

견관절 역행성 인공관절 치환술의 원칙

한림대학교 강남성심병원 정형외과학교실

노규철 · 서일우

Reverse Total Shoulder Arthroplasty: Where we are? “Principles”

Kyu-Cheol Noh, M.D., Il-Woo Suh, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Kangnam Sacred Heart Hospital, Hallym University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: The purpose of this article is to identify and understand the complications of RTSA and to review the current methods of preventing and treating this malady.

Materials and Methods: Previous constrained prostheses (ball-and-socket or reverse ball-and-socket designs) have failed because their center of rotation remained lateral to the scapula, which has limited of the motion of the prostheses and produced excessive torque on the glenoid component, and this leads to early loosening. The Grammont reverse prosthesis imposes a new biomechanical environment for the deltoid muscle to act, thus allowing it to compensate for the deficient rotator cuff muscles.

Results: The clinical experience does live up to the lofty biomechanical concept and expectations: the reverse prosthesis restores active elevation above 90° in patients with a cuff-deficient shoulder. However, external rotation often remains limited and particularly in patients with an absent or fat-infiltrated teres minor. Internal rotation is also rarely restored after a reverse prosthesis. Failure to restore sufficient tension in the deltoid may result in prosthetic instability.

Conclusion: Finally, surgeons must be aware that the results are less predictable and the complication/revision rates are higher in revision surgery than that in the first surgery. A standardized monitoring tool that has clear definitions and assessment instructions is surely needed to document and then prevent complications after revision surgery.

Key Words: Reverse total shoulder arthroplasty, Cuff tear arthropathy

서 론

1970년대 소개된 이래로 견관절 역행성 인공관절 전 치환술은 구속형 디자인과 견관절 회전중심 (COR,

center of rotation)의 외측화로 인해 관절와 기구 (glenoid implant)에 과도한 전단력 (shear force)이 생겨 결국에는 디자인이 실패하게 되었고 임상적으로도 좋은 결과를 나타내지 못하였다 (Fig. 1).^{1,2)}

※통신저자: 노 규 철

서울특별시 영등포구 대림1동 948-1

한림대학교의료원 강남성심병원 정형외과학교실

Tel: 02) 829-5165, Fax: 02) 834-1728, E-mail: happyshoulder@yahoo.co.kr

접수일: 2011년 5월 6일, 게재 확정일: 2011년 6월 27일

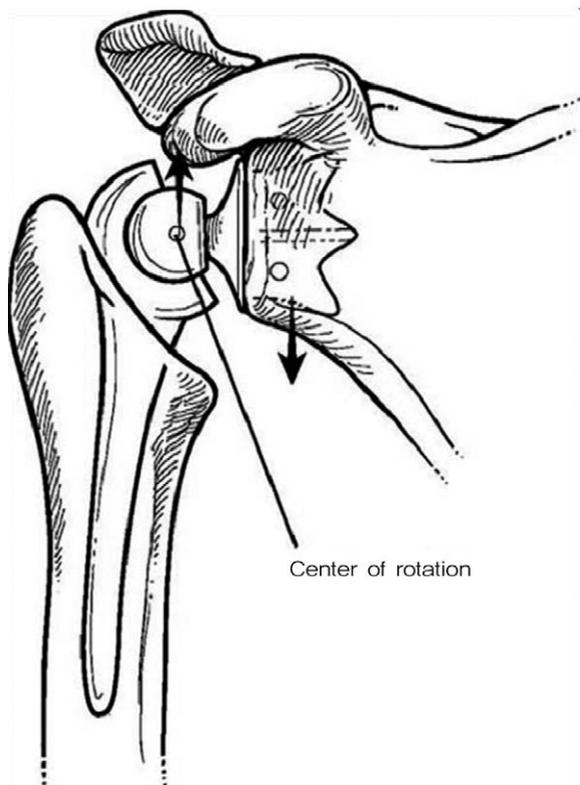


Fig. 1. Diagrams demonstrating an earlier reverse total shoulder prosthesis design, with a small glenosphere component and alateralized center of rotation. Gartsman GM, Edwards TB, editors. *Shoulder arthroplasty*. 1st ed. Philadelphia:Saunders;2008.

