

최소 침습 슬관절 전치환술

아주대학교 의과대학 정형외과학교실

원 예 연

Minimally Invasive Total Knee Arthroplasty

Ye-Yeon Won, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Ajou University School of Medicine, Suwon, Korea

Although the long-term results have been excellent for patients who undergo standard total knee arthroplasty (TKA), the recovery from TKA is often long and painful for patients, and so minimally invasive TKA (MIS-TKA) has been developed. Despite the early promising results from short-term follow-up, minimally invasive TKA (MIS-TKA) has aroused both interest and doubt. It has been accepted that MIS-TKA provides faster recovery times, less pain and improved cosmesis, but opponents cite the reduced visualization that might cause poorer component placement, which could compromise the long term survivorship of the implant. Navigation has recently been introduced into MIS-TKA and relatively improved results were observed. There is presently a general consensus that data is needed from well designed prospective randomized studies on this subject.

Key Words: Minimally invasive, Total knee arthroplasty

서 론

슬관절 전치환술(Total Knee Arthroplasty, TKA)은 다수의 장기 추시 논문에서 10~15년 생존율이 적어도 90~95%가 됨과 동시에 탁월한 효과가 보장되는 수술이다^{8,14,17,26,27,35}. 그러나 환자측에서는 수술 직후 슬관절 통증 및 기능 회복 속도는 불만족스러운 면이 있어 이를 극복하기 위한 방법 중의 하나로 MIS-TKA (Minimally Invasive Surgery (MIS)-Total Knee Arthroplasty (TKA))가

개발되었다. 1990년대 초에 John A. Repicci 등^{38,40}이 단구획 슬관절 치환술에 최소 침습 수술법을 최초로 시도하여 수술 후 통증 및 재활 기간의 감소가 있었다는 보고 후에 1990년대 말에 Peter Bonutti 등이 전치환술에도 적용하였고 2002년에는 Tria 등⁴⁸에 의하여 개발된 대퇴사두근-보존형(quadriceps-sparing, QS) 최소 침습 수술 방법이 소개되고 이제는 수술 당일이나 2~3일 이내에 퇴원하는 술식까지 개발된 상태이다. 그러나 최근 미국 고관절 및 슬관절 학회(America Academy of Hip and Knee Society, AAHKS)에서 공식적으로 발행한 환자 교육용 자료에는 “possible advantages”라고 하여 피부절개가 짧아 미용상 좋다는 것, 수술직후 동통이 적고, 출혈이 적어 수혈 가능성이 적고, 짧은 재활 기간과 입원 기간 및 현업으로의 복귀가 빠르다고 되어 있으나 이들은 모두 수술 직후 짧게는 3개월에서 길게는 6개월~1년이면 차이가 없다는 보고가 대부분이다. 그리고 개발 초기부터 수술시야가 비좁아 발생할 수 있는 부품 및 하지정렬의 이상에 의한

통신저자 : 원 예 연

☎ 443-721, 경기도 수원시 영통구 원천동 산5
아주대학교병원 정형외과
TEL: 031-219-5220, FAX: 031-219-5229
E-mail: thrtkr@ajou.ac.kr

접수일: 2009년 4월 29일

수정일: 2009년 5월 4일

게재허가일: 2009년 5월 6일

장기 추시의 중요성이 대두된 상황인데도 불구하고²³⁾ 이미 많은 매스컴에서 이에 관한 보도를 하고 병원 및 기구 회사에서 상업적 성격을 띤 광고를 하여 이제는 환자들이 의사에게 문의를 하거나 요구를 하는 단계에 이르렀다. 2008년과 2009년 미국 정형외과 학회 연차 학술대회에서 MIS-TKR의 여러 장점에도 불구하고 재치환술을 유발하는 위험이 높고 인공관절 전문이 아닌 일반 정형외과의사들이 수술하는 경우에는 재치환술의 비율이 의미있게 증가할 수 있다는 우려가 있다고 하였다. 이에 저자는 최소 침습 인공슬관절 전치환술에 관한 문헌적 고찰을 하여 독자들의 임상술기 선택에 도움이 되고자 한다.

