

인체 해부 교육에서 에탄올-글리세린 방부 처리 시신의 유용성

신삼식¹, 양형채², 남광일¹

전남대학교 의과대학 ¹해부학교실, ²이비인후과학교실

(2016년 12월 6일 접수, 2016년 12월 12일 수정접수, 2016년 12월 15일 게재승인)

간추림 : 에탄올-글리세린 방부 처리 시신이 현재 인체 해부실습 교육과 실제 해부 교육에 사용되는 포르말린 고정 시신을 대체할 수 있는지를 알아보기 위해, 이 두 가지 방법으로 각각 처리된 시신 5구를 이용하여 물리화학적 특성을 비교 평가하고 생물학적 분석 및 초음파 검사를 시행하였다.

에탄올-글리세린 고정 시신(3구)은 색깔, 질감, 탄력성, 축축함(부드러움), 피부 절개와 봉합, 혈관 매듭과 봉합, 박리의 용이함, 냄새, 자극성 등 조사한 물리화학적 특성에서 피부 봉합을 제외한 모든 항목의 평가점수가 포르말린-페놀 고정 시신(2구)에 비해 높았다. 관절의 유연성 검사 결과 팔꿈관절의 펴운동을 제외한 어깨관절, 팔꿈관절, 손목관절의 운동에서 에탄올-글리세린 고정 시신이 통계적으로 유의하게 큰 운동 범위를 보였다. 8주째 시행한 생물학적 분석에서 에탄올-글리세린 고정 시신 1구에서 세균 1종이 검출된 데 비해, 포르말린-페놀 고정액으로 방부 처리한 모든 시신에서 세균과 곰팡이가 배양되었다. 초음파 검사 결과 포르말린-페놀 고정 시신에 비해 에탄올-글리세린 고정 시신의 간 일부에서 관찰되는 혈관 구조와 간 실질 음영이 뚜렷했으며, 넓적다리 근육 구조를 관찰하는 데 더 좋은 해상도를 보였다.

이상의 연구 결과 에탄올-글리세린 고정 시신이 해부에 적합한 물령조직의 질과 관절의 유연성 그리고 감염으로부터의 충분한 보호력을 갖는 것으로 평가되었으며, 초음파 검사에서도 깨끗한 영상을 얻을 수 있었다. 이는 학생의 해부실습과 임상사를 대상으로 하는 다양한 실제 해부 교육에 에탄올-글리세린 고정 시신이 활용될 수 있음을 시사한다.

찾아보기 낱말 : 인체 해부, 에탄올-글리세린 방부, 포르말린-페놀 고정, 실제 해부

서 론

현재 국내·외 의학교육과정에서 해부학 강의 시간이 현저히 축소되었으나[1,2] 해부학은 의학을 학습하는 의학과 학생에게 가장 중요한 기초 과학 분야임은 분명하다[3]. 또한 해부 과정을 통하여 학생들은 사람 몸의 기본 이론과 지식을 습득할 뿐만 아니라 임상 술기에 필요한 기술과 태도를 학습하고[4], 의학전문성 (professionalism)을 함양하게 된다[5]. 한편 외과의사들은 새로 개발되는 수술기법

을 숙달하기 위해 사람 시신을 통한 훈련과 연습을 필요로 한다. 이와 같이 사람 시신을 대상으로 한 해부학 교육과 연구에서 시신의 보존 상태는 중요한 요인 중의 하나이다 [6].

지금까지 대부분의 인체 해부 교육 과정과 실제 (hands-on) 워크숍은 신선 냉동 시신 (fresh-frozen cadaver)을 대상으로 이루어졌다 [7-10]. 신선 시신 또는 신선 냉동 시신은 초기에 살아있는 몸과 비슷한 색깔, 부드러움, 유연성을 가지고 있으나, 해동 후 빠르게 부패되기 때문에 시신 보존을 위한 냉동고가 필요하고 시신을 사용할 수 있는 기간이 한정되는 등의 어려움을 가지고 있다. 특히 방부 처리를 하지 않음으로써 감염의 위험성 또한 상당하다 [11].

신선 시신의 문제점을 보완하기 위한 시신 방부 처리법

저자(들)는 '의학논문 출판윤리 가이드라인'을 준수합니다.
저자(들)는 이 연구와 관련하여 이해관계가 없음을 밝힙니다.
교신저자 : 남광일 (전남대학교 의과대학 해부학교실)
전자우편 : atlas@jnu.ac.kr

개발에 대한 다양한 연구가 최근에 보고되고 있다[12]. 화학적 특성과 차이를 넘어서 방부액은 장기 및 조직이 원래의 색깔을 유지해야 하고 과도하게 경화되는 것을 방지하는 등 오랜 기간 동안 구조적 보존이 가능해야 한다[13]. 또한 시신이 건조되지 않아야 하고 곰팡이 또는 세균의 증식을 억제해야 하는 등 잠재적인 생물학적 유해성과 환경적으로 화학적 유해성을 최소화 하는 것이 필수조건이다[14].

1899년경 포르말린 용액을 사용하여 최초로 사람 시신을 방부 처리한 이후, 지난 100여년 동안 사람 시신에 대한 보존법은 포르말린을 기반으로 한 틀에서 거의 변하지 않았다[14]. 포르말린은 세균과 곰팡이에 대한 살균 및 살충 효과가 있어 부패를 일으키는 미생물의 침입을 방지하는 등 우수한 방부 작용과 미세구조의 손상 없이 조직을 굳게 하는 특성 때문에 시신 보존제로 광범위하게 사용되고 있다[15]. 그러나 상대적으로 고농도의 포르말린은 조직을 경화시킴으로써 시신의 조직 특히, 물렁조직(soft tissue)의 심각한 질적 저하를 초래한다는 것이 보고된 바 있다[16]. 최근에는 포름알데히드가 사람에게 발암물질로 분류됨으로써[17,18], 이를 대체할 수 있는 고정액의 개발 필요성이 증가하고 있다.

현재 포름알데히드 사용을 줄이거나 이를 대체하는 다양한 고정 방법들이 개발 또는 제안되고 있다. 에탄올-글리세린(ethanol-glycerin) [19], 이소프로판올(isopropanol) [20], 메탄올(methanol) [21], 페녹시에탄올(phenoxyethanol) [22] 과 상품으로 시판 중인 고정액[23,24]이 그 예이다.

