

대학교육에서 VR, AR, MR기술 적용의 학습효과에 대한 메타분석

박혜영^{1*} · 주정훈²^{1*}군산대학교 미래교육혁신원 조교수²군산대학교 신소재공학과 교수

Meta-Analysis of the Learning Effects of VR, AR, and MR Technology in University Education

Hye-Young Park^{1*} · Jung-Hoon Joo²^{1*}Assistant Professor, Innovation Institute for Future Education, Kunsan National University, Kunsan 54150, Korea²Professor, Department of Advanced Materials Engineering, Kunsan National University, Kunsan 54150, Korea

[요약]

본 연구의 목적은 메타분석을 통해 대학교육에서 가상현실(VR: virtual reality), 증강현실(AR: augmented reality), 혼합현실(MR: mixed reality) 기술을 적용한 연구의 학습효과를 분석하여, 대학에서 VR, AR, MR을 적용하는 연구 및 교과목 개발에 필요한 기초 자료를 제공하는데 있다. 이를 위해 국내 석·박사학위 논문 및 학술지 논문을 대상으로 PICOS에 의거하여 12편의 연구에서 얻어진 40개의 학습효과크기를 산출하였으며, STATA를 활용하여 메타분석을 실시하였다. 연구결과, VR, AR, MR을 적용한 연구는 큰 효과($SMD=1.402$)가 있는 것으로 나타나 학습효과가 검증되었다. 그러나 연구 간의 학습효과에 유의한 이질성이 있고 출판편향이 있는 것으로 확인되었다($I^2=96.8\%$). 본 연구는 대학교육에서 VR, AR, MR기술 적용이 학습효과를 향상시킴을 밝혀 대학교육에서 VR, AR, MR기술 적용의 근거를 제공한 것에 연구의 의의가 있다.

[Abstract]

This study analyzes the learning effects of studies using virtual reality (VR), augmented reality (AR), and mixed reality (MR) technologies in university education through meta-analysis and provides reference necessary for future research and subject development applying VR, AR, and MR in universities. To this end, 40 effect sizes obtained from 12 studies were calculated based on PICOS for domestic master's and doctoral dissertations and academic journals, and a meta-analysis was conducted using STATA. Research using VR, AR, and MR was found to have a significant effect ($SMD=1.402$), and the learning effect was verified. However, there was significant heterogeneity in the learning effect between studies and a publication bias ($I^2=96.8\%$). This study is meaningful in that it provides the basis for the application of VR, AR, and MR technologies in university education by revealing that the application improves the learning effect.

색인어 : 가상현실, 증강현실, 학습효과, 대학교육, 메타분석**Keyword** : Virtual Reality, Augmented Reality, Learning Effect, University Education, Meta-analysis<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2023.24.10.2409>

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 31 August 2023; Revised 15 September 2023

Accepted 18 September 2023

***Corresponding Author; Hye-Young Park**

Tel: +82-63-469-4938

E-mail: jude6089@naver.com

I. 서론

기술의 발달과 함께 산업분야에 적용되는 다양한 기술이 교육에 적용되며 교육환경은 변화하고 있다. 온라인과 오프라인 수업이 병행되며 실감형 교육콘텐츠 개발을 위해 가상현실(VR: virtual reality), 증강현실(AR: augmented reality), 혼합현실(MR: mixed reality) 기술은 교육영역에 적용되고, VR, AR, MR 기술을 활용한 교수설계 및 교수방법을 개발하고 효과성을 검증하는 연구가 이루어지고 있다.

VR이란 가상의 공간을 학습자가 현실로 인식하여 몰입하게 하는 기술을 의미한다[1]. 교육 환경에서의 VR은 교육 목적과 학습자의 요구에 기반하여 가상의 공간을 구현하기 때문에 학습자의 몰입도가 높고, 실제의 환경과 유사하게 만들어진 가상환경 속에서 학습자는 학습내용과 상호작용이 가능하다. VR의 기술은 상호작용이 가능하기 때문에 학습과 실습 및 훈련 상황에서 전통적인 지식 전달의 교수법 보다 높은 학습효과를 기대할 수 있으며, 실험 및 시뮬레이션 교육, 튜토리얼 등에서 활용할 수 있다[2].

