

A Study on the Validity and Test-Retest Reliability of the Measurement of the Craniovertebral Angle of the Smart Phone Application ‘Angles Video Goniometer’

Hyeon-Seong Joo^a, Byeong-Soo Kim^a, and Myung-Mo Lee^{b*}

^aDepartment of Physical Therapy, Graduate School, Daejeon University

^bDepartment of Physical Therapy, Daejeon University

Objective: The purpose of this study was to compare concurrent validity and test-retest reliability based on Craniovertebral angle of ‘Angles video goniometer’, a smart phone application for convenient range of motion measurement, and ‘Image J’, an analysis software with high reliability and validity. This was conducted to find out whether ‘Angle video goniometer’ can be used clinically.

Design: Cross-sectional study

Methods: Fifty subjects were imaged laterally, and the angle of the head and spine was measured using Image J and the Angles video goniometer, respectively, in a resting posture and a chin in posture. The level of concurrent validity between the two measurement methods and the level of inter-rater reliability and intra-rater reliability were analyzed.

Results: For forty participants, the concurrent validity between Image J and Angles video goniometer showed very high validity with ICC of 0.997(0.995~0.999) and 0.994(0.994~0.998), CVME% 0.71~0.72%, SEM% 0.31~0.34, MDC% 0.86~0.94. The test-retest intra-rater reliability showed very high reliability ICC 0.994(0.991~0.996), CVME% 0.71%, SEM% 0.31~0.43, MDC% 0.86~1.19%. The test-retest inter-rater showed very high reliability ICC 0.995(0.992~0.997), CVME% 0.71%, SEM% 0.43~0.59%, MDC% 1.20~1.62%

Conclusions: Angles video goniometer’, a smartphone application, is a device with very high reliability and validity for craniovertebral angle measurement in healthy adults, and it is a device that can be easily used in clinical practice.

Key Words: Software, Mobile Application, Neck pain, Posture, Cervical vertebrae, Reliability and Validity

서론

IT 기기의 발달로 스마트폰, 태블릿 PC와 같은 전자 기기를 사용하는 인구는 2015년 전체인구의 78.8%를 차지하였으며, 2019년에는 91.1%에 이를 정도로 대중화되고 있다[1]. 스마트폰이나 태블릿 PC를 이용하는 동안 사용자는 작은 화면에 몰입하게 되며, 이는 컴퓨터를 사용할 때 보다 더욱 구부정한 자세를 유발하게 된다[2]. 장시간 정적인 자세로 휴대기기를 사용하게 될 경우 목과 어깨의 비정상적인 정렬이 야기되며, 이는 목

과 어깨에 비정상적 부하를 증가시켜 주변 근육의 스트레스를 누적시키고 관절과 연결된 신체 전반에 걸친 근골격계 문제를 불러 일으킨다[3].

전방머리자세(forward head posture) 스마트기기의 과사용으로 인하여 나타날 수 있는 대표적인 근골격계 질환이다[4]. 이는 시상면에서 머리 위치가 신체중심선을 기준으로 전방 전위 된 것으로, 위 목뼈(upper cervical)의 편과 아래 목뼈(lower cervical)의 굽힘으로 정의된다 [5, 6]. 전방머리자세는 목 굽힘 근육의 긴장을 초래하고 지속적으로 유지될 경우 정상적인 목의 앞굽이(lordotic

Received: Sep 30, 2022 Revised: Dec 16, 2022 Accepted: Dec 20, 2022

Corresponding author: Myung-Mo Lee (ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2192-1701>)

Department of Physical Therapy, Daejeon University

62, Daehak-ro, Dong-gu, Daejeon city, Republic of Korea, 34520

Tel: Fax: +82-42-280-4295 E-mail: mmllee@dju.kr

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.
Copyright © 2022 Korean Academy of Physical Therapy Rehabilitation Science

curve)를 상실하게 됨으로써[7], 연부조직의 손상과 통증을 유발하는 원인을 제공한다[8, 9].

전방머리자세를 평가하는 방법으로는 머리척추각도 측정법(cranio vertebral angle, CVA)과 전방머리돌출측정법(anterior head translation), 방사선 목뼈커브각측정(angle of cervical curve), 방사선 조흔센법(method of jochumsen), 방사선 목뼈커브깊이측정(depth of cervical curve)법이 임상에서 주로 사용된다[10, 11]. 그 중 머리척추각도측정법은 C7과 귀 이주를 연결한 선과 수평선이 만나 형성되는 각도로서 다른 측정 방법과 달리 C7과 귀 이주가 노출되어있는 측면 사진만 있으면 방사선 사진 없이도 측정할 수 있는 방법이다. 선행연구에서 방사선 촬영본과의 신뢰도 비교에서 높은 신뢰도가 있음을 밝혔으며 현재 임상에서 널리 사용되고 있는 방법이다[12].

Image J는 이미지 처리 및 분석 프로그램으로서 이미지 파일 형식과 원시 형식 모두 읽을 수 있는 프로그램이다. 더욱이 이미지를 표시, 편집, 분석, 처리, 저장 및 인쇄할 수 있고 거리와 각도 역시 측정할 수 있다. 다수의 선행연구에서 신뢰도가 높은 평가도구라 소개된바 있으며 전방머리자세를 측정하는 다수의 선행논문에서도 이 프로그램을 사용하여 머리척추각도를 측정하였다[13-15]. 하지만 사진 자료를 이용한 관절각도 측정은 별도의 프로그램을 설치해야 하며, 분석하기 위한 추가적인 시간이 소요되고, 즉각적으로 결과를 얻을 수 없다는 점이 기존연구에서 지속적인 제한점으로 제안되어왔다[16].

