

뉴로피드백을 이용한 뇌파 훈련 VR 게임을 통한 학습효과

강 지 영*

*이화여자대학교 커뮤니케이션·미디어학부 교수

Learning Effect of EEG Training VR Game Using Neurofeedback

Ji-Young Kang*

*Professor, Department of Communication & Media, Ewha Womans University, Seoul 03760, Korea

[요 약]

하드웨어와 소프트웨어 기술을 눈부신 발달과 함께 가상현실 기술은 다양한 분야에 활용되고 있으며 교육 분야에도 활발히 사용되고 있다. 그러나 다양한 가상현실학습 콘텐츠의 개발에도 불구하고 가상현실 학습을 통해 얻어지는 정보에 관한 연구는 부족한 상황이다. 이에 본 연구에서는 사용자의 집중력과 연관 있는 뇌파인 베타파를 훈련할 수 있는 뉴로피드백을 활용한 훈련 콘텐츠를 개발하여 기능적 효과를 검증하고자 하였다. 특히 더욱 효과적인 콘텐츠의 개발을 위해 도전, 경쟁, 성취, 보상, 관계의 기법을 접목한 게이미피케이션을 진행하여 뉴로피드백 활용 뇌파 훈련 VR 게임의 학습 효과를 실험을 통하여 알아보았다. 실험을 통해 VR 뉴로피드백 활용 뇌파 훈련 게임을 통한 베타파의 훈련이 몰입도를 증대시켜 실험 참여자의 문제 해결 정확도를 높이고 시간을 단축시키는 것을 알 수 있었다. 이 연구를 통해 향후 더욱 다양한 분야에 뉴로피드백을 활용한 VR 게임이 활용되길 기대한다.

[Abstract]

Virtual reality technology is being actively used in various fields, such as education. However, despite the development of various virtual reality learning content, research on information obtained through virtual reality learning is insufficient. Therefore, this study attempted to verify the functional effect of virtual reality learning by developing training content using neurofeedback that can train beta waves, which are brain waves related to the user's concentration. In particular, to develop more effective content, gamification incorporating techniques of challenge, competition, achievement, reward, and relationship was conducted to investigate the learning effect of EEG training games using VR neurofeedback through experiments. Through the experiment, it was found that beta wave training through brainwave training games using VR neurofeedback increased immersion, increasing problem-solving accuracy and shortening time for experimental participants. Through this study, we hope that games using VR neurofeedback will be used in more diverse fields in the future.

색인어 : 뉴로피드백, 가상현실, 뇌파 훈련, 게이미피케이션, 학습 효과

Keyword : Neurofeedback, Virtual Reality, EEG Training, Gamification, Learning Effect

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2023.24.12.3099>



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.

Received 17 October 2023; **Revised** 24 November 2023

Accepted 29 November 2023

***Corresponding Author, Ji-Young Kang**

Tel: +82-2-3277-2266

E-mail: kangjiyoung@ewha.ac.kr

I. 서 론

4차 산업혁명 시대의 핵심 기술인 가상현실 기술은 하드웨어 및 소프트웨어, 5G 기술의 발달과 함께 많은 분야에 활발하게 사용되고 있다. 가상현실(Virtual reality)은 컴퓨터 하드웨어와 소프트웨어에 의해 만들어진 상호작용적 시뮬레이션으로[1] 사용자가 현실 세계처럼 보이고 느껴지는 가상 환경으로, 실시간 발생하는 몰입적이고, 상호작용적인, 3차원의 컴퓨터 경험으로 정의될 수 있다[2]. 사용자가 가상환경을 마치 실제처럼 느끼도록 하는 기술이다. 가상현실은 사용자에게 3차원 그래픽과 오감 인터페이스 등을 통해 사용자에게 실제와 같은 경험을 제공하여 물리적 세계가 아닌 곳에서도 현실처럼 느끼는 실제감과 흥미와 같은 사용자경험을 제공한다[3] 특히 현재 가상현실을 구현하는 인터페이스 중 가장 많이 사용되고 있는 것은 HMD(Head-mounted Display) 기반의 몰입형 가상현실이 가지는 높은 몰입도는 게임, 영화, 교육, 훈련 등 몰입이 필요한 분야에 다양하게 활용되고 있다. HMD는 사용자의 머리에 착용하고 콘텐츠를 관람할 수 있는 디스플레이로 사용자의 시각, 청각 및 촉각 등 다양한 감각기관을 사용하여 사용자에게 실제 같은 경험을 제공할 수 있다는 장점이 있다. 이처럼 가상현실이 발전하고 다양한 분야에 적용되면서 가상현실의 기능적 효과에 관한 관심도 커지고 있다.

그중에서도 특히 학습 도구로서의 가상현실이 주목받고 있는데 이는 가상현실 기술이 가지는 사용자의 몰입 효과가 학습에도 긍정적인 영향을 끼치고 있기 때문이다[4]. 몰입형 가상현실은 360도의 시청각 정보뿐만이 아니라 실시간 상호작용 인터페이스 등의 인간의 다양한 감각 정보를 통해 사용자와 상호작용하게 하여 긍정적인 학습효과를 보일 것이라 예상하는 것이다. 초기 가상현실이 등장하면서부터 학습적 잠재력은 다양한 교육과 훈련 분야에서 인정받은 바 있다[5],[6]. 가상현실과 같은 매체를 사용한 교육은 학습자에게 교과서를 위주로 하는 전통적인 교육보다 도전적이며, 실제적인 교육환경을 제공은 물론[7], 시공간의 제약 없이 실제감과 현장감 높은 교육에 참여하도록 한다[8].

