

주관절의 탈구와 골절

성균관의대

박민종

주관절은 상완골의 원위부와 구상 돌기(coronoid process)와 주두(olecranon)로 구성된 척골 근위부, 그리고 요골 두의 골성 결합과 양측의 측부 인대로 이루어진 관절이다. 주관절 내의 급성 손상으로는 인대 손상 및 탈구를 비롯하여 각 골 구조물의 골절, 그리고 골절과 인대 손상의 복합 손상이 있다.

- I. 주관절 탈구
- II. 주관절의 골절
 - 1. 주두 골절
 - 2. 요골 두 골절
 - 3. 구상 돌기 골절
 - 4. 소두 골절
 - 5. 근위 척골 분쇄 골절
- III. 복합 골절-탈구

주관절 탈구

탈구의 기전: 주관절은 대부분 후방으로 탈구가 발생하며 아주 드물게 전방 탈구, 탈구와 동시에 요골과 척골이 분리되는 divergent 탈구가 보고되고 있다. 주관절의 후방 탈구는 그동안 과신전되면서 내외 측부 인대 파열과 함께 후방으로 단순 탈구되는 것으로 인식해 왔으나 임상적 관찰과 사체 실험을 통해 외측에서부터 단계적으로 손상이 발생하며 따라서 손상의 정도에 따라 외측부 인대의 불완전 손상부터 완전 탈구에 이르기 까지 하나의 spectrum을 이루는 후외방 회전 손상(posterolateral rotatory injury)이 주 기전임이 밝혀졌다. 손상 기전은 팔을 뻗으면서 넘어질 때 주관절이 약간 굴곡된 상태에서 주관절에 축성 하중이 가해지고 몸체가 돌면서 외회전과 외반 moment가 작용하는 것으로 추정하고 있다.

Stage 1은 외측부 인대 특히 외측 척측부 인대(LUCL)의 손상이며 stage 2는 전후방 관절막이 파열되는 단계이고 stage 3은 내측부 인대까지 손상된 단계이다. Stage 3은 세분하여 3A는 내측부 인대 중 후방 인대 파열, 3B는 중요한 전방 인대까지 파열된 상태이다. 3A 단계에서는 후외방 회전 형태의 탈구가 가능하며 굴곡과 회내전으로 정복 및 유지가 가능하다. 3B는 정복이 되어도 내외반, 회전 불안정이 모두 존재하며 90도 이상 굴곡하여야 정복이 유지되는 단계이다(Fig. 1).

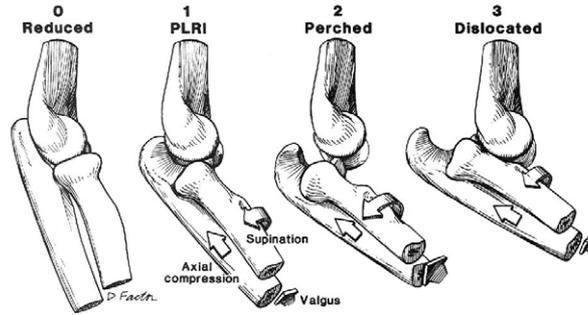


Fig. 1. 주관절 후외방 회전 불안정의 spectrum

이러한 단계별 손상을 소위 Horii circle이라고 하는데 중요한 점은 외측이 먼저 손상이 발생하며 내측의 가장 중요한 안정화 구조인 내측부 전방 인대가 보존된 상태에서 회전 기전에 의한 탈구가 가능하다는 것이다. 즉 단순한 후방 탈구가 아니라 후외방 회전 기전에 의해 발생하는 주관절 탈구가 많으며 어느 단계까지 손상이 진행되었는가에 따라 정복 후 안정성이 틀려지고 치료 방법도 달라진다는 점을 이해하여야 한다. 이러한 후외방 회전 손상에서 가장 중요한 안정화 구조물은 물론 LACL이며 이차 안정화 구조물은 요골두와 구상 돌기이다. 따라서 요골두나 구상 돌기의 동반 골절이 있는 경우 불안정은 이를 terrible triad 라고 한다.

