

## 젊은 남성에서 팔씨름에 의해 발생한 상완골 간부 골절

국립경찰병원 정형외과

이승림\* · 권지은\* · 이예현 · 양보규 · 안영준 · 임세혁 · 조준희 · 박상훈

## Humeral Shaft Fracture Sustained during Arm Wrestling in Young Males

Seung Rim Yi\*, Jieun Kwon\*, Ye Hyun Lee, Bo Kyu Yang, Young Joon Ahn,  
Se Hyuk Im, Joon Hee Cho, Sang Hoon Park

Department of Orthopedic Surgery, National Police Hospital, Seoul, Korea

Humeral shaft fracture sustaining arm wrestling is rare, but occurs intermittently. We treated 15 cases of humeral shaft spiral fractures occurred during arm wrestling for fun since 2007. Average age was  $22.47 \pm 2.69$  years, average body mass index was  $22.67 \pm 2.06$  kg/m<sup>2</sup>. There was no prominent tendency for the fractures to occur at a certain phase of the match. Fractured level and length of each case were measured in the plain radiographs and compared with those of previous reports. Eight cases (53.3%) had an associating medial butterfly fragment, and the time taken until the fracture occurred was longer than that of simple spiral fracture ( $15.62 \pm 9.03$  seconds vs.  $7.85 \pm 2.67$  seconds,  $p=0.048$ ). Fractures were distributed mid to distal one third of humerus, the length of fracture was  $7.93 \pm 2.69$  cm and involved  $25.43\% \pm 8.24\%$  of humeral length. All cases except one treated surgically using plate and screws and returned their full activities within postoperative 3 months. Although arm wrestling is a simple and joyful sport, participants should be aware of the risks of injury during arm wrestling, especially for the amateur players.

**Keywords:** Arm wrestling, Etiology, Humeral fracture, Young male

## 서론

팔씨름은 규칙이 간단하고 준비물 없이 즐길 수 있어 많은 이들이 즐기는 스포츠로 오랜 역사 동안 다양한 문화권에서 행해져 왔다. 세계적으로도 정기적으로 팔씨름대회가 열리고 있고, 민속놀이로도 인식되어 일상에서 널리 행해지고 있으며, 특히 젊은 남성들 사이에서는 상대방과 경쟁적으로 힘을 겨루기 위해 이루어지는 경우가 많다.

이러한 팔씨름은 다양한 양상의 부상을 일으킬 수 있으며, 현재까지 보고된 바에 의하면 근육과 인대의 염좌, 회전근개와 이두박근 등의 근육 파열과 상완골 간부 골절, 내상과 견열 골절, 요골두의 골절 및 탈구 등 다양하게 보고되고 있으며, 그 중 상완골 골절이 대표적 예이다<sup>1-6</sup>. 전문가들에게는 익히 알려진 손상이지만, 이에 비해 대중들에게 팔씨름 도중 발생할

Received: May 10, 2017 Revised: August 30, 2017

Accepted: September 27, 2017

Correspondence: Ye Hyun Lee

Department of Orthopedic Surgery, National Police Hospital,  
123 Songi-ro, Songpa-gu, Seoul 05715, Korea

Tel: +82-2-3400-1243, Fax: +82-2-3400-1249

E-mail: oslyh@police.go.kr

\*Seung Rim Yi and Jieun Kwon contributed equally to this study as first authors.

Copyright ©2017 The Korean Society of Sports Medicine

© 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.

수 있는 부상에 대한 인식과 경각심은 많이 부족한 실정이며<sup>3</sup>, 이러한 부상에 대한 국내 학회에서의 연구보고도 비교적 드문 편이다<sup>5</sup>.

본 연구는 팔씨름 도중 발생한 상완골 간부 골절 15례를 보고하고, 그 골절의 특징과 임상 양상, 치료 결과를 분석하였으며, 기존 문헌 고찰을 통해 팔씨름으로 인한 골절에 대한 이해를 돕고자 한다.