이미 많은 연구자는 몰입형 가상현실 기기인 HMD(Head-mounted Display)를 활용하여 교육 분야에 다양하게 활용하고 있다. 초기에는 VR 콘텐츠가 게임, 영화 등 엔터테인먼트 중심으로 발전했으나 현재는 의료 현장의 수술 시뮬레이션이나 재활운동 등의 학습 목적으로도 이용되고 있다[9]. 또한, VR을 활용하여 연령대 별 공간기억력의 성능을 평가하여 치매를 예방하기 위한 연구[10], 젊은 성인과 노인을 대상으로 길 찾기 수행을 통한 공간기억력의 분석[11]등 가상 환경에서 다양한 연구가 진행되고 있다.

이와 같이 가상현실을 학습도구로써 활용하려는 노력이 지속되고 있으나 아직 학습자가 가상현실 기반의 학습을 통해 습득하는 정보에 대한 구체적인 연구가 부족한 실정이다. 가상현실 학습에 대한 연구들은 주로 상황 위주의 시뮬레이션을 중심으로 연구가 진행되고 있어 가상현실 게임 분야에서

의 기능성 효과에 대한 연구는 아직까지 미비한 실정이다[12]. 따라서 가상현실 게임이 갖는 기능적 효과에 대한 실증연구를 통하여 검증하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 가상현실 뉴로피드백 훈련 VR 게임이 사용자의 학습에 미치는 효과를 살펴보고자 한다. 이를 위해 먼저 뉴로피드백 훈련과 교육효과에 대하여 살펴보고 더욱 효과적인 뉴로피드백 훈련 콘텐츠 개발을 위해 게이미피케이션 요소를 도출 하였다. 마지막으로 개발된 VR 뉴로피드백 게임의 사용자 실험을 통해 집중력 향상의 효과를 검증하고자 하였다.

II. 본 론

2-1 뉴로피드백

인체 내에서 발생하는 많은 신경 신호 중, 뇌 신경세포 사이에서 발생하는 전기신호를 뇌파(Brain wave) 또는 뇌 전기신호(Electroencephalograph, EEG)라고 한다. 뇌파는 일종의 전기 흐름으로 신경계와 뇌신경 사이에 신호가 전달될 때 생기며 주로 측두엽과 전두엽에서 측정된다[13]. 오래전부터 많은 연구자들은 뇌의 전기 신호를 측정 및 분석하는 연구를 진행하고 있다[14].

뇌파의 주파수는 1초 동안 출현한 파의 횟수로서 Hz(hertz) 혹은 CPS(cycle per second)로 표시한다. 뇌파는 주파수에 따라 델타파(delta(δ) wave, 1~4Hz), 세타파(theta(θ) wave, 4~8Hz), 알파파(alpha(α), wave, 8~13Hz), 베타파(beta(β) wave, 13~30Hz), 감마파(gamma(γ) wave, 30~50Hz)로 구분한다. 뇌파는 전기적 신호의 근원을 발생 시기에 따라 실시간 수치로 알려주어 뇌의 특정 위치가 활성화되는 상황을 파악할 수 있으며 이를 기초로 두뇌 정보처리가 이루어지는 뇌활동을 뇌파 주파수의 활성도로 확인할 수 있다[15].

그동안 신경과학과 의학 분야에서 학습 자체의 본질을 규명한 뇌파는 시간 해상도가 뛰어나 매우 짧은 시간에도 변화하는 두뇌의 특성을 연구하는 데 주요한 연구 방법이다. 뇌파 주파수 영역의 기본 개념에 따라 활성화 되는 뇌파 주파수의 고유한 특성을 바탕으로 대뇌에서 발생하는 인지적 속성을 해석해오고 있다[16]. 알파파는 두뇌의 안정 상태에서 활성화되며 기억력과 정보처리 속도와 밀접한 관련이 있으며[17], 베타파는 높은 집중력을 발휘할 때 활성화되는 것으로 확인되었다[18]. 또한 감마파는 다중감각을 통합하여 고차원적 인지 활동이 일어나는 중에 활성화되는 것으로 확인되었다[19].

사람의 뇌파는 뇌의 활동 상태에 따라 다르게 나타난다. 이렇게 변화하는 자신의 뇌 변화에 따라 다양한 피드백을 받으며 훈련하게 되면 특정 파에 대한 조절 능력을 갖게 된다[20]. 즉 자신이 상황에 맞도록 필요한 특정 파를 조절하여 효과적으로 뇌의 활동을 할 수 있다는 의미이다. 뉴로피드백을 이용하여 뇌파조절훈련을 한다는 것은 뇌의 균형과 조화를 만들어으로써 사람의 뇌를 목적에 맞도록 최적의 상태로 유도하는

것을 의미한다. 뉴로피드백은 사람의 주의력, 집중력, 기억력, 창의력 등을 증진시키기 위해 뇌기능을 향상시키기 위한 목적으로 개발된 것이다[21]. 뉴로피드백을 실제 사용할 때에는 증진시키고자 하는 목적에 따라서 주의력, 집중력, 기억력, 창의력 등을 선택해서 집중적으로 훈련할 수 있다.