스마트폰은 다양한 기능들을 바탕으로 즉각적인 자신의 의학적 상태를 알 수 있는 피드백 역할로 사용할 수 있으며 접근성 또한 다른 측정 방법에 비해 뛰어나다[17]. 현재 스마트폰 어플리케이션을 활용하여 다양한 인체계측 어플리케이션이 임상적 평가도구로 활용되고 있다. 스마트폰 어플리케이션을 활용한 관절각도계를 활용해 등뼈의 각도 측정 및 어깨, 발목, 목의 ROM 측정 등 기존의 측정 장비와 비교한 타당도와 신뢰도 연구들 또한 꾸준히 소개되고 있다[18, 19]. 본 연구에서 활용한 Angles video goniometer는 전형적인 스마트폰 어플리케이션으로 스마트폰의 카메라를 활용하여 각도를 측정하는 각도계이다. 스마트폰 어플리케이션을 활용한 즉각적인 평가결과와 피드백은 기존 수동식 평가도구의 제한점을 보완하여 임상적으로 널리 사용되고 있지만, 무릎관절 및 어깨관절 위주의 큰 관절간 측정법을 대상으로 진행하였으나, 머리척추각도와 같은 작은 관절간 각 측정에 관한 타당도와 신뢰도 연구는 미흡한 실정이다. 이에 본 연구에서는 머리척추각도 측정에 있어 Image J와 스마트폰 어플리케이션

이전간의 측정결과 일치수준을 알아보고 측정자간, 측정자내 신뢰도 평가를 통해 임상적 유용성을 알아보고자 한다.

연구방법

연구대상자

본 연구는 D 대학교에 재학 중인 건강한 성인 남녀 50명(남 30명, 여 20명)을 대상으로 하였다. 대상자 선정조건은 10분 이상 올바른 자세로 앉아 유지할 수 있는 자로 하였으며, 과거 목과 고관절 주변 골절 등으로 인해 앉은 자세에서 비대칭이 나타나는 자, 의사소통에 문제가 있는 자는 제외하였다[20]. 연구대상자 모집 후 모든 대상자에게 연구의 목적과 진행 절차에 대하여 충분한 설명을 하였으며, 이를 이해하고 자발적인 연구 참여에 동의한 대상자를 대상으로 연구를 진행하였다.

연구절차

본 연구는 단면적 연구설계(cross sectional study design)로 Walter 등[21]의 계산식을 통해 대상자 수를 계산하였다. 허용 신뢰도 수준(acceptable reliability level)을 0.750, 기대 신뢰도 수준(expected reliability level)을 0.850으로 설정하고 통계적 유의성 수준(α)=0.05, 검정력(Power, $1 - \beta$)=0.80으로 설정하였을 때, 40명으로 나타났으며, 탈락률 10% 고려하여 최소 40명의 대상자가 필요하였다.

본 연구의 최종 분석결과 대상자수는 남성 26명, 여성 14명으로 최종 40명이 최종 결과분석 대상자로 선정되었다. 탈락자 10명의 탈락사유는 사후검사불참으로 인하여 탈락하였다.

Image J와 동작분석 스마트폰 어플리케이션을 활용하여 안정시 자세와 턱 당기기(chin in) 자세에서의 머리척추각도를 각각 측정하여 일치수준을 확인하였으며, 동작분석 어플리케이션을 활용한 측정자간 신뢰도와 측정자내 신뢰도를 분석하였다.

측정방법

스마트폰을 이용하여 대상자의 앉은 자세에서의 경추 측면을 영상 촬영하였으며 등받이 의자에 발바닥이 바닥에 닿도록 편히 앉은 상태에서 실험을 진행하였다. 바닥과 수평으로 설치한 삼각대를 이용하여, 카메라의 높이는 귀 이주와 경추 7번(cervicle 7, C7) 가시돌기(spinous process)를 이은 가상의 선의 중간지점으로 하



Figure 1. Cervical spine lateral imaging method.



Figure 2. Example of posture for measurement at rest.

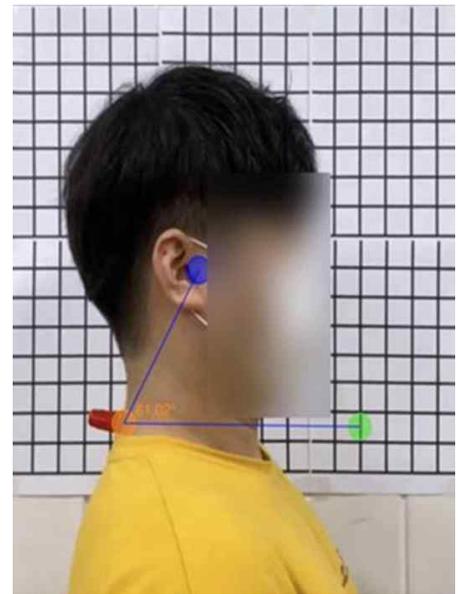


Figure 3. Example of measuring posture when Chin in.

였다. 대상자와 카메라의 거리는 대상자의 어깨 봉우리(acromion)로부터 0.5m지점으로 하였다(Figure 1).

대상자의 오른쪽 귀 이주와 C7의 가시돌기를 측정하여 마커를 부착했다. 영상 촬영은 편한 자세로 앉은 영상으로 자세를 5초간 촬영하였다(Figure 2). 이후 바른 자세를 취하라는 구두지시로 대상자의 턱당기기를 유도하여 5초간 유지시켜 촬영하였다(Figure 3). C7과 귀 이주를 연결한 선이 C7을 지나는 수평선을 만나 형성되는 각도를 측정하였다. 측정자 A와 측정자 B는 어플리케이션과 PC 프로그램 사용 방법을 교육받고 진행하였다. 영상 촬영에 이용한 카메라의 FPS는 초당 60프레임이었으며 촬영 영상 속 담겨있는 안정 시 자세와 턱 당기기 자세를 동작분석 스마트폰 어플리케이션을 통하여 각도를 측정하고, 후에 각 자세를 영상에서 캡처한 뒤 Image J를 통하여 각도를 측정하였다.

