

Original Article

Open Access

사진 영상을 이용한 머리척추각 자동 측정 프로그램 개발

예수영¹ · 김종순^{2†}

¹부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과, ²부산가톨릭대학교 보건과학대학 물리치료학과

Development of an Automatic Measuring Program for the Craniovertebral Angle Using Photographic Image

Soo-Young Ye, Ph.D.¹ · Jong-Soon Kim, P.T., Ph.D.^{2†}

¹Department of Radiological Science, College of Health Sciences, Catholic University of Pusan

²Department of Physical Therapy, College of Health Sciences, Catholic University of Pusan

Received: January 19, 2024 / Revised: February 15, 2024 / Accepted: February 23, 2024

© 2024 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

| Abstract |

Purpose: The prevalent use of mobile devices may contribute to musculoskeletal disorders, such as forward head posture (FHP), among users. The measurement of the craniovertebral angle (CVA) using photographic images is frequently employed in assessing FHP. Although manual CVA measurement using photographic images is reliable in clinical settings, computer programs or mobile applications to support tele-physical therapy are not yet fully developed. Therefore, in the current study, we propose an automatic method for extracting CVA from photographic images of FHP subjects to facilitate tele-physical therapy.

Methods: To develop the automatic CVA measuring computer program, photographic images were obtained from 10 FHP participants. The location information obtained from the markers attached to the tragus and the spinous process of the seventh cervical vertebra were used as coordinates. Using these coordinates, straight line 1 was generated by connecting the seventh spinous process of the cervical vertebra and the tragus, while straight line 2 was drawn parallel to the coordinate obtained from the seventh spinous process of the cervical vertebra. The arc tangent function was used to calculate the angle between the two straight lines. The automatic CVA measurement computer program utilizing photographic images was developed using MATLAB (ver. 2016b).

Results: The results showed that the automatic CVA measurement computer program demonstrated stable repeatability and high accuracy.

Conclusion: The proposed approach was able to automatically estimate the CVA using photographic images. The developed computer program can potentially be used for easier and more reliable clinical assessment of FHP.

Key Words: Automatic measuring computer program, Craniovertebral Angle, Forward head posture

†Corresponding Author : Jong-Soon Kim (ptjskim@cup.ac.kr)

I. 서론

자세는 안정성 한계 내에서 서로 다른 신체 분절들이 올바른 관계를 유지하는 능력으로(Shumway-Cook & Woollacott, 2007) 적절한 자세는 최소한의 노력으로 신체를 바르게 유지할 수 있도록 해주고 근골격계의 균형을 유지할 수 있도록 해준다(Ruivo et al., 2015). 최근 모바일 기술(mobile technology)의 발달로 약 50억 명 이상이 모바일 기기(mobile device)를 보유하고 있으며 그로 인해 모바일 기기의 사용 시간도 증가하고 있다(Liadi, 2016; Taylor & Silver, 2019). 모바일 기기의 사용에는 머리, 목, 어깨, 손목, 손, 몸통 등 신체의 모든 부분이 사용된다(In et al., 2021). 이러한 모바일 기기의 사용 범위와 사용 시간 증가는 근골격계 질환의 발병으로 이어지는데(Eitivipart et al., 2018) 특히 목의 근골격계 통증을 일으키는 주요 원인이 된다(Derakhshanrad et al., 2021; Mustafaoglu et al., 2021). Zirek (2020) 등은 모바일 기기 사용과 관련된 근골격계 통증 유병률이 높았다고 보고하였으며 Berolo (2011) 등도 모바일 기기를 사용하는 학생 중 84%가 신체 중 적어도 한 부위에 근골격계 통증을 호소했다고 보고하였다. 생역학적 관점에서 Namwongsa (2019) 등은 모바일 기기의 사용으로 목 펴근의 근활성 증가로 인한 근 피로가 발생하고 목의 굽힘각은 증가한다고 하였으며 Lee (2015) 등도 앉은 자세에서 스마트폰으로 문자를 보낼 때 목의 굽힘 각도가 가장 컸으며 이는 목의 근골격계 통증을 유발하는 유의한 요인이 될 수 있다고 보고하였다. 또한 이와 같은 과도한 스마트폰의 사용은 목의 관절 위치 감각 이상을 초래하고 깊은 목 굽힘근의 활성을 감소시켜 전방 머리 자세를(forward head posture) 유발하는 것으로 알려져 있다(Cetin et al., 2023).

모바일 기기의 사용으로 인한 통증의 주요 원인은 장시간 이어지는 불량한 목과 머리의 자세이다. 따라서 머리와 목의 자세를 정확히 평가하는 것은 머리와 목의 통증을 치료하는 첫 번째 주요 단계라 할 수 있다. 머리와 목의 자세를 평가하는 방법은 디지털 경사계

(digital inclinometer)(Lynch et al., 2010)나 줄자(Joshi & Poojary, 2022; Lynch et al., 2010)를 이용하는 방법, 시상 머리각(sagittal head angle)의 측정(Ruivo et al., 2014; 2015), 가쪽 머리뼈측방사선 촬영(lateral cephalometric radiography)(Johnson, 1998), 귀불(ear lobe)과 어깨뼈봉우리(acromion process)의 거리를 측정하는 수평 전방 전위(horizontal forward displacement)의 측정(Shih et al., 2017) 그리고 머리척추각(craniovertebral angle; CVA)(Abd El-Azeim et al., 2022; Mylonas et al., 2021) 측정 등이 있다.

