

# 대퇴골 경부의 전염각 측정방법에 대한 실험적 비교연구

충남대학교 의과대학 정형외과학교실

이광진 · 김옥년 · 나상연

= Abstract =

## Anterversion of the Femoral Neck — Comparison of Methods of Measurement in Bone Model —

Kwang Zin Rhee, M.D., Ok Nyoun Kim, M.D. and Sang Yeon Rha, M.D.

Department of the Orthopedic Surgery, College of Medicine, Chungnam National University,  
Daejeon Korea

The significance of the angle of anteversion of the femur is widely recognised, especially in congenital dislocation of the hip, cerebral palsy, Legg-Calvé-Perthes' disease, and in-toeing gait. And many methods of measuring the anteversion have been described since the early work by Drehmann (1909) who determined anteversion by fluoroscopy. But there has been no reliable method of measuring the angle until recently.

The authors studied the comparative accuracy and reproducibility by the use of experimental model of femur on computerized tomography, axial technique (Dunn), biplanar method (Ryder-Crane) and fluoroscopic method (Rogers) and reported the results with consideration in clinical utility.

1. The most accurate and reproducible method is computerized tomography, but it has much clinical disadvantages such as uneconomic, limited supply, more time requiring in measuring, and also limited information until the ossification of the femoral head was not occur (below the 18 months of age).
2. The next accurate and reproducible method is fluoroscopic method and it is widely useful except the case of limited motion of hip joint.
3. The Ryder-Crane's biplanar method is very difficult in clinical use because of its poor accuracy and reproducibility, difficult measuring technique, limited in the situation of contracture, deformity around the hip.
4. The axial technique of Dunn are also useful in any state of hip joint and simplicity in its technique.
5. The more acceptable clinical selection of measuring the femoral anteversion are the combination of the above two or three methods and comparing it with the opposite hip.

**Key Words:** Femur, Neck, Anteversion, Measurement, Comparison, Computerized, Tomography, Axial technique, Biplanar method, Fluoroscopic method.

## I. 서 론

대퇴골 경부의 전염(anteversion)은 선천성 고관절 탈구, Legg-Calvé-Perthes' Disease, 뇌성마비, 고관절의 내회전변형이 있는 질환등에서 이의 중요성은 이미 잘 알려져 있다.

예로서 과도한 전염은 고관절의 탈구 및 아탈구

의 원인이 될 수 있으며 따라서 선천성 고관절 탈구의 치료로서 이 전염각의 교정은 수술적 또는 비수술적 방법을 막론하고 중요시 되고 있다. 또한 뇌성마비환자의 대퇴의 내회전변형은 고관절의 내회전근(internal rotator)의 overactivity의 근위 대퇴골의 retroversion에 기인된다고 한다<sup>2, 9)</sup>.

통상의 anteversion은 anatomical anteversion<sup>9)</sup>을 의미하며 이의 측정방법으로 여러가지가 고안되어

있지만 각 방법에 따른 정확성(accuracy), 재현성(reproducibility), 측정시 수기의 용이성(easy of use), 방사선 노출정도 등의 기본적 조건에서 많은 차이가 있다<sup>6)</sup>. 따라서 실제 임상에서 어느 한 방법의 선택이 기회가 있을 때마다 주저하게 된다.

저자는 이에 착안하여 실험적 대퇴골 모형을 제작하고 이미 알려진 다수의 계측방법중 흔히 쓰이고 있는 4 가지의 방법으로 수회 계측하여 계측치에 대한 통계학적 분석을 통한 각 방법의 정확성과 재현성을 비교하였으며 임상적 응용시 문제점에 관하여 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

저자는 이에 착안하여 실험적 대퇴골 모형을 제작하고 이미 알려진 다수의 계측방법중 흔히 쓰이고 있는 4 가지의 방법으로 수회 계측하여 계측치에 대한 통계학적 분석을 통한 각 방법의 정확성과 재현성을 비교하였으며 임상적 응용시 문제점에 관하여 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

## II. 실험재료 및 연구방법

### 1) 골반 대퇴골 모형의 제작

인체의 골격과 동일한 형태를 지닌 골반 및 대퇴골을 투명한 아크릴상자에 고정하였으며 이 대퇴골은 소전자(lesser trochanter)에서 절단하여 임의의 각도로 전염 또는 후염시켜 접착 고정할 수 있도록 장치하였다 (Fig. 1). 대퇴골 경부의 전염각 계측에는 골반모형은 필요하지 않으나 추후에 골반의 비

Fig. 1. Photography of the model used in the experimental study.

