ORIGINAL ARTICLE

Educational effect of intraosseous access for medical students

Oh Young Kwon, So Youn Park and Tai Young Yoon

Department of Medical Education, Kyung Hee University School of Medicine, Seoul, Korea

의학전문대학원 학생을 대상으로 한 골내 주사 실습의 교육적 효과

경희대학교 의학전문대학원 의학교육학교실

권오영, 박소연, 윤태영

Purpose: The purpose of this study was to determine the educational effects of intraosseous (IO) vascular access for medical students and analyze the possibility of including IO access in medical education.

Methods: A before-and-after study was conducted in a course with 50 participating medical students. The course comprised a 1-hour didactic lecture and a 1-hour hands-on session with a battery-operated EZ-IO device (Vidacare Corp.) and artificial tibia. After the course, the participant skills were tested (final success rate, mean procedural time, and detailed skills) with regard to IO access. Before and after the course, the knowledge, possibility of clinical use, and adequacy of medical education on IO access were examined in a structured questionnaire.

Results: The final success rate of insertion was 88% (n=44), and the mean procedural time for the first trial was 78.1±20.6 seconds. "Combination needle with drill" and "proper angle during insertion" were the procedures that were performed the best, and "dressing on insertion site" was the worst-performed procedure. "Proper location of landmarks" was the only significant skill factor that was related to the success of IO access between those who succeeded and failed ($p<0.05$). In the analysis of the structured questionnaire, median knowledge score, possibility for clinical use, and adequacy of IO access in medical education increased significantly after the course ($p<0.01$).

Conclusion: The educational effect of IO access for medical students was tremendous, and the knowledge of and attitude toward IO access improved significantly after the training course. We consider IO access to be adequate for medical education in Korea.

Key Words: Intraosseous infusions, Medical students, Education, Effect

Received: April 16, 2014 • Revised: May 9, 2014 • Accepted: May 10, 2014

Corresponding Author: Oh Young Kwon (http://orcid.org/0000-0003-0817-2256)
Department of Medical Education, Kyung Hee University School of Medicine, 26 Kyungheedae-ro, Dongdaemun-gu, Seoul 130-701, Korea
Tel: +82.2.961.9102 Fax: +82.2.969.6958 email: koy0004@hotmail.com

Korean J Med Educ 2014 Jun; 26(2): 117-124.
http://dx.doi.org/10.3946/kjme.2014.26.2.117
eISSN: 2005-7288

© The Korean Society of Medical Education. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

말초정맥 주사로의 확보(peripheral venous access)는 수액, 약물 등의 투여 및 혈액 검사, 중재 시술 등이 필요한 환자에게 시행하는 필수적인 술기로 현재 대한민국 의사국가시험 실기시험 항목의 하나로 시행되고 있다. 그러나, 혈관 확보가 어려운 심정지, 소아 환자, 외상, 패혈증 등의 응급 상황에서는 기존 방식의 말초정맥로 확보가 어려워 중심정맥로 확보(central venous catheterization), 정맥절개술(venous cut-down), 골내 주사(intraosseous vascular access) 등의 술기를 차선책으로 이용하고 있다. 이 중 골내 주사는 주사바늘을 골강 내(intramedullary space)에 위치시켜 수액, 약물 등을 공급할 수 있도록 하는 술기이다[1]. 이 술기는 모든 연령대에 시행할 수 있고 다른 술기에 비해 비교적 짧은 시간 내에 어렵지 않게 시행할 수 있는 장점이 있다[2]. 이미 국내의 응급센터에서 응급상황에서의 정맥로 확보 목적으로 현재 사용 중이며, 국외 사례에서는 응급구조사들이 병원 전 처치(pre-hospital care) 상황에서 이 술기를 시행하고 있다[3].

