

인공관절 치환술 시 Harris-Galante II형 비구컵의 폴리에틸렌 삽입물의 실패 양상

민병우 · 배기철 · 이경재 · 손승원 · 강철형

계명대학교 의과대학 정형외과학교실

목적: Harris-Galante II형 비구컵을 이용한 인공 고관절 전치환술시 폴리에틸렌 라이너의 실패 양상을 분석하고자 하였다.
대상 및 방법: Harris-Galante II형 비구컵을 이용하여 인공 고관절 전치환술을 시행하였던 111명, 128예의 고관절에 대하여 후향적 분석을 시도하였다. 추시 기간은 최소 5년 이상이었으며, 평균 추시 기간은 7.4 (5-12.9)년이었다. 추시 기간 중 26예(20.2%)에서 재치환술이 시행되었다. 재치환술이 시행된 원인을 알아보기 위하여 의무 기록, 방사선 사진, 수술 기록 및 재치환술 시의 육안적 소견 등을 분석하였다.

결과: 폴리에틸렌 삽입물의 실패로 인한 재치환술은 22예(17.3%)에서 시행되었는데, 이 중 폴리에틸렌 라이너의 과도한 마모와 함께 metallosis의 소견을 보인 군(14예)과, 재치환술을 요할 만큼의 과도한 마모만 보인 군(6예), 육안적인 마모의 증거 없이 폴리에틸렌 라이너의 분리가 있었던 군(2예), 모두 3가지 유형의 폴리에틸렌 삽입물의 실패가 관찰되었다.

결론: Harris-Galante II형 비구컵의 경우 폴리에틸렌 삽입물의 실패가 재치환술을 시행하는 주요한 원인이었다. 폴리에틸렌 삽입물의 과도한 마모가 발생한 경우 metallosis나 심한 골소실을 예방하기 위하여 조기에 재치환술이 시행되어야 할 것으로 사료된다.

색인 단어: 고관절 전치환술, Harris-Galante II형 비구컵, 폴리에틸렌 라이너 실패

Failure Mode of Polyethylene Liner in Total Hip Arthroplasty with Harris-Galante II Acetabular Cup

Byung Woo Min, M.D., Ki Cheol Bae, M.D., Kyung Jae Lee, M.D., Sung Won Sohn, M.D., and Chul Hyung Kang, M.D.
Department of Orthopedic Surgery, School of Medicine, Keimyung University, Daegu, Korea

Purpose: To assess the mode of a polyethylene liner failure in total hip replacement using a Harris-Galante II acetabular component.

Materials and Methods: A retrospective review was performed and 128 consecutive primary total hip arthroplasties were analyzed in 111 patients who had a second-generation Harris-Galante cup. All patients were followed up for a minimum of five years, with a mean follow up of 7.4 years (range, 5 to 12.9 years). A total of 26 cups (20.2%) were revised at the time of the latest follow up. The medical records, radiographs, surgical notes, and retrieved components were analyzed in order to determine the precise causes of the revision.

Results: Twenty-two cases (17.3%) were found to have experienced problems with the polyethylene liner. Three types of liner failure were identified; metallosis associated with polyethylene liner wear (14 cases), excessive wear without metallosis necessitating a revision (6 cases), and polyethylene liner dissociation without gross evidence of wear (2 cases).

Conclusion: This study find that polyethylene liner failure is the main cause of the revision of this component. Early surgical intervention needs to be performed before fatal metal damage occurs in order to avoid metallosis, and severe bone stock damage in cases of excessive polyethylene wear.

