

## 합성수지 점토를 이용한 심장발생 모델링 실습 방법 제안

주경민<sup>1</sup>, 전수경<sup>2</sup>, 권혁이<sup>2</sup>, 황영일<sup>2</sup>

<sup>1</sup>성균관대학교 의과대학 해부세포생물학교실, <sup>2</sup>서울대학교 의과대학 해부학교실

## Suggestion of the Modeling of the Developing Heart Using Polymer Clay

Kyeong Min Joo<sup>1</sup>, Su Kyoung Jeon<sup>2</sup>, Hyeok Yi Kwon<sup>2</sup>, Young-il Hwang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Anatomy and Cell Biology, Sungkyunkwan University School of Medicine

<sup>2</sup>Department of Anatomy and Cell Biology, Seoul National University College of Medicine

**Abstract** : Because of the complexity of the heart development process, a 3-dimensional understanding of it is not easy. SNU College of Medicine devised a modeling exercise for the developing heart to promote understanding of the process and implemented it for first-year students since 2011. This study was performed to validate this exercise and propose the implementation of this at each medical school. We used commercially available polymer clay for children. On the first day, students made the outflow tract and both ventricles as a unit and the common atrium as another unit. These two units were combined to form an embryonic 30-day or 35-day developing heart model. After leaving the model to dry for two to three days, a coronal section was made through the outflow tract and both ventricles to open the model. Students compared the interior of the model to that depicted in the textbook and reflected on it. Afterward, students marked with colored clay the appearance of the endocardial cushion along the atrioventricular canal, interventricular septum, and the outflow tract, simulating the division of the four chambers and the outflow tract into the aorta and the pulmonary trunk. The students' perception of the exercise was generally positive, in that it was not difficult to perform, fun, helpful in learning, and they actively participated. They also responded that discussions with colleagues helped them perform the modeling and understand the developing processes of the heart. We analyzed the scores of the embryology exam at the end of the semester and compared those of the years 2008~2010 and 2011~2013, corresponding years before and after the practice, respectively. There was no statistically significant difference between the correct answer rates of the questions concerning heart development and that of the other questions in all years. However, even though not significant statistically, the ratio of correct answers in the two question groups showed some improvement after the exercise. In conclusion,

본 연구는 2021년 서울대학교병원연구비 (grant from Seoul National University Hospital (2021))의 지원으로 수행되었음.

저자(들)는 '의학논문 출판윤리 가이드라인'을 준수합니다.

저자(들)는 이 연구와 관련하여 이해관계가 없음을 밝힙니다.

**Received:** September 8, 2021; **Revised:** October 2, 2021;

**Accepted:** October 7, 2021

**Correspondence to:** 황영일 (서울대학교 의과대학 해부학교실)

**E-mail:** [hyi830@snu.ac.kr](mailto:hyi830@snu.ac.kr)

we recommend three-dimensional modeling exercise using polymer clay for several reasons for a 3-dimensional understanding of heart development, which is difficult to achieve based on 2-dimensional materials.

**Keywords** : Embryology laboratory, Heart development, Polymer clay, 3-dimensional modeling, Haptic perception

## 서 론

의학적 지식의 적용 대상이 3차원 구조물인 사람이기 때문에 의학 공부에 있어서 구조물에 대한 3차원 정보는 필수적이며, 이에 대한 기초는 해부학 학습에서부터 시작 된다고 할 수 있다[1]. 이에 따라 해부학 구조물을 3차원으로 가시화하는 여러 방법들이 꾸준히 발전되어 왔는데, 이들은 대부분 컴퓨터 기술을 바탕으로 하고 있으며, 실제로 이런 기술들은 해부학 학습에 많은 도움이 되고 있다[2].

해부학 구조물을 3차원으로 학습하는 방법 중 하나는 합성수지 점토(polymer clay)를 이용하는 것이다. 점토를 활용한 해부학 교육은 아주 오래전부터 있어 왔다. 공식적인 기록으로는 1904년에 신경해부학 학습을 위해서 사용한 것이 처음이었지만 그 이전에 이미 존스홉킨스 의대에서 사용되어 왔었다[3]. 합성수지 점토는 비용이 저렴하고 computer를 기반으로 하는 학습과는 달리 손으로 직접 만지고 조작할 수 있다는 장점이 있어서, 이후 근육뼈대, 말초신경, 심장혈관, 내장기관 등등 다양한 구조물의 학습에 자주 이용되어 왔다[4-7]. 특히 학습하기 어려운 신경계통 구조물에 대한 활용이 꾸준히 있어 왔다[4,8-11].

신경 구조물과 더불어 공간적으로 이해하기 어려운 것 중의 하나가 아마도 개체 발생 과정일 것이다. 특히 심장의 발생은 하나의 관(심장대롱 heart tube)이 꼬여서 심장 고리(cardiac loop)를 만들고, 이것이 다시 네 개의 방으로 나뉘는 과정을 거친다. 또한 하나의 유출로(outflow tract)가 나선형으로 분할되어 대동맥과 허파동맥으로 나뉘며 각각 원심실과 오른심실로 연결되는 등 매우 복잡한 과정을 거치며, 이러한 과정은 2차원 그림으로는 이해하기 쉽지 않다. 주요 선천기형의 28%가 심장의 기형이며[12], 그 빈도가 1,000명 출생당 9.1명에 달한다는 점[13]을 고려하면 심장발생 과정에 대한 이해는 매우 중요한 학습 과제라고 할 수 있다.

