



단순 주관절 후방 탈구의 새로운 손상 기전과 치료 방침

류인혁[✉]

포항세명기독교병원 정형외과, 상지 및 미세수술센터

New Injury Mechanism and Treatment Algorithm of Posterior Elbow Dislocation

In Hyeok Rhyou, M.D.[✉]

Department of Orthopedic Surgery, Upper Extremity and Microsurgery Center, Semyeong Christianity Hospital, Pohang, Korea

Received November 28, 2018

Revised December 25, 2018

Accepted December 25, 2018

✉Correspondence to:

In Hyeok Rhyou, M.D.
Department of Orthopedic Surgery,
Upper Extremity and Microsurgery
Center, Semyeong Christianity
Hospital, 351 Posco-daero, Nam-gu,
Pohang 37816, Korea
Tel: +82-54-289-1765
Fax: +82-54-289-1766
E-mail: osdrrih@gmail.com

Financial support: None.

Conflict of interests: None.

Although the concept of a single elbow dislocation mechanism, in which all dislocations start from the lateral side of the elbow joint and progress to the medial side, has never been able to explain the various conflicting experimental and clinical observations thus far, new studies and proposals for a valid mechanism have not been reported. The new proposal for posteromedial and posterolateral dislocation of the elbow joint according to the authors' study and the new treatment algorithm based on this new study can explain the various clinical and experimental results that have been difficult to explain, and provide a reasonable approach to the treatment of elbow dislocations.

Key Words: Elbow dislocation, Posteromedial and posterolateral dislocation, Treatment algorithm

서론

1992년 O'Driscoll 등¹⁾이 보고한 단순 주관절 탈구 기전에 대한 Hori cycle에 의하면 모든 주관절 탈구는 외측인대 손상에서 시작되어 점점 내측으로 진행된다는 것으로 알려져 왔으며 이러한 기전에 기초한 치료 방침이 제안되어 왔다. 하지만 Josefsson 등²⁻⁴⁾의 임상 연구에 의하면 탈구된 주관절에 대해 내측 및 외측에 대한 수술적 탐색술 시 척측 측부인대(ulnar collateral ligament, UCL)의 파열 빈도가 외측 척측 측부인대(lateral ulnar collateral ligament, LUCL)보다 훨씬

많으며 UCL의 파열이 주관절 탈구에 선행한다고 하고 있으며 Søjbjerg 등⁵⁾의 실험적 연구에서 주관절 탈구를 인위적으로 유발하였을 때 UCL의 파열이 LUCL 파열보다 항상 많았다고 보고하는 등 Hori cycle으로는 설명하기 어려운 점도 많았다. 그리고 실제 주관절의 탈구를 분류하였을 때 대부분 후 외측 탈구이며 후내측 탈구는 매우 적은 것으로 알려지는⁶⁾ 등 기존의 이론으로는 설명하기 어려운 점이 적지 않았다. 그리고 대부분의 환자들이 수상 당시의 상황을 정확하게 기억하는 것도 아니어서 수상 당시의 병력 청취에 의한 기전 연구도 쉽지 않은 현실이다. 최근 Schreiber 등⁷⁾의 주관절 탈구에 대한

video 연구에서 주관절 탈구는 내측에서 먼저 진행되는 것으로 판단된다고 결론짓고 있다. 이처럼 여러 임상적, 실험적 및 관찰 연구 결과들이 기존의 주관절 탈구 기전에 대한 설명과 대치되고 있지만 아직까지 이를 설명할 뚜렷한 연구 및 가설이 없는 형편이었다. 자기공명영상(magnetic resonance imaging, MRI) 검사는 연부조직의 손상 평가에 유용하며 후방 소두골 골좌상은 회전 손상에 의한 골충돌에 의해 발생하며 수상 기전을 반영해주는 것으로 알려져 있다.⁸⁻¹⁰⁾ Rhyou와 Kim¹¹⁾은 객관적인 MRI 결과를 활용하여 연부조직의 손상 형태와 골좌상의 부위에 대한 연구를 통해 2012년에 주관절 후방 탈구에 대해 새로운 탈구 기전을 제안한 바 있으며, 저자들은 이러한 개념에 기반을 두고 새롭게 치료 방침을 개발하고 전향적으로 단순 주관절 탈구 치료에 적용하였다. 그동안 시행된 급성 불안정성 주관절 탈구에 대한 치료 방침(treatment algorithm)을 소개하고 적용한 치료 결과를 보고하고자 한다.

본 론

1. 역학

주관절 탈구는 견관절 탈구 다음으로 탈구가 흔히 일어나는 관절로 대부분 도수정복 후에 보존적으로 치료가 가능하지만 일부에서는 정복 후에도 재탈구나 아탈구가 지속되어 수술적 치료가 필요하다. 최근 Mayne 등¹²⁾이 시행한 연구에 의하면 주관절 탈구 후 수술적 치료가 필요했던 경우는 1.5%였다고 하며 젊고 활동적인 환자나 고령의 환자에서 수술적 치료가 필요했던 경우가 많다고 보고하고 있다. 주관절 탈구는 평생 동안 인구 10만 명당 6-13명 정도로 발생하는 것으로 알려져 있으며³⁾ 여성에 비해 남성에서 2.0-2.5배 많이 발생한다.¹³⁾ 주로 10-20세 전후의 활동적인 연령군에서 가장 많이 발생하며 스포츠 손상이 약 40% 정도 차지한다.¹³⁾

2. 해부학

주관절의 안정성은 척골상완 관절(ulnohumeral joint)과 요상완 관절(radiocapitellar joint)로 이루어진 골성 안정성(bony stability)이 가장 중요하며 내측 측부 인대와 외측 측부 인대 복합체로 이루어진 측부 인대, 그리고 관절막(joint capsule)이 추가적인 정적인 안정성을 제공해 주고 있다.¹⁴⁾ 주관절 주위의 근육인 내측의 회내-굴곡근(pronator teres-

flexor group)과 외측의 신전 근육군(extensor group)은 각기 내측 측부 인대 및 외측 측부 인대를 덮으며 동적 안정제(dynamic stabilizer)로 작용하며 주관절을 가로지르는 상완근(brachialis), 삼두근(triceps)과 주근(anconeus)이 역시 동적인 안정물로 작용한다.¹⁵⁾ 내측 측부 인대는 전방 밴드(anterior bundle), 후방 밴드(posterior bundle)와 횡 밴드(transverse bundle)라는 세 개의 중요 섬유속(bundles)으로 이루어져 있으며 이 중 전방 밴드가 역학적으로 외반력(valgus force)에 대한 주요 일차 저항체(primary resistant)로 작용하며 주관절의 굴곡 및 신전 관절 운동 시 등척점(isometric point)에 가깝다.^{16,17)} 후방 밴드는 주관절의 신전 운동 시는 주름지며 주관절 굴곡 시는 늘어나서 주로 외상성 주관절 강직에서 굴곡 장애를 일으키는 주요 구조물로 작용하고 외반력에 대한 저항 작용은 주관절 굴곡 상태를 제외하고는 미미하며 이차적 외반 안정물로 작용한다. 횡 밴드는 전방 밴드와 후방 밴드 사이에 위치하며 작용은 거의 없다.¹⁸⁾ 요골두는 외반력에 대한 이차적 저항체이며 30% 정도 외반력을 담당하며 내측 측부 인대가 결손 되었을 때는 75%까지 외반력을 담당한다.¹⁸⁾ 외측 측부 인대 복합체는 요측 측부 인대(radial collateral ligament), LUCL, 윤상 인대(annular ligament)로 이루어지며 내반력에 대한 주요 저항체로 작용하며¹⁹⁻²¹⁾ 요골두의 후외측방 탈구 posterolateral dislocation)도 방지하는 역할을 한다.^{6,22)} 내반력에 대한 골성 저항물로는 구상돌기 전 내측 부분(anteromedial facet)과 원위 상완골 활차(trochlea)의 내측면이 관여하며¹⁸⁾ 후내측 회전 불안정성(posteromedial rotator instability)에서 외측 측부 인대 복합체와 함께 병리 기전에 관여한다.¹⁸⁾ 조직학적으로 내측 측부 인대의 표면에 위치하는 회내-굴곡 근육군은 주로 근섬유로 이루어져 내측 측부 인대와 분리가 비교적 용이하지만 외측 측부 인대의 경우는 표면에 위치하는 신전 근육군의 섬유막(fascia)과 긴밀하게 섞여 있어 층층 분리가 용이하지 않으며 외부 손상력에 대해 함께 파열되는 양상을 보이는 경향이 강하다.

