

Modular Universal Tumor and Revision System (MUTARS) 종양 인공관절을 이용한 원위 대퇴골 재건술 후 결합 장치의 파손

조완형 • 전대근 • 공창배 • 이희승 • 송원석[✉]

원자력병원 정형외과

Locking Mechanism Failure after Distal Femoral Reconstruction with Modular Universal Tumor and Revision System (MUTARS) Tumor Prosthesis

Wan-Hyeong Cho, M.D., Dae-Geun Jeon, M.D., Chang-Bae Kong, M.D.,
Hee Seung Lee, M.D., and Won Seok Song, M.D.[✉]

Department of Orthopedic Surgery, Korea Cancer Center Hospital, Seoul, Korea

Purpose: We have used Modular Universal Tumor and Revision System (MUTARS) tumor prosthesis to reconstruct segmental resection defect of the distal femur. The purpose of this study was to evaluate the incidence and pattern of locking mechanism breakage and its correlation with other clinical variables.

Materials and Methods: We retrospectively reviewed 94 patients who were followed-up for more than one year after tumor prosthesis replacement (MUTARS) between 2008 and 2013. We examined the incidence and timing of locking mechanism (PEEK-OPTIMA) failure. We also evaluated the clinical characteristics of patients experiencing locking mechanism failure and compared them with those of other patients.

Results: At a mean follow-up of 55 months, we observed locking mechanism failure in 10 of 94 patients (10.6%). The mean age of patients with locking mechanism failure was 29 years (range, 13–54 years); the mean weight and height were 169 cm (range, 151–181 cm) and 67 kg (range, 53–89 kg), respectively. The mean body mass index was 23.5 kg/m² (range, 20.5–29.4 kg/m²). The median time interval between replacement and locking mechanism failure was 26.5 months (range, 12–72 months). The mean body weight of patients with failure was higher than that of patients without failure ($p=0.019$).

Conclusion: The incidence of locking mechanism (PEEK-OPTIMA) failure after distal femoral reconstruction with MUTARS was 11%, and there was a correlation between failure and body weight of patients. Advancements in the design and material of locking mechanisms are warranted to reduce the complication.

Key words: distal femur, tumor prosthesis, MUTARS, locking mechanism

서론

Received November 24, 2016 Revised February 28, 2017

Accepted March 21, 2017

[✉]Correspondence to: Won Seok Song, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Korea Cancer Center Hospital, 75 Nowon-ro, Nowon-gu, Seoul 01812, Korea

TEL: +82-2-970-1244 FAX: +82-2-970-2403 E-mail: wssongmd@gmail.com

악성 골종양의 절제술 후 재건술을 위해서는 다양한 방법을 사용할 수 있다. 이 중 종양 인공관절(tumor prosthesis)을 사용한 재건술은 조립형 특성(component modularity)의 발전, 향상된 디자

인 및 고정 방법의 발전 등으로 그 유용성이 늘어나고 있다.^{1,2)} 생물학적 재건에 비해 비교적 쉽게 사용할 수 있으며, 수술 후 초기에 가동이 가능하여 빠른 회복을 기대할 수 있다. 하지만 치환물의 장기생존을 방해하는 감염, 해리, 인공관절의 파손(스텝 또는 bushing 등의 결합요소) 등이 발생할 수 있다.^{3,4)}

원자력병원에서는 원위 대퇴부의 분절 절제(segmental resection) 후 종양 인공관절을 사용한 재건술을 위해 Modular Universal Tumor and Revision System (MUTARS; Implantcast GmbH, Buxtehude, Germany)을 주로 사용하고 있다. 이 시스템은 2 cm 간격으로 길이를 조절할 수 있는 조립형 인공관절로서 대퇴 삽입물과 경골 삽입물 사이의 polyethylene (PE) liner를 삽입하며, 회전 경첩(rotating hinge) 형식의 관절운동을 위해 경골의 head ball이 열가소성을 지닌 폴리머인 Polyetheretherketone (PEEK)으로 만들어진 결합 장치(locking mechanism, PEEK-OPTIMA) 내에서 움직일 수 있게 디자인되어 있다. 이는 이전의 PE 재질의 결합 장치에 비해 마모 저항성은 향상시킬 수 있지만 단단한 물질으로 인해 파괴된 증례가 보고되고 있다.⁵⁾

본 연구의 목적은 악성 골종양의 호발 부위인 원위 대퇴골의 절제술 후 종양 인공관절 MUTARS를 사용한 재건술 후 발생하는 결합부(locking mechanism)의 파괴의 빈도 및 양상과 관련인자에 대해서 조사해 보고자 한다.

