대한골절학회지 제11권, 제4호, 1998년 10월
The Journal of the Korean Society of Fractures
Vol.11, No.4, October, 1998

경골 골절 치료후 생긴 각 변형의 측정
- 역학적 축을 이용한 방법과 고식적 방법들과의 비교 -

부산세강병원 정형외과

정철용 · 손영찬 · 구순본 · 김상은

= Abstract =

Measurement of Angulation after Treatment of Fractures of the Tibia
- Comparison of Conventional Methods and New Method Using Mechanical Axis -

Chul-Yong Chung, M.D., Chan-Young Son, M.D., Sun-Bon Koo, M.D., Sang-Eun Kim, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Sei Gang General Hospital, Pusan, Korea

The importance of residual angular deformity after tibial fracture is still uncertain. But it is generally assumed that osteoarthritis of the ankle and the knee will result when the deformity is severe. Therefore accurate measurement of the alignment of the tibia is important clinically and in research. We compared the results of conventional methods (method 1,2) of measuring the angulation deformity after a fracture of the shaft of the tibia, with a new method using mechanical axis reported by Milner[11] (method 3).

Sixty-seven patients of tibial fractures with angulation deformity treated at Sei Gang General Hospital from January 1995 to December 1996 were evaluated. Samples of 20 sets of standard AP and lateral radiographs of both tibia were measured. The results obtained were as follows.

1. The difference between the angles obtained by Milner 's new method (method 3) and conventional methods (method 1, 2) was significant in all planes.
2. Both the mean intra- & interobserver difference were minimal in new method, compared with conventional methods, at all planes.
3. There is no statistically significant difference using by paired T-test between angles

※통신저자: 구순본
부산광역시수영구광안1동 491-10
세강병원정형외과학교실
Tel : (051) 756 - 0081~5 Fax : (051) 751 - 4372

obtained by new method and conventional methods ($p>0.05$).

From these results, an angulation of measuring the new method was accurate and has good inter- and intraobserver reliability.

Key Words : Measurement of Angulation, Tibia fracture, Conventional, New method

서 론

경골간부골절에서부정유합으로인한각변형이 슬관절 및 족관절에 어떤 영향을 미치며, 허용될 수 있는 각 변형의 정도에 대하여서도 아직 논란이 많다. 최근에는 폐쇄성 경골 간부 골절의 치료로 도수정복후내고정하는방법이선호되어어느정도의단축, 각형성및회전변형이허용될수밖에없다 . 하지만많은저자들은골절부상하관절의회전축을회복시키기 위해서는 골절의 해부학적 정렬이 중요하며 과도한 각 형성은 관절의 기능에 영향을 미칠 수 있다고하였다[6,14]. 일반적으로관상면에서5도, 시상면에서 10도의각형성은관절의기능에영향을미치지 않는다고 생각하고 있다. 따라서 각 변형의 정도를 정확하게측정하는것은임상적으로중요할 뿐아니라 저자들간의연구결과를평가하는데도 아주중요하다. 하지만 저자들마다 각 변형의 정도를 서로 다른방법으로측정하면그결과를단순히수치만으로 비교 평가하는 것이 힘들 것이다. 따라서 저자들은 현재 가장 흔히 쓰이고 있는 각 변형 측정의 방법과 역학적 축을이용한새로운 방법[11]을비교하여정확한각변형측정방법을알아보고자하였다 .

연구대상 및 방법

1. 연구대상

1995년 1월부터 1996년 12월까지 2년간 경골 간부 골절로본원에서치료받았던163명의환자중양측성인 경우와 불유합, 지연 유합 등의 합병증이 동반된 경우를제외하고골절부위반대측하지에외상, 변형 등의 병력이 없고, 1년이상 추시 관찰이 가능하였던 67례의 각 변형을 측정하고 그중 20례를 선별하여 양측 경골에 대한 추시 방사선 사진을 찍어 각 변형의정도를재측정하였다.

2. 방사선사진의촬영방법

양측경골의기립위정면및측면사진을촬영하였으며, 정면 사진은 환자를 기립 자세로 양측 슬개골이 전방을 향하게 하고 방사선 주사관은 1m 떨어진 곳에서 촬영하였다. 측면 사진 또한 양측 발의 위치를같이하여촬영하였고이때슬관절및족관절은반드시포함시키고양측의경골이같은모양이나올수 있도록방사선투과의각도에유념하였다.

3. 각변형의측정방법

다음의 3가지 방법을 이용하여 경골의 각 변형의 정도를측정하였다.