Fig. 2-a. X-ray illustrating the neck-shaft angle (inclination) by Ryder-Crane method.

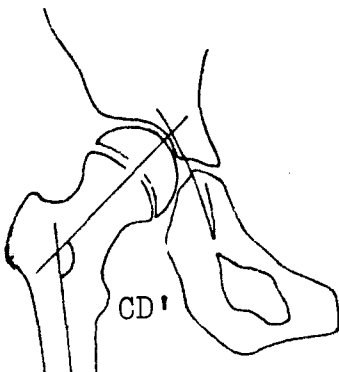
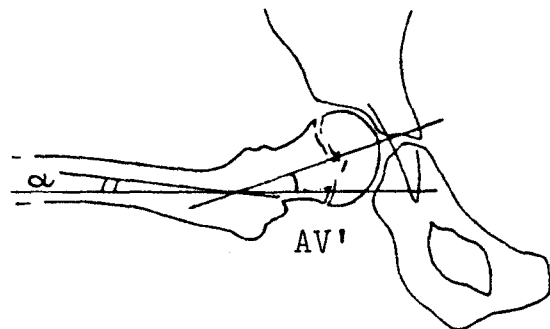


Fig. 2-b. X-ray illustrating the Projected anteversion by Ryder-Crane method.



$$\tan(AV) = \tan(AV') \frac{\cos(CD' - 90^\circ - r)}{\cos(CD' - 90^\circ)}$$

a : proximal shaft-transverse plane angle

AV: actual anteversion

r : angle of abduction(30°)

CD': projected angle of inclination

Fig. 3. Diagram and formula calculating from Ryder-Crane method.

구(acetabulum)의 전염각 제층에 관한 연구에 이용할 수 있으며 X-선에서 투영되는 상의 중첩에 따른 계측선 설정의 저해요소로 참조가 되어 함께 제작하였다.

## 2) 전염각의 변환 및 계측방법

-20도에서 0도까지는 10도 간격으로 0도에서 +75도까지는 5도간격으로 18단계의 각 변환을 시켰으며 매각도에서 Ryder-Crane의 biplanar method<sup>6)</sup>, Dunn의 axial technique<sup>6)</sup>, computerized axial tomography(Peterson)<sup>1), 3), 4), 8)</sup> 및 fluoroscopic method(Rogers)<sup>9)</sup>의 방법으로 5회씩 촬영(시행)하고 각각 다른 사람이 계측하게 하였다.

### 가. Biplanar method

골모형을 supine으로 위치시키고 대퇴골을 신전·중립회전상태에서 전후면 X-선 촬영을 하였으며(Fig. 2-a) 다음으로 고관절을 30도 외전(abduction)시킨 위치에서 X-선축이 양측 대퇴골과를 관통하는 transcondylar axial view를 촬영하였다(Fig. 2-b)(실

제 Ryder-Crane method에서는 90도 고관절 굴곡을 시키지만 본 골모형에서는 굴곡없이도 동일한 상이 된다). 전후면 X-선 사진에서의 대퇴골 간부경부가

**Fig. 6.** Computerized tomography, the exact anteversion is the angle between the constructed line through the femoral head and neck and another line through the transcondylar plan of the condyle.

**Fig. 4.** Axial technique, anteversion is the angle between the transcondylar plane and the neck.

**Fig. 7-a.** Photographic illustration of pre-external rotated state with the extended, neutral rotated condyle in fluoroscopic method.

**Fig. 5.** Slice level through the femoral condyle and neck.

**Fig. 7-b.** Outward rotate the condyle until the shadow of the neck are shortest or lie with axis of the femur. The outward rotation angle is the anteversion.

(neck-shaft angle, CD')과 transcondylar plane 에서의 대퇴골 간부-경부의 여자(projected anteversion, AV')을 측정하여 삼각함수 공식에 대입시켜 환산하는 방법이다(Fig. 3).

