

Educational Effects of Self-directed Learning Method Using 3D Printing Products on Radiological Science Students

Youl-Hun Seoung

Department of Radiological Science, College of Health Medical Science, Cheongju University

Received: January 30, 2020. Revised: February 25, 2020. Accepted: February 28, 2020

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze the educational effect of self-directed learning method using 3D printed anatomy on radiological science students. The subjects were 32 students (20 males and 12 females) in the second year of radiological science at university. They were divided two groups as a non-active student group and an active student group. A learning method was self-directed learning using 3D printed anatomical structures, and the effects of quantitative learning improvement were evaluated before and after the learning. The qualitative evaluation of the students was analyzed on the Likert's 5-point scale for the interest, satisfaction, and learning effects (memorization convenience of anatomy name, radiography Interpret ability, understanding on bones structure, and X-ray projection technique). As a result, the enhancement of learning improved 65.4% on average, and all students got scored high on all variables. Especially non-active student groups showed higher correlation coefficients in all variables except interest and radiography interpret than active student groups. These results might suggest that self-directed learning using 3D printed anatomical structures could have a positive educational effect on radiological science students.

Keywords: 3D Printing, Self-directed Learning, Radiological Science, Educational Effect, Anatomical Structure

I. INTRODUCTION

최근 제4차 산업혁명의 근간이 되고 있는 다양한 기술 중 3차원(3-dimension, 3D) 프린팅 기술은 2014년 미래창조과학부와 산업통상자원부가 3D 프린팅 산업 발전전략을 공동으로 수립하면서 국내에 본격적으로 보급되기 시작하였다.^[1] 현재 2019년 3D 프린팅산업 진흥 시행계획 보고서에 의하면 3D 프린팅 국내시장 규모는 23년까지 1조원 규모로 지속적으로 성장할 것으로 전망하고 있으며 특히, 2018년도부터 시작한 소프트웨어 코딩 교육 의무화 등에 따라 학교 교육에 3D 프린팅 교육이 확대되어 교육 분야에서의 활용도가 커지고 있다. 따라서 많은 선행연구에 의하면 3D 프린팅 기술은 디자인교육, 기계공학교육 등에 활용되고 있다고

보고하고 있다.^[2-4] 또한 방사선학 교육에서도 3D 프린팅 기술을 활용하여 일반 X선 촬영 실습용 인체 팬텀을 제작한 사례와 영상해부학 교육을 위해 3차원 인체 모사 조형물 제작 사례가 보고되었다.^[5,6]

방사선학과는 전통적으로 X선을 투과하여 의사들이 원하는 인체정보를 획득하고 제공하는 검사 직무를 주로 교육하고 있다. 이를 위해서는 인체 해부학적 구조물을 정확하게 이해하고 해독할 수 있는 능력을 배양해야 한다. 그러나 인체 해부학적 구조물들은 기능 및 발생학적으로 매우 복잡한 특징을 가지고 있기 때문에 많은 학생들이 어려워하고 있다. 특히 3차원적인 인체 해부학적 구조물이 X선에 의하여 2차원적으로 투영되어 나타나는 해부학적 구조물을 해독하는 일은 쉬운 일이 아니다.

또한 최근 방사선안전관리가 강화되어 교육용 X선 사용이 제한되고 관찰만 가능한 임상 실습의 교육적 상황은 학생들에게 실증적인 도움을 주지 못하고 있으며 실무중심으로 이루어지고 있는 방사선학과 교육의 세계적인 추세와 역행이 되고 있다. 뿐만 아니라 학령인구 감소로 인해 대학 수학 능력이 낮아진 학생들이 증가함에 따라 학업을 따라오지 못해 중도에 탈락하는 학생들이 빈번하게 발생되기도 한다. 따라서 과거 교재 중심의 이론교육에서 벗어나 학생 스스로 수업에 참여하고 자기주도 학습이 이루어지도록 수업의 흥미와 만족도를 개선시킬 수 있는 환경 조성이 중요하다. 특히 방사선영상학 실습수업에서는 한정된 실습실 내 실습장비로 인하여 실습을 대기하는 잉여 학생들이 발생하기 때문에 이에 대한 관리가 중요하기 때문에 이에 대한 대안 마련이 시급하다.

따라서 본 연구에서는 방사선영상학 수업에 적극적인 학생 그룹과 소극적인 학생 그룹으로 나누어 3D 프린팅 해부학 구조물을 이용한 자기주도 학습이 교육 효과에 미치는 영향을 분석하고자 하였다.

