

Comparison of Conventional and Digital Templating Technique in Total Hip Arthroplasty

Sung Kwan Hwang, MD, PhD, Dong Hyun Kang, MD, Tae Yeon Cho, MD, Chang Ho Lee, MD

Department of Orthopedic Surgery, Wonju College of Medicine, Yonsei University, Wonju, Korea

Purpose: To examine the effectiveness of digital templating in patients who underwent primary total hip arthroplasty by comparing and analyzing the accuracy of acetate and digital templating.

Materials and Methods: One hundred and nine patients who underwent primary total hip arthroplasty between November 2002 and May 2006 were assigned to the acetate templating group (group I), and 113 patients between June 2006 and April 2009 were assigned to the digital templating group (group II). The sizes of the acetabular cup and femoral stem were examined to determine the accuracy of each method.

Results: In group I, acetabular cup accuracy was found in 46.8% of cases, and 94.5% showed a mismatch less than ± 1 sizes. In the case of the femoral stem, accuracy was found in 53.2 % and 92.7 % showed a mismatch. In group II, acetabular cup accuracy was observed in 43.4 % of cases, and 92.9 % showed a mismatch below ± 1 size. In femoral stem cases, 46.9 % were accurate and 93.8 % showed a mismatch.

Conclusion: The accuracy of the digital templating method is equivalent to that of acetate templating, and should replace acetate templating before the operation.

Key Words: Acetate templating, Digital templating, Total hip arthroplasty

서 론

고관절 전치환술은 고관절에 이상을 유발하는 질환들에 대한 수술적 치료 방법으로서 가장 성공적인 방법으로 알려져 있다. 정상적인 고관절의 생역학이 회복되지 않으면 고관절은 제 기능을 할 수가 없으므로 이러한 생역학의 회복 여부에 따라 장기적인 수술의 성공 여부가 결정된다. 많은 연구에서 성공적인 고관절 전치환술의 필수 조건으로 수술 전 계획에 대해 언급하고 있지만¹⁾, 술 전 가늠술의 방법론에 대한 연구는 그리 많지 않은 실정이다. 최근 방사선 이미지가 디지털 신호로 바뀌어 전송되는 의료영상저장전송시스템(picture archiving communication

system, PACS)의 보급으로 방사선 필름을 사용하지 않는 병원이 늘어나는 추세이다²⁾. 이에 따라 여러 회사에서 수술 전 삽입물의 예측을 위한 디지털 프로그램들이 많이 개발되어 사용되기 시작하고 있다.

Aasis 등³⁾은 무시멘트성 고관절 전치환술의 고식적 가늠술에 대한 연구에서 대퇴 주대의 경우 술 전 측정치와 실제 삽입된 측정치를 비교하였을 때 그 정확도가 50%에서 74% 정도가 된다고 보고하였으나 디지털 가늠술에 대한 연구와 직접 비교한 연구는 많지 않다.

본 연구의 목적은 고식적인 가늠술과 디지털 가늠술을 서로 비교하여 수술 전 측정한 삽입물의 크기와 실제 사용된 삽입물의 크기를 비교, 분석하여 디지털 가늠술의 유용성을 알아보는 것이다.

대상 및 방법

연구 대상은 2002년 11월부터 2009년 4월까지 본원에서 일차성 고관절 전치환술을 시행 받은 305예를 대상으로 하였다. 이 중에서 인공 고관절 재치환술 50예, 골절 26예(경부 골절 8예, 전자간부 골절 3예, 비구 골절 14예,

Submitted: July 27, 2009

1st revision: August 14, 2009

2nd revision: October 20, 2009

Final acceptance: November 30, 2009

• Address reprint request to **Sung Kwan Hwang, MD**

Department of Orthopedic Surgery, Yonsei University Wonju College of Medicine, 162 Ilsan-dong, Wonju 220-701, Korea
TEL: +82-33-741-1351 FAX: +82-33-746-7326

