

Education

## 혈관 주행의 입체적인 해부학적 이해도 증진을 위한 젤라틴 큐브 초음파 연습 모형

장기영 · 이상훈 · 김태권 · 전재천 · 최우익 · 유종훈

계명대학교 동산병원 응급의학과

### A gelatin cube ultrasound training model for enhancing the three-dimensional anatomical understanding of blood vessels

Kiyeong Jang, Sanghun Lee, Tae Kwon Kim, Jaechon Jeon, Woo Ik Choi, Jonghoon Yoo

Department of Emergency Medicine, Dongsan Medical Center, Keimyung University School of Medicine, Daegu, Korea

**Objective:** Ultrasound is widely used in the clinical field. However, training on use of ultrasound is insufficient. Newer models and techniques cannot be introduced for use by doctors without training and knowledge of its clinical utility. We produced a unique ultrasound education model and investigated if the use of the model could enhance the ability of clinicians to use ultrasound.

**Methods:** A gelatin ultrasound practice model that can be transformed into various shapes was created using a cube-shaped plastic trainer. Residents and interns working in tertiary hospitals were surveyed for their awareness of the use of ultrasound through a questionnaire. Subsequently, ultrasound education was conducted, and a test was administered using a cube-shaped ultrasound education model. After the education and testing, awareness of the use of ultrasound was investigated through a questionnaire once again, and the test results were evaluated.

**Results:** A total of 20 people participated in the evaluation and survey using the practice model. Of these, 11 people (55%) had procedural experience of using ultrasound. The Spearman's correlation test was performed to compare previous ultrasound procedural experience with the number of correct answers, time spent on the test, and the number of attempts, and the results were 0.278 ( $P=0.235$ ), -0.513 ( $P=0.021$ ), and -0.369 ( $P=0.110$ ), respectively. The correlation coefficients between the previous ultrasound knowledge level and changes in the knowledge level, preference, and confidence about ultrasound examination before and after practice were 0.261 ( $P=0.281$ ), 0.638 ( $P=0.003$ ), and 0.705 ( $P<0.001$ ), respectively.

**Conclusion:** Our cube-shaped ultrasound educational model can spark interest in the use of ultrasound, improve knowledge levels, and increase procedural skills in using ultrasound.

**Keywords:** Ultrasonography; Interventional ultrasonography; Imaging phantoms; Simulation training

## 서론

현장초음파(point-of-care ultrasound, POCUS)가 널리 사용되면서 초음파 교육은 전공의를 대상으로 하는 교육뿐만 아니라 학생교육 영역으로 확대되고 있다.<sup>1-3</sup> 2021

년과 2022년의 국내 응급의료기관 및 국내 의과대학의 초음파 교육현황을 조사한 연구에서 초음파를 진료현장에 이용하는 비율은 높았지만 전공의 및 학생을 대상으로 하는 초음파교육은 부족하다고 조사되었다.<sup>4</sup>

주로 해외에서 이루어진 학생이나 전공의를 대상으로 하는 초음파 교육론에 관한 연구들은 해부학, 생리학, 병리학

책임저자: 유 종 훈

대구광역시 달서구 달구벌대로 1035

계명대학교 동산병원 응급의학과

Tel: 052-258-6314, Fax: 052-258-7130, E-mail: wsnatz@gmail.com

접수일: 2023년 8월 14일, 1차 교정일: 2023년 9월 22일, 게재승인일: 2023년 9월 27일

## Capsule Summary

### **What is already known in the previous study**

*Low knowledge and perception of ultrasound examinations can act as barriers to using ultrasound. Real-time needle tip visualization in ultrasound-guided invasive procedures is essential for procedural success and crucial in preventing complications induced by the procedure. Techniques such as 3D ultrasound devices or echogenic needles have been introduced, but they are not yet widely employed in practice.*

### **What is new in the current study**

*Our low-cost equipment with variable structures successfully fulfills the demands of ultrasound education for doctors. Connectable gelatin models and diverse anatomical scenarios address commercial model limitations, offering comprehensive training. Positive outcomes in enhancing ultrasound knowledge, skills, and confidence demonstrate the effectiveness of our solution, which is expected to improve diagnostic accuracy and patient management. This accessible and versatile approach has the potential to revolutionize ultrasound education, bridging educational gaps and enhancing patient care outcomes.*

등의 기본적인 의학지식뿐만 아니라 초음파 물리학, 오리엔테이션 등의 초음파에 대한 교육을 포함하는 전반적인 방법을 다루고 있다.<sup>1-3,5,6</sup> 이러한 연구들은 초음파 교육 커리큘럼에 대한 이해를 돕고 초음파 교육 커리큘럼을 학제에 통합하는데 유용할 수 있지만, 전공의 및 학생 교육을 담당하고 있는 기관 및 국가별로 그들의 교육환경 및 인프라의 차이가 있으므로 이를 즉각적으로 현장에 도입하기는 어렵다.

우리는 다양하게 응용이 가능한 큐브 형태로 초음파 술기연습모형을 제작하였으며 이를 통한 실제적인 술기능력 증진효과에 대하여 연구하였다.

## 방 법

### 1. 연구 디자인 및 대상

한 곳의 3차 수련병원에서 근무하는 전공의 및 수련의들을 대상으로 하였으며, 초음파 기기조작 및 술기에 대한 초

기 설문을 진행하였다. 설문작성 이후 약 10분간의 기초 초음파 교육을 실시하고 이어서 우리가 제작한 실습모형을 통해 실습 및 평가를 진행하였다. 실습완료 후 초음파 경험 및 인식에 대하여 다시 설문을 진행하였다. 이 연구는 계명대학교 의학윤리연구심의위원회의 승인을 받았으며, 연구의 특성상 동의서는 생략되었다(IRB No. 2023-07-057).

### 2. 초음파 교육 모형 제작

#### 1) 준비물

젤라틴 가루 100 mg (참굿즈, 242 bloom), 물 500 mL, 600 mL 밀폐용기(7.8 cm \* 14 cm \* 10 cm), 클리어 파일, 네임펜, 송곳, 줄톱, 실리콘 호스(내경 13 mm, 외경 15 mm, 길이 16 cm), 꽃철사(20 cm), 절연 테이프, 불투명 비닐, 커피 포트, 냉장고.

#### 2) 모형 제작

##### (1) 기본 모형

밀폐용기의 한쪽 벽면과 맞은편 벽면에 클리어 파일을 붙이고, 네임펜으로 3\*3 형태의 표를 그린다. 이를 해부학적 다양성 표로 지칭하기로 한다. 해부학적 다양성 표는 전체 한 변의 길이를 6 cm, 각 사각형의 길이는 2 cm로 하고, 각 사각형의 상부에서부터 0.4 cm 아래 정중앙에 송곳으로 구멍을 뚫는다. 해부학적 다양성 표의 왼쪽부터 순서대로 1부터 9까지의 숫자를 써 넣는다(Fig. 1A). 밀폐용기에 담을 실리콘 호스의 길이를 측정하여 충분한 여유가 있도록 실리콘 호스를 재단하고, 호스 안쪽에 호스의 길이보다 4 cm 길게 자른 꽃철사를 넣는다.

가루 젤라틴 100 g을 수돗물 500 mL에 넣어 잘 저어준 후 상온에서 15분간 둔다. 젤라틴과 물의 혼합물을 상온에 보관하는 동안 플라스틱용기에 끓인 물 100 mL 넣어주고 혈관모형의 역할을 하게 되는 미리 잘라 놓은 호스를 해부학적 다양성 표 위치에 원하는 대로 거치시킨다(Fig. 1B). 상온에서 보관한 젤라틴과 물의 혼합물을 호스가 잠길 정도로 채운다. 이때 호스가 휘거나 플라스틱용기 구멍 사이로 젤라틴 혼합물이 새어 나갈 수 있으니 주의하도록 한다. 꽃철사가 움직이지 않도록 플라스틱용기 바깥쪽으로 나와 있는 부분을 꺾고 절연테이프로 꺾인 철사 위와 송곳 구멍을 함께 붙여준다. 젤라틴이 담긴 플라스틱용기를 냉장고에 넣어 2시간 동안 젤라틴 혼합물을 응고시킨다. 응고가 끝나면 실리콘 호스 안쪽에 있던 철사를 제거한다(Fig. 1C). 젤라틴 혼합물 위에 약간의 물을 뿌린 후 불투명 비닐을 덮어 초음파를 적용하였을 때 허상(artifact)이 생기지 않도록 한다(Fig. 2A, B).

