

발의 제1열의 운동성의 측정을 위한 EMC 기구의 신뢰도 및 타당도

김재영 · 이경태 · 양기원 · 박예수* · 정주선 · 황승근

을지대학교 을지병원 정형외과학교실, 한양대학교 의과대학 정형외과학교실*

The Validity and Reliability of the EMC Device; For the Checking of the Mobility of the First Ray of the Foot

J-Young Kim, M.D., Kyung Tai Lee, M.D., Ki Won Young, M.D., Ye Soo Park, M.D.*,
Ju Seon Jeong, M.D., and Seung Keun Hwang, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Eulji General Hospital, Eulji University,
Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine, Hanyang University*, Seoul, Korea

Purpose: To evaluate the validity and intra-rater, inter-rater reliability of the EMC device used to check the mobility of the first ray of the foot.

Materials and Methods: Sixty-nine cases (43 patients) of mild to severe hallux valgus feet were enrolled in this study. For an analysis of the validity of the EMC device, the dorsal mobility of the first ray of the foot was measured using the modified Coleman block test and EMC device. The intra- and inter-rater reliability of EMC device was evaluated by measuring the dorsal mobility of the first ray of the foot twice with three independent raters blinded to other's results. The results were analyzed for the intra-rater reliability and for inter-rater reliability.

Results: The mean value of the dorsal mobility of the first ray of the foot by the EMC device and modified Coleman block test was 8.3 mm (range; 4.3-12.3 mm) and 7.4 mm (range; 3.4-10.3 mm), respectively. There was a significant difference between the EMC device and modified Coleman block test ($p < 0.05$). However, both the measured data, showed a good correlation (Pearson correlation coefficient=0.84). The paired t-test for intra-rater reliability and ANOVA testing for inter-rater reliability showed no statistically significant difference.

Conclusion: The EMC device is reliable and valid for measuring the mobility of the first ray of the foot.

Key Words: Mobility of the first ray, EMC device, Validity and reliability

서 론

발의 제1 열은 제1 중족골과 제1 설상골로 구성되는 제1 족근중족 관절을 포함하는 단일한 기능적 구조로 정의되며 보행 시 충격 흡수와 체중 부하에 대한 안정성을 제공하는 기능을 한다^{6,19}. 발의 제1 열의 운동성은 연부 조직과 골성 구조에 의해 결정되고 배측, 족저 및 골간 인대들이 운동과 구조에서 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다^{3,4}. 제1 열의 안정성이 내측 세로 궁을 지지하

기에 충분하지 않은 경우, 발 전체의 구조적 생역학에 영향을 미쳐 보다 많은 체중이 외측으로 전이되고, 그에 따라 소 중족골로 과도한 부하가 가해지게 된다. 발의 제1 열의 불안정성과 관계된 병리로는 중앙 중족골 통증(central metatarsalgia), 중족골의 스트레스 골절, 후경골 건 기능 장애, 무지 외반증 변형 등이 포함된다^{5,12,15}. 반면에, 발의 제1 열의 운동성이 제한된 경우는 당뇨 환자에서 제1 중족골의 궤양과 연관이 있다는 보고가 있다⁶.

통신저자 : 황 승 근
서울시 노원구 하계동 280-1
을지대학교 을지병원 정형외과
TEL: 02-970-8036 · FAX: 02-973-3024
E-mail: seungkeunh@hotmail.com

Address reprint requests to
Department of Orthopedic Surgery, Eulji General Hospital, Eulji University,
280-1, Hagye-dong, Nowon-gu, Seoul 139-711, Korea
Tel: +82-2-970-8036, Fax: +82-2-973-3024
E-mail: seungkeunh@hotmail.com

*본 논문의 요지는 2006년도 대한 정형외과학회 추계학술대회에서 발표되었음.

제1 족근중족 관절의 과운동성의 존재 여부는 제1 족근중족 관절의 유합술의 지표로 이용되므로 무지 외반증의 수술적 치료 결정에 중요한 요소이나, 제1 열 운동의 복잡성 때문에 반복적으로, 정량적으로 측정되기 쉽지 않다¹⁵⁾. Morton에 의해 제1 열의 운동성을 임상적으로 측정하기 위한 시도가 있는 이후 제1 족근중족 관절의 운동성을 객관적으로, 정량적으로 측정하기 위한 여러 가지 방법들이 연구되어 왔다^{4, 7, 11, 12, 16)}.