지금까지 점토 등을 이용한 심장발생 과정에 대한 학습은 시도된 예가 없었다. 서울대학교 의과대학에서는 2011년부터 합성수지 점토를 활용한 심장발생 과정에 대한 실습을 고안하여 시행해 오던 바, 이에 대한 보고와 제안을 하고자 한다.

## 연구 대상 및 방법

### 1. 합성수지 점토를 이용한 심장발생 모델링 대상과 재료의 선정

시간적 제약으로 인해서 학생들에게 많은 실습을 시행할 수 없는 상황에서 심장발생의 어느 단계를 실습해 보는 것이 좋을지를 발생학 교육에 관여하는 교수자들의 논의를 통하여 그 대상을 선정하였는데, Langman의 발생학 교과서[14]에 그림으로 묘사되어 있는 배아발생 30일(E30)과 배아발생 35일(E35)의 발생 단계가 상대적으로 이해하기 어려운 부분이라 생각되어 이를 선정하였다. 이어서, 이들을 제작하는 방법을 논의하여 가장 편하게 만들 수 있는 과정을 개발하였다.

실습에 사용하는 재료로는 시중에서 시판되는 아동용 합성수지 점토(Polymer Clay; 이하 '점토'라 함; 천사점토, 쥘도너랜드, 안양)를 선택하였다.

### 2. 실습 시행

2011년에 처음으로 서울대학교 의과대학 1학년 1학기 학생 158명을 대상으로 실습을 진행하였다. 학생들은 해부학 학습을 끝내고 이어서 진행된 발생학 수업에서 심장발생에 관하여 2시간의 강의를 들은 상태였다. 전체 학생을 조당 7~8명씩 21개 조로 나누고 각 조를 다시 3~4명의 팀으로 나누었다. 한 조의 두 팀은 각각 E30과 E35의 심장발생 단계를 모형으로 만들도록 하였다. 실습은 2회에 걸쳐 시행하였고, 각 실습에는 2시간씩이 배정되었다. 실습을 시행하기에 앞서서 학생들에게 E30과 E35의 심장 구조에 대하여 복습하도록 하였다.

### 3. 점토 모델링 실습의 효과 평가

실습의 효과는 학생들의 주관적인 느낌과, 성적 비교를 통한 객관적인 근거의 두 가지 측면에서 확인하였다.

모델링 실습에 대한 학생들의 인식은 2012년에 실습을 시행한 학생 166명을 대상으로 10개 항목으로 구성된 설문지(Table 1)를 통하여 알아보았다. 이 중 8개 항목에 대

**Table 1.** Questionnaire for student perception of the clay modeling exercise**I. Rate your agreement for each questions below;**

	strongly disagree	disagree	neutral	agree	strongly agree
1. The exercise was interesting.					
2. The exercise was helpful for studying the developing heart.					
3. The subject was difficult to perform.					
4. The exercise was <b>not</b> effective to gain new information.					
5. I actively participated the exercise.					
6. The time assigned was enough for the exercise.					
7. Discussion with peers was helpful for performing the exercise.					
8. Discussion with peers was helpful for understanding the development of the heart.					

**II. Choose two subjects which the exercise was the most helpful to understand for.**

- 1) blood flow in the developing heart
- 2) structure of the cardiac loop
- 3) changing process of the position of the atrioventricular canal relative to the interventricular canal
- 4) division of the atrioventricular canal
- 5) process of the formation of the interatrial and/or invertentricular septa
- 6) division of the outflow tract
- 7) structural change of the venous sinus

**III. List any other objectives which the clay modeling exercise would be helpful to understand.**

해서는 Likert 5점 척도에 따라 응답하고, 한 항목은 여러 보기 중에서 2개를 선택하도록 하였으며, 나머지 한 항목은 주관식으로 답하도록 하였다.

실습의 객관적인 교육성과를 확인하기 위하여 실습 시행 전과 후 각 3년의 성적을 비교하여 보았다. 자료의 한 계로 인해서 선다형 문항만을 대상으로 하였으며, 전체 발생학 시험 문항 중에서 심장발생 관련 시험문항과 그 외의 시험문항을 분류하고, 각 문항군에 대한 정답률을 구한 후 비율(심장 관련/심장 외)도 함께 구하였다. 학생들의 시험 성적 활용은 연구심사위원회(서울대학교 의과대학 IRB; 심사번호, C-1112-007-387)의 승인을 얻어 시행하였다. 심혈관계 발생학 강의와 시험문항 출제는 모두 저자 중 한 사람이 하였다.

이상 자료의 통계적 유의성은 “IBM® SPSS® Statistics version 25”를 사용하여 student T test와 Wilcoxon rank sum test로 검증하였다.

