



Analysis of domestic research trends related to the development of digital therapeutics (DTx) in the field of communication disorders*

Eunmi Yun · Ikjae Im**

Department of Speech-Language Rehabilitation, Catholic Kwandong University, Gangneung, Korea

Abstract

In this study, the definition of “digital therapeutics” was clarified by examining related studies, and the development trend of digital therapeutics at the domestic level was investigated. Further, research data and technologies applied to various communication disorders since 2015 were analyzed. From all these, digital therapeutics can be defined as software that can support evidence-based treatment when used on patients to prevent, manage, and treat disorders. With huge investments and research efforts increasingly made in the field of digital therapeutics, 17 of the 22 studies examined were on digital therapeutics applied in the treatment of language disorders. In the research papers examined, the technologies applied were virtual reality and augmented reality, with augmented reality used in most cases. The effects of applying digital treatment were positive, and most studies focused on content development in relation to the development of digital treatment, although one study was conducted for app development. Future studies could examine the application of digital therapeutics to more diverse communication disorder subjects. Active government support is expected in developing more sophisticated software that can be applied using a wider range of technologies in the field of digital therapeutics to treat more communication disorders.

Keywords: digital therapeutics (DTx), communication disorder, language disorder, speech disorder

1. 서론

코로나 19 팬데믹은 의사소통의 어려움이 있는 사람들에게 상대적으로 의사소통을 더 단절시키는 가혹한 시간을 제공하

였다. 마스크 착용의 일상화는 화자와 청자 간 주고받는 시각적 단서의 교류를 차단시켜 의사소통 문제를 가중시키기도 하였다. 또한 언어습득기의 아동들은 화자의 발음기관이나 발화 모양을 시각적으로 확인할 수 없어 충분한 모방 발화의 기회를 얻

* This work was supported by Basic Science Research Program through the National Research of Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (No. NRF-2021R111A3060278). This research was supported by “Regional Innovation Strategy (RIS)” through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (MOE) (2022RIS-005).

** ikjaeim@cku.ac.kr, Corresponding author

Received 31 October 2022; Revised 12 December 2022; Accepted 12 December 2022

© Copyright 2022 Korean Society of Speech Sciences. 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.

지 못하기도 하였다.

강조하여 어쩌면 이러한 의사소통상의 어려움은 장애인의 경우에서 더 가중되어 느껴질 수 있다. 대면 활동이 철저하게 통제된 상황에서 언어발달지체, 청각장애, 뇌성마비 등과 같이 의사소통에 어려움을 갖고 있는 언어재활 대상자들은 병원과 언어치료센터 등으로의 방문이 어렵게 되면서 언어치료를 받는 행위 자체가 제한되었고 이는 장애인들이 의사소통할 수 있는 양적 기회마저도 빼앗는 모습이었다. 모두가 처음 겪는 팬데믹 상황에서 제한된 대면 활동에 대한 대안책은 온라인(비대면) 공간에서의 활동이었다. 그러나 비대면 활동은 대면 활동에 대한 충분한 해결책을 제시하지는 못하였다. 예컨대, 비대면 학습을 2년여 동안 지속한 이 기간에 학습자 간의 학습 격차는 눈에 띄게 증가한 것으로 보고되고 있다. 특히, 정보 접근권에 어려움이 있거나 온라인 인프라가 충분하지 못한 지방의 학습자들은 디지털 정보를 습득하고 활용하는 데에도 어려움이 있었다(Kwon et al., 2021a).

질병으로 인한 팬데믹을 처음 겪는 어려운 상황을 지나 현재 우리는 코로나 이전으로의 회복을 위한 준비를 맞는 시점에 놓여있다. 이 중요한 시점에서, 이제는, 의사소통장애 분야에서도 언제든 의사소통장애에 어려움을 갖고 있는 대상자들을 위해 비대면으로 언어중재가 가능할 수 있는 환경을 조성하고 이에 따른 방안을 마련하여야 한다. 즉, 비대면 상황에서 시도할 수 있는 언어재활 방법으로서 디지털 치료제(digital therapeutics, DTx)의 도입과 확산을 위한 다양한 노력을 기울여야 할 시점이 도래하였다고 할 수 있다.

일반적으로 ‘디지털 치료제’는 약물은 아니지만 의약품과 같이 질병을 치료하고 건강을 향상시킬 수 있는 ‘소프트웨어’라고 정의한다(Kwon et al., 2021a). 그러나 의사소통장애 영역에서는 ‘디지털 치료제’라는 용어보다는 ‘증강현실(augmented reality, AR)’, ‘가상현실(virtual reality, VR)’이라는 특정 소프트웨어 기술을 포함한 용어를 사용한 연구 결과물을 비교적 쉽게 찾아볼 수 있다. AR은 현실 세계에 기반하여 VR기술을 더한 것으로 다양한 감각 정보를 제공하고 이를 이용한 디지털 치료제는 3D 영상으로 현실감 있는 환경을 제공하고 있다(Lee et al., 2016). 현재 이러한 AR/VR(또는 혼합 XR) 소프트웨어를 사용한 디지털 치료제는 다양한 언어장애를 가진 대상자들을 연구되고 있으며 이 프로그램의 효과는 어휘력의 향상, 동사 습득, 의문사 습득, 따라 말하기 능력 향상 등 여러 가지 중재 영역에서 평가되고 있다(Kim & Kwon, 2018; Kim & Kwon, 2019; Kim et al., 2019; Lee & Hwang, 2018; Ryu et al., 2020).

본 연구에서는 의사소통장애 영역에서의 ‘디지털 치료제’의 도입과 발전에 이 연구의 결과가 활용되기를 바라며 ‘디지털 치료제’가 무엇을 의미하고 있는가에 대한 다양한 정의를 확인해보고자 한다. 또한 디지털 치료제가 의사소통장애 분야에서 현재까지 어떻게 적용되어 왔는가를 국내 연구 자료를 통해 분석해보고 앞으로의 과제는 무엇인지에 대해 알아보려고 한다.

2. 디지털 치료제

여기서는 디지털 치료제라는 용어의 다양한 정의를 통해 AR 혹은 VR을 적용한 중재프로그램과는 어떻게 다른 것인가를 알아보고 디지털 치료제가 의사소통 분야와 관련해서 어떤 제품들이 개발되어 있는지 그 현황을 살펴보고자 한다.

2.1. 디지털 치료제의 정의

디지털 치료기기라는 용어가 등장하기 이전에 의료기기 소프트웨어는 딥러닝 알고리즘 기반의 진단 소프트웨어(Software in a Medical Device, SiMD)가 주류를 이루었다. 현재 디지털 치료제는 기존의 디지털 헬스케어와 달리 치료적 개입을 목표로 하는 소프트웨어라고 정의되며 현재는 규제와 인증을 필요로 한다(Kim & Shin, 2022)(그림 1). 또한 모바일 앱 등이 그 자체로 의료기기 역할을 하는 소프트웨어 형식(Software as a Medical Device, SaMD)이 선호되는 추세이다.

