정형외과 슬관절 연구의 기계공학적 접근 사례

최근 학문간의 장벽이 무너지고 융합학문이 큰 이슈가 되면서 다양한 결합이 시도되고 있다. 의학분야 중 특히 정형외과 분야는 기계공학의 고체 및 바이오공학과의 융합연구로 매우 매력도가 높은 분야이다. 이 글을 통해 정형외과 분야 중 슬관절 분야가 기계공학도에게 왜 흥미로울 수밖에 없는가에 대해서 몇 가지 내용들을 소개하고자 한다.

김철웅 (주)트리플씨메디칼, 대표이사 e-mail : woong25@korea.ac.kr

기계공학을 전공한 본인은 수년 전 의과대학 정형외과 교수진들과 함께 의기투합하여 벤처기업을 창업한 후 의학도들과 공동으로 슬관절 관련 기초 및 응용연구를 다수 수행하며 십자인대재건술, 근위경골절술, 골관절염 등의 수술기법 개선 및 정형외과 수술도구, 보조기의 국산화를 위한 연구개발에 푹 빠져 있었다. 그 결과, 100% 수입에 의존하는 정형외과 수술기구의 국산화를 위한 신제품 개발 및 틈새시장 공략은 수술실 전문의들의 아이디어로만 해결되는 문제는 결코 아니며, 기계공학(바이오공학/재료 및 파괴/설계 등) 전공자들의 탄탄한 공학적 배경이 결합된 융합연구가 필수적임을 몸소 체험할 수 있었다. 그러나 아직도 대부분의 기계공학도들이나 의학도들은 그들만의 리그를 펼치며 기계공학과 의학이 최상의 하모니를 이룰 수 있는 정형외과분야 수술기구 및 보조기 개발에 대해서 '산너머 무지개' 또는 '이루어질 수 없는 사랑' 정도로 생각하고 있다. 따라서 본인은 최근 수년간 정형외과 분야에서 겪은 다양한 경험 중 슬관절 분야 연구개발 경험을 바탕으로 기계공학도가 의학분야에서 크게 기여할 수 있는 흥미로운 여행 일담을 소개하고자 한다.

기계공학도가 슬관절 관련 연구에 흥미를 느낄 수밖에 없는 이유

아직도 의학용어가 기계공학도에게 어렵게만 다가오는가?

기계공학도에게 의학이 어렵게 느껴지는 첫 번째 이유는 의학용어의 생소함, 거부감 그리고 현학적으로까지 느껴지는 의학용어의 지나친 배타적 복잡성에 공학전공자들은 의학용어를 이미 제2외국어 정도로 치부해 버린다. 그렇다면 비전공자인 본인이 작성한 아래의 글을 읽고 독자분들은 어느 정도의 이해력이 생기는지 판단해볼 필요가 있다.

a) 근위경골절골술과 골관절염

중장년층에서 빈번하게 발생하는 골관절염은 여러 가지 인자에 의해 진행된다. 그 중 내반슬(varus, O형 다리) 및 외반슬(valgus, X형 다리)은 해부학적으로 부정정렬(malalignment)에 해당되고, 두 경우 모두 골관절염(osteoarthritis)으로 발전할 가능성이 매우 크다. 골관절염이 장기간 지속되면 내반슬 또는 외반슬이 더욱 악화될 수 있으므로 내 · 외반슬과 골관절염은 서로 악순환의 관계가 된다. 골관절염 환자의 경우, 어느 정도의 부정정렬이 존재하면 근위경골절골술(HTO: High Tibial Osteotomy)을 시행하는 것이 바람직하다. 또한 정상인의 골관절염 경우에도 후천적 내 · 외반슬을 동반할 수 있으므로 근위경골절골술을 조속히 시행하는 것은 매우 중요하다. 한국인 중장년층

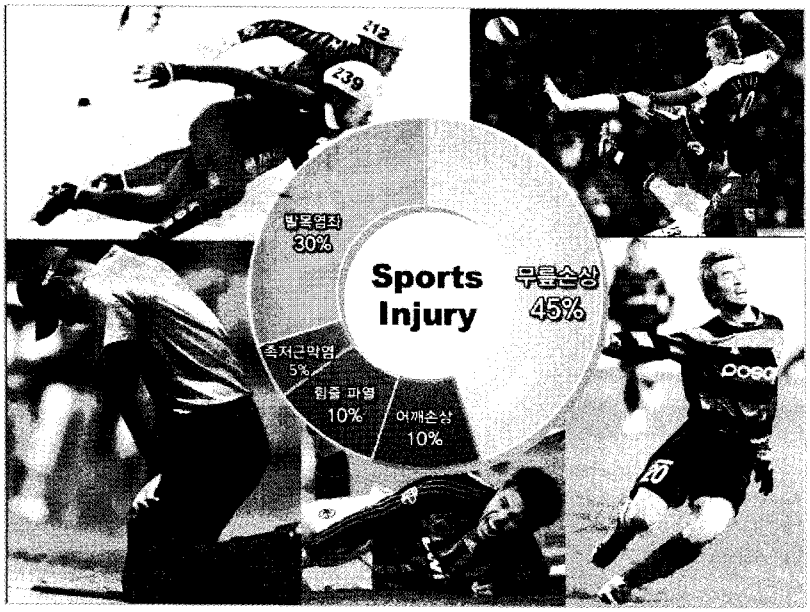


그림 1 스포츠 부상의 절반을 차지하는 슬관절 관련 부상(우측하단사진, 축구국가대표 이동국 선수의 전방십자인대(ACL) 파열 순간포착(2006. 4))

다수가 선천적 또는 후천적 내반슬을 보유하고 있고 그로 인해 골관절염의 진행속도도 매우 빠를 수밖에 없다. 따라서 국내 근위경골절골술과 골관절염에 관련된 의료시장은 매우 급속히 성장하고 있다.