이에 저자는 비교적 저비용이며 방부 처리가 간단하고 인체 유해성이 낮다고 알려진 에탄올-글리세린 고정법과, 기존의 포르말린-페놀 방부 처리한 시신을 대상으로 몇 가지 물리화학적 특성을 비교 평가하고 생물학적 분석과 초음파 검사를 시행함으로써 정량적, 정성적 분석을 하고자 하였다. 이를 바탕으로 의학 전공자들을 대상으로 한 인체 해부학 교육과 실습에서 기존의 포르말린-페놀 고정법을 에탄올-글리세린 고정법으로 대체 가능한지를 살펴보고, 또한 임상의사들의 술기 해부 과정에서의 적합성을 모색하고자 한다.

재료 및 방법

1. 기증 시신

본 연구에 사용된 시신은 전남대학교 의과대학에 의학 교육과 연구를 위하여 기증된 시신 5구를 대상으로 하였으며(Table 1), 이는 생전에 기증자 본인 또는 사후 유가족의 기증서약서에 따라 기증된 시신이였다. 기증 서류 일체는 대한민국 “시체 해부 및 보존에 관한 법률”에 따라 작성되었다.

2. 시신의 방부 처리

기증된 시신은 부패 방지 전처리로 혈관에서 응고된 혈액을 제거하기 위하여 양쪽 넙다리삼각 부위에 3 cm 정도를 절개하여 넙다리동맥을 노출시킨 다음, 혈관을 절개하여 T-모양 관을 각각 혈관의 몸쪽과 먼쪽으로 삽입하였다. 혈전용해제인 pH-A (Champion Company, Ohio, USA) 2.5% 희석액을 10 L 주입하였고, 동시에 혈액을 배출시키기 위해 넙다리정맥과 바깥목정맥을 절개하였다.

1) 포르말린-페놀 고정

혈액 제거와 배출이 완료된 시신은 바깥목정맥과 넙다리정맥의 절개 부위를 봉합한 다음, 넙다리동맥을 통해 포르말린-페놀 고정액(에탄올 10L, 글리세린 3L, 포르말린 3L, 페놀 2kg, 물 18L) 총 36L를 주입펌프(Porti-Boy Mark V, Embalmers Supply Company, UK)를 이용하여 주입하였다(Table 2).

2) 에탄올-글리세린 고정

포르말린-페놀 고정법의 주입과 동일한 과정을 거쳐 양쪽 넙다리동맥에 에탄올-글리세린 고정액(95% 에탄올, 5% 글리세린) 총 20L를 4~6회에 나누어 18시간 동안 주입하였다. 방부 처리가 끝난 시신은 65% 에탄올 용액이 담긴 급속방부 처리장치(KBES-3DX-U, Katoman, JAPAN)에 37°C에서 2주간 담근 뒤 꺼내어 뇌혈관 염색을 위한 라텍스를 주입하였다. 각각 붉은 색소와 푸른 색소가 섞여 있는 시신혈관주입용 라텍스(EG-0168, USA)를 라텍스건을

Table 1. General characteristics of donated cadavers

No.	Age	Sex	Cause of death	Embalming method
FP-1	88	Female	CPA	Formalin-Phenol
FP-2	87	Male	Septic shock	
EG-1	95	Female	Respiratory failure	Ethanol-Glycerin
EG-2	69	Female	Lung cancer	
EG-3	76	Male	Prostatic cancer	

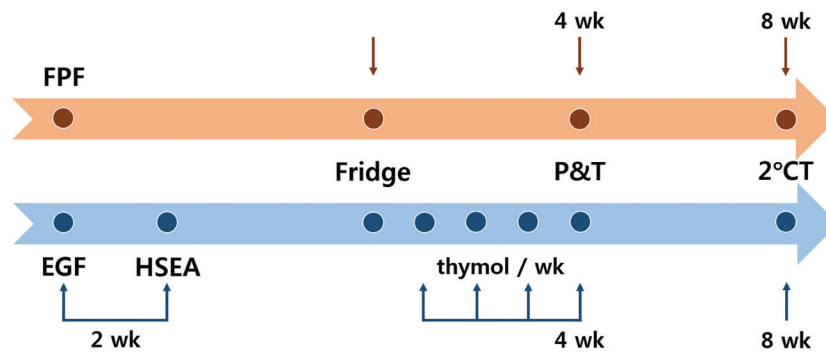
CPA: cardiopulmonary arrest.

Table 2. The protocol of formalin-phenol fixation summarizes the amounts and concentrations of fixatives, duration of each step, and required conditions

Procedure	Amount of fixatives	Final concentration	Duration	Required conditions
Formalin-phenol fixation	10 L of ethanol 3 L of glycerin 3 L of formalin 2 kg of phenol 18 L of water	27% by vol. (ethanol) 8.3% by vol. (glycerin) 8.3% by vol. (formalin) 5.6% by mass (phenol) 50% by vol. (water)	18 hours: 4 to 6 injection cycles, each 30 minutes	Injection pump
Wrapping and storage	—	—	Up to 2 years	4°C, refrigerator, polyethylene foil

Table 3. The protocol of ethanol-glycerin fixation and thymol conservation summarizes the amounts and concentrations of fixatives, duration of each step, and required conditions

Procedure	Amount of fixatives	Final concentration	Duration	Required conditions
Ethanol-glycerin fixation	19 L of ethanol 1 L of glycerin	95% by volume (ethanol) 5% by volume (glycerin)	18 hours: 4 to 6 injection cycles, each 30 minutes	Injection pump
Fixation of skin	Water-diluted ethanol, immersion	65% by volume	2 weeks	37°C, high-speed embalming apparatus
Wrapping and storage	—	—	Up to 2 years	4°C, refrigerator, polyethylene foil
Thymol conservation	0.3 kg of thymol (2 mol) and 1 L of ethanol	~3% by mass (thymol) ~9% by volume (ethanol)	Moistening \geq once a week	Polyethylene foil to prevent drying

**Fig. 1.** Time frame of study design. FPF: formalin-phenol fixation, EGF: ethanol-glycerin fixation, HSEA: high-speed embalming apparatus, Fridge: carrying cadavers out of the refrigerator, P&T: All procedures and tests, 2°CT: second culture test, wk: week.