대상 및 방법

본 연구는 2008년 1월부터 2013년 12월까지 본원에서 악성 골종양 또는 공격성이 높은 양성 종양으로 원위 대퇴골의 절제술 후 MUTARS 시스템을 사용하여 재건술을 시행한 환자 중 1년 이상 추시가 불가능하거나(n=3), 감염(n=3), 종양의 재발(n=1) 등으로 인하여 1년 이내에 인공관절을 제거했던 7명의 환자를 제외한 94

명의 환자를 대상으로 하였다. 환자는 남자 52명, 여자 42명이었으며 이들의 평균 나이는 29세(범위, 11-86세)였다. 평균 추시 기간은 55개월(범위, 13-103개월)이었다. 이들의 진단은 골육종 82예(저 등급 골육종 5예), 거대세포종 6예, 기타 6예였다(Table 1).

수술은 종양의 침범양상에 따라 외측이나 내측 접근법을 사용하였으며 모든 환자에서 관절내 절제술(intraarticular resection)을 시행하였다. 근위부 절골은 술 전 시행한 자기공명영상을 통해서 종양의 침범 범위에 따라 약 1-3 cm 정도의 절제연을 두고 절골술을 시행하였다. 세 명을 제외하고는 시멘트를 사용하지 않고 대퇴부의 스텝을 고정하였으며 경골 부위도 press-fit을 이용한 고정을 시행하였다. 별도의 연부조직의 재건은 시행하지 않았으며 길이 및 회전 정도를 확인 후 실제 기계를 조립하였다. 술 후 통증이 완화되면 바로 관절 운동을 허용하였으며 상태에 따라 술 후 2-3주경부터 체중 부하를 허용하였다.

Table 1. Demographic Data of the Whole Cohort

Variable	Value
Patient	94
Gender (male/female)	52/42
Mean age (yr)	29 (11-86)
Diagnosis	
Osteosarcoma	
Conventional	77
Low grade	5
Benign aggressive	6
Other sarcoma	4
Metastatic	2

Values are presented as number only or median (range).

Table 2. Characteristics of Patients Experiencing Locking Mechanism Breakage

Patient No.	Gender	Age (yr)	Height (cm)	Body weight (kg)	BMI (kg/m ²)	Bone resection (cm)	Time interval to breakage (mo)	F/U duration (mo)
1	Male	34	174	74	24.4	12	72	103
2	Male	21	181	85	25.9	16	66	89
3	Male	21	180	73	22.5	24	22/8	62
4	Female	54	159	64	25.3	10	26/6/16	63
5	Female	31	162	67	25.5	14	12/13/13/11	56
6	Male	15	180	89	24.5	24	16/14/4/11	55
7	Female	13	161	53	20.5	20	39	51
8	Female	48	151	56	24.6	14	33	40
9	Male	18	181	80	24.4	12	16/7/12	40
10	Female	35	167	83	29.4	18	27	39

BMI, body mass index; F/U, follow-up.

결합 장치의 파손으로 급작스러운 관절의 불안정이 발생한 경우 파손된 결합 장치의 제거를 위해서는 접근 측면의 홈을 이용하여 결합 장치를 회전시켜 분리해 내고 관절을 아탈구시킨 뒤 파손된 반대편 결합 장치를 이탈시켰다. 탈구 후 다른 이상을 확인한 후 특별한 이상이 없는 경우 새로운 결합 장치를 이용하여 관절을 재결합하였다.

