

국내 캡스톤 디자인 교육의 학습효과에 관한 메타분석

Effects of Capstone Design Education in Korea: A meta-analysis

허미선, 이정민
이화여자대학교 교육공학과

Mi-Seon Huh(dnwjd792@ewhain.net), Jeongmin Lee(jeongmin@ewha.ac.kr)

요약

본 연구는 국내 캡스톤 디자인 교육이 학업성과에 미치는 효과를 종합적으로 분석·평가하여 캡스톤 디자인 수업이 효과적으로 이루어지기 위한 설계 및 실행방향을 제안하는 데 목적이 있다. 이를 위해 2020년 9월까지 국내에서 발표된 캡스톤 디자인 수업 효과 관련 학술지 및 학위논문 중 기준에 부합하는 총 21편의 연구를 선정하고 83건의 효과크기를 토대로 메타분석을 진행한 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 캡스톤 디자인 교육의 학업성과에 대한 전체 효과크기는 0.96으로 큰 효과크기로 나타났다. 둘째, 학업성과 영역별 효과크기 분석 결과 인지적, 정의적, 사회적 영역 모두에서 효과가 유의하게 나타났으며, 효과크기는 정의적·인지적·사회적 영역 순으로 나타났다. 셋째, 학업성과 변인별 효과크기에서 직업기초능력은 큰 효과크기, 창의성은 중간 효과크기로 나타났다. 넷째, 캡스톤 디자인의 학습효과는 교과목, 학년, 산업체 협력유무, 수업유형, 팀원 수에 영향을 받는 것으로 나타났다. 본 연구는 이러한 연구 결과를 바탕으로 향후 국내 캡스톤 디자인 교육의 효과를 높이기 위한 교수설계적 시사점을 제안하였다.

■ 중심어 : | 캡스톤 디자인 | 캡스톤 디자인 교육 | 메타분석 | 효과크기 | 학업성과 |

Abstract

The purpose of this study was to comprehensively examine the effect of capstone design education on learning outcomes and propose directions for effective design and implementation of capstone design classes. For achieving this, a 21 studies meeting the standards among the academic journals and thesis published in Korea by September 2020 were selected, and based on 83 effect sizes, the meta analyses were carried out. The results of this study were as follows: First, the total effect size of capstone design education was 0.96, which is a large effect size. Second, the effect size was large in order of affective, cognitive, and social areas. Third, the effect size of vocational basic ability showed a large effect size while creativity showed a medium-sized one. Fourth, the effect size showed highest for design subject, the grade in the third or fourth, there was help from industrial corporation, theory and practice. Based on these results, this study proposed instructional design implications in order to increase the learning effects of capstone design in Korea.

■ keyword : | Capstone Design | Capstone Design Education | Meta-analysis | Effect Size | Learning Outcomes |

I. 서론

4차 산업혁명으로 인해 지식에 대한 패러다임이 변화

하면서 미래사회에 요구되는 역량과 교육의 방향이 변화하고 있다. Trilling과 Fadel[1]은 21세기 핵심역량으로 창의력, 의사소통능력, 협업능력, 비판적 사고력

접수일자 : 2020년 12월 14일
수정일자 : 2021년 01월 21일

심사완료일 : 2021년 01월 22일
교신저자 : 이정민, e-mail : jeongmin@ewha.ac.kr

등을 제시하였으며, 교육부[2]는 미래사회가 요구하는 역량을 기반으로 새로운 지식을 창조하고 다양한 지식을 융합하여 새로운 가치를 창출할 수 있는 창의융합형 인재 양성을 위해 교육적 변화를 시도하고 있다. 많은 대학들은 창의융합역량, 글로벌역량, 의사소통역량 등을 핵심역량으로 강조하고 있으며[3]. 이러한 역량을 구현하기 위해 역량기반 교육과정을 운영하고 있다. 구체적으로 학습자 중심의 교육과정을 운영하여 학습자 본인에게 필요한 역량을 기를 수 있도록 하고, 학제 간 융·복합 교육과정 운영 및 지식 활용 중심의 교육을 통해 실세계에 복잡한 문제를 다양한 관점에서 해결할 기회를 제공하며, 기업과 지역사회의 요구를 수용하여 직업역량 및 평생교육에 필요한 역량을 키울 수 있도록 하고 있다. 또한 교육부는 2012년부터 산학협력 선도 대학 육성사업을 시행하여, 산업체와의 연계 교육과정 운영을 통해 산업체가 요구하는 인력을 양성하여 취업역량을 강화하는 것을 목표로 하고 있다. 이를 위해 대학 현장에서는 다양한 교육과정을 운영하고 있으며, 특히 산학 연계를 토대로 여러 산업 현장의 문제를 창의적으로 해결하는 문제해결 교육과정인 캡스톤 디자인(Capstone Design)은 대학교육에서 중요한 교육방안으로 자리잡고 있다.

캡스톤 디자인은 공학계열 학생들이 산업 현장에서 부딪히는 문제를 해결할 수 있는 능력을 길러주기 위해 마련된 제도로서, 졸업논문 대신 배운 이론을 바탕으로 하나의 작품을 기획·설계·제작하는 전 과정을 경험할 수 있는 교육과정이다[4]. 각 전공에서는 핵심영역 교과목 분야의 다양한 캡스톤 디자인 과목이 개발되고 있으며, 최근 이러한 흐름은 인문사회과학, 경영학, 디자인 등을 포함한 비공학계열까지 확산되고 있다[5][6]. 인문사회분야의 경우 공학계열에 비해 전공-직무 일치 정도가 낮게 나타남에 따라[7], 현대적 변화의 요구에 부응하는 내용과 타 분야와의 융합 경험을 독려받을 수 있는 수업에 대한 요구가 나타나고 있다[8]. 캡스톤 디자인 교육은 사회적 변화를 반영한 실무중심형 융복합적 교육이 가능하며, 이를 통해 실무 경험 및 지식 획득이 가능하고 지식재산을 창출할 수 있기 때문에, 공학 교육을 포함한 다양한 분야에서 캡스톤 디자인 교육에 대한 수요가 높아지고 있다[5][6]. 또한 교과 간 융합을

통해 팀 기반의 창의적인 문제를 해결할 수 있다는 특징을 바탕으로 성인이나 초중등 학생 등을 대상으로 한 캡스톤 디자인 연구도 진행되고 있으며[9-11], 대학 캡스톤 디자인 교육은 전공지식의 이해에 도움이 되며, 문제해결능력, 의사소통능력, 전공실무역량 등을 향상시킨다고 보고되고 있다[12].

국내 캡스톤 디자인 연구는 2011년 이후 급격히 증가하기 시작하였으며, 특히 창의융합적 인재 육성에 대한 요구도가 높아지고 중요해지기 시작한 2015년 이후 지속적으로 증가하고 있다[13]. 캡스톤 디자인이 공학 분야 이외에도 다양한 분야에서 활용되면서, 최근 개별 학습맥락에서 교육 효과를 알아보기 위한 연구가 많이 시행되고 있다. 미국에서는 공학 분야 캡스톤 디자인의 전반적인 운영에 대한 조사연구가 1994년부터 10년 단위로 꾸준히 이루어졌으며, 특히 2015년에는 양적·질적 연구가 동시에 진행되었다. 이러한 연구들은 기존 연구와의 비교를 통해 새로운 동향을 제시하고, 캡스톤 디자인 운영과정에 대한 전반적인 경험의 공유를 통해 실천을 위한 기준을 제공한다[14][15]. 동향 및 조사연구는 연구의 전반적인 흐름을 파악하여 이해를 높일 수 있으나, 교육의 효과에 대한 객관적인 비교 분석에는 어려움이 있다. 따라서 캡스톤 디자인 교육에 대한 메타분석을 통해 캡스톤 디자인 교육이 학업성과에 미치는 효과크기를 알아보고, 영역 및 변인별 효과크기를 비교·분석하며, 캡스톤 디자인 교육에 영향을 줄 수 있는 조절변인에 따른 효과크기를 확인함으로써, 캡스톤 디자인 교육의 효과에 대해 체계적이고 종합적으로 살펴보고자 하였다. 이를 위한 구체적인 연구문제는 다음과 같다.

연구문제1. 캡스톤 디자인 교육이 학업성과에 미치는 효과크기는 어떠한가?

1.1 캡스톤 디자인 교육의 학업성과의 전체 효과크기는 어떠한가?

1.2 캡스톤 디자인 교육의 학업성과 영역에 따른 효과크기는 어떠한가?

1.3 캡스톤 디자인 교육의 학업성과 변인에 따른 효과크기는 어떠한가?

연구문제2. 캡스톤 디자인 교육의 효과크기는 조절변인에 따라 어떠한 차이가 있는가?

II. 이론적 배경

1. 캡스톤 디자인 개념 및 현황

캡스톤(Capstone)이란 사전적으로 벽이나 건축물 꼭대기에 얹힌 돌, 즉 건축물의 구조상 정점에 놓이는 장식으로서, 건축에서의 마지막 마무리, 절정 등을 의미한다. 이러한 관점에서 캡스톤 디자인은 지식의 통합, 경험학습, 실제적 문제해결에 중점을 두고 학교교육과 산업현장의 가교역할을 하는 교육방법으로, 고등교육 교육과정을 마무리하는 최종단계에 제공된다[16]. 박수홍 외[17]는 캡스톤 디자인 모형에 포함된 핵심 요소로 산업체와의 연계성, 팀 기반 학습, 팀 내 창의성 발휘, 학습 팀의 진로와 연계성, 설계 및 제작의 과정 포함, 현장 적응력 요구를 제안했으며, 신창범과 권오성[18]은 캡스톤 디자인 교육 프로그램의 3요소로 창의적 종합설계, 문제 중심의 학습, 협동학습을 제안하였다. 즉, 캡스톤 디자인 교육은 전 교과 과정에서 습득한 지식과 기술을 통합하여 산학협력을 통해 실제 직업 현장에서 일어날 수 있는 문제를 팀을 구성하여 협력적으로 해결하고, 보고서·작품 등 창의적인 최종 산출물을 만들어 내는 팀 기반 프로젝트 학습이다[19][20].

