



- 김기원, 홍완성
- 동남보건대학 물리치료과

A Study of Measurement Methods for Subtalar Joint Motion

Gi-Won Kim, PT, PhD; Wan-Sung Hong, PT, PhD

Department of Physical Therapy, Dong-Nam Health College

**Purpose:** This study aimed to determine whether there are differences in subtalar joint range of motion (ROM) when using different measurement methods, and to determine inter- and intra-rater reliability of goniometry as used in clinical setting.

**Methods:** Subjects were thirty-one healthy males and females (sixty-two ankles) living in Korea. Three raters with different clinical experiences measured inversion and eversion range of motion of the subtalar joint two times. Measurements were done with subjects prone (open kinetic chain) and standing (closed kinetic chain). Rater and measurement methods were based on analyzing differences in range of motion. Intra-class correlation coefficients (ICCs) were calculated to determine intra-rater and inter-rater reliability.

**Results:** Mean subtalar joint range of motion for inversion ranged from 9.31° to 11.94° for eversion, it ranged from 6.73° to 9.20°. The differences in ROM between raters and between measurement methods were significant ( $p < 0.01$ ). The ICCs for interrater reliability ranged from 0.02° to 0.20° for inversion and from 0.23° to 0.39° for eversion. Intrarater reliability ranged from 0.32° to 0.78° for inversion and from 0.45° to 0.73° for eversion.

**Conclusion:** Subtalar joint inversion and eversion ROM show differences for measurement methods low reliability between different raters, and low to high intra-rater reliability within sessions.

**Keywords:** Subtalar joint, Range of motion, Measurement method

논문접수일: 2010년 3월 16일

수정접수일: 2010년 6월 11일

게재승인일: 2010년 6월 16일

교신저자: 홍완성, wasu@dongnam.ac.kr

## 1. 서론

발목과 발의 주요 관절로는 발목관절(talocrural joint)과 목말밑관절(subtalar joint), 가로발목뼈관절(transverse tarsal joint)이 있고 이들 관절의 움직임을 설명하기 위한 용어로는 3개의 기본적인 회전축에 직각으로 일어나는 발등쪽굽힘(dorsiflexion)과 발바닥쪽굽힘(plantarflexion), 안쪽변짐(inversion)과 가쪽변짐(eversion), 벌림(abduction)과 모음(adduction)이 있다. 그러나 발목과 발에서 일어나는 대부분의 움직임은 기본적인 축에

직각으로 일어나기보다는 사선축을 따라 일어나기 때문에 기본적인 용어가 사용되는 것은 부적절하다고 할 수 있다.<sup>1</sup> 목말밑관절의 움직임은 세 개의 운동면에서 일어나는 복합적인 움직임으로 발의 안쪽변짐과 모음, 발바닥쪽굽힘이 합해진 뒤침(supination)과 발의 가쪽변짐, 벌림, 발등쪽굽힘이 합쳐진 옆침(pronation)으로 설명된다.<sup>2,3</sup> 이러한 구성은 체중을 지지하지 않은 열린 운동학적 사슬에서 일어나는 움직임이며 체중을 지지하는 동안에는 뒤침은 발의 안쪽변짐과 목말뼈의 벌림과 발등쪽굽힘이, 옆침은 발의 가쪽변짐과 목말뼈의 모음과 발바닥

쪽굽힘이 움직임의 구성요소가 된다.<sup>4</sup> 목말밑관절은 이러한 복잡함 때문에 임상적으로나 방사선적으로 평가하기에 어려움이 있으며 생체역학적 분석과 관절 가동범위의 측정에 어려움을 겪는다.<sup>3,5</sup> 본 연구에서는 Elveru 등<sup>6</sup>이 안쪽변짐이 뒤침을 동반하고 가쪽변짐이 옆침을 동반하는 것이 명백하다는 주장과 열린 운동학적 사슬과 닫힌 운동학적 사슬 모두 공통적으로 뒤침의 구성요소에는 안쪽변짐이, 옆침의 구성요소에는 가쪽변짐이 포함되어 있으므로 안쪽변짐과 가쪽변짐으로 용어를 통일하여 사용하기로 하였다.

