JKFAS Journal of Korean Foot and Ankle Society
Original Article
pISSN 1738-3757 eISSN 2288-8551
J Korean Foot Ankle Soc 2016;20(4):145-151
https://doi.org/10.14193/jkfas.2016.20.4.145

Check for updates

근위 갈매기 절골술 시행 전과 후의 원위 중족골 관절면각의 측정에 대한 신뢰성의 변화

박철현, 이동열

영남대학교 의과대학 정형외과학교실

Change of Reliability for Distal Metatarsal Articular Angle Measurement before and after Proximal Chevron Osteotomy

Chul Hyun Park, Dong Yeol Lee

Department of Orthopedic Surgery, Yeungnam University College of Medicine, Daegu, Korea

Purpose: To evaluate the reliability of preoperative and postoperative distal metatarsal articular angle (DMAA) measurements and to determine whether such reliability is different in accordance with the foot and ankle fellowship and the number of years in practice.

Materials and Methods: Between July 2012 and June 2014, a total of 20 patients (24 feet) were treated with proximal chevron osteotomy and distal soft tissue procedure for symptomatic hallux valgus deformity. DMAA were measured twice with an interval of two weeks between the preoperative and postoperative dorsoplantar radiographs by four observers; two of whom were foot and ankle surgeons (A and B), one knee surgeon, and one senior resident. The intraobserver reproducibility and interobserver reliability were assessed by intraclass correlation coefficients. Moreover, the limit of agreement between the preoperative and postoperative DMAA measurements were assessed using a Bland-Altman plot.

Results: The intraobserver reproducibility of the foot and ankle surgeon A, knee surgeon, and senior resident improved from 0.796, 0.575, and 0.586 preoperatively to 0.968, 0.864, and 0.864 postoperatively, respectively. The interobserver reliability of foot and ankle surgeon A-B, foot and ankle surgeon A-knee surgeon, and foot and ankle surgeon A-senior resident improved from 0.874, 0.688, and 0.677 preoperatively to 0.971, 0.917, and 0.838 postoperatively, respectively.

Conclusion: The intra- and interobserver reliabilities for DMAA measurement improved after proximal chevron osteotomy. Therefore, the necessity of additional procedures to correct the increased DMAA should be reevaluated after proximal chevron osteotomy in the hallux valgus with an increased DMAA.

Key Words: Distal metatarsal articular angle, Proximal chevron osteotomy, Reliability

서 론

원위 중족골 관절면각(distal metatarsal articular angle, DMAA)은 원위 중족골과 근위 지골의 관절면의 관계를 나타내는 것으로, 무지외반증의 수술 시 DMAA에 대한 교정이 부족한 경우에는 수술 후 재발의 위험이 높은 것으로 알려져 있다.[1,2] 따라서 수술 전 방사선 사진에서 DMAA를 정확하게 평가하고, DMAA가 큰 경우에는 biplanar 절골술이나 이중절골술 등의 DMAA를 교정할 수 있는 수술 방법을 고려해야 한다.

하지만 DMAA의 측정에 대한 관찰자내 및 관찰자간 신뢰도는 상당히 낮은 것으로 보고되고 있으며,[3,4] 실제 진료 시에 이를 적용하는 것에 대해 의문을 제기하는 연구도 보고되고 있다.[3] DMAA 측정의 낮은 신뢰도는 제 1중족골의 회내 변형으로 인해 원위 중족

Received July 21, 2016 Revised October 3, 2016 Accepted October 12, 2016
Corresponding Author: Chul Hyun Park
Department of Orthopedic Surgery, Yeungnam University Medical Center, 170 Hyeonchung-ro, Nam-gu, Daegu 42415, Korea
Tel: 82-53-620-3640, Fax: 82-53-628-4020, E-mail: chpark77@naver.com

Financial support: None.
Conflict of interest: None.

Copyright ©2016 Korean Foot and Ankle Society. All rights reserved.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

골 관절면의 내측과 외측의 경계를 정확하게 구별하는 것이 어려워지기 때문에 발생한다.[5] 또한 제 1중족골두의 관절염으로 인해 발생한 골극 또한 그 원인이 될 수 있다. 따라서 DMAA의 측정을 제 1중족골의 회내 변형을 교정하고 난 후에 재평가해야 한다고 주장하는 저자들도 있다.[6] 저자들도 무지외반증에 대해 근위 갈매기 절골술 시행 후 원위 중족골 관절면의 내측과 외측의 경계가 수술 전에 비해 명확해지는 것을 경험하였다.

족부 질환에 대한 전공 여부나 임상 경험의 기간 또한 DMAA 측정의 신뢰도에 영향을 끼칠 수 있다. 무지외반각이나 중족골간각은 중족골과 족지골의 장축을 결정하여 각도를 측정하는 데 반해 DMAA는 원형에 가까운 중족골두에서 내측과 외측의 경계를 결정해야 한다. 또한 원위 중족골과 근위 지골의 관절면의 관계를 고려해야 하기 때문에 족부에 대한 경험이 없거나 부족한 경우 측정 시마다 같은 두 지점을 찾아내는 것이 어려울 수 있다. 따라서 족부를 전공한 의사와 전공하지 않은 의사 사이에 신뢰도의 차이가 있을 수 있다.

