

무지 외반증의 중증도에 대한 전산화 영상 계측

한양대학교 의과대학 정형외과학교실, 최경진정형외과의원*, 마취과학교실†

강창남 · 최경진* · 이두연 · 김상덕† · 성일훈

The Computerized Measurement for the Radiological Severity of Hallux Valgus

Chang-Nam Kang, M.D., Kyung-Jin Choi, M.D.*, Doo-Yeon Lee, M.D., Sang-Duk Kim, M.D.†, Il-Hoon Sung, M.D.

*Department of Orthopedic Surgery, Hanyang University College of Medicine, Seoul, Korea
Choi's Orthopedics**

Department of Anesthesia, Hanyang University College of Medicine, Seoul, Korea†

=Abstract=

Purpose: To study the reliability of intra- and interobserver reliability in angular measurement of hallux valgus deformity by assessing hallux valgus angle (HVA) and the 1st to 2nd intermetatarsal angle (1-2 IMA) through using computerized system.

Materials and Methods: 20 cases of moderate to severe hallux valgus patients were included in this study. With the standing anteroposterior view of foot, the HVA and 1-2 IMA were calculated by computerized measurement system of Infinity cooperation, called π -view, with its software tools. Using the statistical software program, SPSS (version 12th), we interpreted the results which were measured by two independent observers.

Results: In the intraobserver measurement, the HVA of observer A showed reliability ($32.5^\circ \pm 6.9$ and $33.1^\circ \pm 6.8$) ($p < 0.05$). 1-2 IMA in observer A was not regarded as reliable ($16.9^\circ \pm 2.8$ and $17.1^\circ \pm 2.8$) ($p > 0.05$). In the results of observer B, HVAs were measured as $35.7^\circ \pm 7.6$ and $36.2^\circ \pm 7.7$, and were not reliable ($p > 0.05$). 1-2 IMA in observer B was not reliable as well ($17.0^\circ \pm 0.8$ and $20.8^\circ \pm 1.5$) ($p > 0.05$). In the interobservers' measurements, the first and the second results of HVA were $3.2^\circ \pm 3.6$ and $3.1^\circ \pm 3.1$, reliable within the 95% confidence interval ($p < 0.05$). 1-2 IMAs were $0.1^\circ \pm 1.9$ and $3.73^\circ \pm 1.3$, which were not reliable ($p > 0.05$).

Conclusion: In the angular measurement of the hallux valgus by computerized system, the HVA and 1-2 IMA showed less error range in the interobserver's results, compared with the previous studies about the manual measurement. However, our results failed to show the statistical reliability of intra- and interobserver's measuring. Therefore, even the computerized angular measurements in the severity of hallux valgus require development of the measuring methods and software tools.

Key Words: Hallux valgus, Hallux valgus angle, Intermetatarsal angle, Computerized measurement

서 론

• Address for correspondence

Il-Hoon Sung, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Hanyang University Hospital, College of Medicine Hanyang University, 17 Haengdang-dong, Seongdong-gu, Seoul, 133-792, Korea
Tel: +82-2-2290-8476 Fax: +82-2-2299-3774
E-mail: sungih@hanyang.ac.kr

무지 외반증 변형에 대한 방사선학적 분류는 수술적 치료 방침의 결정 요인 중 하나로써 계측의 방법적인 차이가 측정값에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다¹⁰.

고전적인 방사선 영상과 컴퓨터를 이용한 방법론적인차이에 대한 연구^{2,6,7}는 이미 보고된 바 있으나, 컴퓨터를 이용한 측정 방법으로써 계측을 하여 동일한 관찰자의 신뢰성