그러나 대부분의 방법들이 실제 환자를 대상으로 시행된 기구의 타당도와 신뢰도 검사뿐만 아니라 각 방법들에 대한 상관관계에 대한 검사가 이루어 지지 않아 임상적 적용에 한계가 있다. 또한, 대부분의 방법들이 방사선 촬영 등의 부가적인 조작이 필요하거나 측정기계의 제작이 용이하지 않고 측정 기계의 부피가 크며 측정의 번거로움으로 인하여 임상적 적용이 쉽지 않기 때문에 무지 외반증의 수술적 치료를 위한 제1 족근중족 관절의 관절유합술의 지표로 손을 이용하여 검사하는 고전적인 방법에 의한 결과를 사용하는 것으로 보고되어지고 있다^{1, 13, 14, 17)}.

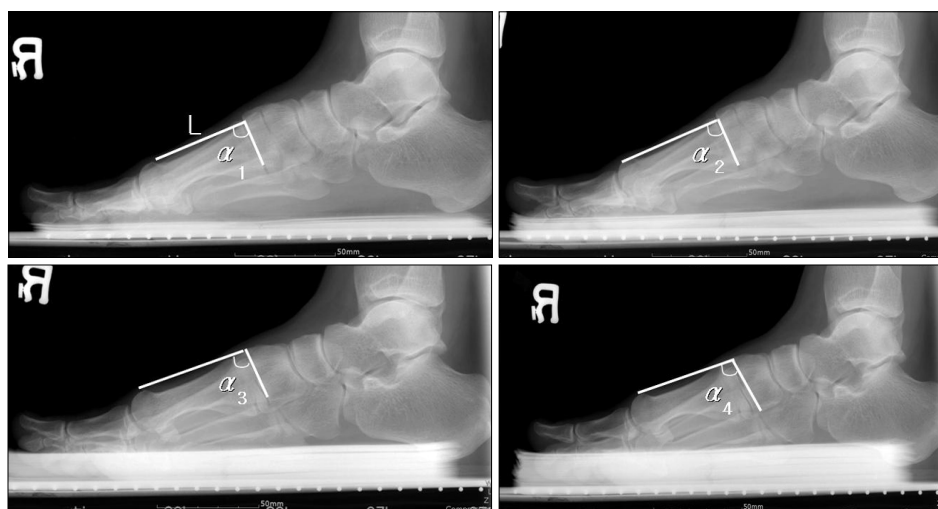
Lee와 Young¹²⁾이 개발한 EMC 기구는 정량적으로 제1 족근중족 관절의 운동성의 측정이 가능하며 크기가 작고, 제작이 용이하고 사용하기 편리한 것으로 보고되었다¹²⁾. 그러나, 실제 임상적 유용성을 위한 신뢰도나 타당도가 조사되어 있지 않아, 이를 검증하고자 한다.

대상 및 방법

2005년 5월부터 2005년 12월까지 내원한 무지 외반증 환자 중, 과거력 상 발에 대해 수술적 치료를 받은 적이 없는 환자를 대상으로 검사를 진행하였다. 43명의 환자 69족을 대상으로 Smith 등이 기술한 표준화된 방법을¹⁹⁾ 이용하여 전·후면, 측면 단순 방사선 검사를 시행 후, 전·후면 방사선 사진에서 중간 골간(mid-diaphyseal) 기준점을 이용하여 족목지 외반각(hallux valgus angle), 1-2 중족골간 각(intermetatarsal angle)을 측정하였다.

EMC 기구의 타당도(validity) 검사는 전체 대상환자 중 환자의 동의에 의해 추가적인 단순 방사선 촬영이 가능했던 32족만을 대상으로 Fritz 등⁴⁾이 개발한 변형된 Coleman 블록 검사를 이용한 제1 족근 중족 관절의 운동성 측정법을 이용한 결과와 EMC 기구를 이용하여 제1 족근 중족 관절의 운동성을 측정한 결과의 평균치를 비교하였다. 후족부의 회전에 의한 오차를 최소화 하기위해 블록의 높이를 5 mm 간격으로 증가시키며 검사 후, 최대값의 결과를 이용하였다(Fig. 1). 통계적인 분석은 검사자 3명이 2회 측정한 결과의 평균과 Coleman 블록 검사를 이용하여 얻은 결과에 대해 대응 표본 t-검정(paired t-test), Pearson 상관계수를 이용하였다.