이러한 특정 뇌파(wave)를 조절 하는 능력과 뇌파의 특성을 활용하여 주의집중력, 기억력, 정서 등과 관계된 인지처리 능력을 높이기 위한 여러 연구가 시도되어 왔다. 최근에는 뇌에서 일어나는 학습 자체의 본질을 규명해 온 신경과학이나 행동주의 및 인지주의 과학에서 이어오던 연구를 교육적으로 적용하기 위한 연구가 이루어지기 시작했다[22],[23]. 베타파의 활성 정도에 따라 개인의 집중력 수준을 판단하여 학습 물두를 위한 뉴로피드백 훈련의 방법으로 베타파를 활용하고 있다. 즉, 뉴로피드백 훈련을 통해 베타파를 향상하여 집중력과 인지능력을 높이고자 하는 연구가 이루어져 왔다[24]-[26].

이렇듯 뉴로피드백은 뇌의 활동들을 파악하여 인간의 의지를 미루어 생각하여 판정하고, 그때에 나타난 신호를 컴퓨터로 연결하여 동작시킴으로써 특정한 사람뿐만 아니라 일반인의 두뇌 효율을 높이기 위해 각광 받고 있는 추세이다. 본 연구에서는 학습의 과정에서 뇌의 전기적 신호인 뇌파 중 학습 효과를 향상시킬 수 있는 집중도와 관련된 베타파를 향상시킬 수 있는 뉴로피드백 훈련 프로그램에 사용자의 몰입과 참여를 유도할 수 있는 게이미피케이션 요소를 접목하여 더욱 효과적인 가상현실 뉴로피드백 훈련 프로그램인 ‘초능력 소녀 루시’를 개발하고자 하였다.

2-2 게이미피케이션

인간의 기억력이나 집중력 같은 인지 기능의 개선을 위한 VR 콘텐츠 개발의 수요는 지속적으로 증가하고 있다. VR 기술이 인간의 오감의 자극을 통해 몰입감과 실재감을 제공할 수 있다는 장점 때문에 인지 건강 증진 관련 프로그램 및 서비스에 대한 수요가 늘고 있는 것이다[27]. 그러나 아직 VR 기술을 활용한 뉴로피드백 훈련 프로그램이 일회성 경험으로 그치거나 사용자의 지속적인 참여를 유도하는 데 한계가 있다는 지적이 있다[28]. 이를 보완하기 위해서는 사용자의 지속적인 참여를 유도할 수 있는 몰입, 재미와 흥미 요소를 더할 수 있는 게이미피케이션이 요구된다[29]. 특히 집중력 같이 사용자의 학습에 도움을 줄 수 있는 인지 요소를 개발하기 위해 학습자의 꾸준한 이용 및 참여를 촉진할 수 있는 정교한 게임 요소를 접목하여 뉴로피드백 훈련 프로그램을 개발하는 것이 필요하다.

게이미피케이션(Gamification)은 ‘게임화(gamify)’에 ‘~하는 행동 또는 상태(~tion)’ 또는 ‘게임(game)’에 ‘~화하기(~fication)’를 합친 말이다[30]. 게이미피케이션은 게임이 아닌 장르에 게임이 가진 특성 및 요소를 적용하여 게임이 가진 재미와 몰입을 유도하는 기법이다.

2012년 가트너 그룹에 의해 발표된 신기술 열풍주기(Hype

Cycle)에서는 게이미피케이션이 인간과 기술을 연결시켜주는 기법이라고 소개하였다[31]. 게이미피케이션은 게임이 아닌 분야나 콘텐츠에 게임의 요소를 적용해 사용자의 몰입과 활동적인 참여를 유도하는 특징을 가진다[32]. 게이미피케이션 기법의 긍정적인 특성을 교육 분야에 적용한 것을 교육 게이미피케이션이라고 하며, 이는 기존 교육에 존재했던 단점을 보완하는 수단으로 활용되고 있다[33]. 교육 게이미피케이션은 학생들의 동기부여, 의사소통 능력 향상, 수업 흥미 향상에 도움이 되고, 피드백을 통해 자기 주도 학습 능력 향상의 긍정적인 영향을 미치기도 한다[34].

게이미피케이션을 이루는 요소는 게임 기법(Mechanics)과 게임 역학(Dynamics)이며, 이들의 세부요소들은 BunchBall사에서 제시하였다[35]. 게이미피케이션 요소 중에서도 실질적으로 사용자의 참여와 행동을 유도하는 역할은 게임기법(Game Mechanics)과 게임 구성요소(Game Component)이다[36]. 표 1의 선행 연구에 따르면 Gartner[37]는 게이미피케이션에서 도전, 관계의 기법을 사용한다고 하였으며, Zicherman과 Cunningham[38]은 도전, 경쟁, 성취의 기법을 Hamari[39]는 도전, 경쟁, 성취, 보상, 관계의 기법을 많이 활용하고 있다고 하였다.