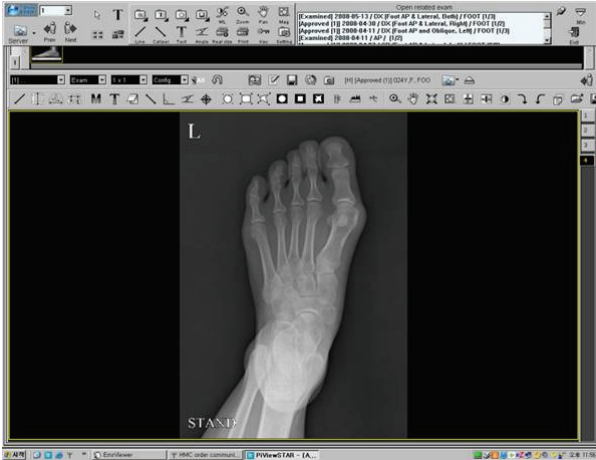


Figure 1. Standing foot AP image on the computerized PACS program, developed by Infinity Corporation, the π -viewer[®] (5.0.8.1 version).

에 대한 고찰 및 다른 관찰자 간의 신뢰성에 대한 연구⁵⁾는 미미하였다. 이에 저자들은 컴퓨터를 이용하여 무지 외반각 및 제1, 2 중족골간 각을 관찰자 내에서 및 관찰자 간에서 계측한 결과를 연구하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

2005년 12월부터 2008년 2월까지 무지 외반증으로 내원하였던 환자 중 중등도 혹은 고도의 변형으로 수술을 받았던 환자 20예의 수술 전 체중부하 족부 전후면 디지털 영상을 대상으로 연구하였다. 관절염이나 외상 또는 수술적 치료를 시행 받았던 기왕력이 있는 환자는 연구 대상에서 제외하였다.

2. 연구 방법

Infinity사에서 제작된 PACS용 π -viewer[®] (5.0.8.1

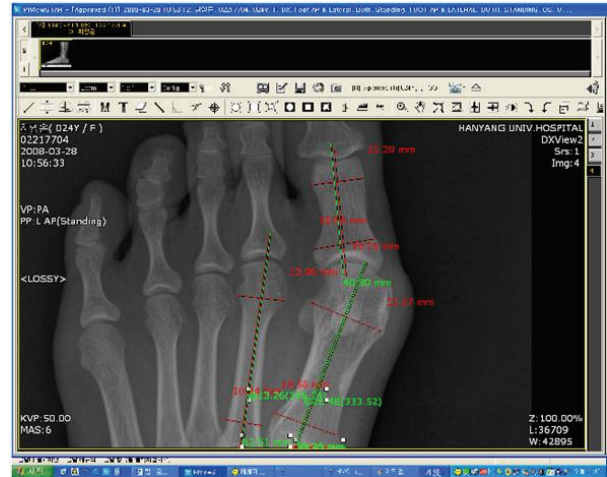


Figure 2. Computerized measurements of HVA & 1-2 IMA.

version)에 제공된 소프트웨어인 각 측정 도구 및 중선 (bisecting line)그리기 도구를 사용하였다(Fig. 1). 본 연구에서는 각도의 측정 방법을 2002년 Coughlin 등이 연구하여 보고한 방법³⁾을 변형하여 기존 보고의 측정 기준 참고점 (reference point)을 중족골의 근위 말단부 및 원위 말단부에서 1.5 cm 떨어진 지점으로 통일하고, 족지골에서도 같은 방법으로 0.75 cm 지점에서 통일함으로써 측정 기준의 모호함을 최소화하도록 노력하였다. 수술 전 체중부하 전후면 디지털 영상을 컴퓨터 화면상에서 실제 족부의 크기와 동일하게 확대하였고 표시된 기준점으로부터 자동적으로 중선이 컴퓨터상에서 그려지면 컴퓨터상의 각도 계측도구를 이용하여 계측하여 무지 외반각과 제1, 2 중족골간 각을 측정하였다(Fig. 2). 한 명의 관찰자(A)가 각각의 측정값을 일주일 간격으로 2회에 걸쳐 측정하였고 다른 관찰자(B) 역시 동일한 대상의 영상으로 각도를 반복 측정하였으며 관찰자 내의 2회의 결과와 관찰자 간의 결과를 paired T-test를 이용하여 각각 신뢰성과 신뢰성의 통계학적인 유의성($p > 0.05$)을 APACHE사의 통계 프로그램 SPSS (the Statistical Package for the Social Sciences, version 12th)을 이용 분석하였다. 또한 Coughlin과 Freund의 연구²¹⁾와 Schneider