이용하여 각각 온목동맥과 바깥목정맥, 속목정맥을 통해 주입하였고, 색소 주입이 완료된 시신은 밀폐된 비닐봉기에 담아 티몰(thymol) 보존액을 도포하고 4°C 냉장고에 보관하였다(Table 3).

술기를 시행하기 위해 냉장고에서 꺼낸 시신은 포르말린-페놀 고정의 경우 추가 보존제를 도포하지 않은 상태에서 비닐뿔개를 씌워 실습대에 위치시켰고, 에탄올-글리세린 고정 시신은 4주까지는 주당 1회 티몰 보존액을 도포하였으나 이후 8주까지는 아무런 처치를 하지 않은 채 비닐봉기에 담아 실습대에 위치시켰다. 8주째 이차 배양 검

사를 제외한 모든 술기 시행과 관찰 및 측정은 냉장고에서 꺼낸 뒤 4주째 이루어졌다(Fig. 1).

3. 물리화학적 특성 측정

두 가지 방법으로 고정된 시신의 물리화학적 특성을 비교 분석하고자, 13명의 전문의(외과 2, 정형외과 6, 신경외과 2, 이비인후과 3)에게 각각 관찰과 전문 처치 및 술기를 시행하면서 측정을 의뢰하였다. 고정 시신의 색깔, 질감, 탄력성, 축축함(부드러움), 피부 절개와 봉합, 혈관 매듭과 봉합, 박리의 용이함, 냄새, 자극성 등 모든 특성 인자는 생

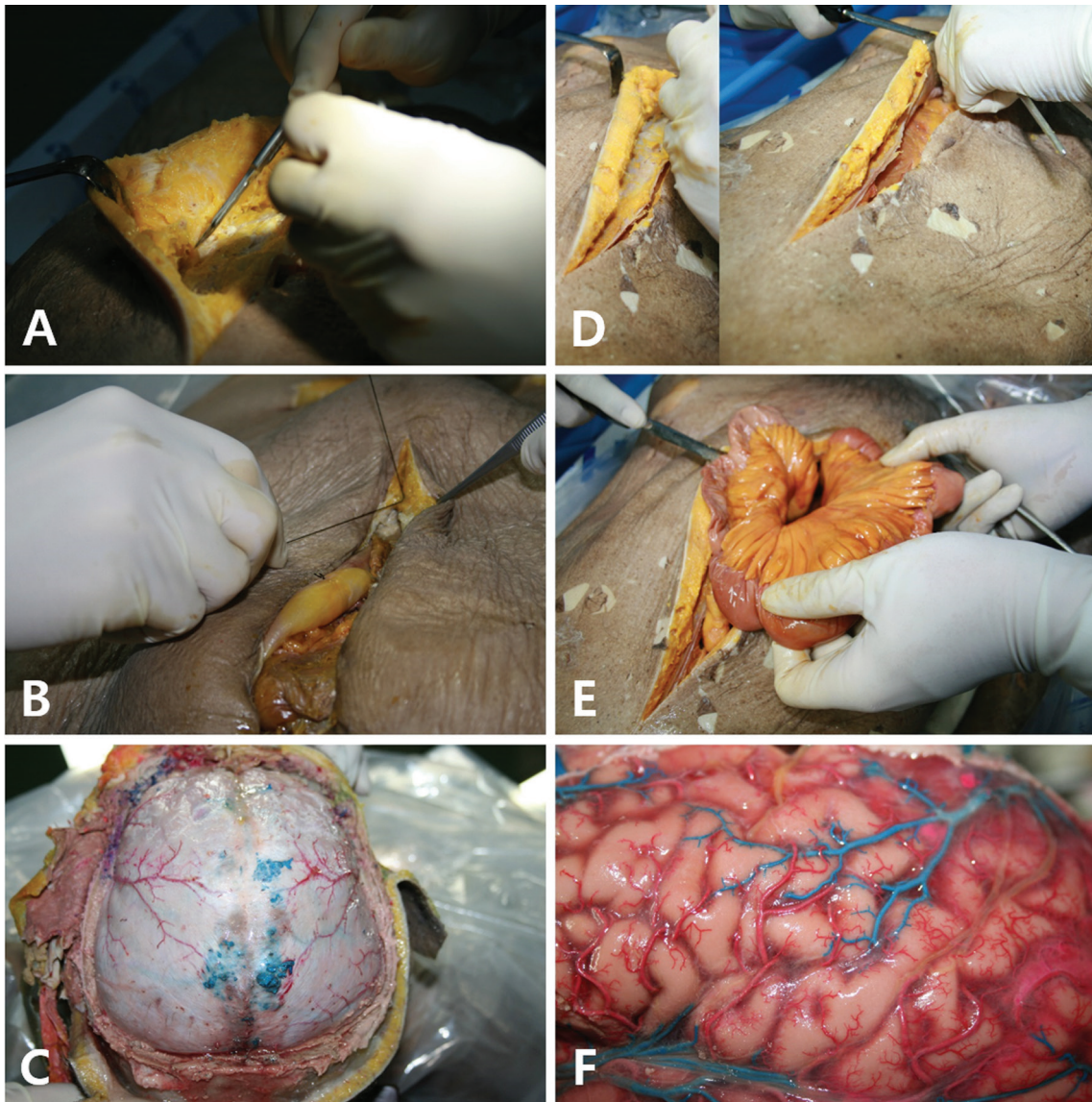


Fig. 2. Assessment of physical and chemical characteristics in cadavers embalmed by two different methods. (A) to (B) are formalin-phenol solution-fixed cadavers, whereas (C) to (F) are ethanol-glycerin solution-fixed cadavers. (A) and (D): skin incision and decollement; (B): vessel ligation; (E): small intestine; (C) and (F): the vasculature of meninges and brain.

체 정상 상태를 10점 기준으로 하여 1에서 10점까지 평가하였다.

또한 관절의 유연성을 비교 분석하고자 정형외과 전문의의 도움으로 어깨관절, 팔꿈치관절, 손목관절에서 각각의 운동 범위를 각도계를 이용하여 측정하였다(Fig. 3).

