



- 홍완성, 김기원¹
- 동남보건대학 물리치료과, ¹수원여자대학 물리치료과

Reliability of the Joint Neutral Position and Measurement Methods of the Ankle Joint Complex Range of Motion

Wan-Sung Hong, PT. PhD; Gi-Won Kim, PT. PhD¹

Department of Physical Therapy, Dong-Nam Health College; ¹Department of Physical Therapy, Suwon Women's College

Purpose: To determine the correct measurement methods of the ankle joint complex range of motion for measuring the neutral position and evaluate the rater reliability. In addition, the impact of training on the rater reliability was also assessed.

Methods: The subjects were eleven healthy women, who were evaluated by two physical therapists and one physical therapist recorded the results of the study. Standard goniometer was used as the measurement tool. The ankle and subtalar joint neutral position and the active range of motion of the ankle and subtalar joint were measured. Intra-rater reliability and inter-rater reliability measures were analyzed with intraclass correlation coefficients.

Results: Intra-rater reliability and inter-rater reliability ranged from high to medium for the neutral position of the ankle joint complex. Intra-rater reliability for dorsiflexion and plantarflexion measurements was medium, while the inter-rater reliability was high. The range of motion of the subtalar joint was measured, and the intra-rater reliability and inter-rater reliability were low and medium, respectively. Also, the intra-rater reliability was increased with formal training of the measurement techniques. Intra-rater reliability was reduced in case the raters had not undertaken the training.

Conclusion: In summary, the results obtained with the measurement tools and joint measurement of position, indicate the consistency of repeated measurements made by the same observers. Under the same circumstances along with repetition of the same measurement technique during training caused an increase in the rater reliability of formally trained raters.

Keywords: Ankle joint, Subtalar joint, Range of motion, Neutral position, Reliability

논문접수일: 2011년 4월 16일

수정접수일: 2011년 7월 4일

게재승인일: 2011년 7월 21일

교신저자: 김기원, rldnjs44@hanmail.net

1. 서론

인체의 체중을 지지하고 보행을 수행하는 하지의 기능 중 발과 발목은 일차적인 역할을 담당한다. 발과 다리로 연결된 발목관절 복합체는 기능적으로 목말뼈와 정강뼈, 종아리뼈로 구성된 발목관절(talocrural joint or ankle joint)과 목말뼈와 발꿈치뼈로 이어진 목말밑관절(subtalar joint)로 구분한다.¹ 발은 여러 개의 뼈들과 하나 또는 그이상의 관절들로 구성되며 뒷발

(hindfoot), 중간발(midfoot), 앞발(forefoot)로 구분된다.²

이렇게 복잡한 구조 때문에 발목관절 복합체의 기능과 움직임 정확히 측정하고 분석하는 것은 매우 어렵다. 발목관절 복합체의 움직임을 정량화하는 방법은 두 가지로 나뉘어지며, 하나의 힘이 적용되었을 때 변화된 관절 각도를 기록하는 단순한 시스템과 여러 개의 축에서 일어나는 관절 각도를 측정하는 복합 시스템으로 구분한다.³ 많은 연구자들이 발목관절 복합체의 생역학(biomechanics)과 운동형상학(kinematics)에 대해 생

체(in vivo)와 사체(in vitro)를 이용하여 연구하였는데 이들 대부분은 발목관절과 목말밑관절을 단순 경첩관절(single hinge joint)로 설명하고 있다.^{4,6} 따라서 발목관절 복합체의 가동범위 측정은 단순 시스템으로 측정하는 방사선 사진(radiograph)이나 2D 방식의 각도계를 사용하며 이 방식이 임상적 측정에 더 적합하다 할 수 있다.^{3,7}

정확한 관절 가동범위 평가는 수술 계획이나 재활 평가 시 필수적이다.⁸ 움직임의 범위와 패턴의 평가는 근육뼈대계 손상 환자의 진단과 기능적 평가를 위해 중요한 요소이며 일반적으로 관절 가동범위 측정을 위해 시각 측정이나 표준형 각도계, 정사계, 전자 각도계, 줄자 등을 사용하고 있으나 이들 도구는 가동범위 측정 시 신뢰도라는 중요한 문제점을 가지고 있다.^{9,10} 따라서 관절 가동범위 측정에서 관심을 두어야 할 것은 측정도구의 신뢰도와 측정자간 신뢰도, 측정자내 신뢰도이다.¹¹ 각도계는 관절 가동범위 측정에 가장 많이 사용되는데도 불구하고 측정 기술은 미숙한 상태이며 한 사람 이상이 측정에 참여할 때 정확함이 떨어진다.¹² 이상적으로는 한 측정자가 계속 측정해야 하며 특히 특정한 대상자나 종적 연구에서는 그 중요성이 더욱 크다.¹²