최근의 역행성 인공 관절 기구의 디자인은 관절와 기구의 반경이 좀 더 커지고 회전중심 (COR)이 내측, 원위부로 이동하여 좀 더 안정적이고 효과적인 지렛목 (fulcrum)을 만들고 관절와-골 (glenoid-bone) 사이 표면에 전단력을 줄여주는 방향으로 진화하고 있다 (Fig. 2).^{3,4)}

역행성 인공관절 전치환술은 2003년에 U.S. Food and Drug Administration (FDA) 승인 후에 회전근개 손상 관절증 (cuff tear arthropathy)에 대한 치료로 좀 더 대중적이 되었으며, 실패한 고식적인 전치환술 (TSA), 봉합 불가능한 회전근 파열을 갖는 류마티스 관절염, 근위부 상완골의 악성 종양, 가성마비 (pseudoparalysis) 그리고 견봉궁의 아치가 손상되어 있거나 상완골 두의 전상방 전위로 전상방 불안정성 (anterosuperior instability) 환자에서도 점차 사용하게 되었다.^{5,6)}

그러나 수술의 주 합병증 (major complication)이 약 26% 이상이며, 삽입된 기구 수명의 한계점, 아직은 임상적으로 장기 추시 결과가 적어 견관절에 대한 역행성 인공관절 전치환술을 광범위하게 사용하기에는 아직은 상당히 염려스럽다.²⁾

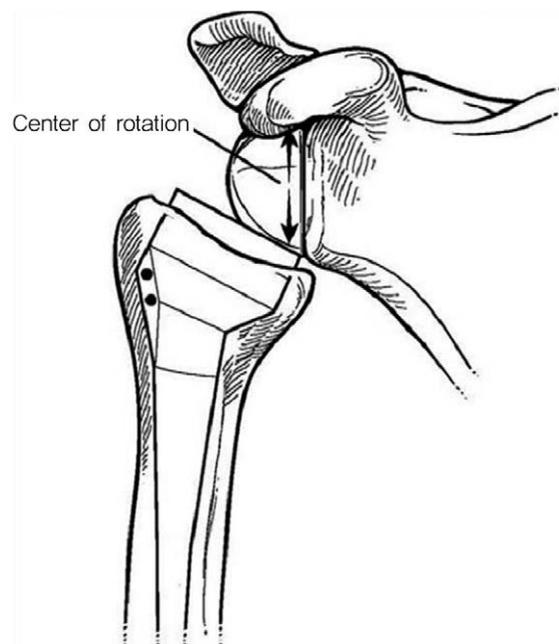


Fig. 2. The modern design, with a large glenosphere, a nonanatomic valgus angle of the humeralimplant, and medial and distal positioning of the center of rotation. Gartsman GM, Edwards TB, editors. *Shoulder arthroplasty*. 1st ed. Philadelphia:Saunders;2008.

The Reverse Total Shoulder Prosthesis

회전근개 손상 관절증 (cuff tear arthropathy)에 대한 치료로 초기에 반 치환술 (hemiarthroplasty) 또는 양극성 치환술 (bipolar arthroplasty)의 시도는 통증 감소 및 기능 회복에 도움이 되지 못했다.⁷⁾ 그런 불만족스런 결과를 극복하기 위해 회전근육이 심각한 결손이 있는 환자에서 의사들은 신체 다른 부위 체중부하 관절의 생역학적인 디자인을 표방해 견관절에 볼록한 관절와와 오목한 상완골 조합의 기구 디자인을 구상하게 되었다.⁸⁻¹²⁾ 고관절 전치환술의 성공에 준하여 삽입되는 기구의 일치성 (conformity)과 압박성 (constraint)을 증가시키기 위한 디자인이 견관절에도 시도되었다.¹¹⁾

