

비연결형 및 전환형 주관절 전치환술

고려대학교 의과대학 구로병원 정형외과학교실

문준규 · 천성광

Unlinked and Convertible Total Elbow Arthroplasty

Jun-Gyu Moon, M.D., Sung-Kwang Chun, M.D.*Department of Orthopedic Surgery, Guro Hospital, Korea University College of Medicine, Seoul, Korea*

Designs of total elbow arthroplasty have been evolving with clinical experiences. Newer implants are expected to resolve current limitations and improve long term outcomes. This review article focuses on the basic knowledge of unlinked and convertible total elbow arthroplasty. There have been a variety of designs of unlinked total elbow prostheses. Some implants are still used in the market, while others are no longer commercially available. Modified and newer designs include more congruent contact surface, stemmed implant, and radiocapitellar arthroplasty. Two convertible elbow prostheses have been developed, and one implant is currently available in Korea. Conversion from an unlinked to a linked mode is performed by adding a linking cap. Unlinked total elbow arthroplasty, which restores native elbow kinematics, has a biomechanical rationale of lowering polyethylene wear and loosening of implants. It can be indicated in younger and higher demand patients, who have adequate bone stock and soft tissues. Convertible total elbow arthroplasty broadens implant selection and simplifies revision surgery. These newer prostheses possibly improve the long term outcomes and resolve disadvantages of linked prostheses in total elbow arthroplasty.

Key Words: Elbow, Arthroplasty, Unlinked, Convertible

서 론

주관절의 인공관절 치환술(total elbow replacement arthroplasty; TEA)은 다른 관절 질환과 마찬가지로 진행된 관절염의 수술적 치료 중 하나로 선택될 수 있

다. 주 적응증으로는 중증의 류마티스 관절염 및 외상 후 관절염이며, 고령의 환자에서 발생한 원위 상완골 관절면 골절 또는 불유합의 경우에도 선택적으로 사용될 수 있다.^{1,2)} 국내에서는 1984년에 Pritchard ERS™ 치환물(DePuy, Warsaw, IN, USA)이 도입된 이후, 다양

※통신저자: 문 준 규

서울특별시 구로구 구로동길 97

고려대학교 의과대학 구로병원 정형외과

Tel: 02) 2626-3089, Fax: 02) 2626-1164, E-mail: moonjg@korea.ac.kr

접수일: 2013년 10월 2일, 1차 심사완료일: 2013년 10월 25일, 게재 확정일: 2013년 11월 4일

한 종류의 디자인이 사용되어 왔으나 현재는 연결형 모델인 Coonrad-Morrey 치환물(Zimmer, Warsaw, IN, USA)이 진행된 류마티스 관절염 환자에서 주로 시행되고 있다.³⁾

현대적인 주관절 전치환술 또는 성형술은 1972년 Dee에 의해 개발된 경첩형 금속 치환물을 꼽을 수 있는데 시멘트를 이용한 고정을 시도했다는 점에서 의미가 있다.⁴⁾ 하지만 금속 관절면의 접촉으로 인한 높은 해리율로 인한 합병증이 높아 사용이 점점 줄어들었다. 이를 보완한 폴리에틸렌 부싱(polyethylene bushing)을 이용한 이완성 경첩 관절(loose hinge joint) 치환물이 개발되어 사용되기 시작했다. 이완형 경첩 연결형 디자인은 약간의 내반, 외반 및 회전 운동을 허용하여 해리율이 감소하고 임상적인 결과가 호전되었지만, 젊고 활동적인 환자에 있어서 여전히 베어링(bearing) 마모와 상대적으로 높은 해리율이 문제가 되고 있다. 이러한 배경으로 표면 치환술(resurfacing) 또는 비연결형(unlinked design)의 치환물에 다시 관심을 가지게 되었고 개발자들은 스템-시멘트간의 부하를 줄여서 해리율을 감소시키는 이론적 배경을 제시하였다.^{5,6)}

