

# I. 하악골 재건시 인공매식체의 이용

한림대학교 의과대학 강동성심병원 치과학교실

교수 이 건 주

## I. 서 론

인공 매식체(Alloplastic Material)는 생체내에 매식하는 불활성의 이물질질을 일컫는다.

인공 매식체가 사용되는 경우는 자가조직을 이용 할 수 없을 때나, 기여부(doner site)에 병적상태나 반환을 남기지 않으려고 할 때이며 일반적으로 흡수가 거의 일어나지 않는다는 것도 이를 이용하는 이유 중의 하나이다.

구강악안면외과 영역에서는 골내 및 골막하 implant, 연조직 및 치조골의 augmentation, 그리고 하악골과 측두하악관절, 안와저(orbital floor)의 재건등에 주로 인공 매식체를 사용해 왔다. 인공 매식체가 이러한 사용 목적을 충족 시키기 위해서는 다음과 같은 요구 조건을 충족시켜야 한다.

- 1) 생체내에서 안정성을 갖고며 유해한 생물학적 반응을 일으키지 않아야 한다.
- 2) 악골 재건 재료로 선택될 경우에는 저작력에 견딜 수 있는 정도의 강도를 가져야한다.
- 3) 기존의 방법에 의해 제작 및 소독이 가능해야 한다.
- 4) 구강내에서 부식이나 용해가 되지 않아야한다.
- 5) 심한 국소적, 전신적인 염증 반응이나 면역 반응이 없어야 한다.
- 6) 미생물의 증식이나 종양을 유발시키지 않아야 한다.
- 7) 경제적으로 볼 때 제작이나 그것의 사용이 합리적

이어야한다.

상기한 조건외에도 사용목적에 따라 생체 조직과의 부착, 내마모성등 추가적으로 요구되는 성질들이 있다. 결국 인공매식체로서 적당한가의 여부는 biofunctionality와 biocompatibility의 2가지 측면에서 평가가 되어져야한다. biofunctionality는 재료자체가 갖고 있는 물리적인 성질이며 biocompatibility는 생체가 받아들이는 정도이다.

## II. 인공매식체에 대한 생체의 반응

### 1. 국소적 반응

- Inflammation and fibrous encapsulation
- Infection
- Tumorigenesis
- Necrosis
- Mechanical effect

생체는 인공매식체의 유해 자극(화학적, 기계적, 감염성, 순환기적)에 대해 염증반응과 함께 치유반응을 일으키는데, 이 2가지 반응이 혼합된 중간형태가 fibrous encapsulation이다. fibrous capsule의 두께는 매식체 표면의 화학적, 물리적, 기계적인 성질에 따라 결정된다. 화학적으로 무해하며, 다공성(porosity)이고 표면이 부드러운 재료일수록 그리고 생체와의 인접면에서 유동성이 작을수록 capsule의 두께는 얇아진다(그림 1).

다공성의 인공매식체는 주위 조직과 접촉하는 면적이 넓어지며 매식체에 직접적으로 침착되는 조직

Implant 재료	Implant 구조	조직의 반응			
		조직의 침윤	조직의 침윤	조직의 침윤	조직의 침윤
Resin		조직의 침윤	조직의 침윤	조직의 침윤	조직의 침윤
Aluminum		조직의 침윤	조직의 침윤	조직의 침윤	조직의 침윤
Titanium		조직의 침윤	조직의 침윤	조직의 침윤	조직의 침윤
Carbon (생체 불활성)		조직의 침윤	조직의 침윤	조직의 침윤	조직의 침윤
Hydroxyapatite Silicon (생체 활성)		조직의 침윤	조직의 침윤	조직의 침윤	조직의 침윤

그림 1. 매식재료와 주위골 조직과의 관계

### III. 인공매식체의 분류 및 종류

화학적 구성 성분에 따라 metal, ceramic, polymer의 3가지로 분류가 가능하다. Collagen과 같은 재료는 polymer이긴 하지만 foreign protein antigenicity에 대한 새로운 사고를 필요로 함으로 독립적으로 분류되어야 하겠다.

