

# 말초 정맥주사 삽입 어려움 예측을 위한 노모그램 구축\*

김경숙<sup>1)</sup> · 최수정<sup>2)</sup> · 장수미<sup>3)</sup> · 안현주<sup>4)</sup> · 나은희<sup>5)</sup> · 이미경<sup>6)</sup>

## 서론

### 연구의 필요성

말초 정맥주사는 약물 주입, 수액 공급, 혈액제제 및 영양보충액을 안전하게 주입하는 목적으로 사용되고 있고, 입원환자 중 60-90%가 말초 정맥주사를 필요로 한다[1-3]. 말초 정맥주사는 일반적으로 중심 정맥주사보다 안전하고, 접근이 쉬우며, 덜 고통스럽다는 측면에서 선택되고 있는데, 말초 정맥주사 삽입은 간단한 기술처럼 보이지만 환자의 특성에 따라 삽입이 어렵거나 불가능한 경우가 발생한다[2]. 말초 정맥주사 삽입 시 첫 시도에 실패하는 경우가 일반적인 환자에서 17~50%가 발생하고[1,3,4], 복합 질환이나 어려운 특성이 있는 환자의 경우는 59%에 육박한다[5].

말초 정맥주사 삽입 실패는 반복적인 삽입 시도로 이어져 간호사의 업무부담을 증가시키고, 환자에게 통증과 스트레스를 초래할 뿐 아니라, 정맥염, 혈전증 및 감염 위험을 증가시키고 적시에 필요한 치료와 검사를 지연시킨다[1,2,6,7]. 반복적인 정맥주사 삽입시도로 정맥이 손상되면 정맥관 개통을 위해 중심정맥관과 같은 더 침습적이고 위험하며 고비용이 드는 시술을 필요로 하게 된다[1,2,5,8]. 이를 방지하기 위해서는 가능한 한 번에 정맥관 삽입이 성공하는 것이 좋겠지만, 환자 상태에 따라 말초

정맥관 삽입 어려움 정도에 차이가 있다[9]. 그럼에도, 임상에서는 정맥주사를 삽입하기 전에 환자의 상태, 즉, 삽입 실패와 관련된 위험요인에 대한 충분한 고려 없이 여러 번 삽입을 시도하고, 실패를 거듭한 후에야 다른 방법을 찾고 있다[9,10]. 말초 정맥주사 삽입 실패 요인으로 시술자의 숙련도도 영향을 미치지만[11], 정맥주사 삽입 실패와 관련된 위험요인을 사전에 쉽고 간단하게 평가할 수 있는 도구가 부족한 것도 그 이유 중 하나이다[3].

그동안 말초 정맥주사 삽입 실패를 감소시키기 위해 삽입 어려움과 관련된 요인들이 무엇인지를 파악하고자 하는 연구들이 시행되어 왔고, 성별, 연령[5,11], 신체비만지수(body mass index, BMI)[3]와 같은 일반적 특성과, 당뇨병, 혈관질환, 항암치료[6,12,13], 혈관 접근 합병증 병력[5], 삽입혈관 부위, 혈관 촉지성, 혈관 가시성 및 혈관 크기[4,9,11,13,14] 등이 위험요인들로 제시된 바 있다. 그러나 제시된 위험요인들이 정맥주사를 수행하는 의료인에게 실패 위험에 대한 주의를 줄 수는 있지만, 그 위험 정도가 하나의 지표로 통합되지 않았기 때문에 실패 확률을 예측하고 이에 따라 대안을 강구하는 기준이나 도구로 사용되기에는 충분하지 않은 상황이다[15]. 이러한 단점을 보완하기 위해 국외에서는 정맥주사 실패 위험도를 위험요인별 점수의 합으로 계산하여 평가하는 도구들[3,14,16]이 일부 개발되기는 하였으나, 대상 환자군이 소아, 항암환자, 수술환자 등으로 한정되

**주요어 :** 말초 정맥주사 삽입술, 노모그램, 위험요인

\* 이 연구는 2019년 삼성서울병원 간호부의 지원을 받음.

1) 삼성서울병원 간호본부 팀장, 성균관대학교 임상간호대학원 교수(<https://orcid.org/0000-0002-0249-9103>)

2) 성균관대학교 임상간호대학원 교수(<https://orcid.org/0000-0003-2171-7441>) (교신저자 E-mail: [sujungchoi@skku.edu](mailto:sujungchoi@skku.edu))

3) 삼성서울병원 간호본부 간호사(<https://orcid.org/0000-0001-9848-3175>)

4) 삼성서울병원 간호본부 간호사(<https://orcid.org/0000-0003-3584-9840>)

5) 삼성서울병원 간호본부 간호사(<https://orcid.org/0000-0002-3794-7826>)

6) 일리노이대학교 시카고, 일리노이주, 미국, 간호학생(<https://orcid.org/0000-0003-1259-6086>)

투고일: 2023년 2월 27일 수정일: 2023년 3월 24일 게재확정일: 2023년 4월 6일

어 있어 일반 환자에게 적용하는데 제한이 있고, 간호사들이 실패 위험도를 계산하고 결과를 해석해야 하므로 사용하는데 제한점이 있다. 이에 다양한 환자에게 적용할 수 있고, 바쁜 임상에서 간호사들이 더 쉽고 직관적으로 말초 정맥주사 실패 위험도를 평가할 수 있는 예측도구가 필요하다.

최근 예측모형에 포함된 변수의 회귀계수를 고려해 점수가 할당되어 요인별 영향력을 반영하면서도, 예측변수가 결과에 미치는 영향을 그림으로 표시함으로써 복잡한 계산 없이 사용자가 쉽게 결과 확률을 확인할 수 있는 노모그램(nomogram)[17]이 제안되고 있다. 의학분야에서는 암 예후나 기타 건강문제의 예후를 예측하기 위해서 많이 사용되고 있으며[18] 국내에서도 이상 지질혈증[17] 다양한 질환에서 노모그램의 유용성이 확인되었다. 국내 간호학 연구에서도 당뇨병성 발괴양 발생 위험, 항생제 저항성 예측 등을 위한 노모그램이 보고되고 있다.

노모그램을 이용하여 말초 정맥주사 삽입 어려움을 예측할 수 있는 모형을 개발한다면 정맥주사 삽입 어려움이 높을 것으로 예측되는 환자의 경우 사전에 숙련된 의료인이 수행할 수 있도록 하거나[19] 기존의 말초 정맥주사 삽입 방법 외에 초음파 유도하 정맥주사 삽입, 외부 경정맥관 또는 중심정맥관 삽입 등 다양하고 적절한 대안적 중재를 고려할 수 있어[19,20] 정맥주사 삽입 실패로 발생하는 여러 문제를 해결하는데 기여할 수 있을 것이다[2,4,8].

이에 본 연구는 다양한 목적으로 입원하여 정맥주사 치료를 필요로 하는 성인 환자를 대상으로 말초 정맥주사 삽입 어려움에 영향을 미치는 요인들을 파악하고, 말초 정맥주사 삽입 어려움을 정확하고 간편하게 예측할 수 있는 노모그램을 개발하여 환자의 안전과 만족감을 향상시키고, 간호업무의 효율성과 전문성을 높이는데 기여하고자 한다.

