

XR 기반 치료 및 재활의 이해와 활용 사례

남 상 훈^{1*}

¹국립창원대학교 메타융합콘텐츠학부 부교수

초록

이 글은 확장현실(XR) 기반 치료 및 재활에 관한 선행 논의와 활용 사례를 검토함으로써, XR이 보건의료 분야의 임상중재 환경으로 확장되는 양상을 살펴보고자 하였다. 이를 위해 XR 기반 치료·재활의 개념과 필요성을 정리하고, 몰입, 주의 전환, 반복 훈련, 다중 감각 피드백, 데이터 기반 개인화가 치료 과정에서 갖는 의미를 고찰하였다. 또한 통증 관리, 정신건강 중재, 햅틱 기반 손·동작 재활, 시선추적 기반 인지·시지각 재활, 재택형·원격형 재활의 주요 사례를 중심으로 XR의 적용 가능성을 검토하였다. 논의 결과, XR은 환자의 능동적 참여를 촉진하고 치료 경험을 개인화할 수 있는 가능성을 지니지만, 임상적 효과 검증, 안전성 확보, 평가 기준 정립, 데이터 보호, 제도적 기반 마련과 같은 과제가 함께 요구된다. 따라서 XR 기반 치료와 재활은 단순한 기술 활용을 넘어, 환자 중심의 회복 경험과 지속 가능한 임상중재 체계를 재구성하는 관점에서 논의될 필요가 있다.

주제어: 확장현실, 가상현실, 치료, 재활, 디지털 헬스케어, 원격재활

Understanding and Applications of XR-Based Therapy and Rehabilitation

Sanghun Nam^{1*}

¹Associate Professor, School of Meta-Convergence Contents, Changwon National University

Abstract

This study examines how extended reality (XR) is expanding into clinical intervention settings in healthcare by reviewing previous discussions and applications of XR-based therapy and rehabilitation. To this end, it outlines the concepts and necessity of XR-based therapy and rehabilitation and explores the significance of immersion, attentional distraction, repetitive training, multisensory feedback, and data-driven personalization in therapeutic processes. It also examines the potential applications of XR, focusing on key cases involving pain management, mental health interventions, haptic-based hand and motor rehabilitation, eye-tracking-based cognitive and visual-perceptual rehabilitation, and home-based and telerehabilitation. The findings suggest that XR has the potential to promote patients' active participation and personalize therapeutic experiences. However, challenges remain, including validating clinical effectiveness, ensuring safety, establishing evaluation criteria, protecting data, and developing institutional frameworks.

Keywords: Extended Reality, Virtual Reality, Therapy, Rehabilitation, Digital Healthcare, Telerehabilitation

*Corresponding Author: Sanghun Nam

Tel: +82-55-213-3097

E-mail: sanghunnam@changwon.ac.kr

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2025.26.12.1>

Received: 6 May 2026

Revised: 13 May 2026

Accepted: 30 June 2026

I. 서론

확장현실(XR)은 가상현실, 증강현실, 혼합현실을 포괄하는 기술로, 사용자가 현실과 가상이 유기적으로 결합된 환경 안에서 보고, 움직이고, 반응하도록 만든다. 초기의 XR 기술이 교육, 게임, 전시, 시뮬레이션 등 체험 중심의 영역에서 주로 활용되었다면, 최근에는 보건의료 분야에서 환자에게 직접 적용되는 임상적 중재 도구(Clinical Intervention Tools)로 확장되고 있다.

특히 치료와 재활은 환자의 자발적이고 지속적인 참여, 실시간 피드백, 동기 유지, 개인 맞춤형 조절이 중요한 영역이라는 점에서 XR 기술의 활용 가능성이 크다. 치료와 재활은 환자의 지속적인 참여와 반복 훈련을 전제로 한다. 특히 뇌졸중을 비롯한 신경계 손상, 근골격계 질환, 만성 통증 등은 단기간에 회복되지 않으며, 수개월에서 수년에 걸친 장기적인 훈련이 필요할 수 있다.

그러나 기존의 임상 환경에서는 단순 반복적인 과제 수행으로 인해 환자가 단조로움을 느낄 수 있으며, 회복 결과가 즉각적으로 확인되지 않으면 치료에 대한 동기가 저하된다. 특히 통증, 불안, 우울과 같은 심리적 요인이 동반되면 치료 지속은 더욱 어려워진다[1]. 또한 의료자원의 제한성과 지리적 접근성의 한계도 중요한 문제이다. 재활 치료는 물리치료사, 작업치료사, 임상심리사 등 다양한 전문 인력이 지속적으로 개입해야 하지만, 고령화와 만성질환 증가로 재활 수요가 급증하는 반면 이를 충분히 감당할 수 있는 의료 인력과 시설은 제한적이다.