탈구의 진단 : 급성 탈구가 발생한 경우는 단순 방사선 사진으로 확인이 쉽게 되지만 stage 1, 2 단계의 손상이나 자연적으로 정복이 된 환자에서는 인대 손상을 놓치기 쉽다. 따라서 손을 짚고 넘어진 외상력이 뚜렷하고 주관절 부위가 심하게 부어 있으며 외측이나 내측 관절선의 압통이 있으면 내반 및 외반 stress 검사와 PLRI를 위한 lateral pivot shift test를 하여 인대 손상의 정도를 파악하여야 한다²⁾.

탈구의 치료 : 급성 탈구는 대부분 견인을 하면 쉽게 정복이 되며 이 때 후외방 회전 기전을 고려하여 회전을 한 상태에서 시행하고 정복이 되면 회내전을 유지한다. 주관절은 굴곡을 할수록 안정성이 커지므로 90도 이상 굴곡한 상태로 유지하는 것이 좋으나 부종이 심할 경우 구획 증후군의 위험성이 커지므로 지나친 굴곡은 피하여야 한다.

정복 후 처치에 대한 결정은 안정성의 정도에 따라 다르다. 인대 손상의 정도를 파악하기 위한 내외반 stress 검사와 pivot shift 검사는 마취하에서 하여야 정확하다. 정복 후 바로 안정성을 평가하기 위해서는 주관절을 천천히 신전시켜 다시 탈구되는지를 보고 간단하게 파악할 수 있다. 주관절을 신전하여도 다시 빠지는 현상이 없다면 일단 90도 상태로 부목 고정을 하고 통증이 가라앉는 대로 조기 관절 운동을 시작한다. 주관절을 신전하면 다시 탈구되거나 검사 상 불안정하다면 90도 이상 굴곡 상태에서 고정을 한다. 고정 기간은 강직을 예방하기 위해 3주 이상을 넘지 않는 것을 원칙으로 한다. 적극적인 방법으로 hinged type의 보조기를 착용하고 조기 운동을 할 수 있다. 이 때 전완부를 회내전 상태로 유지하고 허용 각도를 조절하여 신전 범위를 점차적으로 늘려 가는 것이 중요하다.

일차 인대 봉합의 적응증은 조기 운동이 어려울 정도의 불안정이 있는 경우로 정의할 수 있다. 60~70도 이하로 신전하면 다시 탈구될 경우, 방사선 사진에서 정복 후에도 회전 아탈구가 남아 있는 경우에는 일차 봉합을 고려하여야 한다. 인대 봉합은 외측부 인대를 반드시 봉합하여야 하며 불안정이 심하면 내측부 인대도 봉합도 할 수 있으나 대부분 외측부 인대의 봉합만으로 안정성을 확보할 수 있다. 주관절의 안정성이 중요한 운동 선수라면 빠른 회복과 확실한 결과를 위해 인대 봉합을 권유할 수 있다.

주관절의 골절

1. 주두 골절

주두는 형태학적으로 전방 탈구를 방지하는 역할을 하며 일정 부분 이상 결손이 있거나 골절이 되면 관절 안정성을 상실할 수 있다. 관절을 신전 할수록 주두에 의한 전방 안정성이 증가하며 사체 실험에 의하면 주두의 50%가 남아 있을 때까지 최소한의 전방 안정성이 확보되나 그 이상이 없으면 정상적인 안정성을 유지할 수 없다³. 따라서 주두의 50% 이상이 포함된 골절은 전방 탈구가 발생할 수 있으며 이러한 형태를 횡 주두 전방 골절-탈구(transolecranon fracture-dislocation)라고 한다.