각도 측정의 신뢰도는 동일한 상황, 동일한 측정에서 도구의 적용과 절차의 일치도 또는 재현성으로 정의한다.¹³ 측정 신뢰도의 오류는 대상자와 측정자, 측정도구와 측정절차의 변이성에 의해 발생한다.^{14,15} 특히 발목관절 복합체의 가동범위 측정 방법은 대상자 그룹과 측정자세, 능동과 수동 움직임에 따라서도 달라지며 0° 시작자세와 각도계 정렬을 위한 표시점 등에 따라서도 달라진다.¹⁶ 임상 측정의 신뢰도는 환자의 상태 변화를 믿을 수 있고 임상시험의 효능 증진과 결과의 타당성을 위한 최소한의 필요조건이므로 측정 오류를 줄이기 위한 노력이 반드시 필요하다. 많은 선행 연구자들이 관절 가동범위 측정의 신뢰도를 향상시키기 위해 표준화된 측정법을 연구하였으나 그 결과를 신뢰하는 것이 어렵다는 주장도 있다.^{14,16} 본 연구자들도 2번에 걸쳐 발목관절과 목말밑관절 가동범위 측정에 대한 연구를 수행하였는데 특히 목말밑관절 가동범위 측정 시 낮은 측정자 신뢰도를 보고한 바 있다. 특히 측정자세와 측정방법을 일정하게 하고 같은 측정자에 의해 반복해서 측정할 필요가 있음을 제안하였다.^{17,18} 동일한 상황과 시점에서 동일한 기술로 숙련된 평가자가 측정하였을 때 측정오류가 줄어들게 되며 발목관절 복합체의 경우 반복적인 훈련에 의해 측정 신뢰도가 높아진다는 연구 결과에 따라 본 연구에서는 발목관절 복합체의 가동범위 측정을 위한 중립위치와 능동 가동범위 측정 시 측정자 신뢰도를 알아보고자 하였다.¹³ 또한 측정자의 훈련 정도를 다르게 하여 훈련이 측정 신뢰도에 영향을 미치는지 알아보았다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 양쪽 발목과 목말밑관절에 통증이 없으며 관절염이나 신경근 장애 등의 과거력이 없고 주요 외상이 없는 건강한 여성 11명이었고 양쪽 발을 모두 측정하여 22개 발을 대상으로 하였다. 대상자의 평균 나이는 22.7±2.5세였으며 평균 신장은 161.2±4.0 cm, 평균 몸무게는 56.8±11.6 kg이었고 발 크기는 평균 236.4±7.5 cm였다. 대상자는 실험 전 측정에 영향을 미칠 수 있는 동작을 피하고 충분한 휴식을 취하였고, 연구목적과 실험절차에 대한 설명을 듣고 자발적으로 동의하였고 연구 참여동의서를 작성하였다.

2. 측정방법

측정도구는 임상에서 가장 많이 사용되고 있는 표준형 각도계를 사용하였다. 각기 크기가 다른 360° 플라스틱 각도계(Sammons Preston, USA) 2개가 사용되었으며 각도계의 눈금은 1° 간격으로 표시된 것을 사용하였다. 크기가 큰 것은 발목관절을 측정하기 위해, 크기가 작은 것은 목말밑관절을 측정하기 위해 사용하였다. 각도계는 측정자의 편견을 줄이기 위해 측정자가 눈금을 볼 수 없도록 종이로 가려두었다.

관절 가동범위 측정자는 임상 1~3년의 경력이 있는 물리치료사 3명으로 2명이 측정에 참여하고 나머지 1명은 측정된 가동범위를 읽고 기록하였다. 측정자 1은 두 차례의 측정 사이에 측정방법에 대한 훈련을 2회 실시하였다. 따라서 측정자 2와는 훈련 횟수에 차이를 두었다. 측정자들은 측정 전 연구의 목적을 이해하고 측정 방법에 대한 교육을 받았다.

측정에 참여한 대상자들은 맨발에 편안한 복장으로 침대에 바로 누운 자세와 엎드려 누운 자세에서 가동범위 측정을 실시하였다. 측정자세는 무작위로 변화시켜 자세에 따른 훈련 효과가 생기지 않도록 하였고 대상자의 측정순서도 무작위로 선택하였다.