EMC 기구의 신뢰도(reliability) 검사는 69족에 대하여 EMC기구를 이용하여, 동일 환자에 대하여, 3명의 정형외과 의사가 각각 2회 측정한 결과를 비교하였다. 검사



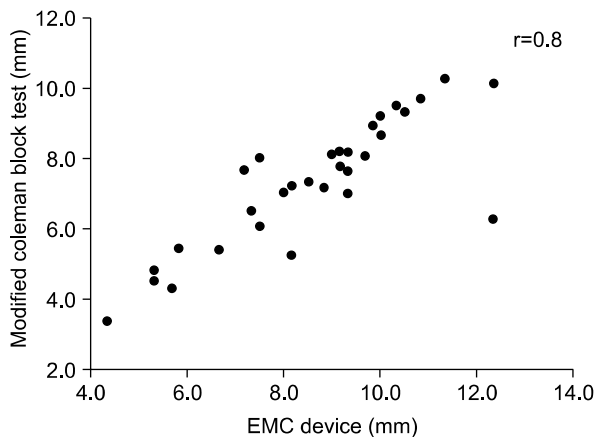
$$d = \sin(\alpha_4 - \alpha_1) \times L_x \quad (52/54)$$

Fig. 1. The dorsal mobility of the first ray of the foot was measured using the modified Coleman block test.

Table 1. Comparison of the Mean and Standard Deviation of the 1st Ray Dorsal Mobility of the Foot between the EMC Device and Modified Coleman Block Test

EMC device mean±SD* (mm)	Modified Coleman Block Test mean±SD* (mm)	Paired t-test p-value	Pearson's r-value
8.3±1.7	7.4±1.8	<0.05	0.84

*, standard deviation.

**Fig. 2.** The scatter plot shows measured data with the EMC device and the calculated data with the lateral radiographs using the modified Coleman block test.

자는 다른 검사자의 결과를 모르는 상태에서 1시간 이상의 간격을 두고 측정하였다. 통계적 분석은 관찰자 내의 일치도는 대응 표본 t-검정(paired t-test)과 Pearson 상관계수를, 관찰자간 일치도는 검사자 각각이 2회 측정한 측정치의 평균에 대해 분산분석(ANOVA)과 Pearson 상관계수를 이용하였다. 모든 통계 처리는 SPSS 12.0 (SPSS, Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하였다.

결 과

환자의 연령분포는 25세에서 74세로 평균 51.5 ± 12.6 세이었으며, 성별 분포는 1명을 제외하고는 모두 여자였다. 좌측 발이 33예(47.8%), 우측 발이 36예(52.2%)이었다. 족부지 외반각의 평균은 $31.0 \pm 8.6^\circ$ (범위, $11.8-55.8^\circ$)이었고, 중족골간 각은 평균 $12.4 \pm 3.2^\circ$ (범위, $5.8-20.5^\circ$)였으며, 족부지 외반각과 중족골간 각에 의하여 분류하면²⁾, 경도는 3예(4.3%), 중등도는 58예(84.1%), 고도는 8예(11.6%)이었다. EMC 기구를 이용하여 측정한 제1열의 수직 운동성은 평균 8.3 ± 1.7 mm (범위,

Table 2. Mean and Standard Deviation of the 1st Ray Dorsal Mobility of the Foot For Intra-rater

	mean±SD* (mm)	Paired t-test p-value	Pearson's r-value
Examiner 1	8.4±1.8 8.3±2.0	0.58	0.76
Examiner 2	8.4±1.9 8.3±2.0	0.93	0.79
Examiner 3	8.2±1.8 8.3±2.2	0.58	0.80

*, standard deviation.

4.3–12.3 mm)이었다.

