

눈과 귀로 복용하는 디지털 치료제 : VR/AR 공감 반응을 활용한 만성 뇌 질환 재활치료방법 개발*

이 종 현

서울대학교 뇌 융합 인문과학 실험실(BHL) 연구원

권 영 성**

동아대학교 미디어커뮤니케이션학과 조교수

목차

1. 서론
2. VR/AR 치료 원천기술 개발 연구 제안
 - 1) VR/AR 기술 재활치료의 신경생리학적 기저 연구
 - 2) VR/AR 기술에 적합한 콘텐츠 특성 연구
 - 3) 특성에 부합하는 콘텐츠 제작 및 치료 효과 검증
3. 파급 효과

* 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. NRF-2020R1G1A1101384).

** 교신저자, yoskwon@dau.ac.kr.

요약문

본 연구는 VR/AR 기술을 활용한 만성 뇌 질환 재활치료의 가능성을 고찰하고, 디지털 치료제 개발 연구의 필요성을 제기한 연구이다. 아울러 디지털 치료제 연구 개발 과정을 제안하여 VR/AR 재활치료가 그 잠재력을 발휘하고 효율적이고 효과적인 치료 방법으로 발전하는 데 이바지하고자 하였다. 이를 위해 VR/AR 기술 연구, 신경생리학적 연구, 만성 뇌 질환 환자 치료 연구의 동향을 규명하였으며, VR/AR 기술을 만성 뇌 질환 환자들의 치료에 활용하기 위한 과정 및 방법을 단계별로 구분하여 제안하였다. 첫 번째 단계는, 가상현실 기술을 활용한 뇌질환 환자 재활치료의 신경생리학적 근거를 마련하는 단계이고, 두 번째 단계는, 이러한 신경생리학적 근거를 바탕으로 VR/AR 기술을 활용한 치료 방법 및 그에 따른 콘텐츠의 특징을 체계화하는 단계이며, 세 번째 단계는, 이러한 특징을 고려한 치료 방법과 콘텐츠 활용이 환자에게 실제로 효과가 있음을 의학적으로 밝혀내는 단계이다. 본 연구의 제안을 바탕으로 진행되는 향후의 연구는 개인과 사회에 공헌하고 학계와 산업계의 여러 분야에 파급 효과를 끼칠 것으로 예상된다. 본 연구가 만성 뇌 질환 환자 치료용 미디어 제작 기반 기술 개발 및 디지털 치료제 개발 산업의 기반을 닦는 데 유용한 기초자료로 활용될 수 있기를 바란다.

주제어

VR, AR, 디지털 치료제, 가상현실 치료, VR 치료, 미디어뇌인지과학, 미디어 의학

1. 서론

최근 주목받고 있는 가상현실(Virtual Reality : VR) 및 증강현실(Augmented Reality : AR) 기술(이하, VR/AR 기술)은 사용자에게 ‘몰입 경험(Immersive Experience)’을 선사한다. 현실 시각(actual view)의 재현을 통해 가상공간에 실재하고 있는 듯한 공간감을 제공하고 콘텐츠와 상호작용이 가능한 환경을 조성함으로써 시각과 청각을 초월하는 감각의 확장을 경험하게 하는 것이다. 사람들은 이렇게 재현된 가상공간을 또 하나의 현실로 수용하고 여기에 ‘몰입’하는 경험을 하게 된다. 이러한 ‘몰입 경험’을 제공하는 가상현실 및 증강현실 서비스는 향후 5년 이내에 산업 전반에 지대한 영향을 미칠 중요 기술 트렌드로 급성장할 것이다. IT 분야의 리서치 기업인 가트너(Gartner)는 2019년 10대 전략 기술 트렌드 중 하나로 ‘몰입 경험’을 선정한 바 있다. 가트너에서 선정한 10대 기술은 혁신적이고 영향력과 잠재력이 크며 폭넓은 활용사례를 보이는 신기술로¹⁾, 그 중 ‘몰입 경험’을 이끄는 VR/AR 기술은 앞으로 급격히 성장하여 사회 여러 분야에 혁신을 불러올 것으로 전망된다.

VR/AR 기술의 ‘몰입 경험’을 통해 혁신을 일으킬 것으로 예측되는 분야 중 하나가 바로 만성 뇌질환 환자에 대한 재활치료 분야이다. 국내 자폐 장애 및 뇌졸중 유병률은 매년 꾸준히 증가하는 추세이며, 이에 따른 국가경제적 소요 비용의 증가와 고액의 진료비가 새로운 사회 문제가 되고 있다. 이러한 정신질환들은 완치가 매우 까다롭고, 치료시기를 놓치면 만성 질환으로 고착되는 비율이 높다는 특징 때문에 의학계에서는 치료 효과를 높이기 위해 노력하고 있다. 현재 약물치료, 물리적 재활치료 등이 주 치료요법으로 사용되고 있지만, 그 효과는 한정적이며 침습성(Invasiveness) 치료 및 고가의 의료비로 환자들에게 큰 부담을 안기고 있기에 비침습성(Non-invasiveness)이며 환자들의 부담이 적은 새로운 치료 방법이 요구되고 있다. 뇌졸중과 같은 만성 뇌질환

1) 과학기술정보통신부, 『R&D KIOSK (국가연구개발사업 정보 길잡이) 제57호』, 2019, 2-4쪽.

환자들은 일상생활을 영위하는 데 지장을 주는 마비나 인지장애와 같은 증상을 극복하기 위하여 지속적인 재활치료를 받아야 한다. 하지만 여기에 드는 비용이 매우 많으며 또한 거동이 불편한 환자가 병원에 내방하기 위해서는 타인의 도움이 필수적이다. 그런데 VR/AR 기술을 사용하는 재활치료는 휴대성과 확장성이 높은 VR/AR 장비를 이용하여 장소에 구애받지 않고 재활치료 환경을 재현할 수 있다는 점에서 현재의 재활치료가 가지는 단점을 극복하는 하나의 대안이 될 수 있다.

실제로 최근에 VR/AR 기술을 이용한 뇌졸중 재활치료를 위한 연구가 해외 연구진들을 중심으로 진행되고 있으며, 일부 연구에서 효과가 있음이 보고되기도 하였다²⁾. 하지만 이러한 연구들은 단순히 현재 사용되는 치료 방법의 일부를 VR/AR 기술로 옮겨서 그 효과를 확인하는 정도의 단편적인 연구에 그치고 있으며, VR/AR 기술이 어떻게 재활치료 효과를 줄 수 있는지에 관한 연구(신경학적 기저를 규명하는 연구)나 이러한 연구 결과를 통해서 효과적인 ‘VR/AR 재활치료’만의 방법을 정교화하려는 연구(치료 방법의 구체화 및 콘텐츠 기반 마련)는 미비하다. 재활치료의 대안으로서 VR/AR 기술의 잠재력을 끌어내고 이를 혁신적인 기술로 산업에 적용하기 위해서는, 신경학적 기저에 관한 연구와 이를 기반으로 하는 치료콘텐츠의 체계화가 필수적이다. 본 연구는 현실 시각을 표현하고 높은 몰입감을 선사하는 VR/AR 기술을 만성 뇌 질환 환자들의 치료에 활용하기 위한 과정 및 방법을 학계에 신속히 보고하고 관련 연구의 필요성을 제기하는 데 주목적이 있다.

본 연구가 제안하는 VR/AR 기술을 이용한 만성 뇌 질환 환자의 재활치료 방법 개발을 위한 첫 번째 단계는 VR/AR 기술 재활치료의 신경생리학적 기반을 마련하는 것이다. 이는 VR/AR 재활치료의 기반을 다지는 기초 연구 단계라 할 수 있다. 그리고 이는 VR/AR 기술이 발전을 거듭하고 있는 현시점에서 더욱 필요한 연구이다. 현재의 VR/AR 기술은 아직 완성단계에 도달하지 못하여 현실을 가상의 공간에 온전히 재현해내지 못한다. 하지만 한편으로 구글, 페이스북, 마이크로소프트와

2) Laver, K. E., Lange, B., George, S., Deutsch, J. E., Saposnik, G., & Crotty, M., 『Virtual reality for stroke rehabilitation』, Cochrane database of systematic reviews, 2017, pp.127-142.

같은 세계적인 기업들의 공격적인 투자에 힘입어 VR/AR 기술은 현재 매우 빠른 속도로 발전하고 있다. 예측에 따르면 향후 5년에서 10년 이내에 기술은 성숙한 단계에 접어들 것으로 보이며, 가까운 미래에는 VR/AR 기술이 현실을 완전히 재현할 수 있는 수준에 도달할 것으로 기대된다. 이런 기술적 발전의 흐름 속에서 VR/AR 재활치료 연구는 단순히 현 상황을 진단하는 데 그치지 않고, 앞으로의 기술 발전을 염두에 두고 VR/AR 재활치료의 효용성과 잠재성을 예측하는 데 기여할 필요가 있다.

