

근골격계 기반의 자세 평가 및 맞춤형 운동 처방 전송 및 저장 시스템 설계

심종성 · 김희철

인제대학교

Evaluation of posture based on musculoskeletal system and design of customized exercise prescription

Jong-seong Sim · Hee-chul Kim

Inje University

E-mail : jssin93@naver.com

요 약

일상생활 속 바른 자세 관리를 위해서는 객관적 자세 평가 방법과 적절한 처방 및 관리가 필요하다. 자세 평가 프로그램은 비교적 쉽고 안전하게 자세를 평가 할 수 있는 방법으로 많이 사용 되고 있다. 하지만 기존 자세 평가 프로그램은 골격계 위치를 활용해 평가가 이루어지지만 자세 이상의 원인이 되는 근육 정보가 부족하고 평가 결과에 대한 피드백이 부족해 프로그램의 효율이 떨어진다. 그래서 기존 자세평가 프로그램을 개선하여 객관적인 결과를 SOAP 메시지를 통해 서버가 평가 결과를 측정하고 저장 한 피드백을 바탕으로 적절한 운동 처방으로 바른 자세 관리를 도와주는 시스템 설계를 다룬다.

ABSTRACT

In order to manage the correct posture in daily life, it is necessary to evaluate the objective posture and appropriate prescription and management. The posture evaluation program is widely used as a method to evaluate posture relatively easily and safely. However, the existing posture evaluation program is evaluated by utilizing the position of the skeletal system, but lacks feedback on the result of the evaluation because the muscle information causing the posture is lacking and the efficiency of the program is decreased. Therefore, we will improve the existing posture evaluation program and design the system that helps the correct posture management by the appropriate exercise prescription based on the feedback that the server measures and stores the evaluation result through the SOAP message.

키워드

자세 평가, 자세 분석, 자세 평가 프로그램, 운동 처방, 바른 자세

1. 서 론

바른 자세 관리는 건강한 삶의 유지에 필수적인 요소이다 [1]. 바르지 못한 자세는 집중력의 저하로 인해 일과 학습의 능률을 저하시킨다. 그리고 자세 이상이 오래 유지 되면 체형의 변화에서부터 여러 통증 증후군과 근골격계 질환의 원인이 된다 [2][3][4]. 하지만 일상 생활 속에서 자세 이상을 확인하고 관리 하기란 쉽지 않기에, 객관적인 자세 평가와 적절한 처방 및 관리가 필요하다. 이를 위해서는 스포츠 센터, 병원, 보건소 등의 전문 기관 방문이 필요하다. 이곳의 전문가들은 육안으로 근골격계의 상태를 확인해 자세

정렬을 확인하기도 하지만 이는 주관적일 수 있기에, 표준화되고 검증된 평가 도구를 사용한다 [5] [6].

가장 정확히 자세를 평가하는 방법은 방사선 촬영을 통해 실제 골격계의 상태를 확인하는 것이다. 하지만 이는 비용과 안전성 측면에서 부담이 따르기에 자세 관리를 위한 방법으로는 적절치 않을 수 있다 [7] [8] [9].

반면에 자세 평가 프로그램은 신체에 마커를 부착한 뒤 이를 촬영해 자세를 평가 하는 방식이다. 이 방식은 마커의 크기와 카메라의 해상도 그리고 마커를 부착하는 사람에 따라 결과의 편차가 발생 할 수 있다. 하지만 마커와 부착 위치의

표준화를 통해 임상적으로 신뢰할 수 있는 측정이 가능하다 [10]. 그리고 자세 평가 프로그램은 쉽고 안전하게 수치화된 데이터로 자세 평가가 가능하여 많이 사용되고 있는 방법이다. 하지만 기존 자세 평가 프로그램은 자세 평가 시 골격계 정보만을 활용하여 평가를 진행하기 때문에 자세 이상의 원인이 되는 근육 정보를 알기 어렵고 평가 결과에 따라 자세 이상을 개선할 수 있는 피드백이 부족해 프로그램의 효율이 떨어지는 실정이다. 따라서 본 논문에서는 좀 더 상세한 자세 평가를 위해 골격계와 근육 정보를 종합해 자세 평가를 진행하고, 실질적으로 이상이 있는 근육의 상태를 알려주고, 바른 자세 관리에 도움을 줄 수 있는 맞춤형 운동 프로그램을 제공하는 시스템을 설계한다.