골내 주사는 1922년 Drinker et al. [4]이 동물실험을 통해 처음으로 소개하였고, 이후 실제 소아의 수혈 및 약물 투여 등에 관한 연구가 차례로 보고되었다[5]. 플라스틱 정맥주사의 개발로 그 사용 횟수 및 연구가 점차 줄어들었으나, 최근 2010년 미국심장협회에서 발표한 '심폐소생술과 응급심장질환 처치에 관한 가이드라인'에서는 성인 심정지 환자에서 말초정맥의 주사 삽입이 실패했을 경우 즉시 골내 주사를 선택할 것을 권유하고 있으며, 유럽소생협회 가이드라인에서도 1분동안 정맥주사로 확보에 실패한 경우 골내 주사를 사용할 것을 권장하고 있어 골내 주사의 사용이 다시 주목 받고 있다[6,7]. 국내의 골내 주사의 사용은 2007년 식품의약안전처에서 일부 제품이 허가된 이후 서서히 증가하여 최근에는 대부분 상급종합병원에서 사용 중인 것으로 알려져 있다. 또한 2012년 119 구급대원을 대상으로 골내 주사의 교육 및 실습이 이루어진 바 있어, 향후 골내 주사가 병원 전 처치에 보편화될 가능성이 있다. 그러나, 현재 우리나라 의학교육에서 골내 주사는 응급의학과나 소아청소년과 강의에 포함되어 수업 위주의 간단한 교육을 시행하고 있거나 교육이 이루어지지 않고 있다. 또한 의대생을 대상으로 한 골내 주사의 국내 연구는 없었다.

본 연구의 목적은 의학전문대학원 학생에게 골내 주사에 대한 교육을 실시한 후 실제 수행 능력을 평가하여 골내 주사의 교육적 효과를 평가하는 것이다. 또한 교육 후 설문조사를 이용하여 골내 주사에 관한 지식의 변화, 의학교육과정으로 적합 가능성에 대한 태도 변화를 분석하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상 및 설계

K대학교 의학전문대학원 4학년 학생 50명을 대상으로 이 연구를 진행하였다. 골내 주사의 교육은 각각 1시간의 이론 교육과 실습 교육을 진행하였고, 교육과 실습이 끝난 후 곧바로 개인별 평가와 설문조사를 진행하였다. 이론 및 실습 교육은 응급의학과 전문의 1인이 담당하였으며, 각 교육당 8~10명의 학생을 배정하여 시행하였다. 이론 교육은 슬라이드 강의와 동영상을 이용하여 시행하였고, 이론 교육의 내용은 골내 주사의 종류, 장점, 적응증, 세부 술기 과정, 합병증 등을 포함시켰다. 실습 교육은 먼저 전문의 1인이 실제 장비를 사용하여 시연한 뒤 학생이 개인별로 실습하는 형태로 이루어졌다. 골내 주사의 술기 시행 순서는 Fig. 1의 순서를 따랐다.

Fig. 1. Flow Chart of Intraosseous Vascular Access

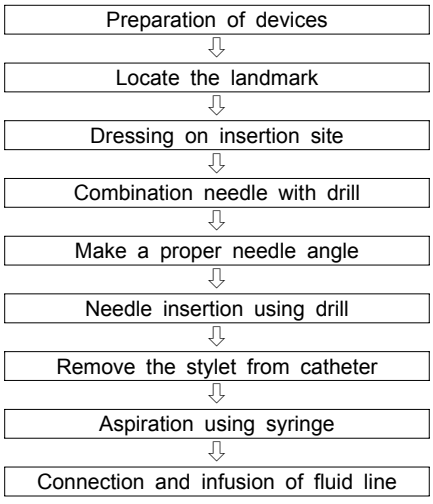
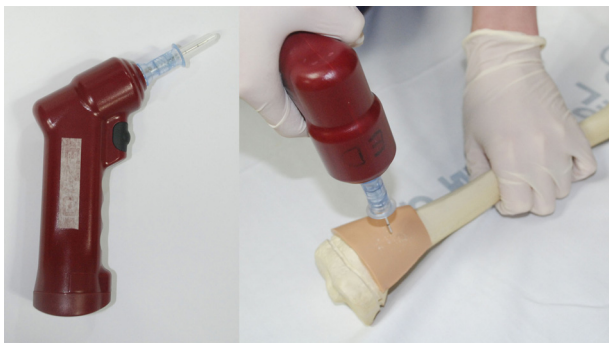


Fig. 2. Intraosseous Device and Intraosseous Vascular Access Using the Device in an Artificial Tibia



실습 교육과 평가에 사용된 장비는 배터리가 장착된 드릴형 골내 주사인 EZ-IO (Vidacare Corp., San Antonio, USA)를 이용하였으며, 실습 시에 상표를 제거하고 시행하였다. 이 제품은 반자동 드릴에 골내 주사용 바늘을 연결하고 사용하는 장비로 성인용과 소아용 바늘을 장착할 수 있는 것이다. 이번 연구에서는 성인용 바늘만을 사용하였고, 교육에 이용한 인공뼈도 성인의 정강뼈 모형만을 사용하였다(Fig. 2).