## 연구 목적

본 연구의 목적은 말초 정맥주사 삽입 어려움을 예측하는 요인을 규명하고, 이에 기반한 말초 정맥주사 삽입 어려움을 나타내는 지표로 삽입 첫 시도의 실패 확률을 예측하는 노모그램을 개발하기 위한 것으로, 구체적인 목적은 다음과 같다.

- 대상자의 일반적 특성, 질병관련 특성, 정맥관관련 특성을 파악한다.
- 말초 정맥주사 삽입 어려움에 영향을 미치는 요인을 파악한다.
- 말초 정맥주사 삽입 어려움 예측모형을 구축하고 노모그램을 작성한다.
- 말초 정맥주사 삽입 어려움 노모그램의 실행도를 평가한다.

## 연구 방법

### 연구 설계

본 연구는 말초 정맥주사 삽입 어려움 예측모형과 노모그램을 구축하기 위해 말초 정맥주사 삽입 어려움 관련요인을 조사한 코호트 자료를 이차 분석한 사례-대조군 연구이다.

### 연구 대상

본 연구에서 사용한 코호트는 성인 환자의 말초 정맥주사 삽입 어려움에 영향을 미치는 요인을 조사하기 위해 서울 소재 일개 상급종합병원 내/외과 병동에 입원하여 말초 정맥주사 삽입이 요구되어 정맥주사전담간호사에게 의뢰된 환자를 대상으로 시행한 자료이다. 코호트 자료는 2017년 9월 12일부터 2018년 1월 9일까지 수집된 자료로 모든 대상자들로부터 연구 참여 동의를 취득한 자료이다. 원자료의 경우에도 시술자의 역량 차이로 인한 임상적 요인[11]을 배제하기 위해 정맥주사전담간호사에게 의뢰된 환자들만을 대상으로 하였다. 본 연구에서 대상자 선정 기준은 만 19세 이상이며, 정상적인 의사소통이 가능하고, 본 연구 참여에 동의한 자이며, 연구기간 동안 수회 정맥주사 삽입이 요구되는 환자는 대상자 특성이 중복될 수 있어 1회에 한하여 참여하도록 하였다. 대상자 중 정맥주사전담간호사가 말초 정맥주사 삽입 첫 시도에 실패한 환자를 말초 정맥주사 삽입 어려움이 있는 사례군(실패군)으로, 첫 시도에 성공한 환자를 대조군(성공군)으로 분류하였다.

표본 크기는 말초 정맥주사 삽입 어려움 요인을 조사한 선행 연구[6]를 근거로 G\*power 3.1.9.4 프로그램을 이용하여 산출하였다. 말초 정맥주사 삽입 어려움을 조사한 선행연구[9]에 근거하여 교차비(odds ratio, OR) 2.1, 사전확률(prior probability) ( $Y = 1 \mid X = 1$ ) 0.6, 유의수준( $\alpha$ ) .05, 검정력( $1-\beta$ ) .95, 다른 설명변수들에 대한 설명력의 증가분은 0, 설명변수의 분포를 이항분포, 양측검정 로지스틱 회귀분석을 할 경우 최소 대상자 수는 총 447명이 필요하다. 총 507명이 연구 참여에 동의하였고, 자료에 결측치가 있는 3명을 제외한 504명의 자료를 분석하였다.

### 연구 도구

코호트 조사는 구조화된 설문지를 이용하였는데, 설문지 개발은 선행연구[3-5,7,10-14]에서 제시한 요인들을 기반으로 작성되었고, 정맥주사 전담간호팀 관리자 1인, 임상경력 7년 이상인 정맥주사전담팀 간호사 2인, 간호학 교수 1인을 포함한 4인의 전문가가 내용타당도를 평가하였다. 말초 정맥주사 삽입 어려움에 영향을 미치는 요인으로 일반적 특성, 질병관련 특성, 정맥주사

관련 특성 등 총 13개 항목을 조사하였다.

● 일반적 특성

대상자의 일반적 특성은 연령, 성별, 신체비만지수(BMI)로 구성하였다.

● 질병관련 특성

질병관련 특성은 당뇨병, 고혈압, 만성 신장질환, 항암제 사용 경험의 4문항으로 구성하였다. 질병관련 특성은 대상자가 상기 질환을 진단받고 약물 복용 중이거나 치료 중이라고 진술한 경우 또는 의무기록 상 진단명을 확인할 수 있는 경우에 질환이 있는 것으로 정의하였다.

● 정맥주사관련 특성

정맥주사관련 특성은 최근 1주 이내 정맥천자 경험 유무, 삽입혈관, 혈관 가시성, 혈관 촉지성, 혈관 크기, 주사바늘 크기를 조사하였다. 삽입혈관은 정맥천자를 시행하는 부위로 상지의 경우 요골측피부정맥(cephalic vein), 척골측피부정맥(basilic vein), 정중주와정맥(median cubital vein), 손등의 중수정맥(metacarpal vein), 손가락정맥(digital vein)으로 구분하였고, 하지의 경우 대복재정맥(saphenous vein), 발등의 배부정맥(dorsal vein)으로 구분하였다. 혈관 가시성은 정맥천자를 시도하려는 혈관이 조사자의 육안으로 관찰되면 유, 관찰되지 않으면 무로 평가하였고, 혈관 촉지성은 정맥전담간호사가 검지손가락 끝으로 삽입 예정 부위 혈관을 만져서 혈관이 촉지되는지 유무로 평가하였다. 혈관 크기는 조사대상 병원에서 간호사 업무용으로 자체 제작한 mm 단위의 동일한 형태의 자를 이용하여 mm 단위까지 측정된 혈관의 너비이다. 주사바늘 크기는 정맥천자에 사용된 카테터(Introcan® IV catheters, B. Braun Medical Inc. Melsungen, Germany)의 gauge 번호에 따라 18 이하, 20, 22, 24 gauge로 구분하였고 번호가 클수록 주사바늘의 내경(caliber)이 작음을 의미한다.

자료 수집 방법

본 연구는 원자료를 2차분석한 연구로 전산으로 코드화된 자료를 전달받아 분석하였다. 원자료의 자료수집 기간은 2017년 9월 12일부터 2018년 1월 9일까지였다. 원자료는 정맥주사 전담 업무 경험 1년 이상의 정맥주사전담간호팀 간호사 12명이 수집하였는데, 자료수집 전에 조사자들을 대상으로 말초 정맥주사 삽입 및 혈관 크기 측정 방법에 대해 2시간의 교육과 실습을 시행하였고, 정맥주사 삽입은 병원간호사회 정맥주입요법 근거기반간호 실무지침[21]에서 제시한 방법으로 수행하도록 교육하였다. 교육 후 시행한 조사자간 혈관 크기 측정에 대한 일치도는

98.3%이었다. 조사자가 대상자에게 연구의 목적에 대해 설명하고 동의를 취득하였고, 참여에 동의한 대상자에게 면담을 통해 일반적 특성과 질병관련 특성 자료를 수집하였다. 이후 정맥주사관련 자료수집과 정맥천자를 위해 정맥천자를 시도하려는 부위보다 10-15cm 위쪽을 동맥의 흐름을 방해하지 않은 상태로 토니켓을 적용[21]한 후 조사자가 혈관 가시성과 촉지성 여부를 확인한 후 자를 이용하여 혈관 크기를 측정 후 정맥주사 삽입을 진행하였다.