이중 CVA는 가장 일반적인 머리 자세를 평가하는 방법 중 하나로서 목각(cervical angle)이나 전방 머리각(forward head angle)이라고도 한다(Sheikhoseini et al., 2018). CVA는 귀구슬(tragus) 중간과 일곱 번째 목뼈의 가시돌기를 연결한 가상선과 일곱 번째 목뼈의 가시돌기를 통과하는 수평선의 교차점이 이루는 각도이다(Dimitriadis et al., 2013; Singla et al., 2017; White et al., 2018; Wilmarth & Hilliard, 2002). CVA는 등받이가 없는 의자에 편안하게 앉은 자세에서 피검자의 측면 사진을 촬영한 다음 일곱 번째 목뼈의 가시돌기와 귀구슬을 연결한 가상선과 일곱 번째 가시돌기를 통과하는 수평선을 사진에 그려 각도계나(Abbasi, 2016) 컴퓨터 소프트웨어(Waje & Satralkar, 2002) 등을 사용하여 각도를 측정한다. CVA는 타당하고 신뢰할 수 있는 검사일 뿐 아니라 객관적이며 목뼈 관절가동 범위 측정 장비(cervical range of motion device)와 같은 특수 장비가 필요하지 않다는 장점이 있어 임상에서 흔히 사용되는 검사 방법이다(Gadotti et al., 2013; Nejati et al., 2015; Singla et al., 2017).

CVA와 같이 사진을 이용한 자세 분석법은 신뢰도가 높은 방법이라고 알려져 있으나(Guan et al., 2015; Ruivo et al., 2015) 자세 평가에서 사진을 이용한 방법은 과학적으로 부정확하다는 반론도 있다(Rosário, 2014). 이를 보완하기 위해 영상의학적 평가법이 사용되기도 하는데 컴퓨터 단층 촬영(computed tomography)이나 자기공명영상(magnetic resonance imaging)은 비용이 많이 든다는 문제점과 방사선(X-ray) 촬영을 이용한

평가는 방사선 피폭의 문제를 수반하기 때문에 자세에 대한 평가는 쉬운 문제가 아니다(Rosário, 2014). 또한 2019년 이래 COVID-19의 영향으로 전 세계적인 의료 환경은 새로운 도전에 직면해 있다. 일상적으로 보편화된 사회적 거리 두기로 인해 원격 의료(tele-health care) 활용이 증가함에 따라 물리치료계도 원격 물리치료(tele-physical therapy)의 제공을 요구 받고 있다(Exum et al., 2020). 원격 의료의 증가는 물리치료에서도 원격 의료 플랫폼(platform)을 이용하여 환자를 평가하고 치료해야 함을 의미한다(Cote et al., 2021). 따라서 원격 물리치료를 뒷받침 할 수 있는 물리치료 평가 및 치료 전산화 프로그램 및 어플리케이션(application) 개발이 요구되고 있다. 아울러 CVA를 보다 객관화 하기 위한 노력은 아직은 일부 연구(Aafreen et al., 2023; Carrasco et al., 2023; Cote et al., 2021; Gallego-Izquierdo et al., 2020; Lau et al., 2009; 2010)를 통해 이루어 지고 있으며 이러한 연구들 또한 CVA 자동 측정 프로그램이나 어플리케이션 개발과 관련된 연구들이 아닌 개발된 프로그램이나 어플리케이션의 사용 방법 혹은 신뢰도 및 타당도 등을 분석하는 연구에 국한되어 있다. 이에 본 연구는 CVA 자동 측정 프로그램 개발을 통해 편리하며 객관적이고 신뢰성 있는 측정 방법을 제시하고 원격 물리치료에서 CVA 측정의 지원 가능성을 제시하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 사진 영상의 획득

CVA 자동 측정 프로그램의 개발을 위한 사진 영상은 전방 머리 자세로 진단된 10명의 연구 대상자의 사진 영상을 이용하였다. 연구 참여 희망자를 대상으로 연구의 목적과 방법 등에 대해 연구 진행 전, 충분한 설명을 실시 하였다. 연구자의 설명을 듣고 충분히 이해한 사람들을 피검자로 선정하여 연구를 진행하였다. 사진 영상의 획득은 선행 연구(Kocur et al., 2019)를