Dr. Neer의 3개의 역행성 상완 관절와 교합 (reversed glenohumeral articulations) 중 첫 번째인 Mark I은 삽입된 기구의 안정성과 상완골의 근위부 이동을 막기 위해 glenosphere가 큰 해부학적 관절와 기구를 사용하였다. 그러나 그런 큰 관절와 기구는 관절와에 부적절한 골질 (bone stock)인 경우에는 삽입하기 어렵고, 찢어진 회전근육의 재부착이 어려웠다. 결국에는 회전근의 기능 약화로 삽입된 기구의 근위부 이동으로 충돌 증상, 관절와 이완과 불만족스런 기능적 결과를 초래하였다.^{8,11)}

그래서 Mark II reverse prosthesis는 회전근의 재건술을 할 수 있게 좀 더 작은 “glenosphere”를 디자인 하였다. 그러나 불행하게도 작은 반경의 반구는 제한된 운동범위를 갖게 되었고 기구에 고도한 압박(over-constraint)을 유발하였다.¹¹⁾

Mark III prosthesis가 다시 개발되었고 고정된 회전축을 갖고 있었다.¹²⁾

Constraint을 제한하고 운동 범위를 향상시키기 위하여 새로운 디자인은 상완 stem과 간부(diaphysis)에 축성 회전(axial rotation)을 허용하였다 그러나 이 디자인도 이차적인 관절와 이완으로 실패하였다.

1974년에 Dr. Neer는 constraint 단독으로는 비기능적인 회전 근개를 보상해 줄 수 없다고 결론을 내리고 그의 디자인을 포기하였다.¹²⁾

1972년과 1978년 사이에 다양한 수많은 관절와 구(glenosphere)의 변형과 새로운 고정 방법이 시도되었다. 그러나 이런 디자인들은 관절와 기구(glenoid implant)의 문제로 모두 실패하였다.¹²⁻¹⁵⁾ 가장 큰 문제점은 외측으로 돌출된 경부를 가진 둥근 관절와(spherical glenoid)의 견고한 관절와 고정(glenoid fixation)을 하지 못한다는 것이다. 고정된 관절와 기구에 커다란 회전력(torque)이 걸려 관절와 이완이 생기기 때문이다.

Grammont Reverse Total Shoulder Prosthesis

1985년 프랑스 정형외과 의사인 Paul Grammont에 의하여 상완 관절의 회전 중심을 내측, 원위부로 이전하여 관절와(glenoid)와 기구와의 접촉면에 회전축이 위치하게 하여, 관절와 기구(glenoid component)의 고정점에 회전력(torque)이 걸리는 것을 줄여 관절와에 전달되는 힘이 전단력(shear force)보다는 대부분이 압박력(compression force)으로 작용하게 하였

으며, 견봉에 대하여 상완골을 아래쪽으로 내리면서 또한 내측으로 전위시키게 되는데 이는 삼각근의 긴장과 길이를 증가시켜 더 많은 삼각근의 전후방 섬유가 보충(recruiting)하게 되어 삼각근의 지렛대 길이(lever arm)를 향상시키게 된다(Fig. 3, 4).¹⁶⁾

반구속형 역행성 구-소켓 디자인(semi-constrained reverse ball-and-socket design)이 소개된 첫 모델은 단지 2개의 기구로 구성되어 있으며 안정성 향상, 회전근 개 결손의 보상 그리고 회전 중심을 내측, 원위부로 이전하여 관절와 기구의 기계적 실패를 감소시켰다.¹⁶⁾ 즉 관절와 기구의 경부(neck of the glenoid component)를 없애므로써 관절와(glenoid)와 neckless prosthesis 기구와의 접촉면에 회전축이 위치하게 하도록 한 것이다.¹⁶⁾