이러한 맥락에서 XR 기술은 기존 치료·재활 환경의 구조적 한계를 보완하는 방법을 제공한다. XR은 치료 과제를 게임이나 몰입형 시나리오 형태로 구성하여 지루한 반복 훈련을 흥미로운 경험으로 전환하고, 환자가 자신의 수행 결과를 즉각적으로 확인하도록 도와준다. 또한 실제 환경보다 안전한 조건에서 과제를 반복할 수 있으며, 환자의 움직임과 반응 데이터를 바탕으로 난이도와 피드백을 조정할 수 있다.

이에 본 글에서는 XR 기반 치료 및 재활의 개념과 필요성, 주요 작동 원리 및 주요 분야별 활용 사례를 살펴본다. 나아가 XR 기반 치료와 재활의 한계와 정책적 시사점을 논의함으로써 향후 보건의료 분야에서 XR이 임상중재 환경으로 정착하기 위한 과제를 제시하고자 한다.

II. XR 기반 치료 및 재활의 개념과 의의

2-1. XR 기반 치료 및 재활의 개념

XR은 가상현실(Virtual Reality, VR), 증강현실(Augmented Reality, AR), 혼합현실(Mixed Reality, MR)을 포괄하는 상위 개념이다. VR은 사용자가 컴퓨터로 생성된 가상 환경 안에

서 몰입적으로 상호작용하도록 하는 기술이고, AR은 실제 환경 위에 디지털 정보를 중첩하여 보여주는 방식이다. MR은 실제 공간과 가상 객체가 서로 연결되고 반응하도록 구성하는 기술로 이해할 수 있다. 실제 활용에서는 VR, AR, MR이 엄격히 구분되기보다 치료 목적과 환자 상태에 따라 유기적으로 결합해서 활용된다[2].

치료와 재활의 관점에서 XR의 중요한 특성은 단순히 가상 이미지를 보여주는 시각적 기술이 아니라는 점이다. XR 기술은 환자의 움직임, 자세, 시선, 반응 시간, 과제 수행 결과와 같은 행동 신호를 측정하고, 이를 다시 시각·청각·촉각 피드백으로 제공한다. 환자가 가상 환경 안에서 손을 움직이고 물체를 조작하며 균형을 유지하는 특정 과제를 수행하는 과정에서, XR은 환자의 인지 감각과 신체 행동을 연결하는 일종의 '감각-운동 인터페이스(sensorimotor interface)'로 작동한다. 이러한 점에서 XR 기반 재활은 환자의 행동을 단순히 시각화하는 장치가 아니라, 과제 지향적 움직임 수행, 반복 연습, 즉각적 피드백을 통해 감각 입력과 운동 반응을 순환적으로 연결하는 치료 환경으로 이해될 수 있다[3].

기존의 전통적인 치료·재활이 치료사의 관찰과 환자의 반복 수행에 크게 의존했다면, XR 기반 치료·재활은 정밀한 디지털 환경, 센서 기반 측정, 실시간 피드백, 몰입형 상호작용을 결합한다는 점에서 차별성을 갖는다. 예를 들어 뇌졸중 후 상지 재활에서는 환자가 가상 공간에서 물체를 잡거나 이동시키는 과제를 반복적으로 수행할 수 있고, 균형 훈련에서는 안전한 가상 환경 안에서 다양한 자세 조절 과제를 경험할 수 있다. 또한 통증 관리나 심리치료 영역에서는 가상 환경을 활용해 주의를 전환하거나, 통제된 상황에서 정서적 반응을 조절하는 임상적 중재도 가능하다.

따라서 XR 기반 치료·재활은 단순한 보조 콘텐츠나 흥미 유발용 장치가 아니라, 환자의 신체적·인지적·심리적 반응을 측정하고 제어하는 능동적 치료 환경으로 이해해야 한다. 이는 치료와 재활을 의료기관 내에서 이루어지는 처치가 아니라, 환자의 주도적 참여와 데이터 기반 피드백을 통한 치료 과정으로 확장한다는 점에서 중요한 의미가 있다.

2-2. 기존 치료·재활 환경의 한계와 XR의 필요성

치료와 재활은 환자의 지속적인 참여와 반복 훈련을 전제로 한다. 특히 뇌졸중을 비롯한 신경계 손상, 근골격계 질환, 만성 통증 등은 단기간에 회복되지 않으며, 수개월에서 수년에 걸친 장기적인 훈련이 필요할 수 있다. 그러나 기존의 임상 환경의 단순 반복적인 과제 수행은 환자가 단조로움을 느낄 수 있으며, 회복 결과가 즉각적으로 확인되지 않으면 치료에 대한 동기가 저하된다. 특히 통증, 불안, 우울과 같은 심리적 요인이 동반되면 치료 지속은 더욱 어려워진다[1].