참고하여 근골격계 물리치료 임상경력 5년 이상의 연구 보조원에 의해 수행되었다. 카메라는 피검자의 가쪽 1.5m 거리에 설치하였다. 카메라 삼각대가 수평이 되도록 설치한 다음 카메라를 삼각대에 부착하여 카메라가 수평이 되도록 하였다. 카메라의 높이는 카메라 렌즈의 중앙부가 피검자의 어깨뼈봉우리 꼭대기와 나란하도록 위치시켰다. 귀 구슬의 표식(marker)은 피검자를 바로 서게 한 다음 표식의 중앙부와 피검자 귀구슬 중앙부가 일치하도록 부착하였으며 일곱 번째 목뼈 가시돌기(spinous process)의 표식은 가시돌기 최정점에 표식의 중앙부가 위치하도록 주의하여 부착하였다. 자연스러운 목 자세가 될 수 있도록 피검자에게 전체 목을 구부리고 펴는 동작을 전체 가동 범위 내에서 반복하도록 하였다. 카메라와 피검자가 수직을 이룰 수 있도록 바닥에 30cm 직선을 표시한 다음 피검자의 오른쪽 새끼발가락 측면 끝과 뒤꿈치 측면 끝이 바닥에 표시된 직선에 놓이도록 하였다. 이후 천천히 시선이 정면을 바라 보도록 한 다음 사진을 촬영하였다. 촬영된 영상은 JPG(joint photographic experts group) 파일로 저장하였다.

2. 사진 영상의 표식 위치 정보 및 선(line) 처리

획득된 영상에서 귀구슬에 부착한 표식의 위치 정보와 일곱 번째 목뼈의 가시돌기에 부착한 표식의 위치 정보를 획득하여 좌표로 활용하였다. 획득된 표식의 좌표 위치를 이용하여 일곱 번째 목뼈의 가시돌기와 귀구슬을 연결하는 1번 직선을 획득하였고, 일곱 번째 목뼈에서 획득한 좌표에 평행한 2번 직선을 그어 총 2개의 직선을 획득하였다.

3. 두 직선 간 각도 계산

획득한 좌표로 형성한 직선의 각도를 산출하기 위하여 임의의 3개의 점을 분리하여 교차점(C)을 기준으로 점 A1, A2로 직선을 형성하였다. 형성된 2개의 직선의 좌표를 변환하여 각도를 산출하고 변화각을 이용

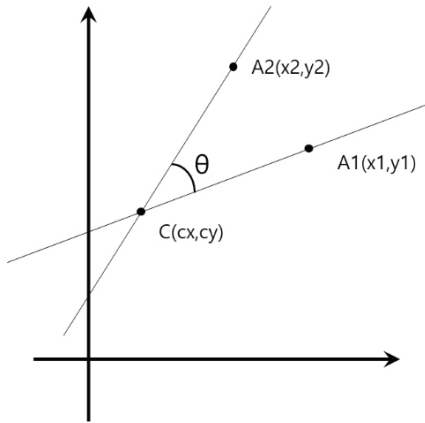


Fig. 1. Angle between two straight lines.

하여 C-A1직선과 C-A2직선 간의 각도를 측정하였다. 두 직선 사이의 각도를 계산하기 위해 두 직선 위의 점과 교점에서 아크 탄젠트(arc tangent)를 이용하였다. 임의의 두 직선 A1과 A2위의 점을 알면 두 직선의 교점은 C(cx,cy)가 된다(Figure 1).

1) 좌표 변환

C(cx,cy)을 교점으로 하는 두 직선의 좌표 A1(x1,y1)과 A2(x2,y2)를 C(0,0) 기준으로 좌표를 변환하였다. 먼저 A1 직선에서 A1을 원점으로 이동 시킨 뒤(Figure 2) 각도는 $\theta = \text{atan}\left(\frac{y_1}{x_1}\right)$ ----- 계산식(1) 을 이용하여 산출하였다.

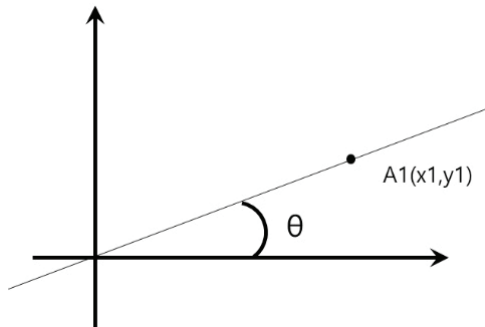


Fig. 2. Angle between the x-axis and the A1 line.

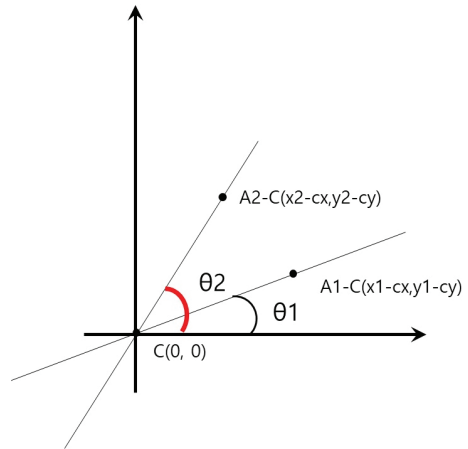


Fig. 3. Move the intersection point of two straight lines to the origin.