Grammont reverse TSA의 첫 번째 모델은 시멘트형 glenosphere와 inverted polyethylene humeral stem으로 구성되어 있다. 1987년 8명의 환자에 대한 결과를 발표하였다. 모든 환자에서 추적검사상 통증완화가 되었으나 기능적으로는 5명 환자에서는 전방굴곡 100도~130도 였으나 3명은 전방굴곡 60도 이하였다.¹⁶⁾

2차 모델은 DELTA reverse TSA로 1991년에 개발되어 먼저 monobloc humeral component with a standard cup을 사용하였으며, 관절와 기구(glenoid implant)에 시멘트를 사용하지 않고, central peg로 고정하였으며, 나사못을 divergent하게 삽입하여, 초기 전단력(initial shearing force)에 저항하게 하였다. glenosphere는 plate의 주변부에 직접 나사못을 박아 고정하였으나 초기 이완을 보여 만족스럽지 못하였다.

1994년에 third generation 디자인이 modular metaphyseal-epiphyseal block에 나사고정을 할 수 있는 diaphyseal stem이 출시되었으나 polyethylene cup이 충분히 크지 않아 내측 충돌이 생겨 실패하였다.¹²⁾

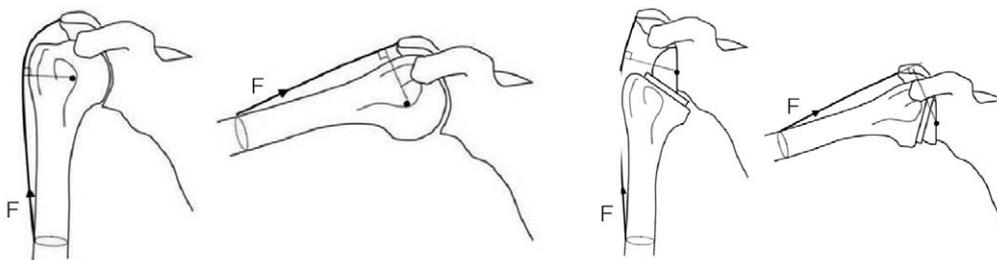


Fig. 3. Center of rotation and position of the humerus and the deltoid muscle with the arm at the side and in abduction in normal shoulder anatomy. Reverse total shoulder arthroplasty medializes the center of rotation, distalizes the humerus, and elongates the deltoid. The lever arm of the deltoid muscle is lengthened so that for any given angular displacement of the humerus, shortening of the deltoid is greater than in total shoulder arthroplasty. Gerber C, Pennington SD, Nyffeler RW. Reverse total shoulder arthroplasty. J Am Acad Orthop Surg. 2009;17:284-95.