통신저자 : 민 병 우
대구광역시 중구 동산동 194
계명대학교 의과대학 동산의료원 정형외과학교실
TEL: 053-250-7267 · FAX: 053-250-7205
E-mail: min@dsmc.or.kr

Address reprint requests to
Byung Woo Min, M.D.
Department of Orthopaedic Surgery, Dongsan Medical Center, Keimyung University,
194 Dongsan-dong, Joong-gu, Daegu 700-712, Korea
Tel: +82.53-250-7267, Fax: +82.53-250-7205
E-mail: min@dsmc.or.kr

Key Words: Total hip replacement, Harris-Galante II acetabular cup, Polyethylene liner failure

고관절 전치환술 시 시멘트를 이용한 비구컵 고정 방법은 단기간의 추시 시 우수한 결과를 보였으나, 중·장기 추시 시 무균성 해리 등의 문제점으로 인하여 무시멘트성 비구컵이 등장하게 되었다²⁰⁾. 이러한 무시멘트성 비구컵들 중 Harris-Galante II형 비구컵(Zimmer, Warsaw, IN)은 반구형태로 되어 있으며, 나사못과 압박 고정으로 초기 고정이 되도록 설계되었고, 표면이 미세 금속 섬유망 처리로 골내 성장을 유도하여 후기 생물학적 고정을 유도하도록 고안되었다. 이러한 구조는 무균성 해리나 컵의 이동을 감소시켜 중·장기 추시 결과에 좋은 결과들이 보고되어 왔으나^{14,24,27)} 시간이 지나면서 금속컵과 폴리에틸렌 삽입물 사이의 미세운동^{1,2,4)}, bearing surface의 마모 증가²⁾, 라이너 잠금장치(locking mechanism)의 실패²³⁾, 금속 비구컵으로부터의 폴리에틸렌 라이너의 분리 등^{12,13,19,28,32)}이 보고되고 있고 이러한 과도한 폴리에틸렌 삽입물의 마모와 분리는 금속컵의 손상을 초래하여 인공 고관절 삽입물 주위 조직에 육아 조직 형성 및 골파괴를 초래한다고 보고되고 있다^{2,3,10,12,19)}.

이에 저자들은 Harris-Galante II형 비구컵을 이용한 일차적 고관절 전치환술을 시행하고 5년 이상 추시 관찰이 가능하였던 환자 중 폴리에틸렌 삽입물의 실패로 재치환술을 시행하였던 환자들을 대상으로 폴리에틸렌 삽입물 실패의 양상을 분석하여 이에 대한 적절한 치료법을 제시하고자 하였다.

대상 및 방법

1990년 6월부터 1996년 1월까지 Harris-Galante II형 비구컵(Zimmer, Warsaw, IN)을 이용하여 일차성 고관절 전치환술을 시행한 111명의 환자, 128예의 고관절을 대상으로 하였으며, 추시 기간 중 26예(20.2%)에서 비구컵의 재치환술이 시행되었다. 이 중 의무 기록, 수술 기록, 방사선 사진 및 재치환술 시의 육안적 소견 등을 바탕으로 무균성 해리(2예) 및 심부 감염(2예)으로 재치환술을 시행하였던 환자들을 제외하고 폴리에틸렌 삽입물의 실패로 재치환술을 시행하였던 22예(17.6%)의 환자들만을 본 연구에 포함하였다. 추시 기간은 최소 5년에서 최장 12.9년으로 평균 8.0년이었고, 처음 수술 후 재치환술 시까지의 기간은 최소 62개월에서 최장 108개

월까지로 평균 74.8개월이었다. 연령 분포는 28세에서 68세까지로 평균 50.4세였으며, 남자가 12예, 여자가 10예였고 몸무게의 분포는 40 kg에서 75 kg으로 평균 61.2 kg이었다. 수술 시 추측된 원인질환으로는 대퇴골 두 무혈성 괴사가 16예로 가장 많았고, 그 외 골관절염(5예), 대퇴경부 골절의 후유증(1예)이었다.

수술 방법은 Dall⁷⁾의 전측방 도달법 또는 후외방 도달법을 사용하였으며, 3개의 서로 다른 대퇴스텝이 사용되었는데, Multilock[®] 무시멘트 대퇴스텝(Zimmer, Warsaw, IN)이 16예, Harris-Galante[®] 대퇴스텝(Zimmer, Warsaw, IN)이 4예, Centralign[®] 시멘트 대퇴스텝(Zimmer, Warsaw, IN)이 2예였다. 비구컵의 크기는 평균 52 mm (44-60 mm), 폴리에틸렌 라이너의 두께는 평균 6.4 mm (3.3-10.3 mm)이었고, 인공 대퇴 골두의 직경은 전례에서 28 mm였다.