밀폐용기의 튀어나온 부분을 줄톱으로 잘라 튀어 나온 부분이 없도록 한다. 각각 다른 혈관주행을 가진 모형을 1

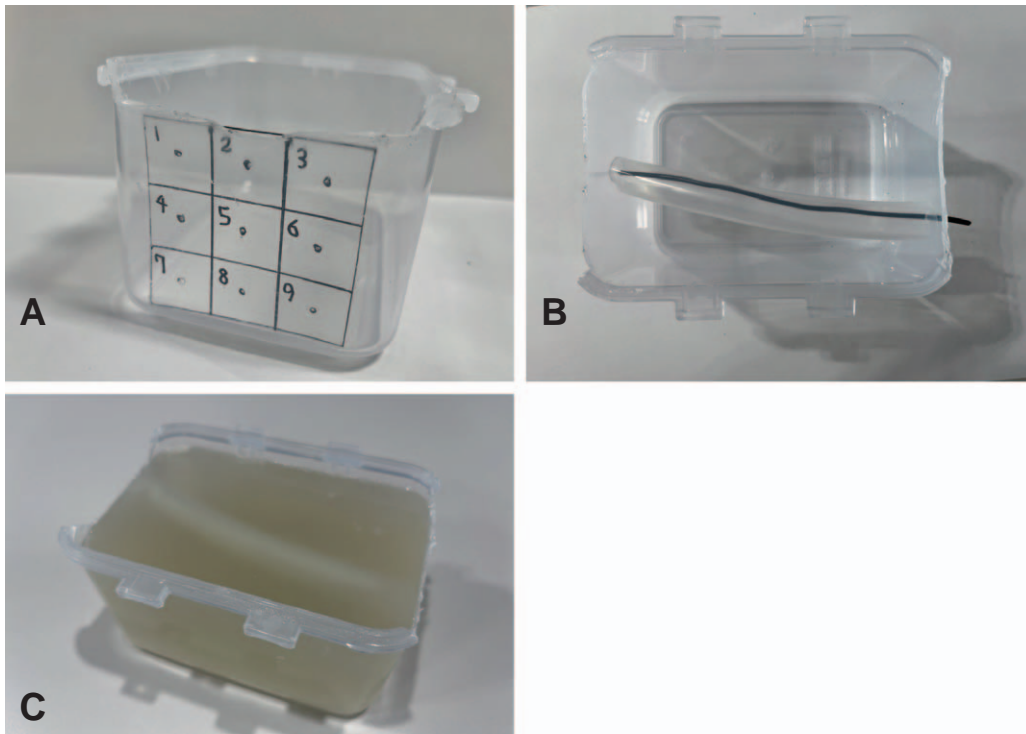
개 더 제작하여 큐브형태로 이어 붙인다(Fig. 3A). 호스의 시작지점과 끝지점을 해부학적 다양성 표의 9개 구역에서 각각 선택 후 연결시키면, 2개의 큐브형 밀폐용기의 조합에 따라 시작지점 선택지 9가지, 중간지점 선택지 9가지, 그리고 끝지점 선택지 9가지의 조합에 따라 총 729가지의 혈관주행 형태를 만들 수 있다(Fig. 3B).

## (2) 추가 모형

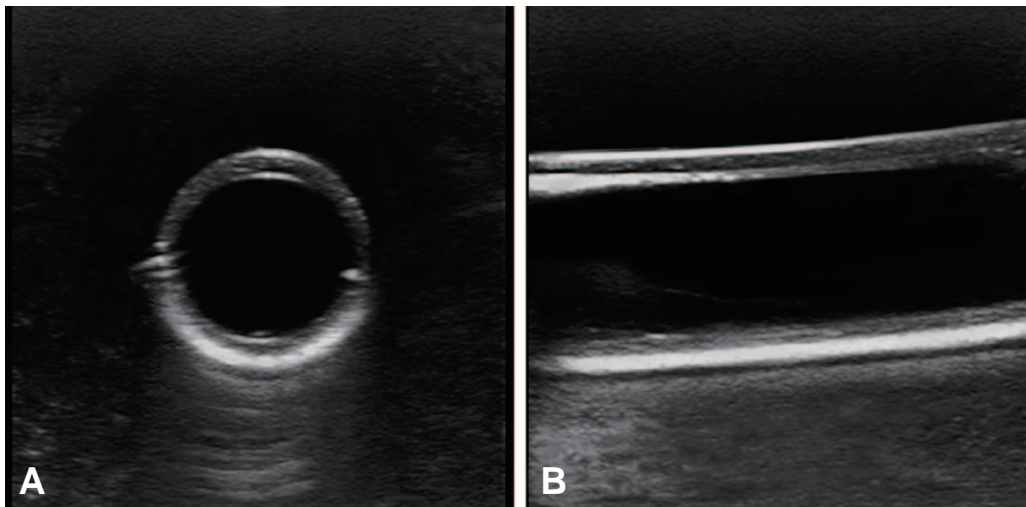
실습참가자의 술기평가를 위한 모델을 추가로 제작하였다. 술기능력평가를 위해 기본모형을 바탕으로 두 개의 호스가 들어있는 모형을 제작한다(Fig. 4). 하나의 호스가 시술 목표가 되고, 다른 호스는 장애물이 되도록 한다.

## 3. 실습 전후 설문

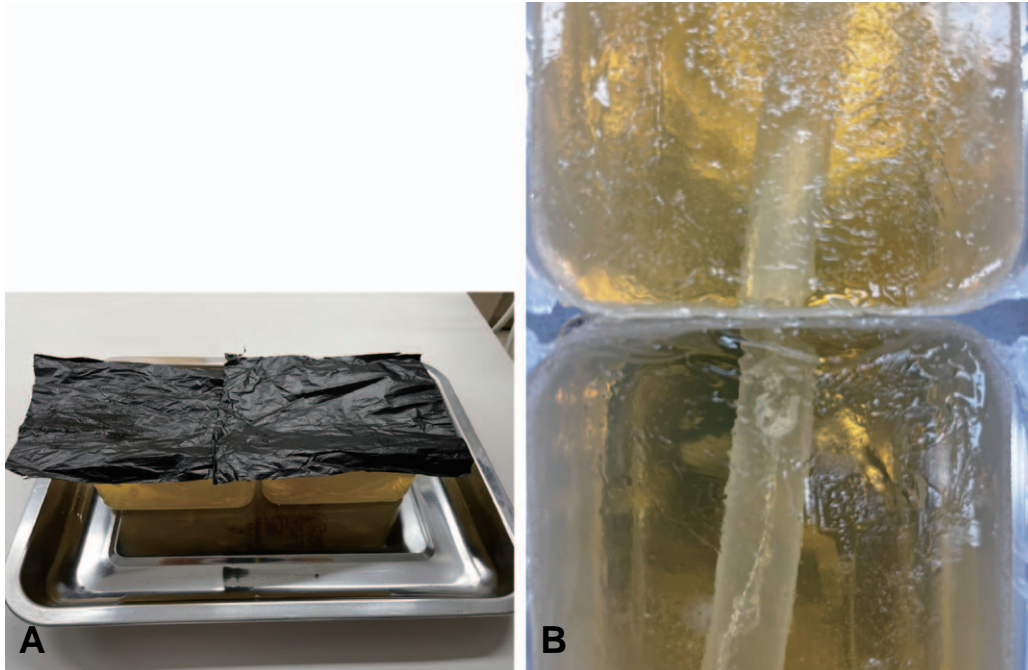
기초 초음파 교육 및 실습평가 이전에 설문을 통해 초음



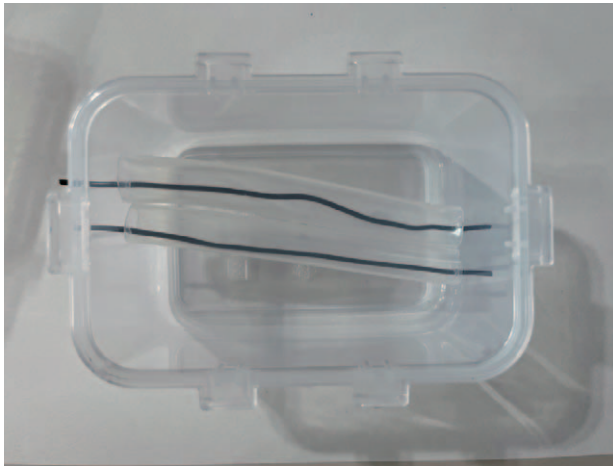
**Fig. 1.** (A) Anatomical variation table with a plastic container. (B) Wired silicone hose in a plastic container. (C) Completed gelatin cube ultrasound training model. Silicone hose travels 4 to 5 of anatomical variation table position.