2) 변환 직선의 각도

C-A1 직선과 원점과의(Figure 2) 각도는 계산식 (2) 을 이용하여 산출하고 C-A2 직선과 원점과의 각도는 계산식 (3)을 이용하여 산출하였다. 마찬가지로 두 직선 A1과 A2 사이각을 구하기 위해 두 직선의 교점 C를 원점 (0,0)으로 이동 시킬 수 있다. 두 직선을 이동 시킴으로써 좌표값이 변하게 되는데, A2 좌표값은 A2-C, A1좌표값은 A1-C, C 좌표값은 0이 된다(Figure 3).

그림 3에서 x축과 직선 A2의 사이각은 θ_2 가 되고 x축과 직선 A1과의 사이각은 θ_1 이 되어 두 직선의 사이각은 $\alpha = \theta_2 - \theta_1$ 이 된다. 여기에서 θ_1, θ_2 각도는 계산식 (1)를 이용하여 각각 계산식 (2), 계산식 (3) 과 같이 나타낼 수 있다.

$$\theta_1 = \left(\frac{y_1 - cy}{x_1 - cx}\right) \quad \text{계산식(2)}$$

$$\theta_2 = \left(\frac{y_2 - cy}{x_2 - cx}\right) \quad \text{계산식(3)}$$

3) 변환좌표의 변화각 산출

따라서 본 연구에서 구하고자 하는 두 직선 사이각

$\alpha = \theta_2 - \theta_1$ 은 계산식 4와 같이 나타낼 수 있다.

$$\alpha = \theta_2 - \theta_1 = \text{atan}((y_2 - cy)/(x_2 - cx)) - \text{atan}((y_1 - cy)/(x_1 - cx)) \quad \text{계산식(4)}$$

4. 프로그램의 구현 및 시뮬레이션

사진 영상을 이용한 CVA의 자동 측정 프로그램은 MATLAB(ver. 2016b, MathWorks Ins, USA)을 이용하여 구현하였다. 개발된 프로그램의 정상 작동 여부 확인을 위해 10명의 연구 대상자들에게서 획득된 사진 영상에 임의로 1~10번 까지 번호를 부여하였다. 1~10번 까지 번호가 쓰여진 3×4cm 카드를 제작한 다음 외부에서 볼 수 없도록 제작된 상자 안에 넣었다. 이후 3장의 카드를 연구자가 임의로 선택하였다. 그런 다음 임의로 추출된 카드의 번호에 상응하는 영상 파일 3개를 3회 반복 이용하여 프로그램의 정상 작동 여부를 시뮬레이션 하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 기본 그래픽 인터페이스의 구성(graphical user interface; GUI)

GUI는 분석할 사진 영상 파일이 들어있는 폴더를 선택하는 파일 열기(Figure 4①) 버튼, 측정된 CVA를 보여주는 결과값 창(Figure 4②), 프로그램 종료를 위한 Exit(Figure 4③) 버튼, 분석할 사진 영상을 보여주고 관심영역(region of interest)을 설정할 수 있도록 하는 화면(Figure 4④)으로 구성하였다.

2. 프로그램의 구동

프로그램의 구동은 사진 영상이 저장된 폴더를 선택하여 파일을 불러온 다음(Figure 5) 귀구슬과 일곱 번째 목뼈 가시돌기의 표시 정보가 포함된 사진 영상

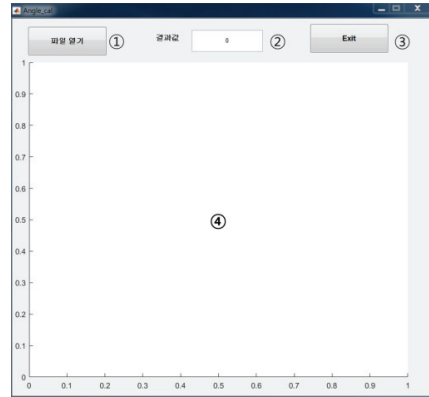


Fig. 4. Configuration of the graphical user interface.



Fig. 5. Load the photographic image file.

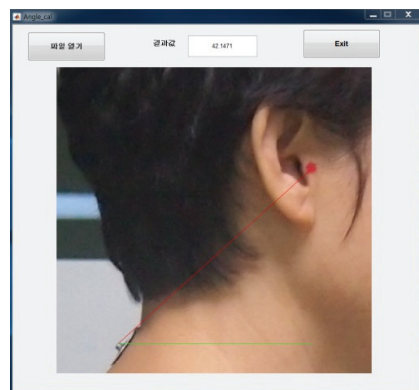



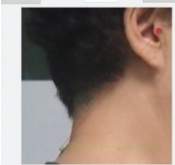
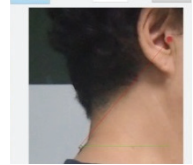
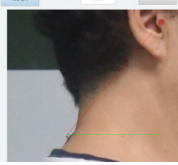
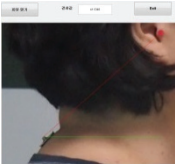
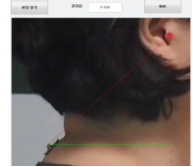
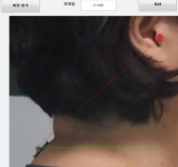


Fig. 6. Select the required region of interest.

