

## 모바일 물리치료 진단 어플리케이션 개발 및 사용성 평가

이민형 · 김종순<sup>†</sup>

부산대학교병원 재활의학팀, <sup>1</sup>부산가톨릭대학교 보건과학대학 물리치료학과

### Development and Usability Evaluation of a Mobile Physical Therapeutic Diagnosis Application

Min-Hyung Rhee, P.T., Ph.D. · Jong-Soon Kim, P.T., Ph.D.<sup>†</sup>

*Department of Rehabilitation Medicine, Pusan National University Hospital*

*<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, College of Health Sciences, Catholic University of Pusan*

Received: March 26, 2023 / Revised: March 30, 2023 / Accepted: March 31, 2023

© 2023 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 physical therapy diagnosis process requires high-level background knowledge, the ability to obtain added information from patients, accurate examination skills, and a framework for transforming thoughts into a diagnostic decision. Thus, the physical therapy diagnostic process is highly complicated and difficult work. To function as autonomous professionals, physical therapists must develop effective clinical diagnosis skills. As such, mobile application aids can help with accurate and scientific diagnoses. Therefore, this study aims to develop and evaluate the usability of a mobile application for physical therapy diagnoses.

**Methods:** In this study, a diagnostic application was developed using App Inventor, the development environment was the Chrome web browser for Windows 10, and the mobile application was run on a Google Pixel 5. The developed application was evaluated for usability by 20 physical therapists with more than 5 years of clinical experience in the musculoskeletal physical therapy field, and a usability evaluation was conducted using a 5-point Likert scale for accuracy, convenience, satisfaction, and usability. The collected Likert scores were converted into percentages and analyzed as descriptive statistics.

**Results:** The graphical user interface consisted of an initial screen with program guidance, 18 screens presenting the algorithm, and 12 screens presenting the estimated diagnosis based on the algorithm. As such, the usability evaluation of the developed application was as follows: accuracy 100%, convenience 90%, satisfaction 91%, and usability 88%.

**Conclusion:** The newly developed mobile application for physical therapeutic diagnoses has a high accuracy, and it will aid in building an easy and reliable physical therapy diagnosis system.

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

**Key Words:** Mobile application, Physical therapeutic diagnosis, App Inventor, Usability

## I. 서론

올바른 진단은 오랫동안 강력하게 의료계의 권위를 지탱해준 도구이다(Jutel & Lupton, 2015). 따라서 환자에 대한 치료를 결정하기 전에 물리치료사는 주의해야 할 환자의 특이 상태를 고려하여 진단을 수립해야 한다. 진단이란 질환과 관련된 징후 및 증상의 분류로서(APTA, 2020) 환자에게서 나타나는 징후 및 증상의 본질과 원인을 알아보는 과정이며 원인에 따른 결과를 분류하는 행위이다(Liu & Fletcher, 2006; Zimny, 2004). 진단 영역에서 의사에 의한 진단과 물리치료사에 의한 진단은 목적과 현상이라는 관점에서 차이가 있다고 할 수 있다(Jette, 2009). 즉, 의사에 의해 이루어지는 진단은 주로 질병, 장애 및 손상의 원인을 분류하는 반면 물리치료사에 의한 진단은 주로 그로 인한 결과를 분류하는 것이다. 따라서 물리치료적 진단의 초점은 감별 평가 및 기능 장애 규명에 있다고 할 수 있다.

Cyriax는 “모든 통증은 원인이 있고 치료는 그 원인을 해결해야 하며.....(중략).....진단을 잘 하면 치료는 성공적이다.”라는 말로 진단의 중요성을 강조하고 있다(Omberg, 2013). 따라서 물리치료의 성공적 수행은 진단에 달려있다고 해도 과언이 아닐 것이다. 그러나 진단 과정은 과학적이고 체계적인 사고의 틀 속에서 환자로부터 수집된 여러 가지 정보를 종합적으로 고려하여야 하는 다소 복잡한 과정이라 할 수 있으며 물리치료 영역에서도 정확한 진단은 높은 수준의 배경 지식과 섬세한 작업 과정을 필요로 하는 고난이도의 영역이라고 할 수 있다. 따라서 정확한 물리치료 진단은 매우 어려운 전문적 행위로서 정확한 진단을 위한 보조적 도움이 필요한 실정이다.

