대한정형외과학회지 제21권 제3호
J. of Korean Orthop. Assoc.
Vol. 21, No. 3, June, 1986

대퇴골 전염각 측정을 위한 방사선 방법의 비교

서울대학교 의과대학 정형외과학교실

김 영 민 · 빈 성 일

—Abstract—

Comparative Study of the Roentgenographic Methods for the Measurement of the Femoral Anteversion

Young Min Kim, M.D. and Seong Il Bin, M.D

Department of Orthopedic Surgery. College of Medicine, Seoul National University, Seoul, Korea

The angle of the femoral anteverison has been recognized as an important consideration in the orthopedic field. The angle of the femoral anteversion can be measured roentgenographically by 3 methods, such as fluoroscopic, biplanar and axial methods.

It is the purpose of this study to investigate the comparative accuracy of the roentgenographic methods determining the angle of the femoral anteversion.

The measurements by the fluoroscopic (Rogers), biplanar (Magilligan) and axial (Dunn) methods were compared with the direct measurement of 42 adult dried femora and the measured values were statistically analyzed.

The results were as follows:

1. Among fluoroscopic, biplanar and axial methods, the biplanar method using Magilligan technique was the statistically reliable method to determine the angle of the femoral anteversion.
2. The axial method showed tendency to underestimate the angle of the femoral anteversion.
3. Though the fluoroscopic method was not so accurate as the biplanar method statistically, the 2 methods showed no difference in the ratio of measurement error within $\pm 5^{\circ}$ and $\pm 10^{\circ}$ range.

Key Words: Roentgenographic methods, Femoral anteversion.

I. 서 론

염전 (torsion)은 물체의 비틀림 변형을 말하는 것으로, 대퇴골 전염각(femoral anteversion)은 대퇴골의 양과부 횡단면(diacondylar plane)에 대하여 대퇴 경부가 전방으로 기울어진 정도를 말한다(Fig.1).

1868년 Julius Wolff가 대퇴 경부의 해부학적 구조 및 대퇴골의 염전에 관한 보고를 발표한 이래, 대퇴골의 전염각에 관한 많은 연구가 있었다. 대퇴 경부의 과전염(excessive anteversion)은 선천성 고관절 탈구(congenital dislocation of the hip), Legg-Perthes병, 뇌성 마비, in-toeing 보행등의 질환에서 흔히 관찰된다. 특히 선천성 고관절 탈구 환자에서 대퇴골 경부가 과전염되어 있는 경우에는 성공적인 고관절 정복 후에도 재탈구되는 예가 많으며, 이러한 재탈구는 적절한 근위 대퇴골 감전염 절골술(proximal femoral derotational osteotomy)로 방지할 수 있다. 따라서 대퇴골 전염각의 정확한 측정은 정형외과학 분야에서 큰 의의를 가진다.

전염각의 방사선학적 측정 방법을 대별하면 투시법 (fluoroscopic method), 이면 방사선법 (biplanar method), 축 방사선법(axial method)의 3가지로 나눌 수 있으며, 근래 전산화 단층 촬영법 및 초음파 촬영법에 의한 측정 방법도 보고되어 있다[11, 12, 19].

저자들은 정형외과 영역에서 보편적으로 사용되어 왔으며, 특수한 장비가 필요없는 투시법, 이면 방사선법, 축 방사선법 등 3가지 방법에 의한 대퇴골 전염각 측정의 상대적 정확도(comparative accuracy)를 비교하기 위하여, 42례의 성인 건조대퇴

*본 논문은 1986년도 서울대학교병원 임상 연구비 보조로 이루어진 것임.

골(dried femur)에서 대퇴골 전염각의 실측치 및 전술한 3가지 방법에 의한 방사선학적 계측치를 비교 분석하였다.

Ⅱ. 연구 대상 및 방법

성인의 건조 대퇴골 42례를 대상으로 Durham 방법[5]으로 대퇴골 전염각의 실제치를 측정하였고, 각각에 대하여 투시법, 이면 방사선법, 축 방사선법에 의한 계측치를 구하였다.

투시법을 이용한 대퇴골 전염각 측정 방법으로는 Rogers방법[14]을, 이면 방사선법의 측정방법으로는 Magilligan방법[10]을, 그리고 축 방사선법을 이용한 측정방법으로는 Dunn방법[4]을 각각 채택하였다.

1) 대퇴골 전염각의 실측

Durham방법[5]으로 대퇴골 전염각을 실측하였다. 건조 대퇴골의 양측 과부(condyle)의 후면이 수평면에 닿도록 위치시킨 후, 대퇴 경부의 상부면(upper surface)의 두 중심점을 이은 선을 대퇴 경부의 장축으로 설정하고, 그 연장선과 수평면이 이루는 각을 각도기로 계측하였다(Fig. 2).

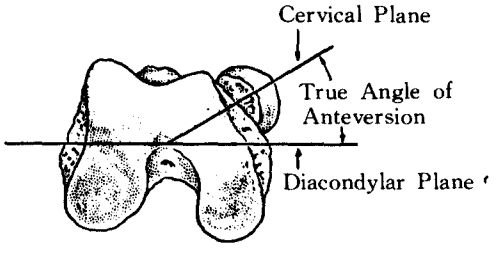


Fig. 1. A graphic portrayal of the definition of the angle of anteversion.