하지만 현재의 VR/AR 재활치료에 관한 대부분의 연구는 현 단계의 기술로 치료를 구현한 후 그 효과를 전통의 치료들과 비교하여 검증하는 수준에 그치고 있다. 이러한 연구를 바탕으로 얻어진 VR/AR 재활치료의 효과는 성숙하지 못한 기술적 한계를 기반으로 하므로, 실제로 이들 연구는 VR 치료가 전통적인 치료 방법에 비해서 크게 효과적이지 못한 것으로 보고하고 있다³⁾. 하지만 이러한 접근 방법은 VR/AR 재활치료의 현 상황을 잘 진단하고 있을지는 모르지만, 그것이 가진 미래의 효용성과 잠재성을 과소평가하게 될 가능성이 크다. 이렇게 과소평가된 잠재성은 장기적인 비전을 가진 투자와 산업 자원의 적절한 투입을 끌어내지 못할 것이다. 따라서 단순히 현시점에서 VR/AR 재활치료가 효과가 있는지 없는지를 진단하는 것을 목표로 두지 않고, 기술의 이론적 기반을 다지고 이를 바탕으로 장기적인 측면에서 기술 발전에 따른 효용성과 잠재성을 예측하는 데 목표를 둔 연구가 필요하다.

이를 위해 필요한 일차적 연구는 신경생리학적 근거를 마련하려는 것이다. VR/AR 재활치료가 ①기존의 전통 재활치료와 동일한 신경생리학적 기저를 가지고 있음을 보이고, ② 또한 특정한 조건에 따라, 즉, 기술의 발전을 통해 예측할 수 있는 방향에 따라, 더 효과적일 수 있음을 신경생리학적으로 살펴보는 연구가 가장 먼저 필요하다. 기본적으로 VR/AR 기술 기반 재활치료는 현재 재활치료의 대안적 중재로 연구되고 있는 동작관찰훈련(Action Observation)에 근거를 둔다. 동작관찰훈련은 환자들이 실제로 움직이지 않고 영상의 시각 및 청각적 자극만을

3) Laver, K. E., Lange, B., George, S., Deutsch, J. E., Saposnik, G., & Crotty, M., op. cit., pp.127-142.

통해 동작을 반복 인지하여 훈련하는 재활 방법으로, 여러 연구를 통해서 환자의 재활에 효과가 있음이 드러나고 있다⁴⁾. 이런 동작관찰훈련은, 타인의 움직임을 관찰할 때, 실제 자신이 움직일 때와 동일한 대뇌의 감각과 운동영역을 활성화한다는 거울신경시스템(Mirror Neuron System)의 신경생리학적 기전에 기반을 두고 있다⁵⁾⁶⁾. VR/AR 재활치료는 기본적으로 동작관찰훈련과 유사한 작동 원리를 활용하므로, 동작관찰훈련과 유사한 신경생리학적 기반을 갖추고 있을 것이라고 상정된다. 하지만 실제로 그러한 신경생리학적 기반을 가졌는지에 대한 구체적인 연구는 많지 않다. 그래서 VR/AR 기술이 재활치료에 활용될 수 있음을 보여주는 VR/AR 기술에 대한 신경생리학적 기저, 특히 거울신경과 관련된 신경생리학적 기저에 관한 연구가 필수이다. 구체적으로, VR/AR 장비로 구현된 움직임을 관찰할 때, 실제 움직일 때와 유사한 거울신경시스템의 활성화가 나타나는지를 뇌파측정기법(Electroencephalogram, EEG)으로 밝혀내야 한다. 또한, VR/AR 장비 사용 시와 동작관찰훈련 시의 뇌파를 각각 비교 분석하여, 이들 간에 어떤 유사성 혹은 강도의 차이가 있는지를 연구하는 것 또한 필수적이다. 특히 이런 유사성과 강도의 차이가 VR/AR 기술의 발전 방향, 즉, 현실의 재현 능력에 따라 어떻게 달라지는지를 확인하여 미래의 기술 발전에 따른 VR/AR 치료의 잠재성을 예측할 필요가 있다. 이런 연구들은 VR/AR 기술 기반 재활치료의 신경생리학적 기저에 대한 기초자료가 될 것이며, 이후 실제 치료 방법으로서의 적용 시 이론적 근거의 역할을 하게 될 것이다.

두 번째 단계는 신경생리학적 연구에 기반을 두어 VR/AR 기술에 적합한 치료 방법과 콘텐츠를 고안하는 것이다. 기존 VR/AR 장비를 활용한 뇌졸중 환자 치료연구는 단순히 치료 방법을 VR/AR 장비로 재현

-
- 4) 양병일, & 박형기, 「동작관찰 훈련과 운동 상상훈련이 뇌 활성화상태에 미치는 효과」, 『신경치료』 제22권 3호, 2018, 7-10쪽.
 - 5) Johansson, B. B., 「Current trends in stroke rehabilitation. A review with focus on brain plasticity」, 『Acta Neurologica Scandinavica』 Vol.123, No.3, 2011, pp.147-159.
 - 6) 이문규, & 김종만, 「동작관찰훈련이 뇌졸중 환자의 상지 기능에 미치는 영향」, 『한국전문물리치료학회지』 제18권 2호, 2011, 27-34쪽.

하거나 콘텐츠에 대한 비교분석 없이 단편적인 콘텐츠를 설계하여, 그 효과를 검증하는 데 그치고 있다. 이런 연구들은 기초적인 단계에서 VR/AR 장비의 효과를 검증한다는 의미가 있을지 모르지만, VR/AR 기술만의 특징을 제대로 구현하고 있는지 알 수 없으므로 제대로 된 효과의 검증이라고 보기 어렵다. 이렇게 얻어진 결과는 VR/AR 기술이 가진 잠재력을 제대로 드러내지 못한다고 할 수 있다. 실제로 VR/AR 기술을 적용한 재활치료가 효과가 없다고 보고하는 연구 사례들도 발견된다. 하지만 이는 VR/AR 기술에 적합한 치료 방법과 콘텐츠를 활용하지 않았기 때문일 가능성이 있다. VR/AR 기술은 새롭게 구현된 또 다른 현실에 ‘몰입’하게 하는 것이 중요한 특징이다. 이러한 VR/AR 기술의 몰입이라는 특성을 충분히 살리지 못하는 단편적인 콘텐츠로는 당연히 치료의 효용성이 매우 떨어질 수 있다. 반면에, VR/AR 기술의 잠재적 특징을 활성화하면 기존의 치료에서는 여러 가지 제약으로 인해 불가능했던 재활치료 방법과 콘텐츠를 고안할 수 있을 것이다. 간단히 예로, 실제로 외나무다리를 건너는 훈련은 심리적, 물리적 위험성 등으로 인해 실행할 수 없는 훈련일 수 있지만, VR/AR 기술로는 충분히 구현해낼 수 있다. 이런 측면에서 VR/AR 기술에 적합한 재활훈련 방법을 고안하고 그에 맞는 콘텐츠 개발을 위한 연구 기반을 체계화할 필요가 있다. 구체적으로는 VR/AR 기술에 적합한 방법들과 그에 따른 콘텐츠들을 선별하고, 각 방법과 콘텐츠들의 특성들(시각적, 청각적, 공간감각적 특성 등)이 어떠한 차별화된 효과를 주는지 비교하여 분석할 필요가 있다. 뇌파측정 기법과 뇌의 혈류 반응을 측정할 수 있는 기능적 자기공명영상(Functional Magnetic Resonance Imaging, fMRI)을 활용하여, 신경생리학적 측면에서 각각의 방법과 콘텐츠가 뇌에 미치는 직접적인 영향을 비교 분석해볼 수 있다. 이러한 연구는 재활치료에 더욱 적합한 방법과 콘텐츠를 개발하는 데 이론적 근거의 역할을 하게 될 것이다.

