mixed-film lubrication)에서는 관절 표면이 부분적으로 분리되는 것으로 대부분의 금속-금속 관절면에서의 윤활기전이다. 이는 앞서 언급한 바와 같이 금속 관절의 표면이 carbides로 인하여 울퉁불퉁하기 때문인데, 체내에 삽입되어 running-in period가 지나고 나면 하중을 받은 돌출된 부분이 저절로 매끄럽게 다듬어져서(self-polishing effect) 윤활기전이 보다 이상적인 액체막 윤활로 변하게

되어 마모가 감소된다¹⁰⁾. 이론적으로 금속-금속 관절면에서 액체막 윤활기전을 잘 이루게 하려면 골두의 직경을 가능한 한 증가시키거나 간극을 가능한 한 줄이면 된다^{11,12)}.

금속-금속 관절면을 이용한 고관절 전치환술의 임상 결과

1988년 Weber가 처음으로 Metasul (Zimmer, Winterthur, Switzerland)을 이용한 고관절 전치환술을 시술한 이래 전 세계적으로 많은 환자에게 제 2세대 금속-금속 관절면을 이용한 고관절 치환술이 시행되고 있다. 현재 사용되고 있는 제 2세대 금속-금속 관절면의 특징은 세공 단조(wrought forging) 제작 방식에 의한 매끄러운 표면 처리, 적절한 간극의 도입으로 마찰력의 감소 및 향상된 액체막 윤활기전을 제공하여 극히 낮은 마모율을 현실화 했다는 것이다. Sieber 등¹³⁾은 제 2세대 Metasul 금속-금속 관절면 118예의 회수 연구에서 연간 선상 마모율이 수술 후 1년째 running-in phase까지는 25 μm 이었으나 수술 3년 이후(steady state phase)부터는 5 μm 로 금속-폴리에틸렌 관절면에 비해 20배 작은 선상 마모율을 보고하였고, 연간 용적 마모율 또한 0.3 mm^3 로 금속-폴리에틸렌 관절면에 비해 60배 작은 용적 마모율을 보고하였다. Dorr 등¹⁴⁾은 Metasul을 사용한 고관절 전치환술 56예를 4년에서 7년 추시한 결과, 비구 꺾만 1예에서 해리가 발생하였고 대퇴 스템은 해리가 발생하지 않았으며, 2예에서 방사선 사진상 경미한 calcar resorption이 있었으나 골용해 소견을 보인 예는 없었다고 보고하였다. 최근에 Gröbl 등¹⁵⁾은 98명 105예에 대한 제 2세대 금속-금속-금속 관절면 이용한 고관절 전치환술의 최소 10년 이상 장기 추시 결과 98.6%의 생존율을 보였다고 보고하였다.

체내 금속 이온 증가에 따른 논란점들

체내에 삽입된 모든 금속은 시간이 지남에 따라 어느 정도는 부식되어 금속 이온을 배출하게 되어있으며, 현대적 금속 관절면에서 나오는 마모 입자는 나노미터 단위의 매우 작은 크기여서 쉽게 용해되어 인체 전체로 이동될 수 있기 때문에 여러 연구자들에 의해서 금속 관절면이 삽입된 고관절 치환술을 시행 받은 환자들의 혈청, 소변, 적혈구에서의 코발트와 크롬 이온의 농도가 정상 대조군에 비해서 증가되어 있는 것이 보고되었다¹⁶⁻¹⁹⁾. 하지만, 이와 같이 금속 관절면을 이용한 인공 관절 치환술 후에 관절면의 재료로 사용된 코발트와 크롬 이온의 인체 내 농도 증가가 국소적, 혹은 전신적으로 미치는 잠재적인 영향에 대한 안정성 여부에 대해서는 아직까지 논란의 여지가 있으나, 발암 가능성(carcinogenesis), 장기 독성(organ toxicity), 태반을 통과하여 태아에 미치는 영향(transplacental

transfer) 및 금속에 대한 과민반응(metal hypersensitivity)이 주요한 이슈로 대두되고 있다.