캡스톤 디자인은 2002년 지식경제부(現 산업통상자원부)의 지원으로 한국산업기술재단에서 시작된 '창의적 공학교육 프로그램 개발 및 확산사업'을 통해 본격적으로 확대되었다. 이후 LINC+ 사업에서 캡스톤 디자인 이수 학생 비율을 핵심성과지표로 선정함에 따라 많은 대학에서 캡스톤 디자인 교과를 필수로 지정하기 시작했다. 도입 초반에는 공학계열 중심으로 운영되었지만, 이후 여러 계열로 확장되었다. 특히 최근 각 대학에서 역량기반 교육과정을 운영하며, 핵심역량으로 창의융합요소를 강조함에 따라 캡스톤 디자인 교육에 대한 관심이 높아지고 있다.

2. 캡스톤 디자인 교육의 특징

캡스톤 디자인 교육의 특징은 다음과 같다. 첫째, 캡스톤 디자인은 대학 4년 동안 습득한 지식과 기술을 바탕으로 현장에서 부딪힐 수 있는 실제적 문제를 해결할 수 있는 종합설계과정이다. 이 과정에서 학생들은 전공 분야에 대해 기존에 학습한 지식들을 하나로 통합할 수

있으며, 깊이 있는 학습을 통해 정답이 없는 문제(open-ended problem)를 복합적인 관점에서 해결할 수 있다[21]. 둘째, 팀 기반 학습이다. 산업체에서 이루어지는 대부분의 업무는 팀을 기반으로 이루어지며, 캡스톤 디자인은 이러한 현장의 문제를 미리 경험할 수 있는 프로그램이다. 이를 통해 학생들은 협업능력 및 의사소통능력을 키울 수 있다[21][22]. 셋째, 산학협력을 통해 이루어진다. 학교와 산업 현장을 이어주는 산학협력 기반의 캡스톤 디자인을 통해 산업체는 대학생과 협업을 바탕으로 기존에 해결하지 못했던 현장의 문제를 해결할 수 있으며, 학생들은 현장경험을 미리 쌓을 수 있다[16][23]. 넷째, 직업역량을 강화할 수 있다. 캡스톤 디자인은 수업을 통해 사전에 현장을 경험할 기회를 제공한다. 이를 통해 산업체는 각 산업체가 요구하는 인력을 미리 양성하여 해당 인력을 바로 현장에 투입할 수 있으므로, 업무의 효율성을 높일 수 있다. 학습자는 산업체에서 요구하는 직업역량과 취업역량을 강화하여, 현장에서 어려움 없이 작업을 바로 수행할 수 있다[23].

3. 캡스톤 디자인 교육 유형

LINC+ 사업에서는 캡스톤 디자인 교육의 유형을 프로젝트 주제에 따라 세 가지로 분류하였다. 첫째, 기업 연계형은 경영 및 제품 개선을 이루고자 하는 기업체가 공동 참여하여 기업의 성과를 향상시킬 수 있는 프로젝트를 도출하는 것으로, 이를 통해 학생들은 현실경제를 직시할 수 있으며 문제해결능력을 신장시킬 수 있다. 둘째, 사회기여형은 지역사회단체 및 비영리기관이 참여하여 학생들과 함께 지역사회 문제를 발굴 및 해결하는 것으로, 이를 통해 학생들은 지역 연계 및 지역사회 수요를 반영한 프로젝트를 도출하고, 공동선 의식을 고취할 수 있다. 셋째, 4차산업혁신형은 무인운송수단, 3D프린팅, 첨단 로봇공학 등 4차 산업혁명에 기반을 둔 프로젝트를 발굴하는 것으로, 이를 통해 학생들은 융합적 사고와 문제해결능력을 갖추어 시대 변화에 맞는 인재로 양성될 수 있다[24]. 이소영[25]은 해외 캡스톤 디자인 교육모형을 산업체 지원 모형, 스튜디오 모형, 전통적 모형, 주도된 모형으로 분류하였다. 첫째, 산업체 지원 모형은 지역사회의 후원 및 파트너십을 통해

4학년을 대상으로 한 장기간 인턴제로 운영되는 모형이다. 둘째, 스튜디오 모형은 두 학기에 걸쳐 전문가 및 멘토와의 협력체계를 통해 학습이 이루어지는 방식으로, 건축학 분야에 많이 적용되는 모형이다. 셋째, 전통적 모형은 학습자들이 구성된 팀 아래에서 교수 발제 또는 산학 프로젝트에 참여하는 방식으로 고등교육 기관에서 보편적으로 운영하는 모형이다. 넷째, 주도된 모형은 구성된 팀 아래 프로젝트 관리 전문가와 기술적 지원 담당 전문가의 통제하에 프로젝트 요구사항 및 추진일정에 맞추어 프로젝트를 진행하는 유형이다. 이처럼 캡스톤 디자인은 기업이나 지역사회, 비영리기관과 같은 산학 협력체와 연계하여 현장에서 부딪히는 문제를 해결하거나, 교수의 지도하에 시대에 요구되는 프로젝트를 수행하는 등 다양한 형태로 나타나고 있다.

4. 캡스톤 디자인 교육 연구 현황

캡스톤 디자인 교육의 효과성에 대한 연구는 오래전부터 꾸준히 진행되고 있다. 김인영[26]은 전문대학생 2학년을 대상으로 한 캡스톤 디자인 교육과정을 적용한 영작문 수업이 의사소통능력, 문제해결능력, 자기개발능력, 자원관리능력, 정보능력 등에서 긍정적인 변화를 일으켰음을 밝혔다. 김홍규[27]는 산업디자인과 학생을 대상으로 한 산학맞춤형 캡스톤 디자인 수업이 의사소통능력, 문제해결능력, 자기개발능력, 정보능력, 기술능력을 향상시키는 효과가 있음을 확인하였다. 이와 같이 캡스톤 디자인 교육은 문제해결능력, 의사소통능력, 기술능력, 자기개발능력 등 직업기초능력에 긍정적인 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다[26-30]. 민혜영과 김지영[31]은 캡스톤 디자인 간호연구 수업에서 팀워크 역량에 유의한 효과가 있음을 입증하였으며, 양황규[32]는 공과대학생을 대상으로 한 연구에서 캡스톤 디자인 수업을 경험한 학생이 그렇지 않은 학생에 비해 협업, 융합사고, 창의적 문제해결력에서 높은 수준을 보임을 확인하였다. 이처럼 캡스톤 디자인 교육은 창의성, 융합사고, 팀워크역량 등에도 긍정적인 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다[9][31][32]. 또한, 캡스톤 디자인은 학습동기를 높이고 전공이나 진로에 대한 인식에 긍정적인 영향을 주며, 학습만족도나 성취도에도 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다[33-37]. 하지만, 이

러한 수업의 효과성을 종합적으로 파악할 수 있는 국내 캡스톤 디자인의 학습효과 메타분석 연구는 아직 진행되지 않은 실정이다.

캡스톤 디자인 교육에 관한 동향을 분석한 연구로는 박하운[13], Howe 외[14]의 연구가 있다. 박하운[13]은 2003년부터 2019년까지 발표된 국내 캡스톤 디자인 관련 논문 197편에 대해 연구연도, 연구방법, 연구분야, 연구주제별 동향을 분석하였다. 분석 결과 캡스톤 디자인 교육에 관한 연구는 2015년을 기준으로 꾸준히 증가하고 있으며, 특히 2018년과 2019년에는 전체 연구의 28%를 차지하는 56편의 논문이 발표되었다. 연구방법으로는 양적연구가 가장 많이 진행되었으며, 질적연구·혼합연구·기타연구 순으로 나타났다. 연구분야로는 공학계열이 절반 이상을 차지하였으며, 인문사회, 예체능, 자연과학, 통합계열 순으로 나타났다. 마지막으로 연구주제별 결과로는 교육적 활용, 교수설계모형, 교육적 효과, 기타 순으로 나타났다. Howe 외[14]는 미국 공학 캡스톤 디자인 과목에 대한 설문조사를 진행하였으며, 강좌 구조와 순서, 강좌 기간, 주요 주제, 과정과 산출물의 균형에 대한 정도, 팀원 수 등 캡스톤 디자인 강의 운영에 대한 전반적인 설문 조사를 진행하였다. 연구 결과 강좌 구조와 순서는 강의와 프로젝트를 동시에 진행하는 경우가 많으며, 프로젝트만을 진행하는 경우, 강의 후 프로젝트를 진행하는 경우, 수업만 진행하는 경우, 기타 순으로 나타났다. 강의는 2학기 동안 운영되는 경우가 많았으며, 1학기 동안 운영되는 경우가 그 뒤를 이었다. 캡스톤 디자인의 주요 주제로는 서면 의사소통이나 구두 의사소통, 프로젝트 계획 및 일정 관리, 개념 생성 및 선택, 팀워크 등이 선정되었다. 균형적 측면에서는 과정과 산출물을 둘 다 중요하게 다루거나, 과정을 중요하게 여기는 경우의 비율이 절반 이상을 차지했다. 팀 구성원의 경우 4-6명으로 구성하는 경우가 가장 많았으며, 1-3명, 6명 이상이 그 뒤를 이었다. 이외에도 과제 선택 방법, 과제 유형 등 캡스톤 디자인 운영과 관련된 다양한 설문조사가 진행되었음을 연구결과에서 확인할 수 있다.