교육 후 시행한 평가는 교육을 담당하였던 응급의학과 전문의 1인이 시행하였으며, 평가 항목은 최종 성공 여부, 성공 시기, 각 시행에 소요된 시간, 세부 술기 항목으로 나누어 시행하였다. 평가에 주어진 시행 횟수는 총 3회로 정하였으며, 최종 성공의 판단은 바늘을 정강뼈 모형에 삽입한 후 수액을 연결하여 수액이 정상적으로 투여되는 상황(정강뼈 모형 바깥으로 수액이 흘러나오는 경우)으로 정하였다. 3회의 시도에도 실패한 경우는 최종 실패로 간주하였다. 세부 술기 항목의 평가는 '삽입 위치의 확인', '삽입 위치의 소독 시행 여부', '드릴과 바늘의 결합', '삽입 각도', '드릴 사용의 능력', '바늘에서의 속심 제거', '혈액 흡인', '수액의 연결 및 투여' 항목을 각각 평가하였다. 술기 세부 항목의 능숙도 평가는 '능숙', '미흡', '미시행'의 3점 척도로 평가하였으며, 각 세부 실기 시행 중 5분을 초과하면 실패한 것으로 간주하였다.

실습 전과 후 각각 사전에 고안된 자기평가식 설문을 이용하여 골내 주사 술기가 의학교육과정에 적절한지를 평가하였다. 실습 전 설문 항목은 '골내 주사에 대해 알고 있습니까?', '골내 주사의 적응증에 대해 알고 있습니까?', '골내 주사 실습 후 실제 임상에서 수행할 수 있을 것 같습니까?', '골내 주사가 임상 실습 과정으로 적절할 것 같습니까?'의 4가지 항목으로 구성하였으며, 실습 후 시행한 설문 항목은 '골내 주사에 대해 잘 알고 있습니까?', '골내 주사의 적응증에 대해 알고 있습니까?', '골내 주사 실습 후 실제 임상에서 수행할 수 있을 것 같습니까?', '골내 주사가 임상 실습 과정으로 적절할 것 같습니까?'의 4가지 항목으로 정하였다. 각 설문 문항에 대한 평가는 5단계 척도를 사용하여 1단계는 '전혀 모름(전혀 불가능)'으로, 5단계는 '매우 잘 알고 있음(매우 가능)'으로 시행하였다. 사후설문에는 앞서 기술했던 술기 세부항목 중 가장 어려웠던 항목과 쉬웠던 항목을 문항에 포함하여 분석하였다.

2. 자료 분석

조사한 자료는 SPSS 21.0 (IBM Corp., Chicago, USA)를 이용하여 분석하였다. 최종 성공/실패군 간의 분석을 시행하였으며, 연속변수 중 대상자 수가 적은 경우는 Mann-Whitney 검정을 이용하였고, 세부 술기의 항목의 분석은 Fisher의 정확한 검정을 시행하였다. 사전-사후 설문 문항의 분석에서는 대응표본 t 검정을 사용하였다. 유의수준은 p값이 0.05 미만으로 정하였다.

결과

1. 학생들의 일반적 특성 및 실습 교육의 분석

총 50명의 의학전문대학원 학생들이 이 연구에 참여하였다. 교육 학생들의 평균연령은 29.1±2.8세였으며, 여자가 31명(62%)이었다. 학생들의 임상실습 경험은 평균 16주였으며, 모든 학생이 이전에 골내 주사에 대한 경험이나 교육을 받은 적은 없었다. 50명의 대상 학생 중 최종적으로 골내 주사에 성공한 학생은 44명(88%)이었다. 최종 성공한 학생 중 1차 시도에 성공한 학생은 33명(66%), 2차 시도에는 9명(18%), 3차 시도에 성공한 학생은 2명(4%)이었다. 각 시기별 시행시간은 1차는 78.1±20.6초, 2차는 60.2±21.3초, 3차는 52.0±7.0초로 조사되어 시도 횟수가 증가할수록 술기에 소요되는 시간은 단축되었다. 각 세부 술기의 누적 성공률에서 시도 횟수가 늘어날수록 성공률은 높아져 '삽입 위치의 소독 시행 여부' 항