본 논문의 구성은 2장에서 관련 연구 현황에 대해 다루고, 3장에서 자세 평가 프로그램의 평가 방식과 맞춤형 운동 처방에 대해 설명한다. 4장에서 시스템 구성도에 대해 설명한다. 마지막으로 5장에서는 연구 결론을 제시한다.

II. 본 론

자세 평가 프로그램은 오래전부터 연구 개발되어 왔으며, 임상적으로 사용하기에 적합한 신뢰성과 타당성이 검증되었다 [11][12][13][14]. 대표적 자세 평가 프로그램으로 Biotonix (Canada)의 Biotonix Posture, PostureCo (USA)의 PostureScreen, BMClab (Brazil)의 PAS/SAPO, Contemplas (UK)의 Templo Posture Analysis 등이 있다. 각각의 특징을 살펴보면, Biotonix는 vertebral biomechanics에 중점을 두어 뼈의 정렬을 확인하고 발의 압력 분포를 이용해 자세 평가가 이루어진다. PostureScreen은 뼈의 정렬을 확인해 평가가 이루어지며, 평가 결과에 따라 mirror image exercise 운동 프로그램을 평가 등급별로 제공한다. SAPO는 뼈의 정렬을 확인할 수 있는 각 관절의 각도를 이용해 평가가 이루어진다. Templo Posture Analysis는 뼈의 정렬을 확인할 수 있는 각 관절의 각도를 제공하며, 정적 자세와 동적 자세 분석이 가능하다.

위 프로그램 들은 한국에 있는 병원, 한의원, 스포츠 센터 등에서 많이 활용되고 있는 자세 평가 프로그램으로 마커를 부착시키고 전면, 후면, 측면을 촬영하여 자세 평가가 진행 된다. 하지만 대부분의 프로그램들이 골격계만을 활용한 평가가 이루어져 자세 이상의 원인이 되는 근육 정보에 대한 결과 제시가 부족하며, 운동 콘텐츠 제공과 자세 관리에 대한 피드백이 부족해 이를 보완할 수 있는 시스템 개발이 필요하다.

III. 자세 평가 프로그램

III.I 골격계 포인트 정의 및 촬영

자세 평가를 위해서는 평가 항목에 따라 이를 측정할 수 있는 골격계 포인트 정의가 필요하다 [15]. 골격계 포인트는 평가 항목을 측정하는 기준이 된다. 본 연구에서는 14개의 평가 항목을 정하고, 이를 측정하기 위해 전면의 쇄골, 전상장골극, 대전자, 슬개골, 경골, 후면의 경추 7 번극돌기, 견갑골 하각, 척추와 견갑골 극, 주두, 후상장골극, 측면의 좌우 귓볼, 경봉까지 총 25개의 마커 포인트를 정의 하였다. 그림 1 은 전면 10곳, 후면 9곳, 측면 6곳으로 총 25곳의 마커 부착 위치를 보여주고 있다. 정의된 골격계 포인트에는 마커를 부착 하여 신체의 전면, 후면, 양 측면 4 방향에 대한 카메라 촬영이 이루어지고, 촬영된 이미지는 프로그램에 업로드 되어 영상처리 과정을 거치게 된다. 영상처리는 OpenCV를 사용해 마커 오브젝트 추출과 마커와 마커 사이의 거리와 각도 값을 수치 형태로 데이터화 하여 평가에 사용한다.

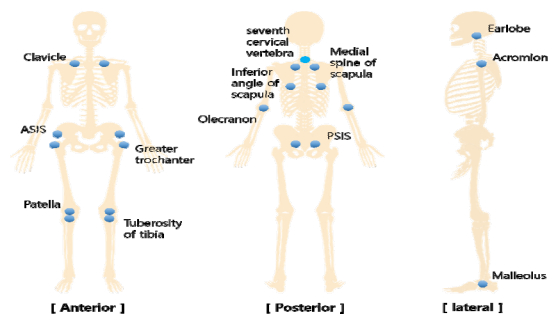


Fig. 1. Location of markings on body parts.