Table 1. The Statistical Analysis of the Observer A's Repeated Measurement

The differences between matched angles (Observer A's 1st measurement - Observer A's 2nd easurement)	Difference of the matched angles						t
	Average	Standard error	Standard error of the average	Confidential interval of the differences (degree)			
				Lower limit	Upper limit		
Matched pair 1 Difference of HVA*	-0.63	1.45	0.32	-1.31	0.05	-1.94	
Matched pair 2 Difference between 1st and 2nd IMA [†]	-0.14	1.25	0.28	-0.73	0.45	-0.5	

*HVA, Hallux valgus angle; [†]IMA, Intermetatarsal angle.

등이 보고한 연구¹¹⁾에서 반복 측정 결과가 통계학적으로 95%의 신뢰도로 유의하게 되는 오차의 범위를 본 연구의 결과와 비교 분석하였다.

결 과

환자는 전 예가 여성으로 평균 나이는 51.8세(범위 25~73세)였다. 관찰자 A의 반복 측정결과, 무지 외반각에 대한 각각 측정 결과(평균±표준편차)는 32.5°±6.93, 33.1°±6.78이었다. 이러한 반복측정의 결과를 토대로 첫 회의 측정결과와 두 번째의 측정결과를 paired-T test로 검정한 결과 관찰자 A에서의 측정결과는 95%의 신뢰구간에서 유의확률이 유의한 것으로 검정되었다($p=0.03$)(Table 1).

그러나 관찰자 A의 제1, 2 중족골간 각의 측정 결과 각각 첫 번째와 두 번째 측정이 16.9°±2.75 및 17.1°±2.76로 계측되었고 95%의 신뢰구간으로 검정했을 때, 유의한 신뢰성이 없었다($p=0.31$)(Table 2).

관찰자 B의 무지 외반각의 측정 결과는 각각 35.7°±

7.58 및 36.2°±7.73이었으며, 제1, 2 중족골간 각은 각각 17.0°±0.81 및 20.8°±1.36이었다. 관찰자 B의 반복측정 값을 분석한 결과 무지 외반각과 제1, 2 중족골간 각은 각각 p 값이 0.24와 0.22로 모두 95%의 검정확률에서 유의한 신뢰성을 기대할 수 없었다(Table 3).

관찰자 A와 관찰자 B의 측정결과를 비교 검정(Table 3, 4)한 결과 첫 번째 측정치의 비교와 두 번째 측정치의 관찰자 간의 비교에서 우선 무지 외반각을 paired t -test에 의해 분석하였을 때, 통계적으로 95% 신뢰구간 안에서 p 값은 0.01보다도 작은 값을 보여 반복 측정에 대한 신뢰성이 있었다. 그러나 제1, 2 중족골간 각 차이의 평균은 첫 번째 측정치와 두 번째 측정치를 관찰자간에서 95%의 신뢰구간으로 검정하였을 때, p 값이 각각 0.33과 0.1로, 모두 0.05보다 큰 기각역에 속하였으므로, 역시 신뢰성이 없었다.

95%의 신뢰도를 보이는 관찰자 간 무지 외반각 측정치 오차의 범위는 첫 번째 측정치에서 1.36°, 두 번째 측정치에서 1.95°였으며, 제1, 2 중족골간 각의 오차 범위는 1.18°와 3.46°였다(Table 4).

Table 2. The Statistical Analysis of the Observer B's Repeated Measurement

The differences between matched angles (Observer B's 1st measurement - Observer B's 2nd easurement)	Difference of the matched angles						t
	Average	Standard error	Standard error of the average	Confidential interval of the differences (degree)			
				Lower limit	Upper limit		
Matched pair 1 Difference of HVA*	-0.56	2.09	0.47	-1.54	0.41	-1.204	
Matched pair 2 Difference between 1st and 2nd IMA [†]	-0.37	1.32	0.30	-0.99	0.25	-1.261	

*HVA, Hallux valgus angle; [†]IMA, Intermetatarsal angle.