주관절 치환술 기구는 가동성 및 연결성에 따라 분류할 수 있다. 가동성에 따라 분류할 경우 구속형(constrained), 반구속형(semiconstrained) 및 비구속형(unconstrained) 디자인으로 나눌 수 있으며, 연결성에 따라서는 비연결형(unlinked), 연결형(linked) 및 전환형(convertible) 디자인으로 나눌 수 있다. 비연결형 디자인은 인체 주관절과 같이 상완부와 척골부가 연결되지 않은 것이고 전환형 디자인은 필요에 따라 비연결형과 연결형으로 상호 전환이 가능한 디자인이다. 비연결형 디자인은 1974년 개발 사용된 Capitulocondylar 치환물(Johnson & Johnson, Raynham, MA, USA)부터, Pritchard ERS (DePuy), Souter-Strathclyde (Stryker, Mahwah, NJ, USA), Kudo (Biomet, Warsaw, IN, USA), Sorbie-Questor (Wright Medical Technology, Arlington, TN, USA) 등이 과거에 사용되었거나 또는 현재까지 사용되고 있다. 연결형 디자인은 GSB (Zimmer), Osteonics (Osteonics, Allendale, NJ, USA), Prichard-Walker (DePuy), Coonrad-Morrey (Zimmer) 등이 있는데, 2013년 9월 현재 국내에서는 연결형 치환물인 Coonrad-Morrey 치환물과 Discovery[®] 치환물(Biomet)이 가용한 상태이다.⁷⁾ 본문에서는 비연결형과 전환형 주관절 인공 관절 치환물에 중점을 두어 설명하고자 한다.

비연결형 주관절 전치환술 (Unlinked TEA)

1. 환자 선택

초기에는 1세대 연결형 디자인의 높은 합병율로 저활 동성의 류마티스 환자군이 주관절 인공관절 치환술의 주 적응증이었다. 하지만 주관절 역학에 대한 이해가 높아지고 인공 삽입물 디자인과 수술 방법의 발전으로 최근에는 비교적 젊은 환자에서의 외상 및 비외상성 관절염의 경우까지 적응증이 넓어졌다. 하지만 엄격한 환자 선택과 적절한 치환물의 결정이 주관절 인공관절 치환술의 성공 여부를 결정하는데 여전히 중요하다.

일반적 수술 적응증으로 중증의 류마티스 관절염이나 다른 염증성 관절염, 특발성 혹은 외상 후 관절염, 골괴사, 혈우병성 관절병, 종양 재건술, 고령의 환자에서 발생한 상완골 원위부 분쇄 골절 등이 있다. 퇴행성 관절염의 경우에는 비록 진행된 경우에도 골극으로 인한 기계적 충돌 통증이나 관절 운동 제한이 주증상이므로 인공 관절 치환술을 시행해야 하는 경우는 드물다. 수술전 계획에서 치환물을 선택할 때에는, 비연결형 디자인을 사용하기 위해서는 전제 조건이 필요하다. 충분한 주변 골 및 측부 인대의 안정성이 필수적이며 주관절 주위의 굴곡근 및 신전근의 기능 또한 중요하다. 따라서 골파괴가 심한 중증의 진행된 류마티스 관절염이나 원위 상완골의 골절 중 양측 과(column)의 분쇄 골절이 심한 경우에는 연결형 치환물을 사용하는 것이 바람직하다. 또한 비연결형 치환물을 사용하기 위해서는 주관절 주위 근육간의 균형이 인공 삽입물의 안정성에 기여하므로 이러한 조건이 충족되지 않는다면 연결형 인공 삽입물을 선택하여야 한다. 골조직과 연부 조직이 비교적 잘 보존된 젊은 연령의 환자가 비연결형의 치환술의 가장 적합한 적응증으로 여겨진다.