III.II 평가 항목

신체의 각 부위는 표 1의 평가 내용을 기준으로 평가 한다. 총 14개의 평가 항목이 있으며, 귀의 경우 좌우 귓볼에 부착한 마커 사이의 기울임이 0 에서 어느 정도 UP/DOWN 되었는지 측정하고, 머리는 중점을 기준으로 오른쪽, 왼쪽 방향으로의 회전 정도를 측정한다. 견갑골의 경우 어깨 높이, 하각 높이, 척추에서 하각까지의 거리, 회전 등의 세부 항목에 따라 기울기 또는 거리를 측정하며, 이 값을 통해 해당 근육의 수축과 이완 상태를 분석해 평가에 반영한다. 예를 들어 거북목(Forward Head Posture)은 측면자세에서 견봉을 기준으로 한 수직면과 측두 하악골의 뒷부분이 전방으로 벗어난 사이각과 편차를 측정하는데, 이 각도와 길이를 이용해 거북목 자세의 진행 정도를 평가 할 수 있다.

Table 1. Evaluation Body parts and contents.

Posture	Evaluation	Details	Evaluation contents
Posterior	Ear	tilt	R / L up / down
	Head	rotation	R / L CW / CCW / neutral
	scapula	shoulder height	R / L up / down
		height of inferior angle	R / L up / down
		length from sp to inferior angle	R / L cm
		rotation	R / L upward / downward
	elbow	rotation	R / L ex. Rot / int. rot
	trunk	rotation	CW / CCW / neutral
	pelvis	tilt	R / L up / down
	thigh	bulk	R / L cm
calf	bulk	R / L Cm	
malleolus	tilt	R / L °(degree)	
lateral	head	position	forward / backward / neutral
	pelvis	tilt	R / L ant. tilt / post. tilt / neutral
	knee	position	R / L bent / hyperextended / neutral
	foot	arch	R / L pes planus / pes cavus / neutral
Anterior	knee	Q-angle	R / L °(degree)

III.III 자세 정렬 평가

자세 분석을 위해서는 세부 평가 항목뿐만 아니라, 자세 정렬 평가도 필요하다 [16]. 본 연구에서는 Kendall의 분류 방법을 사용하였다. 그림 2는 Kendall의 자세 정렬의 4가지 유형을 보여주며, 특징은 다음과 같다 [17][18].

이상적인 정렬(Ideal Alignment)은 관상 봉합의 정점에서 약간 뒤로 향하며, 외이도를 통해서 척추의 치상돌기, 어깨를 통한 중간지점, 요추의 체간과 천골각을 통해 고관절의 중심에서 약간 뒤로 향하고 슬관절의 축에서는 약간 앞으로 향하는 모습이다. 척추후만-전만 자세(Kyphotic-lordotic Posture)는 관상 봉합의 정점에서 전방으로 경사지고 경추의 과신전, 견갑골 외전, 흉추의 과굴곡과 요추의 과신전, 골반이 전방으로 경사지며 고관절의 굴근, 슬관절 축에서 약간의 과신전, 발목관절 하퇴가 뒤쪽으로 경사가 진다. 편평등(Flat Back)은 척추의 전만 곡선이 소실되어 있으며, 관상 봉합의 정점에서 전방으로 경사지고 흉추 상부의 굴곡이 증가하고 하부는 일직선이 된다. 골반의 후방경사, 고관절과 슬관절의 신전으로 주로 대퇴 굴근과 척추기립근의 이완과 약화로 햄스트링과 복직근이 단축되는 특징이 있다. 척추 만곡증(Sway Back)은 척추전만증과 구분하기 위한 개념으로 골반이 전방변위되면서 과신전된 경우이다. 흉추의 증가된 굴곡을 보이며 체간 상부의 후방변위, 요추의 편평등, 슬관절 축에서 과신전과 발목관절이 중립 위치에 있다.

이 4가지 유형에 대한 자세 정렬을 평가하기 위해서는 요추, 흉추, 경추의 각도와 그에 따른 상대적인 견갑골, 골반의 위치나 높이 등을 종합적으로 고려하여 평가해야 한다 [19]. 본 연구에서는 가상의 Plumb Line(추선)을 그어 머리(귀 위치), 어깨, 허리, 힌, 무릎, 발목 위치에서의 각도와 거리 데이터를 활용해 4가지 유형의 자세 정렬을 구분 한다.