종합하자면, 캡스톤 디자인 교육에 대한 관심이 증가하면서 실증적 연구로 수치화된 자료를 분석하는 양적 연구가 활발하게 진행되고 있다. 최근에는 교육적 활용

연구뿐만 아니라 교육 효과에 대한 관심이 증가하고 있으며, 직업기초능력, 창의성, 융합사고, 팀워크역량뿐만 아니라 학업성취 및 학습만족도 등에서 그 효과가 있음이 입증되었다. 캡스톤 디자인은 팀 기반 프로젝트 학습 모형으로 학교와 직장을 연결하는 실무 중심의 수업이므로, 수업을 설계할 때 강좌 구조, 기간, 팀원 수, 산업체 협력 등 고려해야 할 사항이 많으므로, 이에 따른 효과크기에도 차이가 있을 것으로 판단된다.

따라서 본 연구는 국내 캡스톤 디자인 교육의 효과를 분석한 연구들을 수집하고 전체 효과크기, 영역 및 변인에 따른 효과크기, 조절변인에 따른 효과크기를 분석하여 종합적이고 체계적인 정보를 제공하고, 효과적인 캡스톤 디자인 교육의 설계 및 실행 방향을 제안하고자 하였다.

III. 연구 방법

1. 자료 선정

1.1 자료 선정기준

본 연구는 캡스톤 디자인 교육의 효과에 대한 메타분석을 실시한 연구로 PRISMA 지침을 준수하여, 자료 선정 기준을 PICOS에 따라 결정했다. 연구 대상자(population: P)는 국내 초·중·고등학생, 대학생, 성인을 대상으로 하며, 영유아나 장애가 있는 사람을 대상으로 한 연구는 제외했다. 개입방법(intervention: I)은 캡스톤 디자인 교육을 적용한 논문으로 선정하여 그 효과를 검증하고자 한다. 비교집단(comparison: C)은 캡스톤 디자인 교육을 받지 않은 집단으로 선정하였다. 연구결과(outcomes: O)는 캡스톤 디자인 교육으로 인한 효과로, 결과변인에 대한 평균, 표준편차 혹은 t-value와 표본 수가 정확히 제시된 논문만을 선정했다. 마지막으로 연구설계 유형(study design: S)은 유사 실험연구나 실험연구 중 두 집단 사전/사후 검사설계, 두 집단 사후 검사설계, 단일집단 사전/사후 검사설계로 선정하고자 하며, 사례연구, 문헌연구, 질적연구는 제외했다.

1.2 자료 검색 및 선정과정

본 연구에서는 2020년 11월 1일을 기준으로, 출판 연도의 제한 없이 국내에서 발표된 검색이 가능한 학술 연구정보서비스(RISS)의 학술지와 석박사 학위논문을 검색대상으로 선정하였으며, 채택된 논문의 출판 연도는 2012년부터 2020년 9월까지였다. 자료의 선정 과정은 [그림 1]과 같이 네 단계로 문헌 발견, 문헌 선별, 선정 기준 검토, 최종 선정의 순으로 진행하였다.

1단계인 문헌 발견 단계에서 학위논문 41편, 학술지 논문 408편으로 총 449편의 논문을 수집했다. 본 연구에 포함할 연구를 검색하기 위해 '캡스톤 디자인', '캡스톤 프로젝트', 'capstone design', 'capstone project', '창의적 종합 설계', '창의적 공학 설계'의 키워드로 검색하여 관련 문헌을 수집하였다.

2단계인 문헌 선별 단계에서는 중복 자료이거나 동일한 개별 연구가 학위논문과 학술지에 중복 게재된 67편을 제외하였다. 이 중 학술대회 발표 자료 76건과 원문이 제공되지 않은 3건을 추가적으로 제외하여 총 303편의 연구를 선정하였다.

3단계는 선정 기준 검토 단계로 자료 선정 기준인 PICOS에 적합한지를 확인하였으며 그 결과, 제목 및 초록 검토를 통해 주제와 관련 없는 논문 102편, 대상이 아닌 논문 1편, 실험연구가 아닌 논문 164편이 제외되었다. 추가 검토를 통해 비교집단이 적절하지 않은 논문 5편, 필요 통계수치가 제시되지 않은 논문 10편을 제외하고 최종적으로 선정된 논문은 21편(학위논문 2편, 학술지 19편), 사례 수는 83개이다[그림 1].

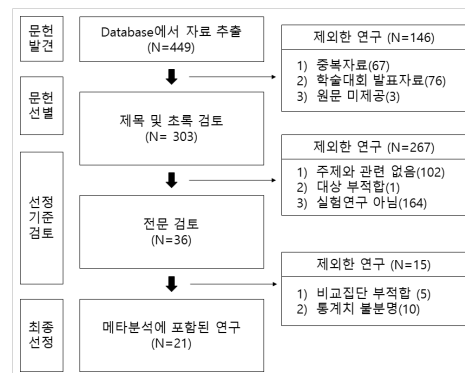


그림 1. 자료 선정 과정(PRISMA flowchart)

2. 자료 코딩

코딩 양식은 연구 제목, 출판 연도, 저자, 출판유형, 연구 방법, 학업성과 영역, 학업성과 변인, 표본 수, 과목, 연구대상, 학년, 집단의 산업체 협력유무, 수업유형, 전공융합, 팀원 수, 통계 값(평균, 표준편차, t-value 등)을 포함하였다. 학업성과 영역은 인지적, 정의적, 사회적 영역으로 구분하였다. Bloom[38]의 교육목표 분류학에서는 학습 영역을 정의적, 인지적, 심동적으로 구분하였으나, 캡스톤 디자인 교육에서는 신체적 능력을 기반으로 하는 심동적 영역에 대한 학습은 거의 이루어지지 않기 때문에 제외하였으며, 팀을 기반으로 하는 협업능력 및 의사소통능력을 강조하는 특성상 사회적 영역을 포함했다. 학업성취도, 문제해결능력, 기술능력 등 학습자의 지적활동과 관련된 영역은 인지적 영역으로, 학습만족도, 전공 인식/태도 등 학습자의 정서적 측면과 관련된 영역은 정의적 영역으로, 의사소통능력, 협업능력 등 학습자의 사회적 측면과 관련된 영역은 사회적 영역으로 분류했다. 학업성과 변인은 개방성, 기술능력, 문제해결능력, 의사소통능력, 자기개발능력, 전공인식/태도, 정보능력, 진로, 창의성, 캡스톤 이해/인식, 학습만족도, 학업성취도, 기타로 분류했으며, 이 중 NCS 기반 직업기초능력은 별도로 구분했다. 과목은 간호, 기술/공학, 디자인, 교육, 인문/사회, 항공으로 분류했으며, 연구대상의 경우 초·중·고·대학생·전문대학생·성인으로 분류했으며, 학년은 대학생 및 전문대학생을 기준으로 학습기간을 고려하여 1, 2학년과 3, 4학년으로 분류했다. 수업유형은 이론과 실습이 혼합되어있는 경우와 실습만 있는 경우로 나누고, 전공융합은 수업 내 다양한 전공의 혼합 여부에 따라 혼합과 단일로 분류했으며, 팀원 수는 팀당 인원수를 평균하여 4명 이하, 4명 초과 6명 이하, 6명 초과로 구분했다.

또한, 단일집단 사전사후, 두집단 사전사후 분석 시 사전사후 상관관계가 주어지지 않은 경우 선행연구에서 제시한 .5로 코딩하였다[39][40].

3. 자료 분석

본 연구에서 최종 선정된 21편의 논문을 메타분석하기 위해 RStudio 1.3.1093 프로그램과 Excel 프로그램을 사용했다.

3.1 효과크기

효과크기는 연속형 데이터의 표준화된 효과크기인 Cohen의 d 값을 산출했다. Cohen의 d 값은 표본이 작은 경우 효과크기를 과대 추정하므로 이를 교정하기 위해 표준화 값인 Hedges의 g 값을 사용했다[39]. 효과크기 해석은 Cohen[41]의 기준을 적용하여 작은 효과크기($d \leq 0.2$), 중간 효과크기($0.2 < d \leq 0.8$), 큰 효과크기($d > 0.8$)로 구분했다.

3.2 효과크기의 이질성 및 조절 효과분석

효과크기의 이질성을 평가하기 위해 효과크기들의 관찰된 분산인 Q 값과 연구 간 분산의 비율을 나타내는 I^2 값을 산출했다. Higgins와 Green[42]에 의하면 I^2 이 25%이면 이질성이 낮은 수준, 50%이면 중간 수준, 75%이면 이질성이 높은 수준 해석한다. 일반적으로 I^2 이 50%이상이고 Q 값의 유의확률(p -value)이 0.10보다 작은 경우 효과크기의 이질성은 상당하다고 판단한다. 본 연구에서는 각 연구의 효과크기의 이질성에 대한 설명을 위해 조절 효과분석을 실시했다.

