

## Doujet GF 골 시멘트를 사용한 인공 슬관절치환술의 임상적, 방사선적 고찰

최성욱<sup>1</sup>, 윤성민<sup>1</sup>, 노조셉<sup>2</sup>, 손인석<sup>1</sup>

<sup>1</sup>제주대학교병원 정형외과, <sup>2</sup>닥터 존 정형외과의원

**Clinical and radiologic study of total knee replacement arthroplasty using Doujet GF bone cement (liquid-powder bone cement containing gentamicin)** by Sungwook Choi<sup>1</sup>, Seong-meon Yoon<sup>1</sup>, Joseph Y. Rho<sup>2</sup>, In-seok Son<sup>1</sup> (<sup>1</sup>Department of Orthopedic Surgery, Jeju National University Hospital, Jeju, Republic of Korea; <sup>2</sup>Doctor Zone Orthopaedics Clinic, Pohang, Republic of Korea)

**Abstract** Gentamicin-loaded bone cement used in total joint arthroplasty is indispensable, as it provides stability by directly binding the surfaces of implants and bones. Depending on multiple factors, including the material of the bone cement used, common complications, such as aseptic loosening, osteolysis, and infection can occur postoperatively. In clinical practice, Doujet bone cement is easy to handle (pre-packed all-in-one system), and has shown low failure rates and non-inferior results compared with similar available products. We conducted a retrospective comparative study to analyze the clinical and radiological results of each bone cement group to establish the safety and usefulness of Doujet bone cement. From July 2020 to July 2022, we enrolled 198 patients in this study after an average follow-up period of 37 months (range, 6–48 months). In 99 patients, Doujet<sup>®</sup> bone cement (Injecta, Gunpo, Korea) was used for total knee arthroplasty (TKA), while Refobacin<sup>®</sup> bone cement (Biomet, Warsaw, IN, USA) was used in 99 patients. The average range of motion (ROM) of the knee increased by 2.4° (from 127.0° preoperatively to 129.4° postoperatively) in the Doujet group, and by 0.1° (from 128.7° to 128.8°) in the Refobacin group ( $P=0.701$ ). The Western Ontario and McMaster Universities (WOMAC) osteoarthritis index scores decreased from 44.1 to 7.8 in the Doujet group, and from 44.2 to 6.3 in the Refobacin group ( $P=0.162$ ). Complications, such as osteolysis or post-operative wound infection, did not occur in more than two cases in both groups. The WOMAC and ROM of the knee in both groups had no clinical differences. Both Doujet and Refobacin similarly showed low complication rates after TKA.

**Key words:** Bone cements, Arthroplasty, replacement, knee, Postoperative complication

**Received:** December 15, 2022

**Revised:** February 16, 2023

**Accepted:** March 3, 2023

**Correspondence to**

In-seok Son

Department of Orthopaedic Surgery, Jeju National University Hospital, 15 Aran 13-gil, Jeju 63241, Republic of Korea

Tel: 82-64-717-1520

Fax: 82-64-717-2716

E-mail: wiselove@naver.com

## 서 론

최근 고령화 사회로 인한 평균 수명과 노인 인구 비율의 증가와 함께 비만 유병률이 증가하고 있고, 이로 인하여 슬관절골관절염의 빈도 역시 증가하고 있다.<sup>1</sup> 인공 슬관절치환술은 말기 슬관절골관절염 환자에서 통증 경감 및 기능 회복을 위한 가장 효과적인 치료법으로 평가받고 있다.<sup>2</sup> 특히 국내에서는 높은 의료접근성 및 낮은 환자 본인부담금, 건강보험 등의 기여로 인공 슬관절전치환술이 보편화됨에 따라, 그 빈도가 급속도로 증가하였다.<sup>3</sup>