임상적으로 동통의 유무와 기간, 탄발음의 유무와 기간에 대해 조사하였고, 방사선학적으로 인공 골두의 위치, 잠금장치(tine)의 손상 유무, 금속 비구컵의 위치 및 고정 정도를 평가하였고, 폴리에틸렌 삽입물의 마모는 Dorr 등⁹⁾의 방법을 사용하여 digital caliber로 측정하였다. 재치환술 시 모든 폴리에틸렌 삽입물 및 금속 비구컵을 육안적으로 관찰하여 마모 정도, 잠금장치의 실패, 폴리에틸렌 삽입물의 분리 유무를 조사하였다.

대퇴스텝의 고정도 및 골용해는 Gruen 영역에 따라 Engh 등^{11,17)}의 방법에 따라 관찰하였으며 통계 처리는 Student's t-test와 Chi-Square test를 사용하여 검증하였고, 유의성의 판정은 p값이 0.05 미만으로 하였다.

결 과

1. 임상적 분석 결과

22예(17.2%)에서 재치환술을 필요로 하는 폴리에틸렌 삽입물의 실패가 확인되었다. 폴리에틸렌 삽입물의 마모와 함께 metallosis의 소견을 보인 경우가 14예, 과도한 마모만 보인 경우가 6예, 라이너의 마모 없이 폴리에틸렌 삽입물의 분리를 보인 경우가 2예이었다.

라이너 실패가 있었던 군과 나머지 군에서 연령, 성별, 몸무게, Charnley activity class, 초기 진단, 비구컵의 크기, 폴리에틸렌 삽입물의 두께, 비구컵의 위치, 탈

구의 과거력에는 큰 차이가 없었다(Table 1). 그러나 폴리에틸렌 삽입물의 실패가 있었던 군에서 연간 마모율이 0.82 mm/year로 그렇지 않은 군의 0.14 mm/year보다 높았다.

임상적으로 대부분의 환자는 탄발음이나 다양한 정도의 동통을 호소하였으나 과도한 마모만 있었던 환자 6예 중 2예에서는 동통이나 탄발음이 없었다. 고관절부 동통

Table 1. Comparison between the patients with polyethylene liner failure and the remainder of patients

Parameter	Patients with liner failure	Remainder of the patients	p-value
Patient number (hips)	22	106	
Age at operation (years)	50.4	49.8	0.98
Sex (male:female)	12:10	71:35	0.26
Weight (kg)	61.1	62.6	0.57
Charnley activity class (A:B:C)	11:10:1	38:62:6	0.18
Follow up period (years)	7.8	8.0	0.59
Diagnosis (AVN:OA:Others)	16:5:1	75:24:7	0.93
Cup size (mm)	52.1	53.1	0.24
Polyethylene thickness (mm)	6.4	6.9	0.23
Annual wear rate (mm/year)	0.82	0.14	0.00*
Cup inclination (degree)	40.1	39.3	0.32
Dislocation episode (%)	0%	1.9%	0.10

Data are analyzed using Mann-Whitney test (age, weight, follow up period, cup size, polyethylene thickness, annual wear rate, cup inclination, and dislocation episode) and chi square test (sex, Charnley activity class, and diagnosis); All values are presented as the mean; AVN: osteonecrosis of the femoral head; OA: osteoarthritis; *: Statistically significant.

은 metallosis군의 86%와, 과도한 마모만 있었던 군의 60%에서 점차 진행하였으며, 나머지 환자는 급작스럽게 시작하는 동통을 호소하였다. 탄발음은 가장 흔한 임상 증상 중 하나로 라이너의 마모와 metallosis가 동반되었던 군과 라이너의 분리가 있었던 군에서 각각 92.9%와 100%로 관찰되었다.