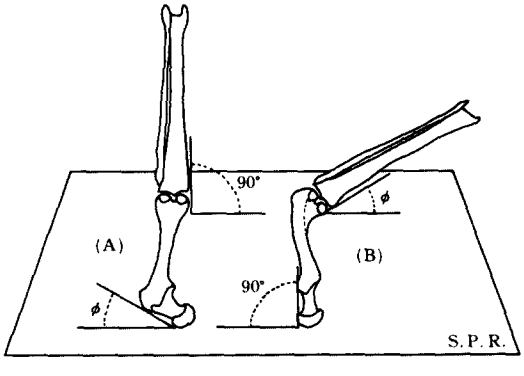


Fig. 3. A schematic drawing which illustrates the principle of the Rogers method.

2) 투시법

투시법의 여러 방법 중에서 Rogers방법[14]을 사용하였다. 대퇴골의 전면이 수평면을 향하도록 위치시킨 후, 투시기로 관찰하면서 대퇴골을 외회전시켜 대퇴골 경부의 장축이 대퇴골 간부의 장축과 일치하는 위치, 즉 경간각 0°(zero-degree neck-sh-

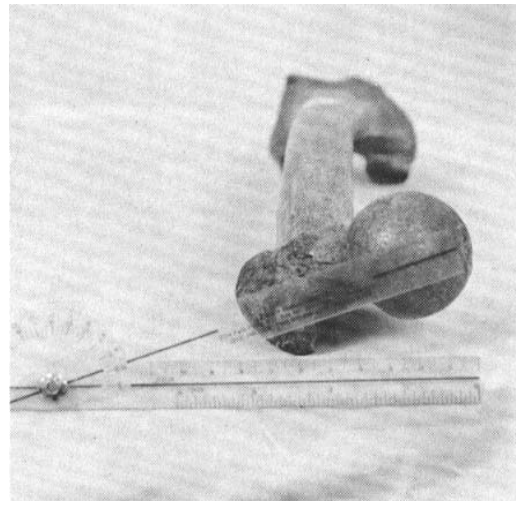


Fig. 2. Method of determining anteversion of the femur in a dried specimen.

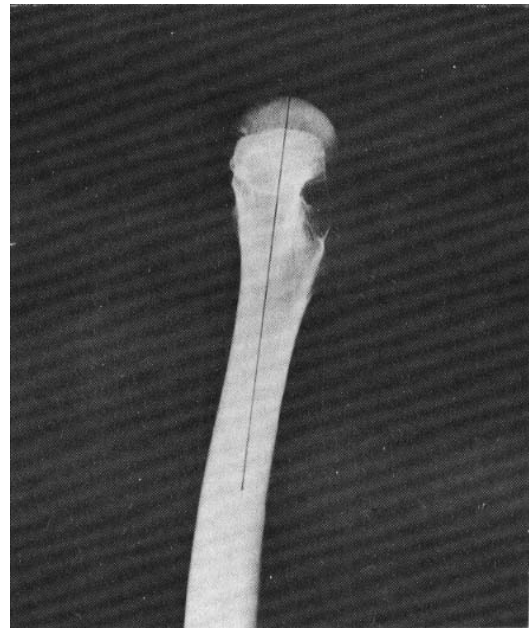


Fig. 4. Roentgenogram demonstrating the femur in the position of zero-degree neck-shaft angle. The shadow of the head lies directly in line with that of the shaft.