하지만 인공 슬관절치환술 후 해리, 골 용해, 감염과 같은 합병증이 발생할 수 있으며, 특히 인공 슬관절치환술 부위에 발생하는 감염은 그 치료가 어렵고 많은 시간과 비용을 필요로 할 만큼 심각한 합병증을 야기할 수 있다.<sup>4</sup> 이를 막기 위해 골 시멘트에 항생제를 섞어 수술 부위 감염 발생률을 낮추거나 골 시멘트의 접착력과 점도를 향상시켜 해리 및 골 용해 발생률을 낮추기 위한 연구가 전 세계적으로 지속적인 발전을 하고 있다.<sup>5</sup>

본 연구에 사용된 Doujet 골 시멘트는 높은 굽힘 특성, 중간 압축 강도, 안정적인 항생제 방출을 특징으로 하는 중간 점도의 시멘트이다. 임상 연구에서 Doujet 골 시멘트는 일체형 진공 혼합 시스템으로 사용이 용이하고 실패율이 낮았으며, 시중 유사 제품에 비해 뒤쳐지지 않은 결과를 보였다.<sup>6</sup> 그러나 중점도와 고점도의 골 시멘트 성능을 비교하는 임상 연구는 없으며, 이러한 결과들에 대한 근거 중심 기반의 접근법에 관련된 비교 및 분석은 확립되지 않았다.<sup>7</sup> 따라서 Doujet 골 시멘트의 안전성과 유용성을 확립하기 위하여 타사 골 시멘트를 사용한 그룹과의 임상 및 방사선 결과를 비교 및 분석을 위한 후향적 비교 연구를 수행하였다.

## 대상 및 방법

본 연구는 제주대학교병원 연구윤리위원회의 인증을 받아 진행되었다(IRB No. 2020-04-002).

### 1. 연구 대상

본 연구는 2020년 7월부터 2022년 7월까지 제주대학교병원에 서 켈그렌-로렌스 등급 3 이상의 원발성 골관절염으로 슬관절전치환술을 시행받은 198명의 환자를 대상으로 하였다. 이들 중 99명은 수술 중 골 시멘트로 Doujet® 골 시멘트(Injecta, Gunpo, Korea)를 사용하였으며, 나머지 99명은 Refobacin® 골 시멘트(Biomet, Warsaw, IN, USA)를 사용하였다. 수술은 두 명의 술자가 시행하였으며, 시멘트의 선택은 무작위로 진행하였다. 수술 후 두 군을 후

향적으로 비교 분석하였다. 모든 환자는 수술 후 항생제를 사용하지 않았으며, 수술 후 2일째부터 일괄적으로 슬관절 continuous passive movement (CPM)를 이용하여 관절 운동 및 보행을 시작하였다. 환자의 평균 추시 기간은 37개월이었으며, 최소 추시 기간은 6개월이었다.

### 2. 임상적 평가 방법 및 방사선학적 분석

임상적 평가는 수술 후 환자 만족도에 대하여 수술 전, 수술 후 1개월, 3개월, 6개월, 1년 그리고 2년간 슬관절전치환술을 시행받은 환자의 신체 기능 측정을 위해 Bellamy가 개발한 Western Ontario and McMaster Universities (WOMAC) osteoarthritis index를 이용하여 평가하였다.

해당 수술 부위의 슬관절 가동 범위(range of motion, ROM)를 측정하기 위해서 최대 굴곡과 신전 정도를 관절각도기(goniometry)를 사용해 측정하였다. 또한 방사선학적 평가는 수술 후 기립 전후방 사진과 측면 사진을 촬영하여 미국 슬관절 학회의 roentgenographic 평가 및 점수 시스템을 사용하여 평가하였다(Fig. 1).