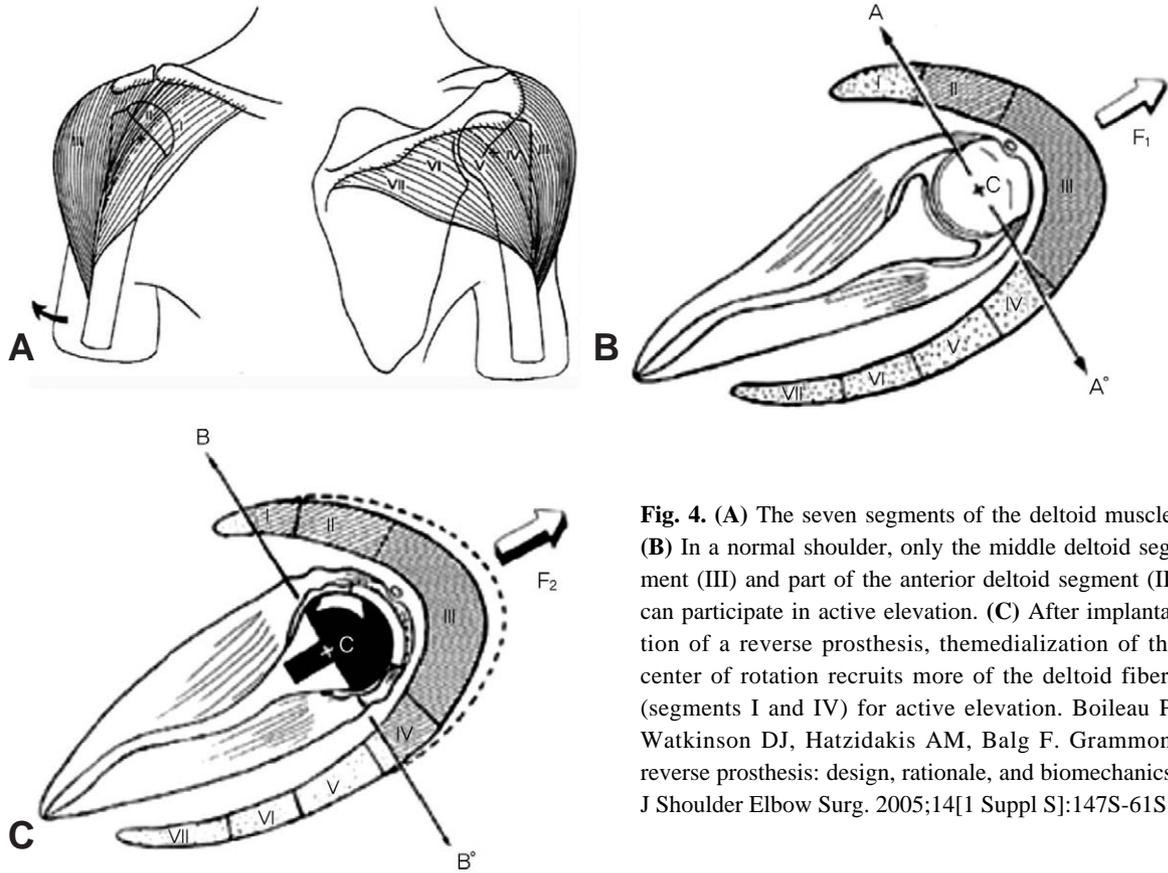


Fig. 4. (A) The seven segments of the deltoid muscle. (B) In a normal shoulder, only the middle deltoid segment (III) and part of the anterior deltoid segment (II) can participate in active elevation. (C) After implantation of a reverse prosthesis, the medialization of the center of rotation recruits more of the deltoid fibers (segments I and IV) for active elevation. Boileau P, Watkinson DJ, Hatzidakis AM, Balg F. Grammont reverse prosthesis: design, rationale, and biomechanics. *J Shoulder Elbow Surg.* 2005;14[1 Suppl S]:147S-61S.

최근에는 Delta III prosthesis (DePuy International Limited, Leeds, England)가 가장 긴 추적검사의 임상적 결과를 보고하여 전방굴곡 110도 이상의 관절 운동과 장기간의 강한 고정력을 보여 주고 있다.¹⁷⁻²²⁾

Complications of Grammont Reverse TSA

역행성 인공관절 전치환술의 주요 합병증은 감염, 수술중 골절, 상완 신경총 병증 (brachial plexopathy), 견봉 스트레스 골절, 관절와 패임 (glenoid notching) 과 기계적인 실패 등이다.

심부 감염은 1차 역행성 인공관절 전치환술에서 5.1%까지도 보고 되고 있다. 이것은 아마도 견봉하 관절의 커다란 “dead space” 생김에 따른 혈종의 형성과 관련이 있다. 수술 중 관절와 합병증은 흔하지는 않지만 관절와 기구의 이완이 Grammont reverse prosthese의 경우에 4.1%까지 보고되고 있다.¹⁸⁾ 견갑와 패임 (scapular notching)은 상완 구조물 (humeral component)의 내측 부분과 관절와의 하단부 사이에 내전에 의해 부딪힘에 의해 발생 된다. 이런 반복적인 부딪힘이 관절와의 하단부에 50%에서 96%의 발생률로 골의 결손을 유도하게 된다.^{18, 23-25)} 관절와 패임 (glenoid