본 연구가 제안하는 VR/AR 기술을 이용한 만성 뇌 질환 환자의 재활치료 방법 개발을 위한 마지막 단계는 신경생리학적 연구를 기반으로 개발된 치료 방법과 콘텐츠가 실제 재활치료 효과를 가지는지 의학적으로 증명하는 것이다. 즉, 앞선 단계에서 구축된 치료콘텐츠와 방법을 실

제로 적용하여 그 효과를 검증하는 단계이다. 세 번째 단계의 연구를 통해서 VR/AR 기술이 실제로 만성 뇌 질환 환자의 재활치료 방법으로 사용될 수 있음을 확인할 수 있을 것이다. 기존의 연구들과는 달리 VR/AR 기술에 더욱 적합한 콘텐츠를 이용하고 콘텐츠별로 비교 분석하여 VR/AR 재활치료의 효과를 검증함으로써, VR/AR 기술이 가지는 재활치료 효과를 명확하게 계량화하는 것이 필요하다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 축적된 데이터들은 적합한 치료콘텐츠 개발에 이바지하여 향후 치료목적 VR/AR 콘텐츠 개발(‘디지털 치료제’) 산업의 밑거름이 될 수 있을 것이다.

2. VR/AR 치료 원천기술 개발 연구 제안

1) VR/AR 기술 재활치료의 신경생리학적 기저 연구

대부분의 만성 뇌질환자들은 신체적 혹은 인지적 장애로 인해 운동능력에 심각한 손상을 입는다. 이들이 운동능력을 회복하고 일상생활을 영위하기 위해서는 지속적인 재활치료가 필요하다⁷⁾. 특히 뇌의 원활하지 못한 신호 처리로 인해 신체의 움직임이 어려운 이들 환자에게는 물리적인 행동치료와 더불어서 인지적 측면이 고려된 대안적 재활치료 및 훈련 방법이 필요하다⁸⁾. 이런 인지적 재활치료 방법은 신경가소성의 회복에 바탕을 두고 있다. 과거에는 뇌세포와 신경의 손상은 재생이 어렵다고 여겨졌다. 하지만 뇌인지과학의 발전으로, 인간의 중추신경계는 손상된 구조와 기능을 일부 회복시킬 수 있는 제한적인 자가 회복 능력이

7) 권혁찬, 양윤하, 황수진, 김수희, 이현주, & 태기식, 「상지기능 향상을 위한 증강현실 거울치료 효과 비교」, 『한국재활복지공학회 학술대회 논문집』, 2018, 90-92쪽.

8) Mouthon, A., Ruffieux, J., Wälchli, M., Keller, M., & Taube, W., 「Task-dependent changes of corticospinal excitability during observation and motor imagery of balance tasks」, 『Neuroscience』 Vol.303, 2015, pp.535-543.

있고, 또한 질병으로 유발된 환경의 변화에 적응할 수 있는 능력도 있다는 사실이 밝혀졌다⁹⁾¹⁰⁾. 이에 따라 최근에는 만성 뇌질환자의 재활치료에서 물리적 치료와 함께 신경가소성을 최대한 증진시키는 방법과 훈련이 활발히 연구되고 있다.

이런 연구의 흐름 속에서 제시되고 있는 방법의 하나가 동작관찰훈련(Action Observation)이다. 동작관찰훈련은 사물이나 개체가 수행하는 활동을 관찰하고 그 동작을 반복적으로 모방하는 훈련을 하여 신경가소성을 회복시키고 운동능력을 향상시키는 인지적 중재방안이다. 동작관찰훈련의 치료훈련 방법으로 제시되는 것들로는, 다른 사람이 움직이는 모습을 직접 관찰하는 방법, 동영상 관찰하는 방법, 거울에 비친 자신의 모습을 관찰하는 방법(거울관찰훈련) 등이 있다. 동작관찰훈련은 각각의 방법에 따라서 그 효과의 차이가 있으나, 대체적으로는 신경가소성 회복과 운동능력 향상에 도움이 되는 것으로 알려져 있다¹¹⁾.

동작관찰훈련이 신경가소성 회복에 도움을 주는 원리는 우리 뇌의 거울신경시스템과 관련이 있다¹²⁾. 최근 활발히 연구되고 있는 동작관찰훈련은 환자들이 실제적 움직임 없이 영상의 시각 및 청각적 자극만을 통해 동작을 반복 인지하는 훈련으로, 이를 통해 뇌의 공감 능력을 관장하는 '거울신경시스템(Mirror Neuron System)'을 활성화할 수 있음이 보고되고 있다¹³⁾. 거울신경시스템은 우리가 실제로 동작을 수행하거나 유사한 동작을 관찰할 때 활성화되는 감각 운동 신경이다. 거울신경시스템은 실제의 움직임이 없이도 실제로 움직일 때와 동일하게 뇌가 활

9) Kim, J. Y., Ko, Y. M., & Park, J. W., 「Comparison of EEG Changes Induced by Action Execution and Action Observation」, 『The Journal of Korean Physical Therapy』 Vol.29, No.1, 2017, pp.27-32.

10) Reynolds, C., Osuagwu, B. A., & Vuckovic, A., 「Influence of motor imagination on cortical activation during functional electrical stimulation」, 『Clinical Neurophysiology』 Vol.126, No.7, 2015, pp.1360-1369.

11) 이현주, 송근산, 임현승, & 태기식, 「뇌파분석을 통한 증강현실 기반 거울운동이 거울신경 활성화도에 미치는 효과 연구」, 『재활복지공학회논문지』 제13권 2호, 2019, 118-126쪽.

12) 양병일, & 박형기, 「동작관찰 훈련과 운동 상상훈련이 뇌 활성화상태에 미치는 효과」, 『신경치료』 제22권 3호, 2018, 7-10쪽.

13) Johansson, B. B., op. cit., pp.147-159.

성화됨을 의미하며, 이런 거울신경시스템은 동작의 모방이나 학습에 관여한다고 알려져 있다. 동작관찰훈련은 이런 신경생리학적 기저를 근거로 연구되고 있는데, 실제로 움직일 때와 같은 뇌 운동영역의 신경회로가 활성화되면서 관련된 뇌 영역의 가소성을 회복시키는 것으로 알려져 있다.

본 연구에서 제안하는 VR/AR 기술을 활용한 재활치료 방법은 동작관찰훈련과 유사하다. 환자들은 VR/AR 장비를 통해 구현된 움직임을 관찰하고 그것을 모방하는 훈련을 한다는 점에서 다른 동작관찰훈련들과 유사점을 보인다. 하지만 훈련의 용이성과 몰입감, 실재감, 그에 따른 흥미도와 집중도 등의 측면에서 VR/AR 장비를 활용하는 것은 많은 장점이 있다. 앞서 언급한 몇 가지 동작관찰훈련 방법은 각각 장단점이 있다. 다른 사람의 실제 움직임을 관찰하는 것은 현실성이 높지만, 환자 본인이 몰입하기에는 어려운 방식이며, 훈련에 반드시 치료사가 개입해야 한다는 측면에서 이용이 쉽지 않다. 거울을 통한 동작관찰훈련은 환자가 직접 본인의 행동을 관찰하는 것이므로 현실성이 있고 좀 더 몰입할 수 있는 측면이 있지만, 주로 편마비 등 몸 일부가 정상적인 환자들만이 사용할 수 있는 방법이며 보통 병원에서 이루어져야 하고 거울을 매개체로 보아야 하는 특성 때문에 그 주변 환경이 보여 실재감을 높이기 어렵다¹⁴⁾. 영상을 통한 동작관찰훈련은 영상의 특성상 훈련하기가 쉽고 다양한 동작을 상대적으로 저렴한 비용으로 구현할 수 있다는 장점이 있으나, 실재감이 상대적으로 부족하며 이로 인해 환자들이 몰입하여 훈련에 참여하기 어려울 수 있다.

그에 비해서 VR/AR 기술을 활용한 동작관찰훈련은 휴대성이 높은 VR/AR 장비를 사용하기 때문에 장소의 제약 없이 훈련할 수 있으며, 치료용 콘텐츠의 구성에 따라서 재활훈련의 중요한 영역이지만 실제로는 훈련하기 어려운 동작들(가령 길 건너기나 운전하기)에 대해서도 훈련할 수 있으므로 그 범위 또한 넓다. 또한, 시각적·청각적 자극 외에도 공간감을 부여하고 상호작용할 수 있는 특징 덕분에 실재감과 몰입감이 다른 방법에 비해 월등하다. 사용자들이 몰입할 수 있는 실제와 같은

14) 이현주, 송근산, 임현승, & 테기식, op. cit., 118-126쪽.