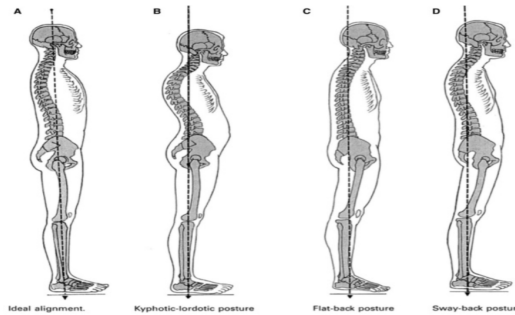


Fig. 2. The 4 postural types defined according to the classification of Kendall. (Reprinted from Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, Rodgers MM, Romani WA. Muscles: testing and function, with posture and pain. 5th ed. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins; 2005)

III.IV 맞춤형 운동 처방

평가 결과에 따른 맞춤형 운동 프로그램은 각 평가 항목과 자세 정렬의 결과를 종합하여 제공된다. 자세 이상과 정도에 따라 근육의 상태를 예상 할 수 있기에, 이를 수축하고 이완 시킬 수 있는 운동과 자세를 제공해 준다.

예를 들어 상부체간과 골반의 변위정도에 따라 요추의 위치도 달라지는데 상복부근육, 특히 상복직근과 내복사근이 단축되고 하복부근, 특히 외복사근과 고관절굴곡근이 이완되고 약화되었다면 자세 정렬의 4가지 유형 중 Sway Back Posture에 해당될 것이다. Sway Back Posture의 경우 골반의 후만회전을 중립화 시키기 위해 척추세움근과 하복부의 근력강화운동을 제공하고, 경추의 지나친 전만을 완화시키기 위해 목의 굴곡근인 흉쇄유돌근을 자극시키는 standing tall 자세를 제공하여 단축되고 이완된 근육을 이상적인 정렬로 바로 잡는 운동들을 제시한다.

III.V 데이터 전송 및 저장

빅데이터를 활용하여 운동의 자세, 패턴등 데이터 수집과 활용을 위하여 서버를 개발한다. xml표준 프로토콜을 이용한 SOA(Service Orientend Arichitecture)기반의 웹 서비스 방식의 시스템 설계와 영상처리를 통하여 측정된 데이터의 빅데이터화를 위한 MYSQL 기반의 저장소 설계한다. 관리자가 원하는 정보를 언제든 웹서비스에 요청에 따라 평가 결과를 전송할 수 있도록 한다.

IV. 시스템구성

IV.I 자세 평가 프로그램

시스템 구성은 자세 평가 프로그램과 결과 저장 및 맞춤형 운동프로그램 제공을 위한 서버와 웹서비스로 이루어진다. 그림 3 는 개발된 평가 프로그램의 UI(User Interface) 화면이다. 메인 메뉴에서 피검자 관리와 자세 평가를 위한 촬영 및 평가가 이루어지기 때문에 쉽고 간단하게 프로그램을 조작할 수 있다. 촬영이 완료되면 자동으로 측정 값들은 서버의 데이터베이스로 전송되어 저장되고 촬영된 이미지에서 추출한 수치 데이터는 촬영 이미지에 표시되어 몸의 휘어짐이나 자세 이상 등을 직관적으로 확인 할 수 있다. 그리고 검사자는 피검자의 평가 결과를 측정 날짜 별로 확인해 비교 분석 할 수 있다.



Fig. 3. Posture evaluation program main screen.

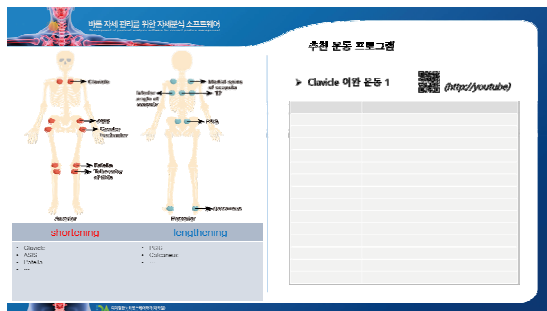


Fig. 4. Posture evaluation program result screen.