3.3 출간 오류 분석

전체 연구 결과의 타당성을 검증하기 위해 출간 오류 분석을 실시했다. 우선 funnel plot의 대칭성을 이용하여 시각적으로 출간 오류를 확인했고, Egger[42]의 회귀분석을 통해 오류 존재 여부를 객관적으로 확인했다. 마지막으로 출판 편의가 연구 결과에 주는 영향을 확인하기 위해 Duval과 Tweedie[43]가 개발한 'trim-and-fill' 기법을 통해 살펴본 후, 비대칭을 대칭으로 교정했다.

IV. 연구 결과

1. 캡스톤 디자인 교육이 학업성과에 미치는 효과 크기

1.1 캡스톤 디자인 교육의 학업성과에 미치는 전체 효과크기

캡스톤 디자인 교육이 학업 성과에 미치는 전체 효과 크기는 [표 1]과 같이 0.96으로 큰 효과크기를 보였고,

95% 신뢰구간에서 하한값 0.83, 상한값 1.10으로 통계적으로 유의하게 나타났다. 전체 효과크기의 이질성은 Q값이 703.70($p < .0001$)이고 I^2 값이 88.3%로 큰 이질성을 보였다.

표 1. 캡스톤 디자인 교육이 학업성취에 미치는 전체 효과크기

모형	k	ES(g)	95% CI		Q(df)	I^2	p
			Lower	Upper			
Random	83	0.96	0.83	1.10	703.70 (82)	88.3	<.0001

k: 사례수, ES(g): 효과크기

1.2 캡스톤 디자인 교육의 학업성과 영역에 따른 효과크기

학업성과 영역에 따른 캡스톤 디자인 교육의 사례 수는 [표 2]와 같이 인지적 영역(k=37), 정의적 영역(k=31), 사회적 영역(k=15) 순이었다. 효과크기는 정의적 영역(ES=1.08), 인지적 영역(ES=0.93), 사회적 영역(ES=0.82)의 순이었다. 모든 학업성과영역 큰 효과크기를 보였고, 95% 신뢰구간에서 통계적으로 유의하게 나타났다. 효과크기의 차이 Q_b 값이 1.68(df=2, $p > .05$)로 통계적으로 유의하지 않게 나타났다.

표 2. 캡스톤 디자인 교육의 학업성과 영역별 효과크기

학업성과 영역	k	ES(g)	95% CI		Q_b (df)	p
			Lower	Upper		
인지적 영역	37	0.93	0.75	1.11	1.68(2)	.432
정의적 영역	31	1.08	0.80	1.35		
사회적 영역	15	0.82	0.53	1.11		

1.3 캡스톤 디자인 교육의 학업성과 변인에 따른 효과크기

학업성과 변인에 따른 캡스톤 디자인 교육의 사례 수는 [표 3]과 같이 기타(k=14), 문제해결능력(k=13), 의사소통능력(k=10), 전공인식/태도(k=9), 캡스톤 이해/인식(k=7), 창의성·학업성취도(k=5), 개방성·기술능력(k=4), 자기개발능력·정보능력·진로·학습만족도(k=3) 순으로 나타났으며, 사례 수가 2건 이하일 경우 기타로 묶어 분석했다. 효과크기는 학습만족도(ES=2.32), 자기개발능력(ES=2.28), 정보능력(ES=1.81), 기술능력(ES=1.70), 전공인식/태도(ES=1.28), 의사소통능력

(ES=1.02), 문제해결능력(ES=0.95)의 순으로 큰 효과크기를 보였고, 기타(ES=0.74), 개방성(ES=0.68), 창의성(ES=0.65), 진로(ES=0.52), 학업성취도(ES=0.45), 캡스톤 이해/인식(ES=0.36)의 순으로 중간 효과크기를 보였다. 학습만족도의 경우 95% 신뢰구간이 0값을 포함해 유의하지 않게 나타났지만, 이를 제외한 변인은 95% 신뢰구간에서 통계적으로 유의하게 나타났다. 효과크기의 차이 Q_b 값이 57.48(df=12, $p < .05$)로 통계적으로 유의하게 나타났다.

표 3. 캡스톤 디자인 교육의 학업성과 변인별 효과크기

학업성과 변인	k	ES(g)	95% CI		Q_b (df)	p
			Lower	Upper		
개방성	4	0.68	0.08	1.29	57.48 (12)	<.001
*기술능력	4	1.70	0.74	2.66		
*문제해결능력	13	0.95	0.62	1.28		
*의사소통능력	10	1.02	0.55	1.49		
*자기개발능력	3	2.28	1.12	3.45		
전공인식/태도	9	1.28	1.03	1.52		
*정보능력	3	1.81	0.88	2.74		
진로	3	0.52	0.35	0.69		
창의성	5	0.65	0.06	1.25		
캡스톤 이해/인식	7	0.36	0.00	0.71		
학습만족도	3	2.32	-0.44	5.07		
학업성취도	5	0.45	0.26	0.65		
기타	14	0.74	0.53	0.95		

* NCS직업기초능력 항목임

2. 캡스톤 디자인 교육의 조절변인에 따른 학업성과 효과크기

캡스톤 디자인 교육 연구 간 효과크기의 이질성이 크게 나타나 이에 대한 배경 설명을 위해 조절변인을 분석한 결과는 [표 4]와 같다. 출판유형의 사례 수는 학술지(k=70), 학위논문(k=13)의 순이었다. 효과크기는 학술지(ES=1.01)로 큰 효과크기, 학위논문(ES=0.74)로 중간 효과크기를 보였으며, 95% 신뢰구간에서 통계적으로 유의하게 나타났다. 그러나 효과크기의 차이 Q_b 값이 2.40(df=1, $p > .05$)로 통계적으로 유의하지 않게 나타났다.

표 4. 조절 변인 분석 결과

관련 변인		k	ES(g)	95% CI		Q _b (df)	p
				Lower	Upper		
출판 유형	학술지	70	1.01	0.86	1.16	2.40 (1)	.130
	학위논문	13	0.74	0.42	1.05		
교과목	간호	4	0.26	0.05	0.46	55.49 (5)	<.0001
	교육	17	1.14	0.91	1.37		
	기술/공학	9	0.44	0.24	0.64		
	디자인	24	1.50	1.09	1.89		
	인문사회	22	0.81	0.52	1.09		
	항공	3	0.52	0.35	0.69		
연구 대상	초등학생	4	0.65	0.24	1.06	3.91 (3)	.271
	전문대학생	10	0.90	0.67	1.13		
	대학생	57	1.04	0.86	1.21		
	성인	12	0.79	0.42	1.16		
학년 (대학)	1,2학년	12	0.83	0.63	1.04	6.77 (1)	.010
	3,4학년	39	1.27	1.02	1.53		
산업체	유	63	1.16	0.97	1.35	36.31 (1)	<.0001
	무	17	0.45	0.31	0.58		
수업 유형	이론+실습	49	1.19	0.96	1.42	10.29 (1)	.001
	실습	31	0.74	0.58	0.89		
전공 융합	융합	12	0.79	0.42	1.16	1.78 (1)	.182
	단일	63	1.07	0.89	1.24		
팀원 수	4명 이하	9	0.82	0.50	1.14	16.28 (2)	.000
	4명 초과 ~6명 이하	25	0.99	0.80	1.18		
	6명 초과~	4	0.36	0.12	0.60		

교과목의 경우 사례 수는 디자인(k=24), 인문사회(k=22), 교육(k=17), 기술/공학(k=9), 간호(k=4), 항공(k=3)의 순이었다. 효과크기는 디자인(ES=1.50), 교육(ES=1.14), 인문사회(ES=0.81)로 큰 효과크기, 항공(ES=0.52), 기술/공학(ES=0.44), 간호(ES=0.26)로 중간 효과크기를 보였으며, 95% 신뢰구간에서 통계적으로 유의하게 나타났다. 그러나 항공 교과목의 경우 사례 수가 3개로 해석에 주의가 필요하다. 효과크기의 차이 Q_b 값이 55.49(df=5, p<.05)로 통계적으로 유의하게 나타났다.

연구대상의 경우 사례 수는 대학생(k=57), 성인(k=12), 전문대학생(k=10), 초등학생(k=4)의 순이었다. 효과크기는 대학생(ES=1.04), 전문대학생(ES=0.90)으로 큰 효과크기, 성인(ES=0.79), 초등학생(ES=0.65)로 중간 효과크기를 보였으며, 95% 신뢰구간에서 통계적으로 유의하게 나타났다. 그러나 효과크기의 차이 Q_b 값이 3.91(df=3, p>.05)로 통계적으로 유의하지 않게 나타났다.

학년의 경우 대학생과 전문대학생만을 분류하였으며, 사례 수는 3, 4학년(k=39), 1, 2학년(k=12)의 순이었다. 효과크기는 3, 4학년(ES=1.27), 1, 2학년(ES=

0.83)으로 큰 효과크기를 보였으며, 95% 신뢰구간에서 통계적으로 유의하게 나타났다. 효과크기의 차이 Q_b 값이 6.77(df=1, p<.05)로 통계적으로 유의하게 나타났다.

산업체 협력유무의 경우 산업체와 협력할 경우는 유, 협력하지 않을 경우를 무로 분류하였으며, 사례 수는 유(k=63), 무(k=17)의 순이었다. 효과크기는 유(ES=1.16)로 큰 효과크기, 무(ES=0.45)로 중간 효과크기를 보였으며, 95% 신뢰구간에서 통계적으로 유의하게 나타났다. 효과크기의 차이 Q_b 값이 36.31 (df=1, p<.05)로 통계적으로 유의하게 나타났다.