II. SUBJECTS AND METHODS

1. 대상

본 연구의 교육 대상자는 충청도 소재의 일개 4년제 대학교의 방사선학과 2학년의 32명(남자: 20명, 여자: 12명)으로 방사선영상학 교과목을 수강한 재학생들로서 3인 1조의 10팀과 2인 1조의 1팀으로 구성하였다. 이들은 수업 참여정도(수업충실성, 예·복습 정도 등)를 5점 리커트 척도로 무기명 자기 기입방식으로 설문조사 한 후 3점(보통)을 기준으로 3점 이하의 소극적인 학생 그룹과 3점 이상의 적극적인 학생 그룹으로 구분하였다. 이때 수거된 설문지의 안정성과 일관성, 예측 가능성을 평가하기 위해 크론바하 알파(Cronbach's α) 계수를 사용했으며 0.6 이상이면 신뢰도에 이상이 없는 것으로 정의하였다. 그 결과 소극적인 학생 그룹의 수업 참여정도의 α 계수는 0.661, 적극적인 학생 그룹은 0.679로 신뢰도에 이상은 없었다.

2. 방법

본 연구에서 사용된 3D 프린팅 해부학적 구조물은 선행연구에서 제시한 방법을 기반으로 제작하였다.^[6] 제작된 3D 프린팅 해부학적 구조물은 왼쪽 상지 골격계와 오른쪽 하지 및 골반 골격계를 팀수에 맞게 총 11개 세트를 제작하였다.

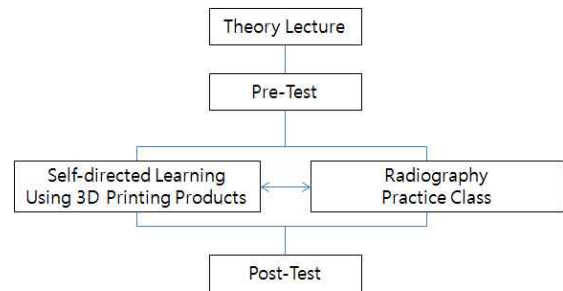


Fig. 1. Educational Model of self-directed learning using 3D printing products.

또한 학생들의 정량적인 학습효과를 측정하기 위해 Fig. 1과 같이 기본적인 이론수업을 듣고 방사선영상 해부학에 대한 사전 퀴즈를 응시하게 하였다. 그리고 방사선영상학 실습을 대기하는 팀들은 Fig. 2와 같이 3D 프린팅 해부학적 구조물을 이용하여 팀별로 해부학 구조물을 조립하고 정면상 및 측면상을 그리며 자기주도 학습을 수행하게 하였다. 모든 팀들이 방사선영상학 실습과 3D 프린팅 해부학적 구조물을 이용한 자기주도 학습을 끝내면 사후 퀴즈를 응시하게 하였다. 이때 사후 퀴즈는 사전 퀴즈의 문제와 동일하지만 답가지만 상이하게 하여 각 24문항, 40문항의 선택형 시험으로 2회에 걸쳐 총 64문항으로 평가하였다. 그리고 3D 프린팅 해부학적 구조물의 구체적인 교육효과를 비교하기 위해 모든 퀴즈는 기명으로 적시하게 하였다.

마지막으로 3D 프린팅 해부학적 구조물을 이용한 자기주도 학습에 대한 정성적인 평가를 위해 수업의 흥미도, 만족도 그리고 학습효과(해부학 명칭 암기 용이성, X선 영상 해독력, 해부학 구조물 이해도, X선 촬영법 이해도)에 대해서 리커트 5점 척도로 무기명 자기 기입방식으로 2회에 걸쳐 총 64부를 분석하였다.