Table 3. The Statistical Analysis between Observer A and B - 1st Measurements

The differences between matched angles (Observer A's 1st measurement - Observer B's 1st easurement)	Difference of the matched angles						t
	Average	Standard error	Standard error of the average	Confidential interval of the differences (degree)			
				Lower limit	Upper limit		
Matched pair 1 Difference of HVA*	-3.15	3.60	0.80	-4.83	-1.46	-3.90	
Matched pair 2 Difference between 1st and 2nd IMA [†]	-0.13	1.88	0.42	-1.01	0.75	-0.32	

*HVA, Hallux valgus angle; [†]IMA, Intermetatarsal angle.

Table 4. The Statistical Analysis between Observer A and B - 2nd Measurements

The differences between matched angles (Observer A's 1st measurement - Observer B's 1st easurement)	Difference of the matched angles						t
	Average	Standard error	Standard error of the average	Confidential interval of the differences (degree)			
				Lower limit	Upper limit		
Matched pair 1 Difference of HVA*	-3.08	3.05	0.68	-4.50	-1.65	-4.52	
Matched pair 2 Difference between 1st and 2nd IMA [†]	-3.73	1.31	0.29	-0.99	2.40	-1.27	

*HVA, Hallux valgus angle; [†]IMA, Intermetatarsal angle.

고 찰

방사선학 영상을 전산화된 디지털 영상으로 전환한 후 모니터에 시각화하여 판독하는 것은 정형외과 진료 현장에서 점점 일반화되어 가고 있다. 디지털 영상은 예전 방사선학의 최종 생산물인 방사선 필름과 비슷해 보이지만 서로 다른 과정을 거친 산물이다. 방사선학적 필름은 무한한 회색조의 색이 연속된 영상을 만들어내는 아날로그 방식으로 현상된다. 디지털 방사선은 비결정 실리콘 배열과 같은 불연속적인 값이 모여서 된 픽셀형태의 디지털 포맷을 경유해서 모아진 값을 영상으로 변환하여 나타내며 컴퓨터 파일화된 기록들로 보관하여 필요시 디지털 영상화하여 나타낸다. 이러한 기술의 장점은 방사선학적 파일의 접근과 저장된 자료의 삭제, 이미지 확대, 길이와 각도의 측정 등이 용이해진 것이다.

무지 외반증에 있어서 임상적인 분류와 수술 방법의 결정이 방사선학적 판독과 측정에 근거하므로^{6,8,10,13} 본 연구에서는 디지털 영상으로써 소프트웨어를 이용한 각도 측정을 할 수 있는 방법의 신뢰성을 비교하고자 하였다. 족부의 무지 외반각 및 제1, 2 중족골간 각은 무지 외반증에서 Mann의 분류 방법상 중증도의 정도를 결정하고 이는 치료 방향을 결정하는 데 있어 주요 요소 중 하나이다. 그러므로 관찰자 간의, 혹은 관찰자 내에서 계속 범위는 무지 외반증의 중증도를 결정함에 있어 신뢰성이 필요한 사항이다^{3,6,21}.

단순 방사선 필름을 현상하여 직접적으로 선을 그리는 방법은 관찰자가 직접 손으로 필기도구와 자를 이용하여 선을 그려 각도를 측정하게 되고 각도를 측정할 때 관찰자의 각도기를 읽는 결과에 따라 각도의 오차가 발생할 수 있다^{2,4}. 많은 의료 기관에서 다양한 프로그램을 이용하여 디지털 영상을 관찰하고 있고 이런 디지털 영상에서는 컴퓨터를 이용하여 내제된 소프트웨어에서 제공한 도구로 도형을 그림으로써 이런 단계에서의 실수를 피할 수 있다. 단순 방사선 필름에 선을 그을 때 그었던 선을 수정할 때에는 알코올이나 다른 용매로 마크를 지운 뒤 말리고 다시 그어야 하는 작업이 필요하지만, 이에 비해 컴퓨터로 작업하면 사용자가 계속 선을 적절한 방향을 잡을 수 있을 때까지 쉽게 교정을 할 수 있고 소프트웨어를 통한 각도 측정은 각도기를 사용하는 측정하는 방법보다 여러 가지 면에서 이론상 용이하고 정확할 수 있다고 보고한 연구가 있다^{1,15,17}. 또한 컴퓨터는 방사선학적 투과 지수를 조정할 수 있고 방사선학적 기술이 완벽하지 않을 때 골경계선 등을 보다 명확하게 할 수 있도록 한다¹⁶. 그러나 여러 가지 이론적 장점에도 불구하고 이미 발표된 많은 자료에서 컴퓨터를 이용한 방법이 수작업

