

동물뼈 모델을 이용한 골내 주사의 기구에 따른 수행도 비교

아주대학교 의과대학 응급의학교실, 건양대학교병원 응급의학과¹, 임상기술교육 연구회²

이지숙² · 안경찬 · 허인영 · 조영신² · 최상천² · 이미진^{1,2} · 김기운²

Comparison Analysis of Performance among the types of Intraosseous Needle in Animal Bone Models

Ji Sook Lee, M.D.², Kyoung Chan Ahn, M.D., In Young Heo, M.D., Young Shin Cho, M.D.², Sang Cheon Choi, M.D.², Mi Jin Lee, M.D.^{1,2}, Gi Woon Kim, M.D.²

Purpose: To compare each type of intraosseous needles for the performance.

Methods: Eighteen doctors participated. We chose chicken legs for the pediatric tibia model, and the metatarsal bone of swine for the adult humerus model, based on CT and bone-densitometry testing. We decided chicken legs for a pediatric tibia, metatarsal bones of swine for an adult humerus. Each doctor performed intraosseous insertion into the chicken leg 3 times per needle and 1 time per needle for the swine foot. In our study, we compared the following: intravenous needle (IV), spinal needle (SN), bone marrow aspiration needle (BN), Jamshidi needle (JN), and EZ-IO™ (EZ-IO).

Results: The success rate of EZ-IO, JN, BN, IV, and SN was 79.6%, 63%, 57.4%, 42.6%, 16.7%, respectively in the pediatric model. The bending or broken rate of IV and SN was 42.6% and 59.3%. The success rate of EZ-IO, JN, BN, SN, and IV was 83.3%, 44.4%, 33.3%, 22.2%, and 22.2%, respectively in the adult model and the success rate of the IO device, such as EZ-IO and JN was higher than in others. The time to insert was 18.9~32.0 seconds to all devices but SN, BN, IV had wide standard deviations.

Conclusion: We suggest that using commercial

intraosseous devices are more effective than using IV, SN, and BN to achieve vascular access in severely ill patients. Further study of real patient models is needed to clarify the usefulness of the devices demonstrating successful results in this study.

Key Words: Intraosseous, Vascular access, Pediatric

Department of Emergency Medicine, Ajou University School of Medicine, Suwon, Korea, Department of Emergency Medicine, Konyang University, Daejeon, Korea¹, Hospital, Society for Clinical Procedure and Education²

서 론

쇼크나 심정지시 혈관의 허탈이 있는 중증 소아 환자에서 약물이나 수액의 주입을 위해 혈관을 확보하는 것은 쉽지 않으며 이를 위해 지체되는 시간은 비교적 길다. Brunette 과 Fischer¹⁾은 심정지 시 말초 혈관을 확보하는데 평균 3 분이 소요되나 이의 성공률은 17%에 불과하며 중심 정맥 관 도관 삽입까지도 평균 8.4분, 성공률은 77%라 보고하였다. 결과적으로 이러한 혈관로 확보 (intravascular access)의 어려움과 시간의 지체는 환자의 예후를 나쁘게 만들게 된다. 이에 대한 대안으로 미국과 유럽에서는 최근 골내 주입법의 사용과 이에 대한 현황 보고가 활발히 이루어지고 있다. 골내 주입법은 1922년 Drinker 등이 처음으로 동물 실험을 통해 골내의 순환을 밝히고 혈관으로 사용이 가능함을 보고한 이래 1940년대 제 2차 세계대전 중 전장에서 혈액 주입으로 널리 사용되었다²⁾. 1950년대 플라스틱 말초혈관 카테터가 발명된 이래 사용이 줄었으나 1980년대 통상적인 말초혈관 확보가 어려운 중증 소아 환자에게 골내 주사법의 필요성이 대두되면서 80년대 후반 전문 소아 심폐소생술 지침에 따르면 6세 미만의 소아 심폐소생술의 표준 치료 사항으로, 2002년 지침에는 모든 연령의 소아 환자에 있어 즉각적인 혈관 확보가 안되는 경우 골내 주입법을 사용하도록 하고 있다^{2,3)}. 또한 유소년기 소아나 성인의 경우 수기 바늘로는 피질골을 뚫는데 어려움이 있어 골내 주입법 사용이 제한적이었으나 최근에는