결합 장치 파손이 발생한 환자의 수술 후 파손까지의 경과 시간, 환자의 체중/신장 및 체질량지수(body mass index, BMI), 절제된 대퇴의 길이, 종양의 크기 및 삽입물의 특징에 대해 조사하여

파손이 없었던 환자들과 비교하였으며(Mann-Whitney test 또는 Fisher's exact test), 통계적 유의수준은 $p < 0.05$ 로 하였으며 통계 분석은 PASW ver. 18.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA) 소프트웨어를 이용하여 시행하였다.

결 과

전체 94명의 환자 중 추시 기간 내 결합 장치의 파손이 발생한 환자는 모두 10명(10.6%)이었다. 남자가 5명, 여자가 5명이었고, 이들의 나이의 평균 값은 29세(범위, 13-54세)였다. 신장 및 체중의 평균 값은 169 cm (범위, 151-181 cm) 및 67 kg (범위, 53-89 kg)이었고, BMI의 평균 값은 23.5 kg/m^2 (범위, $20.5\text{--}29.4 \text{ kg/m}^2$)였다. 절제된 대퇴골의 길이의 평균 값은 16 cm (범위, 10-24 cm)였다(Table 2).

종양 인공관절 치환술 후 결합 장치의 파손이 발생한 시간의 중간 값은 26.5개월(범위, 12-72개월)이었다. 파손이 발생한 경우 관절의 불안정성, 동통, 과신전으로 모든 예에서 결합 장치의 교체를 필요로 하였으며 삽입물의 해리는 동반되지 않았다(Fig. 1). 파손된 결합 장치를 관찰하였을 때, 경골의 head ball을 위한 홈부분에서 PEEK의 장축에 수직 방향으로 발생하였다. 결합 장치의 외측 지름이 약 3 cm 정도인 반면에 관절의 움직임을 위한 결합 장치 내의 가장 얇은 부위의 두께는 약 8 mm 정도이며 파손은 모든 환자에서 이 중간 부위에서 발생하였다(Fig. 2).

5명의 환자에서는 결합장치의 파손이 반복적으로 발생하였다. 1명은 2차례, 2명은 3차례, 2명은 4차례의 골절이 발생하였으며 PEEK 형식의 결합장치 대신 PE 형식의 결합장치를 사용한 뒤에는 최종 추시까지 재 파손은 발생하지 않았다.

결합 장치의 파손이 발생한 환자의 경우 파손이 발생하지 않은 환자와 비교해 보았을 때 체중이 높았다(67.4 kg vs. 58.4 kg ,

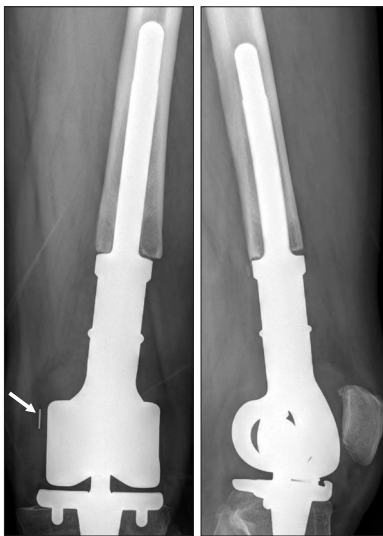


Figure 1. Preoperative radiograph of locking mechanism failure after distal femoral reconstruction (case 1). There is no definite signs of loosening around the femoral stem, but there is a radioopaque line (arrow) by the medial aspect of the femoral component, indicating breakage of the locking mechanism.