의료자원의 제한성과 지리적 접근성의 한계도 중요한 문제이다. 재활 치료는 물리치료사, 작업치료사, 임상심리사 등 다

양한 전문 인력이 지속적으로 개입해야 한다. 그러나 고령화와 만성질환 증가로 재활 수요는 급증하는 반면, 이를 충분히 감당할 수 있는 의료 인력과 시설은 제한적이다. 특히 농어촌, 도서산간, 장기 요양시설, 가정 기반 재활이 필요한 환자에게는 병원 중심의 치료 체계만으로 지속적인 치료의 연속성을 제공하기 어렵다.

기존 치료 방식 자체에도 한계가 있다. 재활에서 회복은 반복 훈련과 피드백을 통해 이루어지지만, 실제 임상 현장에서는 충분한 반복 횟수와 정밀한 피드백을 제공하는 데 제약이 따른다. 예를 들어 균형 훈련이나 보행 훈련은 낙상 위험 때문에 반복 횟수가 제한될 수 있고, 상지 재활이나 미세 운동 훈련은 환자의 상태에 맞추어 난이도나 환경 조건을 다양하게 조정하기 어렵다. 치료사가 모든 수행 과정을 실시간으로 관찰하고 피드백하는 데에도 시간적인 한계가 있다[4].

XR 기술은 이러한 구조적 한계를 보완하는 방법을 제공한다. 치료 과정을 게임이나 몰입형 시나리오 형태로 구성하여 지루한 반복 훈련을 흥미로운 경험으로 전환하고, 환자가 자신의 수행 결과를 즉각적으로 확인하도록 도와준다. 또한 실제 환경보다 안전한 조건에서 과제를 반복할 수 있으며, 환자의 움직임과 반응 데이터를 바탕으로 난이도와 피드백을 조정할 수 있다. 따라서 XR은 기존 치료를 대체하기 위한 기술이라기보다, 치료의 지속성, 공간의 접근성, 맞춤형 피드백을 보완하는 임상중재 환경으로서 의미가 있다.

2-3. XR 기반 치료·재활의 작동 원리

XR 기반 치료·재활은 단일한 기술 효과가 아니라, 몰입을 통한 치료 참여 유도, 신경-운동 재학습, 적응형 치료, 신체적 회복과 심리적 회복의 연결과 같은 여러 원리가 하나의 환경에서 결합하여 작용한다. 관련한 원리를 차례로 살펴보면 다음과 같다.

첫째, XR은 환자의 제한된 주의 자원(attentional resources)을 치료 과제에 집중하도록 유도한다. 주의 자원이란 사람이 동시에 처리할 수 있는 인지적 에너지나 집중력의 총량을 의미한다. 환자가 통증, 불안, 두려움에 계속 주의를 빼앗기면 치료 과제에 집중하기 어렵다. 그 결과 환자는 움직임을 회피하거나 치료 과정을 부담스럽게 느낄 수 있다. 반대로 주의가 다른 의미 있는 활동으로 전환되면 통증이나 불편감에 대한 지각은 상대적으로 줄어들고, 치료 참여도는 높아질 수 있다. XR은 이러한 주의 전환을 효과적으로 유도하는 환경을 제공한다. 환자는 가상 공간 안에서 장면을 탐색하거나, 특정 물체를 찾고, 목표를 달성하며, 자신의 움직임에 따라 즉각적으로 변화하는 피드백을 경험한다. 이 과정에서 환자의 주의를 통증이나 불안 자체보다 가상 환경 속 과제와 상호작용에 더 많이 배분된다. 따라서 XR은 환자가 치료 상황을 단순히 견디는 것이 아니라, 몰입할 수 있는 경험으로 받아들이도록 만든다[5].

둘째, XR은 반복 훈련과 다중 감각 피드백을 제공한다. 재

활에서의 회복은 단순히 특정 동작을 수행하는 것이 아니라, 반복적인 과제 수행을 통해 신체 기능과 신경계가 다시 학습되는 과정이다. XR은 이를 가상 환경 안에서 효과적으로 구현한다. 환자는 같거나 변형된 과제를 안전하게 반복 수행할 수 있고, 그 결과는 시각·청각·촉각 피드백으로 즉각 제공된다. 특히 햅틱 컨트롤러나 촉각 피드백 장치는 가상 물체의 진동, 압력, 저항 등을 손이나 신체 부위에 전달하여, 실재감 있는 감각-운동 경험을 가능하게 한다[6].

셋째, XR은 수행 데이터 기반의 개인화를 가능하게 한다. 재활 치료의 효과는 환자의 현재 상태와 회복 단계에 얼마나 적절히 부합하는가에 따라 달라진다. 따라서 환자의 상태를 객관적으로 파악하고, 그에 맞춰 개입을 조정하는 과정은 치료의 필수조건이다. XR 시스템은 환자의 움직임, 자세, 시선 이동, 반응 시간, 과제 성공률, 오류 패턴 등 다양한 데이터를 실시간으로 수집할 수 있기 때문이다. 이렇게 축적된 데이터는 환자의 현재 상태와 회복 정도를 파악하는 데 활용되며, 치료자가 개별 환자에게 맞는 개입을 설계하는 근거가 된다. 환자의 수행 능력이 향상되면 과제의 속도, 범위, 복잡도, 자극 수준을 높일 수 있고, 반대로 피로도나 오류가 증가하면 난이도를 낮추고 피드백을 강화하여 부담을 줄인다[7].