Gillespie 등²⁰과 Visuri 등²¹은 금속 관절면을 이용한 고관절 전치환술 환자들에 대한 암 발생률에 대한 역학 연구에서 고형 암의 발생 빈도는 일반인에 비해 증가 되지 않았으나 임파구 및 조혈계 악성 종양의 발생 위험성이 증가되었다고 보고하였다. Tharani 등²²은 인공 관절 치환술 후의 암 발생 위험성에 대한 9개의 연구 결과(110,792 고관절 전치환술과 29,800 슬관절 전치환술)에 대한 후향적 분석 결과, 인공 관절 치환술을 받은 환자군이 일반인들에 비해서 암 발생률이 증가 되었다는 직접적인 연관성을 찾을 수 없었다고 보고하였다. 하지만, 대부분의 발암 물질이 암을 유발하는데까지는 오랜 시간(latency period)이 걸리는 점을 감안한다면 이 부분에 대해서는 주의 깊은 장기 추적 관찰이 필요할 것으로 생각된다. 최근에 Ladon 등²³과 Dunstan 등²⁴은 금속-금속 관절면을 이용한 고관절 전치환술을 시행받은 환자들의 말초혈액 임파구에서 aneuploidy와 chromosomal translocation 같은 염색체 이상이 정상 대조환자군에 비해 유의하게 증가되어 있었다고 보고하였으며, 이러한 변화는 시간이 경과할수록 더욱 증가하는 추세를 보였다고 하였다.

일반적으로 금속 이온은 신장으로 배출 되기 때문에 신장 기능이 떨어진 환자에서는 금속-금속 관절면을 사용하면 체내에 금속 이온이 과도하게 축적되기 때문에 잘 사용되지 않는 것으로 알려져 있다. Hur 등²⁵은 만성 신부전이 있는 5명의 환자에서 금속-금속 관절면을 이용한 고관절 치환술 후 평균 4년 추사에서 혈청 코발트 이온의 농도가 정상 대조군에 비해서 100배 넘게 검출되었다고 하였으며, 추시 기간 내에 이와 연관된 합병증은 나타나지 않았지만 장기간 신중한 관찰을 요할 것이라고 보고하였다.

Ziaee 등²⁶은 금속-금속 관절면을 가지고 있는 산모들에 대한 연구에서 금속 이온이 태반을 통과해서 태아의 혈액에서도 검출 되는 것을 보고하면서 우려를 표명하였다. 특히, 금속-금속 관절면을 가지고 있는 산모의 태반에서의 코발트 이온 농도는 대조 환자군의 태반에서의 코발트 이온 농도보다 유의하게 증가되어 있었다고 하였다. 아직까지 태아의 체내 금속 이온 농도의 증가가 추후 성장과 발달에 미치는 영향에 대해서는 더 이상 연구된 바가 없지만 가입기 여성 환자에서 금속 관절면을 사용할 때에는 충분한 상의가 필요하며 신중을 기해야 하겠다.

이와 같이 현재까지 금속 관절면을 이용한 고관절 치환술 후에 암 발생, 장기 독성, 태아에 미치는 영향에 대해서는 확실한 인과 관계는 증명되지 않은 상태이나, 금속 과민반응에 의한 골용해나 삼입물의 해리와의 연관성에 대해서는 많은 증거들이 보고되고 있다²⁸⁻³³. 일반적으로 알려진 사실은 금속 마모 입자는 나노미터 단위의 매우 작은 크기여서 폴리에틸렌이나 시멘트 입자보다 상대적으로