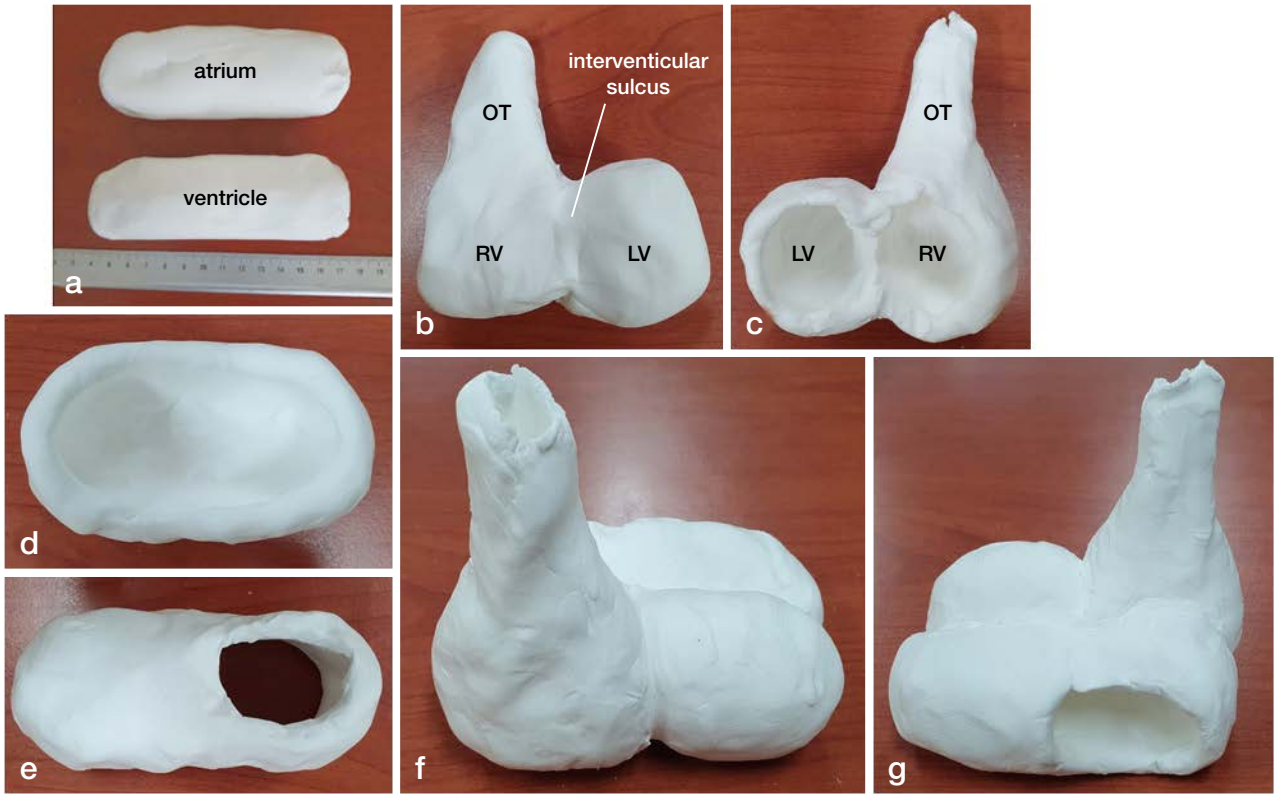
## 결 과

### 1. 점토를 활용한 발생 중 심장 모델링 과정

점토를 사용하여 발생 중 심장을 만드는 과정은 첫째 날에 심장을 만들고 둘째날에 이를 관상절단하여 유출로(outflow tract)를 분할하는 과정 등 이를 과정으로 개발하였다.

#### 1) 첫째날 실습 과정

- (1) 원시심장의 유출로와 심실, 심방을 만들 점토 두 덩어리를 준비한다(Fig. 1a).
- (2) 먼저 유출로, 오른심실, 왼심실을 만든다(Fig. 1b, c). 준비된 점토를 크게 세 부분으로 나눈 후에 손가락으로 각각의 공간을 만든다. 이때 심실의 뒤쪽은 개방된 상태로 만들며(Fig. 1c), 유출로는 오른심실에서 바로 위로 향하도록 하고, 두 심실안 사이에는 약간의 틈(interventri-



**Fig. 1.** Processes of the first day of clay modeling of the developing heart. a. Preparation of two lumps of clay for the ventricles and common atrium. b. Partial segmentation of a lump into the outflow tract (OT), right ventricle (RV), and left ventricle (LV). Anterior view. c. Posterior view of a completed model for the ventricular part. d. Anterior view of the common atrium. e. Posterior view of the common atrium with a window on the right side representing the opening for the coronary sinus. f. Anterior view of a completed model. G. Posterior view of a completed model.

cular septum)이 생기도록 한다. 또한 바깥에서 보았을 때 양쪽 심실 사이의 경계인 심실사이고랑(interventricular sulcus)이 나타나도록 한다.