을 마우스 끌기(drag)를 이용하여 분석하고자 하는 영역인 관심영역을 선택하도록 하였다(Figure 6).

Table 1. Simulation results of the developed CVA measure program

Case	Variables	Simulation results		
		1st	2nd	3rd
Case 1	Result image			
	Result value	45.676°	45.674°	45.674°
Case 2	Result image			
	Result value	50.030°	50.030°	50.030°
Case 3	Result image			
	Result value	41.534°	41.534°	41.534°

3. 프로그램의 시뮬레이션(simulation) 결과

프로그램의 시뮬레이션 결과는 표 1과 같다. 무작위로 선택한 사진 영상 3개를 3회 반복하여 프로그램을 시뮬레이션한 결과 재현 가능한 처리 과정과 일관된 결과를 보여 주었다(Table 1).

IV. 고찰

목을 포함한 척추 자세의 평가는 물리치료 실무과 연구에 있어 매우 중요한 과제이다. 척추 자세에 대한 객관적인 평가로는 피사체의 높이와 곡률 정보를 제공하는 3D 표면 지형 기술인 라스터 입체 촬영(raster-stereography)(Agostini et al., 2023), 3차원 동작 분석(Uritani, 2013), 방사선 촬영(Lee et al., 2012), CVA

와 같은 사진 자세 분석(photographic postural analysis)(Fortin et al., 2018) 등이 있다. 그러나 이들 방법 중 라스터 입체 촬영은 타당도가 부족한 것으로 알려져 있고 3차원 동작 분석은 정확하고 신뢰성 있는 방법이기는 하지만 고가의 장비와 잘 조성된 실험실이 요구되어 잘 사용하지 않는 방법이다. 방사선학적 평가는 기준점에 대한 명확한 이미지를 제공하므로 가장 좋은 방법으로 간주되지만 방사선 피폭 때문에 연구에서는 선호되지 않는다(Perry et al., 2008). 그 외 각도계, 줄자, 중력선을 이용한 자세 관찰과 같은 많은 수기적 평가 방법들도 있으나 이러한 수기적 평가 방법들은 간단하기는 하지만 주관적인 검사라는 한계가 있다(Kadu & Shetye, 2022).

CVA와 같은 사진 자세 분석은 자주 사용되는 관찰 평가 방법 중 하나로서 평가자 간 신뢰도(ICC > 0.972) 및 평가자 내 신뢰도(ICC > 0.774)가 높은 평가 방법이

다(Hazar et al., 2015). 그러나 사진 자세 분석은 기본적으로 사진을 촬영하여 이를 관찰 분석하는 방법이므로 각도계, 줄자, 중력선을 이용한 자세 관찰과 같이 주관적인 측정 방법이다(Hazar et al., 2015; Lau et al., 2010). 그러므로 이를 보완할 객관적 방법을 개발하는 것이 물리치료적 평가를 보다 과학화 하는 방법일 것이다(Lau et al., 2010). 이에 본 연구는 사진 영상을 이용한 신뢰 할 수 있는 CVA 자동 측정 프로그램 개발 원리를 제시하고자 수행되었다.

본 연구는 이미 개발된 프로그램이나 어플리케이션의 신뢰도와 타당도 위주의 연구를 수행한 선행 연구들(Aafreen et al., 2023; Carrasco et al., 2023; Cote et al., 2021; Gallego-Izquierdo et al., 2020; Lau et al., 2009; 2010)과는 달리 프로그램의 개발 과정을 위주로 연구가 이루어졌으며 특히, CVA 측정을 위한 2개의 가상선 중 일곱 번째 목뼈의 가시돌기를 지나는 수평선의 설정과 인식 방법에 대한 과정을 객관화 하고자 노력하였다.

본 연구는 원격 물리치료 환경을 고려하여 피검자들이 직접 사진 영상을 촬영한 상황을 가정, 촬영된 사진 영상을 개인용 컴퓨터에 설치된 CVA 자동 측정 프로그램에서 불러와 CVA를 측정할 수 있도록 프로그램을 개발하였다. 이러한 개발 방식은 기존의 CVA 측정 방식과 같이 두 개의 표식을 부착한 다음 전산화 인공 시각(computer artificial vision)을 이용하여 CVA를 자동으로 측정하는 CVA-CVapp을 연구한 Carrasco 등(2023)의 연구와 스마트폰 기반 FHPapp(SD Net, Korea) 이용하여 CVA를 분석한 Gallego-Izquierdo 등(2020)의 연구와 일치하는 방식이었다. 그러나 선행 연구(Cote et al., 2021; Gallego-Izquierdo et al., 2020)에서 분석한 프로그램이나 본 연구를 통해 제시한 프로그램이 실제 원격 물리치료 실무 환경에서 사용되기 위해서는 표준화된 카메라의 위치 설정과 귀구슬과 일곱 번째 목뼈의 가시돌기를 정확하게 측정하여 표식을 부착 할 수 있는 방법에 대한 충분한 사전 환자 교육이 이루어져 한다는 문제점이 있다. 따라서 이러한 사전 환자 교육 프로그램을 원격 물리치료 환경에