자료 분석

수집된 자료는 SAS version 9.4(SAS Institute, Cary, NC) 프로그램을 이용하여 유의수준 .05 에서 다음과 같이 분석하였다.

- 대상자의 일반적 특성, 질병관련 특성, 정맥주사관련 특성은 빈도와 백분율 또는 평균과 표준편차를 구하였고, 사례군과 대조군간 비교는 chi square test, Fisher's exact test, independent t test로 분석하였다.
- 말초 정맥주사 삽입 어려움 위험요인을 선별하기 위해 사례군과 대조군 간 유의한 차이를 보이는 변수에 대해 후진소거법을 이용해 다중 로지스틱 회귀분석을 시행하였다.
- 말초 정맥주사 삽입 어려움 예측모형을 구축하기 위해 다중 로지스틱 회귀분석 결과를 이용하여 노모그램을 작성하였다. 노모그램에서 각 위험요인이 갖는 선의 길이는 다중 로지스틱 회귀분석에서 확인된 회귀계수를 반영하며 회귀계수 절대값이 가장 큰 위험요인의 선은 0~100을 배정하고, 두 번째로 큰 회귀계수를 보이는 위험요인의 점수 범위가 가장 큰 회귀계수에 비례하여 산출한다[17,18]. 이러한 방법으로 가장 낮은 회귀계수를 보이는 위험요인의 점수 범위가 산출되며, 위험요인의 합을 모두 합하여 한 대상자의 총점수를 산출한다. 산출된 총점수가 결과변수인 “말초 정맥주사 삽입 어려움” 선의 특정값에 대응하며 이 값이 말초 정맥주사 삽입 첫 시도의 실패확률이 된다[17,18].
- 개발된 정맥주사 삽입 어려움 예측 노모그램의 실행도를 평가하기 위해 일치도(calibration)와 판별도(discrimination)를 평가하였다. 일치도는 Hosmer-Lemeshow의 적합도 검정과 일치도 곡선(calibration plot)을 사용하여 평가하였다. Hosmer-Lemeshow 적합도 검정은 모집단 전체와 각 위험군에서 결과의 예측평균과 관측평균을 비교하여 통계적 유의성을 검정하는 방법으로  $p \geq .05$  인 경우 모형이 적합함을 의미한다[22]. 일치도 곡선은 노모그램으로 예측된 예측확률(predictive probability)을 수평축, 관찰된 확률인 실제확률(actual probability)을 수직축으로 하여 그린 그래프로, 45도 각도로 그려진 선을 이상선(ideal line)이라고 하며, 이상선에 가까이 선이 그려질수록 일치도가 높음을 의미한다[23]. Bootstrapping을 이용하여 구축된 모델의

내적타당도를 함께 평가하였다. 판별도는 위험이 높은 요인에 높은 점수를 할당하는 모형의 능력을 말하며[24], 판별도를 평가하기 위해 사건발생과 비발생을 구분할 수 있는 수준으로 receiver operating characteristic curve (ROC) 곡선 하위영역인 Area under the curve (AUC)를 구하였다. ROC 곡선은 판별분석 분야에서 예측모형의 성능을 지표로 평가하기 위해 사용되는 방법으로 ‘민감도(sensitivity)’를 수직축으로, ‘1-특이도

(specificity)’를 수평축으로 하여 연결선을 그린 형태이고, AUC는 .5와 1 사이에 존재하며, 1에 가까울수록 예측모형의 판별도가 좋음을 나타낸다[24]. 일반적으로 AUC가 .7보다 높으면 타당한 모형, .9보다 높으면 매우 우수한 모형으로 여긴다[25]. 또한 말초 정맥주사 삽입 어려움을 판단하는 절단점 (cut-off)을 구하기 위해 ROC 곡선에서 민감도와 특이도의 합이 최대값이 나오는 좌표점을 Youden Index를 이용하여 도출

<Table 1> Comparison of IV Failure group and IV success group (N=504)

Characteristics	Classification	IV Failure (n=166)	IV Success (n=338)	t or $\chi^2$	p
		n (%) / Mean±SD	n (%) / Mean±SD		
General characteristics					
Sex	Male	104 (62.7)	156 (46.2)	12.13	<.001
	Female	60 (37.3)	182 (53.8)		
Age (yr)		60.31±14.61	58.77±13.73	-1.16	.247
Body mass index, kg/m <sup>2</sup>		24.21±3.85	23.23±3.99	-2.63	.008
Disease-related characteristics					
Chemotherapy	Yes	61 (36.7)	82 (24.3)	8.54	.004
	No	105 (63.3)	256 (75.7)		
Diabetes	Yes	47 (28.3)	53 (15.7)	11.17	.001
	No	119 (71.7)	285 (84.3)		
Hypertension	Yes	72 (43.4)	99 (29.3)	9.85	.001
	No	94 (56.6)	239 (70.7)		
Chronic kidney disease	Yes	25 (15.1)	20 (5.9)	11.44	.001
	No	141 (84.9)	318 (94.1)		
IV-related characteristics					
History of IV access in 1 week	Yes	156 (94.0)	276 (81.7)	13.80	<.001
	No	10 ( 6.0)	62 (18.3)		
Cannulation Site of vein	Cephalic	65 (39.1)	173 (51.2)	24.80	<.001*
	Basilic	23 (13.8)	72 (21.3)		
	Metacarpal	24 (14.5)	27 (8.0)		
	Digital	24 (14.5)	7 ( 2.1)		
	Antebrachial	24 (14.5)	51 (15.0)		
	Median cubital	3 (1.80)	7 ( 2.1)		
	Saphenous	0 ( 0.0)	1 ( 0.3)		
	Dorsal	3 ( 1.8)	0 ( 0.0)		
Vein visibility	Yes	86 (51.8)	269 (79.6)	41.25	<.001
	No	80 (48.2)	6 (20.4)		
Vein palpability	Yes	139 (83.7)	323 (95.5)	20.38	<.001
	No	27 (16.3)	15 (4.5)		
Vein diameter (mm)		1.70±0.66	2.83±1.30	12.63	<.001
Size of the applied catheter (gauge) <sup>†</sup>	≤18	40 (24.1)	125 (37.0)	26.01	<.001
	20	4 (2.4)	13 ( 3.8)		
	22	69 (41.6)	154 (45.6)		
	24	53 (31.9)	46 (13.6)		

<sup>†</sup> Fisher’s exact test

하였고, 절단점에서의 민감도, 특이도, 양성예측도, 음성예측도를 구하였다.

**윤리적 고려**

원자료는 해당병원 기관윤리위원회(Institutional Review Board, IRB)의 승인(IRB No. 2017-07-014)과 병원 간호부의 승인을 받고 자료수집이 이루어졌다. 원자료에서 수집된 자료는 피험자 정보를 무기명으로 처리하여 전산입력 되었고, 수집된 자료는 잠금 장치가 있는 곳에 보관되었다. 노모그램을 구축하기 위한 본 연구는 연구대상 병원의 기관윤리위원회의 승인(IRB No. 2019-01-079)을 받은 후 분석하였다.