대식세포에 의한 육아조직 반응이나 거대 세포에 의한 이물 탐식 반응이 적어 국소적인 골용해의 발생이 적을 것이라는 것이다²⁷. 하지만, Willert 등²⁸과 Davies 등²⁹은 제 2세대 금속 관절면을 이용한 고관절 전치환술 후에 해리로 재치환술을 시행받은 환자들의 삼입물 주변 조직에서 다량의 임파구가 혈관 주변에 침착되어 있는 것을 발견하였으며, 이는 금속이온에 대한 지연형 과민 반응(delayed-type hypersensitivity)의 결과이며, 이런 반응이 삼입물의 해리와 연관이 있을 수 있음을 시사하는 소견이라고 주장하였다. Willert 등²⁸은 이러한 연부조직 반응을 ALVAL (aseptic lymphocytic-vasculitis-associated lesions)이라고 명명하였다. Kim 등¹⁰은 Metasul 금속-금속 관절면을 사용한 고관절 전치환술에 대한 중기 추시 결과에서 비구 컵의 해리 없이 골 용해만 있었던 1명의 환자의 조직에서 다량의 임파구가 혈관 주변에 침착되어 있는 것을 발견하였다고 보고하였다. 저자들은 Ultima 금속-금속 관절면(DePuy/J&J, Leeds, UK)을 이용한 고관절 전치환술을 시행받은 165명(169고관절)의 환자 중에 약 6% (9명, 10고관절)의 환자에서 삼입물의 해리를 동반하지 않은 골용해 소견을 관찰 할 수 있었다³⁰. 이 중 2명의 환자에서 얻은 조직에서 다량의 임파구와 대식 세포가 혈관 주변에 침착되어 있는 것을 발견하였으며(Fig. 1), 특히 광학 현미경하에서 어떠한 금속 입자도 발견되지 않았으며, 이들 조직에 대한 면역 화학 검사 상에서 강력한 골용해 cytokine인 IL-1 β 와 TNF- α 가 염색되는 것을 발견할 수 있었다. 또한, 저자들은 골용해가 있었던 환자군에서 골용해가 없는 대조군에 비하여 코발트에 대한 피부 패치검사 양성 반응률이 유의하게 높았음을 보고하였으며, 금속 관절면을 이용한 고관절 치환술을 시행하기 전에 금속에 대한 알레르기 반응의 과거력에 대한 정확한 문진과 사용되는 금속에 대한 피부 패치 검사가 선행될 필요성이 있음을 주장하였다. 저자들은 이후 추시 기간 중에 약물에 반응하지 않는 지속적인 동통을 호소하면서 골용해 소견을 보이는 5예에 대해서 금속 관절면을 제거하고 세라믹-세라믹 관절면으로 교체하는 수술을 시행하여 주었으며, 모든 예에서 재치환술 후 증상이 경감되었으며 방사선 사진상에서도 골용해 병변이 치유되는 소견을 보였다(Fig. 2). 재치환 수술시 육안 소견상 과도하게 증식된 활액막이 주변 골조직을 압박하는 소견이 관찰되었으며, 제거된 금속 관절면에 대한 표면 분석에서 비정상적인 마모 소견을 보인 예는 없었으며 체적 마모율을 측정한 1예에서도 1.04 mm³/yr로 매우 낮게 측정되었다. 최근에는 Milosev 등³¹과 Korovessis 등³²이 Sikomet SM21 금속-금속 관절면(Plus Orthopedics, Rotkreuz, Switzerland)을 이용한 고관절 전치환술의 중기 추시(각각 평균 77개월과 85개월)에서 metallosis와 금속에 대한 과민반응에 의한 골용해로 인한 삼입물 해리가 각각 3.6%와 4.6%에서 관찰되었

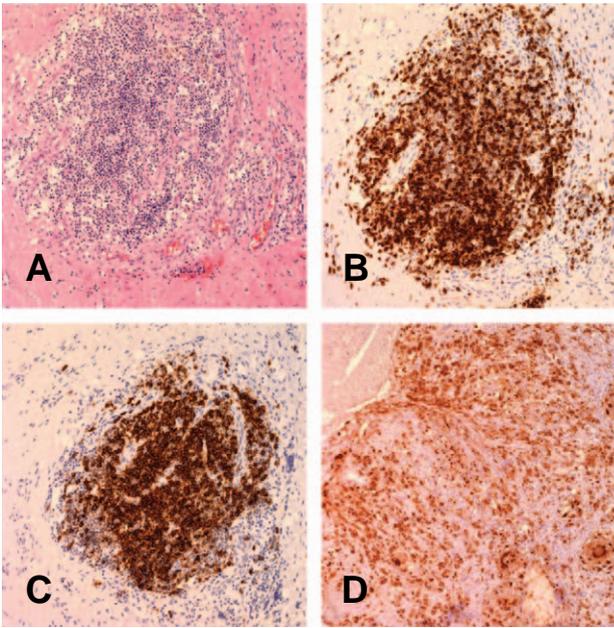


Fig. 1. Photomicrographs on the histological sections of periprosthetic tissues. (A) Histological section showing perivascular infiltrates of lymphocytes (hematoxylin and eosin, x200). (B) CD3-positive T-cells (brown color) (anti-CD4 immunostain, x200). (C) CD20-positive B-cells (brown color) (anti-CD20 immunostain, x200). (D) Staining for CD68 defined diffusely infiltrated macrophages (brown color) throughout the tissue (anti-CD68 immunostain, x200).