#### 1. Metal

- Stainless steel
- Cobalt-chromium alloy
- Titanium and Titanium alloy
- Tantalum

외과적으로 사용되고 있는 stainless steel은 SS316 L로서 여기에는 Fe과 12%의 Ni, 17%의 Cr 그리고 2.5%의 Mo이 함유되어 있으며 강도를 높이기 위하여 casting보다는 wrought form이 사용되고 있다. 이 재료는 경제적이며 조작성이 용이하고 보다 복잡한 형태로 제작할 수 있다는 장점을 갖고 있는 반면 부식이나 생적합성면에서는 타 금속에 비해 떨어진다.

Cobalt-chromium alloy는 ductility가 비교적 낮다는 것을 제외하고는 좋은 기계적인성질을 가지고 있다. 생체액내에서의 부식에 대한 저항성은 stainless steel 보다는 우수하지만 skin test의 결과나 모발, 혈액, 뇨등에서의 Cr, Co의 검출결과를 통하여 볼 때 부식의 부산물이 떨어져 나가는 것을 알 수 있다. 이 금속은 쉽게 주조가 가능하기 때문에 골막하 implant에 사용되며, 높은 내마모성이 있기 때문에 인공관절의 재료로 적합하다.

Titanium과 그것의 기계적인 성질을 향상시키기 위하여 aluminum, vanadium을 혼합한 titanium alloy는 여러가지 면에서 stainless steel이나 vitallium에 비해 우수하다. 부식에 대한 저항성이 높으며 밀도가 적어 가볍고 환자에 이물감이 적다. 그리고 탄성력이 좋아 골과 함께 구부러졌을 때 야기되는 stress가 적다. Pure titanium은 stainless steel과 유사한 정도의 인장 강도를 갖으며 Co-Cr alloy와 비슷한 정도의 강도를 갖고 있다. 단점은 값이 비싸고 조작성이 어렵다는 것이다. 최근 dental implant, bone plate, mesh등의 재료로 많이 이용되고 있다(그림 2).

에 대한 혈류가 좋아지고 고정이 빨리 일어난다는 장점이 있다. 세공(pore)의 지름이 20 $\mu$ m가 넘으면 조직이 성장해 들어가며, 100 $\mu$ m가 넘으면 세공내에 골의 형성이 가능하다.

감염은 인공매식체 시술의 실패에 있어서 주요한 원인이 되고 있다. 이는 이물질이 조직의 감염에 대한 감수성을 높이기 때문이다. 이물질이 존재할 때는 감염이 일어나기 위하여 필요로 하는 병원균의 수가 정상일 경우에서보다 1/10<sup>4</sup>로 줄어든다.

#### 2. 전신적 반응

- Migration of the biomaterial
- Hypersensitivity
- Immunologic inhibition
- Accumulation of toxic element

불용성 입자는 임파계를 통하여 cellular mechanism에 의해 신체의 타부위로 옮겨갈 수 있으며, silicone particle이나 gel등의 전이는 임상적으로 증명이 되었고 금속과 ceramic을 이용한 실험에서 또한 이러한 현상이 밝혀졌다.

Vitallium의 매식에 대한 과민반응으로 pruritis와 urticaria가 보고된 바 있으며 stainless steel에 의해 dermatitis가 야기된 보고도 있다. 이와같이 금속에 대한 접촉성 과민 반응 이외에 매식된 금속에 의해서도 과민반응이 나타난다.

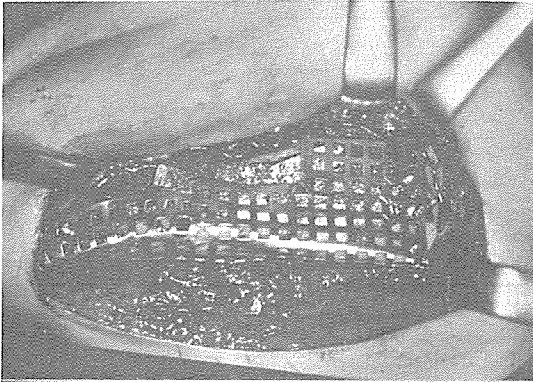


그림 2. Titanium Mesh와 Pyrostat를 병행하여 하악골 재건을 한 예

Tantalum은 비교적 낮은 강도를 갖고 있기 때문에 한정된 용도로만 사용된다. 그러나 안정된 산화막을 형성하기 때문에 부식에 대한 높은 저항성을 갖고 있으며 전기화학적 침입에 대한 저항성이 ceramic과 유사하다.