E-mail: hwtonlka@yonsei.ac.kr

대퇴골두 골절 1예), 고도 기형을 동반한 고관절 이형성증 5예, 고관절 융합된 경우 2예 등, 총 83예를 제외하였다. 첫째 그룹은 2002년 11월부터 2006년 6월까지 일차성 고관절 전치환술을 시행받고 술 전 삽입물 크기 측정으로 고식적 가늌술을 사용한 109예(제1군), 둘째 그룹은 2006년 7월부터 2009년 4월까지 일차성 고관절 전치환술을 시행받고 술 전 삽입물 크기 측정 방법으로 디지털 가늌술을 사용한 113예(제2군)를 대상으로 하였다. 제1군에서 남녀의 비율은 78명과 31명이었고 평균 나이는 54.6세(28~86세), 평균 체중은 62.8 Kg (51~79 Kg), 술 전 진단으로 대퇴골두 무혈성 괴사가 71 예, 고관절 골관절염이 33예, 고관절 이형성증이 5예였고, 제2군의 남녀의 비율은 75명과 38명이었고, 평균 연령은 55.6세(22~83세), 평균 체중 61.2 Kg(49~82 Kg), 술 전 진단으로는 대퇴 골두 무혈성 괴사가 73예, 고관절 골관절염이 34예, 고관절 이형성증이 6예였다. 두 그룹간의 술 전 성별, 나이, 몸무게, 기저질환 등에서 통계학적으로 유의한 차이는 없었다

(Table 1). 모든 수술은 동일한 술자(S.K.H)의 집도로 이루어졌으며, 전 예에서 무시멘트성 고관절 전치환술을 시행하였고 대퇴 주대로는 Accolade TMZF (Stryker Inc, Warsaw, Ind, USA)를, 비구컵으로는 Secure Fit ceramic on ceramic shell (Stryker Inc, Warsaw, Ind, USA)을 사용하였다.

수술 전 삽입물의 크기 측정을 위해, 환자의 양다리에 실제 10 cm의 계측 막대를 삽입 후 115%의 확대율로 pelvis orthopedic standard view를 촬영하였다. 고식적 가늌술을 한 경우 방사선 필름위로 투명한 아세테이트 가늌자를 대어 비구컵의 크기를 측정하였고, 대퇴 주대의 크기를 측정하였다(Fig. 1). 본원에서 사용한 Accolade TMZF 대퇴 주대의 경우 췌기형의 대퇴 주대로 가늌술 시 측면 사진에서는 의미가 없어 사용하지 않았다. 디지털 가늌술은 본원 PACS에서 사용이 가능한 디지털 프로그램 (Orthoview, Meridian Technique Ltd, USA)을 이용하여 총 4단계를 거쳐 측정하였다. 첫번째 단계는 scaling

Table 1. Demographic Data of Group 1, Group 2

	Conventional Templating (Group 1)	Digital Templating (Group 2)	P-Value
No. of Patients	109	113	
Gender(M:F)	78:31	75:38	0.47
Age(Yrs)	54.6 (28~86)	55.6 (22~83)	0.55
Weight(Kg)	62.8 (51~79)	61.2 (49~82)	0.68
Osteoporotic Patients (Mean t-Score \leq 3.5)	38	49	
Preoperative Diagnosis			
Avascular Necrosis	71	73	0.70
Osteoarthritis	33	34	0.64
Hip Dysplasia	5	6	0.62