임상적으로 관절의 위치와 가동범위를 측정하는 것은 물리치료의 모든 분야에서 기초선을 결정하고 치료 중재의 선택을 도와 주며 치료 효과를 평가하기 위한 기본적인 절차로 발목과 발에서도 예외는 아니다.<sup>7</sup> 관절 가동범위 측정의 일치도를 증진시키기 위해 기준점을 정하는 것은 필수적이며 중립 위치(neutral position)라 불리는 기준점을 정할 때 정확하게 정의해야 하고 이 위치는 정량화될 수 있을 뿐만 아니라 임상적으로 유용하게 사용될 수 있다.<sup>7</sup> 목말밑관절의 중립위치(subtalar joint neutral position, STJN)는 AAOS (American Academy of Orthopaedic Surgeons)<sup>8</sup>에 따르면 종아리와 발뒤꿈치의 세로축 중앙선과 평행한 선이라 정의되었고 Root 등<sup>4</sup>에 따르면 옆침되거나 뒤침되지 않은 위치이며 발꿈치뼈의 뒤침을 동반한 안쪽변짐이 옆침을 동반한 가쪽변짐의 두 배인 위치로 정의되었다. 목말밑관절의 가동범위는 STJN을 기준으로 안쪽변짐과 가쪽변짐을 측정한다. 위에서 정의했듯이 이렇게 복잡한 움직임을 가지고 있는 목말밑관절을 단순히 설명하거나 정확히 측정하는 것에 논란이 많은 것은 사실이다. 가동범위 측정 결과는 동일한 관절의 가동범위를 측정하는 것이라고 하기에는 믿기 어려울 정도로 그 측정치의 차이가 심하게 보고되어 있다.<sup>9</sup>

발목과 발은 닫힌 운동학적 사슬에서의 움직임과 열린 운동학적 사슬에서의 움직임을 교대로 일으켜 보행을 완성하므로 발목관절과 목말밑관절의 가동범위 측정은 두 가지 상태에서 모두 이루어져야 한다. 열린 운동학적 사슬에서 목말밑관절의 평가는 족부 의학에서 기본적으로 이루어지는 평가로 표준형 각도계를 사용해 연구한 결과들이 많다.<sup>10-13</sup> 체중을 지지한 상태에서의 가동범위 측정은 가동범위보다는 측정도구의 신뢰성을 평가한 연구들이 많으며<sup>14,15</sup> 열린 운동학적 사슬과 닫힌 운동학적 사슬에서의 가동범위 측정은 모두 정적인 상태(static assessment)에서의 평가 방법이라 할 수 있다. 체중을 지지한 상태에서의 발뒤꿈치 정열을 측정하는 방법은 임상적으로 유용하며 신뢰성이 있는 방법이지만 정확히 목말밑관절의 가동범위를 측정하는 것은 아니며 정확한 방법 또한 확립되어 있지는 않다.<sup>15</sup> 또 다른 방법으로 수동 움직임(passive motion)과 능동 움직임(active motion)을 측정하는 방법도 있는데 수동 움직임을 측정하는 방법은 가

동범위를 제한하는 연부조직의 신장이 체지에 적용된 힘에 따라 변화하기 때문에 재현하기가 매우 힘들다.<sup>16</sup> 따라서 수동 움직임을 측정하는 것이 능동 움직임을 측정하는 것보다 훨씬 어렵다. 목말밑관절의 가동범위 측정에 사용되는 도구는 시각 측정(visual estimation)하는 방법과 표준형 각도계나 전자경사계를 사용하는 방법,<sup>3,10,11,15</sup> 3차원적 움직임을 정확히 측정하기 위해 컴퓨터 이미지를 사용하는 방법이 있으며<sup>17,18</sup> 측정의 정확도를 위해 특별히 고안된 도구를 사용한 연구도 있다.<sup>14,19</sup> 목말밑관절의 가동범위 측정은 3차원적인 움직임의 측정이나 분석이 현실적으로 쉽지 않다.

따라서 본 연구에서는 물리치료사들이 측정과 평가에서 가장 많이 사용하고 있고 쉽게 사용할 수 있는 표준형 각도계를 사용하여 적절한 측정방법을 알아보려고 하였다. 본 연구의 목적은 목말밑관절의 가동범위를 표준형 각도계로 측정했을 때 측정방법에 따른 차이와 측정자 신뢰도를 측정하는 것이다. 본 연구는 발목관절 발등쪽 굽힘과 발바닥쪽 굽힘의 가동범위 측정의 신뢰도를 측정하는 이전 연구에<sup>20</sup> 이어 임상에서 쉽고 간편하게 사용할 수 있는 측정 방법을 알아보기 위한 예비연구로 실시하게 되었다. 연구 목적에 따른 가설은 다음과 같다. 첫째, 목말밑관절의 열린 운동학적 사슬에서의 수동 움직임과 닫힌 운동학적 사슬에서의 능동 움직임에 따른 가동범위의 차이가 없을 것이다. 둘째, 목말밑관절의 열린 운동학적 사슬에서의 수동 움직임과 닫힌 운동학적 사슬에서의 능동 움직임은 측정자간 신뢰도와 측정자내 신뢰도가 낮을 것이다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

20~29세 사이의 건강한 남녀 31명(남자 10명, 여자 21명)이 연구에 참여하였고 두 발을 모두 측정하여 총 62개의 발을 대상으로 하였다. 대상자들은 연구의 목적과 실험 절차에 대해 충분한 설명을 들었고 자발적 참여동의서를 작성하였다. 대상자 선정기준은 1) 발목관절과 목말밑관절의 통증이나 손상이 없고 외상이 없었던 자, 2) 과거 의학적 평가나 수술, 특별한 관리 등을 필요로 하는 하지의 문제가 없었던 자, 3) 관절염이나 신경근 장애 등의 과거력이 없는 자로 하였다. 연구 대상자들의 평균 나이는 22.74±2.46세(남자는 24.80±2.20세, 여자는 21.76±1.95세)였고 평균 신장은 164.74±6.42 cm(남자는 171.20±3.99 cm, 여자는 161.67±4.89 cm)였으며 평균 몸무게는 58.84±8.30kg(남자는 66.00±8.21kg, 여자는 55.43±5.92kg)이었다.