서 어떻게 제공 할 수 있을지에 대한 부가적인 연구도 필요할 것으로 사료된다. Lau 등(2009; 2010)은 기존의 사진을 이용한 방법 대신 귀구슬과 일곱 번째 목뼈의 가시돌기에 접착식 핀 표식(adhesive pin marker)를 부착하여 실시간 촬영을 통한 각도 측정 방법을 제시하였는데 이들의 방법은 원격 물리치료 환경에서 카메라 설정 및 표식 부착에 대한 사전 환자 교육의 문제뿐만 아니라 피검자와 검사자가 동일한 시간에 CVA 측정에 참여해야 한다는 시간적 문제점도 내포하고 있는 것으로 사료된다.

Carrasco (2023)등 이 연구에 사용한 프로그램은 측정값이 소수점 둘째 자리까지 측정 가능하였으며 Lau (2009; 2010)등 이 연구를 통해 개발한 전자 머리 자세 측정기(Electronic Head Posture Instrument; EHPI)와 Gallego-Izquierdo (2020)등 이 연구에 이용한 어플리케이션은 측정값이 소수점 첫째 자리까지 측정 가능하였다. Aafreen (2023)등 이 연구에서 사용한 Surgimap (Nemaris Inc., USA) 어플리케이션은 소수점 이하의 각도는 측정되지 않았다. 반면 본 연구를 통해 제시한 프로그램을 구동한 결과 소수점 세자리 까지 측정이 가능하여 선행 연구에 비해 보다 자세한 분석이 가능하였다.

본 연구를 통해 제시한 프로그램은 개인용 컴퓨터를 기반으로 구동할 수 있도록 MATLAB을 이용하여 프로그램을 구현하였다. 반면 Aafreen (2023)등 과 Gallego-Izquierdo (2020)등 이 연구에 이용한 어플리케이션은 스마트폰을 기반으로 구동이 된다는 점에서 휴대성 및 접근성 면에서 장점이 있었다. 그러나 이들이 연구에 이용한 어플리케이션의 경우 안드로이드(android) 4.0 이상의 운영체계가 필요하여 스마트폰 운영체계에 맞는 어플리케이션의 업데이트가 빈번하게 필요하다는 단점도 있는 것으로 사료된다. 아울러 본 연구를 통해 제시한 프로그램은 마우스 끌기를 이용하여 분석하고자 하는 영역인 관심영역을 확대할 수 있도록 설계하였으나 기존 연구에서 이용한 스마트폰 기반 어플리케이션은 화면을 확대할 수 있는 기능이 없어 표식 설정의 정밀성 면에서 본 연구와는

차이가 있었다. 또한 전방머리자세의 각도 측정을 사진 영상의 수직 축과 어깨 그리고 어깨와 귀구슬이 이루는 두 개의 가상선이 이루는 각도로 설정되어 있어 기존의 CVA의 측정 방법과는 다소 차이가 있었다 (Gallego-Izquierdo et al., 2020). 따라서 Gallego-Izquierdo (2020)등 의 연구에서 이용한 어플리케이션으로 CVA를 측정하기 위해서는 사진 영상의 좌·우 반전이나 상·하 반전이 필요하다.

본 연구를 통해 제시한 프로그램의 정확한 구동 여부를 확인하기 위해 3장의 사진을 무작위로 선정한 다음 동일한 검사자에 의해 3번 반복하여 프로그램 구동을 시뮬레이션 한 결과 결과값의 오차는 0.002° 가 발생하여 미미한 수준이었다. 선행 연구들을 살펴보면 Lau (2009; 2010)등 이 연구를 통해 개발한 EHPI의 오차는 $0.1 \sim 1.9^\circ$, Carrasco (2023)등 이 연구에 이용한 CVA-App의 경우 첫 번째 측정과 두 번째 측정의 측정값 차이는 $0.03 \sim 0.24^\circ$ 를 보였다. 두 명의 평가자 간 측정값 차이는 $0.37 \sim 0.52^\circ$ 였다. 본 연구의 범위가 프로그램 개발로 한정되어 본 연구에서는 신뢰도 분석을 실시하지 않아, 선행 연구(Carrasco et al., 2023; Lau et al., 2009; 2010)와의 직접 비교는 불가능 하다. 이들 선행 연구에서 이용한 프로그램이나 어플리케이션의 신뢰도는 $0.83 \sim 0.92$ 로 매우 높은 것으로 보고되었다 (Carrasco et al., 2023; Lau et al., 2009; 2010). 그러므로 개별 프로그램의 상대적 우수성에 대한 비교는 무의미한 것으로 사료되나 본 연구를 통해 제시한 프로그램의 정확도도 매우 우수한 것으로 판단된다.