수술 합병증인 골 용해를 평가하기 위해 수술 전 후의 대퇴-경골 간 각의 변화를 측정하였으며, 치환물의 위치에 대하여 슬관절 전후면 사진에서 대퇴골 치환물의 외반각( $\alpha$ )과 경골 치환물의 내반각( $\beta$ )을 측정하였고, 측면 사진에서 대퇴골 치환물의 굴곡각( $\psi$ )과 경골 치환물의 후방 경사각( $\delta$ )을 측정하였다. 또한 수술 직후 및 최종 추시에서의 방사선 검사를 비교하여, 방사선 투과성 선의 발생 유무 및 그 두께를 측정하였다. 술 후 감염은 환자의 임상 증상 및 신체 검사 소견, 혈액 검사 소견, 방사선학적 검사, 관절 천자 및 균 배양 검사 등을 종합적으로 판단하여 진단하였으며, 관절 천자 및 재수술이 필요한 경우와 균 배양 검사에서 양성인 경우 감염으로 확진하였다.

### 3. 통계 분석

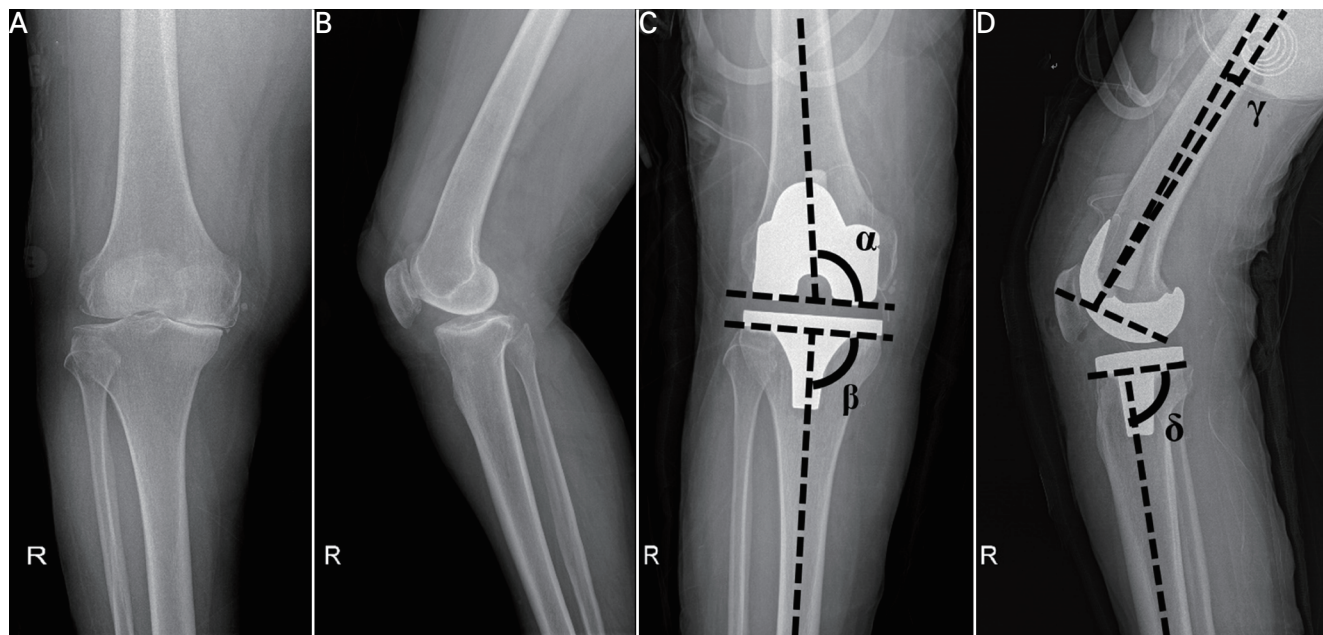
수술 시 Doujet® 골 시멘트를 사용한 군과 Refobacin® 골 시멘트를 사용한 군 간의 임상적, 방사선학적 평가 결과는 SPSS (version 18.0; IBM, Armonk, NY, USA)를 이용하여 통계학적으로 분석하였다. 평균치 비교가 필요할 경우에는 *t*-test를 시행하였고 비연속 변수는 Pearson's chi-square test, Fisher's exact test로 검정하였다. 반복 측정 변수에 대해서는 repeated measured analysis of variance를 사용하여 검정하였고, 유의수준은  $P < 0.05$ 로 하였다.