넷째, XR은 체화된 경험을 통해 신체적 회복과 심리적 회복을 하나의 과정으로 연결한다. XR 환경에서 환자는 단순히 화면을 바라보는 수동적 관찰자가 아니라, 가상 공간 안에서 몸을 움직이고 자극에 반응하는 능동적 참여자가 된다. 이러한 경험은 운동 재활뿐 아니라 통증 관리, 불안 완화, 외상 노출 치료, 정서 조절 훈련, 인지 재활과도 연결될 수 있다. 예를 들어 만성 통증 환자는 가상 환경 안에서 움직임에 대한 두려움을 점진적으로 줄일 수 있고, 불안이나 외상 경험을 가진 환자는 통제된 가상 상황에서 정서적 반응을 조절하는 훈련을 할 수 있다[8].

결국 XR 기반 치료·재활의 본질은 몰입을 유도하는 주의 전환, 반복 훈련, 다중 감각 피드백, 데이터 기반 개인화, 체화된 경험을 하나의 치료 환경 안에서 유기적으로 결합한다는 점이다. 이러한 특성은 기존 치료·재활이 충분히 제공하기 어려웠던 환자의 능동적 참여를 끌어내고, 회복에 필요한 반복성, 수행에 대한 즉각적인 피드백, 환자 개개인의 상태에 맞춘 맞춤형 조절을 보완하며, 다음에서 살펴볼 다양한 활용 사례를 이해하는 기본 틀이 된다.

III. 주요 분야별 XR 치료·재활 활용 사례

3-1. 통증 관리: 주의 전환과 가상현실 행동치료

XR 기반 치료가 비교적 폭넓게 활용되고 있는 영역 중 하나는 통증 관리이다. 통증은 단순한 신체 감각이 아니라 주의, 정서, 기억, 불안, 기대가 함께 작용하는 복합적 경험이다. 따

라서 환자가 통증에 얼마나 집중하는지, 통증을 어떻게 해석하는지는 실제 통증 경험에 큰 영향을 미친다. VR은 환자가 가상 자연환경을 바라보거나, 게임형 과제를 수행하거나, 시각·청각 자극이 풍부한 가상 공간을 탐색하도록 하여 통증에 집중되던 주의를 다른 대상으로 전환시킨다.

이러한 방식은 화상 환자의 드레싱 교체, 소아 환자의 주사나 함양 시술, 치과 치료, 분만 진통, 수술 전후 불편감 관리 등 다양한 상황에서 활용될 수 있다. 특히 급성 통증 상황에서는 짧은 시간 안에 환자의 주의를 효과적으로 전환하는 것이 중요한데, VR의 몰입감은 통증 강도와 통증 관련 불안을 줄이는 데 기여할 수 있다[9]. 이처럼 통증 관리에서 XR은 환자의 제한된 주의 자원을 통증이 아닌 치료적 경험으로 이동시키는 사례라고 할 수 있다.

만성 통증 관리에서는 단순히 통증을 잊게 하는 것보다, 환자가 통증을 이해하고 조절하는 방식을 배우는 것이 중요하다. 만성 통증은 진통제만으로 충분히 관리되기 어려운 경우가 많고, 통증에 대한 두려움, 움직임 회피, 수면 문제, 스트레스, 우울감이 함께 작용하기 때문이다. 이에 따라 VR 기반 행동치료 프로그램은 통증 교육, 이완 훈련, 주의 전환, 마음 챙김, 호흡 조절, 수면 관리 등을 가상 환경 안에서 구조화하여 제공한다.

예를 들어 만성 요통 환자를 대상으로 한 8주간의 재택형 VR 행동치료 연구에서는 통증 강도, 일상 활동 제한, 수면, 스트레스 등 여러 지표에서 개선 가능성이 보고되었다[10]. 이러한 사례는 XR이 통증을 일시적으로 잊게 하는 도구를 넘어, 환자가 자신의 통증 경험을 이해하고 관리하는 자기관리 도구로 확장될 수 있음을 보여준다.

3-2. 정신건강 중재: 가상현실 노출치료와 정서 조절

정신건강 분야에서 XR이 활발하게 활용되는 대표적 영역은 가상현실 노출치료(Virtual Reality Exposure Therapy, VRET)이다. 노출치료는 환자가 두려워하거나 회피하는 상황에 점진적으로 노출되면서, 과도한 불안 반응을 줄이고 새로운 반응 방식을 학습하도록 돕는 치료 방법이다. 외상 후 스트레스 장애, 특정 공포증, 사회불안장애, 범불안장애 등 다양한 불안 관련 장애에서 활용되어 왔다.

