*Journal of the Ergonomics Society of Korea*
Vol.20, No.3, pp.27-35, December 2001


# 대퇴골 전염각 측정을 위한 수 작업 방법과 Image Viewer 방법과의 비교 연구

# Comparative Study for the Measurement of Femoral Anteversion by Manual Method and Image Viewer

권 대 철*, 박 범**

## ABSTRACT

The measurement of the femoral anteversion is an important factor in the practice of orthopedic surgery. The anteversion is measured by means of the axis of head and neck of the femur. In this study, widely used computed tomography method of measuring anteversion was tested on femoral necks of patients. Measurement by the manual method and image viewer of computed tomography to determine the anteversion of femoral head were carried out on both femurs. In January and February 2001, 30 patients 3 to 6 years of age were randomly selected from Seoul National University Hospital. The purpose of this paper was to introduce a new method to measure femoral anteversion angle utilizing image viewer program. This new method was more accurate and convenient than the conventional manual method. No significant difference was observed between the manual method and the image viewer measurement of femoral anteversion. In conclusion, image viewer program was statistically more reliable in determining the angle of the femoral anteversion.

Keywords: Femoral Anteversion, Image Viewer, CT

* 아주대학교 대학원 의용공학협동과정
** 아주대학교 산업정보시스템공학과

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

# 1. 서 론

대퇴골 전염각(femoral anteversion)은 원위 대퇴골의 양과부를 횡단하는 면(diacondylar plane)에 대하여 대퇴골 경부의 장축이 전방으로 기울어진 축면(axial plane)상의 각도를 말한다(이덕용 등, 1989). 대퇴골 전염각의 정확한 측정은 정형외과 분야에서 중요한 의미를 가진다. 이러한 대퇴골 전염각 측정은 선천성
고관절 탈구 및 기형, 뇌성마비, 소아마비, 안짱다리의 진단 및 치료에 유용한 정보가 된다.

대퇴골 전염각은 대둔근의 지렛대의 길이를 길게 함으로써 직립위를 지지하고, 힘을 적게 한다(Radin, 1980). 과도한 대퇴골 전염각은 고관절의 외회전 범위의 제한을 초래하고, 성장의 이상을 초래하고 기형에 영향을 미칠 수 있다(Staheli, 1977).

대퇴골 전염각은 통상적으로 해부학적 대퇴골 전염각을 의미하며, 대퇴골 전염각 측정은 그 방법에 따라 정확성, 재현성, 측정 시 수기의 용이함, 방사선 노출정도 등의 기본적 조건에서 많은 차이가 있다(Ruby 등, 1979).

대퇴골 전염각의 방사선학적 측정 방법은 투시법, 이면 방사선법(biplanar method), 축 방사선법(axial method)으로 나눌 수 있으며, 현재 대퇴골 전염각 측정은 전산화단층검사(Peterson 등, 1981), 초음파검사(Moulton과 Upadhyay, 1982), 자기공명영상검사(Schneider 등, 1997)를 이용하여 측정하였다.

3차원 영상기법을 이용한 대퇴골 전염각을 측정하여 보고하였다(김선일 등, 1994). 본 연구병원에서는 대퇴골부와, 슬개골부를 전산화 단층촬영(CT)한 영상을 필름으로 출력하였다. 이 필름에 각도기, 자, 펜을 사용하여 수 작업으로 대퇴골 전염각을 측정하고 있다.

현재 수 작업 방법에 의한 대퇴골 전염각 측정은 Image Viewer 프로그램을 이용하는 병원의 PACS 환경에서도 필름을 출력하는 재료의 낭비와 수 작업에 의한 불편함이 따랐다.

이러한 불편함과 재료의 낭비를 해소하기 위하여 PACS 환경에서 Image Viewer 프로그램을 유용하게 이용하여 대퇴골 전염각을 측정하였다.

수 작업에 의한 불편함과, 필름을 출력하는 재료의 낭비를 제거하여, 편리하고 정확한 대퇴골 전염각 측정하여 임상에서 환자의 정확한 진단을 위하여 개발하였다.