Table 1. General Performance Characteristics of Intraosseous Vascular Access

Characteristic	First trial	Second trial	Third trial
Final success rate of intraosseous access		44 (88)	
Success rate of each trial	33 (66)	9 (18)	2 (4)
Mean procedural time of each trial (sec)	78.1±20.6	60.2±21.3	52.0±7.0
Accumulated success rate of detailed skills			
Proper location of landmark	27 (54)	47 (94)	50 (100)
Dressing on insertion site	22 (44)	41 (82)	46 (92)
Combination needle with drill	49 (98)	50 (100)	-
Proper angle during insertion	49 (98)	50 (100)	-
Skillfulness of drill use	37 (74)	50 (100)	-
Remove stylet from catheter	43 (86)	50 (100)	-
Aspiration using syringe	43 (86)	48 (96)	50 (100)
Connection and infusion of fluid	48 (96)	50 (100)	-

Data are presented as number (%) or mean±standard deviation.

Table 2. Detailed Skill Assessment of Intraosseous Vascular Access in the First Trial

Variable	Skillful	Insufficient	Incomplete
Proper location of landmark	27 (54)	19 (38)	3 (6)
Dressing on insertion site	22 (44)	-	28 (56)
Combination needle with drill	49 (98)	1 (2)	-
Proper angle during insertion	49 (98)	1 (2)	-
Skillfulness of drill use	37 (74)	13 (26)	-
Remove stylet from catheter	43 (86)	4 (8)	3 (6)
Aspiration using syringe	43 (86)	-	7 (14)
Connection and infusion of fluid	48 (96)	2 (4)	-

Data are presented as number (%).

목을 제외하고 모든 세부 술기를 성공하였다(Table 1).

각 세부 실기항목의 능숙도 분석에서 '삽입 위치의 확인'에서는 '능숙' 27명(54%), '미흡' 19명(38%), '미시행' 3명(6%)였다. 나머지 세부 항목에서 '삽입 위치의 소독 시행 여부'는 '능숙' 22명(44%), '미시행' 28명(56%), '드릴과 바늘의 결합'은 '능숙' 49명(98%), '미흡' 1명(2%), '삽입 각도'는 '능숙' 49명(98%), '미흡' 1명(2%), '드릴 사용의 능력'은 '능숙' 37명(74%), '미흡' 13명(26%), '바늘에서의 속심 제거'는 '능숙' 43명(86%), '미흡' 4명(8%), '미시행' 3명(6%), '혈액 흡인'은 '능숙' 43명(86%), '미시행' 7명(14%), '수액의 연결 및 투여' 과정은 '능숙' 48명(96%), '미시행' 2명(4%)이었다. 가장 능숙했던 세부 술기는 '드릴과 바늘의 결합', '삽입 각도' 항목이었고 가장 미숙했던 술기는 '삽입 위치의 소독 시행' 여부 항목이었다(Table 2).

최종 성공과 연관된 변수를 알아보기 위해 시행한 성공군과 실패군 간의 분석에서 성별, 연령, 시행에 걸린 시간 등의 일반적인 변수는 통계적 유의성이 없는 것으로 조사되었다. 각 군 간의 세부 술기의 분석에서 '삽입 위치의 확인' 항목만이 통계적으로 유의하였고($p<0.05$) 나머지 세부 술기 항목은 연관성이 없었다(Table 3).

2. 설문 문항의 분석

실습에 참여한 50명 학생 모두가 설문을 작성하였다. 실습 교육 전후의 설문 결과 '골내 주사에 대해 알고 있습니까?' 항목의 중앙값은 사전 설문에서 '모름'이었으나, 실습 후 '매우 잘 알고 있음'으로 가장 많은 변화를 보였다($p=0.000$). '골내 주사의 적응증에 대해 알고 있습니까?' 항목은 '모름'에서 '잘 알고 있음'으로 역시 유의하게 상승하였고($p=0.000$), 임상 수

Table 3. Analysis of Factors Associated with Success of Intraosseous Vascular Access