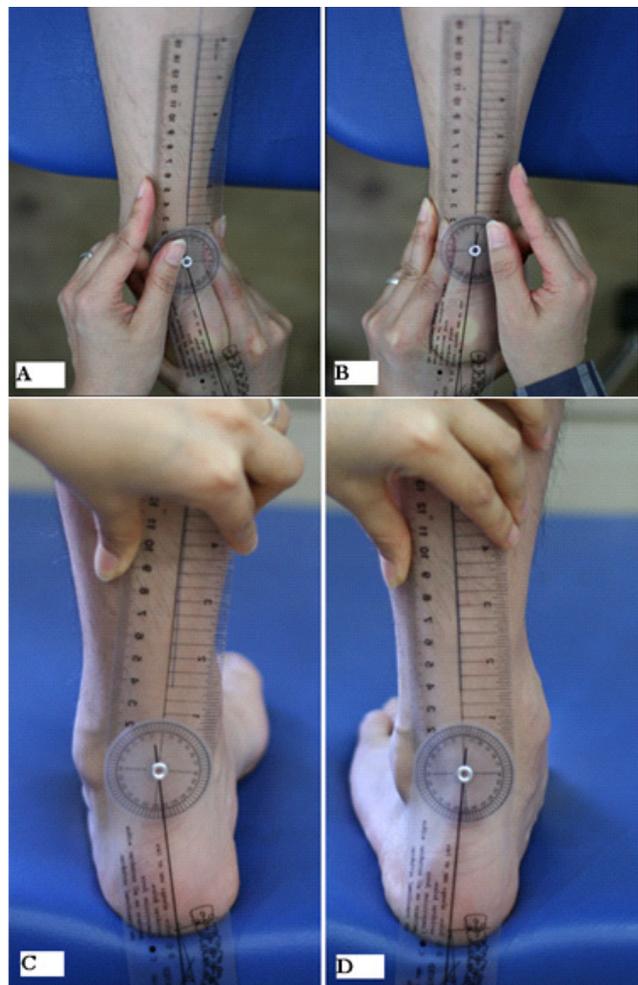
## 2. 측정방법

### 1) 측정도구

관절 가동범위를 측정하는 여러 가지 측정 도구들 중 간편하고 임상에서 가장 많이 사용하는 표준형 각도계를 사용하였다. 3개의 360° 플라스틱 각도계(대흥메디스, 대한민국)가 사용되었고 각도계의 눈금은 한 눈금이 5° 간격으로 표시되어 있다.

### 2) 측정자

가동범위의 측정은 3명의 물리치료사에 의해 시행되었다. 측정자들은 경력 15년, 5년, 1년의 임상경력을 가지고 있으며 족부 전문 물리치료사나 전문적으로 족부 가동범위 측정을 담당하는 치료사는 아니었다. 본 연구에 참여한 측정자들은 목말밑관절 가동범위 측정이 처음이었고 연구에 참여하면서 중립자세(STJN)를 비롯한 측정방법에 대한 교육을 받았다.



**Figure 1.** Goniometric measurement methods of subtalar joint movement.

A, B: Open kinetic chain position (prone position). C, D: Closed kinetic chain position (standing position).

### 3) 측정절차

연구 대상자들은 편안한 복장을 입도록 하였고 양말을 벗은 후 무릎 위까지 하의를 걷어올린 상태로 준비된 침대에 엎드려 누운 자세를 취하였다. 발목관절 아래는 침대 가장 자리에서 약 15 cm 정도 나오게 하여 발목 이하의 움직임이 제한을 받지 않도록 하였다. 대상자는 측정순서를 정하지 않고 측정자를 무작위로 선택하여 측정에 임하였다. 측정자는 먼저 엎드려 누운 대상자의 종아리와 발을 잡고 Werick와 Langer<sup>21</sup>가 처음 언급한 방법에 따라 STJN을 맞추도록 한 후 종아리 뒷면의 종축과 발뒤꿈치의 종축에 선을 그었다.<sup>6</sup>

열린 운동학적 사슬에서의 수동 가동범위 측정은 Elveru 등<sup>10</sup>의 방법과 같이 엎드린 자세에서 발뒤꿈치의 목말밑관절을 축으로 종아리의 수직선에 고정팔을 뒤꿈치의 수직선에 움직임을 두고 측정자가 안쪽변짐과 가쪽변짐을 차례로 측정하였다. 움직임의 끝범위는 각도계 중앙의 원 안에서 관절의 중심이 벗어나지 않는 범위까지로 하였다(Figure 1A, B).

