



원위 요골 골절의 수장측 금속판 고정술에서 원위 나사못의 적절한 길이를 예측하기 위한 지표로 요골 간부 전후 직경의 유용성

허재승^{1,*} · 이봉근^{2,*} · 최시훈² · 이광현²

¹서울대정병원 정형외과, ²한양대학교 의과대학 정형외과학교실

The Anterior-Posterior Diameter of Radial Shaft for Predicting Appropriate Length of Distal Screws in Volar Plating for Distal Radius Fractures

Jaeseung Hur^{1,*}, Bong Gun Lee^{2,*}, Sihoon Choi², Kwang-Hyun Lee²

¹Department of Orthopedic Surgery, Seoul-daejeong Hospital, Cheonan, Korea

²Department of Orthopedic Surgery, Hanyang University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: Extensor tendon complications associated with dorsal screw penetration following volar plating of distal radius fracture have been reported widely. The aim of this study was to find the anatomical index to predict the appropriate length of screw.

Methods: Three-dimensional computed tomography (CT) scans of distal radius were performed after removal of volar plate. According to the extensor compartments and Lister tubercle, we divided the distal radius into four groups in axial view in CT. Through sagittal view, we measured volar cortex to dorsal cortex in parallel with the extension of screw trace and anatomical index (lunate depth, anterior-posterior diameter of radius shaft). Statistical analysis was performed with ANOVA and linear regression analysis.

Results: The measurable traces of screw were 371 in males and 1,091 in females. The average value was 17.59 mm, 20.72 mm, 20.31 mm, and 19.1 mm in each group for males, and 15.75 mm, 18.76 mm, 18.04 mm, and 17.22 mm for female patients. The anterior-posterior diameter of radius in which the screw was inserted to oblong hole moderately correlated with the extension of screw trace in the third and fourth compartments.

Conclusion: The anterior-posterior diameter of radius at level of oblong hole can be used to predict appropriate length of distal screw for volar plating of distal radius fractures.

Key Words: Radius fractures, Bone plates, Bone screws

Received August 29, 2019, Revised [1] October 4, 2019, [2] October 21, 2019, Accepted October 22, 2019

Corresponding author: Kwang-Hyun Lee

Department of Orthopedic Surgery, Hanyang University College of Medicine, 222 Wangsimni-ro, Seongdong-gu, Seoul 04763, Korea
TEL: +82-2-901-3114, FAX: +82-2-2299-3774, E-mail: leegh@hanyang.ac.kr, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3060-3916>

*Jaeseung Hur and Bong Gun Lee contributed equally to this work.

Copyright © 2019 by Korean Society for Surgery of the Hand, Korean Society for Microsurgery, and Korean Society for Surgery of the Peripheral Nerve. 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/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

수장측 잠김 금속판 고정술은 원위 요골 골절에서 흔히 사용되는 치료 방법이다¹. 원위 요골 골절의 성공적인 유합을 위해서는 금속판 원위부의 적절한 길이의 나사못 사용이 필수적이다. 그러나 원위 요골의 배측 피질골에 신전건이 놓이는 해부학적인 특징으로 인하여 나사못이 배측 피질골을 침범할 경우 술 후 신전건의 자극 혹은 파열과 같은 합병증이 발생할 수 있어 수술 시 주의가 요구된다²⁻⁸. 배측 피질골 나사못 침범을 예방하기 위한 술기가 여러 연구에 소개되어 있지만, 골절이 배측 피질골 분쇄를 흔히 동반하기 때문에 깊이 게이지(depth gauge)를 이용한 측정이 어렵고, 배측 피질골 면의 불규칙성으로 인해 수술 중 방사선 이미지를 이용한 나사못 침범 여부를 평가하기 어렵다⁹⁻¹¹. 적절한 나사못의 길이를 예측하기 위한 연구로 원위 요골의 전후 직경을 측정하는 시도는 있었지만, 사체 연구이거나 나사못의 삽입 각도에 따른 길이를 반영하지 못한 한계가 있다^{12,13}. 따라서 본 연구는 골 유합을 얻은 환자들의 금속판을 제거한 후 시행한 삼차원 컴퓨터 단층촬영(three-dimensional computed tomography [3D-CT]) 결과를 분석하여 요골의 해부학적인 구조에 따른 나사못의 길이를 알고자 하였으며, 적절한 나사못의 길이를 예측하기 위한 해부학적 지표를 찾고자 하였다. 본 연구의 저자들은 원위 요골 골절 정복 후 수장측 금속판 내고정술의 첫 번째 순서로 금속판을 피질골에 밀착시키기 위해 장타원형 삽입부에 피질골 나사못을 삽입하고 있고, 이 과정에서 깊이 게이지를 이용한 전후 직경 측정이 우선적으로 이루어진다는 것에 착안하여 본 연구를 진행하였다. 각 신전건 구획의 나사못 길이가 금속판의 근위부 장타원형 삽입부 위치의 요골 간부 전후 직경의 길이와 일정한 연관성을 가진다면 금속판을 적용할 때 첫 번째 나사못을 삽입하면서 원위 나사못의 적절한 길이를 예측할 수 있을 것이다.