책임저자: 김 기 운

경기도 수원시 영통구 원천동 산 5번지

아주대학교병원 응급의학과

Tel: 031) 219-7750, Fax: 031) 219-7760

E-mail: flyingguy@ajou.ac.kr

접수일: 2009년 6월 15일, 1차 교정일: 2009년 7월 1일

게재승인일: 2009년 9월 7일

FAST™, BIG™, EZ-IO™와 같은 기계적 도구들로 바늘의 종류도 다양해졌다^{2,4)}. 2005년 성인 심폐소생술 지침에서도 즉각적인 정맥로 확보가 불가능할 경우 골내 주입법을 사용하도록 하고 있으며 실제 병원 전 단계 중증 환자 처치나 전장터에서 다발성 외상 환자를 대상으로 사용이 더 확대되고 있다^{2,4,5)}. 국내에서는 2007년 PALS course가 시작된 이래로 골내 주입법의 사용빈도가 증가하고 있으나 아직 그 사용이 보편화 되어 있지 않고 사용이 가능한 도구들도 극히 제한되어 있는 상태이다. 2007년 Choi 등⁶⁾이 시행한 전화설문을 통하여 알아본 국내 응급실에서의 골내 주입법 사용 현황 보고에 따르면 42개 국내 대학병원 중 34개 병원(81%)에서 ‘골내 주입법을 사용하지 않는다’고 대답하였다. ‘사용한다’라고 응답한 8개 병원 중 7개 병원에서도 ‘매우 가끔씩 사용한다’라고 응답하였다. 또 골내 주입법을 사용할 경우 사용한 바늘에 대한 설문 조사 결과 ‘골내 주입 전용 바늘이 있다’라고 답한 병원이 2개였고 ‘척수 검사용 바늘을 사용한다’라고 응답한 병원이 3개였으며, ‘골수 검사용 바늘을 사용한다’라고 응답한 병원은 3개였다고 보고하였다. 이에 본 저자들은 현재 골내 주입법에 사용 가능한 바늘들을 가지고 가상의 성인뼈, 소아뼈 모델을 선정하여 골내 삽입을 시행해보고 각 바늘들의 임상적 적용 가능성에 대한 비교연구를 시행하였다.

대상과 방법

1. 동물뼈 모델 선정을 위한 사전연구

동물뼈 모델 선정을 위하여 닭다리 뼈와 돼지 족발에 대상으로 CT 촬영을 한 후 부위별로 피질골의 두께를 측정하여 소아의 정강이뼈(tibia)와 성인의 근위부 윗팔뼈(humerus)의 피질골 두께와 근사값을 갖는 부위를 선정하였다. 소아 정강이뼈의 두께측정을 위해 8세 미만 소아의 무릎관절 단층 촬영과 발목관절 단층 촬영을 검토하여

근위 정강이뼈와 원위 정강이뼈 피질골의 두께를 측정하였고, 성인 윗팔뼈의 두께 측정을 위해 30세부터 80세까지의 성인 어깨관절 단층 촬영을 검토하여 근위 윗팔뼈 피질골의 두께를 측정하였다. 두께가 비슷한 닭의 정강이뼈와 돼지의 발허리뼈(metatarsal bone)을 대상으로 골밀도 측정 검사를 시행한 후 사람의 골밀도 참고치와 비교하였다⁷⁻¹⁰⁾.

2. 대상

아주대학교병원 수련의와 응급의학과, 소아과의 전공의와 전문의 18명을 대상으로 하여 골내 주사의 이론과 실습 교육 및 술기 평가를 실시하였다.

3. 방법

골내 주입에 대해 50분에 걸쳐 강의 후, 선정된 뼈모델을 대상으로 20분 동안 각각의 도구를 3번 이상씩 연습하도록 하였다.

본 연구에서는 말초 혈관 주입용 바늘 17 G, 요추 천자 바늘 20G, 골수 천자용 바늘 13 G (Rosenthal aspiration needle), 수기용 골내 주사 바늘(Jamshidi needle, Baxter Allegiance Inc, McGaw Park, USA), 파워형 드릴식 바늘 1종류(EZ-IO™, VidaCare Corporation, San Antonio, USA) 모두 5종류를 사용하였고, 뼈모델에 각 바늘당 3회씩 골내 주입법을 시술하여 결과를 분석하였다. 모든 바늘을 삽입 후에는 방사선 투사기(fluoroscope) 촬영을 하여 바늘이 골내에 적절히 위치했는가를 확인하였다(Fig. 1).

또한, 성인뼈와 소아뼈 사이의 수행도 차이를 알아보기 위하여 성인뼈 모델에 각 주사 바늘별로 1회씩 시행한 후 소아뼈 모델에 첫번째 시행했던 결과와 비교하였다.

시행 순서에 따른 학습 효과 영향을 최소화하기 위하여 기존 바늘 형태인 플라스틱 말초 혈관 주입용 바늘 17 G, 요추 천자 바늘 20 G, 골수 천자용 바늘 13 G를 하나의 실험 탁

Table 1. The comparison data of human bone and animal models

	Thickness of cortex (mm)	Bone mineral density (g/cm ²)
Proximal tibia of children	1.57	0.25-0.29*
Distal tibia of children	1.36	0.29-0.33 [†]
Proximal humerus of adults	1.44	0.56-1.36 [‡]
		0.63-1.32 [§]
Chicken leg bone	1.57	0.28
Metatarsal bone of swine	1.61	0.52
Tarsal bone of swine	3.12	1.28

* BMD of lumbar spine in children aged 4-8

[†] BMD of calcaneus bone in children aged 5-8

[‡] BMD of lumbar spine in Korean women

[§] BMD of lumbar spine in Korean men

자에 배치하였고, 수기용 골내 주사 바늘, 파워형 드릴식 바늘을 다른 실험탁자에 배치한 후 각 시술자가 무작위법에 의해 실험 순서와 탁자를 배치 받도록 미리 계획하였다.