2. 비연결형 디자인의 배경

금속 관절면과 폴리에틸렌 관절면의 접촉 모양 자체가 비연결형 치환물을 사용한 주관절의 안정성에 일부 기여는 하지만, 대부분의 안정성은 관절낭이나 인대, 근육 및 힘줄 등의 연부 조직이 담당한다. 또한 이러한 연부 조직은 관절면에 전해지는 충격을 흡수하거나 분산시키는 역할을 함으로써 치환물과 연부 조직간의 하중을 분담하게 하는 역할을 하며 이는 이론적으로 관절에

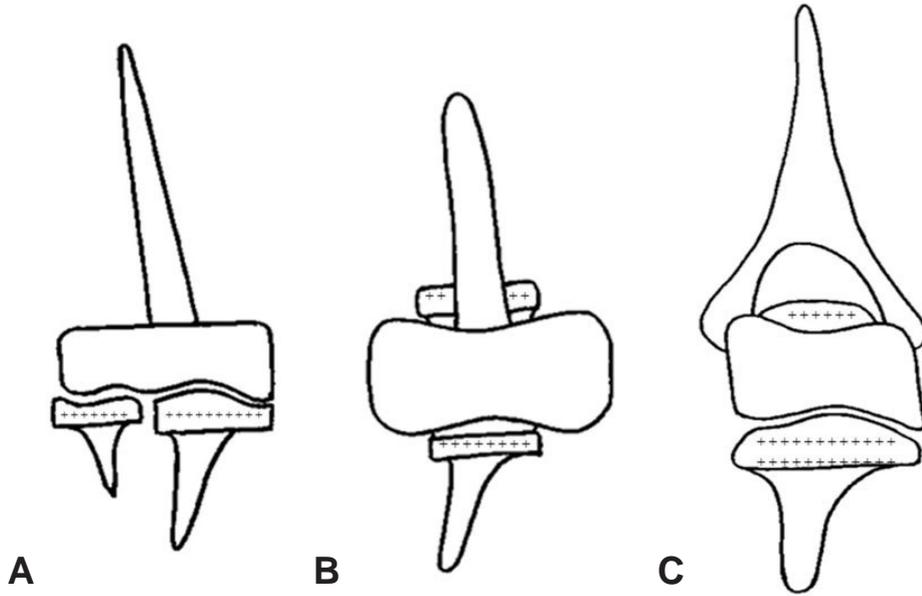


Fig. 1. The current unlinked prostheses which have been used and commercially available. (A) Sorbie-Questor implant, (B) Kudo implant (C) and Souter-Strathclyde implant.



Fig. 2. The Kudo unlinked total elbow arthroplasty (Biomet). Type 5 model has a humeral stem made of cobalt-chromium alloy with a titanium porous coating. The ulnar component has a metal backed polyethylene.

부하를 줄이고 시멘트-골, 시멘트-삽입물 사이에 생기는 응력(torque)을 줄이게 된다.⁵⁾

그 동안 개발된 비연결형 디자인은 각각 관절 모양에 따라 다른 내부 구속성을 가지고 있다(Fig. 1).⁸⁻¹²⁾ 내부 구속성을 줄일수록 삽입물에 가해지는 부담을 줄일 수 있으나 단점으로 부정주행(maltracking)이나 불안정성(instability)이 증가할 수도 있다. 따라서 관절 주위 연부 조직의 균형과 적절한 범위 한도에서의 이완성 유지로 기능적인 관절 이완이 되도록 인공 삽입물이 위치해야 한다. 바꾸어 말하면 측부 인대의 적절한 긴장이 유지되고 근육의 압박하는 힘이 관절의 안정성을 유지할

수 있도록 정상적인 운동 역학이 유지되어야 한다. 이러한 주변 연부 조직의 균형은 결국 폴리에틸렌 마모나 골 소실, 비감염성 해리를 줄일 수 있는 것으로 기대되며 이러한 특징이 비연결형 디자인의 생역학적 배경으로 해석된다. 한편 비연결형 디자인의 초기 모델은 스템이 없는 표면 치환형이었지만 현재 사용하고 있는 비연결형 디자인은 대부분 인공 삽입물 해리 위험성을 줄이기 위한 스템형이다(Fig. 2).