대상 및 방법

본 연구는 한양대학교병원 Institutional Review Board의 승인을 받고 진행되었다(IRB no. HYUH 2018-07-052-001). 2011년 4월부터 2018년 1월까지 원위 요골 골절을 수장측 잠김 금속판으로 치료하여 골 유합을 얻은 뒤 금속판 제거 수술을 받은 환자 중 3D-CT 검사 결과가 존재하는 환자를 대상으로 후향적으로 분석하였다. 본 연구의 저자들은 수상 당시 관절 내 골절이 있었던 환자

에 한해 골 유합 확인 후 관절 상태를 평가하여 예후를 예측하기 위해 3D-CT 검사를 시행하였다. 검사는 환자의 동의하에 이루어졌다. 수술은 한 명의 수부 전문의가 시행하였고, 세가지 종류의 금속판(Acu-Loc Wrist Plate; Acumed, Hillsboro, OR, USA or Variable Angle LCP Two-Column Volar Distal Radius Plate 2.4; Synthes, Oberdorf, Switzerland or Arix volar distal radius locking plate system; Jeil, Seoul, Korea) 중 하나를 사용하여 골절을 고정하였다. 배측 나사못 침범 여부는 수술 중 전후, 측면, 45도 회내, 45도 회외 방사선 검사를 통해 확인하였다. 수술 후 최소 3개월 이상 추시하여 완전한 골 유합이 확인된 환자 중 금속판 제거를 원하거나, 장무지 굴곡 자극이 우려되는 환자들에 한하여 금속판 제거술을 시행하였으며, 제거 후 다음날 3D-CT 검사를 시행하였다. CT 검사 결과 분석은 PiviewSTAR (Pi-view 5.08; Infinit, Seoul, Korea)를 이용하였으며, 한 명의 수부 전문의와 한 명의 수부 전임의가 분석하여 관찰자 간 신뢰도를 측정하였다. 총 307예의 검사 결과가 이용가능하였고, 부정 유합을 얻은 4예와 배측 금속판과 수장측 금속판을 동시에 사용하여 치료한 7예를 제외하였다. 먼저 CT의 측면(axial view)을 이용하여 요골 원위부 배측 피질골을 신전건 구획의 연부조직 음영 및 Lister 돌기를 이용하여 4구역(제 2구획, Lister돌기, 제 3구획, 제 4구획)으로 나누

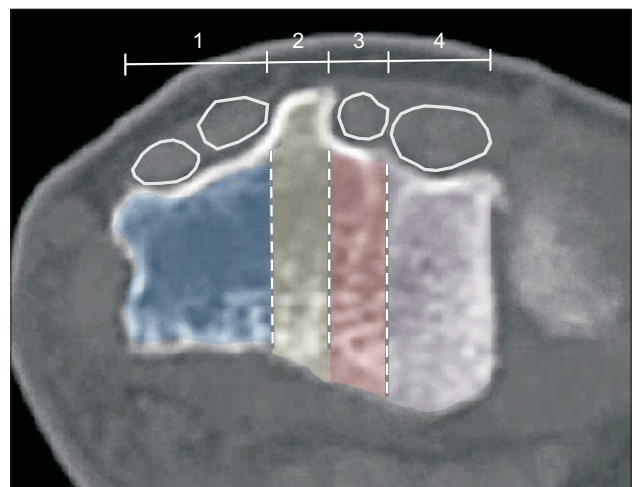


Fig. 1. The dorsal cortex of distal radius was divided into four groups by the extensor compartment and Lister's tubercle (1: second extensor compartment, 2: Lister's tubercle, 3: third extensor compartment, 4: fourth extensor compartment, A: extensor carpi radialis longus, B: extensor carpi radialis brevis, C: extensor pollicis longus, D: extensor digitorum communis).