#### 나. Axial technique

대퇴골(고관절)을 90도 굴곡 및 중립회전 위치에 서 X-선 광구를 대퇴골 장축에 일치하여서(vertically) 대퇴골과가 경부에 투영되게 촬영한다(Fig. 4). 이때 transcondylar plane과 neck가 이루는 각이 측정하고자 하는 전염각이다.

#### 다. Computerized axial tomography

골모형을 supine 상태로 위치하고 대퇴골과에 1-2개, 비구의 상부, 중앙과 하부에 1개의 slice의 axial tomogram을 하여 대퇴골경부의 중심선이 transcondylar plane과 이루는 선을 전염각으로 한다(Fig. 5, 6).

#### 라. Fluoroscopic method

Rogers의 방법을 응용하여 본 골모형에 적용한 것으로 supine 상태에서 신전·중립회전위에 있는 대퇴골과를 외회전시키며 대퇴경부의 fluoroscopy 상의 음영이 대퇴골축과 일치되는 각도를 전염각 또는 zero degree neck-shaft angle이라한다(Fig. 7-a,b).

### III. 측정결과 및 결과분석

측정치를 틀리게 할 수 있는 각종 요인을 배제하고 재현성을 정확하게 하기 위하여 다른시기에 다른 각도(angle of the bone model) 설정자와 방사선 촬영자로 하여 5회 촬영(시행)하였으며 이를 다시 각각 다른 사람이 측정하였다. 각 방법의 5회 시행한 측정치의 평균치(평균 측정치)와 참값(설정각도)과의 차를 계산하여(Table 1), mean error, standard deviation와 standard error를 계산하였다(Table 2).

이 결과 정확성의 지표인 X, SD와 SE는 C-T, axial technique(Dunn), fluoroscopy(Rogers), biplanar(Ryder-Crane)의 순이었다.

또한 재현성의 조사를 위하여 각 방법 상호간의 "t" value와 "p" value를 조사하였던 바 Ryder-Crane method에 대한 Dunn의 axial technique는 중등도의 차이(상관관계)가 있었으며( $0.025 > P > 0.01$ )가 있으며 C-T는 중등도 이상의 무연관성이 있고( $0.01 > P > 0.005$ ) fluoroscopy 방법과는 큰값의 연관성이 있었다( $P > 1$ ). 한편 axial technique에 대한 C

Table 1. Absolute difference\* in each method

Time	Method	Ryder-Crane	Dunn	C-T	Fluoroscopy
1		4.2	2	2.0	3.67
2		0	2	1.75	2.33
3		0	2	1.50	2.75
4		2.5	1	2.38	2.33
5		7.5	2	1.75	2.50
6		1.8	1	2.00	2.67
7		4.0	2	1.75	2.50
8		0.8	3	1.13	2.50
9		3.5	0	1.00	1.68
10		2.1	1	0.50	2.50
11		0.1	2	1.75	1.67
12		3.5	5	0.75	2.33
13		2.8	0	1.63	2.50
14		3.1	1	1.50	2.67
15		3.5	0	0.50	4.25
16		4.5	1	2.88	3.00
17		5.4	2	0.38	5.50
18		7.9	1	1.00	2.88
Mean error		3.15	1.55	1.45	2.80

\*absolute difference=model anteversion-evaluated anteversion

\*time; 1: -20°; 2: -10°; 3: 0°; 4: 5°; .....; 17: 70°; 18: 75°

**Table 2.** Comparison of the results in each methods

Index	Method	Ryder-Crane	Dunn	C-T	Fluoroscopy
Maen error		3.155	1.55	1.452	2.80
SD		2.27	1.19	0.67	0.89
SE		0.53	0.28	0.15	0.20

**Table 3.** Comparison of the reliability in each method

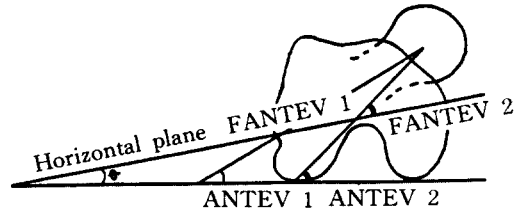
	t value	p value
Ryder-Crane: Dunn	2.71	0.025>P>0.01
Ryder-Crane: C-T	3.09	0.01>P>0.005
Ryder-Crane: Fluoroscopy	0.625	P>1
Dunn: CT	0.33	P>1
Dunn: Fluoroscopy	4.16	P<0.005
C-T: Fluoroscopy	5.41	P<0.005

