

Choice of Bearing Surfaces and Technical Tips to Reduce Complications

Sung-Ki Park, MD, Jung-Yup Lee, MD, Shin-Yoon Kim, MD

Department of Orthopedic Surgery, Graduate School of Medicine, Kyungpook National University, Daegu, Korea

Various materials of artificial bearing surfaces are developed and applied to reduce wear and osteolysis and to improve the survival rate of total hip arthroplasty. The survival rate of artificial joint is affected by mechanical properties and biological response. The wear rate of alternative bearing surfaces as ceramic-on-ceramic, metal-on-metal, highly cross-linked polyethylene decreased significantly compared with conventional polyethylene, but long-term results are still under follow-up and several problems have been unsettled. Particularly acetabular component should be in appropriate position to reduce complications. Each bearing surface should be selected considering age, activity, obesity, underlying disease, and socio-economic state of patients because it has its own pros and cons.

Key Words: Wear, Osteolysis, Alternative bearing surfaces

서 론

고관절 전 치환술 후 인공 삽입물의 마모를 감소시키고 생존율을 향상시키기 위하여 다양한 시도가 행하여져 왔다. 비구 컵과 대퇴 스템의 고정에 관한 사항은 인공 삽입물의 소재와 디자인이 다양하게 개발되고 시멘트 고정 기술이 향상됨에 따라 중, 장기적으로 우수한 내구성이 확보되었다. 그러나 인공 관절면의 마모를 감소시키기 위한 노력과 새로운 시도는 여전히 진행 중에 있다³⁷⁾.

인공 관절면의 특성에 영향을 미치는 인자로서 소재의 마찰 공학(tribology), 마모 편(wear particle debris)의 발생, 그리고 마모 편에 대한 생물학적 반응으로 유발되는 골용해(osteolysis) 등을 들 수 있다. 기존의 인공 관절면보다 우수한 결과를 얻기 위하여 새로운 관절면 조합을 시도할 경우에는 특히 마모 편에 의한 골용해 뿐만 아니라 인공 삽입물의 해리(loosening) 등의 후유증까지 고려해

야 한다. 골용해는 인공 삽입물의 소재 특성과 디자인 형태, 환자 요인 및 수술 술기 등 다양한 요소의 영향을 받지만, 인공 관절면의 마모와 관련된 문제점이 가장 주된 원인으로 작용한다^{16,36)}.

이에 본문에서는 인공 고관절의 생존율을 향상시키기 위하여 현재까지 시도되어 온 다양한 인공 관절면의 중, 장기 추시 결과와 각 관절면의 장, 단점을 고찰하고자 한다. 이와 더불어 최근 환자들 사이에서 많은 관심을 받고 있는 고관절 표면 치환술(hip resurfacing arthroplasty)에 관해서도 고찰하고자 한다.

1. 세라믹-세라믹 관절면 (Ceramic-on-Ceramic Bearings)

세라믹-세라믹 관절면의 중, 장기 추시 결과는 매우 우수하였고, 특히 젊고 활동적인 환자에서 결과가 좋았다. Nizard 등³¹⁾은 30세 이하의 젊은 환자에서 세라믹-세라믹 관절면을 이용한 고관절 전 치환술 132예를 시행하여 10년 생존율 82.1%, 15년 생존율 72.4%를 보고하였다.

3세대 세라믹은 경도가 매우 우수하여 골 편(bone debris)이나 시멘트에 의해 생성되는 제 3체(third body)에 의한 긁힘에 저항성이 강하고, 결정(grain)의 크기가 작으며 표면조도(surface roughness)가 작아 마찰계수(coefficient of friction)가 낮다. 또한 습윤성(wettability)이 좋아 윤활 특성이 좋고, 생체 조직 내에서 입자(particles)의

Submitted: September 26, 2009 1st revision: October 26, 2009
2nd revision: November 23, 2009 3rd revision: December 1, 2009
Final acceptance: December 1, 2009

• Address reprint request to **Shin-Yoon Kim, MD**
Department of Orthopedic Surgery, Kyungpook National University
Hospital, 200 Dongduk-ro, Jung-gu, Daegu 700-721, Korea
TEL: +82-53-420-5635 FAX: +82-53-420-6605
E-mail: syukim@knu.ac.kr

반응성이 적으며, 인공 골 두와 트러니언(trunion) 사이에서 방출되는 티타늄 이온 외에는 금속 이온의 전신적 방출이 없다. 그러나 세라믹-세라믹 관절면은 소음(noise), 세라믹 인공 골 두나 라이너의 골절, 변연부 부하(edge loading)에 의한 선형 마모(stripe wear), 경부-소켓 충돌(neck-socket impingement), 비용 문제 등 여러 가지 고려하여야 할 사항도 있다.