환경을 제공하는 것이 중요한 이유는 이런 실재감과 몰입감이 사용자의 흥미도와 집중도에 큰 영향을 주기 때문이다. 환자의 집중도와 흥미도가 떨어지면 치료 효과가 줄어들 수 있는데, 거울신경세포는 동작을 관찰하거나 따라 할 때 활성화되므로 환자가 치료에 집중하도록 하는 것이 중요하기 때문이다¹⁵⁾. 실제로 VR/AR 기기를 활용한 훈련은 보통 다른 매체보다 사용자들의 흥미도와 집중도 역시 더 높은 것으로 알려져 있다¹⁶⁾. 이러한 장점들 덕분에 VR/AR 기술을 활용한 동작관찰훈련은 기존의 방식에 비해서 훈련이 더 쉬우면서도 더 큰 효과를 줄 것으로 예상된다. 실제로 몇몇 연구들은 VR/AR 장비를 활용한 치료 방법이 뇌졸중 환자의 운동기능을 향상시켰다고 보고하기도 하였다¹⁷⁾. 예를 들어, VR게임이나 VR기반의 재활프로그램이 환자들의 균형능력을 향상시켰거나¹⁸⁾¹⁹⁾ 일상의 행동에서의 수행능력 향상을 유도했다고 보고된다²⁰⁾.

이처럼 VR/AR 장비를 활용한 재활치료는 기존의 동작관찰훈련에 비

- 15) 권혁찬, 양윤하, 황수진, 김수희, 이현주, & 태기식, 「상지기능 향상을 위한 증강현실 거울치료 효과 비교」, 『한국재활복지공학회 학술대회 논문집』, 2018, 90-92쪽.
- 16) Straudi, S., Severini, G., Charabati, A. S., Pavarelli, C., Gamberini, G., Scotti, A., & Basaglia, N., 「The effects of video game therapy on balance and attention in chronic ambulatory traumatic brain injury: an exploratory study」, 『BMC neurology』 Vol.17, No.1, 2017, pp.1-7.
- 17) 양병일, & 박형기, 「테라테인먼트적 가상운동 프로그램이 하지 근 활성화도 및 균형에 미치는 영향」, 『한국엔터테인먼트산업학회논문지』 제12권 7호, 2018, 329-337쪽.
- 18) Kim, J., Jang, S., Kim, C., Jung, J., & You, J. 「Use of virtual reality to enhance balance and ambulation in chronic stroke: a double-blind, randomized controlled study」, 『American Journal of physical medicine & rehabilitation』 Vol.88, No.9, 2009, pp.693-701.
- 19) Bang, Y., Son, K., & Kim, H. 「Effects of virtual reality training using Nintendo Wii and treadmill walking exercise on balance and walking for stroke patients」, 『Journal of physical therapy science』 Vol.28, No.11, 2006, pp.3112-3115.
- 20) Moon, J., Jeon, M., Kim, B., & Cho, H. 「Effects of virtual reality combined with balance training on upper limb function, balance, and activities of daily living in post-stroke: a preliminary study」, 『한국엔터테인먼트산업학회 학술대회 논문집』, 2019, 55-62쪽.

해 장점이 있고, 실제로 치료에 활용될 가능성이 크다는 것도 이전 선행 연구들을 통해서 확인되고 있다. 하지만 현재까지의 연구들은 현 기술 수준의 기초적인 VR/AR 장비를 활용한 재활치료의 효과를 보고하고 있을 뿐이다. VR/AR 기술의 적용 가능성과 앞으로의 활용을 위해서는 신경생리학적 기저에 대한 보다 정확한 연구가 동반되어야 한다. 앞서 언급했듯, VR/AR 재활치료는 동작관찰치료의 일종이라고 할 수 있고, 동작관찰훈련은 거울신경시스템이라는 신경생리학적 기저에 기반을 두고 있다. 그러므로 현재 동작관찰훈련 연구에서 이루어지고 있는 것처럼 VR/AR 재활치료의 신경생리학적 기반에 관한 연구가 이루어져야 한다. 일차적으로는 VR/AR 재활치료 역시 거울신경시스템을 활성화할 수 있는지, 그렇다면 그 활성화의 정도가 다른 방법, 다른 매체와 비교해서 어떻게 다른지에 관한 연구가 필요하다. 이러한 연구는 VR/AR 재활치료의 신경생리학적 근거를 마련하고 다른 방법과 매체보다 VR/AR 기술이 재활치료에 더 적합한지 비교할 수 있는 기초 연구가 될 것이다.

VR/AR 장비 활용에 따른 거울신경시스템 활성화 정도를 알아보기 위해서 필자가 제안하는 측정 방법은 뇌파측정 기법이다. 이는 두피에 접촉한 전극을 통해 뇌에서 발생하는 전기적 반응을 측정하는 신경생리학적 연구 방법이다. 다른 신경생리학적 연구 방법(CT, MRI, fMRI, PET 등)보다 상대적으로 비용이 저렴하고 측정이 간편하며 장비가 감소하고 비침습적인 방법으로 이루어지므로 연구대상자에게 부정적 영향이 적다는 장점이 있다. 이러한 뇌파측정기법의 특성은 필자가 제안하는 연구의 목적과 대상을 고려할 시에 적합한 방법으로 볼 수 있다. 장비가 간소하여 VR/AR 장비와 함께 사용할 수 있으며, 측정이 간편하고 연구대상자에게 미치는 영향이 적기 때문에 재활치료가 필요한 환자들에게 사용하기에 유리하기 때문이다.

뇌파측정기법 중에서도 필자가 제안하는 연구 방법은 웨이브렛 변환(Wavelet Transform)을 사용한 주파수 분석법이다. 주파수 분석법은 측정한 뇌파의 파동을 각 주파수 영역대 별로 나누어, 각 영역대에서 검출되는 주파수 성분을 통해 인지 및 생리적 상태를 분석하는 방법이다. 분석에 사용되는 주파수 영역과 그에 따른 뇌파에는 델타파(~4Hz), 세

타파(4~8Hz), 알파파(8~13Hz), 베타파(13~30Hz), 감마파(30~ Hz) 등이 있는데, 각각의 주파수 영역은 두뇌의 특정한 인지 및 생리적 과정을 반영한다. 이 중에서 거울신경시스템과 관련이 있는 뇌파는 알파파이다. 알파파는 이완된 정신 상태에서 주로 나타나는데, 눈을 감은 채로 휴식상태에 있을 때 관측될 수 있다. 반대로 각성한 상태, 혹은 인지적으로 활동을 하거나 주의를 기울이는 상태에서는 알파파는 약화한다. 이와 같은 인지 활동과 역의 관계를 맺는 특징 때문에 알파파는 인지 활동과 관련된 과제의 연구에서 많이 사용된다.

이 중에서 거울신경시스템과 관련 있는 것은 알파파의 일종인 뮤 리듬(Mu Rhythm)이다²¹⁾. 뮤 리듬은 주로 중앙전극(c3, c4)을 통해서 측정되며 감각 운동 피질(Sensorimotor Cortex)에서 확인된다. 이런 뮤 리듬은 사람이 휴식을 취하거나 안정되어 있을 때 활성화되며 행동을 관찰할 때 억제된다. 뮤 리듬이 억제되는 현상을 뮤 억제(Mu suppression)라고 지칭하는데, Oberman, Pineda, & Ramachandran²²⁾과 Pineda²³⁾등은 뮤 억제와 거울신경세포의 활성의 비례도에 대해 확인하였다. 뮤 리듬 억제는 시각 및 청각의 자극만으로도 가능하며²⁴⁾²⁵⁾, 이를 통해 ‘거울신경시스템’의 활성화 여부를 판단할 수 있다. 그러므로 뮤 리듬의 억제 여부에 따라서 거울신경시스템이 활성화되었는지를 확인할 수 있으며, 뮤 억제의 정도를 비교 분석함으로써 거울신경시스템의 활성화 정도를 비교해 볼 수 있다.

21) Pineda, J. A., 「The functional significance of mu rhythms: translating “seeing” and “hearing” into “doing”」, 『Brain research reviews』, Vol.50, No.1, 2005, pp.57-68.

22) Oberman, L. M., Pineda, J. A., & Ramachandran, V. S., 「The human mirror neuron system: a link between action observation and social skills」, 『Social cognitive and affective neuroscience』 Vol.2, No.1, 2007, pp.62-66.

23) Pineda, J. A., op. cit., pp.57-68.

24) Kwon, Y. S., & Lee, S. E., 「Cognitive Processing of Sound Effects in Television Sports Broadcasting」, 『Journal of Radio & Audio Media』, 2020.

25) 권영성, 이종현, & 이성은, 「배경음악의 템포가 수용자의 공감과 몰입도에 미치는 영향: 뮤리듬 웨이브렛 변환 뇌파 분석 연구」, 『PREVIEW:디지털 영상학술지』 제18권 2호, 2021, 7-30쪽.