10여년 전부터 의료 종사자들은 의료 행위의 일부로 모바일(mobile) 기술, 어플리케이션(application) 그리고 기타 디지털 기술을 사용하기 시작했다(Buijink

et al., 2013; Payne et al., 2012). 최근까지도 이러한 모바일 기술과 어플리케이션의 발전은 전 세계적인 의료 서비스 제공의 변화를 주도하고 있다(Osei & Mashamba-Thompson, 2021). 의료 영역에서 진단과 관련한 어플리케이션의 활용은 에볼라(ebolavirus), 사람면역결핍바이러스(human immunodeficiency virus), 중증급성호흡증후군(severe acute respiratory syndrome; SARS), COVID-19 등과 같은 감염성 질병의 검사에 사용되었다(Sutcliffe et al., 2017; Udugama, 2020; Yahya, 2019). Judel과 Lupton (2015)은 의학적 진단 관련 어플리케이션 131개를 분석하여 진단 효과 관련 57종, 어플리케이션 형식의 의학 서적, 논문, 진단 관련 출판물 24종, 진단 코딩 보조 도구 20종, 어플리케이션 형식의 진단 의학 교육을 위한 교과서 및 교육 도구 15종으로 어플리케이션을 분류하였다. 이중 순수 진단 관련 어플리케이션으로 분류할 수 있는 것은 진단 효과 관련 57종이다. 이는 온전히 의사의 진단을 보조할 목적으로 개발된 어플리케이션이 매우 부족함을 의미한다.

물리치료 영역에서도 시대의 흐름에 따라 모바일 환경에서 구동 되는 각종 물리치료 관련 어플리케이션들이 개발되어 제공되고 있다. 이러한 모바일 어플리케이션들은 물리치료 실무의 효율성과 효과에 큰 차이를 만들어 낼 수 있다. 현재 물리치료 영역에서 개발되어 제공되고 있는 관련 어플리케이션들은 결과 측정 및 선별 검사 관련 15종, 평가 관련 10종, 물리치료 기법 관련 6종, 교육 관련 14종, 치료 관련 2종, 환자 관련 9종, 학술지 관련 6종, 해부학 관련 3종 등 총 80종의 어플리케이션들이 알려져 있다(Physiopedia, 2023). 이중 물리치료 진단과 가장 관련이 있는 어플리케이션은 측정 및 선별 검사 관련 15종의 어플리케이션과 평가 관련 10종의 어플리케이션이라 할 수 있으나 의학 영역에서 보고된 어플리케이션의 활용(Jutel & Lupton, 2015; Sutcliffe et al., 2017; Udugama, 2020; Yahya, 2019)과 마찬가지로 이들 물리치료 관련 어플

리케이션들도 단편적 검사 위주의 어플리케이션으로 종합적 사고를 필요로 하는 진단 과정에 효과적인 보조 수단이 되기에는 다소 부족한 면이 있다. 물리치료적 진단은 복잡한 문제를 해결하고자 하는 연속적인 의사결정 과정이다. 그러나 진단 과정은 복잡하며 의사결정은 어렵고 다양한 견해로 인해 논란의 여지가 있다는 어려움이 있다(Zimny, 2004). 따라서 객관적이고 일관되며 재현 가능한 진단 과정의 틀이 필요한테 기존에는 SOAP이나 문제 지향적 의무기록 체계(problem oriented medical record)가 의료 기록이라는 목적 외에 이러한 진단 과정의 틀은 제공하였다. 그러나 이는 진단의 전반적인 틀을 제공하는데 그칠 뿐 세부적인 진단 과정의 틀에 맞는 주관적, 객관적 정보의 수집 및 이를 바탕으로 한 임상 의사결정은 개인의 역량에 많은 영향을 받게 된다. 따라서 진단 과정을 보조할 수 있는 체계나 장비는 임상 실무의 고도화를 위해 매우 필요할 것으로 사료된다.