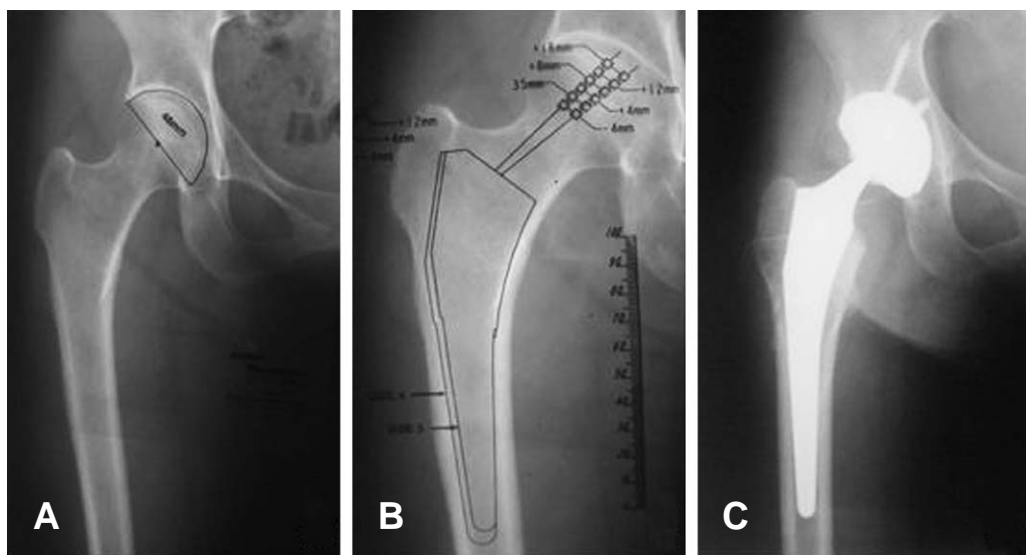


Fig. 1. Preoperative radiograph of a 52 years old male shows avascular necrosis. (A) This shows measuring acetabular cup by acetate templating using acetate film. (B) This shows measuring femoral stem by acetate templating using acetate film. (C) Postoperative radiograph of total hip arthroplasty shows stable fixation (exactly correct size).

단계로 방사선 사진의 확대율의 표준화를 위해 먼저 10 cm의 계측 막대를 기준으로 디지털 가늀술의 확대율을 교정하고, 그 다음은 planning 단계로 경좌골선(transischial line)을 기준으로 골반 기울임(pelvic tilt)와 다리길이를 측정하여 삽입물 도식의 기준을 정한 후 templating 단계를 통해 비구컵의 크기와 대퇴 주대의 크기를 도식화한 후 측정자의 조정을 거친다. 마지막 reporting 단계에서는 최종 측정한 값을 수치로 보고하게 된다(Fig. 2). 관찰자 내 측정의 오차를 최소화하기 위해 모든 경우에서 동일한 측정자가 각각 2 회에 걸쳐 측정을 시행하였고 관찰자 간 오차의 줄이기 위해 2회의 측정 결과를 토대로 측정 과정을 술자(S.K.H)가 최종 확인하여 수술 전 측정치를 한 가지로 통일하였다. 모든 수술은 측와위에서 후외방 접근법을 사용하였다. 수술 시 실제로 사용된 비구컵과 주대 크기를 확정하였다. 술 전 측정된 삽입물의 크기와 수술 중에 확정된 삽입물의 크기를 비교하여 각각의 고식적 가늀술과 디지털 가늀술에서 그 크기가 완전히 일치한 경우와 ± 1 , ± 2 size에서 일치한 경우를 백분율(%)로 평가하였다. 통계학적 방법으로 t-test를 이용하여 결과를 비교하였다.

반복된 측정에 대한 일치율은 통계학적 지수인 등급 내 상관관계수 (intraclass correlation coefficient)를 구하여 비교하였다. 등급 내 상관관계수는 Spearman 또는 Pearson 의 방법으로 구하는 다른 상관관계수에 비해 짝지

어진 데이터를 분석할 때 발생하는 오류가 덜 발생하는 장점이 있다. 등급 내 상관관계수가 0.7에서 0.9사이일 때 좋은 상관관계를 보인다고 말할 수 있다⁴⁾.