3. 새로운 손상 기전

전방 십자인대 파열에서 MRI 검사를 시행하였을 경우 관찰되는 대퇴골과 경골의 골좌상(bony contusion)은 대퇴골에 대한 경골의 외회전에 의해 발생한다고 이미 잘 알려져 왔다. 이런 결과와 유사하게 주관절 탈구에서 관찰되는 상완골과 척골, 요골두의 골좌상과 내외측 측부 인대의 파열 양상은 손상력의 작용 방향과 손상 기전을 반영해준다.^{10,11)}

저자의 연구에 의하면 주관절 탈구에서 관찰되는 골좌상은 요골두 및 후방 소두(posterior capitellum)에서 관찰되는 외측 골좌상(lateral bony contusion)과 근위 척골 및 후내측 활차에서 관찰되는 내측 골좌상(medial bony contusion)의 두 가지 형태로 나타났다.¹¹⁾ 골 좌상의 발생 부위와 주관절 탈구의 형태는 서로 달라서 외측 골좌상은 대부분 후외측 주관절 탈구에서 관찰되었으며 내측 골좌상은 오로지 후내측 주관절 탈구에서만 관찰되어 기존의 개념과는 달리 후내측 탈구와 후외측 탈구는 완전히 다른 손상 기전에 의해 발생하는 것으로 추정된다(Fig. 1). 외측 골좌상은 전완부에 가해지는 외회전력에 의해 요골두가 후외측으로 탈구되면서 후방 소두와 충돌하여 발생하는 것으로 추정되며 이는 이전의 다른 연구¹⁰⁾에서도 이미 규명된 바가 있다. 내측 골좌상은 주관절에 가해지는 내반력에 의해 외측 측부 인대 복합체 및 신전근이 신연성 파열되고 이어지는 전완부 외회전 시 근위 척골과 후내측 활차가 충돌할 때 생기는 것으로 생각된다(Fig. 2).

내측 및 외측 측부 인대와 인접 근육군과의 손상 형태도 주관절 탈구 형태에 따라 완전히 차이가 있다. 후외측 탈구

의 경우에는 내측 측부 인대가 주로 내측 상과(medial epicondyle)에서 파열되면서 멀어지는 형태였으며 이는 주관절 내측에 가해지는 외반력에 의해 내측 측부 인대가 파열되는 형태로 추정되며 표면에 위치한 회내-굴곡근은 온전한 경우도 많았다. 이 이유는 내측 측부 인대는 내측 상과에서 척골의 sublime tubercle에 붙는 짧은 길이의 구조물인데 반해 회내-굴곡근은 훨씬 가동 범위(excursion)가 긴 구조물이어서 외반력에 의해 신연성 손상력(distractive injury)이 주어지더라도 길이 변화에 대한 손상이 적기 때문으로 생각된다. 외측 측부 인대의 파열 형태는 표면의 신전근과 함께 부착하는 외측 상과(lateral epicondyle)에서 파열되는 형태였지만 내측 측부 인대 파열과는 달리 부착 부위에 인접해 있었으며, 이는 주관절에 가해지는 전완부 외회전력에 의해 후외측로 탈구되는 요골두에 의해 긴장되면서 계속 가해지는 전완부 외회전력에 의해 외측 상과에서 벗겨지며(peel-off) 손상되는 것으로 생각된다. 이에 반해 후내측 탈구의 경우는 후외측 탈구와는 완전히 다른 형태로 외측 측부 인대는 위의 신전근과 함께 외측 상과에서 완전히 파열되면서 멀어지는 신연성 손상 형

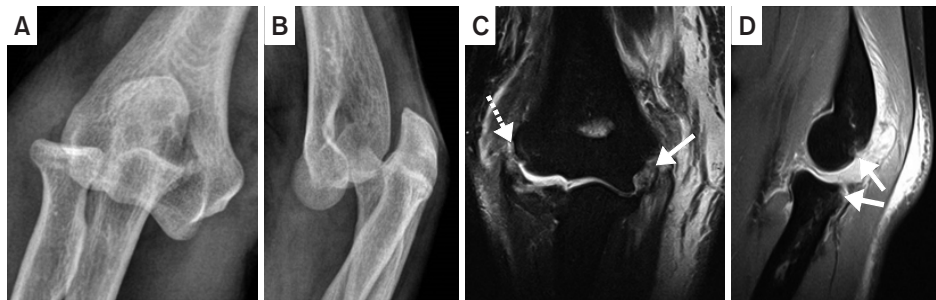


Fig. 1. (A, B) Simple anteroposterior and lateral radiographs of posterolateral dislocation of the elbow joint. (C) On the fat-suppressed T2-weighted coronal view of the magnetic resonance imaging scan, there are distractive injury patterns of the ulnar collateral ligament and flexor-pronator teres muscles caused by the valgus force applied medially (solid arrow) and stripping injury pattern of the lateral collateral ligament complex caused by the forearm external rotational force (dotted arrow) appearing ‘peeled-off’ from the lateral epicondyle and located near the original attachment site. (D) Lateral bony contusion seen on the posterior capitellum and radial head (solid arrows) on the fat-suppressed T2-weighted sagittal view.

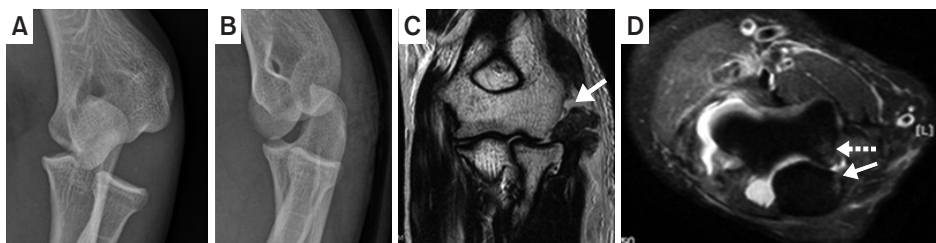


Fig. 2. (A, B) Simple anteroposterior and lateral radiographs of posteromedial dislocation of the elbow joint. (C) On the T1-weighted coronal view of magnetic resonance imaging (MRI) scan, there is a distractive injury pattern of the lateral collateral ligament complex caused by the varus force and migrated distally from the original attachment site of the lateral epicondyle (solid arrow). (D) On the T2-weighted fat suppressed axial view of the MRI scan, there is medial bony contusion on the posterior trochlea (dotted arrow) and proximal ulna (solid arrow).

태를 보여 주었으며 이는 외측에 가해진 내반력에 의한 것으로 생각된다.