본 론

1. 수술기법에 관한 고찰

슬관절의 연부조직의 절개 방식에 따라 “고식적 내측 슬개주위 관절 절개술(conventional medial parapatellar arthrotomy)”보다 주로 상부의 절개를 최소화하는 “제한적 내측 슬개주위 관절 절개술(limited parapatellar arthrotomy)”¹²⁾, “내측 광근 중간 절개술(midvastus arthrotomy)”^{13,25,36,49)}, “내측 광근하 절개술(subvastus arthrotomy)”, “대퇴사두근 보존형 절개술 (quadriceps-sparing arthrotomy)”^{46,48)}이 개발되고 현재 많은 연구 결과 보고가 있다. 이들 여러 MIS-TKR 술식에 공통적인 수술 기법으로는

- 수술도중 항상 연부조직의 보호를 최우선으로 생각한다.
- 연부조직 특히 피부절개 길이에 연연하지 말고 수술도중에 시야 확보에 너무 어려움이 따르면 언제든지 절개를 연장하겠다는 자세로 임한다.
- MIS-TKR을 위하여 특별히 고안된 기구(instrument) 및 부품(component)를 사용한다.
- 슬관절의 여러 구획을 넘나들며 수술하는 동안 슬관절을 굴곡 및 신전상태를 변경해 가면서 “mobile window”라고 하여 어느 한 구획을 하는 동안은 수술 절개창을 필요한 위치로 상호 보완적으로 견인한다.
- 슬개골은 외측으로 전이(displacement)시키는 것이 기본이며 필요에 따라 먼저 절골술을 시행할 수 있다.
- 슬관절 후외측 시야 확보가 특히 어렵다는 점을 주의한다.
- 하지의 정렬상태는 대퇴골 및 경골의 내측과를 보아

서 판단한다.

- 대퇴골측 절골시 슬관절의 위치는 최대굴곡위로 하지 않고 45~90도 굴곡 상태로 한다.
- 슬관절 후방의 시멘트제거에 주의한다.
- 학습기간 동안에는 MIS-TKR로의 급격하고 혁명적인(revolutionary) 전환보다는 점진적이고 발전적(evolutionary)인 전환을 한다고 생각한다.

2. 장점에 관한 고찰

개발 당시부터 제시된 장점으로는 통증감소, 빠른 기능 회복, 수술상처에 대한 미용상의 효과 및 입원기간 단축 등이 있었으며 실제로 단기간 추시에서는 많은 수의 논문에서 장점이라고 확인되었다^{19,30)}. 최근 논문 중에서 MIS-TKA의 결과를 좋게 보고 하였던 논문의 하나를 살펴보면 수술 후 회복속도가 대조군보다 월등히 빨랐으며 수술 후 3개월째 슬관절 굴곡각도는 116° (대조군 97°)로서 월등히 컸으나 하지 정렬 이상 및 부품의 크기에는 차이가 없었다고 하였다⁴¹⁾.

우리나라와 체형이 비슷할 것으로 예상되는 일본의 최근 논문 중에서 수술 후 1주와 2주에서 슬관절 신전력을 물리적 측정장치(COMBITCB2, Minato Ltd, Osaka, Japan)로 측정한 결과 MIS-TKR을 시행한 군에서 시행하지 않았던 군보다 굴곡력에서는 차이를 보이지 않았으나 신전력에 있어서는 의미있는 차이(p<0.05)를 보였다고 하였다. 그러나 저자들은 MIS-TKR 군에서 하지의 정렬이상을 보이지는 않았으나 경골부품이 내측위치로의 삽입이 더 빈번하게 관찰되었다고 하였다⁵²⁾.

MIS-TKR의 최초 개발자이기도한 Bonutti의 반대측 슬관절을 대조군으로 하고 4년 추시 관찰한 최근 논문(2009)³⁶⁾에 의하면 모든 단기 추시 항목(임상적, 기능적 및 방사선학적 항목)에서 MIS-TKR군이 우수한 결과를 보인 것은 물론 장기 추시 결과에서도 우수할 것이라는 가능성을 보여 주었다고 하였다.

3. 단점에 관한 고찰

부품 및 하지정렬에 이상이 있으면 장기적 추시결과 부품의 해리 및 재치환술의 중요한 원인이 된다는 많은 보고^{4,16,21,50)}에 비추어 MIS-TKR 개발 초기부터 수술시야가 비좁아 발생할 수 있는 부품 및 하지정렬의 이상에 의한 장기 추시의 중요성이 대두되었다²⁴⁾. Cameron은⁹⁾ MIS-TKR

은 시야가 좁아서 발생하는 문제라고 하면서 작은 실수가 모여서 malrotation 및 maltranslation을 초래하고 경골의 염전을 증가시켜 환자가 걸을 때 “outward-facing foot”을 호소하게 되는 것은 물론 대퇴부품의 내측 회전 및 주대가 없는 경골부품의 사용으로 무균성해리의 발생이 증가할 수 있다고 하였다.

AAHKS에서 2007년에 환자들에게 배포하고 있는 소개서(leaflet)에 의하면 “MIS-TKR의 결과가 가장 좋았다는 보고를 하는 병원은 이 수술기법을 제한된 적응증 하에서 많은 수술을 시행하는 병원의 일부이다” 지적하고 있다. 이 소개서에 의하면 현재로서는 향후 이루어질 보고에서 구체적인 결과가 밝혀질 것으로 기대하는 상태이며 대부분의 인공관절 환자에서만 이득이 될지, 제한된 적응증만으로 선택된 환자군에서만 이득이 될지, 이득이 될 환자는 상대적으로 볼 때 거의 없을 것인지는 향후 지속된 연구에서 밝혀질 것이라고 조심스런 자세를 취하고 있다.