결 과

먼저 비구컵 측정에서는 고식적 가늀술을 시행한 군에서 측정치와 실제 삽입물의 크기가 완전히 일치한 경우가 46.8%였고, ± 1 size에서 일치한 경우가 94.5%였고, ± 2 size에서 일치한 경우는 100%였다. 디지털 가늀술을 사용하여 삽입물의 크기를 측정한 군에서는 완전히 일치한 경우가 43.4%였고, ± 1 size에서 일치한 경우가 92.9%였고, ± 2 size에서 일치한 경우는 100%였다. 오차의 범위가 ± 1 size를 초과하는 경우는 고식적 가늀술군과 디지털 가늀술군에서 각각 6예(5.5%), 8예(7.0%)에서 관찰되었다. 대퇴 주대의 경우에는 고식적 가늀술을 사용하여 삽입물의 크기를 측정한 군에서 완전히 일치한 경우가 53.2%였고, ± 1 size에서 일치한 경우가 92.7%였고, ± 2 size에서 일치한 경우는 100%였다. 디지털 가늀술을 사용하여 삽입물의 크기를 측정한 경우 측정치와 실제 삽입물의 크기가 완전히 일치한 경우가 46.9%였고, ± 1 size에서 일치한 경우가 93.8%였고, ± 2 size에서 일치한 경우는 100%였다. 오차의 범위가 ± 1 size를 초과하는 경우는 고식적 가늀술군과 디지털 가늀술군에서 각각 8예(7.3%), 7예

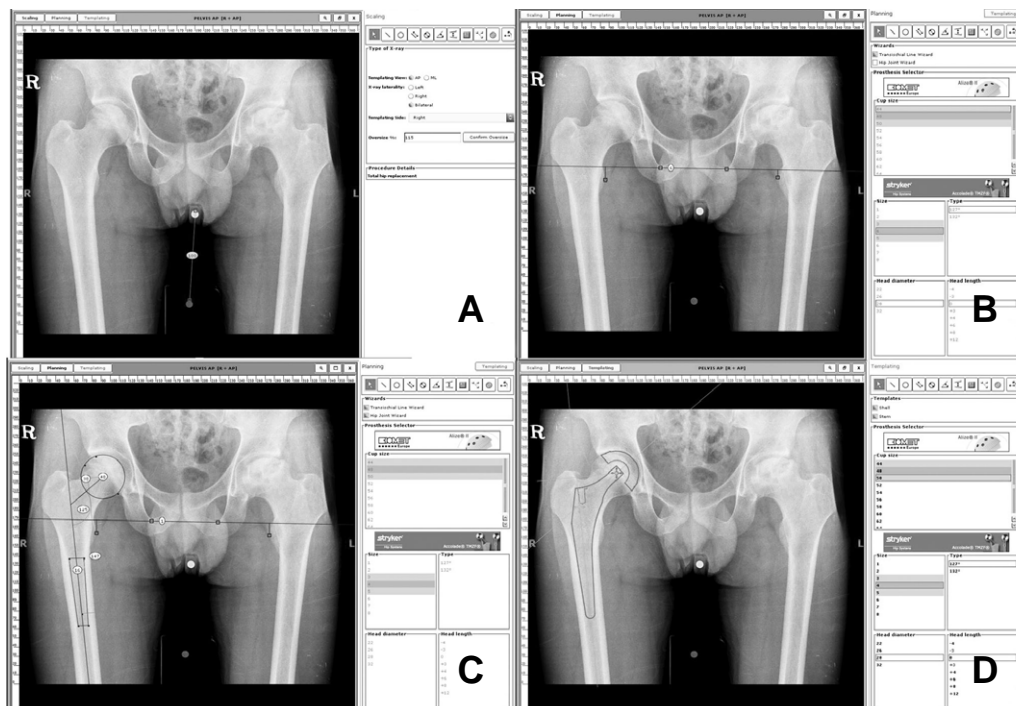


Fig. 2. Preoperative radiograph of a 54 years old female shows avascular necrosis. (A) Scaling. (B) Planning-correction of pelvis tilt based on transischial line. (C) Planning-measuring size of femoral head and femoral canal. (D) Templating-visualization of measured implant.

(6.2%)에서 확인되었다. 고식적 가늀술군과 디지털 가늀술군 간에 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(Table 2).

고식적 가늀술에서 측정자 간 일치율은 등급 내 상관관계수로 측정하였는데, 비구컵에서는 0.82, 대퇴 주대에서는 0.85의 일치율을 보였다. 디지털 가늀술에서는 비구컵 0.9, 대퇴 주대 0.87의 일치율을 보였다.