이러한 뮤 리듬 측정을 통해 VR/AR 재활치료의 거울신경시스템 활성화 정도를 확인할 수 있을 것이며, 이를 위해서 시행할 수 있는 실험의 예는 다음과 같다. 실험참여자들을 임의로 3개의 집단에 할당하고, 각 집단은 각기 다른 3개 조건의 실험을 수행하게 한다. 3개의 조건은 ㉠ VR/AR 장비를 통해 움직임을 관찰 ㉡ 영상을 통해 움직임을 관찰 ㉢ 실제 사람의 움직임을 관찰하는 것이다. 관찰하게 될 움직임은 일상 생활과 관련된 동작으로, 물건 잡거나 들어올리기 같은 간단한 동작이 될 수 있다. 실험참여자들은 각 조건에 따라서 움직임을 관찰하고 연구진은 뇌파를 측정한다. 각 조건의 뮤 억제 정도를 분석하여 VR/AR 장비를 통해서 동작을 관찰하였을 시에 뮤 억제가 나타나는지, 또한 그 정도가 다른 두 조건(㉡, ㉢)에 비해서 어떻게 다른지 확인할 수 있다. 이러한 실험은 일반인을 대상으로 진행하여 가능성을 확인하고, 이후 실제 만성 뇌 질환 환자에게 적용하여 연구할 수 있다.

2) VR/AR 기술에 적합한 콘텐츠 특성 연구

VR/AR 재활치료는 편의성과 확장성의 측면에서 영상을 이용한 동작 관찰훈련과 비교될 수 있다. 두 방법 모두 치료 장소에 대해 상대적으로 구애받지 않고, 다양한 콘텐츠들을 통해 실제 훈련에서는 수행할 수 없는 여러 훈련을 수행할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 VR/AR 재활치료는 영상 재활치료와 비교하면 몰입감과 실재감의 측면에서 우위에 있고, 이런 특징은 VR/AR 기술을 활용하는 것이 더 높은 치료 효과가 있으리라 예측되는 이유이다. 현재까지 영상을 이용한 동작관찰훈련의 연구 결과는 대체로 치료 효과가 있음을 보고하고 있지만, 그 효과가 뚜렷하지는 않다. 장기적인 치료 효과가 부재하거나, 전통적인 치료 방법에 비해서 더 나은 효과를 보이지는 못하고 있다. 이러한 한계점을 보이는 것은 아직 미성숙한 VR/AR 기술의 한계점 때문이기도 하지만, VR/AR 기술에 적합한 콘텐츠를 구성하지 못했기 때문이기도 하다. 몰입감과 실재감의 부족, 그로 인한 환자의 집중력 부족 등이 효과가 미비한 원인으로 보이며, VR/AR 재활치료는 더 높은 몰입감과 실재감을

제공한다고 알려져 있으므로, 영상 재활치료의 단점을 극복하는 좋은 대안이 될 수 있을 것이다.

몰입감과 실재감이 더 높다는 점은 직접적으로 그리고 간접적으로 재활치료의 효과에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 기대할 수 있다. 앞서 언급한 바와 같이 동작관찰훈련은 거울신경시스템의 활성화를 통해서 신경가소성을 회복하는 방법인데, 실제 현실과 유사한 환경이 제시될수록 거울신경시스템의 활성화에 유리하다고 알려져 있다. 따라서 VR/AR 재활치료는 실제와 더 유사한 환경을 구현해서 신경가소성 회복을 도움으로써, 직접적으로 치료 효과를 더욱 높일 수 있을 것으로 예상된다. 또한, 높은 몰입감과 실재감은 환자에게 흥미를 유발하여 환자의 재활치료에 대한 집중력을 높이는 효과를 줄 수 있다. 일반적으로 재활치료는 단순한 행위의 반복으로 이루어져 있고 그 효과가 즉각적으로 나타나지 않기 때문에 환자들은 곧잘 치료에 대한 흥미를 잃고 만다. 동기부여가 잘 이루어지지 않은 상태에서의 재활훈련은 환자의 집중력 결여로 인해 치료 효과를 보기가 어렵다. 특히 거울신경시스템은 동작을 관찰하거나 모방할 때 활성화되기 때문에 환자가 치료에 집중할 수 있도록 하는 것이 더욱 중요하다. 그래서 아이트래킹을 이용하여 환자의 주의집중을 추적하고 이에 따라 자극을 제시하는 방법을 통해 이런 어려움을 극복하려고 시도하기도 한다²⁶⁾. VR/AR 장비는 다양한 감각 차원으로 현실을 재현하여 그 자체로 사용자의 흥미를 유도하는 데 유리하다. 더욱이 즉각적인 피드백이 가능하므로 사용자에게 동기를 부여하는 데에도 장점이 있다. 실제로 연구 결과에 따르면 VR/AR 장비를 학습과 치료 등에 사용하였을 때 학습자와 환자의 집중도와 흥미도가 더 높아졌다²⁷⁾. 따라서 VR/AR 장비는 사용자의 동기와 집중도를 높여서 치료 효과에 긍정적인 영향을 줄 것이다.

이처럼 VR/AR 재활치료는 기술적 특징 덕분에 일반적인 영상에 비

26) Lutz, O., Burmeister, C., dos Santos, L., Morkisch, N., Dohle, C., & Krüger, J., 「Application of head-mounted devices with eye-tracking in virtual reality therapy」, 『Current Directions in Biomedical Engineering』 Vol.3, No.1, 2017, pp.53-56.

27) Straudi, S., Severini, G., Charabati, A. S., Pavarelli, C., Gamberini, G., Scotti, A., & Basaglia, N., op. cit., pp.1-7.

해서 치료 효과가 더 높을 것으로 예상된다. 하지만 이런 기술적 특징들과 치료 효과의 관계에 관한 실질적이고 체계적인 비교연구는 부족한 현실이다. 현재 해외에서 진행되고 있는 대부분의 연구는 기존의 치료 방법을 그대로 VR/AR 기술로 옮겨서 사용하거나 개별적인 VR/AR 콘텐츠를 제작하여 치료 효과를 검증하고 있다²⁸⁾. 물론 이러한 연구방식으로도 VR/AR 재활치료의 효과에 관해서 확인할 수 있고, 실제 환자에게 적용할 수 있는 콘텐츠를 개발할 수 있을 것이다. 하지만 이러한 방식은 VR/AR 치료콘텐츠의 잠재성을 모두 반영하지 못하며, 또한 개별콘텐츠를 통한 치료 효과 검증은 산업화를 위한 개발 근거로서는 비효율적이다. 이는 개별적인 콘텐츠가 환자에게 효과가 있음이 밝혀진다 해도, 그것이 다른 모든 환자나 상황에 적용될 수 있는 것은 아니기 때문이다. 치료의 목적과 목표에 부합하는 다양한 콘텐츠가 필요하고 그것을 보다 효율적으로 제작하기 위해서는 이를 적용할 수 있는 적합한 근거가 필요하다. VR/AR 기술의 특성 중 치료 효과를 주는 것이 어떤 특성인지 정확히 파악하고 그런 특성들에 기초해서 콘텐츠 제작을 기획한다면, 기획 단계부터 시행착오를 줄이고 효과적인 결과물을 생산할 수 있을 것이다. 이런 측면에서 향후 몰입감과 실재감을 중심으로 VR/AR 기술의 특징이 뇌에 각각 어떻게 작용하는지를 탐구하고 이를 체계화하여 콘텐츠 개발의 기반을 구축할 필요가 있을 것이다.

이런 측면에서 앞으로의 연구는 몰입감과 실재감을 중심으로 VR/AR 기술의 특징이 뇌에 각각 어떻게 작용하는지를 탐구하고 이를 체계화하여 콘텐츠 개발의 기반을 구축할 필요가 있다. VR/AR 콘텐츠 중에서 더 높은 치료효과를 보이는 VR/AR 기술의 특징이 무엇인지를 파악하는 것이 2단계 연구의 목표이다. 본 연구에서 주목하고 있는 VR/AR 기술의 특징은 다른 매체에 비해 몰입감과 실재감이 우월하다는 점이다. VR/AR 기술이 몰입감과 실재감을 주는 방식은 크게 다음 3가지로 나누어 볼 수 있는데, 이는 ① 감각의 재현, ② 공간의 확장, ③ 네트워크의 구축이다.

① VR/AR 기술은 실제 사람이 느끼는 감각과 유사한 감각을 재현하

28) Laver, K., Lange, B., George, S., Deutsch, J., Saposnik, G., & Crotty, M. op. cit., pp.127-142.