2008년과 2009년 미국 정형외과 학회 연차 학술대회에서 Barrack 등⁵⁾ 및 Miller 등³²⁾은 현재까지 발표된 MIS-TKR에 대한 긍정적인 수많은 보도는 수술량이 많은 경험 있는 저자들에게 의한 긍정적인 보고이고 수술량도 적고 경험이 적은 초보자의 경우를 대변하는 것은 아니라고 하였다. 이들은 3개 지역 봉직의들(communitary surgeons)이 400예 이상의 재치환술 중에서 236예의 첫 재치환술을 조사한 결과 18%에서 MIS-TKR을 시행받았던 것이었으며 특이한 점은 이들 재치환술군에서 의미있게 환자의 나이가 젊었으며 여자 환자의 숫자가 우세했다는 것이었다. 여기서 관심을 두고 보아야 할 가장 의미있었던 점은 재치환술까지의 기간이 기존의 도달법으로 수술해서 재치환술하는 경우는 평균 80개월로 비교적 길었던 것에 비하여 MIS-TKR을 시행 받았던 경우는 평균 15개월로 극히 짧은 기간에 재치환술이 불가피 했었다는 것이었다. 이들을 자세히 분석해보면 MIS-TKR후에 발생한 재치환술은 12~24개월 사이에 실패할 확률이 훨씬 높았으며 주된 원인은 회전정렬이상(malrotation), 불안정성(instability) 및 해리(loosening)이었다고 하였다. 모순되게도 골용해 및 마모에 의한 재치환술은 아주 적었으니 다행이라고 지적하였다. 이들 저자들에 의하면 연구대상 지역 봉직의들이 총 수술량의 얼마나 되는 비율에서 MIS-TKR을 적용하는지는 모르고 이번 연구를 하였으나 다행스럽게도 이들 조기 재치환술의 발생이 일반적인 사실로 정당화될 정도로 많

이 시행되는 것같지는 않다고 하였다. 한 가지 분명한 것은 적어도 조사 대상이 되었던 3개 지역 병원에서만큼은 재치환술의 원인의 상당 비율을 MIS-TKR이 차지하고 있다는 것이다. 좋은 점은 이들의 경우 재치환술이 기술적으로 쉽기는 하지만 그 동안의 연구에 의해서 알려졌듯이 부품의 위치 이상(malposition)이나 불안정성으로 수술하면 결과가 양호하지 않다는 점이 단점이라고 하였다^{5,32)}.

4. 대퇴사두근 보존형 슬식에 대한 고찰

2002년 Tria와 Coon 등^{46,48)}이 개발한 대퇴사두근 보존형 절개술은 여러 다른 최소 침습 방법 중에서 대퇴사두근의 손상을 가장 최소화하지만, 상대적으로 수술 중 시야가 가장 작으며 수술 슬기가 어렵기 때문에 따로 언급하고자 한다. 이 방법은 최소 침습 방법들 중에서 논란의 여지가 높으며 이견 또한 가장 많아 적응증의 확립 및 장기 추시 결과에 대한 연구가 더욱 필요하며, 자동항법장치(navigation)가 결합된다면 수술의 정확성을 더욱 높일 수 있을 것으로 전망된다. 관절 절개의 근위부 한계가 슬개골의 상극(superior pole) 또는 내측 광근이 대퇴사두근에 부착하는 부위까지만으로 제한된다. 이 수술 방법은 시야가 좁은 만큼 이에 맞게 고안된 새로운 절골 기구가 반드시 필요하다. 수술 공간 확보를 위해 슬개골 절제가 먼저 시행되어야 하며 따라서 반드시 슬개골 치환을 해야만 하며, 원위 대퇴골 절제가 측면에서 이루어진다. 또한 절골 기구에 전적으로 의지하지 못하고 수술자의 경험이 중요하게 요구된다^{7,37)}. 모든 장점은 대퇴사두근을 손상시키지 않음으로 인한 것이며 다음과 같은 것들이 있다.

- 적은 피부 절개
- 수술 직후 통증의 감소와 빠른 재활 및 입원기간의 단축²²⁾
- 수술 후 출혈량의 감소³⁹⁾

피부 절개는 15 cm를 넘지 않는 것을 원칙으로 하며 6~10.5 cm으로 다양하게 보고되었다^{1,7,31)}. 수술 후 조기 회복은 빠르지만 대다수의 저자들이 수술 후 3개월 이후에는 차이가 없다는데 동의하고 있으며, 출혈량은 고식적 방법과 비슷하다는 보고들도 있다. 모든 단점 또한 대퇴사두근을 손상시키지 않음으로 인해 생기는 시야의 제한으로 인해 발생하며 다음과 같다^{10,28,39)}.