**연구 결과**

**대상자의 일반적 특성, 질병관련 특성, 정맥관련 특성 차이**

대상자의 일반적 특성, 질병관련 특성, 정맥관련 특성은 Table 1과 같다. 일반적 특성 중 남성의 비율이 사례군 104명(62.7%), 대조군 156명(46.2%)으로 유의한 차이를 보였고( $p<.001$ ), 평균 연령은 차이가 없었으며, BMI는 사례군  $24.21\pm 3.85$ , 대조군  $23.23\pm 3.99 \text{ kg/m}^2$ 으로 두 군간 차이를 보였다( $p=.008$ ). 질병관련 특성으로 사례군에서 항암제 사용경험( $p=0.04$ ), 당뇨병( $p=.001$ ), 고혈압( $p=.001$ ), 만성 신장질환( $p=.001$ ) 비율이 유의하게 높았다. 정맥관련 특성으로 사례군에서 대조군에 비해 1주 이내 정맥천자 경험 비율이 높았고( $p<.001$ ), 혈관 가시성과 혈관 촉지성은 낮았다( $p<.001$ ). 삽입혈관은 요골측피부정맥이 사례군 39.1%, 대조군 51.2%로 가장 비율이 높았으며, 혈관 위치는 두 군간 유의한 차이를 보였다( $p<.001$ ). 혈관 크기는 사례군  $1.70\pm 0.66$ , 대조군  $2.83\pm 1.30\text{mm}$ 로 두 군간 유의한 차이를 보였고( $p<.001$ ), 주사 바늘크기도 두 군간 유의한 차이를 보였다( $p<.001$ ).

**말초 정맥주사 삽입 어려움 위험요인**

말초 정맥주사 삽입 어려움 위험요인을 확인하기 위해 사례군과 대조군간 유의하였던 요인을 설명변수로 하여 다중 로지스틱 회귀분석을 실시하였으며, 분산팽창요인은 1.03~1.14로 다중공선성이 없음을 확인하였다. 분석 결과 말초 정맥주사 삽입 어려움 위험요인은 혈관 크기( $OR=0.32, p<.001$ ), 항암제 사용경험( $OR=1.68, p=.029$ ), 당뇨병( $OR=1.95, p=.014$ ), 만성 신장질환( $OR=2.37, p=.027$ ), 혈관 가시성( $OR=2.19, p<.001$ ) 이었다(Table 2).

**말초 정맥주사 삽입 어려움 예측모형 구축을 위한 노모그램 개발**

Table 2의 다중 로지스틱 회귀분석 결과에 따라 회귀계수 기반의 정맥주사 삽입 어려움 예측을 위한 예측모형은 다음과 같다: 정맥 주사 삽입 어려움 로짓 =  $1.08 - 1.13(\text{혈관 크기}) + 0.52(\text{항암제 사용}) + 0.67(\text{당뇨병}) + 0.86(\text{만성신장질환}) + 0.79(\text{혈관 가시성})$ . 이를 기반으로 한 노모그램은 회귀계수의 절대값이 가장 큰 혈관 크기가 100점, 혈관 가시성 8점, 만성 신장질환 8점, 당뇨병 7점, 항암제 사용경험 5점으로 할당되었다(Figure 1). 회귀계수가 음수인 혈관 크기의 경우 혈관 크기가 클수록 점수가 낮아지며, 각 위험요인이 없는 경우 0점으로 할당되어 총점(total points)은 최소 0점에서 최대 128점이며, 총점이 높을수록 노모그램에서 말초 정맥주사 삽입 어려움 확률(probability of events)도 증가한다.

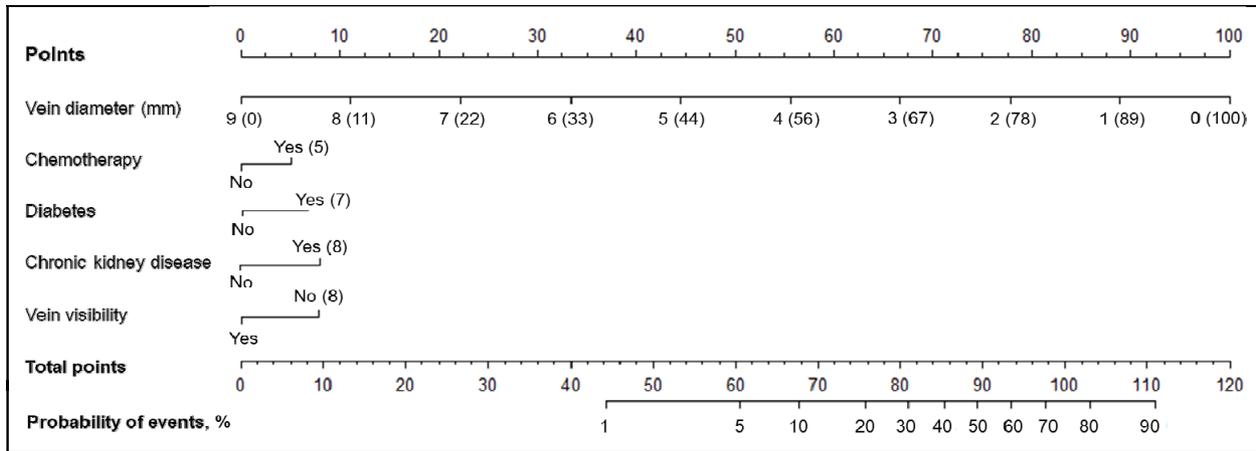
**말초 정맥주사 삽입 어려움 노모그램의 실행도 평가**

말초 정맥주사 삽입 어려움 노모그램의 실행도 평가 결과 일치도는 Hosmer-Lemeshow 적합도 검정에서  $\chi^2$ 값이 4.71 ( $p=.694$ )로 개발된 모형이 적합함을 확인하였다. 일치도 곡선은 45도 선에 매우 가깝게 나타나는 것이 확인되었다(Figure 2-A).

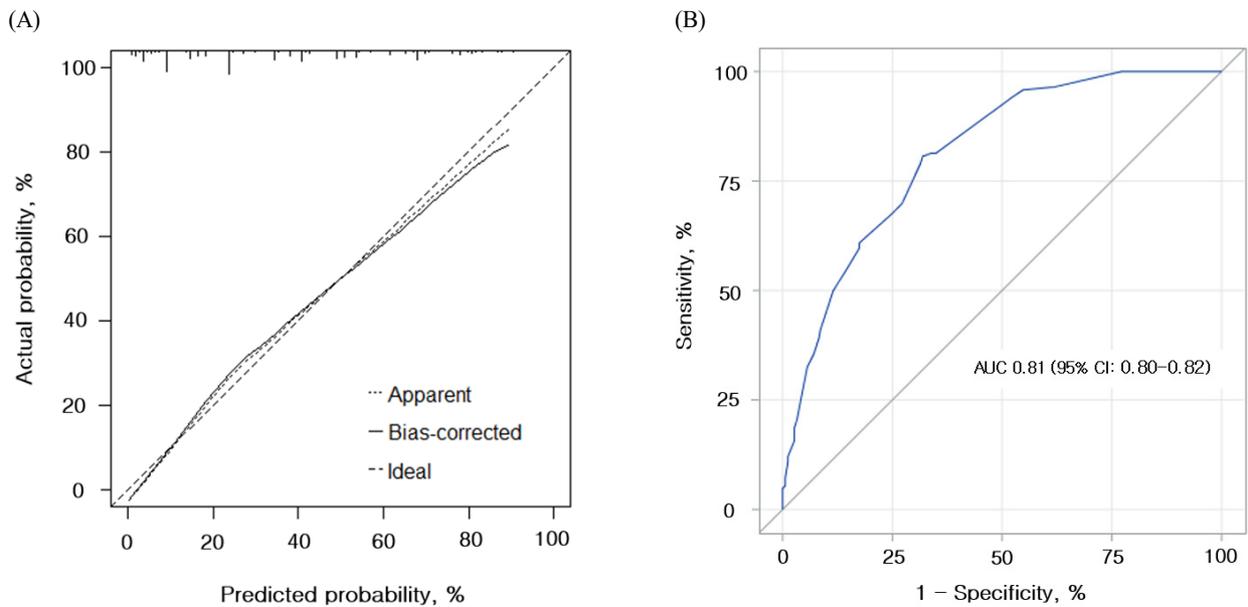
본 연구에서 개발된 노모그램의 판별도는 AUC .81 (95% confidence interval [CI] .80-.82)로 AUC .7보다 높아 타당한 모형인 것으로 확인되었으며(Figure 2-B), bootstrapping에 의해 구