기존 노출 치료는 실제 환경을 구성해야 하므로 비용, 안전, 윤리적 제약이 따를 수 있다. 반면 XR은 비행 공포증 치료를 위한 가상 비행기, 고소 공포증 치료를 위한 가상 고소 환경, 가상 대중 연설 상황, 가상 전투 환경 등 입상적으로 의미 있는 장면을 안전하게 구성할 수 있다. 치료자는 환자의 상태에 따라 자극의 강도와 노출 시간을 조절할 수 있고, 환자는 실제 위험에 노출되지 않으면서도 현실감 있는 치료 경험을 할 수 있다.

정신건강 영역에서 XR은 노출치료를 넘어 정서 조절, 마음 챙김, 호흡 훈련, 신체 자각 훈련으로 확장되고 있다. 환자는

가상 환경 안에서 단순히 화면을 보는 것이 아니라, 자신의 시선, 호흡, 움직임, 선택에 따라 변화하는 환경을 경험한다. 예를 들어 불안한 상황에서 호흡을 조절하면 가상 환경이 점차 안정적으로 변화하거나, 두려워하던 장면이 단계적으로 접근하면서 자신의 반응이 조절되는 과정을 직접 경험할 수 있다. 따라서 XR 기반 정신건강 중재는 상담실 안에서 이루어지는 설명 중심 치료를 넘어, 환자가 가상 환경 안에서 자신의 정서와 행동을 직접 경험하고 조절하는 학습 과정으로 확장될 수 있다[8].

3-3. 햅틱 컨트롤러 기반 손·동작 재활

신경 재활과 근골격계 재활에서 XR의 대표적 활용 사례는 햅틱 컨트롤러를 기반으로 한 손·동작 재활이다. 햅틱 컨트롤러는 환자의 손과 가상 환경을 연결하는 장치로, 환자가 가상 물체를 잡고, 누르고, 돌리고, 이동시키는 과정에서 진동, 압력, 저항과 같은 촉각 정보를 제공한다. 이는 기존 VR 재활에서 자주 제기되던 ‘보이지만 만져지지 않는다’는 한계를 보완한다.

햅틱 피드백이 중요한 이유는 재활이 단순한 움직임의 반복이 아니라 감각과 운동이 함께 조정되는 학습 과정이기 때문이다. 환자는 자신의 손이 어떻게 움직였는지, 물체와 어떻게 접촉했는지, 힘을 얼마나 주었는지를 감각적으로 확인할 때 동작을 더 정확하게 조절할 수 있다. 이러한 다중 감각 피드백은 반복 훈련의 효과를 높이고, 환자가 자신의 움직임을 더 분명하게 인식하도록 돕는다[6].

햅틱 컨트롤러 기반 재활은 뇌졸중 후 상지 마비, 손 손상 후 회복, 파킨슨병의 미세 운동 조절, 절단 후 보철 적응 훈련 등에서 활용될 수 있다. XR 환경에서는 환자가 가상의 물체를 잡거나 옮기고, 손가락을 구부리거나 펴며, 특정 위치에 물체를 배치하는 과제를 반복적으로 수행할 수 있다. 이 과정에서 시스템은 환자의 움직임을 실시간으로 추적하고, 수행 결과를 시각적·촉각적으로 되돌려 준다.

기존 연구들은 VR 기반 상지 재활이 운동 학습 원리를 임상 환경에 적용하는 데 유용하며, 뇌졸중 이후 상지 기능 회복과 일상생활 수행 능력 개선에 긍정적인 가능성을 가질 수 있음을 보고하였다[3], [11]. 향후 햅틱 기술은 손과 상지뿐 아니라 발, 몸통, 안면 근육, 전신 동작 재활로 확장될 수 있으며, 다른 생체신호나 동작 분석 기술과 결합될 경우 환자의 회복 과정을 객관적으로 측정하는 디지털 평가 도구로도 활용될 수 있다.

3-4. 시선추적 기반 인지·시지각 재활

시선추적은 환자의 시선 위치, 시선 이동 경로, 응시 시간, 동공 크기 변화 등을 측정하는 기술이다. 최근 XR 헤드셋에 시선추적 기능이 내장되면서, 이 기술은 단순한 평가도구를

넘어 인지·시지각 재활을 위한 중재 도구로 확장되고 있다. 시선 데이터는 환자가 어디를 보고 있는지, 어떤 자극을 놓치는지, 얼마나 오래 집중하는지, 시각 정보를 어떤 순서로 탐색하는지를 보여준다.

