

소아 경골 내염전에서 경골 역회전 교정 장치의 효과에 대한 예비 연구

계명대학교 의과대학 재활의학교실, ¹영상의학교실

이 소 영 · 정 윤 태 · 이 성 문¹

Effect of the Tibia Counter Rotator Orthosis for Tibial Internal Torsion Children: A Preliminary Study

So-young Lee, M.D., Yoon-tae Jung, M.D. and Sung-moon Lee, M.D.¹

Departments of Rehabilitation Medicine, ¹Radiology, Keimyung University School of Medicine

Objective: To evaluate the therapeutic effect of the tibia counter rotator orthosis for tibial internal torsion children. **Method:** The 16 limbs included in this study were both lower extremities of 6 subjects and unilateral ones of 4 subjects (7 female and 3 male), ranging in age from less than 3 year to 11 years. These subjects were diagnosed as in-toeing gait with tibial internal torsion and had no history of forefoot adductus or other musculoskeletal abnormality. Tibial torsion was evaluated by thigh-foot angle and computed tomography before and after applying the Tibia Internal Brace[®] (TIB[®]).

Results: Thigh-foot angle and computed tomography showed significant improvement of tibial internal torsion before and after applying the TIB[®] ($p < 0.05$). There was no significant correlation between duration of the TIB[®] application and improvement of tibial internal torsion ($p > 0.05$). And there was no significant correlation between age and improvement of tibial internal torsion ($p > 0.05$).

Conclusion: TIB[®] was effective for in-toeing gait children with tibial internal torsion. (J Korean Acad Rehab Med 2009; 33: 470-476)

Key Words: Tibia, Torsion, Computed tomography, Orthosis

서 론

염전(torsion)은 장축을 중심으로 일어나는 역학적 비틀림을 의미한다. 하지의 대퇴골이나 경골 등 장골은 성장 발달 중에 정상적으로 염전을 보이며, 이는 인간의 발달과 양발을 이용한 보행에 의한 특징적인 소견으로 알려져 있다. 출생 후 대퇴골과 경골의 염전은 지속되며, 서 있거나 걸을 때 발의 압력과 하지의 정렬 상태, 보행 양상에 변화를 준다. 신생아의 경골은 출생 시에는 약간 내염전 되어 있으나 성장과 함께 외염전이 일어나게 된다.

성장 발달 과정 중 영, 유아에서는 정상적으로 내족지 보행을 보일 수 있다고 알려져 있으며, 대부분 자연적으로 호전되는 것으로 알려져 있다.¹ 내족지 보행은 골반의 과도한 회전, 대퇴 골두 전염, 경골 내염전, 전족부 내전 및 신경학적 이상에 의한 경직 등으로 인한 변형이 원인이며, 이 중 대퇴 골두 전염(femoral anteversion)과 함께 경골 내염전이

가장 흔한 원인으로 알려져 있다.² 이러한 내족지 보행은 성장 시 미용적인 문제 뿐 아니라 기능적인 문제를 동반하며 심한 경우 퇴행성 관절염 등의 병적 상태와도 연관 있음이 알려져 있다.^{3,4}

내족지 보행의 원인 중 경골 내염전에 대한 치료는 자연적으로 교정이 될 때까지 추적 관찰하거나, 연부 조직의 신장을 위한 운동 요법이나 자세와 습관을 교정하고 여러 가지 보조기를 처방하기도 한다.^{5,6} 이 중 경골을 역회전 시키는 보조기는 치료의 적응증과 효과 그리고 치료의 기전에 대해서 많은 논란이 있어왔다. 국내에서도 이학적 검사를 이용하여 여러 연구에서 보조기 치료의 효과를 발표하였으나,⁷ 경골 내염전 환아에 있어 과연 보조기가 어떤 기전으로 치료 효과가 있는지 규명된 바가 없으며 또한 컴퓨터단층촬영과 같은 방사선학적 소견을 이용하여 경골 내염전 환아를 연구한 논문은 없었다.

이에 본 연구에서는 상품화되어 있는 경골 역회전 교정 장치인 Tibia Internal Brace[®] (TIB[®], Sungmo, Daegu, Korea)을 경골 내염전으로 인한 내족지 보행 환아들에게 착용시켜, 착용하기 전·후의 이학적 검사를 통한 허벅지-발 각도(thigh-foot angle)와 컴퓨터단층촬영(CT)을 이용, 경골의 내염전 각도를 측정하여 보조기 치료의 효과를 알아보았다.

