

## 이중에너지 X선 골밀도 측정장치를 이용한 고관절 치환물 해리판정: 예비보고<sup>1</sup>

윤혜경·강홍식·한만청·김희중<sup>2</sup>·김영민<sup>2</sup>

**목 적:** 이중에너지 X선골밀도측정장치(DXA)를 이용하여 고관절전치환술을 시행한 환자에서의 치환물주변 골밀도측정도 가능해졌으며, 최근에 개발된 orthopedic 소프트웨어는 치환물 주변의 골밀도를 횡단분포도로 나타내어 골밀도의 상대적분포를 알 수 있게 되었다. 저자들은 새로운 소프트웨어를 이용한 치환물주변의 골밀도 횡단분포도의 분석이 치환물의 해리판정에 있어 어떤 역할을 할 수 있을 것인가 알아보고자 이 연구를 시행하였다.

**대상 및 방법:** 총 32명의 환자(36개 고관절)를 대상으로 하였고 고관절전치환술과 DXA사이의 기간은 1년 7개월에서 15년까지였다. 횡단분포도소견에 따라 세가지 형으로 분류하였는데, 견고한 고정을 나타내는 I 형이 17예, 분명한 해리를 나타내는 II 형은 8예, 부분해리인 III 형은 총 11 예에서 있었다. 단순골촬영소견과 DXA를 이용한 횡단분포도를 비교하였고 수술을 시행한 14 예에서는 수술소견을 같이 분석하였다.

**결 과:** 비구측해리의 재성형을 위해 수술을 시행했던 14 예중 5 예에서 대퇴골측해리가 확인되었고, 나머지 9 예에서는 대퇴골측 치환물의 견고한 고정을 확인하였다. 수술로 확인된 예에서 단순촬영 및 DXA 모두 민감도 100 %를 보였으며 특이도는 단순촬영과 DXA가 각각 88%, 77% 로서 단순촬영이 더 높았다.

**결 론:** 위의 결과를 토대로 DXA를 이용한 골밀도의 횡단분포도분석이 치환물해리를 평가하는데 단순촬영과 함께 어느 정도 유용하리라 예상되지만 임상적응을 위해서는 많은 증례를 대상으로한 연구가 필요할 것이다.

### 서 론

인공고관절전치환술(Total hip replacement arthroplasty, 이하 THRA로 약함)을 시행한 환자에 있어서 치환물해리가 합병증으로 가장 중요하며 따라서 인공삽입물 주위 골흡수로 인한 골밀도변화를 찾는 것이 중요하다. THRA 환자에서 추적검사로써 단순골촬영을 일정시간 간격으로 시행하여 인공삽입물 주변의 골상태변화를 예측하고 있는데 단순골촬영의 경우 방사선 투과정도, 필름상태, 대퇴골의 회전정도 등 여러 가지 변수가 관여하여 객관적 정량화가 어려운 문제점을 갖고 있다.

이중에너지 X선골밀도측정장치(Dual X-ray Absorptiometry, 이하 DXA로 약함)는 객관적이고 정확한 골밀도 정량방법으로(1-3) THRA 환자에 있어 치환물주변 골밀

도측정에 이용될 수 있다는 보고들이 있다(4, 5). 이들 보고는 단순촬영에서 관찰되지 않는 적은 골감소를 정량화할 수 있는 DXA의 장점을 이용하여 치환물 주변 골밀도변화를 측정함으로써 치환물의 performance, 치환물로 인한 부하에 따른 골재형성등 객관적인 정보를 임상에 줄 수 있으리라 기대하였다. 해리란 치환물 주변의 골밀도가 현저히 저하되어 지지역할을 할 수 없는 상태라고 할 수 있으며 치환물주위골밀도와 다른 부위의 상대적인 분포를 봄으로써 해리를 예측할 수 있지 않을까 하는 기대를 해볼 수 있는데 최근에 개발된 orthopedic 소프트웨어는 치환물 주변의 골밀도를 횡단분포도로 나타내어 골밀도의 상대적분포를 알 수 있다. 저자들은 새로운 소프트웨어를 이용한 치환물주변의 골밀도 횡단분포도의 분석이 치환물의 해리판정에 있어 어떤 역할을 할 수 있을 것인가 알아보고자 이 연구를 시행하였다.