닫힌 운동학적 사슬에서의 능동 가동범위 측정은 침대 가장 자리에 발뒤꿈치를 대고 선 자세에서 자세 안정을 위하여 한 손으로 벽을 잡아 균형을 잡도록 하였고 두세 번 교대로 발을 던져 하여 평상시 걸을 때의 자연스러운 중립자세를 잡았다. 엎드린 자세와 마찬가지로 목말밑관절을 축으로 대상자에게 직접 발을 안쪽과 바깥쪽으로 움직이게 하여 능동적인 움직임을 유도하였고 대상자가 동작을 멈춘 시점에서 각도계를 움직여 범위를 측정하였다(Figure 1C, D).<sup>15</sup>

모든 측정은 엎드린 자세에서 먼저 측정하고 뒤이어 선 자세에서 측정하였으며 오른발과 왼발을 차례로 측정하였다. 1차 측정 후 2~3분 간격으로 2차 측정을 실시하여 2번씩 측정하였다.

## 3. 자료분석

본 연구에서 수집된 자료는 SPSS for Win 13.0 ver을 이용하여 분석하였으며 통계분석의 유의성 검정 수준  $\alpha$ 는 0.01로 하였다. 목말밑관절 안쪽변짐과 가쪽변짐의 가동범위 측정방법에 따른 평균 차이 비교는 짝비교  $t$  검정을 실시하였고 측정방법별로 측정자들 사이의 차이 비교는 일원배치 분산분석으로 분석하였다. 세 명의 측정자들 사이의 통계적 유의성이 검증된 경우에는 Duncan의 다중검정을 이용하여 사후검정하였다. 목말밑관절의 측정자 신뢰도는 급간내 상관계수(intraclass correlation coefficient, ICC)를 사용하였다.

## III. 결과

목말밑관절의 안쪽변짐과 가쪽변짐의 가동범위를 표준형 각도

**Table 1.** Means and standard deviations of subtalar joint movements

Subtalar joint motion		Inversion			Eversion	
		Method 1	Method 2	Mean±SD(N=62) (°)	Method 1	Method 2
Measurement method		Method 1	Method 2	Mean±SD(N=62) (°)	Method 1	Method 2
Rater A	Mean	11.94±1.62	11.81±2.93	6.73±1.59	8.26±2.43	
	Trial 1	12.23±2.07	12.15±3.13	7.03±1.93	8.48±2.77	
	Trial 2	11.65±1.92	11.47±3.08	6.44±1.78	8.03±2.48	
Rater B	Mean	9.31±3.18	10.39±2.69	9.20±2.53	8.62±3.12	
	Trial 1	9.29±3.55	10.23±3.24	9.02±2.88	8.29±3.27	
	Trial 2	9.32±3.39	10.55±3.12	9.39±2.71	8.95±3.60	
Rater C	Mean	11.81±2.22	9.73±3.01	8.63±2.11	8.77±2.79	
	Trial 1	11.89±2.48	9.95±3.33	8.44±2.26	8.66±3.16	
	Trial 2	11.73±2.28	9.52±3.02	8.82±2.34	8.89±2.85	

Method 1: Open kinetic chain position (prone position)  
 Method 2: Closed kinetic chain position (standing position)

계로 측정된 평균과 표준편차는 Table 1에 정리하였다.

열린 운동학적 사슬과 닫힌 운동학적 사슬에서 목말밑관절의 가동범위 차이를 짝비교 t 검증으로 비교한 결과 측정자 A의 경우 안쪽변짐에서는 통계적인 차이가 없었으며 가쪽변짐에서 통계적으로 매우 유의한 차이를 보였다(p<0.01). 측정자 B와 C의 경우 안쪽변짐에서 통계적으로 유의한 차이를 보였고(p<0.01) 가쪽변짐에서는 통계적인 차이가 없었다(Table 2). 측정방법에 따른 측정자간의 차이를 비교하기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 안쪽변짐에서는 두 가지 측정방법 모두 측정자간의 차이가 통계적으로 매우 유의하였다. 가쪽변짐에서는 열린 운동학적 사슬에 의한 측정에서 측정자간의 차이가 통계적으로 유의하였으나(p<0.01) 닫힌 운동학적 사슬에 의한 측정에서는 측정자간의 차이가 통계적으로 유의하지 않았다(Table 2).

목말밑관절의 측정자 신뢰도를 급간내 상관계수로 측정된 결과 측정자간 신뢰도는 안쪽변짐보다 가쪽변짐의 신뢰도가 높았고 두 가지 움직임 모두 닫힌 운동학적 사슬에서의 측정자간

신뢰도가 높았다(Table 3). 측정자내 신뢰도는 측정자 A의 경우 안쪽변짐과 가쪽변짐 모두 열린 운동학적 사슬에서의 측정보다 닫힌 운동학적 사슬에서의 측정이 훨씬 더 신뢰도가 높았다. 다른 두 측정자들은 열린 운동학적 사슬과 닫힌 운동학적 사슬에서의 측정이 비슷한 결과를 나타내었다(Table 4).