측정자 내 일치율은 두명의 측정자(D.H.K, C.H.L)와 한 명의 술자(S.K.H)에서 측정하였는데, 고식적 가늀술에서 비구컵 측정 시 상기의 순서대로 0.74, 0.71, 0.94의 결과를 보였으며 대퇴 주대 측정 시 0.81, 0.79, 0.92의 결과를 보였다. 디지털 가늀술에서 비구컵 측정 시 0.91, 0.87, 0.95, 대퇴 주대 측정 시 0.90, 0.88, 0.95의 결과를 보였다. 측정자 간, 측정자 내 일치율에서 디지털 가늀술이 더 높은 일치율을 보였으나 통계학적 유의성은 보이지 않았다.(p value) 0.05)

고 찰

고관절 인공관절 전치환술에서 수술 전 가늀술은 술 전 계획의 중요한 단계로^{5,6)} 치환물 크기의 정확한 예측은 비구컵의 안정적인 고정에 중요하며, 다리 길이와 오프셋을 결정하는 대퇴 주대의 선택에도 중요하다. 특히 최적의 크기보다 한 단계 작은 크기의 대퇴 주대를 선택하는 경우 대퇴 주대의 고정 및 안정성에 문제가 발생하며⁷⁾, 한 단계 큰 크기의 대퇴 주대를 삽입했던 경우 대퇴에 주어지는 장력이 최대 6배까지 증가하여 대퇴골의 골절을 일으킬 수 있다⁸⁾. 일부 저자들은 가늀술의 정확도를 92%까지 보고하고 있으나⁹⁾, 이는 시멘트 대퇴 주대를 삽입한 경우로 무시멘트 대퇴 주대를 사용할 경우 정확한 예측은 더욱 어렵다⁹⁾.

술 전 가늀술의 정확도를 저하시키는 요인에는 여러가지가 있다. 방사선 필름의 질이 떨어져 가늀 자체가 어려운 경우가 있으며, 환자들의 고관절의 외회전 구축으로 인해 가늀을 위한 방사선의 정확한 촬영이 어려운 점 또한

들 수 있다⁹⁾. 또한 환자의 나이와 연부조직의 긴장도, 환자의 골질 등이 실제 적용되는 삽입물과 술 전 측정할 수치와 차이가 나는 원인이 된다.

최근 고관절 인공관절 치환술의 가늀술의 새로운 방법으로 디지털 프로그램을 이용한 방법이 소개되고 있다. PACS의 보급이 일상화 됨에 따라 고식적 방법을 통한 크기 측정보다는 디지털 가늀술이 많이 보급되고 있다. 디지털 프로그램을 사용하는 경우 필름을 찾거나 운반하거나 관리하는 인력도 줄일 수 있으며 추가적인 방사선 노출을 피하고 경제적 절약 효과 또한 얻을 수 있어 이러한 프로그램이 보급되고 있다. 그러나 새로운 프로그램들에 대한 이해가 부족한 실정으로^{10,11)} 아직까지도 디지털 가늀자를 이용하여 수술 전 측정을 시행하기 보다는 아세트이트(acetate) 가늀자를 이용한 고식적인 측정 방법이 더 선호되고 있다⁹⁾.

Aasis 등¹¹⁾에 의하면 술 전 측정의 정확도에서 고식적 가늀술을 사용하여 비구컵을 측정할 때 술 전 측정치와 실제 삽입물의 크기가 완전히 일치한 경우를 42.2%, 대퇴 주대의 경우에는 완전히 일치한 경우가 68.8%로 보고하였다. 본 연구에서는 고식적 가늀술을 사용하여 비구컵을 측정할 때 술 전 측정치와 실제 삽입물의 크기가 완전히 일치한 경우가 각각 비구컵 46.6%, 대퇴 주대 53.2%로 Aasis 등의 결과에 비해 낮거나 비슷한 결과를 보였다. 이는 본 연구 대상의 평균 연령은 고식적 가늀술을 시행한 경우와 디지털 가늀술을 사용한 경우 각각 54.6세와 55.6세였지만 주로 고령의 환자에서 골다공증이 심하여(Mean BMD t-score ≤ -3.5) 대퇴 주대가 술 전 측정값보다 크게 삽입되는 경우가 많았던 것으로 생각된다.