## 연구 방법

### 1. 연구 대상 및 임상적 평가

2007년 1월부터 2016년 12월까지 국립경찰병원에 내원하여 상완골 간부 골절로 진단받은 환자 중 팔씨름 도중 수상한 환자 15명을 대상으로 하였다. 이들은 모두 남성이었으며, 평균 연령은  $22.47 \pm 2.69$ 세이며 이환된 측은 우측이 8명, 좌측이 7명이었다. 직업 별로는 의무경찰이 11명, 경찰관이 4명이었다. 환자의 신체 계측치(키, 몸무게), 치료 전후의 동반 손상 여부 및 치료 3개월 후의 주관절 운동 범위는 의무 기록을 통해 조사하였으며, 수상 이전 외상의 과거력, 우세수, 스포츠 활동도(상, 중, 하), 팔씨름 시작 후 수상까지의 시간, 수상 당시의 자세 및 상대 선수에 대한 정보는 후향적으로 면담을 통해 조사하였다.

### 2. 영상학적 평가

내원 당시 촬영한 양측 상완골 전장 단순방사선 사진을 이용하여 상완골의 전체 길이를 건 측의 방사선사진상 극상건의 부착부위에서 내/외측 상과를 잇는 선까지의 길이로 정의하고<sup>4</sup>, 이를 총 10개의 구역(zone)으로 구분하였다(근위에서부터 zone 1에서 10). 이를 기준으로 골절이 발생한 위치와 분포를 평가하였으며, 나선형 골절의 길이를 측정하여 전체 길이에 대한 골절의 침범 정도(%)를 평가하였다. 나비형 골편의 유무에 따라 나비형 골편이 있는 환자군을 A 군, 그렇지 않은 환자를 B 군으로 구분하여 각 환자군의 특성을 비교하였다. 모든 측정값은 1명의 검사자에 의해 3회 측정되었고, 그 평균값을 사용하였다. 골절 유합의 평가는 단순방사선 사진을 통해 평가하였고, 수술 직후, 수술 후 2주, 4주, 8주, 12주, 6개월 및 1년에 평가하였다.

### 3. 수술 및 재활

인간면역결핍바이러스 감염으로 인해 자의적으로 수술적

치료를 거부하였던 1례를 제외한 모든 예에서 관혈적 정복술 및 금속판과 나사를 이용한 내고정술을 시행하였으며, 전방접근이 7례, 후방접근이 7례였다. 내고정물의 위치 선정의 수월함을 위해 골절의 위치가 원위부에 위치한 경우 후방접근을 주로 사용하였다. 수술 후 장상지 부목을 적용하여, 수술 후 4일에서 7일 이내에 탈부착이 가능한 형태로 교체 후 주관절 및 견관절의 능동적 관절 운동을 시행하였다. 수술 후 2주에 발사 후 무거운 물건을 들거나 지탱하는 등의 무리한 활동 외에 일상생활에 제한을 두지 않았다. 보조기 착용은 수술 후 4주까지 지속 후 제거하였으며 이후 가벼운 근력 운동을 허용하였다. 수술 후 3개월에는 수상 전 수준으로 돌아가기 위해 점차적으로 스포츠 활동을 허용하였다.

수술을 시행하지 않은 1례에서는 수상 후 7일에 장상지 부목에서 기능성 보조기로 교체한 뒤 주관절의 능동적인 움직임 시작하였고, 관절 운동 시 통증이 줄어든 수상 3주부터 견관절의 능동적 운동을 적극적으로 시행하였으며, 기능성 보조기는 수상 8주까지 유지하였다.

### 4. 통계적 분석

본 연구의 통계적 분석은 SPSS ver. 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하였으며, 기술적 통계 및 평균의 분석을 시행하였다. 나비형 골편의 유무에 따른 환자군 간의 비교는 독립표본 t-test를 이용하여 분석하였다.