수업유형의 경우 사례 수는 이론과 실습이 동시에 진행되는 경우(k=49), 실습만 진행되는 경우(k=31)의 순이었다. 효과크기는 이론과 실습이 동시에 진행되는 경우(ES=1.19)로 큰 효과크기, 실습만 진행되는 경우(ES=0.74)로 중간 효과크기를 보였으며, 95% 신뢰구간에서 통계적으로 유의하게 나타났다. 효과크기의 차이 Q_b 값이 10.29(df=1, p<.05)로 통계적으로 유의하게 나타났다.

전공융합의 경우 다양한 전공의 학생이 혼합되어 있을 경우 융합, 단일 학과 전공의 학생만 있을 경우 단일로 분류하였으며, 사례 수는 단일(k=63), 융합(k=12)의 순이었다. 효과크기는 단일(ES=1.07)로 큰 효과크기, 융합(ES=0.79)로 중간 효과크기를 보였으며, 95% 신뢰구간에서 통계적으로 유의하게 나타났다. 그러나 효과크기의 차이 Q_b 값이 1.78(df=1, p>.05)로 통계적으로 유의하지 않게 나타났다.

팀원 수의 경우 팀 구성원 평균을 기준으로 분류하였으며, 4명 초과 6명 이하(k=25), 4명 이하(k=9), 6명 초과(k=4)의 순이었다. 효과크기는 4명 초과 6명 이하(ES=0.99), 4명 이하(ES=0.82)로 큰 효과크기, 6명 초과(ES=0.36)으로 중간 효과크기를 보였으며, 95% 신뢰구간에서 통계적으로 유의하게 나타났다. 효과크기의 차이 Q_b 값이 16.28(df=2, p<.05)로 통계적으로 유의하게 나타났다.

즉, 캡스톤 디자인 교육이 학업성취에 미치는 효과는 디자인 교과인 경우, 학년이 3, 4학년인 경우, 산업체 협력이 있을 경우, 이론과 실습이 동시에 진행되는 경우, 팀원 수가 4명 초과 6명 이하일 경우 가장 크다는

것이다.

3. 출간 오류 분석

연구결과의 타당성을 검증하기 위해 출간 오류 분석 결과, funnel plot의 우측 편향 비대칭성이 확인되었다. 또한 Egger[43]의 회귀분석을 실시한 결과 효과크기와 표준오차가 선형 관계를 보였으며, bias=4.61 (t=7.96, df=81, p<.001)으로 통계적으로 유의하게 나타나 출간 오류가 없다고 말할 수 없다. 따라서 출간 오류가 연구의 결과에 미치는 영향의 정도를 밝히기 위해 trim-and-fill[44]을 사용하여 분석한 결과는 [표 5]와 같다. 출간 오류에 의해 보고되지 않은 26편을 추가했을 때 보정된 효과크기는 0.51로 중간 효과크기인 것으로 나타났다. 이는 원래 크기인 0.96과 비교해서 감소하였지만, 통계적으로 유의하여, 여전히 의미 있는 결과라 할 수 있다.

표 5. trim-and-fill 분석 결과

모형	k	ES(g)	95% CI		Q(df)	I ²	p
			Lower	Upper			
관찰된 무선 효과 모형	83	0.96	0.83	1.10	703.70 (82)	88.3	<.0001
수정된 trim-and-fill모형	109	0.51	0.36	0.66	1355.07 (108)	92.0	<.0001

V. 논의

본 연구는 캡스톤 디자인 교육의 학습효과를 종합적으로 분석하기 위해 메타분석을 실시하였으며, 국내에서 발표된 캡스톤 디자인 교육 효과 관련 연구를 대상으로 총 21편의 연구와 83건의 효과크기를 최종 분석 대상으로 선정하였다. 이를 바탕으로 캡스톤 디자인 교육의 전체 평균 효과크기, 학습성과 영역 및 변인에 따른 평균 효과크기, 조절변인에 따른 평균 효과크기를 분석하였으며, 그 결과에 대한 논의는 다음과 같다.

첫째, 캡스톤 디자인 교육에 대한 83건의 효과크기를 분석한 결과 전체 효과크기는 0.96으로, Cohen[41]의 효과크기에 의하면 큰 효과크기를 나타냈다. 즉, 캡스톤 디자인 교육은 높은 학습효과를 보인다는 것이다. 따라

서, 캡스톤 디자인을 활용한 수업이 적극적으로 이루어 질 필요가 있다.

둘째, 캡스톤 디자인 교육이 인지적 영역(0.93), 정의적 영역(1.08), 사회적 영역(0.82)에서 모두 효과가 유의한 것으로 나타났으며, 각 영역에서 모두 큰 효과크기를 나타냈다. 정의적 영역은 세 영역 중 가장 큰 효과크기를 보였는데, 캡스톤 디자인 교육이 학습만족도, 전공에 대한 태도 등에 긍정적인 영향을 준다는 선행연구들과 같이 정의적 영역의 학습효과를 높이는 데 효과적임을 알 수 있다[37][45]. 이는 현장실무에 대한 성취감과 자신감이 취·창업으로 연계되기 때문에 나타나는 결과이다[27]. 인지적 영역은 그 다음으로 큰 효과크기를 보였으며, 캡스톤 디자인 교육이 문제해결능력이나 기술능력, 비판적 사고력에 효과가 있다는 선행연구들과 같이 인지적 영역의 학습효과를 높이는 데 효과적임을 알 수 있다[26][27][46][47]. 이는 캡스톤 디자인 교육이 기존에 습득한 개별적 지식과 정보를 통합하는 기회를 제공하며 실제 현장의 문제를 해결하는 기회를 제공하기 때문이다. 마지막으로, 사회적 영역은 세 영역 중 가장 낮은 효과크기를 나타냈으며, 캡스톤 디자인 교육이 의사소통능력, 대인관계능력, 협업능력에 효과가 있다는 선행연구들과 같이 사회적 영역의 학습효과를 높이는 데 효과적임을 알 수 있다[27][32][48]. 이러한 결과는 캡스톤 디자인 교육이 팀 기반 프로젝트 학습이므로, 공동의 프로젝트를 해결하기 위해 팀워크와 소통이 요구되기 때문이다. 종합적으로, 캡스톤 디자인 교육에서의 인지적, 정의적, 사회적 영역의 효과는 모두 크게 나타났지만, 영역별 효과의 차이는 유의하지 않게 나타났다. 그러므로 인지적·정의적·사회적 영역 모두를 고려한 교수설계를 운영할 필요가 있다. 특히, 캡스톤 디자인 교육은 의사소통능력, 대인관계능력, 협업능력과 같은 사회적 영역에 대한 연구가 많이 이루어지지 않았고, 효과크기 또한 다른 영역에 비해 낮게 나타났다. 업무 현장에서 주어지는 과제들이 대부분 협업으로 이루어지고 있으며 21세기 역량에서도 협업능력과 의사소통능력이 강조되는 만큼, 사회적 영역에 관한 다양한 연구가 이루어질 필요가 있다. 효과적인 협업을 지원하기 위해서는 협업에 대한 긍정적인 인식과 적절한 보상을 제공해야 한다[49]. 그리고 팀 활동을 진행하는 과정

에서 팀원들끼리 서로를 이해하고 친밀감을 형성할 수 있는 기회를 제공하며 대인관계에 어려움을 겪는 개인 혹은 팀에 대한 상담을 제공하여[50], 사회적 영역의 향상을 이끌 수 있도록 해야 한다.

셋째, 학습성과 변인에 따른 차이 분석에서는 변인 간 차이가 유의하게 나타났다. 학습만족도를 제외한 모든 변인에서 효과가 유의한 것으로 나타났으며, NCS직업기초능력 항목인 기술능력(1.70), 문제해결능력(0.95), 의사소통능력(1.02), 자기개발능력(2.28), 정보능력(1.81)에서 모두 큰 효과크기가 나타났고, 전공에 대한 인식/태도(1.28) 또한 큰 효과크기가 나타났다. 이외 개방성(0.68), 창의성(0.65), 진로(0.52), 학업성취도(0.45), 캡스톤 이해/인식(0.36)은 중간 효과크기를 보였다. 캡스톤 디자인 교육이 기술능력, 문제해결능력, 의사소통능력 등과 같은 직업기초능력에 효과가 있다는 선행연구들과 같이 직업기초능력을 높이는 데 효과적임을 알 수 있다[26][27]. 이는 캡스톤 디자인 교육이 산업체와의 협력을 통해 학생의 실무감각을 기를 수 있도록 돕기 때문이다[26]. 또한, 산학 맞춤형 교육은 산업체가 요구하는 조건을 고려하여 문제를 해결하고 실제 프로젝트를 수행하도록 설계되었기 때문에[27], 산업체가 요구하는 직업기초능력, 즉 직업역량을 향상시킬 수 있다. 캡스톤 디자인 교육에서 중요한 요인 중 하나인 창의성 변인은 중간 효과크기를 보였으며, 선행연구를 통해 캡스톤 디자인이 창의성을 높이는 데 효과적임을 알 수 있다[9][11]. 이는 캡스톤 디자인 교육이 프로젝트를 수행하는 전 과정에서 창의성을 요구하기 때문이다[17]. 구체적으로, 캡스톤 디자인 교육은 산업체의 요구에 따라 기존과는 다른 새로운 제품을 생산해야 하고, 이 과정에서 자료 수집·인터뷰·조사 등 기존과는 다른 문제해결방법이 요구되며, 이때 창의적 사고가 독려 및 증진될 수 있다[5]. 캡스톤 디자인 교육은 실무능력과 창의성을 갖춘 기술 인력 양성을 중점으로 두고 있다. 하지만, 실무능력, 즉 직업역량과 관련된 연구에 비해 창의성과 관련된 연구는 많이 이루어지지 않았고, 효과크기 또한 다른 변인에 비해 높지 않게 나타났다. 21세기 역량으로 창의성이 강조되고, 많은 산업체가 창의적인 인재를 요구하는 만큼 캡스톤 디자인 교육에서 창의성에 관한 다양한 질적·양적 연구가 이루어질 필요

가 있다. 또한, 창의적 문제해결을 적용한 캡스톤 디자인 교육을 설계하거나, 산업 현장에서 해결되어야 하는 실제 문제를 활용하고, 팀 구성원을 다양화하는 등 창의적인 역량이 발휘될 수 있는 교육환경을 조성해야 한다[22][23].