세라믹-세라믹 관절면에서 소음 발생률은 1~21%로 다양하고, 수술 1년 이후에 호발하여 이후 지속된다. 소음으로 인하여 인공 관절의 생존율이나 마모에 미치는 부정적인 영향에 대하여 현재까지 밝혀진 바는 없으나, 충돌, 미세분리(microseparation), 금속 이온의 이동에 의한 제 3체 마모 등이 관련된 것으로 추정된다. 충돌 시 변연부 부하가 발생하고 이로 인하여 마모흔(wear scar: stripe)이 만들어져 특정 활동(계단 오르기, 의자에서 일어서기 등) 시 소음이 발생할 수 있다. Walter 등⁴²⁾은 세라믹-세라믹 관절면을 이용한 고관절 전 치환술 2397예를 시행하여 17예(0.7%)의 소음을 보고하였다. 증상은 수술 후 평균 14개월 후에 시작되었고, 소음이 발생한 환자 군은 방사선험적으로 65%에서 컵 위치가 이상적 범위를 벗어난 반면(전염각 25°초과, 경사각 45°초과) 소음이 없었던 환자 군은 단 6%만 컵 위치가 범위를 벗어나 있었으며, 재치환술 시 부적절한 컵 위치로 인한 충돌 또는 변연부 부하로 인하여 발생한 관절면 손상의 증거도 발견되었다. Lusty 등²⁶⁾은 3세대 세라믹-세라믹 관절면을 이용한 고관절 전 치환술 301예를 시행하여 평균 7년 추시 결과 99%의 생존율을 보고하였다. 소음은 1예(0.3%)가 있었고 정확한 발생 기전은 밝혀지지 않았다. 인공 골 두 7개를 회수하여 분석한 결과 평균 마모율은 연간 0.3 mm³였고, 골반 골용해 1예는 스템의 경부가 비구 컵의 변연부에 충돌하여 발생한 것으로 추정되었다. 백과 김¹⁾은 50세 미만의 대퇴골 두 골괴사증 환자에서 세라믹-세라믹 관절면을 이용한 무시멘트 고관절 전 치환술 70예를 시행하여 평균 7.1년 추시 결과 Harris hip score 97점, 골용해 및 세라믹의 골절은 없었고, 20%에서 소음이 발생하였다고 하였다. 집도의는 수술 전에 환자에게 소음이 발생할 수 있음을 설명하고, 원인이 될 수 있는 활동을 피하도록 꾸준히 환자를 교육해야 한다.

모든 세라믹 인공 삽입물은 배송 전에 파열 강도(burst strength)에 대하여 인증 검사를 받지만, 그럼에도 불구하고 세라믹 골절은 0.014%(1 in 7,000) 정도로 보고되고 있다. 구 등¹⁸⁾은 세라믹-세라믹 관절면을 이용한 고관절 전 치환술 367예를 시행하여 세라믹 인공 골 두 골절 5예(1.4%)를 보고하였다. 특징적으로 이들은 모두 일상 활동 중에 증상이 발생하였고 단경부(short neck)를 사용하였던 환자들이었다. 이 골절들은 인공 골 두에서 가장 얇은 부분의 둘레를 따라 환형으로 크랙이 발생하여 장 축을 따

라 방사상으로 연장되는 양상이었다. 박 등³⁴⁾은 동양인에서 쪼그려 앉거나 양반 다리 자세를 취하는 등 일상적인 활동에 의하여 충돌이 반복될 수 있고, 특히 인공 삽입물의 위치가 부적절한 경우 라이너 변연부의 파편 골절(chip fracture)과 크랙이 확대될 수 있다고 하였다. 세라믹 골절이 있으면 가급적 조기에 재치환술을 시행해야 트러니언의 손상을 방지할 수 있는데, 재치환술 시에는 선택 가능한 인공 삽입물의 범위가 넓지 않다. 각도가 있는 세라믹 라이너도 없고, 트러니언이 심하게 손상되었을 경우에는 잘 고정되어 있는 컵이나 스템을 교체해야만 한다. 트러니언이 심하게 손상되지 않았을 경우에는 금속 슬리브가 있는 세라믹 인공 골 두를 이용하거나 금속 인공 골 두로 대체할 수 있다. 재치환술 시에는 관절면을 폴리에틸렌으로 교체할 수 있고, 수술 시 관절을 가동시켜 보아 충돌이 발생하지 않도록 하고 인공 삽입물을 정확히 위치시키도록 한다.

이와 같은 세라믹 골절을 보완하기 위하여 개발된 4세대 세라믹은 75%의 알루미늄이 기본적인 경도와 마모에 대한 저항성을 제공하고 25%의 지르코니아가 기타 첨가물과 함께 기계적 특성을 향상시킨다. 판상 형 알루미늄은 크랙의 편향(crack deflection)을 유도하고, 지르코니아 입자는 크랙 발생 시 형성된 스트레스로 인해 상 변태(phase transformation)가 유도되면 약 4% 정도의 부피 변화가 발생하여 크랙이 더 이상 확대되지 않도록 한다. 이는 3세대 세라믹보다 우수한 골절 인성(fracture toughness)을 나타낸다.

2. 금속-금속 관절면(Metal-on-Metal Bearings)

금속-금속 관절면은 경도가 우수한 소재의 특성을 살려 마모와 골용해를 감소시키기 위하여 이전부터 사용되었으나, 금속 이온의 방출과 과민 반응 등의 안전성 문제가 있어서 사용이 중단되었다가 최근 고관절 표면 치환술과 직경이 큰 인공 골 두를 사용한 고관절 전 치환술이 등장하면서 다시 주목받고 있다. 개선된 금속-금속 관절면은 비구 컵에 대하여 직경이 큰 인공 골 두를 사용함으로써 관절 가동 범위를 증가시키고 탈구의 위험을 감소시킬 뿐 아니라 마찰 특성을 최적화하여 골용해를 감소시킨다^{6,7)}.