3. 추가적인 요골두 치환술 (Combined radial head arthroplasty)

주관절 전치환술에서 요골두의 역할에 대해서 아직 명확한 연구 결과가 없는 실정이다. 하지만 비연결형 치환물의 경우, 요골-소두 관절의 안정성이 전체 주관절 안정성에 상당한 기여를 하므로 요골두 치환술 자체가 중요한 요소가 된다. 요골두 치환술의 장점으로는 효과적인 부하의 전달(load transfer)과 전체 관절의 안정성을 높일 수 있다는 것이 대표적이다. 이러한 장점은 임상 결과에서도 요골두 치환술을 한 경우 더 나은 결과가 보고된 것으로 증명된 바 있다.^{13,14)} 이론적으로 요골-소두 관절을 가지게 되면 상완골-척골 관절의 부담을 줄일 수 있는데 이는 더 큰 폴리에틸렌 관절면을 지날수록 힘이 분산되어 시멘트-골간, 시멘트-인공 삽입물간 힘의 전달을 줄이기 때문이다. 이러한 이론에 따라 두 개의 관절을 가짐으로써 마모, 골용해 및 미세균성 해리

등을 줄일 수 있다고 여겨진다.

기술적인 측면에서 해부학적인 요골-소두 관절을 재건하는 것은 어렵다. 이는 요골두가 해부학적으로 복잡한 구조를 가지기 때문인데, 요골 경부는 체간에 대해 15도 경사져 있으며, 관절면 모양이 완전 원형이 아니라 타원형이며, 경부 축으로부터 오프셋(offset)을 가진다.¹⁵⁾ 그러므로 원형의 요골두 치환물과 곧은 주대로는 완전한 정상 해부학적 구조를 재현시킬 수 없으며 초기 디자인에서는 이러한 이유로 요골두 삽입물을 포함하지 않기도 하였다. 최근에는 요골두의 중요성이 알려져 치환술의 필요성과 적합한 디자인을 동시에 고려한 결과로, 요골두가 두 관절면에서 움직이는 양극성 요골두 치환물(bipolar radial head prosthesis)이 선호되고 있다. 이 양극성 디자인은 해부학적으로는 인체 요골두와 상이하지만 이론적으로 요골두 치환물이 보다 더 자유롭게 움직임으로써 정상적인 운동 역학을 구현하는데 더 적합하다고 보기 때문이다.¹⁶⁾ 향후 요골두 치환술을 포함한 주관절 전치환술의 개선된 디자인이 더 나은 임상적 결과를 초래할 것으로 기대되며 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

4. 임상 결과(Clinical results)

현재까지 발표된 비연결형 주관절 치환술의 임상 결과는 각각 다른 종류의 치환물을 이용한 수술의 후향적 연구로 그 한계가 있다. Little 등¹⁷⁾은 류마티스 환자군에서 시행한 Souter (Stryker), Kudo (Biomet) 및 Coonrad-Morrey (Zimmer) 치환물의 비교 연구를 발표하였는데 비연결형 디자인에서 불안정성이 높았다는 결과 외에 다른 차이점은 없었다고 하였다. 비연결형 디자인에서 불안정성은 대표적인 단점으로 알려져 있으며 평균 5% 정도 비율로 발생한다고 하며, 여전히 연결형 디자인에 비해 우려되는 점이다. 하지만 종합적으로 볼 때, 비연결형 디자인의 임상 결과는 연결형 디자인의 결과와 비슷하다. 합병증의 발생빈도는 비연결형 디자인이 연결형 디자인에 비하여 해리의 빈도는 낮으며 불안정성의 빈도는 높은 것으로 보고되고 있다.^{4,17,18)}

전환형 주관절 전치환술 (Convertible TEA)

전환형 인공관절 치환물은 인공 삽입물의 제거 수술 없이 비연결형에서 연결형으로 전환하거나 그 반대로도

전환할 수 있다. 전환은 처음 수술을 할 때나 추후 추가적인 수술 시에 시행할 수 있는데 현재 시장에 나와 있는 전환형 디자인 중 하나인 Latitude 모델(Tornier Inc, Stafford, TX, USA)은 원위 상완골 반치환술에서 주관절 전치환술로도 전환할 수 있다.