수행도 평가를 위해 바늘 삽입까지의 시간을 측정하고, 바늘 삽입 직후 시술자가 판단한 성공 및 실패 여부, 방사선 투사기 촬영을 통해 확인한 성공 및 실패를 조사하였다. 사진으로 성공이 확인된 경우 바늘 삽입까지 시간을 각 도구별로 평균 비교하였고, 실패 시 실패 원인을 조사하였다. 바늘 삽입까지의 시간은 도구를 삽입 후 수액관을 꽂기까

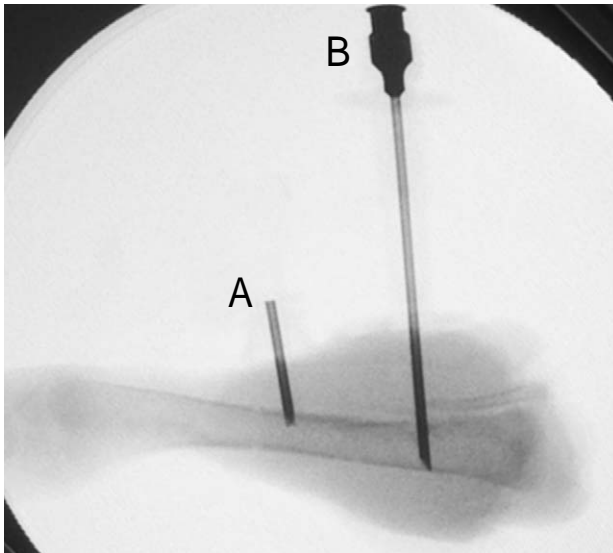


Fig. 1. Fluoroscope revealed whether inserted needles were located correctly in the bone marrow cavity. (A) was the EZ-IO™ needle, which was correctly positioned. (B) was the Jamshidi needle, which penetrated a chicken bone as pediatric bone model

지의 시간을 측정하였다. 이후 시술자에게 골내 주사를 삽입하는데 사용이 쉬운 도구와 어려운 도구, 실제 상황에서 사용하고 싶은 도구를 설문하여 분석하였다.

2. 통계학적 분석

SPSS 13.0 프로그램을 이용하였고, 연속형 변수는 평균 ± 표준편차로 표시하였고, 각 군의 비교에서는 등분산인 경우에는 ANOVA test와 Tukey HSD에 의한 다중비교를, 등분산 가정을 만족하지 않는 경우에는 Kruskal-Wallis test와 Bonferroni 보정을 통한 다중비교 검증을 사용하였다. 또한, 골내 주사 기구별로 소아뼈 모델과 성인뼈 모델 사이의 차이를 알아보려고 멘델-헨젤 카이제곱 검정이나 Two-way ANOVA test를 시행하였다. 명목변수는 빈도와 백분율(%)을 통하여 나타내었고, 빈도분석은 카이제곱 검정이나 피셔의 정확도 검증을 이용하였다. 이 때 유의수준은 0.05로 하였다.

결 과

응급의학과 전문의 3인, 소아과 전문의 1인, 응급의학과 전공의 7인, 소아과 전공의 2인, 수련의 5명 모두 18명이 연구에 참여하였다. 이들 중 응급의학과 전문의 2명, 소아과 전문의 1명, 응급의학과 전공 1명만이 이전에 골내 주입법을 시행해본 경험이 있었다.

동물뼈 모델 선정을 위한 사전 연구 결과, 소아 정강이뼈의 모델로 닭 정강이뼈, 성인 근위 윗팔뼈의 모델로 돼지 발허리뼈가 적합하다고 판단하였다(Table 1).

Table 2. Performance characteristics and success rate in pediatric bone model among the intra osseous needle types

Performance	Peripheral cath (n=54,%)	Spinal needle (n=54,%)	BM needle (n=54,%)	Jamshidi needle (n=54,%)	EZ-IO™ needle (n=54,%)	p-value
Subjective success n, %	27 (50.0)	18 (33.3)	44 (81.5)	44 (81.5)	50 (92.6)	<0.001 [†]
Confirmed success by Fluoroscope n, %	23 (42.6)	9 (16.7)	31 (57.4)	34 (63.0)	43 (79.6)	<0.001 [†]
Kappa agreement*	0.854	0.571	0.469	0.469	0.476	
Procedure time at success (sec)	24.0 ± 11.6	32.0 ± 16.2	30.2 ± 22.4 [§]	22.1 ± 12.3	18.9 ± 6.4 [§]	0.011 [†]
Causes of procedural failure						<0.001 [†]
Broken or bending needle	23 (42.6)	32 (59.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	
Penetrating or fracture of bone	2 (3.7)	1 (1.9)	19 (35.2)	14 (25.9)	2 (3.7)	
Malposition	3 (5.6)	7 (13.0)	2 (3.7)	2 (3.7)	6 (11.1)	
Not punched, give up, etc.	3 (5.6)	5 (9.3)	2 (3.7)	4 (7.4)	3 (5.6)	