2-3 게이미피케이션을 통한 VR 뉴로피드백 훈련 프로그램 개발

선행연구에서 추출한 게이미피케이션의 구성요소를 종합적으로 참고하여 본 연구에서 정리한 가상현실 뉴로피드백 훈련 프로그램인 ‘초능력 소녀 루시’의 다섯 가지 기법은 다음

표 1. 게이미피케이션의 기법 및 구성요소

Table 1. Techniques and components of gamification

Researcher	Techniques and components of gamification	
	Techniques	Components
Gartner	Challenge	Tasks that are challenging but achievable, A compelling narrative, Clear goals and rules of play
	Relationship	Accelerated feedback cycles
G. Zichermann and C. Cunningham	Challenge	Beginner Adaptation Program, Challenge/quest, engagement loops
	Competition	Ranking table, level
	Achievement	Badge, score
Compensation		
Hamari et al.	Challenge	Clear goal and narrative
	Competition	Leader boards
	Achievement	Point, achievements
	Compensation	
Relationship	Feedback	

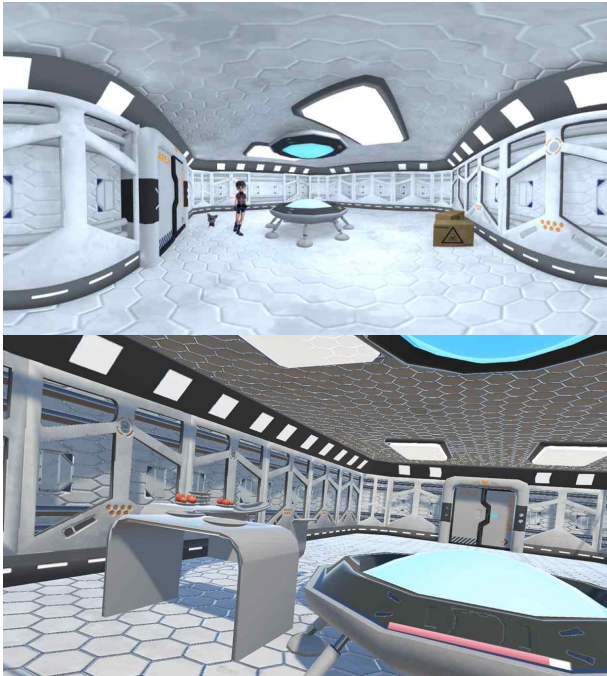


그림 1. (위) 사용자에게 명확한 목표와 이야기를 제공하는 애니메이션 장면 (아래) 루시가 되어 집중력을 통해 물건을 들어올리는 장면

Fig. 1. (Up) Animated scene that provides users with clear goals and stories (Down) game scene where the user becomes Lucy and lifts things up with concentration

의 표 2와 같다. 사용자에게 더 높은 도전 의식을 주기 위한 요소로서 가상현실 속의 사용자를 초능력 소녀 루시로 설정하였으며 본격적인 게임을 시작하기 전 VR 애니메이션을 통해 루시가 어떻게 초능력을 가지게 되었으며 왜 집중력 트레이닝을 해야 하는지에 대한 명확한 목표와 이야기를 제공하였다. 본 게임에서의 사용자들은 1인칭 시점의 루시가 되어 자신들이 위험에 빠진 사람들을 구하는 미션을 수행하기 위해 집중력을 높여 능력을 얻는 다양한 퀘스트들을 수행하게 된다.

III. 뉴로피드백을 활용한 뇌파 훈련 VR 게임

가상현실 게임을 하는 과정에서 사용자의 집중도를 측정하기 위해서 HMD에 부착 가능한 EEG 센서인 룩시드링크(Looxid Link)를 사용하였다. 룩시드링크는 몰입형 HMD인 HTC VIVE와 오클러스 리프트에 부착하여 사용할 수 있으며 본 연구에서는 HTC Vive 기기를 사용하였다. 룩시드링크는 위 그림 2와 같이 6개의 센서를 사용자의 전두엽 부분에 닿게 하여 뇌파의 수집을 가능하게 한다.

본 연구에서는 사용자의 학습 효과와 능력을 올릴 수 있게 하기 위하여 사용자의 집중도를 높이는 베타파를 활용하여

표 2. 본 연구에서 제시한 게이미피케이션 기법 및 구성요소
Table 2. Gamification techniques and components of this research

Techniques and components of gamification		Lucy, a super power girl
Techniques	Components	Elements
Challenge	Clear goal and narrative	Born with superpowers, Lucy must acquire a variety of superpowers through concentration training in order to improve her superpowers that will save people from danger.
	Missions	Let's save people in danger.
	Quests	You gain the ability to lift heavier objects, teleport, or fly by increasing your concentration.
Competition	Levels	As the stage goes up, the level goes up to the higher stage.
	Progress bar	You can see your concentration status in real time through the progress bar.
Achievement	Points	Points accumulate when the level increases, and higher points accumulate when the concentration time is shortened.
Compensation	Achievements	- Levelling up and acquiring new skills - Rescue of people in danger
Relationship	Feedback	Feedback of praise and encouragement through narration

게임을 개발하였다. 지금까지 게임적 요소를 가미한 디지털 콘텐츠의 게이미피케이션 관련 선행 연구들은 게이미피케이션이 긍정적인 효과를 나타낸다고 보고하고 있어[40] 기존의 게임이 가지는 부정적인 인식을 바꾸고 게이미피케이션을 통한 효과적인 뇌파 훈련 콘텐츠를 구축하고자 하였다. 가상현



그림 2. 바이브에 부착한 룩시드 링크
Fig. 2. Looxid Link attached to Vive

실 공간의 사용자는 초능력 소녀인 루시가 되어 새로운 초능력을 얻기 위해 집중력 트레이닝 퀘스트를 수행하게 되는데 실제로도 사용자가 자신의 집중력을 높여 베타파가 활성화 되어야만 퀘스트를 수행할 수 있도록 설계 하였다.