저자들은 DMAA 측정의 관찰자내 및 관찰자간 신뢰도가 근위 갈매기 절골술 시행 후 더 증가하고, 족부를 전공한 경우에 신뢰도가 더 증가할 것이라고 가설을 세웠다. 본 연구에서는 근위 갈매기 절골술 시행 전과 후의 DMAA의 측정에 대한 관찰자내 및 관찰자간 신뢰성의 변화와 족부 전공 여부에 따른 DMAA 측정의 신뢰도의 차이에 대해 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

본 연구는 본원 연구윤리심의위원회의 승인하에 후향적 연구를 시행하였다. 2012년 7월부터 2014년 6월까지 본원에서 무지외반증으로 근위 갈매기 절골술을 시행 받았던 20명(24예)을 대상으로 하였다. 모든 환자가 여자였고, 평균 나이는 50.3세(23~62세)였다. 모든 환자는 1명의 술자에 의해 근위 갈매기 절골술과 연부조직 유리술, 그리고 Akin 절골술을 시행 받았다. 환자는 수술 전 체중부하 전후 방사선 사진을 측정하였고 수술 직후에 비체중부하 전후 방사선 사진을 측정하였다. 방사선 사진은 모두 같은 기계에서 같은 프로토콜을 가지고 촬영하였다. 방사선 사진은 picture archiving and communication system (PACS) (IMPAX; Agfa HealthCare, Mortsel, Belgium)으로 전송되었고, PACS의 소프트웨어를 이용하여 방사선학적 계측이 시행되었다.

2. 수술 방법

모든 수술은 전신 마취 또는 척추 마취하에서 1명의 술자가 시행하였다. 제 1중족골을 중심으로 6~7 cm의 내측 절개를 가한 후 내측 관절낭을 절개하고 내측 융기부를 절제하였다. 같은 절개선을 통해 제 1중족골의 족저부로 접근하는 transarticular approach를 이용하여 외측 관절낭, 족무지 내전근건을 절제하였다. 다음으로 중족 설상 관절의 7 mm 원위부에서 절골부의 첨부가 근위부로 향하게 하여 60°의 각도로 갈매기형 절골술을 시행하였다. 원위 골편의 외측 전위와 각형성을 통해 교정을 시행하였고, 이때 원위 골편을 회외(supination)시킨 상태에서 강선을 고정하였다. 강선은 2개 또는 3개의 1.6 mm 굵기의 Kirschner 강선을 이용하였다. 족무지 지골간 외반증이 동반된 경우에는 Akin 절골술을 같이 시행하였다.

수술 후 1주간 부목 고정을 시행하였고, 수술 다음 날부터 발의 뒤꿈치와 외측으로 체중부하를 허용하였다. 수술 6주 이후 제 1열의 체중부하를 허용하였고, 수술 8주 이후에 방사선 사진상 골유합이 확인되면 강선을 제거하였다.

3. 방사선학적 계측

방사선학적 계측은 수술 전 체중부하 전후 방사선 사진과 수술 직후 촬영한 전후 방사선 사진에서 DMAA를 측정하였다. DMAA는 다음과 같은 방법으로 측정하였다. 먼저 제 1중족골의 원위 관절면의 가장 내측과 외측을 정한 후 두 점을 연결한 선과 수직인 선을 그린다. 그 후 그 수직선과 제 1중족골의 장축이 이루는 각을 DMAA로 정하고 이를 측정하였다(Fig. 1). 측정은 총 4명의 계측자(족부전문의 A, 족부전문의 B, 슬관절전문의, 정형외과 고년차 전공의)가 환자에 대한 사전 정보가 없는 상태에서 각각 2회에 걸쳐 측정하였다. 실제 측정을 하기 전에 4명의 계측자들은 DMAA를

Figure 1. Distal metatarsal articular angle is measured on preoperative (A) and postoperative (B) radiographs. Distal metatarsal articular angle (asterisks) defined as the angle between a perpendicular line to the longitudinal axis of the first metatarsal and a line delineating the orientation of the metatarsal head articular surface.

측정하는 방법에 대해 충분히 숙지하였다. 그리고 측정 시기에 따른 기억효과를 줄이기 위해 1차 측정 후 최소 2주의 간격을 두고 2차 측정을 시행하였다. 수술 전과 후의 4명의 계측자 각각의 관찰자내 재현성을 평가하였고, 족부 전문의 A와 나머지 계측자 사이의 관찰자간 신뢰성을 평가하였다. 그리고 수술 전과 후의 관찰자내와 관찰자간의 DMAA 측정치의 허용한계(limit of agreement)를 Bland-Altman 분석[7]을 이용하여 평가하였다.