### 대상 및 방법

고관절전치환술을 시행한 후 추적중인 환자중에서 DXA

<sup>1</sup>서울대학교 의과대학 진단방사선과학교실

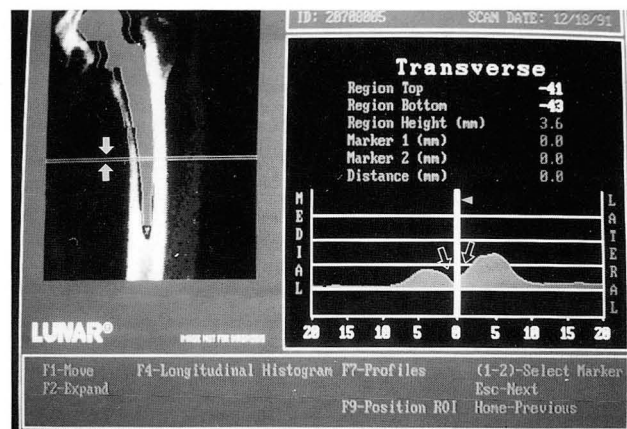
<sup>2</sup>서울대학교 의과대학 정형외과학교실

본 논문은 1993년도 서울대학교병원 지정진료 연구비의 보조로 이루어 졌음  
이 논문은 1993년 3월 26일 접수하여 1993년 10월 5일에 채택되었음

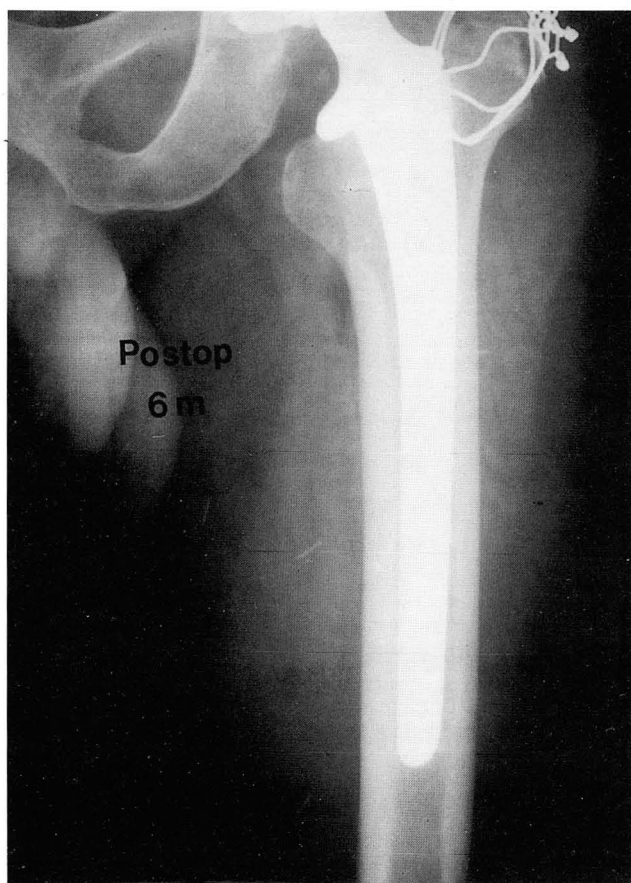
로 골밀도측정을 시행한 32명 환자(36개 고관절)를 대상으로 하였다. 남자가 18명, 여자가 14명이었으며 연령분포는 18세에서 71세(평균 44.7세)였다. 총 36고관절중 14예에서는 재치환술을 시행하여 치환물의 고정상태를 확인할 수 있었다. 고관절치환술을 시행한 후 검사 시행까지의 기간은 1년 7개월에서 15년으로 평균 7년 1개월이었다. DXA 기기는 DPX-L모델(LUNAR Corp., Madison, Wisconsin, USA)을 사용하였다. 이 장치는 좁게 collimation 된 X-선을 K-edge filter로 여과시켜 두 개의 에너지 띠(38, 70 Kev)만을 방사하여 골조직 및 연부조직을 투과시킨 후 투과된 방사선을 탐지자로 측정하는 것으로 골밀도를 해당부위 면적( $\text{cm}^2$ )당 골량(gm)으로 측정한다.