* Kappa between subjective and confirmed successful procedures

[†] p-value <0.05, statistical analysis by Chi-square test, Fisher's exact test

[‡] p-value <0.05, statistical analysis by Kruskal-Wallis test

[§] p-value <0.005, multiple comparisons analysis with Mann-Whitney U test for pairwise comparisons after Bonferroni correction between BM needle and EZ-IO™ needle

1. 소아뼈 모델인 닭 정강이뼈에서 골내 주사바늘에 따른 수행도 특성 (Table 2, Fig. 1)

전체 18명의 시술자에서 6종류의 골내 주사바늘로 각각 3회씩 골내 주입법을 시행한 결과 주사 삽입 직후에 시술자가 판단한 성공률은 EZ-IO™가 92.6%로 가장 높았고, 이를 방사선 투사기를 촬영하여 확인한 성공률도 79.6%로 가장 높았다. 반면에 요추 천자 바늘의 경우 방사선 투과기를 촬영하여 확인한 성공률은 16.7%으로 가장 낮았다. 삽입 직후 시술자가 판단한 성공률과 방사선 투사기로 판단한 성공률의 일치도는 모든 바늘에서 0.47 이상의 값을 보였다.

골내 주입법이 방사선 투사기 사진을 통해 성공으로 확인된 경우 측정된 바늘 삽입까지의 시간은 EZ-IO™ 18.9 ± 6.4초로 가장 짧았고, 요추천자 바늘을 사용한 경우가 32.0 ± 16.2초로 가장 길었다. Bonferroni 보정 결과(유의수준을 0.005로 보정함) EZ-IO™와 골수천자 바늘만 통계적으로 유의한 결과를 보였고($p=0.002$), 요추천자 바늘의 경우 32.0 ± 16.2초였지만 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.008$).

삽입에 실패한 원인으로는 말초 혈관 바늘과 요추 천자 바늘을 사용했을 때 바늘이 휘거나 부러진 경우가 각각 42.6%, 59.3%로 가장 많았다. 골수 천자 바늘과 수기용 골내 주사바늘을 사용했을 때에는 뼈가 관통되거나 부러지는 경우가 각각 32.5%, 25.9%로 가장 많았다. EZ-IO™는 잘못된 삽입 위치가 11.1%로 가장 많았다.

2. 소아뼈와 성인뼈 모델에서 골내 주사바늘에 따른 수행도 비교 (Table 3)

모든 주사 바늘들이 성인뼈 모델에서 삽입 시간이 길어졌다. 닭 정강이뼈의 경우 골수 천자 바늘, 수기용 골내 주사바늘, EZ-IO™가 72.2%로 높은 성공률을 보이고 17초-19초 사이의 비슷한 시술 시간이 걸렸던 반면에 돼지 발허리뼈에 시술을 한 경우에는 EZ-IO™의 성공률이 83.3%로 가장 높았으며 시술시간도 22.8 ± 9.4초로 가장

짧았다. 요추 천자 바늘은 소아뼈 모델과 성인뼈 모델 모두에서 성공률이 각각 11.1%, 22.2%로 가장 낮았다.

3. 소아뼈와 성인뼈 모델에서 골내 주사법 실패의 원인 분석 (Table 4)

말초 혈관 바늘과 요추 천자 바늘을 사용했을 때 두 모형 모두에서 바늘이 부러지거나 휘는 경우가 가장 많았다. 골수 천자 바늘과 수기용 골내 주사 바늘을 사용했을 때 소아뼈 모델과는 다르게 성인뼈 모델에서 골을 뚫지 못하거나 시술자가 포기하는 경우가 각각 38.9%와 16.7%를 차지하였다. EZ-IO™의 경우 잘못된 위치 선정이 주된 실패 원인이었다.

4. 연구 참여자의 골내 주사바늘에 대한 난이도, 선호도의 설문응답 결과

참여자 18명 모두가 가장 사용하기 쉬운 바늘은 EZ-IO™라고 답하였고 사용하기 어려운 바늘은 시술자의 61.1%가 요추 천자 바늘, 22.2%가 말초 혈관 바늘, 16.7%가 골수 천자 바늘이라고 답하였다. 실제 상황에서 가장 하고 싶은 도구로는 참여자 18명 모두가 EZ-IO™라고 답하였다.