## 결 과

전체 환자의 평균 키는  $1.75 \pm 0.05$  m, 평균 몸무게는  $69.71 \pm 7.71$  kg, 평균 body mass index (BMI)는  $22.67 \pm 2.06$   $\text{kg/m}^2$ 이었으며, BMI는 20-24세 한국인 남자의 평균인  $23.50 \pm 0.16$   $\text{kg/m}^2$ 보다 낮게 측정되었다<sup>7</sup>. 모든 사례는 집단 내에서 여가 활동으로 시행한 팔씨름 도중 발생하였으며, 수상 부위로 외상의 과거력은 없었다. 우세수 손상이 8례(53.3%), 비우세수 손상이 7례(46.7%)였고, 6례(40%)가 평소 스포츠 활동도가 높은 편이라고 답하였다. 수상 당시의 팔씨름 자세는 옆드린 자세와 선 자세가 각각 1례(6.7%)였으며 나머지 13례(86.7%)는 앉은 자세에서 시행되었다. 상대방의 신체 크기는 크거나(7명, 46.7%), 비등(8명, 53.3%)하였다. 수상 당시 상황은 지는 상황이 6례(40%), 동등한 상황이 7례(46.7%), 이기는 상황이 2례(13%)로 대부분 동등하거나 지는 상황에서 골절이 발생하였다(Table 1). 1례(6.7%)에서 수상 후부터 요골 신경 마비 증상을 호소하였으나, 수술 후 4주경부터 서서히 회복되어 수술 후 3개월에

Table 1. Demography of cases

Age (yr)	Height/weight (cm/kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	Injury/dominant side	Sports level	Competitor	Status in match	Injury time (s)/fragment (o/x)	Posture in match
20	173/59	19.71	R/R	Medium	Similar	Losing	10/x	Sitting
20	177/61	19.47	L/R	High	Similar	Even	5/x	Sitting
20	182/69	20.83	L/R	High	Larger/stronger	Even	10/x	Sitting
20	180/80	24.69	R/R	Low	Similar	Losing	15/o	Prone
21	168/60	21.25	R/R	High	Larger/stronger	Winning	30/o	Sitting
21	168/69	24.44	L/R	Medium	Larger/stronger	Losing	5/x	Sitting
21	175/75	24.49	L/R	Low	Larger/stronger	Even	10/o	Sitting
21	173/68	22.72	R/R	Medium	Similar	Even	10/o	Sitting
22	173/58	19.38	L/R	High	Larger/stronger	Losing	10/o	Standing
23	178/71	22.41	L/R	Medium	Similar	Even	10/o	Sitting
23	167/67	24.02	L/R	High	Larger/stronger	Even	5/x	Sitting
25	183/80	23.79	R/R	Medium	Similar	Even	10/x	Sitting
25	180/78	24.07	R/R	Medium	Similar	Winning	10/o	Sitting
26	176/79	25.50	R/R	Medium	Similar	Losing	10/x	Sitting
29	176/72	23.24	R/R	High	Larger/stronger	Losing	30/o	Sitting

BMI: body mass index, R: right, L: left.

Table 2. Comparison between fractures with and without butterfly fragment

Variable	Group A (n=8)	Group B (n=7)	p-value
Average height (m)	1.75±0.04	1.75±0.62	0.933
Average weight (kg)	70.25±7.94	69.10±7.98	0.785
Average BMI (kg/m <sup>2</sup> )	22.78±1.80	22.54±2.47	0.830
Average injury time (s)	15.62±9.03	7.85±2.57	0.048*

Values are presented as mean±standard deviation.

Group A: group of fractures with butterfly fragment, Group B: group of fractures without butterfly fragment, BMI: body mass index.

\*Statistically significant.

는 완전히 회복되었다.