내장된 소프트웨어(orthopedic hip software)는 치환물 주변의 골밀도를 종단 및 횡단분포도로 표시할 수 있도록 되어 있으며 이러한 골밀도의 횡단분포도에서 삽입물주위 골밀도 분포형태를 다음의 3가지 형태로 분류하였다: 치환 stem 주변의 골밀도가 다른곳보다 높아서 역 V자(Fig. 2b) 또는 다른 곳과 같은 수평형은 견고한 고정을 나타낸다고 판단하였다(Type I). 치환 stem 주변 골밀도가 다른 부위보다 현저히 낮아 V자형태를 보이는 경우는 분명한 해리를 나타낸다고 보았다(Type II)(Fig. 1 & 3b). 외측, 또는 내측의 어느 한 쪽만 골밀도가 낮은 형은 부분해리로 판정하였다(Type III)(Fig. 4c). 이 프로그램에서 두개의

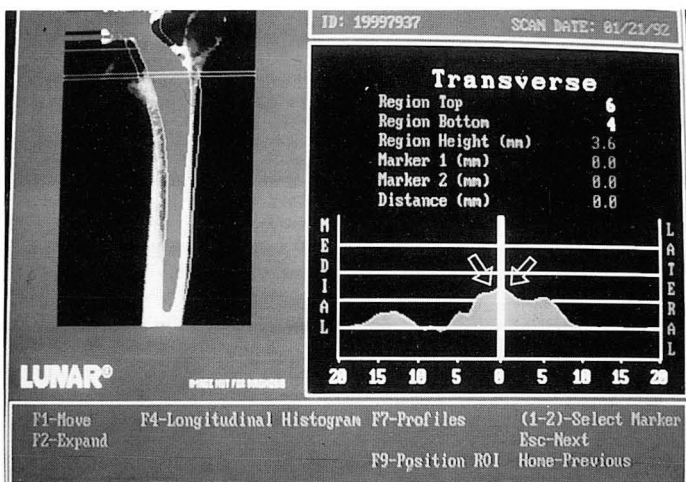
가로선사이가 관심범위(region of interest)가 되며 임의로 조절할 수 있으나 최대 6 mm를 넘지 못하며 이 횡단분포도에 나타난 상대적인 골밀도분포 이외에 골밀도의 절



**Fig. 1.** An example of transverse histogram. Regions of interest are area between two horizontal lines (white arrows). On the right side, stem is drawn as white vertical band (arrowhead), and bone density around hip stem is shown as graphs either medial or lateral sides. There is V-shaped bone density pattern (open arrows). The numbers at bottom mean distances (mm) from hip stem.



a

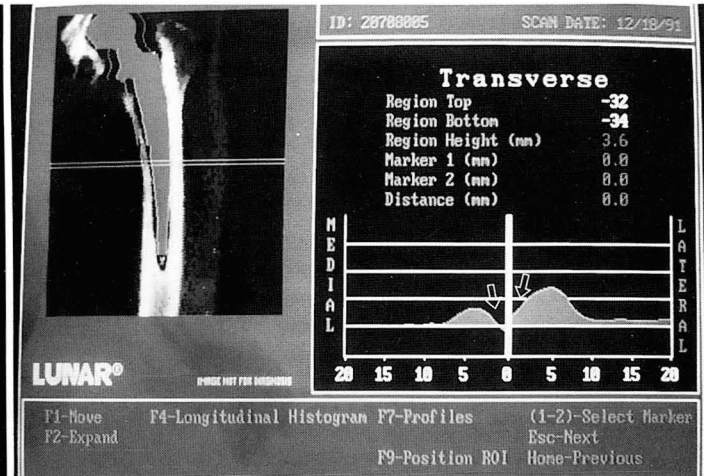


b

**Fig. 2.** A case with rigid fixation.  
a. Radiograph of left femur taken at 6 months after THRA shows no radiolucent zone around hip stem.  
b. Transverse histogram shows horizontal (inverted V) pattern of periprosthetic bone density (arrows).



a



b

Fig. 3. Stem with definite loosening on transverse histogram.

a. Radiograph of left hip reveals irregular radiolucent stripe more than 2mm around hip stem. THRA was done 4 years ago.

b. V-shaped distribution of bone density(arrows) is seen on transverse histogram. Surgery for revision of prosthesis confirmed femoral stem loosening.