**Fig. 2.** (A) Ultrasonography view with transverse scan. (B) Ultrasonography view with longitudinal scan.



**Fig. 3.** (A) Connecting two cubes covered in vinyl wrap. (B) Connecting two cubes with same anatomical variation number. They have same number of 5 in anatomical variation table.



**Fig. 4.** 2 wired silicone hoses in plastic container

파를 이용한 술기에 대한 인식과 현황을 조사하고, 실습모형에 대한 인식과 이를 통한 연습이 임상현장에 이용될 때의 효과에 대한 인식을 조사하였다(Appendix 1). 기초 초음파 교육 및 실습평가 이후 초음파에 관한 인식을 조사하는 설문을 다시 한번 진행하였다. 설문은 리커트 척도(1 “전혀 그렇지 않음”부터 5 “매우 그러함”)를 사용하여 점수화하였으며, 각 설문지는 익명으로 관리 및 수집되었다.

#### 4. 기초 초음파 교육

약 10분간의 기초 초음파 교육을 실시하였다. 기초 초음파

교육은 초음파 기기 사용법과 초음파 오리엔테이션 교육으로 구성하였으며, 초음파 탐촉자의 파지법 및 기초 오리엔테이션에 관한 간단한 실습교육을 실시하였다(Appendix 2).

#### 5. 실습모형을 이용한 실습 및 평가

기초 초음파 교육 이후 평가자가 평가모형에 대한 설명을 하였다. 이후 추가연습 없이 실습 및 평가가 이루어졌다. 실습모형을 환자용 침대에 놓고 실습자가 가장 술기를 하기 편한 높이로 실습과 평가를 시행하였으며, 실습은 18게이지의 혈관-카테터를 이용하였다.

실습참가자는 초음파를 통하여 호스의 주행을 관찰 후 각 큐브의 시작지점과 끝지점의 해부학적 다양성 표 구역번호를 결과지에 기입하도록 하였고, 이후 실제 주행과의 일치 여부를 비교하였다. 큐브는 총 2개를 연결되도록 나열하여 참가자들에게 관찰을 위한 모형으로 제시하였다. 결과지 기입 이후 18게이지의 혈관-카테터로 술기평가를 시행하였다. 술기평가는 혈관 모형을 out of plane으로 목표하도록 하였으며 카테터가 모형에 닿는 순간을 시작 시간으로 정의하고 시작 시간부터 혈관모형을 뚫는 순간까지를 시술시간, 카테터가 젤리 밖으로 나왔다가 들어가는 횟수를 시술횟수로 정의하였다. 시술목표 혈관모형이 아닌 다른 혈관모형을 뚫는 경우를 합병증으로 정의하였다. 관찰자는 밀폐용기의 옆에서 실습참가자를 평가하였다.

초음파 장비(Philips CX50 Ultrasound machine; Philips, Amsterdam, Netherlands)를 사용하여 실습을 진행하였다.



**Table 1.** Characteristics of the survey participants (n=20)

	Number of responders (%)
Position	
Intern	10 (50)
1st year of resident	3 (15)
2nd year of resident	1 (5)
3rd year of resident	2 (10)
4th year or more of resident	4 (20)
Ultrasound procedure experience	
Yes	11 (55)
No	9 (45)
Number of ultrasound procedures performed	
0	9 (45)
1-5	2 (10)
6-10	1 (5)
11-20	0
≥21	8 (40)

## 6. 통계 분석

연속변수는 평균(표준편차)로 표기하였으며, 범주형 변수는 숫자 및 백분율로 표기하였다. 실습 이전 초음파 경험의 유무와 실습 정답률, 실습에 걸리는 시간, 그리고 실습 시도 횟수와 연관성을 확인하기 위하여 Spearman 상관분석을 실시하였다. 또한 실습 전과 후의 초음파에 대한 인식에 대하여 두 군을 Wilcoxon rank test로 비교하였으며, Spearman 상관분석을 실시하여 실습이 초음파에 대한 인식의 차이를 만들 수 있는지 조사하였다. 통계적 유의성은 모든 분석에서 P값이 0.05 미만인 경우로 정의하였다. 통계분석은 R version 4.0.5, R studio version 1.4.1106 (R Project for Statistical Computing)으로 시행하였다.

## 결 과

실습모형을 이용한 평가 및 설문은 총 20명이 참여하였다. 수련의 10명, 전공의는 10명이 참여하였으며, 이중 초음파를 이용한 술기 경험이 있는 인원은 11명(55%)였다. 초음파를 이용한 술기 횟수는 0번이 9명(45%), 21번 이상이 8명(40%)이었다(Table 1).

실습모형을 이용한 평가에서, 호스의 주행이 해부학적 다양성 표의 어느 구역을 통과하는지를 예측한 실습점수는 2점 만점에 평균 1.45점(표준편차 0.759), 시험 성공시간은 평균 8.85초(표준편차 7.190), 그리고 시도 횟수는 평균 1.1회(표준편차 0.308)이었다(Table 2).

실습모형을 이용한 평가에서, 이전의 초음파 술기 경험과 실습점수, 성공시간, 그리고 시도 횟수의 관계는 각각

**Table 2.** Evaluation result of practice using gelatin cube model

	Value
Number of correct answer	1.45 ± 0.759
Time spent (s)	8.85 ± 7.190
Number of attempts	1.10 ± 0.308

Values are presented as mean ± standard deviation.

Spearman 상관계수 0.278 (P=0.235), -0.513 (P=0.021), -0.369 (P=0.110)로 나타났다(Table 3).

실습 전과 후의 설문에서, 평가자 스스로 평가한 초음파 검사에 대한 지식은 실습 전 높음, 보통, 낮음 각각 4명(20%), 7명(35%), 9명(45%), 실습 후 높음, 보통, 낮음 각각 13명(65%), 6명(30%), 1명(5%)이었다. 초음파를 이용한 술기에 대한 선호도를 묻는 설문에서 실습 전 높음은 19명(95%)였으며, 실습 후 20명(100%)으로 나타났다. 초음파를 이용한 술기에 대한 자신감은 실습 전 높음, 보통, 낮음 각각 5명(25%), 1명(5%), 14명(70%), 실습 후 높음, 보통, 낮음 각각 12명(60%), 3명(15%), 5명(25%)이었다(Table 4).

이전 초음파 지식수준을 통제한 실습 이후의 초음파검사에 대한 지식수준, 선호도, 그리고 자신감의 변화는 각각 Spearman 상관계수 0.261 (P=0.281), 0.638 (P=0.003), 0.705 (P<0.001)로 나타났다(Table 5).