Variable	Final result		p-value
	Success (n=44)	Failure (n=6)	
Age (yr)	29.20±2.94	28.33±2.33	0.59[a]
Sex (male:female)	17:27	2:4	1.000[b]
Mean procedural time of first trial (sec)	76.30±19.51	91.33±25.39	0.297[a]
Detailed skills (skillful number, %)			
Proper location of landmark	24 (55.8)	3 (50.0)	0.028[b]
Dressing on insertion site	20 (45.5)	2 (33.3)	0.683[b]
Combination needle with drill	43 (97.7)	6 (100.0)	1.000[b]
Proper angle during insertion	43 (97.7)	6 (100.0)	1.000[b]
Skillfulness of drill use	32 (72.7)	5 (83.3)	1.000[b]
Remove stylet from catheter	39 (88.6)	4 (66.6)	0.099[b]
Aspiration using syringe	38 (86.4)	5 (83.3)	1.000[b]
Connection and infusion of fluid	43 (97.7)	5 (83.3)	0.228[b]

Data are presented as number (%) or mean±standard deviation.
[a]p-value was calculated by Mann-Whitney test, [b]p-value was calculated by Fisher exact test.

Table 4. Comparative Questionnaire Analysis between Pre- and Post-IO Access

Item		Median	Min	Max	Quartile	p-value[a]
Do you know IO access?	Pretest	2	1	3	2-3	0.000
	Posttest	5	3	5	4-5	
Do you know the indications for IO access?	Pretest	2	1	3	2	0.000
	Posttest	4	3	5	4-5	
Can you use the IO device in real patients?	Pretest	3	2	5	3-4	0.000
	Posttest	5	3	5	4-5	
Is IO access suitable for medical education?	Pretest	4	2	5	4-5	0.000
	Posttest	5	3	5	5	

Item: 1 (very poor)～5 (very good).
IO: Intraosseous.
[a]p-value was calculated by paired t-test.

행 가능성에 대한 항목은 '보통'에서 '매우 가능'으로(p=0.000), 그리고 '골내 주사가 임상 실습 과정으로 적절할 것 같습니까?' 항목에서는 '적절'에서 '매우 적절'로(p=0.000) 모든 설문 항목에서 통계적으로 유의하였다(Table 4).

평가 후 학생들이 쉬웠다고 답한 세부 술기 항목은 '드릴과 바늘의 결합'(n=24, 48%), '바늘에서의 속심 제거'(n=6, 12%), '수액의 연결 및 투여 과정'(n=6, 12%) 순이었고, 어렵다고 대답한 술기는 '삽입 위치의 확인'(n=45, 90%), '드릴의 사용'(n=4, 8%) 순으로 나타나 삽입 위치를 선정하는 것이 가장 어렵다고 대답하였다.

고찰

의과대학/의학전문대학원 학생들에게 임상술기교육은 2010년 74회 의사국가시험에서 실기시험이 도입된 이유뿐만 아니라, 환자들의 숙련된 의사에게 진료 받기를 바라는 국내 환경에 힘입어 의학교육에서 점점 강조되고 있다. 그러나, 현재 많은 의과대학/의학전문대학원에서 시행하고 있는 술기교육은 의사국가시험에서 시행되는 실기시험의 준비 과정으로서의 교육이 대부분으로 생각되며, 일부를 제외하고는 비침습적인 술기가 주를 이룰 것으로 생각된다. 그러나 반드시 필

요한 침습적 술기교육은 의사가 되기 전에 여러 가지 방법을 통하여 한 번쯤 경험하는 것이 필요하다.

현재 교육하고 있는 임상 술기 중 정맥로의 확보는 일반 상황에서뿐만 아니라 응급 상황에서 환자의 생명과 직결되는 매우 중요한 술기 중에 하나이다. 임상에서 통상적으로 시행하는 말초정맥주사로의 확보는 신속하게 환자에게 수액이나 약물을 투여할 수 있는 방법이지만, 말초정맥이 허탈되어 확보하기 어려운 상황, 즉 심정지(특히 소아), 중증 외상, 패혈증 등에서는 성공하기 쉽지 않고, 성공에도 많은 시간이 소요된다. 과거 연구에서 소아 심정지 상황에서 3분 내에 정맥로 확보 확률은 말초정맥로 확보는 17%, 중심정맥로 확보(central venous access)는 77%, 정맥절개술은 81%이나, 골내 주사는 83%로 다른 방법보다 높게 조사된 바 있다[8]. 이와 유사한 연구로 소아 심정지 상황에서 각 정맥로 확보의 평균 시간은 중심정맥로는 8.4분, 정맥절개술은 12.7분이 소요되었으나 골내 주사는 4.7분으로 골내 주사의 평균 시행 시간이 다른 방법에 비해 짧게 소요되었다[9]. 이는 응급 상황에서의 정맥로 확보에 어려움을 잘 보여주고 있으며 골내 주사가 좋은 차선책이 될 수 있음을 보여준다.