상기 글의 '근위경골절골술'에 대한 궁금증을 제외하면 비전공자도 쉽게 이해할 수 있는 문장이다.

b) 전후방십자인대 재건술과 근위경골절골술

슬관절 인대의 불안정성은 과격한 스포츠 등을 통한 외상으로 발생하며, 그림 1과 같이 2006년 4월 이동국 선수가 축구경기 도중 전방십자인대(ACL: Anterior Cruciate Ligament) 파열로 쓰러진 경우가 대표적인 케이스이다. 전방십자인대 손상으로 인한 전방불안정성이나 후방십자인대(PCL: Posterior Cruciate Ligament) 손상으로 인한 후방불안정성이 만성으로 발전할 경우 후천적 내반슬이 발생할 수 있다. 이런 경우 전후방십자인대 재건술(ACL/PCL Recons-truction)뿐만 아니라 근위경골절골술도 동시에 시행하는 것이 효과적이다. 그 이유는 내반슬 교정을 위해 근위경골절골술을 시행할 시 의도하지 않는 근위경골의 후방경사각(PSA: Posterior Slope Angle)의 증가가 발생할 수 있고, 그로 인해 경골고평부(tibial plateau)의 경사도 증가 및 경골의 전방전위(anterior dislocation)가 동시에 발생하기 때문이다. 전방십자인대는 경골이 대퇴골에 대해서 전방전위되는 것을 방지하는 기능을 수행하지만 PSA가 지속적으로 증가될 경우 전방십자인대는에 의도하지 않는 비정상적 과부하를 부여한다. 따라서 전방십자인대는 재건술 후 이식건이 파열 · 이완되지 않기 위해서는 근위경골의 후방경사각이 증가하지 않도록 유의해야 한다. 그러나 술 전 및 술 후에 변화될 근위경골의 후방경사각을 미리 정확히 예측한다는 것은 임상적 연구만으로는 아직까지 많은 한계성이 있다.

상기 글의 '전후방십자인대 재건술 및 근위경골의 후방경사각'에 대한 궁금증을 제외하면 비전공자도 쉽게 이해할 수 있는 문장이다.

이상의 글에서 특정 의학용어를 제외하면 기계공학도들도 쉽게 이해할 수 있는 문장임을 느낄 수 있다. 그렇다면 앞의 글에서 궁금증을 유발시켰던 슬관절 분야의 대표적 수술인 '전후방십자인대 재건술', '근위경골절골술'을 기계공학도가 어떻게 공학적으로 접근하여 연구할 수 있는지 그 사례에 대해 좀 더 상세하게 소개하고자 한다.

슬관절 연구의 공학적 접근 사례(1) : 사체 아킬레스건을 이용한 경골관통터널 방식 후방십자인대 재건술

스포츠로 인한 사고 중 45%가 슬관절 손상이며 대표적인 병증은 전후방십자인대 손상이다. 특히 후방십자인대는 단독손상의 경우, 슬관절 과굴곡상태에서 경골상단부 전면에 직접 외력이 가해지는 교통사고 시의 dashboard injury가 가장 흔한 기전이고, 후방십자인대 동반인대손상은 후방손상, 내전, 외전, 과신전, 그리고 심한 외반회전력(vagus torque)이 후방십자인대의 임계치를 벗어날 때 발생한다. 1960년대 말부터 정형외과 전문의들은 십자인대의 중요성을 인지하기 시작하였다. 1990년대 초반까지는 후방십자인대에 비

해 상대적으로 관찰과 진단이 쉽고 접근이 용이한 전방십자인대 재건술 연구가 주류를 이루어왔다. 그러나 MRI, 관절경 등의 진단기기가 발전하면서 후방십자인대 손상 발견은 급격히 확대되었고, 슬관절의 해부학적 거동에 대한 연구가 심화되면서 그 중요성은 더욱 부각되었다. 1986년부터 동종 이식건을 이용한 전방십자인대 재건술의 성공적인 술례가 보고된 이후, 10년 이상의 추시결과들이 다수 보고된 바 있다. 현재 ACL 재건술은 과거의 많은 이견들이 정립되는 단계에 있으나 후방십자인대 재건술의 경우에는 아직도 논란의 여지가 많다. 후방십자인대는 그림 2와 같이 경골고평부 후방 중심에 위치하기 때문에 경골의 후방전위를 막아주고, 슬관절의 신전시 매우 중요한 역할을 한다.

따라서 후방십자인대가 손상되었을 경우 회전 불안정성은 급격히 증가한다. 또한, 후방십자인대가 제거된 슬관절에서는 슬개대퇴 및 경대퇴 관절에 지속적인 압력이 가해져 슬관절염이 진행될 수 있다. 골-슬개건-골(bone-patellar tendon-bone)은 생체조직 중 가장 강하고 골고정이 가능하며, 수술도달이 쉽고 혈관부착도 가능하다. 그러나 근래에는 자가 슬괵근(hamstring)이 골-슬개건-골에 비해 공여부의 이환을 감소시킬 수 있고 채취가 용이한 이유로 널리 사용된다. 기존에 많이 사용되던 Bone-patellar tendon-bone(BPTB) autograft는 이환율이 증가하기 때문에 최근에는 Doublelooped Gracilis-Semi tendinosus(DGST) graft로 전환되고 있는 실정이다. 그러나 soft-tissue grafts가 이용되는 전통적인 intertunnel fixation device는 초기고정강도와 틈새고정이 상대적으로 약하다는 문제가 있다. 상기 단점을 감소시키기 위해 Double-looped flexor tendons 방식의 Bone Mulch screw/washerLoc system, Interference screw를 이용한 Bone-patellar tendon-bone(BPTB) 방식, 그리고 Endobutton technique을 이용한 Double-looped flexor tendon 방식 등의 십자인대 재건술이 현재 각각의 장단점을 보유하며 대표적 재건술로 공존하고 있다. 그러나 불행하게 최근까지도 후방십자인대 재건술은 이식건, 경골부 고정방법, 고정장치, 대퇴터널의 위치, 이식건 다발수 등에서 다양한 술기가 난립하며 정상 관절의 안정성에