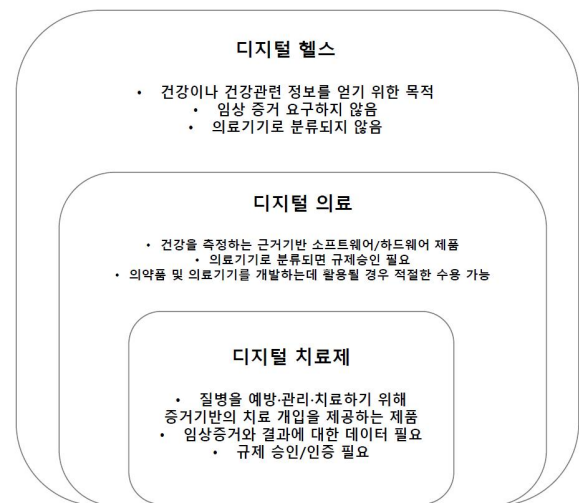


그림 1. 디지털 헬스, 디지털 의료와 디지털 치료제 비교
Figure 1. The comparison of digital health, digital medicine and digital therapeutics

디지털 치료제의 개념은 2015년 Nature Biotechnology 저널에 실린 ‘Defining Digital Medicine’ 논문에서 시작되었으며 디지털 치료는 환자에게 의학적 질병이나 질환을 예방, 진단 혹은 치료할 수 있는 소프트웨어 기반의 치료제를 의미한다. 또한 디지털 치료제는 부작용, 비용, 복약 관리, 모니터링과 데이터 관리 등에 있어 기존의 치료제보다 장점을 갖고 있다고 하였다(Kim et al., 2020; Lee et al., 2022에서 재인용).

국제 비영리 단체인 디지털 치료제 협회는 디지털 치료제에 대한 정의를 다음과 같이 설명하였다. 디지털 치료제는 의학적 장애나 질병을 예방·관리·치료하기 위해 환자에게 근거 기반 치료적 개입(evidence-based therapeutic intervention)을 제공하는 소프트웨어 기반의 의료기기라 하였다(Digital Therapeutics Alliance, 2021). 우리나라의 식품의약품안전처에서도 디지털

기기에 대해 정의 내리고 있는데 디지털 치료제 협회와 거의 동일하게 의학적 장애나 질병을 예방·관리·치료하기 위해 환자에게 근거 기반의 치료적 개입을 제공하는 ‘소프트웨어 의료기기’라고 정의하고 있다. 식품의약품안전처에서는 2020년 8월에 발간한 ‘디지털치료기기 허가·심사 가이드라인’에서는 디지털 치료제라는 용어 대신 ‘의료기기’를 강조하여 ‘디지털치료기기’라는 용어를 사용하고 있음을 알 수 있다(Ministry of Food and Drug Safety, 2020). 즉, 식품의약품안전처는 소프트웨어 의료기기이면서 동시에 질병의 예방·관리·치료 목적으로 적용되고 과학적 근거가 있는 것을 ‘디지털치료기기’라고 정의하고 있음을 알 수 있으며 이러한 영향에 따라 디지털 치료제보다는 디지털치료기기라는 용어의 확산이 전망된다. 디지털치료기기는 의료기기법 제2조에 따라 그 사용목적과 판단 기준에 따라 종합적으로 의료기기라 인정된 경우에 사용하는 용어이므로, 본 연구에서는 이러한 법적 절차나 기준에 준하여 개발된 기기 이외에 연구를 위해 개발되고 있는 ‘소프트웨어 의료기기’도 함께 포함하여 조사하였기 때문에 ‘디지털 치료제’라는 용어를 사용하기로 한다.

디지털 치료제를 기존 치료제와 비교해보면 디지털 기기를 통해 제공되며 독성 및 부작용이 거의 없으며 코딩 등 개발 및 복제 비용, 서비스 단가가 높지 않고 복약 과정에 대한 실시간 혹은 연속적인 관리가 가능하다는 장점이 있다. 또한 24시간 환자의 상태를 모니터링할 수 있으며, 인공지능(artificial intelligence, AI)와 결합 시에는 환자 데이터를 스스로 축적하고 이를 바탕으로 맞춤형 치료제를 적용할 수 있다(Kim & Shin, 2022; Kwon et al., 2021a).

이상의 정의를 종합해보면 디지털 치료제는 소프트웨어, 병의 예방·관리·치료 목적, 근거 기반이라는 용어로 집약할 수 있다. 그런데 AR/VR은 소프트웨어를 통해 제어되므로 AR/VR을 적용한 중재 프로그램 등은 디지털 치료제의 일종이라고 볼 수 있다.

2.2. 디지털 치료제 개발 동향

앞서 언급한 디지털 치료제의 정의에 따르면 디지털 치료제에는 애플리케이션(앱), 게임, AR/VR, AI 등이 있으며, 세부적인 기술의 발전 수준에 따라 그 범위가 점점 확대되고 다양화되어 가고 있다(Kim & Shin, 2022; Kwon et al., 2021b).

디지털 치료제는 2017년 9월 미국식품의약국(Food and Drug Administration, FDA)이 Pear Therapeutics의 약물중독 치료 의료용 모바일 앱인 ‘reSET’을 최초로 직접적인 질병 치료 효과가 있고 의사의 처방이 필요하며 기존 치료의 보완뿐만 아니라 독립적인 사용이 가능한 디지털 치료제로 허가하면서 본격적으로 등장했다. 2017년 이전까지는 이 분야와 관련된 특허 출원이 매우 적었으나 2018년 이후 빠른 증가 추세를 보이고 있으며 미국국립보건원(NIH) 임상시험 정보 사이트에 디지털 치료제에 해당되는 임상시험 역시 2016년 이후 급증하고 있음을 알 수 있다. FDA가 사상 최초로 디지털 치료제로 인정한 게임은 엔데버 RX(Endeavor RX)로 이는 미국 스타트업 아키리 인터랙티브 랩

스가 개발했다. 이 게임은 주의력결핍과잉행동장애(ADHD) 어린이들을 대상으로 이마엽 피질을 활성화시켜 주의력을 향상시켜주는 기능을 하는데 그 대상은 8-12세 사이로 재미있는 게임을 하는 동안 뇌의 인지기능의 변화를 가져와 대상자들의 주의 기능이 더 긍정적으로 개선되었다는 결과를 보고하였다. 영국에서 승인을 받은 제품의 경우는, 아동의 불안장애 관리를 위한 소프트웨어로 디지털 콘텐츠에 게임적인 요소를 결합한 BfB Labs의 Lumi Nova 제품이 있다. 독일에서 승인된 제품 중 정식으로 승인된 디지털 치료기기는 모두 인지행동치료에서 기반한 것으로 모듈 형태는 모바일이나 웹 앱으로 제공된다(Kim et al., 2020; Kwon et al., 2021b).