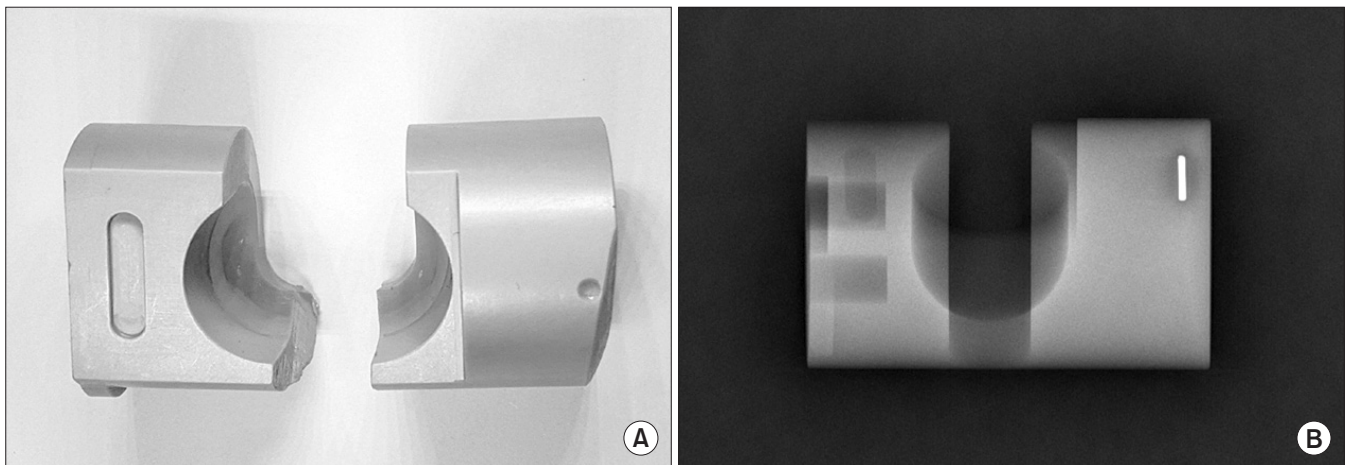


Figure 2. (A) Photograph of the retrieved locking mechanism (PEEK-OPTIMA) shows a breakage at the slot for knee motion, perpendicular to the long axis of the PEEK. (B) Radiograph of the intact PEEK shows a radioopaque line on the right side.

Table 3. Comparison of Clinical Variables Based on Locking Mechanism Breakage

Variable	Patients without breakage (n=84)	Patients with breakage (n=10)	p-value
Gender (male/female)	47/37	5/5	0.748
Age (yr)	28.5±19.4	28.7±14.1	0.465
Height (cm)	163.5±8.6	168.5±11.1	0.097
Body weight (kg)	58.4±11.7	67.4±11.7	0.019
BMI (kg/m ²)	21.7±3.3	23.5±2.1	0.053
Resected bone length (cm)	16.2±4.9	15.5±4.2	0.782
Tumor volume (ml)	198.1±27.4	207.1±47.8	0.378
Femoral stem diameter (cm)	14.5±1.8	14.2±2.0	0.757

Values are presented as number only or mean±standard deviation. BMI, body mass index.

p=0.019). 그 밖의 조사된 변수는 두 군 간에 차이가 없었다(Table 3).

고 찰

후향적 조사를 통해 원위 대퇴골의 분절 절제술 후 MUTARS를 사용하여 재건술을 시행한 환자 중 1년 이상 추시 가능했던 94명 중 10명(10.6%)에서 대퇴 및 경골 치환물의 결합을 위하여 사용된 결합 장치(PEEK-OPTIMA)의 파손이 발생되었다. 비록 결합부의 파괴로 인하여 인공관절의 제거는 필요하지 않았지만 모든 예에서 관절의 불안정성, 동통, 과신전으로 결합부의 교체가 필요하였다.

종양 등에 의해 관절을 포함한 분절 절제술 후 종양 인공관절을 이용한 재건술은 사용 빈도가 증가하고 있다.⁶⁻⁸⁾ 하지만 일반 술·관절 표면치환술에 비해 여러 이유로 종양 인공관절 치환물의 생존율은 불량하다. 연부조직(관절막, 인대 및 근육)의 광범위한 절제로 인공관절의 안정성을 약화시키고⁹⁾ 상당한 양의 골조직을 절제함에 따라 해리 또는 기계의 파괴의 가능성이 증가한다.¹⁰⁾ 그 밖에도 광범위한 박리, 오랜 수술 시간, 항암 치료 등에 의한 감염의 위험도도 증가하게 된다.^{11,12)}