## 고 찰

초음파검사에 대한 낮은 지식수준과 인식은 초음파를 이용하는 데 장벽이 될 수 있다.<sup>7</sup> 우리는 실습 전, 후 초음파검

사에 대하여 지식, 선호도, 그리고 자신감에 대하여 조사하였으며, 3가지 항목 모두 실습 이후 상승하는 결과를 확인할 수 있었다(Table 4). 또한 실습 참가 전 초음파에 대한 지식수준을 통제 후 실습 이후 초음파에 대한 지식수준, 선호도, 그리고 자신감에 대한 변화를 조사하였으며 이상의 3가지 항목 모두 양의 상관관계가 있는 것으로 조사되었다(Table 5). 또한 이전의 초음파 술기 경험과 모형을 이용한 시험 정답률, 시험 소요시간, 그리고 시도 횟수와의 관계에서는, 소요시간이 상대적으로 상관관계가 높게 나타났으며, 정답률은 가장 낮은 상관관계를 보였다(Table 3). 이러한 결과를 통해 이전의 초음파 이용 경험이 실질적인

술기능력의 향상과 직접적으로 이어지지 않았다고 유추할 수 있다. 초음파를 이용하는 침습적 술기에서 실시간의 바늘 끝 시각화는 시술 성공에 필수적이며 또한 술기로 인해 유발되는 합병증을 예방하는데 중요하다.<sup>8-13</sup> 하지만 바늘 끝을 전진시킬 때 2차원으로 관찰되는 바늘 끝의 위치추적은 쉽지 않으며 목표물을 향해 바늘 끝을 정확히 조작하기 위해서는 많은 경험과 훈련이 필요하다. 이러한 문제를 해결하기 위해 3차원 초음파 기기나 에코를 발생시키는 바늘을 이용하는 기법 등이 소개되고 있지만 아직까지 현장에서 널리 이용되고 있지는 않다.<sup>14</sup> 장기간의 통합적인 초음파 교육이 부족하고 고가의 장비를 도입할 수 없는 환경에

**Table 3.** Correlation between the experience of ultrasound procedure before practice, the number of correct answers on the test, the time spent, and the number of attempts

	Ultrasound procedure experience	
	Correlation coefficient	P-value
Number of correct answers	0.278	0.235
Time spent	-0.513	0.021
Number of attempts	-0.369	0.110

**Table 4.** Perception and self-assessment of procedures using ultrasound before and after practice (n=20)

	Before practice	After practice	P-value	95% confidence interval
Self-evaluated knowledge of ultrasound examination			<0.001	-1.260-0.4404
High	4 (20)	13 (65)		
Moderate	7 (35)	6 (30)		
Low ability	9 (45)	1 (5)		
Preference for the use of ultrasound during procedure			0.330	-0.155-0.0547
High	19 (95)	20 (100)		
Moderate	1 (5)	0 (0)		
Low	0 (0)	0 (0)		
Self-evaluated confidence in the ultrasound procedure			<0.001	-1.219-0.3814
High	5 (25)	12 (60)		
Moderate	1 (5)	3 (15)		
Low	14 (70)	5 (25)		

Values are presented as number (%).

**Table 5.** Correlation between ultrasound practice and change in ultrasound knowledge level, preference, and confidence in ultrasound examination

	Ultrasound practice	
	Correlation coefficient	P-value
After practice		
Knowledge level <sup>a)</sup>	0.261	0.281
Preference <sup>b)</sup>	0.638	0.003
Confidence <sup>c)</sup>	0.705	<0.001

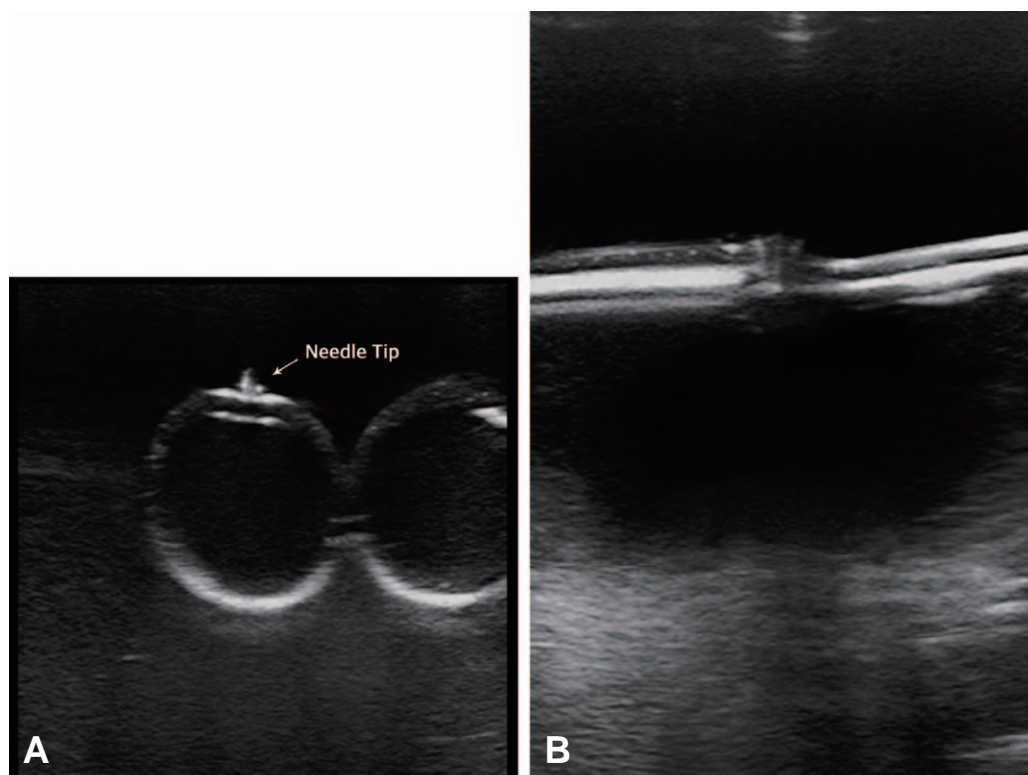
<sup>a)</sup> Self-evaluated knowledge of ultrasound examination, <sup>b)</sup> preference for the use of ultrasound during procedure, <sup>c)</sup> self-evaluated confidence in the ultrasound procedure

서,<sup>4</sup> 우리의 연구와 같이 간단한 모형을 이용하여 짧은 시간이 소요되는 실습 위주의 효율적인 교육이 이루어진다면 초음파에 대한 인식 개선과 이를 바탕으로 초음파 술기능력 증진에 도움이 될 수 있을 것이다.

이전에도 초음파를 통한 혈관 접근을 교육하기 위한 방법에 대한 여러 연구가 있었다. Lian 등<sup>15</sup>은 초음파를 통한 혈관접근법에 대한 교육에서, 전통적인 대면교육, 인터넷을 통한 교육 및 교육을 하지 않은 군을 비교하여 직접 대면교육의 우수성을 언급하였다. Osborn 등<sup>16</sup>은 의대생을 대상으로 초음파를 적용할 수 있는 모형을 통해 전통적인 랜드마크를 이용한 혈관 접근과 비교하여 초음파를 이용한 혈관 접근이 우수한 성적을 보인다고 보고하였고, Ng 등<sup>17</sup>과 Adhikari 등<sup>18</sup>은 간호사를 대상으로 초음파를 통한 혈관 접근의 우수성에 대한 연구를 시행하였다. 위의 연구들과 달리 우리는 포괄적인 초음파 교육 대신 초음파 술기능력 증진에 집중함으로써 초음파 이용에 긍정적인 인식을 줄 수 있다는 결과를 확인하였다.