# 2. 대퇴골 전염각의 정의와 컴퓨터단층촬영 측정법

## 2.1 대퇴골 전염각의 정의

대퇴골 전염각은 대퇴골 관절구에 대한 대퇴골경(neck of femur)의 뒤틀림의 정도를 측정한 값이다. 대퇴골 전염각이 큰 경우는 다리가 몸 안쪽으로 뒤틀림이 발생하며 안짱다리(intoeing gait)환자가 이에 해당된다. 안짱다리가 발생할 수 있는 요소 중에 대퇴골의 뒤틀림에 의한 경우는 8세 이상의 아동에서 주로 발생하며 대부분 성장과정에서 정상범위

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

로 돌아가지만 뒤틀림의 각도가 40도 이상으로 심한 경우는 수술에 의한 교정을 받게된다. 대퇴골경축(femoral neck axis)과 대퇴골 후측과(posterior condyles)의 두 정점을 잇는 직선과의 교차각을 대퇴골 전염각(femoral anteversion angle)으로 정의하였다(그림 1).

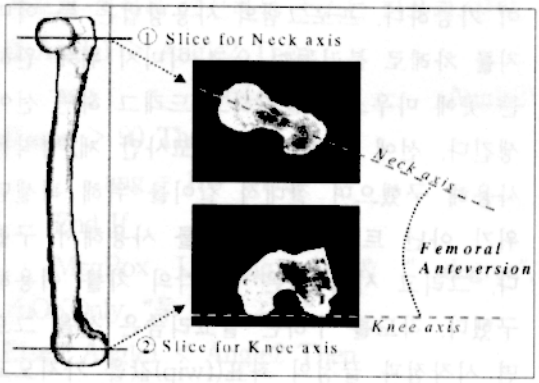


**Fig. 1. The Measurement of Femoral Anteversion by the CT**

## 2.2 컴퓨터단층촬영 측정법

2차원 컴퓨터단층촬영 측정법은 대퇴골 장축에 수직으로 컴퓨터단층촬영을 하게 되는데 대퇴골두(head of femur)와 대퇴골경(neck of femur)을 모두 포함하는 한 장의 컴퓨터단층촬영의 단면 영상과 대퇴골 관절구의 가장 큰 영역에서 한 장의 단면영상을 얻어 두 장의 영상을 겹쳐서 대퇴골 전염각을 측정한다(Dennis 등, 1980). 본 연구에서는 영상을 겹치지 않고 한 slice에 골반 부위와 대퇴골의 후반 부위를 오게 하여 영상을 만들어 측정하였다. 이때 대퇴골두의 중심과 대퇴골경의 중심을 지나는 직선을 대퇴골 경축(femoral head neck axis), 두 관절구 후부가 접하는 직선을 대퇴골 관절구 축으로 하며 대퇴골 전염각은 대퇴골경 축과 대퇴골 관절구축 사이의 각도이다.

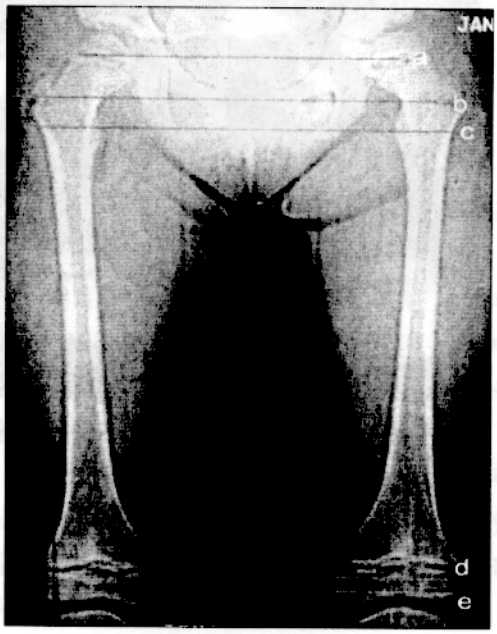


**Fig. 2. CT Imaging of Scout View**
**a : Head of femur axis**
**b : Femoral head neck axis**
**c : Greater trochanter axis**
**d : Femoral condyles axis**
**e : Distal part of femur axis**

그림 2는 전산화단층촬영(CT)의 scout 영상으로 대퇴골의 4부분을 단층 촬영하였다. a는 대퇴골 두축(head of femur axis), b는 대퇴골 경축(femoral head neck axis) c는 대퇴골의 대전자축(greater trochanter axis), d는

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

대퇴골 과축(femoral condyle axis), e는 대퇴골 후축(distal part of femur axis)을 설명한 그림이다. 그림 3은 전산화단층촬영 영상으로 각도기, 자, 펜을 이용하여 수 작업으로 대퇴골 전염각을 측정한 모습이다.