우리나라는 2020년 5월 의료기기산업 육성 및 혁신 의료기기 지원법을 시행하고 같은 해 8월에 디지털 치료기기 허가·심사 가이드 라인을 발표한 바 있다. 현재 처방 디지털치료기기로 허가를 받은 제품은 없으나 모바일 치료용 앱을 의료기기로 인정하면서 스마트 워치 제품에 내장되는 심전도, 혈압측정 소프트웨어 등 소프트웨어 의료기기(SaMD)로 승인받은 스마트폰용 앱이 35개에 달한다.

또한 정부의 디지털 치료제와 관련한 R&D 투자 규모 역시 2015년부터 2019년 5년 기간 동안 총 442억 원을 투자하였다. 이러한 투자는 과기정통부(구 미래부), 산업부, 복지부 순으로 3개 부처에 투자가 집중되어 있었다. 3개 부처의 투자 총액은 353억 원으로 전체 투자 금액의 약 80%를 차지하였다. 그리고 5년 간 투자 금액의 증가율을 살펴보면 교육부, 복지부, 산업부 순으로 각각 연평균 62.5%, 49.6%, 24.3%씩 증가하였다(Kim et al., 2020). 중소벤처기업부(구 중소기업청)에서 2019년에 발표한 ‘중소기업전략 기술로드맵 2019-2021 스마트 헬스케어’ 자료에 따르면 이 분야의 국내 시장 규모는 2017년 47,541억 원에서 지속적으로 성장하여 2022년에는 100,716억 원 규모로 성장할 것이라고 예측하였다(Ministry of SMEs and Startups, 2019).

국내에서 가장 먼저 식품의약품안전처의 임상 연구 승인을 받은 디지털치료기기는 뉴냅스의 ‘뉴냅비전’으로 현재 국내에서 임상 연구를 시도 중인 것으로 알려져 있다. 이 기기는 뇌졸중으로 인한 시야장애 환자를 대상으로 뇌세포를 자극하여 시각 정보를 인지하고 이를 훈련하도록 고안되었다. 이 외에도 국내 디지털치료기기를 개발하고 있는 주요 업체와 그에 따른 제품을 살펴보면 다음과 같다. 예프앤아이의 시니엔케어는 치매나 경도 인지장애를 가진 대상자에게 집안과 야외 두 가지의 VR 환경을 제공하고 여기에서 손녀를 돌보는 과업을 통해 인지기능을 향상 훈련을 제공한다. 또한 두브레인에서 제공하는 두브레인이라는 프로그램은 소아발달 장애아를 대상으로 이들에게 애니메이션과 교육 게임이 결합된 인지 훈련과 언어 변화 지표를 제공하여 인지 자극을 통한 소아의 두뇌 발달을 촉진시키고자 하는 치료기기이다(Kim & Shin, 2022; Kwon et al., 2021b).

연구개발 분야를 살펴보면 치료 기술 개발에 가장 많은 투자가 진행되었고 콘텐츠 혹은 소프트웨어 개발, 기반 연구 분야 및 기전 규명, 예방의 순으로 투자가 집중되었고 산업 분야에서 많은 소프트웨어 치료제를 개발하고 있으나 최근 5년 간 연구

수행의 주체로는 대학이 가장 많은 연구를 진행하고 있고 개발 연구에 가장 많은 투자가 이루어졌다(Kim et al., 2020).

3. 의사소통장애 분야에서의 디지털 치료제

본 연구에서는 의사소통장애 영역에서 의사소통 능력의 증진 또는 진단을 목적으로 디지털 치료제가 사용된 문헌을 조사하고 이때 적용된 기법과 효과를 탐색하고자 한국교육학술정보원(RISS)의 데이터베이스를 이용하여 자료를 수집하였다. 자료 검색은 2015년 1월부터 2022년 10월까지 동료 심사를 거쳐 출간된 논문과 학술대회 발표 논문을 대상으로 조사하였다. 사용한 검색어는 의사소통장애, 디지털 치료제, 앱, 게임, AR/VR, AI, 소프트웨어이었다. 전체 탐색 자료 221건 중 연구 대상자가 의사소통장애(언어발달장애, 조음음운장애, 유창성장애, 음성장애, 신경언어장애) 중 하나로 진단받고 의사소통장애의 증진 또는 진단을 목표로 둔 연구, 또는 의사소통장애 전문가들이 연구에 주도적 참여하여 의사소통 관련 소프트웨어(앱 포함)를 개발하거나 탐색한 연구를 최종 분석 자료로 선정하였다. 이때 질병을 예방하고 관리하며 치료하는 의료가기로 일반적인 의료 서비스나 건강 관리 적용 범위를 넘어서는 도구(예: 보완대체의사소통도구)를 연구 방법에 적용하였거나 이와 관련된 논문은 제외하였다. 또한 선정된 논문 중 AI 세부 기술에 대해 정의하고 이에 따른 활용 안을 제안한 연구는 본 연구 취지와는 부합하지 않아 최종 단계에서 제외하였다.

이에 따라 총 22개의 문헌을 의사소통장애 하위 영역별로 분류하여 디지털 치료제의 효과 및 특징에 대해 살펴보았고 그 내용은 다음과 같다.

3.1. 의사소통장애의 하위 분류

의사소통장애는 크게 5대 장애로 분류하는데 언어발달장애, 조음음운(말소리)장애, 유창성장애, 음성장애, 신경언어(신경 의사소통)장애가 그것이다. 이를 다시 언어의 형식(음운, 형태, 구문), 언어의 내용(의미), 언어의 화용(기능)의 측면에서의 현저한 결함을 갖는 언어장애와 말하기의 기능적 결함을 의미하는 말장애로 나누어 볼 수 있다. 말장애는 목소리장애, 조음음운(말소리)장애, 유창성장애로 분류할 수 있으며 본 연구에서는 삼킴장애의 경우 말장애군으로 분류하였다.

의사소통장애 하위 영역과 관련하여 언어장애를 가진 대상자를 연구 대상으로 삼은 연구가 말장애 대상자 연구보다 월등하게 많았다. 전체 22편의 논문 중 17편은 언어장애와 관련한 디지털 치료제를 개발 및 적용한 연구이었으며 말장애 관련 논문은 2편인 것으로 조사되었다. 이외에 일반아동이나 전문가 집단을 대상으로 진행된 연구는 3편인 것으로 분석되었다. 이중 일반 아동이 참여한 연구 2편 중 하나는, 일반아동을 대상으로 AR기술을 적용한 콘텐츠를 이용해서 의사소통 능력을 향상시키는 것과 관련된 연구였고, 나머지 다른 연구는 말샘플을 확보하기 위해 AR 기술을 적용한 연구이었다. 이외에 말 및 언어장애 대상자를 위한 VR과 웹 음성기술을 적용한 치료제의 개

발을 위한 예비연구로 전문가를 대상으로 내용타당도를 검증한 연구이었다.