발목관절의 발등쪽 굽힘과 발바닥쪽 굽힘을 측정하기 위해 바로 누운 자세에서 발목의 중립자세를 취하도록 하였고 가쪽 복사뼈의 중심에 점을 찍고 종아리뼈 머리와 입방뼈를 각각 측지하여 가쪽 복사뼈와 연결한 선을 그었다. 가쪽 복사뼈에 각도계의 중심을 두고 대상자의 발을 능동적으로 중립위치에 두게 한 후 발목관절의 중립위치(ankle joint neutral position)를 측정하였다.²² 중립위치 측정 후 발을 발등쪽 굽힘하고 각도 측정 후 다시 중립위치에 두게 하여 각도를 측정하였다. 그 후 발을 발바닥쪽 굽힘하고 각도를 측정하였다. 한 번 측정한 후 반대쪽 발을 같은 방법으로 측정하고 똑같은 방법으로 다시 한번 실시하였다. 목말밑관절의 안쪽번짐과 가쪽번짐은 엎드려 누운 자

세에서 발목의 중립자세를 취하도록 하였고 가쪽 복사뼈와 안쪽 복사뼈의 가장 튀어나온 부분을 표시하고 사이의 거리를자로 재어 중간위치에 표시한 후 종아리의 가장 두꺼운 부분의 간격을 재어 중앙에 점을 찍고 발뒤꿈치의 중앙에도 점을 찍어 발목의 중간 위치와 연결한 선을 그었다. 발목의 중간 표시점에 각도계의 중심을 두고 대상자의 발을 능동적으로 중립위치에 놓도록 한 후 목말밀관절의 중립위치(subtalar joint neutral position)를 측정하였다.²² 중립위치 측정 후 발을 안쪽 번짐하고 각도를 측정한 후 다시 중립위치에 두게 하여 각도를 측정하였다. 그 후 발을 가쪽번짐하고 각도를 측정하였다. 한 번 측정한 후 반대쪽 발을 같은 방법으로 측정하고 똑같은 방법으로 다시 한 번 실시하였다.

각 표시점과 선은 0.5 cm 볼펜을 사용하여 그렸고 측정이 끝난 후 알코올을 사용하여 점과 선이 남아있지 않도록 지우고 반대쪽을 측정한 후 다시 한번 측정하였다. 두 번의 측정간에는 약 20분 정도의 시간이 걸렸다. 1차 측정은 하루에 2번의 측정을 실시하였고 그 결과를 평균하였으며 1주일 후 똑같은 방법으로 2차 측정을 실시하였다. 1차 측정과 2차 측정 사이에 측정자 1은 2회의 가동범위 측정 훈련을 실시하였다.

3. 자료분석

본 연구에서 수집된 자료는 SPSS for Win 13.0ver을 이용하여 분석하였다. 연속형 변수의 측정자 신뢰도를 계산하기 위해 급간내상관계수(Intraclass correlation coefficient, ICC)를 이용하였다. ICC는 임상적 일반화를 고려하여 ICC(2,1)을 위해 이차원변량 모형(two way random model)의 절대동의서(absolute agreement) 유형을 선택하여 계산하였다. ICC 결과값은 0-1사이이며 해석기준은 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 분류에 따라 해석하였다.¹⁹

III. 결과

발목관절 복합체의 중립위치와 가동범위 측정 결과 발목관절과 목말밀관절의 중립위치는 1회 측정 시 4번씩 측정되었고 발등쪽 굽힘과 발바닥쪽 굽힘, 안쪽번짐과 가쪽번짐의 능동 가동범위는 2번씩 측정되었다. 그 평균과 표준편차는 Table 1과 같다.

발목관절과 목말밀관절의 중립위치에 대한 측정자내 신뢰도는 0.64~0.92사이였고 측정자간 신뢰도는 0.59~0.84 사이로 측정자내 신뢰도가 측정자간 신뢰도보다 높았다(Table 2).

발목관절 복합체의 가동범위 측정에 대한 측정자내 신뢰도

는 1차 측정 시 0.47~0.89 사이였으며 2차 측정 시 0.17~0.85 사이였다. 1차 측정과 2차 측정의 평균을 계산한 1주일 간격의 측정자내 신뢰도는 발목관절은 중간 정도의 고른 신뢰도를 나타낸 반면 목말밀관절의 신뢰도는 매우 불규칙하였다(Table 3). 측정자간 신뢰도는 1차 측정 시 안쪽번짐(ICC=0.04)을 제외하고는 0.54~0.84까지 중간 이상의 측정자간 신뢰도를 나타내었다(Table 4).