Richard 등¹¹⁾은 디지털 가늀술을 시행한 결과를 보고하면서 ± 1 size에서의 일치도가 비구컵에서 60%, 대퇴 주대에서 74%로 보고하였다. 본 연구에서는 비구컵과 대퇴 주대의 ± 1 size에서의 일치도가 각각 94.5%와 92.9%로 Richard 등의 결과보다 좀 더 높게 측정되었다.

Table 2. Accuracy between Templated Size and Actual Implant Size according to Component Type in Two Groups.

Component Type						P-Value
Femoral Stem (Acetate)			Femoral Stem (Digital)			
Exact	58 Hips	53.2%	Exact	53 Hips	46.9%	0.53
± 1 Size	43 Hips	39.5%	± 1 Size	53 Hips	46.9%	0.50
± 2 Size	8 Hips	7.3%	± 2 Size	7 Hips	6.2%	
Component Type						P-Value
Acetabular Cup (Acetate)			Acetabular cup (Digital)			
Exact	51 Hips	46.8%	Exact	49 Hips	43.4%	0.58
± 1 Size	52 Hips	47.7%	± 1 Size	56 Hips	49.5%	0.46
± 2 Size	6 Hips	5.5%	± 2 Size	8 Hips	7.1%	

고관절 인공관절 치환술 시 디지털 프로그램을 사용한 가늠술의 정확도에 대해 논란이 있어 왔으나 본 연구에서 디지털 가늠술을 사용하는 경우 고식적 가늠술과 동등한 수준의 정확도를 확인하였다. 또한 측정시간, 측정자 내 일치율이 디지털 가늠술에서 고식적 가늠술에 비해 높은 것을 확인하였다. 디지털 가늠술의 장점들로 비추어 볼 때 향후 디지털 가늠술이 충분히 고식적 가늠술을 대체할 수 있으리라 사료된다.

본 연구에서 측정자가 프로그램을 다루는 데 숙련되지 않으면 오히려 측정 결과가 오차가 생기는 경우를 경험할 수 있었는데 디지털 가늠술군에서 비구컵 8예, 대퇴 주대 7예에서 ± 2 size의 오차를 보였다. Richard 등¹⁰⁾도 술 전 측정의 정확도가 떨어지는 이유로 디지털 프로그램에 대한 미숙함을 지적하였다. 특히 본 연구에서 디지털 가늠술을 시행하는 데 있어 측정자가 기준점을 정확하게 설정하여야 하는 데 프로그램에 대한 이해와 경험이 부족한 경우 기준점 설정 시에 오차가 발생하는 경우를 확인할 수 있었다. 이는 새로운 방법에 대한 학습곡선(learning curve)에 의한 것으로 볼 수 있다. 50번째 가늠술 시행을 기준으로 보면 50번째 이후에 ± 2 size의 오차를 보인 예는 비구컵 측정에서 2예, 대퇴 주대 1예로 향후 디지털 가늠술 시행 시 프로그램에 대한 충분한 이해 및 숙련이 동반되는 경우 정확도는 더욱 높아질 것으로 예상된다.

이 외 본 연구에서는 몇 가지 제한점이 있다. 우선 수술 전 진단으로 대퇴골두 무혈성 괴사나 골관절염이 많은데 이런 경우 고관절의 외회전 구축이 있는 경우가 많기 때문에 정상적으로 내회전 15° 를 시행하여 X-ray를 찍을 수 없는 경우가 많아 그 크기 측정에 오류가 생긴 경우가 많다. 둘째, 본 연구에서는 본원의 PACS에서 사용이 가능한 디지털 프로그램만 사용하였다. 따라서 크기 측정을 위한 다른 프로그램들과의 비교 결과 역시 필요할것으로 사료된다.

