

Revision Total Hip Arthroplasty of an Acetabular Cup with Acetabular Bone Defects

Kyu Tae Hwang, MD, Young Ho Kim, MD

Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine, Hanyang University, Seoul, Korea

Recently, the incidence of revision total hip arthroplasty (THA) has increased following primary THA. Bone stock deficiency presents the major challenge in acetabular reconstruction during revision hip arthroplasty. The reasons for such acetabular defects include osteolysis, bone resorption following cup loosening, iatrogenic damage resulting from cup or cement removal during revision THA, and cup migration. The pre-operative assessment of acetabular bone stock, including the amount and location of pelvic osteolysis before revision surgery, is a critical preoperative preparation for the treatment of bone deficiency. In cases with mild acetabular defects, a variety of surgical options are available for treating. However, in cases with severe segmental, cavitary, or combined acetabular defects, controversies have existed so far about the most optimal treatment.

Thereby, we tend to introduce the most commonly-adopted classification system of acetabular defects and management options using high hip center cups, oblong cups, structural allografts, morselized allografts with bipolar cups, morselized allografts with cementless cups, morselized allografts with acetabular reinforcement devices, and revisions with trabecular metal augmentations.

Key Words: Acetabular bone defect, Acetabular cup, Revision total hip arthroplasty

서 론

일차성 인공 고관절 치환술의 시행이 증가되고, 치환술 후 시간이 지남에 따라 골용해와 삽입물의 해리 등이 발생하므로 최근 급격하게 인공 고관절 재치환술의 빈도가 증가하고 있다. 이에 따라 결손된 비구 재건술의 빈도도 증가되고 있다. 비구 결손의 발생 원인은 대개 일차 인공 고관절 전치환술 후 발생한 골용해(osteolysis), 비구컵 해리(loosening)에 의한 골흡수, 비구컵 또는 골시멘트 제거시 비구 골조직의 손상, 비구컵의 전위(migration) 등이 있다. 이러한 비구부의 골결손의 재치환술시 비구컵의 안

정적 고정, 고관절의 해부학적 회전 중심(hip center)의 회복, 양하지 부동의 회복 등을 얻어야 성공적 재건술이 될 수 있다. 비구 결손이 경미한 경우에는 어떠한 방법을 사용하여도 이러한 조건을 충족시키기에 큰 문제가 없지만 비구 결손이 심한 경우에는 여러 가지 기술적 어려움이 따른다. 특히 비구 재치환술 시 가장 문제가 되는 심한 분절형(segmental) 골결손, 공동형(cavitary) 골결손, 복합형(combined) 골결손 등의 경우에는 결손이 매우 크므로 적절한 비구 재건 방법에 대해 아직까지 논란이 많은 실정이다. 이에 지금까지 가장 많이 사용되고 있는 비구 결손의 분류법을 소개하고, 비구 결손 재건술 시 사용되는 비구컵 상방 전위 삽입, 편심 비구컵의 사용, 구조성 동종골 이식, 동종 파쇄골(morselized allogenic bone) 이식 후 이극성 반치환술, 동종 파쇄골 이식 후 무시멘트 비구컵의 사용, 동종 파쇄골 이식 후 시멘트 비구컵의 사용, 동종 파쇄골 이식 후 비구컵 보강 기기의 사용 및 망상 금속 보충물을 이용한 재건술 등에 대해서 알아보고자 한다.

Submitted: July 23, 2011

1st revision: September 15, 2011

2nd revision: October 14, 2011

3rd revision: October 23, 2011

Final acceptance: October 27, 2011

• Address reprint request to **Young Ho Kim, MD**

Department of Orthopaedic Surgery, Hanyang University Guri Hospital, 249-1 Gyeomun-dong, Guri 471-701, Korea

TEL: +82-31-560-2316 FAX: +82-31-557-8781

E-mail: kimyh1@hanyang.ac.kr

Copyright © 2011 by Korean Hip Society

비구 결손의 분류

비구골 골주(bone stock)의 상태 및 비구골 결손의 정확한 분류는 비구 재건술 시행 전 수술 방법의 결정에 매우 중요하며 고관절부의 전후방, 측면, 사면(Judet) 단순 방사선 촬영 및 CT 등을 이용하여 분류한다. 가장 많이 사용되는 분류로는 AAOS에서 채택된 D' Antonio의 분류¹⁾와 Paprosky의 분류²⁾ 등이 있다(Table 1, 2).

비구 결손의 재건 방법

1. 비구컵의 상방 전위 삽입(High hip center)

비구컵의 상방 전위는 눈물 방울선(teardrop line)으로부터 대퇴 골두 중심까지의 평균 수직 거리를 기준으로 하

며 Yoder 등³⁾은 30 mm 이상, Russotti와 Harris⁴⁾은 43 mm, Schutzer와 Harris⁵⁾은 42 mm, Kelley⁶⁾은 37 mm, Dearborn⁷⁾은 35 mm 이상인 경우라고 하였다. 이를 종합하면 상방 전위는 평균 수직 거리가 25~31 mm로서 정상에서의 수직 거리인 12 mm보다 2배 이상인 경우로 정의할 수 있다.

광범위한 비구 골 결손이 있을 경우, 특히 후지주 부위에 골결손이 심할 경우, 결손된 비구 상단부에 비구컵을 삽입하는 방법으로 수술이 쉽고, 살아있는 숙주골에 비구컵을 삽입할 수 있는 장점이 있으나 비구 상방 1/2인치 이내에서 골주가 매우 좁아지기 때문에 비구컵의 전후방 지지를 얻기 어렵고 작은 비구컵을 사용함으로써 비구 라이너를 폴리에틸렌으로 사용할 경우, 두께가 얇아져 마모 및 실패가 오기 쉬우며 재수술시 골 결손이 더욱 많이 생기고 고관절을 굴곡 및 신전 상태에서 회전시킬 때 전후방 골주에 충돌되어 탈구가 될 수 있는 단점이 있어 가능한 고관절 중심을 해부학적 위치에 재건하는 것이 바람직하다고 많은 저자들이 동의하고 있다. 그러나 Russotti와 Harris⁴⁾는 발달성 비구 이형성증이나 인공 고관절 재치환술의 시행함에 있어서 심한 비구골 결손시 비구컵과 숙주골의 직접 접촉을 얻으며 해부학적 위치에 삽입하는 것이 불가능하다고 보고하였다. 또한 Doehring 등⁸⁾은 생역학적 연구에서 비구컵을 해부학적 위치보다 상외측에 삽입한 경우에는 고관절에 미치는 힘이 증가하지만 해부학적 위치보다 상방으로만 삽입한 경우에는 고관절에 미치는 힘이 증가하지 않으므로 비구컵을 해부학적 위치보다 상방으로만 삽입한 경우는 생역학적으로 받아들일 만하다고 보고하였다.