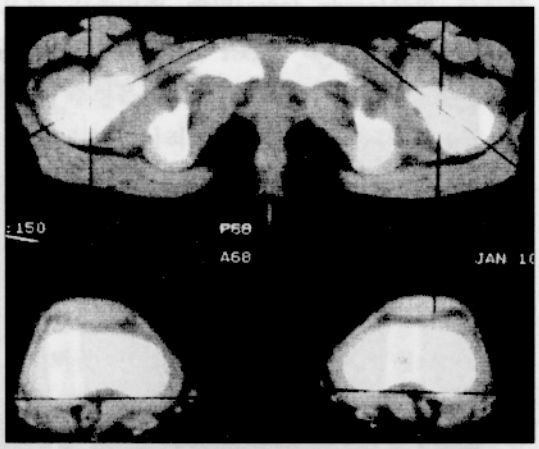


**Fig. 3. CT scan reveals of Femoral Anteversion**

## 3. 대상 및 방법

2001년 1~2월에 서울대학교병원 진단방사선과에 컴퓨터단층촬영검사실에 femoral anteversion을 검사하기 위해 내원한 3~9세 30명의 환자를 대상으로 하였다.

연구에 사용한 컴퓨터 단층 촬영 기기는 GE Hi-speed Advantage(General Electric Medical System, Milwaukee, USA)로 Bone Algorithm을 이용하여 촬영하였다.

수 작업에 의한 대퇴골 전염각의 측정은 CT필름과 각도기와 펜을 가지고 측정하였고, PACS에서의 모니터에서 Image Viewer를 이용하여 마우스를 사용하여, 대퇴골 전염각을 측정하였다. 통계 프로그램은 spss8.0을 이용하여 유의차 검정, 회귀방정식과 상관계수를 산출하였다.

PACS에서의 Image Viewer는 Windows 2000 professional, Visual Basic 6.0에서 제작되었으며 Windows98 이상의 환경이면 사용이 가능하다. 프로그램의 사용방법은 두 이미지를 차례로 불러들여 오고 이미지 위에 원하는 곳에 마우스를 클릭하고 드래그 하면 선이 생긴다. 선에 대해 각도는 코사인 제2법칙을 사용해 구했으며 절대적 길이를 위해 픽셀단위가 아닌 트윕(twip) 단위를 사용해서 구했다. 그리고 사이 각은 두 각의 차를 이용해 구했다. 각도를 구하는 알고리즘은 선을 그으면 시작점과 끝점의 좌표(twip)값을 가져오고 이 선을 빗변으로 하는 직각삼각형을 만들어 수평선에 대한 선의 각도를 코사인 제2법칙을 사용해 구했다. 이 때 각도는 예각으로 나타나도록 레이블을 설정했고 이 두 선에 대한 각도는 각각의 절대각도의 차이를 가지고 계산하였다. 이 사이 각이 둔각일 경우 180도에서 빼주어 예각만 표시하도록 했으며 예각일 때는 그대로 표시하였다. 각 알고리즘에 대한 소스를 설명하면 다음과 같다.

직각삼각형에서 코사인 제2법칙을 사용해 코사인 값을 구하는 소스는 다음과 같다.

```
Len1 = Sqr((X2 - X1) ^ 2 + (Y2 - Y1) ^ 2)
Len2 = X2 - X1
cosine = Len2 / Len1
```

구한 코사인 값을 가지고 각도를 계산해내는 소스는 다음과 같다.

```
a = Atn(-cosine / Sqr(-cosine * cosine +
```

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

```
1)) + 2 * Atn(1)
If Y2 > Y1 Then
    CalAngle = 180 - (a * 180 / 3.14)
Else
    CalAngle = a * 180 / 3.14
End If
```

