연령에 따른 소아 원위요골 골절의 양상 비교

송경섭 · 이승환 · 박병문 · 이수진 · 양봉석 · 김지현

광명성애병원 정형외과

Comparison of Pediatric Distal Radius Fracture Patterns according to Age

Kyung-Sub Song, Seung-Hwan Lee, Byeong-Mun Park, Su-Keon Lee, Bong-Seok Yang, Ji-Hyeon Kim

Department of Orthopaedic Surgery, Gwangmyeong Sungae Hospital, Gwangmyeong, Korea

Purpose: To compare demographic factors and radiologic parameters between metaphyseal fracture and physeal fracture of distal radius in children.

Methods: Forty-five children who visited our orthopedic clinic for distal radius fracture were included in this study from May 2010 to February 2017. Patients were divided into 2 groups which are metaphyseal fracture group and physeal fracture group. Demographic factors and radiologic parameters were compared between two groups. Mean age of all patients was 10.18 ± 2.66 years old. There were 39 boys and 6 girls in all patients.

Results: Among all patients, 26 patients were diagnosed with metaphyseal fracture, 19 patients with physeal fracture. Complete fracture was most frequent in metaphyseal group and Salter-Harris type II fracture was most frequent in physeal group. Between simple metaphyseal group and physeal group, mean age, weight and height were significantly larger in physeal group. Ratio of patients over 10 years old was significantly higher in physeal group than metaphyseal group ($p=0.036$). There was no significant difference in radiologic and clinical results.

Conclusion: Physeal fracture occurs more frequently more than 10 years old. Postoperative radiologic result was not significantly different between two groups. In children with distal radius fracture over 10 years old, evaluation for the injury of growth plate are recommended.

Key Words: Distal radius fracture, Children, Physeal fracture, Metaphyseal fracture

서론

원위 요골 골절은 소아에서 가장 흔한 골절이다¹. 소아의 골은 성인에 비하여 스트레스에 약한 반면, 에너지를 흡수함으로써 골절이 발생되기 전에 소성변형을 나타내는 기계적 특징이 있다. 이는 두껍고 단단한 골막이 피질골을 보호

하며 뼈 자체도 성인보다 탄력성이 크기 때문이며, 이로 인하여 성인과는 다른 골절 패턴을 보인다. 소아의 골절 유형은 골간단부 골절(metaphyseal fracture)과 성장판을 침범하는 골단부 골절(physeal fracture)의 두 가지 군으로 구분할 수 있다.

이 중 골간단부 골절에 관한 기존의 문헌을 살펴보면²⁻⁶

Received December 11, 2018, Revised [1] January 14, 2019, [2] January 30, 2019, Accepted February 11, 2019

Corresponding author: Seung-Hwan Lee

Department of Orthopaedic Surgery, Gwangmyeong Sungae Hospital, 36 Digital-ro, Gwangmyeong 14241, Korea

TEL: +82-2-2680-7699, FAX: +82-2-2680-7755, E-mail: java5885@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0432-3857

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.

골간단부 골절은 완전골절과 불완전골절로 불완전골절은 다시 녹색줄기골절(greenstick fracture)과 용기골절(torus fracture)로 구분된다. 일반적으로 용기골절이 녹색줄기골절보다 더 안정적인 것으로 알려져 있으며, 완전골절의 경우 골막의 경첩작용(periosteal hinge) 소실로 인해 가장 불안정한 것으로 되어 있다⁷. 골단부 골절의 경우 현재 Salter-Harris 분류가 가장 보편적으로 사용되고 있으며, 분류에 따라 예후와 치료법이 제시되고 있다⁸.

이처럼 소아에는 골단판이 있어 골단판과 인접한 골단과 골간단은 골 성숙 정도 등 해부학적, 생역학적으로 차이가 있으나, 이에 대한 비교 연구는 현재까지는 많지 않은 실정이다. 이에 따라 본 저자들은 소아에서 가장 호발하는 골절인 원위 요골 골절에서 골간단부 골절과 골단부 골절 사이의 인구통계적 요소와 방사선적 지표를 비교해 보고, 이를 바탕으로 임상적 의의를 도출해 내고자 한다.