그러나 인공 삽입물의 위치가 정확하지 않으면(비구 경사각 55° 이상, 대퇴 전염각 30° 미만) 변연부 부하에 의하여 마모가 증가하고 금속 마모 편이 많이 발생하여 각종 합병증을 유발할 수 있다. 혈청 및 요중 코발트, 크롬 이온 농도가 증가하여 대식세포(macrophage)에 의한 이물 염증 반응인 금속 반응성(metal reactivity)을 유발한다. 이와 같은 위험성에 기인하여 수술 전에 신장 기능의 부전을 동반한 경우에는 금속-금속 관절면의 적응증으로부터 제외하는 편이 안전하다.

금속 민감증(metal sensitivity)은 ALVAL (aseptic lymphocytic vasculitis-associated lesion)에 의한 것으로 알려졌다. Davies 등¹⁰⁾은 재치환술 시 각각 다른 관절면 주위의 조직을 회수하여 비교한 연구에서 코발트-크롬 합금 대 코발트-크롬 합금 관절면 주변의 림프구가 혈관 주위로 많이 침윤하고 금속 편을 함유한 대식세포와 형질 세포가 많이 축적되었다고 하였다. 금속 반응성과 금속 민감증은 인공 삽입물 주위 골용해의 원인이 된다. 해리가 없고 마모가 심하지 않은 인공 관절의 단기 추시 결과에서 골용해가 발생하는 현상은 이와 같은 사실의 근거가 된다. 박 등³⁹⁾은 2세대 금속-금속 관절면을 이용한 고관절 전 치환술 169예를 시행하여 평균 27.2개월 후 9명 10예(5.9%)에서 제 1구역(zone 1)에 골용해가 발생하였고, 9예 중 8예에서 코발트-크롬에 대한 피부 패치 검사 상 양성이었으며, 재치환술을 시행한 2예의 인공 삽입물 주위 조직에서 CD3 양성 T 세포와 CD68 양성 대식세포가 혈관주위에 축적되고 IL-1 β 와 TNF- α 사이토카인이 발견되었다고 하였다.

골용해는 금속 관절면의 소재 특성에도 영향을 받는 것으로 보인다. 탄소 함량이 낮은(0.07%) 금속을 이용하였던 인공 관절면은 골용해 유병률이 매우 높았다. Korovessis 등¹⁹⁾은 Sikomet 금속-금속 관절면을 이용한 고관절 전 치환술 270예를 시행하여 평균 77개월 추시 결과 무균성 해리, 기술적 실패, 감염을 포함하여 총 14예(6.5%)에서 재치환술을 시행하였고, 회수한 조직에서 금속증(metallosis) 및 림프구와 형질 세포(plasma cell)의 광범위한 침윤을 발견하여 금속 편(metal debris)에 의한 과민증과 인공 삽입물 주위의 골용해, 무균성 해리가 관련이 있다고 하였다. Milosev 등²⁹⁾도 Sikomet 금속-금속 관절면을 이용한 고관절 전 치환술 640예를 시행하여 평균 7.1년 추시 결과 34예를 재치환 하였고, 마모 편에 대한 과민증 양면역 반응(hypersensitivity-like immunologic response)이 골용해를 유발한다고 하였다.

반면에 탄소 함량이 높은(>0.2%) 금속을 이용하였던 인공 관절면에서는 골용해의 유병률이 획기적으로 감소하였다. 김 등¹⁷⁾은 50세 미만 환자에서 2세대 Metasul 금속-금속 관절면을 이용한 무시멘트 고관절 전 치환술 68예를 시행하여 평균 7년 추시 결과 Harris hip score 95점, 1예에서 국소적 비구 골용해로 재치환술을 시행하였고, 회수 연구(retrieval study)에서 인공 골 두와 라이너의 연간 선상 마모율(Linear wear rate)이 3.4 μ m라고 하였다. Gröbl 등¹³⁾도 Metasul 28 mm 인공 관절의 최소 10년 추시 결과 골용해의 유병률이 매우 낮고, 골용해가 대퇴골 근위부에 국한되어 더 이상 확장되지 않았다고 하였다. Long 등²⁵⁾도 Metasul 28 mm 인공 관절 154예의 7년 추시 결과 9예에서 대퇴 거의 골 흡수(calcar resorption)가 관찰되었으나 골용해가 확장되거나 진행되지는 않았다고 하였다.

