

한국의학원 총서 ⑧

의학자 114인이
내다보는
의학의 미래 ㉠



한국의학원

3 인공장기

7 장	생분해성 재료	박기동 / 97
8 장	인공 조직의 개발	문무성 · 이석민 / 104
9 장	인조혈관	김정구 / 112
10 장	대체혈액	이종욱 / 119
11 장	인공장기 개발 어디까지	민병구 / 126
12 장	연속 가능한 인공장기	서경석 / 134
13 장	인공 간(체외 간 보조 시스템)	최원총 / 141
14 장	인공 내분비 장기	김광원 / 149
15 장	연구적 경조직 고정장치	최귀원 / 164

제7부 잘 보고, 잘 듣고, 잘 먹고

1 치과

1 장	건치 80세 꿈은 이루어진다	김종열 / 175
2 장	인공치아, 가능한가	정한성 · 조성원 / 180
3 장	충치, 풍치는 백신으로 예방된다	유윤정 / 187
4 장	틀니가 사라진다	양재호 / 195

제 15 장

영구적 경조직 고정장치

최 귀 원

일반적으로 인체에서 경조직이란 뼈와 관절을 지칭한다. 사고나 질환으로 인하여 뼈조직 및 관절의 손상 혹은 손실이 발생하며, 대표적인 사례로는 자동차 사고로 인한 골절, 골다공증으로 인한 골절, 관절염 등을 들 수 있다. 인체의 뼈조직은 다른 어느 조직보다도 재생능력이 강한 조직이다. 허물이 퇴이되도 대이 뼈의 재생능력을 지닌 조직은 뼈조직이 유일하다. 그러나 이 대부분의 경우 일시적인 고정이나 치료방법으로 뼈의 기능을 복원시키는 것이 가능하며, 영구적인 고정이 필요한 경우는 뼈의 재생능력이 현저히 감소된 노인의 경우나 특정한 질환의 경우이다. 관절의 경우는 기존 뼈의 고정 및 치료함으로써 재생이 어렵다. 관절을 뼈, 인골 그리고 주위의 연조직으로 구성된 복합체이기 때문이다. 인골의 손상, 뼈의 노화, 관절의 질병 등에 의해 관절의 기능손상이 발생하며, 이의 영구적인 고정을 위해서는 관절 전체를 대체하는 인공관절 치환술이 가장 보편적으로 사용된다.

뼈의 영구적 고정에 대하여 논하기 전에 우선 뼈의 구조 및 그 기능에 대하여 간단히 알아볼 필요가 있다. 이를 이해하면 현재 혹은 미래에 사용되는 영구적 고정장치에 대한 이해가 쉬울 것이기 때문이다. <그림 15-3>은 뼈의 구조를 나타내고 있다. 뼈는 크게 치조골(cortical bone)과 망상골(trabecular bone)으로 분류되는데 치조골은 단단하며 치밀하여 뼈의 외곽 부분을 구성하며, 망상골은 스폰지 모양으로 구멍이 많으며 뼈의 내부를 구성하고 있다. 기능상 치조골은 형태를 유지하고, 하중을 전달 및 내부 장기를 보호하는 기계적인 기능이 대표적이며, 망상골은 체내의 칼슘이온의 저장고 및 배포처로서 역할 및 조혈세포를 통한 피의 생산 등 생리화적인 기능을 주로 담당하고 있다. 하지만 망상골 역시 뼈에 가해지는 충격흡수 및 분산 등 기계적인 기능을 수행한다. 특히 인공관절이 이식되는 경우 이를 지지하는 중요한 기능을 망상골이 담당하고 있다.



그림

뼈의
구조
에 구
변화



24 y.o.