<Table 2> Risk Factors of Failure of First Attempts at Peripheral Intravenous Cannulation and Nomogram (N=504)

Risk factors	B	SE	OR (95% CI)	p	Rank	Points
Vein diameter	-1.13	.15	0.32 (0.24~ 0.43)	<.001	1	100
Chemotherapy	0.52	.24	1.68 (1.05~2.68)	.030	5	5
Diabetes	0.67	.27	1.95 (1.14~3.31)	.014	4	7
Chronic kidney disease	0.86	.41	2.37 (1.10~5.08)	.027	2	8
Vein visibility	0.79	.24	2.19 (1.38~3.48)	<.001	3	8
Constant	1.08	.35	2.95	.002		



〈Figure 1〉 A nomogram predicting the difficulty of establishing peripheral venous access showing conversion scores for factors affecting difficulty of establishing peripheral venous access and probability of peripheral venous access failure by total score



(A) Calibration plot which illustrates the accuracy of the original prediction model (“Apparent”) and the bootstrap model (“Bias-corrected”) in predicting the probability of difficult peripheral intravenous cannulation. Perfect calibration accuracy is represented by the “Ideal” line of unity. (B) Receiver Operating Characteristics (ROC) curve which illustrates the validity of the nomogram.

〈Figure 2〉 ROC curve and calibration plot for the constructed nomogram

측된 테스트 모형에서 AUC는 .79 (95% CI .74-.84)로 개발된 모형과 큰 차이를 보이지 않았다. ROC 곡선에서 민감도와 특이도의 합이 최대화되는 절단점은 총점 82점으로, 노모그램에서 말초 정맥주사 삽입 어려움 확률이 30%가 되는 지점이었다. 절단점이 82점일때, 민감도는 80.7%, 특이도 68.0%, 양성예측도

55.3%, 음성예측도 87.7%, 정확도는 72.2%이었다(Table 3).

## 논 의

본 연구는 말초 정맥주사 삽입 어려움을 예측하는 요인을 구

명하고 이에 기반한 말초 정맥주사 삽입 어려움 예측모형으로 노모그램을 개발하여 말초 정맥주사 삽입 어려움을 간편하게 예측하여 임상에서 활용하고자 수행된 연구이다. 본 연구 결과에 기반하여 논의를 진행하고자 한다.

먼저, 본 연구 대상자의 32.9%가 첫번째 정맥주사 삽입시도에 실패한 말초 정맥주사 삽입 어려움을 보이는 사례군으로 조사되었는데, 응급실을 방문한 성인을 대상으로 한 다기관연구[11]에서 사례군 빈도가 26.6%인 것에 비하면 다소 높은 빈도이다. 이는 본 연구대상자들이 정맥전담간호사에게 의뢰된 환자들이라 상대적으로 정맥주사 삽입이 어려운 환자들이 의뢰되었을 가능성이 있다. 본 연구 대상자의 당뇨병이나 항암제 사용경험 빈도가 선행연구[11] 대상자보다 2-5배 높은 것도 상대적으로 삽입이 어려운 환자가 의뢰되었을 가능성을 시사한다.

말초 정맥주사 삽입 어려움 예측요인으로 혈관 크기, 혈관 가시성, 만성 신장질환, 당뇨병, 항암제 사용경험 등 다섯가지 요인이 확인되었다. 본 노모그램에서 정맥주사 삽입 실패에 가장 큰 영향력을 미치는 요인은 혈관 크기이었고, 혈관 크기가 작을수록 삽입 첫 시도의 실패에 대한 위험이 높아지는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 1mm가 커질 때 실패 위험도가 0.32배 감소하는 것으로 나타났는데, 혈관 크기가 2mm 이하[3]이거나, 3mm 이하인 경우[9] 실패 위험도가 높아진다는 연구들과 유사한 경향을 보였다. 이는 혈관의 크기와 정맥주사 삽입 실패와의 관계는 정맥의 직경이 클 때 삽입되는 정맥관의 주위와 끝부분에 더 많은 여유 공간을 가지게 되어 혈관 벽에 직접적인 손상을 일으키는 경우가 상대적으로 적어지기 때문으로 설명할 수 있다.

혈관 크기 다음으로 큰 영향을 미치는 요인은 혈관 가시성이었다. 이는 많은 선행연구에서 정맥주사 삽입 실패와 관련된 중요 요인으로 제시하였다[3,11,15,26]. 본 연구에서도 혈관 가시성이 없는 경우 실패 위험이 2.19배 나타났으며, 선행연구에서는 1.69배[11]와 4.62배[26]의 실패 위험을 보고하였다. 외상, 쇼크, 화상, 만성질환, 비만, 잦은 정맥경로 약물투여, 말초 부종, 탈수 등과 같은 다양한 의학적 상태가 혈관허탈(collapse)을 초래해 혈관 가시성을 떨어뜨릴 수 있다[27]. 혈관 가시성은 정맥주사 삽입 시 중요한 랜드마크가 되므로[11], 육안으로 혈관 가시성이 확보되지 않는 경우 초음파와 같은 기계의 도움을 통해 가시성

을 확보한 후 정맥천자를 시도하는 것이 정맥주사 삽입 성공률을 높일 수 있을 것이다.

본 연구에서 만성 신장질환이 있는 경우 삽입 실패 위험이 2.37배 증가하는 것으로 나타났는데, 신부전이 있는 경우 실패 위험이 1.83배 증가하는 것으로 보고한 연구[3]와 유사한 결과이다. 만성 신장질환과 투석은 많은 선행연구에서 삽입 실패 위험을 높이는 요인으로 제시되었으나[2,5-7], 이와 관련하여 유의한 결과가 보고된 연구는 많지 않았다. 웨스턴오스트레일리아 보건부[28]는 만성질환 환자의 경우 특성상 중앙 정맥이나 말초 정맥에 빈번하게 정맥주사를 삽입하게 되고, 이는 직접 또는 간접적으로 혈관 손상을 발생시켜 정맥을 소실시킨다고 하였다. 따라서 만성 신장질환자의 정맥 소실을 최소화하기 위해 실질적이고 효과적인 정맥보존방침의 시행이 필요하다[28].