예를 들어 뇌졸중 후 편측 무시 환자는 손상 반대쪽 공간을 충분히 탐색하지 못하는 경우가 있는데, 시선추적은 이러한 탐색 편향을 객관적으로 측정할 수 있다[12]. XR 환경에서는 환자가 충분히 보지 않는 영역에 자극을 제시하거나, 특정 방향으로 시선을 유도하는 과제를 제공할 수 있다. 이를 통해 편측 무시, 시야 결손, 시각 주의 결함, 인지 부담과 같은 문제를 평가하고 훈련하는 데 활용될 수 있다.

시선추적 기반 재활의 중요한 장점은 신체 움직임이 제한된 환자에게도 적용 가능하다는 점이다. 손이나 팔을 자유롭게 움직이기 어려운 환자라도, 시선을 이용해 가상 환경 속 자극을 선택하거나 과제를 수행할 수 있다. 따라서 시선 기반 상호작용은 중증 뇌졸중 환자, 척수손상 환자, 신경근 질환 환자에게 낮은 신체 부담으로 참여할 수 있는 재활 경험을 제공한다.

또한 시선 데이터는 환자의 수행 상태를 정량적으로 보여주는 자료가 될 수 있어, 환자별 난이도 조정, 피드백 제공, 회복 과정 모니터링에 활용될 수 있다. 다만 시선 데이터는 환자의 인지 상태와 정서 반응을 추정할 수 있는 민감한 생체정보이므로, 향후 활용 확산에는 데이터 보호와 신중한 해석이 함께 요구된다.

3-5. 재택형·원격형 XR 재활

앞서 살펴본 사례들은 XR 기반 치료·재활이 통증 완화, 정서 조절, 신체 기능 회복, 인지·시지각 훈련 등 다양한 목적에 맞게 활용될 수 있음을 보여준다. 특히 XR은 몰입, 반복 훈련, 다중 감각 피드백, 수행 데이터 기반 개인화를 결합함으로써 기존 치료를 보완하는 임상중재 환경으로 발전하고 있다.

또한 XR 치료·재활은 점차 병원 밖으로 확장되고 있다. 가정용 XR 기기, 원격 모니터링, 수행 데이터 기록 기능이 결합되면서 환자는 병원 방문 사이에도 일정한 훈련을 이어갈 수 있다. 재택형·원격형 XR 프로그램은 치료 지속성과 의료 접근성을 높일 수 있다는 점에서 의미가 있지만, 안전한 사용 기준, 의료진의 원격 관리, 데이터 보호와 같은 과제도 함께 요구된다.

IV. XR 기반 치료 및 재활의 한계와 정책적 시사점

XR 기반 치료와 재활은 환자의 치료 경험을 보다 몰입적이고, 반복 가능하며, 개인화된 방식으로 확장할 수 있다는 점에서 큰 가능성을 보여준다. 통증 관리에서는 환자의 주의를 통제에서 치료적 경험으로 전환하고, 정신건강 중재에서는 통제된 가상 환경 안에서 정서 조절과 노출 치료를 가능하게 한다.

또한 햅틱 컨트롤러 기반 손·동작 재활, 시선추적 기반 인지·시지각 재활, 재택형·원격형 XR 재활은 XR이 신체 기능 회복과 심리적 회복, 병원 치료와 일상 관리를 연결하는 새로운 임상중재 플랫폼으로 발전하고 있음을 보여준다.

그러나 이러한 가능성이 실제 의료 현장의 변화로 이어지기 위해서는 기술적 완성도만으로는 충분하지 않다. 우선 환자가 안전하게 사용할 수 있는 환경이 마련되어야 한다. XR 장비는 사이버멀미, 시각 피로, 머리와 목의 부담, 장시간 착용에 따른 불편감을 유발할 수 있으며, 고령 환자나 균형감각이 약한 환자에게는 사용 시간과 콘텐츠 자극 수준을 세심하게 조절할 필요가 있다. 또한 시선추적이거나 생체신호 기반 기술은 민감한 개인정보를 포함할 수 있으므로, 데이터 보호와 환자 동의 절차도 함께 고려되어야 한다.

임상 근거와 평가 기준도 중요한 과제이다. XR 치료·재활에 대한 연구는 빠르게 늘고 있지만, 실제 의료 현장에 널리 적용되기 위해서는 더 많은 환자를 대상으로 한 장기적 검증이 필요하다. 또한 XR은 환자의 움직임, 시선, 반응 시간, 과제 성공률 등 다양한 데이터를 수집할 수 있지만, 어떤 데이터를 치료 효과의 근거로 볼 것인지에 대한 기준은 아직 충분히 정리되어 있지 않다. 따라서 질환별 평가 기준을 마련하고, 실제 통증 감소, 기능 회복, 일상생활 개선과 같은 환자 중심의 결과를 함께 확인할 필요가 있다.