- 수술시간 연장
- 삽입물의 부정 정렬 및 부정확한 삽입

- 인대 불균형 초래
- 시멘트 및 골극 제거의 어려움
- 수술 중 대퇴사두근의 파열

최대 2배까지의 수술시간 연장은 대부분의 저자들이 공통적으로 보고하고 있다. 시야의 제한으로 인해 삽입물의 부정 정렬과 부정 삽입이 가장 큰 문제점이며, 수술자의 수술 경험에 따라 고식적 방법에 비해 차이가 없다는 보고도 있다. 또한 이 방법에 경험이 없는 수술자의 시술이 윤리적으로 문제시될 수도 있다²⁹⁾. 다른 최소 침습 인공슬관절 전치환술의 적응증보다 환자의 선택에 있어 신중함을 요한다. 보고를 종합해보면 다음과 같은 적응증을 생각해 볼 수 있다^{1,44,45)}.

- 15도 내외의 내반 또는 외반 변형
- 105도 이상의 슬관절 굴곡 및 10도 이내의 굴곡 구축
- 102 kg 이내의 체중을 가지며 골 비후가 심하지 않은 경우

이외에도 류마치스 관절염 환자⁴⁷⁾, 연부조직의 유연성이 떨어지는 환자, 골다공증이 동반된 환자는 상대적으로 적응증에 해당한다.

5. 자동항법장치와 MIS-TKR

많은 장점에도 불구하고 MIS-TKR에서 부인할 수 없는 단점은 수술시야가 좁아서 발생할 수 있는 제반 문제일 것이며 이를 극복 할 수 있는 방법으로 항법장치의 도움을 받을 수 있다고 본다. Dutton 등(2008년)²⁾은 연속적으로 시행된 108례에서 고식적 TKR과 항법장치를 이용한 MIS-TKR을 전향적 및 무작위적인 연구를 한 결과 술 후 1개월 이내에 기능적회복을 보이면서 가장 뚜렷한 효과는 수술 후 조기 합병증의 증가 없이 술후 방사선학적 정렬의 향상(92%: 68%, p=0.003)을 얻을 수 있었다는 것이라고 하였다. 그러나 평균 24분 이상 더 소요되는 수술 시간을 지적하였다. 이런 주장을 받아들인다 해도 근본적으로 좁은 시야에서 발생할 수 있는 항법장치 수술의 해부학적 표지자의 등록에 있어 불리할 수 있다는 가능성을 완전히 배제 할 수 없다고 하겠다.

2009년 Biasca 등³³⁾은 총 10례의 슬관절에서 항법장치를 이용한 TKR을 하면서 MIS를 한 군과 고식적 방법으로 수술한 군으로 나누어 비교한 바 MIS-TKR을 항법장치를 이용한 군에서 수술시간 및 출혈량은 동일 하면서도 입원기간 및 조기 운동 범위 회복에 있어서 의미 있는 좋

은 결과를 보였다고 하였다. 우리나라에서는 2007년 박 등³⁴⁾이 네비게이션을 이용하여 소 절개 내측 광근 도달법을 통한 최소 침습 인공 슬관절 전치환술을 시행할 경우 고식적 방법에 의한 인공 슬관절 전치환술에 비해 수술 후 6개월까지는 더 좋은 임상적 결과를 얻을 수 있었고 수술 후 일년 추시에서는 슬관절 기능점수에서 어떠한 차이도 보여주지 못하였지만, 더 많은 환자에서 선호도를 보였으며 삽입물의 정렬에 있어서도 불량값(outlier)수의 감소를 보여 주었다고 하였다.

6. 국내에서 보고된 논문의 고찰

국내에서도 그동안 많은 수의 논문이 보고되었으며 전반적으로 좋은 결과를 보고한 논문이 대부분이었다^{3,11,14,15,20,34,43,51,53-55)}. 특히 김 등²⁸⁾이 외국 논문에 보고한 논문에 의하면 120명의 양측 슬관절 동시치환 환자에서 MIS-QS-TKR 과 고식적 방법의 TKR을 무작위적이고 전향적인 연구를 시행한 결과 수술시간(p=0.0001) 및 구형대 시간(p<0.00001)에서 의미있게 증가한 반면 실혈량, 슬관절 점수, 기능 점수, 통증점수 및 방사선학적 평가 등은 차이를 보이지 않았다고 하였다. 저자들은 또한 31슬관절(25.8%)에서 대퇴사두근근건의 근위부로의 뜻하지 않은 파열이 있었고 각종 합병증 발생빈도가 많아 현재는 가능한대로 피부절개를 최소로 하는 고식적인 관절절개법을 이용하고 있다고 하였다.