#### IV. 고찰

발은 인체에서 모든 체중을 버티고 있는 부위로서 지면과의 충격력을 흡수하고 발이 표면에 적절히 적응할 수 있도록 해주는 역할을 한다.<sup>22</sup> 발목관절의 움직임 전략은 발목관절 주위로 인체운동을 중심화하여 인체 중심을 안정된 위치로 회복시키는 기능을 담당하며 이 기능을 이용하려면 발목관절의 근력 및 가동범위가 중요하다.<sup>23</sup>

건강한 발에서 목말밑관절의 움직임은 보행 시 입각기 초기의

**Table 2.** The differences of subtalar joint range of motion between methods and testers

Subtalar joint motion	Inversion			Eversion		
	Method 1	Method 2	t	Method 1	Method 2	t
Measurement method	Mean±SD (N=62) (°)			Mean±SD (N=62) (°)		
Rater A	11.94±1.62 <sup>a</sup>	11.81±2.93 <sup>a</sup>	0.34	6.73±1.59 <sup>b</sup>	8.26±2.43	-5.20**
Rater B	9.31±3.18 <sup>b</sup>	10.39±2.69 <sup>b</sup>	-2.72**	9.20±2.53 <sup>a</sup>	8.62±3.12	1.18
Rater C	11.81±2.22 <sup>a</sup>	9.73±3.01 <sup>b</sup>	5.39**	8.63±2.11 <sup>a</sup>	8.77±2.79	-0.36
F	23.07**	8.40**		23.15**	0.56	

Method 1: Open kinetic chain position (prone position)  
 Method 2: Closed kinetic chain position (standing position)

\*\*p<0.01

a>b (Duncan's multiple rating)

Table 3. Inter-rater reliability of subtalar joint movement

Subtalar joint motion	Inversion		Eversion	
	Method 1	Method 2	Method 1	Method 2
Measurement method	Method 1	Method 2	Method 1	Method 2
ICC(2,k)	0.02	0.20	0.23	0.39
95% CI	-0.31~0.32	-0.17~0.48	-0.14~0.50	0.08~0.62
F	23.32	9.20	26.37	0.68
p	0.00**	0.00**	0.00**	0.51

Method 1: Open kinetic chain position (prone position)

Method 2: Close kinetic chain position (standing position)

\*\*p<0.01

ICC: Intraclass correlation coefficient

95% CI: 95% confidence interval

Table 4. Intra-rater reliability of subtalar joint movement

Subtalar joint motion	Measurement method	rater	ICC <sub>(2,1)</sub>	95% CI	F	p
Inversion	Method 1	Rater A	0.32	0.08~0.52	3.90	0.05
		Rater B	0.69	0.53~0.80	0.01	0.93
		Rater C	0.74	0.61~0.84	0.55	0.46
	Method 2	Rater A	0.76	0.63~0.85	6.69	0.01
		Rater B	0.43	0.21~0.62	0.56	0.46
		Rater C	0.78	0.67~0.86	2.75	0.10
Eversion	Method 1	Rater A	0.45	0.23~0.63	6.10	0.02
		Rater B	0.64	0.47~0.77	1.52	0.22
		Rater C	0.68	0.52~0.79	2.77	0.10
	Method 2	Rater A	0.71	0.56~0.81	3.22	0.08
		Rater B	0.64	0.46~0.76	3.23	0.08
		Rater C	0.73	0.58~0.83	0.63	0.43

Method 1: Open kinetic chain position (prone position)

Method 2: Closed kinetic chain position (standing position)

ICC: Intraclass correlation coefficient

95% CI: 95% confidence interval

발에서 다리까지의 회전에 필수적이며 목발밑관절에서 일어나는 움직임의 형태와 가동범위는 지속적으로 논의되고 있다.<sup>24</sup> 본 연구는 목발밑관절의 안쪽변짐과 가쪽변짐의 가동범위를 열린 운동학적 사슬과 닫힌 운동학적 사슬에서 측정하여 이에 따른 차이를 알아보았다. 측정방법에 따른 가동범위의 차이를 비교한 선행 연구들은 주로 열린 운동학적 사슬에서의 움직임을 측정한 것이 대부분이며 본 연구의 열린 운동학적 사슬에서 측정한 결과와 비교가 가능하였다.