Table 1. The AAOS Classification System for Acetabular Deficiencies

Type	Defect
Type I	Segmental Deficiencies
IA	Peripheral: Superior, Anterior, Posterior
IB	Central (Medial Wall Absent)
Type II	Cavitary Deficiencies
IIA	Peripheral: Superior, Anterior, Posterior
IIB	Central (Medial Wall Absent)
Type III	Combined Segmental and Cavitary Deficiencies
Type IV	Pelvic Discontinuity
Type V	Arthrodesis

Table 2. The Paprosky's Classification System for Acetabular Deficiencies

Type	Defect
Type 1	Completely Supportive Rim without Bone Loss or Migration
Type 2	Distorted Hemisphere with Anterior and Posterior Columns Intact and Supportive <ul style="list-style-type: none"> • Migration less than 2 cm superomedially or laterally • Minimal Ischial Lysis • Minimal Teardrop Lysis
	2A Defect with Superomedial Migration
	2B Defect with Superolateral Migration
	2C Defect with Straight Medial Migration only
Type 3	<ul style="list-style-type: none"> • Superior Migration greater than 2 cm • Severe Medial and Ischial Lysis • Marked Bone Loss of Supportive Acetabular Rim
	3A <ul style="list-style-type: none"> • Köhler's Line Intact • 30% to 60% of the Component Contact with Support Allograft
	3B <ul style="list-style-type: none"> • Köhler's Line Loss • More than 60% of the Component Contact with Support Allograft

비구컵의 상방 삽입은 고관절 중심을 해부학적 위치에 복원하지 못하여 다리 길이의 단축, 외전근 약화, 이로 인한 탈구의 가능성이 높아질 수 있으므로 첫째, 작은 크기의 비구컵이 필요하며, 둘째, 하지 단축의 해결 방법으로 장골두(femoral head with long neck) 또는 대퇴거형(calcar type)의 대퇴 삽입물이 필요하고, 셋째, 적절한 외전근 장력을 유지하기 위해 대전자부의 절골술과 원위부 전이를 시행하여야 하고, 넷째, 고관절 굴곡 및 내회전시 비구의 전방 골주에 발생하는 충돌을 방지하기 위해 대퇴 직근 이완술 및 전하 장골 극 절제술이 필요하고, 신전 및 외회전시 비구의 후방 골주에 발생하는 충돌을 방지하기 위해 좌골의 절제가 필요할 수 있다는 단점이 있다.⁴⁾

비구컵 상방 전위 삽입술을 시행한 경우, Yoder 등³⁾은 7.5년 추시상 23%의 비구컵 해리율과 50%의 대퇴 삽입물 해리율을 보고하였으며, Russotti와 Harris⁴⁾는 11년 추시상 16%의 비구컵 해리율과 21%의 대퇴 삽입물 해리율을 보고하였고, Schutzer와 Harris⁵⁾는 3년 추시상 비구컵 해리는 없었다고 보고하였으며 Kelley⁶⁾는 3년 추시상 5%의 비구컵 해리율과 25%의 대퇴 삽입물 해리율을 보고하였고, Dearborn과 Harris⁷⁾는 10.4년 추시상 4~6%의 비구컵 해리율과 57%의 대퇴 삽입물 해리율을 나타내었다. 방사선학적 결과, 비구컵 상방 삽입 후 비구컵의 생존율은 비교적 양호하였으나 대퇴 삽입물은 높은 해리율을 나타내었다. 이는 하지 길이를 회복하기 위한 장골두의 사용으로 지렛대 거리가 증가했기 때문으로 생각된다.

2. 편심 비구컵(Oblong or bilobed shaped cup)

대부분 비구컵의 실패로 인한 비구 결손은 비구컵에 작용하는 힘의 축에 따라 이동하게 되며 이로 인하여 전후 결손보다 장축의 결손이 큰 타원형, 즉 두 개의 반구가 겹친 형태의 결손 형태를 보인다. 이러한 경우 골 결손을 반구형으로 만들기 위해서는 장축의 결손이 비구 전후의 결손보다 작아야 하며, 비구의 전후 또는 후주의 손상을 줄 수 있으므로 타원형의 비구 결손시 편심 비구컵이 사용될 수 있다.

편심 비구컵의 적응증으로는 AAOS 비구 결손 분류 제 III형에 해당하는 분절형 및 공동형 복합 결손(combined segmental and cavitory defects)에 사용되며 특히 전후 결손보다 장축의 결손이 큰 골결손에서 사용된다. 또한 반구형 컵을 사용하여 재건을 할 수 없는 경우나 상방으로 전위된 고관절 중심을 교정할 때 적응이 될 수 있다. 하지만 수술 시 특수 제작된 형태의 확공기를 사용하는 등의 기술적인 어려움 등으로 일상적인 사용은 권유되지 않는다. 또한 컵의 형태를 맞추기 위해 숙주골의 희생이 필요하다는 점에도 그 한계성이 있다.

편심성 비구컵에 대한 임상적 결과는 1996년

Sutherland^{9,10)}가 처음 보고하였으나 그 결과는 좋지 못하였다. 이후 Köster 등¹¹⁾은 102예의 편심 비구컵 치환술 후 8년 생존 분석 결과 98.1%의 생존율을 보고하였으며, Civini 등¹²⁾은 평균 7.2년 추시 결과, 방사선학적으로 1.9%의 비구컵 해리율을 보고하여 종축의 큰 비구 결손이 있는 경우 양호한 결과를 보고한 바 있다. 그러나 Chen 등¹³⁾은 평균 41개월 추시상 24%의 비구컵 해리율을 보고하면서 비구 내측부 골결손을 동반한 2 cm 이상의 광범위한 비구 상벽골 결손 시 편심 비구컵의 사용은 적절하지 못하다고 하였다.

결론적으로 편심 비구컵은 숙주골의 bone stock을 회복하지 못한다는 단점이 있어 일반적인 사용은 권장되지 않으며 반구형 컵을 사용할 수 없는 경우나 상방 전위된 고관절의 해부학적 중심을 교정하여야 할 때, 비구컵이 2 cm 이상 상방 이동하였지만 비구 내측벽이 남아 있을 경우 적응이 될 수 있겠다.

3. 구조성 동종골 이식(Bulk structural graft)

구조성 동종골 이식은 양, 크기, 모양의 제한이 없고 비구의 해부학적 형태를 복원할 수 있으며 비구컵을 구조적으로 지지할 수 있는 장점이 있다. 초기에는 우수한 결과들이 보고되었으나 이식골의 흡수와 붕괴, 감염, 골내성장(bone ingrowth) 미약 등의 문제점이 발생하였으며, 시간이 지남에 따라 동종 이식골의 흡수에 따른 비구컵의 이동과 해리 등이 증가하여 좋지 않은 결과들도 보고되었다¹⁴⁻¹⁶⁾. 일반적으로 비구 결손이 크지 않고 비구의 내벽이나 지주골이 비구컵의 지지에 문제가 없는 공동성 결손(cavitory defect)에서는 파쇄골(morselized bone)을 이용한 비구 재건술이 좋은 결과를 내는 것으로 보고되고 있다^{17,18)}. 그러나 골 결손이 심한 분절 결손(segmental defect), 특히 비구 가장 자리의 결손이 커서 비구컵의 지지와 안정성에 문제가 있는 경우나 비구 내벽의 큰 결손을 동반한 경우에는 구조성 동종골 이식 없이 비구컵의 안정성을 획득할 수 없다. 따라서 구조성 동종골 이식의 일반적인 적응증은 주로 AAOS 분류 제 I, III, IV형 또는 Paprosky 분류 제 3형과 같은 심한 골 결손이 있는 경우이다(Fig. 1).