하 등²⁰⁾은 통계적으로 적절한 피험자 수(80 슬관절)를 계산하고 전향적이면서 무작위 배정 방법으로 진행된 연구에서 VAS, 수술시간, 피부절개 길이 및 하지 직거상이 가능했던 날짜에 있어서 의미있는 차이를 보이지 않았으나(p<0.05) 술전 굴곡구축 및 내반의 각도가 10~15도 이상일 경우에는 수술시간에 있어서 의미있는 증가를 보여 환자 선택 시 신중을 기해야 할 것이라고 하였다. 그러나 저자들은 1년까지 추시한 결과 양 군 간에 차이를 보이지 않았고 이러한 추시 분석 인자들이 1, 2년 사이에 크게 변하는 것으로 알려진 것들이 아니므로 좀 더 장기 추시 시 크게 다른 결과를 나타내지 않을 것으로 생각된다고 하였다.

7. 의료윤리적 관점과 학습곡선의 문제

MIS-TKR은 작은 절개창을 통해 술기가 이루어지므로 부품의 위치이상, 연부조직손상 및 감염의 발생빈도가 높

아진다는 우려가 있을 수 있다. 그리고 어느 정도 학습곡선을 지나고 나야 환자에게 바람직한 결과를 줄 수 있는 경험이 쌓이게 될 것이라는 것을 부인할 수 없겠다. 최초 개발자인 Bonutti 등⁶⁾도 술자가 편안해질 때까지는 학습기간이 불가피함을 인정하고 환자의 선택에 있어서 신중해야 한다고 하였다. Cameron⁹⁾은 많은 장점에도 불구하고 의료윤리적 관점에서 환자에게 해를 가하지 않는다는 것이 중요한 것은 물론이고 환자에게 장단점을 충분히 설명하고 선택할 수 있는 권리를 주어야 한다고 하였다. 2007년 King 등²⁹⁾은 high volume surgeon이 시행한 첫 100예의 MIS-QS-TKR과 동일한 수술자가 시행한 50예의 고식적 도달법에 의한 TKR을 비교한 결과 회복기간이 짧다는 등의 기존의 보고에서의 이점을 재확인하였다. 그러나 학습곡선이 상당히 완만하여 high volume surgeon이라도 50예의 학습기간이 필요하였다고 하면서 low volume surgeon의 경우(1년에 5~10예)에는 적합하지 않은 수술기법이라고 하였다. 게다가 high volume surgeon이라도 자기 환자에게 직접 적용하기 전에 시간과 노력을 기꺼이 투자하여 가능한 많은 연수기회를 가져야 한다고 하였다.

학습곡선에 관한 또 다른 논문은 Kashyap 등⁴²⁾이 2009년에 발표한 것이 있다. 저자들에 의하면 학습기간(learning phase)은 약 10개월 또는 21예로 관찰되었으며 전통적인 방법으로 수술한 증례와 수술시간이 같아지는데는 50예가 지나야 가능하였다고 하였다. 그러나 학습기간을 겪는 동안 합병증의 발생이 증가하였다고 볼 수는 없었고 계단오르기, 보행 거리 등으로 판정하면 고식적인 수술법보다 의미있게 좋았다고 하였다.

이런 관점을 우리나라 의료현실에 비추어볼 때 미국에서는 최근 이런 학습곡선이 완만한 수술에서 의료윤리적인 문제로 대두되고 있다는 것을 알고 있어야 하겠다. 전술한 King 등²⁹⁾은 처음 25예는 환자에게 처음 해보는 수술이라고 고지하는 것은 물론 다음 25예도 첫 50예를 하고 있는 증이라고 하였으며 첫 100예의 모든 환자한테는 수술전 단기간 추시 결과도 거의 없는 상태인 것은 물론 장기 추시 결과는 전무한 상태라고 고백(?)하고 시행하였다고 하였다. 실제로 Holt 등¹⁸⁾은 2006년에 JBJS(Am)에 발표한 종설에서 최근 개발되어 사용되고 있는 기법 중 MIS-TKR과 CAOS에 대하여 의료윤리학적 관점에서 고찰한 바 있다. 그 요지를 살펴보면, 다음과 같은 의료윤리

의 4가지 명제인

- 악행금지의 원칙(The Principle of Nonmaleficence)
- 선행의 원칙(The Principle of Beneficence)
- 자율성 존중의 원칙(The Principle of Autonomy)
- 정의의 원칙(The Principle of Justice)

을 잘 만족시키는 고식적인 수술 방법이 이미 존재하므로 이들 명제를 잘 만족시키지 못할 수도 있는 MIS-TKR은 무작위적인 비교임상연구 및 장기추시 결과가 나오기 전까지는 연구차원에서 시행하는 시술로서 간주되어야 하고 이런 사실을 환자에게 고지하여야 할 것이라고 하였다.