Ball과 Johnson<sup>11</sup>의 연구는 엷드린 자세에서 수동 가동범위와 능동 가동범위를 비교하였는데 그 결과 25명을 대상으로 한 목발밑관절의 수동 가동범위는 안쪽변짐이 31.5±5.2°였고 가쪽변짐이 5.8±2.4°였다. 같은 연구에서 한 명의 대상자를 15번 측정된 결과는 안쪽변짐이 24.8±1.5°였고 가쪽변짐이 6.6±1.5°였다. 수동 가동범위와 능동 가동범위의 차이를 비교한 결과 모든 대상자에서 통계적으로 유의한 차이를 보고하였다. 앉은 자세와 엷드린 자세에서 열린

운동학적 사슬의 움직임을 3명의 측정자가 측정한 다른 연구에서는 엷드린 자세에서 안쪽변짐이 13.6±6.0~17.6±6.5° 사이였고 가쪽변짐이 7.7±4.0~9.0±3.6°사이였으며 앉은 자세에서는 안쪽변짐이 31.5±8.8~32.9±8.4°였고 가쪽변짐이 32.9±8.4°였다.<sup>13</sup> 본 연구에서는 엷드린 자세에서 안쪽변짐이 9.31±3.18~11.94±1.62°사이였고 가쪽변짐이 6.73±1.59~9.20±2.53°로 Ball과 Johnson<sup>11</sup>의 연구와는 안쪽변짐의 가동범위에서 많은 차이를 나타냈으나 가쪽변짐에서는 별 차이가 없었고 Menadue 등<sup>13</sup>의 연구와는 유사한 결과를 나타냈다. 그 이유로는 Ball과 Johnson<sup>11</sup>의 연구는 본 연구와 같은 방법으로 측정하였으나 전자 각도계를 사용하여 5명의 측정자가 측정한 것으로 측정도구의 차이와 참여 대상자의 차이에 의한 것으로 생각된다. Menadue 등<sup>13</sup>의 연구와는 안쪽변짐과 가쪽변짐 모두 유사한 결과를 나타내었는데 이 역시 30명 대상자의 60개 발을 사용하여 3명의 측정자가 측정한 실험방법의 유사성 때문으로 사료

된다. 이러한 결과는 우리나라의 선행연구 중 엷드린 자세에서 유사한 방법으로 연구하여 안쪽변짐은  $9.7 \pm 3.6^\circ$ , 가쪽변짐은  $7.2 \pm 3.2^\circ$ 로 보고한 Lee 등의 결과와도 유사하였다.<sup>9</sup> Lee 등의 연구에서도 40명의 80개 발을 표준형 각도계로 측정하였는데 연구대상자의 수와 측정도구, 측정방법이 일치하였을 때 좀 더 유사한 결과를 나타냈던 것으로 생각된다. 이들 연구의 공통점은 목말밑관절의 가동범위를 측정 방법에 따라 자세를 달리하여 비교하였는데 모두 통계적으로 유의한 차이가 있어 측정방법의 일치하는 가동범위를 측정할 때 꼭 고려되어야 할 변수라 할 수 있다. 따라서 임상에서 목말밑관절의 평가와 치료를 위해 가동범위를 측정할 경우에는 반드시 측정자세와 측정방법을 명시해야 하며 일정한 조건하에서 같은 측정자에 의해 반복해서 측정되어야 할 필요가 있음을 제안한다.

목말밑관절 가동범위를 측정할 때 일정한 조건하에서 반복 측정하였을 때 결과가 얼마나 일치하는가를 알아보는 측정자 신뢰도를 알아본 결과 측정자내 신뢰도가 측정자간 신뢰도보다 높았다. 신뢰도의 해석은 0~0.25는 거의 없음, 0.26~0.49는 낮음, 0.50~0.69는 중간, 0.70~0.89는 높음, 0.90~1.00은 매우 높은 상관성을 나타낸다고 보고한 Munro의 분류를 따랐다.<sup>25</sup> 본 연구에서는 안쪽변짐은 측정자간 신뢰도가 열린 운동학적 사슬에서 0.02였고 닫힌 운동학적 사슬에서는 0.20으로 신뢰도가 거의 없음으로 해석되었고 가쪽변짐은 각각 0.23에서 0.39로 낮은 신뢰도를 나타냈다. 이와 같은 결과는 전자 각도계로 세 가지 운동면 모두에서 열린 운동학적 사슬의 형태로 안쪽변짐과 가쪽변짐을 각각 측정하여 0.71~0.88 사이의 측정자간 신뢰도를 나타낸 연구에<sup>2</sup> 비해 매우 낮은 신뢰도를 나타냈다. 열린 운동학적 사슬의 엷드린 자세에서 STJN과 안쪽변짐 가쪽변짐의 측정자간 신뢰도를 측정한 Elveru 등<sup>10</sup>의 측정자간 신뢰도는 안쪽변짐이 0.15, 가쪽변짐이 0.12로 신뢰도가 거의 없음으로 해석되어 본 연구의 결과와 가장 유사하였다. 앉은 자세와 엷드린 자세에서 표준 각도계로 측정할 때 다른 연구에서는 엷드린 자세의 경우 0.41~0.54 사이의 측정자간 신뢰도를 보고하여 본 연구의 결과보다는 높았으나 낮은 신뢰도로 분류되었다.<sup>13</sup> 바로 누운 자세에서 목말밑관절의 가동범위를 측정한 Buckley와 Hunt<sup>26</sup>의 연구에서도 측정자간 신뢰도와 측정자내 신뢰도는 매우 낮음으로 보고되어 본 연구의 신뢰도와 유사한 결과를 나타내었다. 이상은 모두 열린 운동학적 사슬에서 측정된 신뢰도와 비교한 결과였고 닫힌 운동학적 사슬에서는 가동범위의 측정보다는 선 자세에서 발뒤꿈치 디딤위치(calcaneal stance position)를 측정한 경우가 많았다.<sup>14,15,27,28</sup> 따라서 본 연구의 닫힌 운동학적 사슬에서 가동범위를 측정한 측정자 신뢰도와는 직접적인 비교가 불가능하였으나, 발뒤꿈치 디딤위치를 확인한 연구들도 측정자간, 측정자내 신뢰도가 중간 정도였고 측정자내 신뢰도가 측정자간 신뢰도보다 높았다. 본 연구의 측정자내 신뢰도는 3명의 측정자가 0.32~0.78 사이로 측정자간 신뢰도보다는 높