측정 도구

Image J

본 연구에서 Angles video goniometer를 비교하기 위해 Gold Standard 소프트웨어를 Image J(Version 1.46, National Institutes of Health, USA)로 선정하였다. Image J는 촬영한 사진을 토대로 신체 각도 및 신체 부위너비, 병변부위의 크기 등을 측정하는 소프트웨어로 정형 및 신경계 연구에 널리 사용되고 있는 신뢰도가

높은 소프트웨어이다[22].

Anglesvideo goniometer

‘Angles video goniometer(Version 1.6, Nathaniel Cochran, USA)’은 IOS 기반의 어플리케이션으로 영상에서 다양한 시점의 각도를 측정할 수 있는 새로운 관찰각도측정 어플리케이션이다. Angles video goniometer는 사진첩에서 새로운 비디오 촬영과 기존 비디오 가져오기를 통해 프레임별로 슬라이더를 끌어서 특정 시간 탐색을 하여 각도를 측정할 수 있다. 본 소프트웨어는 휴대전화로 간편하게 측정할 수 있는 장점이 있으며, 기록 즉시 결과값을 도출해낼 수 있어 결과값을 분석하는데 용이한 소프트웨어이다.

자료분석

Image J와 Angles video goniometer로 측정한 최종 결과 데이터로 평균과 표준편차를 구하였으며 측정자 내의 차이와 측정자 간과 기기 간의 차이를 대응 t 검정을 통하여 측정값들의 통계적 유의성을 분석하였다.

대상자의 일반적 특성은 기술통계를 사용하였다. 자세 분석을 위한 각도 측정의 지표로서 Angles video goniometer의 타당도를 급내상관계수(intracorrelation coefficient, ICC)(2,1)을 사용하여 분석하였다. Portney[19]의 연구에 따르면 일치도의 결과 수치가

0.750 미만이면 중간 혹은 낮은(moderate) 수준의 일치도, 0.750~0.900의 경우 좋은 수준(good)의 일치도, 0.900 이상의 경우 높은 수준(excellent)의 일치도라 평가한다.

Angles video goniometer의 측정자 내 신뢰도를 구하기 위하여 대응 t 검정을 통하여 측정값들의 통계적 유의성을 확인하였으며 측정자 간 신뢰도와 Image J와 Angles video goniometer간의 타당도를 보기 위하여 급간 상관계수(Interclass correlation coefficient, ICC) (2,1)를 사용하였다[23].

측정오차에 대한 분석을 위하여 측정의 표준오차(standard error of measurement, SEM)를 사용하였으며, SEM은 2개의 표준편차(standard Deviation, SD) 값 중 큰 값을 사용하여 $SD \times \sqrt{1-ICC}$ 로 계산하였다. 또한, 대상자의 측정데이터가 신뢰수준 95%에서 나타나는지를 확인하기 위하여 최소감지 변화 값(minimal detectable change, MDC)을 $1.96 \times SEM \times \sqrt{2}$ 로 계산하여 산출하였으며 산출된 MDC를 평균의 백분율로 변환하여 MDC 95%를 계산하였다[24].

Angles video goniometer와 Image J의 각도에 대한 데이터를 절대적으로 비교하기 위하여 측정오류에 대한 변동계수(coefficients of variation of method errors, CVME)와 95% 일치율 한계(95% limits of agreements, 95% LOA)를 산출 하였다[25]. CV_{ME} 데이터는 각 측정도구의 데이터에서 산출된 표준편차를 활용하여 변동계수를 계산하고 백분율로 변환하였다($ME = Sd / \sqrt{2}$, $CV_{ME} = 2ME / (X1 + X2) \times 100\%$)[26].

데이터는 마이크로소프트 Excel(Version 2018, Microsoft, USA)을 활용하여 계산하였으며, 95% LOA는 Medicalc (Version 20.115, Medicalc software, Belgium)을 활용하여 도출하였다. 측정값의 통계적 유의성 분석과 프로그램 간 일치도 실험자 간, 실험자 내 신뢰도에 대한 통계분석은 Window SPSS(Version 25.0, IBM Co., USA) 프로그램을 사용하여 분석하였다. 모든 통계적 유의수준은 0.05로 하였다.

연구 결과

본 연구는 탈락자 10명을 제외한 분석된 40명을 대상으로 진행되었으며 일반적인 특성은 Table 1과 같다. 측정자 A와 측정자 B가 Angles video goniometer를 통해 측정한 머리척추각도 결과를 대응 t 검정을 통해 측정자 간/내, 기기 간 유의수준을 분석하였다. 측정 결과 유의수준은 측정자 내 0.556, 측정자 간 0.759 그리고 기기 간 유의수준은 0.498로 모든 변수에서 0.05 이상으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

안정시 자세와 턱 당기기 자세를 Image J와 Angles video goniometer 두 측정 도구를 통해 측정한 머리척추각도의 Table 2의 ICC(2, 1)는 각 0.997(0.995~0.999), 0.994(0.994~0.998)로 모두 높은 일치도를 나타냈다. Table 2의 CV_{ME}%값은 0.72%, 0.71%로 측정오류에 대한 변동계수는 낮은 수준으로 도출되었으며, Table 2의 95% LOA는 -0.86~0.71, -0.93~0.95로 결과데이터는 대칭분포를 이루었다(Figure 4).