고 찰

혈관의 허탈이 있는 중증 소아 또는 성인 환자를 치료하는데 있어 수액과 약물을 주입하기 위하여 빠른 시간 내에 혈관 확보를 하는 일은 무엇보다도 중요하다. 그러나 중증 환자일수록 통상적인 말초 혈관 확보는 쉽지 않으며 소아 환자의 경우 중심 혈관 도관술도 어려운 경우가 많다. 이에 골내 주입법이 대안으로 사용되고 있는데 이론적인 배경은 체액의 부족시에도 단단한 뼈안의 골내에는 허탈되지 않는 정맥이 존재하며 이들을 통해 수액이나 약물을 주입시 골

Table 3. Performance comparison analysis between pediatric and adult bone model among the intra osseous needle types

IO needle types	Pediatric bone model (by chicken bone, each 18 cases)		Adult bone model (by swine bone, each 18 cases)	
	Success rate	Procedure time	Success rate	Procedure time
Peripheral catheter	10 (55.6) [†]	23.6 ± 12.3	4 (22.2) [†]	46.7 ± 41.3
Spinal needle	2 (11.1)	15.3 ± 6.8	4 (22.2)	38.7 ± 13.2
BM needle	13 (72.2) [†]	18.9 ± 7.6*	6 (33.3) [†]	41.1 ± 21.4*
Jamshidi needle	13 (72.2)	17.8 ± 7.7	8 (44.4)	32.6 ± 24.2
EZ-IO™ needle	13 (72.2)	19.0 ± 6.4	15 (83.3)	22.8 ± 9.4

* p -value < 0.05, statistical analysis by Mann-Whitney U test between pediatric and adult bone model

[†] p -value < 0.05, statistical analysis by Chi-square test between pediatric and adult bone model

Table 4. Reasons of procedural failure between pediatric and adult bone model among the intra-osseous needle types

Reasons of procedural failure	Pediatric bone model (by chicken bone)	Adult bone model (by swine bone)
Peripheral catheter		
Broken or bending needle	7 (39.9)	11 (61.1)
Penetrating or fracture of bone	0 (0.0)	0 (0.0)
Malposition	0 (0.0)	1 (5.6)
Not punched, give up, etc.	1 (5.6)	2 (11.1)
Spinal needle		
Broken or bending needle	15 (83.3)	9 (50.0)
Penetrating or fracture of bone	0 (0.0)	0 (0.0)
Malposition	0 (0.0)	3 (16.7)
Not punched, give up, etc.	1 (5.6)	2 (11.1)
BM needle*		
Broken or bending needle	1 (5.6)	0 (0.0)
Penetrating or fracture of bone	4 (22.2)	2 (11.1)
Malposition	0 (0.0)	3 (16.7)
Not punched, give up, etc.	1 (5.6)	7 (38.9)
Jamshidi needle*		
Broken or bending needle	0 (0.0)	2 (11.1)
Penetrating or fracture of bone	4 (22.2)	0 (0.0)
Malposition	1 (5.6)	5 (27.8)
Not punched, give up, etc.	0 (0.0)	3 (16.7)
EZ-IO™ needle		
Broken or bending needle	0 (0.0)	0 (0.0)
Penetrating or fracture of bone	0 (0.0)	1 (5.6)
Malposition	5 (27.8)	2 (11.1)
Not punched, give up, etc.	0 (0.0)	0 (0.0)

* p -value <0.05, statistical analysis by Fisher's exact test

수의 수질강내로 흡수되어 중심 정맥 순환으로 연결된다는 것이다^{6,11}. 골내 주사를 통해 혈관으로 줄 수 있는 모든 수액과 약물, 혈액을 공급할 수 있으며 약물 작용 시간도 중심 정맥으로 주입시와 비슷한 것으로 알려져 있다. 또 골내 주사 후 30분 이내에는 전해질, 신장기능, 간기능 지표 등의 검사도 시행할 수가 있어 중증 환자를 치료하는데 있어 효과적인 정맥로라 할 수 있다^{2,11}.

골내 주사바늘의 조건으로는 피질골을 뚫을 때 골 파편에 의해 바늘이 막히지 않도록 투관침(trocar)이 있어야 하고 누르는 힘을 효과적으로 조절하기 위한 손잡이가 필요하며 바늘을 고정하기 쉽고 우발적인 위치 편향을 방지하기 위해 몸통 길이가 적절히 짧은 것, 삽입 깊이를 조절할 수 있는 표시선이나 고정장치가 있는 것이 이상적이다. 처음에 골내 주사법은 나비 바늘과 요추 천자 바늘로 시도되었다. 그러나 이런 바늘은 투관침이 없어 막히거나 바늘이 길어서 잘 구부러지므로 더 이상 권장할 만한 도구가 아니며, 가장 널리 사용된 것은 수기용 골내 주사 바늘이고 1997년 미국 식약청의 승인을 획득한 FAST-1을 시작으로 BIG, EZ-IO와 같은 기계적 도구들이 생산되어 상용화되었다^{2,11}. 그러나 아직도 일부 문헌에서는 골내 주사법을

위해 나비 바늘이나 18-20 G 요추 천자 바늘, 일반 골수 천자용 바늘을 사용해도 무관하다고 기술하고 있다^{2,11-13}. 2007년 Chio 등⁶이 발표한 국내 응급실에서의 골내 주입법 사용 현황 보고에 따르면 설문에 답한 42개 병원 중 골내 주입법을 사용하는 병원은 8개(19%)로 3개 병원에서는 척수 검사용 바늘을, 다른 3개 병원에서는 골수 검사용 바늘을 사용한다고 하였으며 골내 주입 전용 바늘을 가지고 있는 경우는 2개 병원에 불과하였다.