이에 본 연구는 기존 연구를 통해 개발된 단편적 임상 검사 위주의 어플리케이션이 아닌 진단과정에서 획득되는 주관적 정보와 객관적 정보를 바탕으로 합리적 진단이 도출될 수 있는 진단 보조 어플리케이션을 개발하고 개발된 어플리케이션의 사용성 평가를 실시하여 개발된 어플리케이션이 과학적이고 합리적인 진단 과정을 보조할 수 있는지 여부를 알아보고자 하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 물리치료 진단 어플리케이션 개발 과정

본 연구의 어플리케이션 개발은 앱 인벤터(App Inventor)를 사용하였다. 앱 인벤터는 모바일 어플리케이션 개발을 통해 컴퓨팅 사고 개념을 가르치기 위해 MIT에서 설계한 온라인 플랫폼으로 웹 브라우저에서 바로 휴대폰 또는 태블릿용 앱을 만들 수 있는 클라우드 기반 개발 도구이다. 앱 인벤터 개발 환경은 디자인 편집기와 블록 편집기의 두 가지 주요 부분으로 구성된다. 디자인 편집기에서는 앱의 구성 요소를 디자인 보기로 드래그 앤드 드롭(drag & drop)으로 선택하고, 블록 편집기에서는 구성 요소의 동작 방식을 지정하는 프로그램 블록을 조립한다. 제작이 완료된 앱을 패키징하고 독립 실행형 어플리케이션을 만들어 스마트폰에 설치할 수 있다(Kong & Abelson, 2019).

모바일 진단 어플리케이션 개발을 위해 본 연구에서는 Windows 10 64Bit 운영체제를 기반으로 하는 Chrome Browser 111.0.5563 버전을 이용하였다. 모바일 진단 어플리케이션을 구동시키기 위한 장비로 Android OS의 레퍼런스폰인 Google Pixel 5를 이용하여 시스템을 구성하였다. 앱 인벤터 개발을 위하여 플랫폼 웹사이트(<http://ai2.appinventor.mit.edu/>)에서 계정을 만들어 로그인하고, 새 프로젝트를 만들고 프로그램에서 사용할 구성 요소를 선택하였다(Fig 1). 선택

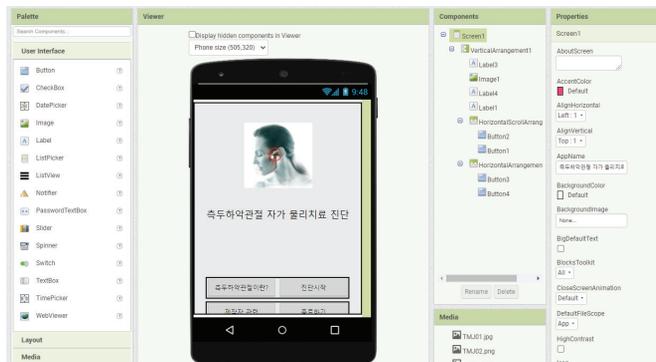


Fig. 1. Designer editor of App inventor for physical therapeutic diagnosis application development.

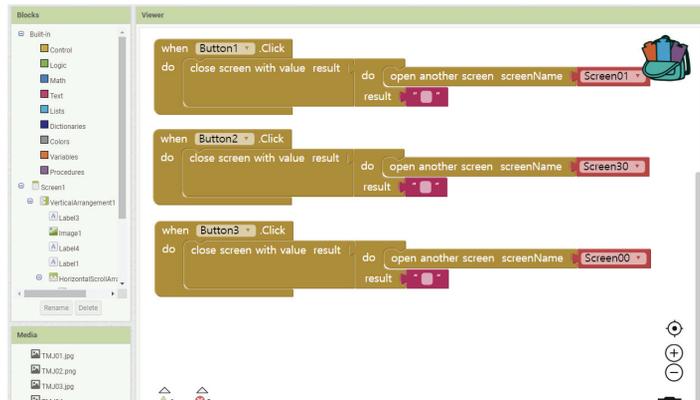


Fig. 2. Blocks editor of App inventor for physical therapeutic diagnosis application development.

된 구성요소를 바탕으로 블록 기반 코딩 방법을 사용하여 프로그래밍을 하였다(Fig 2). 앱 인벤터에서는 이벤트 블록, 로직 블록, 수학 블록 등 다양한 블록을 제공하는데, 이를 활용하여 모바일 물리치료 진단 어플리케이션을 제작하였다. 모바일 물리치료 진단 어플리케이션의 설계는 Souza (2009)가 제안한 턱관절(temporomandibular joint) 진단 프로토콜을 기초로 작성하였다. 어플리케이션 사용자가 임상 증상의 특이성과 통증을 유발하는 움직임을 선택하면, 그에 따른 진단을 설명하는 화면이 제시되는 형태로 제작하였다. 기본 그래픽 사용자 인터페이스는 초기 화면, 진단 알고리즘 화면, 추정 진단 화면으로 구성하였다. 제작된 어플리케이션은 Android OS 디바이스를 통해서 테스트하였다.