가동범위 측정 훈련이 측정자 신뢰도에 미치는 영향을 알아본 결과 발목관절과 목말밀관절의 중립위치에 대한 측정자내 신뢰도는 훈련을 실시한 측정자 1(0.92와 0.86)이 측정자 2(0.64와 0.79)에 비해 더 높았다(Table 2). 능동 가동범위의 경우 1차 측정 후 측정 방법을 훈련한 측정자 1은 가쪽번짐을 제외한 모든 가동범위 측정에서 측정자내 신뢰도가 높아졌고 훈련을 실시하지 않은 측정자 2의 경우 발바닥쪽 굽힘을 제외한 모든 가동범위 측정의 신뢰도가 낮아졌다(Table 4).

IV. 고찰

발목관절의 움직임은 발목관절 주위로 인체운동을 중심화하여 인체 중심을 안정된 위치로 회복시키는 기능을 담당하며 이 기능을 이용하려면 발목관절의 근력과 가동범위가 중요하다.²⁰ 가동범위의 측정은 측정날짜, 측정자세, 측정자에 따라 달라질 수 있다.^{11,21} 본 연구에서는 발목관절 복합체의 정확한 가동범위 측정을 위한 중립위치와 측정방법의 측정자 신뢰도를 알아보고 측정에 대한 훈련이 측정자 신뢰도에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

발목관절 복합체의 가동범위 측정을 위한 중립위치에 대한 측정자내 신뢰도는 0.64에서 0.92로 중간~높음 사이였고 측정자 1이 측정자 2에 비해 높은 신뢰도를 나타내었다. 측정자간 신뢰도는 0.59에서 0.84 사이에 있었다. 일반적으로 측정자내 신뢰도가 측정자간 신뢰도에 비해 높은 것은 잘 알려져 있으며 본 연구에서도 중립위치의 측정자내 신뢰도가 더 높았다. 선행 연구들 중 발목관절의 중립위치를 측정한 경우가 없었으므로 목말밀관절의 중립위치에 대한 신뢰도를 비교 고찰하였다. 표준형 각도계를 이용하여 엎드린 자세에서 연구한 Elveru 등의²² 결과와 비교하면 측정자내 신뢰도(ICC=0.77~0.88)는 비슷한 결과를 보였고 측정자간 신뢰도(ICC=0.22~0.58)는 본 연구의 신뢰도가 더 높았다. 다른 측정도구인 Polhemus Isotrak tracking system을 사용하여 목말밀관절 중립위치를 측정한 연구에서는 이마면(frontal plane)에서 측정자내 신뢰도가 0.89에서 0.94, 측정자간 신뢰도는 0.86으로 본 연구의 결과와 유사하였다.²³ Ogilvie 등의 연구에서는²³ 3가지 운동면에서 중립위치를

Table 1. Means and standard deviations of joint neutral positions and active joint range of motions (Mean±SD)

Joint neutral position	Tester	1 st measurement					2 nd measurement				
		1	2	3	4	mean	1	2	3	4	mean
AJN* (°)	Tester 1	140.82±5.58	137.68±6.99	141.32±5.50	139.00±5.65	139.71±5.30	139.73±7.35	136.18±7.94	140.77±6.27	136.82±6.37	138.38±6.79
	Tester 2	147.95±6.15	144.41±5.69	149.05±4.57	147.00±6.76	147.20±5.18	142.82±5.10	141.05±6.02	143.27±4.95	139.82±6.46	141.74±5.40
STJN† (°)	Tester 1	11.27±5.36	12.00±5.71	11.64±5.85	11.68±5.89	11.65±5.43	11.23±6.06	11.09±5.86	11.23±6.13	11.68±6.29	11.31±5.82
	Tester 2	11.86±8.02	12.23±8.05	13.91±8.21	13.27±8.78	12.82±7.81	13.27±6.56	13.45±6.56	13.45±6.84	14.59±7.39	13.69±6.22

Joint motion	Tester	1 st measurement			2 nd measurement		
		1	2	mean	1	2	mean
Dorsi flexion(°)	Tester 1	54.09±11.17	54.36±9.53	54.23±9.66	58.41±7.13	58.45±8.36	58.43±7.47
	Tester 2	56.27±11.02	57.09±10.38	56.68±10.06	51.73±10.43	53.14±12.11	52.43±10.26
Plantar flexion(°)	Tester 1	16.05±5.08	16.50±4.77	16.27±4.21	19.86±4.96	19.14±4.44	19.50±4.25
	Tester 2	17.95±5.54	16.95±5.94	17.45±4.97	16.50±5.41	16.86±5.16	16.68±4.90
Inversion (°)	Tester 1	8.77±3.38	9.77±3.88	9.27±3.19	3.82±3.16	5.14±2.48	4.48±2.54
	Tester 2	0.45±5.03	1.36±3.19	0.91±3.65	3.27±4.99	1.27±5.63	2.27±4.08
Eversion (°)	Tester 1	6.59±7.31	7.05±7.04	6.82±6.97	6.64±6.55	6.14±7.53	6.39±6.56
	Tester 2	4.18±4.62	3.86±3.92	4.02±3.65	5.64±2.15	5.82±4.55	5.73±2.91