당뇨병이 있는 경우는 삽입 실패 위험이 1.95배 높아지는 것으로 나타났는데, Piredda 등[29]은 2.41배, Fields 등[6]은 2.1배 높아지는 것으로 보고하였다. 당뇨병 역시 많은 선행연구에서 위험요인으로 제시하였고[3-6], 당뇨병 환자의 경우 정맥주사 삽입이 어려운 이유를 필요로 하는 빈번한 치료로 인한 혈관의 손상과 형태학적 변화 때문이라 하였다[6].

본 연구에서 항암제 사용경험이 있는 경우 삽입 실패 위험이 1.68배 높아지는 것으로 나타났는데, Piredda 등[29]의 연구에서도 항암제를 사용하는 경우 말초 정맥주사 삽입 실패 위험이 2.09배 높아지는 것으로 보고되었다. 항암제는 혈관의 조직손상과 염증을 일으키고, 침윤과 유출을 야기하여 혈관벽을 깨어지기 쉬운 상태로 만들기 때문에 정맥주사 삽입이 어려워지는 것이라 설명하였다[30].

말초 정맥주사 삽입 어려움과 관련된 이러한 요인들을 기반으로 개발된 기존의 예측모형들을 살펴보면 Yen 등[16]이 소아를 대상으로 개발한 A difficult intravenous access (DIVA) 도구에서 말초 정맥주사 삽입 첫 시도의 실패 예측요인으로 말초 혈관 가시성, 혈관 촉지성, 연령, 미숙아 경험 등 4 요인을 제시하였다. 각 요인별로 가중치를 두어 총점의 범위는 0-10점이며, 총점 0-8점 범위에서 25.0%-66.7%를 예측하는 것으로 보고하였다. 이는 가중점수를 반영하고, 위험도를 백분율로 수량화 하였다는 점에서 본 노모그램과 가장 유사하나 제시된 요인이 소아에 국

(Table 3) Sensitivity, Specificity, Positive Predictive Value and Negative Predictive Value of the Optimal Cut-off 82 points for the Constructed Nomogram (N=504)

Cut-off (%)	Sensitivity (95% CI)	Specificity (95% CI)	PPV (95% CI)	NPV (95% CI)	Accuracy (95% CI)
30.0	80.7 (74.7-86.7)	68.0 (63.0-73.0)	55.3 (46.9-63.7)	87.7 (83.5-91.9)	72.2 (67.6-76.8)

PPV=positive predictive value; NPV=negative predictive value; CI=confidence interval.

한된다는 제한이 있다. de La Torre-Montero 등[14]이 개발한 Venous International Assessment (VIA) 도구는 항암화학요법을 받은 성인 환자를 대상으로 삽입 가능한 부위 수, 최적의 카테터 크기, 일혈의 위험성 등의 3요인을 평가하여 삽입이 ‘쉽다’ 또는 ‘어렵다’의 5등급으로 위험도를 예측하였는데, 요인의 영향력에 따른 가중점수가 반영되지 않았고, 위험정도가 점수로 계산되지 않았다는 점에서 본 노모그램과는 차이가 있다. 소아용 DIVA 도구를 성인 환자에 맞도록 개발된 Adult-DIVA (A-DIVA) 도구 [3]는 혈관 촉지성, 혈관 가시성, 과거 말초 정맥관 삽입 어려움 경험, 계획되지 않은 수술, 2mm 이하의 혈관 크기 등의 5가지 요인을 각각 1점씩으로 하여 합산한 총점에 따라 낮은 위험군, 중간 위험군, 높은 위험군의 3단계로 구분하였다. 이는 요인을 점수화 하였으나, 요인의 영향력에 따른 가중치를 반영하지 않았다는 점에서 VIA 등급과 유사하고, 본 노모그램과는 차이가 있다.

본 연구에서 개발한 노모그램은 로지스틱 회귀분석을 시각화한 것으로 요인들의 영향력 정도에 따라 가중된 점수를 산출하여 위험요인의 효과가 어느정도인지 시각적으로 쉽게 파악할 수 있고, 수량화된 위험도를 통해 각 예측요인이 결과에 미치는 영향의 크기를 직관적으로 이해할 수 있다는 장점이 있다[17]. 본 노모그램을 이용하여 말초 정맥주사 삽입 첫 시도 실패를 예측한 사례를 보면 '혈관 크기 2mm'가 78점, '혈관 가시성이 없음'이 8점, '만성 신장질환'이 8점, '당뇨병'이 7점, '항암제 사용경험'이 5점으로 가중점수 범위는 5~78점이었고, 각 요인 점수의 합인 총점수는 106점으로 실패 확률이 80% 이상임을 예측할 수 있었다. 이러한 예측은 간호사가 정맥주사의 실패를 줄이는 중재를 선택할 기회를 제공할 수 있다. 정맥주사 삽입 실패를 예방하기 위해 말초 정맥주사 삽입 경험이 많은 간호사 또는 정맥주사 전담간호사가 시도하도록 수행자를 조정하거나 초음파 유도하 말초 정맥주사 삽입술과 같은 장비를 사용할 수 있다. 또, 말초 중심정맥관 삽입과 같은 보다 장기적 유지 장치 또한 고려해 볼 수 있다. 이처럼 예측도구로의 노모그램은 계산기나 컴퓨터를 사용하지 않고 빠르게 계산할 수 있으며, 바쁜 임상에서 간호사에게 직관적인 상황 판단을 가능하게 하고, 이에 대한 표준적 대안 수립도 가능하게 하여 간호업무의 전문성과 효율성에 기여할 것이라 기대한다.

본 노모그램의 실행도는 일치도와 판별도로 평가하였는데, 일치도의 경우 Hosmer-Lemeshow 적합도 검정에서  $p$ -value가 .05보다 크고[22], 일치도 곡선도 45도 각도로 그려진 이상선에 가까워서[23] 모형이 적합함을 확인하였다. 판별도도 ROC 곡선에서 AUC가 개발된 모형과 테스트 모형 모두 .70보다 높아 예측모형의 타당도가 확보되어[25], 본 연구에서 구축된 노모그램은 유용함을 확인하였다.

본 노모그램의 절단점 82점에서 민감도, 특이도, 양성예측도,

음성예측도는 각각 80.7%, 68.0%, 55.3%, 87.7%이었다. 이 4개의 지표는 1에 가까울수록 좋지만 민감도를 높이면 특이도가 줄어들기 때문에 일반적으로 민감도(실제 정맥주사 삽입 어려운 환자 중에서 도구를 통해 예측되는 환자의 비율)와 음성예측도(도구에서 정맥주사 삽입 어려움이 없을 것으로 예측된 환자가 실제 정맥주사 삽입에 실패하지 않는 비율)에 중점을 두어 타당도가 높다고 판단되는 도구를 선택해서 사용하는 것이 바람직하다[31]. 따라서 본 노모그램의 타당도는 적절하다고 판단되며, 절단점 이상이면 앞서 언급한 추가적 중재를 고려해 볼 것을 권한다.