금속-금속 관절면을 이용한 고관절 전 치환술 후에 나타나는 동통, 삼출(effusion), 골용해는 대개 금속 관절면 조합에 대한 과민 반응의 증거로 추정된다. 실제 유병률은 아직 정확히 알려지지 않았으나⁴³⁾ 이와 같은 합병증은 드문 것으로 보인다. 그러나 유사한 증상을 보이는 환자 중에서 가장 중앙(pseudotumor)의 발생도 보고되어 있으며, 증상은 삼출(effusion), 낭성 혹은 고형 종물 등 다양하고, 이는 코발트-크롬의 부식과 관련이 있다. 가장 흔한 증상은 서혜부 동통으로서 감염이나 무균성 해리와 감별해야 한다. 또한 금속-금속 관절면에서 암 발생의 위험성은 명확하지는 않으나 아직 배제할 수 없다. 혈중 금속 이온이 태반을 통과하여 기형을 유발할 위험성 역시 배제할 수 없으므로 가임기 여성은 금속-금속 관절면의 적응증으로부터 제외되어야 할 것이다.

소음은 모든 종류의 관절면에서 발생 가능한 합병증으로서 금속-금속 관절면에서는 세라믹-세라믹 관절면에서 보다 더 이른 시기에 발생하고, 자가 연마(self-polishing)에 의하여 시간이 지남에 따라 발생 빈도가 감소한다.

3. 고도 교차 결합 폴리에틸렌 관절면

(Highly Cross-Linked Polyethylene Bearings)

고도 교차 결합 폴리에틸렌은 현재 고관절 전 치환술에 가장 널리 사용되는 관절면으로서, 많은 연구에서 전통적인 폴리에틸렌에 비하여 우수한 마모 특성이 보고되었다. 그러나 마모에 특히 취약한 환자 군에서도 내구성이 더 우수한지는 아직 알 수 없다. Shia 등³⁸⁾은 50세 이하 젊은 환자에서 고도 교차 결합 폴리에틸렌을 이용한 고관절 전 치환술 70예를 시행하여 평균 4년 추시 결과 연 평균 마모율은 0.026 ± 0.135 mm로서, 초기 마모율은 알려져 있는 고연령 군에서의 결과와 유사하고 전통적인 폴리에틸렌보다 낮았다고 하였다. Bragdon 등⁴⁾은 교차 결합 폴리에틸렌을 이용한 고관절 전 치환술 200예를 시행하여 최소 6년 간 추시 결과 총 마모율은 인공 골 두의 크기, 폴리에틸렌 제품의 브랜드, 연령, 성별, 진단, 고정 방법, 수술적 도달법 등과 무관하다고 하였다. Geerdink 등¹²⁾은 전통적인 폴리에틸렌 23예와 교차 결합 폴리에틸렌 17예를 평균 8년 간 추시 결과 교차 결합 폴리에틸렌 군에서 연간 마모율(0.088 ± 0.03 mm)이 전통적인 폴리에틸렌 군(0.142 ± 0.07 mm)보다 38% 감소하였고, 이는 방사선학적으로 골용해 소견의 감소와도 일치한다고 하였다.

폴리에틸렌의 기계적인 특성은 교차 결합 과정 동안 변화한다. 즉, 강도와 인성이 감소하여 폴리에틸렌의 변형과 골절이 발생할 수 있다. Tower 등⁴⁰⁾은 골절된 고도 교차 결합 폴리에틸렌 라이너 4개를 회수하여 분석한 결과 비구 컵의 잠금 고리(locking ring)에 결합하는 홈을 따라 상부에서 선상 골절이 발생하였다고 하였다. 산화와 분해

는 없었고, 중등도의 표면 마모가 있었으며, 사용한 적이 없는 동일 제품과 비교하여 기계적인 특성의 차이는 없었다. 저자들은 껍의 경사각이 큰 경우에 얇은 폴리에틸렌을 이용하면 상부 변연부에 과도한 부하가 걸려 선상 골절이 발생한다고 하였다.

용융점(melt temperature) 이하에서 풀림(annealing) 공정으로 교차 결합을 유도하면 폴리에틸렌의 기계적인 특성이 향상된다고 알려져 있다. Currier 등⁸⁾은 용융점 이하에서 풀림으로 제조한 동일한 교차 결합 폴리에틸렌 라이너 11예를 회수 분석하였다. 전 예에서 산화가 있었고, 그 중 7예에서 백색 대(white band)가 있었으며 6예에서는 임상적 피로 손상(fatigue damage)이 나타났다. 8예에서 충돌이나 탈구의 흔적도 나타났다. 저자들은 산화와 관련된 폴리에틸렌의 기계적인 특성 감소로 인하여 이와 같은 피로 손상이 발생한다고 하였다.

이와 같은 기계적인 특성의 약화를 보강하기 위해 2세대 고도 교차 결합 폴리에틸렌이 개발되어 이용되고 있다. Oral 등³²⁾은 고도 교차 결합 폴리에틸렌에 항산화제인 비타민 E를 첨가하여 내마모성과 기계적 특성을 향상시켰다고 하였다. Dumbleton 등¹¹⁾은 순차적인 방사선 조사와 풀림 공정을 거쳐 가공한 X3 고도 교차 결합 폴리에틸렌을 소개하였다. 이는 기존의 기계적 특성을 유지하고 기능적 피로 검사에서 높은 생존율을 나타내며, 유리 기의 함량이 낮아 마모에 대한 저항성을 높인다. Kyomoto 등²⁰⁾은 자외선 중합 기술을 이용하여 폴리에틸렌 라이너 표면을 생체적합 인지질 중합체(2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine)로 피복하였다. 이는 정상적인 관절 연골이 윤활성과 생체적합성에 기여하는 나노 크기의 인지질 층으로 덮여 있다는 사실에 이론적 배경을 두고 있으며, 실험 결과 hip simulator testing에서 마모 편의 생성이 감소하였고, 동물 실험에서도 마모 편의 의한 골 흡수가 감소하였다.