1. 타당도

EMC 기구를 이용하여 측정한 제1 열의 운동성의 평균치는 8.3 ± 1.7 mm (범위, 4.3–12.3 mm)이었고, 변형된 Coleman 블록 검사를 이용하여 측정한 제1 열의 운동성의 평균치는 7.4 ± 1.8 mm (범위, 3.4–10.3 mm)로 나타나 유의한 차이를 보였으나($p < 0.05$), Pearson 상관계수는 0.84로서($p < 0.05$) 연관성이 있는 것으로 분석되었다(Table 1, Fig. 2).

2. 신뢰도

EMC 기구를 이용한 관측자 내 대응 표본 t-검정결과 모두에서 통계적으로 차이가 없었고($p = 0.58, 0.93, 0.58$), Pearson 상관계수는 0.76, 0.79, 0.80이었다. 관측자간 측정치에 대한 분산분석의 결과는 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p = 0.96$). 관측자간 측정치에 대한 Pearson 상관계수는 각각 0.83, 0.84, 0.85이었다(Table 2, 3).

Table 3. Mean and Standard Deviation of the 1st Ray Dorsal Mobility of the Foot For Inter-rater

mean±SD* (mm)		Examiner 1 8.3±1.8	Examiner 2 8.3±1.9	Examiner 3 8.3±1.9
Examiner 1	Paired t-test p-value		0.96	0.58
	Pearson r-value		0.84	0.83
Examiner 2	Paired t-test p-value	0.96		0.52
	Pearson r-value	0.84		0.85
Examiner 3	Paired t-test p-value	0.58	0.52	
	Pearson r-value	0.83	0.85	

*, standard deviation

고 찰

발의 제1 열의 운동은 주로 시상면 상에서 일어나는 것으로 고려된다. 제1 열의 배측 운동은 보행 시 지면의 반발력이 주로 배측면으로 작용하기 때문에 기능적 중요성을 가지며⁶⁾, Faber 등은 장 족무지 굴근과 장 비굴근이 제1 족근중족 관절을 배측으로 전위시키는 힘에 대해 안정화하는 효과가 있다고 주장하였다³⁾.

발의 제1 열의 과도한 운동성은 임의적으로 과운동성으로 정의되어지며, 발의 병적 상태와 제1 열의 과운동성 사이의 상관관계를 정확히 규명하기 위해서는 발의 제1 열의 운동성을 정확히 객관적으로 측정하는 것이 필요하다^{10,15)}.

시상면 상에서 발의 제1 열의 배측 운동 범위는 여러 방법을 이용하여 측정한 결과, 정상 성인은 평균 6 mm (범위, 3–9 mm)이며, 무지 외반증 환자의 경우는 평균 7 mm로 보고되었다^{6,8,9,11,18)}. 본 연구 결과에서 평균 8.3 mm로 무지 외반증 환자의 평균 7 mm보다 높게 측정된 원인으로는 첫째, 한 손으로 제2, 3, 4, 5 중족골 두를 안정화시키고, 다른 한 손을 이용하여 제1 중족골 두를 배측으로 전위시키는 과정에서 상대적으로 제2, 3, 4, 5 열의 족저 굴곡이 발생했으며 둘째, 종점을 확인하며, 최대한의 힘을 가하여 제1 중족골을 배측으로 굴곡시켰기 때문에 일정한 힘을 가하는 방법보다는 배측으로 더 굴곡되었기 때문으로 사료된다^{9,12,15)}. 그러나 발의 제1 열의 배측 굴곡시 표준화된 힘은 제1 열의 운동 중에는 저항이 없고, 신전시에는 명백한 장애가 있기 때문에 매우 중요한 요소는 아닌 것으로 보고¹¹⁾된 바도 있듯이 측정 방법 특성에 따른 차이일 수도 있으므로 평균적인 제1 열의 운동 범위는 추가적인 연구가 필요하리라 사료된다.