V. 결론

사진 영상을 이용한 CVA 자동 측정 프로그램은 개발 과정이 비교적 간단하였으며 CVA의 측정에 재현 가능한 처리과정과 신뢰할만한 결과를 보여 FHP의 평가에 편리하게 사용될 수 있을 것으로 사료된다. 아울러 차후 연구에서는 개발된 CVA 자동 측정 프로그램과 기존 수기적 방법의 CVA 측정 결과 간의 비교

분석을 통한 측정자내 신뢰도와 측정자간 신뢰도 분석 연구 및 다양한 생애 주기별 FHP 환자를 대상으로 한 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

Acknowledgements

이 논문은 2022년도 부산가톨릭대학교 교내연구비에 의하여 연구되었음

References

- Aafreen, Khan A, Ahmad A, et al. Clinimetric properties of a smartphone application to measure the craniovertebral angle in different age groups and positions. *Heliyon*. 2023;9(9):e19336.
- Abbasi AH, Aslam M, Ashraf T, et al. Evaluation of the forward head posture, its association with neck pain & quality of life of female DPT Students. *Journal Riphah College of Rehabilitation Sciences*. 2016;4(2):59-64.
- Abd El-Azeim AS, Mahmoud AG, Mohamed MT, et al. Impact of adding scapular stabilization to postural correctional exercises on symptomatic forward head posture: a randomized controlled trial. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2022;58(5):757-766.
- Agostini F, de Sire A, Furcas L, et al. Postural analysis using rasterstereography and inertial measurement units in volleyball players: Different roles as indicators of injury predisposition. *Medicina(Kaunas)*. 2023;59(12):2102.
- Berolo S, Wells RP, Amick III BC. Musculoskeletal symptoms among mobile hand-held device users and their relationship to device use: a preliminary study in a Canadian university population. *Applied Ergonomics*. 2011;42(2):371-378.

- Carrasco A, Marimon X, Dantony F, et al. A computer vision-based application for the assessment of head posture: A validation and reliability study. *Applied Sciences*. 2023;13:3910.
- Cetin H, Turkmen C, Bal GA, et al. Factors affecting the performance of the deep cervical flexors in young people using smartphones. *The Journal of Craniomandibular & Sleep Practice*. 2023;41(4):380-388.
- Cote R, Vietas C, Kolakowski M, et al. Inter and intra-rater reliability of measuring photometric craniovertebral angle using a cloud-based video communication platform. *International Journal of Telerehabilitation*. 2021;13(1):e6346.
- Derakhshanrad N, Yekaninejad MS, Mehrdad R, et al. Neck pain associated with smartphone overuse: Cross-sectional report of a cohort study among office workers. *European Spine Journal*. 2021;30(2):461-467.
- Dimitriadis Z, Kapreli E, Strimpakos N, et al. Respiratory weakness in patients with chronic neck pain. *Manual Therapy*. 2013;18(3):248-253.
- Dimitriadis Z, Podogyros G, Polyviou D, et al. The reliability of lateral photography for the assessment of the forward head posture through four different angle-based analysis methods in healthy individuals. *Musculoskeletal Care*. 2015;13(3):179-186.
- Eitivipart AC, Viriyarajanukul S, Redhad L. Musculoskeletal disorder and pain associated with smartphone use: A systematic review of biomechanical evidence. *Hong Kong Physiotherapy Journal*. 2018;38(2):77-90.
- Exum E, Hull B L, Lee ACW, et al. Applying telehealth technologies and strategies to provide acute care consultation and treatment of patients with confirmed or possible COVID-19. *Journal of Acute Care Physical Therapy*. 2020;11(3):103-112.
- Fortin C, van Schaik P, Aubin-Fournier JF, et al. The acceptance of the clinical photographic posture assessment tool(CPPAT). *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2018;19(1):366.
- Gadotti IC, Armijo-Olivo S, Silveira A, et al. Reliability of the craniocervical posture assessment: visual and angular measurements using photographs and radiographs. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*. 2013;36(9):619-625.
- Gallego-Izquierdo T, Arroba-Díaz E, García-Ascoz G, et al. Psychometric proprieties of a mobile ppplication to measure the craniovertebral angle a validation and reliability study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020;17(18):6521.
- Guan X, Fan G, Wu X, et al. Photographic measurement of head and cervical posture when viewing mobile phone: a pilot study. *European Spine Journal*. 2015;24(12):2892-8.
- Hazar Z, Karabicak GO, Tiftikci U. Reliability of photographic posture analysis of adolescents. *The Journal of Physical Therapy Science*. 2015;27(10):3123-3126.
- In TS, Jung JH, Jung KS, et al. Spinal and Pelvic Alignment of Sitting Posture Associated with Smartphone Use in Adolescents with Low Back Pain. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(16):8369.
- Johnson GM. The correlation between surface measurement of head and neck posture and the anatomic position of the upper cervical vertebrae. *Spine*. 1998;23(8):921-927.
- Joshi R, Poojary N. The Effect of Muscle Energy Technique and Posture Correction Exercises on Pain and Function in Patients with Non-specific Chronic Neck Pain Having Forward Head Posture-a Randomized Controlled Trail. *International Journal of Therapeutic Massage & Bodywork*. 2022;15(2):14-21.
- Kadu DV, Shetye JV. Reliability of “MB-Ruler Software” to measure craniovertebral angle using the

