

## 족부 변형 환아에서 정량적 근전도를 이용한 길항근의 비교

연세대학교 원주의과대학 재활의학교실

박정미 · 장상민 · 김성훈 · 이양탁 · 김택선 · 김익수

– Abstract –

### The Relationship Between Antagonist Muscles using Quantitative Electromyography in Pediatric foot deformity

Jeong Mee Park, M.D., Sang Min Chang, M.D., Sung Hoon Kim, M.D.,  
Yang Tark Lee, M.D., Taek Sun Kim, M.D., Ic Soo Kim, M.D.

Department of Rehabilitation Medicine, Yonsei University Wonju College of Medicine

**Objectives:** The pathomechanics that result in pediatric foot deformity are not well known. Pediatric foot deformity can result from multiple causes and mechanisms. Some investigators have proposed an imbalance between the muscles associated with ankle movement can result in foot deformity. The purpose of this study was to examine the correlation between pediatric foot deformity and muscle imbalance using quantitative electromyography.

**Methods:** We have studied 60 children with foot deformity. They had measured quantitative EMG of tibialis anterior (TA), peroneus longus (PL), gastrocnemius (GCM), and extensor hallucis longus (EHL) muscles, and classified into each two groups. In one group as varus vs valgus deformities, we evaluated the ratio of TA and GCM (ankle invertors) to PL (ankle evertor), and in another as planus vs equinus, the ratio of TA and EHL (dorsiflexors) to GCM and PL (plantar flexors). And then examined the relationships between the ratio of quantitative EMG of antagonist muscles and foot deformity.

**Results:** The ratio of ankle invertors to evertor showed no significant correlation between varus and valgus foot, and also the ratio of dorsiflexors to plantar flexors between planus and equinus revealed same result.

**Conclusion:** These results suggest that pediatric foot deformities more associated with bony abnormality and secondary contracture of soft tissue rather than muscle imbalance itself. But the children were lack of attention and poor cooperated, so repetitive measures are helpful.

**Key Words:** Pediatric foot deformity, Quantitative electromyography, Muscle imbalance

## 서 론

소아의 족부 변형의 원인은 확실히 알려진 정설은 없으나, 복합적인 인자로 생각되며 비정상적인 자궁 내 위치, 신경성 결손, 태아 발달의 이상, 거골 발생 장애,

유전성 및 환경적 요인 등에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 그 중 거골은 내반족과 외반족의 기준이 되는 부위로서 근육이 부착하지 않으며 표면의 70%가 관절연골로 이루어져 있다. 따라서 거골의 안정성은 주변을 감싸고 있는 인대와 발목의 운동에 관여하는 근육에 의해 영향을 받게 됨으로 이러한 근육들의 불균형도 족부 변형의 한 원인이 될 수 있다.<sup>1</sup> 내반족에서는 거골

Address reprint requests to **Sang Min Chang, M.D.**

Department of Rehabilitation Medicine Wonju Christian Hospital, Yonsei University, Wonju College of Medicine,  
#162 Ilsan-dong, Wonju-si, Gangwon-do, 220-701, Korea

TEL: 82-33-741-1420, FAX: 82-33-742-1409, E-mail: chmn9@hanmail.net

두의 외측전위로 인해 전족부가 내측으로 이동하게 되며, 동시에 족부 내전근의 수축을 볼 수 있으며, 외반족에서는 거골두가 주상골과 재거돌기(sustentaculum tali)사이의 관절강내로 진행하면서 편평족과 아킬레스건의 구축을 유발하게 된다. 선천성 만곡족에 대한 연구에서도 발달 지연 및 유전적 요인 이외에 종아리의 전외측 근육과 후내측 근육간의 불균형이 내반족을 유발한다고 알려져 있으며, 비골근의 위축이 발견되기도 하였고, 근육 자체의 이상 혹은 신경손상으로 인한 이차적 근손상이 근육 불균형의 원인이 된다는 보고도 있었다.<sup>2</sup> 이러한 신경 손상 및 근 위축을 객관적으로 밝혀내기 위하여 근전도를 이용한 연구들이 시행되었다. Bill과 Versfeld<sup>3</sup>는 25명의 선천성 만곡족을 가진 환아에 대한 연구에서 전경골근, 비골근, 비복근 등에 대한 근전도 검사상 신경학적 이상 소견을 발견할 수 없었다고 보고하였다. 이와는 반대로 Feldbrin 등<sup>4</sup>은 만곡족을 가진 52명의 환아에 대한 근전도 검사에서 83%에서 비골신경 및 후경골신경 또는 척수의 이상 소견을 보였으며 정상을 보인 17%에서는 치료에 좋은 반응을 보였다고 보고하였다. 한편 말초부터 대뇌에 이르는 신경 전달 경로를 평가하기 위하여 Macnicol-Nadeem<sup>5</sup>은 44명을 대상으로 체성 감각 유발전위를 실시하여 52%에서 이상 소견을 발견하였고 이러한 신경학적 이상 정도는 족부변형 정도와 수술 후 예후에 영향을 준다고 하였다. 하지만 소아 족부변형에서 이러한 근육의 이상에 대한 정량적 분석은 전무한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 족부의 움직임에 관여하는 근육에 대한 정량적 근전도 수치를 분석하여 길항근 간의 불균형이 소아 족부 변형의 원인으로 작용하는지 알아보려고 하였다.