4. 금속-전통적인 폴리에틸렌 관절면

(Metal-on-Conventional Polyethylene Bearings)

금속-전통적인 폴리에틸렌 관절면은 공기 중에서 감마선 조사 후 산화 에틸렌 가스에 노출시켜 소독한 것으로서, 디자인이 적절하고 수술이 잘 된 경우에는 20~30년 후에도 내구성을 유지할 수 있다고 알려져 있다(연 평균 마모율 0.1 mm). 그러나 대부분에서 폴리에틸렌의 마모에 따른 생물학적 반응으로 인하여 인공 삽입물의 장기 생존율에 제한을 받는 것이 사실이다. 특히 현재에는 젊고 활동적인 환자로까지 수술의 적응증이 넓어지고 비만 등을 고려함에 따라 가능한 한 마모를 줄이고 인공 삽입물의 생존율을 높이는 것이 관건이 되었다. 따라서 금속-전통적인 폴리에틸렌 관절면은 고도 교차 결합 폴리에틸렌 관

절면으로 점차 대체되는 추세에 있다. Beksaç 등³⁾은 35~60세의 젊은 연령을 대상으로 연구하여 고도 교차 결합 폴리에틸렌 군(0.002 mm)에서 전통적인 폴리에틸렌 군(0.12 mm)보다 연간 마모율이 낮다고 하였다.

5. 세라믹-전통적인 폴리에틸렌 관절면

(Ceramic-on-Conventional Polyethylene Bearings)

Urban 등⁴¹⁾은 세라믹-전통적인 폴리에틸렌 관절면을 이용한 고관절 전 치환술 후 20년간 장기 추시 결과 직경 32 mm의 알루미늄 인공 골 두의 연 평균 마모율이 0.034 mm라고 하여, 금속-전통적인 폴리에틸렌 관절면보다 훨씬 우수한 내마모성을 입증하였다. 그러나 세라믹-세라믹 관절면보다는 마모율이 높은 것으로 나타났다. Lewis 등²⁴⁾은 생체 내에서의 세라믹-세라믹과 세라믹-폴리에틸렌 관절면에 대한 전향적 무작위 연구의 최초 장기 추시 결과를 보고하였다. 연간 선형 마모율은 세라믹-폴리에틸렌 군의 0.11 mm에 비하여 세라믹-세라믹 군에서는 0.02 mm였다. 저자들은 세라믹-세라믹 관절면이 안전하고 내구성이 있으며, 금속 이온 및 골 괴사성의 폴리에틸렌 편으로 인한 문제를 피할 수 있는 옵션이라고 결론지었다. 그럼에도 불구하고 60~80세 환자에서 여러 가지 형편으로 인하여 세라믹-세라믹 관절면이 허용되지 않으면 세라믹-폴리에틸렌 관절면은 차선책으로 고려할 수 있는 좋은 방법이라고 생각한다.

6. 금속 고관절 표면 치환술

(Metal-on-Metal Hip Resurfacing Arthroplasty)

고관절 표면 치환술은 미디어의 영향으로 최근 환자들 사이에서 많은 관심을 받고 있으며, 현재 세계 각 국에서 시행되는 고관절 전 치환술의 6~9%를 차지하고 있다. 그러나 수술에 대한 이해와 교육이 적절하지 못 하여 환자로 하여금 과도한 기대를 하도록 만들기도 한다.

고관절 표면 치환술은 표준 고관절 전 치환술에 비하여 수술 후 기능적 결과가 좋다고 알려져 있으나 Lavigne 등¹¹⁾은 환자 만족도, 기능적 결과 및 합병증 등에 큰 차이가 없다고 하였다. Le Duff 등²³⁾은 비만 환자에서는 고관절 표면 치환술 후 활동력이 낮고 인공 삽입물의 크기가 클수록 인공 삽입물의 생존율이 우수하다고 하였다. Lavigne 등²²⁾은 고관절 표면 치환술과 직경이 큰 골 두를 사용하여 고관절 전 치환술을 받았던 환자 군에서 표준 고관절 전 치환술을 받았던 환자 군보다 보행 분석 결과가 좋다고 하였다. 고관절 표면 치환술을 받았던 환자 군과 직경이 큰 골 두를 사용하여 고관절 전 치환술을 받았던 환자 군 간에는 차이가 없었다.