본 논문의 저자는 주로 대퇴사두근근을 1~1.5 cm 절개하고 슬개골을 외측으로 전위시킨 상태에서 전자기장 항법장치를 이용한 MIS-TKA를 하고 있으며 처음 100예를 분석한 결과 저자가 전에 하였던 고식적 TKA와 비교할 만한 방사선학적 결과(기계적축의 평균 전위=1.2° vs. 2.3°, α° = 89.3° vs. 88.7°, β° = 89.6° vs. 89.3°)를 얻을 수 있었다⁵¹⁾. 그 이후 150예는 고식적 방법을 이용한 TKA보다 방사선학적으로 보다 양호한 결과를 보이고 있어 MIS-QS-TKR과 같은 엄격한 MIS-TKR을 고집하지는 않고 있다.

결 론

MIS-TKR은 장단점은 확실히 있다고 일치된 의견이나 장점이 단점을 능가한다는 보고에서부터 그렇지 않다는 보고까지 논란이 많은 상태이다. 현재로서는 장기추시 결과가 없으므로 술기를 선택할 때 신중해야 할 것이다. 그러나 중단기 추시결과를 근거로 볼 때 적절하게 선택된 환자에서 경험이 있는 수술자가 시술하거나 신중한 학습기간이 전제된다면 초보자라도 수술 후 감소된 통증과 빠른 재활을 얻을 수 있을 것이며, 이후 자동항법 장치가 결합된다면 수술의 정확성을 더욱 높일 수 있을 것이다.

REFERENCES

1. Alan RK, Tria AJ Jr: *Quadriceps-sparing total knee arthroplasty using the posterior stabilized TKA design. J Knee Surg, 19: 71-76, 2006.*
2. Dutton AQ, Yeo Sj, Yang KY, LO NN, CHia KU, CHong HC: *Computer-assisted minimally invasive total knee arthroplasty compared with standard total knee*

- arthroplasty. A prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg Am*, 90: 2-9, 2008.
3. **Bae DK, Yoon KH, Kim SG, Park JW, Park SW:** Minimally invasive quadriceps sparing total knee arthroplasty. *J Korean Knee Society*, 17: 252-257, 2005.
 4. **Bargren JH, Blaha JD, Freeman MA:** Alignment in total knee arthroplasty. Correlated biomechanical and clinical observations. *Clin Orthop Relat Res*, 173: 178-183, 1983.
 5. **Barrack RL, Barnes CI, Miller DW, et al:** Minimal incision surgery as a risk factor for early failure of total knee arthroplasty. #103. presented at the American Academy of orthopaedic surgeons 75th annual meeting, March 5-9, 2008.
 6. **Bonutti PM, Mont MA, Kester MA:** Minimally invasive total knee arthroplasty: a 10-feature evolutionary approach. *Orthop Clin North Am*, 35: 217-226, 2004.
 7. **Bonutti PM, Mont MA, McMahon M, Ragland PS, Kester M:** Minimally invasive total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*, 86(Suppl 2): S26-S32, 2004.
 8. **Buechel FF Sr:** Long-term follow-up after mobile-bearing total knee replacement. *Clin Orthop Relat Res*, 404: 40-50, 2002.
 9. **Cameron H:** The MIS TKA: bopkis(of little or no value) affirms. #77. laskin r. the MIS TKA: bopkis(of little or no value) opposes. #78. both presented in session XVII, orthopaedic crossfire III: controversies in knee arthroplasty at the 23rd annual current concepts in joint replacement winter 2006 meeting, 13-16, 2006.
 10. **Chen AF, Alan RK, Redziniak DE, Tria AJ Jr:** Quadriceps sparing total knee replacement. The initial experience with results at two to four years. *J Bone Joint Surg Br*, 88: 1448-1453, 2006.
 11. **Choi YJ, Ahn HS, Kim CH, et al:** Early results of MIS-QS total knee arthroplasty: A comparison with conventional procedure for the same patient. *J Korean Orthop Assoc*, 43: 78-85, 2008.
 12. **McAllister CM, Stepanian JD:** The impact of minimally invasive surgical techniques on early range of motion after primary total knee arthroplasty. *Arthroplasty*, 23: 10-18, 2008.
 13. **Dalury DF, Jiranek WA:** A comparison of the midvastus and paramedian approaches for total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*, 14: 33-37, 1999.
 14. **Dixon MC, Brown RR, Parsch D, Scott RD:** Modular fixed-bearing total knee arthroplasty with retention of the posterior cruciate ligament. A study of patients followed for a minimum of fifteen years. *J Bone Joint Surg Am*, 87: 598-603, 2005.
 15. **Eum DS, Lee HK, Hwang SY, Park JU:** Blood loss of image-free navigation assisted minimal invasive total knee arthroplasty. *J Korean Knee Soc*, 18: 74-79, 2006.
 16. **Ewald FC, Jacobs MA, Walker PS:** Accuracy of total knee replacement component position and relation to bone cement interface reaction. *AAOS Instruct Course Lect*, 535: 531-535, 1984.
 17. **Font-Rodriguez DE, Scuderi GR, Insall JN:** Survivorship of cemented total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*, 345: 79-86, 1997.
 18. **Holt G, Wheelan K, Gregori A:** The ethical implications of recent innovations in knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*, 88: 226-229, 2006.
 19. **Haas SB, Cook S, Beksac B:** Minimally invasive total knee replacement through a mini midvastus approach: a comparative study. *Clin Orthop Relat Res*, 428: 68-73, 2004.
 20. **Ha CW, Ha HC:** Minimally invasive vs. standard total knee arthroplasty: A prospective randomized comparison study. *J Korean Orthop Assoc*, 41: 841-849, 2006.
 21. **Hamilton LR:** UCI total knee replacement. A follow-up study. *J Bone Joint Surg Am*, 64: 740-744, 1982.
 22. **Huang HT, Su JY, Chang JK, Chen CH, Wang GJ:** The early clinical outcome of minimally invasive quadriceps-sparing total knee arthroplasty: report of a 2-year follow-up. *J Arthroplasty*, 22: 1007-1012, 2007.
 23. **Hungerford DS:** Minimally invasive total hip arthroplasty, in opposition. *J Arthroplasty*, 19(Suppl): S81-S82, 2004.
 24. **Insall JN:** Presidential address to the knee society. Choices and compromises in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*, 226: 43-48, 1988.
 25. **Keating EM, Faris PM, Meding JB, Ritter MA:** Comparison of the midvastus muscle-splitting approach with the median parapatellar approach in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*, 14: 29-32, 1999.
 26. **Keating EM, Meding JB, Faris PM, Ritter MA:** Long-term followup of nonmodular total knee replacements. *Clin Orthop Relat Res*, 404: 34-39, 2002.
 27. **Kelly MA, Clarke HD:** Long-term results of posterior cruciate-substituting total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*, 404: 51-57, 2002.