접수일: 2009년 3월 22일, 게재승인일: 2009년 8월 12일
교신저자: 정윤태, 대구시 중구 동산동 194번지
☎ 700-712, 계명대학교 동산의료원 재활의학과
Tel: 053-250-7947, Fax: 053-250-7268
E-mail: re@dsmc.or.kr

연구대상 및 방법

1) 연구대상

2005년 1월부터 2007년 12월 사이에 내족지 보행을 주소로 내원한 환자 중 전족부 내전이 없으며 허벅지-발 각도

0° 이하의 경골 내염전으로 진단된 환아들 중 습관 교정과 자가 운동 요법을 교육하여 6개월 이상 추적 관찰 하였으나 호전이 없는 10명의 환아를 대상으로 하였다(Table 1).

대상 환아의 나이는 평균 6.6±2.7세(만 3세~만 11세)였으며, 여자 7명 남자 3명 이었다. 양측 하지 모두 내족지 보행을 보이는 경우는 6명, 편측 하지만 이환된 경우는 4명으로 이환된 하지 총 16례에 대해 치료 전후의 경골 내염전 각도의 변화를 알아보았다(Table 2).

Table 1. Characteristics of Patients (n=10)

Subject	Age (years)	Sex	Thigh-foot angle (Right foot/Left foot)
1	5	F	-5/-15
2	4	F	-16/-9
3	4	F	3/-9
4	3	F	-20/-20
5	10	M	2/-10
6	7	M	-10/-15
7	7	F	-15/-15
8	11	M	-8/-10
9	10	F	-6/0
10	6	F	15/-12

Values are degree of thigh-foot angle.
Internal rotation angles are given negative values and external rotation angles, positive values

2) 연구방법

모든 환아는 보조기의 착용 전·후에 양하지의 허벅지-발 각도 측정과 경골 CT를 시행하였다. 허벅지-발각도는 환아가 침상위에 복와위로 엎드린 상태에서 무릎을 90°로 굴곡하게 하고 발은 중립위치에 오게 한 다음, 측정자가 환아의 발쪽에 서서 발꿈치를 양분하는 지점과 전족부를 양분하는 지점을 표시하여 이를 잇는 선과 허벅지를 양분하는 선이 이루는 각을 수평선 상에서 측정하였다(Fig. 1).

또한 모든 환아들은 CT 촬영 시에 양와위로 누워 자세의 표준화를 위하여 고안한 장치를 양측 하지에 착용하였다(Fig. 2). CT 영상에서 경골 내염전 각도는 경골 골두를 양분하는 선과 말단 부위에서 경골과 비골의 내과와 외과를 가로지르는 선이 이루는 각도를 측정하였다(Fig. 3).

Table 2. Features of Subjects (n=20)

Case	Sex	Age (years)	Rt/Lt	TFA before TIB®	TFA after TIB®	CT angle before TIB®	CT angle after TIB®	Duration of applying (month)	TFA angle change	CT angle change
1	F	5	Rt	-5	10	24	37	10	15	13
2	F	5	Lt	-15	4	13	29	10	19	16
3	F	4	Rt	-16	10	37	32	13	26	-5
4	F	4	Lt	-9	10	27	31	13	19	4
5	F	5	Rt	3	8	26	30	11	5	4
6	F	5	Lt	-9	5	12	19	11	14	7
7	F	3	Rt	-20	-10	18	26	15	10	8
8	F	3	Lt	-20	-4	15	24	15	16	9
9	M	10	Rt	2	5	30	47	17	3	17
10	M	10	Lt	-10	0	8	36	17	10	28
11	M	7	Rt	-10	-12	22	24	17	-2	2
12	M	7	Lt	-15	-10	16	28	17	5	12
13	F	7	Rt	-15	25	31	28	10	40	3
14	F	7	Lt	-15	20	27	32	10	35	5
15	M	11	Rt	-8	10	11	9	11	18	-2
16	M	11	Lt	-10	6	0	5	11	16	5
17	F	10	Rt	-6	6	0	14	10	12	14
18	F	10	Lt	0	16	30	31	10	16	1
19	F	6	Rt	-12	10	42	48	19	22	6
20	F	6	Lt	15	10	51	43	19	-5	-8