고관절 표면 치환술 시 인공 삽입물을 적절히 위치시키고 대퇴골 두의 혈류를 보존하기 위한 수술적 도달법의 선

택에는 이견이 있다. McBryde 등²⁸⁾은 외측 도달법과 후외방 도달법을 이용하여 고관절 표면 치환술을 시행하였던 환자들의 중기 추시 결과 합병증, 재수술 비율, 인공 삽입물의 생존을 및 hip score에 차이가 없다고 하였다. Steffen 등³⁹⁾은 후외방 도달법보다 전방 도달법을 이용하였을 때 대퇴골 두의 혈류 감소가 적었다고 하였다. 대체로 후외방 도달법에서 대퇴골 두의 혈류 감소가 더 많은 것으로 나타났으나 서로 다른 도달법을 이용하여 수술한 후 임상적 결과, 고정성의 내구성 또는 합병증에 대하여 비교한 연구 결과는 아직 없다. 고관절 표면 치환술 시 수술적 도달법이 인공 삽입물의 생존율에 미치는 영향을 알기 위하여 장기 추시가 필요하다.

고관절 표면 치환술의 가장 심각한 합병증은 대퇴골 경부 골절이다. Marker 등²⁷⁾은 단일 집도의가 시행하였던 550예의 고관절 표면 치환술에서 총 14예의 경부 골절 중 12예가 초기 69예의 수술 중에 발생하였다고 하였다. 초기 학습 곡선(learning curve) 이후의 481예에서 발생한 경부 골절은 2예(0.4%)였다. 특히 여성과 비만한 환자에서 골절 빈도가 높았다. Mont 등³⁰⁾은 수술 방법을 개선하고 환자 선택을 잘 하면 합병증의 발생률이 13.4%에서 2.1%로 감소하고 특히 대퇴골 경부 골절 발생률이 7.2%에서 0.8%까지 감소한다고 하였다. 이와 같은 연구들은 고관절 표면 치환술에 있어서 수술 전 환자 선택과 적절한 수술 술기의 중요성을 강조하고 있다. 대퇴골 경부의 notching은 일반적으로 대퇴골 경부 골절의 위험을 증가시키는 가장 중요한 인자로 여겨진다. 고관절 표면 치환술에 경험이 많은 이들은 대퇴골 경부의 notching과 인공 삽입물의 내반 위치를 모두 피하는 것이 좋다고 한다.

고관절 표면 치환술 역시 금속-금속 관절면을 이용하기 때문에 혈중 금속 이온 농도에 대한 우려가 제기되어 왔다. Daniel 등⁹⁾은 고관절 표면 치환술을 받은 환자의 요중 이온 농도가 수술 후 6개월~1년째에 최대치에 도달하여 이후 5년간 점진적으로 감소하였고, 6년째의 혈중 크롬 농도는 1년째보다 획기적으로 낮았다고 하였다. 이와 같은 결과는 인체 내에 스스로 이온을 제거할 수 있는 능력이 있음을 시사한다. 인공 삽입물의 위치 역시 이온 농도에 영향을 미치고, Hart 등¹⁴⁾은 비구 컵의 경사각이 56° 이상인 환자에서 42° 미만인 환자보다 이온 농도가 높았다고 하였다.

림프구 응집, ALVAL, 금속 과민증에 관련된 연구도 많이 보고되고 있다. Pandit 등³³⁾은 고관절 표면 치환술 17예에서 가성 종양을 보고하였다. 모두 여자 환자였고, 가장 흔한 증상은 고관절 주위의 불편감이었으며 기타 증상으로서 탈구, 신경 마비, 종괴, 발진 등이 있었다. 전 예에서 백혈구 수는 정상 범위 내에 있었고, 2예에서 적혈구 침강 속도와 C-반응성 단백질이 상승하였다. 초음파, 자기 공명 영상 검사 등에서 고관절 후방의 고형 혹은 낭성 종

물이 발견되었다. 병리학적 소견으로서 광범위한 결합 조직 과사와 림프구의 침윤이 가장 흔하게 발견되었다. 저자들은 전통적인 고관절 전 치환술로 재치환할 것을 권장하였다. Campbell 등⁵⁾도 실패한 고관절 표면 치환술 주위 조직으로부터 염증 세포의 혈관 주위 침윤을 보고하였고, 금속 과민증이 실패의 원인이라고 하였다.

Ball 등²⁾은 14예에서 대퇴골 경부 후방과 비구 삽입물 변연부의 scalloped bone remodeling을 발견하여 이는 경부와 컵의 충돌에 의한 것이라고 하였는데 인공 삽입물의 해리나 대퇴골 경부 골절과는 관련되지 않았다. Hing 등¹⁵⁾도 고관절 표면 치환술 163예를 추시하여 28%에서 대퇴골 경부의 직경이 10% 이상 감소하였으나 특이하게도 3~5년 추시 결과 추가적인 대퇴골 경부 골 감소는 없었다고 하였다. 저자들은 수술 후 최장 6년까지는 대퇴골 경부가 좁아진 것이 임상적 또는 방사선학적 결과에 부정적인 영향을 미치지 않았다고 하였다. 고관절 표면 치환술 후에 발생하는 가성 종양과 골 재형성의 임상적 관련성을 규명하기 위해서는 장기 추시가 필요하다.

고관절 표면 치환술의 실패 후에는 표준 고관절 전 치환술로 전환하는 데 큰 어려움이 없는 것으로 보고되고 있다. Ball 등²⁾은 전환 수술과 일차 고관절 전 치환술을 비교하여 수술 시간, 수술 중 실혈량 등에서 차이가 없었고, 평균 4년 추시 후 합병증 발생률, 기능적 결과도 유사하다고 하였다.