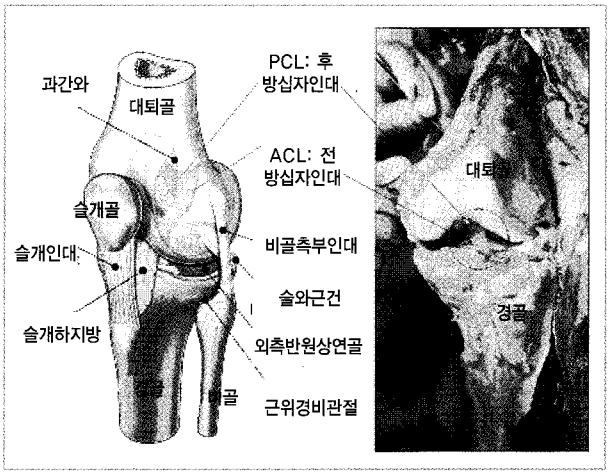


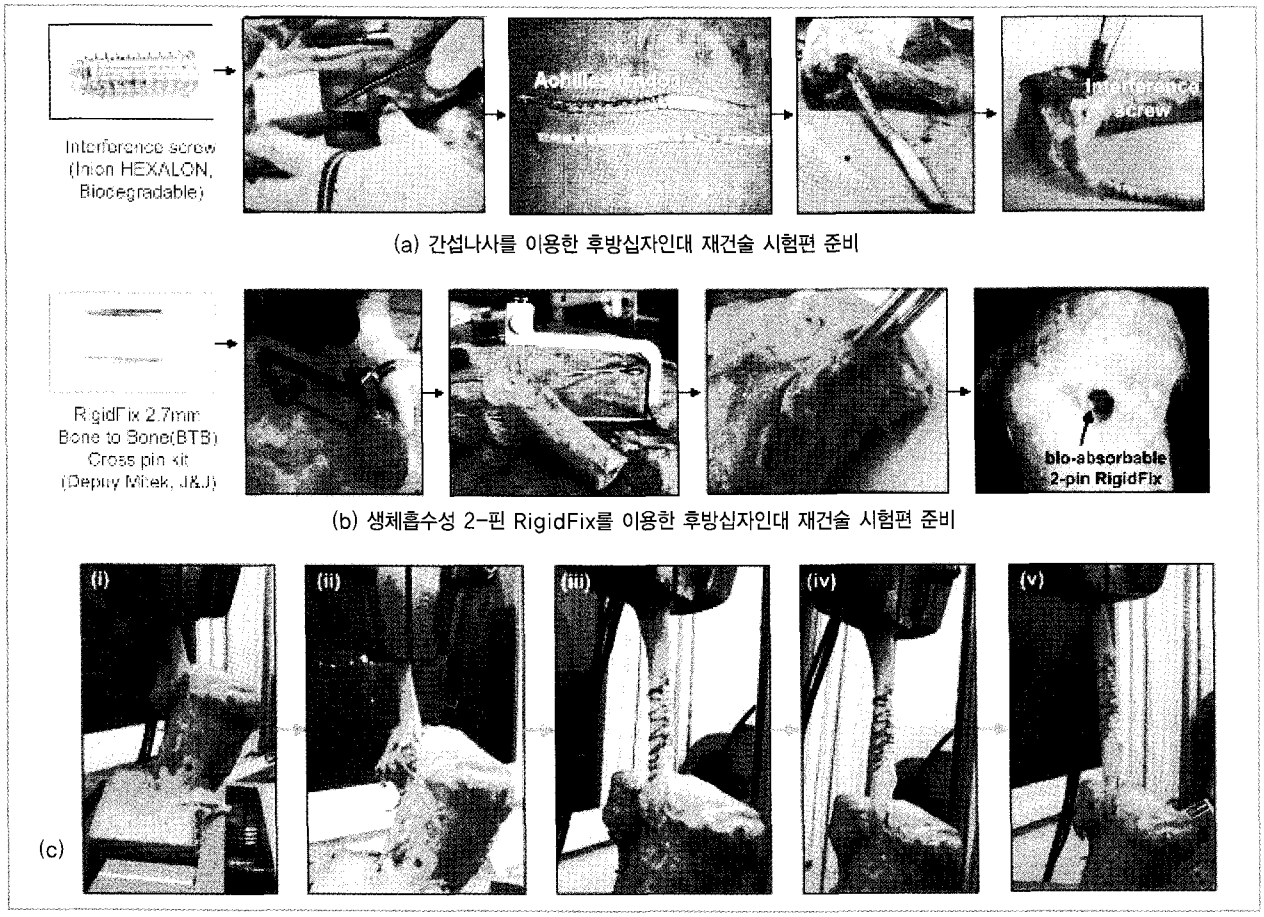
그림 2 대퇴경골 관절부(femorotibial joint)의 전방십자인대 및 후방십자인대의 해부학적 위치(우측사진: 해부학교실에서 사체 슬관절의 전후방십자인대만을 보존하고 모두 제거한 사진 (2008년 3월))