Values are degree of angle.
Internal rotation angles are given negative values and external rotation angles, positive values
TFA: Thigh-foot angle, CT: Computed tomography, TIB®: Tibia Internal Brace®

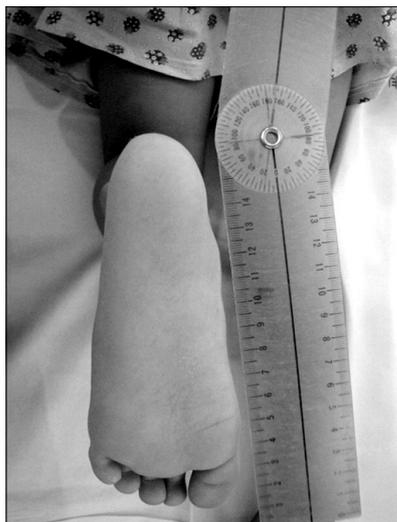


Fig. 1. Thigh-foot angle which measures angle between the mid-thigh line and the line bisecting mid-heel and mid-forefoot.



Fig. 2. A device for computed tomography of the tibia.

TIB[®] 보조기의 제작은 각각의 대퇴부를 90° 굴곡시켜 앉게 한 후, 슬관절은 90°의 굴곡 상태, 발목은 0°의 중립 상태로 슬관절 상방에서부터 발끝까지 석고를 발라 고정화시킨 후 이를 벗겨내어 보조기의 틀을 주형하였다. 이후에 주형틀을 이용하여 약 300~700 g의 두랄미늄 골격과 가죽 신발로 구성된 보조기를 개별 제작하였다. 보조기는 신발의 앞부분을 외회전시켜 경골에 교정력을 줄 수 있도록 제작되었으며, 외회전의 축은 발꿈치의 바닥을 중심으로 하였다(Fig. 4).

보조기는 취침 시에만 착용하도록 하였으며, 하루 3시간 이상 착용을 기본으로 하였다. 환아는 매달 정기적으로 외래를 방문하였으며, 동일한 재활의학과 의사가 허벅지-발 각도를 이용한 경골의 내염전 정도를 측정하고 호전 정도에 따라 5°씩 보조기의 신발 앞부분을 외회전하도록 보조기 사에게 처방하였다. 또한 환아의 성장에 따라 보조기 길이

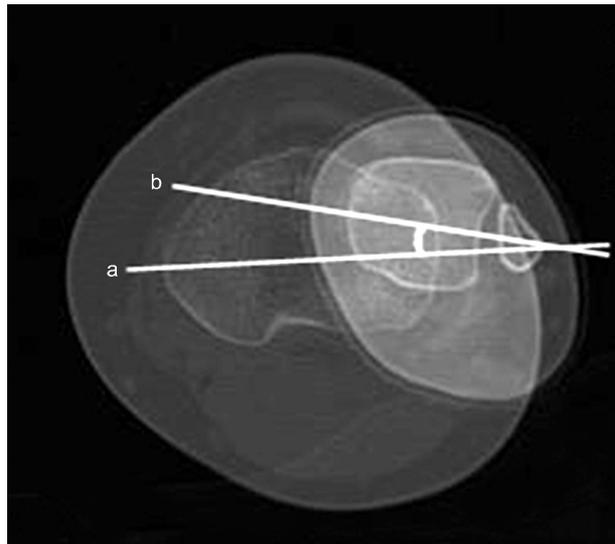


Fig. 3. Computed tomography of left tibia, which measures the angle between the bisection line of tibia head (a) and the line connecting medial and lateral malleolus at distal tibia (b).

와 허벅지 밴드의 넓이를 조절하여 다리의 성장에 영향을 주지 않도록 하였다.

환아가 보조기를 착용하지 못하였거나, 이전 검사와 비교하여 허벅지-발 각도에 호전이 없을 때, 혹은 환아가 보조기의 교정 각도에 적응하지 못하여 불편감을 호소할 때는 각도를 수정하지 않고 다음 방문 시 보조기를 5° 외회전하도록 처방하였다.

허벅지-발의 교정 각도는 Staheli의 연구¹에 근거하여 연령별 정상치 혹은 아동의 평균값인 10°를 목표로 하였으며, 편측만 이환된 경우는 양측 하지의 대칭성과 정렬 상태를 고려하여 정상측 하지의 경골 염전 각도를 치료 목표로 하였다.