본 연구의 결과를 살펴보면 말초 혈관 바늘의 경우 삽입 성공률은 42.6%로 낮았다. 실패한 경우의 42.6%가 바늘이 휘거나 부러진 것으로 바늘의 몸통이 길고 삽입방향으로 가해지는 힘을 조절할 손잡이 부분이 없어서 많은 수의 바늘이 변형되었다. 본 연구에서는 삽입의 성공여부를 확인하기 위해 바늘을 삽입 후 골수를 역류해보거나 수액을 주입하여 저항을 살펴보는 않았지만 말초 혈관 바늘은 투관침이 없어 피질골을 뚫으면서 골파편에 의해 바늘 내부가 막혔을 가능성도 높았으리라 생각된다. 20 G 요추천자 바늘의 경우 투관침은 있지만 11 cm로 바늘의 길이가 더 길고 손잡이가 없어 성공률도 16.7%로 가장 낮았으며 실패 원인의 59.3%는 바늘이 부러지거나 휘는 것으로 분

석되었다. 또한 시술 시간도 32.0 ± 16.2 초로 가장 길어 실제 임상상황에서는 사용하기 가장 부적절한 도구임을 알 수 있었다. 시술 시간이 가장 짧았던 EZ-IO™와는 Bonferroni 보정 결과 통계적인 차이를 보이지 않았는데 ($p=0.008$), 이는 요추 천자 바늘로 성공한 경우가 9개에 불과하여 통계적인 유의성이 떨어진 것으로 보인다.

일반적인 골수천자 바늘과 수기용 골내 주사바늘은 사용 방법이 비슷하다. 삽입부위의 피부와 연부조직을 통과하여 바늘을 집어 넣고 골표면이 느껴지면 좌우로 바늘을 돌리며 아래방향으로 힘을 가해 피질골을 뚫어간다. 갑자기 저항이 감소하는 것을 느끼면 이는 바늘이 골내로 들어감을 의미하며 이때 투관침을 제거하고 수액관을 연결한다^{2,11,12,14}. 바늘이 골내에 들어간 것을 확인하기 위하여 투관침을 제거 후 지지 없이 바늘이 잘 서 있는가를 확인하거나, 주사기를 연결하여 골수를 흡인해보거나 5~10 ml 수액을 덩이(bolus) 주사하여 큰 저항 없이 수액이 들어가는지 또는 주변조직의 부종이 안 생기는지 살펴보는 방법들이 있다^{11,12}. 골수 천자 바늘에서 기원한 Jamshidi needle은 18 G 소아용과 15 G 성인용 바늘이 있으며 바늘 전체의 길이가 기존의 골수 천자 바늘보다 짧고 시술자가 삽입 깊이를 조절하여 고정할 수가 있어 효율적인 도구로 알려져 있다. 1989년 Seigler 등³은 3시간 동안 골내 주입법에 대한 이론 교육과 닭뼈, 돼지뼈에 실습 교육을 받은 구급대원을 대상으로 실제 상황에서 Jamshidi needle의 효용성을 살펴보았다. 1년간 17명의 소아 환자 중 16명에게 골내 삽입을 성공하였고 실제 22번의 시도 중 17번이 성공하여 77% 성공률로 이전의 연구와 비슷한 결과를 보고하였고 삽입 시간도 모두 1분 미만으로 기존의 말초 혹은 중심 정맥 삽입술보다 단축된 시간을 보고하였다. 2000년 Calkins 등¹⁴은 해부용 시체(cadaver)를 대상으로 골내 주사 바늘의 효용성을 비교한 연구에서 Jamshidi needle의 성공률은 97%, 삽입까지의 시간도 90 ± 59 초로 짧아서 실험에 참여한 술기자들이 선호하는 도구임을 보고하였다. 본 연구에서도 Jamshidi needle의 성공률은 63.0%, 삽입까지 걸린 시간은 22.1 ± 12.3 초였으며 골수 천자용 바늘을 사용한 경우도 성공률은 57.4%, 삽입까지의 시간은 30.2 ± 22.4 초로 EZ-IO™ needle보다는 못하지만 나머지 도구들보다는 우수한 성적을 기록하였다. Jamshidi needle의 경우 기존 연구보다 삽입시간이 짧았던 것은 바늘을 삽입 후 앞서 언급한 확인 방법들 중 골수를 흡인해보거나 덩이 수액을 밀어 넣는 과정들이 포함되어 있지 않았기 때문이라고 생각된다. 반면에 성공률이 떨어지는 이유는 기존의 연구들이 2~3시간의 이론과 실습 교육을 했지만 본 연구에서는 50분의 이론 교육과 20분의 실습으로 술기를 습득할 시간이 부족했을 수 있으며 소아뼈 모델로 사용한 닭 정강이뼈의 골밀도와 피질골의 두께가 어린 소아 정강이뼈와 비슷하지만 뼈의 단면 길이가 짧아 피질골을 뚫음

과 동시에 골수강을 지나 반대편 피질골까지 닿아 버려 관통이나 골절로 실패하는 경우가 많았다.