Henderson 등¹³⁾은 종양 인공관절의 실패 양상을 다섯 가지로 분류하였다. Type 1은 연부조직 실패(soft tissue failure), Type 2는 인공관절의 해리(aseptic loosening), Type 3은 구조적 실패(structural failure), Type 4는 감염(infection), Type 5는 종양의 진행(tumor progression)으로 구분하였으며, 해부학적 위치에 따라 실패 양상이 다르다고 보고하였다. 이들 연구에 따르면 원위 대퇴골의 경우 약 27.4% (261/951예)의 실패를 보였으며 이 중 구조적 실패(Type 3)는 23.0% (60/261예) 정도로 보고하였다. 본 연구의 대상인 결합장치의 실패는 Type 3 실패에 해당하며, 비록 인공관절(스텝)의 교체를 필요로 하지 않는 합병증이지만 수술적 치료가 필요하다.

Kinkel 등¹⁴⁾에 의하면 종양 인공관절(MUTARS)을 이용한 슬관

절 치환술을 시행 후 평균 46개월의 추시 결과 77명의 환자 중 14명(18.2%)의 환자에서 PE-결합장치의 파손이 있다고 보고하였다. 또한 시멘트를 이용한 고정(p=0.018) 및 관절 외 절제(extra-articular resection, p=0.021)가 결합 장치의 실패와 관련이 있었다고 보고하였다. 또한 Bus 등⁵⁾에 의하면 본 연구와 같은 종양인공관절(MUTARS) 치환술을 시행한 후 평균 3년 추시 결과 슬관절 부위의 재건술 후 13.6% (15/110예)의 구조적 합병증(Henderson Type 3 complication)을 보고하였다. 이 중 6예에서 결합 장치의 문제가 발생하였으며 3예의 골절, 2예의 마모, 1예의 어긋남(unlocking)이 있었다고 하였다. 그러나 이전의 두 연구에서 원위 대퇴부 및 근위 경골의 치환술이 모두 포함되어 있고 각각의 빈도는 언급되지 않았다. 또한 사용된 결합 장치도 이전의 PE type과 새로운 PEEK type이 혼용된 결과이다.

사용되는 인공관절의 디자인 등에 따라 연결 장치의 파손이 상이한 양상이기 때문에 직접적인 비교는 어렵지만 Capanna 등⁶⁾은 95명의 환자를 대상으로 원위 대퇴골의 절제 후 Kotz Modular Femur and Tibia Resection System (KMFTR)을 사용한 39명(41.1%)의 환자에서 평균 64개월(24-95개월) 후 PE bushing의 마모가 발생하였다고 보고하였다. 저자들은 경첩 관절이 내/외반이나 회전력을 허용하지 못하여 PE의 마모가 심하고 bushing의 실패가 빈번히 발생하는 것으로 생각하였다. 이후 Griffin 등¹⁵⁾은 개선된 디자인의 인공관절을 사용한 종양인공관절 치환술 후 평균 6년 추시 결과에서 99명의 환자 중 7명(7.1%)의 bushing 실패를 보고하였다. Ahlmann 등¹⁶⁾은 어느 정도 회전력을 허용하는 rotating hinge 양식의 Modular Segmental Replacement System (MSRS)을 이용한 평균 37개월의 추시 결과에서 5.1% (4/78예) 정도의 결합 장치(axle)의 파손을 보고하였다.

본 연구의 제한점으로는 환자마다 종양의 절제 시 근육이나 연부조직의 절제가 다양하여 연부조직의 상태가 관절의 안정성 및 PEEK 파괴에 미치는 영향을 평가하기 어렵다는 데 있다. 그러나 이러한 연부조직의 절제는 종양의 절제를 위해 불가피한 면이 있

으며 정확한 정량적 평가가 힘들다. 하지만 종양의 크기가 클수록 절제된 근육의 양이 증가할 수 있기 때문에 종양의 크기를 비교하여 이의 영향을 평가하고자 하였다.