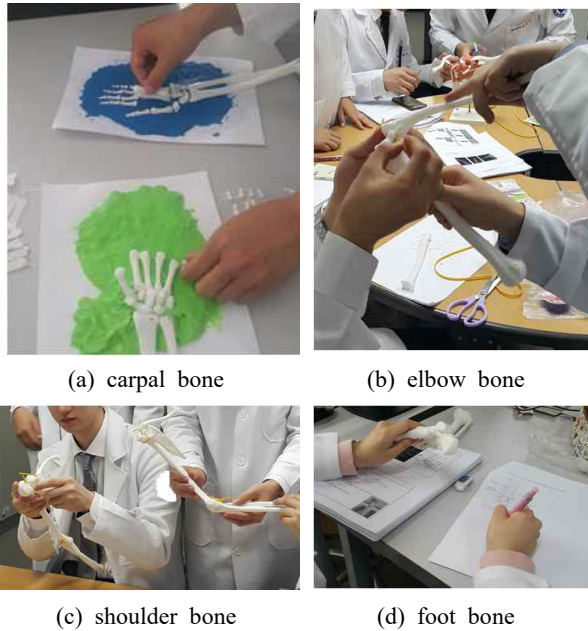


Fig. 1. Cases of self-directed learning using 3D Printing products.

3. 통계적 분석

수집된 데이터는 SPSS software (SPSS 24.0 for Windows, SPSS, Chicago, IL USA)를 사용하여 참여 학생들의 일반적 특성을 빈도 분석하였다. 그리고 학생 그룹간의 수업의 흥미도, 만족도, 해부학 명칭 암기 용이성, X선 영상 해독력, 해부학 구조물 이해도, X선 촬영법 이해도를 비교하기 위하여 척도 평균의 유의한 차이를 모수 검정으로 독립 표본 t-test를 사용하였으며 학습개선 효과(퀴즈성적)의 차이를 확인하기 위해 대응 표본 t-test를 사용하였다. 또한 관련 요인들 간의 상관관계를 분석하기 위해 피어슨 상관관계수(Pearson correlation coefficient)를 이용하였다.

III. RESULTS

1. 대상자들의 인구학적 일반적 특성

대상자들은 Table 1과 같이 적극적인 학생 그룹은 총 13명(40.6%)이었으며 남자가 10명(76.9%)으로 평균 나이가 21.8세이고 여자는 3명(23.1%)으로 20.1세이었다. 소극적인 학생 그룹은 총 19명(59.4%)이었

으며 남자가 12명(63.2%)으로 평균 나이가 22.8세이고 여자는 7명(36.8%)으로 20.8세이었다.

Table 1. General characteristics of the subject

		Age	N(32)	%
M		22.6 ± 1.1	20	62.5
F		21.0 ± 0.5	12	37.5
Total		22.1 ± 1.2	32	100.0
Active Students	M	21.8 ± 1.4	10	76.9
	F	20.1 ± 0.7	3	23.1
	Total	20.0 ± 1.0	13	100.0
Non-Active Students	M	22.8 ± 1.1	12	63.2
	F	20.8 ± 0.4	7	36.8
	Total	22.2 ± 1.4	19	100.0

2. 수업 흥미도, 만족도, 학습효과의 그룹별 비교

3D 프린팅 해부학 구조물을 이용한 자기주도 학습이 수업의 흥미도, 만족도, 학습효과에 대한 학생 그룹 사이의 차이를 분석하였다. 그 결과 Table 2와 같이 적극적인 학생 그룹이 소극적인 학생 그룹 보다 높은 점수를 보여 주었지만 모든 변수에서 유의한 차이를 보이지 않았다.

3. 수업 흥미도, 만족도, 학습효과의 상관관계분석

수업의 흥미도, 만족도, 학습효과 변수 간의 상관관계를 알아보기 위해 피어슨 상관관계수를 이용하였다. 그 결과 Table 3과 같이 적극적인 학생 그룹에서는 흥미도와 만족도간의 상관관계수가 0.800 ($p<0.01$)로 유의하게 가장 높았으며 그 다음은 X선 영상 해독력과 X선 촬영법 이해도간의 상관관계수가 0.647 ($p<0.01$)로 높았다. 그러나 만족도와 해부학 구조물 이해도, 흥미도와 해부학 구조물 이해도, 만족도와 X선 촬영법 이해도, 흥미도와 X선 촬영법 이해도 간에는 통계적으로 유의한 상관관계를 보이지 않았다. 소극적인 학생 그룹에서는 모든 변수들간의 통계적으로 유의미한 상관관계를 가지고 있었으며 특히, X선 영상 해독력과 X선 촬영법 이해도간의 상관관계수가 0.886($p<0.01$)로 유의하게 가장 높았으며 그 다음은 흥미도와 만족도간의 상관관계수가 0.874 ($p<0.01$)로 유의하게 가장 높았다.