우리는 이전의 젤라틴을 이용한 초음파 연습모형을 제작한 연구경험을 바탕으로, 실제 속목정맥 및 대퇴정맥과 유사하도록 모형을 제작하였다.<sup>19</sup> 우측 속목정맥의 직경은 트랜스엘렌버그 위치에서  $13.3 \pm 2.26$  mm, 대퇴정맥은 양와위에서  $13.6 \pm 3.0$  mm 가량으로 알려져 있다.<sup>20</sup> 우리는 이와 비슷한 크기의 튜브 형태의 구조물 중 초음파 모형에 이용

할 수 있는 재료인 실리콘 호스로 모형을 제작하였다. 우리가 연구재료로 선택한 호스는 잘 휘어지는 특성이 있어 혈관의 해부학적 다양성을 반영하고 초음파 술기연습이 가능할 수 있었다. 또한 젤라틴을 굳히는 동안 휘어진 모양을 유지하기 위해 꽃철사를 이용하였다. 젤라틴으로 만든 젤리의 경도는 식용 젤라틴의 겔 능력을 나타내는 블룸(bloom) 단위로 구분 가능하며, 단위가 높을수록 겔 능력이나 경도가 높지만 가격이 비싸다. 블룸이 낮은 젤라틴으로 경도가 높은 젤리를 만들어내려면 젤라틴의 농도를 높여야 하는데, 이렇게 젤리를 만들 경우 색이 진해지고 끈적이는 성질이 증가하므로 우리의 연구에는 적합하지 않았다. 따라서 우리는 242 블룸의 비교적 높은 블룸의 제품을 사용하였으며 젤라틴과 물의 혼합 비율을 1대 4로 모형을 제작하여 실습에 적합한 형태를 구현하였다. 겔 능력뿐만 아니라 젤라틴의 산성도, 녹이는 온도, 냉각속도 등 여러 요인에 의하여 젤리의 경도가 결정되는데, 가루 젤라틴의 경우 뜨거운 물에 녹아버리는 성질이 있으므로 젤라틴을 차가운 물에 녹이는 과정부터 거치도록 하였다. 실리콘 호스의 주행은 외부에서도 쉽게 관찰이 가능하므로 실습자들의 평가를 위하여 초음파가 투과 가능한 불투명한 비닐로 혈관모형의 주행을 보이지 않도록 설계하였다. 젤리의 점도로 인하여 비닐과 젤리 사이의 허상이 발생하지 않아 좋은 영상을 획득할 수 있었다. 또한 비닐로 젤라틴을 덮인



**Fig. 5.** (A) Ultrasonography view for two hoses model with transverse scan (needle tip visualization during ultrasound-guided puncturing silicone hose). (B) Ultrasonography view for connected two cubes with longitudinal scan. Only the top of the silicone hoses and a small artifact can be seen on the ultrasonography due to minor irregularities at the connection.

상태로 보관할 경우 젤라틴이 공기와 접촉하는 면적을 줄여 모형의 보관기간을 늘릴 수 있는 장점이 있었다. 해부학적 다양성 표를 이용하면 우리의 연구에서 제시한 모형 이외에도 실리콘 호스의 직경과 두께를 바꾸거나 여러 개의 호스를 넣어 제작하는 등 다양한 모형을 제작할 수 있다. 또한 초음파를 통하여 허상이 없는 혈관모형뿐만 아니라 바늘 끝 또한 잘 관찰되는 것을 확인하여 (Fig. 5A), 술기 연습의 측면에서도 유용함을 보였다.

큐브 형태로 만든 모형들을 조합할 경우 각 큐브들을 연결하여 원하는 형태의 혈관모형의 주행을 연습할 수 있으며 큐브 제작을 규격화 하여 선행 큐브의 끝지점 구역 번호와 뒤따르는 큐브의 시작지점 구역번호를 일치시켜 다양한 변이를 줄 수 있다. 또한 초음파를 통하여 관찰한 결과 호스의 큰 단절 없이 혈관 주행의 변화를 관찰할 수 있었다 (Fig. 5B). 이전에 보고된 초음파를 통한 술기 교육 교구들은 일정한 횟수 이상 연습을 하게 될 경우 실습자가 교구에 익숙해질 수 있으며, 이로 인하여 반복되는 연습과 교육으로 실습자의 실력이 향상된 것인지 교구 자체에 대한 숙련도가 올라간 것인지 구분하기 어려운 점이 있었다. 우리는 큐브의 조합을 통한 혈관 주행의 다양한 변이를 줌으로써 이러한 단점을 극복하였다. 또한 우리의 모형은 큐브 단위로 모형을 보관할 수 있어 휴대성이 우수하며 보관 자체가 용이해져 냉장고에 보관 시 변질 관리에 있어 장점을 가질 수 있다.

전 세계적으로 널리 알려진 혈관 주행 모형은 종류에 따라 600달러에서 5,000달러 가량의 가격이 책정되어 있으며 21 우리의 모형은 총 4만원 가량의 제작비용이 발생하였다. 또한 큐브 형태로 냉장 보관할 경우, 100회 이상의 실습에도 사용이 가능하였으며, 냉장보관 시 4주까지 보관이 가능하며, 4주마다 새로운 모형을 사용한다고 가정하면 1년간 50여만 원 정도의 유지비용이 발생하므로 유지비용 측면에서도 충분한 장점이 있을 것으로 생각된다.

우리의 연구에는 몇 가지 한계가 있다. 먼저, 우리는 술기 교육의 효과를 설문조사를 통한 초음파에 대한 인식 변화 등의 주관적인 지표를 통해 평가하였다. 이전 초음파 경험과 우리의 모형을 이용한 실습 및 시험 이후 교육의 효과에 대한 판정이 간접적으로 이루어졌으므로 이에 대한 추가적인 연구를 통하여 술기 교육의 객관적인 효과에 대한 평가가 이루어져야 할 것으로 생각된다. 또한 큐브 형태의 기본단위 모형 간의 연결부분이 존재하여 실습진행에는 무리가 없었으나 초음파로 관찰 시 이미지가 끊어지는 문제가 있었다.

환자의 침상 결에서 시행하는 현장초음파는 적은 노력과 짧은 시간으로 필요한 결과를 효율적으로 얻어내는 것이 중요하다. 결론적으로 우리는 복잡하고 어려운 초음파 교육 대신 역으로 단순한 모형을 통한 술기 교육에 집중함으로써 초음파 교육에 대한 인식 및 능력의 증진을 기대할 수 있

는 결과를 얻었다. 또한 우리의 모형은 해부학적 다양성을 충분히 반영할 수 있으며 제작 방법을 단순화하고 반복적으로 모형을 제작할 수 있도록 제작방법을 도식화 하였다.

## ORCID

Kiyeong Jang (<https://orcid.org/0009-0000-8026-7255>)  
Sanghun Lee (<https://orcid.org/0000-0003-4303-7375>)  
Tae Kwon Kim (<https://orcid.org/0000-0003-0756-1620>)  
Jaechon Jeon (<https://orcid.org/0000-0003-3746-3650>)  
Woo Ik Choi (<https://orcid.org/0000-0001-5407-7626>)  
Jonghoon Yoo (<https://orcid.org/0000-0002-0969-5115>)

## CONFLICT OF INTEREST

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

## REFERENCES

- Hoffmann B, Blaivas M, Abramowicz J, et al. Medical Student Ultrasound Education, a WFUMB Position Paper, Part II. A consensus statement of ultrasound societies. *Med Ultrason* 2020;22:220-9.
- Dietrich CF, Hoffmann B, Abramowicz J, et al. Medical Student Ultrasound Education: a WFUMB Position Paper, Part I. *Ultrasound Med Biol* 2019;45:271-81.
- Kameda T, Taniguchi N, Konno K, Koibuchi H, Omoto K, Itoh K. Ultrasonography in undergraduate medical education: a comprehensive review and the education program implemented at Jichi Medical University. *J Med Ultrason* (2001) 2022;49:217-30.
- Yoo J, Kang SY, Jo IJ, et al. The use of point-of-care ultrasound in emergency medical centers in Korea: a national cross-sectional survey. *J Korean Med Sci* 2021; 36:e141.
- Hoppmann RA, Rao VV, Poston MB, et al. An integrated ultrasound curriculum (iUSC) for medical students: 4-year experience. *Crit Ultrasound J* 2011;3:1-12.
- Tarique U, Tang B, Singh M, Kulasegaram KM, Ailon J. Ultrasound curricula in undergraduate medical education: a scoping review. *J Ultrasound Med* 2018;37:69-82.
- Wong J, Montague S, Wallace P, et al. Barriers to learning and using point-of-care ultrasound: a survey of practicing internists in six North American institutions. *Ultrasound J* 2020;12:19.