다고 보고 하였다. 저자들은 이러한 골용해와 삽입물 해리 빈도의 차이를 CoCrMo alloy의 carbon content 차이로 설명하기도 하였는데, 일반적으로 high-carbon head와 cup (Metasul)을 사용하는 경우 보다 low-carbon head와 cup (Sikomet SM 21)을 사용하는 경우가 마모율이 높게 측정된다고 하였다.

최근에 Pandit 등³³⁾은 제 2세대 금속-금속 관절면을 이용한 고관절 표면 치환술 후에도 강력한 육아종성 반응과 함께 다량의 임파구가 침착된 가성 종괴(pseudotumor)가 삽입물 주변에서 발견되었다고 보고하였다. 아직까지 고관절 표면 치환술 후 가성 종괴가 발생하는 기전에 대해서는 정확히 밝혀지지 않았지만, 과도한 금속 마모입자 발생에 따른 독성반응 혹은 금속 이온에 대한 지연형 과민반응으로 추측하고 있다.

결 론

제 2세대 금속-금속 관절면이 도입된 이래 20년이 지난 현재까지의 임상 결과, 관절면의 마모에 의한 골용해나 부품의 해리와 같은 기계적 실패 문제는 과거의 금속-금속 또는 금속-폴리에틸렌 관절면을 이용한 고관절 전치환술에서보다 상당히 개선된 것으로 보고되고 있다. 또한, 큰 대퇴골두 부품을 삽입물의 파손 우려 없이 사용할 수 있는 장점이 있어 활동력이 왕성한 젊은 환자들에게 사용하기에 적합한 관절면으로 각광받고 있다. 그러나, 관절면의

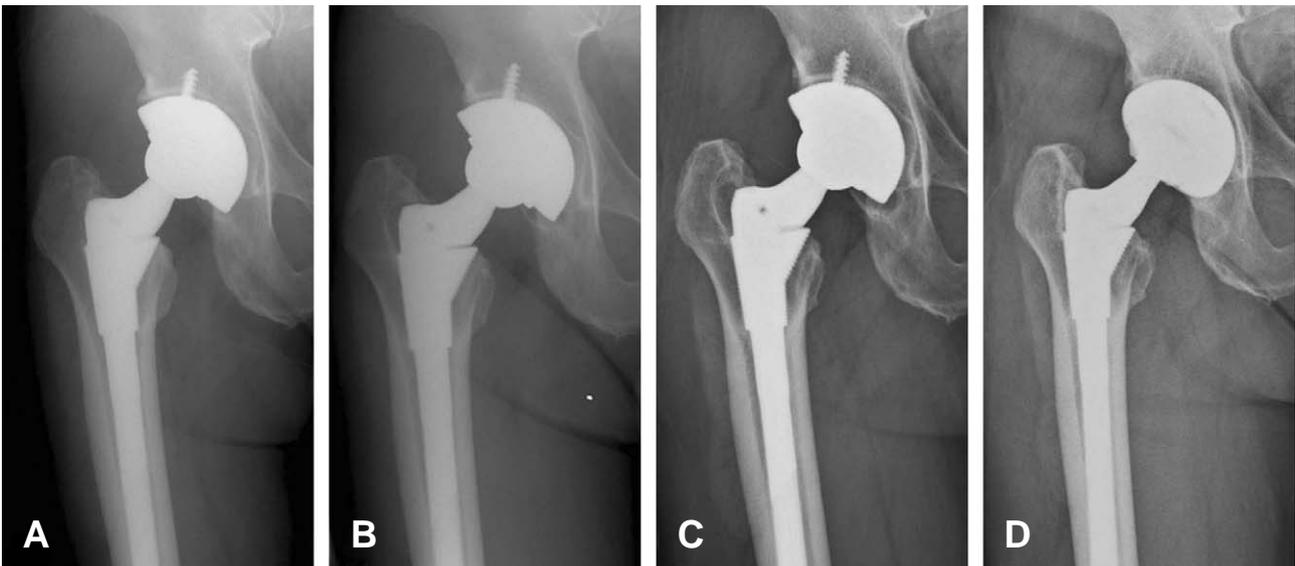


Fig. 2. A 63-year-old man had undergone a total hip arthroplasty for the treatment of osteonecrosis of the femoral head with a metal-on-metal bearing. (A) Radiograph made 3 months after the index operation. (B) Radiograph made 1.5 year after the index operation showing an osteolytic lesion in the greater trochanteric area. (C) Radiograph made 6 years after the index operation showed an increased size of the femoral osteolytic lesion and a newly developed osteolysis in the acetabular area. He underwent revision operation in order to exchange a metal-on-metal bearing into a ceramic-on-ceramic bearing because of persistent pain in the right hip. (D) Radiograph made 2 years after the revision operation showing a healing of the osteolytic lesion.