2. 방사선학적 분석 결과

전례에서 인공골두의 편심성 위치 소견을 보였고, 잠금장치(tine)가 손상된 소견도 metallosis가 있었던 군의 14예 중 8예(57%), 과도한 마모만 있었던 군에서 6예 중 2예(33%)에서 발견되었다. Metal on metal contact는 metallosis가 있었던 군과 폴리에틸렌 라이너의 분리가 있었던 군의 전례에서 나타나 폴리에틸렌 삽입물 실패를 시사하는 중요한 소견이었다. Mist-like metal particle shadow는 metallosis의 진단적 소견은 아니었고 단지 50%에서만 관찰되었다.

비구컵의 해리는 metallosis가 있었던 군의 14%에서 관찰되었고, 주로 과도한 골용해와 관련되어 있었다. 대퇴스텝의 불안정성은 대퇴골 주위의 과도한 골용해가 있는 경우에 주로 관찰되었는데, metallosis군의 21%, 과도한 마모만 있었던 군의 33%에서 관찰되었다. 나머지 환자에서 대퇴스텝과 비구컵의 해리 소견은 발견되지 않았다. 비구컵 주위의 골용해는 metallosis군의 14예 중



Fig. 1. (A) Immediate postoperative radiograph of a 61-year-old man shows a well fixed cup and stem. (B) Postoperative radiograph at 6 years shows a clearly eccentric position of the prosthetic head. Diffuse osteolysis can be seen in the supra-acetabular region and around the femoral stem. (C) Immediate postrevision radiograph shows revised acetabular component and femoral component. (D) Retrieved specimens shows the typical dislodged liner with a wear through the peripheral rim, broken and bent tines of the metal shell, and severe periprosthetic metallosis.

13예(93%), 과도한 마모만 있었던 군의 6예 중 4예(67%)에서 발견되었고, 대퇴스텝의 골용해는 metallosis 군의 14예 중 9예(64%), 과도한 마모만 있었던 군의 6예 중 2예(33%)에서 발견되었다(Fig. 1). 삽입물의 분리가 있었던 군에서는 골용해는 발견되지 않았다.

3. 재치환술 시 육안적 소견

재치환술시 비구측의 골 소실은 방사선학적으로 보이던 것보다 심하였으며, 관절 내 metallosis가 있었던 환자에서는 골용해의 granulomatous content는 metal particle를 포함하고 있었다. 전위된 라이너는 대부분의 경우 하방 그리고 후방에 위치하고 있었고, 과도한 마모가 있었던 환자 중 4예에서만 라이너가 단단히 고정되어 있었다. 라이너 외면의 손상과 back side wear는 metallosis가 있었던 군의 전례에서 발견되었고 과도한 마모만 있었던 군에서는 라이너의 손상이 60%, back side wear는 40%에서 발견되었다. metallosis가 있었던 군에서는 전례에서 손상된 tab 및 착색되고 비후된 활액막을 관찰할 수 있었다.

4. 재치환술

Metallosis와 골용해는 주로 수술 후 60-70개월에 발생하였는데 재치환술 시 비구측의 경우 폴리에틸렌 라이너의 분리가 있었던 군의 전례에서 라이너만 교환하였고, metallosis가 있었던 군의 14예 중 13예(93%), 마모만 있었던 군의 6예 중 4예(60%)에서 심한 골 소실 및 비구컵의 손상으로 인해 비구컵과 폴리에틸렌 라이너 모두에 재치환술을 필요로 하였으며 골용해와 비구컵 제거시의 골소실로 인해 전례에서 골이식술을 필요로 하였다. 나머지 metallosis가 있었던 14예 중 1예에서는 폴리에틸렌 삽입물을 금속 비구컵에 시멘팅하였고, 마모만 있었던 6예 중 2예에서는 라이너만 교환하였다.

대퇴스텝의 재치환술은 주로 광범위한 골용해와 관련된 대퇴스텝의 이완이 동반된 경우에 시행하였다.