골절의 분류와 치료 : 전위, 안정성, 분쇄 여부에 따라 다음과 같이 분류할 수 있다(Mayo classification)(Fig. 2). Type I은 비전위(undisplaced) 골절로 골절 간격이 2 mm이내이고 대부분 분쇄가 없거나 약간의 골편이 있는 정도이다. 수술적 고정은 필요하지 않으며 반 굴곡 상태에서 3주 정도의 고정 기간 후 운동 치료를 시작하는 것으로 충분하다.

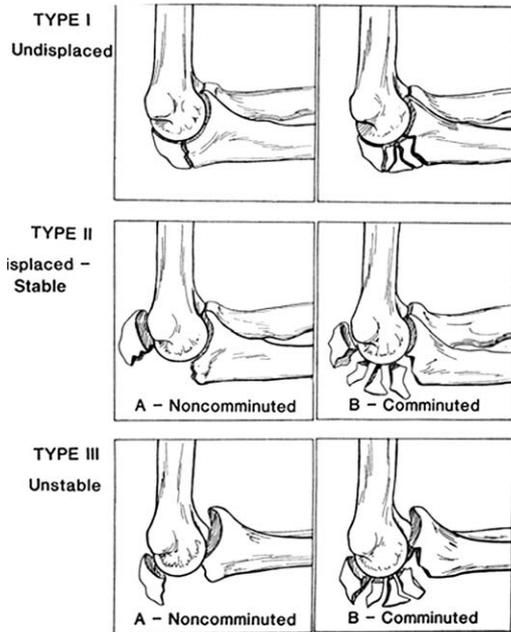


Fig. 2. 주두(olecranon) 골절의 분류(Mayo classification)

Type II 는 전위는 있으나 주관절의 탈구가 없는 안정형 골절로 가장 흔히 볼 수 있는 형이다. 상완 삼두근의 견인력에 의해 발생하는 것으로 분쇄가 없는 경우 두 개의 K-강선과 장력대 강선(tension band wiring) 고정법이 가장 널리 알려진 수술 방법이다. 분쇄가 있는 경우 주두의 관절면을 정확하게 복원하는 것이 중요하다. 자칫 압박을 하여 주두의 길이가 짧아지면 신전이 기계적으로 제한되는 문제가 발생한다. 이 경우 장력대 방법보다는 금속판을 사용하는 것이 좋다. 주두가 피부에 가깝기 때문에 금속판의 모양을 골표면에 정확하게 맞도록 하는 것이 중요한데 해부학적으로 미리 모양이 만들어진 금속판을 사용하면 편리하다.

Type III 는 매우 불안정한 형태로 주두의 50% 이상이 골절되어 전방으로 관절이 쉽게 탈구되는 형이다.

분쇄가 없는 경우는 장력대 고정이 가능하지만 대부분 분쇄가 심하여 수술을 하기가 까다롭다. 관절면의 정확한 복원과 견고한 고정이 치료 원칙으로 주로 금속판을 이용한 고정을 시행한다. 앞쪽의 구상 돌기에 맞추어 주두의 모양이 정확하게 정복되는 것이 중요한데 분쇄가 많아 결손이 있을 경우 기준이 되는 구조물이 없어 매우 까다롭다. 절대로 결손 부위를 줄이기 위해 간격을 좁혀서는 안되며 골 결손이 클 경우 골이식을 시행한다.