가장 근접하기 위한 시도는 계속되고 있다. 이러한 다양한 술기에서 가장 중요한 공학적 접근은 이식건을 이용한 후방십자인대 재건 구조에서 이식건, 고정장치, 근위경골이 각각 분담하게 되는 하중의 크기와 반복하중 하에서의 응력전달, 응력재분포, 이식건 다발의 역할과 그에 따른 피로거동 등을 정확히 이해하고 평가하는 것이다. 따라서 공학적 접근사례로 현재 수술실에서 적용되고 있는 다양한 후방십자인대 재건술 중 사체 아킬레스건을 이용한 경골관통터널(transtibial tunnel) 수술법을 적용해보았다. 그리고 그림 3의 시험편 및 실험장치를 이용하여 반복하중 하에서 아킬레스건의 고정장치 및 고정위치에 따른 아킬레스건의 초기연신(initial lengthening)거동을 파악하였다. 또한 아킬레스건의 종골부 고정방식과 연부조직 고정방식에 따른 미끄럼(slippage)거동과 연신율(lengthening ratio)과 활주율(slippage ratio)의 관계에 대해 제안할 수 있었다. 본 실험은 신선동결 사체 아킬레스건을 이용한 경골터널방식 후방십자인대 재건술의 기초 연구로서 향후 임상적 결과와 다양한 공학적 접근이 융합된 새로운 결과들을 도출해 낼 수 있었다. 따라서 본 사례는 후방십자인대 재건술의 합리적 수술기법에 기계공학도가 일조할 수 있는 한 분야이다.

슬관절 연구의 공학적 접근사례(2) : Computer Assisted Surgery(CAS)를 이용한 근위경골절골술

의 후방경사각 변화 연구

내반슬(Genu varum, varus) 및 외반슬(Genu valgum, valgus)은 대퇴경골부의 관절연골(articular cartilage)과 반월상연골(articular meniscus) 간의 접촉압을 비정상적으로 증가시키고 결국 골관절염(osteoarthritis)을 유도한다. 즉 해부학적 축(anatomical axis)과 기계적 축(mechanical axis)의 불일치가 지속되면 골소주(trabecular bone)에 체중 부하가 집중적으로 유도되고 대퇴경골 내측의 연골손상이 촉진된다. 이러한 슬관절의 내반슬과 외반슬의 부정정렬을 교정하는 방법 중 대표적인 수술법이 근위경골절골술이다. 근위경골절골술은 크게 폐쇄형 쐐기 근위경골절골술 (CWHTO: Closing Wedge High Tibial Osteotomy)과 개방형 쐐기 근위경골절골술(OWHTO: Opening Wedge High Tibial Osteotomy)로 구분된다. 폐쇄형쐐기근위경골절골술은 상부 경비골 관절을 분리시킨 후 경골 근위부를 쐐기모양으로 일부 제거하여 대퇴경골간의 각도를 교정하는 수술법이고, 개방형 쐐기근위경골절골술은 경골 전내측(tibial anteromedial part)에서 절개가 이루어져서 근위부(proximal part)와 원위부(distal part)를 분리 · 개방하여 부정정렬을 교정하는 수술법이다. 폐쇄형쐐기근위경골절골술은 개방형쐐기근위경골절골술에 비해 회복기간이 빠르지만 다음과 같은 단점이 있다. ① 경골외측 절제로 인한 하지의 단축 발생, ② 추후 인공슬관절 전치환술(TKA: Total Knee Arthroplasty) 등의 추가적 수술 필요 시 부정정렬의 회복이 어려움, ③ 경골외측 절개로 인한 비골신경(peroneal nerve) 손상 가능성 증가, ④ 절골 후 교정각의 수정 불가능 등의 단점들이 보고되고 있다. 반면, 개방형쐐기근위경골절골술의 경우에는 근위비골 인접부의 경골외측 비골신경을 손상시킬 우려가 없고, 수술 도중 교정각의 개방 정도를 임의대로 조절하여 변경할 수 있다는 장점을 가지고 있어 최근 선호되고 있다. 그러나 술후 관상면(coronal plane)에서의 외반



(a) 간섭나사를 이용한 후방십자인대 재건술 시험편 준비

(b) 생체흡수성 2-핀 RigidFix를 이용한 후방십자인대 재건술 시험편 준비

그림 실제수술과 동일한 방식으로 진행된 신선 사체 경골의 동종 아킬레스 이식편 고정법 (a) 생체흡수성 간섭나사를 이용한 고정법, (b) 생체흡수성 이중 고정핀을 이용한 고정법, (c) 인장-인장 반복하중 후 최대인장강도 측정 실험

그림 4 개방형 근위경골절골술 시행 후 후방경사각이 증가되었음을 보여주는 시상면(sagittal plane) x-ray 사진

및 내반의 교정은 올바르게 이루어지고 있는 반면, 시상면(sagittal plane)에서는 그림 4와 같이 수술자가 의도하지 않은 경골내측 고평부(medial tibial plateau)의 후방경사각의 변화가 발생한다는 문제점이 다수 보고되고 있다.