제도적 기반도 함께 마련되어야 한다. XR 치료·재활이 일부 연구기관이나 대형병원의 시범 적용에 머무르지 않기 위해서는 의료기기 또는 디지털 치료기기로서의 분류 기준, 안전성·유효성 평가 절차, 보험 급여와 수가 체계가 정비되어야 한다. 특히 재택형·원격형 XR 재활은 의료 접근성이 낮은 지역, 이동이 어려운 고령자와 장애인, 장기 재활이 필요한 환자에게 유용할 수 있으므로, 공공 보건의로 체계 안에서 먼저 효과와 운영 방식을 검증하는 과정이 중요하다.

결국 XR 치료·재활의 핵심은 새로운 장비를 도입하는 데 있는 것이 아니라, 환자가 더 안전하고 지속적으로 회복 과정에 참여할 수 있는 치료 환경을 어떻게 설계할 것인가에 있다. 이러한 관점에서 XR 기반 치료와 재활은 디지털 헬스케어 시대의 중요한 실천 영역이며, 향후 보건의로 정책이 함께 다루어야 할 핵심 과제라고 할 수 있다.

V. 논의 및 결론

본 리뷰에서 살펴본 바와 같이 XR 기반 치료·재활은 단순히 새로운 디지털 장비를 임상 현장에 도입하는 것을 넘어, 치료와 재활의 환경 자체를 재구성하는 가능성을 지닌다. 기존 치료·재활이 치료사의 관찰, 환자의 반복 수행, 제한된 피드백에 의존했다면, XR 기반 치료·재활은 몰입형 환경, 센서 기반 측정, 실시간 피드백, 다중 감각 자극, 데이터 기반 개인화를 결합함으로써 환자의 치료 경험을 능동적으로 변화시킬 수 있다.

특히 XR은 치료 참여의 동기 유지와 반복 훈련의 질을 높이는 데 강점을 가진다. 환자는 가상 환경 속에서 목표를 달성하고, 자신의 움직임에 따라 변화하는 피드백을 경험하며, 치료 과정을 보다 의미 있는 활동으로 받아들일 수 있다. 이러한 특성은 통증 관리, 정신건강 증재, 손·동작 재활, 인지·시지각 재활 등 다양한 영역에서 공통적으로 나타난다.

그러나 XR 기반 치료·재활의 효과를 지나치게 기술 중심으로 이해하는 것은 경계할 필요가 있다. XR의 몰입감, 상호작용성, 데이터 수집 기능은 그 자체로 치료 효과를 보장하지 않는다. 치료 목적, 환자 상태, 콘텐츠 설계, 피드백 방식, 의료진의 개입 수준, 안전 기준이 함께 고려될 때 비로소 XR은 의미 있는 임상증재 환경으로 기능할 수 있다. 따라서 향후 연구와 실천에서는 XR 장비의 기술적 성능뿐 아니라, 환자 중심의 치료 설계, 임상적 타당성, 장기적 효과 검증, 윤리적 데이터 활용이 함께 다루어져야 한다.

또한 XR 치료·재활은 병원 중심 치료의 한계를 보완하고 재택형·원격형 재활로 확장될 가능성을 지닌다. 이는 의료 접근성이 낮은 지역, 이동이 어려운 고령자와 장애인, 장기 재활이 필요한 환자에게 특히 중요한 의미를 갖는다. 다만 이러한 확장이 실제 의료 체계 안에서 작동하기 위해서는 의료진의 원격 관리 체계, 안전한 사용 지침, 데이터 보호 체계, 보험 및 수가 체계가 함께 마련되어야 한다.

XR 기반 치료와 재활은 환자의 치료 경험을 보다 몰입적이고, 반복 가능하며, 개인화된 방식으로 확장할 수 있는 중요한 디지털 헬스케어 실천 영역이다. XR은 환자의 주의를 치료 과정으로 전환하고, 반복 훈련과 다중 감각 피드백을 제공하며, 수행 데이터를 기반으로 개별 환자에게 적합한 치료 환경을 구성할 수 있다. 또한 신체 기능 회복과 심리적 회복을 연결하고, 병원 중심 치료를 가정과 지역사회로 확장할 수 있다는 점에서 의미가 있다.

그러나 XR 기반 치료·재활이 실제 의료 현장의 변화로 이어지기 위해서는 기술의 가능성만을 강조하는 데 그쳐서는 안 된다. 환자 안전성, 임상 근거, 평가 기준, 데이터 보호, 제도적 기반이 함께 마련되어야 한다. 특히 질환별 평가 기준과 환자 중심 결과를 바탕으로 XR 치료·재활의 효과를 검증하고, 재택형·원격형 XR 재활이 안전하게 운영될 수 있는 체계를 구축할 필요가 있다.

결국 XR 치료·재활의 핵심은 새로운 장비의 도입이 아니라, 환자가 더 안전하고 지속적으로 회복 과정에 참여할 수 있는 치료 환경을 설계하는 데 있다. 이러한 관점에서 XR 기반 치료와 재활은 디지털 헬스케어 시대의 중요한 임상증재 플랫폼이자, 향후 보건의료 정책과 연구가 함께 다루어야 할 핵심 과제라고 할 수 있다.