Angles video goniometer를 사용한 머리척추각도 측정에 대하여 안정시 자세와 턱 당기기 자세에서의 측정자 내 신뢰도의 Table 3의 ICC(2, 1) 값은 0.994(0.991~0.996), 0.995(0.992~0.997)로 높은 일치율을 보였다. 각 측정자의 Table 3의 CV_{ME}%는 각 0.71% 수준으로 작게 도출되었으며 Table 3의 SEM의 경우 안정시자세는 0.43, 턱당기기 자세에서는 0.31로 나타났다. Table 3의 MDC는 1.19, 0.86 수준으로 측정자 내 신뢰도가 높은 것으로 나타났다(Figure 5).

Anglesvideo goniometer를 사용한 머리척추각도 측정에 대하여 안정시 자세와 턱 당기기 자세의 측정자 간 신뢰도 Table 4의 ICC(2,1)는 0.994(0.989~0.997), 0.983(0.969~0.991)로 높은 일치율을 보였다. 측정자 간 Table 4의 CV_{ME}%는 0.71%, 0.72% 로 작게 도출되었으며 Table 4의 SEM은 안정시 자세에서 0.43이였으며 턱 당기기 자세에서는 0.59로 나타났다. Table 4의 MDC는 각 1.20, 1.62 수준으로 측정자 간 신뢰도가 높은 것으로 나타났다(Figure 6).

Table 1. General characteristics of Subjects

Variables	Mean ± SD ^a	
Gender(Male/Female)	26/14	
Age	23.04±2.36 ^a	21.29±1.20
height(cm)	175.26±6.00	159.86±2.82
weight(kg)	73.65±11.07	50.36±4.91

^a: Mean ± Standard deviation

Table 2. Comparison of Image j and Angles video Goniometer CVA concurrent validity

	Angles	Image J	ICC (95% CI)	CV _{ME} %	SEM%	MDC%	95%LOA
Resting posture	53.32±5.69 ^a	53.40±5.55	0.997 (0.995~0.999)	0.72%	0.31	0.86	-0.86~0.71
Chin in posture	58.23±4.36	58.22±4.37	0.994 (0.994~0.998)	0.71%	0.34	0.94	-0.93~0.95

^a: Mean ± Standard: deviation; ICC: intra correlation coefficient;
 95%LOA: limits of agreements; CV_{ME}%: coefficients of variation of method error%;
 SEM%: standard error of measurement %; MDC%: minimum detectable change %

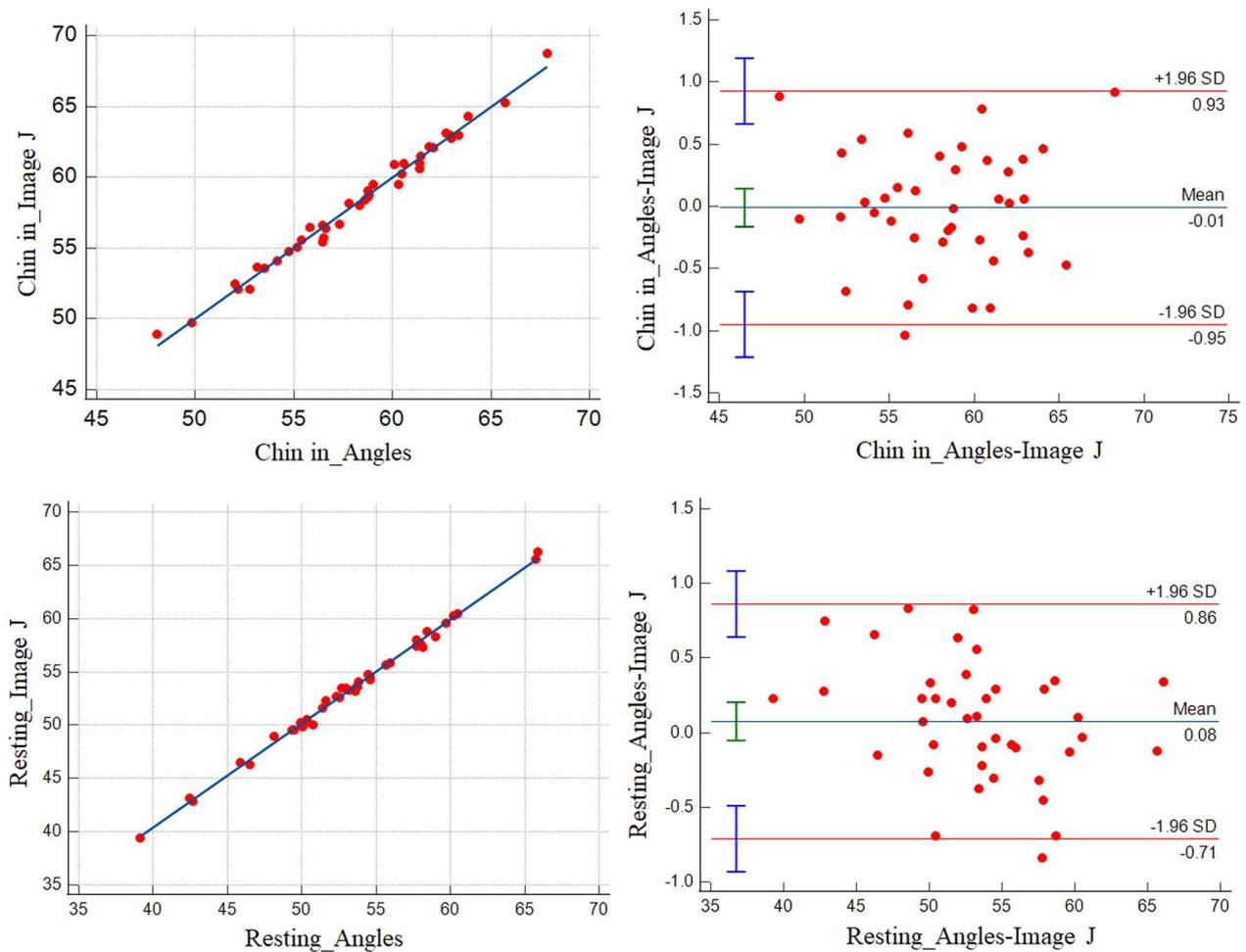


Figure 4. Bland and Altman graph for the relationship between mage j and Angles video Goniometer

