

A meta-analysis on effects of VR, AR, MR-based learning in Korea^{*}

Myunghyun Yoo (Hanyang University)

Jaehyun Kim (Hanyang University)

Yohan Koo (Hanyang University)

Ji Hoon Song^{**} (Hanyang University)

The purpose of this study was to synthesize and specifically analyze the effects of VR, AR, MR on learning performance by using meta-analysis on the related field. We used the National Assembly Library, Research Information Sharing Service (RISS) and Web Of Science to find the relevant studies as the target group of the current research with following keywords: Virtual reality (VR), augmented reality (AR), mixed reality (MR), and learning. In addition, sample publications were selected on the basis of the abstracts provided from 2008 to 2018 on the effectiveness of VR, AR, MR based learning. Moreover, We designated moderators such as educational effects, type of curriculum, age of target, experimental size, and type of design. The results show that the overall effect size for learning performance of VR, AR, and MR based learning is .873, which represents large effect size. The individual effect sizes were .743 for VR-based learning and 0.994 for AR-based learning. In the 95% confidence interval [-0.214, 0.838], MR-based learning was not significant. In conclusion, Our study's key findings showed that VR, AR, MR-based learning was effective for students' learning outcomes. The comprehensive results of the preceding studies will also enable the use of the strategy, evidence based practices for the design and operation of classes for VR, AR and MR-based learning.

Key words : VR-based Learning, AR-based Learning, MR-based Learning, Meta-analysis

* 본 논문은 2015년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2015S1A5B8A02061908).

** 교신저자: 송지훈, 한양대학교 (E-mail : psu.jihoonsong@gmail.com)

I. 연구의 필요성 및 목적

가상현실(VR: virtual reality)과 증강현실(AR: augmented reality) 기술의 발달로 인하여 다양한 산업 및 분야에서 이러한 기술들을 적용하고 있다(Peleg-Adler, Lanir, & Korman, 2018; Piskorz & Czub, 2018). 최근에는 혼합현실(MR: mixed reality)의 개념이 등장하여 VR과 AR의 장점을 함께 적용한 사례도 등장하고 있다(Raptis, Fidas, & Avouris, 2018). 그에 따라 VR, AR, MR 기술 적용의 효과성을 검증하고 활용방안을 모색하는 연구들이 활성화되고 있으며 이는 교육 분야도 예외가 아니어서, 각각의 기술이 학습에 적용되었을 때의 효과성을 연구하거나 가장 효과적인 적용 방안을 모색하고 있다(Pribeanu, Balog, & Iordache, 2017). 그러나 교육 분야에 있어서는, 해외의 연구 사례를 직접적으로 수용하는 데 있어 몇 가지 문제점이 있다. 우선 교육과정 및 교육환경의 차이가 있기 때문에 해외 사례에서는 효과적이었던 VR, AR, MR 기반 학습이 무조건 효과적인 것이라고 기대할 수 없다(Joy & Kolb, 2009). 국가별 학습 환경이 교육에 미치는 영향을 고려할 때 국내 학습 환경 및 기술 수준과 교육과정에 대한 반영이 있어야 보다 실증적인 시사점을 얻을 수 있을 것이다. 따라서, 국내 사례들을 기반으로 VR, AR, MR 기반 학습이 과연 효과적으로 이루어지고 있는지, 세부적으로는 학습유형·학습 집단·학습자 별로 어떠한 적용에서 가장 효과를 보이는지를 확인하여 교육적 적용을 보완할 필요가 있다. 본 연구의 목적은 VR, AR, MR 기반 학습의 효과성을 국내 사례들을 기반 하여 메타분석을 통해 체계적으로 정리하는데 있다. 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

- 연구 문제 1. VR, AR, MR 기반 학습이 학습 성과에 미치는 전체 효과 크기는 얼마인가?
- 연구 문제 2. VR, AR, MR 기반 학습 별 학습 성과에 미치는 효과 크기는 얼마인가?
- 연구 문제 3. 조절변인에 따른 학습 성과의 효과 크기는 얼마인가?

II. 이론적 배경

VR이란 컴퓨터가 구성한 가상의 공간을 학습자가 현실로 인식하여 몰입하게 하는 기술을 의미한다. 가상현실은 컴퓨터 그래픽을 사용하여 다양한 디스플레이와 인터페이스에 3D 가상 배경으로 사용자 환경을 구현하기 때문에 사용자의 몰입도가 높은 장점이 있으며, 실제의 환경과 유사하게 만들어진 가상현실 속에서 학습자는 가상세계의 대상물들과 상호작용 할 수 있다(Brooks, 1999). 또한, VR은 상호작용이 가능하기 때문에 학습과 훈련 상황에서 기존의 방법보다 높은 효과를 기대할 수 있으며, 실험 학습과 시뮬레이션 교육, 튜토리얼 등에서 활용할 수 있다(Rickel, 2001).

국내에서는 VR을 학습에 적용한 사례로 영어교육이 활발하게 활용되었다. 몰입이 높고 현실

과 구분된다는 특징을 이용하여 학습자의 학습 성취와 흥미뿐만 아니라, 쓰기 불안 해소 및 자신감 고취와 같은 효과를 기대할 수 있다(김성연, 2010; 이규영, 2017; 이선희, 2010). 또한 현실 세계에서는 구현하기 어렵거나 복잡한 학습 환경을 가상으로 구축하여 학습자의 지식 전이와 학습 전이를 측정하기 위해 시뮬레이션과 게임을 사용하기도 하였다(배제한, 노기영, 2015; 소요환, 2016). 학습 대상은 유아와 초등학생뿐만 아니라 대학생에 이르기까지 다양하며, 콘텐츠가 개발되는 배경에 따라 학습자 환경에 맞게 적용할 수 있다.

AR은 현실세계에 기반 한다는 점에서 VR과 구분된다. AR은 반드시 현실과 가상세계를 혼합하여야 하며, 실시간으로 상호작용할 수 있고, 3D 환경으로 구현되어야 한다(Azuma, 1997). 가상으로 만들어진 컴퓨터 그래픽이나 음성, 영상 등의 데이터 정보를 카메라로 촬영된 현실세계의 정보와 혼합하여 강화하고 증강시키는 기술이다. 학습 관점에서는 AR 기술을 통해 게임이나 목표, 탐험 등의 활동 목표를 지원할 수 있으며, 학습자에게 보다 더 풍부한 학습 환경으로의 몰입을 제공한다(Bronack, 2001). VR보다 학습 환경 및 콘텐츠를 제작하는 것에 있어서 비용 절감의 이점이 있기 때문에 실제 수업 환경에서 많은 응용이 가능하다.

AR에 기반 한 학습의 효과는 국내에서도 많은 연구가 수행되었다. 언어 학습이나 시뮬레이션 등 새로운 학습 환경을 조성하고 몰입 효과를 기대했던 가상현실 기반의 학습과는 달리, AR을 사용한 학습은 체험학습, IT교육, 과학교육 등 실제 실험 환경에서 수행되었던 학습 환경을 변화시키는 역할을 하였다(김경현, 2009a; 김창복, 김경, 2011; 노경희, 지형근, 임석현, 2010; 박정호, 2012; 원종서, 최성호, 2017; 이상윤, 김갑수, 2012; 이지수, 심현애, 김경연, 이상성, 2010, 이유헌, 2018; 이태수, 2016; 이태수, 류재연, 2014; 이태수, 이동원, 2015; 정연화, 이정민, 2015). 대상은 유아, 초등학생, 중학생부터 성인에 이르기까지 다양하며, 특히 정신지체, 지적장애, 학습장애와 같은 신체적, 정신적 질환을 가진 학습자의 학습 보조 도구로 활용되어 언어능력이나 공간 지각 능력을 필요로 하는 학습 활동에 사용되기도 하였다(이유헌, 2018; 이태수, 2016; 이태수, 류재연, 2014; 이태수, 이동원, 2015).

최근 주목받고 있는 MR은 VR과 AR이 합쳐진 개념으로서 가상의 컴퓨터 그래픽을 실제 3차원 장면 투영한다. MR 기반의 학습 콘텐츠는 구성 측면에서 VR, AR 기반 학습의 특징과 유사하지만 학습자가 몰입하고 인지하는 과정에서 차이가 있어 학습 환경의 구축과, 환경 안에서 몰입하고 상호작용하는 학습자의 자극 및 실제 학습 경험 효과에 관한 연구가 수행되었다(Chang, Lee, Wang, & Chen, 2010; Lindgren, Tscholl, Wang, & Johnson, 2016). 위와 같은 환경과 현실 기술의 발달은 개별 학습자의 향상된 학습 공간을 제공하는 것을 넘어서 다양한 학습자들이 동시에 학습하고 상호작용할 수 있는 생동감 있는 학습 공간 설계가 가능하다(Dunleavy, Dede, & Mitchell, 2008).

MR을 활용한 학습 성과에 대해서는 많은 연구가 수행되지 않았다. 국내에서는 유아를 대상으로 창의성에 미치는 영향 요인에 대하여 MR을 적용한 교수매체를 활용한 자연체험학습을 통해

학습자의 인지와 유연성, 호기심, 다양성 등의 요인을 측정하였고(홍석영, 이숙희, 2015), 초등학교를 대상으로 동작 인식 기반 MR 프로그래밍 수업을 실시하여 프로그래밍에 대한 유용성과 활용가능성이 더 높게 나타나는 것을 확인하였다(김지윤, 2018).

본 연구에서는 VR, AR, MR을 이용하여 학습 상황을 설계한 연구를 분석대상으로 고려하였다. 각 현실 기술은 고유한 특징과 차이점을 가지고 있으며, <표 1>과 같이 요약할 수 있다.