Table 2. Comparison of all variables between active students and non-active students

Variables	Group	Mean	SD	t-value	p-value
Satisfaction	Active Students	4.5357	0.70617	0.275	0.784
	Non-Active Students	4.4861	0.72196		
Interest	Active Students	4.4643	0.57620	0.117	0.907
	Non-Active Students	4.4444	0.73463		
Memorization convenience	Active Students	4.5000	0.74536	0.582	0.562
	Non-Active Students	4.3889	0.76636		
Radiography Interpret	Active Students	4.2143	0.62994	1.172	0.246
	Non-Active Students	3.9722	0.94070		
Understanding structure on bones	Active Students	4.5714	0.50395	1.556	0.125
	Non-Active Students	4.3333	0.67612		
X-ray projection technique	Active Students	4.2857	0.88730	1.885	0.064
	Non-Active Students	3.8889	0.57620		

SD: Standard deviation

Table 3. Correlation matrix of all variables between active students and non-active students

Group	Variables	Satisfaction	Interest	Memorization convenience	Radiography Interpret	Understanding on bones structure	X-ray projection technique
Active Students	Satisfaction	1					
	Interest	0.800**	1				
	Memorization convenience	0.598**	0.647**	1			
	Radiography Interpret	0.440*	0.583**	0.552**	1		
	Understanding on bones structure	0.253	0.456	0.364*	0.533**	1	
	X-ray projection technique	0.358	0.361	0.456*	0.716**	0.619**	1
Non-Active Students	Satisfaction	1					
	Interest	0.874**	1				
	Memorization convenience	0.759**	0.801*	1			
	Radiography Interpret	0.567**	0.535**	0.650**	1		
	Understanding on bones structure	0.654**	0.671**	0.735**	0.644**	1	
	X-ray projection technique	0.533**	0.429**	0.528**	0.886**	0.587**	1

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

4. 정량적인 학습개선 효과

3D 프린팅 해부학 구조물을 이용한 자기주도 학습 방법의 실증적인 학습개선 효과를 알아보기 위해 본 연구에서는 2회에 걸쳐서 방사선영상 해부학 시험을 사전 및 사후로 평가하였다. 그 결과 Table 4와 같이 2회 모두 통계적으로 유의하게 성적이 향상되었으며 평균 65.4%의 성적 향상률을 보였다.

Table 4. Comparison of quantitative learning improvement between active students and non-active students

N (total score)	Variables	Mean ± SD	t-value	p-value	Improvement(%)
1st (24)	pre-test	6.9 ± 4.8	-6.445	0.001	73.9%
	post-test	12.0 ± 4.8			
2nd (40)	pre-test	16.7 ± 6.1	-8.285	0.001	56.9%
	post-test	26.2 ± 4.8			
Mean					65.4%

*SD: Standard deviation

IV. DISCUSSIONS

본 연구에서는 최근 교육 분야에서 활용되고 있는 3D 프린팅 기술을 방사선영상학 교육에 적용하여 학습효과를 알아보려고 하였다. 맥킨지 보고서에서는 3D프린팅 기술의 파급효과를 2025년 기준으로 2,300-5,500억 달러로 예측하였다.^[7] 한국에서도 2014년 미래창조과학부 주도로 3D 프린팅 관련 제조업 및 콘텐츠 산업이 성장하기 시작하였다.^[8] 그 결과 많은 분야에서 3D 프린팅을 활용할 수 있는 산업을 발굴하고 있으며 특히 교육 분야에서는 과학, 기술(실과), 공학, 예술, 수학의 내용과 원리를 통합적으로 교육하여 과학기술에 대한 학생들의 흥미와 이해력을 높이고 창의적 문제 해결력을 기르기 위한 융합인재교육(STEAM) 프로그램이 개발하여 활용하고 있다.^[9]

검사의 최점점부에서 직무를 수행하는 방사선사들의 기본적인 역량은 매우 중요하며 특히 영상해부학적 분석능력은 다양한 검사 직무의 기초가 되고 있다. 그러나 우리는 전통적으로 교과서의 영상 중심으로 교육하고 있기 때문에 다수의 학생들은 해부 구조물을 이해하고 암기하는데 어려움을 겪