또한, EMC기구를 이용하여 얻은 측정치와 변형된 Coleman 블록 검사를 이용하여 얻은 측정치 간의 유의한 차이가 발생한 원인으로는 첫째, 변형된 Coleman 블록 검사를 이용하여 측정하는 방법이 제1 열의 운동을 제1 족근중족 관절의 운동에 제한하여 측정한다는 것과 둘째, 변형된 Coleman 블록 검사를 이용하여 측정하는 방법이 체중 부하 자체에 의해 제1 열의 안정성의 확보를 위해 필요한 발의 내재근 및 외재근이 충분히 작용을 한 상태에서 측정되는 것에 의한 것으로 사료되나¹⁶⁾, Pearson 상관계수가 0.84로 강한 상관관계가 있으므로 보다 많은 연구 대상을 이용하여 이 두 방법을 이용하여 측정한 측정치에 대한 상관관계를 밝히기 위한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

EMC 기구를 이용하여 발의 제1 열의 운동성을 검사하는 경우, 본 기구의 개발자들은 제1 열의 운동성 측정 시 측정 오차를 줄이기 위해 10회 반복하여 측정한 후 평균치를 이용하였고¹²⁾, 본 연구에서도 측정자내, 측정자간 측정결과의 Pearson 상관계수가 0.8–0.9로 나왔으므로 보다 정확한 측정을 위하여 측정 기구 사용에 익숙해지기 위한 충분한 학습 곡선이 필요할 것으로 사료된다.

Glasoe 등은 손을 이용하여 제1 열의 운동성을 측정하는 것이 낮은 관측자간 신뢰도와 관측자내 신뢰도에 다양한 변이가 있고, 심지어 경험이 많은 정형외과의사의 측정치도 유효함이 입증된 기구와의 측정치와 차이가 있다고 주장하였으나⁵⁾, 이는 제1 중족골 두의 족저와 제2 중족골 두의 족저 사이의 거리를 엄지손가락의 근위 지골에 의해 형성된 기준선을 육안으로 계속하여 비교하는 것이므로 정확히 측정하는 것이 힘든 단점이 있다²⁰⁾. 그러나, EMC 기구를 이용한 측정 방법은 기구를 족배 부위에 위

치시켜 제1 열의 운동성을 측정할 때 중요한 변수의 하나인 지방 패드의 압박에 의해 발생하는 오차를 줄였고⁶⁾, 또한 자를 이용하여 객관적인 결과를 얻으려고 하고자 하여, 어느 정도 유효한 측정치를 얻을 수 있었던 것으로 사료된다.

발의 제1 열의 운동성을 측정하기 위한 여러 가지 방법들이 고안되었으나, 대부분의 기구들이 사용 방법이 복잡하거나, 방사선 검사 등 다른 조작들이 요구되어서, 임상적으로 사용하기에 어려움이 많으나, EMC 기구는 측정 결과의 관측자간, 관측자내 차이가 적어 외래에서 환자에 대한 이학적 검사 시 다른 기구들에 비해 장점이 있다¹²⁾.