1. 전환형 디자인의 이론적 배경

대부분의 진행된 관절염 환자의 경우 비연결형 디자인의 주관절 인공관절 성형술을 사용할 수 있지만 불충분한 골 조직, 측부 인대의 이완 등이 있는 경우에 연결형 디자인을 사용해야 한다. 보통 수술 전에 어떤 종류의 삽입물을 사용할 지 결정하지만 비연결형 주관절 인공관절 수술을 할 때, 연결형 디자인을 동시에 준비하여 수술 소견에 따라 선택할 수 있다면 좀 더 바람직하다고 할 수 있겠다. 예를 들면, 비연결형 삽입물을 계획한 수술에서 치환술 도중 관절 상태가 안정적이지 않거나 관절면이 일치하지 않을 경우에는 연결형 디자인을 사용하는 것이 적절하다. 이 때 치환물을 삽입한 이후에도 시멘트 고정이 완전히 굳지 않았다면 비연결형에서 연결형 디자인으로 바꾸는 것이 가능할 수도 있다. 하지만 반복적인 골 절제 및 새로운 기구들의 준비가 필요할 수 있으며 수술 시간이 길어지는 단점이 있을 수 있다. 이런 상황에서 전환형 삽입물을 쓴다면 반복적인 골 절제를 피할 수 있고 수술 시간을 줄일 수 있다. 특히 스템의 시멘트 처리를 하고 난 뒤에도 주관절이 불안정하다면 쉽게 비연결형에서 연결형 디자인으로 변환할 수 있는 장점을 가진다. 이러한 융통성은 재치환술에서도 장점을 가진다. 또 다른 장점 중의 하나는 수술자 입장에서 한가지 디자인을 사용함으로써 대부분의 환자들을 수술할 수 있기 때문에 기구에 쉽게 익숙해지거나 술기가 편하다는 것이다.¹⁹⁾

비연결형 주관절 전치환술 후 일부 환자들에게서 주관절 불안정성이 합병증으로 발생할 수 있다. 이러한 불안정성이 수술 후 급성기에 발생한 경우에는 비관혈적 정복과 고정으로 인대의 회복을 시도해 볼 수 있다. 하지만 지속적으로 불안정성이 회복되지 않는 경우에는 인대 재건술(ligament reconstruction)을 고려해야 하는데 현재까지 문헌을 고찰해보면 인대 재건술의 효과는 불충분하다고 알려져 있어 그 수술의 필요성에 대한 의문이 많다.²⁰⁾ 따라서 연결형 디자인 인공 삽입물을 사용한 재치환술이 최선의 치료로 여겨지고 있다.⁹⁾ 이런 상황에서 전환형 디자인은 최소 침습적인 접근법으로

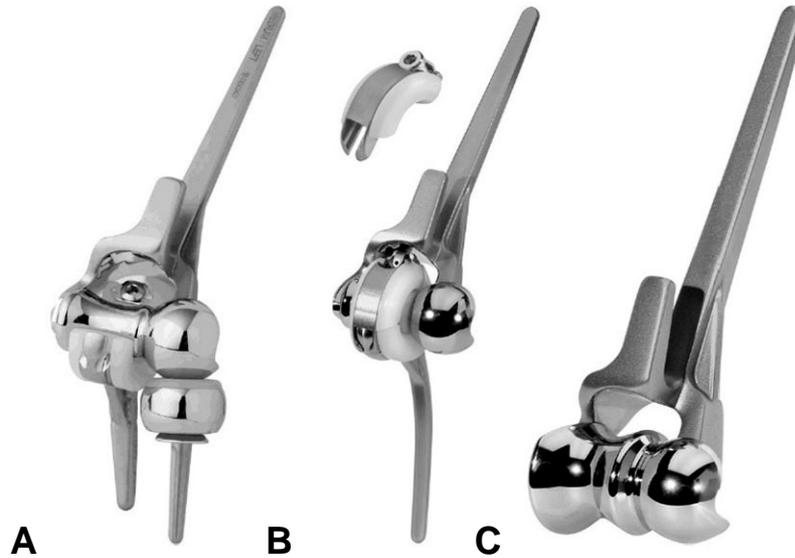


Fig. 3. The Latitude convertible total elbow arthroplasty (Tornier Inc). Conversion from (A) unlinked to (B) linked type. (C) Hemiarthroplasty is also available.