*AJN: ankle joint neutral
 †STJN: subtalar joint neutral

Table 2. The testers reliabilities of ankle joint and subtalar joint neutral positions

	Joint neutral position		AJN*		STJN†	
	Tester	ICC‡(2,1)	95% C.I.§	ICC(2,1)	95% C.I.	
Intra-tester reliability	Tester 1	0.92	0.79~0.97	0.86	0.66~0.94	
	Tester 2	0.64	-0.30~0.89	0.79	0.51~0.91	

	Joint neutral position		AJN*		STJN†	
	Measurement	ICC(2,1)	95% C.I.	ICC(2,1)	95% C.I.	
Inter-tester reliability	1 st	0.59	-0.16~0.88	0.84	0.63~0.93	
	2 nd	0.83	0.24~0.94	0.82	0.50~0.93	

*AJN : ankle joint neutral
 †STJN : subtalar joint neutral
 ‡ICC: Intraclass correlation coefficient
 §95% C.I.: 95% confidence interval

Table 3. The intra-testers reliabilities of ankle joint and subtalar joint range of motions

Joint motion	Tester	Intra-tester reliability				Intra-tester reliability of between 1 st mean and 2 nd mean	
		1 st measurement		2 nd measurement		ICC*(2,1)	95% C.I.†
		ICC*(2,1)	95% C.I.†	ICC*(2,1)	95% C.I.†		
Dorsiflexion	Tester 1	0.74	0.47~0.89	0.85	0.68~0.94	0.53	0.15~0.78
	Tester 2	0.77	0.53~0.90	0.65	0.33~0.84	0.51	0.15~0.76
Plantarflexion	Tester 1	0.47	0.07~0.74	0.63	0.30~0.83	0.52	-0.00~0.79
	Tester 2	0.50	0.12~0.76	0.72	0.44~0.88	0.53	0.14~0.77
Inversion	Tester 1	0.53	0.16~0.77	0.55	0.18~0.79	0.11	-0.29~0.50
	Tester 2	0.50	0.12~0.76	0.17	-0.24~0.54	0.00	-1.35~0.58
Eversion	Tester 1	0.89	0.75~0.95	0.74	0.46~0.88	0.76	0.50~0.89
	Tester 2	0.47	0.06~0.74	0.35	-0.09~0.67	0.39	-0.34~0.73

*ICC: Intraclass correlation coefficient
 †95% C.I.: 95% confidence interval

Table 4. The inter-testers reliabilities of ankle joint and subtalar joint range of motions

Joint motion	1 st measurement		2 nd measurement	
	ICC*(2,1)	95% C.I. [†]	ICC*(2,1)	95% C.I. [†]
Dorsiflexion	0.84	0.61~0.93	0.71	0.03~0.90
Plantarflexion	0.74	0.39~0.89	0.79	0.10~0.93
Inversion	0.04	-0.12~0.30	0.12	-0.24~0.49
Eversion	0.57	0.01~0.82	0.54	-0.13~0.81

*ICC: Intraclass correlation coefficient

†95% C.I.: 95% confidence interval

측정하였는데 이마면에서 측정자 신뢰도가 가장 높았다. 그러나 각도계를 이용하여 목말밑관절의 중립위치와 수동가동범위를 측정하는 다른 연구에서는 낮은($r=0.655$) 일치도를 보고하였다.²⁴ 이 경우는 같은 측정방법과 자세에서 같은 측정도구를 사용하였으나 통계분석방법의 차이에 의해 본 연구의 결과와 정확한 비교는 어렵다고 판단된다.