AR은 가상으로 만들어진 컴퓨터 이미지, 음성, 영상 등의 데이터 정보를 카메라로 촬영된 현실의 이미지나 환경과 혼합하여 다양한 정보를 더하거나 증강시키는 기술이다[1]. VR이 배경과 환경 모두를 가상의 이미지를 사용하여 구현하는 반면 AR은 현실의 이미지나 배경을 기반한다는 점에서 VR과 구분된다. 학습면에서는 AR기술을 통해 게임이나 목표, 탐험 등의 활동 목표를 지원할 수 있으며, 현실 세계를 기반으로 하여 학습자에게 현실감있는 학습 환경으로의 몰입을 제공한다[1],[3]. 또한, VR과 비교해 학습 환경 및 학습 콘텐츠를 제작하는데 있어서 경제적으로 교육 환경에서 많은 응용이 가능하다.

MR은 VR과 AR에서 한 단계 더 나아가 VR과 AR이 통합된 개념으로서, 가상의 컴퓨터 그래픽을 현실의 3차원 장면에 투영하여 융합하는 기술이다. 그러나 MR은 최근에 소개된 기술로 MR을 활용한 학습 콘텐츠 개발 및 교육 효과에 대한 연구는 많이 수행되지 않았다. 이와 같이 VR, AR, MR기술 적용은 학습자의 향상된 학습 환경을 제공하는 것을 넘어서 학습자들이 동시에 학습하고 상호작용할 수 있는 생동감 있는 학습 공간 설계가 가능하다[4].

VR, AR에 관한 선행연구 학교급별로 나누어 살펴보면, VR 및 AR이 교육에 적용된 논문 중 56%가 대학교육에서 적용된 것으로 나타났다[5],[6]. 교육 효과면에서 살펴보면, 긍정적인 면에서는 VR 및 AR적용 교육콘텐츠는 몰입감이 뛰어나며 학습동기를 지속시키고[7], 물리적 시공간을 초월하여 학습경험이 가능하다고 밝히고 있다. 그러나 부정적인 면에서는 VR, AR, MR을 활용한 교수법은 블렌디드 러닝 및 PBL과 같은 학습자 중심 교수법과 비교하여 효과성이 크게 나타나지 않고[8] 학습대상자에 따라 학습효과의 차이를 보여 성인학습자에게서는 학습효과가 크지 않다는 연구[9]도 있다. 이치

럼 VR, AR, MR기술이 대학교육에 활용되는 비율은 매우 높은 실정이지만 활용분야는 간호학 및 기초의학과 실습교육에 집중되어 있고, 교육 효과면에서는 초·중등교육과 비교해 낮게 나타남으로 대학교육에서의 학습효과를 면밀히 살펴볼 필요가 있다.

이미 수행된 연구를 통합하여 살펴보는 방법으로는 메타분석(meta-analysis)이 활용되고 있다. 메타분석은 중요한 연구 문제에 대하여 독립적으로 이루어진 다양한 선행연구의 결과를 통계적으로 종합·요약하는 연구방법이다. 메타분석의 결과를 기반한 추론을 통해 일반화할 수 있는 지식을 제시할 수 있다[10]. 메타분석을 활용하여 기존의 연구 결과들을 종합함으로써 같은 연구문제를 비슷한 방법으로 분석함으로써 나타나는 연구의 비효율성을 해소하고 다른 연구문제로 연구를 확산시킴으로써 연구의 영역을 넓히고 심화시킬 수 있다[11].

이에 본 연구에서는 대학교육에 VR, AR, MR기술을 적용한 선행연구의 학습효과를 메타분석을 활용하여 체계적으로 분석함으로써 VR, AR, MR기술의 효율적 적용을 도모하고자 한다.

II. 연구방법

2-1 분석대상 논문 선정

본 연구에서는 국내에서 발행된 대학교육에서 VR, AR, MR 활용에 대한 선행연구의 메타분석을 실시하기 위해 학술연구정보서비스(RISS)와 한국학술정보(KISS)에 2023년 4월 30일까지 발행된 논문을 검색하여 수집하였다. ‘VR(virtual reality)’, ‘가상현실’과 학습, AR(augmented reality), ‘증강현실’, ‘MR(mixed reality)’, ‘혼합현실’,과 ‘학습’을 주제로 설정하여 922개의 연구를 수집하였다. 922개의 연구 중 대학교육에 적용된 연구인 104개의 연구를 분석하였다.