었다(Fig. 1). 다음으로 3D 재건 이미지를 이용하여 배측 피질골에 나사못 흔적이 나타나는 경우를 나사못 침범으로 정의하였으며, 개수를 각 구역에 따라 기록하였다(Fig. 2). 시상면(sagittal view)에서는 나사못 흔적을 연장하여 수장측 피질골로부터 배측 피질골을 침범하지 않는 가장 긴 길이의 직경을 측정하여(Fig. 3), 각 구역별로 측정값을 기록하였고 증례당 한 구획에 여러 개의 나사못이 삽입되었을 경우, 평균값으로 기록하였다. 나사못 흔적이 시상면과 평행하지 않아 50% 이상 흔적이 보이지 않는 경우는 측정 대상에서 제외하였다. 금속판 근위부 장타원형 삽입부 위치의 요골 간부 전후 직경의 길이는 피질골 나사못이 삽입된 흔적을 이용하여 측정 하였으며(Fig. 4A), Ljungquist 등¹⁴의 방법을 이용하여 월상골 시상면 전후 직경을 측정하여 기록하였다(Fig. 4B). 측정 결과를 이용하여 각 구역에 따른 임상적 나사못 길이의 차이를 ANOVA를 이용하여 분석하였으며, 사후 분석은 Scheffe 방법을 이용하였다. 각 구역별 임상적 나사못 길이를 예측하기 위한 해부학적 지표를 찾기 위해 요골 간부에 삽입된 피질골 나사못 길이, 월상골 시상면 전후 직경, 환자의 키와 임상적 나사못의 관계를 Pearson 상관분석을 통해 분석하였고, 회귀분석(linear regression analysis)을 통해 선형 회귀식을 추정하였다. 신뢰구간은 95%로 설정하였고, 상관계수 R은 0.1-0.3은 약한 선형관계, 0.3-0.7은 중등도, 0.7-1.0은 강한 선형관계로 설정하였다.



Fig. 2. The hole after removal of distal screws in three-dimensional reconstructed image defining dorsal cortical screw penetration.

결과

총 296예의 CT 중 남자는 77예, 여자는 219예였고, 평균 나이는 남자 44.6세, 여자 58.1세였다. 평균 추시 기간은 남자 8.9개월, 여자 7.8개월이었다. 금속판의 사용은 Synthes가 86예, Acumed가 109예, Jeil이 101예에서 사용되었다. 요골 원위부에 삽입된 나사못의 총 개수는 남자는 416개, 여자는 1,166개였으며, 나사못의 길이는 남자는 371개, 여자는 1,091개가 측정 가능하였다(Table 1).

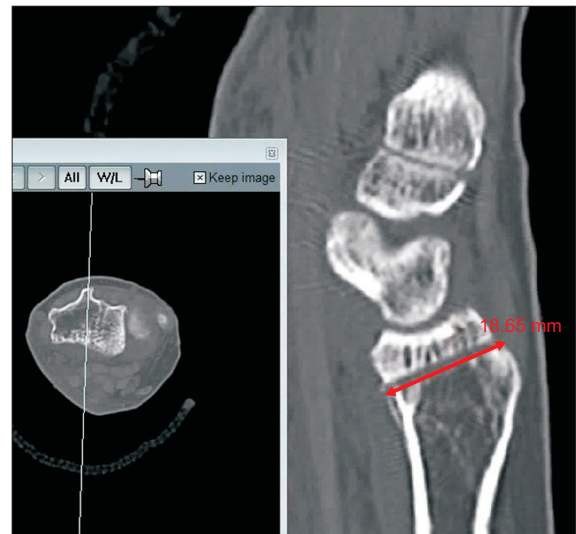


Fig. 3. The length between volar cortex and dorsal cortex, which is the extension of screw traces of distal screw in sagittal image, were defined as the appropriate length of screw.

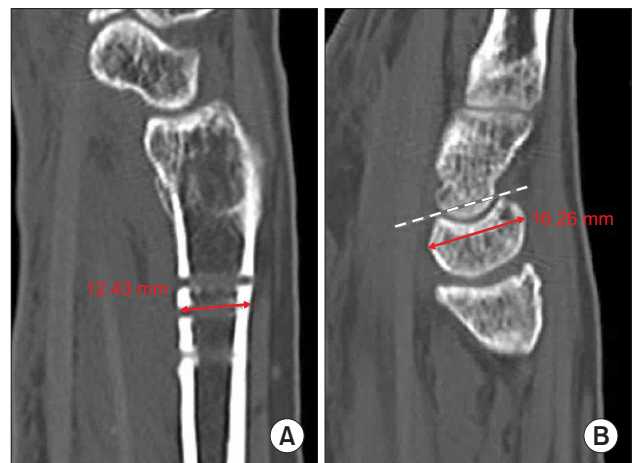


Fig. 4. The anatomical index for predicting appropriate length of screw. (A) The anteroposterior diameter of in shaft of radius at level of oblong hole. (B) The lunate depth in sagittal image.