각도의 차이를 계산하는 소스는 다음과 같다.

```
If Angle1 > Angle2 Then
    ang = Str(Angle1 - Angle2)
If ang > 90 Then
        ang = 180 - ang
    End If
    MsgBox Left(ang, 6) & " degree", vbOKOnly, "두 선의 각도"
ElseIf Angle1 < Angle2 Then
    ang = Str(Angle2 - Angle1) If ang > 90 Then
        ang = 180 - ang
    End If
    MsgBox Left(ang, 6) & " degree", vbOKOnly, "두 선의 각도"
Else
    MsgBox "It is equal.", vbOKOnly, "두 선의 각도"
End If
```

그림 4는 Image Viewer 프로그램을 이용하여 대퇴골 전염각을 측정하는 그림을 나타낸 것이다. Image Viewer에서 대퇴골 전염각 측정은 대퇴골경과 대퇴관절구축 사이의 각도를 계산하는 방법으로 전산화단층촬영한 영상을 수 작업으로 측정하는 방법과 동일하다.

Image Viewer 프로그램 실행하고 대퇴골경을 포함한 영상을 메뉴 바에서 그림 1로 불러내고, 그림 2는 대퇴 관절을 포함한 영상을 불러낸다.

마우스를 이용하여 대퇴골경과 대퇴 관절구축의 선을 긋고 각도계산을 클릭 하여 대퇴골 전염각을 측정하였다.

## 4. 결 과

전산화단층촬영을 이용한 대퇴골 전염각을 검사한 3~9세 환자를 대상으로 하여 대퇴골 전염각을 수 작업에 의한 방법과 Image Viewer 방법과의 비교에서 좌·우 대퇴골 전염각을 t-test를 실시한 결과 모두 유의한 차이가 없었다($P>0.05$).

수 작업에 의한 대퇴골 전염각은 필름과 각도기, 자, 펜을 가지고 측정하는 불편함이 있지만 PACS 환경에서의 Image Viewer에서는 마우스를 이용한 측정으로 불편함을 없었다.

Image Viewer를 사용하는 (주)메디페이스의 $\pi$ viewer에서의 대퇴골 전염각 측정은 대퇴골두의 영상과 대퇴골 후면축의 영상을 이용하여 전염각 측정은 불가하였고 (주)마로테크의 Image Viewer인 M viewer에서도 대퇴골 전염각을 측정 할 수 없었다.

수 작업에 의한 방법과 Image Viewer에 방법에 의한 전염각 실측치의 상관관계를 알기 위하여 상관계수를 산출하였다. 우측의 상관계수 r=0.995, 좌측의 상관계수 r=0.996을 얻었다. 수 작업에 의한 방법과 Image Viewer에 방법에 의한 우측 실측 차이의 평균은 ±

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

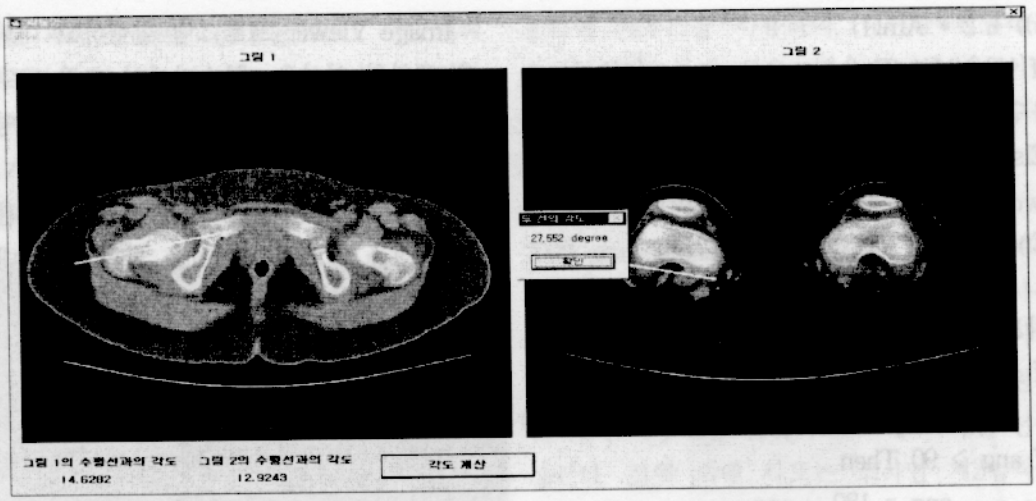


**Fig. 4. Measurement of Femoral Anteversion Angle in Image Viewer**

0.99° 이고, 좌측은 ±0.84° 로 나타나 좌측이 우측에 비해 차이가 적었다.