메타분석을 위해 PICOS에 의거하여 분석대상 논문을 선정하였으며 논문 선정 기준은 다음과 같다. 첫째, P(population)인 연구대상은 대학생으로 한 연구만을 선정하였다. 둘째, I(intervention)인 개입방법 및 프로그램은 대학의 교과에 적용한 연구만을 선정하였다. 셋째, C(comparison)인 비교집단은 VR, AR, MR을 활용하지 않거나 일반 수업을 적용하는 통제집단이 설계된 연구만을 선정하였다. 넷째, O(outcomes)인 연구결과는 자기주도학습능력, 문제해결능력, 참여도, 집중도, 학습태도 등의 수업효과를 검증하는 연구만을 선정하였다. 다섯째, S(study designs)인 연구 설계 유형은 실험집단과 통제집단을 설계하여 두 집단의 사후 결과를 평균, 표준편차, 표본크기, 통계적 유의성을 제시한 연구만을 선정하였다.

본 연구를 위해 메타분석에서 기본적으로 요구되는 연구를

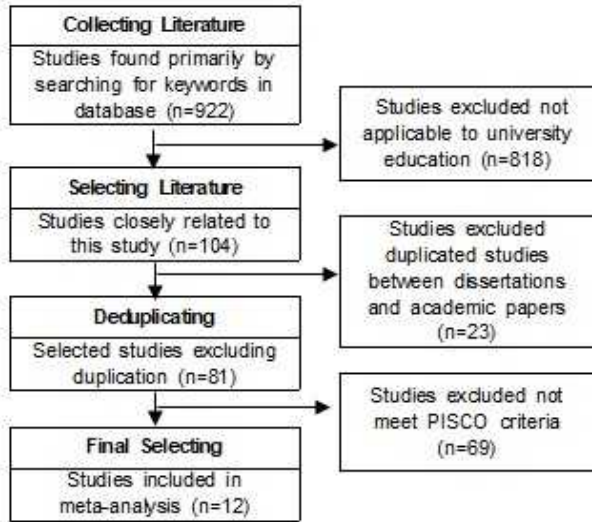


그림 1. PRISMA flowchart
Fig. 1. PRISMA flowchart

검색하고 선정하는 과정을 다이어그램으로 제시한 PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) flowchart는 그림 1과 같다.

표 1. 메타분석 대상 논문

Table 1. Studies subject to meta-analysis

Study	Type	Subject	Experimental/Control	Intervention	Dependent Variable (Learning Effect)
1 M. K. Kim and H. W. Kim(2021)	Academic paper	Nursing	69/68	VR	Understanding (knowledge), Academic self-efficacy, Learning commitment, (education) Satisfaction, Academic achievement
2 S. M. Kim(2022)	Academic paper	Nursing	47/48	AR	Academic achievement, Problem-solving ability, Self-directed learning ability
3 S. M. Kim and S. H. Park(2022)	Academic paper	Nursing	47/47	AR	Academic achievement, Problem-solving ability, Self-directed learning ability
4 S. M. Kim and J. M. Park(2022)	Academic paper	Nursing	48/46	AR	Academic achievement, Problem-solving ability, Self-directed learning ability
5 Y. H. So(2016)	Academic paper	Life Science	38/37	VR	Performance Ability, Exploration, Satisfaction
6 J. A. Son and M. H. Choi(2022)	Academic paper	Nursing	63/30	VR	Comprehension, Performance ability, Critical thinking, Satisfaction, Academic achievement
7 K. H. Lee(2016)	Dissertation	Art	25/21/22/17	AR	(learning) Interest, Flow, Satisfaction
8 M. Y. Lee(2020)	Academic paper	Basic medicine	15/15/15	VR	Understanding, Interest, Concentration, Satisfaction
9 S. H. Lee(2010)	Dissertation	English	20/20	VR	Academic achievement
10 A.. R. Jeong, U. J. Keon and J. Y. Seo(2022)	Academic paper	Nursing	60/57	VR	Flow, Performance confidence, Performance ability
11 J. H. Jeong, S. J. Seo, Y. J. Han and H. S. Jeong(2020)	Academic paper	English	20/20	VR	Language anxiety, Presence, Academic achievement
12 Y. O. Ha, S. J. Keon, J. E. Kim and J. H. Song(2022)	Academic paper	Nursing	35/35	VR	Performance confidence, Performance ability, Academic self-efficacy, (practice) Satisfaction

III. 연구결과

3-1 대학교육에서 VR, AR, MR를 활용한 연구의 학습효과

본 연구에서 선정한 12편의 연구에서 얻어진 학습효과는 40 개였으며 평균효과크기(Standard Mean Difference)는 STATA를 이용하여 산출하였다. 결과는 표 2와 그림 2와 같다.