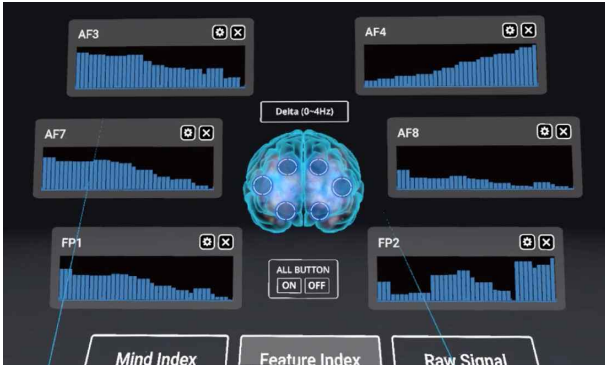


그림 3. 룩시드 링크의 뇌파 주파수 인덱스
Fig. 3. EEG frequency index of Looxid Link

룩시드링크는 위의 그림 3과 같이 안정도, 집중도, 뇌파 활성화 정도 등의 마인드 인덱스, 뇌파 주파수 특징 인덱스 등을 실시간으로 측정 가능케 하는 소프트웨어개발키트(SDK)도 함께 제공한다. 우리는 사용자의 집중도를 나타내는 베타파를 분석한 집중도 뇌파 데이터를 활용하였으며 집중도의 수준에 따라 퀘스트를 수행할 수 있도록 설계하였다. 각 퀘스트는 5개의 단계로 나뉘어 있으며 1단계는 집중도 50% 이상, 2단계는 60% 이상, 3단계는 70% 이상, 4단계는 80% 이상, 5단계는 90% 이상으로 하여 퀘스트를 모두 수행하여 다음 레벨로 가기 위해서는 뇌파 조절 훈련을 통해 집중도를 지속적으로 높여야 한다. 사용자는 이와 같은 퀘스트를 3번 반복 수행함으로써 자신의 집중도의 변화량을 실시간으로 프로그래스바를 통해 관찰하면서 훈련을 할 수 있도록 하였다.

IV. 실험

4-1 실험 설계

실험을 위해 만 18세에서 35세 이하의 가상 현실콘텐츠를 체험한 경험이 있는 20명의 남녀(M=24.33, SD=3.56)를 대상으로 실험을 진행하였다. 뉴로피드백 훈련 VR 게임 ‘초능력 소녀 Lucy’의 효과를 검증하기 위해 참여자들은 총 3번의 실험에 단계적으로 참여하였다. 뉴로피드백 훈련을 통한 집중력 향상의 학습 효과를 검증하기 위해 참여자들에게 간단히 풀 수 있는 중학교 과정 수준의 유리수의 사칙 연산 문제를 50개 풀도록 하여 그 정확성과 시간을 측정하였다. 1단계 실험에서는 뉴로피드백 훈련을 하지 않은 채로 문제를 풀게 하였으며 3일 뒤에 시행한 2단계 실험에서는 VR 뉴로피드백 훈련 게임을 한번(약 7-10분 가량 소요) 수행한 후 같은 유형

의 문제를 풀게 하였다. 마지막으로 일주일 뒤에 시행한 3단계 실험에서는 뉴로피드백 훈련 게임을 3번 연속으로 반복 수행한 후 같은 유형의 문제를 풀게 하여 단계별 참여자들의 연산 푸는 속도와 정답률을 비교하였다. 실험을 마친 후 진행한 설문에서는 실험에 참여한 사용자들이 가상현실 기반의 뉴로피드백 훈련에 대한 만족도와 학습의 효과를 질문하였다. 모든 실험 참여자들에게 실험 전에 가상현실 기기를 사용할 경우 발생할 수 있는 부작용이나 후유증에 대해 충분히 공지하였으며, 동의하에 자발적으로 실험에 참여하였다.

4-2 실험 결과

첫 번째 문제 해결의 정확도 측면에서 참여자들의 정답률 평균값을 비교하였다. 뉴로피드백 훈련 게임 플레이를 하지 않은 상태(A)는 92.7%, 한번 뉴로피드백 훈련 게임 플레이를 한 상태(B)는 94.1% 그리고 세번 뉴로피드백 훈련 게임 플레이를 한 상태(C)는 97.42%의 정확도를 보였다. 이를 통해 우리는 뉴로피드백 훈련 게임을 통해 문제 해결의 정확도가 올라갔으며 훈련을 반복한 후에 더욱 높은 정확도를 보인 것을 알 수 있었다.