## 결 과

### 1. 임상적 결과

대상자 연령의 분포는 55세에서 95세로 평균은 75세였으며,

여성이 87.8%로 대다수를 차지하였다. 대상자 중 체질량지수 (body mass index [BMI])가 비만(25.0-29.9 kg/m<sup>2</sup>)에 해당하는 대상자가 42.8%로 가장 많은 비율을 차지하였고, 정상(18.5-22.9 kg/m<sup>2</sup>)에 해당하는 대상자는 20.0%에 불과하였으며, 골밀



**Figure 1.** (A, B) Pre-operative anteroposterior (AP) and lateral view X-ray image of the right knee of a patient with medial compartment osteoarthritis who was planned for total knee arthroplasty (TKA). (C, D) Post-operative evaluation of component position was performed using AP and lateral knee radiographs. In the AP view, component positions were measured using alpha ( $\alpha$ ) and beta ( $\beta$ ) angles. In the lateral view, component positions were measured using gamma ( $\gamma$ ) and delta ( $\delta$ ) angles.

**Table 1.** Patients' demographic data

Characteristic	Doujet (n=99)	Refobacin (n=99)	P-value*
Age (years)	75.6 (55-95)	73.3 (65-86)	0.598
Gender			
Male	13	12	0.700
Female	86	87	0.651
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	28.1 (21.8-31.1)	27.8 (19.8-38.1)	0.423
BMD			
Osteopenia, -2.5<T<-1.0	52.8	59.2	0.141
Osteoporosis, T≤-2.5	34.3	32.7	0.148
Operation site			
Right	50	48	0.372
Left	49	51	0.368
Pre-Op HKA angle	8.8	7.7	0.632

Values are presented as number (range).

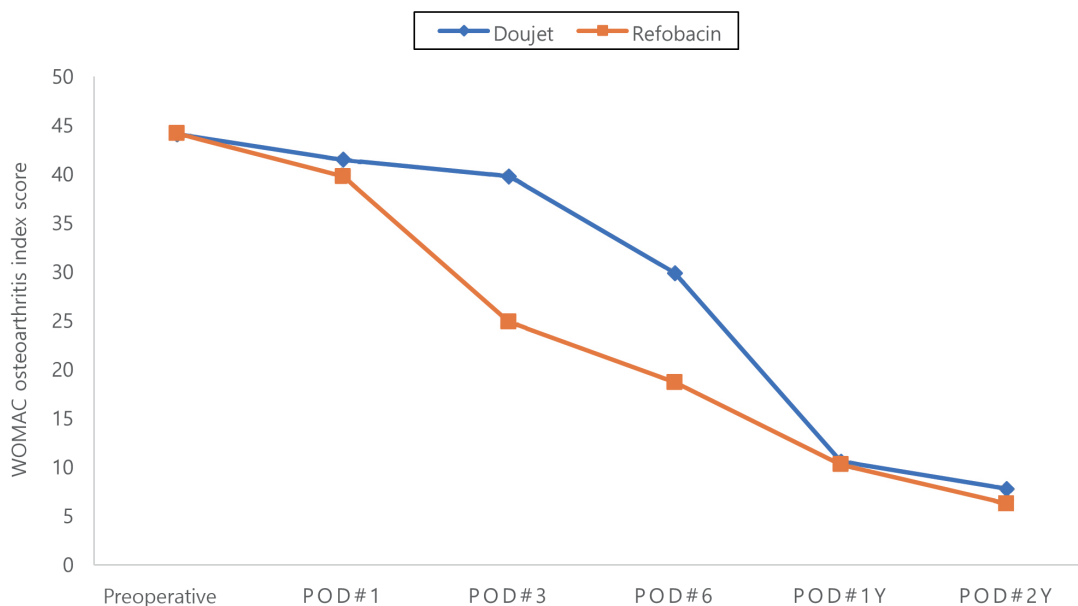
BMD: bone mineral density, Pre-Op: pre-operative, HKA: hip-knee-ankle angle.