참고문헌

- [1] N. Maclean and P. Pound, "A Critical Review of the Concept of Patient Motivation in the Literature on Physical Rehabilitation," *Social Science & Medicine*, Vol. 50, No. 4, pp. 495-506, February 2000. [https://doi.org/10.1016/S0277-9536\(99\)00334-2](https://doi.org/10.1016/S0277-9536(99)00334-2)
- [2] J. Yuan, S. S. Hassan, J. Wu, C. R. Koger, R. R. S. Packard, F. Shi, B. Fei, and Y. Ding, "Extended Reality for Biomedicine," *Nature Reviews Methods Primers*, Vol. 3, Art. no. 14, March 2023. <https://doi.org/10.1038/s43586-023-00198-y>
- [3] M. F. Levin, P. L. Weiss, and E. A. Keshner, "Emergence of Virtual Reality as a Tool for Upper Limb Rehabilitation: Incorporation of Motor Control and Motor Learning Principles," *Physical Therapy*, Vol. 95, No. 3, pp. 415-425, March 2015. <https://doi.org/10.2522/ptj.20130579>
- [4] J. A. Kleim and T. A. Jones, "Principles of Experience-Dependent Neural Plasticity: Implications for Rehabilitation After Brain Damage," *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, Vol. 51, No. 1, pp. S225-S239, February 2008. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2008/018\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2008/018))
- [5] H. G. Hoffman, G. T. Chambers, W. J. Meyer III, L. L. Arceneaux, W. J. Russell, E. J. Seibel, T. L. Richards, S. R. Sharar, and D. R. Patterson, "Virtual Reality as an Adjunctive Non-pharmacologic Analgesic for Acute Burn Pain During Medical Procedures," *Annals of Behavioral Medicine*, Vol. 41, No. 2, pp. 183-191, April 2011. <https://doi.org/10.1007/s12160-010-9248-7>
- [6] R. Sigrist, G. Rauter, R. Riener, and P. Wolf, "Augmented Visual, Auditory, Haptic, and Multimodal Feedback in Motor Learning: A Review," *Psychonomic Bulletin & Review*, Vol. 20, No. 1, pp. 21-53, February 2013. <https://doi.org/10.3758/s13423-012-0333-8>
- [7] W. M. Naqvi, I. W. Naqvi, G. V. Mishra, and V. D. Vardhan, "The Future of Telerehabilitation: Embracing Virtual Reality and Augmented Reality Innovations," *The Pan African Medical Journal*, Vol. 47, Art. no. 157, April 2024. <https://doi.org/10.11604/pamj.2024.47.157.42956>
- [8] G. Riva, B. K. Wiederhold, and F. Mantovani, "Neuroscience of Virtual Reality: From Virtual Exposure to Embodied Medicine," *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, Vol. 22, No. 1, pp. 82-96, January 2019. <https://doi.org/10.1089/cyber.2017.29099.gri>
- [9] B. Mallari, E. K. Spaeth, H. Goh, and B. S. Boyd, "Virtual Reality as an Analgesic for Acute and Chronic Pain in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis," *Journal of Pain Research*, Vol. 12, pp. 2053-2085, July 2019. <https://doi.org/10.2147/JPR.S200498>
- [10] L. M. Garcia, B. J. Birckhead, P. Krishnamurthy, J.

- Sackman, I. G. Mackey, R. G. Louis, V. Salmasi, T. Maddox, and B. D. Darnall, "An 8-Week Self-Administered At-Home Behavioral Skills-Based Virtual Reality Program for Chronic Low Back Pain: Double-Blind, Randomized, Placebo-Controlled Trial Conducted During COVID-19," *Journal of Medical Internet Research*, Vol. 23, No. 2, Art. no. e26292, February 2021.
<https://doi.org/10.2196/26292>
- [11] K. E. Laver, B. Lange, S. George, J. E. Deutsch, G. Saposnik, and M. Crotty, "Virtual Reality for Stroke Rehabilitation," *Cochrane Database of Systematic Reviews*, Vol. 2017, No. 11, Art. no. CD008349, November 2017.
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD008349.pub4>
- [12] G. Kerkhoff and T. Schenk, "Rehabilitation of Neglect: An Update," *Neuropsychologia*, Vol. 50, No. 6, pp. 1072-1079, May 2012.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.01.024>



남 상 훈(Sanghun Nam)

2019년~현재 : 국립창원대학교 메타융합콘
텐츠학부(부교수)

2012년 : 중앙대학교 영상공학(공학박사)

2001년 : 중앙대학교 영상공학(공학석사)

※관심분야 : 확장현실, 메타버스, 게임, 디지털
휴먼, 햅틱 인터랙션, 인터랙티브 아트 등