대상 및 방법

2010년 5월부터 2017년 2월까지 원위 요골 골절로 본원 정형외과 외래를 방문한 45명의 환아를 대상으로 골간단부 골절군과 골단부 골절군으로 나누었으며, 두 군 간의 인구통계적 요소와 방사선적 지표를 후향적으로 비교하였다. 본 연구는 본원 IRB 승인을 받고 진행되었다(IRB No. KIRB-2019-N-005).

평균 연령은 10.18 ± 2.66 세였으며, 이 중 남아가 39명, 여아가 6명이었다(Table 1).

1. 연구 대상

본원의 정형외과 외래를 내원한 환자 가운데 아래의 조건에 부합하는 환아를 선별하였다: 1) 15세 이하 환자 원

위 요골의 완전 골간단부 골절 환자, 2) 원위 요골의 불완전 골간단부 골절 환자, 3) 원위 요골의 골단부 골절 환자. 대상군은 모두 골절부의 전위에 의해 수술적 치료가 필요한 환아를 대상으로 하였다.

2. 방사선적 계측 및 임상적 결과

수술 전, 수술 직후, 수술 후 3개월째에 수근 관절 전후면, 측면 방사선 촬영을 실시하였다. 수술 후 3개월째에 시행한 방사선 사진상 골의 변형을 평가하기 위해 3명의 정형외과 의사가 growth plate to shaft angle (정상 90°)을 전후면 및 측면 방사선 사진상에서 측정했다⁹. 임상적 결과는 수술 후 3개월 추시 때의 손목 관절의 운동 범위를 각도기(goniometer)를 이용하여 측정하였다.

3. 통계적 방법

통계는 골간단부 골절 그룹과 골단부 골절 그룹 간의 방사선적 및 임상적 결과를 paired t-test 및 chi-square test를 이용하여 비교 분석하였다. 통계 프로그램은 PASW ver. 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하였다. p-value 0.05 이하를 통계적으로 유의한 것으로 고려하였다.

결과

대상 환자 중 골간단부 골절군에 속한 환아는 26명, 골단부 골절 환자는 19명이었다. 세부 분류상 골간단부 골절군에서는 완전골절 형태가 가장 많았고, 골단부 골절군에서는 Salter-Harris II형 골절이 가장 많았다(Table 1).

손상 기전은 골간단부 골절군에서 낙상(fall from a height) 31%, 넘어짐(fall from standing height) 46%, 스포츠 손상(injured at sport) 23%였다. 골단부 골절군에

Table 1. Distribution of fracture types

Fracture type	No. of patients
Metaphyseal group (n=26)	
Buckle fracture	1 (3.8)
Greenstick fracture	2 (7.7)
Complete fracture	23 (88.5)
Physeal group (n=19)	
Salter-Harris I	1 (5.3)
Salter-Harris II	17 (89.5)
Salter-Harris IV	1 (5.3)

Values are presented as number (%).

Table 2. Injury mechanisms of metaphyseal and physeal groups

	Metaphyseal group (n=26)	Physeal group (n=19)	p-value*
Fall from a height	8 (31)	5 (26)	0.249
Fall from standing height	12 (46)	10 (53)	0.165
Injured at sport	6 (23)	4 (21)	0.458

Values are presented as number (%).

*Chi-square test.

서는 낙상 26%, 넘어짐 53%, 스포츠 손상 21%였다. 두 군 간에 손상 기전에서 유의한 차이는 없었다(Table 2).

골간단부 골절군의 평균 나이는 9.31 ± 2.57 세였으며 골단부 골절군의 평균 나이는 11.37 ± 2.34 세로, 골단부 골절군의 평균 나이가 통계적으로 유의하게 높았다($p=0.009$). 연령별로 분류 시 10살 이상 환자의 비율은 골간단부 골절군 34.6%, 골단부 골절군 68.4%를 보여, 골단부 골절군에서 10살 이상의 환자의 비율이 통계적으로 유의하게 높았다($p=0.036$).

골단부 골절군의 평균 체중 및 신장은 골간단부에 비해 높았으나, 연령 분포 차이와 관련이 있는 것으로 생각되었다. 두 군의 체질량 지수(body mass index)는 통계적인 차이가 없어, 비만 등에 의한 영향은 없는 것으로 보인다. 성비, 골절의 좌우 비율은 두 군 사이에서 유의한 차이가 없었다(Table 3).