3D 재건 이미지를 통해 분석한 나사못 침범의 개수는 남자 43개, 여자 199개가 확인되었으며, 구역별 침범은 Table 2에 기술하였다. 금속판 종류별로는 Acumed에서 695개, Synthes에서 422개, Jeil에서 465개가 측정 가능하였고, 각각 95개, 61개, 76개의 나사못이 배측 피질골을 침범하였다(Table 2). 배측 피질 골을 4구역으로 나누었을 때 각 구역별(제 2구역, Lister 돌기, 제 3구역, 제 4구역) 나사못 흔적의 평균 길이는 남자 17.59 mm, 20.72 mm, 20.31 mm, 19.1 mm로 측정되었으며, 여자 15.75 mm, 18.76

mm, 18.04 mm, 17.22 mm로 측정되었고, 관찰자 간 신뢰도 (Cohen's Kappa Coefficient)는 0.894였다. 남자는 제 2구역이 가장 짧았으며, 제 4구역이 유의하게 2구역보다 길었고(p=0.000), 제 3구역과 Lister tubercle의 길이가 가장 길었다(p=0.004, p=0.000). 제 3구역과 Lister tubercle의 차이는 없었다(p=0.681). 여자는 각 4구역 모두 유의하게 차이가 있었으며(p=0.000), 제 2구역, 제 4구역, 제 3구역, Lister tubercle 순으로 길이가 길었다. 요골 간부의 장타원형 삽입부 위치의 전후 직경은 남자 13.32 mm, 여자 11.75 mm였으며, 월상골 시상면 전후 직경은 남자 19.11 mm, 여자 17.09 mm였다(Table 3, 4). 환자의 키, 월상골의 시상면 전후 직경, 요골 간부 전후 직경과 각 구역별 나사못 길이의 관계는 Table 5, 6과 같다. 요골 간부 장타원형 삽입부 전후 직경과 제 3구역의 상관계수는 남녀 각각 0.545, 0.427, 제 4구역은 0.529, 0.48로 중등도의 상관계수 값을 가졌고, 월상골 시상면 전후 직경과 제 4구역은 남녀 각각 R: 0.406, 0.477로 중등도의 상관계수 값을 가졌다. 실제 임상에서 사용되는 나사못의 길이는 일반적으로, 2 mm 단위이므로 이를 임상에서 이용하기 위해 회귀식으로 계산한 값은 Table 7과 같다. 남자의 경우, 장타원형 삽입부 나사못이 14 mm로 측정되었을 때, 제 3구역은 20 mm, 제 4구역은 18 mm까지가 안전한 길이로 계산되고, 16 mm로 측정되는 경우는 각각 22 mm, 20

Table 1. Demographic data

	Male	Female
No. of case	77	219
Age (yr)	44.6±10.7	58.1±15.1
Side (Rt:Lt)	37:40	93:126
Height (m)	1.72±0.07	1.57±0.06
Weight (kg)	71.3±11.2	58.2±7.7
BMI (kg/m ²)	24.0±3.2	23.7±3.2
Duration from primary operation (mo)	8.9±8.2	7.8±7.3
The total number of distal screw	416	1,166
The number of measurable screw	371 (89.2)	1091 (93.6)

Values are presented as number only, mean±standard deviation, or number (%).

Rt: right, Lt: left.

Table 2. The number of screw penetration analyzed by three-dimensional reconstruction image

	1	2	3	4	Total
Male	20	7	6	10	43
Female	68	27	40	64	199
Acumed	27	8	15	48	98
Synthes	30	7	6	21	64
Jeil	33	12	9	26	80

1: second compartment, 2: Lister's tubercle, 3: third compartment, 4: fourth compartment.

Table 3. The appropriate length of screw and anatomical index in males

Group	N	Mean	SD	Min	Max
1	111	17.59	2.01	13.25	22.78
2	87	20.72*	2.09	13.78	26.92
3	86	20.31*	2.23	15.04	26.00
4	87	19.10	2.43	12.69	25.45
Total	371	19.31	2.52	12.69	26.92
AP diameter of radial shaft (mm)	77	13.32	1.70	6.39	17.17
Lunate depth (mm)	77	19.11	1.50	13.72	23.03

SD: standard deviation, Min: minimum, Max: maximum, 1: second compartment, 2: Lister's tubercle, 3: third compartment, 4: fourth compartment, AP: anteroposterior.

*There was no statistically significant difference between groups 2 and 3 but with the other groups.

Table 4. The appropriate length of screw and anatomical index in female

Group	N	Mean	SD	Min	Max
1	305	15.75*	2.17	7.63	21.17
2	266	18.76*	2.04	11.97	24.11
3	272	18.04*	2.32	10.70	27.10
4	248	17.22*	2.03	9.91	24.85
Total	1,091	17.39	2.43	7.63	27.10
AP diameter of radial shaft (mm)	219	11.75	1.50	7.18	23.16
Lunate depth (mm)	219	17.09	1.20	14.05	21.07

SD: standard deviation, Min: minimum, Max: maximum, 1: second compartment, 2: Lister's tubercle, 3: third compartment, 4: fourth compartment, AP: anteroposterior.

*The average length of appropriate screw was significantly different in all groups.