대값은 계산하지 못한다. 저자들은 가로선을 단순 촬영소견에서 가장 골음영이 낮게 보이는 부위에 위치시켰고 관심범위는 임의로 3.6mm로 정하였으며 횡단면의 골밀도 분포를 치환물을 중심으로 상대적 크기로 표시하였다(Fig. 1).

단순촬영소견에서는 골-치환물간격이 2mm이상일 때, 또는 추적검사시에 골-치환물간격이 증가될 때 해리가 있는 것으로 판단하였다(Fig. 2a, 3a, 4a & 4b).

수술을 시행한 14예에서 단순촬영소견은 골-치환물간격이 2mm이상일 때를 해리가 있는 것으로 하고, DXA는 type II, III를 해리가 있는 것으로 판정하여 수술소견과 비교함으로써 민감도와 특이도를 산출하였다. 단순촬영소견과 DXA소견이 서로 부합되는지보기 위하여 위의 14예를 포함한 전체 36예를 대상으로 단순촬영상 2mm이상, 2mm미만군으로 나누어 DXA에서 횡단면골밀도분포의 형태와 비교하였다.

## 결 과

단순촬영상 해리가 있다고 판단된 예가 10예(Fig. 3a & 4b)였으며 DXA 횡단분포도 양상은 36개 고관절 중 견고한 고정(Type I)은 17예(Fig. 2b), 분명한 해리(Type

II)는 8예(Fig. 1 & 3b), 부분해리(Type III)는 11예였다(Fig. 4c). 비구측치환물또는 대퇴골측치환물을 재성형하기 위해 교정수술을 시행한 14예중 모든예가 비구측 치환물에 해리가 있었고 5예에서는 대퇴골측에 해리가 있었으나 9예에서는 대퇴골측 해리가 없는 견고한 고정이 확인되었다. 대퇴골측 삽입물의 해리가 확인된 5예중 단순촬영에서 골음영이 2mm이상인 경우가 5예였고 수술에서 해리가 없었던 9예중 골음영 2mm미만은 8예로서 단순촬영은 민감도 100%, 특이도 88%를 보였다. DXA의 경우는 수술에서 해리가 있었던 5예중 II, III형이 5예, 해리가 없었던 9예중 I형이 7예로서 민감도 100%, 특이도 77%를 보였다(Table 1).

총 36예중에서 단순촬영상 골-치환물간격이 2mm이상인 10예중 DXA I형은 1예, II형은 3예, III형은 6예였다. 단순촬영상 골-치환물간격이 2mm미만인 26예에서는 DXA I형이 16예, II형이 5예, III형이 5예였다(Table 2).