결 론

저자들이 제1 열의 운동성을 측정하기 위해 사용하는 EMC 기구를 이용하여 측정하여 얻은 결과는 변형된 Coleman 블록을 이용하여 측면 단순 방사선 사진을 통해 얻은 결과와 비교하여 타당도가 있고, 관측자 내, 관측자간의 측정치도 유의한 상관관계를 보이므로 외래에서 손쉽게 제1 열의 운동성을 평가하는데 유용할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Bednarz PA, Manoli A 2nd: Modified Lapidus procedure for the treatment of hypermobile hallux valgus. *Foot Ankle Int*, 21: 816-821, 2000.
2. Coughlin MJ, Mann RA: *Surgery of the foot and ankle*. 7th ed. St. Louis, Mosby: 168-170, 1999.
3. Faber FW, Kleinrensink GJ, Verhoog MW, et al: Mobility of the first tarsometatarsal joint in relation to hallux valgus deformity: anatomical and biomechanical aspects. *Foot Ankle Int*, 20: 651-656, 1999.
4. Fritz GR, Prieskorn D: First metatarsocuneiform motion: a radiographic and statistical analysis. *Foot Ankle Int*, 16: 117-123, 1995.
5. Glasoe WM, Allen MK, Saltzman CL, Ludewig PM, Sublett SH: Comparison of two methods used to assess first-ray mobility. *Foot Ankle Int*, 23: 248-252, 2002.
6. Glasoe WM, Allen MK, Yack HJ: Measurement of dorsal mobility in the first ray: elimination of fat pad compression as a variable. *Foot Ankle Int*, 19: 542-546, 1998.
7. Glasoe WM, Yack HJ, Saltzman CL: Measuring first ray mobility with a new device. *Arch Phys Med Rehabil*, 80: 122-124, 1999.
8. Glasoe WM, Yack HJ, Saltzman CL: The reliability and validity of a first ray measurement device. *Foot Ankle Int*, 21: 240-246, 2000.
9. Grebing BR, Coughlin MJ: The effect of ankle position on the exam for first ray mobility. *Foot Ankle Int*, 25: 467-475, 2004.
10. Jones CP, Coughlin MJ, Pierce-Villadot R, et al: The validity and reliability of the Klaue device. *Foot Ankle Int*, 26: 951-956, 2005.
11. Klaue K, Hansen ST, Masquelet AC: Clinical, quantitative assessment of first tarsometatarsal mobility in the sagittal plane and its relation to hallux valgus deformity. *Foot Ankle Int*, 15: 9-13, 1994.
12. Lee KT, Young K: Measurement of first-ray mobility in normal vs. hallux valgus patients. *Foot Ankle Int*, 22: 960-964, 2001.
13. Myerson M: Metatarsocuneiform arthrodesis for treatment of hallux valgus and metatarsus primus varus. *Orthopedics*, 13: 1025-1031, 1990.
14. Myerson M, Allon S, McGarvey W: Metatarsocuneiform arthrodesis for management of hallux valgus and metatarsus primus varus. *Foot Ankle*, 13: 107-115, 1992.
15. Myerson MS, Badekas A: Hypermobility of the first ray. *Foot Ankle Clin*, 5: 469-484, 2000.
16. Prieskorn DW, Mann RA, Fritz G: Radiographic assessment of the second metatarsal: measure of first ray hypermobility. *Foot Ankle Int*, 17: 331-333, 1996.
17. Sangeorzan BJ, Hansen ST Jr: Modified Lapidus procedure for hallux valgus. *Foot Ankle*, 9: 262-266, 1989.
18. Shirk C, Sandrey MA, Erickson M: Reliability of first ray position and mobility measurements in experienced and inexperienced examiners. *J Athl Train*, 41: 93-99, 2006.
19. Smith RW, Reynolds JC, Stewart MJ: Hallux valgus assessment; report of research committee of American Orthopaedic Foot and Ankle Society. *Foot Ankle*, 5: 92-103, 1984.

20. Voellmicke KV, Deland JT: *Manual examination technique to assess dorsal instability of the first ray. Foot Ankle Int*, 23: 1040-1041, 2002.

= 국문초록 =

목 적: 제1 족근중족 관절의 운동성을 측정하는 EMC 기구의 타당도와 관측자 내, 관측자 간 신뢰도를 구하고자 한다.

대상 및 방법: 경도에서 중증도의 무지외반증이 있는 69족(43명의 환자)을 대상으로 변형된 Coleman 블록을 이용하여 단순 측면 방사선 촬영을 통해 측정한 결과와 EMC 기구를 이용하여 측정한 결과를 비교하여 타당도를 구하고, 족부 정형외과 의사 1명과 정형외과 전공의 2명이 EMC 기구를 이용하여 측정한 결과를 비교하여 측정자 내, 측정자간 신뢰도를 구하였다.

결 과: EMC 기구를 이용하여 측정한 제1 열의 운동성의 평균치는 8.3 mm이었고, 변형된 Coleman 블록 검사를 이용하여 측정한 제1 열의 운동성의 평균치는 7.4 mm로 유의한 차이를 보였으나($p < 0.05$), Pearson 상관계수는 0.84로 상관성이 있는 것으로 나타났다. EMC 기구를 이용한 관측자 내 대응 표본 t-검정과 관측자간 측정치에 대한 분산분석의 결과는 모두 통계적으로 유의하지 않은 결과를 나타내었다.

결 론: 제1 열의 운동성을 측정하기 위해 사용하는 EMC 기구를 이용한 측정치는 변형된 Coleman 블록 검사를 이용하여 측정한 결과와 비교하여 타당도가 있고, 관측자 내, 관측자간의 측정치도 유의한 상관관계가 있는 것으로 입증되어, 외래에서 손쉽게 제1 열의 운동성을 평가하기 위해 사용하기에 적합한 것으로 사료된다.

색인 단어: 제1 열의 운동성, EMC 기구, 신뢰도와 타당도