영상학적 분석에서 나비형 골편이 동반된 골절이 8례(A 군, 53%), 단순 나선형 골절이 7례(B 군, 47%)이었으며 이에 따른 비교 연구에서 A 군과 B 군의 평균 키는 각각 1.75±0.04 m, 1.75±0.62 m, 평균 몸무게는 70.25±7.94 kg, 69.10±7.98 kg, BMI는 22.78±1.80 kg/m<sup>2</sup>, 22.54±2.47 kg/m<sup>2</sup>로 두 군 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 팔씨름 시작 후 골절까지의 시간은 각각 평균 15.62±9.03초, 7.85±2.67초로 나비형 골편이 동반된 골절 환자에서 단순 나선형 골절 환자보다 골절이 발생하기까지 유의하게 더 오랜 시간이 걸린 것으로 나타났다(p=0.048) (Table 2). 또한, 각 군에서 수상 당시의 상황은 A 군과 B 군이 각각 이기는 상황 2례, 0례, 동등한 상황 3례, 4례, 지는 상황 3례, 3례이었으며, 나비형 골편은 모두 내측에 있었다(Fig. 1). 상완골을 10개 구역으로 구분하여 분류한 골절

의 분포에서, 근위부(zone 3)까지 침범한 1례를 제외한 모든 골절은 zone 5에서 zone 9 사이에 위치하였다(Fig. 2). 골절선의 길이의 평균은 7.93±2.69 cm였고 이는 상완골 전장의 평균 25.43% (범위, 13.77%–37.80%)를 차지하였다.

수술적 치료를 시행한 14례에서 수상 후 수술까지 평균 6.15±3.65일이 소요되었고, 수술 후 통증 외에 수술로 인한 혈관 및 신경 손상, 감염 등의 합병증은 없었다. 후방 접근법으로 수술한 1례에서 수술 후 2주에 창상의 벌어짐으로 재 봉합술을 시행하였다. 수술적 치료를 시행한 14례 중 9례에서 내고정물 제거술을 시행하였고, 4례에서 시행하지 않았으며, 나머지 1례는 수술 후 1년 이내로 추시 관찰 중이다.



Fig. 1. Typical type of fracture caused by arm wrestling is the external rotation type spiral fracture with (A) or without (B) a medial butterfly fragment.

## 고찰

아마추어에서 발생하는 팔씨름에 의한 골절은 동등하거나 지는 상황에서 주로 발생하며, 경기 시간이 길수록 나비형 골절편을 동반한 골절이 더 잘 발생하였다. 팔씨름으로 인한 골절은 꾸준히 보고되고 있으며, 이는 전문가들에게는 비교적 잘 알려져 있으나 대중들에게는 팔씨름과 동반된 신체 손상에 대한 부족한 인식도가 기여하는 바가 클 것으로 판단된다.

골절이 일어나는 순간의 경기 양상에 대한 연구로, Ogawa와 U<sup>4</sup>는 팔씨름 도중 15~60세까지 다양한 연령군의 남녀 환자에서 이기고 비기고 지는 모든 자세에서 골절이 발생하였다고 보고하였다. 또한, 대부분 환자들이 경기 양상과는 무관하게 의식적으로 팔에 체중을 실었을 때 골절이 발생하였다고 답함을 근거로, 팔씨름에 임한 둘 중 하나가 경기를 결판내기 위해 최대의 힘을 사용할 때 골절이 발생한다는 분석을 하였다. 반면 Whitaker<sup>8</sup>는 연구한 모든 환자에서 비기거나 지는 상황 중에 골절이 발생하였다고 하였다. 본 연구에서는 모든 승패 양상에서 골절이 발생하였으나 13례(87%)에서 동등하거나 지는 상황 중에 골절이 발생하였고 이는 Whitaker의 주장을 뒷받침 한다.

나비형 골절편의 유무에 따른 비교분석을 통해 나비형 골절편이 있는 골절 환자들이 그렇지 않은 환자들에 비해 팔씨름 시작 후 골절이 발생하기까지의 시간이 평균적으로 약 2배가량 더 소요됨을 확인하였으며 그 통계적 유의성을 확인하였다. 팔씨름 도중 발생한 상완골 골절의 발생 기전에 대해서는