## 2. 개발된 어플리케이션의 사용성 평가

개발된 모바일 물리치료 진단 어플리케이션은 근골격계 물리치료 임상 경력 5년 이상의 물리치료사 20명을 통하여 사용성 평가를 실시하였다. 사용성 평가는 개발된 어플리케이션과 턱관절 진단 프로토콜(Souz, 2009)을 비교한 결과의 정확도(accuracy) 2문항, 어플리케이션 접근 방법에 대한 편의성(convenience) 2문항, 어플리케이션 사용 후 전반적인 만족도(satisfaction) 3문항, 개발된 어플리케이션의 실무적 활

용도(usability) 2문항을 리커트 5점 척도(5-point Likert scale)로 조사하였다. 리커트 점수의 백분율 환산은 각 문항별 평가된 리커트 점수에 20을 곱하여 환산하였으며 이후 기술 통계를 통해 각 문항별 평균 점수를 계산하였다.

## Ⅲ. 연구 결과

### 1. 기본 그래픽 사용자 인터페이스(graphical user interface)의 구성

프로그램에 대한 안내와 턱관절에 대한 안내가 되어있는 초기 화면(Fig. 3a), 진단을 위한 알고리즘을 제시하는 18개의 화면(Fig. 3b, 3c), 알고리즘에 따른 추정 진단을 제시하는 12개의 화면(Fig. 3d)으로 전체 총 31개의 기본 그래픽 사용자 인터페이스를 구성하였다

### 2. 어플리케이션 구현 후 사용성 평가 결과

본 연구를 통해 개발된 물리치료 진단 어플리케이션 사용성 평가 결과는 다음과 같다(Table 1). 물리치료사 20명이 실시한 진단 어플리케이션의 정확도는 100%, 편의성은 90%, 만족도는 91%, 활용도는 88%이었다.

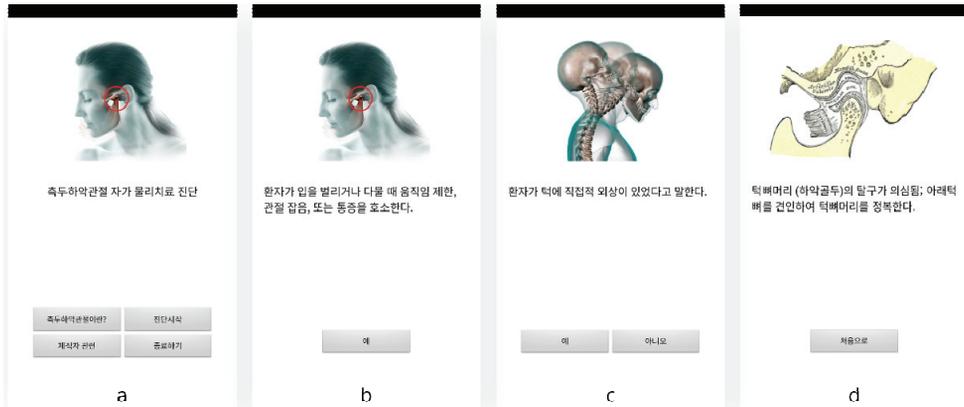


Fig. 3. Configuring the default graphical user interface.

Table 1. The results of application usability evaluation

Accuracy	Convenience	Satisfaction	Usability
100.00±0.00	90.00±13.76	91.00±12.10	88.00±16.42

Unit : %

#### IV. 고 찰

최근 4차 산업 혁명 기술의 등장으로 의료관련 산업은 의료 빅데이터 공통 데이터 모델(common data model), 의료용 소프트웨어(software as medical device), 웨어러블 기술, 유전자 분석, 디지털 치료(digital therapeutics) 등이 새롭게 등장하여 주목을 받고 있다. 이를 통해 진단, 치료 그리고 재활 영역의 급격한 변화가 예상되고 있다(Ministry of food & drug safety, 2020).