notching)의 장기간 후의 결과에 대해서는 불분명 하지만 폴리에틸렌 (polyethylene) 마모가 가속화 되고 이론적으로는 골손실이 진행될 것이다. 적절한 삼각근의 긴장의 실패가 또 다른 합병증의 원인이며, 부족한 긴장감으로 인한 관절 불안정성이 3.4%까지 보고되고 있으며, 과도한 긴장으로 인해서 견봉의 골절이 생긴다.¹⁸⁾ 회전 중심의 내측화로 인한 또 다른 합병증은 후방 외회전근의 부적절한 긴장을 야기 시킨다. 이것이 외회전의 근력 약화 및 능동적 관절 운동의 감소를 유발한다.

Modern Reverse Designs

지금까지의 결과로 역행성 인공관절의 진화된 디자인들이 보고 되고 있다.

Nyffeler와 그의 동료들은 관절와 패임 (scapula notching)을 줄이기 위해 관절와 기구 (glenoid component)를 좀 더 원래의 관절와 하연보다 하방으로 위치시켰다.^{26, 27)}

Simovitch는 glenospheres를 약간은 하방으로 경사 (tilt)하고 offset을 주어야 하는지 임상적인 중요성과 디자인의 당위성에 대해 증명하였다.²⁴⁾

RSP prosthesis (DJO Surgical, Encore Med-

ical, LP, Austin, Texas)에는 회전 중심을 DELTA III 보다 좀 더 외측으로 이동하여 해부학적인 중심에 가깝도록 위치하였다.²²⁾

Frankle은 96 cases에서 한명의 기계적인 실패나 패임 (notching)이 발생하지 않았으며 동통 및 기능에서도 좋은 향상을 얻었다고 보고하였다.²²⁾

최근 디자인의 혁명에는 baseplate의 변형, humeral neck shaft angle의 변경과 modularity가 증가 등이 포함되었다.

Frankel에 의하면 concave glenoid baseplate가 편평한 것에 비해 우수하였다고 하였다.^{28,29)} Angle locking screw를 사용한다거나 osseo-integrated baseplate를 사용하여 baseplate의 고정력이 향상되어 장기적인 관절와 고정 성공을 보장하였다. 또한 wedge를 가진 상완골 부품과 다양한 두께의 polyethylene cups을 사용함으로써 정확한 삼각근의 긴장을 얻을 수 있다.

결론 및 요약

역행성 인공관절 전치환술은 회전근 개 손상 관절증 (cuff tear arthropathy) 환자를 위한 표준 (standard) 치료법으로 대두되고 있다. 먼저 역행성 인공관절 전치환술의 원칙과 생역학을 정확히 이해하는 것이 필요하다.

역행성 인공관절 전치환술은 관절와 면에서 경부가 없는 큰 금속의 반구와 상완골 면에서 구의 반 이하를 커버하는 non-anatomic inclination을 갖는 작은 폴리에틸렌 컵을 도입하였다. 이러한 디자인은 회전을 고정시키고 내측으로 이동하므로써 관절와 구조 (glenoid component)의 회전력 (torque)을 최소화하였고 외전시 전후방 삼각근의 힘을 향상시켰다. 더욱이 견봉에 삼각근의 외전을 위한 지렛대 길이 (lever arm)를 향상시켜 회전근 개가 없는 어깨 관절에서 삼각근으로 보상작용을 하게 만들었다.

역행성 인공관절 전치환술에서 어깨의 능동적 전방거상을 90도 이상으로 향상시키지만, 소원근의 지방 침착으로 지방 변성 등이 심한 경우에는 외회전의 향상은 제한되어있다. 삼각근의 긴장을 못 맞추게 되면 인공관절의 불안정성을 유발하여 탈구가 발생하게 된다. 견갑골 경부에 상완골 기구의 충돌은 골 용해와 폴리에틸렌의 닳음을 유발하며 관절와 패임 (scapular notching)을 더욱 크게 만드나 아직 임상적 결과와 패임 (notching)과의 비례 관계는 논란의 여지가 있다. 물론 이런 합병증을 줄이기 위해 새로운 디자인의 인공관절이 개발되고 있다. 무엇보다도 이런 합병증을 줄이기 위해 수술이 꼭 필요한 적절한 환자의 선택이 중요하다.