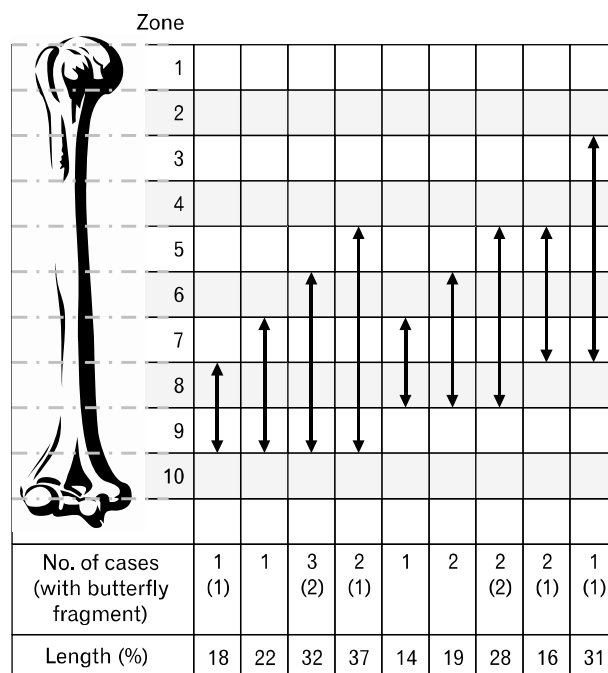


Fig. 2. The site and the average length of fractures. Most fractures occurred in the mid to lower one-third of the humerus and eight out of 15 cases had butterfly fragments.

여러 연구 문헌이 있으며, 그중 Whitaker<sup>8</sup>에 의해 제기된 3가지 작용기전이 가장 잘 알려져 있다. 이는 첫째, 상완의 내회전근에 의한 상완골 비틀림(humeral torsion), 둘째, 팔 내전근과 상완 골두 안정화 근육 작용에 대항하는 상대방의 외전력에 의한 굴곡력(humeral bending moment), 셋째, 주관절 굴곡근과 상완골 근위 1/3에서 기인하는 상완 내전근의 작용에 의한 축성 압박력(humeral axial compression)으로 구성되어 있다. Moon 등<sup>3</sup>은 나비형 골편이 동반된 골절형은 상완골 내측 피질 골에 위와 같은 축성 압박력과 굴곡력이 작용하여 발생한다고 하였다. 또한, Silva 등<sup>9</sup>은 팔씨름 시 사용되는 4가지 기전(상완 내회전, 전완 내전, 주관절 굴곡, 수관절 굴곡)의 대표적인 근육들을 선별하여 근전도 연구를 하였다. 연구 방법으로, 팔씨름 과정 중 전완축과 수평면이 이루는 각도가 90°인 중립위, 이기는 양상인 45°, 이기기 직전의 상태인 15°에서 각각 최대 근력을 내도록 하였고 각 대표 근육들의 근전도 활성화도와 기여도를 분석하였다. 그 결과, 중립위에서 상완 이두근의 활성화도와 기여도가 가장 높았으며, 이기는 방향으로 팔씨름이 진행되며 그 역할이 점차 줄어드는 것을 확인하였다. 이는 팔씨름 초기 단계에 상완 이두근이 팔씨름에 유리한 자세 선점에 중요하게 작용하기 때문이라고 하였다. 이를 나비형 골편이 동반된 골절 환자에서 그렇지 않은 환자에 비교해 골절이 발생하기까지 더 오랜 시간이 경과한 본 연구 결과에



적용해보면, 팔씨름 초기에 힘의 균형으로 인해 중립위에서 크게 벗어나지 않는 범위 내에서 자세 선택 경쟁이 장기화되는 경우, 중립위에서 기여도와 활성도가 가장 높은 상완 이두근의 최대 작용 시간도 길어져 그에 따른 축성 압박력이 극대화되어 나비형 골절편이 발생한 것으로 추론할 수 있다.

본 연구에서 조사된 모든 환자의 골절은 상완골 중위에서 원위부 사이에 나선 형태로 위치하였으며 이는 Kruczynski 등<sup>6</sup>이 가상 실험 모델을 통해 팔씨름 시 상완골 원위 말단으로부터 115 mm 근위, 후내측 부위를 중심으로 골에 최대의 회전력이 가해짐을 증명한 바를 뒷받침한다. 또한, Pedrazzini 등<sup>10</sup>은 상완골 각 부위별 골밀도 측정을 통해 원위 1/3 부위가 가장 골밀도가 낮음을 보고하였으며, 고해상도 컴퓨터단층촬영 검사상 상완골 축상 단면의 내/외경 측정을 통해 상완골 중원위부가 가장 골절에 취약함을 보고하였다.