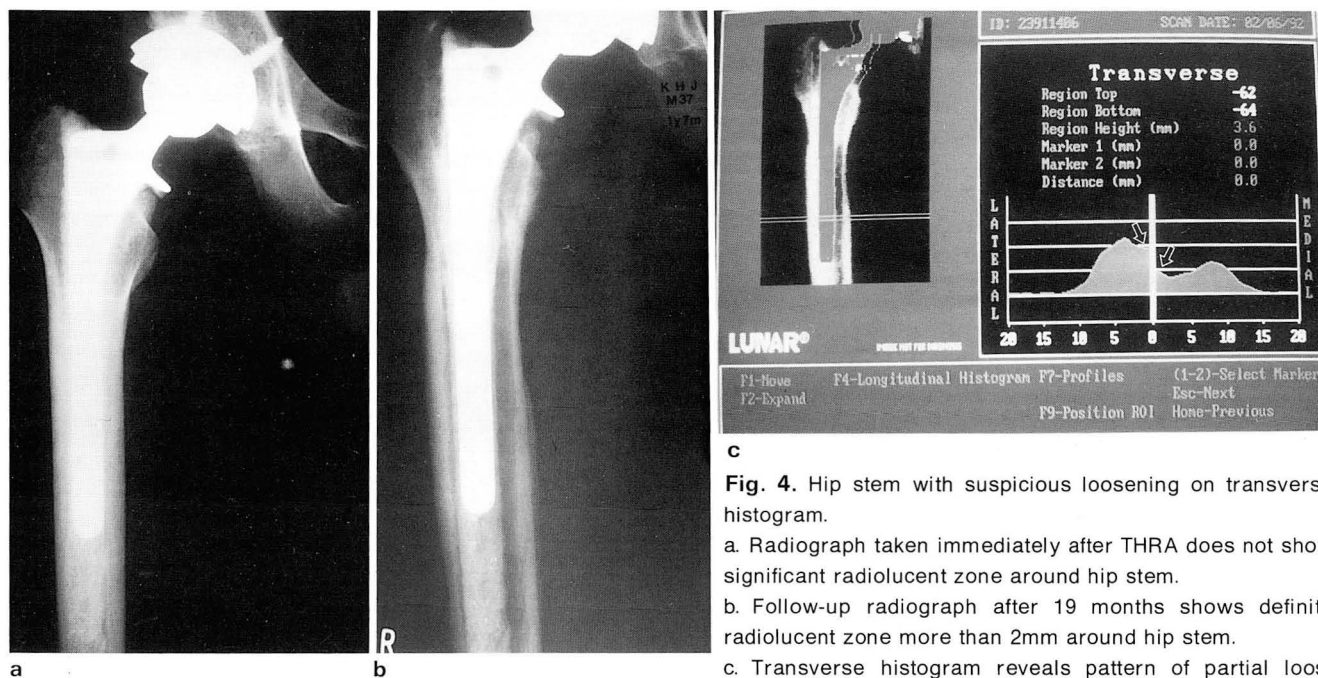
## 고 찰

인공관절전치환술(THRA)은 심하게 진행된 관절염에서 동통의 감소, 운동 범위 확대, 기능의 향진을 목적으로 시행하는 치료방법이다(6). 치환물의 고정방법은 금속성 치환물과 대퇴골간에 시멘트를 사용하거나 사용하지 않는 것으로 대별되며 치환물은 골성장(bone ingrowth)유도를 목적으로 하는 porous-coated 치환물이 최근에는 많이 사용되고 있다. THRA를 시행한 후에 추적검사로써 단순촬영의 역할이 매우 큰데, 수술 직후에는 치환물의 안정된

위치, 외반 또는 내반(varus or valgus)의 여부, anteversion등의 orientation, 시멘트의 적절한 위치, 양등의 치환물에 대한 평가가 가능하며 추적검사로 사용되어서는 치환물해리, 이소골형성(heterotopic ossification) 및 감염등을 예측하는데 유용하게 쓰일 수 있다. THRA의 가장 흔한 합병증인 치환물의 해리를 예측하는 것은 매우 중요하여 단순방사선소견에서 골-치환물 간격이 2mm이상이거나 추적관찰시에 점차적으로 증가될 때 해리를 의심할 수 있

으나 실제로 단순촬영만으로 해리를 정확하게 진단하는 데는 어려움이 있다. 비록 THRA환자를 대상으로 한 몇가지 연구에서 단순골촬영에서의 연속적인 변화를 상세히 기술하여 단순촬영이 추적검사로써 매우 유용하다고 하고 있으나(7, 8), 단순촬영은 THRA 후 필연적으로 생기는 치환물 주위의 골밀도 변화를 정량적으로 나타내기 어렵다는 한계가 있다.

DXA는 골밀도측정장치중 가장 최근에 개발된 방법으



c

**Fig. 4.** Hip stem with suspicious loosening on transverse histogram.

a. Radiograph taken immediately after THRA does not show significant radiolucent zone around hip stem.

b. Follow-up radiograph after 19 months shows definite radiolucent zone more than 2mm around hip stem.

c. Transverse histogram reveals pattern of partial loosening(arrows).

Surgery for revision confirmed stem loosening.

**Table 1.** Radiographic & DXA Findings Correlated Operative Findings in 14 Hips

| Operative Findings | Plain X-ray  |              | DXA         |              | Total |
|--------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------|
|                    | Loosening(+) | Loosening(-) | Looseing(+) | Loosening(-) |       |
| Loosening(+)       | 5            | 0            | 5           | 0            | 5     |
| Loosening(-)       | 1            | 8            | 2           | 7            | 9     |
| Total              | 6            | 8            | 7           | 7            | 14    |