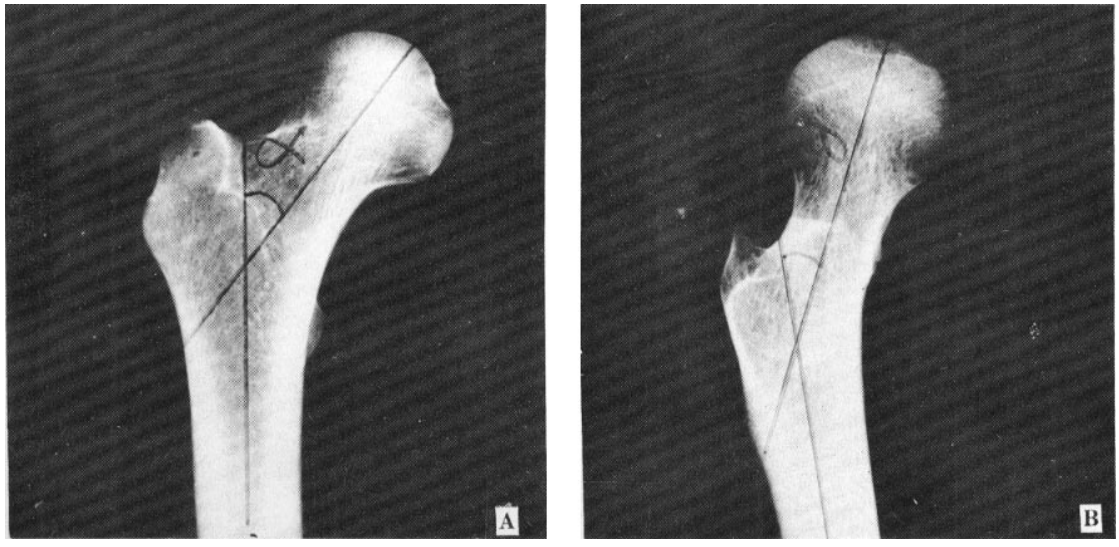
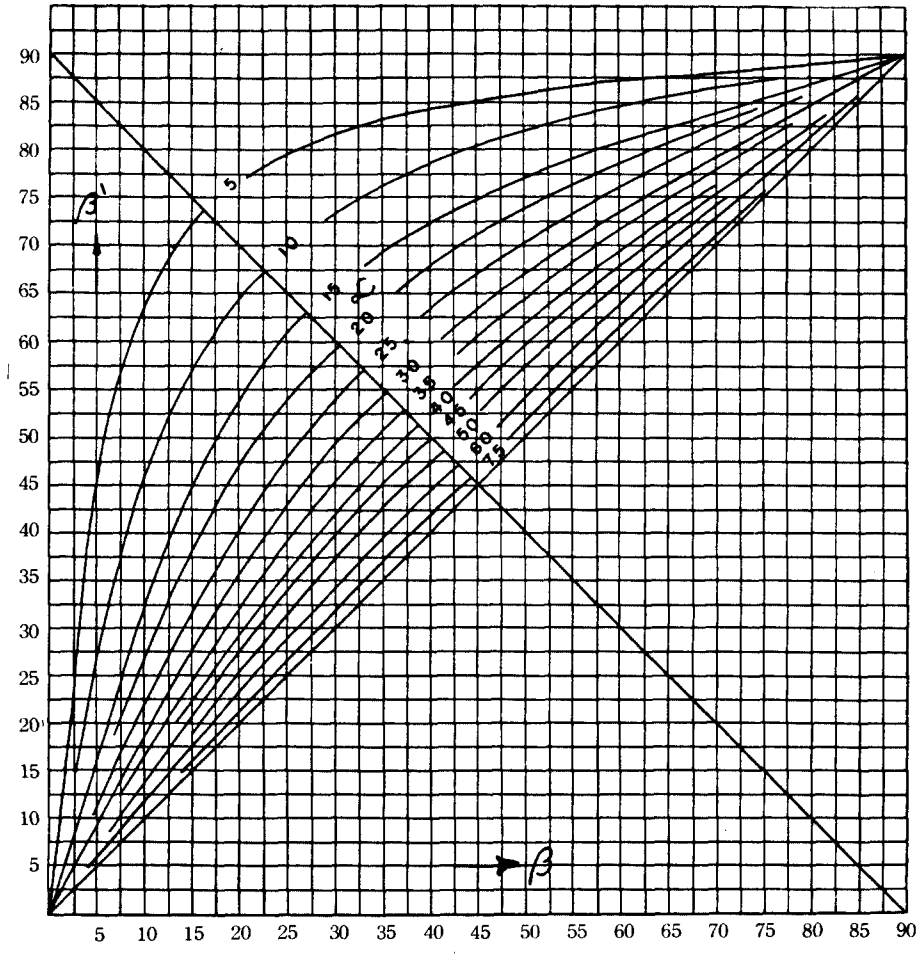


Fig. 5-A. Anteroposterior roentgenogram shows the projected cervicofemoral angle(α). **5-B.** Horizontal lateral roentgenogram shows the projected angle of anteversion(β).

Table 1. Magilligan table for calculation of femoral anteversion



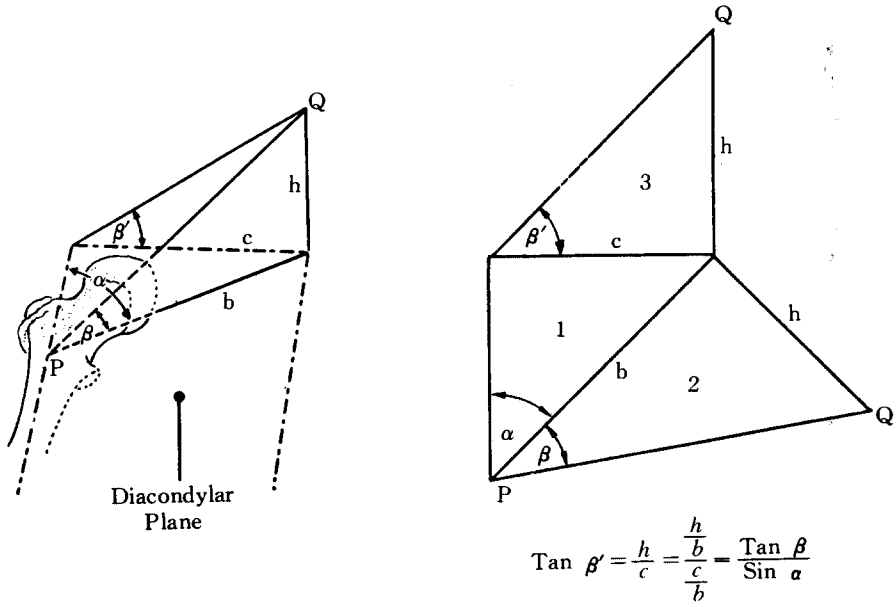


Fig. 6. A schematic drawing which illustrates the trigonometric formula. α: projected cervicofemoral angle, β: projected angle of anteversion, β': true angle of anteversion.