방법의 결과와 큰 차이가 없다는 보고도 있다⁶. 하지만 기존의 컴퓨터를 이용한 관찰에서 각을 측정하는 방법은 주로 간소화하거나 언급되지 않았으며 방법론적 고찰이 충실하지 못하였던 점이 그러한 결과를 초래하였을 것으로 사료되었다^{2,3,6,7,12}. 본 연구에서는 무지 외반증의 방사선학적 중증도를 평가하는 방법으로 Clapham과 Hardy의 방법이 고전적이고 널리 쓰이는 방법¹⁴ 중 하나이지만 이 방법은 명확하고 자세한 기준점을 제시하기 보다는 중족골 및 근위지골의 모양을 확인하면서 관찰자의 판단에 따라 선을 그려야 하므로 이에 따라 2002년 Coughlin 등이 연구하여 보고한 방법을 변형하여 기존의 참고점을 단순화함으로써 측정 기준의 모호함을 제거하도록 노력하였다.

비록 모집단의 작은 크기와 적은 반복 횟수로 인해 일반화할 수는 없지만, 본 연구의 관찰자 A의 결과에서처럼 Coughlin 등이 제시한 방법으로 컴퓨터를 이용하여 측정할 때, 무지 외반각 측정에 한해서는 신뢰성이 있었다. 하지만 관찰자 B의 경우 무지 외반각과 제1,2 중족골간 각의 측정에 있어 통계적으로 유의한 신뢰성을 보여주지는 못하였다²⁰. 그러므로 관찰자 A, B의 측정치의 재현성에 있어 무지 외반증 중증도 분류는 두 각도의 조합으로 결정되므로 두 측정치의 재현성이 모두 확보되지 않는 한, 분류 자체의 신뢰성을 획득할 수 없다. Coughlin 등이 무지 외반 변형에 있어 각 측정의 신뢰성에 대한 2001년 보고³와 Schneiderer 등의 보고¹¹에서, 그리고 Panchbhavi와 Trevino가 도수작업과 컴퓨터 작업을 비교한 보고에서⁵ 무지 외반각은 5°, 제1, 2 중족골간 각은 3.6°의 오차의 기준을 삼았을 때 신뢰성이 있다고 판단한 결과와 본 연구의 측정 결과를 비교하여 보면 관찰자 A와 B의 결과는 이전 연구에서 보고된 신뢰성이 있다고 할 수 있는 기존의 연구 결과를 기준으로 삼을 때에는 모두 보다 좁은 범위의 오차를 보였다.

관찰자 간의 비교에 있어서도 무지 외반각은 첫 번째 측정과 두 번째 측정 모두 95%의 신뢰구간으로 검정 시에 각각 $3.2^\circ \pm 3.6$ 과 $3.1^\circ \pm 3.1$ 로 신뢰성이 있으나($p < 0.05$), 제1, 2 중족골간 각의 측정값은 각각 $0.1^\circ \pm 1.9$ 과 $3.73^\circ \pm 1.3$ 로 분석되어 95%의 신뢰구간에서 신뢰성이 유의하지 않았다($p > 0.05$). 제1, 2 중족골간 각은 관찰자간의 비교에 있어 기각역에 속하지만, 95%의 신뢰구간의 값이 각각 1.76° 및 3.39° 로 검정되어 이전 연구의 결과와 비교하였을 때 향상된 오차의 범위를 보인다. 이전의 연구에서는 무지 외반각 5°, 제1, 2 중족골간 각 3.6°를 기준으로 삼아 이보다 적은 범위의 측정 오차로 결과를 얻었을 경우 95%의 신뢰성을 갖는다고 결론지었지만²¹, 수작업을 이용한 연구 결과와 단순 비교만으로 무지 외반각의 관찰자간 오차의 범위는 크게

향상되었고, 제1, 2 중족골간 각의 측정 오차는 거의 동일하거나 약간의 향상이 있었다.