모바일 어플리케이션을 활용한 진단 관련 연구들을 살펴보면 COVID-19 진단 전달 어플리케이션(Tello-Mijares & Woo, 2022), 번아웃(Burnout) 진단 어플리케이션(Godia et al., 2022), 간질 진단 어플리케이션(Patterson et al., 2015; 2018) 등 일부 영역에서 연구가 이루어지고 있는 실정이다. 물리치료 영역에서 모바일 어플리케이션을 활용한 연구들을 살펴보면 통증 및 기능 개선을 위한 활용(Beresford & Norwood, 2022; Cottrell et al., 2017; Jiang et al., 2018), 가정 운동을 위한 활용(Arensman et al., 2022), 운동, 교육, 자가 관리

를 위한 활용(Irvine et al., 2015; Sánchez-Laulhé et al., 2022), 체중 감량을 위한 활용(Flores Mateo et al., 2015), 자세 교육을 위한 활용(Abadiyan et al., 2021), 요실금 치료 및 케겔운동(Kegel exercise) 적용을 위한 활용(Jaffar et al., 2022; Loohuis et al., 2021; Wang et al., 2020), 심폐물리치료 적용을 위한 활용(Park et al., 2019) 등 주로 원격 물리치료(tele-physical therapy)를 위한 어플리케이션의 활용에 관한 연구들이었고 물리치료 진단과 관련한 어플리케이션 개발 및 활용에 관한 연구는 전무한 실정이었다.

이처럼 물리치료 진단 어플리케이션 개발 및 활용에 관한 연구가 부족한 주요 요인으로는 기술적 문제를 생각해 볼 수 있다. 물리치료사의 경우 물리치료 진단에 필요한 배경 지식, 정보 수집 능력, 검사 수행 능력, 그리고 진단을 위한 종합적 사고의 틀 등을 갖추고는 있으나 어플리케이션 개발에 필요한 정보공학적인 지식은 매우 부족하므로 어플리케이션 개발을 외부 개발 전문가에게 의존할 수밖에 없다. 그러나 어플리케이션 개발 전문가 또한 물리치료에 대한 이해와 전문 지식이 부족한 문제점을 가지고 있다. 이러한 어플리케이션 개발자의 개발 분야 이해도 부족은 어플리케이션 사용자의 낮은 만족도로 이어지는데 Dittrich 등(2019)에 따르면 사용자의 62.5%가 일반적으로 의료 모바일 어플리케이션에 만족스러워 하지 못했다고 보고하였다. 따라서 물리치료사의 정보공학적인 지식

부족으로 인한 어플리케이션 개발의 기술적 문제점을 극복할 수 있는 방안이 필요하다.

앱 인벤터(App Inventor)는 구글(Google)에서 무료로 제공하는 안드로이드 기반 어플리케이션 개발도구로서 시각적인 블록을 통해 스마트폰 어플리케이션 개발이 가능한 플랫폼을 제공한다. 앱 인벤터는 빠른 어플리케이션 개발에 적합한 도구로서 사용자 인터페이스를 정의하는 화면과 블록으로 된 도구를 이용하여 메소드(methods)를 정의하는 화면으로 이루어져 있다. 이들 두 개의 모듈이 완성되면 최종 결과는 안드로이드 스마트폰에 설치할 수 있어 확산성과 접근성이 우수하여 비전문가들도 쉽게 어플리케이션을 개발할 수 있다(Park, 2013). 따라서 물리치료 진단 어플리케이션 구현의 기술적 문제를 해결할 수 있는 개발 도구로 판단된다. 이에 본 연구는 물리치료 진단 어플리케이션 구현을 위해 사용자 누구나 무료로 쉽게 사용할 수 있는 앱 인벤터를 이용하여 핸드폰 기반에서 구동이 가능한 어플리케이션을 개발하고자 하였다. 따라서 본 연구를 통해 개발된 물리치료 진단 모바일 어플리케이션은 핸드폰에서도 작동이 가능하므로 휴대성 및 접근성이 수월할 것으로 사료된다.