구조성 동종골 이식술 후 결과는 다양하게 보고되고 있다. Rozkydal 등¹⁹⁾은 구조성 자가골 이식 후 10년 추시 결과, 11.8%의 비구컵 해리가 있었으나 모두 임상적으로 양호하였음을 보고하였으며, Spanghel 등²⁰⁾은 구조성 자가골 이식 후 12년 추시 결과 2.3%의 비구컵 해리율을 보고하였다. 또한 Sporer 등²¹⁾은 구조성 동종골 이식 후 10.3년 추시 결과, 21.7%의 비구컵 해리가 나타났으나 모든 이식골은 유합되었다고 보고하여, 많은 보고들에서 구조성 동종골 이식 후 만족스러운 재건 결과를 나타내었다.

그러나 구조성 동종골 이식 후 초기에는 결과가 양호하나 장기 추시 결과 이식골의 흡수와 이에 따른 비구컵의 이동과 해리 등에 의한 실패율이 높아, Kwong 등¹⁵⁾은 구조성 동종골 이식 후 시멘트형 비구컵 사용 후 10년 추시상 47%의 비구컵 해리를 보고하였으며, Mulroy와 Harris¹⁶⁾는 시멘트 컵 삽입 후 12년 추시상 46%, Shinar와 Harris²²⁾는 시멘트 컵 사용 후 16.5년 추시상 62%의 비구컵 해리율을 보고하여 불량한 결과를 나타내었다. 이는 술자에 따른 적응증의 차이, 골 결손 정도의 차이, 이식골의 고정 방법 및 비구 컵의 종류에 따른 것으로 생각된다.

일반적으로 비구골의 손상 정도가 심해 비구컵을 고정하는데 이식골의 비율이 높으면 실패율이 높다고 알려져 있으며 동종골 이식 후 골유합 기간에 대해 Trancik 등²³⁾은 평균 11.8개월, Gross 등²⁴⁾은 평균 17개월에서 유합이 관찰된다고 보고하였다.

구조성 동종골 이식술시 고려해야 하는 사항은, 1) 양질의 신선 동결(fresh frozen) 이식골을 선택하는 것이 바람직하고, 2) 하나의 큰 구조성 동종골을 사용하는 것이 안정성과 고정력의 향상에 도움이 되고, 3) 내고정시 이식골의 골소주 방향과 나사못의 삽입 방향이 체중부하 골소주 방향과 일치하게 하는 것이 좋으며, 4) 골유합 및 재형성이 일어날 때까지 체중 및 전단력이 이식골에 가해지지 않도록 하여야 한다²⁵⁾.

4. 파쇄골 이식 후 양극성 비구컵의 사용 (Bipolar cup with chip bone graft)

양극성 비구컵의 사용은 심한 비구 결손시 단계적인 비구 재건을 하는 방법이다. 즉 한번의 수술을 통하여 비구 재건술을 완성하는 것이 아니고, 이식골과 숙주골의 골유합이 이루어진 후 골주(bone stock)를 회복시켜 이차적으로 비구컵을 고정하는 방법이다.

적응증은 AAOS 제 I, II, III형 또는 Paprosky 제 1, 2, 3형이며 AAOS 제 IV형에서는 사용할 수 없는 것으로 알려져 있다. 숙주의 비구골과 비구컵의 접촉면이 50% 이상이고 나사못으로 비구컵의 견고한 고정을 얻을 수 있는 경우에는 파쇄골 이식 후 무시멘트 포말형 비구컵을 고정하는 방법이 일반적으로 사용되며, 비구컵의 견고한 고정을 얻을 수 없으면 대체 방법으로 양극성 비구컵을 사용해 볼 수 있다²⁶⁻²⁸⁾. 수술 시 주의해야 할 점은 비구연을 과확공(over-reaming)하여 양극성 비구컵이 비교적 건강하고 안정된 숙주골에 안착되도록 해야한다. 또한 비구의 내상벽에 결손이 심한 경우에는 충분한 동종골 이식을 통하여 술 후 양극성 비구컵의 내측 전위를 방지하는 것이 중요하다(Fig. 2).

방사선학적 결과에서 McFarland 등²⁹⁾은 1.3년 추시상 대부분 비구컵 주위 골용해가 나타났으나 83%에서 임상적 호전을 보였고, Papagelopoulos 등²⁸⁾은 3~8년 추시상 85%에서 비구컵 주위 골용해를 보여 불량한 결과를 나타내었으나 55%의 임상적 호전을 보여 방사선학적 결과에

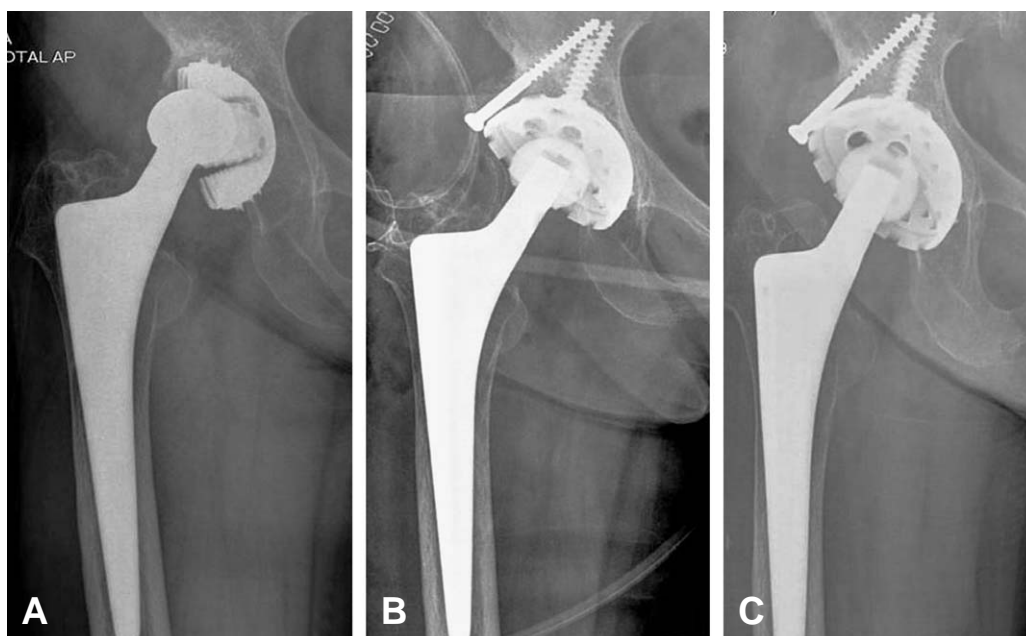


Fig. 1. (A) Preoperative radiograph showed severe acetabular osteolysis and cup loosening. (B) Postoperative radiograph showed allogeneous structural bone graft with one screw. (C) Postoperative radiograph at 6 years showed incorporated graft bone and stable fixation of cup.

비해 임상적 결과는 양호하다고 보고하였다. 또한 Takatori 등³⁰⁾도 평균 7년 추시상 40%에서 10 mm 이상의 내측 전위가 발생하였으므로 양극성 비구컵을 제한적으로 사용할 것을 주장하였다.