Table 3. Intra-rater reliability in CVA measurements for Angles video Goniometer

	Session 1	Session 2	ICC (95% CI)	CV _{ME} %	SEM%	MDC%	95%LOA
Resting posture	53.39±5.55 ^a	55.41±5.52	0.994 (0.991~0.996)	0.71%	0.43	1.19	-1.20~0.76
Chin in posture	58.21±4.34	58.23±4.40	0.995 (0.992~0.997)	0.71%	0.31	0.86	-0.88~0.83

^a: Mean ± Standard deviation; ICC: intra correlation coefficient;
 95%LOA: limits of agreements; CV_{ME}%: coefficients of variation of method error %;
 SEM%: standard error of measurement %; MDC%:minimum detectable change %

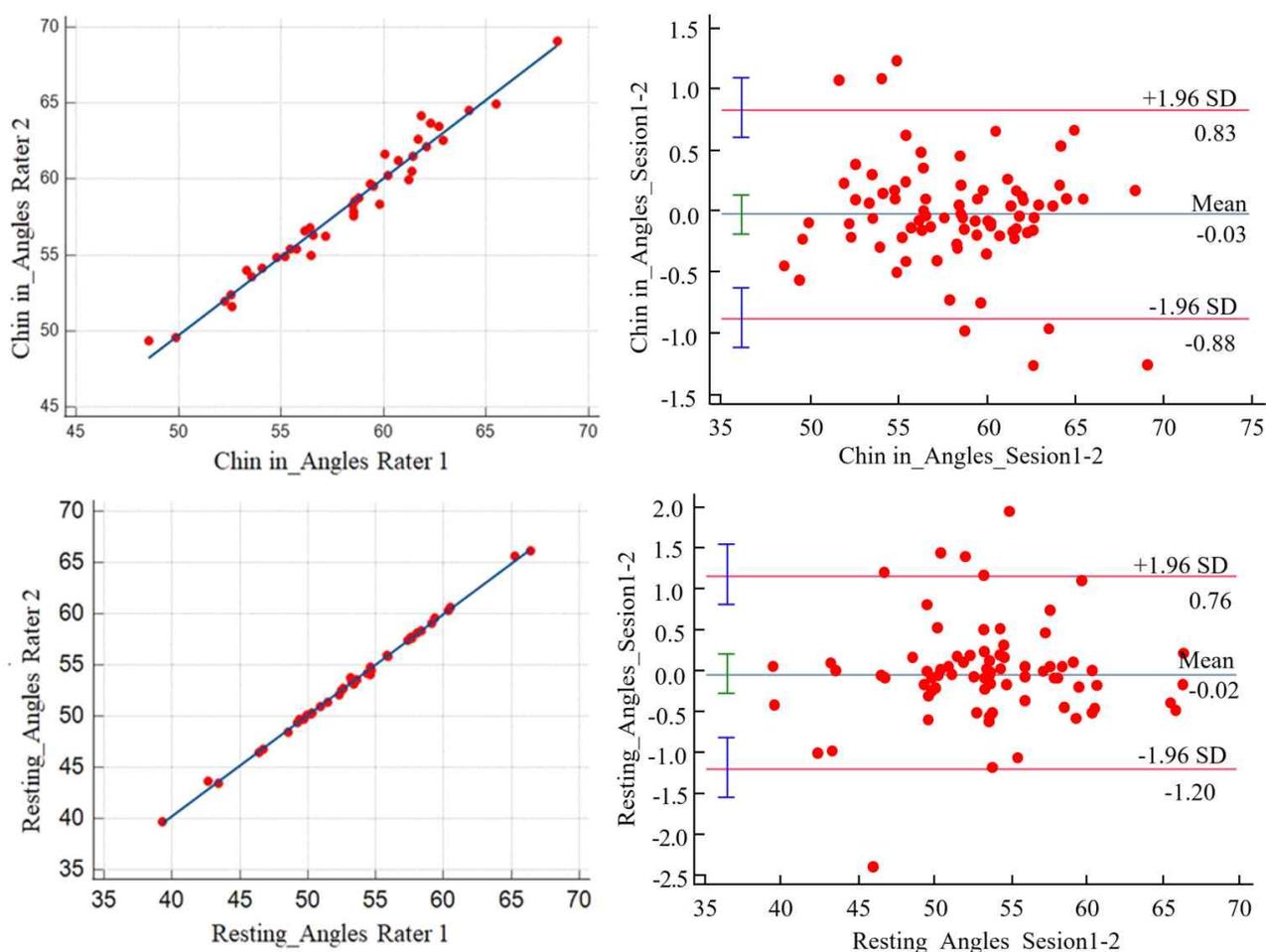


Figure 5. Bland and Altman graph for intra-rater reliability of CVA measurements using the Angles video goniometer.