2. 요골두 골절

요골두는 상완골의 소두와 요소두(radiocapitellar) 관절을 이루고 척골의 sigmoid notch와 근위 요척골 관절을 이룬다. 요골두는 주관절의 안정성에 이차적인 역할을 담당하고 있다는 사실을 명심하여야 한다. 즉 주관절 안정성을 제공하는 일차 구조물인 척상완 골 결합(ulnohumeral articulation), 내측부 인대, 외측부 인대가 역할을 상실할 경우 매우 중요한 역할을 담당하게 된다. 따라서 구상 돌기 등 다른 구조물과 함께 손상을 받으면 안정성이 심하게 감소하는 상황을 초래하게 되므로 요골두의 역할을 이해하는 것이 매우 중요하다. 가장 중요한 이차적 역할은 내반력에 대한 안정성 제공이다. 일차 안정화 구조물은 내측부 인대이지만 이 인대의 역할이 소실되면 요골두와 소두 간의 접촉이 이차 안정화 구조물의 역할을 한다. 두번째 중요한 역할은 후외방 회전 불안정(PLRI)에 대한 이차적 안정성 제공이다. 후외방 회전 불안정은 비교적 최근에 정립된 개념으로 외측 척측부 인대(lateral ulnar collateral ligament)의 손상이 주 원인이나 요골두가 없으면 불안정은 더욱 심해진다⁴⁶⁾. 이 외에도 구상 돌기의 단독 골절 만으로는 안정성이 유지되나 요골두가 없으면 안정성이 급격히 감소하게 될 수 있다. 한편 요골과 척골 간의 연부 조직 손상을 동반하는 소위 Essex-Lopresti 병변에서는 요골두가 요골의 근위 이동을 막는 일차 안정화 구조물의 역할을 한다.

이러한 개념은 요골두 골절 환자를 치료할 때 매우 중요한데 동반 손상에 대해 고려하지 않고 요골두 자체의 골절만을 가지고 치료 방침을 결정하게 되면 전체적인 안정성을 제대로 파악하지 못하여 불안정이 지속되거나 조기 운동을 못하여 강직을 초래하는 등 나쁜 결과를 가져올 확률이 높다. 요골두 골절의 분쇄가 심할수록 중요 안정화 구조물의 동반 손상일 가능성이 높아지고 따라서 이차 안정화 역할을 하는 요골두를 보존하는 것이 매우 중요하다. 그럼에도 과거 요골두를 제거하는 수술을 많이 하던 습관이 남아 관절 전체의 안정성을 파악하지 않고 요골두를 제거하는 사례가 종종 있다. 결론적으로 급성 요골두 골절의 치료로 요골두를 바로 제거하는 적응증은 없다고 할 수 있다. 요골두의 제거는 중요 안정화 구조물이 완전하게 복원이 된 상태에서 요골두의 비정상 유합으로 관절 운동, 특히 전완의 회전 운동에 장애를 줄 경우 적응증이 된다.

요골두 골절의 분류와 치료 : 간단하면서 널리 알려진 분류는 Mason 분류로 type I : 비전위 골절, type II : 전위 골절, type III : 분쇄 골절이다. 치료는 일반적으로 type I은 2-3주의 부목 고정 후 조기 운동, type II는 회전 운동에 장애가 없으면 보존적으로, 전위된 골편이 회전 운동을 방해하면 관혈적 정복 및 내고정을 하며, type III는 정복 및 고정이 가능하면 시도할 수 있지만 기술적으로 어려우므로 요골두 절제를 하는 것으로 알려져 있다. 그러나 이러한 원칙은 동반된 손상이 없는 단순 골절인 경우에만 해당하는 것으로 동반 손상, 특히 측부 인대 손상이 있는 경우에는 복합 골절-탈구 또는 불안정에 해당하므로 원칙이 달라진다. 가장 주의하여야 할 것은 type III에 대해 절제를 하는 것으로, 분쇄 골절은 고에너지 손상으로 인대 손상이나 탈구가 동반되어 있을 가능성이 매우 높음에도 불구하고 단순 골절로 생각하고 절제를 할 경우 심한 불안정을 초래하여 결과가 나쁠수 밖에 없다. 최근 개념은 분쇄 골절로 정복 및 고정이 불가능하다면 절제를 하는 것은 금기 사항이고 금속성 치환물(metal prosthesis)을 삽입하는 것이 원칙이다⁷⁾.

3. 구상 돌기(coronoid process) 골절

구상 돌기는 후방 탈구를 방지하는 역할을 하며 일정 부분 이상 결손이 있거나 골절이 되면 관절 안정성을 상실할 수 있다. 주관절을 굴곡할수록 상완골 관절면의 활차(trochlea)와의 결합 일치성이 높아져 후방 안정성이 증가하며 다른 구조물이 정상일 경우 약 50%가 남아 있으면 안정성에 영향을 주지 않는다고 한다^{8,10}.