4. 생물학적 분석

각 고정 시신에서 감염 위험성을 조사하고자 세균 및 곰팡이 배양 검사를 시행하였다. 방부 처리한 시신을 냉장고

에서 꺼낸 다음 4주째와 8주째 두 차례 검사하였고, 표본은 멸균된 면봉을 이용하여 가슴과 입 주위에서 획득하였다. 배양 검사는 전남대학교병원 진단검사의학교실에서 실시하였다.

5. 초음파 검사

두 가지 방법으로 고정된 시신에서 영상 의학 전문의의 도움을 받아 각각 초음파 검사를 시행하였다. 검사에 사용된 초음파 기기는 Vivid S5 (GE Healthcare, USA)였고, 배



Fig. 3. Assessment of the range of motion in cadavers embalmed by two different methods. (A) to (C) are formalin-phenol solution-fixed cadavers, whereas (D) to (F) are ethanol-glycerin solution-fixed cadavers. (A) and (D): shoulder abduction; (B) and (E): elbow flexion; (C) and (F): wrist flexion.

사분역과 골반에서 장기와 넓적다리 부위에서 근육과 근막을 확인하고자 하였다.

6. 통계 분석

통계분석은 SPSS ver. 20.0을 이용해 시행하였다(SPSS Inc., IL, USA). 연속형 변수는 평균±표준편차로 요약하였으며, 범주형 변수는 비율로 제시하였다. 포르말린-페놀 고정 시신과 에탄올-글리세린 고정 시신의 여러 변수에 대한 비교는 Mann-Whitney U-test를 이용하여 시행하였다. 본

연구에서는 p값 0.05 미만을 통계적으로 유의하다고 정의하였다.

결 과

1. 물리화학적 특성

포르말린-페놀 고정 시신과 에탄올-글리세린 고정 시신을 대상으로 13가지 물리화학적 특성을 비교한 결과, 피부

Table 4. Comparison of the physical and chemical characteristics in cadavers following embalming by two different methods

Characteristics	FPF (n = 2)	EGF (n = 3)	P value
Physical			
Visual assessment (gross)	3.73 ± 1.90	7.22 ± 0.99	**
Color	3.73 ± 1.79	7.47 ± 1.03	**
Texture	3.64 ± 1.57	7.31 ± 1.06	**
Elasticity	2.82 ± 1.60	7.11 ± 1.33	**
Wetness (softness)	4.55 ± 2.34	7.64 ± 1.50	**
Skin incision	5.27 ± 1.79	7.53 ± 1.63	**
Skin suture	5.40 ± 1.14	6.42 ± 1.98	ns
Vessel ligation	3.00 ± 0.00	7.67 ± 0.58	*
Vessel suture	3.00 ± 0.00	7.93 ± 0.58	*
Decollement	5.45 ± 1.21	7.93 ± 0.87	**
Usefulness of surgical training	3.50 ± 2.22	7.94 ± 1.32	**
Chemical			
Odor	3.55 ± 1.70	7.64 ± 1.90	**
Irritant	4.09 ± 1.58	8.12 ± 1.41	**

All items are evaluated on a 10-point rating scale (Ten point represent the similarity to living condition). FPF: formalin-phenol fixation, EGF: ethanol-glycerin fixation, Values are represented as mean ± SD. ns: not significant (P > 0.05), *: 0.01 < P < 0.05, **: P < 0.01.

Table 5. Range of motion (ROM) of joints in cadavers following embalming by two different methods

Joint movement		ROM (angle)			P value
		Normal	FPF (n = 2)	EGF (n = 3)	
Shoulder	Flexion	~180	32.5 ± 17.7	135.0 ± 25.0	*
	Abduction	~180	30.0 ± 14.1	146.7 ± 12.6	**
	Medial rotation	~70	32.5 ± 17.7	83.3 ± 11.6	*
	Lateral rotation	~90	20.0 ± 14.1	83.3 ± 5.8	**
Elbow	Extension	0	0.0 ± 0.0	-6.7 ± 5.8	ns
	Flexion	~150	70.0 ± 0.0	153.3 ± 5.8	**
Wrist	Extension	~70	25.0 ± 7.1	80.0 ± 0.0	**
	Flexion	~80	20.0 ± 14.1	80.0 ± 0.0	**
	Supination	~80	20.0 ± 14.1	90.0 ± 0.0	**
	Pronation	~80	65.0 ± 7.1	90.0 ± 0.0	**

FPF: formalin-phenol fixation, EGF: ethanol-glycerin fixation, Values are represented as mean ± SD. ns: not significant (P > 0.05), *: 0.01 < P < 0.05, **: P < 0.01.

봉합을 제외한 모든 비교 인자에서 에탄올-글리세린 고정 시신이 통계적으로 유의하게 좋은 평가를 받았다(Table 4). 생체 정상 상태를 10점 기준으로 하였을 때 에탄올-글리세린 고정 시신은 특히 박리(decollement)의 용이함과 자극성(irritation)에서 8점 내외의 평가를 받아, 전반적으로 외과적 수련에 유용하다고 평가되었다(Fig. 2).

두 가지 방법으로 고정된 시신에서 관절의 유연성을 비교하기 위하여 어깨관절, 팔꿈관절, 손목관절의 운동 범위를 측정된 결과, 팔꿈관절의 펴운동을 제외한 모든 측정 운동에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 즉, 에탄올-글리세린 고정 시신에서 어깨관절의 굽힘, 벌림, 안쪽돌림, 가쪽돌림 운동, 팔꿈관절의 굽힘 운동, 손목관절의 펴, 굽힘, 뒤침, 옆침 운동에서 생체에 가까운 관절운동 범위를

보였다(Fig. 3, Table 5).

2. 생물학적 분석

냉장고에서 꺼낸 지 4주째 시행한 세균 및 곰팡이 배양 검사에서는 포르말린-페놀 고정 시신과 에탄올-글리세린 고정 시신 모두 음성이었다. 그러나 8주째 배양 검사에서는 포르말린-페놀 고정 시신 2예에서 각각 포도상구균(*Staphylococcus capitis*)과 페니바실러스균(*Paenibacillus odorifer*)이, 그리고 1예에서 푸른곰팡이(*Penicillium sp.*)가 다수 검출되었다. 8주째 에탄올-글리세린 고정 시신에서는 1예에서 막대균(*Bacillus circulans*)이 검출되었으나 곰팡이는 검출되지 않았다(Table 6).