특히 개방형쐐기근위경골절골술 후에는 후방경사각이 증가하고, 폐쇄형쐐기근위경골절골술 술 후에는 후방경사각이 감소하는 결과가 나타나고 있다. 그림 4와 같이 후방경사각이 증가할 경우, 대퇴골 내측관절융기(medi-al condyle)는 경골 내측 고평부와의 접촉에 의한 Roll-back 모션 시 경골 내측 고평부의 경사각이 후방으로 전환되고 보행 시 전방십자인대에 무리한 인장력을 가하게 되어 급성 전방십자인대 손상을 야기할 수 있다. 반면에 후방경사각이 감소할 경우 대퇴골 내측관절 융기의 경사각이 전방으로 전환되어 상기와 유사한 기전으로 후방십자인대의 손상을 야기할 수 있다. 이상의 중대한 문제로 인하여 근위경골절골술 술후 후방경사각이 변화하지 않고 유지되는 수술기법에 대해 많은 슬관절 전문의들이 연구 중에 있다. 상기 문제의 극복을 위한 공학적 접근법으로 Computer Assisted Surgery를 이용한 근위경골절골술 기법을 자체적으로 개발하였고, 그림 5와 같은 방법으로 근위경골부의 CT 이미지 3차원 재건과 컴퓨터를 이용한 가상절골술을 수행하였다. 그림 6의 슬관절의 해부학적 기준축 및 후방경사각 변화에 직접적으로 영향을 미치는 해부학적 기하인자에 대해 분류하였고, 힌지축각(HAA: Hinge Axis Angle)이 후방경사각의 변화에 미치는 영향을 수학적으로 접근하였다. 또한 개방형쐐기근위경골절골술 술 후에도 후방경사각이 변화하지 않는 수술기법에 대해 제시하였다. 본 연구결과는 환자고유의 전내측피질골 경사각(ACOA: Anteromedial Cortex Oblique Angle)과 후방경사각의 명확한 관계성에 대해 제시해 줄 것이며 환자마다 다른 최적의 후방경사각 결정법에 대해 제시해 줄 것으로 판단된다.