보조기의 신발 앞부분의 회전은 발목 관절, 거골하 관절 및 중족골 관절 부위에 미칠 비정상적인 회내(pronation)의 영향을 방지하기 위하여 최대 25°가 넘지 않도록 처방하였다.

환아의 허벅지-발각도가 연령별 정상치 혹은 10°에 도달하였으며 더 이상 보조기의 각도 변화가 필요하지 않고 이와 같은 치료 효과가 2개월 이상 지속되었을 때 한 달에 걸쳐 서서히 보조기 착용을 중단하도록 하고 외래 방문 전에 CT 촬영을 다시 실시하였다. CT 결과의 판독은 대상 환아에 대한 정보가 배제된 가운데 1인의 영상의학과 전문의에 의해 실시되었다.

보조기 착용 전·후의 허벅지-발 각도와 경골 CT를 이용한 경골 내염전 각도를 변화를 비교하기 위해 Wilcoxon sign rank-test를 사용하였다. 착용 기간에 따른 경골 내염전 각도의 변화량과 연령에 따른 경골 내염전 각도의 변화량과의 상관관계를 알아보기 위하여 이변량 상관 계수 중 Spear-

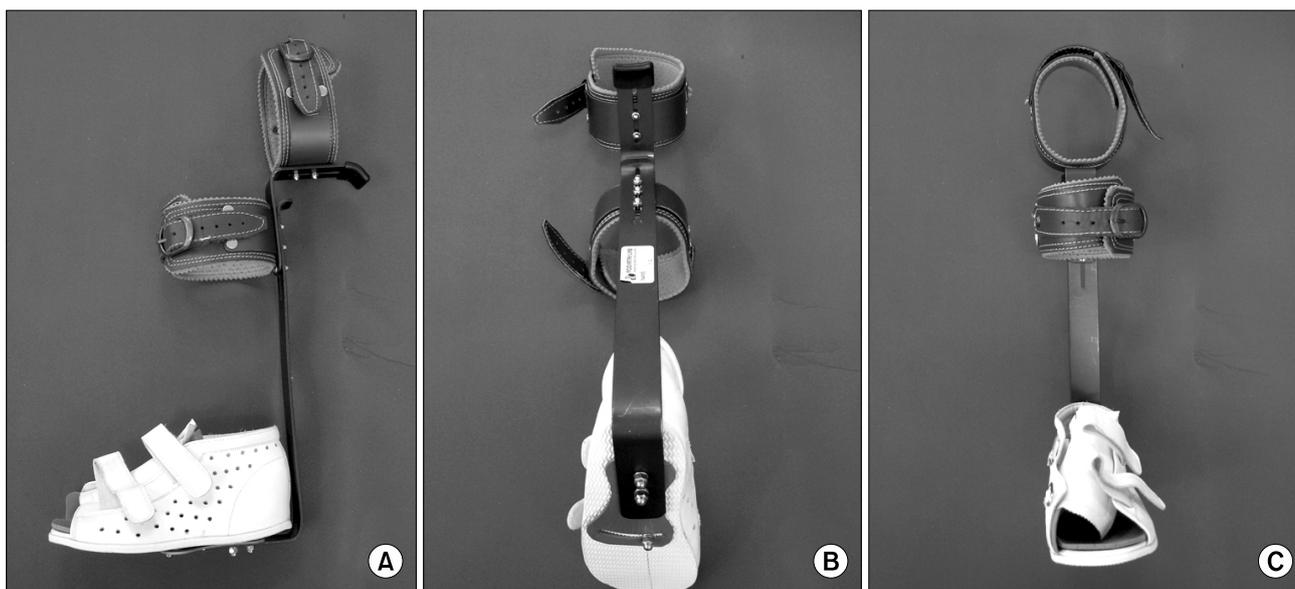


Fig. 4. Tibia internal rotator brace of lateral view, showing flexed knee joint portion (A), posterior view, showing axis of rotation (B) and anterior view (C).

Table 3. Tibia Internal Torsion Angle Before and After Applying the TIB[®]

Angle of tibia	Before	After
Thigh-foot angle	-12.2±4.6°	5.0±10.3°*
Angle at tibia CT	22.6±11.3°	26±11.1°*

Values are mean±standard deviation.

CT: Computed tomography, TIB[®]: Tibia Internal Brace[®]

*p<0.05 by Wilcoxon sign rank-test before and after the TIB[®] application

man 상관 계수를 사용하였다. 자료 처리는 통계 처리 프로그램인 SPSS Ver. 15.0을 사용하였고, 통계학적 유의 수준은 0.05이내로 정하였다.