Table 6. Results of bacterial and fungal culture tests on cadaver following two different embalming methods

Cadavers		4 wk		8 wk	
		Bacteria	Fungi	Bacteria	Fungi
FPF	FP-1	-	-	<i>Paenibacillus odorifer</i> (1)	-
	FP-2	-	-	<i>Staphylococcus capitis</i> (1)	<i>Penicillium</i> species (15)
EGF	EG-1	-	-	<i>Bacillus circulans</i> (1)	-
	EG-2	-	-	-	-
	EG-3	-	-	-	-

FPF: formalin-phenol fixation, EGF: ethanol-glycerin fixation.

The Number in parenthesis indicates the number of colony on culture tests.

3. 초음파 검사

포르말린-페놀 고정 시신과 에탄올-글리세린 고정 시신의 초음파 해상도를 비교하기 위해 배 사분역과 골반 그리고 넓적다리에서 초음파 검사를 시행한 결과, 포르말린-페놀 고정 시신의 경우, 초음파가 배벽을 거의 투과하지 못하여 배안이 잘 확인되지 않았다. 그러나 일부에서 간과 간 안쪽에 확장된 혈관들이 관찰되었고, 창자로 생각되는 관형의 구조들과 지방으로 생각되는 조금 높은 음영이 함께 관찰되었다. 넓적다리에서는 얇은 층 근육의 근막이 밝은 선상으로 관찰되었으나 근섬유는 확인이 되지 않았고, 깊은층 근육은 초음파가 잘 투과되지 않아 어렵게 관찰되었다(Fig. 4A~C).

에탄올-글리세린 고정 시신의 초음파 검사 결과 간 일부에서 비교적 균질한 실질과 혈관 구조가 관찰되었고, 배 안과 골반에서 창자 관형 구조물과 지방 조직이 높은 음영으로 관찰되었다. 넓적다리에서는 얇은 층부터 넓다리뼈까지 비교적 잘 관찰되었으며, 높은 음영의 선상 구조물인 근막과 근육 내부에 밝게 보이는 근섬유 구조는 낮은 음영으로 잘 관찰되었다. 깊은층 근육에서 일부 낮은 음영과 내부 검은 음영 부분이 관찰되었다(Fig. 4D~F).

4. 뇌혈관 염색 결과

에탄올-글리세린 고정 시신의 방부 처리 과정에서 붉은 색소가 함유된 라텍스를 온목동맥에 주입한 결과, 주요 뇌막동맥과 뇌동맥 그리고 말초부위 동맥가지까지 잘 침투된 것을 확인하였다. 푸른 색소가 함유된 라텍스는 바깥쪽 정맥과 속쪽정맥을 통해 주입되었는데, 뇌정맥과 주요 뇌정맥굴에 침투되었을 뿐만 아니라 거미막과립(arachnoid granulation)까지 확장되어 있음을 확인하였다(Fig. 2C, F). 한편 에탄올-글리세린 고정 시신의 뇌 조직은 포르말린-페놀 고정 시신의 뇌와 비교했을 때 훨씬 부드러웠고(Fig. 2F), 뇌막을 제거하는 과정에서 조직 일부는 부스러지기도 했다.

고 찰

본 연구에서 에탄올-글리세린 고정 시신이 해부에 적합한 물렁조직의 질과 관절의 유연성 그리고 감염으로부터의 충분한 보호력을 갖는 것으로 평가되었다. 뿐만 아니라 초음파 검사에서도 깨끗한 영상을 얻을 수 있었다. 이는 학생들의 해부실습과 다양한 외과적 수련 프로그램에서 에탄올-글리세린 고정 처리한 시신이 활용될 수 있음을 시사해주는 것이다.

최근 들어 임상 의사를 대상으로 수요가 증가하고 있는 다양한 실제 해부 교육에서, 시신과 관련한 중요한 인자는 생체와 유사한 조직과 관절의 유연성이다. 지금까지 오랜 기간 동안 사용되고 있는 포르말린 고정액은 메틸렌 사슬(-CH₂-)이 첨가되어 화학적으로 여러 단백질을 교차결합 시킴으로써 고정 또는 무두질(tanning-type action) 효과를 갖는다[25]. 상대적으로 포르말린 농도가 증가할수록 조직이 더욱 단단해지고, 특히 관절의 유연성에 관련된 물렁조직의 상태에 크게 영향을 미치는 것으로 알려졌다[16].

이러한 단점을 보완하기 위하여 포르말린 농도를 낮추는 방부법이 개발되고 있으며, 0.6% 포르말데히드가 함유된 티엘(Thiel) 방부법이 대안으로 제시되었다. 티엘 방법으로 보존된 시신은 생체와 매우 유사한 질감과 색깔을 나타내며 수술, 초음파 검사, 국소마취 등 여러 영역에서 적용가능하다고 보고되었다[26-28]. 그러나 티엘 방법은 상당히 복잡하고 보존 과정에 값비싼 재료가 필요하며 시간이 오래 걸리는 등의 문제점이 있어[6], 국내 의과대학의 현 상황에서 티엘 방법을 도입하는 데 어려움이 예상된다. 또한 티엘 방부 시신의 유연성은 근육 단백질이 분해(fragmentation)되는 데서 기인하고[27], 신선 냉동 시신의 힘줄과는 다른 아교섬유/아교질 네트워크로 인해 신체 역학적(bio-mechanical) 특성을 제대로 반영할 수 없다고[29] 보고되었다.