연구 대상자별로는 뇌병변으로 인한 언어장애를 가진 대상자에게 VR 기술을 적용한 연구가 1편이었고 단순언어발달장애를 포함한 언어발달장애 아동을 대상으로 한 연구와 실어증환자를 대상으로 진행된 연구가 4편이었고(Kim & Kwon, 2020), 지적장애 아동을 대상으로 진행된 연구가 2편, 자폐 스펙트럼 아동을 대상으로 한 연구가 2편이었다. 다음으로 말장애를 가진 아동을 대상으로 진행된 연구 2편 중 1편은 청각장애 아동을 대상으로 진행하였고 다른 1편은 말소리 장애 아동을 대상으로 치료 앱을 개발하는 연구이었다. 분석한 논문의 주요 내용을 요약하면 표 1과 같다.

3.2. 적용된 기술별 분류 및 효과

국내외 다른 영역에서 디지털 치료제에 적용된 기술은 앞서 언급했듯이 앱, 게임, AR/VR, AI, 하드웨어와 소프트웨어가 복합된 신기술을 사용한다. 또한 디지털 치료제의 형태는 소프트웨어나 모바일 앱, 웹 서비스나 게임, 챗봇과 AR/VR(또는 혼합 XR), 메타버스 플랫폼까지 디지털 치료제의 효과와 용도에 따라 다양한 형태로 구현되고 있다. 치료 방법으로는 신경 시스템에 특정 자극을 전달해 인지 능력을 제어하는 프로그램, 환자의 행동을 중재 또는 제한하는 훈련 프로그램, 스마트폰이나 헤드마운트디스플레이(head mounted display, HMD)기기를 이용한 시선 추적 훈련, 약물중독 온라인 상담, 환자의 투약 정보를 병원 데이터와 연동하여 맞춤형 일정 및 복약 관리 프로그램 등이 사용되고 있다.

의사소통장애 영역에서 사용된 디지털 치료제의 핵심 기술을 살펴보면 앞서 열거한 기술 중 AR/VR을 적용한 콘텐츠를 활용한 연구가 대부분인 것으로 조사되었다. 전체 22편 중 AR 적용 연구는 16편(전체 중 72.7% 차지)이었고, 나머지 연구 5편은 VR 기술과 관련한 연구였고, 다른 1편은 AI를 적용한 연구였다. 좀 더 구체적으로는 VR 연구 중 2편은 VR을 적용한 연구의 동향을 살펴본 연구로 직접 VR 기술을 적용하여 대상자들의 치료 효과를 다루고 있지는 않았다. AR 기술을 적용한 연구 중 1편은 일반 아동을 대상으로 진행하였고 그 외의 연구는 말 및 언어장애 아동을 대상으로 AR을 기반으로 한 치료 프로그램이 어떠한 효과를 가져왔는가를 입증하는 데 연구 목적이 있었다.

의사소통장애 영역에서 사용된 디지털 치료제의 주 치료 방법은 인지 및 행동 치료 형태인 것으로 조사되었으며 음성 분석과 같은 바이오마커를 활용한 연구도 진행된 것으로 분석되었다. 보다 구체적으로 Kim et al.(2019)의 연구에서는 자폐 스펙트럼 아동을 대상으로 의문사 습득에서 효과적인 기대를 보였고, Bae et al.(2016)의 연구에서는 청능 재활 프로그램이 치료 전후 대상자들에게 효과적인 것으로 나타났다고 보고하였다. 이 외에도 동사 습득, 어휘력 향상, 동사 사용 등에 있어서 효과를 보였다는 연구들이 대부분이었다. 실어증 환자의 경우는 표현언어에 있어 개선된 효과를 보이는 경우가 대부분이었다.

AR기술을 적용한 디지털 치료제 개발과 관련해서 대부분은

표 1. 분석 논문 자료의 특성

Table 1. Characteristics of included studies that were considered of acceptable quality

Achievement	Subjects	Applied software	Analysis (purpose)	Method of therapeutic interventions
Lee et al. (2016)	Experts	AR	To verify the contents validity	Contents validity
Lee et al. (2016)	Children with speech sound disorders	VR	To develop App.	To develop App.
Hwang et al. (2017)	Experts	AR	To verify lexical validity with comparing 2 groups' results	Contents validity
Ahn et al. (2016)	Children with intellectual disabilities	AR	To investigate the effects of treatment program on the improvement of verbal ability	CBT
Ahn et al. (2018)	Four children with intellectual disabilities	AR	To investigate the effects of verbal expression intervention	CBT
An et al. (2016)	Patients with expressive aphasia	AR	To investigate whether speech therapy program is effective in improving the naming and functional communication ability	CBT
Bae et al. (2018)	Children with specific language impairment	AR	To develop platform	To develop platform
Bae et al. (2018)	Children with cochlear implant	AR	To investigate the therapeutic effect	CBT
Jang et al. (2016)	Patients with aphasia	AR	To select vocabularies and evaluate the validity and reliability of selected vocabularies	Contents validity
Kang et al. (2016)	Autism spectrum disorder	VR	To understand the general trends and to present basic information	Literature review
Kim et al. (2018)	Children with language developmental delay	AR	To examine how therapy influences vocabulary improvements	CBT
Kim et al. (2018)	Children with specific language impairment	AR	To identify the effects of verbal acquisition	CBT
Kim et al. (2018)	Children with autistic disabilities	AR	To investigate the effects of speech therapy intervention program on interrogatives	CBT
Kim et al. (2018)	Normal children	AR	To confirm the usefulness of using AR stimuli for speech sampling	CBT
Lee et al. (2018)	Children with expressive language delay	AR	To investigate the effects of treatment program for verbal expression	CBT
Lim et al. (2016)	App. user	AR	To develop App.	To develop App.
Shin & Kim (2018)	Experts	VR	To develop speech-language disorder training system	To develop App.
Kim et al. (2020)	Patients with broca's aphasia	AR	To investigate the effects of program providing multi-sensory information on the acquisition of the verbs	CBT
Ryu et al. (2020)	Patients with aphasia	AR	To determine whether intervention program is useful to improve sentence comprehension and repetition skills	CBT
Kim, J. Y. (2021)	Patients with brain lesion	VR	To investigate VR research trends in the field of brain lesion rehabilitation	Literature review
Kang et al. (2022)	Communication disorders	AI	To figure out research trends in the field of communication disorders	Literature review
Son et al. (2022)	Children with ADHD	VR	DTx development for ADHD diagnosis	To diagnosis

AR, augmented reality; VR, virtual reality; App, application; ADHD, attention deficit hyperactivity disorder; CBT, cognitive behavioral therapy; DTx, digital therapeutics.