Table 4. Inter-rater reliability in CVA measurements for Angles video Goniometer

	Rater 1	Rater 2	ICC (95% CI)	CVME%	SEM%	MDC%	95%LOA
Resting posture	53.42±5.54 ^a	53.38±5.59	0.994 (0.989~0.997)	0.71%	0.43	1.20	-1.57~1.23
Chin in posture	58.22±4.28	58.22±4.49	0.983 (0.969~0.991)	0.72%	0.59	1.62	-1.13~1.21

^a: Mean ± Standard: deviation; ICC: intra correlation coefficient;
 95%LOA: limits of agreements; CVME%: coefficients of variation of method error %;
 SEM%: standard error of measurement %; MDC%: minimum detectable change %

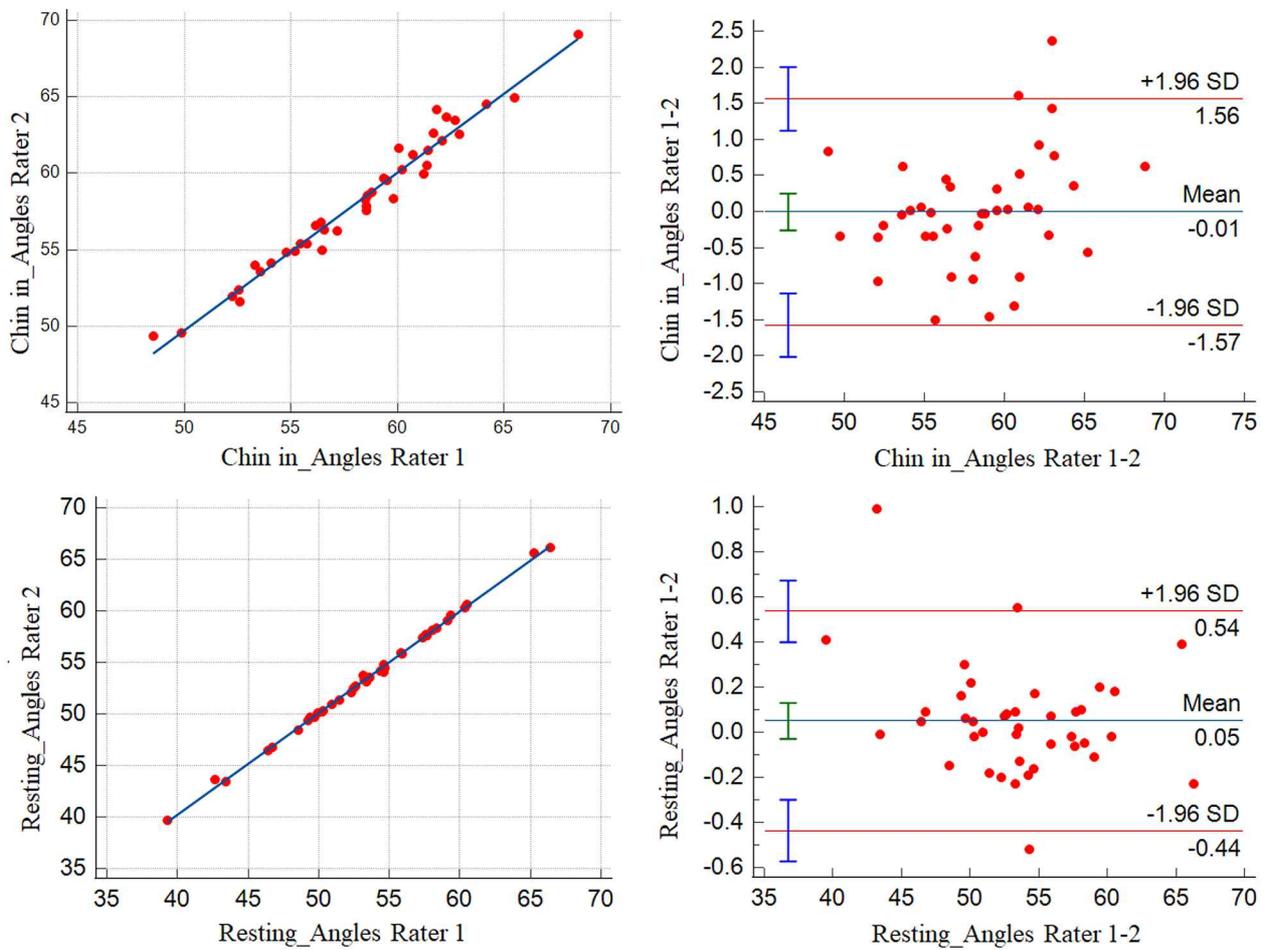


Figure 6. Bland and Altman graph for Inter-rater reliability of CVA measurements using the Angles video goniometer.

고찰

본 연구는 스마트폰 어플리케이션 기반의 관절각도계 Angles video goniometer가 관절 각도 측정 도구로서 타당성과 검사자간, 검사자내 신뢰도 측정을 하기 위해 수행되었다. 이를 위해 Image J를 이용한 머리척추각도와 비교하였다. 그 결과 모든 측정에서 ICC 값은 0.900 이상으로 우수한 수준의 신뢰성을 보였다[27].