본 연구의 제한점은 정맥주사팀 경력 1년 이상의 전담간호사에 의해 정맥천자가 시도되었지만 시술자의 숙련도는 차이가 있을 가능성이 있다. 또한 말초 정맥주사 삽입 어려움 영향력 정도에 따라 가중된 점수로 노모그램을 개발하였지만, 본 연구에서 고려하지 않은 요인들이 혼란 변수로 작용했을 가능성도 배제할 수 없다. 일개 기관에서 조사된 자료를 기반으로 구축된 모형이므로 일반화를 위해 다기관 대상의 타당도 검증이 필요하다. 자료수집이 2017년에 수행되어서 이후 말초 정맥주사 삽입 방법이 좀 더 개선되었을 가능성도 있고, 환자 요인 외에도 임상 요인, 제품 및 기술 요인도 영향을 줄 수 있으므로[11] 향후 임상 요인과 기술 요인이 추가된 모형을 개발하는 후속연구가 필요함을 제한한다. 국외에서는 말초 정맥주사 삽입이 어려운 환자로 예측되면 적외선 혈관 탐지 조명이나 초음파와 같은 도구를 이용하여 혈관 가시성을 확보하여 정맥천자를 시도하고 있으나 [9,19], 아직까지 국내에서는 초음파와 같은 기구의 도움을 받기 어려운 상황이다. 향후 정맥주사 삽입이 어렵다고 판단되는 환자들에게 좀 더 용이하게 정맥주사 삽입이 가능할 수 있도록 이러한 기구 도입에 대한 논의가 활성화되기를 기대한다.

## 결론

말초 정맥주사 삽입 어려움을 예측하기 위한 모형으로 개발된 본 노모그램은 간호사들이 쉽게 이해할 수 있고, 정맥주사 삽입 실패에 미치는 각 예측요인의 영향력을 가시적으로 확인할 수 있으며, 삽입 실패 확률을 빠르고 간단하게 계산할 수 있다는 장점이 있다. 말초 정맥주사 삽입 실패 확률에 대한 정확한 예측은 불필요한 정맥주사 삽입 시도를 줄이고, 환자의 상태를 고려한 다양하고 적절한 대안적 중재를 모색하는데 활용될 수 있을 것이다. 본 노모그램 측정 결과 점수가 높은 환자들의 경우 사전에 숙련된 의료인이 수행할 수 있도록 하거나, 기존의 말초 정맥주사 삽입 방법 외에 초음파 유도하 정맥주사 삽입, 외부 경정맥관 또는 중심정맥관 삽입 등 대안적 중재를 고려해볼 수 있을 것이다. 이를 위해 초음파나 적외선 혈관 탐지 조명과 같은 정맥천자 보조기구를 도입하여 임상에서 보다 용이하게 정맥주사 삽입이

가능할 수 있도록 하는 프로토콜 마련할 필요가 있다. 또한 환자 요인 외에도 정맥주사 삽입 어려움에 영향을 미치는 다양한 요인을 포함한 노모그램 개발을 제언한다.

## Conflicts of Interest

The authors declared that no conflict of interest.

## References

- Helm RE, Klausner JD, Klemperer JD, Flint LM, Huang E. Accepted but unacceptable: peripheral IV catheter failure. *Journal of Infusion Nursing*. 2015;38(3):189-203. <http://doi.org/10.1097/NAN.000000000000100>
- Rodriguez-Calero MA, Blanco-Mavillard I, Morales-Asencio JM, Fernandez-Fernandez I, Castro-Sanchez E, de Pedro-Gomez JE. Defining risk factors associated with difficult peripheral venous Cannulation: A systematic review and meta-analysis. *Heart & Lung*. 2020;49(3):273-286. <http://doi.org/10.1016/j.hrtlng.2020.01.009>
- van Loon FHJ, Puijn LAPM, Houterman S, Bouwman ARA. Development of the A-DIVA scale: A clinical predictive scale to identify difficult intravenous access in adult patients based on clinical observations. *Medicine (Baltimore)*. 2016;95(16):e3428. 2016;95(16):e3428. <http://doi.org/10.1097/MD.0000000000003428>
- Yalcinli S, Akarca FK, Can O, Sener A, Akbınar C. Factors affecting the first-attempt success rate of intravenous cannulation in older people. *Journal of Clinical Nursing*. 2019;28(11-12):2206-2213. <http://doi.org/10.1111/jocn.14816>
- Armenteros-Yeguas V, Garate-Echenique L, Tomas-Lopez MA, Cristobal-Dominguez E, Moreno-de Gusmao B, Miranda-Serrano E, et al. Prevalence of difficult venous access and associated risk factors in highly complex hospitalised patients. *Journal of Clinical Nursing*. 2017;26(23-24):4267-4275. <http://doi.org/10.1111/jocn.13750>
- Fields JM, Piela NE, Ku BS. Association between multiple IV attempts and perceived pain levels in the emergency department. *The Journal of Vascular Access*. 2014;15(6):514-8. <http://doi.org/10.5301/jva.5000282>
- Witting MD, Moayedi S, Brown LA, Ismail A. Predictors and delays associated with the need for advanced techniques for intravenous access. *Journal of Emergency Medicine*. 2017; 53(2):172-7. <http://doi.org/10.1016/j.jemermed.2017.04.002>
- Witting MD, Moayedi S, Hirshon JM, George NH, Schenkel SM. Predicting failure of intravenous access in adults: The value of prior difficulty. *The Journal of Emergency Medicine*. 2019;57(1):1-5. <http://doi.org/10.1016/j.jemermed.2019.02.011>
- van Loon FHJ, van Hooff LWE, de Boer HD, Koopman S, Buise MP, Korsten HHM, et al. The modified A-DIVA scale as a predictive tool for prospective identification of adult patients at risk of a difficult intravenous access: A multicenter validation study. *Journal of Clinical Medicine*. 2019;8(2). <http://doi.org/10.3390/jcm8020144>
- Nickel B. Peripheral intravenous access: Applying infusion therapy standards of practice to improve patient safety. *Critical Care Nurse*. 2019;39(1):61-71. <http://doi.org/10.4037/ccn2019790>
- Carr PJ, Rippey JCR, Cooke ML, Trevenen ML, Higgins NS, Foale AS, et al. Factors associated with peripheral intravenous cannulation first-time insertion success in the emergency department. A multicentre prospective cohort analysis of patient, clinician and product characteristics. *BMJ Open*. 2019;9(4):e022278. <http://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-022278>
- Piredda M, Fiorini J, Facchinetti G, Biagioli V, Marchetti A, Conti F, et al. Risk factors for a difficult intravenous access: A multicentre study comparing nurses' beliefs to evidence. *Journal of Clinical Nursing*. 2019;28(19-20):3492-3504. <http://doi.org/10.1111/jocn.14941>
- Sabri A, Szalas J, Holmes KS, Labib L, Mussivand T. Failed attempts and improvement strategies in peripheral intravenous catheterization. *Biomedical Materials and Engineering*. 2013;23(1-2):93-108. <http://doi.org/10.3233/BME-120735>
- de la Torre-Montero JC, Montealegre-Sanz M, Faraldo-Cabana A, Oliva-Pellicer B, Garcia-Real I, Fenwick M, et al. Venous international assessment, VIA scale, validated classification procedure for the peripheral venous system. *The Journal of Vascular Access*. 2014;15(1):45-50. <http://doi.org/10.5301/jva.5000173>
- Civetta G, Cortesi S, Mancardi M, De Pirro A, Vischio M, Mazzocchi M, et al. EA-DIVA score (Enhanced Adult DIVA score): A new scale to predict difficult preoperative venous cannulation in adult surgical patients. *The Journal of Vascular Access*. 2019;20(3):281-289. <http://doi.org/10.1177/1129729818804994>
- Yen K, Riegert A, Gorelick MH. Derivation of the DIVA score: a clinical prediction rule for the identification of children with difficult intravenous access. *Pediatric Emergency Care*. 2008;24(3):143-147. <http://doi.org/10.1097/PEC.0b013e3181666f32>
- Seo JH, Kim HJ, Lee JY. Nomogram construction to predict dyslipidemia based on a logistic regression analysis. *Journal of Applied Statistics*. 2020;47(5):914-926. <https://doi.org/10.1080/02664763.2019.1660760>
- Iasonos A, Schrag D, Raj GV, Panageas KS. How to build and interpret a nomogram for cancer prognosis. *Journal of Clinical Oncology*. 2008;26(8):1364-1370. <http://doi.org/10.1200/JCO.2007.12.9791>
- Shaukat H, Neway B, Breslin K, Watson A, Poe K, Boniface K, et al. Utility of the DIVA score for experienced emergency department technicians. *British Journal of Nursing*. 2020;29(2):S35-s40. <http://doi.org/10.2309/j.java.2019.004.007>
- van Loon FHJ, Buise MP, Claassen JF, Dierick-van Daele ATM, Bouwman ARA. Comparison of ultrasound guidance with palpation and direct visualisation for peripheral vein cannulation in adult patients: a systematic review and