골절 유합 후 3개월 후에는 두 군 모두에서 완전한 유합을 보였다. 골단부 골절군에서 골절 유합후에 성장 장애가 있었던 환자는 없었다. 유합 후에 골간단부 골절군의 전후방 epiphyseal angle은 $88.54^\circ \pm 2.55^\circ$ 였으며, 골단부 골절군은 $89.58^\circ \pm 2.76^\circ$ 로 두 군 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 측면 epiphyseal angle도 골간단부 골절군은 $89.69^\circ \pm 3.90^\circ$, 골단부 골절군은 $90.26^\circ \pm 4.38^\circ$ 로 유의한 차이는 없었다(Fig. 1, 2). 임상적 결과에서 두 그룹 간에 손목 관절의 운동 범위 중 굴곡, 신전, 회내전 그리고 회외전에는 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 4).

고찰

소아에서는 골단판이 존재하여 성인과는 다른 골절 양상을 보인다. 골단판과 인접한 골단과 골간단은 골 성숙 정도

Table 3. Comparison of demographic factors between metaphyseal fracture group and physeal fracture group

	Metaphyseal group (n=26)	Physeal group (n=19)	p-value
Age (yr)	9.31 ± 2.57	11.37 ± 2.34	0.009*
Age over 10 (yr)	9 (34.6)	13 (68.4)	0.036†
Weight (kg)	37.10 ± 14.74	45.91 ± 13.98	0.049*
Height (cm)	139.13 ± 18.44	152.97 ± 17.18	0.016*
Body mass index (kg/m^2)	18.36 ± 3.71	19.22 ± 3.50	0.162*
Right:left	11:15 (42.3:57.7)	10:9 (52.6:47.4)	0.493†
Boys:girls	21:5 (80.8:19.2)	18:1 (94.7:5.3)	0.222†

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

*t-test. †Chi-square test.

Fig. 1. Radiographic example of a 5-year-old female patient with metaphyseal fracture. (A) Preoperative radiographs. (B) Postoperative radiograph. (C) Radiograph after union.

Fig. 2. Radiographic example of a 12-year-old male patient with metaphyseal fracture. (A) Preoperative radiographs. (B) Postoperative radiograph. (C) Radiograph after union.

Table 4. Comparison of radiologic and clinical result using t-test

	Metaphyseal group (n=26)	Physeal group (n=19)	p-value*
Epiphyseal angle (°)			
Anteroposterior	88.54±2.55	89.58±2.76	0.198
Lateral	89.69±3.90	90.26±4.38	0.647
Flexion (°)	72.26±6.23	70.60±6.12	0.129
Extension (°)	83.61±3.58	82.33±7.47	0.502
Pronation (°)	52.26±5.89	54.28±5.46	0.309
Supination (°)	55.30±5.46	54.28±7.24	0.689

Values are presented as mean±standard deviation.

*t-test.

에 따라 해부학적, 생역학적으로 변하며, 연령에 따라 골절의 호발 부위가 다르다¹⁰. 원위 요골 골절은 소아 전체에서 가장 흔한 골절로, 전체 발생 빈도는 나이에 따라 증가하며 학령기 이후부터는 남아에서 더 많은 빈도를 보인다¹¹. 본 연구는 평균 연령이 10세로 남아의 비율이 더 높았다.

골절은 국소부위에 작용하는 응력 또는 변형력이 뼈의 최대 인장 강도를 초과할 때 발생한다. 뼈의 강도는 단면적 및 관성능률(moment of inertia)과 관련되어 있다¹². Beck 등¹³은 연구에서 작은 관성능률 및 단면적을 가진 군사훈련 생도들에서 피로골절이 많이 발생한 것을 보고한 바 있다. 일반적으로 연령이 증가함에 따라 원위 요골의 직경은 커지며 피질골은 더 두꺼워진다. 큰 직경과 두꺼운 피

질은 단면적 및 관성능률을 증가시키며, 이에 따라 강도는 더 강해진다. 본 연구에서 10세 이상의 환아들에서 골단부 골절이 많았던 이유는 나이가 증가함에 따라 미숙골이 성숙하면서 골간단부의 직경이 증가하고 피질골이 두꺼워지면 상대적으로 골단부에 응력이 집중되면서 나타난 결과로 생각된다.