\*P-values for between-group comparison were determined by chi-square tests for categorical variables. Statistically significant (P-value <0.05).

도(bone mineral density, BMD) 값을 보면 52.8%가 골감소증 (-2.5<T<-1.0)이고 34.3%가 골다공증(T≤-2.5)에 해당하였다 (Table 1).

대상자의 일반적 특성 및 수술 후 두 연구군 간의 WOMAC 지수 차이는 유의한 차이가 없었다. 슬관절치환술 시행 전, 시행 후

1개월, 3개월, 6개월, 1년, 2년의 WOMAC 지수 및 생활 만족도의 차이를 각각 분석한 결과, Doujet군에서 술 전 44.1점에서 술 후 41.5점, 29.9점, 18.7점, 10.6점, 7.8점, Refobacin군에서 술 전 44.2점에서 술 후 39.8점, 24.9점, 18.7점, 10.3점, 6.3점으로, 두 그룹 간의 유의미한 차이는 없었다( $P>0.05$ ) (Fig. 2).



**Figure 2.** Comparison of WOMAC score with time between the Doujet and Refobacin groups in patients who underwent total knee arthroplasty. PRE: pre-operative, WOMAC: Western Ontario and McMaster Universities, POD: post-operative day, Y: years.

**Table 2.** ROM and VAS according to different intervals

Characteristic	Doujet (n=99)	Refobacin (n=99)	P-value
<b>ROM (°)</b>			
Pre-operation	127.0	128.7	0.264
POD#1M	116.5	115.6	0.354
POD#3M	118.1	118.1	0.482
POD#6M	121.6	120.8	0.151
POD#1Y	122.9	122.3	0.354
POD#2Y	129.4	128.8	0.848
<b>VAS</b>			
Pre-operation	7.5	7.2	0.129
POD#1M	4.3	4.2	0.254
POD#3M	3.7	3.9	0.207
POD#6M	2.4	2.3	0.401
POD#1Y	1.4	1.3	0.510
POD#2Y	1.1	1.0	0.235

ROM: range of motion, VAS: visual analogue score, POD: post-operative day, M: months, Y: years.

수술 전후 통증의 평가를 위하여 두 군에서 visual analogue scale (VAS) 점수를 수술 전, 수술 후 4주, 3개월, 6개월, 1년, 2년을 각각 측정하였다. Doujet군에서는 술 전 7.5점, 술 후에 4.3점, 3.7점, 2.4점, 1.4점, 1.1점, Refobacin군에서 술 전 7.2점에서 술 후 4.2점, 3.9점, 2.3점, 1.3점, 1.0점으로, 두 그룹 모두 수술 전에 비하여 감소하였으며, 두 그룹 간의 유의미한 차이는 없었다 ( $P>0.05$ ) (Table 2).

슬관절 ROM은 Doujet군에서 술 전 127.0°에서 술 후 129.4°, Refobacin군에서 술 전 128.7°에서 술 후 128.8°로, 최종 추시 시 두 연구군에서 모두 슬관절 굴곡 범위 증가를 보였다. Doujet군(2.4°)에서 Refobacin군(0.1°)보다 ROM의 큰 증가를 보였으나, 통계적 유의성을 보이지는 않았다( $P>0.05$ ) (Table 2). 감염은 Doujet을 사용한 환자군 99명 중 1명, Refobacin 골 시멘트 대조군 99명 중 2명에서 발생하였으며, 모든 예에서 재수술을 시행하였다.

## 2. 방사선학적 결과

Doujet군에서 대퇴-경골 간 각은 수술 전 평균 8.8° 내반이었고 수술 후 최종 추시 시 평균 6.0° 외반을 보였다. Refobacin군에서는 수술 전 평균 7.7° 내반이었으며 수술 후 최종 6.2° 외반을 보였다.