1) 방법1 (Fig 1-A,B)

관상면에서의 변형은 전후면 방사선 사진상 골절상하분절의 골수강을 이분하는선이만나서이루는각으로 하였고, 전후방의 각 변형은 측면 방사선상 골절 상하 분절의 장축에 평행한 두 선이 만나 이루는각을측정하였다.

2) 방법2 (Fig 2-A,B)

슬관절과 족관절의 관절면에 평행한 선을 그은 후, 각각수선을내려 그두선이이루는각도를구하고 골절부와 정상측과의 차를 구한다. 이때 관절 간격의단축으로인한오차를없애기위해관절면은경골의상하단을이용하였다.

3) 방법3 (Fig 3-A,B)

경골의기계적축을이용한 방법으로 전후면과 측면 방사선 사진 모두 같은 방법으로 측정할 수 있으며먼저, 정상측방사선사진에 슬관절(근위 경골)과 족관절(거골)의 중심을 연결한 경골의 역학적 축을

Fig 1. Method 1.
A. AP view, Varus-valgus alignment was determined by measuring the angle between the line bisecting the tibial plateau and proximal medullary canal with a line bisecting the distal medullary canal and tibial plafond.
B. Lateral view, Anteroposterior alignment was determined by measuring the angle between a line parallel to the proximal fragment and a line parallel

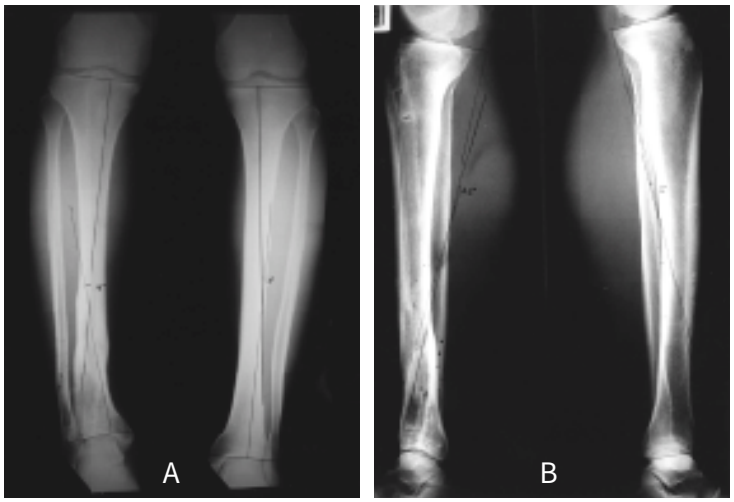

Fig 2. Method 2.
Angulation was measured as the intersection of the lines that are perpendicular to the knee and ankle joints. True angulation described as the difference between the angulation of the fractured tibia and that of the uninjured tibia.
A. AP radiograph.
B. Lateral view

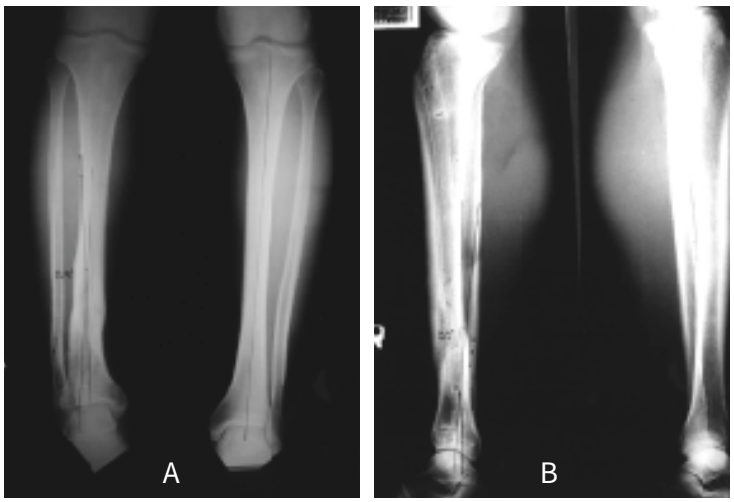

Fig 3. Method 3.
A. AP radiograph.
B. Lateral radiograph.
Right, Standard radiograph of contralateral tibia used as a template to show the proximal and distal segments of the original mechanical axis.
Left, By superimposing successively the proximal and distal parts of the tibia, the corresponding segments of the mechanical axis of the tibia can be accurately traced

표시한다음골절부의상하분절에차례로중첩시킨 후 각 분절에 해당하는 정상 경골의 역학적 축을 표시한다. 이렇게 표시된 두 선이 이루는 각을 측정한다. Milner[11]는이렇게형성된각도를각형성회전의축(center of rotation of angulation, CORA)이라하였고이것이 해당 면의 진정한 부정 유합의 각도라고 하였다. 각 형성 변형은 적고 전이가 주 병변인 경우에는 CORA가 방사선 사진의 범위를 벗어난 곳에 형성된다. 이런 경우에는 골절 부위에서 슬관절 및 족관절의 중심을 연결하는 경골의 역학적 축을 긋고, 다시 골절근위부및원위부에정상측에해당하는경골의 역학적축을그어골절부의역학적축과만나는각의 차이를변형의각으로표시하였다. 방사선사진이너무진해중첩이힘든경우에는중간단계의형판으로 아세테이트지를이용하였다.

