

장관골의 실제각도 계측에 관한 연구

서울대학교 의과대학 정형외과학교실, 진단방사선과학교실*

이상훈 · 정문상 · 강홍식* · 석세일

=Abstract=

Actual Angle Measurement of Long Bone

Sang Hoon Lee, M.D., Moon Sang Chung, M.D., Heung Sik Kang*, M.D.
and Se Il Suk, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Department of Radiology*, College of Medicine,
Seoul National University, Seoul, Korea

If one can measure the actual angle of the bowing and rotation of a long bone three-dimensionally, it will be a great help in fracture reductions, operative treatments of the congenital anomalies, determination of the fusion angles in arthrodeses, and so on.

We developed a computer program that gives us the actual bowing and rotation angle when we input the angles from the two X-ray films with known angle between them. We measured anteversion and neck-shaft angle of the femur, the amount of bowing and rotation in fracture model, and the fusion angles in arthrodeses. The angles calculated from the computer program were same as those from another X-ray that showed the actual angle taken by derotating the subject.

Key Words : Actual angle measurement, Computer program.

서 론

장관골의 해부학적 구조, 골절시 골절각, 관절의 운동범위, 선천성 기형시 변형각도 및 관절융합시 고정 각도등 정형외과 영역에서는 각도에 대한 언급이 많이 있다.

현재까지는 대개의 경우 단순방사선 촬영을 실시하여 전후면 촬영상과 측면 촬영상에서의 각도를 계측한 다음 굴곡의 방향과 각도를 추상적으로 짐작하는 경우가 대부분이었으며, 최근 초음파 검사법과 전산화 단층촬영법에 의한 측정 방법이 도입되었으나^{11, 12, 17)} 설비 및 비용의 문제와 절차적 복잡성등의 이유로 널리 보급은 않된 상태이다. 따라서 단순 방사선 촬영에 의한 전후면과 측면 촬영상에서 얻어진 두개의 각

도를 이용하여 실제 굴곡의 방향과 각도를 알 수 있는 방법이 나온다면 골절 정복시, 선천적 기형의 수술적 치료시 및 융합된 관절의 적부 판정시 등 많은 정형외과 영역에 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

저자들은 단순방사선 촬영을 이용하여 실제 각도를 계측하는 방법을 고안하여 컴퓨터 프로그램으로 간소화 하였으며⁶⁾, 이를 이용하여 대퇴골 전염각과 경간각을 측정하고 골절각과 골절 방향을 결정하였고, 관절의 융합 방향과 실제 융합각도를 판정하였는바 그 결과를 보고하는 바이다.

연구재료, 대상 및 방법

일정각도를 이루는 두개의 선으로 도형화할 수 있는 대상을 두선중 한선을 삼차원 공간에서의 Y축에 고정시키고 나머지 한 선의 전후면

*본 논문은 1988년도 서울대학교병원 특진연구비 보조로 이루어진 것임.

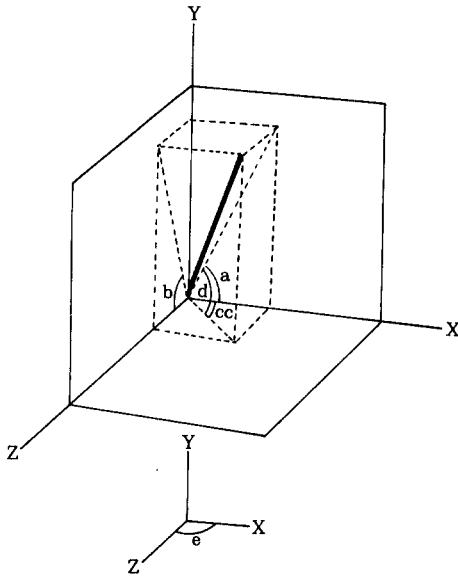


Fig. 1. Schematic illustration of angles. a : Angle in A plane. b : Angle in B plane. e : Angle between the two planes. c : Rotational angle from A plane. d : Actual angle.