5. 파쇄골 이식 후 무시멘트 비구컵의 사용 (Uncemented cup with chip bone graft)

비구컵 재치환술시 가장 널리 사용되는 방법으로 해부학적 고관절 중심을 복원하기 용이하며 이식골의 유합이 잘 이루어지는 것으로 보고되고 있다. 숙주골은 이식골에 결합(incorporation)의 토대 및 재생을 위한 혈액과 골세포를 제공하고 이식골은 숙주골의 세포 활동을 자극하고 새로운 골형성을 위한 틀 구조로 작용한다. 이식골의 생존을 위해서는 숙주골에 결합되는 것이 일차적으로 중요하다. 이식골의 결합에 중요한 요소에는 이식골의 크기와 구조, 이식골과 숙주골의 접촉 면적과 견고한 고정, 숙주골의 혈액 순환, 이식골 내의 하중 부하 양상 등이 있다.

구조성 이식골(structural bone graft)은 내부가 죽어 있는 상태이며 표면이 고밀도라 혈관이 잘 자라 들어 갈 수 없고 따라서 표면의 숙주골과의 접촉면에서만 혈관 재형성이 되어 골유합이 일어나기 때문에 골유합 후에도 이식골의 흡수나 피로 골절 등이 많이 발생한다. 반면 파쇄골 이식(morselized bone graft)은 구조성 이식골에 비해 혈관이 이식골 사이로 더 잘 자라 들어 갈 수 있고 치밀한 밀착(impaction)을 통해 더 균질한 결합을 획득 할 수 있

으며 결과적으로 높은 역학적 강도를 유지하면서 신생골 침착을 빨리 얻을 수 있다.

무시멘트 비구컵을 사용하려면 최대한 건강한 숙주골과의 접촉이 이루어지도록 하는 것이 중요하다. 무시멘트 비구컵과 접촉되는 건강한 숙주골의 범위에 대해서는 아직 논란이 있으나 대체적으로 공동 결손(cavitary defect)이 있는 경우는 건강한 숙주골과 최소 50% 이상 접촉되어야 하며 충분한 길이의 나사못을 여러 방향으로 삽입하여 컵을 고정하는 것이 바람직하다. 변연부 결손(segmental defect)이 있는 경우에는 무시멘트 비구컵이 숙주골과 최소 70% 이상 접촉되어야 좋은 것으로 알려져 있다^{2,31,32)}.

적응증으로는 AAOS 제 I, II, III형 또는 Paprosky 제 1, 2, 3형이며 Paget 병이나 비구골 괴사와 같은 대사성 골질환이 있는 경우나 골 종양이 있는 경우와 AAOS 제 IV형에서는 사용할 수 없는 것으로 알려져 있다^{1,2,31)}. 수술 시에는 후주(posterior column)의 보존 여부가 수술 성공 여부에 영향을 미친다. 그리고 파쇄 골편을 강하게 압박 밀착(impaction) 하는 것도 중요하며 숙주골에 남아 있는 비구연(acetabular rim) 및 비구저(acetabular floor)에 비구컵을 안착하여 일차적 안정성을 얻는 것이 필요하다. 수술시 최종 확공 크기보다 지름이 2 mm 큰 비구컵을 삽입하면 추가적인 안정성을 얻을 수 있고 2~3개 정도의 추가 나사못을 고정할 수 있다(Fig. 3).

무시멘트 비구컵을 사용한 경우 시멘트컵을 사용한 경우보다 양호한 중장기적 결과들이 보고되고 있으며, Silverton 등³³⁾은 8.3년 추시상 7%의 방사선학적 실패율

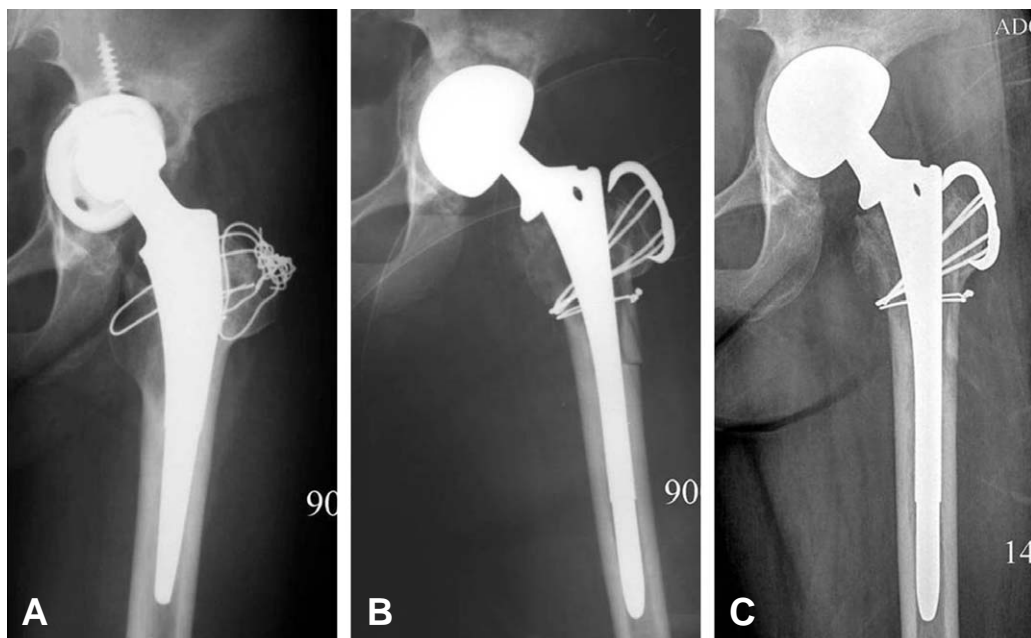


Fig. 2. (A) Preoperative radiograph showed severe acetabular osteolysis and cup loosening with polyethylene wear. (B) Revision surgery was performed using bipolar cup with allogeneous morselized bone graft. (C) Postoperative radiograph at 5 years showed incorporation of grafted bone and stable fixation of femoral stem.

을 보고하였고, Sun 등³⁴⁾은 평균 8.2년 추시상 방사선허학적 으로 24.6%의 골용해가 있었으나 92.1%의 생존율을 보고 하였다. Leopold 등³⁵⁾도 10.5년 추시상 98%의 생존율과 1.8%의 비감염성 비구컵 해리를 보고하였고, Rosenberg³⁶⁾는 138예의 재치환술 후 평균 11년 추시 결과, 생존율이 84%이었으며 해리에 의한 재치환술은 없었다고 하였다. Paprosky 등²⁾도 결손부에 파쇄골 이식과 함께 비구보다 약간 큰 무시멘트 반구형 포말형 컵을 사용하여 성공적인 결과를 보고하였다.

6. 파쇄골 이식 후 시멘트 비구컵의 사용 (Cemented cup with chip bone graft)

최근에는 인공 고관절 비구컵 재치환술에 있어서 무시멘트 컵이 시멘트 컵보다 선호되고 있으며 임상적 결과도 시멘트 비구컵에 비해 좋은 것으로 보고되고 있다. 그러나 비구 결손이 심한 경우, 시멘트를 사용해야 하거나 시멘트의 사용이 더 선호되는 경우도 있으며, 시멘트를 사용해야 하는 경우 더욱 심한 골 결손을 동반하는 경우가 많으므로 일률적인 비교에는 무리가 있다. 현재까지 알려진 시멘트 비구컵의 장점으로서는 첫째, 폴리에틸렌의 마모가 적고 둘째, 이식골의 만족할 만한 골유합으로 골주(bone stock) 회복이 용이하며 셋째, 파쇄 이식골과 시멘트 사이에 안정적 상호 감입 결합(interdigitation)의 획득 등이 있다.