Table 5. The correlation of optimal length of screw with anatomical index in males

Anatomic index	Third compartment				Fourth compartment			
	r ²	p-value	S	I	r ²	p-value	S	I
Lunate depth	0.118	0.001	0.481	11.118	0.165	0.000	0.636	6.927
AP diameter of radial shaft	0.297	0.000	0.687	11.199	0.280	0.000	0.805	8.361
Height	0.070	0.014	8.944	4.923	0.048	0.042	7.768	5.727

r²: explanatory power, S: slope, I: Intercept, AP: anteroposterior.

The explanatory power of the second compartment and Lister's tubercle with all anatomical indices were less than 10%.

Table 6. The correlation of optimal length of screw with anatomical index in females

Anatomic index	Third compartment				Fourth compartment			
	r ²	p-value	S	I	r ²	p-value	S	I
Lunate depth	0.099	0.000	0.605	7.686	0.200	0.000	0.786	3.819
AP diameter of radial shaft	0.182	0.000	0.677	10.107	0.230	0.000	0.687	9.188
Height	0.001	0.694	0.934	16.560	0.000	0.895	-0.284	17.662

r²: explanatory power, S: Slope, I: Intercept, AP: anteroposterior.

The explanatory power of the second compartment and Lister's tubercle with all anatomical indices were less than 10%.

Table 7. The safe length of distal screw calculated by regression equation for clinical application

AP diameter of radial shaft	Male						Female					
	3rd compartment			4th compartment			3rd compartment			4th compartment		
	Cal	Min	Max	Cal	Min	Max	Cal	Min	Max	Cal	Min	Max
8	16.7	16	18	14.8	14	16	15.5	14	16	14.7	14	16
10	18.7	18	20	16.4	16	18	16.9	16	18	16.1	16	18
12	19.4	18	20	18.1	18	20	18.2	18	20	17.4	16	18
14	20.8	20	22	19.6	18	20	19.6	18	20	18.8	18	20
16	22.2	22	24	21.2	20	22	20.9	20	22	20.2	20	22
18	23.6	22	24	22.9	22	24	22.3	22	24	21.6	20	22

AP: anteroposterior, Cal: the calculated value by regression equation, Min: the maximal acceptable length of distal screw, Max: the minimal length of distal screw for bi-cortical fixation.

mm까지 나사못이 안전한 길이로 계산되었다. 여자의 경우, 10 mm로 측정되었을 때 3, 4구획 모두 16 mm까지가 안전한 길이의 나사못으로 계산되었으며, 12 mm의 경우는 각각 18 mm, 16 mm까지가 안전한 나사못의 길이로 계산되었다.

고찰

수장측 잠김 금속판 고정술은 배측 금속판을 사용할 경우 발생하는 신전건 자극과 관련된 합병증을 피할 수 있고, 수장측 접근법의 용의함, 그리고 잠김 금속판의 생역학적인 장점으로 견고한 고정을 얻을 수 있어 요골 원위 골절의 치료로서 널리 사용되고 있다^{15,16}. 그러나 수장측 금속판을 사용함에도 불구하고 신전건 건막염, 장무지신전건 파열, 총지신근, 제 2구획 건막염이 합병증으로 발생하며, 나사못의 배측 피질골 침범은 이러한 신전건 손상의 가장 흔한 원인 중 하나로 보고되고 있다^{3,7,17-20}.

Wall 등²¹과 Baumbach 등²²은 사체를 이용한 생역학적 연구에서 요골 원위부 전후 직경의 100%까지 나사못을 삽입한 군과 75%까지 삽입한 군의 골절 안정성이 차이가 없다고 하였으며, 단측 피질골을 고정하는 것으로도 충분한 안정성을 얻을 수 있고 하였다. 그러나 월상골 오목(lunate fossa)이 전후로 분리된 형태의 골절이나 배측 테(dorsal rim) 골절의 수장측 고정과 같은 특수한 경우에는 관절 내 간극이나 관절면 층집(step off)을 줄인 상태로 견고하게 고정하기 위해 가능한 한 긴 길이의 나사못 삽입이 필수적이다⁷. 본 연구의 저자들은 원위 요골 골절 정복 후 수장측 금속판 내고정술의 첫 번째 순서로 금속판을 피질골에 밀착시키기 위해 장타원형 삽입부에 피질골 나사못을 삽입하고 있고, 이 과정에서 깊이 게이지를 이용한 전후 직경 측정이 우선적으로 이루어진다는 것에 착안하여 본 연구를 진행하였다.