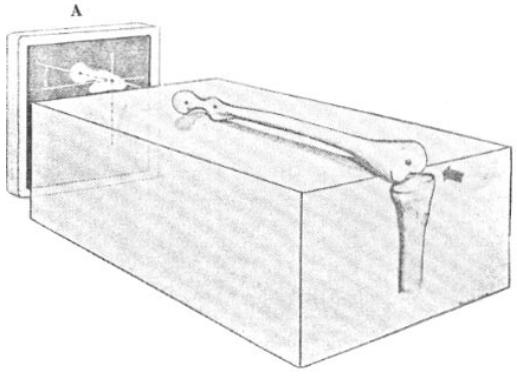


Fig. 7. A schematic drawing which illustrates the axial view of femur. **A:** Casette in position for axial view as projected, with angle of anteversion indicated.

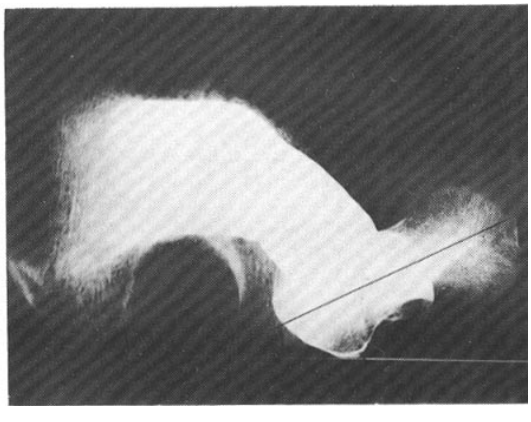


Fig. 8. Axial roentgenogram demonstrating the apparent angle of anteversion as measured by the Dunn method.

aft angle)의 위치를 확인한 후, 양측 과부를 지나는 평면과 수직면이 이루는 각도를 각도기로 측정하였다(Fig. 3, 4).

3) 이면 방사선법

여러 방법중 Magilligan방법[10]을 사용하였다. 건조 대퇴골을 과부의 후면이 수평면에 닿도록 위치시킨 후, 전후면 방사선 사진을 촬영하였다. 또한 수평 측면 사진(horizontal lateral view)[8, 10]을 얻기 위하여, cassette를 대퇴 경부의 장축에 평행하면서, 양과부 횡단면에 수직되도록 위치시킨 후, 대퇴 경부의 측면 방사선 사진을 촬영하였다. 간부의 장축과 경부의 장축이 이루는 예각을 각각 α,β로 하여(Fig. 5), 삼각법 방식으로 작성된 Magilligan의 표에 대입하여 대퇴 경부 전염각을 산출하였다(Table 1, Fig. 6).

4) 축 방사선법

Dunn방법[4]을 사용하였다. 건조 대퇴골을 중립위치에서 15° 외전(abduction)시킨 위치로 고정시키고, 대퇴 골두에서 2인치 내측에 중심이 오도록

Table 2. Results of measurements of anteversion

Case No.	Actual Anteversion Angle(Deg.)	Rogers(Deg.)	Magilligan(Deg.)	Dunn (Deg.)
1	8	7	6	0
2	11	9	18	10
3	20	22	19	18
4	15	14	16	14
5	3	5	13	2
6	18	21	13	16
7	15	20	13	17
8	16	19	17	18
9	30	29	28	30
10	18	26	19	26
11	28	32	25	26
12	15	13	20	13
13	13	9	16	11
14	14	11	17	8
15	19	29	24	30
17	3	6	6	0
17	20	19	23	20
18	17	14	11	14
19	26	31	18	17
20	24	21	22	18
21	15	11	16	3
22	9	6	8	4
23	18	21	14	14
24	8	7	8	1
25	10	9	12	9
26	19	20	19	17
27	16	14	16	13
28	8	7	13	4
29	18	20	15	15
30	15	20	14	8
31	17	19	17	18
32	18	25	21	27
33	16	13	19	13
34	18	12	16	13
35	14	10	18	8
36	19	28	23	31
36	3	7	6	1
38	20	19	23	20
39	15	14	11	13
40	14	10	15	3
41	7	5	8	5
42	19	22	15	14
Mean±S.D.	15.5±6.1	16.1±7.8	16.0±5.3	13.4±8.5