<표 1> VR, AR, MR의 비교

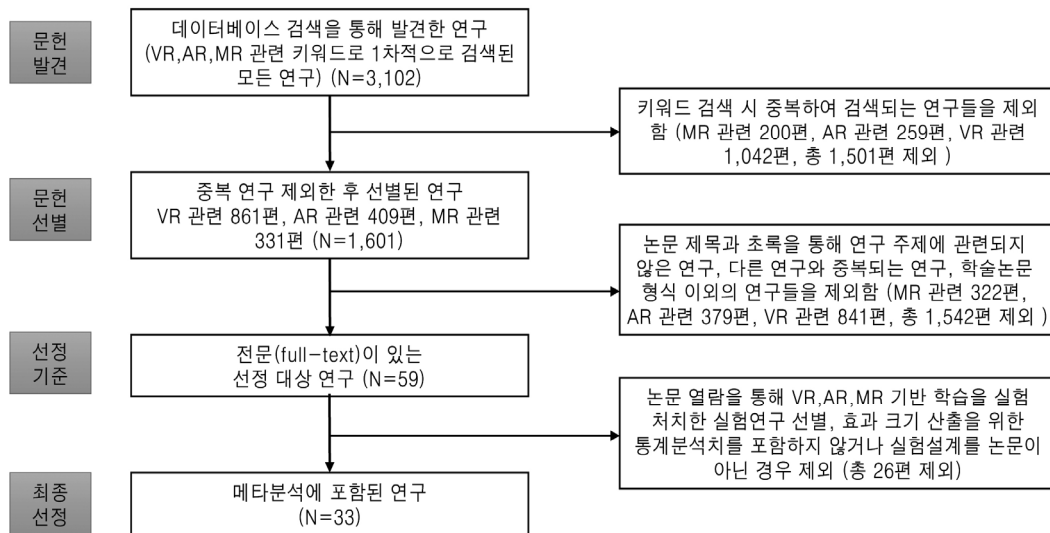
	VR	AR	MR
환경	완전히 인공적인 디지털 환경	가상의 대상물을 실제 공간에 표시	가상의 환경이 실제 공간과 혼합
이미지 소스	컴퓨터 그래픽, 컴퓨터로 만든 실제 이미지	컴퓨터 이미지와 실제 생활 대상물 혼합	컴퓨터 이미지와 실제 생활 대상물 혼합
시각	가상의 대상이 가상공간에서 움직임	가상의 대상이 실제공간에서 움직임	가상의 대상이 실제공간에서 움직임
현장감	현실 세계와 분리된 가상의 공간	새로운 요소와 대상이 추가 된 실제 공간	새로운 요소와 대상이 추가 된 실제 공간
몰입	가상 환경에 완전한 몰입	디지털 대상물에 의해 강화 된 현실 공간	실제 공간과 가상 환경이 상호작용
지각	가상의 대상이 실제처럼 느껴짐	가상의 대상을 구분 가능	가상의 대상이 실제처럼 느껴짐

VR, AR, MR의 교육 및 학습 상황에서의 효과를 고려한 국내 연구는 전무하며, VR을 적용한 재활치료 효과에 관한 연구만 보고되었다(권재성, 2015; 노정석, 2017). 반면 해외에서는 최근 VR, AR, MR의 교육적 효과에 관한 메타분석 연구가 증가하고 있다. Merchant, Goetz, Cifuentes, Keeney-Kennicutt, & Davis(2014)의 연구는 K-12와 고등 교육 상황에서 VR 기반의 교육이 학습자의 학습 성과를 높이고 있음을 메타분석을 통해 밝혔으며, 이때 학습에 적용된 VR기술로는 게임(games), 시뮬레이션(simulation), 가상세계(virtual worlds)를 포함하였다. Tekedere & Göke(2016)의 연구에서는 AR 기반 학습이 효과를 확인하였는데, 특히 AR기반 어플리케이션(application)의 효과성을 입증함으로써 교육에 사용되는 AR 응용 프로그램의 개발의 필요성을 나타냈다. Radu(2014)의 연구에서는 교육에서의 AR의 효과를 메타분석 하여 효과성을 확인하고, 초·중·고등학생들과 같이 어린 사용자들이 점점 더 쉽게 이용할 수 있는 교육용 매체임을 밝혔다. 또한 PC나 스마트폰, 카메라 장치 등의 AR 기술의 사용 매체에 따른 다양한 학습적 효과에 대하여 분류하였다.

III. 연구 방법

1. 분석대상 선정

본 연구의 대상은 2018년 7월 31일을 기준으로 국내에서 발행된 VR, AR, MR 기반 학습에 관한 선행 연구들로서 국회전자도서관(<http://dl.nanet.go.kr>)과 학술연구정보원(<http://www.riss.kr>) 및 Web Of Science(<http://apps.webofknowledge.com>)의 검색엔진을 통해 총 1,601편의 논문을 검색하여 수집하였다. 주제어로는 ‘가상현실’, ‘VR(virtual reality)’, ‘증강현실’, ‘AR(augmented reality)’, ‘혼합현실’, ‘MR(mixed reality)’, ‘학습(Learning)’을 사용하였다. 본 연구에서 메타분석을 목적으로 선정한 대상 논문의 기준은 다음과 같다. 첫째, 독립변인은 VR, AR, MR 기반 학습이고 종속변인은 학습의 성과를 대상으로 한 연구를 분석 대상으로 하였다. 둘째, VR, AR, MR 기반 학습을 실험 처치로 활용한 연구만을 선정하였다. 셋째, 비교집단이 있는 실험설계 논문만을 선정하였으며, 그룹 간의 평균 차이 검증의 연구로만 분석하였다. 이상으로 선정 기준에 충족되는 연구물 중 59편을 일차적으로 코딩 대상 논문으로 선정하고, 선정기준에 맞지 않거나, 학위 논문을 학회지에 재출판한 경우 학회지를 선택하여 메타분석이 가능한 최종 33편의 논문을 선정하였다(학술지 18편, 학위논문 15편). 분석 대상 선정을 위한 과정은 [그림 1]과 같다(Cooper, 2015).



(그림 1) 분석대상 논문 선정 과정 (PRISMA flowchart)

2. 자료 분석

가. 자료의 코딩

본 연구에서는 교육효과 분류(인지적, 정의적, 심동적), 교육과정 형태(교과, 비교과), 학습 대상자 연령(유아, 초·중·고등학생, 성인학습자), 학습 집단 규모(대규모, 소규모), 실험 설계 유형(balanced design, unbalanced design)을 조절변인으로 간주하여 코딩하였으며 코딩 절차는 다음과 같이 진행하였다. 첫째, 총 4명의 연구자들이 합의 하에 코딩시트를 설계하였다. 둘째, VR, AR, MR 기반 학습의 콘텐츠를 이해하는 교육공학 전공자인 연구 참여자 전원이 코딩을 실시하였다. 최종 연구물의 선정 과정에 있어 의견의 불일치가 발생하는 경우에는 교육공학 전공 교수의 의견을 반영하여 관련 문제를 해소하였으며, 협의 후에 의견이 불일치하는 경우는 없었기에 코더 간의 신뢰도는 별도로 계산하지 않았다. 최종 분석 대상 논문 33편에 대한 구체적인 사항은 아래의 <표 2>와 같다. 또한 본 연구의 통계분석에는 R을 이용하였고, 2018년 8월 기준 가장 최신 버전인 3.5.1을 사용하였으며, 분석패키지 또한 모두 최신화하여 분석을 실시하였다.

나. 효과 크기 산출 및 분석

총 33개의 개별연구의 결과를 종합하기 위해 개별연구별로 효과 크기를 계산하고, 전체 효과 크기를 종합한 후에 조절 변인으로 설정한 변인에 대해서 하위그룹분석 및 메타회귀분석을 진행하는 절차로 효과 크기를 산출하였다. 메타분석에서는 효과 크기의 크고 작음을 가지고 그 연구 결과의 의미를 해석한다. 효과 크기는 한 그룹이 다른 그룹과 얼마나 다른지를 보여 주며 일반적으로 실험 그룹과 대조 그룹의 차이를 나타낸다(Borenstein, Hedges, Higgins, & Rothstein, 2011). 또한 개별 연구들의 양적 통계치를 표준화하여 제시하기 때문에 집단 간의 차이를 계량화하는데 적합하다. 주로 두 집단 간의 평균 차이를 검증하는 Cohen(1962; 1988)이 제시한 효과 크기의 기준인 Cohen's d의 경우 그 기준은 .20 이하는 작은 효과 크기, .20~.80은 중간 정도의 효과 크기, .80 이상은 큰 효과 크기로 보고 있다. 그밖에도 두 변수 간의 관계정도를 검증하는 상관관계수(r), 두 집단에 있어 치료나 성공과 같은 발생 비율을 검증하는 승산비율(odds ratio), 이벤트 발생 비율(risk ratio), 이벤트 발생 비율 차이(risk difference)가 있다(황성동, 2014). 본 연구는 통제집단과 처치집단 사이의 평균 차이를 검증하는 방법으로 연구를 진행하였으며 교정된 표준화된 평균차이의 효과 크기를 검증하는 Hedges(1985)가 제안한 Hedges' g를 사용하였다. Hedges' g와 Cohen's d는 표본의 크기가 20 미만일 때를 제외하고는 유사하다. 하지만 Cohen's d는 표본이 작을 경우 효과 크기를 과대 추정하는 경향이 있으며 본 연구에서는 표본이 큰 연구와 작은 연구가 섞여 있기 때문에 Hedges' g를 사용하였다(Bernard & Borokhovski, 2009; Hedges & Olkin, 1985). Hedges' g의 공식은 수식 1과 같으며 그 기준은 Cohen's d와 마찬가지로 .20 이하는 작은 효과 크기, .20~.80은 중간 정도의 효과 크기, .80 이상은 큰 효과 크기로 보고 있다.