## 2. Polymer

Biomedical polymer는 elastomer와 plastic으로 분류된다.

### (1) Elastomer

- Silicone rubber (silastic)
- Polyurethane

### (2) Plastics

- Polymethylmethacrylate (PMMA, Acrylic resin)
- Polymethylsiloxane
- Polyethylene (Medpor<sup>®</sup>)
- Polypropylene
- Polytetrafluoroethylene (Teflon, Proplast<sup>®</sup>)
- Polyamide

Silicone rubber는 열에 안정성이 있기 때문에 열소독이 가능하고, biocompatibility가 매우 우수하며 큰 온도 변화에도 탄력성이 변하지 않는다는 장점이 있다. 그러나 마모력이 약하며 혈액으로부터 지방성분을 흡수하여 점차적으로 변질이 될 수 있고 관절부에 사용될 때 giant cell reaction을 일으킬 수 있다는 단점을 갖고 있다. 의학용으로 사용되는 silicone rubber인 silastic은 preformed와 room-temperature vulcanizing (RTV) silicone으로 나눌 수 있으며 RTV silicone은 특별한 기형에 사용하기가 편리하다. 악안

면 부위에서 silastic은 주로 전두부, 관골부, 비부와 이부의 성형과 관절의 재건에 이용되고 있다. 그러나 전위의 가능성이 있고 본래의 모양을 기억하는 성질이 있기 때문에 이완된 상태에서 골표면에 잘 적합시켜야 한다. Fluid silicone은 안면부의 함몰 반흔 및 비부의 성형을 위해 사용되고 있으나 재료의 오염과 과량 주입, 그리고 잘못된 부위로의 주입등이 문제이다.

Polymethylmethacrylate (PMMA)는 의치의 재료로 사용되어 왔으나 2차 세계 대전때 두개골 결손의 수복을 위하여 사용된 바있다. PMMA에 대한 생체의 반응은 구성성분, 경화열, 물리적 성질과 관련이 있으며, 특히 독성, 과민증, 전신적인 반응은 일반적으로 중합반응이 일어나지 않은 구성성분 (unpolymerized monomer)에 의해 야기된다. unpolymerized monomer는 heat-curing resin의 경우 1% 미만인 반면 cold curing resin에는 2-4% 정도를 차지한다. cold curing resin은 bone cement로 알려져 있으며 골결손 부위의 수복에 직접 사용될 수 있다. Cold curing resin의 가공성 (moldability)에 다공성의 물리적 성질을 첨가한 porous acrylic cement가 개발되어 부하를 받지 않는 부위의 재건에 사용되기도 한다. PMMA는 악골의 외형재건을 위해 사용되었으나 그 결과가 만족스럽지 못하였다. 그러나 안외벽의 결손에는 어느 정도 성공적인 결과를 얻고 있으며 두개골이나 타 부위의 골격 결손의 재건에 많이 이용되고 있다.

Polyethylene은 분자량에 따라 Lowdensity (LDPE), High-density (HDPE), Ultrahighdensity polyethylene (UHDPE)의 3가지로 나눌 수가 있다. LDPE, HDPE는 쉽게 깨지며 체내에서 화학적 변성을 일으키는 단점이 있으나 UHDPE는 내마모성이 좋고 화학적으로 안정하기에 인공 관절 재료로 사용되고 있다. Porous polyethylene은 부하를 받지 않는 부위의 재건에 이용될 수 있으나 세공의 크기가 100-200 $\mu$ m 이상인 경우에만 섬유조직과 골조직의 성장을 통한 재료의 안정성을 기대할 수 있다. 임상적으로는 세공의 크기가 400 $\mu$ m 정도인 High-density-polyethylene (Medpor<sup>®</sup>)이 안면 및 두개골, 외이의 결손 재건에 이용되고 있다 (그림 3).