- meta-analysis. *British Journal of Anaesthesia*. 2018;121(2): 358-366. <http://doi.org/10.1016/j.bja.2018.04.047>
21. Gu MO, Cho Y, Eun Y, Jung IS, Kim HL, Yoon HS, et al. Updates of nursing practice guideline for intravenous infusion. *Journal of Korean Clinical Nursing Research*. 2017;23(3): 361-375. <https://doi.org/10.22650/JKCNR.2017.23.3.361>
  22. Paul P, Pennell ML, Lemeshow S. Standardizing the power of the Hosmer-Lemeshow goodness of fit test in large data sets. *Statistics in Medicine*. 2013;32(1):67-80. <http://doi.org/10.1002/sim.5525>
  23. Fenlon C, O'Grady L, Doherty ML, Dunnion J. A discussion of calibration techniques for evaluating binary and categorical predictive models. *Preventive Veterinary Medicine*. 2018;149: 107-114. <http://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2017.11.018>
  24. Hoo ZH, Candlish J, Teare D. What is an ROC curve? *Emergency Medicine Journal*. 2017;34(6):357-359. <http://doi.org/10.1136/emered-2017-206735>
  25. Meurer WJ, Tolles J. Logistic regression diagnostics: Understanding how well a model predicts outcomes. *JAMA*. 2017;317(10):1068-1069. <http://doi.org/10.1001/jama.2016.20441>
  26. Carr PJ, Rippey JC, Budgeon CA, Cooke ML, Higgins N, Rickard CM. Insertion of peripheral intravenous cannulae in the emergency department: Factors associated with first-time insertion success. *The Journal of Vascular Access*. 2016;17(2): 182-190. <http://doi.org/10.5301/jva.5000487>
  27. İsmailoğlu EG, Zaybak A, Akarca FK, Kıyan S. The effect of the use of ultrasound in the success of peripheral venous catheterisation. *International Emergency Nursing*. 2015;23(2): 89-93. <https://doi.org/10.1016/j.ienj.2014.07.010>
  28. Western Australian Department of Health. Guideline for vein preservation in chronic kidney disease: Renal Health Network, Western Australian Department of Health; 2017 [cited 2020 Mar 15]. Available from: [https://ww2.health.wa.gov.au/~/\\_/media/Files/Corporate/general%20documents/Health%20Networks/Renal/171010\\_PAP\\_Vein PreservationGuideline\\_V04\\_FINAL.pdf](https://ww2.health.wa.gov.au/~/_/media/Files/Corporate/general%20documents/Health%20Networks/Renal/171010_PAP_Vein%20PreservationGuideline_V04_FINAL.pdf).
  29. Piredda M, Biagioli V, Barrella B, Carpiassi I, Ghinelli R, Giannarelli D, et al. Factors affecting difficult peripheral intravenous cannulation in adults: a prospective observational study. *Journal of Clinical Nursing*. 2017;26(7-8):1074-1084. <http://doi.org/10.1111/jocn.13444>
  30. Pagnutti L, Bin A, Donato R, Di Lena G, Fabbro C, Fornasiero L, et al. Difficult intravenous access tool in patients receiving peripheral chemotherapy: A pilot-validation study. *European Journal of Oncology Nursing*. 2016;20:58-63. <http://doi.org/10.1016/j.ejon.2015.06.008>
  31. Kang YO, Song R. Validation of Fall Risk Assessment Scales among hospitalized patients in South Korea using retrospective data analysis. *Korean Journal of Adult Nursing*. 2015;27(1):29-38. <http://doi.org/10.7475/kjan.2015.27.1.29>

# Construction of a Nomogram for Predicting Difficulty in Peripheral Intravenous Cannulation\*

Kim, Kyeong Sug<sup>1,2)</sup> · Choi, Su Jung<sup>2)</sup> · Jang, Su Mi<sup>3)</sup> · Ahn, Hyun Ju<sup>3)</sup>  
Na, Eun Hee<sup>3)</sup> · Lee, Mi Kyoung<sup>4)</sup>

1) Team Manager, Department of Nursing, Samsung Medical Center

2) Professor, Graduate School of Clinical Nursing Science, Sungkyunkwan University

3) RN, Department of Nursing, Samsung Medical Center

4) Nursing student, University of Illinois at Chicago

**Purpose:** The purpose of this study was to construct a nomogram for predicting difficulty in peripheral intravenous cannulation (DPIVC) for adult inpatients. **Methods:** This study conducted a secondary analysis of data from the intravenous cannulation cohort by intravenous specialist nurses at a tertiary hospital in Seoul. Overall, 504 patients were included; of these, 166 (32.9%) patients with failed cannulation in the first intravenous cannulation attempt were included in the case group, while the remaining 338 patients were included in the control group. The nomogram was built with the identified risk factors using a multiple logistic regression analysis. The model performance was analyzed using the Hosmer-Lemeshow test, area under the curve (AUC), and calibration plot. **Results:** Five factors, including vein diameter, vein visibility, chronic kidney disease, diabetes, and chemotherapy, were risk factors of DPIVC. The nomogram showed good discrimination with an AUC of 0.81 (95% confidence interval: 0.80-0.82) by the sample data and 0.79 (95% confidence interval: 0.74-0.84) by bootstrapping validation. The Hosmer-Lemeshow goodness-of-fit test showed a p-value of 0.694, and the calibration curve of the nomogram showed high coherence between the predicted and actual probabilities of DPIVC. **Conclusion:** This nomogram can be used in clinical practice by nurses to predict DPIVC probability. Future studies are required, including those on factors possibly affecting intravenous cannulation.

**Key words :** Catheterization; Nomograms; Peripheral; Risk Factors

\* This study was supported by the Department of Nursing at the Samsung Medical Center in 2019

• Address reprint requests to : Choi, Su Jung

Graduate School of Clinical Nursing Science, Sungkyunkwan University,  
8F B-dong, 115 Irwon-ro, Gangnam-gu, Seoul 06355, Korea

Tel: +82-2-2148-9927, Fax: +82-2-2148-9949, E-mail: sujungchoi@skku.edu