고 찰

Harris-Galante 포말형 비구컵은 반구형으로 수술 초기는 나사못과 압박 고정으로 견고한 기계적 고정이 가능한데 이는 실험적으로도 증명된 바 있으며 수술 후기에는 금속컵 표면의 미세금속 침유망 치료로 골내성장 유도

가 탁월하여 생물학적 고정이 우수한 것으로 보고되고 있다^{6,15,26}. Tompkin 등²⁹은 8.7년 추시상 0%, Petersen 등²⁴은 10년 추시상 1%, Latimer와 Lachiewicz¹⁵는 7년 추시상 0%의 무균성 해리로 인한 재치환술을 보고하였다. 그러나 최근들어 Harris-Galante 비구컵의 경우 장기 추시 시 문제가 되는 것은 폴리에틸렌 라이너의 마모와 함께 이로 인한 골용해의 빈도가 증가하고, 라이너 잠금 장치의 파손으로 인한 라이너의 분리로 인한 재치환술의 빈도가 증가되고 있다는 것이다^{8,19,31,34}.

Harris-Galante II형 비구컵은 잠금장치의 췌기 모양의 클립 사이의 보조 지지대가 없어지고 대신 클립의 수를 늘리고 금속 비구컵의 두께가 증가함으로써 상대적으로 폴리에틸렌 라이너의 두께가 얇아지게 제작되었으며, 나사 구멍의 수를 줄이고 비구 나사못의 직경도 5.1 mm에서 6.5 mm로 증가시키는 등 Harris-Galante I형 비구컵의 단점을 보완하도록 제작하였으나³⁶ 제작자들의 의도와는 달리 잠금장치의 취약성으로 인한 폴리에틸렌 라이너의 분리가 증가하고, 잠금장치가 약하여 금속컵과 라이너 사이의 미세 운동이 증가하고 금속컵의 두께가 두꺼워지면서 비구컵의 경직성(stiffness)이 증가하여 폴리에틸렌 삽입물을 통한 응력 전달이 더 강해짐으로 인해 라이너의 마모가 심해지는 등의 문제점이 발생하게 되었다^{30,31,34}.

비록 폴리에틸렌 삽입물의 해리나 과도한 마모 같은 라이너의 실패가 다양한 modular 비구컵에서 보고되었으나 Harris-Galante I, II형 비구컵과 관련된 것이 가장 많이 보고되고 있다^{2,5,10,12,13,16,19,22,28,32}. 이는 다른 제품보다 Harris-Galante 비구컵이 많이 사용되었기 때문으로 생각될 수도 있다¹⁹. Tradonsky 등³⁰은 Harris-Galante II형 비구컵에서 폴리에틸렌 삽입물의 해리에 필요한 push-out과 lever-out 강도가 제일 약한 것을 증명하였고, Williams 등³³은 Harris-Galante II형 비구컵이 다른 제품들에 비하여 더 많은 rotational micro-motion이 일어난다고 하였다. 이 두 실험은 Harris-Galante II형 비구컵이 약한 잠금장치를 가지고 있음을 시사한다. 또 다른 요인으로 얇은 폴리에틸렌 삽입물의 사용과 폴리에틸렌 삽입물과 금속컵 사이의 불일치를 생각할 수 있는데, Zhu 등³⁵은 폴리에틸렌 삽입물과 금속컵 사이의 불일치가 이 둘 간의 과도한 micromotion을 초래한다고 하였고 게다가 이러한 back side wear는

wear debris 발생의 중요한 요인이 될 수 있다고 하였다. 저자들의 경우에도 폴리에틸렌 삽입물의 해리와 분리가 있었던 환자에서 심한 backside wear가 있었던 것을 관찰할 수 있었다.