콘텐츠 개발에 중점을 두고 있으나, 이 중 1 편의 연구는 앱 개발을 위해 진행한 것으로 단순언어발달지연 아동 3명을 대상으로 개발된 소프트웨어 프로그램을 통해 효과가 있음을 입증하고 콘텐츠가 포함된 앱을 개발한 사례를 보고한 연구였다(Bae et al., 2016).

4. 결과 및 결론

본 연구는 디지털 치료제의 정의와 의사소통장애 분야에서 디지털 치료제 개발 동향을 국내 수준에서 살펴보고 앞으로의 과제는 무엇인가에 대해 알아보고자 하였다. 이를 위해 디지털 치료제가 언어장애와 말장애 대상자들 중 어떤 장애 분야에

주로 적용되어 왔는가를 2015년 이후부터 현재까지의 연구 자료를 통해 살펴보았다. 그리고 다양한 기술 중 어떠한 기술이 적용되었는지를 분석해 보았다.

먼저, 디지털 치료제의 정의에 대해 살펴보면 디지털 치료제는 소프트웨어를 이용해 질병을 예방·관리·치료하는 기기로 화학·바이오의약품에 이은 3세대 신약이라고 할 수 있다.

이와 관련하여 언어병리 및 언어재활 영역에서 의사소통장애인을 대상으로 이들의 질병을 예방·관리·치료하기 위한 목적에서 직접적으로 ‘디지털 치료제’라고 언급하여 개발한 기구나 수행된 연구는 아직까지는 없는 것으로 보여진다. 그러나 디지털 치료제의 핵심 기술과 치료 목적을 고려한 정의를 통해 ‘디지털 치료제’라고 명명하지는 않았으나 이미 의사소통장애 영역에서는 해당 기술과 목적으로 개발된 소프트웨어가 개발 및 적용되고 있었음을 알 수 있었다. 특히, 언어병리 및 언어재활 영역에서 연구된 디지털 치료제는 예방 의료적(preventative healthcare) 차원이라기보다는 질병을 관리하고 치료하는 영역에서 활용되고 있었음을 알 수 있었다.

많은 학자들은 앞으로의 시대에서 디지털 치료제의 수요는 천문학적 수준으로 증가할 것으로 예상하고 있다. 대기업들도 디지털 치료제 개발에 적극적으로 투자하고 사업 확장에 주력하고 있는 이러한 상황에서 언어병리 및 언어재활 영역에서의 디지털 치료제의 개발 과제는 무엇인지에 대해 이제에는 심층적으로 고민을 시작해 보아야 할 때이다. 이러한 연장선상에서 본 연구는 의사소통장애 영역에서 사용된 디지털 치료제의 핵심 기술과 분야, 적용 및 치료법에 대해 살펴보았고 결과는 다음과 같다.

의사소통장애 대상자에게 디지털 치료제를 적용한 2015년 연구 사례를 분석한 결과 언어장애에 해당하는 연구가 전체 22편 중에서 17편으로 주를 이루었고 이외에 말장애 분야 연구, 의사소통장애 대상 치료 앱을 개발하고 이에 따른 내용 타당도를 분석하는 연구, 문헌 연구가 나머지를 차지하였다.

다음으로 디지털 치료제에 적용한 소프트웨어별로 나누어 살펴보면 AR을 적용한 연구가 16편으로 가장 많았다. 두 번째로는 VR을 적용한 연구가 5편으로 조사되어 AR과 VR을 이용한 디지털 치료제가 상당히 많은 비율을 차지하는 것을 알 수 있었다. 마지막으로 AI를 적용한 논문은 1편인 것으로 조사되었다.

디지털 치료제의 적용 후 효과는 대부분 긍정적인 것으로 조사되었다. AR기술을 적용한 디지털 치료제 개발과 관련해서 대부분은 콘텐츠 개발에 중점을 두고 있으나 1편의 연구는 앱 개발을 위해 진행된 연구였고 역시 효과가 있음을 입증하였다.

본 연구와 유사한 연구로 AR과 VR이 적용된 연구를 분석한 Kim & Kwon(2016)의 연구를 들 수 있으나 여기서는 의사소통장애 대상자뿐만 아니라 언어학습 분야까지를 포함한 국내외 연구 동향을 분석하고 있고 국내 연구의 경우 8개의 연구 결과물을 대상으로 연구 대상, 목표, 결과 및 효과, 제언이라는 기준으로 분류를 하였다. 연구 시기 역시 2016년으로 앞서 언급했듯이 디지털 치료제라는 용어가 2015년에 처음 연구 논문에서 등장

했기 때문에 이러한 용어 자체가 사용되지 않았고 다만 ‘디지털 치료제’라는 용어 정의에서 확인했듯이 AR과 VR이라는 두 가지 기술이 포함된 소프트웨어 프로그램을 분석한 연구라는 점에서 그 범위가 본 연구에 비해 제한적이라는 점을 들 수 있을 것이다.

이 외에 재활 분야에서 VR기술을 적용한 여러 사례를 보고한 Song(2018)의 연구에서도 디지털 치료제라는 용어는 사용되고 있지 않음을 알 수 있었다. 이처럼 디지털 치료제가 AR/VR, AI 등 다양한 기술을 적용한 보다 광의의 용어임에도 의사소통장애 분야에서 생산된 다양한 연구 논문에서는 그 용어를 찾아보기 어려운 점이 있었다.

디지털 치료제를 적용한 말 및 언어장애 분야 연구 논문을 분석한 결과 그 대상자 역시 언어장애 분야에 한정되어 있음을 확인할 수 있었다. 그중에서도 단순언어장애 아동을 대상으로 한 연구가 대부분이었고, 성인의 경우 실어증 환자를 대상으로 한 연구가 전부였다. 그리고 말장애의 경우에는 청각장애 대상자 외에 음성 및 조음 장애를 대상으로 한 연구는 찾아보기가 어려웠다. 디지털 치료제의 경우 다양한 기술을 접목시켜 콘텐츠를 생산하고 원거리에서 혹은 비대면을 통한 중재가 가능하게끔 하는 소프트웨어로 그 대상자가 의사소통장애 거의 전 분야에 해당될 수 있다고 생각한다. 그러나 기존 연구 결과물을 분석한 결과 연구 대상자의 범위가 매우 한정되어 있다는 점에서 아쉬운 점이 많다.

디지털 치료제에 적용된 기술 역시 AR과 VR이 대부분이었고 이 중에서도 AR을 적용한 콘텐츠 개발과 그 효과를 입증한 연구가 대다수를 차지하고 있었다. 따라서 향후 디지털 치료제 관련 연구에서는 의사소통장애를 포함하는 모든 장애 영역에서 예방 및 관리, 치료 전 과정에 있어 적용 가능한 소프트웨어를 개발하는 것이 필요하다고 할 수 있다. 이를 위해서는 먼저 ‘디지털 헬스’라는 광범위한 영역에 대한 이해에서부터 연구가 시작되어야 하고 그 하위의 ‘디지털 의료’ 그리고 본 연구에서 중점적으로 다루었던 ‘디지털치료기기’ 개발까지 이어져야 할 것이다(Dang et al., 2020).