관절의 연결 및 움직임을 위해 결합 장치 PEEK 내에는 경골에서 연결된 head ball 뭉치가 들어갈 수 있는 부위와 약 120도 정도의 굴곡을 위한 홈이 나 있으며, 마지막 신전(terminal extension)에 의해 PEEK의 얇은 부위에 반복적인 충격이 가해져 피로 골절(fatigue fracture)이 발생한 것으로 생각된다. 특히 체중이 많이 나가는 환자에서 이러한 피로 골절이 발생할 가능성이 높을 것으로 생각된다. PEEK의 파손이 발생한 10명의 환자 중 5명은 두 번 이상 파손이 발생하였다. 이들은 최초 수술 후 약 1-2년 내의 비교적 초기에 파손이 발생하였으며 이후에도 비교적 짧은 시간 후에 재파손이 일어났다. 파손이 한번만 발생한 환자에 비해 성별, 나이, 체중 및 절제된 골의 길이는 큰 차이가 없었다. 따라서 반복적인 파손의 정확한 원인에 대해 해결을 시행하지는 못하였고 여러 번 골절이 발생한 경우 불가피하게 이전의 결합 장치인 PE형식의 고정물을 사용하였다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 최근 이 시스템의 결합장치가 기존의 PEEK-OPTIMA 이외에도 metal-on-metal 결합장치가 사용되고 있지만 장기 추시의 결과는 나오지 않은 상태이다.

결 론

현재 국내에서 많이 사용되고 있는 종양 인공관절 MUTARS를 이용한 원위 대퇴골 재건술 후 발생할 수 있는 결합장치(PEEK-OPTIMA)의 파괴의 빈도는 약 11%였고 환자의 체중과의 연관성이 있었다. 향후 이러한 합병증의 감소를 위해 발전된 기계적 특성을 지닌 결합장치가 필요할 것으로 생각된다.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors have nothing to disclose.

REFERENCES

1. Myers GJ, Abudu AT, Carter SR, Tillman RM, Grimer RJ. Endoprosthetic replacement of the distal femur for bone tumours: long-term results. *J Bone Joint Surg Br.* 2007;89:521-6.
2. Chandrasekar CR, Grimer RJ, Carter SR, Tillman RM, Abudu A, Buckley L. Modular endoprosthetic replacement for tumours of the proximal femur. *J Bone Joint Surg Br.* 2009;91:108-12.
3. Pala E, Trovarelli G, Calabrò T, Angelini A, Abati CN, Ruggieri P. Survival of modern knee tumor megaprotheses: failures, functional results, and a comparative statistical analysis. *Clin Orthop Relat Res.* 2015;473:891-9.
4. Jeys LM, Kulkarni A, Grimer RJ, Carter SR, Tillman RM, Abudu A. Endoprosthetic reconstruction for the treatment of musculoskeletal tumors of the appendicular skeleton and pelvis. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90:1265-71.
5. Bus MP, van de Sande MA, Fiocco M, Schaap GR, Bramer JA, Dijkstra PD. What are the long-term results of MUTARS® modular endoprostheses for reconstruction of tumor resection of the distal femur and proximal tibia? *Clin Orthop Relat Res.* 2017;475:708-18.
6. Capanna R, Morris HG, Campanacci D, Del Ben M, Campanacci M. Modular uncemented prosthetic reconstruction after resection of tumours of the distal femur. *J Bone Joint Surg Br.* 1994;76:178-86.
7. Guo W, Ji T, Yang R, Tang X, Yang Y. Endoprosthetic replacement for primary tumours around the knee: experience from Peking University. *J Bone Joint Surg Br.* 2008;90:1084-9.
8. Zeegen EN, Aponte-Tinao LA, Hornicek FJ, Gebhardt MC, Mankin HJ. Survivorship analysis of 141 modular metallic endoprostheses at early followup. *Clin Orthop Relat Res.* 2004;420:239-50.
9. Taylor SJ, Walker PS, Perry JS, Cannon SR, Woledge R. The forces in the distal femur and the knee during walking and other activities measured by telemetry. *J Arthroplasty.* 1998;13:428-37.
10. Kawai A, Muschler GF, Lane JM, Otis JC, Healey JH. Prosthetic knee replacement after resection of a malignant tumor of the distal part of the femur. Medium to long-term results. *J Bone Joint Surg Am.* 1998;80:636-47.
11. McDonald DJ, Capanna R, Gherlinzoni F, et al. Influence of chemotherapy on perioperative complications in limb salvage surgery for bone tumors. *Cancer.* 1990;65:1509-16.
12. Berbari EF, Hanssen AD, Duffy MC, et al. Risk factors for prosthetic joint infection: case-control study. *Clin Infect Dis.* 1998;27:1247-54.
13. Henderson ER, Groundland JS, Pala E, et al. Failure mode classification for tumor endoprostheses: retrospective review of five institutions and a literature review. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93:418-29.
14. Kinkel S, Lehner B, Kleinhans JA, Jakubowitz E, Ewerbeck V, Heisel C. Medium to long-term results after reconstruction of bone defects at the knee with tumor endoprostheses. *J Surg Oncol.* 2010;101:166-9.