저자들의 연구에서 폴리에틸렌 삽입물의 실패는 Harris-Galante 비구컵을 이용한 다른 논문보다 높게 나타났는데^{12,14,23,24,27,32}, 이는 앞서 언급한 약한 잠금장치 외에도 다양한 인자가 작용할 것으로 생각되는데 특히 젊고 더 활동적인 환자에서 이러한 합병증이 더 많이 발생할 것으로 생각되며 본 연구에서도 첫 수술 당시 환자의 평균 나이가 50세였다. 불충분한 폴리에틸렌 삽입물의 두께 역시 라이너 실패의 한 요인으로 생각할 수 있으며, 본 연구에서 재치환술을 시행한 환자 군에서 라이너의 두께가 평균 6.4 mm였으나 이는 나머지 환자군의 6.9 mm와 큰 차이가 없었다. 하지만 잘 알려진 대로 metal-backed 비구컵에서 라이너의 두께가 8 mm 이하인 경우 폴리에틸렌 삽입물에 가해지는 응력은 급격히 증가하고¹⁾, 라이너와 금속컵 사이의 변형이 더 잘 발생할 수 있다. 이것은 잠금장치의 실패, 과도한 backside wear, 라이너의 해리를 일으킬 수 있으며, 인공 골두와 금속컵의 접촉을 일으켜 metallosis와 무균성 해리를 초래한다. 본 연구에서도 metallosis가 있었던 전례에서 tine의 손상이 관찰되었고 폴리에틸렌 역시 손상되어 있었다. 기타 외상, 탈구, 인공 관절 삽입물의 잘못된 정렬 등이 폴리에틸렌 삽입물 실패의 요인으로 작용할 수 있다^{12,30}. 그러나 본 연구에서 라이너 실패 군에서 외상이나 탈구와의 관계를 밝힐 수는 없었다.

또한 동양인에서 일상 생활에 많이 취하는 자세인 쪼그려 앉거나 무릎꿇기, 양반다리 등의 자세는 대퇴경부와 폴리에틸렌 삽입물 간의 반복되는 충격을 초래하여 금속컵 주위의 마모와 잠금장치의 실패를 초래하였을 것으로 생각된다²¹.

라이너의 마모 및 비구측 골용해시 대부분의 저자들은^{8,18,25} 비구컵이 안정되어 있는 경우 라이너만 교환하거나 잠금 장치가 손상되어 있거나 적절한 라이너가 없는 경우 라이너를 금속 비구컵에 시멘트로 고정하는 방법을 권유하고 있으나, 몇몇 저자들은^{5,30} 라이너만 교환한 경우 라이너의 잠금장치 약화로 인한 재분리 가능성을 경고하고 있고, Tradonsky 등³⁰은 라이너만 교환할 경우 잠금장치의 약화 또는 변형 가능성이 높다고 하였고, Valle

등³¹은 잠금 장치의 손상이 없더라도 비구측 골 상태가 양호하거나 비구컵의 alignment가 나쁜 경우, 라이너의 두께가 너무 얇은 경우에는 금속컵도 함께 재치환할 것을 권유하였다. 저자들의 경우에도 비구측 골용해와 라이너의 심한 마모가 있었으나 비구컵은 안정되어 있었던 환자의 경우에서 재치환술 시 폴리에틸렌 라이너의 상측방 부위가 전부 마모되어 버리고 금속 골두와 비구컵이 직접 접촉하게 되어 금속 비구컵이 심하게 손상되어 있거나 골용해의 크기가 방사선 소견보다 훨씬 커서 추후 비구컵의 안정도에 문제가 생길 우려가 높고, 주위 연부조직의 metallosis가 너무 심하여 라이너만 교환하기가 불가능하여 금속 비구컵도 함께 재치환하였다. 재치환술 시에는 다시 라이너 마모가 가능성이 높으므로 high cross linked 폴리에틸렌이나 세라믹 라이너로 교체하였다.