결 과

보조기 착용 전·후의 허벅지-발 각도는 착용 전 평균 -12.2±4.6°이었고 착용 후 평균 5.0±10.3°로 착용 전·후 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p=0.001). 경골 CT에서 측정된 경골 내염전 각도는 보조기 착용 전 평균 22.6±11.3°이었고 착용 후 평균 26±11.1°로 착용 전·후 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(p=0.046)(Table 3).

보조기 착용 기간은 10~19개월(평균 13.1±3.1개월)이었고, 착용 기간에 따른 허벅지-발 각도의 변화 및 경골 CT에서의 경골 내염전 각도의 변화는 통계적으로 유의한 상관관계를 보이지 않았다(p>0.05)(Fig. 5).

환아의 나이는 3~11세(평균 6.6±2.7개월)이었고, 연령에

따른 허벅지-발 각도의 변화량과 CT에서 경골 내염전 각도의 변화량은 모두 음의 상관관계를 가졌으나 통계적 유의성을 보이지는 않았다(p>0.05)(Fig. 6).

고 찰

경골은 태생기에 체내에서 움직일 수 있는 공간의 제약으로 인해 내회전되어 있으나 출생 후부터 외회전을 시작하여 4개월경에는 중립상태에 이르게 되고, 7세경 성인 정상치에 가까운 18~23°에 이르게 된다.^{1,8,9} 그러나 출생 후 신발, 자세, 지역문화 등 여러 가지 환경의 영향으로 인하여 경골 외염전의 제약을 받을 수 있다. Hutter 등¹⁰은 미국 내에 거주하는 50명의 일본계 성인을 대상으로 한 연구에서 경골내염전의 빈도는 6%로 일반 미국인과 큰 차이가 없었으나 일본에서 어린 시절을 보냈던 8명의 일본인들은 모두 경골 내염전을 보인 것으로 알려져 있다. 이는 발을 엉덩이 밑에서 내염전시켜 무릎을 꿇고 앉는 자세가 주요한 원인이라고 추측되고 있다. 2005년, 국내에서 연구된 논문에 의하면 제주 지역의 7세 이후 소아들은 서양 아동들에 비해 경골의 내염전 정도가 약 10° 정도 감소된 것으로 보고되었다.¹¹

경골 내염전에 대한 이학적 검사로는 복사통과각도(transmalleolar angle)나 허벅지-발각도(thigh-foot angle) 등이 있다.¹²⁻¹⁴ 이중 허벅지-발 각도가 검사 수기의 편의성과 신속성을 이유로 소아들의 경골 내염전 측정에 널리 사용되고 있다. 그러나 Jakob 등¹⁵은 내염전각의 측정을 위한 이학적 검사와 단순 방사선학적 검사 모두에서 검사자 간에 항상