4. 통계

관찰자내 재현성 및 관찰자간 신뢰성은 Shrout와 Fleiss[8]의 집단내 상관 계수(intraclass correlation coefficients, ICCs)를 이용하여 평가하였다. ICCs는 아주 낮음(little, correlation coefficient ≤0.25), 낮음(low, 0.26~0.49), 보통(moderate, 0.50~0.69), 높음(high, 0.70~0.89) 그리고 아주 높음(very high, ≥0.90)으로 정의하였다. 모든 통계적 분석은 SPSS version 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였다.

결 과

수술 전과 후에서 모두 족부전문의가 가장 높은 재현성을 보였고, 수술 후 DMAA 측정의 관찰자내 재현성이 모두 향상되었다(Table 1). 수술 전과 후에서 모두 족부전문의 A-족부전문의 B가 가장 높은 신뢰성을 보였고, 수술 후 DMAA 측정의 관찰자간 신뢰성이 모두 향상되었다(Table 2).

Bland-Altman 분석을 이용한 평가에서 관찰자내 DMAA 측정치의 차이의 허용한계는 수술 전에 비해 수술 후에 그 범위가 좁아지는 양상을 보였다(Fig. 2~4). 그리고 관찰자간 측정치의 차이의 허용한계 또한 수술 전에 비해 수술 후에 그 범위가 좁아지는 양상을 보였다(Fig. 5~7).

고 찰

DMAA는 원위 중족골과 근위 지골의 관절면의 관계를 나타내는 지표로 원위 중족골의 장축과 원위 관절면의 가장 내외측의 점을 연결하는 선이 이루는 각도를 측정하여 평가를 한다. 무지외반증은 무지의 외반 변형만 나타나는 이차원상의 변형이 아닌 제 1중족골의 회내 변형을 동반한 삼차원상의 변형이다. 특히 제 1중족골의 회내 변형은 중족골간각이 증가할수록 더 심해지게 된다.[9] 따라서 무지외반 변형이 진행되면 제 1중족골의 족저부의 관절면이 외측으로 돌아가게 되고 이로 인해 족부의 전후방 방사선 사진상 제 1중족골의 원위 관절면의 외측이 둥글게 나타나게 된다.[5] 따라서 DMAA의 측정에 대한 관찰자내 및 관찰자간 신뢰도는 높지 않으며,[3,10] 특히 무지외반 변형이 진행될수록 신뢰도는 더욱 떨어지게 된다. 그리고 무지외반증이 진행되게 되면 제 1중족골두의 골극(bunion)이 점점 커지게 되고, 그로 인해 원위 관절면의 가장 내측 지점을 정하는 것이 어려워질 수가 있다.

DMAA에 대한 교정이 부족한 경우에는 수술 후 재발의 위험이 높아지는 것으로 알려져 있다.[1,2] 따라서 여러 저자들이 이러한 문제를 해결하기 위해 biplanar 절골술[11-13] 및 이중절골술[14-16] 등 다양한 수술 방법들을 제시하였다. 기존의 보고된 연구에서는 수술 전의 방사선 사진에서 측정한 DMAA를 통해서 수술 방법을 결정하였다. 하지만 DMAA 측정이 낮은 신뢰도를 가지기 때문에 수술 전에 측정한 결과를 통해 수술 방법을 결정하는 것에 대해 의문을 제기하는 연구도 보고되고 있다.[3] 최근 Yasuda 등[17]은 근위 초승달형 절골술을 시행하고 중족골의 원위 골편을 회외시켜주는 근위 회외 절골술을 시행하고 난 뒤 중족골두의 회내 변형이 교정되고 재발률이 줄었다고 보고하였다. 일반적으로 근위 갈매기 절골술에서는 원위 골편의 각형성과 외측 전위에 의해서 변형이 교정되어진다. 저자들은 각형성과 외측 전위뿐만 아니라 원위 골편을 회외시킨 상태에서 교정을 시행하였다. 이에 저자들도 수술장에서 촬영한 C-arm 사진에서 대부분의 경우에서 회내 변형이 교정되는 것

Table 1. Intraobserver Reproducibility of Measurement of Distal Metatarsal Articular Angle

	Observer 1	Observer 3	Observer 4
Preoperative	0.796 (0.663~0.880)	0.575 (0.351~0.738)	0.586 (0.365~0.745)
Postoperative	0.968 (0.944~0.982)	0.864 (0.770~0.922)	0.864 (0.769~0.921)

Observer 1: foot and ankle surgeon A, Observer 3: knee surgeon, Observer 4: senior resident.

Table 2. Interobserver Reliability of Measurement of Distal Metatarsal Articular Angle

	Observer 1 & 2	Observer 1 & 3	Observer 1 & 4
Preoperative	0.874 (0.786~0.927)	0.688 (0.504~0.812)	0.677 (0.488~0.805)
Postoperative	0.971 (0.949~0.984)	0.917 (0.857~0.953)	0.838 (0.729~0.906)

Observer 1: foot and ankle surgeon A, Observer 2: foot and ankle surgeon B, Observer 3: knee surgeon, Observer 4: senior resident.