촬영상에서의 각도와 측면 촬영상에서의 각도를 측정하여 이 두 각도를 computer program에 입력시켜 굴곡방향 및 굴곡각도를 구해보았으며 (Fig. 1), 이 방법으로 구해진 각도를 실제 측정에 의한 각도 혹은 굴곡면에 수직인 방사선 촬영상에서의 각도와 비교하여 보았다.

이 연구에 사용된 방사선 촬영기는 Picker 800 mA이었고 컴퓨터는 IBM PC/AT (16 BIT)이었으며, 사용된 컴퓨터 프로그램은 저자들이 BASIC 언어를 이용하여 직접 제작하였다.

1. 대퇴골 전염각 및 경각간의 계측

1) 성인 건조 대퇴골의 간부를 X-ray beam에 수직인 상태로 놓고 beam center를 대퇴의 경간 경계부에 맞춘 상태에서 전후면 및 측면 방사선 촬영을 하고 촬영상에서 측정한 두개의 경간각을 computer에 입력시켜서 전염각과 경간각을 구해보았고, 전염각만큼 역회전 (derotation)시킨 상태에서 방사선 촬영시 나타난 경간각과 비교하여 보았다.

2) 인체(19세 남자)의 대퇴골에서도 상기 방법으로 전염각과 경간각을 구하였고 대퇴를 구해진 전염각만큼 대퇴간부를 축으로 하여 역회전 (derotation)시켜 경부와 간부가 동시에 cas-

sette에 평행이 되게 하고 촬영한 촬영상에서의 경간각과 비교하여 보았다.

2. 골절 방향과 골절각의 계측

두개의 K-강선, 각도가 그리고 판자를 이용하여 132.5도의 골절각을 이루는 골절모형을 만들어 두 강선의 교점에 X-ray beam center를 맞추고 한쪽 강선을 X-ray beam에 수직으로 배치한 상태에서 각각 전후면과 측면촬영을 하였다. 그런 다음 이 촬영상에서 얻은 각도들을 컴퓨터에 입력시켜 두개의 각도를 구하였으며, 실제 두 강선 사이의 각도와 비교하였다. 또한 상기 작업을 다른 각도에서 되풀이하여 구해진 각도들을 서로 비교하였다.

3. 관절의 융합방향과 융합각도의 계측

좌측 상완골의 방골성 골(Parosteal sarcoma)로 완전 절제술(wide excision)후 생비골 이식술을 이용하여 굴곡 외전위 상태로 건관절 고정술을 받은 환자(36세 남자)의 건관절에 X-ray beam center를 맞추고 환자를 직립시킨 상태에서 촬영한 전후면과 측면 촬영상에서 얻은 두개의 각도를 컴퓨터에 입력시켜서 관절의 융합각도, 외전각도와 융합방향 굴곡각도를 구하였으며, 구해진 융합각도(굴곡각도)만큼 환자를 인체의 중심선에 대해 역회전시켜 이식된 비골과 인체 중심선이 모두 cassette에 평행인 상태에서 촬영한 촬영상에서의 각도와 비교하여 보았다.

결 과

1. 대퇴골 전염각 및 경간각의 계측

1) 건조 대퇴골의 전후면 방사선 촬영상 경간각은 131.0도(a는 131.0도에서 90도를 뺀 41.0도), 경간각은 141.8도(b는 141.8도에서 90도를 뺀 51.8도)였으며 이를 컴퓨터에 입력시켜 구해진 성인 건조 대퇴골의 굴곡방향, 즉 전염각은 34.4도였고 굴곡각도 즉 경간각은 125.7도였으며 구해진 전염각인 34.4도 만큼 건조 대퇴골을 대퇴간부의 중심선을 회전축으로 하여 역회전시킨 촬영상에서의 경간각은 126.5도였다(Fig. 2).