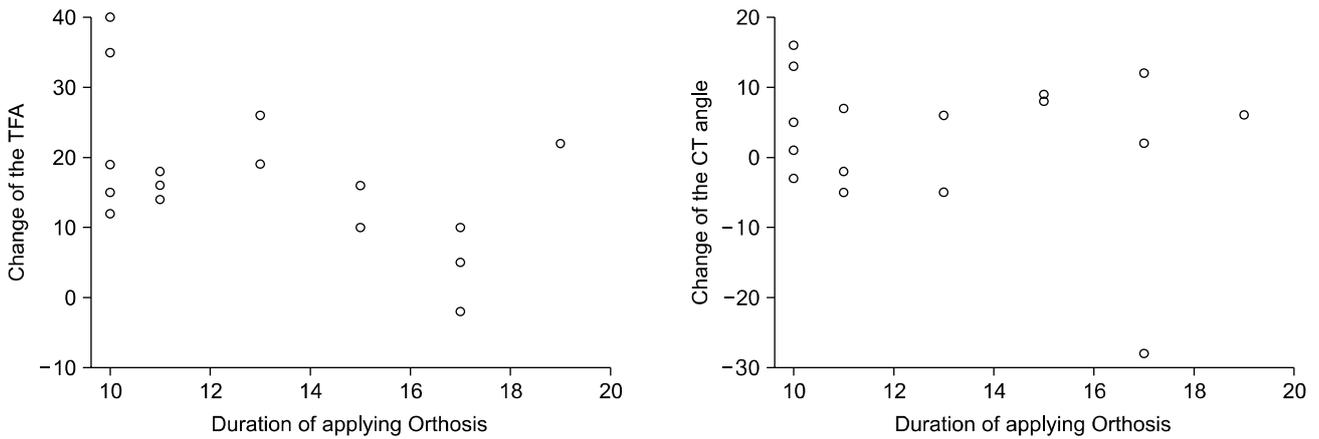


Fig. 5. The correlation between the duration of applying orthosis and change of the thigh-foot angle (Left) and between the duration of applying orthosis and change of tibia internal torsion angle at tibia CT (Right). TFA: Thigh-foot angle, CT: Computed tomography.

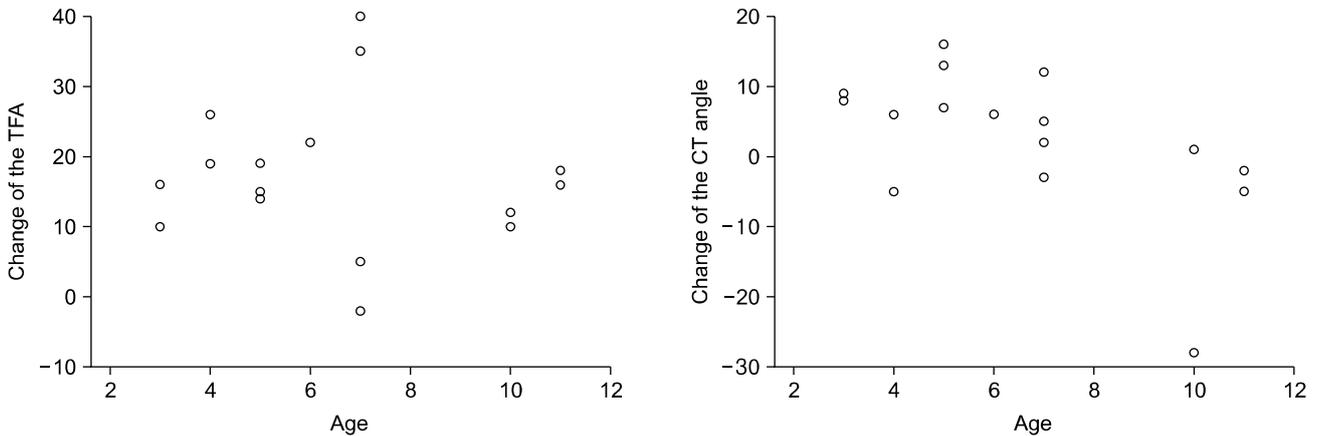


Fig. 6. The correlation between the age and change of thigh-foot angle (Left) and between the age and change of tibia internal torsion angle at tibia CT (Right). TFA: Thigh-foot angle, CT: Computed tomography.

약 15°정도의 측정각의 오차가 존재할 수 있다고 하였다. 이에 본 연구에서는 경골 CT를 이용하여 보조기 착용에 따른 경골 내염전 각도의 변화를 측정하였다. 경골 CT는 이학적 검사보다 검사의 신뢰도가 높고, 검사자 간에 판독의 오류가 적어 재현성이 우수하다고 알려져 있다.^{12,15}

또한 저자들은 CT 촬영 시에 발의 위치와 촬영 자세의 차이에서 오는 오류와 환자의 자발적 움직임에 따른 오차를 줄이기 위해 하지 자세를 일정하게 유지할 수 있는 장치를 제작하여 사용하였다. 본체는 Ethylene-Vinyl Acetate로 제작되었으며 종아리와 발은 가죽으로 고정하도록 만들어 CT 촬영이 가능하도록 고안되었다. 이 장치는 협조가 부족한 소아의 방사선 촬영이나 수면으로 인해 하지의 일정한 자세 유지가 어려울 때 유용할 뿐만 아니라, 양와위로 누울 때 중력으로 인해 발이 회전력을 받아 대상자마다 촬영 시에 발과 다리의 자세가 달라지는 것을 방지할 수 있었다.