결론

무시멘트성 비구컵을 이용한 인공 관절 치환술 시 Harris-Galante II형 비구컵은 폴리에틸렌 라이너의 두께 감소와 함께 약한 라이너 고정력으로 인해 높은 폴리에틸렌 삽입물 실패율을 보인다. 따라서 Harris-Galante II형 비구컵을 사용한 환자에서 폴리에틸렌의 과도한 마모를 보이는 경우 metallosis와 골손상 방지를 위해 조기에 재치환술을 시행하는 것이 좋을 것으로 사료되며 재치환술 시 비구컵의 손상, metallosis, 골용해의 소견이 있을 경우 고정력이 좋다 하더라도 비구컵의 재치환술도 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Barter DL, Bicknell VL and Wright TM: *The effect of conformity, thickness, and material on stress in ultra-high molecular weight components for total joint replacement.* J Bone Joint Surg, 68-A: 1041-1051, 1986.
2. Berry DJ, Barnes CL, Scott RD, Cabanela ME and Poss R: *Catastrophic failure of the polyethylene liner of uncemented acetabular components.* J Bone Joint Surg, 76-B: 575-578, 1994.
3. Black J, Sherk H, Bonini J, Rostoker WR, Schajowicz F and Galante JO: *Metallosis associated with a stable titanium-alloy femoral component in total hip replacement.* J Bone Joint Surg, 72-A: 126-130, 1990.

4. **Bono JV, Sanford L and Toussaint JT:** Severe polyethylene wear in total hip arthroplasty. Observations from retrieved AML plus hip implants with an ACS polyethylene liner. *J Arthroplasty*, 9: 119-125, 1994.
5. **Cameron HU:** Dissociation of a polyethylene liner from an acetabular cup. *Orthop Rev*, 22: 1160-1161, 1993.
6. **Cook SD, Thomas KA and Haddad RJ Jr:** Histologic analysis of retrieved human porous-coated total joint components. *Clin Orthop*, 234: 90-101, 1998.
7. **Dall D:** Exposure of the hip by anterior osteotomy of the greater trochanter. A modified anterior approach. *J Bone Joint Surg*, 60-B: 382-386, 1998.
8. **DeLee JG and Charnley J:** Radiological demarcation of cemented sockets in total hip replacement. *Clin Orthop*, 121: 20-32, 1976.
9. **Dorr LD and Wan Z:** Comparative results of a distal modular sleeve, Circumferential coating, and stiffness relief using the Anatomic Porous Replacement II. *J Arthroplasty*, 11: 419-428, 1996.
10. **Engh CA Jr, Hopper RH, Engh CA and McAuley JP:** Wear-through of a modular polyethylene liner: Four case reports. *Clin Orthop*, 383: 175-182, 2001.
11. **Engh CA, Massin P and Suthere KE:** Roentgenographic assessment of the biologic fixation of porous-surfaced femoral component. *Clin Orthop*, 257: 107-128, 1990.
12. **Gonzelez della Valle A, Ruzo PS, Li S, Pellicci P, Sculco TP and Salvati EA:** Dislodgment of polyethylene liner in first and second generation Harris-Galante acetabular components: A report of eighteen cases. *J Bone Joint Surg*, 83-A: 553-559, 2001.
13. **Han CD, Choe WS and Yoo YH:** Late dissociation of the polyethylene liner from a modular acetabular metal shell after primary total hip arthroplasty: A report of five cases. *Yonsei Med J*, 39: 277-282, 1998.
14. **Lachiewicz PF and Poo ED:** Revision of a total hip arthroplasty with a Harris-Galante porous coated acetabular component inserted without cement: A follow-up on the results at five to twelve years. *J Bone Joint Surg*, 80-A: 980-984, 1998.
15. **Latimer HA and Lachiewicz PF:** Porous-coated acetabular components with screw fixation. Five to ten-year results. *J Bone Joint Surg*, 78-A: 975-981, 1996.
16. **Louwerse RT and Heyligers IC:** Late failure of the polyethylene liner fixation in an uncemented total hip arthroplasty. *J Arthroplasty*, 14: 391-396, 1999.
17. **Massin P, Schmidt L and Engh CA:** Evaluation of cementless acetabular component migration. *J Arthroplasty*, 4: 245-251, 1989.
18. **Meldrum RD and Hollis JM:** The strength of a cement acetabular locking mechanism. *J Arthroplasty*, 16: 748-752, 2001.
19. **Mihalko WM and Papademetriou T:** Polyethylene liner dissociation with the Harris-Galante II acetabular component. *Clin Orthop*, 386: 166-172, 2001.
20. **Morscher EW:** Current status of acetabular fixation in primary total hip arthroplasty. *Clin Orthop*, 274: 172-193, 1992.
21. **Mulholland SJ and Wyss UP:** Activities of daily living in non-western cultures: Range of motion requirements for hip and knee implants. *Int J Rehabil Res*, 24: 191-198, 2001.
22. **Orozco FO and Hozack WJ:** Late dislocations after cementless total hip arthroplasty resulting from polyethylene wear. *J Arthroplasty*, 15: 1059-1063, 2000.
23. **Peters CL and Sullivan CL:** Locking mechanism failure in the Harris-Galante porous acetabular component associated with recurrent hip dislocation. *J Arthroplasty*, 17: 507-515, 2002.
24. **Petersen MB, Poulsen ICH, Thomsen J and Solgaard S:** The hemispherical Harris-Galante acetabular cup inserted without cement: The results of an eight-to eleven-year follow-up of one hundred and sixty-eight hips. *J Bone Joint Surg*, 81-A: 66-73, 1999.
25. **Rubash HE, Sinha RK, Paprosky W, Engh CA and Maloney WJ:** A new classification system for the management of acetabular osteolysis after total hip arthroplasty. *Instr Course Lect (AAOS)*, 48: 37-42, 1999.
26. **Schmalzried TP and Harris WH:** The Harris-Galante porous-coated acetabular component with screw fixation. Radiographic analysis of eighty-three primary hip replacements at a minimum of five years. *J Bone Joint Surg*, 74-A: 1130-1139, 1991.
27. **Schmalzried T, Wessinger S, Hill G and Harris W:** The Harris-Galante porous acetabular component press-fit without screw fixation: Five-year radiographic analysis of primary cases. *J Arthroplasty*, 9: 235-242, 1994.
28. **Suh KT, Chang JW, Suh YH and Yoo CI:** Catastrophic progression of the disassembly of a modular acetabular component. *J Arthroplasty*, 13: 950-952, 1998.
29. **Tompkins GS, Jacobs JJ, Kull LR, Rosenberg AG and Galante JO:** Primary total hip arthroplasty with a porous-coated