-T 방법과의 비교로서 역시 연관성이 크게 있으나 ( $P>1$ ), fluoroscopy 방법과는 무관하였다 ( $0.005>P$ ). 한편 C-T와 fluoroscopy의 비교에서도 상호 무관하며 ( $0.005>P$ ), 이것은 axial technique와 fluoroscopy의 비교보다 더 큰 무관성이 있었다 ( $t=5.4$ ). 여기서 무관연성이 있다함은 상호 측정치간에 신뢰도가 큰 것이며 이는 두 방법 서로가 매우 유사하며 따라서 정확성 (accuracy)이 좋은 어느 한 방법 (예로 C-T)과의 비교하는 신뢰도가 크면 이 비교되는 방법 (예로 fluoroscopy)도 정확할 것이다. 그러므로 이 정확한 방법과 재현성은 유사하게 나타날 것이다. 하지만 이는 상대적인 재현성이므로 전체 방법을 통괄하는 재현성의 비교는 불가능하며 본 통계적 분석에서는 C-T와 fluoroscopy가 재현성이 우수하며 biplanar method와 axial technique는 재현성이 불량하나 양군(both group) 각각의 선후 배열은 할 수 없다.

이상과 같은 분석에서 가장 정확하고 재현성이 좋은 방법은 computerized tomography이며 다음으로는 fluoroscopic method이며 Dunn과 Ryder-Crane 방법의 순이었다.

#### IV. 고 찰

선천성 고관절 탈구, 뇌성 마비, Legg-Perthes' disease, in-toeing gait의 병인, 치료방법과 예후결정에 있어 대퇴골 경부의 전염각의 중요성은 이미 잘 알려져 있다<sup>2,4,9</sup>. 통상의 anteversion은 anatomical anteversion을 의미하며 이는 Norman (1969)의 Anteversion 2로서 femoral condyle의 tangential plane과 femoral capital center와 neck의 중심을 연결



**Fig. 8.** Axial view of the right femur with the angles of anatomical anteversion (ANTEV 1 and ANTEV 2) and functional anteversion (FANTEV 1 and FANTEV 2).  $\ominus$  is the angle between the horizontal plane and the tangential plane to the dorsal parts of the femoral condyles.

한 선이 이루는 각이며 functional anteversion은 이 선이 horizontal plane과 이루는 각이다<sup>4</sup> (Fig. 8).

이러한 전염각의 측정방법으로는 axial technique (Dunn)<sup>8</sup>, 10° abduction-axial technique (Dunlap)<sup>9</sup>, Magilligan의 방법<sup>2</sup>, Ryder-Crane<sup>6</sup> 및 Rippenstein<sup>4</sup>의 biplanar method, Peterson 등의 computerized tomographic method<sup>1,3,5</sup>, stereophotogrammetry에 의한 방법<sup>10</sup>, ultrasound를 이용한 방법<sup>7</sup> 등이 고안되어 있지만 각 방법에 따른 정확성과 재현성·임상적 이용의 수기의 용이성, 방사선 피폭정도 등에서 많은 차이가 있다. 예로서 computerized tomography는 그 정확성은 인정되지만 방사선 피폭정도가 결코 적지 않으며, 한정된 기기의 시설과 비경제적인면으로 대중화될 수 없고, 촬영중 환자가 절대로 움직이지 않아야 하며 또한 대퇴골두가 충분히 화골화 (ossification)이 되기전에 훌륭한 상을 얻을 수 없는 등의 많은 단점이 있다<sup>7,9</sup>. 또한 ultrasound를 이용한 방법도 방사선의 위험이 없는 점

이외에 동일한 조건일 수 있다. Magilligan의 방법도 측측은 간단하나 정확한 고관절의 전후면과 측면사진을 얻기가 어렵고, stereophotogrammetry는 실험적 연구이외에는 응용에 너무 복잡하다. 마찬가지로 Ryder-Crane method도 정확한 전후면과 측면사진을 얻기 어려우며 2개의 상(AV', CD')에서 얻어지는 선행계측치에 의존하므로 오차의 확률이 높으며 비록 frame 이용하여도 대퇴의 굽기에 따른 외전 각도의 변화가 있을 수 있다. 따라서 임상적 이용시 가장 이상적인 방법은 없으며 이러한 제조조건을 고려하여 선택하여야 한다.