표 2에 나타난 바와 같이 대학교육에서 VR, AR, MR을 활용한 연구들에 대한 전체 평균효과크기(SMD)는 1.402이며 95% 신뢰구간에서 0.778에서 0.934까지로 나타났다. Hedges의 교정된 효과크기에 따라 SMD ≥.80으로 큰 효과 크기를 가지는 것으로 나타났다[12],[13]. 또한, 전체 평균 효과크기의 이질성에 대한 검증 결과, I^2 의 값이 96.8% ($Q=1226.09, p=0.000$)로 이질성이 큰 것으로 나타났다[12].

표 2. VR, AR, MR을 활용한 연구의 전체 학습효과크기

Table 2. Overall learning effect size of studies using VR, AR, and MR

N	SMD	95%CI	df	Q	p	I^2
40	1.402	0.778 0.934	39	1226.09	0.000	96.8

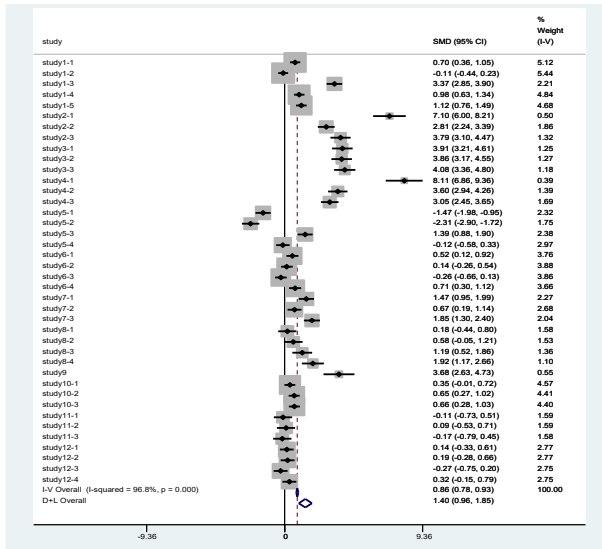


그림 2. 포레스트 플롯(숲 그림)
Fig. 2. Forest plot

그림 2는 대학교육에서 VR, AR, MR을 활용한 전체 연구의 개별 평균효과크기 및 전체 평균효과크기를 시각적으로 보여주는 Forest plot이다. Forest plot의 세로실선은 SMD= 0, 세로점선은 본 연구의 전체 평균효과크기인 SMD를 나타낸다. 회색 박스의 크기는 각 효과의 크기를 나타내며 가로선은 신뢰구간을 나타낸다. 그림 2에 따르면 개별연구의 효과의 크기가 본 연구의 전체 평균효과크기인 SMD=1.402를 기준으로 좌우로 배치되어 개별연구 간 효과의 크기와 신뢰구간에 차이가 있음을 시각적으로 알 수 있다.

3-2 학습효과와 이질성 분석

본 연구의 전체 평균효과크기 분석결과 VR, AR, MR을 활용한 연구의 결과 간 이질성이 있음이 확인되어 전체 평균효과크기에 영향을 주는 변수를 검증하기 위해 하위 학습효과에 따른 메타-ANOVA와 출판편향분석을 실시하였다.

1) 하위 학습효과별 평균효과크기 분석

40개의 학습효과는 15개의 하위 학습효과로 분류되었으나 1개만 나타난 비판적사고능력, 언어불안감, 집중도, 탐색, 현존감은 기타로 통합하여 11개의 하위 학습효과로 분류하였다. 학습성취도, 자기주도적학습능력, 문제해결능력, 흥미도는 큰 효과(SMD≥.80)를, 이해도와 수행자신감은 중간 정도의 효과(.20≤SMD<.80)를 가진 것으로 나타났다. 하위 학습효과 간 효과 차이를 분석하기 위하여 분산분석을 실시하였고 하위 학습효과 간 효과의 크기는 통계적으로 유의한 차이(Q=28.30, p=.002)가 있는 것으로 나타났다.