았고 측정자 C의 경우 0.68~0.78로 Munro<sup>25</sup>의 분류에 따르면 높은 신뢰도를 나타내기도 하였다. 이러한 결과는 0.59~0.62의 측정자내 신뢰도를 보고한 Elveru 등<sup>10</sup>의 연구와 일치하였다. 그러나 0.85~0.97,<sup>12</sup> 0.88~0.96<sup>13</sup> 사이의 측정자내 신뢰도를 보고한 연구들보다는 낮은 신뢰도를 나타냈다.

앞의 여러 선행연구들에서도 측정자 신뢰도를 높이기 위해 측정도구와 측정방법을 일치시키고 새로운 방법과 도구들을 제작하는 등 다양한 노력을 하였으나 결과적으로 목말밑관절의 안쪽변짐과 가쪽변짐의 가동범위 측정은 측정도구와 측정방법에 따라 차이를 보이며 측정자에 따라서도 달라지는 결과를 나타냈다. 본 연구의 결과도 선행연구의 결과와 유사하였는데 이는 임상에서 사용하는 측정에 시사하는 바가 크다고 생각된다. 본 연구자들은 이전의 발목관절 가동범위 측정의 신뢰도 연구와 이번 연구의 결과를 바탕으로 임상에서 사용하고 있는 가동범위 측정의 신뢰성에 대한 의문을 가지고 앞으로 가동범위 측정에 대한 연구를 계속해가고자 하는 바이며 특히 발과 발목관절, 목말밑관절의 측정은 물리치료의 측정과 평가, 치료계획 수립과 치료 결과 판정에 중요한 요소가 되므로 이번 연구의 제한점을 보완한 진전된 연구가 필요하다고 생각된다. 본 연구의 제한점은 기준점인 STJN을 수치로 정량화하지 못한 것이며 측정자들에게 측정방법을 교육한 시간이 짧았고 측정자내 신뢰도 측정을 위한 측정 간격이 짧았던 점이다.

## V. 결론

본 연구는 목말밑관절의 가동범위를 측정할 때 측정방법에 따른 가동범위의 차이와 측정자 신뢰도를 알아보고자 하였다.

목말밑관절의 안쪽변짐과 가쪽변짐을 측정하는데 가장 많이 사용되고 있는 엷드린 자세에서의 수동 움직임과 선 자세에서의 능동 움직임은 측정자에 따라 다른 결과를 나타냈고 측정방법에 따른 측정자간 신뢰도는 낮은 신뢰도를, 측정자내 신뢰도는 중간 정도의 신뢰도를 얻었다. 결과적으로 목말밑관절 가동범위 측정의 신뢰성은 낮았으며 측정자와 측정방법에 따라 각기 다른 결과를 나타냈다.

따라서 임상에서 발의 평가를 위해 주로 사용되고 있는 표준형 각도계로 목말밑관절의 가동범위를 측정하는 일반적인 방법은 적절하지 못하다고 생각된다. 이러한 결과를 바탕으로 임상에서 목말밑관절의 가동범위를 측정할 때는 같은 측정자가 같은 기준을 가지고 측정할 필요가 있으며, 열린 운동학적 사슬에서의 측정과 닫힌 운동학적 사슬에서의 측정을 모두 실시해야 할 것이다. 또한 쉽고 일관성 있게 발목과 발의 움직임을 측정하기 위한 적절한 측정방법을 연구할 필요가 있으며 일관성

있는 기준과 측정방법을 계속해서 교육할 필요가 있음을 제안하고자 한다. 그러기 위해서는 먼저 발목과 발의 움직임을 측정할 때 사용되고 있는 기준체계에 대한 고찰과 그 중 정확하고 신뢰성이 있는 기준점을 찾아내고 일정한 기준점을 정해 가동 범위를 측정하였을 때 일치도를 알아보는 향후 연구가 이루어져야 할 것이다.