주관절에 가해지는 외상력은 일차적으로 가장 먼저 저항하는 구조물에 가장 큰 손상을 가져오는 것이 일반적이다. 내측 및 외측에 대한 연부조직의 손상 범위에 대한 연구는 첫 손상력이 내측에 먼저 주어졌는지 외측에 먼저 주어졌는지를 구분할 수 있는데^{11,23)} MRI 지방 억제 촬영(MRI fat-suppression view)을 이용한 분석에서 후외측 탈구의 경우는 대부분 내측 회내-굴곡근의 손상 범위가 넓었으며 후내측 탈구의 경우는 외측 신전근에서 손상 범위가 광범위하게 관찰되는데 이는 Schreiber 등²³⁾의 연구에서도 밝혀지고 있다.

이상의 소견을 종합할 때 주관절 후외측 탈구는 내측의 연부조직의 손상이 더 광범위하고 내측 측부 인대가 외반력에 의한 손상 형태로 나타나면서 외측 요골두 및 후방 소두에 전완부 외회전력에 의한 충돌로 인한 외측 골좌상이 관찰되었다. 후내측 탈구는 연부조직 손상이 외측이 오히려 더 광범위하고 내반력에 의한 신연성 손상 형태를 보이며 내측 활차와 구상돌기의 전내측면에 내측 골좌상이 관찰되었다. 따라서 가장 흔한 후외측 탈구는 기존의 개념과는 정반대로 주관절에 가해지는 외반력에 의해 먼저 내측 측부 인대가 먼저 파열되고 이어 활차 절흔(trochlear notch)에 놓여 있던 구상돌기가 빠져 나오며(disengagement) 순차적으로 작용하는 전완부 외회전력에 의해 요골두와 근위 척골이 함께 후외측 방으로 전위되면서 외측 측부 인대 복합체와 신전건을 벗겨지는 형태의 손상을 가져오며 탈구가 발생하게 된다(Fig. 3). 이에 반

해 후내측 탈구는 먼저 외측에 가해지는 주관절 내반력에 의해 외측 측부인대 복합체와 신전근이 함께 신연성 손상을 입고 지속되는 내반력에 의해 구상돌기가 역시 활차 절흔에서 빠져나온 후 순차적으로 가해지는 외회전력에 의해 근위 척골과 후내측 활차가 충돌되어 내측 골좌상이 발생하고 요골두와 근위 척골이 함께 후내측으로 전위되면서 탈구가 발생한다. 그리고 내측으로의 전위 정도에 따라 내측 측부 인대는 파열될 수도 있다(Fig. 4).

후내측 탈구에 비해 후외측 탈구가 훨씬 많은 이유는 해부학적으로 주관절이 외반주(cubitus valgus)여서 전완부를 통해 가해지는 축성력이 주관절에 외반력으로 작용하기 때문이며 또 다른 요인으로는 구상돌기가 주관절 중심에서 내측에 가까이 있기 때문이다.¹¹⁾ 즉 주관절 탈구에서 구상돌기가 골절되지 않고 활차 절흔에서 빠져 나오려면 구상돌기가 활차 절흔에서 빠져 나온 후에 전완부가 회전되어야 하는데 외측에 비해 내측에서는 상대적으로 조금만 외반되어도 쉽게 활차 절흔에서 구상돌기가 빠져 나올 수 있어 상대적으로 적은 에너지가 필요하기 때문으로 생각된다.

4. 분류

주관절의 탈구 방향에 상완골에 대해 근위 요척골이 전위되는 방향을 기준으로 후방 탈구, 전방 탈구, 내측 및 외측 탈구, 분리형 탈구(divergent dislocation)로 분류하고 있지만 후방 탈구가 대부분이며 전방 탈구는 전체의 1%~2% 이내로

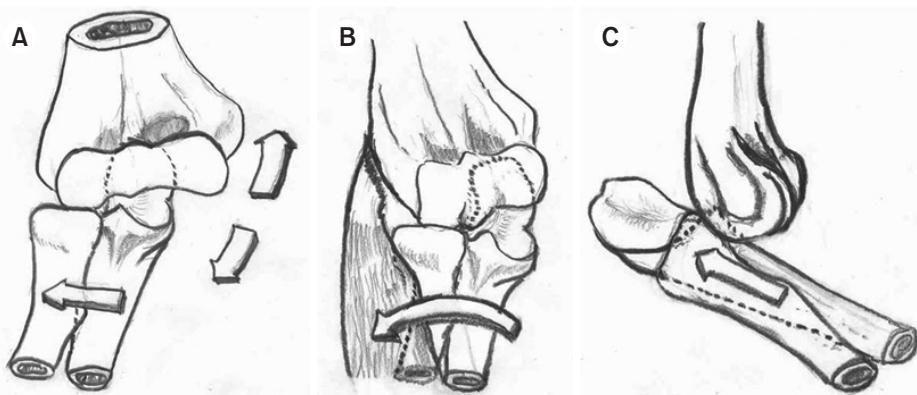


Fig. 3. Sequential scenario of the most common posterolateral dislocation of the elbow joint. (A) The axial force applied along the forearm during the initial injury converts to a valgus force at the medial side due to the cubitus valgus and causes distractive injury of the ulnar collateral ligament and flexor-pronator teres muscles. By the ongoing valgus force, the coronoid process is disengaged from the trochlear notch and the forearm displaces laterally at the first step. (B) Accompanying forearm external rotation displaces the radial head posterior to the posterior capitellum and causes abutment between the radial head and the posterior capitellum, which leads to a lateral bony contusion. (C) Finally, the posterolateral dislocation of the elbow joint develops by the continuously applied axial force.

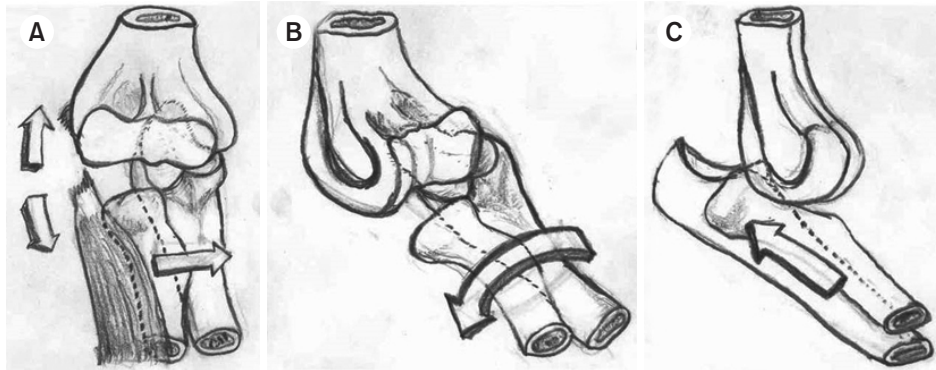


Fig. 4. Sequential scenario of the rare posteromedial dislocation of the elbow joint. (A) The axial force applied along the forearm during the initial injury converts to a varus force at the lateral side, which is rare due to the common cubitus valgus characteristics and more commonly seen in less valgus carrying angle, and causes the distractive injury of the lateral collateral ligament complex and extensor muscles. By the ongoing varus force, the coronoid process is disengaged from the trochlear notch and the forearm displaces medially at the first step. (B) Accompanying forearm external rotation displaces the radial head posterior to the posterior capitellum without impaction and causes abutment between the proximal ulna and the posteromedial capitellum, leading to the medial bony contusion. (C) Finally the posteromedial dislocation of the elbow joint develops by the continuously applied axial force.