언어는 인간만이 가진 고유의 능력으로 우리는 이 ‘언어’를 일상생활에서 의사소통의 도구로써 활용하고 있다. 언어는 의사소통이 이루어지는 맥락적 상황에 영향을 받으므로 고성능의 AI라 할지라도 아직까지는 인간 언어의 모든 의사소통적 의미를 파악하는 것에서 한계를 드러내고 있다. 언어병리 및 재활 영역에서 디지털 치료제의 개발은 말 및 언어 기능을 보존하거나 관리하는 역할에서부터 시작할 수 있다. 특히 치매 및 파킨슨 질환과 같은 퇴행성 질환의 경우에서 초기 관리는 병증의 악화를 예방하는 중요한 역할을 수행하므로 이러한 영역에서 강점을 나타내는 언어재활사의 역량은 디지털 치료제의 도입을 앞둔 현 시점에서 그 두각을 나타낼 수 있다고 강조하고자 한다.

안타깝게도 삼킴과 관련하여 아직까지 의사소통장애 영역에서 개발 및 적용된 디지털 치료제는 단 한 건도 없는 것으로 조사되었다. 삼킴 기능은 촉진 및 보상 훈련을 통해 개선될 수 있으므로 이러한 반응형 신체 운동 및 인지행동 치료에 기반한 디

지털 치료제는 삼킴 장애 환자들의 삼킴 기능 개선에 매우 큰 도움을 줄 것으로 확신한다. 또한 장기적인 재활 치료가 요구되는 신경의사소통장애 환자들의 경우 치료실 방문에 따른 제약들이 있었으나 디지털 치료제를 활용한 치료를 수행한다면 치료의 연속성을 유지하는 데에도 큰 도움을 줄 것으로 기대한다.

이러한 시대적 요구에서 본 연구는 의사소통장애 영역에서 연구 개발되고 있는 디지털 치료제에 대해 살펴보고 결과를 통해 언어재활사의 역할에 대해서 고찰해보았다는 점에서 연구의 의의를 찾아볼 수 있다. 앞으로는 다양한 영역에서 디지털 치료제가 적용되고 이에 따른 수요 그리고 개발에 대한 요구는 지속적으로 증가할 것으로 생각된다. 따라서 이를 위해서 언어재활사는 디지털 치료제의 원천 기술, 적용 방법 및 범위 등에 대한 심도 있는 논의를 시도해야 한다. 더불어 디지털 치료제의 사용 심의 허가 여부에 따라 디지털 치료제는 전문의료기관에서 사용될 수 있으므로 이에 대한 방안에 대해서도 함께 고려해 봐야 할 것이다.

이러한 연구의 의의에도 불구하고 본 연구는 국내 연구에만 주안점을 두어 디지털 치료제의 치료 효과, 임상 결과 등에 관한 자료를 충분히 확보하지는 못하였다. 후행 연구를 통해 디지털 치료제의 임상 적용 사례, 법적 규제의 범위, 부작용 관리 등에 내용도 구체적으로 논의할 수 있기를 기대한다.

References

- An, S. W., Kim, G. H., Park, H. J., & Kwon, S. B. (2016, December). A case study on the effects of speech therapy program based augmented reality on improving naming and functional communication ability of patients with expressive aphasia. *The 5th Joint Conference on Korean Speech-Language and Hearing Association and Communication Sciences & Disorders* (pp. 336-339). Busan, Korea.
- Ahn, B. K., Bae, I. H., Park, H. J., & Kwon, S. B. (2016, December). Effect of verb word using improvement in speech therapy program on based augmented reality of children with intellectual disability. *The 5th Joint Conference on Korean Speech-Language and Hearing Association and Communication Sciences & Disorders* (pp. 35-38). Busan, Korea.
- Ahn, B. K., Bae, I. H., Park, H. J., & Kwon, S. B. (2018). The efficacy of augmented reality based speech language therapy program on verbal expression vocabulary improvement in children with intellectual disabilities. *Journal of Speech-Language & Hearing Disorders*, 27(2), 111-124.
- Bae, I. H., Kim, J. D., & Kwon, S. B. (2016, December). Effect of home based auditory rehabilitation program using augmented reality: Case report. *The 5th Joint Conference on Korean Speech-Language and Hearing Association and Communication Sciences & Disorders* (pp. 259-262). Busan, Korea.
- Bae, I. H., Lee, J. A., Park, H. J., & Kwon, S. B. (2018). Development of a platform for augmented reality-based speech language therapy. *Communication Sciences & Disorders*, 23(2), 462-476.
- Dang, A., Arora, D., & Rane, P. (2020). Role of digital therapeutics and the changing future of healthcare. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 9(5), 2207-2213.
- Digital Therapeutics Alliance. (2021). DTx product categories. Retrieved from https://dtxalliance.org/wp-content/uploads/2021/01/DTA_FS_DTx-Product-Categories_010521.pdf
- Hwang, B. M., Kwon, S. B., Kim, S. J., & Shin, B. J. (2017). A basic study of verbs list for vocabulary learning based on augmented reality. *Journal of Rehabilitation Research*, 21(2), 233-246.
- Jang, D. I., & Kwon, S. B. (2016, December). Vocabulary selection for speech treatment program in adults aphasia using augmented reality. *The 5th Joint Conference on Korean Speech-Language and Hearing Association and Communication Sciences & Disorders* (pp. 371-373). Busan, Korea.
- Kang, J. K., Kang, H. W., Lee, S. B., & Sim, H. S. (2022). Research trends on the use of artificial intelligence in intervention for communication disorders. *Journal of Speech-Language & Hearing Disorders*, 31(2), 107-115.
- Kang, M. J. & Lee, H. J. (2016). A literature review of virtual reality intervention for autism spectrum disorder. *The 5th Joint Conference on Korean Speech-Language and Hearing Association and Communication Sciences & Disorders* (pp. 56-59). Busan, Korea.
- Kim, H. J., & Kwon, S. B. (2018). The effect of augmented reality-based language therapy program on the vocabulary strength improvement in children with language developmental delay. *Journal of Speech-Language & Hearing Disorders*, 27(3), 87-96.
- Kim, J. Y. (2021). A review of virtual reality based rehabilitation of people with brain injury: Focused on overseas research from 2011 to 2021. *Journal of Special Education*, 37(3), 63-85.
- Kim, J. W., Jang, K. J., & Hwang, E. H. (2020). Digital therapeutics. *KISTEP Brief*, 15, 1-31.
- Kim, M. L., & Shin, J. Y. (2022). Definition and Technology of Digital Therapeutics. *Magazine of the IEIE*, 49(3), 87-194.
- Kim, Y. G., & Kwon, S. B. (2016, December). A study on research trends analysis of language study and speech language therapy in augmented reality (AR) and virtual reality (VR). *The 20th International Conference on Korean Speech-Language and Hearing Association* (pp. 467-470). Yonjin, Korea.
- Kim, Y. G., & Kwon, S. B. (2019). Effects of speech treatment program based on augmented reality on verb acquisition of children with specific language impairment. *Journal of Speech-Language & Hearing Disorders*, 28(2), 91-103.
- Kim, Y. I., Kwon, S. B., Kwon, S. W., & Paeng, J. S. (2019). The effect of augmented reality based language therapy program on