2004년 미국 FDA의 승인을 받은 EZ-IO™는 배터리 장착의 반자동 드릴식 바늘로 피질골의 두께가 두꺼워지는 5세 이상의 소아나 청소년 및 성인에게도 효과적이며 정강이뼈의 근위부 뿐만 아니라 원위부, 윗팔뼈의 근위부 및 넓적다리뼈의 원위부 등 삽입부도 다양하게 선택할 수 있다. 몸무게 39 kg을 기준으로 15 G 15 mm 소아용과 15 G 25 mm 성인용 바늘이 따로 준비되어 장착 후 사용할 수 있다^{2,4}. 피질골을 뚫을 때 저항이 감소하는 순간 드릴을 멈추면 되므로 환자에 따라 깊이 조절도 용이하며 파워형 드릴이어서 수기용 바늘보다 술기자의 힘도 덜 들게 된다. EZ-IO™를 이용하여 18명의 응급 구조사들을 대상으로 조사한 Guyette 등¹⁵은 1차 시도 성공률을 94%, 실제 95명의 소아 환자에서 EZ-IO™를 사용한 Horton과 Beamer⁴는 94%의 성공률을 보고하였다. 국내에서도 Lee 등¹⁶은 소아과와 응급의학과 전공의를 대상으로 EZ-IO™ 이론과 실습 교육을 시행 후 1차 시도 성공률 88.7%, 2차 시도까지 포함한 성공률은 98.1%라고 보고하였다. 본 연구에서는 골내 삽입 성공률은 79.6%로 기존의 연구들보다는 낮지만 연구에서 비교했던 6가지 도구 중 가장 높은 성공률을 보였고 삽입까지의 시간은 18.9 ± 5.0 초로 기존 연구들과 비슷하였다. 실패한 경우의 11.1%는 잘못된 위치 선정 때문이었는데 이는 교육 시간이 짧았던 데 큰 이유가 있었다고 생각되며 골을 뚫거나 부러진 경우는 3.7%에 불과하여 수기용 바늘에 비하여 술기자의 미세한 삽입 깊이 조절이 가능하다고 볼 수 있다. 소아뼈와 성인뼈 모델을 비교한 결과에서도 다른 바늘들은 단단한 골에서 삽입 성공률이 감소하고 삽입까지 시간이 길어졌으나 EZ-IO™는 성공률도 83.3%로 가장 높았으며 삽입 시간도 22.8 ± 9.4 초로 가장 짧고 소아뼈 모델의 결과와 큰 차이를 보이지 않았다. 실제 Ong 등¹⁷은 16세 이상 24명의 환자에게 EZ-IO™를 사용하여 피질골이 얇은 정강이뼈 근위부와 윗팔뼈 근위부에 골강내 주사를 시행시 성공률과 수액 주입 속도를 비교하였다. 그 결과 두 부위에서 100% 삽입 성공률을 보였으며 모두 20초 이내에 삽입되었다. 수액 주입 속도도 두 부위에서 통계학적인 차이가 없었으며 압력을 가해 수액을 짜주었을 경우 주입 속도는 165 ml/min까지 증가한다고 보고하며 정강이뼈 근위부 뿐만 아니라 윗팔뼈 근위부도 유용한 골내 주사 부위라고 하였다.

요약해보면, 앞서 언급한 이상적인 골내 삽입 바늘의 요건으로 말초혈관 바늘이나 요추천자 바늘은 너무 길거나 탐침관이 없어 부적절하였고, 골수천자용 바늘도 길이가 길어서 고정이 용이하지 않을 수 있으며, 실제 골내 주사 성공률과 삽입까지의 시간도 수기용 바늘이나 EZ-IO™에 비해 떨어졌다. 수기용 골내 주사 바늘은 조작이 쉽고 삽입 깊이를 조절할 수 있었지만 성인뼈 모델에서는 성공률이

떨어지고 시술시간이 길어졌다. EZ-IO™의 경우 삽입 깊이를 조절하기 쉬워 5가지 도구 중 성공률이 가장 높았으며 파워형 드릴로 수기용 바늘보다 적은 힘을 들여 삽입까지의 시간이 짧았고 성인뼈 모델에서도 유용하였다. 실제 설문에서도 모든 시술자들이 사용이 쉽고 실제 상황에서 사용하고 싶은 도구로 선택하여 높은 만족도를 보였다.