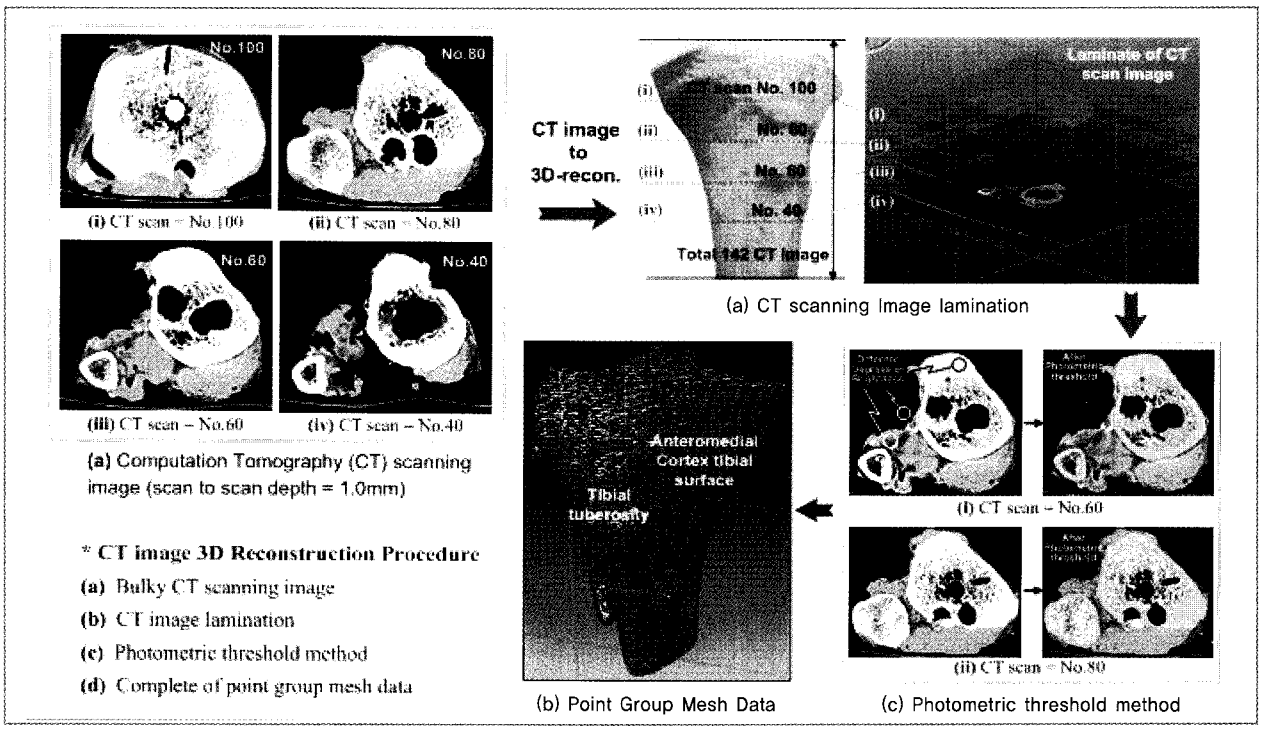


그림 5 Computer Assisted Surgery(CAS)를 이용한 개방형 근위경골절골술의 개략도

슬관절 연구의 공학적 접근 사례(3) : 대퇴경골 모션 및 슬관절 인대 역할을 모사할 슬관절 보조기(knee Brace)의 개발

(a) 대퇴경골 및 슬관절 인대의 상호 모션에 대한 기존 이론들

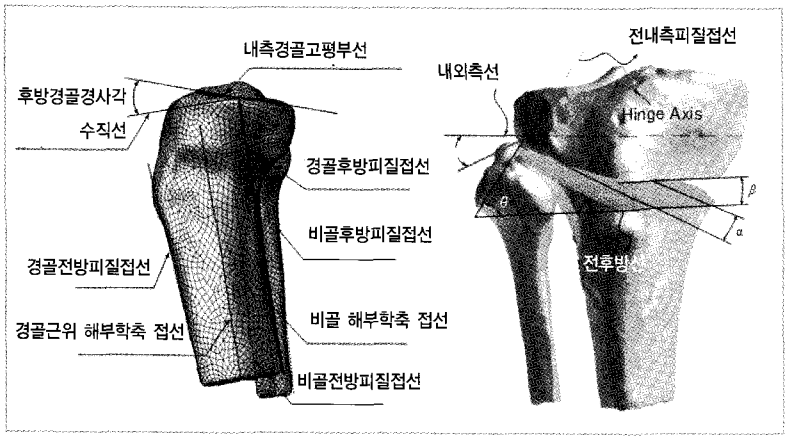


그림 6 (좌측) CAS를 이용하여 후방경사각 평가를 위한 근위경골부의 해부학적 기준축 결정, (우측) CAS를 이용한 개방형 근위경골절골술을 위한 기하학적 파라미터 결정

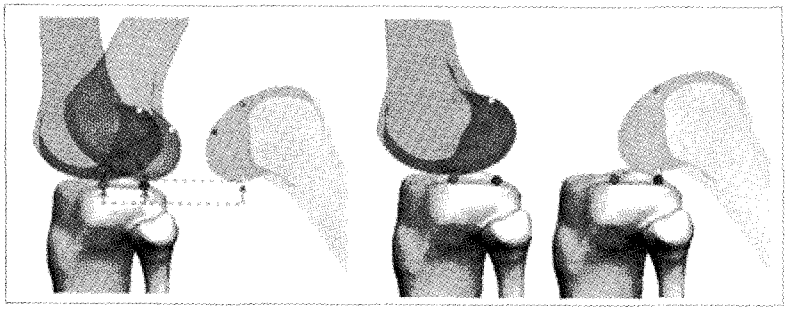


그림 7 롤-그라이드 모델(대퇴경골의 모션을 지나치게 단순화하여 모순 많은 초기모델이나 아직도 바이블로 통용, 롤백(roll back) 모델이라고도 함)

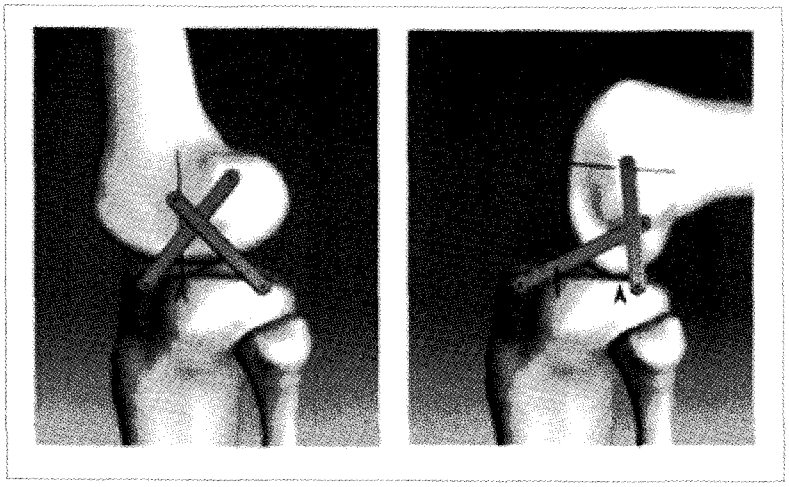


그림 8 Four-bar linkage 모델(대퇴경골을 강체로 가정하고 전후방십자인대를 등방성으로 설정한 모델, 문제가 많으나 슬관절 보조기 개발에 여전히 통용)

슬관절의 수동적 모션 특성은 대퇴경골과 협력하여 움직이는 슬관절 인대들의 역할에 의해 결정된다. 인대의 활동 방향과 함께 대퇴융기(femoral condyles)의 기하(형상)는 굴곡과 신전 모션을 제한하고, 회전 상의 굴곡-신전축의 위치를 결정한다. 경골고평부 표면의 형상, 반월상연골의 이동성 및 슬관절 인대들의 활동은 경골고평부 상에서의 대퇴융기 모션 경로를 결정한다. 이상의 복잡한 대퇴경골과 인접 인대들의 연관성을 통합하여 가장 단순화한 그림 7과 같은 롤-그라이드(roll-glide)의 메커니즘은 최근까지도 슬관절 인대의 기능을 상실한 환자를 위한 보조기 개발에 적용되고 있다. 경골고평부 후방에 위치한 대퇴융기는 경골고평부 위에서 단순히 미끄러지지는 않는다. 또한 대퇴융기의 관절 표면은 경골고평부보다 훨씬 더 길기 때문에 단순히 구르는 것은 아니다. 그러나 아직도 롤-그라이드 모델은 대퇴경골 모션 연구에서 바이블처럼 활용되고 있다. 그림 8에 제시한 Four-bar linkage 이론은 전방십자인대, 후방십자인대, 대퇴경골의 4개의 구조가 강체(rigid body)를 이루며 힌지로 연결되어 있고 전후방십자인대는 롤-그라이드 패턴을 보유한 등방성이라고 가정한 모델이다.