Doujet군에서 치환물의 위치에 대한 방사선학적 지표로, 수술 후 전후면 방사선 사진상 대퇴골 치환물의 외반각( $\alpha$ )은 평균 97.7°, 경골 치환물의 내반각( $\beta$ )은 평균 91.9°, 측면 사진상 대퇴골 치환물의 굴곡각( $\gamma$ )은 평균 3.2°, 경골 치환물의 후방 경사각( $\delta$ )은 평균 88.7°였다. Refobacin군에서 외반각( $\alpha$ )은 평균 97.7°, 내반각( $\beta$ )은 평균 91.8°, 굴곡각( $\gamma$ )은 평균 3.3°, 후방 경사각( $\delta$ )은 평균 88.9°였다. 양 군 간에 측정값이 통계학적으로 유의한 차이가 없었다( $P>0.05$ ) (Table 3).

모든 환자에서 최종 추시 시 방사선 투시 촬영을 시행하였고, 각 그룹에서 방사선 투과성 선을 관찰하였다. 그 결과 Doujet군에서 경골부에 방사선 투과성 선이 관찰된 경우가 2예가 있었고, Refobacin군은 대퇴부에 1예, 경골부에 1예의 방사선 투과성 선이 관찰되었으나, 모두 3 mm 미만으로 임상적인 의의는 없었다.

## 고 찰

슬관절전치환술은 통증의 완화, 안정된 관절 운동 및 변형의 교정을 목적으로 하며, 최근 인공관절 기술의 발달과 수술 수기의 향상으로 좋은 결과가 보고되고 있다. 치환물의 고정을 위한 시멘트는 임플란트 표면과 뼈 사이에 직접 결합해 안정성을 제공하는 필수 소재이며, 인공 삽입물의 안정성 및 수명은 사용되는 시멘트의 종류를 포함한 다양한 요인에 의해 결정된다.

골 시멘트는 점도가 낮은 것부터 중간 정도의 것, 높은 것까지 다양하게 사용되고 있다. 본 연구에서 대조군에 사용된 Refobacin® 골 시멘트는 높은 점도를 특징으로 하며, 중합체 분말(polymer powder)과 단량체 액체(monomer liquid)를 공기 중에 혼합하여 사용한다. 반면, Doujet® 골 시멘트는 높은 굽힘성과 중등도의 압력 강도, 안정적인 항생제 분비를 보이는 중등도의 점도를 특징으로 하며, 중합체 진공 분말-카트리지에 단량체-액체를 주입하여 진공 상태에서 혼합하여 사용한다. 따라서 Doujet 골 시멘트는 기존 액상보다 안정된 혼합 점도 및 경화 반응을 가진다. 이에 다양한 수술 환경에서도 일관된 성능을 보이며, 사용 시 조작이 쉽고, 이를 통하여 수술 시간을 단축시킬 수 있는 장점이 있다.<sup>8</sup>

WOMAC 지수는 슬관절 통증과 관련된 기능적 제한에 대한 질문들로 구성되어 있어 슬관절의 기능을 평가하는 지표로 가장 널리 사용되고 있다.<sup>9</sup> 이에 국내외의 많은 연구들에서 슬관절치환술의 회복 정도를 평가하기 위해 WOMAC 지수가 이용되고 있다. 본

**Table 3.** Radiographical data for measuring TKA position and alignment

Angle	Doujet (°)	Refobacin (°)	P-value*
$\alpha$	97.7±7.3	97.7±7.0	0.292
$\beta$	91.9±7.5	91.8±7.8	0.301
$\gamma$	3.2±1.0	3.3±0.9	0.861
$\delta$	88.7±5.0	88.9±4.8	0.456
Pre-Op HKA	8.8±3.2	7.7±2.9	0.632
Post-Op HKA	6.0±0.6	6.2±0.5	0.566

Values are presented as mean±standard deviation.