고 있다. 방사선(학)과 교수협의회에서 제시한 192건의 X선 촬영법을 익히고 이해하는 것은 쉬운 일이 아니다. 시뮬레이션 교육을 통해서 분석한 일반 X선 검사의 오류에 대한 선행연구에서도 환자 자세 설정 오류가 많았다는 점이 이를 뒷받침하고 있다.^[10] 기성 제품으로 판매되고 있는 해부학 구조물들은 다수로 구매하기에는 비용이 비싸고 주로 완제품으로 출시되고 있어 조립 관찰이 용이하지 못한 단점을 가지고 있다. 그러나 3D 프린팅 기술은 모델링 데이터만 있으면 반복 출력이 가능하며 기존 상용화된 제품보다도 비용이 낮은 장점을 가지고 있다. 본 연구에서도 인터넷으로 무료 공개된 해부학 구조물을 탐색하여 수집하였다.^[11] 또한 3D 프린팅 모델링 과정에서 해부학 구조물들을 분리할 수 있으며 크기도 조절할 수 있는 특성도 가지고 있다.^[6]

본 연구에서는 3D 프린팅 해부학 구조물을 이용한 자기주도 학습효과를 심층적으로 분석하기 위해 평소 수업에 적극적인 학생 그룹과 소극적인 학생 그룹으로 나누어 평가하였다. 그 결과 소극적인 학생들이 약 60%로 적극적인 학생들보다 많았고 여학생들이 남학생들보다 소극적인 경향이 보였다. 이러한 성향은 선행연구와 반대 결과이지만 대상자들 중 상대적으로 나이가 많은 남학생 군필자들이 수업에 적극적인 모습을 보인 결과라고 추정된다.^[12] 수업의 흥미도, 만족도, 학습효과에 대한 학생들의 생각은 모든 그룹에서 유의한 차이 없이 높은 효과가 있다고 응답하였다. 그러나 그룹별로 변수간의 상관관계를 분석하면 소극적인 학생그룹에서는 모든 변수에서 상관관계를 유의하게 가지고 있어 3D 프린팅 해부학 구조물을 이용한 자기주도 학습에 민감하게 영향을 받고 있었다. 특히, 통계적으로 유의한 상관관계를 가지고 있는 변수들을 적극적인 학생 그룹과 비교하면 흥미도와 X선 영상해독력간의 상관계수를 제외한 모든 상관계수가 소극적인 학생 그룹이 높았다. 그 중 X선 영상해독력과 X선 촬영법 이해도간의 상관계수가 가장 높았다. 반면 적극적인 학생 그룹에서는 만족도와 해부학 구조물 이해도, 흥미도와 해부학 구조물 이해도, 만족도와 X선 촬영법 이해도, 흥미도와 X선 촬영법 이해도 등이 유의한 상관관계를 보이지 않

았다. 이는 적극적인 학생 그룹들이 예·복습 등을 통한 선행학습으로 상대적으로 낮은 민감도를 보이는 것으로 추정된다. 마지막으로 실증적인 학습 성과를 정량적으로 평가하기 위해 선택형 시험을 2회에 걸쳐 3D 프린팅 해부학 구조물을 이용한 자기주도 학습 전·후를 비교한 결과 최대 73.9%, 평균 65.4%의 향상률을 보였다.

본 연구는 3D 프린팅 구조물을 방사선학 교육에 활용한 초기 연구로서 흥미도, 만족도, 학습효과에 제한된 점이 있지만 향후 후속 연구를 통해 다양한 변수에 의한 가설로 진보된 연구성과를 제시할 수 있으리라 기대한다. 또한 객관적인 설문조사를 실시하기 위해 무기명으로 조사한 반면 시험은 비교를 위해 기명으로 평가하였기 때문에 설문조사와 연동되지 못해 그룹별로 성적 향상률을 분석하지 못한 한계점이 있다. 그러나 3D 프린팅 해부학 구조물을 이용한 자기주도 학습이 방사선영상학 교육에 긍정적인 효과가 있었음을 확인할 수 있었으며 수업에 소극적인 학생들에게는 더 민감하게 긍정적인 교육효과가 있었음을 알 수 있었다.

V. CONCLUSIONS

본 연구에서는 3D 프린팅 해부학 구조물을 이용한 자기주도 학습이 방사선학과 학생들에게 미치는 영향을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 수업의 흥미도, 만족도, 학습효과(해부학 명칭 암기 용이성, X선 영상 해독력, 해부학 구조물 이해도, X선 촬영법 이해도)에 대해 높은 긍정적인 효과가 있었다.