- interrogatives acquisition children with autistic disabilities. *Journal of Speech-Language & Hearing Disorders*, 28(2), 155-166.
- Kim, Y. J., & Kwon, S. B. (2020). The effects of augmented reality based language intervention on the verb naming abilities of patients with Broca's aphasia. *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*, 59(1), 245-263.
- Kwon, S. Y., Kim, M. S., Lee, C. B., & Ryu, J. H. (2021b). A study on digital therapeutics and their possibilities on disease control. *Regulatory Research on Food, Drug and Cosmetic*, 16(2), 181-192.
- Kwon, Y. H., Park, S. J., & Yi, H. S. (2021a). Issue analysis of the educational gap after the COVID-19 outbreak using text mining techniques. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 21(6), 625-644.
- Lee, D. Y., Han, J. Y., & Lee, H. E. (2022). A study on the characteristics of each type of virtual reality therapy (VRT) based on digital therapeutics (DTx): Focus on representative cases of VR contents. *Journal of the Korea Institute of Special Design*, 17(4), 184-194.
- Lee, M. J., & Hwang, B. M. (2018). Effects of language intervention based on augmented reality for verbal expression in children with expressive language delay. *Communication Science & Disorders*, 23(2), 496-505.
- Lee, M. K., Lee, M. J., Hwang, B. M., Kang, D. H., & Lee, S. J. (2016, December). Validity for verbs list of communication system based on augmented reality. *The 20th International Conference on Korean Speech-Language and Hearing Association* (pp. 173-176).
- Lee, Y., & Kim, Y. (2016). Development of application using the voice recognition technology for improving speech production skills of children with speech sound disorders. *AAC Research & Practice*, 4(2), 77-96.
- Lim, D. W., Lee, S. B., Jeong, L. S., & Park, H. J. (2016, December). Application of augmented reality content to enhance functional communication ability. *The 5th Joint Conference on Korean Speech-Language and Hearing Association and Communication Sciences & Disorders* (pp. 505-508). Busan, Korea.
- Ministry of Food and Drug Safety. (2020). *Guidelines for permission and examination of digital treatment devices (civil complaint guide)*. Cheongju: Ministry of Food and Drug Safety.
- Ministry of SMEs and Startups. (2019). SME strategic technology roadmap 2019-2021: Smart healthcare. Retrieved from http://smroadmap.smtech.go.kr/s0402/index/search_year/eNortjKxUjlyMLRUsgZcMA_cAmc~/page/1#
- Ryu, J. K., Kwon, S. B., & Park, H. J. (2020). The effects of augmented reality based language intervention on sentence comprehension and repetition of patients with aphasia. *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*, 59(2), 227-250.
- Shin, H. L., & Kim, H. S. (2018). A preliminary study of the development of a speech-language disorder training system for adults based on immersive virtual reality-web speech recognition: Usability evaluation by an expert group. *Journal of Speech-Language & Hearing Disorders*, 27(1), 1-12.
- Son, H. M., Lee, J. H., Choi, J. H., & Jeong, T. M. (2022). Digital treatment for ADHD diagnosis using VR. *Broadcast and Media Magazine*, 27(1), 38-48.
- Song, W. K. (2018). Rehabilitation application of virtual reality technology. *Korea Robotics Society Review*, 15(4), 8-14.

• 윤은미(Eunmi Yun)

가톨릭관동대학교 언어재활학과 책임연구원
강릉시 범일로 579번길 24
Tel: 033-649-7299
Email: ab-yz@hanmail.net
관심분야: 음성학, 언어치료

• 임익재 (Ikjae Im) 교신저자

가톨릭관동대학교 언어재활학과 교수
강릉시 범일로 579번길 24
Tel: 033-649-7299
Email: ikjaeim@cku.ac.kr
관심분야: 삼킴장애, 신경의사소통장애

의사소통장애 분야에서 디지털 치료제(DTx) 개발과 관련된 국내 연구동향 분석*

윤 은 미 · 임 익 재

가톨릭관동대학교 언어재활학과

국문초록

본 연구는 ‘디지털 치료제’의 정의를 확인하기 위해 이와 관련된 연구들을 통해 확인해보고, 디지털 치료제의 개발 동향을 국내 수준에서 조사해 보았다. 그리고 2015년 이후 연구 자료를 대상으로 디지털 치료제가 의사소통장애 분야에서 언어장애와 말장애 대상자들 중 어떤 장애 분야에 적용된 연구가 진행되어 왔는지 그리고 어떠한 기술이 적용된 연구가 이루어졌는지를 분석해 보았다. 그 결과 디지털 치료제는 소프트웨어라는 점, 예방·관리·치료하기 위해 환자에게 적용되는 소프트웨어적인 치료제이며 근거 기반 치료를 제공하는 소프트웨어로 정의할 수 있다. 디지털 치료제와 관련해서 엄청난 투자를 진행하고 있고 이와 더불어 관련된 연구도 지속적으로 증가하고 있음을 확인할 수 있었다. 다음으로 의사소통장애 대상자에게 디지털 치료제를 적용한 2015년 연구 사례를 분석한 결과 언어장애에 해당하는 연구가 전체 22편 중에서 17편으로 주를 이루었고, 말장애 분야 연구, 일반아동을 대상으로 한 연구, 전문가를 대상으로 한 연구가 있었다. 디지털 치료제에 적용될 수 있는 다양한 기술 중 가장 많이 적용된 기술은 가상현실과 증강현실이었다. 가상현실보다는 증강현실을 적용한 연구가 대부분이었음을 확인할 수 있었고 AI를 적용한 연구도 있었다. 그리고 디지털 치료제의 적용 후 효과는 대부분 긍정적으로 나타났고, 디지털 치료제 개발과 관련해서 대부분은 콘텐츠 개발에 중점을 두고 있으나 한 편은 앱을 개발을 위해 진행된 연구다. 향후 연구에서는 보다 다양한 의사소통장애 대상자에게 적용 가능한 소프트웨어를 개발하고 보다 광범위한 기술을 적용한 연구들이 꾸준히 이루어지고 이러한 분야에 대한 정부의 적극적인 지원도 이루어지기를 기대해 본다.