30개의 전완부 CT를 이용한 Pichler 등¹²의 연구에 따르면, Lister 돌기의 높이는 요측에서 평균 3.3 mm (range: 1.4-6.6 mm)의 높이를 보였고, 장무지신전건 구(groove)는 Lister 돌기 가장 높은 곳(peak of Lister's tubercle)에서 평균 3.4 mm (2.2-5.8 mm)의 깊이를 가진다고 하였다. Clement 등¹³은 Lister 돌기의 높이가 약 3.6 mm (2-6 mm), 장무지신전건 구의 깊이는 약 2.8 mm (1-5 mm)라 하였다. Lister tubercle에서 수장측 피질골까지 측정된 깊이는 Clement 등¹³이 18.3 mm, Ljungquist 등¹⁴이 21.3 mm, Gasse 등²³이 22.1 mm로 보고하였다. 본 연구

에서 Lister 돌기 구역의 임상적 나사못 길이는 남자 20.72 mm, 여자 18.76 mm로 이전 연구와 비슷하게 측정되었다. 그러나 여자는 Lister tubercle과 제 3구획에서 유의미한 차이가 있었으나 0.72 mm에 불과했고, 남자는 0.41 mm의 차이가 있었으며 통계적으로 유의하지 않았다. 이전 연구에 비해 본 연구에서 이러한 차이를 보이는 것은 생체 내 환경에서 Lister 돌기의 가장 돌출된 부위에 나사못이 삽입되는 경우가 드물고, 나사못의 삽입 방향 및 요골 관절면의 수장측 경사(volar tilt)가 반영된 결과로 해석된다. 요골 원위 전후 직경의 남녀를 구분하여 분석한 것은 본 연구에서 처음 시도되었으며, 이전 Clement 등¹³의 연구에서 남녀 각각 47, 53구의 사체연구를 하였으나, 성별에 따른 통계치를 제시하지 않았다. 본 연구에서는 임상 적용을 위하여 성별을 구분하여 분석하였으나, 남녀에서 구획 별 나사못 길이의 차이가 통계적으로 다른 이유는 표본 집단 수의 차이에 의한 것으로 해석된다(남자: 77예, 여자: 219예).

Maschke 등²⁴에 따르면 나사못의 침범 여부를 수술 중에 확인하기 위해 회내 영상(pronation view)과 회외 영상(supination view)이 유용하다 하였다. Hill 등²⁵은 45도 회내 영상 및 측면 영상은 60% 이하의 민감도를 보인다고 하였고, 배측 접선 영상(dorsal tangent view)이 66.5%에서 88.2%로 높은 민감도를 보여 더 정확한 방법이라 하였다. 그러나 수술실 환경에 따라 정확한 영상을 얻지 못할 수 있고, 관찰자 간 해석에 차이가 있어 이들 방법으로 완전히 나사못 침범을 배제할 수 없다. Ljungquist 등¹⁴은 단순방사선 측면 영상을 이용한 월상골 전후 직경을 지표로 사용하여 안전한 나사못 길이를 예측하는 방법을 보고하였다. 그러나 Dardas 등²⁶은 월상골 전후 직경을 포함한 건측의 손목둘레, 건측의 척골길이, 환자의 신장, 환측의 장타원형 삽입부 위치의 요골 넓이(width) 모두 나사못의 길이의 예측 지표로 사용하기 어렵다고 하였다. 본 연구에서도 환자의 신장은 큰 연관성을 보이지 않았으나, 월상골의 시상면 전후 직경은 제 4구획에서 중등도 이상의 상관관계를 보였다. 제 4구획의 원위 요골 관절면은 월상골과 관절을 이루는 곳이므로 다른 구역에 비해 상대적으로 높은 상관관계가 나타난 것으로 보인다. 요골 간부 전후 직경의 길이는 제 3, 4구획과 중등도의 상관관계(R: 0.427-0.545)를 보였다. Huh 등²⁷은 169명의 환자를 대상으로 후향적으로 분석한 결과, 요골 간부 나사못보다 원위 나사못이 요측에서부터 평균 2 mm, 4 mm, 6 mm, 6 mm 더 길다고 하였다. 본 연구에서 제 3, 4구획의 나사

못은 요골 간부 나사못에 비해 약 6 mm 더 길어 비슷한 결론을 도출했으나, 제 2구획과 Lister 돌기에 삽입되는 나사못은 요골간부 나사못과 일정한 연관이 확인되지 않았다. 이는 요골의 Lister's tubercle에서부터 요골 겸상돌기(styloid process)까지의 경사가 다양하고, 3, 4구획에 비해 요측 나사못이 금속판 종류에 따라 다양한 각도로 삽입되기 때문에 나타난 결과로 해석할 수 있다.