DXA: Dual X-ray Absortimetry

**Table 2.** Radiographic Findings Versus DXA Findings of the Femoral Stems(n=36)

| Radiolucent Zone | Pattern of Transverse Histogram on DXA |                               |                               | Total |
|------------------|--|-------------------------------|-------------------------------|-------|
|                  | Type I<br>Rigid Fixation               | Type II<br>Definite Loosening | Type III<br>Partial Loosening |       |
| ≥ 2mm            | 1                                      | 3                             | 6                             | 10    |
| < 2mm            | 16                                     | 5                             | 5                             | 26    |
| Total            | 17                                     | 8                             | 11                            | 36    |

DXA: Dual X-ray Absortimetry

로 척추외에도 고관절의 골밀도 측정이 가능할 뿐 아니라 최근에는 THRA를 시행한 환자에서 치환물주위의 골밀도를 측정하여 치환물의 해리여부를 판정하는 소프트웨어가 개발되었다. 그러나 이 방법은 아주 최근에 개발되어 소개되었기 때문에 이 방법의 정확성에 관해서는 잘 알려져 있지 않다. 저자들이 문헌 검색한 바로는 몇 개의 초록만이 발표되었을 뿐 자세하게 기록된 연구보고를 찾을 수 없음은 물론 이 연구처럼 치환물주위 골밀도의 횡단분포와 치환물 해리와의 관계에 관한 연구보고는 전혀 없다. 치환물주위 골밀도를 횡단분포도로 나타내는 방법은 DPA를 이용하여 측정한 보고가 있지만(9), 이 연구는 단면상 관성모멘트를 계산한 것으로서 해리와의 연관성에 대해서는 언급하지 않았다. 저자들은 1991년 12월부터 DXA를 사용하는 소프트웨어를 이용하여 치환물주위의 골밀도를 측정하고 있는데 이 프로그램내에는 골밀도의 정량뿐 아니라 치환물주변부의 골밀도 분포를 종단(longitudinal), 및 횡단분포도(transverse histogram)로 표시하여 상대적인 비교를 할 수 있도록 만들어져 있다. 횡단분포도란 횡단면에서 관심범위를 임의로 설정하여 측정한 골밀도를 치환물을 기준으로 하여 상대적 크기를 도식화한 것이기 때문에 환자의 전체 골무기질양에 구애받지 않고 치환물주위 골밀도변화를 볼 수 있다.

수술을 시행하였던 14예중에서 단순촬영과 DXA가 모두 민감도 100%를 보였으나 특이도는 단순촬영인 경우 88%, DXA는 77%로 단순촬영이 좀더 높은 특이도를 보였다. 그러나 이러한 결과는 매우 제한된 숫자에서 이루어진 것이므로 임상적용은 어려울 것이라 생각된다. 대상이 되었던 총 36예중 단순촬영에서 골-치환물간격이 2mm 이상인 10예중 DXA II, III형을 보인 예가 9예로서 어느 정도 잘 부합되는 소견을 보였다. 반면에 골-치환물간격이 2mm미만인 26예중 DXA I형을 보인 예는 16예이고 나머지 10예는 II 또는 III형을 보여서 서로 맞지 않는 경우도 많았다. 단순촬영소견에서 해리가 없다고 판단되었으나 DXA소견이 II, III형을 보인 경우 실제로 해리가 있었는지는 수술을 시행하지 않았으므로 알 수 없다. 다만 단순촬영상 해리가 있다고 판단된 경우 DXA소견에서도 II, III형이 대부분(9/10)이어서 해리가 있는 경우 단순촬영과 DXA가 서로 부합되는 소견을 보이지 않을까 기대된다.

THRA환자에서 DXA를 시작한 기간이 길지 않아서 추적검사로서 DXA가 충분히 정확하고 유리한 검사라는 결

정을 내리기에는 부족한 자료이지만 이제까지의 결과는 DXA가 적어도 단순촬영과 비슷한 역할을 할 수 있으리라 본다. 즉 언급한 바와 같이 단순촬영이 골량을 정량화할 수 없는데 반하여 골량의 객관적 평가가 동시에 시행된다는 점에서는 DXA가 더 정확하고 객관적인 평가를 할 수 있을 것으로 기대된다.