결론

골용해는 골과 인공 삽입물 간의 해리를 발생시키고 지속적인 골 소실을 유발하여 인공 관절의 장기적 성과에 치명적인 영향을 미친다. 전술한 대체 관절면(고도 교차 결합 폴리에틸렌, 금속-금속, 세라믹-세라믹)은 생체 내에서 금속-전통적인 폴리에틸렌 관절면보다 마모율이 낮아 마모 편에 의한 골용해와 인공 삽입물의 해리를 감소시키는 장점이 있다. 그러나 이처럼 새로운 대체 관절면을 적용한다고 하여 모든 환자에게서 일률적으로 인공 관절의 생존율 향상을 기대할 수는 없다. 특히 비구 삽입물의 경사각과 전염각이 과도하지 않도록 적절한 위치에 고정하여야 관련된 합병증을 방지할 수 있다. 현재 널리 이용되고 있는 관절면은 고찰한 바와 같이 각각 장, 단점이 있으므로 인공 관절 수술을 계획할 때에는 관절면의 소재 특성을 충분히 파악한 후 환자의 연령, 활동력, 비만 정도, 기저 질환 및 사회 경제적 상태 등의 기회 비용을 고려하여 환자 개개인에 맞추어 선택하여야 할 것이다.

REFERENCES

1. Baek SH, Kim SY. Cementless total hip arthroplasty with

- alumina bearings in patients younger than fifty with femoral head osteonecrosis. J Bone Joint Surg, 90-A: 1314-1320, 2008.*
2. Ball ST, Le Duff MJ, Amstutz HC. *Early results of conversion of a failed femoral component in hip resurfacing arthroplasty. J Bone Joint Surg, 89-A: 735-741, 2007.*
3. Beksac B, Salas A, González Della Valle A, Salvati EA. *Wear is reduced in THA performed with highly cross-linked polyethylene. Clin Orthop Relat Res, 467: 1765-1772, 2009.*
4. Bragdon CR, Kwon YM, Geller JA, et al. *Minimum 6-year followup of highly cross-linked polyethylene in THA. Clin Orthop Relat Res, 465: 122-127, 2007.*
5. Campbell P, Shimmin A, Walter L, Solomon M. *Metal sensitivity as a cause of groin pain in metal-on-metal hip resurfacing. J Arthroplasty, 23: 1080-1085, 2008.*
6. Cuckler JM. *The rationale for metal-on-metal total hip arthroplasty. Clin Orthop Relat Res, 441: 132-136, 2005.*
7. Cuckler JM, Moore KD, Lombardi AV Jr, McPherson E, Emerson R. *Large versus small femoral heads in metal-on-metal total hip arthroplasty. J Arthroplasty, 19 (Suppl 3): S41-S44, 2004.*
8. Currier BH, Currier JH, Mayor MB, Lyford KA, Collier JP, Van Citters DW. *Evaluation of oxidation and fatigue damage of retrieved crossfire polyethylene acetabular cups. J Bone Joint Surg, 89-A: 2023-2029, 2007.*
9. Daniel J, Ziaee H, Pradhan C, McMin DJ. *Six-year results of a prospective study of metal ion levels in young patients with metal-on-metal hip resurfacings. J Bone Joint Surg, 91-B: 176-179, 2009.*
10. 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, 87-A: 18-27, 2005.*
11. Dumbleton JH, D'Antonio JA, Manley MT, Capello WN, Wang A. *The basis for a second-generation highly cross-linked UHMWPE. Clin Orthop Relat Res, 453: 265-271, 2006.*
12. Geerdink CH, Grimm B, Vencken W, Heyligers IC, Tonino AJ. *Cross-linked compared with historical polyethylene in THA: an 8-year clinical study. Clin Orthop Relat Res, 467: 979-984, 2009.*
13. Gröbl A, Marker M, Brodner W, et al. *Long-term follow-up of metal-on-metal total hip replacement. J Orthop Res, 25: 841-848, 2007.*
14. Hart AJ, Sabah S, Henckel J, et al. *The painful metal-on-metal hip resurfacing. J Bone Joint Surg, 91-B: 738-744, 2009.*
15. Hing CB, Young DA, Dalziel RE, Bailey M, Back DL, Shimmin AJ. *Narrowing of the neck in resurfacing arthroplasty of the hip: a radiological study. J Bone Joint Surg, 89-B: 1019-1024, 2007.*
16. Holt G, Murnaghan C, Reilly J, Meck RM. *The biology of aseptic osteolysis. Clin Orthop Relat Res, 460: 240-252, 2007.*
17. Kim SY, Kyung HS, Ihn JC, Cho MR, Koo KH, Kim CY. *Cementless metal-on-metal total hip arthroplasty in patients less than fifty years old. J Bone Joint Surg, 86-A: 2475-2481, 2004.*
18. Koo KH, Ha YC, Jung WH, Kim SR, Yoo JJ, Kim HJ. *Isolated fracture of the ceramic head after third-generation alumina-on-alumina total hip arthroplasty. J Bone Joint Surg, 90-A: 329-336, 2008.*
19. 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, 88-A: 1183-1191, 2006.*
20. Kyomoto M, Moro T, Konno T, et al. *Enhanced wear resistance of modified cross-linked polyethylene by grafting with poly (2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine). J Biomed Mater Res, 82-A: 10-17, 2007.*
21. Lavigne M, Masse V, Girard J, Roy AG, Vendittoli PA. *Return to sport after hip resurfacing or total hip arthroplasty: a randomized study. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot, 94: 361-367, 2008.*
22. Lavigne M, Therrien M, Nantel J, Roy A, Prince F, Vendittoli PA. *The functional outcome of hip resurfacing and large-head THA is the same: a randomized, double-blind study. Clin Orthop Relat Res, 20 June [Epub ahead of print], 2009.*
23. Le Duff MJ, Amstutz HC, Dorey FJ. *Metal-on-metal hip resurfacing for obese patients. J Bone Joint Surg, 89-A: 2705-2711, 2007.*
24. Lewis PM, Al-Belooshi A, Olsen M, Schemitch EH, Waddell JP. *Prospective randomized trial comparing alumina ceramic-on-ceramic with ceramic-on-conventional polyethylene bearings in total hip arthroplasty. J Arthroplasty, 4 Feb [Epub ahead of print], 2009.*
25. Long WT, Dorr LD, Gendelman V. *An American experience with metal-on-metal total hip arthroplasties: a 7-year follow-up study. J Arthroplasty, 19 (Suppl 3): S29-S34, 2004.*
26. Lusty PJ, Tai CC, Sew-Hoy RP, Walter WL, Walter WK, Zicat BA. *Third-generation alumina-on-alumina ceramic bearings in cementless total hip arthroplasty. J Bone Joint Surg, 89-A: 2676-2683, 2007.*
27. Marker DR, Seyler TM, Jinnah RH, Delanois RE, Ulrich SD, Mont MA. *Femoral neck fractures after metal-on-metal total hip resurfacing: a prospective cohort study. J Arthroplasty, 22(Suppl 3): S66-S71, 2007.*
28. McBryde CW, Revell MP, Thomas AM, Treacy RB, Pynsent PB. *The influence of surgical approach on outcome in Birmingham hip resurfacing. Clin Orthop Relat Res, 466: 920-926, 2008.*
29. 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, 88-A: 1173-1182, 2006.*
30. Mont MA, Seyler TM, Ulrich SD, et al. *Effect of changing indications and techniques on total hip resurfacing. Clin*