표 3. VR, AR, MR을 활용한 연구의 전체 학습효과크기
Table 3. Overall learning effect size of studies using VR, AR, and MR

	N	SMD	95%CI	df	Q	p
1	3	0.552	0.299 0.806	10	28.30	0.002
2	2	-0.005	-0.282 0.272			
3	3	1.457	-0.303 3.217			
4	6	1.153	0.694 1.612			
5	7	3.352	1.519 5.186			
6	3	3.401	2.761 4.042			
7	3	3.613	2.998 4.229			
8	5	-0.223	-1.06 0.614			
9	2	1.044	0.177 1.912			
10	2	0.415	-0.077 0.906			
11	5	-0.339	-1.346 0.669			

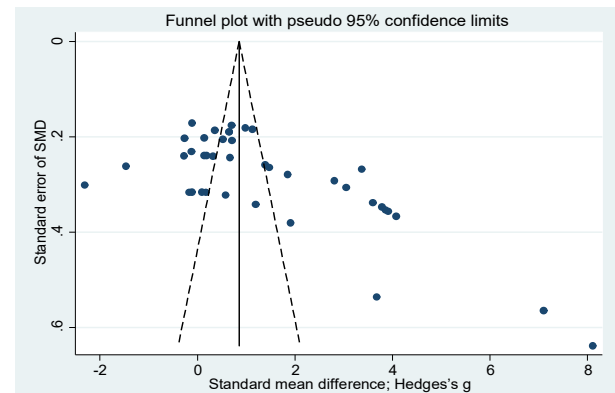


그림 3. 퍼널 플롯(깔대기 그림)
Fig. 3. Funnel plot

2) 출판편향 분석

출판편향은 출판된 연구물에서 발생하는 편향의 유형이다. 즉 긍정적이고 통계적으로 유의미한 결과를 도출한 연구가 출판되는 경향이 있다는 것이다[12]. 본 연구의 대상인 학습효과의 평균효과크기의 전반적인 분포를 살펴보기 위해 X축을 평균효과크기, Y축을 표준오차로 하는 Funnel plot 분석을 실시하였다. 효과크기의 분포들이 좌우대칭을 이루지 않고 몇몇 연구는 우측으로 크게 치우친 것이 나타남으로 일부 출판편향이 존재하는 것으로 보인다.

IV. 결론

본 연구는 메타분석을 통해 VR, AR, MR 기술을 적용한 연구의 학습 효과를 분석하고, 추후 대학교육에서 VR, AR, MR을 활용하는 연구에 기초자료를 제공하는 것을 목적으로

한다. 본 연구에서 도출된 결과를 중심으로 논의를 제시하면 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서 선정된 12편의 연구, 40개의 효과의 평균효과크기는 1.402로 나타나 Cohen의 기준에 따라 큰 효과가 있는 것으로 검증되었다. 이는 초·중·고등학생에 비해 성인학습자의 학습효과가 작다는 연구[9]와는 다른 결과를 보임으로써 대학교육에서 VR, AR, MR를 적용하는 것은 학습효과를 향상시키는 교수설계임을 확인시켰다.

둘째, 각 연구의 효과에 큰 이질성이 있음이 확인되었다 ($I^2 = 96.8\%$). 이는 정적효과와 부적효과를 가진 연구가 공존하는 선행연구 분석과 맥락을 같이 한다. 이질성을 원인을 파악하기 위해 분산분석과 출판편향분석을 실시한 결과, 학습효과 간 통계적으로 유의한 차이가 있으며 정적인 효과를 나타내는 연구의 분포가 큰 출판편향이 있는 것으로 나타났다.

본 연구는 대학교육에 VR, AR, MR기술을 활용하는데 기초자료를 제공하기 위해 진행되었으나 대학교육에 VR, AR, MR기술이 적용된 연구는 많으나 학습효과를 검증하는 논문은 부족하여 메타분석의 대상으로 선정된 연구는 단지 12편에 불과하다. 그러나 대학교육에서 VR, AR, MR기술의 적용이 학습효과를 향상시킨다는 결과를 밝힘으로 기술의 적용에 중요한 근거를 제공하고 학습효과를 도출하는 교수설계에 도움을 주는 것으로 연구의 의의가 있다. 반면에 학습효과에 대한 이질성의 원인을 수집된 연구의 독립변인에서 파악하지 못한 한계점이 있다. 이에 이질성의 원인을 명확히 파악하기 위해 평균효과크기에 영향을 주는 연구대상, 투입기간, 적용교과 등과 같은 변인을 도출하여 추가 분석하는 것을 후속연구로 제안한다.