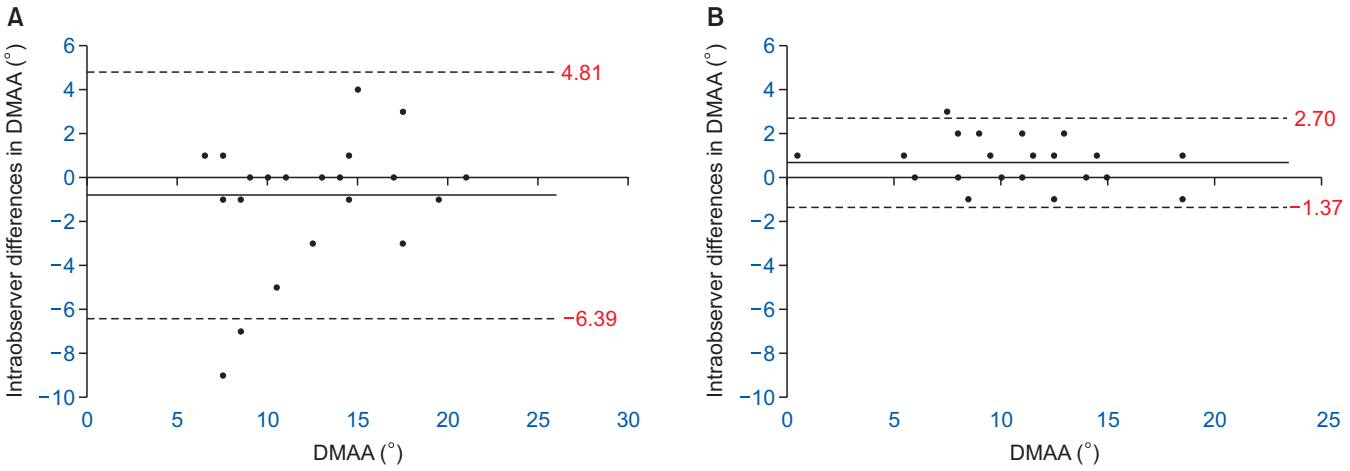

Figure 2. Graphs show Bland–Altman plot of the difference of distal metatarsal articular angle measurement of foot and ankle surgeon A on preoperative (A) and postoperative (B) radiographs. DMAA: distal metatarsal articular angle.

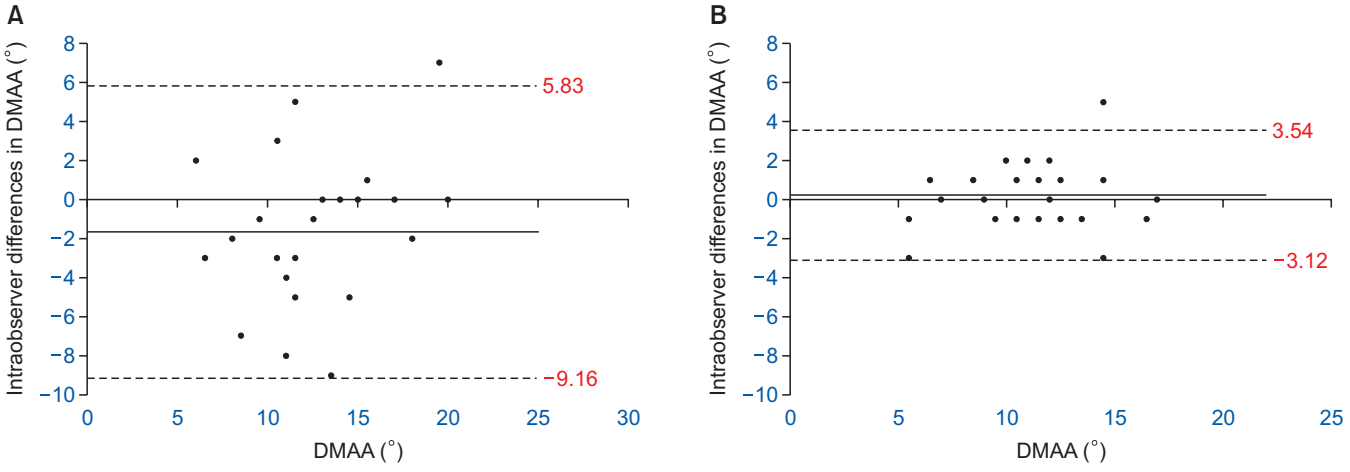

Figure 3. Graphs show Bland–Altman plot of the difference of distal metatarsal articular angle measurement of knee surgeon on preoperative (A) and postoperative (B) radiographs. DMAA: distal metatarsal articular angle.