8. Karakitsos D, Labropoulos N, De Groot E, et al. Real-time ultrasound-guided catheterisation of the internal jugular vein: a prospective comparison with the landmark technique in critical care patients. *Crit Care* 2006;10:R162.
9. Fragou M, Gravvanis A, Dimitriou V, et al. Real-time ultrasound-guided subclavian vein cannulation versus the landmark method in critical care patients: a prospective randomized study. *Crit Care Med* 2011;39:1607-12.
10. Shiloh AL, Savel RH, Paulin LM, Eisen LA. Ultrasound-guided catheterization of the radial artery: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Chest* 2011;139:524-9.
11. Perlas A, Lobo G, Lo N, Brull R, Chan VW, Karkhanis R. Ultrasound-guided supraclavicular block: outcome of 510 consecutive cases. *Reg Anesth Pain Med* 2009;34:171-6.
12. Lamperti M, Bodenham AR, Pittiruti M, et al. International evidence-based recommendations on ultrasound-guided vascular access. *Intensive Care Med* 2012;38:1105-17.
13. Troianos CA, Hartman GS, Glas KE, et al. Special articles: guidelines for performing ultrasound guided vascular cannulation: recommendations of the American Society of Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists. *Anesth Analg* 2012;114:46-72.
14. Reusz G, Sarkany P, Gal J, Csomos A. Needle-related ultrasound artifacts and their importance in anaesthetic practice. *Br J Anaesth* 2014;112:794-802.
15. Lian A, Rippey JC, Carr PJ. Teaching medical students ultrasound-guided vascular access: which learning method is best? *J Vasc Access* 2017;18:255-8.
16. Osborn SR, Borhart J, Antonis MS. Medical students benefit from the use of ultrasound when learning peripheral IV techniques. *Crit Ultrasound J* 2012;4:2.
17. Ng C, Ng L, Kessler DO. Attitudes towards three ultrasound-guided vascular access techniques in a paediatric emergency department. *Br J Nurs* 2017;26:S26-31.
18. Adhikari S, Schmier C, Marx J. Focused simulation training: emergency department nurses' confidence and comfort level in performing ultrasound-guided vascular access. *J Vasc Access* 2015;16:515-20.
19. Yang HC, Lee S, Kim TK, et al. An inexpensive, easy, and anatomically similar pericardiocentesis model manufacturing method using gelatin. *J Korean Soc Emerg Med* 2023;34:220-9.
20. Tartiere D, Seguin P, Juhel C, Laviolle B, Malledant Y. Estimation of the diameter and cross-sectional area of the internal jugular veins in adult patients. *Crit Care* 2009;13:R197.
21. Elevate Healthcare Inc. Product types [Internet]. Sarasota, FL: Elevate Healthcare Inc.; c2024 [cited 2024 May 30]. Available from: <https://www.caehealthcare.com/solutions/product-types/>.

**Appendix 1. 혈관 주행의 입체적인 해부학적 이해도 증진을 위한 젤라틴 큐브 초음파 연습 모형(A gelatin cube ultrasound training model for enhancing the three-dimensional anatomical understanding of blood vessels)**

현장초음파(point-of-care ultrasound, POCUS)가 널리 사용되면서 초음파 교육은 전공의를 대상으로 하는 교육뿐만 아니라 학생교육 영역으로 확대되고 있습니다.<sup>1-3</sup> 2021년과 2022년의 국내 응급의료기관 및 국내 의과대학의 초음파 교육 현황을 조사한 연구에서 초음파를 진료현장에 이용하는 비율은 높았지만 전공의 및 학생을 대상으로 하는 초음파 교육은 부족하다고 조사되었습니다.<sup>4</sup> 주로 해외에서 이루어진 학생이나 전공의를 대상으로 하는 초음파 교육론에 관한 연구들은 해부학, 생리학, 병리학 등의 기본적인 의학지식뿐만 아니라 초음파 물리학, 오리엔테이션 등의 초음파에 대한 교육을 포함하는 전반적인 방법을 다루고 있습니다.<sup>1-3,5,6</sup> 이러한 연구들은 초음파 커리큘럼에 대한 이해를 돕고 초음파교육 커리큘럼을 학제에 통합하는데 유용할 수 있지만 즉각적으로 현장에 도입하기는 어렵습니다.

본 연구는 젤라틴 큐브 초음파 연습 모형을 통해 초음파 영상에서 나타나는 2차원 영상을 3차원으로 해석하는 능력을 증진시킬 수 있는지 알아보기 위해 기획되었습니다. 또한 이를 통해 응급실에서 근무하는 의사들의 진료역량을 향상시킬 수 있는 밑거름이 될 것으로 기대하고 있습니다. 바쁘신 가운데 본 연구에 참여해 주셔서 감사합니다.

## 설문 작성 안내 사항

“혈관 주행의 입체적인 해부학적 이해도 증진을 위한 젤라틴 큐브 초음파 연습 모형”에 참여해 주셔서 감사합니다. 본 설문은 기본 통계학적 문항과 초음파를 이용한 술기 시행 경험 및 인식 그리고 연습 후 초음파를 이용한 술기와 관련된 총 9개의 문항으로 구성되어 있습니다. 설문에서 귀하의 개인 정보는 연구에 이용되지 않으며, 분석이나 결과에 개인을 특정할 수 있는 내용은 포함되지 않습니다. 본 연구는 계명대학교 기관윤리심의위원회의 검토를 통해 동의서 면제 연구로 심의되었습니다.

설문은 응급실에 근무하는 의사를 대상으로 하고 있습니다. 설문 및 설문 문항에 질문이 있는 경우, 연구책임자 및 연구담당자에게 이메일로 연락하여 주시길 부탁드립니다. 또한 본 설문에서 귀하가 해당하지 않거나 응답할 수 없는 항목이 있을 경우 해당 항목은 답변하지 마시고, 다음 항목으로 진행하여 설문에 응하여 주십시오. 설문에 소요 되는 시간은 대략 5분입니다. 바쁘신 가운데 귀한 시간을 내어 설문에 참여해 주심에 진심으로 감사드립니다.

### [연구책임자]

유중훈, 계명대학교 의과대학, 계명대학교 동산병원, 응급의학과  
Tel. 053-258-7898, E-mail: wsnatz@gmail.com

### [연구담당자]

장기영, 계명대학교 의과대학, 계명대학교 동산병원, 응급의학과  
Tel. 053-258-6316, E-mail: jangkidy@gmail.com

■ 1번-3번 문항은 초음파 경험에 대한 설문입니다. 해당하는 답가지를 선택해주세요.

1. 당신의 직위를 골라주세요.
  - a. 수련의
  - b. 전공의 1년차
  - c. 전공의 2년차
  - d. 전공의 3년차
  - e. 전공의 4년차 이상
2. 귀하는 초음파를 이용하여 술기를 시행한 적이 있나요?
  - a. 네
  - b. 아니오
3. 대략 몇 차례나 초음파를 이용한 술기를 시행하였나요?
  - a. 0회
  - b. 1-5회
  - c. 6-10회
  - d. 11-20회
  - e. 21회 이상

■ 4번-6번 문항은 초음파에 대한 인식을 묻는 문항입니다. 해당하는 답가지를 선택해주세요.

4. 나는 초음파 검사에 대한 지식이 있다.
  - a. 전혀 아니다
  - b. 아니다
  - c. 보통이다
  - d. 그렇다
  - e. 매우 그렇다
5. 나는 술기 시행 시 초음파를 이용하고 싶다.
  - a. 전혀 아니다
  - b. 아니다
  - c. 보통이다
  - d. 그렇다
  - e. 매우 그렇다
6. 나는 초음파를 이용한 술기에 자신감이 있다.
  - a. 전혀 아니다
  - b. 아니다
  - c. 보통이다
  - d. 그렇다
  - e. 매우 그렇다

■ 7-9번(뒷장)은 실습 완료 후 답해주시기 바랍니다.

7. 나는 초음파 검사에 대한 지식이 있다.
  - a. 전혀 아니다

- b. 아니다
- c. 보통이다
- d. 그렇다
- e. 매우 그렇다

8. 나는 술기 시행 시 초음파를 이용하고 싶다.

- a. 전혀 아니다
- b. 아니다
- c. 보통이다
- d. 그렇다
- e. 매우 그렇다

9. 나는 초음파를 이용한 술기에 자신감이 있다.

- a. 전혀 아니다
- b. 아니다
- c. 보통이다
- d. 그렇다
- e. 매우 그렇다

설문 문항이 모두 마무리 되었습니다.

바쁘신 가운데 귀중한 시간을 내어 본 설문에 참여해 주셔서 진심으로 감사드립니다. 본 연구가, 초음파를 통한 술기에 대한 인식을 파악하고, 나아가 향후 응급실 진료에서 초음파가 폭넓게 적용될 수 있는 밑거름이 되기를 희망합니다.