쉽게 비연결형 디자인을 연결형 디자인으로 전환시킬 수 있다. 이러한 시도는 원위 상완골의 관절내 복합 골절 및 불유합, 무혈성 괴사에 시행된 원위 상완골 반치환술(hemiarthroplasty)에도 적용된다. 원위 상완골 반치환술 이후 환자가 불안정성이나 관절염, 지속적인 통증이나 척골측 인공 삽입물의 침강 현상을 보인다면 상완부 치환물의 재치환술없이 연결형이나 비연결형 디자인의 주관절 인공관절 전치환술을 시행할 수 있다.

2. 전환형 디자인의 종류

전세계적으로 현재 Acclaim® (DePuy) 치환물과 Latitude (Tornier Inc) 치환물의 2가지 종류의 전환형 디자인이 개발되어 시장에서 사용 중이다. 이 중 국내에서도 사용 가능한 Latitude 치환물은 코발트 크롬 재질의 조절 가능한 인공 삽입물로 상완골 반치환술이나 전치환술에 비연결형 혹은 연결형으로 사용될 수 있다 (Fig. 3). 상완부는 핀(fin)과 축성 회전과 후방 전위에 저항하는 전방 플랜지(flange)로 구성되어 있으며 양극성 요골두 관절 치환술을 선택적으로 시행할 수 있다. 상완부 부속품의 삼관 축성 볼트는 측부 인대를 삽입물과 주변골에 융합해 주는데 사용할 수 있다. 뒷면이 금속으로 처리된 척측 부속품은 두꺼운 폴리에틸렌을 가지고 있고 확장된 구상돌기를 포함하여 후방 안전성을 높여준다. 비연결형 디자인에서 연결형 디자인으로의 전환은 잠금 마개(locking cap)를 수술 중에 추가하거나

최소 침습 접근법으로 추후 재수술을 통해 시행할 수 있다. 2013년 현재 Latitude system이 국내에 수입되어 사용 중이다.

요 약

주관절의 비연결형 치환물은 경첩성 연결형 치환물의 단점을 보완할 수 있는 장점을 가지고 있다. 젊은 연령의 활동적인 환자에서 해부학적 구조를 유지하면서 장기적인 합병증인 치환물의 해리, 골용해의 발생을 줄일 수 있을 것으로 기대된다. 최근 연결형과 비연결형 디자인의 상호 전환이 가능한 전환형 디자인이 개발되면서 치환물 선택에 다양성을 제공하며 연결형과 비연결형의 장점을 유지하면서 단점을 보완할 수 있을 것으로 생각한다.

REFERENCES

- 1) **Morrey BF, Bryan RS, Dobyns JH, Linscheid RL.** Total elbow arthroplasty. A five-year experience at the Mayo Clinic. *J Bone Joint Surg Am.* 1981;63:1050-63.
- 2) **Brumfield RH, Jr., Volz RG, Green JF.** Total elbow arthroplasty: a clinical review of 30 cases employing the Mayo and AHSC prostheses. *Clin Orthop Relat Res.* 1981;158:137-41.
- 3) **Kim JM, Lee SM, Park JC, et al.** Complication and revision rate as the type of prosthesis of total elbow