〈표 2〉 분석에 포함된 33개 연구들의 특성

일련 번호	연구자 (연도)	출판 유형	실험인원/ 통제인원	처치 방법	처치 효과
1	홍석영, 이숙희 (2015)	학술지	15/15	MR	인지적(Cognitive) 유머감각(Sense of humor) 탈고정관념(De-stereotyping) 독자성(Individuality) 창의성(Curiosity) 다양성(Diversity) 민감성(Sensitivity)
2	김창복, 김 경 (2011)	학술지	30/30	AR	학습효과 학습집중도 행동적 능동성 언어적 능동성 창의성 활기성 치밀성 온화성
3	이지수, 심현애, 김경연, 이강성 (2010)	학술지	15/15	AR	주의집중 관련성 자신감 만족도 개념획득 규칙적용 전체학업성취도
4	정연화, 이정민 (2015)	학술지	48/44	AR	과학탐구능력 과학적 태도 학습몰입
5	노경희, 지형근, 임석현 (2010)	학술지	86/56	AR	과학탐구능력 과학적 태도 학습몰입 학업성취 학습흥미 수업흥미 학습몰입 총점 통제감 자의식상실 시간감각왜곡 자기목적적 경험

〈표 2〉 분석에 포함된 33개 연구들의 특성

(계속 1)

일련 번호	연구자 (연도)	출판 유형	실험인원/ 통제인원	처치 방법	처치 효과
6	이선희 (2010)	학위논문 (박사)	20/20	VR	학업성취 학업성취 흥미도 이해도
7	신인수 (2014)	학위논문 (석사)	30/29	VR	도해력 흥미도 주의집중 관련성 자신감 만족감
8	탁정숙 (2018)	학술지	27/25	VR	창의적 문제해결력 자기확신 및 독립성 확산적사고 비판적·논리적 사고 동기적사고 21세기 학습자역량 창의력과 혁신능력 비판적사고력 및 문제해결력 의사소통능력 협업능력 정보활용 능력 자기주도 학습력 유연성 학습흥미 정서적 동기 수업내용 의사소통 학습활동 기대효과(기대감) 만족감 지도학습흥미
9	이규영 (2017)	학위논문 (석사)	15/15	VR	인지적 영역 음소인지평가 어휘력 흥미도 자신감 몰입감

〈표 2〉 분석에 포함된 33개 연구들의 특성

(계속 2)

일련 번호	연구자 (연도)	출판 유형	실험인원/ 통제인원	처치 방법	처치 효과
10	김성연 (2010)	학술지	13,14/19	VR	읽기능력 쓰기평가 쓰기불안 도구적 문화탐방 내재적 통합적
11	소요환 (2016)	학술지	38/37	VR	태스크수행 탐색과 네비게이션 학습만족도 사실적 지식 개념적 지식 절차적 지식
12	배재한, 노기영 (2015)	학술지	100/100	AR	실재감(Presence) 학습효과(Learning effect) 학습지속성(Learning persistence) 학습전이(Transfer of learning)
13	원종서, 최성호 (2017)	학술지	11/11	AR	몰입(Immersion) 물리적실재감(Physical Reality) 능동적 참여(Active Participation)
14	이희준, 차상안, 권해나 (2016)	학술지	40/40	AR	학업성취도 학습흥미도 몰입
15	김경현 (2009b)	학술지	25/25	AR	학습집중도 언어적 학습참여 능동성 행동적 학습참여 능동성 수업분위기(창의성) 수업분위기(활기성) 수업분위기(치밀성) 수업분위기(온화성)
16	이태수, 이동원 (2015)	학술지	20/20	AR	어휘학습 내용지식획득 수업흥미도
17	이태수 (2017)	학술지	17/15	AR	학업성취도 학습몰입감 학습태도

〈표 2〉 분석에 포함된 33개 연구들의 특성

(계속 3)

일련 번호	연구자 (연도)	출판 유형	실험인원/ 통제인원	처치 방법	처치 효과
18	이기호 (2016)	학위논문 (박사)	25/17,21,22)	AR	흥미도 몰입도 만족도
19	성유정 (2013)	학위논문 (석사)	59/63	AR	개념이해 정답률
20	여선민 (2009)	학위논문 (석사)	10/10	AR	학습집중도 언어적 학습참여 능동성 행동적 학습참여 능동성 수업분위기(창의성) 수업분위기(활기성) 수업분위기(치밀성) 수업분위기(온화성)
21	이유광 (2018)	학위논문 (석사)	15/15	AR	읽기이해력(사후) 읽기수업(사후) 학습몰입감(사후)
22	정연화 (2016)	학위논문 (석사)	48/44	AR	과학탐구능력 과학적 태도 학습몰입
23	이상윤, 김갑수 (2012)	학술지	28/28	AR	학업성취도 학습동기(주의집중) 학습동기(관련성) 학습동기(자신감) 학습동기(만족도)
24	이태수, 류재연 (2014)	학술지	26/24	AR	(AB)언어능력(단어재인 유의미단어) (AB)언어능력(단어재인 유사단어) (AB)언어능력(단어재인 무의미단어) (AC)언어능력(단어재인 유의미단어) (AC)언어능력(단어재인 유사단어) (AC)언어능력(단어재인 무의미단어) (AB)읽기이해 (AC)읽기이해 (AB)태도(주의집중 단어재인) (AB)태도(주의집중 읽기이해) (AC)태도(주의집중 단어재인) (AC)태도(주의집중 읽기이해) (AB)수업흥미(단어재인)

〈표 2〉 분석에 포함된 33개 연구들의 특성

(계속 4)

일련 번호	연구자 (연도)	출판 유형	실험인원/ 통제인원	처치 방법	처치 효과
24	이태수, 류재연 (2014)	학술지	26/24	AR	(AB)수업흥미(읽기이해) (AC)수업흥미(단어재인) (AC)수업흥미(읽기이해)
25	김경현 (2009a)	학술지	25/25	AR	학습집중도 언어적 학습참여 능동성 행동적 학습참여 능동성 수업분위기(창의성) 수업분위기(활기성) 수업분위기(치밀성) 수업분위기(온화성)
26	박정호 (2012)	학위논문 (석사)	25/25	AR	로그파일빈도 진술문빈도 과제수행(상호작용 질문관련) 과제수행(상호작용 질문무관) 커뮤니케이션(상호작용 질문관련) 커뮤니케이션(상호작용 질문무관) 커뮤니케이션(상호작용 진행관련) 생산적 상호작용(정보,아이디어) 생산적 상호작용(종합,재생산) 공유정신모형접수 내용영역지식 학습결과물
27	조준범 (2014)	학위논문 (석사)	28/28	AR	지층영역 성취도 정답률
28	김정수, 이태수 (2018)	학술지	15/18	AR	학습동기(전체) 학습동기(자아효능감) 학습동기(자아개념) 학습동기(내적동기) 학습동기(외적동기) 학습몰입도(전체) 학습몰입도(호기심) 학습몰입도(흥미) 학습몰입도(통제감) 학습몰입도(주의집중)

〈표 2〉 분석에 포함된 33개 연구들의 특성

(계속 5)

일련 번호	연구자 (연도)	출판 유형	실험인원/ 통제인원	처치 방법	처치 효과
29	김지윤 (2018)	학위논문 (석사)	50/50	MR	과제가치 학습지속의향
30	이수현 (2018)	학위논문 (석사)	11/11	VR	인지적영역(말하기능력) 정의적 영역(전체) 정의적영역(흥미도) 정의적영역(자신감) 정의적영역(몰입감)
31	이동연 (2018)	학위논문 (석사)	8/8	VR	타격횟수 유효 타격 횟수 비거리 발사각도 스윙 스피드
32	김유리 (2018)	학위논문 (석사)	8/8	VR	수업분위기(창의성) 수업분위기(활기성) 수업분위기(치밀성) 수업분위기(온화성)
33	하기량 (2018)	학위논문 (석사)	21/21	VR,AR	정의적영역(전체) 정의적영역(흥미도) 정의적영역(자신감) 정의적영역(참여도) 정의적영역(몰입도) 어휘능력

$$Cohen's\ d = t \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}}$$

$$J = \left[1 - \frac{3}{4(n_1 + n_2) - 9} \right] \text{ or } \left(1 - \frac{3}{4df - 1} \right)$$

$$Hedges's\ g = J \times cohen's\ d$$

[수식 1] Cohen's d와 Hedges' g

다. 효과 크기 계산 모형 설정

메타분석에서 평균 효과의 크기를 계산하는 방식은 크게 두 가지로, 고정효과모형(fixed-effect model)과 무선효과모형(random-effects model)이다. 연구자는 평균 효과 크기를 측정함에 있어서 두

가지 방식 중 어떤 것을 선택하느냐에 따라 추정된 평균 효과의 크기가 달라지며 평균 효과 크기의 정밀성도 달라진다. 고정효과모형과 무선효과모형은 가정에서부터 차이가 있는데, 고정효과모형의 경우 모집단 효과의 크기는 동일하다고 가정하며, 무선효과모형은 연구마다 각기 대상자, 개입방법, 기간 등이 서로 다르므로 효과 크기에 이질성이 있다고 가정한다. 본 연구에서는 각 연구들은 독립적이며 표본, 개입방법 등이 서로 다르므로 무선효과모형을 선정하였다.

무선효과모형의 장점은 효과 크기의 이질성을 가정하기 때문에 연구 사이의 분산을 인정하고, 가중치가 보다 균형적이고 표준 오차가 크므로 효과 크기의 신뢰구간이 더 크다는 것에 있다(황성동, 2014).