넷째, 캡스톤 디자인 교육의 조절변인에 따른 평균 효과크기의 차이를 살펴보면, 교과목, 학년, 산업체 협력유무, 수업유형, 팀원 수가 연구 간 효과크기의 차이를 설명하는 변인으로 나타났다.

교과목의 경우, 간호, 교육, 기술/공학, 디자인, 인문사회, 항공으로 구분하였으며, 효과크기는 디자인, 교육, 인문사회, 항공, 기술/공학, 간호 순으로 나타났다. 사례 수의 편차가 고르지 않기 때문에 해석에 주의할 필요가 있으며, 교과별로 차이가 큰 이유는 캡스톤 디자인 교육이 공학계열에 맞추어 개발되어 주로 공학에서 많이 실행되었기 때문이다. 따라서, 캡스톤 디자인 교육의 효과를 높이기 위해서는 각 전공분야를 고려한 효과적인 교수법을 개발할 필요가 있다[22]. 또한, 기술/공학 분야의 효과크기가 다른 분야에 비해 낮게 나타났으며, 이러한 연구 결과는 김정연, 태진미[5]의 연구 결과와 맥락을 같이한다. 최근 교과 간 경계가 사라지고 인문학적 상상력과 과학기술 창조력을 갖춘 창의융합 인재에 대한 요구가 증가하고 있다. 따라서 인접 학문 간의 융합을 통한 새로운 방향의 교육을 운영할 필요가 있으며[5], 공학 인재 양성을 위한 다양한 연구가 지속적으로 이어져야 한다.

학년의 경우 1, 2학년과 3, 4학년으로 구분하였으며, 3, 4학년이 1, 2학년에 비해 효과크기가 크게 나타났다. 이러한 결과는 캡스톤 디자인 교육이 전 교과 과정에서 습득한 지식과 기술의 통합을 필요로 하기 때문에 나타난 결과로 보인다. 즉, 3, 4학년이 1, 2학년에 비해 전공 분야와 관련된 지식과 기술이 상대적으로 많기 때문에 큰 효과크기가 나타난 것이다. 하지만 사전 준비 없이 3, 4학년 때 캡스톤 디자인 교육을 수강할 경우 기존과는 다른 수업방식에 부담감을 느낄 수 있으므로, 1, 2학년 때 자신의 지식과 관심사를 바탕으로 한 자기 주도형 문제해결수업이나 팀 프로젝트 수업을 적용한 전공과목이나 교양과목의 개설이 필요하다[5].

산업체 협력유무의 경우 산업체와 협력하는 경우와

협력하지 않은 경우로 구분하였으며, 산업체와 협력하는 경우가 그렇지 않은 경우에 비해 더 큰 효과크기를 보였다. 이러한 결과는 캡스톤 디자인이 실제 산업현장에서 부딪히는 문제를 해결하는 데 초점을 맞추며, 이 과정에서 실무능력 및 직업역량 함양되기 때문에 나타난 결과로 볼 수 있다[16][23][26][27]. 따라서 기업체나 지역사회 단체 및 비영리기관과의 협력을 통한 기업 연계형이나 사회기여형 캡스톤 디자인을 활용한 교육 설계가 필요하다.

수업유형의 경우 이론과 실습을 병행하는 경우와 실습만을 진행하는 경우로 구분하였으며, 이론과 실습을 병행하는 경우가 실습만 진행하는 경우에 비해 더 큰 효과크기를 보였다. 학생들은 프로젝트를 수행하는 과정에서, 기존에 습득한 방법, 기량을 본 프로젝트에 제대로 적용하지 못하는 경우가 많다[51]. 이러한 문제는 교사의 지원을 통해 기존 방법의 활용과 연계를 유도하고, 필요시에 관련 지식과 정보를 제공하는 방법을 통해 해결할 수 있다[51][52]. 하지만 전공 지식에 대한 기초가 부족하거나 특정 지식에 대한 정보가 전무할 경우, 실습 중심의 수업에서는 수업 시간 내 교사의 지원만으로는 프로젝트 수행에 한계가 있을 수 있다. 또한, 학생들을 지도하기 위한 정규 강의가 없을 경우 학생들은 과제 진행 방법이나 설계 방법에서 어려움을 겪을 수 있다[53]. 따라서, 프로젝트 수행에 필요한 지식들을 2-3주 단위로 습득함과 동시에 한 학기 동안 진행되는 프로젝트 중심의 실습 수업을 통해 실습 중심 수업의 부족한 점을 해결할 수 있다[51]. 캡스톤 디자인 교육을 수강하기 전 프로젝트 관리에 관한 교과목을 수강하는 것 또한 실습 중심의 수업을 보완할 수 있는 방법이 될 수 있다. 프로젝트 관리 수업을 통해 프로젝트를 위한 기본적인 지식과 관리 기법, 스케줄 기법 등을 학습하고, 미리 준비함으로써 실제 캡스톤 디자인 수업에서 효과적으로 프로젝트를 수행할 수 있으리라 기대할 수 있다[53].

팀원 수의 경우 연구에서 제시된 팀 구성원 평균을 기준으로 구분하였으며, 효과크기는 4명 초과 6명 이하, 4명 이하, 6명 초과 순으로 크게 나타났다. Chou와 Chang[54]은 공학 기반 캡스톤 디자인 수업에서 팀원 수를 4명 이하와 4명 초과로 구분하여 학습만족도를

측정하였으며, 4명 이하의 집단에서 더 높은 학습만족도가 나타났다고 설명했다. 대학 수업에서 팀 기반 학습 적용 효과 메타분석 연구에 따르면 팀원 수가 4-5명 일 경우가 6명 이상인 경우보다 효과크기가 크게 나타났다, 효과크기의 차이는 유의하지 않았다[55]. 이정은과 양승희[56]는 간호학 분야의 학습자 중심 수업 효과에 대한 메타분석 연구를 진행하였으며, 팀원 수가 4명 이하, 5-8명, 9-12명 순으로 효과크기가 크게 나타났다. 종합해보면 대부분의 연구에서 팀원 수가 적을수록 효과크기가 크게 나타났다. 이는 팀원 수가 많을수록 팀 구성원들이 팀 활동에 덜 참여하기 때문이다[55]. 하지만, 팀원 수가 지나치게 적을 경우 개인이 맡게 되는 업무량이 많아지게 되고, 원활한 팀 활동이 이루어지지 못할 수 있다. 따라서 팀을 구성하는 과정에서 주어진 과제의 요구 정도에 따라 팀원 수를 정해야 하며, 개인의 책무성과 긍정적인 상호의존성을 고려한 팀 활동을 지원할 필요가 있다[57].

다섯째, 출판유형, 연구대상, 전공융합에 따른 효과크기는 통계적으로 유의하지 않았다. 출판유형의 경우 학위논문, 학술지로, 연구대상의 경우 초등학교, 전문대학생, 대학생, 성인으로, 전공융합은 단일전공 집단과 전공융합 집단으로 구분하여 비교하였으며, 집단 간 차이가 통계적으로 유의하지 않게 나타났다.

VI. 결론

본 연구는 캡스톤 디자인 교육의 효과를 메타분석을 통해 통합적으로 규명함으로써 캡스톤 디자인 교육의 설계 및 운영 시 고려해야 할 점들을 제안하였다는 점에서 의미가 있다. 연구결과를 바탕으로 장기적이고, 체계적인 캡스톤 디자인 교육을 운영하기 위한 시사점은 다음과 같다.

첫째, 캡스톤 디자인 교육을 위한 체계적인 준비단계가 필요하다. 캡스톤 디자인은 기존 전공지식에 대한 통합적 관점으로 실제적 문제를 해결한다는 점과 산업체와의 연계라는 점에서 기존 전공 수업과는 차별점을 가진다. 하지만 새로운 수업방식은 학습자들에게 심리적 부담으로 다가올 수 있으며, 학습동기 및 학업성취

저하로 이어질 수 있다. 전공지식이 충분하지 않은 저학년부터 캡스톤 디자인 수업을 진행하기보다는, 지식 및 관심사 기반의 팀 프로젝트, PBL 중심의 교양과목을 통해 협업능력 및 문제해결능력을 기를 수 있는 충분한 연습 기회를 제공해야 한다[5].