따라서 본 연구에서는 포르말린을 제외한 여러 가지 방부법 중에서 비교적 간단하여 작업이 용이하고 가격이 저

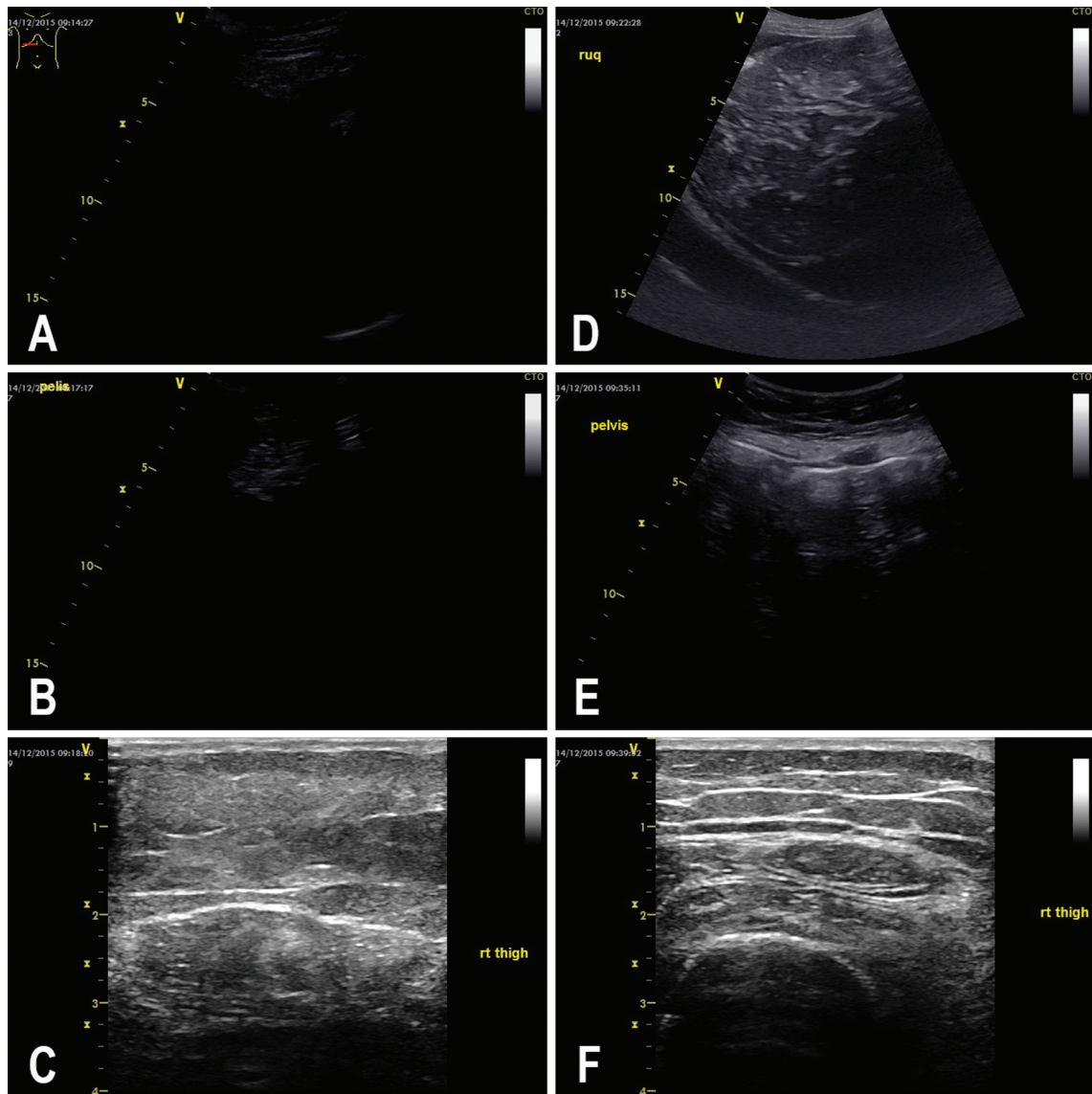


Fig. 4. Ultrasonography in cadavers embalmed by two different methods. (A) to (C) are from the formalin-phenol solution-fixed cadavers, whereas (D) to (F) are from ethanol-glycerin solution-fixed cadavers. (A) and (D) images through right upper quadrant in abdomen; (B) and (E) images through pelvis; (C) and (F) images through right thigh.

렴한 에탄올-글리세린 고정액을 이용하여 방부 처리한 시신을 대상으로 물리화학적 특성을 조사하고, 생물학적 분석과 초음파 검사를 통해 해부실습 교육과 임상 술기 교육에 적용 가능성을 알아보고자 하였다. 일반 포르말린 고정 시신의 경우 색깔, 질감, 탄력성, 축축함(부드러움), 피부 절개와 봉합, 혈관 매듭과 봉합, 박리의 용이함, 냄새, 자극성 등 조사한 물리화학적 특성 모두에서 참여 시술자로부터 생체를 10점 기준으로 하여 약 4점으로 평가되었다. 반면에 에탄올-글리세린 고정 시신은 약 7.5점으로 평가되었으며, 특히 혈관 봉합과 박리의 용이함, 자극성에서 우수하여

외과적 술기에 유용할 것으로 평가되었다. 또한 피부 봉합을 제외한 모든 항목의 평가점수가 에탄올-글리세린 고정 시신에서 통계적으로 유의하게 높았다(Fig. 2, Table 5).

또한 외과적 술기 교육에서 중요한 관절의 유연성을 조사하고자 어깨관절, 팔꿈관절, 손목관절에서 관절 운동 범위를 측정하였다. 팔꿈관절의 펴운동을 제외한 모든 조사 운동에서 에탄올-글리세린 고정 시신의 운동 범위가 포르말린-페놀 고정 시신에 비해 통계적으로 유의한 차이를 보였다(Fig. 3, Table 6). 특히 어깨관절의 안쪽돌림, 팔꿈관절의 펴과 굽힘, 손목관절의 펴, 뒤침, 옆침 운동은 정상치보

다 더 큰 운동 범위로 측정되는 관절의 유연성을 감안할 때, 향후 근골격계 외과적 술기 교육에 활용될 수 있을 것으로 생각된다. 다만 다리의 관절에서 운동 범위를 측정하지 못하였기 때문에, 운동 영역이 비교적 큰 모든 순환관절에서 유연성이 우수하다고 판단하는 데는 제한점이 있다.