해외 의학 분야에서 개발된 진단 어플리케이션을 살펴보면 대부분 전문적 식견을 제공하기 보다는 개인의 전문 지식을 지원하도록 설계가 되어 있는 문제점이 지적 되었다(Jutel & Lupton, 2015). 또한 Berger-Groch 등(2021)은 진단을 내릴 수 있도록 적극적으로 지원하는 어플리케이션은 없다고 보고하였다. 이러한 문제점을 보완하기 위해서는 입력 값들에 대한 의사결정 규칙에 따라 출력 값을 예측하는 모형으로 해석이 수월하고 피검자와 검사자의 상호작용이 동반되는 대화형 의사결정 수형도(interactive decision tree diagram)가 대안이 될 수 있다(Jutel & Lupton, 2015). 본 연구에서도 이러한 점을 반영하여 Souza(2009)가 제안한 대화형 의사결정 수형도 형태의 진단 알고리즘을 참고하여 어플리케이션을 설계하였다. 진단은 체계화된 사고의 틀에 따라 순서를 지켜 진행되는 것이 중요한데 Souza(2009)의 대화형 의사결정 수형도는 최종적인 진단을 위해 예(Yes) 혹은 아니오

(No)로 답을 하도록 하고 그에 따라 검사 및 평가가 진행 되도록 되어있다. 따라서 체계화된 틀 속에서 검사 및 평가 순서에 따라 진단 과정을 수행할 수 있어 진행은 쉬운 반면 정확하고 일관된 진단을 수행할 수 있다는 장점이 있다. 그러므로 이를 바탕으로 진단 알고리즘을 설계한 본 연구의 어플리케이션은 쉽고 간편한 진단 과정의 수행, 체계화되고 일관된 진단을 구현할 수 있을 것으로 사료된다.

진단 어플리케이션은 진단을 하는 의료전문가에 많은 이점을 가져다 줄 수 있으나 기존에 개발된 의료 관련 어플리케이션의 개발 과정에서 사용된 근거나 전문성에 대한 검증은 매우 부족한 실정이다(Jutel & Lupton, 2015). 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 어플리케이션의 기본 설계 알고리즘을 임상에서 많이 사용되고 있는 진단 알고리즘(Souza, 2009)을 기반으로 하였으며 어플리케이션 개발 후 개발된 어플리케이션을 직접 사용하게 될 근골격계 물리치료 임상 경력 5년 이상의 물리치료사를 대상으로 사용성 평가를 실시하였다. Buijink 등(2013)은 의료 관련 어플리케이션이 임상 실무를 개선 시킬 수 있는 큰 잠재력을 가지고 있으나 어플리케이션의 오작동은 임상 의사결정 과정에 부정적인 영향을 미칠 수 있다고 하였다. 따라서 진단 어플리케이션의 정확도 등은 매우 중요한데 본 연구를 통해 개발된 물리치료 진단 어플리케이션의 사용성 평가 결과 어플리케이션의 정확도, 편의성, 만족도, 활용도는 88~100%로 매우 높은 수준이었다.

기존에 개발된 의료 진단 관련 어플리케이션의 정확도 등에 관한 연구를 살펴보면 그 결과가 다소 상이하게 보고 되고 있다. Mobasheri 등(2014)은 유방암 진단 관련 어플리케이션을 분석한 결과 근거와 의료 전문가 참여 정도는 매우 낮은 수준이었다고 보고하였으며 Mikolajczyk 등(2021)도 피부 질환 진단 어플리케이션의 신뢰도, 민감도, 특이도는 임상 목적을 충족하기에는 충분하지 않았다고 보고하였다. 반면 화상 관련 어플리케이션을 분석한 Wurzer 등(2015)은 이들 어플리케이션이 의료인에 의한 수기적, 주관적 추정 에 비해 보다 객관적이고 재현 가능성이 높았다고 보고하였으며 Bierbrier 등(2014)은 14개의 의료 계산 어

플리케이션의 평가한 결과 정확도는 98.6%라고 보고하였으며 정확도가 100%인 어플리케이션은 6개로 43%를 차지하였다고 보고하였다. 이는 본 연구의 결과와 유사한 결과였다. 따라서 본 연구를 통해 개발된 물리치료 진단 어플리케이션은 신뢰할 만한 진단 어플리케이션으로 사료된다.