저자는 이러한 계산이 불가능한 임상적 조건과 제한된 대상에서 확실한 anteversion은 실측 뿐이라는 점을 고려하여 각 방법의 정확성과 재현성을 조사하였던 바 Leonard Ruby등의 실험적 연구결과와 유사한 결과를 얻었다. 다만 Ryder-Crane method가 이들의 연구보다 정확성이 뒤지는 것은 정확한 외전과 굴곡 frame위에서 이루어지지 않았다는 점에 기인하는 것으로 사료된다.

## V. 결 론

대퇴골 경부의 전염각 측측 방법들에 대한 정확성과 재현성의 비교·조사를 위하여 대퇴골 모형에 이용한 18개 각도 구분을 각각 5회씩 측정·계측하여 분석 하였으며 실제 임상에서 응용시 수반되는 제조조건을 문헌 고찰하였던 바 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 정확성과 재현성은 computerized tomographic method이지만 비경제적이며 촬영 시간이 길며 18개월 미만의 대퇴골두가화 골화되기전의 연령에서는 불확실한 단점이 있어 이의 사용은 극히 제한되어 있다.

2. 다음으로 정확성과 재현성이 높은 방법은 fluoroscopic method로서 고관절의 운동범위 제한이 없는한 anteversion의 측측으로 최선의 방법이라 할 수 있다.

3. Ryder-Crane의 biplanar method는 정확성이 불량하며 고관절의 외전제한, 내회전병형등에는 사용이 불가능하는 등 단점이 있으므로 역시 제한된 방법이다.

4. Dunn의 axial technique는 변형된 고관절의 상황에서도 양호하므로 선택의 무리가 없을 것으로 사료된다.

5. 임상적 이용에서는 어느 한 방법에 의한 전염각의 확정적 결정보다 다수의 방법의 조합과 견측과의 비교등으로 정확성을 더 할 수 있고 변화된 환

자의 추시(follow-up)시의 상태에 대처할 수 있을 것으로 사료된다.

## REFERENCES

- 1) Browing, W.H. et al.: *Computed Tomography in Congenital Hip Dislocation. The Role of Acetabular Anteversion. J. of Bone and Joint Surg.*, 64-A: 27-31, 1982.
- 2) Crenshaw, A.H.: *Compbell's Operative Orthopedics, 6th Ed.*, pp. 1881-1884, St. Louis, C. V. Mosby Co., 1981.
- 3) Genant, H.K. et al.: *Computed Tomography of the Musculoskeletal System. J. of Bone and Joint Surg.*, 62-A: 1088-1101, 1980.
- 4) Henriksson, L.: *Measurement of Femoral Neck Anteversion and Inclination. Acta Orthop. Scand.*, Scand., Supplementum 186, 1980.
- 5) Hoffer, M.M., Prietto, C. and Koffman, M.: *Supracondylar Derotation Osteotomy of the Femur for Internal Rotation of Thigh in Cerebral Palsied Child. J. of Bone and Joint Surg.*, 63-A: 389-393, 1981.
- 6) Leonard, Ruby, Mital, M.A., O'Connor, H. and Patel, U.: *Anteversion of the Femoral Neck. J. of Bone and Joint Surg.*, 61-A: 46-51, 1979.
- 7) Moulton, A. and Upadhyay, S.S.: *A Direct Method of Measuring Femoral Anteversion using Ultrasound. J. of Bone and Joint Surg.*, 64-B: 469-474, 1982.
- 8) 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. of Bone and Joint Surg.*, 63-B: 198-208, 1981.
- 9) Turek, S.L.: *Orthopedics, 4th Ed.*, pp. 292-313, J.B. Philadelphia. Lippincott Co. 1982.
- 10) Weintroub, S., Boyde, A., Chrispin, A.R. and Lloyd-Roberts, G.C.: *The Use of Stereophotogrammetry to Measure Acetabular and Femoral Anteversion. J. of Bone and Joint Surg.*, 63-B: 209-213, 1981.
- 11) Zaleske, D.J., Ehrlich, M.G., Kushner, D., Cleveland, R. and McCarten, K.: *Transaxial Tomography in Pediatric Orthopedic Problems. J. of Pediatr. Orthop. Vol. 3, No. 5: 616-619, 1983.*