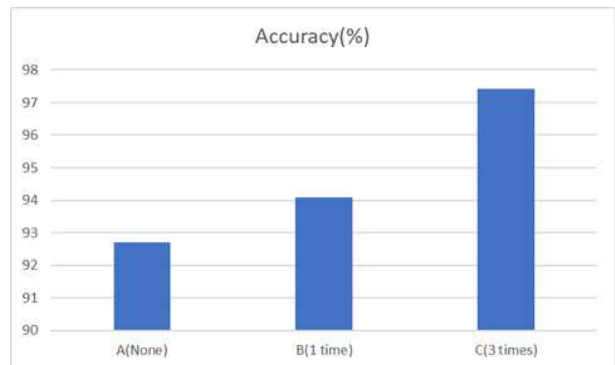


그림 4. 문제해결의 정확도 측정 결과
Fig. 4. Accuracy measurement results of problem solving

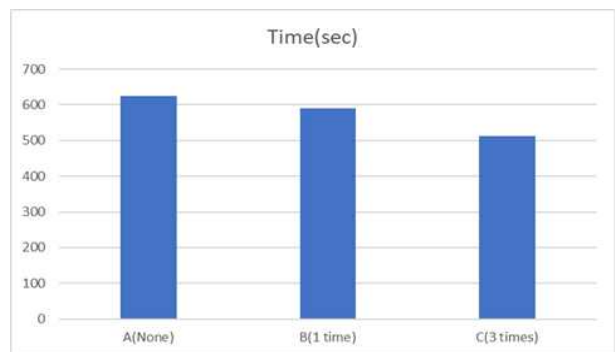


그림 5. 문제해결에 걸린 시간의 결과
Fig. 5. The consequences of time spent solving a problem

두 번째 문제 해결의 속도 측면에서는 참여자들이 50문제를 다 푸는데 걸리는 시간의 평균값을 비교하였다. 결과는 그

럼 5와 같이 뉴로피드백 훈련 게임 플레이를 하지 않은 상태 (A)는 625초, 한번 뉴로피드백 훈련 게임 플레이를 한 상태 (B)는 591초 그리고 세 번 뉴로피드백 훈련 게임 플레이를 한 상태(C)는 512초로 훈련을 지속함에 따라 문제 푸는 속도가 줄어든 것을 알 수 있었다.

종합적으로 뉴로피드백 훈련 게임을 통해 문제해결의 정확도가 높아지고 속도가 줄어들어 이는 참여자들의 집중력이 향상된 것을 의미 한다. 즉 뉴로피드백 훈련 게임을 통해 참여자들이 자신의 베타파를 훈련함으로써 실험 후 빠른 시간 내에 자신의 학습 효율을 높일 수 있었던 것을 알 수 있었다.

실험을 마친 후 진행된 설문에서는 실험 참여자의 25%가 게이미피케이션을 적용한 VR 뉴로훈련콘텐츠가 아주 만족한다고 대답하였으며, 45%가 만족한다고 대답하여 80% 참여자가 콘텐츠에 만족하였고 20%는 보통이라고 대답하였다. 또한 뉴로피드백을 통한 뇌파 훈련이 학습에 도움이 되었다고 느꼈냐는 질문에 대하여 35%의 참여자가 아주 도움이 되었다고 느꼈으며 50%의 참여자가 조금 도움이 되었다고 대답하여 85%의 참여자가 뇌파 훈련에 효과에 대하여 긍정적인 반응을 보였다. 이를 통해 사용자들이 VR 뉴로피드백 훈련게임에 대한 만족도가 높았으며 뇌파 훈련을 통한 학습효과 부분에서도 높은 만족도를 보인 것을 알 수 있었다.

V. 결 론

가상현실 기술은 현재 다양한 분야에 활용되고 있으며 그 중에서도 몰입형 가상현실 디스플레이인 HMD 기반의 몰입형 가상현실 콘텐츠는 교육 분야에 활발히 활용되고 있다. 본 연구에서는 게이미피케이션 요소를 접목한 VR 뉴로피드백 훈련 콘텐츠가 학습에 미치는 긍정적인 효과를 검증하고자 하였다. 이를 위해 도전, 경쟁, 성취, 보상, 관계의 기법을 접목하여 사용자의 집중도와 관련 있는 베타파를 훈련할 수 있는 VR 뉴로피드백 게임을 개발하였다. 실험을 통해 VR 뉴로피드백 훈련을 통해 참여자들의 학습 문제 해결의 정확도가 향상되고 속도가 감소하여 집중력이 향상된 것을 확인할 수 있었다. 이러한 근거를 통해 향후 필요한 학습 분야에 적합한 뇌파를 학습할 수 있는 VR 뉴로피드백 훈련 프로그램들이 다양화 된다면 더욱 효과적인 학습 효과를 가져올 수 있을 것으로 생각한다.

그러나 본 연구에서와 같은 VR 뉴로피드백 훈련을 통해 얻는 학습 효과가 다른 환경이나 상황에서는 학습 전이가 어려울 수도 있다. 즉, 특정 뇌파 훈련이 다른 학습 과제에서는 긍정적인 효과를 보장하지 못할 수 있다. 또한 이러한 뇌파 훈련의 효과는 일시적일 수 있어 장기적으로 이를 유지하기 위해서는 향후 추가적인 후속 연구가 이루어져야 할 것이다.