- (3) 나머지 점토 덩이를 사용하여 오른심방과 왼심방의 구분 없이 온심방(common atrium)을 만든다(Fig. 1d).
- (4) 칼날을 사용하여 장차 오른심방이 될 부분에 심장정맥굴(coronary sinus)이 연결될 창을 만든다(Fig. 1e).
- (5) 심실과 온심방의 열린 테두리를 칼날과 손가락으로 평평하게 다듬고 표면에 물칠을 한 후 두 구조물을 합쳐서 심장 모형을 완성한다(Fig. 1f, g).
- (6) 완성된 심장 모형은 2~3일 정도 공기 중에서 건조시켜 굳힌다.

## 2) 둘째날 실습 과정

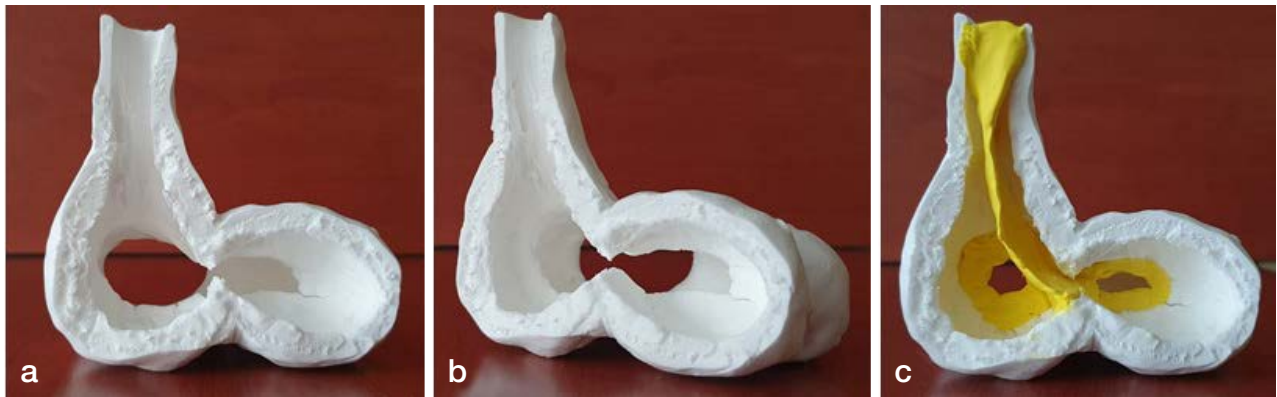
- (1) 모형이 적당히 마른 후에 칼날을 사용하여 유출로, 오른심실, 왼심실을 포함하는 관상면을 설정하고, 이 면을 따라 칼날을 사용하여 관상절단을 한다(Fig. 2a, b).

- (2) 노출된 속면을 그린 후에 실제 모습과 이론적 모습의 차이점을 기술하여 제출한다.
- (3) 색깔 있는 점토를 사용하여 심장속막방석에 의해 이루어지는 심실사이막 형성, 유출로의 분할, 방실관 판막 형성 등을 재현한다(Fig. 2c).

## 2. 점토 모델링에 대한 학생들의 인식

설문조사 결과 학생들은 심장발생에 대한 점토 모델링 실습에 대해 전반적으로 긍정적인 인식을 보여주었다(Table 2). 학생들은 실습에 적극적으로 참여하였고(3.9), 실습은 재미있고(3.7) 어렵지 않았으며(2.7), 학습에 도움이 되었다(3.4)고 하였다. 또한 동료 학생들과의 의견교환 과정에 큰 의미를 부여하였다(3.7, 3.7).

제시된 바 심장발생 과정 중 나타나는 7가지 항목에 대해서 가장 도움을 받은 항목 2개를 선택하라는 설문에서 학생들은 모두 209개 항목을 선택하였다(Table 3). 이 중에서 방실관과 심실관의 상대적인 위치관계 변화(30.1%),



**Fig. 2.** Processes of the second day of clay modeling of the developing heart. a. The heart model was coronally section through the outflow and the ventricles. Anterior view. The inner structures are exposed. b. Anterior oblique view of the coronally sectioned heart model. c. Yellow-colored clay was used to represent the regions where the endocardial cushion contributes to making structures. Doing this process, it should be realized that the outflow tract had to be shifted a little more to the left so as to it could override both ventricles.

**Table 2.** Students' perception concerning the clay-modeling of the developing heart

	Exercise interest (3.7)	Helpful for study (3.4)	Difficult (2.7)	No new knowledge (3.5)	Active involvement (3.9)	Enough exercise time (3.5)	Helpful peer discuss <sup>1)</sup> (3.7)	Helpful peer discuss <sup>2)</sup> (3.7)
(Agree)								
5	42 (31.3%)	27 (20.1%)	11 (8.2%)	7 (5.2%)	41 (30.6%)	24 (17.9%)	27 (20.1%)	28 (21.1%)
4	39 (29.1%)	40 (29.9%)	15 (11.2%)	19 (14.2%)	56 (41.8%)	52 (38.8%)	63 (47.0%)	61 (45.9%)
3	30 (22.4%)	37 (27.6%)	42 (31.3%)	37 (27.6%)	27 (20.1%)	35 (26.1%)	25 (18.7%)	27 (20.3%)
2	16 (11.9%)	21 (15.7)	51 (38.1%)	47 (35.1%)	7 (5.2%)	13 (9.7%)	12 (9.0%)	11 (8.3%)
1	7 (5.2%)	9 (6.7%)	15 (11.2%)	24 (17.9%)	3 (2.2%)	10 (7.5%)	7 (5.2%)	6 (4.5%)
(Disagree)								
Total	134 (100%)	134 (100%)	134 (100%)	134 (100%)	134 (100%)	134 (100%)	134 (100%)	133 (100%)

The numbers in the parenthesis under each item represent the average score.