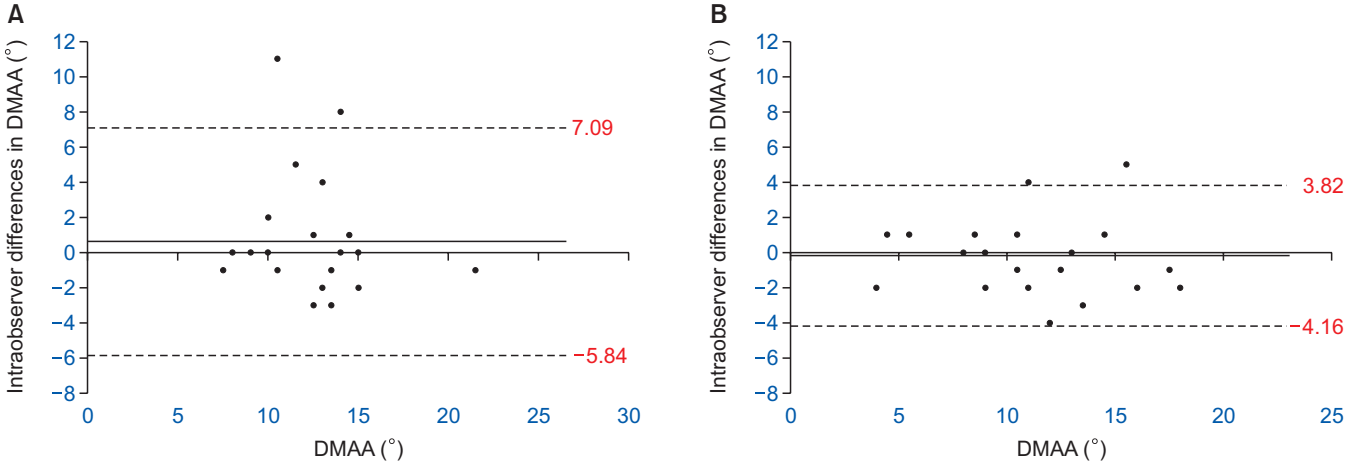

Figure 4. Graphs show Bland–Altman plot of the difference of distal metatarsal articular angle measurement of senior resident on preoperative (A) and postoperative (B) radiographs. DMAA: distal metatarsal articular angle.

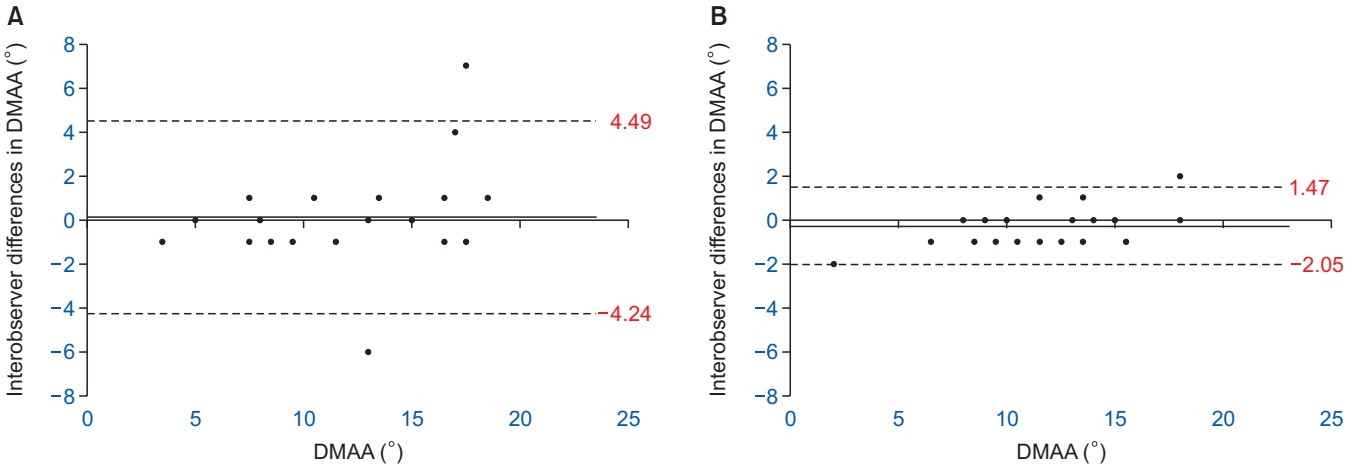

Figure 5. Graphs show Bland–Altman plot of the difference of distal metatarsal articular angle measurement between foot and ankle surgeon A and B on preoperative (A) and postoperative (B) radiographs. DMAA: distal metatarsal articular angle.