본 연구는 정보공학적 배경 지식이 없어도 손 쉽게 어플리케이션 개발을 시도할 수 있는 가능성을 제시하기 위하여 앱 인벤터를 이용하여 어플리케이션을 개발하였으나 이렇게 개발된 어플리케이션은 안드로이드 기반 모바일 폰에서만 구동이 가능하다는 한계를 가지고 있다. 또한 개발된 어플리케이션의 사용성 평가를 제한된 숫자의 전문가에게 실시하여 이를 일반화 하는 데는 한계가 있을 것으로 사료된다. 추후에는 본 연구를 통해 개발된 어플리케이션을 바탕으로 다른 질환의 진단을 위한 새로운 진단 알고리즘의 추가 및 임상 실무자를 중심으로 한 광범위한 사용성 평가나 효율성 검증 연구가 필요할 것으로 사료된다. 또한 개발된 물리치료 진단 모바일 어플리케이션의 상용화를 위한 지속적 연구도 필요한 것으로 사료된다.

## V. 결론

본 연구는 앱 인벤터를 이용하여 수행은 쉽고 결과는 일관된 물리치료 진단 어플리케이션을 개발하였다. 앱 인벤터의 사용은 물리치료 진단 어플리케이션 구현의 문제점인 물리치료사의 공학적 지식의 한계를 극복하는데 도움이 될 것으로 사료된다. 아울러 물리치료 진단 어플리케이션은 과학적이고 정확한 진단을 구현하는데 도움이 될 수 있을 것으로 사료된다.

## Acknowledgements

이 논문은 2021년도 부산가톨릭대학교 교내연구비에 의하여 연구되었음

## References

- Abadiyan F, Hadadnezhad M, Khosrokiani Z, et al. Adding a smartphone app to global postural re-education to improve neck pain, posture, quality of life, and endurance in people with nonspecific neck pain: a randomized controlled trial. *Trials*. 2021;22(1):274.
- APTA. Diagnosis by physical therapists. <https://www.apta.org/siteassets/pdfs/policies/diagnosis-by-physical-therapist.pdf>. 2012.
- Arensman R, Kloek C, Pisters M, et al. Patient perspectives on using a smartphone App to support home-based exercise during physical therapy treatment: Qualitative study. *Journal of Medical Internet Research Human Factors*. 2022;9(3):e35316.
- Beresford L, Norwood T. Can physical therapy deliver clinically meaningful improvements in pain and function through a Mobile App? An observational retrospective study. *Archives of Rehabilitation Research and Clinical Translation*. 2022;4(2):100186.
- Berger-Groch J, Keitsch M, Reiter A, et al. The use of mobile applications for the diagnosis and treatment of tumors in orthopaedic oncology-a systematic review. *Journal of Medical Systems*. 2021;45(11):99.
- Bierbrier R, Lo V, Wu RC. Evaluation of the accuracy of smartphone medical calculation apps. *Journal of Medical Internet Research*. 2014;16(2):e32.
- Buijink AW, Visser BJ, Marshall L. Medical apps for smartphones: lack of evidence undermines quality and safety. *Journal of Evidence-Based Medicine*. 2013;18(3):90-92.
- Cottrell M, Galea O, O'Leary S, et al. Real-time telerehabilitation for the treatment of musculoskeletal conditions is effective and comparable to standard practice: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*. 2017;31(5):625-638.
- Dittrich F, Busch A, Harren K, et al. Apps in clinical use