능동 가동범위 측정 결과 발목관절의 발바닥쪽 굽힘과 발등쪽 굽힘은 2번의 측정결과를 평균하였을 때 측정자내 신뢰도가 0.51~0.53 사이로 중간 정도의 일치도를 나타내었다. 측정자간 신뢰도는 발등쪽 굽힘이 0.71~0.84, 발바닥쪽 굽힘이 0.74~0.79로 높음으로 해석할 수 있다. 이러한 결과는 측정자내 신뢰도가 발등쪽 굽힘에서 0.50(경력자가 측정한 경우 0.54), 발바닥쪽 굽힘에서 0.72(경력자의 경우 0.70)을 보인 선행 연구의 결과와 유사하였고²² 이는 측정 방법의 유사성 때문인 것으로 사료된다. 본 연구자들의 이전 연구에서는 각도계를 사용하여 발목관절 가동범위를 측정한 결과 0.77에서 0.86 사이의 측정자내 신뢰도와 0.63~0.73의 측정자간 신뢰도를 보고하였다.¹⁷ 김 등의 연구에서는 0.952, 0.943의 높은 측정자간 신뢰도를 보고하였으며¹¹, 발목관절의 발등쪽 굽힘만 측정한 연구에서는 0.95의 높은 측정자내 신뢰도를 보고하였다.²⁵ Harvey 등은 발등쪽 굽힘의 수동가동범위를 발판을 대어 측정하였는데 발판이 있을 때 더 정확하고 일치도가 높아진다고 하였다.²⁵ 근이영양증 환자를 대상으로 가동범위 신뢰도를 측정한 연구에서도 발목의 발등쪽 굽힘의 측정자내 신뢰도는 0.90으로 측정자간 신뢰도는 0.73으로 보고하였다.²⁶ 본 연구에서는 임상에서 주로 측정하는 능동 가동범위를 측정함으로써 대상자의 움직임 통제할 수 없었기 때문에 다른 연구들에 비해 조금 낮은 측정자 신뢰도가 나타난 것으로 생각된다. 또한 본 연구자들의 이전 연구는 중립위치를 0°로 하여 각도를 측정하였고 본 연구는 중립위치를 측정하여 기록하고 움직임을 유발하여 다시 가동범위를 측정한 것으로 각도를 읽고 계산하는 방식의 차이가 있어 두 연구의 신뢰도에 차이가 있었다고 판단된다. 뿐만 아니라 이전 연구에서는 측정자와 기록하는 사람이 일치하였으나 본 연구에서는 측정자와 기록자를 달리하여 맹검법을 사용한 것도 차이를 나타낸 이유로 생각할 수 있다.

목말밑관절의 가동범위를 측정한 결과 1, 2차 측정값을 평균

한 측정자내 신뢰도는 0.00(없음)에서 0.76 사이로 낮음~중간 정도의 다양한 일치도를 나타내었다. 특히 안쪽변짐의 측정자내 신뢰도가 다른 것에 비해 더 낮았다. 측정자간 신뢰도는 안쪽변짐이 0.04~0.12로 일치도가 거의 없으므로 해석되었고 가쪽변짐은 0.54~0.57의 중간 정도의 신뢰도로 해석되었다. 본 연구의 결과와 유사한 연구로는 0.59에서 0.79 사이의 측정자내 신뢰도와 0.00에서 0.51의 측정자간 신뢰도를 보고한 Elveru²² 등의 연구와 본 연구자들의 이전 연구가 있다.¹⁸ 그러나 Elveru²² 등은 안쪽변짐보다 가쪽변짐의 신뢰도가 더 낮게 나타나 본 연구와 차이를 나타내었다. 이와 같은 차이는 본 연구에서는 능동 가동범위를 측정하였으나 Elveru²² 등은 수동 가동범위를 측정하여 같은 자세에서 측정한 결과라도 다른 차이점을 나타내었다. 안쪽변짐의 신뢰도를 더 높게 보고한 Menadue²⁷ 등의 연구에서도 본 연구와 같이 각도계의 눈금을 가리고 맹검법을 적용하였는데 수동 가동범위를 측정하여 본 연구와 차이를 나타낸 것으로 생각된다. 본 연구자들의 이전 연구에서는 가쪽변짐의 측정자내, 측정자간 신뢰도가 모두 높은 것으로 보고되었는데¹⁸ 이는 발목관절의 움직임과 마찬가지로 중립위치의 선정과 눈금을 읽고 계산하는 방식의 차이 때문인 것으로 보여진다. 또한 본 연구는 대상자들의 중립위치를 대상자의 능동적인 움직임으로 측정하였는데 대상자들이 대부분 안쪽변짐된 형태의 발이었던 것이 이러한 차이를 나타낸 이유로 보여진다. 본 연구와 다른 결과를 나타낸 연구로는 0.83 이상의 매우 높은 측정자내 신뢰도를 보고한 연구가 있다.²⁷ 앞에서 밝힌 것과 같이 가동범위 측정 시 능동적으로 수행하는 것보다는 수동적인 가동범위의 신뢰도가 높은 것을 알 수 있었다. Ogilvie²³ 등의 연구에서는 측정자내 신뢰도가 높음에서 매우 높음의 상관성을 보고하였고 측정자간 신뢰도는 중간 이상의 상관성을 보고하여 본 연구의 결과와는 측정도구의 차이 때문에 다른 결과를 나타낸 것으로 보여진다.