본 연구는 생체 내(in-vivo) 연구이며, 나사못의 삽입 각도(trajjectory)가 반영된 결과이다. 이전 연구와는 달리 남녀를 구분하였고 원위 요골을 각 구획으로 나누어 분석하였으며, 많은 수의 증례를 통해 귀납적으로 추론함으로써, 임상적용에 용이한 결과를 도출하였다. 그러나 표본 집단이 단일 인종으로만 이루어져 있다는 것과 나사못 돌출의 정도에 따른 임상적인 결과를 알 수 없다는 것, 시상면에 비교적 평행한 나사못만 측정 대상에 포함되었다는 한계가 있으며, 금속판의 종류에 따라 장타원형 삽입부의 위치가 다르고, 장타원형 삽입부의 어느 곳에 나사못을 삽입하는지에 따라서도 요골간부 전후 직경에 차이가 있을 수 있어 해석에 주의를 필요로 한다. 또한 본 연구 결과를 임상에 적용할 때는 금속판의 두께와 금속판이 수장측 피질골에 밀착하는 정도를 고려하여 나사못의 길이를 결정할 것을 권고한다. 본 연구에서 나사못의 침범은 1,582개의 나사못 중 242개의 나사못(15.3%)이 침범되었고, 특히 제 3구획은 296명의 환자 중 46명에서 침범이 확인되었으나, 장무지신전건 파열은 3예로 합병증 발생은 미미하였다. 따라서 나사못의 침범의 위치나 침범 정도에 따른 합병증 발생과 관련한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결론

요골 원위 골절의 수장측 금속판 고정술에서 금속판 장타원형 삽입부(oblong hole) 위치의 요골 간부 전후 직경은 금속판 원위부 나사못의 적절한 길이와 중등도의 상관관계를 가지므로, 수술 시 나사못의 길이를 예측하는 데 유용하게 사용될 수 있다.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors have nothing to disclose.

REFERENCES

1. Smith DW, Henry MH. Volar fixed-angle plating of the

- distal radius. *J Am Acad Orthop Surg.* 2005;13:28-36.
2. Al-Rashid M, Theivendran K, Craigen MA. Delayed ruptures of the extensor tendon secondary to the use of volar locking compression plates for distal radial fractures. *J Bone Joint Surg Br.* 2006;88:1610-2.
3. De Maeseneer M, Marcelis S, Osteaux M, Jager T, Machiels F, Van Roy P. Sonography of a rupture of the tendon of the extensor pollicis longus muscle: initial clinical experience and correlation with findings at cadaveric dissection. *AJR Am J Roentgenol.* 2005;184:175-9.
4. Kambouroglou GK, Axelrod TS. Complications of the AO/ASIF titanium distal radius plate system (pi plate) in internal fixation of the distal radius: a brief report. *J Hand Surg Am.* 1998;23:737-41.
5. Bentohami A, de Burlet K, de Korte N, van den Bekerom MP, Goslings JC, Schep NW. Complications following volar locking plate fixation for distal radial fractures: a systematic review. *J Hand Surg Eur Vol.* 2014;39:745-54.
6. Benson EC, DeCarvalho A, Mikola EA, Veitch JM, Moneim MS. Two potential causes of EPL rupture after distal radius volar plate fixation. *Clin Orthop Relat Res.* 2006;451:218-22.
7. Arora R, Lutz M, Hennerbichler A, Krappinger D, Espen D, Gabl M. Complications following internal fixation of unstable distal radius fracture with a palmar locking-plate. *J Orthop Trauma.* 2007;21:316-22.
8. Arora R, Lutz M, Deml C, Krappinger D, Haug L, Gabl M. A prospective randomized trial comparing nonoperative treatment with volar locking plate fixation for displaced and unstable distal radial fractures in patients sixty-five years of age and older. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93:2146-53.
9. Brunner A, Siebert C, Stieger C, Kastius A, Link BC, Babst R. The dorsal tangential X-ray view to determine dorsal screw penetration during volar plating of distal radius fractures. *J Hand Surg Am.* 2015;40:27-33.
10. Ozer K, Toker S. Dorsal tangential view of the wrist to detect screw penetration to the dorsal cortex of the distal radius after volar fixed-angle plating. *Hand (N Y).* 2011;6:190-3.
11. Ozer K, Wolf JM, Watkins B, Hak DJ. Comparison of 4 fluoroscopic views for dorsal cortex screw penetration after volar plating of the distal radius. *J Hand Surg Am.*