구상 돌기는 주관절 안정성의 핵심 역할을 하는 척상완 골성 결합의 핵심 구조물로 단순히 후방 안정성에 기여하는 것 외에 내외반 안정성과 회전 안정성을 제공한다. 특히 주관절 탈구의 대표적 기전인 후외방 회전 불안정을 방지하는 역할을 하기 때문에 구상 돌기의 골절도 요골두 골절 처럼 동반 손상에 따라 그 중요성이 달라진다. 그러므로 구상 돌기 골절이 있을 경우 반드시 인대 손상 또는 탈구, 요골두 골절이 동반되었는지 확인하여야 하며 전체 안정성을 고려하여 치료 방침을 결정하는 것이 중요하다.

분류와 치료 : 가장 보편적인 Regan/Morrey 분류는 type I : 첨부(tip) 골절, type II : 50% 이하의 단순 또는 분쇄 골절, type III : 50% 이상의 골절이다. 그러나 구상 돌기는 단독으로 골절이 되는 경우가 실제로 없다고 할 수 있다. Type I 첨부 골절은 모두 구상돌기가 trochlea를 지나 후방으로 탈구 또는 아탈구되면서 발생하는 것이고 type II 골절도 반드시 인대 손상을 동반한다. Type III는 탈구를 동반하거나 주두의 분쇄 골절과 같이 발생할 수 있다 (근위 척골 분쇄 골절 참조). 한가지 예외가 있다면 내측부 인대 전방대가 부착하는 구상 돌기의 내측 부분이 골절되는 것으로 전위가 심하여 내측 불안정의 위험성이 있다면 수술적 내고정을 필요로 한다. 결론적으로 거의 모든 구상 돌기 골절은 측부 인대 파열, 요골두 골절 등의 동반 손상에 따라 치료 방침이 결정되는 것이다. 예를 들어 안정성에 문제가 없는 type I, type II 골절은 내고정을 하지 않아도 되나 동반 손상을 복원하여도 안정성이 확보가 안 된다면 내고정을 하여야 한다. Type III 골절은 그 자체로 불안정을 초래하므로 최대한 복원하고 고정하는 것이 원칙이다. 만일 분쇄가 심하여 기술적으로 복원이 어렵다면 그대로 둘 경우 심한 불안정이 남으므로 경첩성 외고정 장치를 사용하여 안정성을 확보하고 조기 운동을 하여야 한다 (복합 손상의 terrible triad 참조).

4. 소두(capitellum) 골절

소두는 주로 요골두와의 충돌로 전단력이 작용하여 골절이 되며 후방 탈구나 요골두 골절을 동반하기도 한다. 관절내에서 골연골 골편(osteochondral fragment)이 분리되는 것으로 연부 조직이 거의 붙어 있지 않고 혈관 공급이 없는 고립된 골편이므로 무혈성 괴사가 되고 불유합이 될 가능성이 높다. 성공적인 결과를 위한 가장 중요한 치료 원칙은 정확한 해부학적 정보와 견고한 내고정이다.

골연골 골편이 작기 때문에 경험이 없는 의사들은 단순 방사선 사진만 보고 진단을 놓치기도 한다. 소두의 모양이 둥글기 때문에 앞쪽 일부가 떨어져도 언뜻 정상으로 보이는 함정이 있으며 출처가 불분명한 작은 골편이 앞쪽에 관찰되면 반드시 의심하여야 한다. 참고로 요골두 골절의 골편은 소두보다 원위쪽으로 전위되는 경향이 있으므로 요골두보다 전방의 골편은 소두 골절일 가능성이 높다. 골절이 불확실하다면 지체없이 CT를 촬영하여야 하며 3D reconstruction을 하면 더 도움이 된다.