안쪽변짐은 0.872, 가쪽변짐은 0.793의 측정자간 신뢰도를 나타낸 김¹¹ 등의 연구에서는 능동 가동범위를 측정하였는데도 본 연구의 결과와는 다른 결과를 나타내었고 경험이 없는 측정자(선수 트레이너)라도 주어진 측정방법대로 따라 하면 측정의 정확성을 높일 수 있다고 보고하였다. 이는 각도계 측정의 정확도를 다양한 측정자들을 대상으로 연구한 연구에서 물리치료사

의 측정 신뢰도가 가장 높았다고 한 결과와 차이를 나타내었으며, 본 연구에서도 측정경험이 있는 물리치료사가 훈련한 경우보다 높은 신뢰도를 나타내었다.⁸ 본연구에서는 1차 측정과 2차 측정 시 훈련을 실시한 측정자는 측정자내 신뢰도가 증가하였고 훈련을 실시하지 않은 측정자는 신뢰도가 감소하였다. 이와 같은 결과는 전문적 지식이 많고 경력이 많은 측정자들의 측정신뢰도가 더 높다고 보고한 결과와 일치하며,^{8,28} 반복된 훈련에 의해 가동범위 측정의 신뢰도를 향상시킬 수 있다는 연구 결과와도 일치하였다.^{21,22}

본 연구에서는 이전 2번에 걸친 연구 결과와 함께 발목관절 복합체의 가동범위 측정에 대한 측정자 신뢰도를 연구하였다. 이전 연구들의 문제점과 제한점을 보완하여 적절한 측정방법을 제안하고자 하였다. 임상에서 가장 많이 사용하는 표준형 각도계를 사용하여 측정자세와 측정환경, 측정일자, 측정자를 일치시켜 측정 신뢰도를 높일 수 있는 방법을 연구하였고 측정방법에 대한 교육과 훈련을 실시하여 일치도를 높이고자 하였다. 뿐만 아니라 측정자와 기록자를 달리하여 맹검하였고 측정순서도 무작위로 실시하여 측정오류를 줄이고자 노력하였다. 그럼에도 불구하고 대상자 수의 부족과 측정 훈련 횟수, 대상자의 발 모양과 형태를 고려하여 선정하지 못한 것을 제한점으로 밝혀준다. 앞으로 연구 대상자 크기를 비롯한 제한점을 보완하여 측정 방법에 대한 훈련 횟수를 고려한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

V. 결론

본 연구에서는 발목관절 복합체의 정확한 가동범위 측정을 위한 중립위치와 가동범위 측정의 측정자 신뢰도를 알아보고 측정방법에 대한 훈련이 측정자 신뢰도에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

발목관절 복합체의 중립위치에 대한 측정자내 신뢰도와 측정자간 신뢰도는 중간에서 높음 사이의 상관성을 나타내었다. 능동 가동범위 측정 결과 발목관절의 발바닥쪽 굽힘과 발등쪽 굽힘은 측정자내 신뢰도는 중간 정도의 일치도를 나타내었고 측정자간 신뢰도는 높음이었다. 목발밀관절의 가동범위를 측정한 결과 측정자내 신뢰도와 측정자간 신뢰도는 거의 없음에서 중간 정도의 다양한 일치도를 나타내었고 안쪽변짐의 신뢰도가 더 낮았다. 또한 측정방법을 교육하고 훈련한 결과 훈련을 실시한 측정자는 측정자내 신뢰도가 증가하였고 훈련을 실시하지 않은 측정자는 신뢰도가 감소하였다.

이와 같은 결과를 종합해볼 때 발목관절 복합체의 가동범위 측정은 측정도구와 측정자세, 측정방법을 일치시키고 같은 측

정자에 의해 반복해서 측정할 필요가 있으며 동일한 상황과 시점에서 같은 기술로 반복 훈련에 의해 숙련된 측정자의 측정 신뢰도가 높아진다는 결과를 얻었다. 이는 학교 교육과 임상에서 가장 기초적인 측정에 대한 중요성을 일깨우는 데 기여할 것으로 생각되며 물리치료사가 스스로 임상적 의사결정을 수행하는데 필수적인 측정 및 평가에서 정확한 절차와 방법을 인식하는데 도움이 될 것으로 생각된다.

Author Contributions

Research design: Kim GW, Hong WS

Acquisition of data: Kim GW

Analysis and interpretation of data: Kim GW

Drafting of the manuscript: Hong WS, Kim GW

Administrative, technical, and material support: Hong WS

Research supervision: Kim GW

Acknowledgements

1. 본 연구는 2010년 동남보건대학 보건과학연구소 학술연구비 지원에 의하여 수행된 것임.