<sup>1)</sup>In terms of proceeding the laboratory activities.

<sup>2)</sup>In terms of understanding the development of the heart.

심방사이막/심실사이막 형성 (18.7%), 심장고리의 구조 (15.3%) 등의 이해에 특히 도움이 되었다고 하였다.

그 외에 점토 모델링을 통한 추가실습 항목에 대해서는 많은 학생들이 답을 하지는 않았지만 배아접힘(10명), 소화관 형성(7명), 창자배형성(5명) 등의 응답이 있었다.

### 3. 실습 시행 전후 연도의 학생 성적 비교

실습 시행이 학생들의 학습에 미치는 영향에 대한 객관적인 평가를 위하여 실습 시행 전 3년(2008~2010)과 실

습 시행 후 3년(2011~2013)의 발생학 시험 성적을 분석하였는데, 각 연도별로 심장발생 관련 문항과 기타 문항의 정답률을 비교하여 보았다. 헛수가 많이 경과하여 주관식 답안지가 유실되었기 때문에 성적 분석은 선다형 문항에 국한하였다.

모든 연도에서 심장발생 관련 문항의 정답률과 기타 문항의 정답률 사이에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다 (Table 4). 그러나 두 문항군의 정답률 사이의 비율은 실습 이전(2008~2010년도)에는 심장 관련 문항 정답률이

**Table 3.** Items chosen by students that were helpful to understand through the clay modeling

Items	Number	%
1) blood flow in the developing heart	22	10.5
2) structure of the cardiac loop	32	15.3
3) alteration in the relative position of the atrioventricular canal and interventricular canal	63	30.1
4) division of the atrioventricular canal	18	8.6
5) formation of interatrial and/or interventricular septum	39	18.7
6) division of the outlet tract of the heart	10	4.8
7) structural change of the venous sinus	25	12.0
Total	209	100

**Table 4.** Comparison of the exam scores before and after the clay modeling

Years	Number of questions			Average correct answer rate			Ratio <sup>3)</sup>	
	Total	Heart <sup>1)</sup>	Others	Heart <sup>1)</sup>	Others	p value		
Pre	2008	35	3	32	48.5 ± 12.79 <sup>2)</sup>	80.1 ± 13.2	0.348	0.61
	2009	62	9	53	62.3 ± 17.9	67.1 ± 26.1	0.348	0.93
	2010	38	4	34	81.5 ± 9.1	81.8 ± 20.0	0.080	1.00
Post	2011	57	12	45	85.7 ± 10.9	78.1 ± 16.8	0.916	1.10
	2012	34	3	31	86.4 ± 17.9	80.1 ± 17.3	0.832	1.08
	2013	49	3	46	85.0 ± 9.7	78.6 ± 18.0	0.732	1.08

<sup>1)</sup> questions asking about the development of the heart

<sup>2)</sup> mean ± standard deviation

<sup>3)</sup> Ratio means correct answer rates for the heart/for the others of the year. The p value of ratios of pre-years vs ratios of after-years is 0.109.

기타 문항 정답률에 미치지 못하거나 비슷하였으나(비율 = 0.61, 0.93, 1.00) 실습 시행 이후(2011~2013년도)에는 심장 관련 문항 정답률이 기타 문항 정답률보다 다소 높은 양상을 보였다(비율 = 1.10, 1.08, 1.08). 그러나 이 역시 통계적 유의성은 없었다(p=0.107).

## 고찰

심장발생 과정에 대한 이해를 향상시키기 위한 방편으로 점토를 이용한 원시심장 모형 만들기 방법을 고안하고, 이를 학생들에게 적용하여 보았다. 학생들은 이러한 실습 방법에 대해서 여러 면에서 긍정적인 반응을 보여서, 실습이 재미있고, 그리 어렵지 않았으며, 적극적으로 참여하였다고 하였다. 또한 동료들과의 의견교환에 대한 긍정적인 의견을 나타냈으며, 이러한 실습을 통하여 방실관과 심실사이관의 상대적인 위치관계 변화, 심방사이막/심실사이막 형성, 심장고리의 구조 등에 대한 이해에 도움을 받았다고