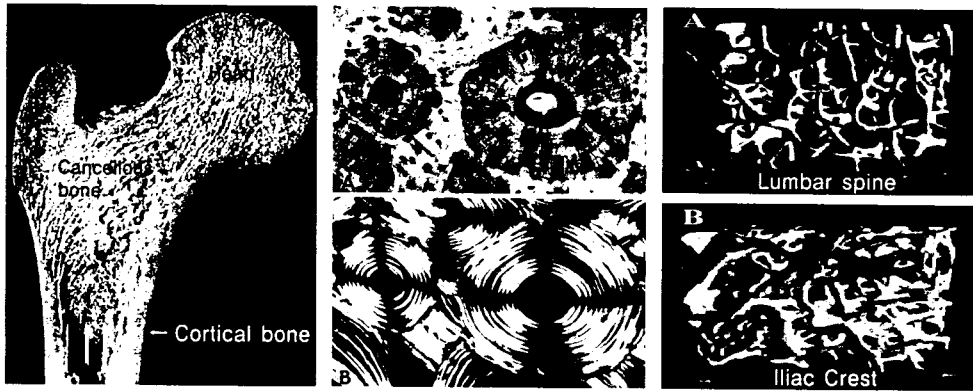
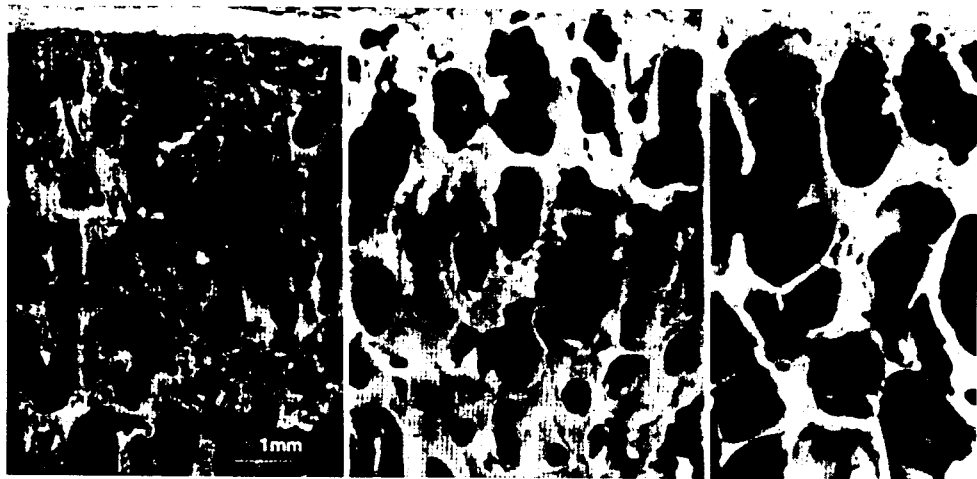


그림 15-1. 대퇴골의 단면 그림 그림 15-2. 치밀골의 기본구조인 Osteon 그림 15-3. 망상골의 구조

뼈의 영구적 고정장치가 빈번히 사용되는 노화의 경우, 노화에 의한 뼈조직의 변화는 저조골보다는 망상골에서 명백하게 나타난다. 골다공증은 망상골의 다공성이 현저히 증가하여 뼈에 구멍이 생기는 것처럼 묘사되기도 한다. 그림 15-4는 나이에 따른 저주의 망상골 조직의 변화를 보여준다. 20대에서 80대로 가면 저주의 망상골 밀도는 약 50%나 감소한다.