참고문헌

1. van den Bogert AJ, Smith GD, Nigg BM. In vivo determination of the anatomical axes of the ankle joint complex: an optimization approach. *J Biomech.* 1994;27(12):1477-88.
2. Neumann DA. *Kinesiology of the musculoskeletal system: Foundations for physical rehabilitation.* 2nd ed. St Louis, Mosby, 2010:574-4.
3. Moseley AM, Crosbie J, Adams R. Normative data for passive ankle plantarflexion-dorsiflexion flexibility. *Clin Biomech.* 2001;16(6):514-21.
4. Leardini A, Stagni R, O'Connor JJ. Mobility of the subtalar joint in the intact ankle complex. *J Biomech.* 2001;34(6):805-9.
5. Leardini A, O'Connor JJ, Catani F et al. A geometric model of the human ankle joint. *J Biomech.* 1999;32(6):585-91.
6. Goto A, Moritomo H, Itoharu T et al. Three-dimensional in vivo kinematics of the subtalar joint during dorsiflexion and inversion-eversion. *Foot Ankle Int.* 2009;30(5):432-8.
7. Stacpoole-Shea S, Shea G, Otago L et al. Instrumentation considerations of a clinical and a computerized technique for the measurement of foot angles. *J Foot Ankle Surg.*

- 1998;37(5):410-5.
8. Banskota B, Lewis J, Hossain M et al. Estimation of the accuracy of joint mobility assessment in a group of health professionals. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2008;18(4):287-9.
 9. Lea RD, Gerhardt JJ. Range-of-motion measurements. *J Bone Joint Surg Am*. 1995;77(5):784-98.
 10. Jordan K, Dziedzic K, Mullis R et al. The development of three-dimensional range of motion measurement systems for clinical practice. *Rheumatology*. 2001;40(10):1081-4.
 11. Kim KH, Lee HD, Lee SC. Reliability of Goniometric Measurements at the Lower Extremity Joint. *Korean Society for measurement and evaluation in physical education and sport science*. 2006;8(2):13-25.
 12. Boone DC, Azen SP. Normal range of motion of joints in male subjects. *J Bone Joint Surg Am*. 1979;61(5):756-9.
 13. Gajdosik RL, Bohannon RW. Clinical measurement of range of motion. Review of goniometry emphasizing reliability and validity. *Phys Ther*. 1987;67(12):1867-72.
 14. Wright JG, Feinstein AR. Improving the reliability of orthopaedic measurements. *J Bone Joint Surg Br*. 1992;74(2):287-91.
 15. Aydoğ E, Aydoğ ST, Cakci A et al. Reliability of isokinetic ankle inversion- and eversion-strength measurement in neutral foot position, using the Biodex dynamometer. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2004;12(5):478-81.
 16. Thoms V, Rome K. Effect of subject position on the reliability of measurement of active ankle joint dorsiflexion. *The Foot*. 1997;7(3):153-58.
 17. Hong WS, Kim GW. Reliability of measurement devices for measuring the ankle joint motion. *Korean J Orthop Man Ther*. 2009;15(1):1-8.
 18. Kim GW, Hong WS. A study of measurement methods for subtalar joint motion. *J Kor Soc Phys Ther*. 2010;22(4):57-64.
 19. Munro BH. *Statistical methods for health care research*. 3rd ed. New York, Lippincott Williams & Wilkins, 1997:249.
 20. 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.
 21. Wrobel JS, Armstrong DG. Reliability and validity of current physical examination techniques of the foot and ankle. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2008;98(3):197-206.
 22. Elveru RA, Rothstein JM, Lamb RL. Goniometric reliability in a clinical setting subtalar and ankle joint measurements. *Phys Ther*. 1988;68(5):672-7.
 23. Ogilvie SW, Rendall GC, Abboud RJ. Reliability of open kinetic chain subtalar joint measurement. *The Foot*. 1997;7(3):128-34.
 24. Keenan AM, Bach TM. Clinicians' assessment of the hindfoot: A study of reliability. *Foot Ankle Int*. 2006;27(6):451-60.
 25. Harvey L, Byak A, Ostrovskaya M et al. Reliability of a device designed to measure ankle mobility. *Spinal Cord*. 2003;41(10):559-62.
 26. Pnadya S, Florence JM, King WM et al. Reliability of goniometric measurements in patients with duchenne muscular dystrophy. *Phys Ther*. 1985;65(9):1339-42.
 27. Menadue C, Raymond J, Kilbreath SL et al. Reliability of two goniometric methods of measuring active inversion and eversion range of motion at ankle. *BMC Musculoskelet Disord*. 2006;7:60.
 28. Menz HB. Clinical hindfoot measurement: a critical review of the literature. *The Foot*. 1995;5(2):57-64.