TKA: total knee arthroplasty, Op: operative, HKA: hip-knee-ankle angle.

\*Statistically significant ( $P$ -value <0.05).



연구에 두 그룹 간의 WOMAC 지수를 비교하였을 시 수술 전에 비해 수술 후 1개월, 수술 후 6개월에 점진적으로 점수가 감소한 것으로 나타났으며, 통증, 뻣뻣함, 일상생활의 어려움에 대한 모든 영역에서 점수가 감소하여 슬관절치환술 후에 신체 기능 및 수술 후 만족도가 향상되었음을 알 수 있었다.

통증의 정도를 나타내는 방법은 위에선 언급한 WOMAC 지수의 여러 가지가 있으며, 그중 VAS 점수가 전 세계적으로 가장 흔히 쓰이는 방법이다.<sup>10</sup> 본 연구에서 수술 전과 후 VAS 점수를 측정 한 결과 수술 후 통증이 감소하였으며, 두 그룹 간에 차이가 없음을 확인할 수 있었다.

인공 슬관절치환술 시 감염의 발생률은 1-2%로 알려져 있다.<sup>11</sup> 본 연구에서도 Doujet을 사용한 환자군 99명 중 1명에서 발생하여 1.01%의 발생률을 보였고, Refobacin 골 시멘트 대조군에도 99명 중 2명에서 발생하여 2.02%로 유사한 발생률을 보였다. 이는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다( $P>0.05$ ). 그리고 골 감염이 된 3예는 모두 재수술을 시행하였다.

본 연구에서는 방사선적 검사상 모든 환자들에서 술 후 정상 정렬을 회복하였으며, Doujet 및 Refobacin 골 시멘트군에서 각각 2예의 해리 및 마모가 발견되었고, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다( $P>0.05$ ).

인공 슬관절치환술 후 관찰되는 합병증인 해리는 수술 부위에 가해지는 미세운동으로 인한 삽입물과 뼈 사이의 침강(subsidence)에 의하여 발생한다. 이러한 해리 발생 유무에 영향을 미치는 인자로는 수술 집도의의 수술 기술, 인공 삽입물의 종류, 환자의 골 형태 등이 있다.<sup>11-13</sup> 특히 본 연구에서는 골 시멘트의 균질성과 glass fragment의 발생 여부가 삽입물의 해리 발생의 원인이 될 수 있다고 판단하였고, 따라서 프리필드-주사기 형태의 혼합이 균일한 시멘트를 생성하는 데 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다. 또한 수술 전 섬세한 영상의학적 자료 평가를 통한 정밀한 bone cutting과 일정한 두께의 시멘트 도포가 추후 loosening 및 osteolysis 발생을 감소시킬 수 있을 것이라 사료된다.

두 그룹 간 슬관절치환술에 사용된 골 시멘트와 합병증에 대한 상관관계에 대한 객관적인 결론을 얻기 위해서는 더 큰 규모의 장기간 추시 및 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구는 다음과 같은 제한이 있다. 첫째, 슬관절치환술을 받는 환자에서 여성의 비율이 높고 연구 대상자 수가 적기 때문에, 결과를 일반화하여 해석하는 것에 신중해야 할 필요가 있다. 둘째, 이 연구는 후향적 연구로, 대상자 선택 시 수술 집도의, 대상자의 기저 질환, 성별, 사용한 임플란트의 종류, 약물 복용력 등 수술 및 입원 과정에서 이루어지는 치료적 특성의 차이를 고려하지 않아 실

험군과 대조군 비교의 정확성에 한계가 있을 수 있다. 셋째, 본 연구에서 조사된 균형능력, 보행능력, 하지 근력 등의 운동능력 검사 시 측정 환경, 시간, 환자의 컨디션에 따라 오차가 있을 수 있어, 의료기구 등을 이용한 더 객관적인 측정이 함께 이루어지지 못한 한계가 있다. 넷째, 환자의 환측 슬관절 수술 과거력을 확인하지 못하였으며, 이에 대한 분석을 하지 못한 한계가 있다.