Four-bar linkage 이론은 경골고평부 상에서 대퇴융기의 롤백(roll back) 모션을 설명할 수 있고, 평면 방사선 촬영과 형광투시법에서도 그것을 잘 증명할 수 있다는 이유로 십자인대재건술 시 이식편 배치 모델링에 있어서는 유용한 이론이다. 따라서 롤백 모션은 후방십자인대 기능을 손실한 환자의 슬관절 보조기 설계의 기초가 된다. 그러나 최근 생체역

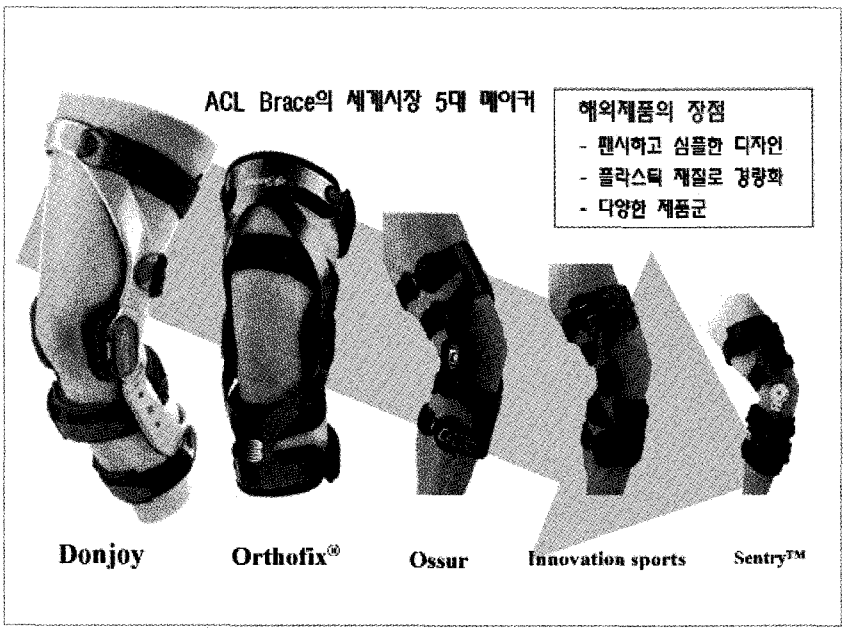


그림 9 세계시장을 석권하고 있는 십자인대 재건술용 슬관절 보조기의 5대 글로벌 메이커

학의 연구와 슬관절 인대의 조직학 연구의 급속한 발전으로 십자인대를 등방성으로 가정하는 것은 지나친 단순화라는 비판을 받고 있다. 또한 슬관절 굴곡 시 십자인대 내의 다발(bundle)들 간의 상호역할, 회전 모션과 완전 신전 상에서 전혀 다른 기능을 수행하는 다발의 역할변화와 그에 따른 대퇴경골의 안정성 등의 다각적인 이해가 뒷받침되어 정상인대의 역할에 더욱 부합한 모델이 개발되어야 한다.

(b) 슬관절 모션의 진보된 모델을 배경으로 한 슬관절 보조기 개발

슬관절은 굴곡(flexion) 신전(extension)시 횡단면 상의 상/하/좌/우/전/후 방향으로 전위될 수 있고, 전방축을 중심으로 좌/우 회전을 하고, 종축을 중심으로 내/외측으로 회전운동을 한다. 즉, 총 6개의 자유도는 3개의 회전과 3개의 전위를 포함하며, 이를 각각 flexion/extension, Internal/external rotation, abduction/adduction, anterior/posterior translation, medial/lateral translation, proximal/distal translation으로 구분한다. 초기 슬관절 보조기의 경우, 대퇴경골을 단순히 연결하기 위한 피봇 힌지(pivot hinge)로 6 DOF 중 flexion/extension만 구현되는 one DOF hinge joint가 주류를 이루다가 최근에는 앞에서 언급한 롤-그라이드 모델 및 proximal/distal translation의 모션까지 확장된 슬관절 보조기가 세계시장의 판세를 재편하고 있다(그림 9 참조). 즉, 현재의 슬관절 보조기 글로벌 제품에 적용되는 슬관절 모션은 ACL과 PCL을 Rigid-link로 간주한 Four-bar linkage system 또는 제한된 경골고평부 상에서의 대퇴융기의 비대칭적 3차원 모션이 배제된 롤-그라이드 모델을 기반으로 제품이 설계/생산되고 있다. 따라서 슬관절 보조기의 핵심부품인 힌지(hinge)는 시상면 상의 2차원 선형적 거동만을 모사하여 개발하고 있다.

그러나 엄밀히 분석하면, 굴곡-신전 각에 따라 전혀 다른 곡률반경을 보유한 대퇴관절면으로 인해 시상면 상에서는 J-curve 형태의 비선형적 거동을 보이고, 수평면 상에서는 대퇴융기 내측 중심에서 외측으로의 피봇 운동이 형성되며, 관상면에서는 완전굴곡에 가까워질수록 후방융기각(PCA: Posterior Condyle Angle)이 증가하는 틸팅이 발생하는 등 매우 복잡한 3차원 동적 모션이 슬관절 운동 시 발생한다. 또한 평지를 걸을 때, 계단을 오를 때, 뛸 때 등 각기 다른 상황에서 3차원 거동은 매우 다양한 메커니즘을 나타내며, 보행습관에 의한 개인차 또한 매우 심하게 발생한다. 따라서 본 연구팀에서는 상기와 같은 매우 복잡한 슬관절 모션을 충분히 반영할 수 있는 정상인 슬관절 모션에 가장 근접한 슬관절 보조기 개발에 박차를 가하고 있다. 1차적으로는 그림 10에 제시한 바와 같이 대퇴경골의 복잡한 3차원적 모션 분석을 바탕으로 시상면에서 관찰되는 비선형적 J-curve를 구현하기 위한 레시프로케이터 원리의 슬관절 보조기를 개발하였다. 본 연구팀은 머지않아 시상면, 관상면, 수평면에서 관찰되는 대퇴경골 및 슬관절 인대들의 3차원적 모션분석을 완성시키고 그에 따라 새로운 슬관절 이론들이 도출할 예정이고, 최종적으로는 세계시장을 장악할 신개념의 글로