24 y.o. Female control: WB 63 y.o. Female control: WB 89 y.o. Female control: WB

그림 15-4. 나이에 따른 망상골의 구조변화

이러한 노화로 인한 뼈구조의 변화는 상당한 기계적 강도의 약화를 가져오며, 골다공증 환자가 조그만 충격에도 뼈의 파괴가 발생하는 이유가 된다. 뼈를 고정하는 영구적 장치는 우선 기존 뼈가 담당했던 기계적인 기능을 가져야 한다. 일정한 하중 하에서 파괴되지 않고 그 하중을 지탱하여야 한다. 현재 널리 사용되고 있는 영구적 고정장치 (방법)는 기계적인 인공대체물을 이식하는 방법이다. 예를 들어, 척추의 경우 척추간의 간격과 척추가 받고있는 하중을 견디기 위해 척추뼈 속에 금속으로 만들어진 cage를 이식하기도 하며, 뼈 시멘트를 골절부위에 주입시켜 척추뼈 전체를 강도가 높게 단단하게 만들기도 한다. 골다공증 등 뼈의 구조 및 강도가 현저하게 저하되어 골질이 발생하였거나 골질 가능성이 매우 높은 경우 영구적 고정장치로 강도가 높은 금속, 세라믹 재료, 유무기 재료 혹은 동물의 뼈를 이용하여 인공뼈를 가공한 다음 이식하기도 한다. 하지만 이러한 인공 및 동물재료의 사용을 인체적합성, 내구성, 주변 기존 뼈조직과의 전하성 등의 문제로 그 사용에 한계를 보여주기도 한다. 미래의 뼈조직 고정방법으로 현재 활발히 연구가 진행되고 있는 분야는 환자 자신의 뼈세포를 주입하여 그 재료로 실험실에서 환자에 적합한 뼈를 생산하여, 필요한 부위에 다시 이식하는 조직공학적 인공뼈의 생산에 대한 연구이다. (Lipp 15-5). 이 방법에는 세포가 잘 자랄 수 있는 배양 조건을 유지해야 하며, 뼈모양의 3차원 지지체를 사용하여 그 곳에 세포를 이식하여 배양한다. 이렇게 실험실에서 만들어 지는 인공뼈는 환자의 몸속에 있는 뼈와 생물이적으로 동일한 뼈가 될 것이다. 인체에 이식된 뒤에도 기존의 뼈와 아무런 거부반응없이 진화적으로 결합되며 그립에석와 같이 완전한 뼈의 형태로 발전하여 영구적으로 사용될 것이다. 이런 방법을 통하여 제조된 인공뼈는 기존 인공대체물의 단점을 보완할 수 있다. 하지만 현재로서는 그 제조기술이 완전히 확립되어 있지 않으며, 대량 생산시스템이 갖춰져 있지 않으며, 그 비용이 매우 비싸 사용이 제한되고 있는 실정이다.

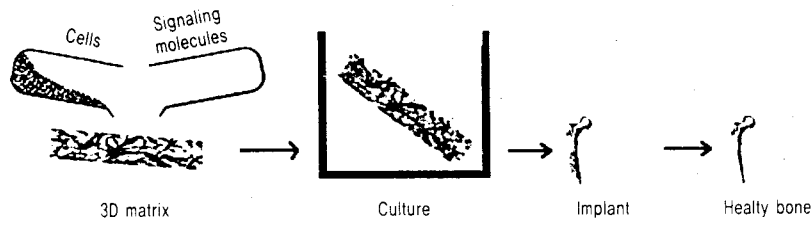


그림 15-5. 환자 자신의 뼈세포 배양을 통해 뼈를 제작하는 과정 설명도

인공관절의 경우는 뼈의 경우와는 다르다. 앞서 설명한 바와 같이 관절은 연골, 뼈 그리고 다른 연조직의 복합체로 구성되어 있기 때문이다. 연골은 손상이 되면 원래 상태로의 복구가 매우 어렵다. 힘판의 공급이 제한되어 있어 재생에 필요한 조건을 만들어 주기 힘들기 때문이다. 뼈와 유사하게 조직공학적인 인공연골이 생산되어 환자에게 적합한 연골을 이식하기도 하지만, 관절 복합체의 기능이 손상, 상실된 경우에는 뼈, 연골 조직의 이식만으로 그 기능을 회복시키지 못한다. 관절의 영구적 고정장치로서는 현재 널리 사용되고 있는 인공관절을 들 수 있다. 인공관절 치환술은 관절 전체를 인공적으로 가공된 관절로 대체하는 의료기술로 1960년대 이후로 전 세계적으로 사용되고 있다. 우리나라의 경우도 매년 약 2만명 이상의 환자가 고관절, 무릎관절의 인공관절 치환술을 받고 있다. 그림 15-6과 그림 15-7은 인공고관절 및 인공무릎관절 치환술을 도식적으로 나타낸 그림이다.