인공 슬관절치환술 시 Gentamycin 항생제가 혼합된 Doujet 골 시멘트를 사용하여 평균 37개월간 추시한 결과, 골 용해, 감염 등의 합병증 및 재수술률이 기존 시멘트와 비교하여 유의한 차이가 없었다.

## ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the 2023 education, research and student guidance grant funded by Jeju National University.

## ORCID

Sungwook Choi, <https://orcid.org/0000-0003-0319-6208>

Seong-meon Yoon, <https://orcid.org/0009-0001-2579-8296>

Joseph Y. Rho, <https://orcid.org/0000-0002-7945-4085>

In-seok Son, <https://orcid.org/0000-0001-9189-6639>

## REFERENCES

1. Boyce L, Prasad A, Barrett M, Dawson-Bowling S, Millington S, Hanna SA, et al. The outcomes of total knee arthroplasty in morbidly obese patients: a systematic review of the literature. *Arch Orthop Trauma Surg* 2019;139:553-60.
2. Lingard EA, Katz JN, Wright EA, Sledge CB; Kinemax Outcomes Group. Predicting the outcome of total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2004;86:2179-86.
3. Kim HA, Kim S, Seo YI, Choi HJ, Seong SC, Song YW, et al. The epidemiology of total knee replacement in South Korea: national registry data. *Rheumatology (Oxford)* 2008;47:88-91.
4. Blanco JF, Díaz A, Melchor FR, da Casa C, Pescador D. Risk factors for periprosthetic joint infection after total knee arthroplasty. *Arch Orthop Trauma Surg* 2020;140:239-45.
5. Rizzo MG, Hall AT, Downing JT, Robinson RP. High-viscosity versus a lower-viscosity cement penetration at dough phase in vivo in primary total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2021;36:1995-9.
6. Dall GF, Simpson PM, Breusch SJ. In vitro comparison of Refobacin-Palacos R with Refobacin bone cement and Palacos R + G. *Acta*

- Orthop 2007;78:404-11.
7. Furnes O, Lie SA, Havelin LI, Vollset SE, Engesaeter LB. Exeter and chamley arthroplasties with Boneloc or high viscosity cement. Comparison of 1,127 arthroplasties followed for 5 years in the Norwegian Arthroplasty Register. *Acta Orthop Scand* 1997;68:515-20.
  8. INJECTA. DOUJET GL · GF [Internet]. Gunpo: INJECTA; c2017 [cited 2023 Jan 12]. Available from: <http://www.injecta-hq.com/product/pro02.asp?scrID=0000000142&pageNum=2&subNum=2&ssubNum=1>.
  9. Bellamy N, Buchanan WW, Goldsmith CH, Campbell J, Stitt LW. Validation study of WOMAC: a health status instrument for measuring clinically important patient relevant outcomes to antirheumatic drug therapy in patients with osteoarthritis of the hip or knee. *J Rheumatol* 1988;15:1833-40.
  10. Bullens PH, van Loon CJ, de Waal Malefijt MC, Laan RF, Veth RP. Patient satisfaction after total knee arthroplasty: a comparison between subjective and objective outcome assessments. *J Arthroplasty* 2001;16:740-7.
  11. Nilsson KG, Dalén T. Inferior performance of Boneloc bone cement in total knee arthroplasty: a prospective randomized study comparing Boneloc with Palacos using radiostereometry (RSA) in 19 patients. *Acta Orthop Scand* 1998;69:479-83.
  12. Insall JN, Dorr LD, Scott RD, Scott WN. Rationale of the knee society clinical rating system. *Clin Orthop Relat Res* 1989;248:13-4.
  13. Tanner KE, Wang JS, Kjellson F, Lidgren L. Comparison of two methods of fatigue testing bone cement. *Acta Biomater* 2010;6:943-52.