거의 없다.²⁴⁾ 분리형 탈구는 주로 고 에너지 손상에 의한 탈구로 더욱 드물다. 후방 탈구는 다시 순수한 후방 탈구, 후내측 탈구, 후외측 탈구로 나눌 수 있으며 실제 임상에서 만나는 대부분의 탈구는 후외측 탈구이다. 탈구된 시기를 기준으로 급성, 만성과 반복성 탈구로 나눌 수 있고, 급성과 만성의 시기 기준에 대해서도 아직 정립된 상태는 아니지만 2주 이내를 급성, 2주에서 6주 사이가 아급성, 6주 이상을 만성으로 분류²⁵⁾하며 주관절 탈구가 1주 이상 경과된 경우는 일반적으로 도수 정복이 어렵다.⁶⁾ 본 논문은 가장 흔한 단순 후방 주관절 탈구의 급성기 손상에 대한 연구를 중심으로 기술하고자 한다.

5. 진단

일단 주관절 탈구가 의심되면 도수 정복을 시도하기 전에 반드시 동반될 수 있는 신경 손상이나 혈관 손상에 대한 평가가 먼저 이루어져야 한다. 특히 척골 신경과 정중 신경, 요골 신경에 대한 평가가 중요하며 전완부의 혈행 상태를 확인하여 상완 동맥의 손상이 있는지 파악하는 것이 중요하다. 주관절 탈구와 동반된 신경 및 혈관의 이상 소견은 대부분 수술적 치료를 필요로 한다. 그리고 전완부의 부종 상태를 확인하며 구획 증후군(compartment syndrome)의 위험성이 있을 경우도 자주 확인하여 적절히 치료하여야 한다. 만약 상완 동맥의 손상이 의심되는 경우는 혈관 조영술(angiogram)을 찍는 것이 좋지만 요즘은 자기공명영상 혈관조영술(magnetic resonance angiogram)이나 컴퓨터 단층촬영 혈관 조영술

(computed tomography [CT] angiogram)을 시행하여 간편히 확인할 수도 있다. 약 10%–15%에서는 어깨 및 손목 부위의 손상을 동반하기도 하여 주의하여야 한다.¹³⁾ 단순 방사선 사진은 적어도 정면 및 측방 사진은 찍는 것이 좋으며 단순 방사선 사진상 구상돌기나 요골두의 골절이 동반되는 경우는 CT와 MRI 같은 추가적인 정밀 검사를 시행하는 것이 좋다. 일단 주관절 탈구에 대해 단순 방사선 사진을 촬영하면 후내측 탈구인지 후외측 탈구인지의 구별이 매우 중요하다. 일반적으로 후외측 탈구의 경우가 대부분으로 도수 정복 후 대부분 안정적으로 보존적인 치료가 가능하지만 후내측 탈구의 경우는 드물다. 이에 반대로 대부분 도수 정복 후에도 불안정하거나 도수 정복 자체도 아예 되지 않는 경우가 많아 수술적 치료로 이어지는 경우가 대부분이다. 따라서 후내측방 탈구나 후외측방 탈구라도 전위가 많거나 주관절 내측 및 외측 상과 부위에 축진 시 연부조직 손상이 심해 간격(gap)이 느껴지는 경우는 수술적 치료가 필요할 수 있어 MRI 검사를 시행하는 것이 도움이 된다.

6. 치료

1) 보존적인 치료

다른 동반 손상이 없는 단순 주관절 후외측 탈구로 진단되면 도수 정복이 우선 시도된다. 도수 정복은 그냥 시도하기 보다는 적절한 마취나 통증 조절하에 시행하는 것이 좋으며 도수 정복에 가장 큰 저항체인 근육의 경직(spasm)을 이완시켜 정복을 쉽게 해준다. 일반적으로 가장 흔한 후외측 탈구

의 경우 전완부를 회외전한 상태에서 원위부로 견인하여 주두골을 앞으로 밀면서 주관절을 약간 굴곡시키면 비교적 쉽게 정복된다. 만약 도수 정복이 잘 되지 않을 시 여러 차례 다시 시도하는 것은 관절 연골 손상의 위험이 있어 추천되지 않으며¹³⁾ 최근에는 여러 번 도수 정복을 시도할 경우 이소성 골화증의 발생 위험이 높아진다고도 보고되고 있다.²⁶⁾ 정복 시도 후 바로 시행하는 외반 부하 검사(valgus stress test), 내반 부하 검사(varus stress test) 및 후외측방 회전 불안정성 검사(posterolateral rotatory instability)는 모두 이상 소견을 보이기 때문에 수술적 치료 방침을 결정하지는 않는다. 신전 및 30° 굴곡 상태에서 행하는 외반 부하 검사 시에는 전완부를 회외전시켜 외측을 안정화시키고 행하여야 하며 내반 부하 검사는 전완부를 회내전시킨 상태에서 행한다. 다만 내반 및 외반 부하검사상 느껴지는 저항감은 연부조직의 손상 정도를 판단하는 데 유용하다.²⁷⁾ 내외측 부하 검사 시에 견고한 저항 없이 벌어지는 경우는(absence of firm-end point) 내외측 측부 인대와 이들을 덮고 있는 회내 및 굴곡 근육군이나 신전 근육군의 손상이 동반되었을 가능성이 높다.²⁷⁾ 주관절 정복 후 수동적으로 신전시키면서 관절의 안정성을 확인하는 것이 중요하며 만약 주관절 안정시키기 위해서 30°-45° 이상 굴곡시켜야 할 경우는 수술적 치료의 대상이 될 수 있다.²⁸⁾ 도수 정복 후 안정적인 주관절이 확인되면 정복 후에 신경학적 검사와 혈액 순환에 대한 재평가가 필요하며 정복 후에는 주관절을 90° 굴곡시킨 상태에서 부목 고정하고 단순 방사선 사진을 찍어 잘 정복되어 있는지 골편이나 다른 소견이 있는지 확인해야 한다. 정복 후 고정을 1주 가량 시행한 다음 경첩 보조기(hinge brace)를 착용하고 관절 운동의 제한 없이 능동적 관절 운동을 허용하여 4-6주까지는 관절 운동 범위를 회복시키는 것이 좋다. 고정 기간이 길 경우 신전 장애를 남기는 경우가 많아 적어도 3주 이상 고정하여서는 안된다.²⁹⁾ 만약 정복 후 시행한 수동적 관절 운동 검사상 20° 가량의 굴곡 상태에서 다시 재탈구되거나 불안정한 소견이 보이면 경첩 보조기를 착용시켜 20° 가량의 신전을 제한한 채 능동적 관절 운동을 허용하다가 약 1주 간격으로 점차 신전 범위를 늘려가면서 적어도 6주까지는 관절 운동 범위를 회복시키는 것이 좋다.