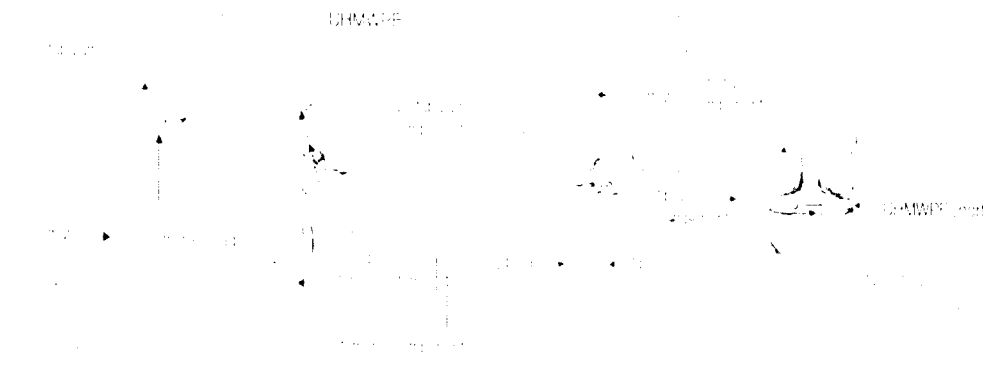


그림 15-6. 고관절에 인공고관절이 치환 그림 15-7. 무릎관절에 인공무릎관절이 치환

인공관절과 인체관절 사이에는 항상 생물학적 및 물리적인 기능의 차이가 존재한다. 이로 인한 영구적 고정장치로서의 인공관절은 성공적이라고 말하기 매우 어렵다. 현재 사용되고 있는 인공관절의 대체적인 평균수명은 10~15 년이며, 이는 인간의 평균수명이 늘고 있는 현대에서는 영구적이라고 말할 수 없기 때문이다. 인공관절의 영구적 사용을 위한 노력은 현재에도 활발히 진행 중에 있다. 이를 위해서는 우선 의학과 공학사의 긴밀한 협조가 필수적이다. 공학분야에 있어 인공관절 제작시 필수적으로 고려해야 할 사항은 (1)부하하중과 운동속도의 예측, (2) 마찰 및 마모, (3) 기계적 기능의 요구조건, (4) 인공관절 고정방법, (5) 수술용 기구,

(6) 제작 공정, (7) 재료의 선택 등이 있다. 이외에도 임상적으로 고려해야 할 사항 및 기업체가 고려해야 할 기준이 많이 존재하며 이러한 요건을 만족시키는 조건에서 제품이 제작된다.

인공관절의 영구적 사용 및 환자 개개인에 적합한 사용을 위한 현재, 미래의 형태로 맞춤형 인공관절의 기술을 들 수 있다. 환자의 뼈형상 및 크기가 각기 다르며, 또한 질환의 종류에 따라서 적용되는 인공관절의 종류도 달라진다 (예, 골종양 환자용 인공관절은 일반적인 환자용과는 판이하게 다름). 공학기술의 발달로 인한 맞춤형 인공관절의 설계기술 및 제조기술이 간편해지고 또한 빨라졌다. 그리고 제작비용의 절감도 가져와 선진국에서는 점차 보편화되고 있는 실정이다. 맞춤형 인공조직 및 장기기식, 맞춤형 약, 맞춤형 유전자 진단 등 미래의 의료기술은 환자 개개인의 상태에 가장 적합한 맞춤형으로 발전할 것으로 예상된다. <그림 15-8>은 맞춤형 인공관절의 제작과정을 나타낸 그림이다. <그림 15-8>은 환자의 CT사진으로부터 환자 뼈 크기 및 형상에 대한 정보를 얻어 환자의 뼈를 3차원으로 재구성하는 과정을 나타낸다. <그림 15-9>는 환자에 적합하게 설계된 인공무릎관절의 도면을 나타낸다. 그 다음 이를 이용하여 컴퓨터를 통하여 이식된 인공관절의 운동양식 및 잠수상태를 평가한다 (<그림 15-10>). 이러한 일련의 과정을 거쳐 설계된 인공관절의 수술전 평가가 완료되면 기공공정에 들어가게 된다. 현재 국내의 기술수준으로는 맞춤형 인공관절의 상용화가 비흡한 실정이다. 하지만 지난 5~6년간의 연구성과를 바탕으로 하이 국산화 인공관절의 상용화가 향후 2~3년 내에 이뤄질 전망이다. 지속적인 연구를 통하여, 각 개발된 기술의 융합으로 맞춤형 인공관절의 국산화도 멀지 않은 장래에 달성될 것으로 전망된다.