핵심어: 디지털 치료제, 의사소통장애, 언어장애, 말장애

참고문헌

- 강민지, 이현정(2016). 자폐 스펙트럼 장애를 위한 가상현실 중재 관련 문헌연구. *제5회 한국언어치료학회 · 한국언어청각임상학회 공동학술발표대회 논문집* (pp. 56-59).
- 강진경, 강혜원, 이수복, 심현섭(2022). 의사소통 장애 중재에서의 인공지능 활용에 대한 동향 연구. *언어치료연구*, 31(2), 107-115.
- 권서영, 김민서, 이채빈, 류종훈(2021b). 국내 디지털 치료제 활성화 방안을 위한 고찰. *FDC 법제연구*, 16(2), 181-192.
- 권연하, 박세진, 이현숙(2021a). 텍스트 마이닝 기법을 활용한 코로나19 발생 이후 교육격차의 쟁점 분석. *학습자중심교과교육연구*, 21(6), 625-644.
- 김미림, 신재용(2022). 디지털치료제의 정의와 기술. *전자공학회지*, 49(3), 187-194.
- 김영익, 권순복, 권순우, 팽재숙(2019). 증강현실 기반 언어치료 프로그램이 자폐성장애 아동의 의문사 습득에 미치는 효과. *언어치료연구*, 28(2), 155-166.
- 김유경, 권순복(2016). 증강현실과 가상현실의 언어학습, 언어치료적 활용의 국내외 연구동향 분석. *제20회 한국언어치료학회 학술발표대회 논문집* (pp. 467-470).
- 김유경, 권순복(2019). 증강현실 기반의 언어치료 프로그램이 단순언어장애 아동의 동사습득에 미치는 효과. *언어치료연구*, 28(2), 91-103.
- 김윤지, 권순복(2020). 증강현실 기반 언어중재가 브로카 실어증 환자의 동사 이름대기 능력에 미치는 효과. *특수교육재활과학연구*, 59(1), 245-263.
- 김정연(2021). 뇌병변 재활 분야에서 VR 적용 연구 동향: 2011년~2021년 국외 학술지 논문을 중심으로. *특수교육논총*, 37(3),

* 이 논문은 2022년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(과제번호: NRF-2021R111A3A060278). 이 연구는 2022년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업의 결과임(2022RIS-005).

- 63-85.
- 김주원, 장기정, 황은혜(2020). 디지털 치료제. *KISTEP 기술동향 브리프* 15, 1-31.
- 김혜진, 권순복(2018). 증강현실 기반 언어치료 프로그램이 언어 발달지체 아동의 어휘력 향상에 미치는 효과. *언어치료연구*, 27(3), 87-96.
- 류재경, 권순복, 박희준(2020). 증강현실 기반 언어중재가 실어증 환자의 문장이해와 따라말하기 능력에 미치는 효과. *특수교육재활과학연구*, 59(2), 227-250.
- 배인호, 김진동, 권순복(2016). 증강현실을 이용한 가정 중심 청능재활 프로그램의 효과. *제5회 한국언어치료학회 · 한국언어청각임상학회 공동학술발표대회 논문집* (pp. 259-262).
- 배인호, 이주아, 박희준, 권순복(2018). 증강현실 기반 언어치료를 위한 플랫폼의 개발. *언어청각장애연구*, 23(2), 462-476.
- 송원경(2018). 가상현실 기술의 재활 응용. *로봇과 인간*, 15(4), 8-14.
- 손하민, 이준희, 최정훈, 정태명(2022). VR을 이용한 ADHD 진단을 위한 디지털 치료제. *방송과 미디어*, 27(1), 38-48.
- 식품의약품안전처 식품의약품안전평가원(2020). *디지털치료기기 허가 · 심사 가이드라인(민원인 안내서)*. 청주: 식품의약품안전처 식품의약품안전평가원.
- 신혜란, 김형순(2018). 몰입형 가상현실-웹 음성인식 기반 성인 말 · 언어장애 훈련 시스템 개발을 위한 예비연구: 전문가 사용성 평가. *언어치료연구*, 27(1), 1-12.
- 안병강, 배인호, 박희준, 권순복(2016). 증강현실기반 언어치료 프로그램이 지적장애아동의 동사 사용 향상에 미치는 효과. *제5회 한국언어치료학회 · 한국언어청각임상학회 공동학술발표대회 논문집* (pp. 35-38).
- 안병강, 배인호, 박희준, 권순복(2018). 증강현실기반 언어치료 프로그램이 지적장애아동의 동사 표현 어휘력 향상에 미치는 효과. *언어치료연구*, 27(2), 111-124.
- 안신욱, 김근효, 박희준, 권순복(2016). 증강현실기반 언어치료 프로그램 중재가 실어증 환자의 이름대기와 기능적 의사소통 능력에 미치는 효과. *제5회 한국언어치료학회 · 한국언어청각임상학회 공동학술발표대회 논문집* (pp. 336-339).
- 이동연, 한정엽, 이하은(2022). 디지털치료제(DTx)기반 가상현실치료(VRT) 유형 및 특성 연구: VR 콘텐츠 대표 사례를 중심으로. *한국공간디자인학회논문집*, 17(4), 184-194.
- 이명진, 황보명(2018). 증강현실 기반 언어중재가 표현언어발달 지연 아동의 동사 표현에 미치는 효과. *언어청각장애연구*, 23(2), 496-505.
- 이미경, 이명진, 황보명, 강덕훈, 이성진(2016). 증강현실 기반 의사소통 시스템 동사목록의 타당도 연구. *제20회 한국언어치료학회 학술발표대회 논문집* (pp. 173-176).
- 이영미, 김용운(2016). 말소리장애 아동의 말 산출 능력 향상을 위한 음성인식 어플리케이션 개발. *보완대체의사소통연구*, 4(2), 77-96.
- 임동원, 이상빈, 정이슬, 박희준(2016). 기능적 의사소통 능력 증진을 위한 증강현실 콘텐츠 적용. *제5회 한국언어치료학회 · 한국언어청각임상학회 공동학술발표대회 논문집* (pp. 505-508).
- 장대익, 권순복(2016). 증강현실 기반 언어치료 프로그램 적용에 필요한 성인실어증 어휘 선정. *제5회 한국언어치료학회 · 한국언어청각임상학회 공동학술발표대회 논문집* (pp. 371-373).
- 중소벤처기업부(2019). 중소기업 전략기술로드맵 2019-2021: 스마트 헬스케어. Retrieved from http://smroadmap.smtech.go.kr/s0402/index/search_year/eNortjKxUjlyMLRUsgZcMA_cAmc~/page/1#
- 황보명, 권순복, 김선중, 신범주(2017). 증강현실 기반 어휘 지도에서 동사 목록에 대한 기초 연구. *재활복지*, 21(2), 233-246.