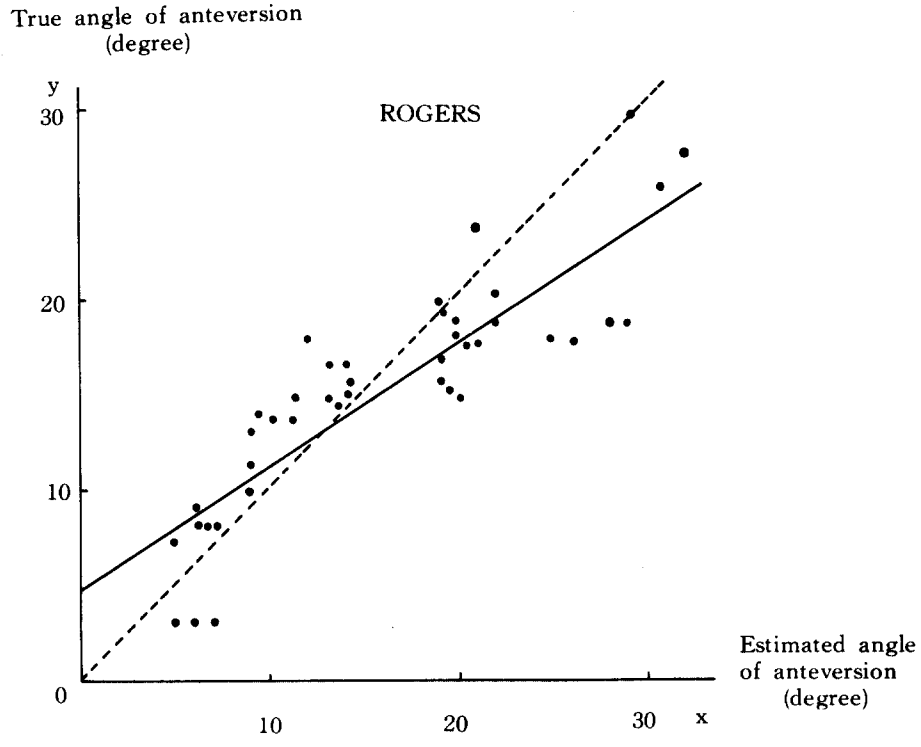


Fig. 9. Slope: $y=4.47+0.68x$, $r=0.87$.

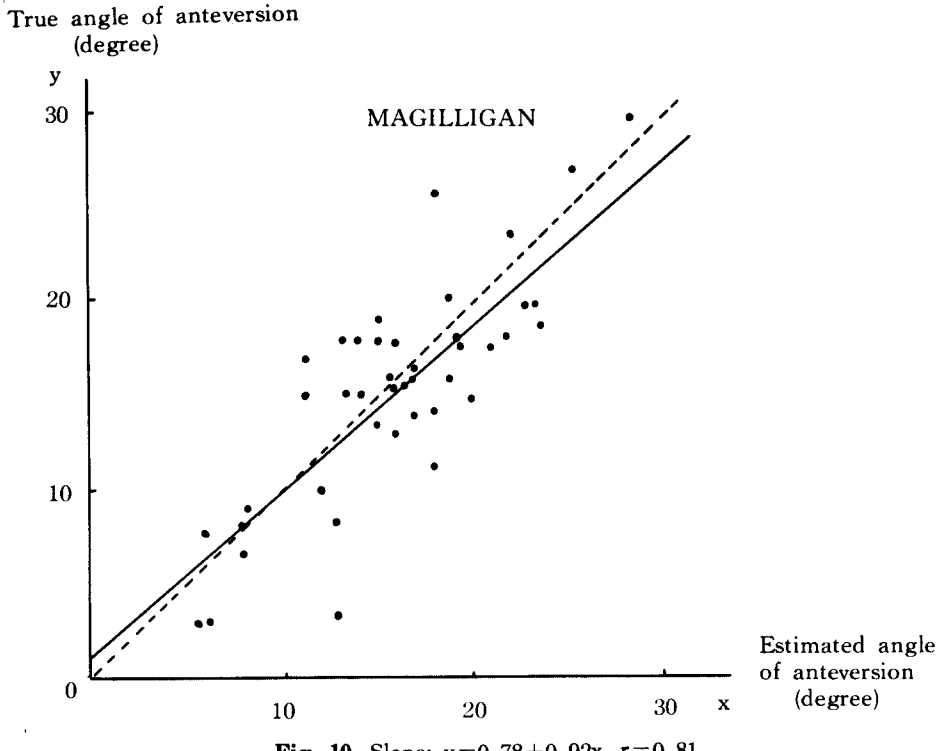


Fig. 10. Slope: $y=0.78+0.92x$, $r=0.81$.