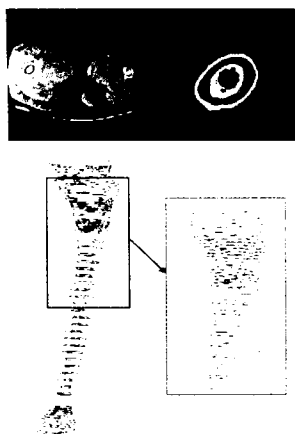


그림 15-8. CT 사진으로부터 무릎관절 형상을 3차원으로 재구성

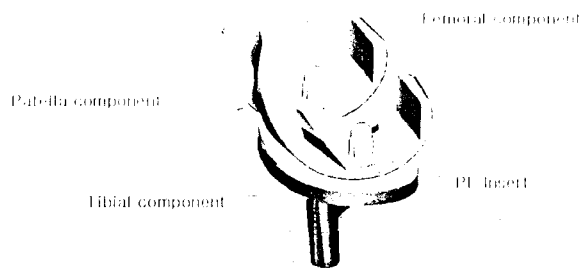


그림 15-9. Computer로 설계된 인공무릎관절

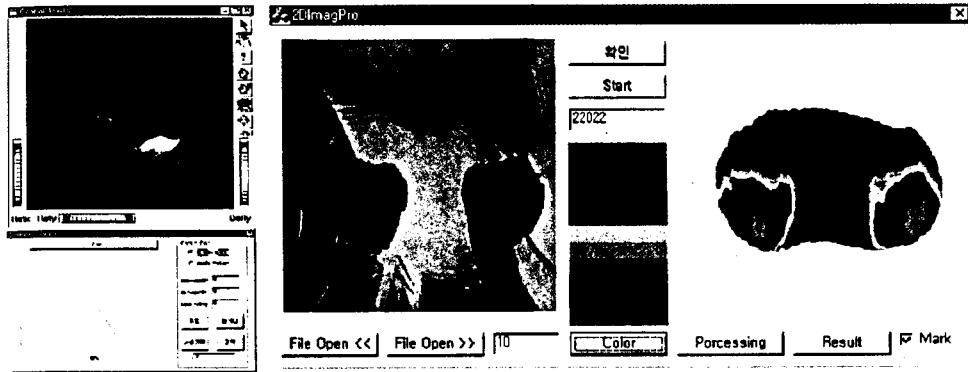


그림 15-9. Computer를 이용한 모의시술 시뮬레이션

연구적 경조직 고정장치(고정기술)는 노령화 사회에 진입한 국내의 의료현실에서는 필수적으로 개발되어야 하는 분야이다. 노인인구의 대부분이 골근육계 질환을 가지고 있으며, 이 중 뼈 및 관절기능의 노화나 상실은 대표적인 질환으로 대두되고 있다. 환자에게 양질의 의료서비스를 부담없이 공급하는 유일한 방법은 제품 및 기술의 국내개발이다. 현재 각 요소기술이 개발되어 있고 또한 개발 중에 있다. 정부는 이들 기술의 직진한 융합을 위한 연구자원을 아끼지 말아야 하며, 한편 의료계에서는 국산제품의 사용에 보다 적극적으로 나서야 할 것으로 사료된다. 이러한 각 분야의 노력이 합쳐질 때 미래의 연구적 경조직 고정장치는 국내에서 실현되어 보다 많은 환자에게 공급될 것이다.