이렇게측정된각도는 0.5도단위로표기하였다.

4. 통계처리

정형외과 전문의 2명이 20례의 양측 경골의 기립위정면및측면 사진을보고 각자앞에서설명한방법으로각 변형을측정한 후, 일정기간이 경과한 후에 전문의 1명이 이전에 측정한 값을 전혀 고려하지 않고 다시 각도를 측정하였다. 이렇게 측정된 값이 고식적인 방법들과 역학적 축을 이용한 방법들간에 유의한차이가있는지알아보고, 각각의정확도를알기 위해 관찰자내 및 관찰자 간의 오차를 구하였다. 한편, 통계적처리를 위해방법 3과 1, 방법 3과 2사이의 paired-T test를 이용하여 역학적 축을 이용한방법과고식적인방법간에측정치의차이가있는지알아보았다. 유의수준은 $p<0.05$를의의가있는것으로하였다.

결 과

방법 3과 방법 1에서 얻어진 각도의 차이는 정면사진에서는 -3.5° ~ 5.5°(95% limit of agreement ; -3.1° ~ 4.9°)였고, 측면 사진에서는 -5.5° ~ 2.0° (95% limit of agreement ; -5.1° ~ 1.9°)이었고, 방법 3과방법 2의차이는정면사진에서는 -6.0° ~ 4.5°(95% limit of agreement ; -5.1° ~ 4.2°), 측면사진에서는 -9.0° ~ 7.0° (95% limit of agreement ; -7.2 ~ 6.8)로, 방법 3과방법 1, 2 간에 유의한차이가있었다(Table 1). 또한방법 1, 2, 3에서관찰자내오차의 평균값은 관상면에서는각각 0.2°, -0.2°, -0.1°(95% limit of agreement ; -1.6°~ 1.7°)이며, 시상면에서는 각각 -0.4°, 0.1°, -0.03° (95% limit of agreement ; -1.5° ~ 1.5°)으로 모두에서 방법 3의 관찰자내 오차가 가장적었고, 관찰자간 오차도관상면에서 각각 0.4°, -0.2°, -0.1° (95% limit of agreement ; -2.2° ~ 2.3°), 시상면에서는 각각 -0.4°, 0.4°, 0.1° (95% limit of agreement ; -2.3° ~ 2.0°)로 역시 방법 3에서 오차가 가장 적었다(Table 2).

paired T-test를이용한통계학적방법으로는역학적축을이용한방법과고식적방법들간에측정치의유의한차이가없었다($p>0.05$).

Table 1. The difference of angle and 95% limit of agreement between new method and conventional methods

		Method 3 - Mehtod 1 (°)	Method 3 - Method 2 (°)
Antero-posterior	Difference of angle	-3.5 ~ 5.5	-6.0 ~ 4.5
	95% limit of agreement	-3.1 ~ 4.9	-5.1 ~ 4.2
Lateral	Difference of angle	-5.5 ~ 2.0	-9.0 ~ 7.0
	95% limit of agreement	-5.1 ~ 1.9	-7.2 ~ 6.8

Table 2. The mean intra- and interobserver difference in each method

Mean difference	Method 1 AP* (°)	Method 1 LAT† (°)	Method 2 AP (°)	Method 2 LAT (°)	Method 3 AP (°)	Method 3 LAT (°)
Intraobserver	0.2	-0.4	-0.2	0.1	-0.1	-0.03
Interobserver	0.4	-0.4	-0.2	0.4	-0.1	0.1

* Anteroposterior
† Lateral

고 찰

경골 간부 골절의 부정 유합으로 인한 각 변형의 임상적 중요성은 아직 논란이 많고, 그 허용 범위에 대한논란또한계속되고있는실정이다. 일반적으로 각 변형은하지의단축, 회전변형 등과동반되며, 현재 가장 널리 사용되는 경골 골절의 정복 지침은 관상면에서 5도, 시상면에서 10도[1,8,16] 혹은, 어느 면에서든 5도 이내[7]이며, 그 이상의각 형성은인접관절에 퇴행성 관절염을 일으킬 수 있다고 알려져 있다. 하지만, 1989년 Merchant와 Dietz[10]는 경골 및 비골골절후평균 29년의장기추시한결과외반, 내반, 전후면의각형성정도와슬관절및족관절에서의퇴행성관절염의발생빈도와는관계가없다고발표한바있어많은저자들의결과와대비된다하겠다.