REFERENCES

1. **Basamania CJ.** *Hemiarthroplasty for cuff tear arthropathy.* In: Zuckerman JD, editor. *Advanced reconstruction shoulder.* Rosemont: American Academy of Orthopaedic Surgeons; 2007. 567-78.
2. **Rockwood CA Jr.** *The reverse total shoulder prosthesis. The new kid on the block.* *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89:233-5.
3. **Boileau P, Watkinson D, Hatzidakis AM, Hovorka I.** *Neer Award 2005: the Grammont reverse shoulder prosthesis: results in cuff tear arthritis, fracture sequelae, and revision arthroplasty.* *J Shoulder Elbow Surg.* 2006;15:527-40.
4. **Gerber C, Pennington SD, Nyffeler RW.** *Reverse total shoulder arthroplasty.* *J Am Acad Orthop Surg.* 2009;17:284-95.
5. **Middernacht B, De Wilde L, Molé D, Favard L, Debeer P.** *Glenosphere disengagement: a potentially serious default in reverse shoulder surgery.* *Clin Orthop Relat Res.* 2008;466:892-8.
6. **Schmalzried TP, Jasty M, Rosenberg A, Harris WH.** *Polyethylene wear debris and tissue reactions in knee as compared to hip replacement prostheses.* *J Appl Biomater.* 1994;5:185-90.
7. **Sanchez-Sotelo J, Cofield RH, Rowland CM.** *Shoulder hemi-arthroplasty for glenohumeral arthritis associated with severe rotator cuff deficiency.* *J Bone Joint Surg Am.* 2001;83:1814-22.
8. **Franklin JL, Barrett WP, Jackins SE, Matsen FA.** *Glenoid loosening in total shoulder arthroplasty. Association with rotator cuff deficiency.* *J Arthroplasty.* 1988;3:39-46.
9. **Reeves RB, Jobbins B, Flowers M.** *Biomechanical problems in the development of a total shoulder endoprosthesis.* *J Bone Joint Surg Br.* 1972;54:193.
10. **Coughlin MJ, Morris JM, West WF.** *The semiconstrained total shoulder arthroplasty.* *J Bone Joint Surg Am.* 1979;61:574-81.
11. **Neer CS, 2nd, Craig EV, Fukuda H.** *Cuff-tear arthropathy.* *J Bone Joint Surg Am.* 1983;65:1232-44.
12. **Neer CS.** *Shoulder Reconstruction.* Philadelphia: WB Saunders Co; 1990. 146-50.
13. **Burkhead W.** *History and development of shoulder arthroplasty.* In: Friedman R (ed): *Arthroplasty of the Shoulder.* Thieme: New York; 1994. 838-53.
14. **Fenlin JM Jr.** *Total glenohumeral joint replacement.* *Orthop Clin North Am.* 1975;6:565-83.
15. **Bodey W, Yeoman P.** *Arthroplasty of the shoulder.* *Acta Orthop Scand.* 1983;54:900-3.
16. **Grammont P, Trouilloud P, Laffay JP, Deries X.** *Concept study and realization of a new total shoulder prosthesis [French].* *Rhumatologie.* 1987;39:407-18.
17. **Boileau P, Watkinson D, Hatzidakis AM, Hovorka I.** *Neer Award 2005: The Grammont reverse shoulder*