관절운동범위를 측정하기 위해 관절각도계는 가장 일반적으로 사용되는 임상 도구이나, 스마트폰의 발달과 범용성의 확대로 인해 스마트폰 내 센서를 활용하여 Goniometer로 임상적으로 활용하고 있다[28, 29]. Image J는 관절의 각도와 조직의 부피, 당뇨성 족부궤양의 단면적 등 다양한 측정을 할 수 있는 프로그램이나 사진을 바탕으로 별도의 프로그램을 설치해 따로 분석해야 하는 번거로움을 지니고 있다[22, 30-32]. 그러므로 높은 범용성과 편리성이 뛰어난 스마트폰 어플리케이션인 Angles video goniometer를 활용하여 임상적으로 높은 신뢰도가 있는지를 확인하기 위하여 본 연구에서 신뢰도와 타당도를 분석하였다. 그 결과 Image J와 Angles video goniometer의 안정시 자세와 턱 당기기 자세에서의 머리척추각도 값의 일치율은 0.997(0.995~0.999), 0.994(0.994~0.998)로 매우 높은 수준의 상관관계를 나타냈다. CV_{ME} %는 두 측정 도구의 측정 데이터의 변이 정도를 비교하기 위하여 산출하는 데이터로 ICC 변수 데이터의 상이성을 알지 못하는 점을 보충 설명해 줄 수 있다[19]. 95% LOA 값은 변수들을 점으로 표시하여 결과데이터의 대칭성을 판단하는 기준데이터로 오차 수준이 신뢰할 만한 구간에 있는지를 확인하는 값으로 일컫는다. 두 측정도구의 머리척추각도에 대한 CV_{ME} % 안정시 자세(0.71%), 턱당기기 자세(0.72%) 모든 변수에서 낮은 수준으로 측정되었다. 95% LOA값은 안정시 자세에서 -0.86~0.71, 턱당기기 자세에서 -0.93~0.95로 대부분 대칭성을 보였다[25]. Angles video goniometer의 측정자 간, 측정자 내 신뢰도는 모든 측정에서 매우 높은 ICC 값을 나타냈다. 이러한 결과는 Lau 등[33]의 연구에서 평가자간 신뢰도의 0.85~0.94 ICC 값과 유사하다. SEM은 측정 재 측정간 발생할 수 있는 오차 정도를 나타내는 데이터이다[34]. 본 연구에서 계산된 SEM 값은 0.31~0.59% 사이의 낮은 수준의 측정 오류가 산출되었다. MDC는 성능 또는 측정 중에 발생 가능한 변화로 인하여 생기는 차이 값을 측정하는 척도로 변화에 대한 민감도를 나타낸다. 이는 측정도구에서 점수의 변화가 일어났을 때 단순히 오류 때문에 생긴 변화가 아니라 피험자 개인에게서 생긴 변화라고 간주할 수 있는 최소한의 점수변화량이다[24]. 본 연구에서

계산된 MDC 값을 백분율로 나타내어 0.86~1.62%로 낮은 범위로 도출되었다. 따라서 민감하게 피험자의 변화를 감지하는데 유용하게 사용될 수 있음을 의미한다. 본 연구를 통하여 Angles video goniometer가 건강한 젊은 성인의 머리척추각도를 측정하는데 유효한 도구임을 입증했다. Angles video goniometer는 스마트기기를 이용하여 영상을 통해 측정하기에 빠른 피드백이 가능하고 간편하며 접근성이 높다는 이점이 있다. 그러나 포인팅하여 선을 잇는 방법이기 때문에 선을 만들기 위해서는 보조배경이 필요하며 측정의 정밀도를 높이기 위해서 터치펜 이용이 불가피 하다는 점이다. 연구의 제한점으로는 건강한 젊은 성인을 대상이기에 모든 연령층과 질환이 있는 자에게 결과데이터를 예측할 수 없다. 또한, 앉은 상태에서의 머리척추각도를 측정하였으므로 일어난 상태의 머리척추각도 값을 예측할 수 없다. 추후 본 연구의 제한점을 보완하여 폭넓은 대상에게 Angles video goniometer의 타당도와 신뢰도를 입증할 수 있는 후속 연구가 진행되어야 할 것이다.

결론

본 연구는 머리척추각도 측정을 위해서 스마트폰 어플리케이션 Angles video goniometer를 이용하여 임상적으로 많이 사용되고 있는 Image J와의 측정 장비 간 타당도 및 신뢰도를 입증하기 위한 연구이다. 본 연구의 결과로 Angles video goniometer를 이용하여 건강한 성인 남녀의 머리척추각도를 측정하였을 때 기존의 측정 프로그램과 높은 타당도와 신뢰도를 갖춘 측정 프로그램으로 볼 수 있다. 연구의 제한점을 보완한 후속 연구 또는 머리척추각도 뿐만 아니라 다양한 신체의 각도를 측정하는 후속 연구가 진행된다면, Angles video goniometer는 신체의 각도를 측정하는 데 있어서 임상에서 높은 활용도를 보일 수 있을 것이다.

이해충돌

본 연구의 저자들은 연구, 저작권 및 출판과 관련하여 잠재적인 이해충돌이 없음을 선언합니다.

참고문헌

1. Namwongsa S, Puntumetakul R, Neubert MS, Boucaut R. Effect of neck flexion angles on neck muscle activity among smartphone users with and