최근까지 경골 내염전 환아에 대한 치료는 스트레칭과

같은 운동 요법과 자세에 대한 교육이 주된 치료였으나 Somerville¹⁶은 하지의 비정상적인 염전이 하지 원위부 관절에 과도한 부하를 줄 수 있어 조기 골관절염과 기타 합병증을 가져올 수 있다고 지적하였으며, Turner 등¹⁷은 무릎의 퇴행성 골관절염 환자의 1,200명중 64%에서 교정되지 않은 경골 내염전이 있었음을 보고하였다. 또한 미용적인 문제뿐만 아니라 기능적인 문제도 동반하여 특히 여아에게서는 자아신체관의 형성에 부정적인 영향을 끼칠 수 있어 치료를 요한다.^{3,4}

경골 내염전에 대한 보조기 치료로는 데니스 브라운 바 (Denis Brown bar) 부목, 끈을 이용한 역회전 스트랩 등이 있으며¹⁰ 대부분은 성장 중인 골단에 스트레스를 가할 때 성장 방향이 바뀔므로써 뼈가 울프의 법칙(Wolff's law)에 따라 변형될 수 있다는 것에 근거한 것이다.¹⁸ 그러나 과거 보조기들은 무릎을 신전시킨 상태로 교정력이 대퇴부로 분산되었으며, 내염전 각도의 호전에 따라 발의 역회전 각도

를 점진적으로 변화시키지 못하는 등 단점이 있었다. 본 연구에서 사용한 TIB[®]은 무릎 관절을 굴곡하여 착용하던 Bresnahan과 Lubert¹⁹가 고안한 초기의 보조기(tibial torsion transfer)를 응용하여 발전시킨 것이다. TIB[®]은 무릎을 90°로 굽혀 회전 시 교정력이 경골 부위에 집중되도록 하였고, 발 앞부분을 외회전시키는 기능이 있어 개개인마다 회전 각도의 조절을 자유롭게 할 수 있다는 장점이 있으며, 외회전된 상태에서 각도를 고정할 수 있게끔 되어있다. 또한 환자의 길이 성장에 따라 보조기의 길이를 늘릴 수 있도록 제작되었으므로 성장 발달을 저해하지 않고 장기간에 걸쳐 착용이 가능하다.

본 연구에서 환아들의 보조기 착용기간은 10~19개월(평균 13.1±3.1개월)이었고 저자는 보조기 착용 기간이 길수록 교정 효과가 클 것으로 가정하였으나, 분석 결과 착용 기간이 길다고 하여 CT상에서 교정된 각도가 커지는 등의 의미 있는 연관성은 보이지 않았다. 이는 보조기의 착용 기간이 경골 내염전의 정도와 대상 환아의 순응도에 따라 차이가 있을 수 있기 때문이다. 실제로 사례 11, 12의 경우 보조기에 대한 순응도가 낮아서 빈번하게 임의로 보조기 사용이 중단되었던 환아로 총 17개월간 보조기 착용을 하였으나 치료 목표에는 도달하지 못하였다. 사례 10의 환아는 우측의 경골 내염전이 심하여 착용 기간이 무려 19개월에 이르렀으나 좋은 치료 효과를 보았던 경우이다(Table 2).

Hutter와 Scott¹⁰는 방사선 사진을 이용한 연구에서 5~7세에서는 8~10%, 12~14세에서는 8~9%의 경골 내염전의 유병률을 발표하였으며, 7세 이후에는 내염전된 경골이 더 이상 자연적으로 교정되지 않는다고 결론지었다. 본 연구에서 환아들의 평균 연령은 6.6세로 최소 연령은 3세였으며 최고 연령은 11세였다. 저자들은 연령이 높은 환아일수록 교정 각도의 변화량이 적을 것으로 생각하였으나 연령에 따른 경골 내염전 각도의 변화율은 통계적인 유의성이 없었다.

2007년 송 등⁷은 국내의 경골 내염전 환아에서 경골 역회전 보조기 착용 전과 후의 복사통과 각도를 측정하여 의미 있는 호전이 있었음을 발표하였다. 본 연구에서는 경골 내염전 환아들의 허벅지-발 각도와 함께 경골 CT에서 측정된 경골 내염전 각도를 측정하여 의미 있는 결과를 얻었다. 이는 TIB[®]가 내측지 보행을 하는 환아의 연부 조직의 변화뿐만 아니라 경골의 내염전성 변화에도 영향을 미치는 보조기란 사실을 입증하는 최초의 결과이다. 향후 더 많은 환아들을 대상으로 이학적 검사 소견과 CT 결과에 따른 보조기의 치료 효과를 추적 관찰 한다면 내측지 보행과 같은 비정상적인 보행 양상의 발달에 관여하는 구조들과 원인들을 규명하는데 도움이 될 것으로 생각한다.