분류와 치료 : 비교적 크기가 큰 골연골 골절을 type I, 얇은 껍질 처럼 연골하 골이 조금 붙은 연골 골편이 떨어지는 것을 type II, 분쇄 또는 압박 골절을 type III로 분류한다. 치료는 관절내 전위 골편이므로 관혈적 정복 및 견고한 내고정이 원칙이다. 그러나 type II와 type III는 골편이 너무 작아 정복과 고정이 불가능한 경우 골편을 제거할 수밖에 없다. 대부분 관절 운동에 문제가 없으나 장기적으로 강직이나 불안정 등이 남을 수 있다.

5. 근위 척골 분쇄 골절

근위 척골의 관절면은 주두와 구상돌기가 결합한 형태로 주두와 구상돌기를 다 포함한 분쇄 골절이 발생한다는 것은 척상완 관절이 완전히 붕괴된다는 것이다. 양쪽 구조물의 안정성이 모두 상실되므로 관절이 어느쪽으로 탈구되는가는 의미가 없다. 치료가 매우 까다로운 골절이지만 치료 원칙은 관절면을 복원하고 척골 간부와의 정렬을 정확하게 맞춘 상태에서 최대한 안정된 내고정을 한 후 조기 관절 운동을 하는 것이라는 것은 분명하다.

정복을 할 때 반드시 제자리에 보존하여야 할 가장 중요한 골편은 구상 돌기와 주두를 형성하는 가장 큰 골편과 내측 측부 전방 인대와 외측 척골 측부 인대(LUCL)가 부착하는 골편이다. 요골두와 관절면을 이루는 sigmoid notch가 포함된 골편도 중요하다. 요골두의 분쇄 골절이 함께 있으면 수술은 더욱 까다로워진다. 만일 척-상완 관절을 안정되게 복원하고 내외측 측부 인대가 보존되어 있다면 정복이 어려운 요골두는 절제가 가능하지만 가능하다면 요골두 치환물(prosthesis)로 대체하는 것이 더 바람직하다.

복합 골절-탈구

주관절은 인대 손상과 골절이 같이 발생하는 빈도가 매우 높고 초기에 안정성을 확보하여 조기 운동을 하는 것이 가장 중요한 치료 원칙이기 때문에 처음 환자가 내원했을 때 안정성에 기여하는 구조물의 손상 여부를 정확하게 진단하여 불안정의 정도를 파악하는 것이 가장 중요하다. 특히 요골두와 구상 돌기의 골절은 측부 인대 손상과 동반된 경우가 많으나 완전 탈구가 처음에 발견되지 않은 경우 숨어 있는 측부 인대 파열을 놓치지 쉽다.

Terrible triad의 치료 : 후외방 회전 손상은 주관절 탈구의 가장 중요한 기전으로 일차 안정화 구조물인 외측 척측부 인대(LUCL)가 파열되고 이차 안정화 구조물인 요골두와 구상 돌기 골절이 동반되면 심한 후외방 회전 불안정이 발생할 수 밖에 없다. 예전부터 심한 불안정으로 치료가 어려워 terrible triad로 불리우는 이 손상은 결국 PLRI 형태의 불안정이었음을 알 수 있다. 따라서 terrible triad의 치료 원칙은 수술로 관절의 안정성을 확보하는 것이며 이를 위해 손상된 안정화 구조물을 가능한 해부학적으로 복원하여야 한다. 후외방 회전 손상은 내측 보다는 외측 측부 인대 손상이 먼저 발생하기 때문에 외측부 인대의 손상 정도가 심하면서 안정성 확보에 가장 중요하므로 외측으로 접근을 하는 것이 옳다¹¹.