- Orthop Relat Res*, 465: 63-70, 2007.
31. Nizard R, Pourreyron D, Raould A, Hannouche D, Sedel L. *Alumina-on-alumina hip arthroplasty in patients younger than 30 years old. Clin Orthop Relat Res*, 466: 317-323, 2008.
32. Oral E, Christensen SD, Malhi AS, Wannomae KK, Muratoglu OK. *Wear resistance and mechanical properties of highly cross-linked, ultrahigh-molecular weight polyethylene doped with vitamin E. J arthroplasty*, 21: 580-591, 2006.
33. Pandit H, Glyn-Jones S, McLardy-Smith P, et al. *Pseudotumours associated with metal-on-metal hip resurfacings. J Bone Joint Surg*, 90-B: 847-851, 2008.
34. Park YS, Hwang SK, Choy WS, Kim YS, Moon YW, Lim SJ. *Ceramic failure after total hip arthroplasty with an alumina-on-alumina bearing. J Bone Joint Surg*, 88-A: 780-787, 2006.
35. 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*, 87-A: 1515-1521, 2005.
36. Purdue PE, Koulouvaris P, Potter HG, Nestor BJ, Sculco TP. *The cellular and molecular biology of periprosthetic osteolysis. Clin Orthop Relat Res*, 454: 251-261, 2007.
37. Ries MD. *Complications in primary total hip arthroplasty: avoidance and management: wear. Instr Course Lect*, 52: 257-265, 2003.
38. Shia DS, Clohisy JC, Schinsky MF, Martell JM, Maloney WJ. *THA with highly cross-linked polyethylene in patients 50 years or younger. Clin Orthop Relat Res*, 467: 2059-2065, 2009.
39. Steffen R, O'Rourke K, Gill HS, Murray DW. *The anterolateral approach leads to less disruption of the femoral head-neck blood supply than the posterior approach during hip resurfacing. J Bone Joint Surg*, 89-B: 1293-1298, 2007.
40. Tower SS, Currier JH, Currier BH, Lyford KA, Van Citters DW, Mayor MB. *Rim cracking of the cross-linked longevity polyethylene acetabular liner after total hip arthroplasty. J Bone Joint Surg*, 89-A: 2212-2217, 2007.
41. Urban JA, Garvin KL, Boese CK, et al. *Ceramic-on-polyethylene bearing surfaces in total hip arthroplasty. Seventeen to twenty-one-year results. J Bone Joint Surg*, 83-A: 1688-1694, 2001.
42. Walter WL, O'toole GC, Walter WK, Ellis A, Zicat BA. *Squeaking in ceramic-on-ceramic hips: the importance of acetabular component orientation. J Arthroplasty*, 22: 496-503, 2007.
43. 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*, 87-A: 28-36, 2005.