는 것을 통해 실재감과 몰입감을 제공한다. 최근에는 가장 기본적인 감각인 시각과 청각 외에도 촉각과 후각 등 다양한 감각으로 확장하여 VR/AR 장비는 보다 실제와 같은 현실을 재현하려고 시도하고 있다. 그럼에도 불구하고 현재의 많은 연구는 이러한 특징을 활용하는 대신, 대부분 움직임을 관찰하는 것에 초점을 두어 시각 정보에 집중하고 있다. 하지만, 사람들이 몰입감과 실재감을 느끼기 위해서는 시각 외의 다양한 감각적 정보가 함께 제공되는 것이 필요하다. 이러한 측면에서 동작관찰훈련의 기본이 되는 시각 외의 다양한 감각들이 시각과 함께 작용하여 거울신경시스템의 활성화에 어떠한 영향을 주는지에 관한 연구가 필요하다.

② VR/AR 기술의 또 다른 중요한 특징은, 가상세계에 현실과 유사한 혹은 현실에 존재하지 않는 새로운 공간을 창조할 수 있다는 점이다. 기존의 재활치료는 장소와 환경의 제약이 있다. 모든 재활치료는 병원 내의 특정한 공간에서 이루어질 수밖에 없으며, 실제 그 행동을 수행해야 하는 공간과는 동떨어진 곳에서 훈련이 이루어지게 된다. 또한, 위험성과 공간의 제약 등으로 인해서 훈련할 수 있는 일상생활의 동작들에 제한이 있다. 하지만 VR/AR 기술을 활용하면, 이러한 한계를 넘어서 원하는 공간으로 치료환경을 옮길 수 있다. 일상의 동작이 이루어지는 다양한 공간을 창조하고, 그러한 가상환경에서 치료훈련을 시행할 수 있기 때문이다. 적합한 치료환경에서 이루어지는 재활치료는 환자에게 더 높은 실재감과 몰입감을 줄 것으로 예상된다.

③ VR/AR 기술은 새로운 공간을 창조할 뿐만 아니라, 그 공간 속에 사람과 사람을 연결하는 네트워크를 구축하는 데에 사용될 수 있다. 실제로 페이스북과 같은 많은 기업이 이러한 가상현실 속 소셜 네트워크에 주목하고 있다. 가상현실 소셜 네트워크는 기존의 소셜 네트워크에 비해 몰입감과 실재감에서 우위에 있다. 이는 네트워크상의 피상적 교류가 아닌, 가상현실의 공간 속에서 자신의 “아바타”를 활용하여 다른 사람과 면 대 면으로 만나는 경험이 구현될 수 있기 때문이다. 이런 VR/AR 기술의 특성은 뇌 질환자에게 매우 소중한 정서적 경험을 제공할 수 있다. 이들은 움직임을 제한으로 대부분은 다른 사람과의 교류가 극히 제한되어 사회적으로 고립되기가 쉬우며 이에 따라 우울감을 느끼

기도 한다. VR/AR 장비를 이용한다면, 실제의 교류와 유사한 면대면의 교류를 통해 환자들이 사회적 고립에서 벗어나 새로운 소셜 네트워크를 구축할 수 있을 것이다. 본 연구에서 주목하고 있는 것은 소셜 네트워크 자체보다는 그런 소셜 네트워크가 환자에게 주는 상호유대감의 치료 효과이다. 다른 사람과 교류하는 것을 통해 상호유대감을 가지는 것, 즉, 다른 사람들과 함께 재활훈련을 하고 있다는 인식은 환자들의 재활 치료에 대한 몰입에 도움을 주고 치료효과를 높일 것으로 기대된다. 실제로 뇌졸중 환자에 관한 집단치료 연구는 집단치료 시 환자들의 우울감이 낮아지고 재활 동기가 높아진다고 보고하고 있다.²⁹⁾ 이런 측면에서 앞으로의 연구는 상호유대감이 환자들의 거울시스템 활성화에 어떠한 영향을 미치는지를 조사할 필요가 있다.

3) 특성에 부합하는 콘텐츠 제작 및 치료 효과 검증

마지막 단계는 앞선 연구 결과를 바탕으로 VR/AR 재활치료에 적합한 콘텐츠를 제작하고 각 콘텐츠의 치료 효과를 의학적으로 검증하는 단계이다. 비록 본 단계의 연구는 간략하게 설명될 수 있으나, 실제로는 가장 중요한 단계이며 장기적인 측면에서 가장 많은 시간이 필요한 단계가 될 것이다. 또한, 학제 간, 산학 간의 융합적 연구로, 연구를 위한 학과들과 콘텐츠 제작을 위한 미디어·게임 업체 및 치료 효과 검증을 위한 의료계와의 협업을 통해서 진행되어야 한다.

필자가 제안하는 치료 효과 검증 과정은 다음과 같다. 먼저, VR/AR 기술의 특성과 신경생리학적 효과를 고려한 콘텐츠들을 제작한다. 가령, 청각과 촉각이 함께 고려될 때 거울신경시스템의 활성화가 가장 크다는 연구 결과를 얻었다면, 이에 맞게 청각과 촉각을 고려한 재활치료 콘텐츠를 제작한다. 다음으로, 제작된 콘텐츠들을 활용하여 실제 재활훈련을 수행하고 단기적, 장기적 효과를 검증한다. 이때 뇌파측정을 함께 진행하여 신경생리학적 영향을 함께 규명하고 이때의 뇌파 데이터를 축적하

29) 김정자, & 최은영, 「집단미술치료가 뇌졸중환자의 심리재활에 미치는 영향」, 『교류분석과 심리사회치료 연구』 제3권, 2005, 30-54쪽.

여 데이터베이스화한다. 각 콘텐츠 간의 효과를 비교하여 분석하면서 문제점을 식별하고 개발된 콘텐츠를 개선한다. 이렇게 개발된 콘텐츠는 실제 환자 치료에 사용될 수 있으며, 재활치료 콘텐츠의 표준으로서 적용될 것으로 예상된다.

본 연구에선 VR/AR 기술을 만성 뇌 질환 환자들의 치료에 활용하기 위한 과정 및 방법을 총 3단계로 나누어 제안하였다. [〈그림 1〉 참조]



<그림 1> 본 연구에서 제안하는 과정은 신경학적 기반 연구부터 적합한 콘텐츠 제작을 통한 의학 효과 검증까지 총 3단계로 이루어져 있다.

3. 파급효과

본 연구의 목적은 VR/AR 재활치료의 이론적 기반을 닦고 미래 기술에 부합하는 효과적인 치료콘텐츠 개발 방법을 제안하는 것으로, 추후 이를 바탕으로 진행되는 연구는 개인과 사회에 공헌하고 학계와 산업계, 여러 분야에 넓은 파급효과를 가질 것으로 기대된다. 본 연구의 결

과물로 얻게 될 VR/AR 재활치료 기술과 콘텐츠는 만성 뇌질환자의 효과적인 재활치료 방법으로 기능할 것이며, 이러한 새로운 재활치료 방법은 환자들의 개인적인 삶과 그들 가족의 삶을 개선하고, 더 나아가 사회적 비용을 감소시키는 데 크게 이바지할 것으로 기대된다. 또한, 성공적인 VR/AR 재활치료 기술의 완성은 ‘디지털 치료제’ 개발로 대표되는 VR/AR 의료 산업을 이끄는 원동력이 될 것이다. 이뿐만 아니라 효과적인 재활치료 방법을 연구하는 과정에서 다양한 학문적, 산업적인 파급효과가 예측된다. 아울러 VR/AR 재활치료 연구는 치료 방법을 개발하는 데 여러 학문의 참여가 필요한 학제 간 융합 연구로, 다양한 학문의 발전을 끌어내며 VR/AR 콘텐츠 전반의 이론적 기반을 제공하여 미래 먹거리인 VR/AR 기술의 산업적 기반을 확장하는 데 이바지할 것으로 기대된다.

1) 뇌 질환자의 삶 개선과 사회적 비용 감소

자폐 장애 및 뇌졸중과 같은 만성 뇌질환의 유병률은 꾸준히 증가하고 있다. 이러한 만성 뇌질환들은 완치가 까다롭고, 치료시기를 놓치면 만성 질환으로 고착되기 쉬우며, 수술 후에도 상당 기간 지속적인 재활 훈련이 필요하다. 많은 경우의 환자들은 발병 시부터 운동장애 등으로 인해 일상생활을 영위하기 어려운 상황에 직면하게 되고, 이로 인해 많은 부분에서 타인에게 의존하며 살아가게 된다. 독립적인 삶을 영위하기 어려운 탓에 환자들은 사회적으로 고립되기 쉬우며, 이는 환자들에게 정서적으로 부정적인 영향을 미친다. 실제로 많은 뇌졸중 환자들은 우울증을 호소한다고 한다³⁰⁾. 더욱이 경제활동이 사실상 불가능해지며 재활치료 등의 비용이 많이 들면서 환자들은 경제적으로 어려움을 겪게 된다. 보건복지부³¹⁾의 보도 자료에 따르면, 뇌졸중 환자의 경우 1인당 연간 진료비가 평균 928만 원에 달하며 뇌졸중 신규환자의 장애 등록

30) 김정자, & 최은영, *Ibid.*, 30-54쪽.