정맥로 확보의 방법으로 인간에게 골내 주사를 처음 사용한 연구는 1934년에 Josefson이 시행하였다[10]. 이후 플라스틱 바늘의 개발과 골내 주사의 합병증에 대한 연구 때문에 잘 사용되지 않다가, 1980년대에 소아전문소생술(advanced pediatric life support)에서 6세 미만의 소아에서의 사용이 다시 소개되면서 주목 받기 시작하였고, 기술의 발전으로 수동형 바늘에서 배터리가 달린 드릴 등 더 좋은 장비의 개발로 더 편리하게 골내 주사를 시행할 수 있게 되었다[11]. 골내 주사에 사용되는 바늘은 금속 재질로 그 끝은 긴뼈(long bone)의 골강 내 공간에 위치하게 되는데, 이곳은 뼈로 둘러싸여 외부 압력에 변화가 없는 정맥총(venous plexus)이므로 혈관이 허탈되어 있는 상황에서 이곳을 통한 수액의 공급은 혈관 내 용적을 늘리는 데 매우 유용하다[6]. 바늘이 삽입되는 위치는 전통적으로 근위 정강뼈를 이용하였으나 최근에는 근위 윗팔뼈 등에도 삽입하고 있다[12]. 현재는 소아뿐만 아니라 성인 심정지, 외상, 패혈증 등에서 사용하고 있으며, 전세계의 여러 가지 지침에서 말초정맥을 확보하지 못하는 경우, 차선책으로 골내 주사를 권장하고 있다[1,6,7]. 외국 사례에서는 병원 전 처치를 목적으로 한 골내 주사의 교육이 응급구조사들에게 이루어지고 있다[11]. 또한 국내에서는 2012년 구급활동 평가토론회 및 외상특별교육에서 구급대원을 대상으로 교육이 이루어진 바 있어 국내에도 도입 가능성이 있다. 만약 골내 주사가 국내에 병원 전 처치에 적용되어 이러한 처치를 받은 환자를 지식이 없는 상태의 의료진이 경험하게 된다면 당황스러운 상황이 벌어질 수 있다. 골내 주사가 의학교육 영역에서 반드시 요구되는 졸업성과로 요구되기는 어렵겠지만, 학생들의 술기교육으로 추천될 수 있으며 졸업 전에 한번쯤은 경험하는 편이 좋다고 생각한다.

이번 연구에 참여한 학생은 임상 실습과정을 수행하는 의학전문대학원 4학년 학생 중 50명을 무작위로 추출하여 시행하였다. 교육 시간은 총 2시간 정도로 다른 교육과정에서 주로 2~3시간 정도로 이론 강의와 실습이 이루어지는 것과 큰 차이가 없었다[11,13,14]. 기존의 골내 주사의 연구에서 1차 시도 성공률은 70% 이상으로 조사되어 높은 성공률을 보였는데, 시뮬레이션 모델을 이용한 골내 주사 연구에서 Fuchs et al. [14]은 1분 내 성공률을 84%로 보고하였고, 2006년 다른 연구에서는 94%의 성공률을 보였다[11]. 실제 환자에 골내 주사를 적용한 다년간의 연구에서도 Glaeser et al. [15]은 76%의 1차 시도 성공률을 보고하였으며, 2008년에 보고된 병원 전 단계 적용 연구에서는 1차 성공률을 91%로 보고하였다[16]. 전공의를 대상으로 한 다른 국내 연구에서는 84.8%~95%로 조사되었다[17]. 이번 연구와 동일한 장비를 사용한 최근의 국외 연구에서는 1차 성공률은 84%, 2차에 걸친 총 성공률은 97%를 보였다[18]. 그러나 이번 연구에서 1차 시도에서 골내 주사 성공률은 66%, 수행 시간도 78.1초로 조사되어 다른 연구의 성공률과 보다는 다소 낮은 수치를 보였고, 수행 시간은 다소 길게 조사되었다. 1차 성공률이 다른 연구에 비해 낮았던 이유는 연구의 대상과 실습 상황이 달랐기 때문으로 생각된다. 또한 참여한 학생들이 골내 주사에 대한 경험이 없었고 술기 경험 또한 부족했으므로 다른 연구와의 직접 비교는 힘들 것으로 생각된다. 그러나, 최종 성공률이 88%로 1차 성공률에 비해 상승하였고, 수행 시간도 52초 정도로 단축되어 교육적 효과는 좋았던 것으로 생각할 수 있다. 이번 연구에서 학생들이 가장 미숙했던 술기는 '삽입 위치의 소독'이었다. 이는 실제 환자 대상이 아니고 모형뼈를 대상으로 하였