라. 출판 편의(Publication Bias) 검증

출판 편의는 출판된 연구물에서 발생하는 편향(bias)의 한 유형이며 실험이나 연구의 조사 결과가 출판의 여부를 결정할 때 발생한다. 즉, 긍정적이고 통계적으로 유의미한 결과를 도출한 연구는 그렇지 않은 결과보다 더 쉽게 출간되는 경향이 있다는 것이다(Rothstein, Sutton, & Borenstein, 2006). 본 연구의 경우 출판 편의(publication bias) 문제를 해결하기 위하여 학위논문과 같은 미 출판물도 'grey literature'로 포함하여 더 객관적인 연구 결과를 도출하고자 하였다(Easterbrook, Gopalan, Berlin, & Matthews, 1991; McAuley, Tugwell, & Moher, 2000). 코딩 과정에서 학위 논문을 재정리하여 학술지 논문으로 발표한 경우에는 최종 분석 연구물에 학술지 논문을 분석대상으로 포함하였다.

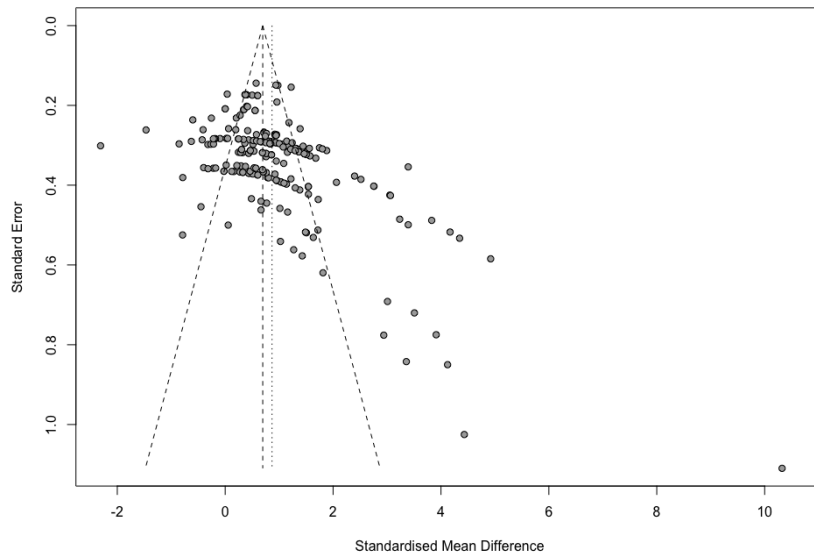
IV. 연구 결과

1. VR, AR, MR 기반 학습의 전체 효과 크기

총 33편의 논문을 대상으로 208개의 효과 크기를 산출한 결과, 무선효과 모형으로 도출된 전체 효과 크기는 0.875이고 95% 신뢰구간에 해당하는 값은 [0.765, 0.985]로 신뢰구간 내에 0을 포함하지 않아 통계적으로 유의하였다. Hedges의 교정된 표준화 효과 크기 g 는 $ES \geq .80$ 인 경우 효과가 큰 것으로 해석하므로, VR, AR, MR과 같은 매체를 사용한 교육 프로그램의 전체 효과는 높은 효과 크기를 가진다고 볼 수 있다. 이를 정리한 결과는 <표 3>과 같다. 또한, 본 연구의 효과 크기 분석 대상의 전반적인 분포를 살펴보기 위해 출판 편의 분석을 실시하였다. [그림 2]의 funnel plot을 보면, 효과 크기의 분포들이 좌우대칭을 이루지 않는 것으로 보이므로 일부 출판 편향이 존재하는 것으로 보인다. 비대칭에 대한 통계적 분석으로는 Egger의 회귀분석을 사용하였다. Egger의 회귀분석에서 초기 값(intercept)의 유의수준이 단측, 양측 모두 $p < .001$ 이므로

〈표 3〉 전체 평균 효과 크기

모델	효과 크기 수	평균 효과 크기	표준 오차	95% 신뢰구간		Q	I square
				하한	상한		
무선효과모형	208	0.875	0.056	0.765	0.985	1441.67	85.6
고정효과모형		0.699	0.021	0.659	0.730		



(그림 2) Funnel Plot

초기 값이 유연히 생긴 결과라는 귀무가설을 기각하여 오류가 있다고 말 할 수 있다.

오류 정도에 대하여 분석하기 위해 Rosenthal의 Fail-safe N을 보았을 때, 이 N의 기준을 $5k + 10$ (k: 연구 수) 보다 더 많으면 본 연구의 결과는 신빙성이 있다고 본다. 본 연구의 df는 165로 $5k + 10$ 은 835이다. Rosenthal의 Fail-safe N 계산 결과 87,239 이므로, 본 연구는 신빙성이 있다고 볼 수 있다.

2. VR, AR, MR 기반 학습 효과 별 평균 효과 크기

전체 평균 효과 크기 분석에서 $Q(1441.67, p < .001)$ 가 기각되었으므로, 집단 간 동질성이 기각되어 세부적인 효과 크기는 모두 무선효과모형을 통해 진행하였다.

총 208건의 효과 크기 수 중, 학습 매체별로 AR은 125건, MR은 9건, VR은 74건으로 조사되었으며 MR을 제외한 학습 매체 방법은 모두 $p < .001$ 로 유의하였으나, MR은 95% 신뢰구간[-0.214,

〈표 4〉 VR, AR, MR 기반 학습 효과 별 효과 크기

구분	효과 크기 수	동질성 검정 통계량	효과 크기	95%신뢰 구간		표준 오차
				하한	상한	
AR	125	1017.22	0.994	0.852	1.136	0.072
MR	9	12.54	0.312	-0.214	0.838	0.268
VR	74	395.88	0.743	0.555	0.926	0.094

0.8381은 0을 포함하여 기각하지 못했다. 따라서 AR과 VR 기반 학습은 효과 크기 0.994, 0.743으로 각각 높은 수준, 중간수준의 실제적 유의성을 보였다.

3. 조절변인에 따른 VR, AR, MR 기반 학습의 평균 효과 크기 차이

본 연구의 조절변인은 총 다섯 가지로, 교육효과, 교육과정 형태, 대상자 연령, 실험규모와 설계유형이다. 먼저 교육효과에 따른 효과 크기 차이는 정의적 영역, 인지적 영역, 심동적 영역으로 나누었으며 효과 크기의 유의수준은 모두 $p < .001$ 로 유의하였다. 분석에 포함된 연구물들에서 정의적 영역으로는 흥미도, 자신감, 몰입감, 참여도, 몰입도 등이, 인지적 영역으로는 학업성취, 이해도, 읽기능력 등이, 심동적 영역으로는 타격횟수, 스윙스피드, 유효타격횟수 등이 포함되었다. 정의적 영역의 효과 크기는 0.943으로 높은 수준의 실제적 유의성을 보였으며 인지적, 심동적 영역의 효과 크기는 각각 0.744, 0.574로 중간 수준의 실제적 유의성을 보였다. 이들의 차이를 분석하기 위하여 분산분석을 수행한 결과 유의수준 0.1997로 유의하지 않았으므로 교육효과 별 구분에 따른 효과 크기의 차이는 통계적으로 없는 것으로 나타났다.

비교과, 교과와 같은 교육과정 형태에 따른 효과 크기 차이를 보면 유의수준은 모두 $p < .001$ 로 유의하였으며 비교과 교육의 효과 크기는 0.805, 교과 교육의 효과 크기는 0.900으로 모두 높은 수준의 실제적 유의성을 보였으며, 분산분석 결과 유의수준 0.4953으로 교육과정 형태별 구분에 따른 효과 크기의 차이는 통계적으로 없는 것으로 나타났다.

성인, 유아, 초·중·고등학생과 같은 교육 대상자 연령에 따른 효과 크기 차이를 보면 유의수준은 모두 $p < .001$ 로 유의하였으며 초·중·고등학생의 경우 효과 크기가 0.956로 높은 수준의 실제적 유의성을 보였으며 성인과 유아의 교육의 경우 0.656, 0.650으로 중간정도의 실제적 유의성을 보였다. 분산분석 결과 유의수준이 $p = 0.0588$ 로 연령에 따른 효과 크기의 차이는 제한적으로 유의하며 통계적 차이가 있는 것으로 나타났다.

메타분석 대상의 실험 대상자 수의 중앙값인 25명을 기준으로 대규모와 소규모로 조절변인을 설정하였을 때 유의수준은 모두 $p < .001$ 로 유의하였으며 소규모의 경우 효과 크기가 0.929, 대규

모의 경우 효과 크기가 0.809로 모두 높은 정도의 효과 크기를 보였다. 규모에 따른 효과 크기의 차이는 유의수준 0.2869로 유의하지 않았으므로 규모별 효과 크기의 차이는 통계적으로 없는 것으로 나타났다.

마지막으로 실험 집단 설계 유형에 따른 구분으로 균형, 불균형 설계에 따른 효과 크기의 차이를 분석했을 때, 균형설계의 경우 효과 크기가 1.028로 높은 수준의 실제적 유의성을, 불균형 설계의 경우 0.71로 중간 정도의 실제적 유의성을 보였다. 설계 유형에 따른 효과 크기의 차이는 유의수준 $p < .01$ 로 설계유형에 따른 차이가 통계적으로 유의하였다.