일반적으로 연령이 증가하면서 골 미네랄 함유량(bone mineral content) 및 골밀도는 증가한다¹⁴. Ferrari 등¹⁵은 소아기 골절의 원인 중 하나로 뼈의 급격한 길이 성장에 비해 골량(bone mass)의 증가가 그에 미치지 못하는 것을 언급하였는데, 이에 대한 증거로 원위 요골 골절군을 대조군과 비교한 연구에서 골절군에서 요골 간부의 넓이(width) 및 골 미네랄 함유량이 더 낮았던 것을 근거로 제시하였다. 상대적인 골 미네랄 함유량의 감소 그리고 좁은 단면적을 소아 골 취약성(fragility)의 표지자(marker)로 제안한 Ferrari 등¹⁵의 연구는 본 연구의 기본 방향과 일치한다고 볼 수 있다.

한편 Ferrari 등¹⁵의 연구에서 골밀도와 골절의 발생 간에는 유의한 상관 관계가 없는 것으로 보고되었는데, 이에 대해 Hagino 등¹⁶은 골간단과 골간 사이의 골밀도 비율의 차이를 통해서 골절의 발생 위험도를 측정하였다. Hagino 등¹⁶은 골절의 최대 발병 시기가 남아 13세, 여아 11세임을 보고했다. 그는 이러한 결과의 원인으로, 골밀도는 나이가 들어감에 따라 점차 증가하는데 골간단부와 골간부에서의 증가하는 비율에서 차이가 있으며, 이러한 차이 즉, 골간단

부가 골간부에 비해 골밀도가 가장 낮아지는 시기가 남아 12-13세, 여아 11세이며, 같은 시기에 골절이 호발한다고 설명하였다. 본 연구에서는 많은 수에서 골밀도의 검사가 시행되지 못했다. Hagino 등¹⁶의 연구를 참조하여 골간부와 골단부 그리고 골간부와 골간단부의 골밀도 비율을 측정해 본다면 연구의 질을 더 향상시킬 수 있을 것으로 생각된다.

마지막으로 본 연구는 후향성 연구로 진행되었기에 각 군의 골절 취약 부위에 대해 실제 골밀도 및 골 미네랄 함유량 등의 구체적인 수치에 차이가 있는지 확인되지 않았다는 한계점이 있다. 또한, 대상 환자 수가 적어 혼란 변수를 통제할 회귀 분석을 시행하지 못하였다. 향후 연구에서는 전향성 연구를 통해 소아의 원위 요골 골절 양상에 영향을 주는 다른 인자들에 대한 분석이 필요할 것으로 생각된다.

결론

원위 요골 골절에 대한 비교 연구에서 10살 이상의 환자들에서는 골단부 골절이 호발하였다. 수술 후 방사선적 결과는 두 군 간 유의미한 차이는 없었다. 10세 이상의 환자에서 원위 요골 골절 시에는 성장판 손상 여부에 대한 방사선적 검사가 필요할 것으로 생각된다.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors have nothing to disclose.