이상의 결과를 토대로 하여 THRA 시행 후 치환물주위 골밀도변화를 정량화 할 수 있고 횡단분포도로 해리를 의심할 수 있는 DXA는 앞으로 추적검사로서 유용하리라 예측할 수 있으며 보다 긴 기간에 걸친 많은 자료를 이용한 연구와 보다 효과적인 소프트웨어개발이 필요하리라 생각된다.

## 참 고 문 헌

1. Faulkner KG, Glueer CC, Majumdar S, Lang P, Engelke K, Genant HK. Noninvasive measurements of bone mass, structure, and strength: current methods and experimental techniques. *AJR* **1991**;157:1229-1237
2. Genant HK, Block JE, Steiger P, Glueer CC, Ettinger B, Harris ST. Appropriate use of bone densitometry. *Radiology* **1989**;170:817-822
3. Reinbold WD, Genant HK, Reiser UJ, Harris ST, Ettinger B. Bone mineral content in early-postmenopausal and postmenopausal osteoporotic women: comparison of measurement methods. *Radiology* **1986**;160:469-478
4. Kiratli BJ, Heiner JP, McKintey N, Wilson MA, McBeath AA. Bone mineral density of the proximal femur after uncemented total hip arthroplasty(Abstract). *Trans Orthop Res Soc* **1991**;16:545
5. Kiratli BJ, Heiner JP, McBeath AA. Bone mineral density response after total hip arthroplasty: one year follow-up(Abstract). *J Bone Min Res* **1991**;6(3):S110
6. Goergen TG. *Imaging following joint surgery*. In: Resnick D, Niwayama G, eds. *Diagnosis of bone and joint disorders*. 2nd ed. Philadelphia: W. B. Saunders, **1988**;561-601
7. Kattapuram SV, Lodwick GS, Chandler H, Khurana JS, Ehara S, Rosenthal DI. Porous-coated anatomic total hip prostheses: radiographic analysis and clinical correlation. *Radiology* **1990**;174:861-864
8. Kaplan PA, Montesi SA, Jardon OM, Gregory PR. Bone-in-growth hip prostheses in asymptomatic patients: radiographic features. *Radiology* **1988**;169:221-227
9. Martin RB, Burr DB. Non-invasive measurement of long bone cross-sectional moment of inertia by photon absorptiometry. *J Biomech* **1984**;17(3):195-201

## Dual X-ray Absorptiometry(DXA) in the Detection of Loosening in the Total Hip Replacement Arthroplasty: Preliminary Study

Hye Kyung Yoon, M.D., Heung Sik Kang, M.D., Man Chung Han, M.D.,  
Hee Joong Kim, M.D.<sup>1</sup>, Young Min Kim, M.D.<sup>1</sup>

*Department of Diagnostic Radiology, Seoul National University College of Medicine*

*<sup>1</sup> Department of Orthopaedic Surgery, Seoul National University College of Medicine*

**Purpose:** Algorithms to get cross-sectional bone density pattern(transverse histogram) to predict the loosening of hip prosthesis using DXA(Dual X-ray Absorptiometry) have been developed. We performed this study to analyze the correlation between radiologic findings and densitometric pattern of the THRA(Total Hip Replacement Arthroplasty) patients.

**Materials and Methods:** Thirty-six hips of 32 THRA patients were evaluated. The duration between THRA and DXA was from 1 year 7 months to 15 years. On transverse histogram, the periprosthetic bone density patterns were classified as 3 types; type I, rigid fixation in 17, type II, definite loosening in 8, and type III, partial loosening in 11 cases. Surgical findings, plain X-ray findings and transverse histogram using DXA were correlated.

**Results:** Among 14 cases performing revision for acetabular prosthesis loosening, 5 cases revealed loosening of femoral stems while 9 cases revealed rigid fixation of femoral stems. Sensitivity was 100% for either plain X-ray or DXA. Specificity was 88%, 77% for plain X-ray and DXA respectively.

**Conclusion:** This preliminary study reveals that periprosthetic bone density pattern on transverse histogram on DXA may be useful in the evaluation of the loosening. However, further study will be needed for clinical application.

**Index Words:** Hip, prostheses

Bones, absorptiometry

Address reprint requests to : Hye Kyung Yoon, M.D., Department of Diagnostic Radiology, Seoul National University College of Medicine 28, Yongon-dong, Chongno-gu Seoul, 110-744 Korea. Tel. (82-2) 760-2584