으므로 그러한 결과를 보인 것으로 생각되며, 이 과정이 골내 주사의 성공 여부와 직접 연관성이 없다고 학생들이 판단한 이유 때문으로 생각된다. 이번 연구에서 세부 술기 항목은 Guyette et al. [11]이 고안한 술기 수행 능력을 바탕으로 평가하였는데, 최종 성공 여부와 유의한 연관성이 있었던 세부 술기 항목은 '삽입 위치의 확인'이었고, 학생들이 가장 어려워했던 술기 항목도 같은 항목으로 조사되어 삽입 위치가 가장 중요한 성공의 열쇠이자 가장 중점을 두어 교육해야 할 항목임을 알 수 있었다.

본 연구의 설문 결과에서 골내 주사의 개념이나 적응증 등의 지식 정도, 임상에서의 사용 가능성, 의학교육과정 포함 가능성 등의 모든 항목에서 실습 후 긍정적인 답변을 하여 골내 주사가 좋은 교육 효과를 보이는 것으로 조사되었다. 의과대학생을 대상으로 한 카데바 골내 주사의 연구에서 Tabas et al. [13]은 교육 전후의 지식, 술기 방법의 이해도, 난이도 등이 모두 상승했다고 보고하였고, 응급의료진을 대상으로 한 다른 연구에서도 실습 후 골내 주사에 대한 자신감이 상승하였으며, 다른 술기에 비해 난이도가 쉽다고 기술하여 기존 연구와 유사한 결과를 보였다[19].

본 연구는 몇 개의 한계점이 있다. 첫째, 환자 대상이 아닌 실습 장비를 이용한 연구라는 점에서 실제 임상 상황과 다를 수 있다는 점이다. 이는 실제 환자에게 시행하지 않은 모형을 이용한 연구의 공통된 한계점이라 하겠다. 둘째, 연구에 참여한 학생의 숫자가 많지 않았다는 점이다. 향후 더 많은 학생으로 대상으로 한 연구가 필요하겠다. 셋째, 골내 주사에 가능한 소아의 모형뼈, 성인의 위팔뼈 등을 사용하지 못해 다양한 교육이 이루어지지 못하여 각 뼈의 위치별 골내 주사 수행 능력을 알아보지 못하였다. 마지막으로 연구에 사용한 정강뼈 모형을 매 평가마다 바꿀 수 없었으므로 한 가지 모형뼈를 여러 번의 평가에 사용하여 주사바늘의 자국이 남아있었다. 매 평가마다 테이프로 삽입 위치를 가렸으나 학생이 해부학적 위치를 찾는데 어느 정도 미리 인식을 했을 것이라 생각한다.

이러한 한계점에도 불구하고 이번 연구는 학생을 대상으로 한 골내 주사 교육에 대한 첫 번째 국내 연구라는 점에서 의의가 있다. 연구 결과, 골내 주사의 1차 시도 성공률은 다른 연구에 비해 조금 낮았으나 실습 횟수가 증가할수록 성공률은 높아졌고 걸린 시간은 단축되어 유의한 교육 효과를 보였다. 교육 후의 골내 주사의 지식 정도, 사용 가능성, 실습 과정으로의 적절성에 대한 설문에서도 긍정적인 평가로 조사되어 골내 주사 술기가 의학교육 과정으로 적합할 수 있다고 하겠다. 향후 다양한 장비를 이용한 다수의 학생이 포함된 광범위한 후속 연구가 필요하겠다.