재료로 사용된 코발트와 크롬 이온의 인체 내 농도 증가가 국소적 혹은 전신적으로 미치는 영향에 대한 안정성 여부에 대해서는 아직까지 논란의 여지가 있으므로 좀 더 장기적이고 심층적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

REFERENCES

- Amstutz HC, Grigoris P. *Metal on metal bearings in hip arthroplasty. Clin Orthop Relat Res.* 1996;329 Suppl:11-34.
- August AC, Aldam CH, Pynsent PB. *The McKee-Farrar hip arthroplasty. A long-term study. J Bone Joint Surg Br.* 1986;68:520-7.
- Clarke MT, Darrah C, Stewart T, Ingham E, Fisher J, Nolan JF. *Long-term clinical, radiological and histopathological follow-up of a well-fixed McKee-Farrar metal-on-metal total hip arthroplasty. J Arthroplasty.* 2005;20:542-6.
- Visuri T. *Long-term results and survivorship of the McKee-Farrar total hip prosthesis. Arch Orthop Trauma Surg.* 1987;106:368-74.
- Amstutz HC, Beaulé PE, Dorey FJ, Le Duff MJ, Campbell PA, Gruen TA. *Metal-on-metal hybrid surface arthroplasty: two to six-year follow-up study. J Bone Joint Surg Am.* 2004;86:28-39.
- Daniel J, Pynsent PB, McMinn DJ. *Metal-on-metal resurfacing of the hip in patients under the age of 55 years with osteoarthritis. J Bone Joint Surg Br.* 2004;86:177-84.
- Schmidt M, Weber H, Schön R. *Cobalt chromium molybdenum metal combination for modular hip prostheses. Clin Orthop Relat Res.* 1996;329 Suppl:35-47.
- McKellop H, Park SH, Chiesa R, et al. *In vivo wear of three types of metal on metal hip prostheses during two decades of use. Clin Orthop Relat Res.* 1996;329 Suppl:128-40.
- Schey JA. *Systems view of optimizing metal on metal bearings. Clin Orthop Relat Res.* 1996;329 Suppl:115-27.
- Kim SY, Kyung HS, Ihn JC, Cho MR, Koo KH, Kim CY. *Cementless Metasul metal-on-metal total hip arthroplasty in patients less than fifty years old. J Bone Joint Surg Am.* 2004;86:2475-81.
- Smith SL, Dowson D, Goldsmith AA. *The effect of femoral head diameter upon lubrication and wear of metal-on-metal total hip replacements. Proc Inst Mech Eng H.* 2001;215:161-70.
- Silva M, Heisel C, Schmalzried TP. *Metal-on-metal total hip replacement. Clin Orthop Relat Res.* 2005;430:53-61.
- Sieber HP, Rieker CB, Köttig P. *Analysis of 118 second-generation meta-on-metal retrieved hip implants. J Bone Joint Surg Br.* 1999;81:46-50.
- Dorr LD, Wan Z, Longjohn DB, Dubois B, Murken R. *Total hip arthroplasty with use of the Metasul metal-on-metal articulation. Four to seven-year results. J Bone Joint Surg Am.* 2000;82:789-98.
- Grübl A, Marker M, Brodner W, et al. *Long-term follow-up of metal-on-metal total hip replacement. J Orthop Res.* 2007;25:841-8.
- Jacobs JJ, Skipor AK, Patterson LM, et al. *Metal release in patients who have had a primary total hip arthroplasty. A prospective, controlled, longitudinal study. J Bone Joint Surg Am.* 1998;80:1447-58.
- Brodner W, Bitzan P, Meisinger V, Kaider A, Gottsauner-Wolf F, Kotz R. *Serum cobalt levels after metal-on-metal total hip arthroplasty. J Bone Joint Surg Am.* 2003;85:2168-73.
- Savarino L, Greco M, Cenni E, et al. *Differences in ion release after ceramic-on-ceramic and metal-on-metal total hip replacement. Medium-term follow-up. J Bone Joint Surg Br.* 2006;88:472-6.
- Daniel J, Ziaee H, Pradhan C, Pynsent PB, McMinn DJ. *Renal clearance of cobalt in relation to the use of metal-on-metal bearings in hip arthroplasty. J Bone Joint Surg Am.* 2010;92:840-5.
- Gillespie WJ, Henry DA, O'Connell DL, et al. *Development of hematopoietic cancers after implantation of total joint replacement. Clin Orthop Relat Res.* 1996;329 Suppl:290-6.
- Visuri T, Pukkala E, Paavolainen P, Pulkkinen P, Riska EB. *Cancer risk after metal on metal and polyethylene on metal total hip arthroplasty. Clin Orthop Relat Res.* 1996;329 Suppl:280-9.
- Tharani R, Dorey FJ, Schmalzried TP. *The risk of cancer following total hip or knee arthroplasty. J Bone Joint Surg Am.* 2001;83:774-80.
- Ladon D, Doherty A, Newson R, Turner J, Bhamra M, Case CP. *Changes in metal levels and chromosome aberrations in the peripheral blood of patients after metal-on-metal hip arthroplasty. J Arthroplasty.* 2004;19 Suppl:78-83.
- Dunstan E, Ladon D, Whittingham-Jones P, Carrington R, Briggs TW. *Chromosomal aberrations in the peripheral blood of patients with metal-on-metal hip bearings. J Bone Joint Surg Am.* 2008;90:517-22.
- Hur CI, Yoon TR, Cho SG, Song EK, Seon JK. *Serum ion level after metal-on-metal THA in patients with renal failure. Clin Orthop Relat Res.* 2008;466:696-699.
- Ziaee H, Daniel J, Datta AK, Blunt S, McMinn DJ. *Transplacental transfer of cobalt and chromium in patients with metal-on-metal hip arthroplasty: a controlled study. J Bone Joint Surg Br.* 2007;89:301-5.
- Rieker CB, Schön R, Köttig P. *Development and validation of a second-generation metal-on-metal bearing: laboratory studies and analysis of retrievals. J Arthroplasty.* 2004;19 Suppl:5-11.
- Willert HG, Buchhorn GH, Fayyazi A, et al. *Metal-on-metal bearings and hypersensitivity in patients with artificial hip joints. A clinical and histomorphological study. J Bone Joint Surg Am.* 2005;87:28-36.
- Davies AP, Willert HG, Campbell PA, Learmonth ID, Case CP. *An unusual lymphocytic perivascular infiltration*