REFERENCES

- Landin LA. Epidemiology of children's fractures. *J Pediatr Orthop B*. 1997;6:79-83.
- Gunn AL. Undisplaced fractures of the distal third of the radius in children: an innocent fracture? *Injury*. 1992;23:427.
- Solan MC, Rees R, Daly K. Current management of torus fractures of the distal radius. *Injury*. 2002;33:503-5.
- Van Leemput W, De Ridder K. Distal metaphyseal radius fractures in children: reduction with or without pinning. *Acta Orthop Belg*. 2009;75:306-9.
- Zamzam MM, Khoshhal KI. Displaced fracture of the distal radius in children: factors responsible for redisplacement after closed reduction. *J Bone Joint Surg Br*. 2005;87:841-3.
- Zhang HM, Zhang JX, Guan ZN. [Manipulative reduction for the treatment of epiphyseal fracture of distal radius in children: a report of 15 cases]. *Zhongguo Gu Shang*. 2011;24:964-5. Chinese.
- Randsborg PH, Sivertsen EA. Distal radius fractures in children: substantial difference in stability between buckle and greenstick fractures. *Acta Orthop*. 2009;80:585-9.
- Salter RB. Injuries of the epiphyseal plate. *Instr Course Lect*. 1992;41:351-9.
- Lautman S, Bergerault F, Saidani N, Bonnard C. Roentgenographic measurement of angle between shaft and distal epiphyseal growth plate of radius. *J Pediatr Orthop*. 2002;22:751-3.
- Park MS, Chung CY, Choi IH, et al. Incidence patterns of pediatric and adolescent orthopaedic fractures according to age groups and seasons in South Korea: a population-based study. *Clin Orthop Surg*. 2013;5:161-6.
- Asim AM, Noor Fadzilah R, Rukmanikanthan S, Saw A. Pattern of distal radius fracture in Malaysian children. *Med J Malaysia*. 2012;67:483-6.
- Malgo F, Hamdy NAT, Papapoulos SE, Appelman-Dijkstra NM. Bone material strength index as measured by impact microindentation is low in patients with fractures irrespective of fracture site. *Osteoporos Int*. 2017;28:2433-7.
- Beck TJ, Ruff CB, Shaffer RA, Betsinger K, Trone DW, Brodine SK. Stress fracture in military recruits: gender differences in muscle and bone susceptibility factors. *Bone*. 2000;27:437-44.
- Kalkwarf HJ, Zemel BS, Gilsanz V, et al. The bone mineral density in childhood study: bone mineral content and density according to age, sex, and race. *J Clin Endocrinol Metab*. 2007;92:2087-99.
- Ferrari SL, Chevalley T, Bonjour JP, Rizzoli R. Childhood fractures are associated with decreased bone mass gain during puberty: an early marker of persistent bone fragility? *J Bone Miner Res*. 2006;21:501-7.
- Hagino H, Yamamoto K, Teshima R, Kishimoto H, Nakamura T. Fracture incidence and bone mineral density of the distal radius in Japanese children. *Arch Orthop Trauma Surg*. 1990;109:262-4.

연령에 따른 소아 원위요골 골절의 양상 비교

송경섭 · 이승환 · 박병문 · 이수건 · 양봉석 · 김지현

광명성애병원 정형외과

목적: 소아의 원위 요골 골절에서 골간단부 골절(metaphyseal fracture)과 골단부 골절(physeal fracture) 사이의 인구통계적 요소와 방사선적 지표를 비교해 보고 이를 통한 임상적 의의를 확인하기 위해 본 연구를 시행하였다.

방법: 2010년 5월부터 2017년 2월까지 원위 요골 골절로 본원 정형외과 외래를 방문한 45명의 소아를 대상으로 연구를 진행하였다. 환아들은 골절의 형태에 따라 골간단부 골절과 골단부 골절의 두 군으로 나누었고, 두 군 사이의 인구통계적 요소와 방사선적 지표를 비교하였다. 모든 환아의 평균 연령은 10.18 ± 2.66 세였으며, 이 중 남아가 39명, 여아가 6명이었다.

결과: 분류상 골간단부 골절 환아는 26명, 골단부 골절 환아는 19명이었다. 골간단부 골절군과 골단부 골절군 사이에서 인구통계적 요소를 비교했을 때, 골단부 골절군에서 평균 연령, 체중 및 신장이 유의하게 컸다. 그룹 내에서 10살 이상의 환아가 차지하는 비율은 골단부 골절군에서 유의하게 더 컸다($p=0.036$). 골절 유합 후에 두 군 간에 임상적, 방사선적 결과의 차이는 없었다.

결론: 원위 요골 골절에 대한 비교 연구에서 10살 이상의 환아들에서는 골단부 골절이 호발하였다. 10세 이상의 환자에서 원위 요골 골절 시에는 성장판 손상 여부에 대한 방사선적 검사가 필요할 것으로 생각된다.

색인단어: 원위 요골 골절, 소아, 골단부 골절, 골간단부 골절

접수일 2018년 12월 11일 **수정일** 1차: 2019년 1월 14일, 2차: 2019년 1월 30일 **게재확정일** 2019년 2월 11일

교신저자 이승환

14241, 광명시 디지털로 36, 광명성애병원 정형외과

TEL 02-2680-7699 **FAX** 02-2680-7755 **E-mail** java5885@gmail.com

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0432-3857>