적응증으로는 AAOS 제 I, II, III형 또는 Paprosky 제 1, 2, 3형이며, AAOS 제 IV형에서는 바람직한 적응증이 아니다. 수술 시 고려해야 할 사항으로는 첫째, 심한 분절

결손이 있는 경우에는 금속 체(metal mesh)로 보강하여 공동 결손(cavitary defect)으로 만든다. 둘째, 0.027~0.125 cm³ 크기의 파쇄골을 공동 결손 부위에 이식하고 압박 밀착 시킨 후 폴리에틸렌 비구컵을 고정한다.

방사선 및 임상적으로 매우 다양한 결과들이 보고되고 있다. 비구컵의 무균성 해리만을 고려한 Callaghan³⁷⁾, Raut³⁸⁾, Sloof³⁹⁾의 보고에서는 4~6%의 낮은 재치환율을 나타내며, Buttaro 등⁴⁰⁾은 23예의 고관절을 대상으로 3년 추시 결과 90%의 성공률을 보고하였다. Comba 등⁴¹⁾도 142예의 4년 추시 결과 96%의 좋은 결과를 보고하였으며 Schreurs 등⁴²⁾은 평균 12년 추시상 약 85%의 생존율을 보고하여 재치환술시 시멘트 비구컵이 선택 가능한 술식임을 주장하였다. 그러나 Jasty와 Harris⁴³⁾는 6년 추시상 75%의 실패율을 보고하였으며 Peliici⁴⁴⁾, Kavanagh⁴⁵⁾, Marti⁴⁶⁾, Raut 등⁴⁷⁾도 만족스럽지 못한 결과를 보고한 바 있다. 이는 비구컵의 무균성 해리 외에 다른 실패 원인들도 포함되었기 때문으로 생각되며 비구컵의 무균성 해리의 관점에서만 생각하면 시멘트 비구컵을 이용한 비구 재건술도 좋은 방법의 하나로 고려될 수 있다.

7. 파쇄골 이식 후 비구컵 보강 기기의 사용 (Acetabular reinforcement devices with chip bone graft)

비구컵 보강 기기는 비구 결손이 심한 경우 골 결손부에서 교량 역할을 하고 이식된 골이 성숙할 때까지 보호하며, 골반의 골주를 강화시키고 폴리에틸렌 컵을 지지함으로 해부학적인 고관절의 회전 중심을 유지하기 위해서 사

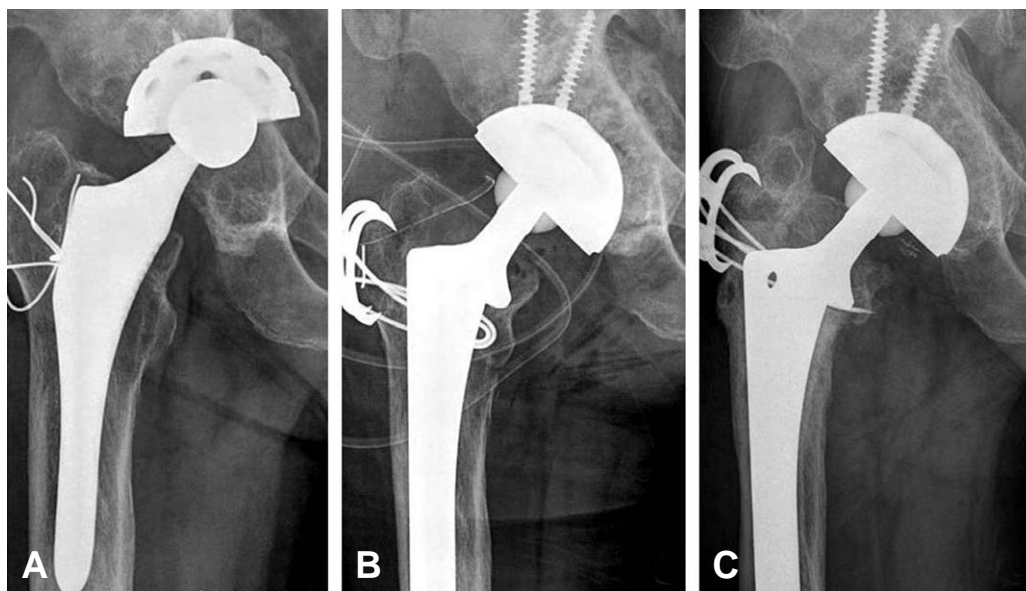


Fig. 3. (A) Preoperative radiograph showed severe acetabular osteolysis and cup loosening. (B) Postoperative radiograph showed fixation of cementless cup with allogeneous morselized bone graft. (C) Postoperative radiograph at 7 years showed incorporated graft bone and stable fixation of cup.

용된다. 골다공증이 심한 경우, 공동 결손이 있거나 분절 결손이 비구의 상방 또는 전주 또는 후주에 있는 경우 그리고 비구의 내측벽에 경미한 결손이 있는 경우 사용할 수 있는 Müller 보강환(Müller support ring), 비구 내측벽 및 전방 및 후방 골주의 일부에 골 결손이 더욱 심한 경우 기가 하방의 갈고리(hook)를 폐쇄공(obturator foramen)에 걸어 비구의 중심에 위치하게 하는 Ganz ring with hook, Kerboul's cross plate, Link pelvic reinforcing ring, Graft augmentation prosthesis 등을 사용할 수 있다. 비구의 내측벽의 결손이 있는 경우와 전주 또는 후주 중 두 부분 이상의 심한 결손이 있는 분절 결손의 경우에는 Burch-Schneider 케이지(Burch-Schneider cage)와 항돌출 금속 케이지(antiprotrusion cage) 등을 사용할 수 있다.

일반적으로 AAOS 분류의 골결손이 심한 제 III형 및 IV형 또는 Paprosky 제 3B형까지 좋은 적응증이 될 수 있다. 공동 결손(cavitary deficiency)이나 독립된 주변부의 분절 결손(isolated peripheral segmental deficiency)인 경우는 비구 보강환(acetabular reinforcement ring)을 사용하고, 두 부위 이상의 공동 결손이나 복합 결손(combined deficiency) 또는 내측벽의 분절 결손이 있는 경우는 항돌출 금속 케이지를 사용하는 것이 좋은 적응증으로 알려져 있다(Fig. 4). Paprosky 등²⁹⁾은 제 3B형, 즉 좌좌골과 비구 내벽에 심한 골용해가 있고 비구컵의 상방 이동이 존재하는 경우, Gross 등⁴⁸⁾은 AAOS 분류상 제 III형, 즉 비구의 50% 이상을 침범하는 분절 결손이 있는 경우에 지주골 이식과 함께 케이지의 사용을 권장하였다.