이러한논란에도 불구하고 각형성정도를정확하게측정함으로써골절치료의기준으로삼고, 환자의 예후를예측하며, 수술시교정의지표로도이용할수 있다. Ries와 O'Neill[13]은통상적인정면및측면사진에서 모두 각 형성을 보이는 경우 실제의 각 변형보다 적게 측정될 수 있다고 하였으며, 또한 Green과 Green[4]도최고각변형을보이는면의직각에해당하는면에서는각 변형을 측정할 수 없으며 역으로, 양면에서 모두 각 형성을 보이는 경우 최고 각 변형은 양면의중간에놓이게된다고하여통상적인정면및 측면 사진으로는 각 형성 정도를 정확하게 알 수 없다고하였다.

관상면에서의각변형은하지의역학적 축의왜곡과상하관절 회전축의 변형을야기할 수 있다. 따라서정렬과 관절면을정상으로 회복시킴으로서관절의기능을향상시키고퇴행성관절염을예방할수있다[12]. 각 변형의 측정 또한 역학적 축과 관절면의 정렬을고려한방법이가장정확하고의미가있을것이라사료되며이때반대편의정상경골의모양도고려되어야할것이다. 경골 간부는약간의 S자모양으로 휘어져있어정상적인 경골의역학적축이 골수강의 중심을 지나지 않고, 양측의 길이 및축 회전의정도도조금차이가있다[2,3,15]. 이에 Mast 등[9]은장골의변형에 대해, 편측에만 변형이 생겼을 때는 정상인 반대측을기준으로교정해야하며, 양측이모두이환된 경우에는정상적인생리적축을치료의기준으로삼아야한다고하였으며, Hungerford 등[5]은하지를 적절한정렬로회복시키기위해서는정상적인정렬로복제해야한다고 하였다.

이에저자들은흔히 쓰이고있는고식적 방법들과 Milner[11]가 제시한 역학적 축을 고려한 새로운 방법을 이용하여 변형의 정도를 측정하였는데, 방법 1은 방법 3에서 얻어진 각도와의 차이도 크고 관찰자내 및 관찰자간 오차도 커서 부정확하였다. 그 이유는 극단적인근위및원위부골절의경우골수강을정확하게 찾기 힘들었고, 과다한 가골 형성이 있거나 골절의치유로인한재형성기간중에는골수강의모양이 변화하기 때문에 각 형성의 측정이 어려웠으며, 단순히 경골을 하나의 원통형으로 생각하여 경골의 역학적축과반대편경골의정렬에대한고려가없었다는것이다.

방법 2의경우, 정상측경골을기준으로하여각변형을측정하였지만, 정면사진에서는 슬관절과족관절의 관절면이 모두 잘 나오는 방사선 사진을 얻기 힘들어 관절 면에 평행한 선을 얻기가 힘들었고, 측면사진에서는양측경골근위부의후방경사의정도가 서로다를 수있어오차가생길 수 있는가능성이 있었다. 저자들은 퇴행성 변화 등으로 인한 관절 간격의감소가측정치에영향을주는것을예방하기위하여 경골의 근위 및 원위 관절 면을 이용하여 측정하였으며 그 결과 비교적 정확한 결과를 얻을 수 있었다.

정상인반대측 하지의경골의역학적축을이용하여얻어진방법 3은정상측경골의역학적축과모양을 모두 고려하였고, 경골 외의 다른 부위에도 응용할수있는장점이있는반면 , 양측경골이같은모양(mirror image)을 얻을 수 있는 정확한 방사선 촬영이 요구되며, 측정 방법이 복잡하며, 심한 분쇄 골절 등으로 인한 단축, 회전 변형이 있거나 퇴행성 관절염으로인한반대측 경골의변형이있어 mirror image가 되지 않는 경우에는 사용하기 힘든 단점이 있다. 저자들의 경우 paired-T test를 이용한 통계적 의미는 없었지만($p>0.05$), 역학적 축을 이용한 방법과 고식적 방법과의측정치의차이가치료에영향을줄수있을만큼크고, 방법 3을이용하여얻어진각변형의관찰자내 및 관찰자간 오차가 가장 적어 이 방법이 가장 정확한방법이라생각된다.