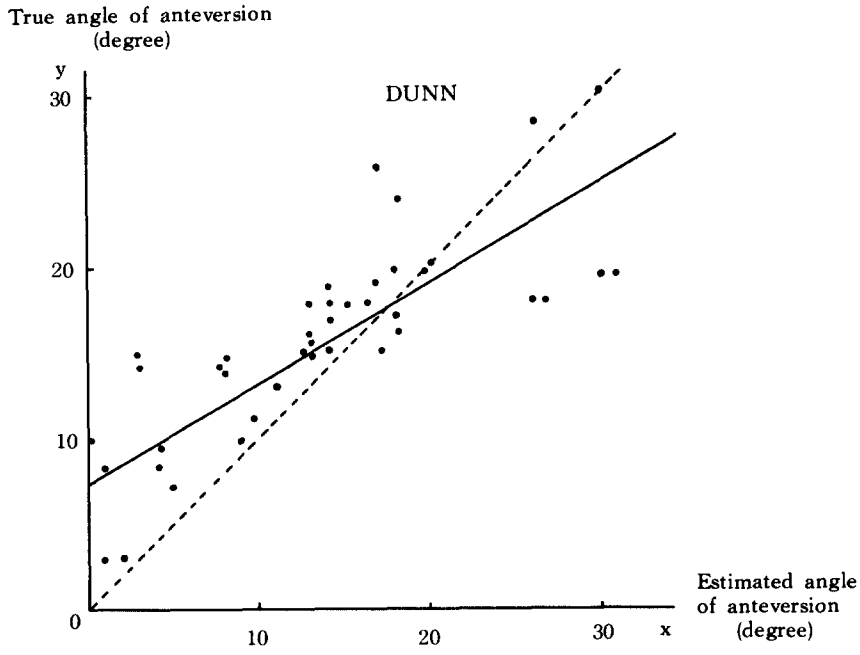


Fig. 11. Slope: y=7.70+0.58x, r=0.81

Table 3. Error of measurement

Error of measurement (Estimated anteversion -Actual anteversion)	Rogers	Magilligan	Dunn
	No. of case(%)	No. of case(%)	No. of case(%)
−14°～−10°			3 (7.1)
− 9°～− 5°	3 (7.1)	1 (2.4)	10(23.8)
− 4°～− 1°	13(31.0)	22(52.4)	20(47.6)
0°	5 (11.9)	0 (0.0)	3 (7.1)
1°～ 4°	16(38.1)	12(28.6)	3 (4.9)
5°～ 9°	4 (9.5)	6 (14.2)	2 (4.9)
10°～ 14°	1 2.4)	1 (2.4)	1 (2.4)
Table	42(100.0)	42(100.0)	42(100.0)
*Mean error	2.8°	3.2°	4.2°

방사선 촬영기를 위치시킨 후, 축방향으로 방사선 사진을 촬영하였다(Fig. 7).

이렇게 얻어진 축 방사선 사진에서 대퇴골 경부의 장축과 대퇴골이 놓여진 평면이 이루는 각도를 측정하였다(Fig. 8).

5) 대퇴골 전염각의 실측치와 각 방사선 계측치와의 비교 분석

대퇴골의 전염각의 실측치를 상수항으로 하고,각 방법에 의한 계측치를 변수항으로 하여 분산 도표(scatter diagram)를 그리고, 회귀 방정식 및 상관계수를 구하여 통계적 처리를 하였다[13].

Ⅲ. 결 과

성인의 건조 대퇴골 42례의 대퇴골 전염각을 실측하고, 각각 Roges방법, Magilligan방법, Dunn 방법으로 방사선학적 계측을 하여 다음과 같은 계측치를 얻었다(Table 2).

실측치와 각각의 방법에 의한 계측치와의 상관관계를 알기 위하여, 회귀 방정식과 상관 계수를 산출하였다. Rogers 방법으로 회귀 방정식 y=4.47 +0.68x, 상관 계수 r=0.87(Fig. 9), Magilligan 방법으로 회귀 방정식 y=0.78+0.92x, 상관계수 r= 0.81(Fig. 10)을 얻었으며, Dunn방법으로는 회귀

방정식 $y=7.70+0.58x$, 상관 계수 $r=0.81$을 얻었다(Fig. 11).

이상의 결과에서 방사선학적 계측법 각각의 상관계수(r)에 대하여 유의성 검정을 한 결과 모두 통계학적 의의가 있는 것으로 나타나 ($P<0.05$), 이들방법이 예측 능력을 가짐을 확인할 수 있었다.

이상적인 예측 방법임을 나타내는 회귀 방정식은 $y=a+bx$의 형태로 표시하면 $a=0$, $b=1$인 $y=x$로 표시할 수 있다. 각 예측 방법의 회귀 방정식($y=a+bx$)에서 기울기(b)가 1인가를 t검정한 결과, Magilligan방법만이 통계적으로 모집단의 기울기(β) $=1$ 이라고 볼 수 있었으며 ($P<0.05$), 나머지 두 방법은 1이라고 볼 수 없었다($P>0.05$).

또한 y축의 절편(a)이 0인가를 t검정한 결과 역시 Magilligan 방법만이 모집단의 절편(α)$=0$ 이라고 볼 수 있었다($P<0.05$).

즉 r, b, a에 대한 통계적 검정을 종합하여 보면, 모든 방법이 상관 계수(r)는 유의하였으나, 그 중 Maglligan 방법만이 기울기(b)와 y축의 절편(a) 가 이상적인 예측 수식 $y=x$와 통계적으로 차이가 없는 것으로 나타났다.