방사선학적 결과에서 Zehntner와 Ganz²⁵⁾은 비구 보강환을 사용하여 7.2년 추시 상 44%의 비구컵 해리율을 보고하였으며, Gill 등⁴⁹⁾은 갈고리 비구 보강환(acetabular reinforcement ring with hook)를 사용하여 6.7년 추시 상 12%, Berry와 Müller⁵⁰⁾은 항돌출 금속 케이지를 사용

하여 5년 추시상 12%, Gill 등⁵¹⁾은 케이지를 사용하여 8.5년 추시상 6.3%의 비구컵 해리율을 보고하여 무시멘트 비구컵보다 비교적 불량한 결과를 나타내었다. 특히 비구 보강환이 갈고리 비구 보강환이나 케이지에 비하여 불량한 결과를 나타내었는데 이는 비구 보강환이 하방 부위, 즉 좌좌골을 지지할 수 있는 하방 갈고리나 flange가 없어 안정성이 떨어지기 때문으로 생각된다. Haentjens 등⁵²⁾도 Müller 보강환을 사용한 비구 재건술의 결과를 보고하면서 Müller 보강환은 내측 비구면(medial acetabular floor), 전방 장치골 주(anterior iliopubic pillar), 후방 장치골 주(posterior ilioischial pillar) 중 두 부분 이상의 혼합 분절 결손이 존재하는 경우 충분한 고정을 얻기 어려우므로 사용을 피해야 한다고 하였다. 하지만 비구컵 보강 기기와 무시멘트 비구컵의 방사선학적 해리 기준이 다르므로 두 방법 간의 결과 비교에는 어려움이 남아 있다. 한편 Winter 등⁵³⁾은 심한 비구골 결손을 동반한 38명의 환자를 1 cm³ 크기의 파쇄 동종골 이식술(morselized allograft)과 함께 Burch-Schneider 케이지를 이용한 고관절 재치환술 후 평균 7.3년 추시 결과, 모든 예에



Fig. 5. Trabecular metal augmentation system.

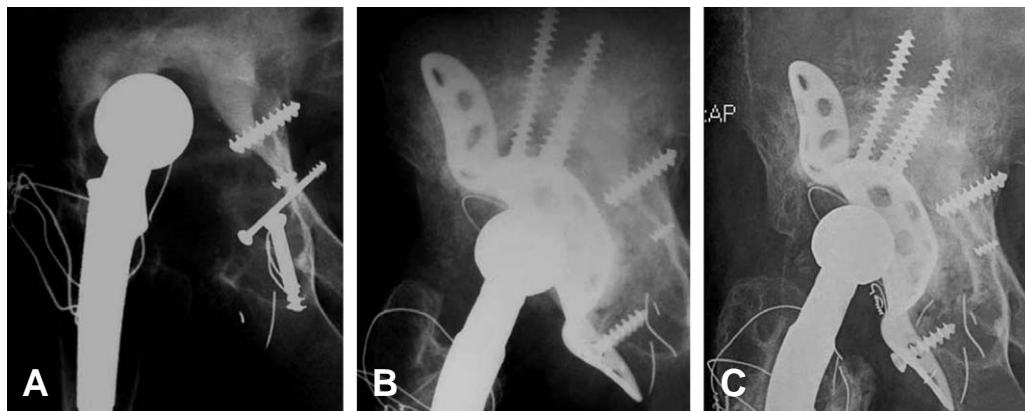


Fig. 4. (A) Preoperative radiograph showed severe acetabular osteolysis and cup loosening. (B) Revision arthroplasty was performed using anti-protrusion cage with morselized bone graft. (C) Postoperative radiograph at 9 years showed incorporated graft bone and stable fixation of cup.

서 이식골과 숙주골의 골유합을 얻었으며 방사선학적으로 비구컵 보강 기기의 이동이나 해리를 보이지 않았다고 보고하였다. 이에 대한 이유로 Burch-Schneider 케이지는 상방과 하방의 flange를 가지고 있어 각각 장골과 좌골에 고정할 수 있고 삽입물과 골반골과의 접촉 면적을 크게 하여 하중을 넓은 부위에 분포시킬 수 있으며 견고한 나사못 고정으로 삽입물의 이동을 방지할 수 있기 때문으로 설명하고 있다. Gross 등⁴⁸⁾은 비구 컵을 50%이상 침범한 분절 결손에서 지주골 이식과 함께 Burch-Schneider 케이지를 사용한 후 평균 7년 추시 관찰 결과 76%의 성공률을 얻었다고 하였다. Berry 등⁵⁰⁾도 AAOS 분류 IV형 결손에 대하여 Burch-Schneider 케이지를 사용한 재건술 후 11년의 장기 추사에서 76%의 성공률을 보고하였다. 즉 심한 복합 결손이 있는 경우에도 지주골 이식과 함께 충분한 파쇄골 이식을 시행하고 안정성이 우수한 비구 보강환(케이지)을 사용하면 양호한 결과를 얻을 수 있음을 시사하였다.

8. 망상 금속 보충물을 이용한 재치환술

(Revision with trabecular metal augmentation)

망상 금속 보충물은 재치환술시 골용해로 인해 숙주골과의 접촉 면적이 적을 경우 삽입하여 기계적 고정이 아닌 생물학적 고정을 위해 고안되었다. 골 결손 부위를 tantalum 금속으로 보충하여 골내성장이 일어나게 하는 방법으로, 구조성 동종골 이식 대신에 사용하는 방법이다. Tantalum은 높은 체적 다공성(high volumetric porosity) 및 낮은 탄성율(low modulus of elasticity)의 특성을 갖고 있으며 매우 높은 마찰계수(coefficient of friction)를 가지고 있어 초기 삽입물의 안정성을 확보할 수 있다⁵⁴⁾(Fig. 5). 또한 수술이 쉽고 빠르며, 골이식후 발생할 수 있는 흡수가 없으며 골내성장으로 생물학적 고정을 얻을 수 있는 장점을 가지고 있다.

적응증은 주로 Paprosky 제 3형 비구결손에 사용되며, 비구 상방에 심한 결손이 있고 숙주골과의 접촉면이 50% 이하인 제 3A형 결손이나 골반 불연속(pelvic discontinuity)이 동반된 제 3B형의 결손에 사용할 수 있다.

Siegmeth 등⁵⁵⁾은 망상 금속 보충물과 망상 금속 비구컵을 이용하여 34예의 재치환술 후 2년 이상 추시 결과, 32예는 안정 고정과 함께 더 이상의 수술은 필요치 않았으며 2예에서만 재재치환술을 시행하였다고 보고하였다. 다른 저자들도 이와 비슷한 결과를 보고한 바 있으며 숙주골과 비구컵의 접촉 면적이 적고 견고한 나사못 고정이 불가능한 경우 비구컵 주위로 골내성장을 얻기 위한 치료 방법 중의 하나라고 보고하였다^{56,57)}. Boscainos 등⁵⁸⁾은 14명의 재치환술 환자를 대상으로 망상 금속 비구컵-보강환(trabecular metal cup-cage)을 이용하여 32개월 이상 추시한 결과, 모든 예에서 삽입물의 안정적 고정을 얻을 수

있었고 탈구로 인한 2예에서만 재재치환술을 시행하였다고 보고하였다.

그러나 망상 금속 보충물에 대한 임상 결과가 단기 추시이고 불충분하므로 장기적인 안정성, 컵과 보충물 사이의 금속 마모 파편의 발생 여부, 피로 실패(fatigue failure), 재재치환술시 필요한 숙주골양 회복의 어려움 등에 대한 결과가 부족하여 더 많은 연구와 장기 추시가 필요하다.