결 론

1995년 1월부터 1996년 12월까지 2년간 경골 간부 골절로본원에서치료받았던 163명의 환자중, 각 변형을 보이며 1년이상 추시 관찰이 가능하였던 67례 중 20례를 선별하여 양측 경골에 대한 추시 방사선 사진을 찍어 3가지 방법으로각 변형의 정도를측정하였다.

1. 역학적축을이용한방법 3과고식적인방법 1간에 측정값의 차이는 정면 사진에서 -3.5° ~ 5.5° (95% limit of agreement ; -3.1° ~ 4.9°)였고 측면사진에서는 -5.5° ~ 2.0° (95% limit of agreement ; -5.1° ~ 1.9°)이었으며, 방법 3과방법 2와의차이는정면사진에서 -6.0° ~ 4.5° (95% limit of agreement ; -5.1° ~ 4.2°), 측면 사진에서 -9.0° ~ 7.0° (95% limit of agreement ; -7.2° ~ 6.8°)로유의한차이가났다.

2. 관찰자내 및 관찰자간의 오차도 방법 3에서 가장적어방법 1, 2에비해정확하였다.

3. paired-T test를이용한통계적방법으로는역학적축을이용한방법과고식적방법들간에측정치의유의한차이가없었다(p>0.05).

이상의결과로보아 3가지방법모두가 각형성변형의 측정에 유용한 임상적 방법이지만 그중 Milner 가발표한정상측경골의역학적축을고려한새로운 방법이보다정확하여골절의치료뿐만아니라부정유합의교정에도유용할것으로사료된다.

REFERENCES

1) **Anderson LD, Hutchins WD, Wright PE, Disney JM** : Fractures of the Tibia and Fibula Treated by Casts and Transfixing Pins. *Clin. Orthop.* 105: 179-191, 1974

2) **Braten M, Terjesen T, Rossvoll I** : Femoral Anteversion in Normal Adults: ultrasound measurements in 50 men and 50 women. *Acta Orthop. Scand.* 63:29-32, 1992.

3) **Clemenz BG, Magnusson A** : Assesment of Tibial Torsion Employing Fluoroscopy, Computed Tomography and the Cryosectioning Technique. *Acta Radiol.* 30:75-80, 1989

4) **Green SA, and Green HD** : The Influence of Radiographic Projection on the Appearance of Deformities. *Orthop. Clin. North Am.*, 25:467-475, 1994.

5) **Hungerford DS, Kenna RV, Krackow KA** : The Porous-Coated Anatomic Total Knee. *Orthop. Clin. North Am.* 13:103-122, 1982.

6) **Jones R** : The classic : An orthopaedic view of the treatment of fractures. *Clin. Orthop.* 75;4, 1971.

7) **Karlstr m, G ran, and Olerud, Sven** : Fractures of the Tibial Shaft. A Critical Evaluation of Treatment Alternatives. *Clin. Orthop.*, 105:82-115, 1974.

8) **Leach RE** : Fractures of the Tibia and Fibula. *Fractures in Adults*, edited by CA Rockwood Jr., and DP Green, Ed. 2, vol. 2, pp. 1593-1663. philadelphia, J.B. Lippincott, 1984.

9) **Mast JW, Teitge RA, Gowda M** : Preoperative planning of the treatment of nonunions and the correction of malunions of the long bones. *Orthop. Clin. North Am.* 21:693-714, 1990.

10) **Merchant TC, Dietz FR** : Long-term Follow-up after Fractures of Tibial and Fibular Shafts. *J. Bone Joint Surg.*, 71A:599-606, 1989.

11) **Milner SA** : A More accurate Method of Measurement of Angulation after Fractures of the Tibia. *J. Bone Joint Surg.* 79-B: 972-974, 1997.

12) **Paley D, Tetsworth K** : Mechanical Axis Deviation of the Lower Limbs. Preoperative Planning of Uniapical Angular Deformities of the Tibia or Femur. *Clin. Orthop.* 280:48-64, 1992.

13) **Ries M, O 'Neill D** : A Method to Determine the True Angulation of Long Bone Deformity. *Clin. Orthop.* 218:191-4, 1987.

14) **Sarmiento A** : Closed functional treatment of fractures. *Springer-Verlag*. Berlin, 1981, pp.7-8.

15) **Strecker W, Keppler P, Gebhard F, Kinzl L** : Length and Torsion of the Lower Limb. *J. Bone Joint Surg.* 79-B:1019-23, 1997.

16) **Trafton PG** : Closed Unstable Fractures of the Tibia. *Clin. Orthop.*, 230:58-67, 1988.