하였다. 그러나 객관적인 비교기준인 성적에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

실습의 객관적인 성과 이전에, 무엇인가를 직접 손으로 만드는 형태의 실습은 여러 학습이론에 의해서 그 타당성이 뒷받침된다. 학습이 일어나는 기전을 설명하는 가장 최근의 이론인 구성주의(constructivism) 관점에서 볼 때 ‘지식(knowledge)’이란 외부에서 내부로 이전하여 습득되는 것이 아니라 기존 학습내용을 바탕으로 경험과 사고를 통해서 학습자 안에서 학습자가 스스로 만들어나가는 것이다. 학습이 잘 일어나기 위해서는 학습자 스스로가 능동적인 학습활동을 하여야 하며, 주변 동료와의 활발한 상호작용이 있어야 한다[15,16]는 것이다. 학습자가 단순히 수업을 듣기만 하는 것을 넘어서 읽고, 쓰고, 토론하고, 문제 해결하는 등 여러 다른 활동을 하는 능동학습(active learning)이 학습의 효율을 높이고 기억을 증진시킨다는 것은 여러 연구자들이 얘기한 바 있다[17,18]. 또 다른 관점에서, 해부학의 복잡한 3차원 구조는 교과서, 칠판, 파워포인트 프레젠테이션 등의 평면 이미지로는 의대생의 뇌에 구

축되기 어려우며, 3차원 영상자료는 해부학교육에 유용한 것으로 보고된 바 있으며[2] 같은 맥락에서 인체해부실습의 중요성이 언급된 바 있다[1]. 나아가서, 외부자극에 대해 능동적으로 손을 접촉하여 얻는 감각(촉각 지각 haptic perception)은 시각, 청각 등과 함께 기억(memory)의 한 요소를 구성하며[19], 기억 유지에 도움이 된다[20]고 알려져 있다. 이상과 같은 교육학과 인지심리학의 이론을 바탕으로 학생들이 능동적으로, 동료들과 상호작용하면서, 3차원 구조물을 직접 손으로 만지면서 만드는 과정을 경험하는 것은 학생들에게 매우 중요한 경험일 것으로 생각된다.

본 실습 과정에 대해서 학생들은 대체로 긍정적인 반응을 보였다(Table 2). 이는 점토를 활용한 실습에 관한 이전 연구에서 일반적으로 보고된 바이다. 2~3명이 한 조가 되어 점토를 이용해 시행한 뇌 바다핵 실습에서 학생들은 82%가 ‘매우 도움이 되었거나 도움이 되었’으며 추후에도 이러한 실습을 하고 싶다는 응답 비율도 84%에 달했다[8]. 근육, 말초신경, 혈관을 익히기 위한 실습으로 고양이 해부와 점토 모델링 실습을 비교한 논문[5]에서는 구조물에 대한 이해 증진도(helpful to understand), 흥미도(fun), 참여도(enjoyed) 등 여러 항목에서 점토 모델링 실습에 참여한 학생들이 월등히 높은 비율(약 30% 대 70%)로 긍정적인 반응을 보였다. 뇌실 주변 구조물의 학습을 강의 대신에 점토 모형을 만드는 것을 주제로 내 준 경우[11]에도 학생들은 점토 실습이 재미있었으며(86%), 공부에 투자한 시간도 상대적으로 줄어들었고, 학습이 성공적으로 이루어졌다(66%)고 답변하였다. 참여적 활동이 학습동기를 높인다는 점[21,22]을 고려하면 타당한 결과로 생각된다.

학생들의 반응 중에 ‘새로운 지식의 습득’에 대해서는 그다지 긍정적이지 않은 반응을 보였는데, 이는 학생들이 이미 발생학을 학습했고, 실습 시행 이전에 관련 사항에 대한 강의가 이루어진 상태였기 때문이라 생각된다.

점토를 사용한 이전의 여러 연구들에서 학생들의 성적 상승이 보고되었다[4,8,9,11,23]. 학생뿐만이 아니라 산부인과 수련의를 대상으로 한 골반의 해부학 공부에도 역시 증가된 성적을 보여 점토 모델링이 기억파지(memory retention)에 도움이 된다고 하였다[24]. 그러나 일부 논문에서는 이와는 다른 결과를 보이고 있다. 학생들을 두 군으로 나누어 각각 고양이 해부와 점토 모델링 실습을 한 후 시행한 시험에서 두 군 사이에 통계적으로 유의한 성적 차이는 없었다[5]. 유사한 결과가 인체해부 실습 과정 학생들에게 추가로 시행한 점토 모델링 실습(clay intervention)과 특별히 고안한 지면 학습(written navigational module intervention) 사이에서도 관찰되었는데[6], 특히 사항은 두

군 모두 추가실습을 하지 않은 대조군에 비해 성적이 향상되었다는 점이다. 결국 향상된 성적은 추가적인 능동학습의 결과로 해석되었다. 의대생을 대상으로 한 또 다른 연구에서는 점토 모델링을 직접 실시한 학생에 비해서 옆에서 지켜보기만 한 학생이 오히려 높은 성적을 얻었다[10]. 그러나 직접 관찰군과는 달리 그 과정을 동영상으로 지켜본 군의 성적은 오히려 직접 시행한 군보다 낮게 나왔다. 이러한 결과에 대해 저자들은 학습 과정에 대한 집중도의 차이에서 비롯되었다고 해석하였다.