- acetabular component. Seven-to-ten-year results. J Bone Joint Surg, 79-A: 169-176, 1997.*
30. **Tradonsky S, Postak PD, Froimson AI and Greenwald AS:** *A comparison of the dissociation strength of modular acetabular components. Clin Orthop, 296: 154-160, 1993.*
31. **Valle AGD, Ruzo PS, Li S, Pellicci P, Sculco TP and Salvati EA:** *Dislodgment of polyethylene liners in first and second generation Harris-Galante acetabular components. A report of eighteen cases. J Bone Joint Surg, 83-A: 553-559, 2001.*
32. **Werle J Goodman S, Schurman D and Lannin J:** *Polyethylene liner dissociation in Harris-Galante acetabular components: A report of 7 cases. J Arthroplasty, 17: 78-81, 2002.*
33. **Williams VG 2nd, Whiteside LA, White SE and McCarthy DS:** *Fixation of ultrahigh-molecular-weight polyethylene liners to metal-backed acetabular cups. J Arthroplasty, 12: 25-31, 1997.*
34. **Yoo MC, Cho YJ, Kim KT, Kim KI, Park JY and Hwang DW:** *Dissociation of the polyethylene liner from the acetabular metal shell. J Korean Hip Soc, 12: 92-101, 2000.*
35. **Zhu M, Christie MJ and Spengler DM:** *Micromotion of acetabular polyethylene liner in metal shell, presented at the 20th annual meeting of the society for Biomaterials, Boston, MA, 1994.*
36. **Zimmer, Inc:** *Prosthetic implants. Manual instrument and speciality orthopaedic products guide, Warsaw IN, Vola: A92, 1998.*