28. **Kim YH, Kim JS, Kim DY:** *Clinical outcome and rate of complications after primary total knee replacement performed with quadriceps-sparing or standard arthrotomy. J Bone Joint Surg Br, 89: 467-470, 2007.*
29. **King J, Stamper DL, Schaad DC, Leopold SS:** *Minimally invasive total knee arthroplasty compared with traditional total knee arthroplasty. Assessment of the learning curve and the postoperative recuperative period. J Bone Joint Surg Am, 89: 1497-1503, 2007.*
30. **Laskin RS, Beksac B, Phongjunakon A, et al:** *Minimally invasive total knee replacement through a mini-midvastus incision: an outcome study. Clin Orthop Relat Res, 428: 74-81, 2004.*
31. **Laskin RS:** *Minimally invasive total knee arthroplasty: the results justify its use. Clin Orthop Relat Res, 440: 54-59, 2005.*
32. **Miller DW, Barrack RL, Barnes CL, Clohisy JC, Maloney WJ:** *Minimal incision surgery as a risk factor for early failure of total knee arthroplasty? 2009 AAOS Annual Meeting, Podium No. 272, 2009.*
33. **Biasca N, Wirth S, Bungartz M:** *Mechanical accuracy of navigated minimally invasive total knee arthroplasty (MIS TKA). Knee, 16: 22-29, 2009.*
34. **Park SJ, Song EK:** *Comparisons of 1 year follow-up results between navigation assisted minimally invasive and conventional techniques in bilateral total knee arthroplasty. J Korean Orthop Assoc, 42: 190-195, 2007.*
35. **Pavone V, Boettner F, Fickert S, Sculco TP:** *Total condylar knee arthroplasty: a long-term followup. Clin Orthop Relat Res, 388: 18-25, 2001.*
36. **Peter MB, Michael GZ, Thorsten MS, et al:** *Minimally invasive total knee arthroplasty using the contralateral knee as a control group: a case-control study. International orthopaedics (SICOT), Published online: 08 April 2009.*
37. **Reid JB, Guttman D, Ayala M, Lubowitz JH:** *Minimally invasive surgery-total knee arthroplasty. Arthroscopy, 20: 884-889, 2004.*
38. **Repicci JA, Eberle RW:** *Minimally invasive surgical technique for unicondylar knee arthroplasty. J South Orthop Assoc, 8: 20-27, 1999.*
39. **Ritter MA, Faris PM, Keating EM, Meding JB:** *Postoperative alignment of total replacement. Its effect on survival. Clin Orthop Relat Res, 299: 153-156, 1994.*
40. **Romanowski MR, Repicci JA:** *Minimally invasive unicondylar arthroplasty: eight-year follow-up. J Knee Surg, 15: 17-22, 2002.*
41. **Shankar NS:** *Minimally invasive technique in total knee arthroplasty? history, tips, tricks and pitfalls. Injury, 37(Suppl): S25-S30, 2006.*
42. **Kashyap SN, Van Ommeren JW, Shankar S:** *Minimally invasive surgical technique in total knee arthroplasty: a learning curve. Surg Innov, 16: 55-62, 2009.*
43. **Song IS, Park HH, Chon JG, Kim SK:** *Short term results of minimally invasive TKA. J Korean Knee Soc, 18: 26-31, 2006.*
44. **Tanavalee A, Thiengwittayaporn S, Itiravivong P:** *Results of the 136 consecutive minimally invasive total knee arthroplasties. J Med Assoc Thai, 88(Suppl 4): S74-S78, 2005.*
45. **Tenholder M, Clarke HD, Scuderi GR:** *Minimal-incision total knee arthroplasty: the early clinical experience. Clin Orthop Relat Res, 440: 67-76, 2005.*
46. **Tria AJ Jr:** *Advancements in minimally invasive total knee arthroplasty. Orthopedics, 26(Suppl 8): S859-S863, 2003.*
47. **Tria AJ:** *Exploring the depths of minimally invasive quadriceps-sparing total knee arthroplasty. Orthopedics, 29: 214-215, 2006.*
48. **Tria AJ Jr, Coon TM:** *Minimal incision total knee arthroplasty: early experience. Clin Orthop Relat Res, 416: 185-190, 2003.*
49. **White RE Jr, Allman JK, Trauger JA, Dales BH:** *Clinical comparison of the midvastus and medial parapatellar surgical approaches. Clin Orthop Relat Res, 367: 117-122, 1999.*
50. **Windsor RE, Scuderi GR, Moran MC, Insall JN:** *Mechanism of failure of the femoral and tibial components in total knee arthroplasty. Clin Orthop Relat Res, 248: 15-19, 1989.*
51. **Won YY, Cui WQ, Lee DH, Piao TH, Hur JH, Shin DS:** *Comparison of the radiologic results of total Knee arthroplasty using electromagnetic navigation with the conventional technique. J Korean Orthop Assoc, 43: 760-765, 2008.*
52. **Yasutaka T, Hiromasa M, Shuichi M, Ken O, Yukihide I:** *Minimally invasive versus standard approach in total knee arthroplasty. Clin Orthop Relat Res, 463: 144-150, 2007.*