## 연구 대상 및 방법

1995년 1월부터 2002년 12월 까지 족부 변형을 주소로 원주기독병원 재활의학과 외래로 추적관찰 중인 환자 60명(남아 28, 여아 32, 평균 연령  $5.62 \pm 2.93$ 세)의 의무 기록과 검사 결과를 후향적인 방법으로 조사하였다.

환아의 족부 변형에 대한 평가는 임상 증상을 기초로 하여 Harris mat를 이용한 정적 족문 검사 및 방사선학적 검사를 시행하였다. 방사선학적 검사는 와위 및 기립시 족부 전방 및 측방 단순 방사선 촬영을 실시하여 중족골각(talometatarsal angle), 거골하관절각(talocalcaneal angle), 종골경사각(calcaneal pitch)을 평가하였다. 임상 증상과 이들 검사 결과를 기초로 하여 족부 변형에 대한 진단을 하였다. 의무 기록에서 진단명을 기준으로 환아들을 분류하였으며, 한 발에 두 가지 변형이 동시에 있을 경우(equinovarus 등)에는

첨족과 외반족에 모두 포함시켜 비교 분석 하였다.

각 근육에 대한 정량적 근전도 검사는 양측 전경골근, 장비골근, 장무지신근, 비복근에 대하여 실시하였다. 근전도 기기는 Nicolet Viking IV D (Nicolet instrument Co., USA)을 이용하였고, 디스크 형 표면 전극을 각 근육에 부착한 후 최대 수축을 유도하여 측정하였다. 각 근육의 정량적 근전도 기록은 민감도 200  $\mu\text{V}/\text{division}$ , 소인속도 50  $\text{ms}/\text{division}$ , low frequency filter 20 Hz, high frequency filter 10 kHz로 고정하여 측정하였다. 한 근육에서 최대 수축을 유도한 후 10회 반복하여 RMS(root meansqu are), median frequency 와 mean frequency의 평균값을 결과로 측정하였다.

길항근간의 불균형은 내반족과 외반족이 있는 군에서는 발목 외번근인 장비골근에 대한 내번근(전경골근과 비복근)의 각 지표의 비를, 편평족과 첨족에서는 족저굴근(비복근과 장비골근)에 대한 배굴근(전경골근과 장무지신근)의 지표의 비를 이용하였다.

각 군간의 비교는 내반족과 외반족 사이의 길항근간의 불균형 비교는 동측에 내반족을 가진 군과 동측에 외반족을 가진군을 나누어 우측은 우측, 좌측은 좌측과 각각 길항근간의 불균형 값을 평균하여 비교하였으며, 편평족과 첨족에서도 동측 사이의 길항근간의 불균형 값을 비교하였다.

통계 분석은 SPSS 10.0 program을 사용하여 각각의 평가 변수들에 대하여 두 군 간의 값을 independent samples t-test를 이용하여 비교하였다.

## 결 과

### 1. 내반족과 외반족의 비교

외번근인 장비골근에 대한 내번근(전경골근과 비복근)의 RMS(root mean square), median 과 mean frequency의 비는 내반족이 있는 군과 외반족이 있는 군간에 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(Table 1).

### 2. 첨족과 편평족의 비교

족저굴근(비복근과 장비골근)에 대한 배굴근(전경골근과 장무지신근)의 RMS(root mean square), median 과 mean frequency의 비는 첨족이 있는 군과 편평족이 있는 군간에 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(Table 2).

## 고 찰

발은 해부학적으로 26개의 뼈와 수많은 관절과 인대로 이루어진 복잡한 구조로서 발의 안정성은 인대와 뼈의 각 부위에 부착하는 건(tendon)들에 의해 유지되고 있다. 소아의 족부변형은 선천적 혹은 후천적 요인에 의해 족부를 구성하는 뼈들에 변형이 생기거나 이러한 뼈들의 안정성과 균형에 관여하는 인대나 근육의 이상에 의해 유발되게 된다. 족부변형은 복잡한 구조만큼이나 다양하며 어느 한 방향으로 변형되기 보다는 복합적이며 유기적으로 나타나게 된다. 족부의 운동과 안정성에 관여하는 중요한 구조로서 아킬레스 건은 종골에 부착하여 족저굴곡에 관여하며 전경골근은 내측 설상골과 제 1 중족골의 내측에 부착하여 배부굴곡과 동시에 발