## Appendix 2. Ultrasound 3D 교육

### 1. Introduction to machine






현재 기능이 ON 되어있는 Key 는 **연두색** 으로




사용 가능한 기능은 **주황색** 으로

현재 mode 에서 불가능한 기능은 **회색** 으로  
된다.

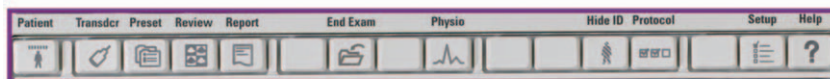


	On/Off key	장비의 전원으로 On/Off 한다.
--	------------	---------------------












	Volume	PW,CW 등의 각 sound Volume 을 조절한다.
	LGC	돌아오는 2D signal 강도를 2 개의 slide 를 사용하여 위아래로 조절하여 움직인다. Image 왼쪽 반은 왼쪽 LGC 를, image 의 오른쪽 반은 오른쪽 LGC 를 사용하여 control 한다.
	TGC	돌아오는 signal 의 강도를 깊이에 따라 조절하기 위해 slide 를 좌우로 조절한다. Linear transducer 는 중간에 일직선으로 배열하고 curved linear transducer 는 사선형 또는 user 의 편의에 따라 알맞게 배열한다. cardiac preset 의 sector transducer 에서는 대체적으로 왼쪽 상단에서 오른쪽하단이 사선이 되게 일렬로 배열한다.
	Zoom	Push Rotary Key 로, Zoom key 를 push 하여 보고자 하는 부위만을 확대해서 보는 HD zoom 기능을 사용 할 수 있고, rotate 할 경우 전체 image 를 일정 배율로 확대하여 볼 수 있다.
	Depth / Focus	Push Rotary Key 로, 녹색으로 highlight 된 mode 가 현재 실행중인 mode 이고, 이 Key 를 Push 함으로써 Depth 와 focus 기능을 선택적으로 사용 할 수 있다. 또한 활성화된 mode 에서 Rotate 하여 Depth 와 Focus 를 control 한다.

	Compress	compress key 를 rotate 하여 Dynamic Range 를 control 할 수 있다.
	Active mode/ Gain	<p>2D, Color, CPA, PW, CW 등 현재 활성화된 각 mode 의 gain 을 control 한다. (활성화된 mode 의 값은 다음과 같이 화면에 Blue 로 display 되며, 각 mode 에서는 Freeze 상태에서 post processing 으로 gain 조절이 가능하다.)</p> 

## QWERTY Keyboard










Keyboard 의 맨 윗줄에 위치한 Function 키는 - Patient, Transducer, Preset, Review, Report, End Exam, Physio, Hide ID, Protocol, Setup, Help 등의 기능을 담당한다.

	Patient	Monitor 에 검사하고자 하는 환자의 정보를 입력한다. 만약 network 가 연결되어 있다면 worklist 가 표시된다.
	Transducer	버튼을 누를 때 마다 connector 에 연결되어 있는 순서대로 transducer 가 선택된다.
	Preset	Preset menu 와 Preset LCD soft key 를 나타내기 위해 이 key 를 누른다. 사용자는 Preset menu 와 Preset soft key 를 만들거나 변형, 삭제할 수 있으며 또한 screen 에서 preset 의 이름을 제거 할 수 있다.
	Review	진행 중인 study 에서 image review 를 열거나 닫을 때 Review key 를 누른다. Review screen 에서 navigation 하기 위해서는 trackball 과 Select , Enter key 를 사용한다
	Report	현재 검사 중인 환자의 report 를 볼 수 있다.
	End Exam	검사를 종료하고 patient data 화면이 열린다.
	Physio	ECG gain, position 등을 조절.
	Hide ID	Image 에 나타나는 patient ID 를 제거 할 수 있다
	Protocol	Protocol 메뉴로 들어간다.
	Setup	Set up 메뉴로 들어간다. 사용자의 setting 등을 변경 저장 할 수 있다.
	Help	Online Help 메뉴로 들어간다.




## trackball 을 중심으로 위치한 function key

	2D	다른 기능 (color , pw, dual, zoom 등)에서 2D 로 돌아갈 때 사용한다.
	Color	Color key 를 누르면 Color mode 가 시작된다.color box 조절은 select 로 한다.
	PW	PW key 를 누르면 SV line 이 나오고, control panel 의 중간쯤에 있는 Enter key 를 눌러 wave form 이 나오게 한다.
	CPA	CPA key 를 누르면 CPA mode 가 시작된다.CPA box 조절은 select 로 한다.
	TDI	Cardiac preset 에서 TDI mode 가 시작된다.
	CW	Cardiac preset 에서 CW spectral trace 를 나타내기 위해 CW key 를 누른다. Non-Cardiac preset 에서는 CW Preview 로 들어가기 위해 CW key 를 누르면, cw reference line 의 위치를 정할 수 있다.CW spectral trace 를 나타내기 위해 또 CW key 를 누른다.
	M-mode	M-mode key 를 누르면 M-mode line 이 나오고 control panel 의 중간쯤에 있는 Enter 를 눌러 M-mode 를 시작한다.

	Caliper	일반적인 distance 를 측정하기 위한 key 로, 측정값이 8 개까지 모니터에 display 되며, 9 번째 measure 부터는 처음 측정했던 값부터 차례로 지워진다.
	Trace	Ellips 로 측정할 때 사용하며, 두 개의 축을 두고 모양과 위치를 변환하여 타원이나 동근형태로 측정이 가능하다.
	Calculation	현재 선택한 Exam "type"에 따라 calc package 가 다르다. 누르면 monitor 가장 왼쪽에 길게 나타난다. Measure 를 하고 pointer 또는 Calc 을 눌러 display 목록 중 해당 하는 부위에 click 한다.
	Erase	선택된 text 나, measurement 를 지우기 위해 누른다.
	Text	원하는 위치에 text 를 넣는다.
	Marker	모니터에 원하는 Body Marker 를 선택하기 위해 상단에 Quick key 를 사용한다. 선택된 body maker 를 삭제하기 위해서는 delete marker Quick

	Freeze	Freeze 를 누르면 live image 는 정지되고 정지된 상태에서 trackball 를 사용하여 저장된 frame 을 scroll 할 수 있다. 다시 Freeze 를 누르면 live image 를 볼 수 다. unfreeze 상태에서는 모든 measurement 나 calculation 은 작동할 수 없다
	Print	사용자의 편의대로 printer 나 VCR 을 print 에 지정하여 사용 할 수 있다.
	Dual Imaging	Dual mode 로 들어가기 위해서 dual key 를 누르고, LT 나 RT key 를 이용하여 모드를 변경한다. 사용자가 Left 를 누르면, 왼쪽은 LIVE 이미지 오른쪽은 정지된 이미지를 볼 수 있다.(오른쪽을 누르면 반대이다)
	Enter	Menu 의 option 을 선택하기 위해 trackball 과 함께 Enter key 를 사용한다. <u>PW, CW, M-Mode Preview</u> : spectral 이나 M-mode trace 를 위해 Enter key 를 사용한다. <u>CW, PW Doppler</u> : 2D image 나 spectral 을 live 로 보기 위해 Enter key 를 사용한다. <u>3D, Panoramic</u> : trackball 로 image 를 움직이거나 cursor 를 움직일 때 image reivew 하는 동안 Enter key 를 사용한다. <u>3D 에서 trim tool 사용시</u> : trackball 로 trace 한 부분을 제거 하기 위해 Enter key 를 사용한다.
	Select	적용중인 mode 에서 기능의 변화를 위해 select 를 누른다 . trackball 의 기능은 monitor 중앙 하단에 표시되고 현재 진행중인 trackball 의 기능이 highlight 된다.