〈표 5〉 조절변인에 따른 효과 크기의 차이

조절 변인	구분	효과 크기 수	동질성 검정 통계량	효과 크기	95%신뢰 구간		표준 오차	유의 수준
					하한	상한		
교육 효과	심동적	5	12.19	0.574	-0.222	1.370	0.406	0.1997
	인지적	62	461.90	0.744	0.547	0.942	0.101	
	정의적	141	956.78	0.943	0.809	1.077	0.068	
교육 과정형태	비교과	54	428.77	0.805	0.591	1.020	0.109	0.4593
	교과	157	1007.30	0.900	0.772	1.028	0.065	
대상자 연령	성인	41	488.85	0.656	0.407	0.904	0.127	0.0588
	유아	15	85.04	0.650	0.246	1.056	0.206	
	초중고	152	851.83	0.956	0.827	1.085	0.066	
실험 규모	대규모	87	601.32	0.809	0.676	0.973	0.083	0.2869
	소규모	121	837.61	0.929	0.781	1.078	0.076	
설계 유형	균형	112	835.72	1.028	0.876	1.180	0.078	0.0042
	불균형	96	574.17	0.71	0.553	0.866	0.080	

추가로 출판년도에 따른 메타회귀분석을 실시한 결과 $Q=1436.1781$, $p < .001$ 로 동질성은 확보되었으나 회귀식의 통계적 유의성을 나타내는 Model $Q=0.1991$ ($p=0.6554$)로 나타나 회귀모형이 유의하지 않은 것으로 나타났다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 VR, AR, MR 기반 학습의 효과를 분석하기 위해 메타분석을 이용하여 종합적·체

계적 분석을 수행하였으며 학습자의 학습 성과에 미치는 세부 요인과 주 효과를 알아보았다. VR, AR, MR 기반 학습의 효과성을 연구한 기존의 해외 문헌들은 국내의 학습 환경 및 교육 커리큘럼 등의 차이를 반영하지 못하기 때문에, 전적으로 수용하기 어려운 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서는 VR, AR, MR 기반 학습이 국내 상황에서 효과적으로 적용되었는지, 각각의 학습의 발전 방향은 어떠한지, 실제적인 학습 효과가 있었는지를 확인하고자 연구대상을 한정하여 국내에서 발행된 연구물을 분석하였다. 본 연구에는 2008년에서 2018년 7월까지 국내에서 수행된 학위 논문과 학술지 논문 33편이 포함되었으며, 이를 통해 VR, AR, MR 기반 학습의 전체적인 학습 성과를 포함하여, 세부적으로 VR기반 학습, AR기반 학습, MR기반 학습 별 학습 성과를 도출하였다. 각 연구의 상황적 맥락을 고려하기 위해 추가적으로 VR, AR, MR 기반 학습의 학습 성과에 영향을 줄 것이라 여겨지는 다양한 조절변인들에 따른 효과 크기와 그룹 간 차이 및 선형 관계를 분석하였으며, 각 연구 결과 분석의 시사점은 다음과 같다.

VR, AR, MR 기반 학습의 전체 효과 크기에 대한 분석 결과, 전체 효과 크기는 유의미한 결과를 보였으며 큰 효과를 나타내었다. 이는 VR, AR, MR 기반 학습이 국내 교육환경 및 교육과정에서 적절하게 활용되고 실제적인 객관적 효과가 있음을 증명하는 결과이며, 메타분석의 특성에 의해 일반화가 가능한 결과이므로 학습 성과를 향상시키기 위한 교수설계 전략으로 VR, AR, MR 기반 학습을 활용할 수 있음을 의미한다.

학습 처치 유형에 따른 효과 크기 분석 결과 VR기반 학습, AR기반 학습, MR기반 학습 효과의 크기는 AR기반 학습이 가장 큰 효과 크기를 보이며, VR 기반 학습이 다음으로 큰 효과 크기를 나타냈다. 이는 가상공간의 환경에 국한된 VR보다 학습자가 처한 실제 환경이 함께 표시되는 AR이 학습에 적용했을 때 더 효과적임을 나타낸다. 교육 환경에서 AR 기술이 가지는 장점은 VR, MR 대비 비교적 적은 비용으로 구축이 가능하고 학습자가 접하게 되는 기술의 난이도가 낮은 것이다. 따라서 학습자는 해당 기술에 접근이 쉽고 낮은 과제 수행 난이도로 인해 큰 학습적 효과를 얻을 수 있으며, 교육에 적용하였을 때 학생들의 외재적 인지부하를 최소화 할 수 있는 효율적인 방법이 될 수 있다. 또한 Radu(2014)는 AR 기반 설계가 다양한 기기 구성과 조합이 가능하여 학습 환경에 사용되는 도구적 매체로서의 가능성이 높음을 보고하였다. AR 기술은 현실을 반영한 공간에 가상의 대상물이 보장되고 실시간 변화가 나타나는데 반하여, VR은 완전한 가상의 환경을 제공하기 때문에 학습자가 현실과의 이질감을 느끼며 학습 상황에서 집중력이 저하될 가능성이 있다. 성인학습자의 경우에는 인지능력이 증가하기 때문에 현실 상황을 기반으로 추가적인 정보가 더해지는 AR기반 학습이 VR, MR 기반 학습 환경에 비해서 향후 더 큰 학습효과를 보일 수 있을 것이다.

MR 기술은 VR과 AR의 특징을 혼합한 융합 기술로서 비교적 최근에 학습 환경에 적용되기 시작하였다. 본 연구에는 2편의 MR 기반 학습 관련 연구가 포함되었고 통계적으로 유의하지 않은 결과를 나타냈다. 이는 기술 발전 단계에 있는 MR의 시기적 특성이 반영된 것으로 메타분석

을 수행하기에 충분한 연구물이 축적되지 않았기 때문으로 볼 수 있다. 현재까지 연구된 국내 문헌들은 대부분 VR을 적용한 학습 환경을 기반으로 하였으며, AR과 MR 기반 학습에 대한 연구는 비교적 적은 편이기 때문에 추가적인 연구가 필요한 실정이다.

본 연구에서는 VR, AR, MR 기반 학습에 대한 학습 성과를 다각도로 확인하고자 본 연구에 포함된 결과 변수들을 인지적 영역, 정의적 영역, 심동적 영역으로 분류하고, 이에 영향을 미치는 중재변인들을 추가적으로 확인하였다. 그 결과, VR, AR, MR기반 학습이 영역별로 유의한 통계적 차이가 없었으며, 세 영역 모두에서 유사한 효과를 나타내었다.

학습 대상자에 따라서는 유아와 초·중·고등학생, 성인학습자 집단 간에 제한적으로 유의한 차이가 있었는데 초·중·고등학생 집단에서 가장 큰 효과를 보였고 다음으로 성인학습자, 유아 순으로 나타났다. 이는 현재 초·중·고등학교 환경에서 VR, AR, MR기반 학습이 가장 활발히 개발되고 적용되고 있는 국내 상황을 반영한다. 학교 환경에서는 다양한 교과·비교과 활동을 포함하여 최신 기술을 학습 환경에 효과적으로 적용할 수 있으며, 향후 직업교육이나 평생교육의 필요성 및 요구가 증가함에 따라 성인학습자의 효율적인 학습을 위한 VR, AR, MR 기반 학습 설계 또한 필요하다. 학습 집단의 크기에 따라서는 소집단과 대집단에서 통계적인 차이가 나타나지 않았다.

추가적으로, 실험 설계유형에 따른 조절효과와 출판년도와의 선형관계를 확인하였다. 먼저, 실험 설계가 균형설계(balanced design)되었는지 불균형설계(unbalanced design)되었는지에 따른 조절효과 분석 결과, 균형설계의 경우 더 큰 효과 크기를 보였다. 또한 출판년도에 따른 선형관계 확인을 위해 메타회귀분석을 수행하였으나, 유의하지 않은 것으로 나타났다. 이는 선형관계를 확인할 정도의 충분한 연구물 수가 축적되지 않았기 때문이며, 앞으로 AR과 MR기반 학습에 대한 연구가 추가적으로 이루어진다면 더 심도 있는 논의가 가능할 것이다.

종합적으로 VR, AR, MR 기반 학습의 성과는 Hedges(1985)의 효과 크기 해석 기준에 따라 큰 효과 크기에 해당하며, VR, AR기반 학습의 학습 성과는 전반적으로 높은 수준을 보이는 것으로 나타났다. 선행 연구들의 종합적 결과를 통해 향후 VR, AR, MR 기반 학습의 수업 설계와 운영을 위한 근거기반 실천(evidence based practice) 및 전략으로 활용이 가능할 것이다. 결론적으로 본 연구는 메타분석을 통해서 VR, AR, MR 기반 학습은 학습 성과를 높이는데 기여함을 확인하였다. 본 연구는 국내에서 현재까지 VR, AR, MR 기반 학습의 학습 성과에 대한 개별 연구들의 국내 현황 및 실태를 정리하고 향후 개별 연구들의 방향을 제시하는데 의의가 있으며, VR, AR, MR을 교육에 활용하는 데 있어 전략적 근거가 될 수 있을 것이고, 국내 연구가 충분히 축적된다면 해외 사례와 비교하여 문화적 차이를 고려한 연구 또한 가능할 것이다.