우리 연구 결과에서, 각 연도에서 심장발생 과정 관련 문항군과 그 외 문항군의 정답률이 통계적으로는 차이를 보이지 않았다(Table 4). 이는 각 문항의 정답률 편차가 매우 크기 때문이며 또한 심장 관련 문항군의 수가 상대적으로 매우 적었기 때문이라 생각된다. 역시 통계적 유의성은 없었지만, 두 문항군의 정답률 비율을 살펴보면 실습 전과 후의 정답률이 다소 상승하였고, 특히 이전에는 1 이하였으나 실습 시행 후에는 1을 넘어선 것을 알 수 있었다. 이는 실습 시행 후 심장발생 문항을 좀 더 쉽게 풀었다는 것을 의미하는 것일 수도 있다. Estevez 등[8]은 2차원 질문에는 성적에 별 차이가 없었으나 3차원 질문에는 차이가 있었다고 하였다. 다시 말해서 문항의 난이도가 높은 경우 점토 실습의 효과가 나타났다는 것이다. 이와 유사하게, 우리의 경우에도 주관식 답안지가 남아있던 연도의 정답률 비율이 이전에는  $0.54 \pm 0.12$  (2008),  $0.97 \pm 0.22$  (2009),  $0.82 \pm 0.19$  (2010)이었으나 시행 후인 2011년도에는  $1.17 \pm 0.21$ 이어서 통계적으로 유의한 수준을 보였다( $p < 0.01$ ). 이에 따르면 점토 모델링 실습이 학생들의 심장발생 이해에 도움을 주었다고 판단할 수 있을 것이다.

실습 과정 중에 완성된 심장을 관찰절단하고 내부의 모습에 대해서 교과서와 비교 관찰하여 기술한 내용을 조별 보고서로 제출하라고 요구하였다. 이는 실습 과정 자체에 더해 동료 학생들 사이의 토론을 촉발했을 것으로 생각된다.

발생학 성적을 넘어서서 심장발생에 대한 학습 효과가 이후 관련 과목의 이해에 도움이 되었는지 확인할 필요가 있을 것으로 생각되지만 이번 연구에서는 이에 미치지 못한 점은 이 연구의 한계라고 할 수 있다.

## 결론

의과대학 학생들은 해부학을 처음 배우는 시기에 새로운 의학용어의 홍수에 직면하여 주로 암기 위주의 학습을 하게 될 개연성이 충분히 있다. 이러한 상황에서 심장발

생에 대한 3차원적 이해는 지면에서 주어지는 2차원 정보를 바탕으로는 접근하기 더더욱 어려운 사항이다. 본 연구에서 제시하는 점토 모델링 실습은 동료들과의 협동학습을 통하여 능동적으로 참여할 수 있고, 자신들이 대상물을 만들며, 완성된 모델을 이론에 견주어 그 차이를 성찰하는 기회가 주어지도록 구성되어 있다. 심장발생을 3차원으로 다루는 본 실습은 강의에서 부족한 경험을 보충하기에 매우 적절한 방법이라 생각한다.

## 사 사

본 연구는 2021년 서울대학교병원연구비(grant from Seoul National University Hospital (2021))의 지원으로 수행되었음.