31) http://www.mohw.go.kr/react/al/sal0301vw.jsp?PAR_MENU_ID=04&MENU_ID=0403&page=1&CONT_SEQ=344584 (검색일: 2021.11.8.)

이후 25%가량은 4분위에서 1분위로 소득계층이 하향될 정도로 큰 어려움을 겪는다고 한다. 이러한 환자의 어려움은 환자 본인뿐만 아니라 가족들에게도 부정적인 영향을 미치는데, 가족들도 환자를 돌보고 경제적으로 지원하면서 정서적·경제적 고통을 함께 나누기 때문이다. 만성 뇌 질환은 사회적으로도 큰 비용을 초래한다. 보건복지부³²⁾에 따르면 뇌졸중과 같은 심뇌혈관질환으로 인해 연간 9조 6,000억 원의 진료비와 16조 7,000억 원의 사회경제적 비용이 소요되고 있다고 한다. 다시 말해 만성 뇌 질환은 환자 개인과 가족의 삶의 질을 저하하며, 사회경제적 비용을 증가시킨다는 것이다.

만성 뇌 질환 환자에게 VR/AR 기술을 활용한 재활치료는 삶의 질 향상과 사회경제적 비용 감소를 위한 새로운 대안적 치료방안이 될 수 있다. 거동이 불편한 환자의 관점에서 VR/AR 재활치료의 가장 큰 장점은 병원으로 통원하는 비중을 낮추고 어디에서든 약간의 도움을 받아 스스로 훈련을 수행할 수 있다는 것이다. 장소에 구애를 받지 않는다는 것은 치료 효과 측면과 통원비용 절감 측면에서 유리하다. 재활훈련은 지속적이고 꾸준한 치료가 필요한데 VR/AR 재활치료의 경우 병원에 가지 않고도 이루어질 수 있으므로 일상생활 중 언제라도 훈련할 수 있다. 또한, 보건복지부³³⁾의 통계에 따르면, 뇌졸중 환자의 1일 치료비는 약 14만 원 정도로 고가인데, 통원의 비중을 줄임으로써 이에 대한 비용의 절감 효과를 누릴 수 있다. 이에 더하여 연구 결과에 따라서 최적의 콘텐츠를 만들어 낸다면 기존의 재활치료에 비해서 더 높은 치료 효과를 얻을 수 있을 것이다. VR/AR 기술의 중요한 특징인 몰입감과 실재감 덕분에, VR/AR 기술은 뇌 가소성 회복에 다른 매체보다도 더 긍정적인 영향을 줄 가능성이 크다.

이런 VR/AR 재활치료는 그 잠재력을 발휘하여 효율적이고 효과적인 치료 방법으로 발전할 필요가 있다. 우선, 가장 기초적인 부분, 즉 뇌를 탐구하는 것으로 시작하여, 그것을 실제로 사용될 수 있는 콘텐츠로 만

32) <https://www.gov.kr/portal/ntnadmNews/1588448> (검색일: 2021.11.15.)

33) http://www.mohw.go.kr/react/al/sal0301vw.jsp?PAR_MENU_ID=04&MENU_ID=0403&page=1&CONT_SEQ=344584, op. cit., (검색일: 2021.11.8.)

들어 내는 것까지를 본 연구는 필수 과정으로 보았다. 신경생리학을 기반으로 설계된 성공적인 치료콘텐츠는 재활치료에서 하나의 표준으로 적용되면서 다른 많은 관련 콘텐츠들의 발전을 끌어낼 수 있을 것으로 예상된다.

2) ‘디지털 치료제’ 산업의 선도적 역할

헬스케어 산업은 VR/AR 기술을 활용하여 높은 부가 가치를 창출할 것으로 주목받고 있는 분야 중 하나로, 2017년 기준 3번째로 많은 투자를 받는 VR/AR 관련 산업이다³⁴⁾. VR/AR 헬스케어 산업은 그만큼 높은 산업적 잠재력이 있는 것으로 여겨진다. 이 분야에서 큰 부분을 차지하는 것은 ‘디지털 치료제’ 시장이다. ‘디지털 치료제’는 애플리케이션(앱) 및 VR/AR 소프트웨어 기반으로 치료하는 기술을 말하는데, 시장 규모는 2016년 기준 약 17억 달러(약 2조 원) 정도이며 2025년에는 94억 달러(약 10조 원)에 이를 것으로 전망된다³⁵⁾. 국내에서도 ‘디지털 치료제’ 개발이 진행되고 있지만 대부분 치료의 보조역할을 하는 앱 개발이 주를 이룬다. 아직 VR/AR를 활용한 본격적인 치료제 개발은 초기 단계에 머물고 있다.

앞으로의 연구 결과들을 통해 VR/AR 헬스케어 산업과 ‘디지털 치료제’ 시장에서 국내 VR/AR 산업계가 선도적 역할을 해나갈 필요가 있다. VR/AR 재활치료를 위한 ‘디지털 치료제’가 개발된다면 이는 그 자체로 높은 가치를 창출할 것이며, 이런 VR/AR ‘디지털 치료제’의 성공 사례는 다른 ‘디지털 치료제’ 개발의 참여를 유도하여 헬스케어 산업 전반의 확장을 가져올 수 있다. 이를 위해 이론적인 기초 연구 단계부터 기술과 데이터를 축적해나가면서 앞으로의 발전을 위한 기틀을 다질 필

34)

<https://hbr.org/2017/11/a-managers-guide-to-augmented-reality#augmented-reality-in-the-real-world> (검색일: 2021.12.05.)

35) <https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-digital-therapeutics-market> (검색일: 2021.12.03.)

요가 있다. 신경생리학적 연구 결과에 기반을 둔 콘텐츠 제작 노하우와 축적된 데이터들은 ‘디지털 치료제’ 개발에 중요한 근거와 데이터로 이용될 수 있을 것이다.

3) 학제적 연구를 통한 학문적 발전

본 연구의 제안은 학제 간 융합 연구가 중요한 흐름으로 자리 잡은 최근의 학문적 경향에 발맞추어 여러 학문의 종합적인 연구를 지향한다. 점점 고도화되는 기술과 지식을 다루는 현시대의 연구과제들은 종종 한 분야의 전문성만으로는 수행되기 어려울 때가 있다. 이런 기술과 지식을 다루기 위해서는 학제 간 융합 연구를 통해 여러 분야의 전문적 지식과 넓은 시각을 통합하여 연구를 수행해야 한다. VR/AR 재활치료 연구도 그것이 다루는 주제의 속성으로 인해 필연적으로 학제 간 융합 연구로 수행될 필요가 있다. 크게는 VR/AR 기술을 다루는 공학적 측면, 재활치료를 주관하는 의학적 측면, 그리고 VR/AR 콘텐츠를 기획하고 제작하는 미디어학적 측면에서의 참여가 필요할 것이다. 이러한 융합적 연구를 통해서 여러 학문이 공동의 문제에 대한 해결책을 함께 모색하고 발전하는 계기가 될 것으로 기대된다.

4) VR/AR 산업 전반의 파급효과

본 연구에서 제안한 연구는 헬스케어 산업에 국한된 것이 아니라, VR/AR 산업 발전 전반에도 긍정적인 영향을 줄 것으로 예상된다. 직접적으로는 치료콘텐츠 개발의 노하우를 다른 콘텐츠의 개발에도 적용할 수 있다는 측면에서 긍정적인 영향을 줄 수 있다. 본 연구에서 제안한 연구는 인간의 뇌에 작용하는 신경생리학적 기저를 기반으로 하기 때문에, 연구의 결과는 재활치료 콘텐츠에만 적용되는 것이 아니라 VR/AR의 일반 콘텐츠 전반에도 동일하게 적용된다. 가령, 몰입감과 실재감은 다른 VR/AR 콘텐츠에서도 중요하게 다루어야 할 핵심적인 요

소이다. 그래서 몰입감과 실재감의 특징을 극대화하여 환자의 집중도와 흥미도를 높이고자 하는 본 연구에서 제안한 내용은 다른 일반 콘텐츠에서도 참조할 수 있는 이론적 근거가 될 것이다. 특히, 연구단계에서 축적할 뇌파 데이터는 다양한 콘텐츠에서 활용하고 또한 다른 요소들을 확인하기 위한 중요한 자료로 기능할 수 있다.