- prosthesis: results in cuff tear arthritis, fracture sequelae, and revision arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg.* 2006;15:527-40.
18. **Mole D, Favard L.** Excentered scapulohumeral osteoarthritis. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 2007;93 Suppl:37-94.
 19. **Werner CM, Steinmann PA, Gilbert M, Gerber C.** Treatment of painful pseudoparesis due to irreparable rotator cuff dysfunction with the Delta III reverse-ball-and-socket total shoulder prosthesis. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87:1476-86.
 20. **Wall B, Nove-Josserand L, O'Connor DP, et al.** Reverse total shoulder arthroplasty: a review of results according to etiology. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89:1476-85.
 21. **Guery J, Favard L, Sirveaux F, et al.** Reverse total shoulder arthroplasty. Survivorship analysis of eighty replacements followed for five to ten years. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88:1742-7.
 22. **Frankle M, Siegal S, Pupello D, et al.** A reverse shoulder prosthesis for glenohumeral arthritis associated with severe rotator cuff deficiency: a minimum two year follow up study of sixty patients. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87:1697-705.
 23. **Levigne C, Boileau P, Favard L, et al.** Scapular notching in reverse shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg.* 2008;17:925-35.
 24. **Simovitch RW, Zumstein MA, Lohri E, et al.** Predictors of scapular notching in patients managed with the Delta III reverse total shoulder replacement. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89:588-600.
 25. **Rittmeister M, Kerschbaumer F.** Grammont reverse total shoulder arthroplasty in patients with rheumatoid arthritis and nonreconstructible rotator cuff lesions. *J Shoulder Elbow Surg.* 2001;10:17-22.
 26. **Nyffeler RW, Werner CM, Gerber C.** Biomechanical relevance of glenoid component positioning in the reverse Delta III total shoulder prosthesis. *J Shoulder Elbow Surg.* 2005;14:524-8.
 27. **Humphrey CS, Kelly JD II, Norris TR.** Optimizing glenosphere position and fixation in reverse shoulder arthroplasty, Part Two: The three-column concept. *J Shoulder Elbow Surg.* 2008;17:595-601.
 28. **Harman M, Frankle M, Vasey M, Banks S.** Initial glenoid component fixation in "Reverse" total shoulder arthroplasty: a biomechanical evaluation. *J Shoulder Elbow Surg.* 2005;14:162-7.
 29. **Gutierrez S, Greiwe RM, Frankle MA, et al.** Biomechanical comparison of component position and hardware failure in the reverse shoulder prosthesis. *J Shoulder Elbow Surg.* 2007;16 Suppl:S9-12.

초 록

목적: 견관절 역행성 인공관절 치환술의 합병증을 이해하고 이에 대한 최신의 예방 및 치료 방법을 고찰하는 것이 본 논문의 목적이다.

대상 및 방법: 기존의 구속형 인공관절 기구 (구-소켓 관절 혹은 역행성 구형 관절 디자인)는 견갑골의 외측에 회전 중심이 유지되어 제한된 관절 운동과 관절와 기구에 발생한 과도한 회전력으로 인해 조기 해리를 유발하여 실패해왔다. Grammont 역행성 인공관절 기구는 삼각근이 작용하는 새로운 생역학적 환경을 도입하여 회전근개 결손을 보상할 수 있도록 해준다.

결과: 임상적 경험이 생역학 개념에 부응하면 역행성 인공관절은 회전근개 결손 견관절 환자에서 90° 이상의 능동적 거상을 회복하게 한다. 그러나 외회전은 특히 소원근 지방침윤 내지 결손이 있는 환자들에서는 종종 제한이 남는다. 내회전 역시 역행성 인공관절 후에는 거의 회복되지 않는다. 삼각근에 충분한 긴장을 회복하지 못하면 인공관절 불안성이 초래된다.

결론: 인공관절 치환술 후 재수술에서 그 결과는 예측가능성이 떨어지고, 합병증 및 재치환술 비율이 더 높음을 인지해야만 한다. 합병증을 인지하고 예방하기 위해서는 명확한 정의와 평가 지침을 포함한 표준화된 감시 장치가 필요할 것으로 사료된다.

색인 단어: 역행성 인공관절 치환술, 회전근개 파열 관절병증