2) 인체 대퇴골의 전후면 방사선 촬영상 경간각은 131.9도(a는 131.9도에서 90도를 뺀 41.9도), 측면 방사선 촬영상 경간각은 161.2도(b는 161.2도에서 90도를 뺀 71.2도)였으며 이를 컴퓨터에

Appendix I. Computer program used in this study

```

10 REM Angle in OS
20 INPUT "a=" ; A
30 INPUT "b=" ; B
40 INPUT "e=" ; E
50 EE=90-E
60 AR=A*3.14159/180
70 BR=B*3.14159/180
80 ER=E*3.14159/180
90 EER=EE*3.14159/180
100 CA=TAN(BR)/TAN(AR)-SIN(EER)
110 CB=COS(EER)/CA
120 CR=ATN(CB)
130 C=CR*180/3.14159
140 FA=COS((C-EE)*3.14159/180)/COS(CR)
150 FB=TAN(AR)*FA
160 FR=ATN(FB)
170 F=FR*180/3.14159
180 DA=TAN(R)*COS(CR)
190 DR=ATN(AR)*COS(CR)
200 D=DR*180/3.14159
210 PRINT "cc= " ; C-EE ; "      d=" ; D
220 END
Ok

```

Fig. 2. A-P view, lateral view and derotation view of dried human femur.

Fig. 3. A-P view, lateral view and derotation view of femur in living human.

입력시켜 구해진 인체 대퇴골의 굴곡방향, 즉 전염각은 17.0도였고 굴곡각도 즉 경간각은 120.6도였으며 역회전시킨 촬영상에서 경간각은 120.0도였다(Fig. 3).

2. 골절 방향과 골절각의 계측

132.5도의 각도를 가진 골절 모형을 한 강선을 회전축으로 하여 30도 및 40도 회전시킨 상태에서의 전후면 촬영상 각도는 137.8도와 139.9도(a는 이들 각도에서 90도를 뺀 47.8도와 49.9도)였으며, 측면 촬영상에서의 각도는 151.8도와 143.6도(b는 이들 각도에서 이들 각도에서, 90도를 뺀 61.8도와 53.6도)였고 이를 컴퓨터에 입력시킨 결과 골절방향은 30.6도, 41.2도)였고 이를 컴퓨터에 입력시킨 결과 골절방향은 30.6도, 41.2도였고 골절각은 133.5도, 131.8도였으며 실제 각도는 132.5도였다(Fig. 4).

3. 관절의 융합방향과 융합각도의 계측

고절된 인체 견관절의 전후면 촬영상 융합각

Fig. 4. A-P view and lateral view of fracture model.

Appendix II. 전후면 (a) 및 측면 (b) 방사선에서 측정된 각도를 이용하여 계산된 회전각도 (c) 및 실제각도 (d)

c	b																	
d	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
a0	45	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
5	0	45	64	72	76	79	81	83	84	85	86	86	87	88	88	89	89	90
	0	7	11	16	21	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
10	0	26	45	57	64	69	73	76	78	80	82	83	84	85	86	87	88	85
	10	11	14	18	22	26	31	36	41	45	50	55	60	65	70	75	80	85
15	0	18	33	45	54	60	65	69	72	75	77	79	81	83	84	86	87	89
	15	16	18	21	24	28	32	37	41	46	51	55	60	65	70	75	80	85
20	0	14	26	36	45	52	58	63	67	70	73	76	78	80	82	84	86	88
	20	21	22	24	27	31	34	38	42	47	51	56	61	65	70	75	80	85
25	0	11	21	30	38	45	51	56	61	65	69	72	75	78	80	83	85	88
	25	26	26	28	31	33	37	40	44	48	52	56	61	66	70	75	80	85
30	0	9	17	25	32	39	45	50	55	60	64	68	72	75	78	81	84	87
	30	30	31	32	34	37	39	42	46	49	53	57	61	66	70	75	80	85
35	0	7	14	21	27	34	40	45	50	55	60	64	68	72	76	79	83	86
	35	35	36	37	38	40	42	45	48	51	54	58	62	66	71	75	80	85
40	0	6	12	18	23	29	35	40	45	50	55	60	64	69	73	77	82	86
	40	40	41	41	42	44	46	48	50	53	56	59	63	67	71	75	80	85
45	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
	45	45	45	46	47	48	49	51	53	55	57	60	63	67	71	75	80	85
50	0	4	8	13	17	21	26	30	35	41	45	50	55	61	57	72	78	84
	50	50	50	51	51	52	53	54	56	57	59	62	65	68	72	76	80	85
55	0	4	7	11	14	18	22	26	30	35	40	45	50	56	63	69	76	86
	55	55	55	55	56	56	57	58	59	60	62	64	66	69	72	75	80	85
60	0	3	6	9	12	15	18	22	26	30	35	40	45	51	58	65	73	81
	60	60	60	60	61	61	61	62	63	63	65	66	68	70	73	76	80	85
65	0	2	5	7	10	12	15	18	21	25	29	34	39	45	52	60	65	79
	65	65	65	65	65	66	66	66	67	67	68	69	70	72	74	77	81	85
70	0	2	4	6	8	10	12	14	17	20	23	27	32	38	45	54	64	76
	70	70	70	70	70	70	70	71	71	71	72	72	73	74	76	78	81	85
75	0	1	3	4	6	7	9	11	13	10	18	21	25	30	36	45	57	72
	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	76	76	76	77	78	79	82	85
80	0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	17	21	26	33	45	64
	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	81	81	82	83	86
85	0	0	1	1	2	2	3	4	4	5	6	7	9	11	14	18	26	45
	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	86	86