방사선학적 계측치에서 실측 전염각을 뺀 계측 오차를 계산하여 보면, 5° 미만의 오차를 보인 예가 Rogers 방법 81.0%, Magilligan방법 81.0%, Dunn 방법 61.8%이었으며, 10°미만의 오차를 보인 예를 포함하면 각각 97.6%, 97.6%, 90.5%이었다(Table 3). 즉 Rogers 방법은 통계학적으로 이상적인 계측 방법은 아니었으나, ±5° 및 ±10° 의 계측 오차를 보이는 비율은 Magilligan 방법과 차이가 없었다.

각 방법별로 과소 계측(underestimation) 및 과대계측(overestimation) 된 예는 Rogers 방법으로38.1%, 50.0%, Magilligan 방법 54.8%, 45.2%, Dunn 방법 78.6%, 14.3%로 각각에 대하여 비율 검정을 한 결과, Dunn 방법이 실제 전염각보다 과소 계측됨을 확인 할 수 있었다($P<0.05$).

Ⅳ. 고 찰

대퇴골 전염각의 측정 방법은 1920년 Drehmann과 Lorenz[2]가 투시법으로 계측한 이래 많은 저자들이 보고하였으며, 직접적 계측법 및 간접적 계측법으로 대별할 수 있다.

투시법은 간접적 계측법의 일종으로 1931년 Rogers[14]에 의해 정립되었다. 단점으로 방사선 피폭량이 많고, 방사선 사진에 의한 계측이 아닌 투시에 의한 방법이므로 영구적인 기록 보존이 어려울 뿐만 아니라, 별개의 검사자 간에 재현성 (reproducibility)이 없다는 점등이 지적되고 있다[3, 7, 9, 14, 15, 16]. 그러나, 1979년 Ruby[15] 등은 투시법이 이면 방사선법보다 방사선 피폭량이 10배 정도 많으나, 비교적 정확하고 기술상의 어려움이 적다고 하였다.

이면 방사선법은 1929년 Schertlein[17] 이래 여러 저자가 보고하였으며, 1953년 Ryder와 Crane[16], 1956년 Magilligan[10]에 의해 산출 방식이 도표화되었다. 재현성 및 정확성이 좋으며, 방법이 간단하고, 전후면 및 측면 방사선 사진의 기록 보존 및 이용이 가능하고, 방사선 피폭량이 적은 점이 장점으로 지적되고 있다[3, 8, 10, 16].

축 방사선법은 1924년 Schultz[18] 가 보고한 이래, 1956년 Dunn[4] 이 고관절의 90° 굴곡 및 15° 외전 위치에서의 촬영으로 대퇴골 경부 및 골두의 영상이 보다 뚜렷하게 나타나면서, 계측 오차를 크게 하지 않음을 밝혔으나, 방사선 피폭량이 많고 연부조직의 두께 및 대퇴골의 길이로 인하여 방사선 사진이 선명하지 않으며, 비교적 오차가 큰 점등이 단점으로 지적되고 있다[1, 6, 7, 15].

이상적인 대퇴골 전염각 계측 방법은 정확하며, 재현성 (reproducibility)이 높고, 계측 방법이 용이하며, 또한 방사선 피폭량이 적어야 한다. LaGasse와 Stahlei[9]는 투시법과 이면 방사선법을 비교하여, 별개의 관찰자간에 각각 13.2°, 5.2°의 평균 오차를 보여 이면 방사선법이 보다 재현성이 크다 하였다. 또한 Ruby[15] 등은 건조 대퇴골에서 0°에서 90°까지 전염각을 변화시켜가며, 투시법, 이면 방사선법, 축 방사선법으로 측정한 결과 평균 오차는 각각 1.4°, 2.7°, 4.7°로, 투시법과 이면 방사선법의 정확성 및 재현성이 우수하였으며, 축 방사선법의 정확성이 가장 떨어지는 결과를 보였다고 하였다.

본 연구에서는 각 방법의 평균 오차가 2.8°, 4.2°, 4.2°이었으나, 이면 방사선법의 정확성만이 통계적 의의를 가지는 것으로 나타났다. 그러나, 본 연구에서도 투시법이 통계학적 관점에서의 정확한 방법은 아니나, ±5° 및 ±10°범위의 계측 오차를 보이는 비율이 각각 81.0%와 97.6%로 이면 방사선법과 차이가 없는 것으로 나타났다.

Ryder와 Crane[16]은 축 방사선법에 의한 전염각 계측시 과소 계측되는 경우가 많다고 하였으며 본 연구에서도 축 방사선법 중 Dunn방법으로계측한 결과, 실제 전염각보다 과소 계측됨이 통계적으로 입증되었다.