요골두 골절은 정복과 고정을 할 수 있다면 가장 이상적이나 분쇄가 심하여 불가능하다면 절제하고 금속성 치환물을 삽입하는 것이 원칙이다. 외측부 인대는 대부분 상완골의 외상과 기시부에서 파열되므로 pull-out 형태의 봉합을 하는 것이 원칙이다. 구상 돌기는 type I 침부 골절인 경우 요골두와 LUCL을 복원하면 안정성에 거의 문제가 없으므로 그대로 두어도 되나 전방 관절막에 봉합사를 걸어 구상돌기에 봉합할 수 있으면 더 좋다. Type II와 III 골절인 경우 정복을 하고 내고정을 하는 것이 원칙이나 접근이 힘들고 골편이 작아 기술적으로 매우 어렵다. 골편이 비교적 크다면 K-강선으로 임시 고정을 하고 지연 나사(lag screw)를 척골 후방에서 삽입하는 방법이 가장 적절하다. 대부분 이 세가지 구조물을 복원하면 안정성이 확보되어 수술을 마쳐도 되나 계속 불안정하다면 내측부 인대의 전방 부분이 완전히 파열된 것이므로 내측으로 접근하여 내측부 인대를 봉합할 필요가 있다. 이 과정까지 진행하고도 충분한 안정성을 확보하는데 실패하였다면 마지막 수단으로 경첩성 외고정 장치(hinged external fixator)를 사용하여야 한다. 그러나 요골두 치환물이 없어 요골두 절제를 할 수 밖에 없었거나 구상 돌기 분쇄가 심하여 50% 이상 소실이 불가피한 경우 등 부득이한 상황이 아니라면 술기가 까다로운 외고정 장치를 꼭 사용하여야 할 정도의 복합 골절-탈구는 거의 없다고 여겨진다.

수술이 끝나면 주관절을 굴곡-신전하면서 안정성이 어느 정도인지 파악하여 수술 후 허용 운동 범위를 정한다. 수술 후 운동은 가능한 조기에 시작하는 것이 바람직하다. 경우에 따라 1주-2주 정도 부목을 한 후 시작하는 것은 괜찮으나 3주 이상을 완전히 고정하고 있는 것은 강직의 위험이 높아 피하여야 한다. 처음에는 active-assistive 운동으로 시작하고 신전 허용 범위를 점차 넓혀 나간다. 운동 치료를 시작하면 hinged brace를 착용하며 수술 후 6~8주간 보호를 하여야 한다.

REFERENCES

1. O' Driscoll SW, Morrey BF, Korinek S, An KN. Elbow subluxation and dislocation. A spectrum of instability. *Clin Orthop Relat Res.* 1992;186-97.
2. O' Driscoll SW, Jupiter JB, King GJ, Hotchkiss RN, Morrey BF. The unstable elbow. *Instr Course Lect.* 2001;50:89-102.
3. An KN, Morrey BF, Chao EYS. The effect of partial removal of proximal ulna on elbow constraint. *Clin Orthop* 1986;209:270.
4. Hall JA, McKee MD. Posterolateral rotatory instability of the elbow following radial head resection. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87:1571-9.
5. Morrey BF, Tanaka S, An KN. Valgus stability of the elbow. A definition of primary and secondary constraints. *Clin Orthop Relat Res.* 1991;187-95.
6. Hotchkiss RN, Weiland AJ. Valgus stability of the elbow. *J Orthop Res.* 1987;5:372-7.
7. King GJ, Zarzour ZD, Rath DA, Dunning CE, Patterson SD, Johnson JA. Metallic radial head arthroplasty improves valgus stability of the elbow. *Clin Orthop Relat Res.* 1999;114-25.
8. Morrey BF. Complex instability of the elbow. *Instr Course Lect.* 1998;47:157-64.
9. Schneeberger AG, Sadowski MM, Jacob HA. Coronoid process and radial head as posterolateral rotatory stabilizers of the elbow. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86-A:975-82.
10. Closkey RF, Goode JR, Kirschenbaum D, Cody RP. The role of the coronoid process in elbow stability. A biomechanical analysis of axial loading. *J Bone Joint Surg Am.* 2000;82-A:1749-53.
11. McKee MD, Pugh DM, Wild LM, Schemitsch EH, King GJ. Standard surgical protocol to treat elbow dislocations with radial head and coronoid fractures. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87 Suppl 1:22-32.