- in tissues around contemporary metal-on-metal joint replacements. J Bone Joint Surg Am. 2005;87:18-27.*
30. Park YS, Moon YW, Lim SJ, Yang JM, Ahn G, Choi YL. *Early osteolysis following second-generation metal-on-metal hip replacement. J Bone Joint Surg Am. 2005;87:1515-21.*
31. Milosev I, Trebse R, Kovac S, Cör A, Pisot V. *Survivorship and retrieval analysis of Sikomet metal-on-metal total hip replacements at a mean of seven years. J Bone Joint Surg Am. 2006;88:1173-82.*
32. Korovessis P, Petsinis G, Repanti M, Repantis T. *Metallosis after contemporary metal-on-metal total hip arthroplasty. Five to nine-year follow-up. J Bone Joint Surg Am. 2006;88:1183-91.*
33. Pandit H, Glyn-Jones S, McLardy-Smith P, et al. *Pseudotumours associated with metal-on-metal hip resurfacings. J Bone Joint Surg Br. 2008;90:847-51.*

국문초록

고관절 전치환술에서의 금속-금속 관절면

박윤수 · 임승재

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 정형외과학교실

금속-금속 관절면은 고식적인 금속-폴리에틸렌 관절면을 대체하기 위해서 향상된 재료와 디자인, 개선된 제조공정으로 재출시되었다. 금속-금속 관절면을 이용한 고관절 전치환술의 장점은 극히 낮은 마모율의 실현, 생체 내에서 파손의 우려가 거의 없다는 점, 그리고 큰 대퇴 골두를 사용할 수 있다는 데 있다. 이러한 장점들로 인하여 금속-금속 관절면은 젊고 활동적인 환자들에게 점점 더 많이 사용되고 있다. 하지만, 체내 금속이온 증가와 이에 따른 금속에 대한 과민반응 또는 암 발생의 위험성은 여전히 근심거리로 남아 있는 실정이다.

색인 단어: 고관절 전치환술, 금속-금속 관절면, 마모, 금속이온