평가 결과 화면에서는 자세 이상이 발견된 부위의 근육 상태를 제공해 주는데, 짧아진 근육의

경우 빨간색으로 표시되고 늘어난 근육은 파란색으로 표시되며, 이 근육들의 리스트 항목을 제공한다. 그리고 자세 이상을 개선하고 근육을 풀어 주거나 강화시켜 줄 수 있는 맞춤 운동 프로그램을 그림과 텍스트 형태로 제공하며, 유튜브 동영상 링크를 QR(Quick Response) 코드 형태로 제공하여 집에서 쉽게 찾아보고 따라할 수 있게 하였다.

IV.II 자세 평가 프로그램

자세 평가 프로그램의 평가 결과는 서버로 전송되어 저장 관리된다. 웹서비스는 데이터의 전송 및 저장과 분석 역할을 제공한다. 웹서비스는 SOA(Service Oriented Architecture) 기반의 표준 호출 인터페이스인 SOAP(Simple Object Access Protocol) 메시지를 통해 이루어지기 때문에 시스템의 확장성 및 상호 연동성이 뛰어나기에 향후 모바일 형태나 다른 운영체제의 시스템에서도 서비스가 가능하다.

자세 평가 프로그램에서 SOAP 메시지를 통해 보내진 데이터는 웹서비스를 통해 서버의 데이터베이스에 저장되고, 관리자가 원하는 정보는 언제든 웹 서비스에 요청하여 평가 프로그램으로 전송 받는다. 그리고 평가 결과에 따라 분석된 맞춤 운동 프로그램을 제공한다.

데이터베이스는 MySQL 기반으로 설계 및 개발되었으며, 피검자 정보와 평가 데이터 및 촬영 이미지가 저장된다. 피검자 정보에는 이름, 전화번호와 키, 몸무게, BMI(Body Mass Index) 등의 간단한 신체 정보가 저장되고 평가 데이터는 마커에서 추출한 수치 데이터와 촬영 이미지, 영상 처리된 이미지, 그리고 이상 근육 정보가 저장된다.

V. 결론

대부분의 시간을 앉아서 보내는 현대인들은 쉽게 자세의 틀어짐이 발생하고 이는 신체의 변형과 통증 증후군으로 이어진다. 그렇기 때문에 일상에서의 정확한 자세 평가와 이에 따른 적절한 처방 및 관리를 필요로 한다. 기존 자세 평가 프로그램은 쉽고 안전하게 자세를 평가해주지만 적절한 처방 및 관리의 측면에서는 부족한 부분이 많았다. 자세 이상의 원인이 되는 근육 정보가 빠져 있어 평가가 상세하지 못했고, 적절한 자세 이상의 개선 방법 제시가 부족했다. 따라서 본 논문에서는 기존 자세 평가 프로그램 평가 방식에 근육 정보를 활용해 상세한 평가 결과를 제시하고, 바른 자세 관리를 위한 맞춤형 운동 프로그램을 통신 저장을 제공하는 시스템 설계를 다루었다. 이를 통해 기존 자세 평가 프로그램 보다 좀 더 신뢰성 있는 자세 평가와 이 데이터를 빅데이터화 하여 프로그램 활용의 효율을 가져올 수 있다고 본다. 하지만 현재는 정적 자세 분석만 가능하기에 평가 항목의 제한이 있고, 신체에 마커를 부

착해야 하는 평가 방식에 대한 개선이 필요할 것으로 보인다. 추후 연구는 동적 자세 분석을 통하여 정적 자세에서 발견 할 수 없었던 자세 이상을 발견하고, 좀 더 쉽고 편리한 평가 방식 개발이 필요하다.

감사의 글

이 논문은 2018년도 산업통상자원부의 '창의산업융합 특성화 인제 양성사업'의 지원을 받아 연구되었음(과제번호 N0000717)