본 연구의 의의는 두 명의 관찰자가 각기 다른 시각에 동일한 대상의 무지 외반각 및 제1, 2 중족골간 각을 측정할 결과를 통계학적으로 검정함으로써, 컴퓨터를 이용한 계측이 제1, 2 중족골간 각보다는 무지 외반각 측정에 있어 보다 좁은 오차의 범위를 갖는다는 결과를 얻었다. 관찰자간 반복 측정에 있어 관찰자에 따라 차이를 보였지만 일정한 허용 범위 안에서는 무지 외반각은 보다 향상된 오차의 범위를 보였으며 제1, 2 중족골간 각도도 임상적으로 이전과 동일하거나 혹은 약간의 향상된 오차의 범위를 갖고 있음을 알 수 있다. 다만, 무지 외반증의 중증도를 분류함에 있어¹⁸⁾ 경계값에 해당하는 수치는 관찰자에 따라 중증도가 달라질 수도 있음을 유의해야 한다¹²⁾. 실제로 참고 문헌 고찰을 통해서 무지 외반각보다는 중족골간 각의 측정에 있어 이러한 관찰자 간의 차이가 더욱 두드러질 수 있다는 연구도 찾을 수 있다²³⁾. 향후 족지골과 중족골의 형태와 변형 정도에 따른 관찰자 내에서의와 관찰자 간에서 재현성이 있는 측정상의 참고점을 선택하는 방법의 제시와 이에 대한 전산화된 계측 프로그램이 필요할 것으로 사료된다.

결 론

무지 외반증의 중증도 측정에 있어 무지 외반각 및 제1, 2 중족골간 각을 변형된 Coughlin 등의 계측방법에 따라 컴퓨터를 이용하여 디지털 측정하였을 때 통계학적으로 관찰자내 반복 측정에 대한 재현성에는 신뢰성이 없었다. 관찰자 간 반복 측정의 신뢰성은 무지 외반각은 유의하지만 제1, 2 중족골간 각은 신뢰성이 있다고 할 수 없었다. 그러나 이전의 수작업으로 얻은 결과에 비하여 본 연구의 디지털 측정 결과는 관찰자 간 측정에 있어서는 특히 무지 외반각에서 보다 향상된 좁은 오차범위를 보이고 있으며, 제1, 2 중족골간 각의 경우 비슷하거나 다소간 향상된 오차범위를 보이고 있다. 컴퓨터를 이용한 무지 외반증의 디지털 측정의 경우에서도 통계학적인 신뢰성을 얻을 수 있도록 통일성이 있는 계측 방법과 이를 위한 전산화 측정 도구의 개발에 대한 추가적 연구가 요구된다.