Polytetrafluoroethylene (PTFE, Teflon)은 sheet와 주사용의 형태로 안면부 결손의 수복에 사용되었

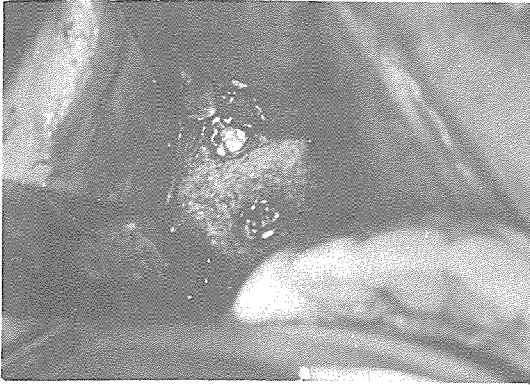


그림 3. 허벅지부 함몰의 재건에 Medpor를 이용한 예

으나 다른 재료의 개발에 밀려 안와저의 수복에 1.245mm sheet만이 이용되고 있는 실정이다. Proplast는 teflon과 carbon의 복합체로서 연조직과 유사한 탄성계수를 갖는 다공성의 재료이다. PTFE의 표면을 처리하는 재료에 따라 3가지 형태가 상품화되어 있는데 proplast I (검은색)은 carbon, proplastII(흰색)는 aluminum oxide fiber, 그리고 HAproplast(흰색)는 hydroxyapatite로 각각 피복되어 있다. Proplast는 전체 용적의 70-90%가 세공으로 이루어져 있으므로 인하여 매식시 안정성이 높으며, 연조직과 유사한 탄성계수를 갖고 있기에 모양의 형성이 용이하고, 쉽게 조각을 할 수 있는 장점을 갖고 있다. 그러나 구강내 시술시에는 감염의 가능성이 높으며 내마모성 및 강도가 약하다는 단점이 있다. 이것은 block의 형태나 preformed, customized형태로 사용이 가능하며 힘을 받지 않는 대부분의 안면부 재건 및 성형에 이용된다. 특히 HAproplast는 조각 및 조각이 용이하고 골유도성(osteoconductivity)이 있기 때문에 매우 유망한 재료이다.

### 3. Ceramic

골대용의 생체 재료에 관한 연구중 ceramic은 가장 활발한 분야의 하나이다. 많은 종류의 ceramics이 개발되고 있으며, 대표적인 것으로는 다음과 같은 것이 있다.

- Alumina ceramic( $Al_2O_3$ )
- Zirconium ceramic( $ZrO_2$ )
- Carbon ceramic(C)
- Bioglass ceramic( $Na_2O-CaO-P_2O_5-SiO_2$ )
- Calcium phosphate ceramic

Ceramic은 크게 bioinert ceramic과 bioactive ceramic으로 분류할 수 있다. Bioinert ceramic은 Alumina, Zirconia, Carbon등과 같이 생체내에서 용해되지 않고 안정성과 친화성이 높은 ceramic을 일컬으며, bioactive ceramic은 Bioglass, TCP, Apatite 등과 같이 칼슘과 인산을 주성분으로 하면서 골조직과 결합하는 성질을 갖고 있는 ceramic이다.

Calcium phosphate ceramic중에서는 Hydroxyapatite(HA)와 Tricalcium phosphate(TCP)에 대한 연구가 가장 활발하다. 이재료의 가장 큰 장점은 매우 좋다는 것이다. 생체내에서 독성이나 염증반응, 이물반응이 없으며 다른 재료와는 달리 다공성이 없어도 접촉하는 골과 직접 결합을 하여 인위적인 분리가 거의 불가능하다. 그러나 충격에 약하여 깨지기가 쉽다는 단점을 갖고 있다. Calcium phosphate ceramic은 block type과 granule type, dense type과 porous type, resorbable type과 nonresorbable type 등으로 상품화되어 있어서 목적 및 부위에 따라 편리하게 사용할 수 있다. HA는 생체내에서 흡수되지 않으나 TCP는 흡수와 함께 골로 대체되는 성질이 있다. 그러나 TCP의 흡수 속도는 예상할 수 없기 때문에 임상적용에 결점이 되고 있으며, 이것이 해결될 경우 매우 좋은 재료가 될 수 있을 것이다. 이 재료는 치조재의 성형에 많이 이용되고 있는데 block form보다는 granule type이 선호되며, 외력에 견딜 수 있어야 하기 때문에 porous type보다는 dense type이 주로 이용되고 있다. 이외에도 골 재건이나 악교정술, 두개안면 성형술시 골 대체물로 많이 이용되고 있다(그림 4, 5).