Acknowledgements: None.

Funding: None.

Conflicts of interest: None.

REFERENCES

1. International Liaison Committee on Resuscitation. The International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) consensus on science with treatment recommendations for pediatric and neonatal patients: pediatric basic and advanced life support. Pediatrics 2006; 117: e955-e977.
2. Weiser G, Hoffmann Y, Galbraith R, Shavit I. Current advances in intraosseous infusion: a systematic review. Resuscitation 2012; 83: 20-26.
3. Helm M, Hossfeld B, Schlechtriemen T, Braun J, Lampl L, Bernhard M. Use of intraosseus infusion in the German air rescue service: nationwide analysis in the time period 2005 to 2009. Anaesthesist 2011; 60: 1119-1125.
4. Drinker CK, Drinker KR, Lund CC. The circulation in the mammalian bone-marrow. Am J Physiol 1922; 62: 1-92.
5. Tocantins LM, O'Neill JF, Jones HW. Infusions of blood and other fluids via the bone marrow: application in pediatrics. JAMA 1941; 117: 1229-1234.
6. Neumar RW, Otto CW, Link MS, Kronick SL, Shuster M, Callaway CW, Kudenchuk PJ, Ornato JP, McNally B, Silvers SM, Passman RS, White RD, Hess EP, Tang W,

Davis D, Sinz E, Morrison LJ. Part 8: adult advanced cardiovascular life support: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. Circulation 2010; 122(18 Suppl 3): S729-S767.

7. Nolan JP, Soar J, Zideman DA, Biarent D, Bossaert LL, Deakin C, Koster RW, Wyllie J, Böttiger B; ERC Guidelines Writing Group. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 1. Executive summary. Resuscitation 2010; 81: 1219-1276.
8. Brunette DD, Fischer R. Intravascular access in pediatric cardiac arrest. Am J Emerg Med 1988; 6: 577-579.
9. Orlowski JP. Emergency alternatives to intravenous access: intraosseous, intratracheal, sublingual, and other-site drug administration. Pediatr Clin North Am 1994; 41: 1183-1199.
10. Josefson A. A new method of treatment: intraossal injections. Acta Med Scand 1934; 81: 550-564.
11. Guyette FX, Rittenberger JC, Platt T, Suffoletto B, Hostler D, Wang HE. Feasibility of basic emergency medical technicians to perform selected advanced life support interventions. Prehosp Emerg Care 2006; 10: 518-521.
12. Mattera CJ. Take aim: hit your IO target. A comprehensive approach to pediatric intraosseous infusion, including site selection, needle insertion & ongoing assessment. Part 2. JEMS 2000; 25: 38-48.
13. Tabas JA, Rosenson J, Price DD, Rohde D, Baird CH, Dhillon N. A comprehensive, unembalmed cadaver-based course in advanced emergency procedures for medical students. Acad Emerg Med 2005; 12: 782-785.
14. Fuchs S, LaCovey D, Paris P. A prehospital model of intraosseous infusion. Ann Emerg Med 1991; 20: 371-374.
15. Glaeser PW, Hellmich TR, Szewczuga D, Losek JD, Smith DS. Five-year experience in prehospital intraosseous infusions in children and adults. Ann Emerg Med 1993; 22: 1119-1124.
16. Schwartz D, Amir L, Dichter R, Figenberg Z. The use of a powered device for intraosseous drug and fluid administration in a national EMS: a 4-year experience. J Trauma 2008; 64: 650-654.
17. Lee JW, Seo JS, Kim DK, Lee JS, Kim S, Ryu JM, Kwak YH. Intraosseous line insertion education effectiveness for pediatric and emergency medicine residents. Korean J Pediatr 2008; 51: 1058-1064.
18. Gazin N, Auger H, Jabre P, Jaulin C, Lecarpentier E, Bertrand C, Margenet A, Combes X. Efficacy and safety of the EZ-IO™ intraosseous device: out-of-hospital implementation of a management algorithm for difficult vascular access. Resuscitation 2011; 82: 126-129.
19. Levitan RM, Bortle CD, Snyder TA, Nitsch DA, Pisaturo JT, Butler KH. Use of a battery-operated needle driver for intraosseous access by novice users: skill acquisition with cadavers. Ann Emerg Med 2009; 54: 692-694.