### Author Contributions

Research design: Hong WS

Acquisition of data: Kim GW

Analysis and interpretation of data: Hong WS, Kim GW

Drafting of the manuscript: Kim GW, Hong WS

Administrative, technical, and material support: Hong WS

Research supervision: Hong WS

### Acknowledgements

본 연구는 2009년 동남보건대학 보건과학연구소 학술연구비 지원에 의하여 수행된 것임.

### 참고문헌

- Neumann DA. Kinesiology of the musculoskeletal system; Foundations for physical rehabilitation. 2nd ed. St Louis, Mosby, 2010:578-600.
- Nester CJ. Review of literature on the axis of rotation at the subtalar joint. *The Foot*. 1998;8(3):111-8.
- Ball P, Johnson GR. Technique for the measurement of hindfoot inversion and eversion and its use to study a normal population. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 1996;11(3):165-9.
- Root MC, Oreon WP, Weed JH. Normal and abnormal function of the foot: Clinical biomechanics. volume II. Los Angeles, Clinical biomechanics corporation, 1977.
- Buckley RE, Hunt DV. Reliability of clinical measurement of subtalar joint movement. *Foot Ankle Int*. 1997;18(4):229-32.
- Elveru RA, Rothstein JM, Lamb RL et al. Methods for taking subtalar joint measurements: a clinical report. *Phys Ther*. 1988;68(5):678-82.
- Menz HB. Clinical hindfoot measurement: a critical review of the literature. *The Foot*. 1995;5(2):57-64.
- American Academy of Orthopaedic Surgeons (AAOS). Joint motion: Method of measuring and recording. American Academy of Orthopaedic Surgeons, Chicago IL, 1965.
- Lee WC, Park HS, Han YK et al. Measurement of the range of motion of the subtalar joint. *The Korean Journal of Sports Medicine*. 1998;16(1):22-8.
- Elveru RA, Rothstein JM, Lamb RL. Goniometric reliability in a clinical setting subtalar and ankle joint measurements. *Phys Ther*. 1988;68(5):672-7.
- Ball P, Johnson GR. Reliability of hindfoot goniometry when using a flexible electrogoniometer. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 1993;8(1):13-9.
- Ogilvie SW, Rendall GC, Abboud RJ. Reliability of open kinetic chain subtalar joint measurement. *The Foot*. 1997;7(3):128-34.
- Menadue C, Raymond J, Killbreath SL et al. Reliability of two goniometric methods of measuring active inversion and eversion range of motion at ankle. *BMC Musculoskeletal Disord*. 2006;7:60.
- Menz HB, Keenan AM. Reliability of two instruments in the measurement of closed chain subtalar joint positions. *The Foot*. 1997;7(4):194-201.
- Haight HJ, Dahm DL, Smith J et al. Measuring standing hindfoot alignment: reliability of goniometric and visual measurements. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86(3):571-5.
- Gajdosik RL, Bohannon RW. Clinical measurement of range of motion. Review of goniometry emphasizing reliability and validity. *Phys Ther*. 1987;67(12):1867-72.
- Sadeghi H, Anbarian M, Allard P et al. Reliability of a computer-aided color-coded video-based system for clinical assessment of the foot. *J Foot Ankle Surg*. 2008;47(5):409-18.
- Goto A, Moritomo H, Itohara T et al. Three-dimensional in vivo kinematics of the subtalar joint during dorsi-plantarflexion and inversion-eversion. *Foot Ankle Int*. 2009;30(5):432-8.
- Glase WM, Allen MK, Ludewig PM. Measuring forefoot alignment with a table-mounted goniometric device. *Aust J Physiother*. 2002;48(1):51-3.
- Hong WS, Kim GW. Reliability of measurement devices for measuring the ankle joint motion. *Korean J Orthop Man Ther*. 2009;15(1):1-8.
- Wernick J, Langer S. A practical manual for a basic approach to biomechanics. New York, Langer Acrylic Laboratory, 1971.
- Lee SY, Bae SS. The studies on the foot stability and kinesiology by direction of carry a load during gait. *J Kor Soc Phys Ther*. 2009;21(2):97-101.
- Kim MH, Lee JH, Kim CK. The change in postural balance index by kinesio taping and muscle strength exercises on

- ankle joint. J Kor Soc Phys Ther. 2009;21(3):69-74.
24. Leardini A, Stagni R, O'Connor JJ. Mobility of the subtalar joint in the intact ankle complex. J Biomech. 2001;34(6):805-9.
  25. Munro BH. Statistical methods for health care research. 3rd ed. New York, Lippincott Williams & Wilkins, 1997.
  26. Buckley RE, Hunt DV. Reliability of clinical measurement of subtalar joint movement. Foot Ankle Int. 1997;18(4):229-32.
  27. Payne C, Richardson M. Changes in the measurement of neutral and relaxed calcaneal stance positions with experience. The Foot. 2000;10(2):81-3.
  28. Robinson I, Dyson R, Halson-Brown S. Reliability of clinical and radiographic measurement of rearfoot alignment in a patient population. The Foot. 2001;11(1):2-9.