- without neck pain. *Ergonomics*. 2019;62(12):1524-33.
2. Greig AM, Straker LM, Briggs AMJP. Cervical erector spinae and upper trapezius muscle activity in children using different information technologies. *Physiotherapy*. 2005;91(2):119-26.
 3. Szeto GP, Lee R. An ergonomic evaluation comparing desktop, notebook, and subnotebook computers. *Archives of physical medicine rehabilitation*. 2002; 83(4):527-32.
 4. AlAbdulwahab SS, Kachanathu SJ, AlMotairi MS. Smartphone use addiction can cause neck disability. *Musculoskeletal Care*. 2017;15(1):10-2.
 5. Fernández-de-Las-Peñas C, Cuadrado M, Pareja J. Myofascial trigger points, neck mobility and forward head posture in unilateral migraine. *Cephalalgia*. 2006;26(9):1061-70.
 6. Salahzadeh Z, Maroufi N, Ahmadi A, Behtash H, Razmjoo A, Gohari M, et al. Assessment of forward head posture in females: observational and photogrammetry methods. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*. 2014;27(2):131-9.
 7. Kraus SL. *TMJ disorders: management of the craniomandibular complex*: Churchill Livingstone; 1988.
 8. Dvord J, Valach L, Schmdt S. Cervical spine injuries in Swizerland. *Manual Med*. 1989;4:7-16.
 9. Saal J. The new back school prescription: stabilization training. Part II. *Occupational Medicine (Philadelphia, Pa)*. 1992;7(1):33-42.
 10. Kerry C. Reliability of measuring natural head posture using the craniovertebral angle. *Irish Ergonomics Review*. 2003;37.
 11. Yochum TR, Rowe LJ. *Essentials of skeletal radiology* 1987.
 12. Han-suk L, Hyung-kuk C. A Validity Study of Craniovertebral Angle Measurement on Forward Head Posture. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2013;4:145-53.
 13. Jang H-J, Kim S-Y, Kwon C-S. Relationships between flexed posture, physical performance and psychosocial factors in elderly women. *Journal of Korean Physical Therapy*. 2014;26(5):358-64.
 14. Doube M, Kłosowski MM, Arganda-Carreras I, Cordelières FP, Dougherty RP, Jackson JS, et al. BoneJ: free and extensible bone image analysis in ImageJ. *Bone*. 2010;47(6):1076-9.
 15. Collins TJ. ImageJ for microscopy. *Biotechniques*. 2007;43(S1):S25-S30.
 16. Wilmarth M, Hilliard T. Measuring head posture via the craniovertebral angle. *orthopaedic physical therapy practice*. 2002.
 17. Otter SJ, Agalliu B, Baer N, Hales G, Harvey K, James K, et al. The reliability of a smartphone goniometer application compared with a traditional goniometer for measuring first metatarsophalangeal joint dorsiflexion. *Journal of foot and ankle research*. 2015;8(1):1-7.
 18. Mejia-Hernandez K, Chang A, Eardley-Harris N, Jaarsma R, Gill TK, McLean JM. Smartphone applications for the evaluation of pathologic shoulder range of motion and shoulder scores—a comparative study. *JSES Open Access*. 2018;2(1):109-14.
 19. Portney LG. *Foundations of clinical research: applications to evidence-based practice*: FA Davis; 2020.
 20. Carey MA, Laird DE, Murray KA, Stevenson JR. Reliability, validity, and clinical usability of a digital goniometer. *Work*. 2010;36(1):55-66.
 21. Walter S, Eliasziw M, Donner A. Sample size and optimal designs for reliability studies. *Statistics in medicine*. 1998;17(1):101-10.
 22. Suzuki T, Hashisdate H, Fujisawa Y, Yatsunami M, Ota T, Shimizu N, et al. Reliability of measurement using Image J for reach distance and movement angles in the functional reach test. *Journal of Physical Therapy Science*. 2021;33(2):112-7.
 23. Ionan AC, Polley M-YC, McShane LM, Dobbin KK. Comparison of confidence interval methods for an intra-class correlation coefficient (ICC). *BMC Medical Research Methodology*. 2014;14(1):1-11.
 24. Haley SM, Fragala-Pinkham MAJPT. Interpreting change scores of tests and measures used in physical therapy. *Physical therapy*. 2006;86(5):735-43.
 25. Bland JM, Altman D. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The lancet*. 1986;327(8476):307-10.
 26. Lee MM, Song CH, Lee KJ, Jung SW, Shin DC, Shin SH. Concurrent validity and test-retest reliability of the OPTOGait photoelectric cell system for the assessment of spatio-temporal parameters of the gait of young adults. *Journal of physical therapy science*. 2014;26(1):81-5.
 27. Kim S-Y, Koo S-J. Effect of duration of smart-phone use on muscle fatigue and pain caused by

- forward head posture in adults. *Journal of physical therapy science*. 2016;28(6):1669-72.
28. Behnoush B, Tavakoli N, Bazmi E, Fard FN, Shahi MHP, Okazi A, et al. Smartphone and universal goniometer for measurement of elbow joint motions: a comparative study. *Asian journal of sports medicine*. 2016;7(2).
29. Keogh JW, Cox A, Anderson S, Liew B, Olsen A, Schram B, et al. Reliability and validity of clinically accessible smartphone applications to measure joint range of motion: A systematic review. *PloS one*. 2019;14(5):e0215806.
30. Teigen LM, Kuchnia AJ, Nagel E, Deuth C, Vock DM, Mulasi U, et al. Impact of software selection and ImageJ tutorial corrigendum on skeletal muscle measures at the third lumbar vertebra on computed tomography scans in clinical populations. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. 2018;42(5):933-41.
31. Rha EY, Kim JM, Yoo G. Volume measurement of various tissues using the image J software. *Journal of Craniofacial Surgery*. 2015;26(6):e505-e6.
32. Jeffcoate WJ, Musgrove AJ, Lincoln NB. Using image J to document healing in ulcers of the foot in diabetes. *International Wound Journal*. 2017;14(6):1137-9.
33. Lau HMC, Chiu TTW, Lam T-H. Clinical measurement of craniovertebral angle by electronic head posture instrument: a test of reliability and validity. *Manual therapy*. 2009;14(4):363-8.
34. Stratford PW, Goldsmith CH. Use of the standard error as a reliability index of interest: an applied example using elbow flexor strength data. *Physical therapy*. 1997;77(7):745-50.