기존 연구들의 사례를 분석하면 팔씨름으로 인한 골절이 대부분 프로 선수가 아닌 일반인 혹은 아마추어 선수에게서 발생하였음을 알 수 있다<sup>4,8,11</sup>. 본 연구에서도 프로 선수에서 발생한 골절은 없었으며 모두 일반인에서 골절이 발생하였다. 이러한 현상에 대해 Kruczynski 등<sup>6</sup>은 아마추어들의 잘못된 팔씨름 기술로 인한 것으로 분석하였고, 특히 상완-관절과 관절에 팔을 지탱하는 자세가 손상을 더 유발하는 것으로 판단하였으며, 이러한 경향은 투구 도중 팔 비틀림에 의해 발생한 골절에서도 관찰되고 있다<sup>12,13</sup>.

기존의 증례 보고들은 주로 2000년 이전의 것으로<sup>3,4,14</sup>, 치료 또한 현수석고붕대(hanging arm cast)나 기능성 보조기를 이용한 보존적 치료가 주를 이루었다. 본 연구에서는 1례를 제외하고는 모두 수술적 치료를 시행하였는데, 모두 젊고 활동적인 연령의 환자이며, 빠른 회복과 재활운동을 필요로 하고 훈련 및 근무 환경으로 최대한 빨리 돌아가야 하는 상황을 고려한 결정이었으며, 이는 2000년 이후 보고되는 연구에서 수술적 치료가 많아지고 있는 것과도 일치한다<sup>5,6,11</sup>. 실제 회복 기간도 수술한 환자들은 통증이 호전되는 대로 일상 활동에 제한을 두지 않아 수술 후 2주 경에 대부분 일상생활로 복귀하였으나, 보존적 치료를 시행한 환자는 수상 후 8주까지 보조기를 유지하면서 골절의 전위 및 지연 유합에 대한 주의가 필요했다. 골절의 특성상 나선형 골절이고 변형이 심하지 않아 보존적 치료로 유합을 얻을 수 있으나, 기존 연구에서도 보존적 치료의 평균 회복 기간을 8주에서 12주로 보고하고 있으며<sup>3,4</sup> 석고 붕대를 이용한 고정 치료 중 발생한 재골절로 인해 추가적인 고정을 시행한 경우 또한 보고 되고 있어<sup>8</sup> 수술을 위한 마취가 크게 부담스럽지 않은 젊은 연령에서는 수술적 치료가 선호될

수 있다.

본 연구는 후향적 연구로써, 골절 발생 당시 상황에 대한 정보는 환자 개인의 회상에 의존하였고 이로 인한 정보의 왜곡이나 오류를 고려해야 하는 한계점이 있다. 또한, 본 연구의 증례들은 모두 젊은 남성 환자에서 발생한 골절로 다양한 연령대의 환자와 여성 환자들에 대한 연구가 이루어지지 못하였다. 다른 연구들에서 골절 발생의 연관 인자로 다루었던 연령과 성별, 경기 중 팔에 체중을 실었는지 여부와 같은 더 다양한 인자들과 골절 발생과의 연관성에 대해 연구할 수 있었다면, 추가로 모든 환자에서 컴퓨터단층촬영 검사를 시행할 수 있었다면 더 다양하고 의미 있는 분석이 가능하였을 것이라는 아쉬움이 있다. 하지만, 세계적으로 발표된 팔씨름 관련 문헌 보고 중 경기 시작 후 골절까지의 시간과 나비형 골절편 발생과의 연관성 및 그 원리에 대해 분석한 바는 아직 없으며, 국내에서 팔씨름으로 인한 상완골 골절에 대해 가장 많은 증례를 보고한 것으로서 그 의미가 있다고 생각한다.