2) 수술적 치료

단순 후외측 탈구의 경우라도 도수 정복 후 안정적인 주관절을 유지하기 위해 30°-40° 이상의 굴곡이 필요하면 수술적 치료를 고려할 수 있으며²⁸⁾ 후내측 탈구의 경우는 대부분

수술적 치료가 필요하다는 것을 염두에 두는 것이 좋다. 피부 절개의 경우 파열된 내측 및 외측 인대에 대한 봉합술을 위해 각각 내측 및 외측 피부 절개를 따로 하거나 후방에 종으로 단일 피부 절개를 한 후 필요에 의해 외측 또는 내측의 피판을 들어올린 후 시행한다. 후방 단일 피부 절개의 경우 주관절 양측에 대한 접근을 쉽게 하고 피부 감각 신경 손상의 위험이 적어 선호되는 방식이다.^{30,31)}

기존의 개념과는 달리 먼저 수술적 치료가 필요한 후외측 탈구의 경우 탈구가 시작하는 내측에 중점을 두고 인대 봉합술의 필요 여부를 판단한다. MRI 검사상 내측 측부 인대 파열과 위의 회내-굴곡 근육군의 파열이 함께 있는 경우(dual complex lesion)³²⁾에는 내측 부위에 봉합술이 필요할 가능성이 높으며 최종적인 판단은 마취하에 이루어지는 외반 부하 검사에 의존한다. 만약 30° 굴곡, 전완부 회내전 상태에서 행한 외반 부하 검사상 단단한 끝 느낌(firm-end point)이 없이 벌어지거나 탈구되는 경우 먼저 내측 측부 인대를 봉합한 후 다시 수동적 관절 운동을 시켜 안정적인지 여부를 판정한다.³³⁾ 만약 안정적이면 외측에 대한 인대 봉합술은 시행하지 않으며 만약 지속적으로 여전히 불안하다면 외측 측부 인대 봉합술까지 시행한다(Fig. 5). 수술 후 주관절이 안정적으로 되면 수술 후 1주 정도 90° 굴곡 상태에서 장상지 부목 고정한 후 경

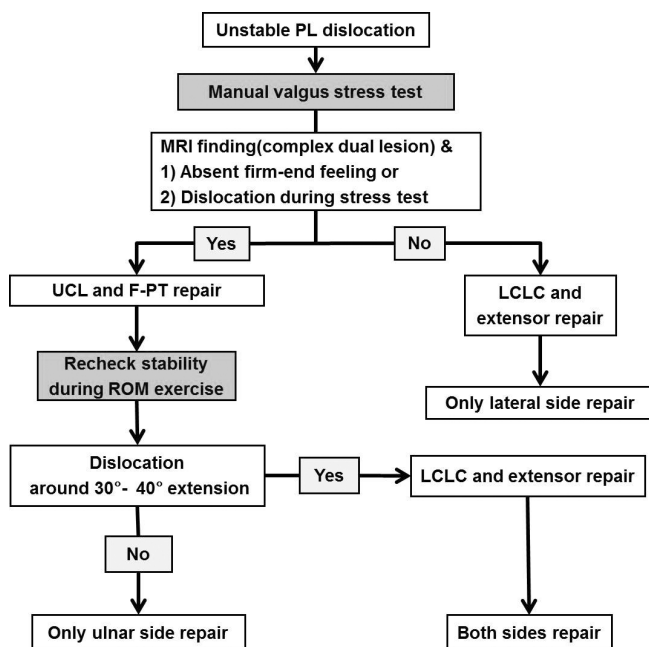


Fig. 5. Treatment algorithm for the unstable posterolateral (PL) dislocation of the elbow joint. MRI: magnetic resonance imaging, UCL: ulnar collateral ligament, F-PT: flexor-pronator teres, LCLC: lateral collateral ligament complex, ROM: range of motion.

첩 보조기를 하고 능동적 주관절 운동을 허용한다. 만약 수술장에서 인대 봉합술 후에도 신전 10° – 30° 정도에서 불안정하면 경첩 보조기로 약 2주 정도 신전을 제한시킨 후 술 후 3주 정도부터는 점차 신전을 늘려가며 6주경까지는 관절 운동 범위를 얻도록 하는 것이 좋다. 술 후 6주가 지나면 간헐적으로 보조기를 풀 수 있지만 일상 생활에서도 인대가 성숙하는 술 후 3개월까지는 착용하는 것이 좋다.

후내측 탈구는 드물며 외측에 먼저 작용하는 내반력에 의해 외측 척측 인대 복합체와 신전 근육군이 신연성 파열되며 심부 섬유막까지 파열되어 원위부로 전위된다. 계속되는 내반력에 의해 전완부도 내측으로 이동하면서 이어 가해지는 전완부 외회전력에 의해 후방으로 탈구된다. 따라서 전완부의 내측 전위 정도에 의해 내측 측부 인대를 비롯한 회내-굴곡 근육군의 손상 범위가 결정된다. 외측에서 LUCL 복합체와 신전 근육군이 파열되어 원위로 전위되므로 탈구된 주관절 정복 후에도 원래의 부착 부위인 외측 상과 부위로 정복되지 않아 치유되기 어려우며 일상 생활의 대부분 일들이 주관절에 내반력을 주는 상황이므로 더더욱 치유가 어렵기 때문에 대부분 수술적 치료가 필요하다. 먼저 외측으로 접근하여 외측 척측 인대 복합체와 신전근을 봉합하며 이후 주관절 운동 범위를 검사하여 내측 인대 봉합술의 필요 여부를 확인한다. 만약 외측에 대한 수술 후에도 주관절의 운동 범위가 안정적이지 않으면 추가적으로 내측에 대한 수술을 결정하며 그렇지 않으면 외측 인대 봉합술로 충분하고 술 후 재활 운동은 동일한 방법으로 이루어진다(Fig. 6). 또한 단순 방사선 사진을 촬영하여 잘 정복된 주관절을 확인하는 것이 중요하다.

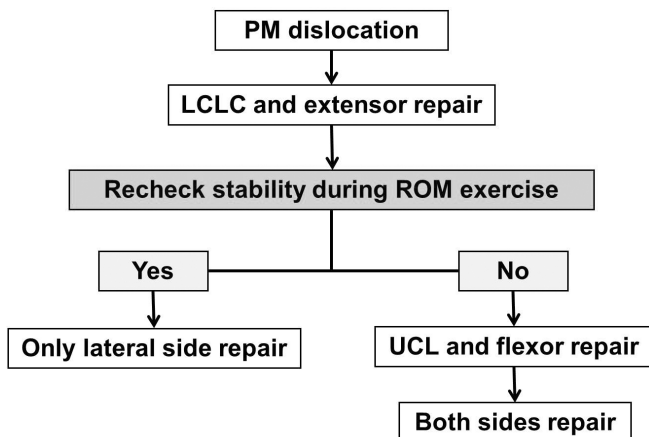


Fig. 6. Treatment algorithm for the posteromedial (PM) dislocation of the elbow joint. LCLC: lateral collateral ligament complex, ROM: range of motion, UCL: ulnar collateral ligament.

술 후 재활 운동은 후외측 탈구의 경우와 동일하게 시행한다.

간혹 수술적 치료 후 안정성이 확보되었다고 판단하여 수술을 끝내고 나온 후 바로 촬영한 단순 방사선 사진상 척골 상완관절의 간격이 넓어지거나(widening) 요상완 관절의 아탈구가 관찰되는 경우가 있다(drop sign).³³⁾ 이는 특히 내측 또는 외측 측부 인대 중 어느 한쪽만 봉합한 경우에서 상완 신경총 마취로 동적 안정체로 작용하는 회내-굴곡근 혹은 신전근의 muscular tone이 수술이 종료된 후에도 충분히 회복되지 않았을 때 주로 발생하는 현상으로서 대부분 자연적으로 소실되므로 추가적인 수술이 필요한 경우로 오인하지 않는 것이 좋다.³³⁾ 만약 수술 후 며칠 지나 마취에서 충분히 회복한 뒤에도 지속적으로 drop sign이 관찰된다면 안정적 주관절을 얻기 위해 추가적인 안정화 수술이 필요한 경우로 판단하여야 한다.³³⁾