대퇴골 전염각 좌 · 우의 상관계수에 대하여 유의성 검정을 한 결과 모두 통계학적 의의가 있는 것으로 나타나($P<0.01$), 이들 방법이 예측 능력이 있음을 확인할 수 있었다.

## 5. 고 찰

대퇴골 전염각의 임상적 측정방법은 많은 저자들이 보고하였다(송광순 등, 1998 ; Kane 등, 1992). 대퇴골 전염각의 방사선학적 측정 방법은 투시법, 이면 방사선법(biplanar method), 축 방사선법(axial method)으로 나눌 수 있으며, 현재 대퇴골 전염각 측정은 전산화단층촬영(Peterson 등, 1981), 초음파촬영(Moulton 과 Upadhyay, 1982), 자기공명영상촬영(Schneider 등, 1997)을 이용하여 측정하고 있다.

투시법을 이용하여 대퇴골 전염각을 측정은, 환자를 복와위(prone position)에 놓고 슬관절을 90° 굴곡 시켜 고관절을 외회전 시키면서 투시를 하여 대퇴경부의 장축과 간부의 장축이 일직선상에 위치할 때 수평면과 하퇴부가 이루는 각을 전염각으로 정의한다.

이러한 투시법 시술의 어려움을 지적하였고, 이면 방사선법은 외적요인에 의해 오차 유발 가능성이 높고 대퇴골 전염각이 정상범위를 벗어나면 정확성이 감소된다고 보고하였다(Budin 과 Chandler, 1957).

축 방사선법은 X-선이 골과 연조직을 통과하여 대퇴경부의 윤곽을 분명하게 나타낼 수 없으므로 실용적인 방법이 되지 못한다(Ryder 과 Crane, 1953).

대퇴골 전염각의 컴퓨터단층촬영법(CT)은 정확성과 재현성이 우수하지만 비경제적이며, 촬영시간이 길고, 18개월 미만 환자의 대퇴골두가 골화되기 이전의 연령에서는 계측이 어려운 단점이 있다(김옥년 과 이광진, 1985).