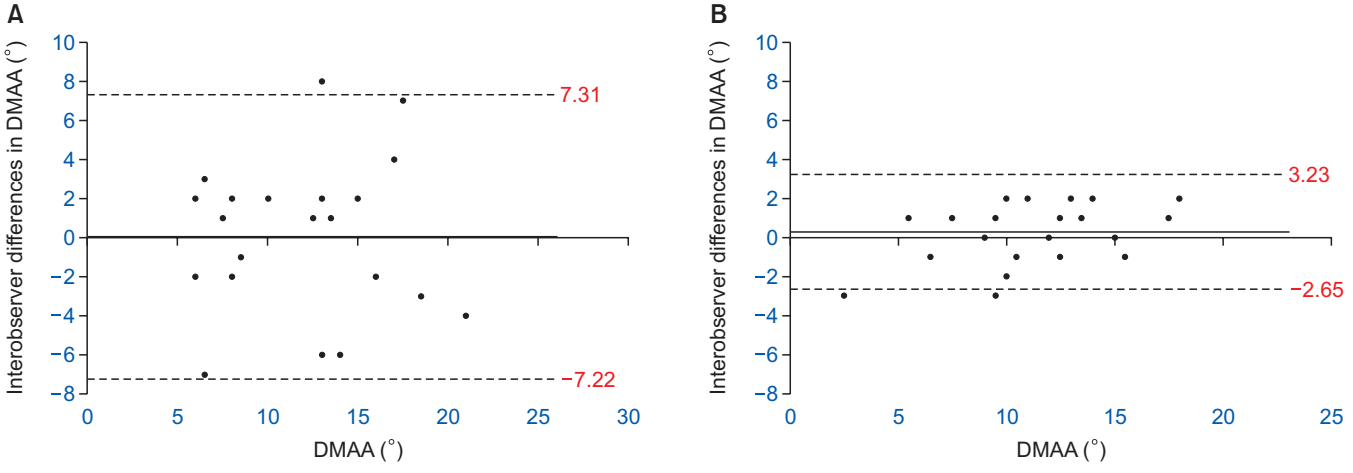

Figure 6. Graphs show Bland–Altman plot of the difference of distal metatarsal articular angle measurement between foot and ankle surgeon A and knee surgeon on preoperative (A) and postoperative (B) radiographs. DMAA: distal metatarsal articular angle.

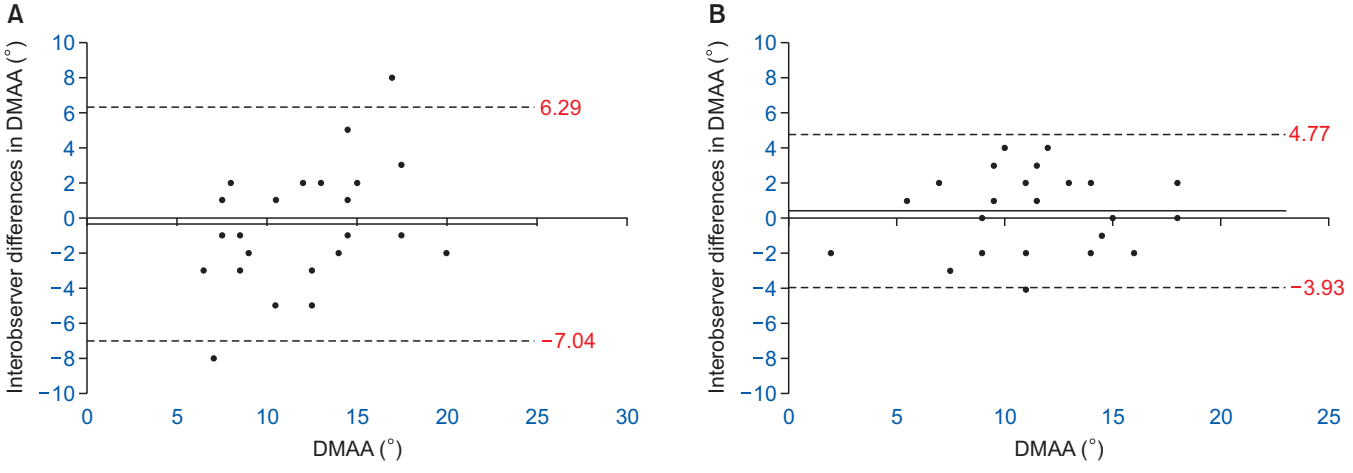

Figure 7. Graphs show Bland–Altman plot of the difference of distal metatarsal articular angle measurement between foot and ankle surgeon A and senior resident on preoperative (A) and postoperative (B) radiographs. DMAA: distal metatarsal articular angle.

을 확인하였고, 원위 관절면의 내외측 경계가 명확해지는 것을 경험하였다. 이러한 요인들이 본 연구에서 근위 갈매기 절골술 시행 후 관찰자내 재현성과 관찰자간 신뢰성이 높아지는 가장 큰 요인이 되었을 것으로 생각된다. 또한 bunionectomy를 시행하는 것이 원위 관절면의 내외측 경계를 분명하게 만드는 요인이 될 수 있다. 일반적으로 bunionectomy는 제 1중족골의 원위 관절면의 내측 경계 부위에서 시행하게 된다. 따라서 bunionectomy를 시행하고 나면 관절면의 내측 경계가 분명해지게 되며 이로 인해 DMAA 측정의 신뢰성이 높아질 수 있다. 그러므로 DMAA가 큰 무지외반증에 대한 이중절골술 등의 시행 여부는 수술 전 방사선 사진보다는 수술장 내에서 근위 중족골 절골술 시행 후 촬영한 방사선 사진을 통해서 결정하는 것이 도움이 될 것으로 생각된다.