둘째, 전공지식을 충분히 통합할 수 있는 기회를 마련해야 한다. 기존 대학의 전공 수업은 개별 교과 중심으로 이루어졌으며, 전공 교과 간 혹은 학과 간 통합은 거의 이루어지지 않고 있다. 따라서 캡스톤 디자인 수업을 운영하는 과정에서 우선적으로 기존 전공 지식을 정리 및 통합할 수 있는 이론적 강의나 보충 수업, 특강 등을 제공할 필요가 있다[51][52]. 또한, 현재 대부분 캡스톤 디자인 수업은 학과 단위로 개설되어 운영되고 있지만, 융합을 통한 다학제적 접근을 탐색하는 등 융합 중심의 캡스톤 디자인도 시도되고 있다[58]. 다양한 전공 학생들이 참여하는 융합 캡스톤 수업의 경우 프로젝트 결과물 만족도나 융합 전공능력 향상도, 프로젝트 도움 기여 등에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다[59]. 따라서 기존 학과 중심의 교과에서 인턴십과 같은 실무 중심의 캡스톤 디자인 교과를 개설하여, 다양한 전공의 학생들이 공동의 문제를 해결하는 과정을 통해 본인의 전공에서 필요한 지식과 역량을 확인하고, 타전공의 관점에서 생각해볼 수 있는 경험을 제공할 필요가 있다고 판단된다.

셋째, 다양한 학업 성과 영역에 대한 평가가 이루어질 필요가 있다. 캡스톤 디자인은 직업기초능력, 창의성, 협업능력 등에 효과적이며[26][27][31][32], 인지적·정의적·사회적 영역에서 모두 높은 효과크기를 보였다. 하지만, 대부분 캡스톤 디자인 수업의 평가는 프로젝트 산출물이나 학업성취 등 인지적 영역 중심으로 이루어지고 있다. 따라서 다양한 영역의 관점에서 평가가 이루어져 오늘날 필요한 역량을 함양할 수 있는 기회를 제공해야 한다.

본 연구는 다음과 같은 연구의 제한점을 가지고 있다. 첫째, 캡스톤 디자인 교육 효과에 대한 연구 중 자기개발능력, 정보능력, 진로, 학습만족도 연구의 사례 수가 많지 않아 변인별 효과 차이를 비교하는데 한계가 있다. 캡스톤 디자인 교육의 효과성 연구가 증가하고 있기 때문에, 연구가 어느 정도 축적된다면 변인에 따

른 효과크기에 대한 연구가 추가적으로 이루어질 필요가 있다. 둘째, 본 연구는 국내 캡스톤 디자인 교육 연구만을 대상으로 메타분석을 진행하였다. 캡스톤 디자인 연구가 국내외에서 활발하게 진행되고 있는 만큼, 국내뿐만 아니라 국내외를 통합한 메타분석 연구를 진행할 필요가 있으며, 국내와 해외의 캡스톤 디자인 교육 효과에 대한 차이를 비교해 볼 필요가 있다.

참 고 문 헌

- [1] B. Trilling and C. Fadel, *21st century skills: Learning for life in our times*, Jossey-Bass, 2009.
- [2] 교육부, *2015 문·이과 통합형 교육과정의 총론 주요 사항 발표*, 교육부 보도자료, 2014.
- [3] 이민정, "ACE사업 참여 대학의 핵심역량 및 실천전략에서의 교육적 함의," *아시아교육연구*, 제18권, 제2호, pp.339-364, 2017.
- [4] 산업자원부, *서울대 등 7개 대, 05년 창의적설계인력 양성 사업 신규참여*, 산업자원부 보도자료, 2005.
- [5] 김정연, 태진미, "캡스톤 디자인 수업에 대한 비공학 및 공학계열 대학생의 학습경험과 학습성과 인식 차이," *통합교육과정연구*, 제12권, 제1호, pp.109-138, 2018.
- [6] 김미란, 서영인, 심우정, 김재효, 양오석, 윤나경, *산·학 연계 강화를 위한 대학의 교육과정 개선방안연구*, 한국교육개발원, 2014.
- [7] 김우영, "대학전공별 첫 직장의 입직 및 직무만족도: 공학계열 정원확대에 대한 비판적 고찰," *경제연구*, 제35권, 제2호, pp.113-142, 2017.
- [8] 태진미, 고일주, 박진호, 김정연, "비공학계열 대학생을 위한 캡스톤 디자인 수업에 대한 인식 및 요구," *통합교육과정연구*, 제11권, 제3호, pp.109-130, 2017.
- [9] 김신우, 김영인, "패션분야 융합인재 육성을 위한 캡스톤 디자인 교육프로그램 학습 모형 개발-NCS 패션분야 중심으로," *한국의상디자인학회지*, 제21권, 제4호, pp.195-211, 2019.
- [10] 김형만, *마이스터고등학교의 NCS 기반 첨단로봇 교육과정 개발*, 한국교원대학교 교육대학원, 석사학위논문, 2017.
- [11] 정진현, "캡스톤 디자인(Capstone Design)에 기초

- 한 초등의 창의적 공학기술 교육 프로그램 개발과 적용 효과에 관한 연구,” 한국실과교육학회지, 제25권, 제4호, pp.195-215, 2012.
- [12] 김선주, “캡스톤 디자인을 활용한 구강보건교육 수업이 치위생 전공대학생들의 학습만족도에 미치는 효과,” 예술인문사회융합멀티미디어논문지, 제7권, 제8호, pp.655-667, 2017.
- [13] 박하윤, *캡스톤 디자인 연구동향 분석*, 한남대학교 대학원, 석사학위논문, 2020.
- [14] S. Howe, L. Rosenbauer, and S. Poulos, “The 2015 capstone design survey results: Current practices and changes over time,” *International Journal of Engineering Education*, Vol.33, No.5, pp.1393-1421, 2017.
- [15] S. Howe, S. L. Poulos, and L. M. Rosenbauer, “The 2015 capstone design survey: Observations from the front lines,” 2016 ASEE Annual Conference & Exposition, New Orleans, Louisiana, 2016.
- [16] K. Lynch, A. Goold, and J. Blain, “Students’ Pedagogical Preferences in the Delivery of IT Capstone Courses,” *Issues in Informing Science & Information Technology*, Vol.1, pp.431-442, 2004.
- [17] 박수홍, 정주영, 류영호, “창의적 공학교육을 위한 캡스톤 디자인(Capstone design) 교수활동지원모형 개발,” *수산해양교육연구*, 제20권, 제2호, pp.184-200, 2008.
- [18] 신창범, 권오성, “캡스톤 디자인의 디자인 교육 응용 사례연구: 인터랙션 디자인 교과를 중심으로,” *디지털 디자인학연구*, 제14권, 제1호, pp.33-42, 2013.
- [19] 김인숙, 김동철, “종합설계 교과목의 교수-학습 결과 분석,” *공학교육연구*, 제16권, 제2호, pp.31-36, 2013.
- [20] P. D. Murphy, *Capstone Experience*, Web site: https://www.ndsu.edu/fileadmin/accreditation/assessment/Hand_book/Assessment_techniques/CapstoneExperience.pdf, 2003.
- [21] 김정엽, 김성동, 이희원, “캡스톤디자인을 활용한 학습성과 평가,” *기계저널*, 제52권, 제9호, pp.35-39, 2012.
- [22] 왕보현, “캡스톤 디자인 수업 내실화를 위한 교육과정 운영 현황 및 학습 만족도 조사 연구,” *한국지능시스템학회 논문지*, 제29권, 제2호, pp.130-135, 2019.
- [23] 손상희, “창의적 문제해결모형(CPS)를 활용한 캡스톤디자인 교과목 연구- 제품디자인을 적용하여,” *한국상품문화디자인학회 논문집*, 제61권, pp.123-134, 2020.
- [24] 이유태, *캡스톤 디자인 Workbook 현장실습형 문제해결*, 시그마프레스, 2018.
- [25] 이소영, *공과대학 프로젝트 기반 수업에서 학습성과에 영향을 미치는 변인들 간의 구조적 관계 분석*, 이화여자대학교 대학원, 박사학위논문, 2015.
- [26] 김인영, “캡스톤 디자인 교육과정을 적용한 영작문 수업모델의 개발,” *학습자중심교과교육연구*, 제17권, 제15호, pp.443-466, 2017.
- [27] 김홍규, “캡스톤디자인 교육을 활용한 디자인상품 개발,” *디지털디자인학연구*, 제16권, 제4호, pp.124-135, 2016.
- [28] J. Ford and S. Teare, “The right answer is communication when capstone engineering courses drive the questions,” *Journal of STEM education*, Vol.7, No.3, pp.5-12, 2006.
- [29] R. Fries, B. Cross, J. Zhou, and C. Verbais, “How Student Written Communication Skills Benefit During Participation in an Industry-Sponsored Civil Engineering Capstone Course,” *Advances in Engineering Education*, Vol.6, No.1, pp.1-22, 2017.
- [30] S. Onal, J. Nadler, and M. O’Loughlin, “Applying Theory to Real-World Problems: Integrating Service-Learning into the Industrial Engineering Capstone Design Course. *International Journal for Service Learning in Engineering*,” *Humanitarian Engineering and Social Entrepreneurship*, Vol.12, No.2, pp.57-80, 2017.
- [31] 민혜영, 김지영, “캡스톤 디자인 간호연구 수업의 팀워크역량과 팀활동 경험,” *한국산학기술학회논문지*, 제21권, 제1호, pp.705-716, 2020.
- [32] 양황규, “캡스톤 디자인 수업이 창의적 활동에 미치는 영향에 대한 연구,” *수산해양교육연구*, 제31권, 제5호, pp.1276-1284, 2019.
- [33] 노영희, “문헌정보학 캡스톤디자인 교육과정 운영과 학습만족도 측정연구,” *한국도서관정보학회지*, 제46