7. 결과

단순 주관절 탈구의 경우 대부분 도수 정복 후 보존적으로 치료한 결과들에서 양호한 결과를 보고³⁴⁾하고 있지만 최근에는 이전의 결과들과 다른 연구 결과들도 보고¹³⁾되고 있는 실정으로 아직도 좀 더 많은 연구가 필요하다. 주관절 탈구의 경우 1970년 후반 Dürig 등³⁵⁾은 인대 봉합술을 추천하고 있었지만 1980년 중반 Josefsson 등³⁾에 의해 수술적 치료와 보존적인 치료를 비교한 결과가 차이가 없다고 보고된 후 지금까지 도수 정복 후에도 계속 불안정한 주관절 탈구 일부를 제외하고는 대부분 보존적으로 치료되고 있다. van der Ley 등³⁴⁾은 20명의 성인에서 도수 정복으로 치료한 경우 80%에서 좋은 결과를 가져왔으며 최소 5년 추시상 불안정성은 없었다고 보고하였다. Mehlhoff 등²⁹⁾은 보존적으로 치료된 52명을 대상으로 평균 34.4개월 추시에서 전체적으로 양호한 결과를 보였지만 60%에서 증상이 있었다고 보고하였고, 30° 이상의 굴곡 구축이 15%, 통증이 남아 있는 경우가 45%, 외반 부하를 가할 때 통증은 35%에서 발생했다. 특히 고정 기간이 길수록 결과가 불량하였다고 보고하며 조기 운동의 중요성을 강조하였다. Eygendaal 등³⁶⁾ 역시 도수 정복으로 치료한 50명의 후외측방 탈구 환자를 평균 9년간 추시하였을 경우 31명(62.0%)의 환자에서 탈구되었던 자신들의 주관절 기능이 좋거나 훌륭하다고 평가하였지만 내측에 외반 부하를 가하였을 경우 4명(48.0%)에서 내측 불안정성이 있었으며 불안정성의 심한 정도는 환자들의 증상, 이소성 골화증, 그리고 지속되는 주관절 통증과 비례한다고 하였다. 최

근 Anakwe 등³⁷⁾은 110명의 환자를 평균 88개월 추시한 연구에서 Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) score가 평균 6.7점(4-9점)을 나타냈다고 보고하였다. 62명(56.4%)의 환자가 주관적인 강직감을 느꼈고 9명(8.2%)에서 불안감, 68명(61.8%)에서 통증이 잔존하였다고 하며 전체적인 기능적 결과는 양호하지만 전혀 무해한 경우는 아니라고 보고하였고, 최근 여러 연구들도 이와 유사한 결과를 보고하고 있다. 도수 정복 후에도 불안정하여 수술적 치료를 보고한 경우는 대부분 중례 보고이며 많은 환자를 대상으로 한 경우는 드물다. Micic 등³⁸⁾은 불안정성 급성 단순 주관절 탈구로 인대 봉합술을 시행한 24명의 환자에서 Mayo elbow performance score (MEPS)가 평균 93.2점이었다고 보고하였고 저자 역시 위에서 제시한 새로운 개념에 바탕을 두고 수술적으로 치료한 23예의 불안정성 급성 후외측방 주관절 탈구에서 최종 추시상 MEPS가 93점(80-100점), DASH score가 3.6점(0-15점)이었다고 보고한 바 있다.³³⁾ 그리고 이후 연구에서 저자들이 제안한 새로운 탈구 기전에 의한 치료 방침에 따라 수술적 치료가 시행된 후외측 탈구 24예와 후내측 탈구 9예에 대한 연구의 평균 42.6개월(12-105개월) 추시에서 MEPS와 DASH score의 경우 후외측 탈구에서 각각 93점(85-100점)과 2.1점(0.0-12.5점), 후내측 탈구에서 92점(75-100점)과 4.7점(0.0-16.6점)이었으며 두 군 간의 결과 차이는 없었다. 후외측 탈구의 경우 내측 봉합 6예, 외측 봉합 8예 및 양측 봉합 10예로 다양한 접근에 의해 치료되었으며 후내측 탈구의 경우는 외측 봉합 8예 및 양측 봉합 1예로 치료하였음을 보고하였다(presented at the 2018/SECEC).

8. 합병증

1) 강직(stiffness)

주관절 탈구의 경우 불안정성보다 오히려 많이 발생하며 10°-15° 정도의 신전 장애는 매우 흔하다.³⁾ 탈구 때 발생하는 주관절 전방 관절막의 손상 후 섬유증이 굴곡 구축의 주요 원인이며 굴곡 장애는 주로 내측 측부 인대 중 후방속의 섬유증과 구축이 주요 원인이다. 탈구 후 고정 기간이 길수록 강직의 발생 위험이 높고²⁹⁾ 적어도 외상 후 1-2주 이내 관절 운동 치료를 시작하여야 하며 3주 이상 고정하였을 경우 강직의 발생 위험이 매우 높다.²⁹⁾ 일반적으로 탈구 후 6개월까지는 점진적인 관절 운동 치료로 회복될 기회가 있지만 이 기간이 지나도 기능적 관절 운동 범위(신전 30°-굴곡 130°)가 회복되지 못할 경우에는 수술적 치료가 필요하다.²⁴⁾

2) 불안정성(instability)

주관절 탈구 후 50% 정도까지 인대 이완 소견은 관찰될 수 있지만 불안정으로 수술적 치료까지 필요한 경우는 드물다.²⁵⁾ 내측 측부 인대는 외측 측부 인대에 비해 비교적 잘 유지되는 것으로 알려져 왔지만 최근 내측에 외반력 부하에서 48%에서 내측 인대 기능 부전이 있었으며 그 심한 정도는 환자의 증상과 비례한다고 알려지는 등²⁹⁾ 여러 논문에서 발표되는 연구 결과들^{2,25,39)}은 암벽 등반이나 야구선수 같은 스포츠 선수들처럼 외반 과부하 상태(valgus-overloading condition)에 노출될 경우에 증상을 유발할 가능성이 있음을 시사하고 있다. 외측 측부 인대 기능 부전으로 인한 후외측방 회전 불안정성(posterolateral rotator instability)의 경우는 드물게 발생하며 UCL 재건술이 필요하다.⁴⁰⁾

3) 신경 및 혈관 손상(neurovascular injury)

대부분의 신경 손상은 척골 신경과 관련된 것으로 주관절 탈구 시 척골 신경이 늘어나면서 저린 증상을 호소하는 일과성 손상이 가장 흔하다.⁴¹⁾ 하지만 탈구 직후 처음에는 증상이 없다가 점차 척골 신경이 지나가는 주관(cubital tunnel)의 바닥을 이루는 손상된 내측 측부 인대 후방속이 비후되고 두터워지면서 섬유화되어 척골 신경이 압박돼 나타나는 경우가 있다. 주관절의 굴곡 운동 시 척골 증상이 심해지므로 점차 관절 운동은 제한되어 탈구 후 충분히 회복될 시간이 지났는데도 주관절의 굴곡 운동이 많이 제한되어 있고 특히 90° 이상의 굴곡을 시도할 때 주관절 내측부의 통증과 척골 증상이 심해지면 신경 손상을 의심하는 것이 좋다. 견딜 만한 범위에서 관절 운동을 시키며 보존적 치료로 손상된 내측 측부 인대 주위의 창상이 성숙(scar maturation)되면서 호전되는 경우도 있지만 오히려 척골 증상이 악화되고 점차 관절 운동의 제한이 심해지는 경우에는 외상 후 적어도 3개월이 지나지 않은 시점이더라도 조기에 척골 감압술과 전방 유리술이 필요할 수 있으며 이때 주관절의 굴곡 관절 운동 범위를 증가시키기 위해서 비후되고 섬유화된 내측 측부 인대의 후방속을 절제할 수도 있다. 정중 신경도 탈구 시에 신연 손상되거나 인접 연부조직의 부종으로 침범될 수 있으며 정복 중에 관절 내에 끼여 발생할 수 있고 이때 MRI 검사가 도움이 된다.⁴²⁾ 소아의 경우 정복 시에 정중 신경이 관절 내에 끼여 내측 상과 상방에 단순 방사선 사진상 함몰된 소견을 보이는 경우도 보고되고 있다(Matev sign).⁴³⁾ 상완 동맥도 드물게 손상될 수 있는데 손상 중에 파열될 수도 있지만 손상 시에 내막 손상(intimal damage)만 있다가 시간이 지나면서 막혀 혈액 순환