전족부의 방사선학적 계측은 체중부하에 의해 영향을 받는다. 특히 무지외반각이나 중족골간각과 같은 골간 계측은 체중부하에 의해 더욱 영향을 받게 된다. 지금까지의 보고에 따르면 체중부하 시 무지외반각은 그 값이 감소하고, 중족골간각은 증가하는 것으로 알려져 있다.[18-20] 하지만 아직까지 체중부하가 DMAA의 측정치에 어떤 영향을 미치는지에 대해서는 이견이 있다. Robinson 등[21]은 해부학적 연구에서 제 1중족골이 30도 회전하면 DMAA가 10도 정도 변한다고 하였지만, 반대로 Vittetoe 등[22]은 DMAA가 상대적으로 제 1중족골의 회전과 내반 변형에 영향을 받지 않는다고 하였다. 저자들은 무지외반각이나 중족골간과 같은 골간 계측과 달리 DMAA는 제 1중족골 내에서 측정하는 값이므로 체중부하에 영향을 적게 받을 것으로 판단하였다. 하지만 이를 뒷받침할 수 있는 체중부하가 DMAA의 측정치에 미치는 영향에 대한 추가적인 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

족부의 전공 여부와 DMAA 측정의 신뢰도 사이의 관계에 대한 연구는 아직까지 많이 알려진 바가 없다. Coughlin과 Freund[10]는 족부 fellowship을 한 의사와 하지 않은 의사 간에 DMAA 측정의 관찰자내 그리고 관찰자간 신뢰도가 통계적으로 유의한 차이가 없었고, 또한 임상에서 족부를 진료한 기간과 DMAA 측정의 신뢰도 간에 유의한 상관 관계는 없었다고 하였다. 본 연구에서는 족부의 전공 여부와 DMAA 측정의 신뢰도 간의 통계적인 차이가 있는지에 대해 분석을 하지는 못하였다. 하지만 Bland와 Altman[7]의 분석에서는 족부를 전공한 의사들에서 족부를 전공하지 않은 의사에 비하여 측정치의 허용한계의 범위가 좁아졌으며, 허용한계 범위 밖에 위치한 경우도 적게 나타났다.

일반적으로 DMAA를 측정할 때 제 1중족골의 관절면의 관절을 이루는 곡선의 연속성을 평가하거나 관절면의 경계를 평가한다. 하지만 제 1중족골의 회내 변형에 의해 중족골두가 둥글게 보이는 경우에는 이를 결정하기가 어려운 경우가 발생하게 된다. 그럴 경우 연골하 골의 경화된 부위를 파악하여 결정하는 것도 또 다른 방법이 될 수 있다.[6] 저자들은 제 1중족골의 원위 관절면을 정확하게 결정하기 어려운 경우 족부를 전공한 것과 하지 않은 것이 제 1중족골의 원위 관절면의 경계를 판단하는 데 영향을 줄 수 있고, 그것이 관찰자간 재현성에 영향을 줄 수 있을 것으로 판단하였다. 본 연구에서 통계적인 유의성은 평가하지 못하였지만, DMAA 측정의 관찰자간 재현성이 족부를 전공한 의사와 그렇지 않은 의사 사이에 차이가 있었다. 방사선학적 계측을 끝내고 시행한 토론과정에서 족부를 전공한 의사들은 원위 관절면의 경계가 불분명한 경우 근위지골의 관절면의 너비와의 관계를 고려하여 원위 관절면의 내외측 경계를 결정하였다고 하였고, 족부를 전공하지 않은 의사들은 이에 대한 특별한 다른 방법을 고려하지 못한 것으로 나타났다. 따라서 저자들은 원위 관절면의 내외측 경계가 불분명한 경우에는 족부의 전공 여부가 DMAA 측정의 관찰자간 재현성에 영향을 줄 수 있는 한 가지 요인이 될 수 있을 것으로 생각한다.

본 연구는 서로 다른 경력과 세부전공을 가진 정형외과 의사에 의해 측정된 DMAA의 관찰자간 재현성과 관찰자간 신뢰성을 비교하고자 하였다. 하지만 본 연구에서 사용한 Bland-Altman 분석과 ICCs의 평가는 측정에 대한 신뢰도의 차이를 통계적으로 평가할 수 없고 직관적으로 해석을 해야 한다. 따라서 정형외과의 전공 경력과 세부전공에 따른 DMAA 측정에 차이가 있음은 직관적으로 알 수 있었으나, 이에 대한 통계적 분석이 이루어지지 못하였다는 것이 본 연구의 제한점이다. 또한 연구 대상자가 적고 평가를 하는 계측자가 많지 않았다는 제한점이 있다. 따라서 더 많은 연구 대상자를 대상으로 하여 서로 다른 경력과 세부전공을 가진 다수의 계측자에 의해 계측이 이루어지는 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

결 론

근위 갈매기 절골술 시행 후 DMAA 측정에 대한 관찰자내 및 관찰자간 신뢰도는 향상되었고, 족부를 전공한 경우 비전공자에 비해 높은 관찰자내 재현성 및 관찰자간 신뢰성을 보였다. 그러므로 DMAA가 큰 무지외반증에 대한 이중절골술 등의 시행 여부는 수술 전 방사선 사진보다는 수술장 내에서 근위 중족골 절골술 시행 후 촬영한 방사선 사진을 통해서 결정하는 것이 도움이 될 것으로 생각된다.