목 내번에 관여하게 된다. 한편 장비골근은 외과(lateral malleolus)의 뒤를 지나 내측 설상골과 제 1 중족골의 외측에 부착하여 외번근과 족저굴근으로서 작용하게 되며 후경골근은 내과(medial malleolus)를 지나 주상골과 설상골에 부착하여 내번의 주된 근육으로 작용하면서 동시에 종아치를 지지하는 역할을 하게 된다. 이러한 근육들은 발목이 지지 및 보행의 기능을 수행하는데 있어 서로 유기적으로 수축과 이완을 반복하게 될 뿐 아니라 서로가 길항근으로 작용하여 발목의 균형에 관여하게 된다. 따라서 이러한 근육의 균형이 골성 변형 혹은 신경학적 손상에 의해 깨지는 경우 족부변형을 유발하는 원인이 되기도 한다.

소아에서 보통 걸음마를 배우는 시기에 발견되는 참족은 특발성으로 혹은 뇌성마비에 동반되는 증상으로 나타나게 되며 선천적으로 후방 구조물의 구축이나 하퇴삼두근의 과도한 수축에 의해 유발되며<sup>6,7</sup> 선천적 만

**Table 1.** Comparison of QEMG in Varus and Valgus Groups

RMS <sup>1</sup>		Total No.=50	
	No.	(TA <sup>2</sup> +GCM <sup>3</sup> )/PL <sup>4</sup>	
		Rt.	Lt.
Varus	31	3.12±0.83	3.35±1.01
Valgus	19	3.16±0.85	3.15±0.63

Values are mean ± SD, all p-value > 0.05

Median frequency		Total No.=50	
	No.	(TA <sup>2</sup> +GCM <sup>3</sup> )/PL <sup>4</sup>	
		Rt.	Lt.
Varus	31	2.41±0.86	2.30±0.74
Valgus	19	2.38±0.47	2.27±0.54

Values are mean ± SD, all p-value > 0.05

Mean frequency		Total No.=50	
	No.	(TA <sup>2</sup> +GCM <sup>3</sup> )/PL <sup>4</sup>	
		Rt.	Lt.
Varus	31	2.29±0.53	2.19±0.46
Valgus	19	2.22±0.39	2.11±0.55

Values are mean ± SD, all p-value > 0.05

1. RMS: Root Mean Square
2. TA: Tibialis Anterior
3. GCM: Gastrocnemius
4. PL: Peroneus Longus

**Table 2.** Comparison of QEMG in Planus and Equinus Groups

RMS'		Total No.=35	
	No.	$(TA^2+EHL^3)/(GCM^4+PL^5)$	
		Rt.	Lt.
Planus	23	1.12±0.26	1.14±0.27
Equinus	12	1.06±0.21	1.22±0.32

Values are mean ± SD, all p-value > 0.05

Median frequency		Total No.=35	
	No.	$(TA^2+EHL^3)/(GCM^4+PL^5)$	
		Rt.	Lt.
TPlanus	23	0.92±0.23	0.86±0.13
Equinus	12	0.83±0.11	0.88±0.14

Values are mean ± SD, all p-value > 0.05

Mean frequency		Total No.=35	
	No.	$(TA^2+EHL^3)/(GCM^4+PL^5)$	
		Rt.	Lt.
Planus	23	0.86±0.18	0.88±0.21
Equinus	12	0.82±0.09	0.87±0.13

Values are mean ± SD, all p-value > 0.05

1. RMS: Root Mean Square
2. TA: Tibialis Anterior
3. EHL: Extensor Hallucis Longus
4. GCM: Gastrocnemius
5. PL: Peroneus Longus

곡족 역시 골성 변형과 연부조직의 구축과 함께 아킬레스건과 후경골근에 의한 tethering이 발견되고 있다<sup>8</sup>. 편평족에서도 주된 원인은 거골두의 내하방 전위로 인한 종아치 감소이지만 대부분 외반족을 동반하게 되며 이러한 경우 후족부 내번근인 단비골근이 외번근보다 강한 것으로 알려져 있다.<sup>9</sup>

한편 뇌성마비에서는 근육의 이상에 의해 족부 변형이 유발되는데 서로 상반되는 역할을 하는 근육들 간의 균형이 깨졌을 때 강한 쪽 근육이 수축에 의해 짧아지게 되고 이러한 현상이 지속되면 고정된 구축을 유발하게 된다고 하였다. 이러한 족부 변형은 환아의 운동 발달, 보행 등에 장애를 초래하며 통증과 퇴행성 관절염 등을 유발하게 된다.<sup>10</sup>