- 2012;37:963-7.
12. Pichler W, Windisch G, Schaffler G, Rienmüller R, Grechenig W. Computer tomography aided 3D analysis of the distal dorsal radius surface and the effects on volar plate osteosynthesis. *J Hand Surg Eur Vol.* 2009;34:598-602.
 13. Clement H, Pichler W, Nelson D, Hausleitner L, Tesch NP, Grechenig W. Morphometric analysis of lister's tubercle and its consequences on volar plate fixation of distal radius fractures. *J Hand Surg Am.* 2008;33:1716-9.
 14. Ljungquist KL, Agnew SP, Huang JI. Predicting a safe screw length for volar plate fixation of distal radius fractures: lunate depth as a marker for distal radius depth. *J Hand Surg Am.* 2015;40:940-4.
 15. Beharrie AW, Beredjiklian PK, Bozentka DJ. Functional outcomes after open reduction and internal fixation for treatment of displaced distal radius fractures in patients over 60 years of age. *J Orthop Trauma.* 2004;18:680-6.
 16. Jakob M, Rikli DA, Regazzoni P. Fractures of the distal radius treated by internal fixation and early function. A prospective study of 73 consecutive patients. *J Bone Joint Surg Br.* 2000;82:340-4.
 17. Drobetz H, Kutscha-Lissberg E. Osteosynthesis of distal radial fractures with a volar locking screw plate system. *Int Orthop.* 2003;27:1-6.
 18. Berglund LM, Messer TM. Complications of volar plate fixation for managing distal radius fractures. *J Am Acad Orthop Surg.* 2009;17:369-77.
 19. Failla JM, Koniuch MP, Moed BR. Extensor pollicis longus rupture at the tip of a prominent fixation screw: report of three cases. *J Hand Surg Am.* 1993;18:648-51.
 20. Rozental TD, Blazar PE. Functional outcome and complications after volar plating for dorsally displaced, unstable fractures of the distal radius. *J Hand Surg Am.* 2006;31:359-65.
 21. Wall LB, Brodt MD, Silva MJ, Boyer MI, Calfee RP. The effects of screw length on stability of simulated osteoporotic distal radius fractures fixed with volar locking plates. *J Hand Surg Am.* 2012;37:446-53.
 22. Baumbach SF, Synek A, Traxler H, Mutschler W, Pahr D, Chevalier Y. The influence of distal screw length on the primary stability of volar plate osteosynthesis--a biomechanical study. *J Orthop Surg Res.* 2015;10:139.
 23. Gasse N, Lepage D, Pem R, et al. Anatomical and radiological study applied to distal radius surgery. *Surg Radiol Anat.* 2011;33:485-90.
 24. Maschke SD, Evans PJ, Schub D, Drake R, Lawton JN. Radiographic evaluation of dorsal screw penetration after volar fixed-angle plating of the distal radius: a cadaveric study. *Hand (N Y).* 2007;2:144-50.
 25. Hill BW, Shakir I, Cannada LK. Dorsal screw penetration with the use of volar plating of distal radius fractures: how can you best detect? *J Orthop Trauma.* 2015;29:e408-13.
 26. Dardas AZ, Goldfarb CA, Boyer MI, Osei DA, Dy CJ, Calfee RP. A prospective observational assessment of unicortical distal screw placement during volar plate fixation of distal radius fractures. *J Hand Surg Am.* 2018;43:448-54.
 27. Huh SW, Lee JY, Kim NH, Park IJ, Chung YG, Song SW. Relationship between the length of distal locking screws and diaphyseal screws in volar plate fixation of distal radius fractures. *J Korean Soc Surg Hand.* 2013;18:118-23.

원위 요골 골절의 수장측 금속판 고정술에서 원위 나사못의 적절한 길이를 예측하기 위한 지표로 요골 간부 전후 직경의 유용성

허재승^{1,*} · 이봉근^{2,*} · 최시훈² · 이광현²

¹서울대정병원 정형외과, ²한양대학교 의과대학 정형외과학교실

목적: 원위 요골 골절의 수장측 잠김 금속판 고정술에서 금속판 원위부 나사못의 적절한 길이를 예측하기 위한 해부학적 지표를 찾고자 한다.

방법: 수장측 잠김 금속판 고정술로 치료된 원위 요골 골절에 대하여 금속판 제거술을 시행 받은 후 시행된 삼차원 컴퓨터 단층촬영(three-dimensional computed tomography) 영상을 분석하였다. 요골 원위부에 삽입된 나사못의 흔적을 연장하여 각 신전진 구획에 따른 나사못의 적절한 길이를 측정하였으며, 요골 간부 전후 직경과의 연관성을 통계적으로 분석하였다.

결과: 측정이 가능한 나사못의 흔적은 남자 371개 여자 1,091개였으며, 제 2구획, Lister 돌기, 제 3, 4구획에 따라 남자는 평균 17.59 mm, 20.72 mm, 20.31 mm, 19.1 mm, 여자는 평균 15.75 mm, 18.76 mm, 18.04 mm, 17.22 mm로 측정되었다. 금속판 장타원형 삽입부(oblong hole) 위치의 요골 간부 전후 직경과 3, 4 구획의 나사못 흔적은 중등도의 상관관계를 보였다($R: 0.427-0.545$).

결론: 수장측 잠김 금속판 장타원형 삽입부 위치의 요골 간부 전후 직경은 금속판 원위부 나사못의 적절한 길이를 예측하는 지표로 활용될 수 있다.

색인단어: 요골 골절, 금속판 고정, 나사못

접수일 2019년 8월 29일 수정일 1차: 2019년 10월 4일, 2차: 2019년 10월 21일 게재확정일 2019년 10월 22일

교신저자 이광현

04763, 서울시 성동구 왕십리로 222, 한양대학교 의과대학 정형외과학교실

TEL 02-901-3114 FAX 02-2299-3774 E-mail leegh@hanyang.ac.kr

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3060-3916>