15. Griffin AM, Parsons JA, Davis AM, Bell RS, Wunder JS. Uncemented tumor endoprostheses at the knee: root causes of failure. *Clin Orthop Relat Res.* 2005;438:71-9.
16. Ahlmann ER, Menendez LR, Kermani C, Gotha H. Survivorship and clinical outcome of modular endoprosthetic reconstruction for neoplastic disease of the lower limb. *J Bone Joint Surg Br.* 2006;88:790-5.

Modular Universal Tumor and Revision System (MUTARS) 종양 인공관절을 이용한 원위 대퇴골 재건술 후 결합 장치의 파손

조완형 · 전대근 · 공창배 · 이희승 · 송원석[✉]

원자력병원 정형외과

목적: 본 연구의 목적은 악성 골종양의 호발 부위인 원위 대퇴골의 절제술 후 종양 인공관절 Modular Universal Tumor and Revision System (MUTARS)을 사용한 재건술 후 발생하는 결합부의 파괴의 빈도 및 양상과 관련인자에 대해 알아보고자 한다.

대상 및 방법: 2008년 1월부터 2013년 12월까지 원자력병원에서 악성 골종양 또는 공격성이 높은 양성 종양으로 원위 대퇴골의 분절 절제술 후 MUTARS 시스템을 사용하여 재건술을 시행한 94명의 환자를 대상으로 하였다. 결합 장치(PEEK-OPTIMA) 파괴가 발생한 환자의 수술 후 파손까지의 경과 시간, 환자의 체중, 신장 및 체질량지수(body mass index, BMI), 절제된 대퇴의 길이, 종양의 크기 및 삽입물의 특징에 대해 조사하여 파괴가 없었던 환자들과 비교하였다.

결과: 평균 추시 기간 55개월 동안 결합 장치의 파괴가 발생한 환자는 94명의 환자 중 10명(10.6%)이었다. 이들의 나이의 평균 값은 29세(범위, 13-54세)이었다. 신장 및 체중의 평균 값은 169 cm (범위, 151-181 cm) 및 67 kg (범위, 53-89 kg)이었고, BMI의 평균 값은 23.5 kg/m² (범위, 20.5-29.4 kg/m²)였다. 절제된 대퇴골의 길이의 평균 값은 16 cm (범위, 10-24 cm)였다. 종양 인공관절 치환술 후 결합 장치의 파손이 발생한 시간의 중간 값은 26.5개월(범위, 12-72개월)이었다. 결합 장치의 파손이 발생한 환자의 경우 다른 환자와 비교해 평균 체중이 높았다($p=0.019$).

결론: 현재 국내에서 많이 사용되고 있는 종양 인공관절 MUTARS를 이용한 원위 대퇴골 재건술 후 발생할 수 있는 결합장치(PEEK-OPTIMA)의 파괴의 빈도는 약 11%였고 체중과의 연관성이 있었다. 향후 이러한 합병증의 감소를 위해 발전된 기계적 특성을 지닌 결합장치가 필요할 것으로 생각된다.

색인단어: 원위 대퇴골, 종양 인공관절, MUTARS, 결합장치

접수일 2016년 11월 24일 수정일 2017년 2월 28일 게재확정일 2017년 3월 21일

[✉]책임저자 송원석

01812, 서울시 노원구 노원로 75, 원자력병원 정형외과

TEL 02-970-1244, FAX 02-970-2403, E-mail wssongmd@gmail.com