- in orthopedics and trauma surgery : The status quo in Germany. *Unfallchirurg*. 2019;122(9):690-696.
- Flores Mateo G, Granado-Font E, Ferré-Grau C, et al. Mobile phone Apps to promote weight loss and increase physical activity: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Medical Internet Research*. 2015;17(11):e253.
- Godia J, Pifarré M, Vilaplana J, et al. A free App for diagnosing burnout (BurnOut App): Development study. *Journal of Medical Internet Research Medical Informatics*. 2022;10(9):e30094.
- Irvine AB, Russell H, Manocchia M, et al. Mobile-Web app to self-manage low back pain: randomized controlled trial. *Journal of Medical Internet Research*. 2015; 17(1):e1.
- Jaffar A, Muhammad NA, Mohd Sidik S, et al. Feasibility and Usability of Kegel Exercise Pregnancy Training App(KEPT App) among Pregnant Women with Urinary Incontinence. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022; 19(6):3574.
- Jette AM. Towards a common language of disablement. *The Journals of Gerontology Series A Biological Sciences and Medical Sciences*. 2009;64:1165-1168.
- Jiang S, Xiang J, Gao X, et al. The comparison of telerehabilitation and face-to-face rehabilitation after total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Telemedicine and Telecare*. 2018;24(4):257-262.
- Jutel A, Lupton D. Digitizing diagnosis: a review of mobile applications in the diagnostic process. *Diagnosis*. 2015;2(2):89-96.
- Kong SC, Abelson H. Computational Thinking Education. Singapore. Springer, 2019.
- Liu H, Fletcher JP. Analysis of physicians' referrals: Is further diagnosis needed? *North American Journal of Sports Physical Therapy*. 2006;1(1):10-15.
- Loohuis AMM, Wessels NJ, Dekker JH, et al. App-Based Treatment in Primary Care for Urinary Incontinence: A Pragmatic, Randomized Controlled Trial. *Annals of Family Medicine*. 2021;19(2):102-109.
- Mikołajczyk M, Patrzyk S, Nieniewski M, et al. Evaluation of a smartphone application for diagnosis of skin diseases. *Postępy Dermatologii i Alergologii*. 2021; 38(5):761-766.
- Ministry of food & drug safety. Newly developed medical device outlook analysis report. 2020.
- Mobasheri MH, Johnston M, King D, et al. Smartphone breast applications - what's the evidence? *Breast*. 2014; 23(5):683-689.
- Omberg L. A system of orthopaedic medicine. London. Churchill Livingstone. 2013.
- Osei E, Mashamba-Thompson T. Mobile health applications for disease screening and treatment support in low-and middle-income countries: A narrative review. *Heliyon*. 2021;7(3):e06639.
- Park JS. A study on the effect of app inventor in introductory android programming course. *Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference*. 2013;21(2):287-288.
- Park S, Kim JY, Lee JC, et al. Mobile phone App-based pulmonary rehabilitation for chemotherapy-treated patients with advanced lung cancer: Pilot study. *Journal of Medical Internet Research Mhealth Uhealth*. 2019;7(2):e11094.
- Patterson V, Singh M, Rajbhandari H, et al. Validation of a phone app for epilepsy diagnosis in India and Nepal. *Seizure*. 2015;30:46-49.
- Patterson V, Samant S, Singh MB, et al. Diagnosis of epileptic seizures by community health workers using a mobile app: A comparison with physicians and a neurologist. *Seizure*. 2018;55:4-8.
- Payne KF, Wharrad H, Watts K. Smartphone and medical related app use among medical students and junior

- doctors in the United Kingdom (UK): a regional survey. *BMC Medical Informatics and Decision Making*. 2012;12:121.
- Physiopedia. Mobile Apps. [https://www.physio-pedia.com/Mobile\\_Apps](https://www.physio-pedia.com/Mobile_Apps). 2023.
- Sánchez-Laulhé PR, Luque-Romero LG, Barrero-García FJ, et al. An exercise and educational and self-management program delivered with a smartphone App(CareHand) in adults with rheumatoid arthritis of the hands: Randomized controlled trial. *Journal of Medical Internet Research mhealth uhealth*. 2022;10(4):e35462.
- Souza T. Differential diagnosis and management for the chiropractor. Sunbury. Jones and Bartlett Publishers. 2009.
- Sutcliffe CG, Thuma PE, van Dijk JH, et al. Use of mobile phones and text messaging to decrease the turnaround time for early infant HIV diagnosis and notification in rural Zambia: an observational study. *BMC Pediatrics*. 2017;17(1):66.
- Udugama B, Kadhiresan P, Kozlowski HN, et al. Diagnosing COVID-19: the disease and tools for detection. *ACS Nano*. 2020;14(4):3822-3835.
- Tello-Mijares S, WooF. Novel COVID-19 diagnosis delivery App using computed tomography images analyzed with saliency-preprocessing and deep learning. *Tomography*. 2022;8(3):1618-1630.
- Wang X, Xu X, Luo J, et al. Effect of app-based audio guidance pelvic floor muscle training on treatment of stress urinary incontinence in primiparas: A randomized controlled trial. *International Journal of Nursing Studies*. 2020;104:103527.
- Wurzer P, Parvizi D, Lumenta DB, et al. Smartphone applications in burns. *Burns*. 2015;41(5):977-989.
- Yahya H. Healthcare-related smartphone use among doctors in hospitals in Kaduna, Nigeria-A Survey. *Nigerian Journal of Clinical Practice*. 2019;22(7):897-905.
- Zimny NJ. Diagnostic classification and orthopaedic physical therapy practice: What we can learn from medicine. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2004;34(3):105-109.