기존의 실제 해부 교육 프로그램에서 널리 사용된 신선 냉동 시신은 해동 후 빠르게 부패가 진행되므로 감염의 위험성이 존재하므로, 이를 보완하기 위해서는 방부 처리된 시신을 사용할 수밖에 없다. 생물학적 유해성을 조사하기 위해 본 연구에서도 두 가지 다른 방법으로 고정된 시신에서 각각 세균과 곰팡이 배양 검사를 두 차례 실시하였다. 두 가지 방법으로 고정된 시신 모두 냉장고에서 꺼낸 후 8주까지 실습대 위에 위치시켰고, 에탄올-글리세린 고정 시신은 4주까지는 매주 1회 티몰 보존액을 뿌렸으나 이후 8주까지는 그대로 방치하였다. 배양 검사 결과 4주째는 두 가지 방법으로 고정된 시신 모두 세균과 곰팡이가 검출되지 않았으나, 8주째는 포르말린-페놀 고정 시신 모두에서 세균과 곰팡이가 배양되었다. 특히 1구에서는 푸른곰팡이가 다수 검출되었다. 반면에 에탄올-글리세린 고정 시신은 8주째 1구에서 세균 1종이 검출되어, 티몰 보존액을 주기적으로 도포하면 장기적으로도 세균 및 곰팡이의 감염 가능성을 충분히 낮출 수 있을 것으로 사료된다. 티몰(thymol; 2-isopropyl-5-methylphenol, IPMP)은 과거에 백리향(*Thymus vulgaris*)과 꽃박하(*Origanum vulgare*)에서 추출되었으나 지금은 화학합성물로 시판되어 저렴하며 인체에 분말을 직접 흡입하거나 접촉하지 않으면 유해하지 않은 것으로 보고되어[30], 기존의 페놀 보존제를 대체하여 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

외과적 술기를 교육받는 임상 의사에게는 술전 시신의 내부와 장기 등에 대한 정보가 도움이 될 것으로 판단되어, 본 연구에서 두 가지 방법으로 고정된 시신의 배, 골반, 넓적다리에서 초음파 검사를 각각 시행하여 차이를 비교하였다. 물론 환자를 대상으로 배안 장기를 관찰하는 초음파 검사는 호흡의 조절과 같은 피험자의 협조가 필요한 검사인 데 반해, 시신에서는 협조가 불가능하며 배벽과 피부의 주름 또는 굴곡 등으로 인해 초음파 탐촉자를 사용하는 데 제약이 있을 수밖에 없다. 이와 같은 제한점에도 불구하고 시신에서 시행한 초음파 검사 결과, 에탄올-글리세린 고정 시신의 간 일부에서 관찰되는 혈관 구조와 간 실질 음영이 뚜렷했다. 넓적다리 근육은 배와 골반과는 달리 두 가지 방법으로 고정된 시신 모두에서 비교적 잘 관찰되었으며, 에탄올-글리세린 고정 시신의 근육 구조를 관찰하는 데 더 좋은 해상도를 보였다(Fig. 4). 이는 포르말린 방부 시신에서 발생하는 심한 인공산물(artifacts)로 인하여

배안과 복막뒤 장기의 초음파 검사에 부적합하다는 보고[25]와 일치하는 소견이다.

에탄올-글리세린 고정 시신의 뇌 조직을 이용한 학생과 임상 의사들의 신경 해부 실습 및 술기 과정에 적정성을 알아보기 위해, 머리뼈를 열어 뇌 조직을 관찰하였고 뇌혈관 염색 결과를 확인하였다. 뇌혈관 염색은 주요 동맥과 정맥 뿐만 아니라 그 가지 및 거미막과립까지 색소가 함유된 라텍스에 의해 염색되어 혈관들이 쉽게 확인이 되었다. 뇌 조직은 생체와 비슷한 물렁조직이었으나 뇌막을 제거하는 과정에서는 일부 조직이 떨어지는 경우도 발생하여, 학생 신경 해부 실습에는 적합하지 않은 것으로 판단되었다. 따라서 이를 보완하기 위해 방부 처리 과정에서 머리뼈에 구멍을 내어 포르말린 고정액을 소량 주입하는 것과 뇌를 적출하여 별도의 용기에 담아 포르말린 고정을 시도하는 등의 방법을 고려할 수 있겠다. 그러나 임상 의사들을 대상으로 하는 신경 해부 술기 과정에서는 생체와 유사한 뇌 조직 특성을 보아 에탄올-글리세린 고정법이 적합할 것으로 판단된다. 또한 향후 실제 해부 실습 중 여러 인자에 노출되었을 때 발생할 수 있는 세균 및 곰팡이 증식이나 조직의 부패 방지 안전성이나 적합성 등은 더 많은 연구와 분석이 필요할 것으로 생각된다.

REFERENCES

1. Drake RL, McBride JM, Lachman N, Pawlina W. Medical education in the anatomical sciences: the winds of change continue to blow. *Anat Sci Educ.* 2009; 2:253-9.
2. Pawlina W. Basic sciences in medical education: Why? How? When? Where? *Med Teach.* 2009; 31:787-9.
3. Orbson CP, Kaiser RS, Ross CF. Physician opinions about an anatomy core curriculum: a case for medical imaging and vertical integration. *Anat Sci Educ.* 2013; 7:251-61.
4. Sugand K, Abrahams P, Khurana A. The anatomy of anatomy: a review for its modernization. *Anat Sci Educ.* 2010; 3:83-93.
5. Wittich CM, Pawlina W, Drake RL, Szostek JH, Reed DA, Lachman N, et al. Validation of a method for measuring medical students' critical reflections on professionalism in gross anatomy. *Anat Sci Educ.* 2013; 6:232-8.
6. Hayashi S, Homma H, Naito M, Oda J, Nishiyama T, Kawamoto A, et al. Saturated salt solution method: a useful cadaver embalming for surgical skills training. *Medicine.* 2014; 93:e196.
7. Macchi V, Munari PF, Brizzi E, Parenti A, De Caro R. Workshop in clinical anatomy for residents in gynecology and obstetrics. *Clin Anat.* 2003; 16:440-7.