- replacement: Long term follow up in Korea. *J Korean Orthop Assoc.* 2010;45:10-5.
- 4) **Dee R.** Total replacement arthroplasty of the elbow for rheumatoid arthritis. *J Bone Joint Surg Br.* 1972; 54:88-95.
 - 5) **Ewald FC, Scheinberg RD, Poss R, Thomas WH, Scott RD, Sledge CB.** Capiteltocondylar total elbow arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 1980;62:1259-63.
 - 6) **Gramstad GD, King GJ, O'Driscoll SW, Yamaguchi K.** Elbow arthroplasty using a convertible implant. *Tech Hand Up Extrem Surg.* 2005;9:153-63.
 - 7) **Morrey BF, Sanchez-Sotelo J.** The elbow and its disorders. 4th ed. Philadelphia: Saunders; 2009. 705-910.
 - 8) **Ramsey M, Neale PG, Morrey BF, O'Driscoll SW, An KN.** Kinematics and functional characteristics of the Pritchard ERS unlinked total elbow arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg.* 2003;12:385-90.
 - 9) **Ring D, Kocher M, Koris M, Thornhill TS.** Revision of unstable capiteltocondylar (unlinked) total elbow replacement. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87: 1075-9.
 - 10) **Tanaka N, Kudo H, Iwano K, Sakahashi H, Sato E, Ishii S.** Kudo total elbow arthroplasty in patients with rheumatoid arthritis: a long-term follow-up study. *J Bone Joint Surg Am.* 2001;83:1506-13.
 - 11) **van der Lugt JC, Geskus RB, Rozing PM.** Primary Souter-Strathclyde total elbow prosthesis in rheumatoid arthritis. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86:465-73.
 - 12) **van Riet RP, Morrey BF, O'Driscoll SW.** The Pritchard ERS total elbow prosthesis: lessons to be learned from failure. *J Shoulder Elbow Surg.* 2009; 18:791-5.
 - 13) **King GJ, Zarzour ZD, Patterson SD, Johnson JA.** An anthropometric study of the radial head: implications in the design of a prosthesis. *J Arthroplasty.* 2001;16:112-6.
 - 14) **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;368:114-25.
 - 15) **Van Riet RP, Van Glabbeek F, Neale PG, Bortier H, An KN, O'Driscoll SW.** The noncircular shape of the radial head. *J Hand Surg Am.* 2003;28:972-8.
 - 16) **Popovic N, Lemaire R, Georis P, Gillet P.** Midterm results with a bipolar radial head prosthesis: radiographic evidence of loosening at the bone-cement interface. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89:2469-76.
 - 17) **Little CP, Graham AJ, Karatzas G, Woods DA, Carr AJ.** Outcomes of total elbow arthroplasty for rheumatoid arthritis: comparative study of three implants. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87:2439-48.
 - 18) **Wright TW, Wong AM, Jaffe R.** Functional outcome comparison of semiconstrained and unconstrained total elbow arthroplasties. *J Shoulder Elbow Surg.* 2000;9:524-31.
 - 19) **Leclerc A, King GJ.** Unlinked and convertible total elbow arthroplasty. *Hand Clin.* 2011;27:215-27.
 - 20) **King GJ, Itoi E, Niebur GL, Morrey BF, An KN.** Motion and laxity of the capiteltocondylar total elbow prosthesis. *J Bone Joint Surg Am.* 1994;76: 1000-8.

초 록

주관절 전치환술은 과거 임상적 결과를 토대로 새로운 디자인이 개발 중이며 불안정성이나 해리 등의 단점을 개선하고 수명을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. 본 종설은 비연결형 주관절 치환술과 전환형 주관절 치환술의 일반적 개념을 기술하고자 한다. 과거의 비연결형 치환물 중 현재는 일부만 사용되고 있다. 기존의 단점을 보완한 최근의 비연결형 디자인은 더 안정적인 관절면 모양, 스템형 치환물 및 요골-소두 치환술을 첨가하는 형태 등으로 개선되고 있다. 전환형 디자인은 전세계적으로 두 개의 모델이 개발되어 사용 중이며 최근 국내에서도 사용 가능하게 되었다. 비연결형 디자인에서 추가적인 연결고리를 이용하면 쉽게 연결형으로 전환이 가능하다. 비연결형 주관절 치환술은 인체 주관절과 유사한 운동 구조를 가지게 되어 폴리에틸렌 마모나 치환물의 해리를 감소시킬 수 있는 장점이 있다. 주변골과 연부 조직이 보존된 경우 또는 활동도가 높은 젊은 환자에서 적응증이 될 수 있다. 전환형 주관절 치환술은 치환물의 선택을 넓히고 재수술을 용이하게 하는 장점을 가지고 있다. 두 개의 치환물의 사용은 연결형 치환술이 가지고 있는 단점을 보완하고 장기적인 결과를 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

색인 단어: 주관절, 전치환술, 비연결형, 전환형