초음파를 이용하여 대퇴골 전염각 측정방법

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

**Tab. 1. Femoral Anteversion by Manual Method and Image Viewer**

**Unit : Degrees**

| | | | Right | | | Left | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Case | Age | Sex | Manual | Image Viewer | Difference | Manual | Image Viewer | Difference |
| 1 | 3 | Female | 22 | 22.11 | ±0.11 | 34 | 35.07 | ±1.07 |
| 2 | 5 | Male | 40 | 40.68 | ±0.68 | 50 | 50.78 | ±0.78 |
| 3 | 5 | Male | 42 | 40.97 | ±1.03 | 45 | 43.39 | ±1.61 |
| 4 | 6 | Male | 23 | 20.51 | ±2.49 | 23 | 23.90 | ±0.90 |
| 5 | 6 | Female | 51 | 50.67 | ±0.33 | 49 | 49.02 | ±0.02 |
| 6 | 6 | Female | 36 | 36.62 | ±0.62 | 41 | 39.15 | ±1.85 |
| 7 | 6 | Male | 56 | 57.78 | ±1.78 | 45 | 45.20 | ±0.20 |
| 8 | 6 | Female | 36 | 34.27 | ±1.73 | 40 | 39.70 | ±0.30 |
| 9 | 6 | Male | 44 | 43.29 | ±0.71 | 36 | 35.43 | ±0.57 |
| 10 | 6 | Male | 30 | 29.26 | ±0.74 | 27 | 27.51 | ±0.51 |
| 11 | 6 | Male | 36 | 36.85 | ±0.85 | 44 | 43.63 | ±0.37 |
| 12 | 6 | Male | 29 | 28.66 | ±0.34 | 16 | 17.70 | ±1.70 |
| 13 | 6 | Male | 40 | 38.82 | ±1.18 | 60 | 59.63 | ±0.37 |
| 14 | 6 | Female | 33 | 34.36 | ±1.36 | 47 | 48.06 | ±1.06 |
| 15 | 7 | Female | 35 | 36.81 | ±1.81 | 32 | 32.33 | ±0.33 |
| 16 | 7 | Male | 25 | 25.10 | ±0.10 | 20 | 21.39 | ±1.39 |
| 17 | 7 | Female | 8 | 9.81 | ±1.81 | 32 | 33.83 | ±1.83 |
| 18 | 7 | Female | 3 | 3.99 | ±0.99 | 20 | 19.48 | ±0.52 |
| 19 | 7 | Male | 39 | 39.29 | ±0.29 | 32 | 29.97 | ±2.03 |
| 20 | 7 | Female | 34 | 35.68 | ±1.68 | 43 | 43.16 | ±0.16 |
| 21 | 7 | Male | 11 | 10.07 | ±0.93 | 10 | 10.58 | ±0.58 |
| 22 | 8 | Female | 24 | 22.17 | ±1.83 | 40 | 41.00 | ±1.00 |
| 23 | 8 | Female | 46 | 46.80 | ±0.80 | 38 | 38.79 | ±0.79 |
| 24 | 8 | Female | 38 | 36.88 | ±1.12 | 47 | 45.62 | ±1.38 |
| 25 | 8 | Female | 30 | 30.20 | ±0.20 | 37 | 36.15 | ±0.85 |
| 26 | 8 | Female | 26 | 27.45 | ±1.45 | 27 | 27.15 | ±0.15 |
| 27 | 9 | Male | 27 | 26.83 | ±0.17 | 20 | 20.51 | ±0.51 |
| 28 | 9 | Male | 54 | 53.54 | ±0.46 | 47 | 45.18 | ±1.82 |
| 29 | 9 | Male | 35 | 35.72 | ±0.72 | 37 | 36.79 | ±0.21 |
| 30 | 9 | Male | 30 | 30.97 | ±0.97 | 34 | 34.53 | ±0.53 |
| | | | T-value | 0.625* | * : $P>0.05$ | T-value | 0.906* | * : $P>0.05$ |

을 소개하여 정확도가 높고 방법의 간편성 및 인체에 무해한 점을 보고된 바 있다(Moulton & Upadhyay, 1982).

대퇴골은 3차원적인 구조물로 2차원적인 일반 방사선 촬영법이나, 초음파검사법, 컴퓨터 단층촬영법(CT)을 이용하여 측정하면 정도의

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

차이는 있지만 오차가 없을 수 없다(김선일 등, 1994).

전광표(1985)는 0~10세군의 대퇴골 전염각의 평균치는 23.3° ±9.3° 로 보고하였다. 김가풍(1986)은 초음파를 이용하여 대퇴골 전염각을 측정하였는데 2~4세군은 24.38° , 24.94° , 4~6세군은 25.58° , 24.90° , 6~8세군은 24.13° , 24.67° , 8~10세군은 22.48° , 23° 로 보고하였다.

소아환자의 대퇴골 전염각을 수 작업에 방법과 PACS환경에서의 Image Viewer방법에 의한 대퇴골 전염각은 유의한 차이가 없다. 수 작업 방법에 의한 대퇴골 전염각 측정은 각도기, 펜, 자를 이용하는 불편함이 있었지만, PACS 환경에서의 모니터를 이용한 Image Viewer 방법의 대퇴골 전염각은 편리하였다. PACS 환경에서의 모니터를 이용한 Image Viewer 프로그램에서 대퇴골 전염각의 측정은 유용하게 사용될 것으로 사료된다.

## 6. 결 론

전산화단층촬영을 이용한 대퇴골 전염각을 검사한 3~9세 환자를 대상으로 하여 대퇴골 전염각을 수 작업에 의한 방법과 Image Viewer 방법을 비교한 결론은 다음과 같다.

수 작업 방법과 Image Viewer 프로그램을 이용하여 좌·우 대퇴골 전염각 측정치는 t-test에서 유의한 차이가 없었다($P>0.05$).

수 작업에 의한 방법과 Image Viewer에 방법에 의한 우측의 차이는 평균 ±0.99° 이고, 좌측은 ±0.84° 로 나타나 좌측이 우측에 비해 차이가 적었다.

수 작업 방법의 대퇴골 전염각은 필름과 각도기, 자, 펜을 가지고 측정하는 불편함이 있지만 Image Viewer 프로그램에서는 마우스를 이용한 측정으로 불편함을 해소되었다.