이번 연구는 제한된 수의 환아를 대상으로 하였으므로 TIB[®]의 효과를 일반화하기에는 제한이 있다. 그러므로 환아의 연령, 착용 기간, 대상 환아의 순응도와 경골 내염전의

정도에 따른 보조기 치료의 효과를 알아보기 위해서는 보다 많은 환자군을 대상으로 한 연구가 필요할 것이다.

결 론

TIB[®]은 경골 내염전에 의한 내측지 보행을 하는 환아들에서 연부 조직의 변화뿐만 아니라 뼈의 염전성 변화에도 직접적인 영향을 주는 것으로 밝혀졌다. TIB[®]은 경골 내염전에 의한 내측지 보행에 있어 효과적인 치료법이 될 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 1) Staheli LT, Corbett M, Wyss C, King H. Lower-extremity rotational problems in children. Normal values to guide management. *J Bone Joint Surg Am* 1985; 67: 39-47
- 2) Rethlefsen SA, Healy BS, Wren TA, Skaggs DL, Kay RM. Causes of intoeing gait in children with cerebral palsy. *J Bone Joint Surg Am* 2006; 88: 2175-2180
- 3) Tunner MS. The association between tibial torsion and knee joint pathology. *Clin Orthop* 1994; 302: 47-51
- 4) Nagamine R, Miyanishi K, Miura H, Urabe K, Matsuda S, Iwamoto Y. Medial torsion of the tibia in Japanese patients with osteoarthritis of the knee. *Clin Orthop* 2003; 408: 218-224
- 5) Valmassy RL, Lipe L, Falconer R. Pediatric treatment modalities of the lower extremity. *J Am Podiatr Med Assoc* 1988; 78: 69-80
- 6) Valmassy RL. Torsional and frontal plane conditions of the lower extremities. In: Thomson P, editor. *Introduction to podopediatrics*, London: WB Saunders, 1993, 248-253
- 7) Song DH, Lee Y, Eun BL, Lee KJ, Kang SK, Vaq SG, You S, Shin JB, Kim BO. Usefulness of tibia counter rotator (TIB) for treatment of tibial internal torsion in children. *Korean J Pediatr* 2007; 50: 79-84
- 8) Weseley MS, Barenfeld PA, Eisenstein AL. Thoughts on intoeing and out-toeing: twenty years' experience with over 5000 cases and a review of the literature. *Foot Ankle* 1981; 2: 49-57
- 9) Valmassy R, Stanton B. Tibial torsion: normal values in children. *J Am Podiatr Med Assoc* 1989; 79: 432-435
- 10) Hutter CG, Scott W. Tibial torsion. *J Bone Joint Surg Br* 1949; 31A: 511-518
- 11) Song DH, Eun BL, Park SH, Lee JY, Tockgo YC. Tibial torsion in children of the jeju area. *Korean J Pediatric* 2005; 48: 75-80
- 12) Lang LM, Volpe RG. Measurement of tibial torsion. *J Am Podiatr med assoc* 1998; 88: 160-165
- 13) Stuberg W, Temme J, Kaplan P, Clarke A, Fuchs R. Measurement of tibial torsion and thigh-foot angle using goniometry

- and computed tomography. Clin Orthop Relat Res 1991; 272: 208-212
- 14) Liu X, Kim W, Drerup B, Mahadev A. Tibial torsion measurement by surface curvature. Clin Biomech 2005; 20: 443-450
- 15) Jakob RP, Haertel M, Stüssi E. Tibial torsion calculated by computerised tomography and compared to other methods of measurement. J Bone Joint Surg Br 1980; 62B: 238-242
- 16) Somerville EW. Persistent foetal alignment of the hip. J Bone Joint Surg Br 1957; 39B: 106-113
- 17) Tunner MS, Smillie IS. The effect of tibial torsion of the pathology of the knee. J Bone Joint Surg Br 1981; 63B: 396-398
- 18) Arkin AM, Katz JF. Effects of pressure on epiphyseal growth. The mechanism of plasticity of growing bone. J Bone Joint Surg Am 1956; 38: 1056-1076
- 19) Bresnahan PJ, Lubert MA. The tibial torsion transformer. J Am Podiatr Med Assoc 1992; 82: 42-44
-