의 장애를 가져올 수 있다. 손상중에 파열되었을 경우 혈관 봉합술이나 이식술이 필요하며 지연성으로 막힐 경우는 대부분 혈관 내막 손상으로 인한 경우이므로 손상된 혈관을 부분적으로 제거하고 이식술을 시행하는 경우가 많다. 하지만 처음에 혈관 손상이 있더라도 측부 순환으로 뚜렷하게 혈액 순환장애가 관찰되지 않을 수 있어 주의를 요한다.⁴⁴⁾

4) 이소성 골화증(ectopic ossification)

주관절 손상 후 2-6주 정도부터 증상이 보이기 시작하며 주로 손상 받았던 부위에 이소성 골화증이 생기고,^{45,46)} 내측 및 외측 측부 인대 부위에 관찰되는 작은 것까지 포함하면 75% 정도까지 흔히 발생하는 것으로 볼 수 있다.^{13,45,47)} 이 외에 전방 관절막, 주관절 주위의 근육 등에서 이소성 골화증 증상이 관찰되기도 하며 전체의 5% 정도에서 관절 운동 장애와 관련된다.^{13,48)} 특히 전방 관절막에 생기는 것은 신전 장애와 관련되며 내측 측부 인대의 후방측에 발생하는 것은 굴곡 장애와 관련된다. 근육 내에 발생하여 관절 운동 장애를 일으키는 경우는 충분히 성숙한 뒤에 절제술을 시행하며 술 후에는 재발 방지를 위하여 indomethacin이나⁴⁹⁾ 방사선 조사를 시행할 수도 있다. 절제술을 시행하는 시점을 결정하기 위해 과거에는 1년 이상 기다렸지만¹³⁾ 최근에는 단순 방사선 상 외상 후 최소 3개월 정도의 시점에 이미 이소성 골내에 골소주 형성(trabeculation)이 완성되고 추시 방사선 사진상 변화가 없는 등 성숙하였다고 판단되면 조기에 제거술을 시행하고 있다.⁵⁰⁾

5) 구획증후군(compartment syndrome)

상완 동맥의 손상 없이도 내측 굴곡건의 손상 및 부종으로 올 수 있으며 이학적 검사상 전완부 전내측의 부종과 압통이 심하고 수동적으로 손가락을 수동적으로 신전 시에 극심한 통증을 호소하는 등의 구획증후군 소견이 있을 때에는 즉시 구획내 압력을 측정하고 적절한 조치를 취하여야 한다.²⁵⁾

6) 외상성 관절증/관절염(posttraumatic arthrosis/arthritis)

주관절 탈골 시 발생하는 연골 손상이나 손상된 인대의 기능 부전으로 인해 외상성 관절증 또는 관절염이 발생할 수 있다.⁴⁷⁾ 주관절 탈구를 정복한 후에 단순 방사선 사진상 골절편이 없더라도 관절 운동 시 잠김(locking) 현상이 있을 경우는 연골 조각이 관절 내에 있을 가능성이 높아 MRI 검사 등을 통해 확인하고 이를 제거해주는 것이 추가적인 연골 손상을

방지에 효과적이다. 주관절 탈구에서 장기적인 추사에서 보이는 단순 방사선상의 관절증 변화는 특히 내측 측부 인대의 기능 부전이 심할수록,^{29,48)} 탈구 후 시간이 오래 경과할수록 잘 나타나는 것으로 알려져 있지만 환자의 증상과 반드시 일치하지 않는다고 보고되고 있다.³³⁾

결론

단순 주관절 탈구는 대부분이 후외측 탈구로 도수 정복 후 안정적이어서 수술적 치료 없이 보존적으로 치료될 수 있지만 후내측 탈구는 이와 반대로 대부분 도수 정복 후에도 불안정하거나 정복 자체가 되지 않는 경우가 많아 수술적 치료가 필요한 경우가 많다. 이러한 차이를 가져오는 주요 원인은 기존에 알려진 것과는 달리 탈구 기전이 완전히 달라 주관절에 안정성을 주는 측부 인대 및 근육층의 손상 형태의 차이에 있기 때문이다. 따라서 주관절 탈구는 탈구의 종류에 따른 손상 기전을 고려하여 각기 다르게 접근하여 치료되어야 한다.

요약

모든 단순 주관절 탈구를 외측에서 시작되어 내측으로 진행된다는 단일 탈구 기전에 의존한 기존 개념으로는 지금까지 여러 가지 상반된 실험적 및 임상적 관찰 소견을 결코 설명할 수 없는 상황이었지만 지금까지 이를 대신할 만한 새롭고 합리적이며 타당한 기전에 대한 연구 및 제안도 지금까지 없는 상태였다. 저자들의 연구에 따른 후내측 탈구 및 후외측 주관절 탈구에 대한 새로운 제안과 여기에 기초한 새로운 치료 방침은 지금까지 설명하기 어려웠던 여러 임상적 및 실험적 연구 결과들을 충분히 설명할 수 있을 뿐 아니라 논리적인 새로운 치료 방침과 합리적인 치료 접근법을 소개함으로써 주관절 탈구에 대한 새로운 이해와 치료를 제시할 것으로 생각된다.