참고문헌

[1] M. H. Yoo, J. H. Kim, Y. H. Koo, and J. H. Song, "A Meta-analysis on Effects of VR, AR, MR-based Learning in Korea," *The Journal of Educational Information and Media*, Vol. 24, No. 3, pp. 459-488, September 2018. <http://dx.doi.org/10.15833/KAFEIAM.24.3.459>

[2] J. Rickel, "Intelligent Virtual Agents for Education and Training: Opportunities and Challenges," *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 15-22. August 2001. https://doi.org/10.1007/3-540-44812-8_2

[3] S. C. Bronack, "The Role of Immersive Media in Online Education," *The Journal of Continuing Higher Education*, Vol. 59, No. 2, pp. 113-117. <https://doi.org/10.1080/07377363.2011.583186>

[4] M. Dunleavy, C. Dede, and R. Mitchell, "Affordances and Limitations of Immersive Participatory Augmented Reality Simulations for Teaching and Learning," *Journal of Science Education and Technology*, Vol. 18, No. 7, pp. 47-22, 2009.

<https://doi.org/10.1007/s10956-008-9119-1>

[5] H. R. Park and E. N. Sohn, "Korean Research Trends on the Educational Effects of Media Based on Virtual Reality and Augmented Reality Technology," *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, Vol. 20, No. 5, pp. 725-741, March 2020. <https://doi.org/10.22251/jlcci.2020.20.5.725>

[6] B. R. Cho, "Domestic University Virtual Reality(VR) Utilization Education Research Trend," *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, Vol. 23, No. 9, pp. 47-57, May 2023. <https://doi.org/10.22251/jlcci.2023.23.9.47>

[7] B. R. Cho, "Content Analysis of the Teaching Support Program of the Teaching and Learning Center and Direction of the Teaching Support Platform," *Journal of Digital Convergence*, Vol. 18, No. 10, pp. 1-12, October 2020. <https://doi.org/10.14400/JDC.2020.18.10.001>

[8] K. H. Lee, Effects on AREL(AR Based e-Learning) for PBE (Practice-based Education) Framework Design, Ph.D. Dissertation, The Graduate School of Hongik University, Seoul, 2016.

[9] T. H. Kim and J. W. Ko, "The Effects of Immersive Virtual Reality Learning on Middle School Students' Learning Outcomes," *The Journal of Educational Information and Media*, Vol. 25, No. 1, pp. 99-12, March 2019. <http://dx.doi.org/10.15833/KAFEIAM.25.1.099>

[10] S. S. Oh, "A Repletion Approach for the Traditional Meta Analysis," *The Journal of Curriculum & Evaluation*, Vol. 6, No. 2, pp. 107-123, December 2003.

[11] I. S. Song, "The Meta-analysis about the Relationship of Creativity, and Academic Achievement," *The Journal of the Korean Society for Gifted and Talented*, Vol. 2, No. 2, pp. 5-28, May 2003.

[12] S. D. Hwang, *Understanding Meta-analysis*, Seoul: Hakgisa, 2014.

[13] J. Cohen, *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*, 2nd ed. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 2013.



박혜영 (Hye-Young Park)

2004년 : Saint Michael's College,
USA (MATESL)
2017년 : 순천향대학교 교육심리전공
(교육학박사)

2017년 4월~2019년 2월: 순천향대학교 교육성과관리센터 전
임연구원

2019년 3월~2020년 2월: 건양대학교 교수학습센터 초빙교수

2020년 3월~2022년 6월: 호서대학교 교수학습센터 조교수

2022년 7월~현 재: 국립군산대학교 미래교육혁신원 조교수

※관심분야 : 교육심리, 교수학습, 교육효과



주정훈 (Jung Hoon Joo)

1990년 : 서울대학교 대학원 금속공학과
(공학박사)

1990년~1991년: 한국과학기술연구원 Post-doc

1991년~1992년: 금성일렉트론 반도체 연구소 선임연구원

1992년~현 재: 국립군산대학교 신소재공학과 교수

2005년~2006년: IBM T.J.Watson Research Center, New
York, U.S.A visiting professor

2012년~2013년: 서울대학교 공과대학 재료공학부 객원교수

※관심분야 : 반도체 장비 설계, VR을 이용한 가상화