결론

비구 재건술 시 성공적인 비구 재건술을 위해서는 술전 및 술중 비구 결손의 정확한 평가가 필요하며 비구 결손의 정도 및 분류에 따라 바람직한 비구 재건 방법을 선택해야 한다. 특히 술기가 비구 재건술의 결과에 큰 영향을 미치므로 섬세한 골 이식술과 일차적 안정성을 얻을 수 있는 비구컵의 고정이 무엇보다도 중요한 요소로 생각된다.

REFERENCES

1. D'Antonio JA. Periprosthetic bone loss of the acetabulum. Classification and management. *Orthop Clin North Am.* 1992;23:279-90.
2. Paprosky WG, Magnus RE. Principles of bone grafting in revision total hip arthroplasty. Acetabular technique. *Clin Orthop Relat Res.* 1994;298:147-55.
3. Yoder SA, Brand RA, Pedersen DR, O'Gorman TW. Total hip acetabular component position affects component loosening rates. *Clin Orthop Relat Res.* 1988;228:79-87.
4. Russotti GM, Harris WH. Proximal placement of the acetabular component in total hip arthroplasty. A long-term follow-up study. *J Bone Joint Surg Am.* 1991;73:587-92.
5. Schutzer SF, Harris WH. High placement of porous-coated acetabular components in complex total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 1994;9:359-67.
6. Kelley SS. High hip center in revision arthroplasty. *J Arthroplasty.* 1994;9:503-10.
7. Dearborn JT, Harris WH. High placement of an acetabular component inserted without cement in a revision total hip arthroplasty. Results after a mean of ten years. *J Bone Joint Surg Am.* 1999;81:469-80.
8. Doehring TC, Rubash HE, Shelley FJ, Schwendeman LJ, Donaldson TK, Navalgund YA. Effect of superior and superolateral relocations of the hip center on hip joint forces. An experimental and analytical analysis. *J Arthroplasty.* 1996;11:693-703.
9. Sutherland CJ. Early experience with eccentric acetabular components in revision total hip arthroplasty. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 1996;25:284-9.
10. Sutherland CJ. Treatment of type III acetabular deficiencies in revision total hip arthroplasty without structural bone-graft. *J Arthroplasty.* 1996;11:91-8.

11. Köster G, Willert HG, Köhler HP, Döpkens K. *An oblong revision cup for large acetabular defects: design rationale and two- to seven-year follow-up.* J Arthroplasty. 1998; 13:559-69.
12. Civinini R, Capone A, Carulli C, Villano M, Gusso MI. *Acetabular revisions using a cementless oblong cup: five to ten year results.* Int Orthop. 2008;32:189-93.
13. Chen WM, Engh CA Jr, Hopper RH Jr, McAuley JP, Engh CA. *Acetabular revision with use of a bilobed component inserted without cement in patients who have acetabular bone-stock deficiency.* J Bone Joint Surg Am. 2000;82: 197-206.
14. Hooten JP Jr, Engh CA Jr, Engh CA. *Failure of structural acetabular allografts in cementless revision hip arthroplasty.* J Bone Joint Surg Br. 1994;76:419-22.
15. Kwong LM, Jasty M, Harris WH. *High failure rate of bulk femoral head allografts in total hip acetabular reconstructions at 10 years.* J Arthroplasty. 1993;8:341-6.
16. Mulroy RD Jr, Harris WH. *Failure of acetabular autogenous grafts in total hip arthroplasty. Increasing incidence: a follow-up note.* J Bone Joint Surg Am. 1990;72:1536-40.
17. Dearborn JT, Harris WH. *Acetabular revision arthroplasty using so-called jumbo cementless components: an average 7-year follow-up study.* J Arthroplasty. 2000;15:8-15.
18. Leopold SS, Jacobs JJ, Rosenberg AG. *Cancellous allograft in revision total hip arthroplasty. A clinical review.* Clin Orthop Relat Res. 2000;371:86-97.
19. Rozkydal Z, Janicek P, Smid Z. *Total hip replacement with the CLS expansion shell and a structural femoral head autograft for patients with congenital hip disease.* J Bone Joint Surg Am. 2005;87:801-7.
20. Spangehl MJ, Berry DJ, Trousdale RT, Cabanela ME. *Uncemented acetabular components with bulk femoral head autograft for acetabular reconstruction in developmental dysplasia of the hip: results at five to twelve years.* J Bone Joint Surg Am. 2001;83:1484-9.
21. Sporer SM, O'Rourke M, Chong P, Paprosky WG. *The use of structural distal femoral allografts for acetabular reconstruction. Average ten-year follow-up.* J Bone Joint Surg Am. 2005;87:760-5.
22. Shinar AA, Harris WH. *Bulk structural autogenous grafts and allografts for reconstruction of the acetabulum in total hip arthroplasty. Sixteen-year-average follow-up.* J Bone Joint Surg Am. 1997;79:159-68.
23. Trancik TM, Stulberg BN, Wilde AH, Feiglin DH. *Allograft reconstruction of the acetabulum during revision total hip arthroplasty. Clinical, radiographic, and scintigraphic assessment of the results.* J Bone Joint Surg Am. 1986;68:527-33.
24. Gross AE, Allen G, Lavoie G. *Revision arthroplasty using allograft bone.* Instr Course Lect. 1993;42:363-80.
25. Zehntner MK, Ganz R. *Midterm results (5.5-10 years) of acetabular allograft reconstruction with the acetabular reinforcement ring during total hip revision.* J Arthroplasty. 1994;9:469-79.
26. Namba R, Scott RD. *Acetabular revision with the bipolar prosthesis and particulate bone grafting.* Semin Arthroplasty. 1993;4:87-91.
27. Oakeshott RD, Morgan DA, Zukor DJ, Rudan JF, Brooks PJ, Gross AE. *Revision total hip arthroplasty with osseous allograft reconstruction. A clinical and roentgenographic analysis.* Clin Orthop Relat Res. 1987;225:37-61.
28. Papagelopoulos PJ, Lewallen DG, Cabanela ME, McFarland EG, Wallrichs SL. *Acetabular reconstruction using bipolar endoprosthesis and bone grafting in patients with severe bone deficiency.* Clin Orthop Relat Res. 1995;314:170-84.
29. McFarland EG, Lewallen DG, Cabanela ME. *Use of bipolar endoprosthesis and bone grafting for acetabular reconstruction.* Clin Orthop Relat Res. 1991;268:128-39.
30. Takatori Y, Ninomiya S, Umeyama T, Yamamoto M, Moro T, Nakamura K. *Bipolar revision arthroplasty for failed threaded acetabular components: radiographic evaluation of cup migration.* J Orthop Sci. 2002;7:467-71.
31. Bal BS, Maurer T, Harris WH. *Revision of the acetabular component without cement after a previous acetabular reconstruction with use of a bulk femoral head graft in patients who had congenital dislocation or dysplasia. A follow-up note.* J Bone Joint Surg Am. 1999;81:1703-6.
32. Gross AE. *Revision arthroplasty of the acetabulum with restoration of bone stock.* Clin Orthop Relat Res. 1999; 369:198-207.
33. Silverton CD, Rosenberg AG, Sheinkop MB, Kull LR, Galante JO. *Revision total hip arthroplasty using a cementless acetabular component. Technique and results.* Clin Orthop Relat Res. 1995;319:201-8.
34. Sun C, Lian YY, Jin YH, Zhao CB, Pan SQ, Liu XF. *Clinical and radiographic assessment of cementless acetabular revision with morsellised allografts.* Int Orthop. 2009;33:1525-30.
35. Leopold SS, Rosenberg AG, Bhatt RD, Sheinkop MB, Quigley LR, Galante JO. *Cementless acetabular revision. Evaluation at an average of 10.5 years.* Clin Orthop Relat Res. 1999;369:179-86.
36. Rosenberg AG. *Cementless acetabular components: the gold standard for socket revision.* J Arthroplasty. 2003; 18:118-20.
37. Callaghan JJ, Salvati EA, Pellicci PM, Wilson PD Jr, Ranawat CS. *Results of revision for mechanical failure after cemented total hip replacement, 1979 to 1982. A two to five-year follow-up.* J Bone Joint Surg Am. 1985;67: 1074-85.
38. Raut VV, Siney PD, Wroblewski BM. *Cemented revision for aseptic acetabular loosening. A review of 387 hips.* J Bone Joint Surg Br. 1995;77:357-61.
39. Slooff TJ, Buma P, Schreurs BW, Schimmel JW, Huiskes R, Gardeniers J. *Acetabular and femoral reconstruction with impacted graft and cement.* Clin Orthop Relat Res. 1996;324:108-15.