현재 연구는 사용자의 집중력을 중심으로 개발하고 기초적인 연산학습 프로세스를 통해 학습효과를 판단했지만 향후

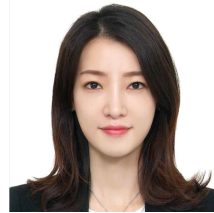
연구에서는 확장된 뉴로피드백 훈련 게임의 적용이 필요하며 각 콘텐츠가 영향을 주는 뇌파의 파형을 실시간으로 측정하고, 더욱 심층적인 분석을 통해 실질적 효과가 있음을 입증하는 연구가 수행되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] P. L. Weiss, D. Rand, N. Katz, and R. Kizony, "Video Capture Virtual Reality as a Flexible and Effective Rehabilitation Tool," *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, Vol. 1, 12, December 2004. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-1-12>
- [2] A. Steinbauer and C. Mitchell, Virtual Reality Used as an Effective Rehabilitation Tool for Increasing Motor Function in People with Physical Disabilities: A Systematic Literature Review, Master's Thesis, The College of St. Scholastica, Duluth, MN, May 2008.
- [3] C. J. Lim, J. Kim, and Y.-G. Jeong, "Development of Stereoscopic 3D Interactive Contents: '3D Heading Shooter'," *Journal of the Korean Society for Computer Game*, Vol. 2, No. 24, pp. 5-13, June 2011.
- [4] S. Mills and J. Noyes, "Virtual Reality: An Overview of User-Related Design Issues Revised Paper for Special Issue on "Virtual Reality: User Issues" in Interacting with Computers, May 1998," *Interacting with Computers*, Vol. 11, No. 4, pp. 375-386, April 1999. [https://doi.org/10.1016/S0953-5438\(98\)00057-5](https://doi.org/10.1016/S0953-5438(98)00057-5)
- [5] S. Del Marie Rysavy and G. C. Sales. "Cooperative Learning in Computer-Based Instruction," *Educational Technology Research and Development*, Vol. 39, No. 2, pp. 70-79, June 1991. <https://doi.org/10.1007/BF02298155>
- [6] J. J. G. van Merriënboer, R. E. Clark, and M. B. M. de Croock, "Blueprints for Complex Learning: The 4C/ID-Model," *Educational Technology Research and Development*, Vol. 50, No. 2, pp. 39-61, June 2002. <https://doi.org/10.1007/BF02504993>
- [7] L. Carswell, P. Thomas, M. Petre, B. Price, and M. Richards, "Distance Education via the Internet: The Student Experience," *British Journal of Educational Technology*, Vol. 31, No. 1, pp. 29-46, January 2000. <https://doi.org/10.1111/1467-8535.00133>
- [8] J. Ryu and S. Yu, "The Effects of Scenario Types on Teacher Efficacy of Pre-Service Teachers and Virtual Presence in the Virtual Reality Based Teaching Simulation," *The Journal of Educational Information and Media*, Vol. 22, No. 3, pp. 661-680, Septemebr 2016. <https://doi.org/10.15833/KAFEIAM.22.3.661>

- [9] M.-S. Bracq, E. Michinov, and P. Jannin, "Virtual Reality Simulation in Nontechnical Skills Training for Healthcare Professionals: A Systematic Review," *Simulation in Healthcare*, Vol. 14, No. 3, pp. 188-194, June 2019. <https://doi.org/10.1097/SIH.0000000000000347>
- [10] G. Plancher, A. Tirard, V. Gyselinck, S. Nicolas, and P. Piolino, "Using Virtual Reality to Characterize Episodic Memory Profiles in Amnesic Mild Cognitive Impairment and Alzheimer's Disease: Influence of Active and Passive Encoding," *Neuropsychologia*, Vol. 50, No. 5, pp. 592-602, April 2012. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.12.013>
- [11] M. Taillade, H. Sauz on, M. Dejos, P. A. Pala, F. Larrue, G. Wallet, ... and B. N'Kaoua, "Executive and Memory Correlates of Age-Related Differences in Wayfinding Performances Using a Virtual Reality Application," *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, Vol. 20, No. 3, pp. 298-319, 2013. <https://doi.org/10.1080/13825585.2012.706247>
- [12] J.-H. Bae, J.-J. Kim, and G.-Y. Noh, "An Experimental of the Effects of User Experience and Driving Attitude on Driving Simulation Game in Virtual Environment," *Journal of Korea Game Society*, Vol. 15, No. 3, pp. 7-18, June 2015. <http://dx.doi.org/10.7583/JKGS.2015.15.3.7>
- [13] E. Kim and H. J. Kim, "Petrified Expression: Bio Art Using Brain Sensor Interface," *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 20, No. 1, pp. 21-31, January 2019. <https://doi.org/10.9728/dcs.2019.20.1.21>
- [14] P.-M. Aggensteiner, "Editorial: The Complexity of Neurofeedback and Control of Placebo Effects," *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, Vol. 60, No. 7, pp. 811-812, July 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2021.05.008>
- [15] S. N. Park and Y. H. Kim, *Neurophysiology*, Seoul: Korea Medical Book Publishing Company, 2008.
- [16] W. J. Freeman, "Mesoscopic Neurodynamics: From Neuron to Brain," *Journal of Physiology-Paris*, Vol. 94, No. 5-6, pp. 303-322, December 2000. [https://doi.org/10.1016/s0928-4257\(00\)01090-1](https://doi.org/10.1016/s0928-4257(00)01090-1)
- [17] F. Baeyens, D. Vansteenwegen, D. Hermans, and P. Eelen, "Human Evaluative Flavor-Taste Conditioning: Conditions of Learning and Underlying Processes," *Psychologica Belgica*, Vol. 41, No. 4, pp. 169-186, 2001. <https://doi.org/10.5334/pb.979>
- [18] E. M. Kim, A Study of Measurement in Audience Cognitive Effect: Focused on Surveyed and EEG Application according to Message Subject and Message Type, Ph.D. Dissertation, Sungkyunkwan University, Seoul, August 2013.
- [19] O. Jensen, J. Kaiser, and J.-P. Lachaux, "Human Gamma-Frequency Oscillations Associated with Attention and Memory," *Trends in Neurosciences*, Vol. 30, No. 7, pp. 317-324, July 2007. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2007.05.001>
- [20] E. E. Hong, H. K. Kwon, and E. J. Yang, PBL Learning Model Development of Constructivism for the All Brain Learning by the EEG Brainwave Activity, *The Journal of Humanities*, Vol. 13, No. 1, pp. 235-267, 2008.
- [21] Y. S. Song, The Effect of Neurofeedback Training on Developing Creativity in Nursing Students, *The Journal of Korean Academic Society of Nursing Education*, Vol. 13, No. 2, p. 185, 2007.
- [22] B.-J. Ko and J.-Y. Shim, "Effects of Brain Development Program for the Youth on Changes in EEG by Brain Areas Depending on Level of Concentration and Mental Power," *Youth Facilities and Environment*, Vol. 10, No. 2, pp. 3-17, June 2012.
- [23] H. Kwon, "Brain Laterality and Whole Brain EEG on the Learning Senses," *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, Vol. 26, No. 1, pp. 55-64, January 2015. <https://doi.org/10.7465/jkdi.2015.26.1.55>
- [24] J.-S. Heo, "The Effect of an Activity Program Designed with Diverse Physical Exercise on Self-Concept, Attention and Behavior of Attention-Deficit Hyperactive Disorder (ADHD) Children," *Journal of Korean Society for the Study of Physical Education*, Vol. 9, No. 2, pp. 187-198, September 2004.
- [25] Y.-E. Byun, "The Effect of Neurofeedback Training on Age differences Groups in Adolescence," *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, Vol. 12, No. 6, pp. 2561-2566, June 2011. <https://doi.org/10.5762/KAIS.2011.12.6.2561>
- [26] S. Cho, P. Kim, and C. Ahn, "Study of Attention Using the EEG Bands," in *Proceedings of the 40th KIEE Summer Conference*, Muju, pp. 1994-1995, July 2009.
- [27] J. Y. Jeong and N. Park, "Exploring the Development Process of Gamification VR Content for Enhancing Cognitive Functions in the Elderly," *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 24, No. 6, pp. 1243-1251, June 2023. <https://doi.org/10.9728/dcs.2023.24.6.1243>
- [28] S. Hong, D. Joung, J. Lee, D. Kim, S. Kim, and B.-J. Park, "Effect of 2D Forest Video Viewing and Virtual Reality Forest Video Viewing on Stress Reduction in Adults," *Journal of Korean Society of Forest Science*, Vol. 108, No. 3, pp. 440-453, September 2019. <https://doi.org/10.14578/jkfs.2019.108.3.440>
- [29] D. Lee, "What is Gamification and How Gamification will Change Our Life?," *Journal of Digital Design*, Vol. 11, No. 4, pp. 449-457, October 2011. <http://dx.doi.org/10.17280/jdd.2011.11.4.044>