Bioglassceramic은 생체내에서 칼슘과 인을 분비하

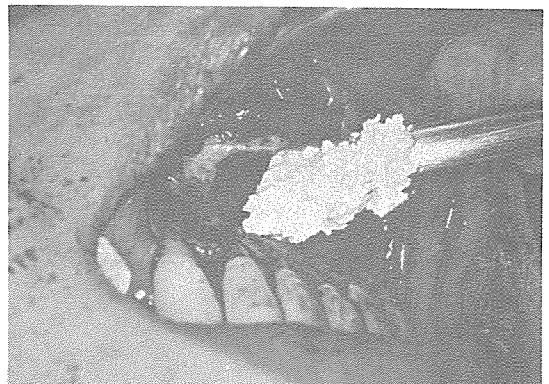


그림 4. 치근단 낭종 제거후 HA Granule type를 이용한 증례

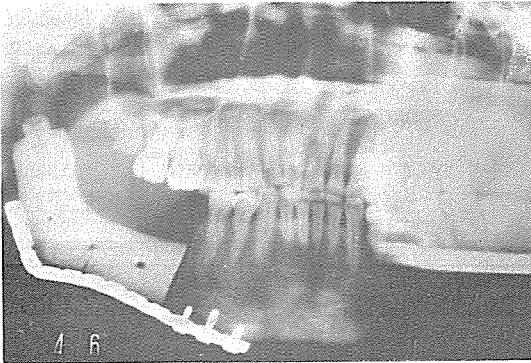


그림 5. Partial Mandibulectomy 후 HA Block type으로 하악 골 재건을 한 예



그림 6. 치근단 절제술 후 Apastick을 이용한 예

여 표면에 Hydroxyapatite을 형성하므로써 인접골과 화학적 결합을 형성한다. 또한 표면에 silicon이 축적됨으로써 결합의 안정성을 더욱 높인다. 그러나 ceramic이 일반적으로 가지고 있는 기계적 성질에서의 결함을 갖고 있기 때문에 강도가 우수한 재료의 표면 처리재로 사용되기도 한다. Bioglassceramic은 dental implant에 사용되기도 하였으나 널리 사용되는

재료는 아니다(그림 6).

#### 4. Biologically derived material

- Collagen matrix(Osteovit<sup>®</sup>)
- Heterogenous bone(Pyrost<sup>®</sup>, Kiel bone<sup>®</sup>)

Osteovit<sup>®</sup>는 우골에서 무기질 성분을 제거한 단단한 교원질(collagen matrix)로서 면역반응이 없고 골 재생을 촉진시키는 것으로 알려져 있다. 주로 block 형태로 사용되고 있으며 매식시 사용된 양과 부위에 따라 차이는 있으나 약 3개월만에 새로운 골조직으로 대체된다. 이 재료는 악안면부에 발생한 낭종이나 종양등의 병소적출 후, 그리고 매복된 치아의 제거후에 발생된 골 결손부 및 연조직의 외형개선을 위해 사용할 수 있다.

골결손부에 대한 수복물질로서 여러가지 동물조직이 사용되어 왔으나 최근에는 우골을 다양한 방법으로 가공 처리하여 비교적 항원성이 없고 저장 가능한 이종골이 개발되었다. Kiel bone은 우골을 탈단백 처리하여 약 31%의 단백질질을 함유하고 있는 이종골로서 세공성 구조로 인해 골의 수동적 성장을 유도한다고 알려져 있다. Pyrost는 송아지의 비골로부터 모든 단백질과 유기질을 완전히 제거한 무기질의 망상골이다.

#### IV. 요 약

요즈음 재료학에서는 implant material에 대한 전신적 및 국소적 반응에 대한 많은 연구가 진행중이다. 과거의 매식 재료에 대한 연구는 단지 골결손부의 대체 및 감염의 예방에 관한 것이었으나, 그후 생체내에서의 매식체의 생적합성에 대한 연구가 진행되었고 최근에는 생체내에서의 수동적인 내성(tolerance) 보다는 controlled reactive surface을 갖으며 결국에는 완전히 생체골로 대체될 수 있는 재료의 개발로 까지 확대되고 있다.