소아의 족부 변형에 대한 치료는 경구약물, 물리 치료, 보조기 등이 있으며 심한 경우 정형외과적 수술 등

이 사용되고 있다. 하지만 보존적인 치료로는 한계가 있으며 수술적인 치료는 수술 및 장기간의 고정으로 인한 부작용이 단점으로 지적되고 있다. 그 외 alcohol이나 phenol, botulinum toxin A를 이용한 주사요법이 시행되고 있으며 특히 botulinum toxin은 근육경직 및 동적 구축을 감소시켜 보행 및 운동 기능을 향상시키는 것으로 알려져 있다.<sup>11,12</sup>

본 연구는 족부 변형 유형에 따른 길항근의 불균형에 대하여 알아보고자 정량적 근전도를 이용하였다. 정량적 근전도는 운동원의 반응속도와 지속성을 정량화하여 근육의 기능성을 평가하는 것으로 근육 질환을 진단하거나 예후를 측정하는 데 사용되는 검사 중 하나이며 특히 관절의 운동에 있어 muscle co-activation을 평가할 수 있는 방법이다. 족부 변형에서 정량적 근전도는 변형의 원인 중 근육에 의한 것을 규명하며, 변형의

정도를 측정할 수 있고, 물리 치료와 보조기 및 특수 신발의 치료 효과를 평가할 수 있을 것이다. 하지만 본 연구에서는 내반족과 외반족, 침족과 편평족 간의 근육 불균형은 발견할 수 없었다. 따라서 소아의 족부 변형은 주로 뼈의 배열 불량과 인대의 불균형 또는 구축 등 연부 조직에 의한 인자에 의해 초래되며 이런 상태로 성장하면서 이차적으로 길항근이 균형을 잃게 되는 것으로 생각된다. 하지만 정량적 근전도는 피검자의 협조가 필요한 능동적 검사이므로 비교적 적은 수의, 인지 기능이 취약한 소아를 대상으로 시행하기에는 부적절하였을 것으로 생각된다. 그러나 길항근에 대한 분석 방법은 근전도를 이용한 정량적 분석 외에는 특별한 방법이 없는 상태로 향후 소아에 대한 정량적 근전도는 동일 집단에 대한 반복적 검증이 필요할 것으로 생각된다.

## 결 론

족부 변형을 주소로 내원한 환아들을 대상으로 족부의 움직임에 관여하는 길항근 간의 불균형을 알아보고자 정량적 근전도를 시행하였으나 내반족과 외반족, 침족과 편평족 간의 근육 불균형은 발견할 수 없었다. 하지만 길항근에 대한 분석 방법은 근전도를 이용한 정량적 분석 외에는 특별한 방법이 없는 상태로 검사의 신뢰성을 높이고자하는 노력이 필요할 것이다.

## 참 고 문 헌

1. Klaue K: Planovalgus and cavovarus deformity of the hind foot. A functional approach and management. *J Bone Joint Surg Br* 1997; 79-B: 892-895
2. Issacs H, Handelsman JE, Badenhorst M, Pickering A:

The muscles in club foot - a histological, histochemical and electron microscopic study. *J Bone Joint Surg Br* 1977; 59B: 465-472

3. Bill PL, Versfeld GA: Congenital club foot: an electromyographic study. *J Pediatr Orthop* 1982; 2(2): 139-142
4. Feldbrin Z, Gilai AN, Ezra E, Khermosh O, Kramer U, Wientroub S: Muscle imbalance in the aetiology of idiopathic club foot: an electromyographic study. *J Bone Joint Surg Br* 1995; 77(4): 596-601
5. Macnicol MF, Nadeem RD: Evaluation of the deformity in club foot by somatosensory evoked potentials. *J Bone Joint Surg Br* 2001; 82(5): 731-735
6. Hoffinger SA: Evaluation and management of pediatric foot deformities. *Pediatr Clin North Am* 1996; 43(5): 1091-1111
7. Rajan A: Foot problems seen in children. *Practitioner* 2001; 245(1626): 756-759
8. Catterall A: Current practices in the treatment of idiopathic club foot in the children between birth and five years of ages. Symposium: Part I and II, *Contemp Orthop*: 1 and 2, 1988
9. Fulford GE: Surgical management of ankle and foot deformities in cerebral palsy. *Clin Orthop* 1990; 253:55-61
10. Bleck EE: *Othopaedic management in cerebral palsy*, 1st ed, London: Mac Keith, 1987: 240-364
11. Gooch JL, Sandell TV: Botulinum toxin for spasticity and athetosis in children with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 1996; 77: 508-511
12. Metaxiotis D, Siebel A, Doederlein L: Repeated botulinum toxin A injection in the treatment of spastic equinus foot. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 2002; 394: 177-185