참고문헌

- [1] M. P. McEvoy, and K. Grimmer, *Reliability of upright posture measurements in primary school children*, BMC musculoskeletal disorders, 6(1) (2005), p.35.
- [2] A. M. Genaidy, and W. Karwowski, *The effects of neutral posture deviations on perceived joint discomfort ratings in sitting and standing postures*, Ergonomics, 36(7) (1993), pp.785-792.
- [3] M. Rys, and S. Konz, *Standing*, Ergonomics, 37(4) (1994), pp.676-687.
- [4] T. Tsuji, Y. Matsuyama, M. Goto, Y. Yimin, K. Sato, Y. Hasegawa, and N. Ishiguro, *Knee-spine syndrome: correlation between sacral inclination and patellofemoral joint pain*, Journal of orthopaedic science, 7(5) (2002), pp.519-523.
- [5] A. J. J. Zonnenberg, C. J. Van Maanen, J. W. H. Elvers, and R. A. B. Oostendorp, *Intra/interrater reliability of measurements on body posture photographs*, CRANIO®, 14(4) (1996), pp.326-331.
- [6] C. Fedorak, N. Ashworth, J. Marshall, and H. Paull, *Reliability of the visual assessment of cervical and lumbar lordosis: how good are we?*, Spine, 28(16) (2003), pp.1857-1859.
- [7] S. Balter, J. W. Hopewell, D. L. Miller, L. K. Wagner, and M. J. Zelefsky, *Fluoroscopically guided interventional procedures: a review of radiation effects on patients' skin and hair*, Radiology, 254(2) (2010), pp.326-341.
- [8] T. R. Koenig, D. Wolff, F. A. Mettler, and L. K. Wagner, *Skin injuries from fluoroscopically guided procedures: part 1, characteristics of radiation injury*, American journal of roentgenology, 177(1) (2001), pp.3-11.
- [9] T. R. Koenig, F. A. Mettler, and L. K. Wagner, *Skin injuries from fluoroscopically guided procedures: part 2, review of 73 cases and recommendations for minimizing dose delivered to patient*, American Journal of Roentgenology, 177(1) (2001), pp.13-20.
- [10] D. E. Harrison, T. J. Janik, R. Cailliet, D. D. Harrison, M. C. Normand, D. L. Perron, and J. R. Ferrantelli, *Validation of a computer analysis to determine 3-D rotations and translations of the rib cage in upright posture from three 2-D digital images*, European Spine Journal, 16(2) (2007), pp.213-218.
- [11] E. A. G. Ferreira, *Postura e controle postural: desenvolvimento e aplicação de método quantitativo de avaliação postural*, São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo (2005).
- [12] E. A. G. Ferreira, M. Duarte, E. P. Maldonado, T. N. Burke, and A. P. Marques, *Postural assessment software (PAS/SAPO): Validation and reliability*, Clinics, 65(7) (2010), pp.675-681.
- [13] P. J. Figueroa, N. J. Leite, and R. M. Barros, *A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis*, Computer methods and programs in biomedicine, 72(2) (2003), pp.155-165.
- [14] M. C. Normand, D. E. Harrison, R. Cailliet, P. Black, D. D. Harrison, and B. Holland, *Reliability and measurement error of the biotonic video posture evaluation system—part I: inanimate objects*, Journal of manipulative and physiological therapeutics, 25(4) (2002), pp.246-250.
- [15] N. Gangnet, V. Pomeroy, R. Dumas, W. Skalli, and J. M. Vital, *Variability of the spine and pelvis location with respect to the gravity line: a three-dimensional stereoradiographic study using a force platform*, Surgical and radiologic anatomy, 25(5-6) (2003), pp.424-433.
- [16] N. Gangnet, V. Pomeroy, R. Dumas, W. Skalli, and J. M. Vital, *Variability of the spine and pelvis location with respect to the gravity line: a three-dimensional stereoradiographic study using a force platform*, Surgical and radiologic anatomy, 25(5-6) (2003), pp.424-433.
- [17] A. Yamamoto, K. Takagishi, T. Kobayashi, H. Shitara, T. Ichinose, E. Takasawa, D. Shimoyama, and T. Osawa, *The impact of faulty posture on rotator cuff tears with and without symptoms*, Journal of shoulder and elbow surgery, 24(3) (2015), pp.446-452.
- [18] F.P. Kendall, E.K. McCreary, P.G. Provance, M.M. Rodgers, W.A. Romani, *Muscles: testing and function, with posture and pain*, Lippincott Williams & Wilkins, Baltimore, MD (2005)
- [19] K. J. Dolan, and A. Green, *Lumbar spine reposition sense: the effect of a 'slouched' posture*, Manual Therapy, 11(3) (2006), pp.202-207.