	iscan	<p>System parameter 를 즉각적으로 최적화 하기 위해 누른다.</p> <p>-2D 에서 적용시 TGC, overall gain 을 최적화 시켜주며 monitor 하단에 다음과 같은 icon 이 나타난다.</p> <p>-Color mode 적용시 color gain 을 최적화 시켜주며 monitor 하단에 다음과 같은 icon 이 나타난다.</p> <p>(단, CPA mode 와 TDI mode 에서는 적용되지 않으며, cardiology preset 에서도 적용 되지 않는다)</p> <p>-Doppler mode 적용시 velocity, baseline 을 최적화 시켜준다.</p> <p>(carotid preset 에서는 PW gain 또한 최적화 시켜준다.)</p> <p>이것은 지속적인 최적화 상태가 유지되지는 않으며 다시 최적화 하기 위해서는 iscan button 다시 누른다.</p>
	Pointer	<p>컴퓨터의 마우스처럼 Calc 안의 measure 값에 넣기 위해 목록을 가리킬 때, monitor 하단에 여러 가지 icon 의 status box 를 열 때, image 를 환자에게 설명하기 위해 화살표가 필요한 경우에 사용한다. ( 단, print 한 image 에는 표시되지 않는다.)</p>
	Acquire	<p>2D live imaging 에서 Stress Echo, Panoramic, 3D 의 loop 를 시작하고 종료할 때 사용한다. 2D frozen image 일 때나, spectral 또는 M-Mode trace 를 나타낼 때 frame 을 acquire 하기 위해 누른다. 또한 동영상 저장을 위해서는 unfreeze 상태에서 acquire 키를 눌러 동영상 저장을 시작한다.</p>

## 환자 정보 입력

- Patient
- MPN\_pt ID
- Name\_pt name

## 동영상 저장 or 정지영상 저장

- Acquire
- Freeze → Acquire

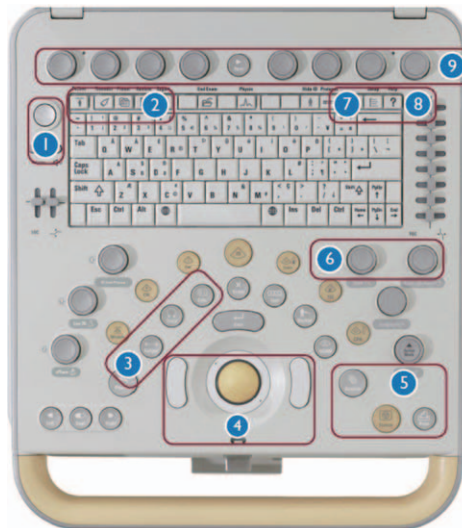
## 검사 종료

- End exam

## 영상 PACS로 전송

## 초음파 소독 및 관리

- 사용 후 probe & 배선 정리
- 전원을 항상 콘센트에 연결
- No alcohol

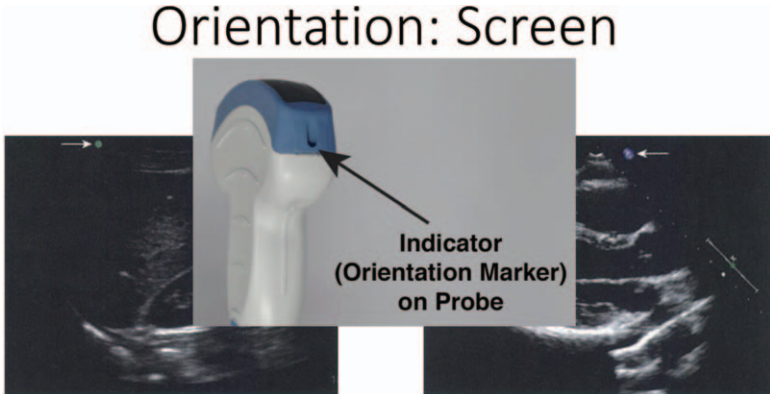




2. Orientation of ultrasound machine



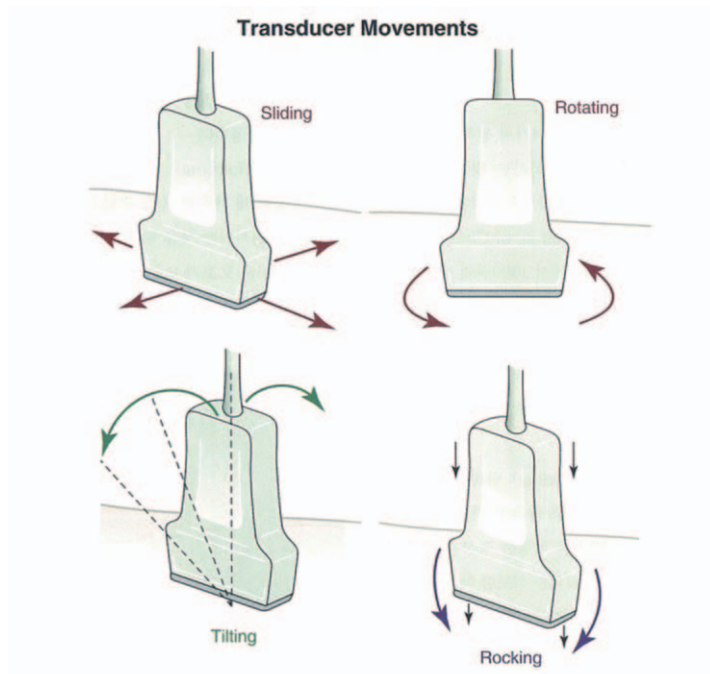
Orientation: Operator



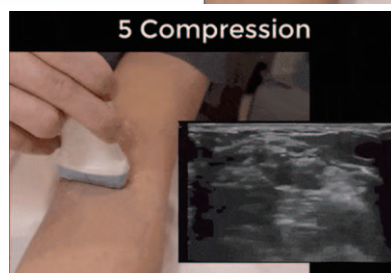
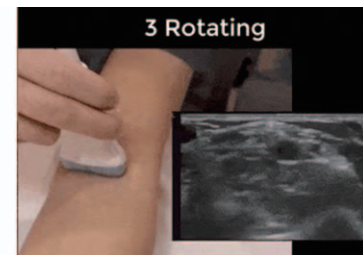
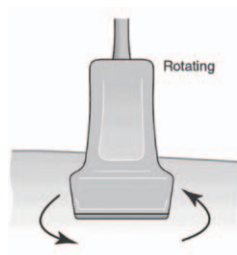
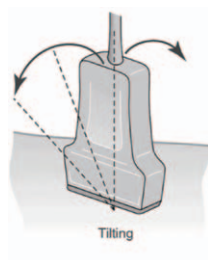
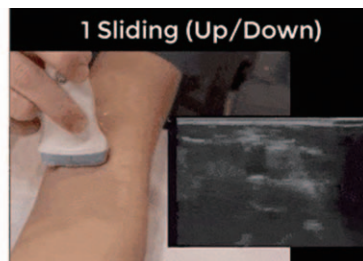
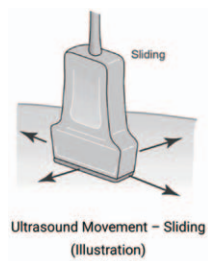
Orientation: Screen



Orientation: Transducer

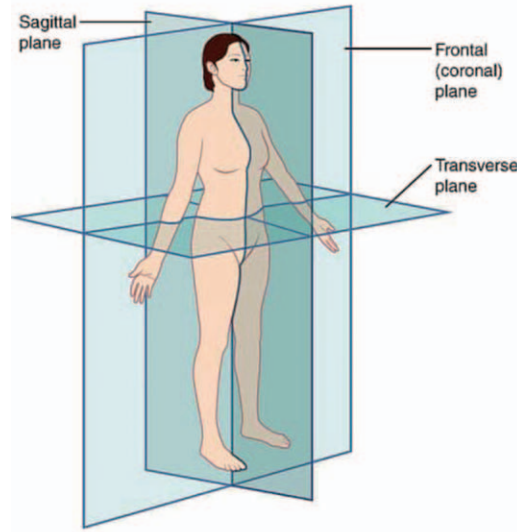


Orientation: Transducer



Orientation: Transducer

1. 다리에서 머리쪽으로 바라본다.
2. Probe orientation: 환자의 오른 쪽, 머리방향으로 두어야 한다.
3. IJ cath insertion 등에서는 orientation이 반대가 된다.



Orientation:  
Imaging planes