색인 단어: 주관절 탈구, 후내측 및 후외측 탈구 기전, 치료 방침

ORCID

류인혁, <https://orcid.org/0000-0001-9312-2952>

References

- O'Driscoll SW, Morrey BF, Korinek S, An KN: Elbow subluxation and dislocation. A spectrum of instability. *Clin Orthop Relat Res*, (280): 186–197, 1992.
- Josefsson PO, Johnell O, Wendeborg B: Ligamentous injuries in dislocations of the elbow joint. *Clin Orthop Relat Res*, (221): 221–225, 1987.
- Josefsson PO, Gentz CF, Johnell O, Wendeborg B: Surgical versus nonsurgical treatment of ligamentous injuries following dislocations of the elbow joint. *Clin Orthop Relat Res*, (214): 165–169, 1987.
- Josefsson PO, Gentz CF, Johnell O, Wendeborg B: Surgical versus non-surgical treatment of ligamentous injuries following dislocation of the elbow joint. A prospective randomized study. *J Bone Joint Surg Am*, 69: 605–608, 1987.
- Søbjerg JO, Helmig P, Kjaersgaard-Andersen P: Dislocation of the elbow: an experimental study of the ligamentous injuries. *Orthopedics*, 12: 461–463, 1989.
- Hobgood ER, Khan SO, Field LD: Acute dislocations of the adult elbow. *Hand Clin*, 24: 1–7, 2008.
- Schreiber JJ, Warren RF, Hotchkiss RN, Daluiski A: An online video investigation into the mechanism of elbow dislocation. *J Hand Surg Am*, 38: 488–494, 2013.
- Fritz RC, Breidahl WH: Radiographic and special studies: recent advances in imaging of the elbow. *Clin Sports Med*, 23: 567–580, ix, 2004.
- Lowden C, Garvin G, King GJ: Imaging of the elbow following trauma. *Hand Clin*, 20: 353–361, 2004.
- Rosenberg ZS, Blutreich SI, Schweitzer ME, Zember JS, Fillmore K: MRI features of posterior capitellar impaction injuries. *AJR Am J Roentgenol*, 190: 435–441, 2008.
- Rhyou IH, Kim YS: New mechanism of the posterior elbow dislocation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 20: 2535–2541, 2012.
- Mayne IP, Wasserstein D, Modi CS, Henry PD, Mahomed N, Veillette C: The epidemiology of closed reduction for simple elbow dislocations and the incidence of early subsequent open reduction. *J Shoulder Elbow Surg*, 24: 83–90, 2015.
- Kuhn MA, Ross G: Acute elbow dislocations. *Orthop Clin North Am*, 39: 155–161, v, 2008.
- Morrey BF, Tanaka S, An KN: Valgus stability of the elbow. A definition of primary and secondary constraints. *Clin Orthop Relat Res*, (265): 187–195, 1991.
- Funk DA, An KN, Morrey BF, Daube JR: Electromyographic analysis of muscles across the elbow joint. *J Orthop Res*, 5: 529–538, 1987.
- Hotchkiss RN, Weiland AJ: Valgus stability of the elbow. *J Orthop Res*, 5: 372–377, 1987.
- Søbjerg JO, Ovesen J, Nielsen S: Experimental elbow instability after transection of the medial collateral ligament. *Clin Orthop Relat Res*, (218): 186–190, 1987.
- Morrey BF, An KN: Articular and ligamentous contributions to the stability of the elbow joint. *Am J Sports Med*, 11: 315–319, 1983.
- Morrey BF, An KN: Functional anatomy of the ligaments of the elbow. *Clin Orthop Relat Res*, (201): 84–90, 1985.
- Martin BF: The annular ligament of the superior radio-ulnar joint. *J Anat*, 92: 473–482, 1958.
- Modi CS, Lawrence E, Lawrence TM: Elbow instability. *Orthop Trauma*, 26: 316–327, 2012.
- Deutch SR, Jensen SL, Olsen BS, Sneppen O: Elbow joint stability in relation to forced external rotation: an experimental study of the osseous constraint. *J Shoulder Elbow Surg*, 12: 287–292, 2003.
- Schreiber JJ, Potter HG, Warren RF, Hotchkiss RN, Daluiski A: Magnetic resonance imaging findings in acute elbow dislocation: insight into mechanism. *J Hand Surg Am*, 39: 199–205, 2014.
- Cohen MS, Hastings H 2nd: Acute elbow dislocation: evaluation and management. *J Am Acad Orthop Surg*, 6: 15–23, 1998.
- Sheps DM, Hildebrand KA, Boorman RS: Simple dislocations of the elbow: evaluation and treatment. *Hand Clin*, 20: 389–404, 2004.
- Shukla DR, Pillai G, McAnany S, Hausman M, Parsons BO: Heterotopic ossification formation after fracture-dislocations of the elbow. *J Shoulder Elbow Surg*, 24: 333–338, 2015.
- Rhyou IH, Kim KC, Lee JH, Kim SY: Strategic approach to O'Driscoll type 2 anteromedial coronoid facet fracture. *J Shoulder Elbow Surg*, 23: 924–932, 2014.
- O'Driscoll SW, Jupiter JB, King GJ, Hotchkiss RN, Morrey BF: The unstable elbow. *Instr Course Lect*, 50: 89–102, 2001.
- Mehlfhoff TL, Noble PC, Bennett JB, Tullos HS: Simple dislocation of the elbow in the adult. Results after closed treatment. *J Bone Joint Surg Am*, 70: 244–249, 1988.
- Hildebrand KA, Patterson SD, King GJ: Acute elbow dislocations: simple and complex. *Orthop Clin North Am*, 30: 63–79, 1999.
- Dowdy PA, Bain GI, King GJ, Patterson SD: The midline posterior elbow incision. An anatomical appraisal. *J Bone Joint Surg Br*, 77: 696–699, 1995.
- Rhyou IH, Kim KC, Kim KW, Lee JH, Kim SY: Collateral ligament injury in the displaced radial head and neck fracture: correlation with fracture morphology and management strategy to the torn ulnar collateral ligament. *J Shoulder Elbow Surg*, 22: 261–267, 2013.
- Rhyou IH, Lim KS, Kim KC, Lee JH, Ahn KB, Moon SC: Drop sign of the elbow joint after surgical stabilization of an unstable simple posterolateral dislocation: natural course and contributing factors. *J Shoulder Elbow Surg*, 24: 1081–1089, 2015.
- van der Ley J, van Niekerk JL, Binnendijk B: Conservative treat-

- ment of elbow dislocations in adults. *Neth J Surg*, 39: 167–169, 1987.
35. Dürig M, Müller W, Rüedi TP, Gauer EF: The operative treatment of elbow dislocation in the adult. *J Bone Joint Surg Am*, 61: 239–244, 1979.
36. Eygendaal D, Verdegaal SH, Obermann WR, van Vugt AB, Pöll RG, Rozing PM: Posterolateral dislocation of the elbow joint. Relationship to medial instability. *J Bone Joint Surg Am*, 82: 555–560, 2000.
37. Anakwe RE, Middleton SD, Jenkins PJ, McQueen MM, Court-Brown CM: Patient-reported outcomes after simple dislocation of the elbow. *J Bone Joint Surg Am*, 93: 1220–1226, 2011.
38. Micic I, Kim SY, Park IH, Kim PT, Jeon IH: Surgical management of unstable elbow dislocation without intra-articular fracture. *Int Orthop*, 33: 1141–1147, 2009.
39. Ross G, McDevitt ER, Chronister R, Ove PN: Treatment of simple elbow dislocation using an immediate motion protocol. *Am J Sports Med*, 27: 308–311, 1999.
40. O'Driscoll SW, Bell DF, Morrey BF: Posterolateral rotatory instability of the elbow. *J Bone Joint Surg Am*, 73: 440–446, 1991.
41. Linscheid RL, Wheeler DK: Elbow dislocations. *JAMA*, 194: 1171–1176, 1965.
42. Akansel G, Dalbayrak S, Yilmaz M, Bekler H, Arslan A: MRI demonstration of intra-articular median nerve entrapment after elbow dislocation. *Skeletal Radiol*, 32: 537–541, 2003.
43. Matev I: A radiological sign of entrapment of the median nerve in the elbow joint after posterior dislocation. A report of two cases. *J Bone Joint Surg Br*, 58: 353–355, 1976.
44. Squires NA, Tomaino MM: Brachial artery rupture without median nerve dysfunction after closed elbow dislocation. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*, 32: 298–300, 2003.
45. Abrams GD, Bellino MJ, Cheung EV: Risk factors for development of heterotopic ossification of the elbow after fracture fixation. *J Shoulder Elbow Surg*, 21: 1550–1554, 2012.
46. Viola RW, Hastings H 2nd: Treatment of ectopic ossification about the elbow. *Clin Orthop Relat Res*, (370): 65–86, 2000.
47. Ahmed I, Mistry J: The management of acute and chronic elbow instability. *Orthop Clin North Am*, 46: 271–280, 2015.
48. Josefsson PO, Johnell O, Gentz CF: Long-term sequelae of simple dislocation of the elbow. *J Bone Joint Surg Am*, 66: 927–930, 1984.
49. Schmidt SA, Kjaersgaard-Andersen P, Pedersen NW, Kristensen SS, Pedersen P, Nielsen JB: The use of indomethacin to prevent the formation of heterotopic bone after total hip replacement. A randomized, double-blind clinical trial. *J Bone Joint Surg Am*, 70: 834–838, 1988.
50. Ring D, Jupiter JB: Excision of heterotopic bone around the elbow. *Tech Hand Up Extrem Surg*, 8: 25–33, 2004.