REFERENCES

1. **Van Vo H, Safiedine AM, Short T and Merrill T:** *A comparison of 4 common methods of hand-measured techniques with a computerized technique to measure the first intermetatarsal angle.* *J Foot Ankle Surg*, 43: 395-399, 2004.
2. **Shea KG, Stevens PM, Nelson M, Smith JT, Masters KS and Yandow S:** *A comparison of manual versus computer-assisted radiographic measurement. intraobserver measurement variability for Cobb angles.* *Spine*, 23: 551-555, 1998.
3. **Coughlin MJ, Saltzman CL and Nunley JA 2nd:** *Angular measurements in the evaluation of hallux valgus deformities: a report of the ad hoc committee of the American Orthopaedic Foot & Ankle Society on angular measurements;* *Foot Ankle Int*, 23: 68-74, 2002.
4. **Chiodo CP, Schon LC and Myerson MS:** *Clinical results with the Ludloff osteotomy for correction of adult hallux valgus.* *Foot Ankle Int*, 25: 532-536, 2004.
5. **Panchbhavi VK and Trevino S:** *Comparison between manual and computer-assisted measurements of hallux valgus parameters.* *Foot Ankle Int*, 25: 708-711, 2004.
6. **Hamers S, Freyschmidt J and Neitzel U:** *Digital radiography with a large-scale electronic flat-panel detector vs. screen-film radiography: observer preference in clinical skeletal diagnostics.* *Eur Radiol*, 11: 1753-1759, 2001.
7. **Farber DC, DeOrto JK and Steel MW 3rd:** *Goniometric versus computerized angle measurement in assessing hallux valgus.* *Foot Ankle Int*, 26: 234-238, 2005.
8. **Coughlin MJ:** *Hallux valgus.* *J Bone Joint Surg*, 78-A: 932-966, 1996.
9. **Smith RW, Reynolds JC and Stewart MJ:** *Hallux valgus assessment: report of research committee of American Orthopaedic Foot and Ankle Society.* *Foot Ankle*, 5: 92-103, 1984.
10. **Mann RA and Coughlin MJ:** *Hallux valgus--etiology, anatomy, treatment and surgical considerations.* *Clin Orthop Relat Res*, 157: 31-41, 1981.
11. **Schneider W, Csepan R, Kasperek M, Pinggera O and Knahr K:** *Intra- and interobserver repeatability of radiographic measurements in hallux surgery: improvement and validation of a method.* *Acta Orthop Scand*, 73: 670-673, 2002.
12. **Resch S, Ryd L, Stenström A, Johnsson K and Reynisson K:** *Measuring hallux valgus: a comparison of conventional radiography and clinical parameters with regard to measurement accuracy.* *Foot Ankle Int*, 16: 267-270, 1995.
13. **Jones DH:** *Modern concepts in the treatment of hallux valgus.* *J Bone Joint Surg*, 88-B: 276, 2006.
14. **Hardy RH and Clapham JC:** *Observations on hallux valgus: based on a controlled series.* *J Bone Joint Surg*, 33-B: 376-392, 1951.
15. **Piqué-Vidal C, Maled-García I, Arabi-Moreno J and Vila J:** *Radiographic angles in hallux valgus: differences between measurements made manually and with a computerized program.* *Foot Ankle Int*, 27: 175-180, 2006.
16. **Menz HB and Munteanu SE:** *Radiographic validation of the Manchester scale for the classification of hallux valgus deformity.* *Rheumatology (Oxford)*, 44: 1061-1066, 2005.
17. **De Carvalho A, Vialle R, Thomsen L, et al:** *Reliability analysis for manual measurement of coronal plane deformity in*

- adolescent scoliosis. Are 30 x 90 cm plain films better than digitized small films? Eur Spine J, 16: 1615-1620, 2007.*
18. **Mann RA, Rudicel S and Graves SC:** *Repair of hallux valgus with a distal soft-tissue procedure and proximal metatarsal osteotomy: A long-term follow-up. J Bone Joint Surg, 74-A: 124-129, 1992.*
 19. **Schneider W, Csepan R and Knahr K:** *Reproducibility of the radiographic metatarsophalangeal angle in hallux surgery. J Bone Joint Surg, 85-A: 494-499, 2003.*
 20. **Condon F, Kaliszer M, Conhyea D, O'Donnell T, Shaju A and Masterson E:** *The first intermetatarsal angle in hallux valgus: an analysis of measurement reliability and the error involved. Foot Ankle Int, 23: 717-721, 2002.*
 21. **Coughlin MJ and Freund E:** *The reliability of angular measurements in hallux valgus deformities. Foot Ankle Int, 22: 369-379, 2001.*
 22. **Kilmartin TE, Barrington RL and Wallace WA:** *A controlled prospective trial of a foot orthosis for juvenile hallux valgus. J Bone Joint Surg, 76-B: 210-214, 1994.*
 23. **Vittetoe DA, Saltzman CL, Krieg JC and Brown TD:** *Validity and reliability of the first distal metatarsal articular angle. Foot Ankle Int, 15: 541-547, 1994.*