전염각 계측에서 계측 오차의 원인으로는 방사선 촬영시 자세 선정(positioning)의 잘못으로 인한 오차, 방사선 사진 계측시 축 선정 잘못으로 인한 오

차, 계측 방법 자체의 문제점으로 인한 오차를 들 수 있다[6,16]. 본 연구에서는 건조 대퇴골을 이용하여 자세 선정의 잘못으로 인한 오차를 제거하고 투시법, 이면 방사선법, 축 방사선법으로 대퇴골 전염각을 계측하였다. 그 중 이면 방사선법에 의한 대퇴골 전염각 측정의 정확성만이 통계적 의의가 있는 것으로 나타났다. 따라서 인체에서 대퇴골 전염각 계측시 정확한 자세 선정하에 이면 방사선법으로 계측한다면 가장 실제 전염각에 가까운 값을 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

V. 결 론

42례의 성인 건조 대퇴골에서 대퇴골 전염각의 실측치와 투시법, 이면 방사선법, 축 방사선 법에 의한 계측치를 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 투시법, 이면 방사선법, 축 방사선법중 이면 방사선법에 의한 대퇴골 전염각 측정이 통계학적 신뢰성이 있었다.

2. 축 방사선법에 의한 대퇴골 전염각 계측치는 실제보다 과소 계측되는 경향이 있었다.

3. 투시법에 의한 전염각 측정의 통계학적 신뢰도는 이면 방사선법보다 떨어졌으나, ±5° 및 ±10° 이내의 측정 오차를 보이는 비율은 두 방법간에 차이가 없었다.

REFERENCES

1) Budin, E. and Chandler, M.E.: *Measurement of Femoral Neck Anteversion. Radiology, 69: 209, 1957.*

2) Drehmann and Lorenz, A.: *Die Sogenannte Angeborene Huftverrenkung. Stuttgart, F. Enke. 1920.*

3) Dunlap, C.K., Shands, A.R., Jr., Holister, L.C., Jr., Gaul, J.S., Jr. and Streit, H.A.: *A New Method for Determination of Torsion of the Femur. J. Bone Joint Surg., 35-A: 289, 1953.*

4) Dunn, D.M.: *Anteversion of the Neck of the Femur. A Method of Measurement. J. Bone Joint Surg., 34-B: 181, 1952.*

5) Durham, H.A.: *Anteversion of the Femoral Neck in the Normal Femur and Its Relation to Congenital Dislocation of the Hip. J. Am. Med. Assn., 65 : 371, 1956.*

6) Edgren, W. and Laurent, L.E.: *A Method of Measuring the Torsion of the Femur in Congenital Dilsocation of the Hip in Children. Acta. Radiol., 45 : 371, 1956.*

7) Hubbard, D.D., and Staheli, L.T.: *The Direct Radiographic Mesaurement of Femoral Torsion Using Axial Tomography. Technique and Comparision with an Indirect Radiographic Method. Clin. Orthop., 86 : 16, 1972.*

8) Laage, Herbert, Barnett, J.C., Brady, J.M., Dulligan, P.J., Jr., Fett, H.C., Jr., Gallagher, T.E., and Schneider, B.A.: *Horizontal Lateral Roentgenography of the Hip in Children. A Preliminary Report. J. Bone Joint Surg., 35-A: 387-398, Apr., 1953.*

9) LaGasse, D.J. and Staheli, T.L.: *The Measurement of Femoral Anteversion. Clin. Orthop., 86 : 13, 1972.*

10) Magilligan, D.J.: *Calculation of the Angle of Anteversion by Means of Horizontal Lateral Roentgenography. J. Bone Joint Surg., 38-A: 1231, 1956.*

11) Moulton, A. and Upadhyay, S.S.: *A Direct Method of Mesuring Femoral Anteversion Using Ultrasound. J. Bone Joint Surg., 64-B:469, 1982.*

12) Peterson, H.A., Klassen, R.A., Mcleod, R.A. and Hoffman, A.D.: *The Use of Computerized Tomography in Dislocation of the Hip and Femoral Neck Anteversion in Children. J.Bone Joint Surg., 63-B: 198, 1981.*

13) Petrie, A.: *Lecture Notes on Medical Statistics, Blackwell Scientific Publication, 1978.*

14) Rogers, S.P.: *A Method for Determining the Angle of Torsion of the Neck of the Femur. J. Bone Joint Surg., 13: 821, 1981.*

15) Ruby L., Mital, M.V., O'conner, J. and Patel, U.: *Anteversion of the Femoral Neck. J. Bone Joint Surg., 61-A: 46, 1976.*

16) Ryder, C.T. and Crane, L.: *Measuring Femoral Anteversion. The Problem and a Method. J. Bone Joint Surg., 35-A: 321, 1953.*

17) Schertlein, A.: *Die Bestimmung der Schenkelhalstyrsionswinkel met Hilfe der Rontgenstrahlen. Fortschr. Geb. Roentgenstr. Nuklearmed., 39: 304, 1929.*

18) Schultz, J.: *Die Darstellung der Torsion-swinkel vom Femur mit Hilfe von Rontgenstraheln.*

Z. Orthop. Chir., 44 : 325, 1924.

19) Sheedy, P.F.II., Stephens, D.H., Hattery, R. R., Muhm, J.R. and Hartman, G.M.: *Computed Tomogram of the Body. Initial Clinical Trial with the EMI Prototype. Amer. J. Roentgenol., 127 : 23, 1976.*