## REFERENCES

- Marks SC Jr. The role of three-dimensional information in health care and medical education: The implications for anatomy and dissection. *Clin Anat*. 2000;13:448-52.
- Hackett M, Proctor M. Three-Dimensional Display Technologies for Anatomical Education: A Literature Review. *J Sci Educ Technol*. 2016;25:641-54.
- Herring AP. Clay Modeling in the Study of Anatomy. *JAMA*. 1904;43:454-7.
- Oh CS, Kim JY, Choe YH. Learning of cross-sectional anatomy using clay models. *Anat Sci Educ*. 2009;2:156-9.
- DeHoff ME, Clark KL, Meganathan K. Learning outcomes and student-perceived value of clay modeling and cat dissection in undergraduate human anatomy and physiology. *Adv Physiol Educ*. 2011;35:68-75.
- Bareither ML, Arbel V, Growe M, Muszczynski E, Rudd A, Marone JR. Clay modeling versus written modules as effective interventions in understanding human anatomy. *Anat Sci Educ*. 2013;6:170-6.
- Manners RM, Jazayeri FR, de Bono Agius M, Webber SM, Macleod ER. PlayDoh® models are a very effective kinaesthetic tool for teaching anatomy of the eye. *Med Sci Educ*. 2017;27:585-8.
- Estevez ME, Lindgren KA, Bergethon PR. A novel three-dimensional tool for teaching human neuroanatomy. *Anat Sci Educ*. 2010;3:309-17.
- Herur A, Kolagi S, Chinagudi S, Manjula R, Patil S. Active learning by play dough modeling in the medical profession. *Adv Physiol Educ*. 2011;35:241-3.
- Kooloos JG, Schepens-Franke AN, Bergman EM, Donders RA, Vorstenbosch MA. Anatomical knowledge gain through a clay-modeling exercise compared to live and video observations. *Anat Sci Educ*. 2014;7:420-9.
- Akle V, Peña-Silva RA, Valencia DM, Rincón-Perez CW. Validation of clay modeling as a learning tool for the periventricular structures of the human brain. *Anat Sci Educ*. 2018;11:137-45.
- Dolk H, Loane M, Garne E. European Surveillance of Congenital Anomalies (EUROCAT) Working Group. Congenital heart defects in Europe: prevalence and perinatal mortality, 2000 to 2005. *Circulation*. 2011;123:841-9.
- van der Linde D, Konings EE, Slager MA, Witsenburg M, Helbing WA, Takkenberg JJ, et al. Birth prevalence of congenital heart disease worldwide: a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol*. 2011;58:2241-7.
- Sadler TW. *Langman's medical embryology*. 11<sup>th</sup> ed. Maryland: Lippincott Williams & Wilkins; 2010.
- Whitman N. A review of constructivism: understanding and using a relatively new theory. *Fam Med*. 1993;25:517-21.
- von Glasersfeld E. Cognition, Construction of Knowledge, and Teaching. In: Matthews MR, editor. *Constructivism in Science Education*. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers; 1998. pp. 11-30.
- Bonwell CC, Eison JA. Active learning: Creating excitement in the classroom. ASHE-ERIC Higher Education Rep. No. 1. Washington, D.C.: The George Washington University, School of Education and Human Development. 1991.
- Cherney ID. The effects of active learning on students' memories for course content. *Act Learn Higher Educ*. 2008; 9:152-71.
- Gibson JJ. Observations on active touch. *Psychol Rev*. 1962;69:477-91.
- Pensky AE, Johnson KA, Haag S, Homa D. Delayed memory for visual-haptic exploration of familiar objects. *Psychon Bull Rev*. 2008;15:574-80.
- Hedges H, Cullen J. Participatory learning theories: a framework for early childhood pedagogy. *Early Child Develop Care*. 2012;182:921-40.
- Dastyar S. The investigation of the effectiveness of participatory learning education on students motivation and academic achievement. *Int J Adv Res Publ*. 2019;3:165-70.
- Motoike HK, O'Kane RL, Lenchner E, Haspel C. Clay modeling as a method to learn human muscles: A community college study. *Anat Sci Educ*. 2009;2:19-23.
- Myers DL, Arya LA, Verma A, Polseno DL, Buchanan EM. Pelvic anatomy for obstetrics and gynecology residents: an experimental study using clay models. *Obstet Gynecol*. 2001;97:321-4.

**간추림** : 심장은 복잡한 과정을 거쳐 발생하기 때문에 그에 대한 공간적 이해가 매우 어렵다. 서울대학교 의과대학에서는 심장발생 과정의 이해를 촉진하고자 발생 과정에 대한 모델링 실습을 고안하고 2011년부터 의학과 1학년을 대상으로 이를 시행해 오고 있다. 본 실습의 타당성을 알아보고, 각 의과대학에 이 과정의 시행을 제안하고자 이 연구를 시행하였다. 실습에는 시중에서 판매되는 어린이용 합성수지 점토를 이용하였다. 실습 첫날에는 유출로, 오른심실, 왼심실을 한 단위로, 공통심방을 한 단위로 각각 만든 후 이 두 단위를 이어 붙여 발생 30일 또는 35일의 심장을 만들도록 하였다. 2~3일 동안 모형이 마르게 둔 후에 제작된 심장을 유출로, 오른심실, 왼심실을 관통하는 관상단면을 따라 절단한 후 속 모습을 교과서의 모습과 비교하고 성찰하도록 하였다. 이후 색이 다른 점토를 이용하여 방실관, 심실사이구멍, 유출로 등에 심장속막방식이 자라는 모습을 재현하여 심장의 4개 방, 대동맥, 허파동맥이 분할되는 모습을 표현하도록 하였다. 실습에 대한 학생들의 인식은 전반적으로 긍정적이어서, 실습은 그다지 어렵지 않고 재미있었으며 학습에 도움이 되었고 적극적으로 참여하였다고 하였다. 또한 동료들과의 토론은 실습을 진행하고 심장발생 과정을 이해하는 데 도움이 되었다고 하였다. 실습 시행 전인 2008~2010년도와 실습 시행 후인 2011~2013년도 사이의 학기말에 실시한 시험에서 심장발생 관련 문항과 그 외 문항의 정답률을 비교하여 보았을 때 각 연도별로 두 문항군의 정답률 사이에 통계적으로 유의한 결과는 나타나지 않았다. 그러나 두 문항군의 정답률 비율은 실습 시행 이후에 다소 향상된 양상을 보였다. 이상의 결과를 바탕으로 보았을 때, 2차원 자료로 이해하기 어려운 심장실습에 대해서 점토를 이용한 3차원 모델링 실습은 여러 가지 측면에서 권장할 만한 것으로 판단된다.

**찾아보기 낱말** : 발생학 실습, 심장발생, 합성수지 점토, 3차원 모델링, 촉각 지각