a : angle in A-P, b : angle in lateral, c : rotation angle, d : actual angle.

도는 38.7도(a는 90도에서 38.7도를 뺀 74.2도), 측면 촬영상 융합각도는 15.8도(b는 90도에서 15.8도를 뺀 74.2도)였으며 이를 컴퓨터에 입력시킨 결과 견관절에서의 실제융합각도는 40.4도였고 융합방향은 관상면(coronal plane)에 대해 19.5도를 이루고 있었으며, 환자를 인체의 중심

선에 대해 19.5도 만큼 인체의 중축을 회전축으로 하여 역회전시킨 상태에서 방사선 촬영을 시행하여 나타난 융합각도는 41.1도였다(Fig. 5).

고 안

Fig. 5. A-P view, lateral view and derotation view of fused shoulder joint.

대퇴골 전염각 및 경간각의 정확한 측정은 선천성 고관절 탈구 Legg-Perthes병, 뇌성마비 등의 치료에 필수적이며, 현재까지 투시법^{4,13)}, 이면 방사선법^{8,10,15,16)}, 측 방사선법^{3,7)} 등을 이용하여 측정하고 있으며 최근 초음파검사¹¹⁾, 전산화 단층촬영술에^{12,17)} 의한 측정방법도 도입되었다. 투시법과 측 방사선법의 경우 오차가 크다는 단점이 있고^{1,2,5,7,8,9,13,14,15)} 이면 방사선법은 경간부에 대해 정확한 측면 촬영을 하기가 힘들다는 문제점이 있다^{2,8,10)}. 최근 도입된 전산화 단층촬영술과 초음파 검사에 의한 측정은 전산화 단층촬영의 경우 비용이 비싸고 대퇴 골경부에서 해부학적 복잡성으로 인해 오차를 보일 수 있고 초음파검사의 경우 재현성(reproducibility)과 객관성의 문제가 있다.

저자들은 전후면 및 측면 방사선 촬영을 실시하여 얻은 각도를 저자들이 고안한 컴퓨터 프로그램에 입력하여 비교적 정확한 전염각 및 경간각을 얻을 수 있었다. 골절환자의 치료시 대개 전후면 및 측면 방사선 촬영상에서의 각도를 측정한 다음 정복을 시도하여 왔으나 정확한 방향과 실제각도를 몰라 정복에 어려움이 있는 경우를 자주 경험하였다.

저자들은 골절모형을 만들어 두 방향에서 방사선 촬영을 시행하여 얻은 각도를 컴퓨터 프로그램에 입력하여 골절각과 방향을 알 수 있었으며, 이 방법으로 실제 대퇴골 간부골절환자에서 골절 방향과 골절각을 측정하여 만족할만한 도수 정복을 할 수 있었다. 이 방법은 특히 cast wedging에 의한 골절 정복시 더욱 유용하게 사용될 수 있었다.