수작업과 Image Viewer에 의한 실측치의 상관관계를 알기 위하여 상관계수를 산출하였다. 우측의 상관계수 r=0.995, 좌측의 상관계수 r=0.996을 얻었다. 대퇴골 전염각 좌·우의 상관계수에 대하여 유의성 검정을 한 결과 모두 통계학적 의의가 있는 것으로 나타나($P<0.01$) 이들 방법이 예측 능력이 있음을 확인할 수 있다.

PACS환경에서 Image Viewer 프로그램을 이용한 대퇴골 전염각 측정은 유용하게 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고 문헌

김가풍, 이병일, 김연일, 최창욱, 심찬섭, "초음파를 이용한 소아 대퇴골 전염각 측정", 순천향대학논문집, 9(2), 359-366, 1986.

김선일, 박시복, 이강목, "3차원 영상기법을 이용한 고관절의 전경사각 측정방법", 대한재활의학회지, 18(3), 495-499, 1994.

김옥년, 이광진, "대퇴골 경부의 전염각 계측방법에 대한 실험적 비교 연구", 충남의대잡지, 12(1), 147-153, 1985.

송광순, 황진수, 김영수, 배기철, "단순 방사선을 이용한 대퇴골 전염각 측정 : 성인 건조 대퇴골을 이용한 비교", 계명의대논문집, 17(1), 85-94, 1998.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

이덕용, 정문상, 이상훈, 이춘기, 이종서, 유석주, 허민강, "대퇴골 전염각 측정을 위한 새로운 방법 : 타 방사선 방법과의 비교", 대한정형외과학회지, 24(3), 889-898, 1989.

전광표, 조사선, 장가용, "한국인 대퇴골의 전경 및 경간각의 계측치에 관한 연구", 대한해부학회지, 18(2), 227-234, 1985.

Schneider, B., Laubenberger, J., Jemlich S., Groene, K., Weber, H-M., and Langer, M., "Measurement of femoral anteversiion and tibial torsion by magnetic resonance imaging", The British J. of Radiology, 70, 575-579, 1997.

Budin, E. and Chandler, E., "Measurement of femoral neck anteversion", Radiology, 69, 209-213, 1957.

Weiner D.S., and Cook A.J., "Practical considerations in the use of computed tomography in the measurement of femoral anteversion", The Journal of Medical Science, 16(1), 288-294, 1980.

Kane TJ, Henry G, Furry D, "A simple roentgenographic measurement of femoral anteversion", Journal of Bone and Joint Surgery, 74(A), 1540-1542, 1992.

Lenard Ruby, Mital, M.A., O'connor, H., and Patel, U., "Anteversion of the femoral neck", Journal of Bone and Joint Surgery, 61(A), 46-51, 1979.

Moulton, A. and Upadhyay, S.S., "A direct method of measuring femoral anteversion using ultrasound", Journal of Bone and Joint Surgery, 64(B), 469, 1982.

Peterson, H.A., Klassen, R.A., Mcleod, R.A. and Hoffman, A.D., "The use of computerised tomography in dislocation of the hip and femoral neck anteversion in children", Journal of Bone and Joint Surgery, 63(B), 198, 1981.

Radin, E.L., "Biomechanics of the Human Hip", Clin. Orthop., 28, 152, 1980.

Ryder, C.T. and Crane, L., Measurement Femoral Anteversion, "The problem and a method", Journal of Bone and Joint Surery, 35(A), 321, 1953.

Staheli, L.T., "Torsional deformity", Pediat Clin North America, 24, 799-811, 1977.

## 저자 소개

◈ 권대철

경기대학교(학사), 동국대학교 산업기술환경대학원(석사), 아주대학교 대학원 의용공학 협동과정 박사과정, 서울대학교병원 진단방사선과에 재직중임.

◈ 박 범

아주대학교 산업공학과(학사), Industrial & Systems Engineering, Ohio University(석사), Industrial & Manufacturing Systems Engineering, Iowa State University(박사) 현재 아주대학교 산업정보시스템공학과 부교수

논문접수일 (Date Received): 2001/6/12
논문게재승인일(Date Accepted): 2001/9/18

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.