- photographic method. *Journal of Health and Allied Sciences*. 2022;12(3): 307-311.
- Kocur P, Wilski M, Goliwas M, et al. Influence of forward head posture on myotonometric measurements of superficial neck muscle tone, elasticity, and stiffness in asymptomatic individuals with sedentary jobs. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*. 2019;42(3):195-202.
- Lau HM, Chiu TT, Lam TH. Clinical measurement of craniovertebral angle by electronic head posture instrument: a test of reliability and validity. *Manual Therapy*. 2009;14(4):363-368.
- Lau HM, Chiu TT, Lam TH. Measurement of craniovertebral angle with Electronic Head Posture Instrument: Criterion validity. *Journal of Rehabilitation Research & Development*. 2010;47(9):911-918.
- Lee CS, Noh H, Lee DH, et al. Analysis of sagittal spinal alignment in 181 asymptomatic children. *Journal of Spinal Disorders and Techniques*. 2012;25(8): E259-263.
- Lee S, Kang H, Shin G. Head flexion angle while using a smartphone. *Ergonomics*. 2015;58(2):220-226.
- Liadi OF. College students and smartphone ownership: symbolic meanings and smartphone consumption among Nigerian students. *Acta Universitatis Danubius Communicatio*. 2016;10(1):17-31.
- Lynch SS, Thigpen CA, Mihalik JP, et al. The effects of an exercise intervention on forward head and rounded shoulder postures in elite swimmers. *British Journal of Sports Medicine*. 2010;44(5):376-381.
- Mustafaoglu R, Yasaci Z, Zirek E, et al. The relationship between smartphone addiction and musculoskeletal pain prevalence among young population: a cross-sectional study. *The Korean Journal of Pain*. 2021;34(1):72-81.
- Mylonas K, Angelopoulos P, Billis E, et al. Combining targeted instrument-assisted soft tissue mobilization applications and neuromuscular exercises can correct forward head posture and improve the functionality of patients with mechanical neck pain: a randomized control study. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2021;22(1):212.
- Namwongsa S, Puntumetakul R, Neubert MS, et al. Effect of neck flexion angles on neck muscle activity among smartphone users with and without neck pain. *Ergonomics*. 2019;62(12):1524-1533.
- Nejati P, Lotfian S, Moezy A, et al. The study of correlation between forward head posture and neck pain in Iranian office workers. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*. 2015;28(2): 295-303.
- Perry M, Smith A, Straker L, et al. Reliability of sagittal photographic spinal posture assessment in adolescents. *Advances in Physiotherapy*. 2008;10(2):66-75.
- Rosário JL. Biomechanical assessment of human posture: a literature review. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2014;18(3):368-373.
- Ruivo RM, Pezarat-Correia P, Carita AI. Cervical and shoulder postural assessment of adolescents between 15 and 17 years old and association with upper quadrant pain. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. 2014; 18(4):364-71.
- Ruivo RM, Pezarat-Correia P, Carita AI. Intrarater and interrater reliability of photographic measurement of upper-body standing posture of adolescents. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*. 2015; 38(1):74-80.
- Sheikhoseini R, Shahrbanian S, Sayyadi P, et al. Effectiveness of therapeutic exercise on forward head posture: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*. 2018; 41(6):530-539.
- Singla D, Veqar Z, Hussain ME. Photogrammetric assessment of upper body posture using postural angles: A

- literature review. *Journal of Chiropractic Medicine*. 2017;16(2):131-138.
- Shih HS, Chen SS, Cheng SC, et al. Effects of Kinesio taping and exercise on forward head posture. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2017;30(4):725-733.
- Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Control Motor: Translating Research Into Clinical Practice*, 3rd ed. Baltimore. Lippincott Williams and Wilkins. 2007.
- Taylor K, Silver L. Smartphone ownership is growing rapidly around the world, but not always equally. Washington DC. Pew Research Center. 2019.
- Uritani D. Reliability of upper quadrant posture analysis using an ultrasound-based three-dimensional motion analyzer. *The Journal of Physical Therapy Science*. 2013;25(9):1181-1184.
- Waje SM, Satralkar NA. Effects of suboccipital muscle energy technique(MET) versus suboccipital release technique (SOR) on craniovertebral angle, cervical range of motion and chronic neck pain in medical students with upper cross syndrome at the end of 6 weeks: A comparative study. *International Journal of Applied Research*. 2020; 6(7): 153-160.
- White E, Barnette A, Phillips A, et al. Quantifying forward head posture based on practicing physical therapist's opinions and cervical range of motion measurements. *Orthopaedic Practice*. 2018;30(2):76-80.
- Wilmarth MA, Hilliard TS. Measuring head posture via the craniovertebral angle. *Orthopaedic Physical Therapy Practice*. 2002;14:13-15.
- Zirek E, Mustafaoglu R, Yasaci Z, et al. A systematic review of musculoskeletal disorders related to mobile phone usage. *Musculoskeletal Science and Practice*. 2020; 49;102196.