둘째, 흥미도와 X선 영상 해독력을 제외한 모든 변수들간의 상관관계가 수업에 적극적인 학생들보다 소극적인 학생들에게 더 높게 나타났다.

셋째, 정량적인 학습개선 효과는 평균 65.4%의 향상률을 보였다.

References

[1] H. C. Kim, "A Study on the socio-economic impact of 3D Printing," *Journal of Digital Convergence*, Vol. 13, No. 7, pp. 23-31, 2015.

- [2] H. S. Choi, M. R. Yu, "A Study on Educational Utilization of 3D Printing : Creative Design Model-based Class," *Journal of Korean Association of Information Education*, Vol. 19, No. 2, pp. 167-174, 2015.
- [3] H. J. So, J. H. Lee, B. K. Kye, "An Exploratory Study about the Activity Framework for 3D Printing in Education and Implementation," *Journal of Korean Association of Information Education*, Vol. 21, No. 4, pp. 451-462, 2017.
- [4] I. H. Lee, J. M. Shin, H. Y. Cho, "Design and Operation of 3D Printing Education Curriculum in Mechanical Engineering," *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, Vol. 14, No. 3, pp. 21-26, 2015.
- [5] W. J. Choi, D. H. Kim, "Making Human Phantom for X-ray Practice with 3D Printing," *Journal of the Korea Society of Radiology*, Vol. 11, No. 5, pp. 370-377, 2017.
- [6] Y. H. Seoung, "A Case Study of Three Dimensional Human Mimic Phantom Production for Imaging Anatomy Education," *Journal of the Korea Society of Radiology*, Vol. 12, No. 1, pp. 71-78, 2018.
- [7] McKinsey Global Institute, *Disruptive Technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy*, 2013.
- [8] National IT Industry Promotion Agency, "2018 Status survey of 3D Printing Industry," 2019.
- [9] B. H. Kim, S. H. Lee, J. M. Tae, J. S. Kim, "Development T-STEAM Program of Practical Art in Elementary School and Its Application," *Korean Society for Creativity Education*, Vol. 12, No. 3, pp. 209-228, 2012.
- [10] Y. H. Seoung, "Error Analysis of General X-ray Examination by Using Simulation Training," *Journal of the Korea Society of Radiology*, Vol. 12, No. 7, pp. 919-927, 2018.
- [11] <https://www.thingiverse.com/>
- [12] Y. H. Seoung, "Report of Radiologic Education Effect Case in First-year Students at University by Using Concept Map," *Journal of Radiological Science and Technology*, Vol. 42, No. 6, pp. 491-496, 2019.

3D 프린팅 구조물을 이용한 자기주도 학습방법이 방사선학과 학생들에 미치는 교육 효과

성열훈

청주대학교 보건의료과학대학 방사선학과

요 약

본 연구에서는 방사선영상학 수업에서 3D 프린팅 해부학 구조물을 이용한 자기주도 학습이 교육 효과에 미치는 영향을 분석하고자 하였다. 대상은 4년제 대학교의 방사선학과 2학년의 32명(남자: 20명, 여자: 12명)으로 방사선영상학 교과목을 수강한 재학생들로서 소극적인 학생 그룹과 적극적인 학생 그룹으로 구분하였다. 학습방법은 3D 프린팅 해부학적 구조물을 이용한 자기주도 학습으로 진행했으며 학습 전·후로 정량적 학습개선효과를 평가하였다. 학생들의 정성적인 평가를 위해 수업의 흥미도, 만족도 그리고 학습효과(해부학 명칭 암기 용이성, X선 영상 해독력, 해부학 구조물 이해도, X선 촬영법 이해도)에 대해서 5점 리커트 5점 척도로 분석하였다. 그 결과 학습개선효과는 평균 65.4%가 향상되었으며 모든 학생들이 모든 변수에서 높은 점수를 얻었다 특히, 흥미도와 X선 영상 해독력을 제외한 모든 변수에서 소극적 학생그룹이 적극적인 학생그룹보다 높은 상관계수를 보였다. 이러한 결과는 3D 프린팅 해부학 구조물을 이용한 자기주도 학습이 방사선학과 학생들에게 긍정적인 교육효과를 기대할 수 있다.

중심단어: 3D 프린팅, 자기주도학습, 방사선학, 교육효과, 해부학 구조물

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(단독저자)	성열훈	청주대학교 보건의료과학대학 방사선학과	교수