결론적으로, 본 연구 사례들을 통해 경기 상황이 비기거나 지는 상황에서 골절이 일어날 가능성이 높음을 알 수 있었다. 또한, 서로 간에 힘이 비등하여 경기가 장기화될 경우 나비형 골절이 발생할 가능성이 높음이 확인되었다. 골절 부위는 이전에 발표된 대부분의 보고와 같이 중간부에서 원위부에 걸친 나선형 골절로 내측의 나비형 골편을 동반하는 경우가 있었다. 또한, 본 연구 증례의 모든 환자는 젊고 건강한 20대 남성으로, 골절을 유발할 만한 특이 기저질환이 없는 환자들이었다. 이와 기존에 보고된 사례들을 분석하였을 때, 세계적으로 팔씨름으로 인한 골절은 적지 않은 빈도로 발생하고 있으며 문헌으로 보고되지 않은 골절 사례들과 경증의 부상 사례들을 고려한다면 팔씨름 도중 더 많은 부상 사례들이 발생하고 있을 것으로 추정되며, 이는 팔씨름 기술의 부족과 함께 이러한 손상에 대한 인식이 부족하기 때문으로 판단된다. 특히, 경쟁 심리가 강한 학교나 군대, 계급 질서가 잡혀 있는 직장 등의 집단에서 팔씨름을 시행할 때에는 골절의 위험성에 대해 경각심을 더 가질 필요가 있다.

#### Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

## References

1. Biondi J, Bear TF. Isolated rupture of the subscapularis tendon in an arm wrestler. *Orthopedics* 1988;11:647-9.
2. Pratt DA, Tennent TD. Proximal biceps rupture: management of an unusual injury in an arm wrestler. *Br J Sports Med* 2007;41:459.
3. Moon MS, Moon YW, Sihm JC, Kim SS. Arm-wrestler's injury: a report of thirteen cases. *J Orthop Surg* 1997;5:29-34.
4. Ogawa K, Ui M. Humeral shaft fracture sustained during arm wrestling: report on 30 cases and review of the literature. *J Trauma* 1997;42:243-6.
5. Yoon YH, Ha JK, Choi KE, Lee KH, Shin SJ. The fractures of humerus shaft and medial epicondyle by arm wrestling. *J Korean Fract Soc* 2006;19:437-42.
6. Kruczynski J, Nowicki JJ, Topolinski T, et al. Radiological and biomechanical analysis of humeral fractures occurring during arm wrestling. *Med Sci Monit* 2012;18:CR303-7.
7. Korean Agency for Technology and Standard. The 7th national anthropometric survey report. Eumseong: Korean Agency for Technology and Standard; 2015.
8. Whitaker JH. Arm wrestling fractures: a humerus twist. *Am J Sports Med* 1977;5:67-77.
9. Silva DC, Silva Z, Sousa Gda C, et al. Electromyographic evaluation of upper limb muscles involved in armwrestling sport simulation during dynamic and static conditions. *J Electromyogr Kinesiol* 2009;19:e448-57.
10. Pedrazzini A, Pedrazzoni M, De Filippo M, Nicoletto G, Govoni R, Ceccarelli F. Humeral fractures by arm wrestling in adult: a biomechanical study. *Acta Biomed* 2012;83:122-6.
11. Ahcan U, Ales A, Zavrsnik J. Spiral fracture of the humerus caused by arm wrestling. *Eur J Trauma* 2000;26:308-11.
12. Ogawa K, Yoshida A. Throwing fracture of the humeral shaft: an analysis of 90 patients. *Am J Sports Med* 1998;26:242-6.
13. Chao SL, Miller M, Teng SW. A mechanism of spiral fracture of the humerus: a report of 129 cases following the throwing of hand grenades. *J Trauma* 1971;11:602-5.
14. Heilbronner DM, Manoli A 2nd, Morawa LG. Fractures of the humerus in arm wrestlers. *Clin Orthop Relat Res* 1980; (149):169-71.