결 론

고관절 전치환술을 위한 수술 전 측정에 사용되는 디지털 가늠술은 고식적 가늠술과 동등한 정확도를 보여 주었

다. 디지털 가늠술은 고관절 전치환술 술 전 측정 시 고식적인 가늠술을 대체할 수 있을 것이다.

REFERENCES

1. Kosashvili Y, Shasha N, Olschewski E, et al. *Digital versus conventional templating techniques in preoperative planning for total hip arthroplasty*. *Can J Surg*. 2009;52: 6-11.
2. Won YY, Cui WQ, Kim KK, Son SH. *Comparison of digital templating with manual templating for total hip replacement*. *J Korean Orthop Assoc*. 2005;40:929-34.
3. Unnanuntana A, Wagner D, Goodman SB. *The accuracy of preoperative templating in cementless total hip arthroplasty*. *J Arthroplasty*. 2009;24:180-6.
4. Streiner DL, Norman GR. *Health measurement scales: a practical guide to their development and use*. 2nd ed. New York: Oxford University Press; 1995. 231.
5. Egli S, Pisan M, Müller ME. *The value of preoperative planning for total hip arthroplasty*. *J Bone Joint Surg Br*. 1998;80:382-90.
6. Jay VP, McGrory BJ. *A convenient method for preoperative templating*. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 1995;24:792.
7. Carter LW, Stovall DO, Young TR. *Determination of accuracy of preoperative templating of noncemented femoral prostheses*. *J Arthroplasty*. 1995;10:507-13.
8. Conn KS, Clarke MT, Hallett JP. *A simple guide to determine the magnification of radiographs and to improve the accuracy of preoperative templating*. *J Bone Joint Surg Br*. 2002;84:269-72.
9. Linclau L, Dokter G, Peene P. *Radiological aspects in preoperative planning and postoperative assessment of cementless total hip arthroplasty*. *Acta Orthop Belg*. 1993; 59:163-7.
10. Crooijmans HJ, Laumen AM, van Pul C, van Mourik JB. *A new digital preoperative planning method for total hip arthroplasties*. *Clin Orthop Relat Res*. 2009;467:909-16.
11. Iorio R, Siegel J, Specht LM, Tilzey JF, Hartman A, Healy WL. *A comparison of acetate vs digital templating for preoperative planning of total hip arthroplasty: is digital templating accurate and safe?* *J Arthroplasty*. 2009;24: 175-9.

국문초록

고관절 전치환술을 위한 수술 전 측정의 정확도: 고식적 가늠술(Acetate templating)과 디지털 가늠술(Digital templating)의 비교

황성관 · 강동현 · 조태연 · 이창호

연세대학교 원주의과대학 정형외과학교실

목적: 술 전 삽입물의 크기 측정을 위한 고식적 가늠술(acetate templating)과 디지털 가늠술(digital templating)의 정확도를 비교, 분석하여 디지털 가늠술의 유효성 여부를 검토하였다.

대상 및 방법: 2002년 11월부터 2006년 5월까지 일차성 고관절 전치환술을 시행 받은 109명의 환자를 고식적 가늠술(acetate templating, 제1군)로, 2006년 6월부터 2009년 4월까지 113명의 환자는 디지털 가늠술(digital templating, 제2군)로 비구컵, 대퇴 주대의 크기를 가늠하여 실제 삽입된 비구컵과 대퇴주대의 크기와 비교하여 두 방법의 정확도를 측정하였다.

결과: 제1군에서 비구컵은 일치한 경우가 46.8%, 1단위 허용범위 내에는 94.5%였고, 대퇴 주대는 각각 53.2%, 92.7%였다. 제2군의 경우 비구컵은 일치한 경우가 43.4%, 1단위 허용범위 내에는 92.9%였고, 대퇴 주대는 46.9%, 93.8%였다.

결론: 디지털 가늠술의 정확도는 고식적 가늠술과 동등한 정도의 정확도를 보여 술 전 측정 시 고식적 가늠술을 대체할 만한 방법으로 사료된다.

색인단어: 고식적 가늠술, 디지털 가늠술, 일차성 고관절 전치환술