REFERENCES

1. **Bonnel F, Canovas F, Poirée G, Dusserre F, Vergnes C.** *Evaluation of the scarf osteotomy in hallux valgus related to distal metatarsal articular angle: a prospective study of 79 operated cases. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 1999;85:381-6.*
2. **Park CH, Cho JH, Moon JJ, Lee WC.** *Can double osteotomy be a solution for adult hallux valgus deformity with an increased distal metatarsal articular angle? J Foot Ankle Surg. 2016;55:188-92.*

3. Chi TD, Davitt J, Younger A, Holt S, Sangeorzan BJ. *Intra- and inter-observer reliability of the distal metatarsal articular angle in adult hallux valgus. Foot Ankle Int. 2002;23:722-6.*
4. Coughlin MJ. *Roger A. Mann Award. Juvenile hallux valgus: etiology and treatment. Foot Ankle Int. 1995;16:682-97.*
5. Okuda R, Kinoshita M, Yasuda T, Jotoku T, Kitano N, Shima H. *Postoperative incomplete reduction of the sesamoids as a risk factor for recurrence of hallux valgus. J Bone Joint Surg Am. 2009;91:1637-45.*
6. Lee KM, Ahn S, Chung CY, Sung KH, Park MS. *Reliability and relationship of radiographic measurements in hallux valgus. Clin Orthop Relat Res. 2012;470:2613-21.*
7. Bland JM, Altman DG. *Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet. 1986;1:307-10.*
8. Shrout PE, Fleiss JL. *Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. Psychol Bull. 1979;86:420-8.*
9. Eustace S, O'Byrne J, Stack J, Stephens MM. *Radiographic features that enable assessment of first metatarsal rotation: the role of pronation in hallux valgus. Skeletal Radiol. 1993;22:153-6.*
10. Coughlin MJ, Freund E. *The reliability of angular measurements in hallux valgus deformities. Foot Ankle Int. 2001;22:369-79.*
11. Chou LB, Mann RA, Casillas MM. *Biplanar chevron osteotomy. Foot Ankle Int. 1998;19:579-84.*
12. Corte-Real NM, Moreira RM. *Modified biplanar chevron osteotomy. Foot Ankle Int. 2009;30:1149-53.*
13. DeOrio J. *Technique tip: dorsal wedge resection (uniplanar) in the chevron osteotomy for high distal metatarsal articular angle bunions. Foot Ankle Int. 2007;28:642-4.*
14. Aronson J, Nguyen LL, Aronson EA. *Early results of the modified peterson bunion procedure for adolescent hallux valgus. J Pediatr Orthop. 2001;21:65-9.*
15. Coughlin MJ, Carlson RE. *Treatment of hallux valgus with an increased distal metatarsal articular angle: evaluation of double and triple first ray osteotomies. Foot Ankle Int. 1999;20:762-70.*
16. Johnson AE, Georgopoulos G, Erickson MA, Eilert R. *Treatment of adolescent hallux valgus with the first metatarsal double osteotomy: the denver experience. J Pediatr Orthop. 2004;24:358-62.*
17. Yasuda T, Okuda R, Jotoku T, Shima H, Hida T, Neo M. *Proximal supination osteotomy of the first metatarsal for hallux valgus. Foot Ankle Int. 2015;36:696-704.*
18. Scott G, Wilson DW, Bentley G. *Roentgenographic assessment in hallux valgus. Clin Orthop Relat Res. 1991;(267):143-7.*
19. Shereff MJ, DiGiovanni L, Bejjani FJ, Hersh A, Kummer FJ. *A comparison of nonweight-bearing and weight-bearing radiographs of the foot. Foot Ankle. 1990;10:306-11.*
20. Tanaka Y, Takakura Y, Takaoka T, Akiyama K, Fujii T, Tamai S. *Radiographic analysis of hallux valgus in women on weightbearing and nonweightbearing. Clin Orthop Relat Res. 1997;(336):186-94.*
21. Robinson AH, Cullen NP, Chhaya NC, Sri-Ram K, Lynch A. *Variation of the distal metatarsal articular angle with axial rotation and inclination of the first metatarsal. Foot Ankle Int. 2006;27:1036-40.*
22. Vittetoe DA, Saltzman CL, Krieg JC, Brown TD. *Validity and reliability of the first distal metatarsal articular angle. Foot Ankle Int. 1994;15:541-7.*