- [30] STAMFORD, Gartner's 2012 Hype Cycle for Emerging Technologies Identifies "Tipping Point" Technologies that Will Unlock Long-Awaited Technology Scenarios, Gartner, August 2012.
- [31] S. Deterding, D. Dixon, R. Khaled, and L. Nacke, "From Game Design Elements to Gamefulness: Defining "Gamification"," in *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments (MindTrck '11)*, Tampere, Finland, pp. 9-15, September 2011. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>
- [32] S. Kim, K. Song, B. Lockee, and J. Burton, What is Gamification in Learning and Education?, in *Gamification in Learning and Education: Enjoy Learning Like Gaming*, Cham, Switzerland: Springer, ch. 4, pp. 25-38, 2018.
- [33] S. Kim and S. Park, "Learning Effects of Simulated Investment Game for Startups," *International Journal of Applied Engineering Research*, Vol. 11, No. 6, pp. 4586-4589, 2016.
- [34] C. Gamrat and H. T. Zimmerman, "An Online Badging System Supporting Educators' STEM Learning," in *Proceedings of Workshop in Open Badges in Education (OBIE@LAK)*, Poughkeepsie: NY, pp. 12-23, March 2015.
- [35] Y. Kil, I. Ko, K. Oh, and G. Bang, "Gamification Analysis method proposal of Screen Sports," *Asia-Pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, Vol. 8, No. 5, pp. 369-383, May 2018. <https://doi.org/10.35873/ajmahs.2018.8.5.036>
- [36] H. T. Kim, *Gamification Marketing*, Seoul: YongJin.com, 2013.
- [37] Gartner. Gartner Says by 2015, More than 50 Percent of Organizations that Manage Innovation Processes will Gamify Those Processes [Internet]. Available: <https://www.pressebox.com/pressrelease/gartner-uk-ltd/Gartner-Says-By-2015-More-Than-50-Per-Cent-of-Organisations-That-Manage-Innovation-Processes-Will-Gamify-Those-Processes/boxid/417583>
- [38] G. Zichermann and C. Cunningham, *Gamification by Design: Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps*, Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2011.
- [39] J. Hamari and J. Koivisto, "Why Do People Use Gamification Services?" *International Journal of Information Management*, Vol. 35, No. 4, pp. 419-431, August 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2015.04.006>
- [40] Y.-K. Chou, *Actionable Gamification: Beyond Points, Badges, and Leaderboards*, Milpitas, CA: Octalysis Media, 2015.



강지영 (Ji-Young Kang)

2004년 : Pratt Institute

컴퓨터 그래픽스 (학사)

2006년 : New York University, 인터랙

티브 텔레커뮤니케이션 (석사)

2013년 : 한국과학기술원

(공학박사-인터랙션 디자인)

2022년~현재 : 이화여자대학교 커뮤니케이션 미디어학부 교수

※ 관심분야 : 가상현실(VR), 증강현실(AR), 인터랙션 디자인 등