53. Yoo JH, Han CD, Lee YT, et al: Comparison between the results of minimally invasive total knee arthroplasty performen with mini-midvastus technique and quadriceps-sparing technique. J Korean Knee Soc, 19: 161-167, 2007.

54. Yoo JH, Han CD, Lee YT, et al: Quad-sparing minimally invasive total knee arthroplasty. J Korean Knee Soc, 17: 225-233, 2005.

55. Yoo JH, Han DY, Han CD, Oh HC, Oh IH: Radiological evaluation of quadriceps-sparing minimally invasive total knee arthroplasty. J Korean Orthop Assoc, 41: 454-460, 2006.

= 국문초록 =

슬관절 전치환술 다수의 장기 추시 논문에서 10-15년 생존율이 적어도 90~95%가 됨과 동시에 탁월한 효과가 보장되는 수술이다. 그러나 환자 측에서는 수술 직후 슬관절 동통 및 기능 회복 속도는 불만족스러운 면이 있어 이를 극복하기 위한 방법 중의 하나로 MIS-TKA(Minimally Invasive Surgery (MIS)-Total Knee Arthroplasty (TKA))가 개발되었다. MIS-TKR은 장단점은 확실히 있다고 일치된 의견이나 장점이 단점을 능가한다는 보고에서부터 그렇지 않다는 보고까지 논란이 많은 상태이다. 현재로서는 장기추시 결과가 없으므로 술기를 선택할 때 신중해야 할 것이다. 그러나 중단기 추시결과를 근거로 볼 때 적절하게 선택된 환자에서 경험이 있는 수술자가 시술하거나 신중한 학습기간이 전제된다면 초보자라도 수술 후 감소된 통증과 빠른 재활을 얻을 수 있을 것이며, 이후 자동항법장치가 결합된다면 수술의 정확성을 더욱 높일 수 있을 것이다.

색인 단어: 최소침습, 슬관절 전치환술