인체의 정상 견관절을 스폰지와 압박붕대를

이용하여 일정 각도에서 고정시켜 관절유합모형을 만들었다. 이때 융합각도와 융합방향을 계속한 결과 실제값에 가까웠으며, 이를 실제 견관절유합의 예에 적용하여 같은 결과를 얻었다.

본 방법을 실제 임상에서 적용시 정확한 계측치를 얻기 위하여는 대상이 되는 골격을 각도를 갖는 두개의 선(주로 중심선)으로 가상하고 이 두선의 교점에 정확히 X-ray beam center를 일치시키고 두선중 한선을 가능한 한 X-ray cassette와 평행이 되게 하여야 한다.

방사선 관측은 cassette와 충분히 거리를 두고 촬영하여 방사선 촬영시 생기는 왜곡(distortion)을 줄여야 한다⁹⁾.

저자들이 고안한 방법은 90도를 이루는 두 방향에서 얻은 촬영상에 의해서만 굴곡각도와 굴곡방향을 계측할 수 있는 것이 아니라 임의의 두 방향에서 얻은 촬영상에 의해서도 굴곡각도와 굴곡방향을 계측할 수 있도록 고안되었다. 그러므로 알고 있는 임의의 두 방향에서의 방사선 촬영상으로도 굴곡각도와 굴곡방향을 얻을 수 있지만 두 방사선 촬영의 방향이 직각에 가까울수록 오차가 적게 나타났다.

결 론

저자들은 단순 방사선 촬영을 이용하여 실제 각도를 계측하는 방법을 고안하여 컴퓨터 프로그램으로 간편화하였다. 이를 이용하여 전조골 및 인체에서 대퇴골 전염각과 경간각을 계산하였고, 골절모형에서 실제 골절각 및 골절 방향을 결정하였으며, 관절 융합술시 실제 융합각도를 측정하는 등 정형외과 영역의 여러 경우에 적용시켜 본 바 괄목할만한 성과를 얻었기에 보고하는 바이다.

REFERENCES

- 1) Budin, E. and Chandler, M.E.: *Measurement of Femoral Neck Anteversion. Radiology.* 69: 209, 1957.
- 2) 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 and Joint Surg., 35-A: 289, 1953.*
- 3) Dunn, D.M.: Anteversion of the Neck of

- the Femur. A Method of Measurement. *J. Bone and Joint Surg.*, 34-B : 181, 1952.
- 4) Drehmann and Lorenz, A. : *Die Sogenannte Angeborene Huftverrenkung. Stuttgart. F. Enke, 1920.*
 - 5) Edgren, W. and Laurent, L.E. : *A Method of measuring the Torsion of the Femur in Congenital Dislocation of the Hip in Children. Acta. Radiol.*, 45 : 371, 1956.
 - 6) Enders, B. and Petersen, B. : *Basic Primer for the IBM PC and XT. A Plume/Waite Book, New American Library, 1984.*
 - 7) Hubbard, D.D. and Staheli, L.T. : *The direct Radiographic Measurement of Femoral Torsion Using Axial Tomography. Technique and Comparison 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 and Joint Surg.*, 35-A : 387-398, 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 and Joint Surg.*, 38-A : 1231, 1956.
 - 11) Moulton, A. and Upadhyay, S.S. : *A Direct Method of Mesuring Femoral Anteversion Using Ultrasound. J. Bone and 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 and Joint Surg.*, 63-B : 198, 1981.
 - 13) Rogers, S.P. : *A Method for Determining the Angle of Torsion of the Neck of the Femur. J. Bone and Joint Surg.*, 13 : 821, 1981.
 - 14) Ruby, L., Mital, M.V., O'Conner, J. and Patel, U. : *Anteversion of the Femoral Neck. J. Bone and Joint Surg.*, 61-A : 46, 1976.
 - 15) Ryder, C.T. and Crane, L. : *Measuring Femoral Anteversion. The Problem and a Method. J. Bone and Joint Surg.*, 35-A : 321, 1953.
 - 16) Schertlein, A. : *Die Bestimmung der Schenkelhalstysionswinkel met Hilfe der Rontgenstrahlen. Fortschr. Geb. Roentgenstr. Nukllearmed.*, 39 : 304, 1929.
 - 17) 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.