40. Buttarro MA, Comba F, Pusso R, Piccaluga F. *Acetabular revision with metal mesh, impaction bone grafting, and a cemented cup.* Clin Orthop Relat Res. 2008;466:2482-90.
41. Comba F, Buttarro M, Pusso R, Piccaluga F. *Acetabular revision surgery with impacted bone allografts and cemented cups in patients younger than 55 years.* Int Orthop. 2009;33:611-6.
42. Schreurs BW, Luttjeboer J, Thien TM, et al. *Acetabular revision with impacted morselized cancellous bone graft and a cemented cup in patients with rheumatoid arthritis. A concise follow-up, at eight to nineteen years, of a previous report.* J Bone Joint Surg Am. 2009;91:646-51.
43. Jasty M, Harris WH. *Total hip reconstruction using frozen femoral head allografts in patients with acetabular bone loss.* Orthop Clin North Am. 1987;18:291-9.
44. Pellicci PM, Wilson PD Jr, Sledge CB, et al. *Long-term results of revision total hip replacement. A follow-up report.* J Bone Joint Surg Am. 1985;67:513-6.
45. Kavanagh BF, Ilstrup DM, Fitzgerald RH Jr. *Revision total hip arthroplasty.* J Bone Joint Surg Am. 1985;67:517-26.
46. Marti RK, Schüller HM, Besselaar PP, Vanfrank Haasnoot EL. *Results of revision of hip arthroplasty with cement. A five to fourteen-year follow-up study.* J Bone Joint Surg Am. 1990;72:346-54.
47. Raut VV, Siney PD, Wroblewski BM. *Revision of the acetabular component of a total hip arthroplasty with cement in young patients without rheumatoid arthritis.* J Bone Joint Surg Am. 1996;78:1853-6.
48. Gross AE, Duncan CP, Garbuz D, Mohamed EM. *Revision arthroplasty of the acetabulum in association with loss of bone stock.* Instr Course Lect. 1999;48:57-66.
49. Gill TJ, Sledge JB, Müller ME. *The Burch-Schneider anti-protrusio cage in revision total hip arthroplasty: indications, principles and long-term results.* J Bone Joint Surg Br. 1998;80:946-53.
50. Berry DJ, Müller ME. *Revision arthroplasty using an anti-protrusio cage for massive acetabular bone deficiency.* J Bone Joint Surg Br. 1992;74:711-5.
51. Gill TJ, Siebenrock K, Oberholzer R, Ganz R. *Acetabular reconstruction in developmental dysplasia of the hip: results of the acetabular reinforcement ring with hook.* J Arthroplasty. 1999;14:131-7.
52. Haentjens P, de Boeck H, Handelberg F, Casteleyn PP, Opdecam P. *Cemented acetabular reconstruction with the Müller support ring. A minimum five-year clinical and roentgenographic follow-up study.* Clin Orthop Relat Res. 1993;290:225-35.
53. Winter E, Piert M, Volkmann R, et al. *Allogeneic cancellous bone graft and a Burch-Schneider ring for acetabular reconstruction in revision hip arthroplasty.* J Bone Joint Surg Am. 2001;83:862-7.
54. Levine B, Della Valle CJ, Jacobs JJ. *Applications of porous tantalum in total hip arthroplasty.* J Am Acad Orthop Surg. 2006;14:646-55.
55. Siegmeth A, Duncan CP, Masri BA, Kim WY, Garbuz DS. *Modular tantalum augments for acetabular defects in revision hip arthroplasty.* Clin Orthop Relat Res. 2009;467:199-205.
56. Weeden SH, Schmidt RH. *The use of tantalum porous metal implants for Paprosky 3A and 3B defects.* J Arthroplasty. 2007;22:151-5.
57. Nehme A, Lewallen DG, Hanssen AD. *Modular porous metal augments for treatment of severe acetabular bone loss during revision hip arthroplasty.* Clin Orthop Relat Res. 2004;429:201-8.
58. Boscainos PJ, Kellett CF, Maury AC, Backstein D, Gross AE. *Management of periacetabular bone loss in revision hip arthroplasty.* Clin Orthop Relat Res. 2007;465:159-65.

국문초록

비구 결손을 동반한 인공 고관절 비구컵 재치환술

황규태 · 김영호

한양대학교 의과대학 정형외과학교실

일차성 인공 고관절 치환술의 시행이 증가됨에 따라 최근 인공 고관절 재치환술의 빈도도 증가하고 있다. 비구 주위 골결손은 비구컵 재치환술시 고려해야 하는 가장 큰 문제점 중의 하나이다. 비구골 결손의 발생 원인으로는 일차 인공 고관절 전치환술 후 발생한 골용해(osteolysis), 비구컵 해리(loosening)에 의한 골흡수, 비구컵 또는 골시멘트 제거시 비구 골조직의 손상, 비구컵의 전위(migration) 등이 있다. 비구 골결손은 술전에 양과 위치를 파악하여 결손부 처치에 대한 준비를 하여야 하며 비구 결손이 경미한 경우에는 어떠한 방법을 사용하여도 큰 문제가 없지만 비구 결손이 심한 분절형(segmental) 골결손, 공동형(cavitary) 골결손, 복합형(combined) 골결손 등의 경우에는 아직까지 비구 재건 방법에 대해 논란이 있다.

이에 지금까지 가장 많이 사용되고 있는 비구 결손의 분류법을 소개하고, 비구 결손 재건술 시 사용되는 비구컵 상방 전위 삽입, 편심 비구컵의 사용, 구조성 동종골 이식, 동종 파쇄골(morselized bone) 이식 후 이극성 반치환술, 동종 파쇄골 이식 후 무시멘트 비구컵의 사용, 동종 파쇄골 이식 후 시멘트 비구컵의 사용, 동종 파쇄골 이식 후 비구컵 보강 기기의 사용, 망상 금속 보충물을 이용한 재치환술 등에 대해서 알아보하고자 한다.

색인단어: 비구 결손, 비구컵, 인공 고관절 재치환술