간접적으로는 본 연구에서 제안한 콘텐츠 제작과정 동안 여러 VR/AR 콘텐츠 개발업체와 협력하면서, 이들 업체의 기술적 발전을 끌어낼 것으로 기대된다. 현재 많은 VR/AR 콘텐츠 개발업체들은 현재 어느 정도 축적된 기술을 가지고 있으나, 아직은 작은 VR/AR 콘텐츠 시장 환경 탓에 그 기술을 성숙시킬 시간과 지원을 부여받지 못하고 있다. 대부분 VR/AR 신생기업들은 새롭고 혁신적인 시도를 하고자 하는 의지는 있으나 근시안적인 시장 논리로 인해 그러한 기회를 얻지 못한다. 이들 업체는 일시적으로 소비될 단편적인 콘텐츠를 단기간 내에 주문 제작하며 사업을 유지하고 있다. 이들 VR/AR 업체들에 좀 더 장기적인 관점과 목표를 가지고 콘텐츠를 제작할 기회가 부여된다면, 현재의 축적된 기술은 한층 더 발전하고 혁신적인 성장의 단계로 접어들 수 있다. 본 연구가 지향하는 의료콘텐츠 제작은 단기간의 소비를 위한 것이 아니라, 장기적인 관련 산업 전반의 발전을 목표로 한다. 병원이나 정부 기관 등의 지원으로 주도될 의료콘텐츠의 제작은 각 업체의 장기적인 발전에 중요한 역할을 하게 될 것으로 보인다.

참고문헌

단행본

과학기술정보통신부, <R&D KIOSK (국가연구개발사업 정보 길잡이) 제57호>, 2019.

Laver, K. E., Lange, B., George, S., Deutsch, J. E., Saposnik, G., & Crotty, M., 『Virtual reality for stroke rehabilitation』, Cochrane database of systematic reviews, 2017.

논문

권영성, 이종현, & 이성은, 「배경음악의 템포가 수용자의 공감과 몰입도에 미치는 영향: 유리듬 웨이브렛 변환 뇌파 분석 연구」, 『PREVIEW:디지털영상학술지』, 2021.

권혁찬, 양윤하, 황수진, 김수희, 이현주, & 태기식, 「상지기능 향상을 위한 증강현실 거울치료 효과 비교」, 『한국재활복지공학회 학술대회 논문집』, 2018.

김정자, & 최은영, 「집단미술치료가 뇌졸중환자의 심리재활에 미치는 영향」, 『교류분석과 심리사회치료 연구』, 2005.

양병일, & 박형기, 「동작관찰 훈련과 운동 상상훈련이 뇌 활성화상태에 미치는 효과」, 『신경치료』, 2018.

양병일, & 박형기, 「테라테인먼트적 가상운동 프로그램이 하지 근 활성화도 및 균형에 미치는 영향」, 『한국엔터테인먼트산업학회논문지』, 2018.

이문규, & 김종만, 「동작관찰훈련이 뇌졸중 환자의 상지 기능에 미치는 영향」, 『한국전문물리치료학회지』, 2011.

이현주, 송근산, 임현승, & 태기식, 「뇌파분석을 통한 증강현실 기반 거울운동이 거울신경 활성화도에 미치는 효과 연구」, 『재활복지공학회논문지』, 2019.

장한진, & 노기영, 「3D 게임의 입체영상효과와 피로도에 대한 실험연구: 뇌생리학 측정의 결합」, 『한국게임학회 논문지』, 2013.

Bang, Y., Son, K., & Kim, H. 「Effects of virtual reality training using Nintendo Wii and treadmill walking exercise on balance and walking for stroke patients」, 『Journal of physical therapy science』, 2006.

Johansson, B. B., 「Current trends in stroke rehabilitation. A review with focus on brain plasticity」, 『Acta Neurologica Scandinavica』, 2011.

Kim, J. Y., Ko, Y. M., & Park, J. W., 「Comparison of EEG Changes Induced by Action Execution and Action Observation」, 『The Journal of Korean Physical Therapy』, 2017.

Kim, J., Jang, S., Kim, C., Jung, J., & You, J. 「Use of virtual reality to enhance balance and ambulation in chronic stroke: a double-blind, randomized controlled study」, 『American Journal of physical medicine & rehabilitation』, 2009.

Kwon, Y. S., & Lee, S. E., 「Cognitive Processing of Sound Effects in Television Sports Broadcasting」, 『Journal of Radio & Audio Media』, 2020.

Lutz, O., Burmeister, C., dos Santos, L., Morkisch, N., Dohle, C., & Krüger, J., 「Application of head-mounted devices with eye-tracking in virtual reality therapy」, 『Current Directions in Biomedical Engineering』, 2017.

Moon, J., Jeon, M., Kim, B., & Cho, H. 「Effects of virtual reality combined with balance training on upper limb function, balance, and activities of daily living in post-stroke: a preliminary study」, 『한국엔터테인먼트산업학회 학술대회 논문집』, 2019

Mouthon, A., Ruffieux, J., Wälchli, M., Keller, M., & Taube, W., 「Task-dependent changes of corticospinal excitability during observation and motor imagery of balance tasks」, 『Neuroscience』, 2015.

Oberman, L. M., Pineda, J. A., & Ramachandran, V. S., 「The human mirror neuron system: a link between action observation and social skills」, 『Social cognitive and affective neuroscience』, 2007.

Pineda, J. A., 「The functional significance of mu rhythms: translating “seeing” and “hearing” into “doing”」, 『Brain research reviews』, 2005.

- Reynolds, C., Osuagwu, B. A., & Vuckovic, A., 「Influence of motor imagination on cortical activation during functional electrical stimulation」, 『Clinical Neurophysiology』, 2015.
- Song, B. K., 「Effect of somatosensory stimulation on upper limb in sensory, hand function, postural control and ADLs within sensorimotor deficits after stroke」, 『The Journal of Korean Physical Therapy』, 2012.
- Straudi, S., Severini, G., Charabati, A. S., Pavarelli, C., Gamberini, G., Scotti, A., & Basaglia, N., 「The effects of video game therapy on balance and attention in chronic ambulatory traumatic brain injury: an exploratory study」, 『BMC neurology』, 2017.

기타

- 보건복지부, 뇌졸중 신규환자의 10년간 총 의료비 4,618억 원, 장애등록률 28.3%, 소득계층 하향 변화, 2018. (http://www.mohw.go.kr/react/al/sal0301vw.jsp?PAR_MENU_ID=04&MENU_ID=0403&page=1&CONT_SEQ=344584)
- 보건복지부, 심근경색·뇌졸중 이제 국가가 종합 관리한다, 2018, (<https://www.gov.kr/portal/ntnadmNews/1588448>)
- Gartner, 〈5 Trends Emerge in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies〉, 2018. Retrieved from <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-emerge-in-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2018/>
- Grand View Research, 〈Digital Therapeutics Market Worth \$9.4 Billion By 2025 | CAGR: 21.0%〉, 2017. Retrieved from <https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-digital-therapeutics-market>
- Harvard Business Review Staff, 〈Augmented Reality in the Real World〉, 2017. Retrieved from “<https://hbr.org/2017/11/a-managers-guide-to-augmented-reality#augmented-reality-in-the-real-world>”

Abstract

Digital Medicine Taken by Eye and Ear : rehabilitation treatment for chronic brain disease using VR/AR technology

Jong-Hyun Lee

Seoul National University, Ph.D. Candidate

Young-Sung Kwon

Dong-A University, Assistant Professor

This study examines the possibility of chronic brain disease rehabilitation treatment using VR/AR technology and raises the research need for the development of digital therapeutics. In addition, by proposing a digital therapeutic research and development process this study intends to contribute to the development of VR/AR rehabilitation treatment. To this end, this study identified research trends of VR/AR technology, neurophysiology, and chronic brain disease and proposed a method for applying VR/AR technology to treat chronic brain disease patients in three stages. The first stage is to prepare a neurophysiological basis for rehabilitation treatment of brain disease patients using VR technology. The second stage is to provide a treatment method using VR/AR technology and systematize the contents characteristics. The third stage is to conduct clinical trails and validate that the treatment method and contents utilization is effective for the patient. It is hope that this study serves as a guide

for developing media production base technology for treating patient with a chronic brain disease.

Keywords

VR, AR, Digital Medicine, VR Therapeutics, VR Treatment, Digital Therapeutics, Media Cognitive Science