본 연구를 통한 향후 연구를 위한 제언은 다음과 같다. 대부분의 연구는 오랜 기간 연구된 VR 기반의 학습 설계에 제한되었고, MR 기반 학습의 성과에 대한 선행연구가 부족하여 개별적 학습 성과를 논의하는데 다소 한계가 있었다. 또한 조절변인의 중재효과에 대한 분석에 있어,

개별 연구들의 수가 절대적으로 부족하여 조절효과 분석에 용이한 수준의 연구물을 확보하는데 어려움이 있었다. 앞서 언급한 바와 같이 MR의 경우 발전 단계에 있는 기술로서 비용과 접근 난이도의 어려움으로 인해 교육적 적용이 현재까지 활발히 이루어지지 않았으며, 추후 AR, MR 기반 학습에 대한 다양한 경험적인 연구를 통해 구축비용 및 학습 효용성에 대한 기준점을 제시할 수 있을 것이다. 이를 위해서는 개별 교수자 수준의 학습설계 뿐만 아니라 학습의 환경 및 학습내용, 교육과정을 고려한 정책적 제도적 지원이 필요하며, VR, AR, MR의 기술 발달과 함께 차별화된 적용이 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- 권재성 (2015). 컴퓨터 기반 가상현실 프로그램의 국내 임상재활 적용 효과: 메타분석. *디지털융복합연구*, 13(7), 293-304.
- (Translated in English) Kwon, J. S. (2015). Effects of Computer Based Virtual Reality Program on Clinical Rehabilitation in Korea: A Meta-analysis. *Journal of Digital Convergence*, 13(7), 293-304.
- 김경현 (2009a). 증강현실 콘텐츠 활용수업의 효과성 분석-초등학교 영어과목을 중심으로. *정보교육학회논문지*, 13(3), 359-370.
- (Translated in English) Kim, K.H. (2009a). The Analysis on Effects of Applying the Contents of Augmented Reality - Focused on the English Class in Elementary -. *Journal of the Korean Association of Information Education*, 13(3), 359-370.
- 김경현 (2009b). 초등학교 과학수업에서 AR 콘텐츠 활용이 학습 활동에 미치는 효과. *컴퓨터교육학회논문지*, 12(5), 75-85.
- (Translated in English) Kim, K. H. (2009b). The Effects of Learning Activities on the Application of Augmented Reality Contents in Elementary Science Instruction. *The Journal of Korean Association of Computer Education*, 12(5), 75-85.
- 김성연 (2010). 가상현실 활용 네트워크 기반 영어 교수. 학습의 효과에 관한 연구. *영어교육연구*, 22, 53-74.
- (Translated in English) Kim, S. Y. (2015). The effects of virtual reality based CMC on English language learning. *English Language Teaching*, 22(4), 53-74.
- 김지윤 (2018). 동작 인식 기반 혼합현실 프로그래밍 교육이 초등학생의 과제 가치와 학습지속의향에 미치는 영향. 한국교원대학교 대학원.
- (Translated in English) Kim, J. Y. (2018). *The Effect of Mixed Reality Programming based Motion Recognition on Task Value and Persistence of Elementary Students*. Unpublished master dissertation, Graduate School of Korea National University of Education.
- 김창복, 김 경 (2011). 증강현실기반 체험학습이 유아동화 학습의 효과 및 수업활동에 미치는 영향. *열린유아교육연구*, 16(4), 449-468.
- (Translated in English) Kim, C. B., & Kim, K. (2015). The effects of experiential learning based on Augmented reality method on the learning of storybooks and involvement in educational activities for preschool children. *The Journal of Korea Open Association for Early Childhood Education*, 16(4), 449-468.
- 노경희, 지형근, 임석현 (2010). 증강현실 콘텐츠 기반 수업이 학업성취, 학습흥미, 몰입에 미치는 효과. *한국콘텐츠학회논문지*, 10(2), 1-13.
- (Translated in English) Noh, K. H., Jee, H. K., & Lim, S. H. (2010). Effect of Augmented Reality

- Contents Based Instruction on Academic Achievement, Interest and Flow of Learning. *Journal of the Korea Contents Association*, 10(2), 1-13.
- 노정석 (2017). 가상현실기반 재활프로그램이 뇌졸중환자의 균형에 미치는 영향: 국내연구에 대한 메타분석. *대한물리치료과학회지*, 24(1), 59-68.
- (Translated in English) Roh, J. (2017). The Effect of Virtual Reality Based Rehabilitation Program on Balance of Patient with Stroke: A Meta-analysis of Studies in Korea. *Journal of Korean Physical Therapy Science*, 24(1), 59-68.
- 박정호 (2012). 디지털 교과서에서 증강현실 콘텐츠의 제공이 팀의 활동과 공유정신모형에 미치는 영향, 한양대학교 대학원.
- (Translated in English) Park, J. H. (2012). *The effects of augmented reality contents on shared mental models and team activity in digital text book*. Unpublished master dissertation, Hanyang University.
- 배재한, 노기영 (2015). 가상현실 시뮬레이션 게임의 학습효과에 대한 실험연구. *한국컴퓨터게임학회논문지*, 28(2), 103-111.
- (Translated in English) Bae, J. H., & Noh, G. Y. (2014). An experimental study of the effects of learning on driving simulation game in virtual environment. *Journal of Korean Society for Computer Game*, 28(2), 103-111.
- 소요환 (2016). 웹 3D와 가상현실 시뮬레이션 학습의 사용성 평가 비교분석. *한국콘텐츠학회논문지*, 16(10), 719-729.
- (Translated in English) So, Y. H. (2016). A Comparison Analysis of Usability Evaluation for Simulation Learning based on Web 3D and Virtual Reality. *Journal of the Korea Contents Association*, 16(10), 719-729.
- 원종서, 최성호 (2017). 증강현실기술 (AR) 콘텐츠가 사용자의 학습적 효과에 미치는 영향. *한국디지털콘텐츠학회 논문지*, 18(1), 17-23.
- (Translated in English) Won, J. S., & Choi, S. H. (2017). The Effects of AR(Augmented Reality) Contents on User's Learning: A Case Study of Car manual Using Digital Contents. *Journal of Digital Contents Society*, 18(1), 17-23.
- 이규영 (2017). 가상현실을 활용한 학습활동이 초등 영어학습자의 어휘학습 및 태도에 미치는 영향, 사이버한국외국어대학교 TESOL 대학원 석사학위논문.
- (Translated in English) Lee, G. Y. (2017). *The Effects of Virtual Reality Learning Activities on the Acquisition of Vocabulary and Attitudes of Elementary Students*. Unpublished master dissertation, Cyber Hankuk University of Foreign Studies.
- 이상운, 김갑수 (2012). 증강현실기반 도형영역 학습 객체 개발 및 적용. *정보교육학회논문지*, 16(4), 451-462.

- (Translated in English) Lee, S. Y., & Kim, K. S. (2012). A Development and Application of the Learning Objects of Geometry Based on Augmented Reality. *Journal of the Korean Association of Information Education*, 16(4), 451-462.
- 이선혜 (2010). 3D VR 아바타 채팅을 이용한 수업이 대학생의 영어 학습에 미치는 효과: 어휘인지와 영작문을 중심으로, 중앙대학교 대학원 박사학위논문.
- (Translated in English) Lee, S. (2010). *The effects of 3D VR avatar chatting on english learning by college students: focused on word recognition and writing*. Unpublished doctoral dissertation, Chung-Ang University.
- 이유광 (2018). 증강현실 기반 읽기 중재 프로그램이 지적장애 학생의 읽기 이해력 및 학습태도에 미치는 효과, 전남대학교 대학원.
- (Translated in English) Lee, Y. G. (2018). *The Effects of Augmented Reality-based Reading Intervention Program on Reading Comprehension and Learning Aptitude of Students with Intellectual Disabilities*. Unpublished master dissertation, Chonnam National University.
- 이지수, 심현애, 김경연, 이강성 (2010). 증강현실 기반 학습프로그램이 학습동기 및 학업성취도에 미치는 영향: Keller 의 동기설계 모형을 적용한 초등과학 학습프로그램의 개발 및 적용. *교육의 이론과 실천*, 15(1), 99-121.
- (Translated in English) Lee, J. S., Sim, H. A., Kim, K. Y., & Lee, K. S. (2015). Effects of reality based science Learning program on Learning motivation and achievement: Development and implementation of elementary school Level's science Learning program applied the Keller's ARCS model. *Theory and practice of Education*, 15(1), 99-121.
- 이태수 (2017). 증강현실 기반 안내된 탐구학습활동이 학습장애 학생의 과학학습에 미치는 효과, *통합교육연구*, 12(2), 251-271.
- (Translated in English) Lee, T. S. (2017). The Effects of Augmented Reality based Guiding Inquiry Intervention on Science of Students with Learning Disabilities. *The Journal of Inclusive Education*, 12(2), 251-271.
- 이태수, 류재연 (2014). 증강현실 기반 언어교육프로그램이 학습장애 학생의 언어능력 및 학습태도에 미치는 영향. *학습장애연구*, 11, 31-52.
- (Translated in English) Lee, T. S., & Ryu, J. Y. (2014). The Effects of Augment Reality Based Language Intervention Program on Language Abilities and Learning Aptitudes of Students with Learning Disabilities. *The Korea Journal of Learning Disabilities*, 11, 31-52.
- 이태수, 이동원 (2015). 증강현실 기반 중재와 개념적 의미지도가 정인지체 학생의 과학과 학습과 흥미도에 미치는 효과. *학습자중심교과교육연구*, 15(4), 421-441.
- (Translated in English) Lee, T. S., & Lee, D. W. (2015). The Effects of Augment Reality Based Intervention and Conceptual Meaning Mapping Strategy on Science Learning Abilities and Interests of

- Students with Mental Retardation. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 15(4), 421-441.
- 정연화, 이정민 (2015). 증강현실 활용 탐구학습의 효과성분석: 중등과학수업을 중심으로. *교육정보미디어연구*, 21(4), 521-542.
- (Translated in English) Chung, Y. H., & Lee, K. M. (2015). The effectiveness of inquiry learning using augmented reality in the middle school science class. *The Journal of Educational Information and Media*, 21(4), 521-542.
- 홍석영, 이숙희 (2015). 혼합형 교수매체를 활용한 자연체험학습이 유아의 창의성에 미치는 영향. *한국컴퓨터게임학회논문지*, 28(2), 215-220.
- (Translated in English) Hong, S. Y., & Lee, S. H. (2015). Effects of nature experience using instructional mixed reality on creativity of young children. *Korean Society For Computer Game*, 28(2), 215-220.
- 황성동 (2014). 알기 쉬운 메타분석의 이해. 서울: 학지사.
- (Translated in English) Hwang, S. D. (2014). *Meta-Analysis*. Seoul: Hakjisa.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6(4), 355-385.
- Bernard, R., & Borokhovski, E. (2009). Effect size calculation for meta-analysis. Presented at *the 2009 Campbell Colloquium in Oslo*, May 12, 2009.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P., & Rothstein, H. R. (2011). *Introduction to meta-analysis*. John Wiley & Sons.
- Bronack, S. C. (2011). The Role of Immersive Media in Online Education. *The Journal of Continuing Higher Education*, 59(2), 113-117.
- Brooks, F. P. (1999). What's real about virtual reality?. *IEEE Computer graphics and applications*, 19(6), 16-27.
- Chang, C. W., Lee, J. H., Wang, C. Y., & Chen, G. D. (2010). Improving the authentic learning experience by integrating robots into the mixed-reality environment. *Computers & Education*, 55(4), 1572-1578.
- Cohen, J. (1962). The statistical power of abnormal-social psychological research: a review. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, 65(3), 145.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Cooper, H. (2015). *Research synthesis and meta-analysis: A step-by-step approach* (Vol. 2). Sage publications.
- Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2008). Affordances and Limitations of Immersive Participatory Augmented Reality Simulations for Teaching and Learning. *Journal of Science Education and Technology*, 18(1), 7-22.
- Easterbrook, P. J., Gopalan, R., Berlin, J. A., & Matthews, D. R. (1991). Publication bias in clinical