- 권, 제3호, pp.89-118, 2015.
- [34] 신수경, 고은교, 박유영, "A Study on the Effects of Multicultural Teaching Materials Making Activities Based on the Capstone Design Teaching Model," OMNES, 제6권, 제2호, pp.63-89, 2017.
- [35] 이호현, "캡스톤디자인 항공모의비행 교과목 수강 후 진로결정 자기효능감, 진로태도 성숙도, 진로결정수준의 변화연구 : 서울 소재 2년제 대학 항공과 재학생들을 대상으로," 취업진로연구, 제10권, 제2호, pp.1-23, 2020.
- [36] 이태식, 전영준, 이동욱, 장병철, "공학대학 캡스톤 디자인(창의적 공학 설계) 교육과정 운영실태 및 학습 만족도 조사," 공학교육연구, 제12권, 제2호, pp.36-50, 2009.
- [37] 전영미, "캡스톤디자인 수업이 학생역량 및 수업만족도에 미치는 효과에 대한 사례 연구," 한국콘텐츠학회 논문지, 제18권, 제3호, pp.601-610, 2018.
- [38] B. Bloom, M. Englehart, E. Furst, W. Hill, and D. Krathwohl, *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain*, Longmans, 1956.
- [39] L. Hedges and I. Olkin, *Statistical methods for meta-analysis*, Academic Press, 1985.
- [40] K. R. Abrams, C. L. Gillies, and P. C. Lambert, "Meta-analysis of heterogeneously reported trials assessing change from baseline," *Statistics in medicine*, Vol.24, No.24, pp.3823-3844, 2005.
- [41] J. Cohen, *Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.)*, Erlbaum, 1988.
- [42] J. Higgins and S. Green, *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions Version 5.1.0, The cochrane Collaboration*, Retrieved from <http://handbook.cochrane.org>, 2011.
- [43] M. Egger, G. D. Smith, M. Schneider, and C. Minder, "Bias in meta-analysis detected by simple, graphical test," *BMJ*, Vol.315, pp.629-634, 1997.
- [44] S. Duval and R. Tweedie, "A nonparametric 'trim and fill' method of accounting for publication bias in meta-analysis," *Journal of the American Statistical Association*, Vol.95, pp.89-98, 2000.
- [45] 김동만, 이태욱, "사범대학에서 캡스톤 디자인의 도입으로 인한 정보교사 자질의 인식 변화에 대한 사례 연구," 한국컴퓨터정보학회논문지, 제24권, 제4호, pp.195-204, 2019.
- [46] 김지숙, 최희정, "캡스톤디자인 프로그램이 간호학생의 창의적리더십, 문제해결능력, 비판적사고 성향에 미치는 효과," 한국콘텐츠학회논문지, 제18권, 제4호, pp.406-415, 2018.
- [47] 윤지영, "캡스톤 디자인 수업모형에 기초한 예비유아교사의 음악 교수매체 개발과 문제해결력에 미치는 영향에 대한 연구," 예술교육연구, 제18권, 제3호, pp.19-34, 2020.
- [48] 이하원, 신원애, "캡스톤 디자인 수업모형에 기초한 언어교수매체 제작 및 적용활동이 예비유아교사의 핵심역량에 미치는 영향," 아동교육, 제27권, 제3호, pp.355-366, 2018.
- [49] 김선주, "협업에 관한 대학생의 인식 연구," 교양교육연구, 제12권, 제3호, pp.11-37, 2018.
- [50] J. Pembridge and M. C. Parette, "Characterizing capstone design teaching: A functional taxonomy. *Journal of Engineering Education*," Vol.108, No.2, pp.197-219, 2019.
- [51] 김문수, "공학교육에서 문제 및 프로젝트기반학습의 비교 고찰과적용 방안," 공학교육연구, 제18권, 제2호, pp.65-71, 2015.
- [52] 강민수, 김상기, 김용욱, 최종현, "캡스톤디자인 학생들을 위한 지식활용 기반의 프로젝트관리시스템 구축," 대한산업공학회 추계학술대회 논문집, pp.267-281, 2015.
- [53] 임동진, "외국 대학의 캡스톤 디자인 (Capstone Design) 교육," 전기의 시계, 제59권, 제3호, pp.58-61, 2006.
- [54] P. N. Chou and C. C. Chang, "Small or large? The effect of group size on engineering students' learning satisfaction in project design courses," *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, Vol.14, No.15, em1597, 2018.
- [55] 김은정, "대학 수업에서 팀 기반 학습 적용 효과에 대한 메타분석," 학습자중심교과교육연구, 제17권, 제

- 22호, pp.721-743, 2017.
- [56] 이정은, 양승희, “간호학 분야 학습자 중심 수업의 효과에 대한 메타분석,” 아시아교육연구, 제19권, 제4호, pp.1049-1077, 2018.
- [57] 김다원, “개인별 책무성 강화에 따른 협력학습의 긍정적 상호 의존성 효과 분석,” 교양교육연구, 제8권, 제5호, pp.485-515, 2014.
- [58] 허원희, “기업연계형 캡스톤디자인 프로그램 사례연구,” 한국융합학회논문지, 제11권, 제6호, pp.119-125, 2020.
- [59] 권순각, 박유현, 한수환, “컴퓨터 소프트웨어 전공 능력 배양을 위한 융합 캡스톤 디자인 사례 연구,” 한국산업정보학회논문지, 제21권, 제2호, pp.21-229, 2016.

저 자 소 개

허 미 선(Mi-Seon Huh)

정회원



- 2014년 8월 : 고려대학교 사범대학 가정교육과(가정학사)
- 2019년 3월 ~ 현재 : 이화여자대학교 대학원 교육공학과 통합과정

〈관심분야〉 : SW교육, 공학교육, 플립러닝, 교수설계

이 정 민(Jeongmin Lee)

정회원



- 2001년 : 이화여자대학교 교육공학과 학사
- 2003년 : 이화여자대학교 교육공학과 석사
- 2009년 : 플로리다주립대 교육측정 및 통계 석사 & 교육심리 및 교육공학박사(복수학위)

- 2009년 : 퍼듀대학교 연구원
 - 현재 : 이화여자대학교 교육공학과 교수
- 〈관심분야〉 : 창의성교육, SW교육, 테크놀로지기반학습설계

[부록. 분석대상 논문 및 분석항목]

	연구자(연도)	출처	교과목	연구대상	학년(대학)	산업체	수업유형	전공 융합	팀원수
1	김동만, 이태욱(2019)	한국컴퓨터정보학회	교육	대학생	고학년	유	이론+실습	단일	4명 초과- 6명 이하
2	김신우(2018)	박사학위 논문	디자인	성인	-	유	이론+실습	융합	-
			디자인	성인	-	유	이론+실습	융합	-
3	김인영(2017)	학습자중심교과교육연구	인문사회	전문대학생	저학년	유	실습	단일	4명 초과- 6명 이하
4	김지숙, 최희정(2018)	한국콘텐츠학회 논문지	간호	대학생	고학년	유	이론+실습	단일	4명 초과- 6명 이하
5	김창희(2017)	디지털산업정보학회 논문지	-	대학생	저학년	무	이론+실습	-	4명 초과- 6명 이하
6	김홍규(2016)	디지털디자인학연구	디자인	대학생	고학년	유	이론+실습	단일	-
			디자인	대학생	고학년	유	이론+실습	단일	-
7	노영희(2015)	한국도서관정보학회지	인문사회	대학생	고학년	유	실습	단일	4명 이하
8	민혜영, 김지영(2020)	한국산학기술학회논문지	간호	대학생	고학년	무	이론+실습	단일	6명 초과
9	서연화, 심현애(2016)	기초조형학연구	디자인	대학생	고학년	무	실습	단일	4명 초과- 6명 이하
10	신수경, 고은교(2017)	어린이미디어연구	교육	대학생	고학년	유	실습	단일	6명 초과
11	신수경, 고은교, 박유영(2016)	OMNES	교육	대학생	고학년	유	실습	단일	4명 초과- 6명 이하
12	신희정(2017)	예술인문사회 융합 멀티미디어 논문지	인문사회	대학생	-	유	실습	단일	-
13	양황규(2019)	수상해양교육연구	-	대학생	-	-	-	-	-
14	윤나리(2012)	박사학위 논문	기술/공학	대학생	저학년	무	실습	단일	4명 초과- 6명 이하
15	윤지영(2020)	예술교육연구	교육	대학생	고학년	유	실습	단일	4명 초과- 6명 이하
16	이하원, 신원애(2018)	아동교육	교육	대학생	고학년	유	실습	단일	4명 이하
17	이종길(2020)	실천공학교육논문지	기술/공학	대학생	고학년	무	이론+실습	단일	4명 이하
18	이호현(2020)	취업진로연구	항공	전문대학생	저학년	무	실습	단일	-
19	장형지(2017)	영어어문교육	인문사회	대학생	고학년	무	이론+실습	단일	4명 초과- 6명 이하
20	전영미(2018)	한국콘텐츠학회 논문지	기술/공학	대학생	-	무	이론+실습	단일	-
			인문사회			유	이론+실습	단일	-
			인문사회			유	이론+실습	단일	-
21	정진현(2012)	한국실과교육기술지	기술/공학	초등학생	-	무	이론+실습	단일	-