본 연구의 제한점으로는 첫째 술기 진행에 따른 학습효과에 대한 교란편향을 최소화하기 위하여 조별편성과 실습 타자를 비골내 주사 바늘 3종(말초혈관 바늘, 요추천자 바늘, 골수천자 바늘)과 골내 주사바늘 2종(Jamshidi needle, EZ-IO™)으로 나누어 각 평가자가 순서와 타자 배정을 무작위로 실험설계 단계부터 계획 하에 통제하기는 하였지만, 실습 타자 내에서는 평가자 재량에 따라 임의대로 정하게 함에 따라 이에 대한 영향을 배제할 수는 없다는 점이고, 둘째는 술기에 대한 경험 정도나 숙련도에 따라 전공의와 전문의 수, 교육이나 시술 경험 여부 등을 사전에 고려 후 참여자를 선정하지 못하여 이들 인자에 대한 영향을 알 수 없었다는 점이다. 셋째 성인뼈 모델인 돼지 발허리뼈에서는 각 바늘 당 1회씩, 소아뼈 모델인 닭 다리뼈에서도 각 바늘 당 3회 정도로 적은 횟수를 시행함에 따라 시술횟수가 증가됨에 따른 일정 성공률에 도달하기까지의 교육 효과 곡선을 제시하지 못한 점이다. 넷째 소아형 모델인 닭 정강이뼈를 대상으로 연구를 진행시 Jamshidi needle은 국내에서 쉽게 구할 수 없는 도구들로 불가피하게 성인용 바늘을 사용하였다. Jamshidi needle의 경우 시술자가 삽입 깊이를 조절할 수 있기는 하지만 바늘 길이가 길어 다른 연구에 비해 상대적으로 낮은 성공률을 보였을 수도 있을 것이다.

이에 이러한 인자들을 고려한 참여자 선정과 시술횟수를 10회 이상 늘리고 뼈모델에 맞춘 바늘을 선택하여 향후 연구를 진행할 예정이다.

결론

심혈관계 허탈을 동반한 중증 환자를 치료시, 빠른 정맥로 확보를 위해 골내 주입이 필요한 경우에는 적절한 골내 주사 도구를 사용하여야 한다. 기존에 응급실에서 사용되던 말초혈관 바늘이나 요추천자 바늘의 사용은 실패율이 높아서 권장하기 힘들며, 5세 미만 소아는 수기용 골내 주사 바늘이나 EZ-IO™의 사용을, 연장아나 성인의 경우 EZ-IO™를 사용이 효과적이라 생각한다.

참고문헌

1. Brunette DD, Fischer R. Intravascular access in pediatric cardiac arrest. *Am J Emerg Med* 1988;6:577-9.

2. Blumberg SM, Gorn M, Crain EF. Intraosseous infusion: a review of methods and novel devices. *Pediatr Emerg Care* 2008;24:50-9.

3. Seigler RS, Tecklenburg FW, Shealy R. Prehospital intraosseous infusion by emergency medical services personnel: a prospective study. *Pediatrics* 1989;84:173-7.

4. Horton MA, Beamer C. Powered intraosseous insertion provides safe and effective vascular access for pediatric emergency patients. *Pediatr Emerg Care* 2008;24:347-50.

5. Sarkar CPT D, Philbeck T. The use of multiple intraosseous catheters in combat casualty resuscitation. *Mil Med* 2009;174:106-8.

6. Choi SC, Park HS, Kim JW. Current status of intraosseous infusion technique use at emergency departments in Korea. *J Korean Soc Traumatol* 2007;20:6-11.

7. Boot AM, de Ridder MA, Pols HA, Krenning EP, de Muninck Kerizer-Schrama SM. Bone mineral density in children and adolescents: relation to puberty, calcium intake and physical activity. *J Clin Endocrinol Metab* 1997;82:57-62.

8. Chinn DJ, Fordham JN, Kibirige MS, Crabtree NJ, Venables J, Bates J, et al. Bone density at the os calcis: reference values, reproducibility, and effects of fracture history and physical activity. *Arch Dis Child* 2005;90:30-5.

9. Koh SK, Cho SH, Hwang YY, Moon H, Kim DS, Cho JL, et al. Spinal bone mineral density of normal and osteoporotic women in Korea. *J Korean Med Sci* 1992;7:136-40.

10. Oh HJ, Nam KN. Bone mineral density and sex steroids in middle aged men. *J Korean Acad Fam Med* 2000;21:154-62.

11. King C, Henretig FM. *Textbook of pediatric emergency procedures*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins;2008. p.281-8.

12. LaRocco BG, Wang HE. Intraosseous infusion. *Prehosp Emerg Care* 2003;7:280-5.

13. Fleisher GR, Ludwig S, Henretig FM. *Textbook of pediatric emergency medicine*. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins;2006. p.1880.

14. Calkins MD, Fitzgerald G, Bentley TB, Burriss D. Intraosseous infusion devices: a comparison for potential use in special operations. *J Trauma* 2000;48:1068-74.

15. Guyette FX, Rittenberger JC, Platt T, Suffoletto B, Hostler D, Wand HE. Feasibility of basic emergency medical technicians to perform selected advanced life support interventions. *Prehosp Emerg Care* 2006;10:518-21.

16. Lee JW, Seo JS, Kim DK, Lee JS, Kim SK, Ryu KM, et al. Intraosseous line insertion education effectiveness for pediatric and emergency medicine residents. *Korean J Pediatr* 2008;51:1058-64.

17. Ong ME, Chan YH, Oh JJ, Ngo AS. An observational, prospective study comparing tibial and humeral intraosseous access using the EZ-IO™. *Am J Emerg Med* 2009;27:8-15.