8. Yang JH, Kim YM, Chung HS, Cho J, Lee HM, Kang GH, et al. Comparison of four manikins and fresh frozen cadaver models for direct laryngoscopic orotracheal intubation training. *Emerg Med.* 2010; J 27:13-6.
9. Lewis CE, Peacock WJ, Tillou A, Hines OJ, Hiatt JR. A novel cadaver-based educational program in general surgery training. *J Surg Educ.* 2012; 69:693-8.
10. Sharma M, Macafee D, Horgan AF. Basic laparoscopic skills training using fresh frozen cadaver: a randomized controlled trial. *Am J Surg.* 2013; 206:23-31.
11. Anderson SD. Practical light embalming technique for use in the surgical fresh tissue dissection laboratory. *Clin Anat.* 2006; 19:8-11.
12. Balta JY, Cronin M, Cryan JF, O'Mahony SM. Human preservation techniques in anatomy: A 21st century medical education perspective. *Clin Anat.* 2015; 28:725-34.
13. Coleman R, Kogan I. An improved low-formaldehyde embalming fluid to preserve cadavers for anatomy teaching. *J Anat.* 1998; 192:443-6.
14. Brenner E. Human body preservation-old and new techniques. *J Anat.* 2014; 224:316-44.
15. Richins CA, Roberts EC, Zeilmann JA. Improved fluids for anatomical embalming and storage. *Anat Rec.* 1963; 146:241-3.
16. Wilke HJ, Werner K, Haussler K, Reinehr M, Böckers TM. Thiel-fixation preserves the non-linear load-deformation characteristic of spinal motion segments, but increases their flexibility. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2011; 4:2133-7.
17. Hauptmann M, Stewart PA, Lubin JH, Beane Freeman LE, Hornung RW, Herrick RF, et al. Mortality from lymphohematopoietic malignancies and brain cancer among embalmers exposed to formaldehyde. *J Natl Cancer Inst.* 2009; 101:1696-708.
18. National Toxicology Program. Final report on carcinogens background document for formaldehyde. *Rep Carcinog Backgr Doc.* 2010; (10-2981):i-512.
19. Hammer N, Löffler S, Feja C, Sandrock M, Schmidt W, Bechmann I, et al. Ethanol-glycerin fixation with thymol conservation: A potential alternative to formaldehyde and phenol embalming. *Anat Sci Educ.* 2012; 5:225-33.
20. Spranger H. Die Verwendung von Isopropylalkohol statt Äthylalkohol in der pathologisch-anatomischen Technik. *Zbl Path Jena.* 1926; 38:65-7.
21. Jaung R, Cook P, Blyth P. A comparison of embalming fluids for use in surgical workshops. *Clin Anat.* 2011; 24:155-61.
22. Wineski LE, English AW. Phenoxyethanol as a nontoxic preservative in the dissection laboratory. *Acta Anat (Basel).* 1989; 136:155-8.
23. Whitehead MC, Savoia MC. Evaluation of methods to reduce formaldehyde levels of cadavers in the dissection laboratory. *Clin Anat.* 2008; 21:75-81.
24. Messmer C, Kellogg RT, Zhang Y, Baiak A, Leiweke C, Marcus JR, et al. A technique to perfuse cadavers that extends the useful life of fresh tissues: The Duke experience. *Anat Sci Educ.* 2010; 3:191-4.
25. Schramek GG, Stoevesandt D, Reising A, Kielstein JT, Hiss M, Kielstein H. Imaging in anatomy: a comparison of imaging techniques in embalmed human cadavers. *BMC Med Educ.* 2013; 13:143.
26. Wolff KD, Kesting M, Mücke T, Rau A, Hölzle F. Thiel embalming technique: a valuable method for microvascular exercise and teaching of flap raising. *Microsurgery* 2008; 28:273-8.
27. Benkhadra M, Faust A, Ladoire S, Trost O, Trouilloud P, Girard C, et al. Comparison of fresh and Thiel's embalmed cadavers according to the suitability for ultrasound-guided regional anesthesia of the cervical region. *Surg Radiol Anat.* 2009; 31:531-5.
28. Luyet C, Eichenberger U, Greif R, Vogt A, Szücs Farkas Z, Moriggl B. Ultrasound-guided paravertebral puncture and placement of catheters in human cadavers: an imaging study. *Br J Anaesth.* 2009; 102:534-9.
29. Fessel G, Frey K, Schweizer A, Calcagni M, Ullrich O, Snedeker JG. Suitability of Thiel embalmed tendons for biomechanical investigation. *Ann Anat.* 2011; 193:237-41.
30. Bisht D, Pal A, Chanotiya CS, Mishra D, Pandey KN. Terpenoid composition and antifungal activity of three commercially important essential oils against *Aspergillus flavus* and *Aspergillus niger*. *Nat Prod Res.* 2011; 25:1993-8.

Suitability of Ethanol-Glycerin Embalming Cadavers for the Training of Human Anatomy

Sam Sik Shin¹, Hyung Chae Yang², Kwang Il Nam¹

¹*Departments of Anatomy and* ²*Otolaryngology-Head and Neck Surgery, Chonnam National University Medical School*

Abstract : This study evaluates the suitability of cadavers embalmed by the ethanol-glycerin fixative for the dissection course of medical students and the hands-on dissection workshop of clinicians. Five cadavers were embalmed by two different methods: two formalin-phenol fixation (FPF) and three ethanol-glycerin fixation (EGF) cadavers. The measurement of physical and chemical characteristics including ranges of motion (ROM), bacterial and fungal culture tests, and ultrasonography were performed for each cadaver.

The EGF cadavers were evaluated to be significantly more suitable than FPF cadavers for the physical and chemical characteristics including color, texture, elasticity, wetness (softness), skin incision, vessel ligation and suture, decollement, odor, and irritant. In shoulder, elbow, and wrist joints, ROMs of the EGF cadavers were statistically more than those of the FPF except for elbow extension. On bacterial and fungal culture tests at 8 weeks after carrying out of refrigerator, one bacteria were detected in one EGF cadaver; however, some bacteria and fungi could be detected in all FPF cadavers. The ultrasound images of abdominal organ and thigh musculature could be more clearly detected in the EGF cadavers than those of FPF cadavers.

These results indicate that the EGF method had a sufficient antibiotic effect and produced cadavers with flexible joints and a high tissue quality suitable for various cadaveric dissection courses.

Keywords : Cadaver, Ethanol-glycerin fixation, Formalin-phenol fixation, Dissection