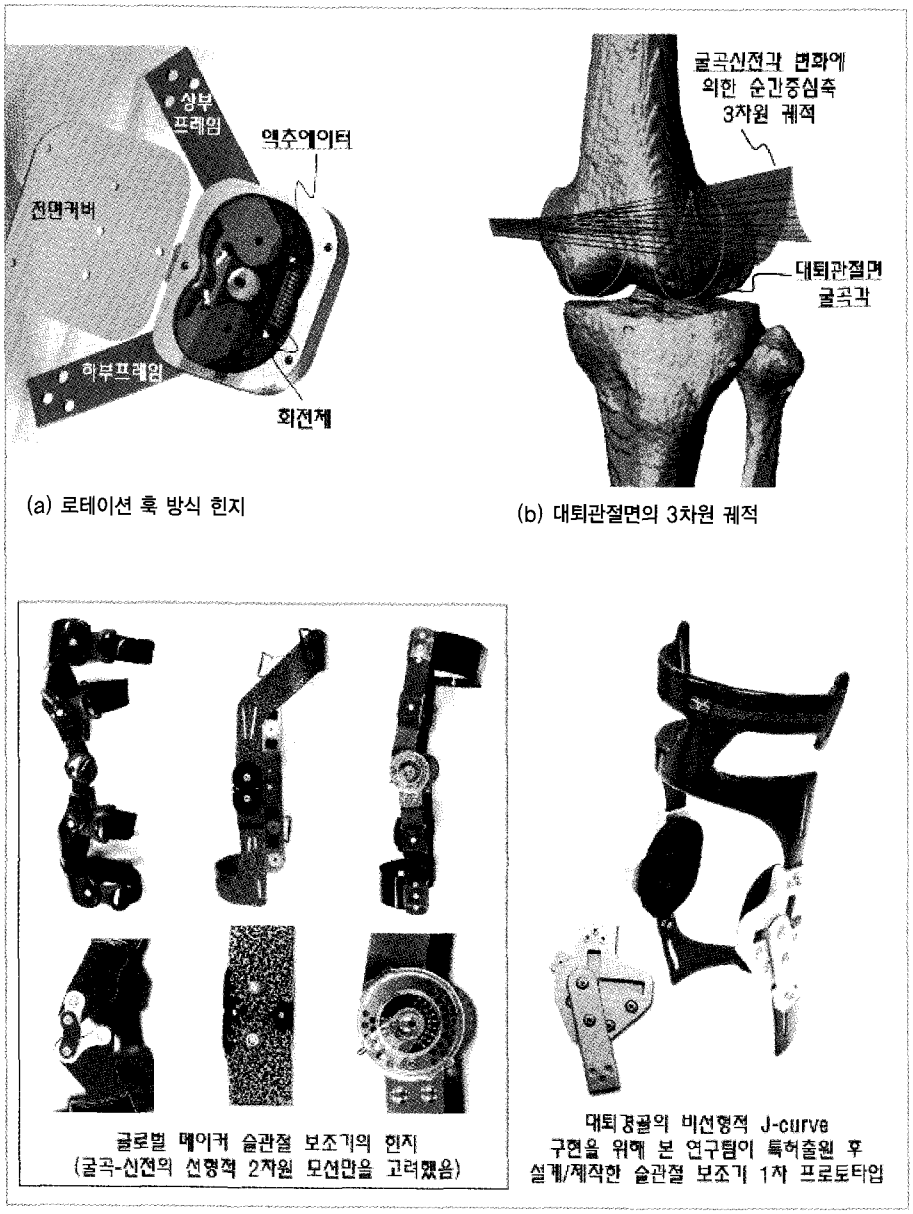


그림 10 기계공학도들이 슬관절에 조금만 관심을 갖는다면 슬관절 보조기 글로벌 메이커보다 더 우수한 보조기를 개발할 수 있는 가능성은 얼마든지 열려 있다

벌 슬관절 보조기를 개발할 예정이다.

맺음말

이 글을 통해서 기계공학도가 슬관절 분야에서 어떤 기여를 할 수 있는지에 대해 몇 개의 사례를 간략히 소개하였다. 의학용어에 대한 약간의 지식과 인체운동에 대한 작은 관심만으로도 기계공학도들은 슬관절 분야의 학술적 발전에 기여할 수 있고, 수술기법을 개선할 다양한 수술장비, 임플란트의 개발 및 하지 관련 보조기 개발에 크게 일조할 수 있다. 정형외과 분야와의 융합연구는 향후 기계공학도가 기여해야 할 분야이며 우리에겐 언제나 이 소중한 기회가 항상 열려 있다고 감히 생각한다.

기계용어해설

래크 구동 잭(Rack and Pinion Jack)

상자형 잭이라고도 하며, 크랭크 핸들로 이가 4~5매인 작은 기어를 회전시키고 평기어를 감속시키는 구조로 된 기계 래크 잭.

레이디얼 플린저 펌프(Radial Plunger Pump)

실린더 블록의 바깥둘레에 중심을 향하여 방사상으로 플린저를 달고, 슬라이드 링 속에서 회전을 시켜 상대적인 플런저의 운동으로 흡입 및 토출을 하는 펌프.