- research. *The Lancet*, 337(8746), 867-872.
- Hedges, L. V. Olkin, I. (1985). *Statistical methods for meta-analysis*. San Diego, CA: Academic Press.
- Joy, S., & Kolb, D. A. (2009). Are there cultural differences in learning style? *International Journal of intercultural relations*, 33(1), 69-85.
- Lindgren, R., Tscholl, M., Wang, S., & Johnson, E. (2016). Enhancing learning and engagement through embodied interaction within a mixed reality simulation. *Computers & Education*, 95, 174-187.
- McAuley, L., Tugwell, P., & Moher, D. (2000). Does the inclusion of grey literature influence estimates of intervention effectiveness reported in meta-analyses?. *The Lancet*, 356(9237), 1228-1231.
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29-40.
- Pan, Z., Cheok, A. D., Yang, H., Zhu, J., & Shi, J. (2006). Virtual reality and mixed reality for virtual learning environments. *Computers & Graphics*, 30(1), 20-28.
- Peleg-Adler, R., Lanir, J., & Korman, M. (2018). The effects of aging on the use of handheld augmented reality in a route planning task. *Computers in Human Behavior*, 81, 52-62.
- Piskorz, J., & Czub, M. (2018). Effectiveness of a virtual reality intervention to minimize pediatric stress and pain intensity during venipuncture. *Journal for Specialists in Pediatric Nursing*, 23(1), e12201.
- Pribeanu, C., Balog, A., & Iordache, D. D. (2017). Measuring the perceived quality of an AR-based learning application: a multidimensional model. *Interactive Learning Environments*, 25(4), 482-495.
- Radu, I. (2014). Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1533-1543.
- Raptis, G. E., Fidas, C., & Avouris, N. (2018). Effects of mixed-reality on players' behaviour and immersion in a cultural tourism game: A cognitive processing perspective. *International Journal of Human-Computer Studies*, 114, 69-79.
- Rickel, J. (2001). Intelligent Virtual Agents for Education and Training: Opportunities and Challenges. Lecture Notes in *Computer Science*, 2190, 15-22.
- Rothstein, H. R., Sutton, A. J., & Borenstein, M. (Eds.). (2006). *Publication bias in meta-analysis: Prevention, assessment and adjustments*. John Wiley & Sons.
- Tekedere, H., & Göke, H. (2016). Examining the Effectiveness of Augmented Reality Applications in Education: A Meta-Analysis. *International Journal of Environmental and Science Education*, 11(16), 9469-9481.

분석대상논문

김경현 (2009a). 증강현실 콘텐츠 활용수업의 효과성 분석-초등학교 영어과목을 중심으로. 정보교

- 육학회논문지, 13(3), 359-370.
- (Translated in English) Kim, K.H. (2009a). The Analysis on Effects of Applying the Contents of Augmented Reality - Focused on the English Class in Elementary -. *Journal of the Korean Association of Information Education*, 13(3), 359-370.
- 김경현 (2009b). 초등학교 과학수업에서 AR 콘텐츠 활용이 학습 활동에 미치는 효과. *컴퓨터교육학회논문지*, 12(5), 75-85.
- (Translated in English) Kim, K. H. (2009b). The Effects of Learning Activities on the Application of Augmented Reality Contents in Elementary Science Instruction. *The Journal of Korean Association of Computer Education*, 12(5), 75-85.
- 김성연 (2010). 가상현실 활용 네트워크 기반 영어 교수. 학습의 효과에 관한 연구. *영어교육연구*, 22, 53-74.
- (Translated in English) Kim, S. Y. (2015). The effects of virtual reality based CMC on English language learning. *English Language Teaching*, 22(4), 53-74.
- 김유리 (2018). VR 콘텐츠를 활용한 초등 음악 수업의 효과성. 대구교육대학교 교육대학원.
- (Translated in English) Kim, Y. L. (2018). *The Effect of VR Content on Elementary School Music Class*. Unpublished master dissertation, Daegu National University of Education.
- 김정수, 이태수 (2018). 증강현실 기반 과학과 STEAM 프로그램이 지적장애 학생의 과학과 학습 동기 및 학습 몰입도에 미치는 효과. *학습자중심교과교육연구*, 18, 199-218.
- (Translated in English) Kim, J. S., & Lee, T. S. (2018). A Study of the Application of Science Education STEAM Program based on Augment Reality for Students with Intellectual Disability. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 18, 199-218.
- 김지윤 (2018). 동작 인식 기반 혼합현실 프로그래밍 교육이 초등학생의 과제 가치와 학습지속의향에 미치는 영향. 한국교원대학교 대학원.
- (Translated in English) Kim, J. Y. (2018). *The Effect of Mixed Reality Programming based Motion Recognition on Task Value and Persistence of Elementary Students*. Unpublished master dissertation, Graduate School of Korea National University of Education.
- 김창복, 김 경 (2011). 증강현실기반 체험학습이 유아동화 학습의 효과 및 수업활동에 미치는 영향. *열린유아교육연구*, 16(4), 449-468.
- (Translated in English) Kim, C. B., & Kim, K. (2015). The effects of experiential learning based on Augmented reality method on the learning of storybooks and involvement in educational activities for preschool children. *The Journal of Korea Open Association for Early Childhood Education*, 16(4), 449-468.
- 노경희, 지형근, 임석현 (2010). 증강현실 콘텐츠 기반 수업이 학업성취, 학습흥미, 몰입에 미치는 효과. *한국콘텐츠학회논문지*, 10(2), 1-13.

- (Translated in English) Noh, K. H., Jee, H. K., & Lim, S. H. (2010). Effect of Augmented Reality Contents Based Instruction on Academic Achievement, Interest and Flow of Learning. *Journal of the Korea Contents Association*, 10(2), 1-13.
- 박정호 (2012). 디지털 교과서에서 증강현실 콘텐츠의 제공이 팀의 활동과 공유정신모형에 미치는 영향, 한양대학교 대학원.
- (Translated in English) Park, J. H. (2012). *The effects of augmented reality contents on shared mental models and team activity in digital text book*. Unpublished master dissertation, Hanyang University.
- 배재환, 노기영 (2015). 가상현실 시뮬레이션 게임의 학습효과에 대한 실험연구. *한국컴퓨터게임 학회논문지*, 28(2), 103-111.
- (Translated in English) Bae, J. H., & Noh, G. Y. (2014). An experimental study of the effects of learning on driving simulation game in virtual environment. *Journal of Korean Society for Computer Game*, 28(2), 103-111.
- 성유정 (2013). 증강현실을 적용한 수업이 초등학생들의 개념이해와 흥미도에 미치는 영향, 한양대학교 교육대학원.
- (Translated in English) Sung, Y. J. (2013). *The effect of Augmented Reality Based Instruction on Concept Learning and the Level of Interests for Elementary Students*. Unpublished master dissertation, Hanyang University.
- 소요환 (2016). 웹 3D와 가상현실 시뮬레이션 학습의 사용성 평가 비교분석. *한국콘텐츠학회논문지*, 16(10), 719-729.
- (Translated in English) So, Y. H. (2016). A Comparison Analysis of Usability Evaluation for Simulation Learning based on Web 3D and Virtual Reality. *Journal of the Korea Contents Association*, 16(10), 719-729.
- 신인수 (2014). 가상현실을 활용한 목적기반시나리오(GBS)에서 아동의 도해력과 흥미의 효과, 한국교원대학교 교육대학원 석사학위논문.
- (Translated in English) Shin, I. S. (2014). *The Effect of Goal-based Scenarios Using Virtual Reality on Graphicacy and Interests of the Students*. Unpublished master dissertation, Korea National University of Education.
- 여선민 (2009). 증강현실 기반 콘텐츠 활용 수업의 효과성 분석, 원광대학교 교육대학원.
- (Translated in English) Yeo, S. M. (2009). *An Effect Analysis of Instruction Using Contents Based on Augmented Reality*. Unpublished master dissertation, Wonkwang University.
- 원종서, 최성호. (2017). 증강현실기술 (AR) 콘텐츠가 사용자의 학습적 효과에 미치는 영향. *한국디지털콘텐츠학회 논문지*, 18(1), 17-23.
- (Translated in English) Won, J. S., & Choi, S. H. (2017). The Effects of AR(Augmented Reality) Contents

- on User's Learning : A Case Study of Car manual Using Digital Contents. *Journal of Digital Contents Society*, 18(1), 17-23.
- 이규영 (2017). 가상현실을 활용한 학습활동이 초등 영어학습자의 어휘학습 및 태도에 미치는 영향, 사이버한국외국어대학교 TESOL 대학원 석사학위논문.
- (Translated in English) Lee, G. Y. (2017). *The Effects of Virtual Reality Learning Activities on the Acquisition of Vocabulary and Attitudes of Elementary Students*. Unpublished master dissertation, Cyber Hankuk University of Foreign Studies.
- 이기호 (2016). 증강현실 기반 e-Learning(AREL) 실습교육 프레임워크 구축 및 효과, 홍익대학교 대학원.
- (Translated in English) Lee, K. H. (2016). *Effects on AREL(AR based e-Learning) for PBE(Practice-based education) framework design*. Unpublished doctoral dissertation, Hongik University.
- 이동연 (2018). 가상현실(Virtual reality) 기기를 활용한 배트 스윙 훈련의 스윙 정확도 학습효과 비교. 서울대학교 대학원.
- (Translated in English) Lee, D. Y. (2018). *Comparison of learning effects using Virtual Reality(VR) in bat swing training*. Unpublished master dissertation, The Graduate School Seoul National University.
- 이상윤, 김갑수 (2012). 증강현실기반 도형영역 학습 객체 개발 및 적용. 정보교육학회논문지, 16(4), 451-462.
- (Translated in English) Lee, S. Y., & Kim, K. S. (2012). A Development and Application of the Learning Objects of Geometry Based on Augmented Reality. *Journal of the Korean Association of Information Education*, 16(4), 451-462.
- 이선혜 (2010). 3D VR 아바타 채팅을 이용한 수업이 대학생의 영어 학습에 미치는 효과 : 어휘인지와 영작문을 중심으로, 중앙대학교 대학원 박사학위논문.
- (Translated in English) Lee, S. (2010). *The effects of 3D VR avatar chatting on english learning by college students : focused on word recognition and writing*. Unpublished doctoral dissertation, Chung-Ang University.
- 이수현 (2018). 가상현실을 활용한 영어 말하기 수업이 학습자의 말하기 능력과 정의적 영역에 미치는 영향. 사이버한국외국어대학교 TESOL대학원.
- (Translated in English) Lee, S. H. (2018). *The Effects of Virtual Reality Apps on Speaking Proficiency and the Affective Domain of Elementary School Students*. Unpublished master dissertation, Graduate School of TESOL.
- 이유광 (2018). 증강현실 기반 읽기 중재 프로그램이 지적장애 학생의 읽기 이해력 및 학습태도에 미치는 효과, 전남대학교 대학원.
- (Translated in English) Lee, Y. G. (2018). *The Effects of Augmented Reality-based Reading Intervention Program*

- on Reading Comprehension and Learning Aptitude of Students with Intellectual Disabilities*. Unpublished master dissertation, Chonnam National University.
- 이지수, 심현애, 김경연, 이강성 (2010). 증강현실 기반 학습프로그램이 학습동기 및 학업성취도에 미치는 영향: Keller 의 동기설계 모형을 적용한 초등과학 학습프로그램의 개발 및 적용. *교육의 이론과 실천*, 15(1), 99-121.
- (Translated in English) Lee, J. S., Sim, H. A., Kim, K. Y., & Lee, K. S. (2015). Effects of reality based science Learning program on Learning motivation and achievement: Development and implementation of elementary school Level`s science Learning program applied the Keller`s ARCS model. *Theory and practice of Education*, 15(1), 99-121.
- 이태수 (2017). 증강현실 기반 안내된 탐구학습활동이 학습장애 학생의 과학학습에 미치는 효과, *통합교육연구*, 12(2), 251-271.
- (Translated in English) Lee, T. S. (2017). The Effects of Augmented Reality based Guiding Inquiry Intervention on Science of Students with Learning Disabilities. *The Journal of Inclusive Education*, 12(2), 251-271.
- 이태수, 류재연 (2014). 증강현실 기반 언어교육프로그램이 학습장애 학생의 언어능력 및 학습태도에 미치는 영향. *학습장애연구*, 11, 31-52.
- (Translated in English) Lee, T. S., & Ryu, J. Y. (2014). The Effects of Augment Reality Based Language Intervention Program on Language Abilities and Learning Aptitudes of Students with Learning Disabilities. *The Korea Journal of Learning Disabilities*, 11, 31-52.
- 이태수, 이동원 (2015). 증강현실 기반 중재와 개념적 의미지도가 정인지체 학생의 과학과 학습과 흥미도에 미치는 효과. *학습자중심교과교육연구*, 15(4), 421-441.
- (Translated in English) Lee, T. S., & Lee, D. W. (2015). The Effects of Augment Reality Based Intervention and Conceptual Meaning Mapping Strategy on Science Learning Abilities and Interests of Students with Mental Retardation. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 15(4), 421-441.
- 이희준, 차상안, 권해나 (2016). 증강현실을 활용한 IT 교육 콘텐츠가 성인 학습자의 학업 성취와 학습 흥미 및 몰입에 미치는 영향. *한국콘텐츠학회논문지*, 16(1), 424-437.
- (Translated in English) Lee, H., Cha, S. A., & Kwon, H. N. (2016). Study on the Effect of Augmented Reality Contents-Based Instruction for Adult Learners on Academic Achievement, Interest and Flow. *Journal of the Korea Contents Association*, 16(1), 424-437.
- 정연화, 이정민 (2015). 증강현실 활용 탐구학습의 효과성분석: 중등과학수업을 중심으로. *교육정보미디어연구*, 21(4), 521-542.
- (Translated in English) Chung, Y. H., & Lee, K. M. (2015). The effectiveness of inquiry learning using augmented reality in the middle school science class. *The Journal of Educational Information and Media*,

21(4), 521-542.

정연화 (2016). 증강현실 활용 탐구학습이 중학생의 과학탐구능력, 과학적 태도, 학습 몰입에 미치는 효과, 이화여자대학교 대학원.

(Translated in English) Chung, Y. (2016). *The effect of inquiry learning using Augmented Reality on science process skills, scientific attitudes and learning flow in middle school students*. Unpublished master dissertation, Ewha Womans University.

조준범 (2014). 초등학교 4학년 학생들의 지층 관련 증강현실 수업이 성취도와 과학 관련 태도에 미치는 효과, 한국교원대학교 교육대학원.

(Translated in English) Jo, J. B. (2014). *Effects of augmented-reality instruction about strata on the study achievement and science-related attitude of the fourth grade students*. Unpublished master dissertation, Korea National University of Education.

탁정숙 (2018). 가상현실 제작 플랫폼 활용 창의융합수업이 창의적 문제해결력, 21세기 학습자 역량 및 사회과 학습흥미에 미치는 영향, 아주대학교 대학원 석사학위논문.

(Translated in English) Tark, J. S. (2018). *The Effects of Creativity Convergence Program utilizing Virtual Reality Creation Platform on Creative Problem Solving Ability, 21st Century Skills and Learning Interest about Social Subject*. Unpublished master dissertation, Ajou University.

하기량 (2018). 실감형 콘텐츠를 활용한 영어 수업이 초등 학습자의 정의적 영역과 어휘 능력에 미치는 영향. 사이버한국외국어대학교 TESOL대학원.

(Translated in English) Ha, K. R. (2018). *The Effects of the Affective Domains and the Acquisition of Vocabulary of Elementary Students Using Tangible-Type Contents*. Unpublished master dissertation, Graduate School of TESOL.

홍석영, 이숙희 (2015). 혼합형 교수매체를 활용한 자연체험학습이 유아의 창의성에 미치는 영향. 한국컴퓨터게임학회논문지, 28(2), 215-220.

(Translated in English) Hong, S. Y., & Lee, S. H. (2015). Effects of nature experience using instructional mixed reality on creativity of young children. *Korean Society For Computer Game*, 28(2), 215-220.

〈요 약〉

VR, AR, MR 기반 학습의 효과에 관한 메타분석

유 명 현 (한양대학교)

김 재 현 (한양대학교)

구 요 한 (한양대학교)

송 지 훈 (한양대학교)

본 연구는 국내에서 실시된 가상현실(VR), 증강현실(AR), 혼합현실(MR) 기반 학습의 효과를 메타분석을 통해 종합적이고 체계적으로 정리하는 데 그 목적이 있다. 연구를 통해 2008년에서 2018년까지 국내에서 수행된 관련 연구 33편을 선정하고 효과 크기를 산출하였다. 분석을 통하여 VR, AR, MR 기반 학습의 학습 성과에 대한 전체 효과 크기, VR기반 학습, AR 기반 학습, MR 기반 학습 별 개별 효과 크기, 조절변인(교육효과 분류, 교육과정 형태, 학습 대상자 연령, 학습 집단 규모, 실험 설계유형)에 따른 효과 크기를 산출하였다. 연구 결과는 VR, AR, MR 기반 학습의 학습 성과에 대한 전체 효과 크기는 .873으로 나타났으며 효과 크기가 크다고 해석될 수 있다. VR, AR, MR 기반 학습의 개별 효과 크기는 VR 기반 학습의 경우 .743, AR 기반 학습의 경우 0.994로 나타났으며, MR 기반 학습의 경우 95% 신뢰구간[-0.214, 0.838]에 0을 포함하므로 통계적으로 유의하지 않았다. 결론적으로 본 연구는 메타분석을 통해서 VR, AR, MR 기반 학습은 학습 성과를 높이는 데 기여함을 확인하였다. 또한 선행 연구들의 종합적 결과를 통해서 향후 VR, AR, MR 기반 학습의 수업 설계와 운영을 위한 근거기반 실천(evidence based practice) 및 전략으로 활용이 가능할 것이다. VR, AR, MR 기반 학습의 보다 효율적인 활용을 위하여 학습 환경 및 교육과정과 관련한 정책적인 논의가 추가적으로 이루어질 필요가 있으며 AR과 MR의 기술적 발달과 함께 그에 따른 적용에 대한 연구가 더 활발히 이루어져야 할 것이다.

주제어 : VR 기반 학습, AR 기반 학습, MR 기반 학습, 메타분석