

제 3 장

동종골  
(Allograft)

1965년 Urist가 피질골(cortical bone)에 존재하는 골형성 단백질(bone morphogenic protein, BMP)에 의한 골유도(osteinduction) 개념을 언급한 이래 동종골이식에 대한 연구와 재료 개발이 활발해지면서 최근에는 상품화된 수많은 동종골이식재료가 시판되며 임상에서 사용되고 있다.<sup>1)</sup> Sampath 등은 osteogenin이라는 골성장인자를 발견하였고 골조직의 비콜라겐성 골기질(noncollagenous bone matrix)에서 골형성 단백질을 확인하였다.<sup>2)</sup> BMP와 Osteogenin은 설치류와 고등 영장류에서 이소성골형성(heterotopic bone formation)을 유도한다. 한편 동종골이식재 안에는 여러 다른 종류의 골유도성 물질들이 있을 것이고, 독립적으로 작용하거나 BMP나 osteogenin 등과 같은 성장인자들과 상호작용한다. 검증된 동종골은 사용하기 쉽고, 공여부에 대한 수술이 필요 없으며 술후 합병증이 적은 장점이 있다. Chanavaz 는 약 10년간 다양한 골이식재료를 사용하여 상악동골이식을 시행하고 18개월 후 조직시편을 채취하여 조직형태계측학적 평가를 통해 골체적(bone volume)을 분석하였다. 동결건조탈회골(demineralized freeze-dried allogenic bone, DFDBA)과 방사선조사 동종골(Irradiated allogenic cancellous bone: ICB) 이식군의 골체적이 90% 정도로 가장 많았고, 자가골과 tricalcium phosphate(TCP) 혼합이식군이 85%, TCP 단독이식군이 60%, Hydroxyapatite(HA) 단독 이식군이 15%의 골체적을 보이며 동종골이식의 우수한 치유 능력을 보고하였다.

그러나 일부 임상가들과 환자들은 아직도 항원성과 전염성에 대한 경계심이 있으며 조직은행들의 제조 방법에 따라 매우 다양한 효과를 보이는 문제점이 있다. 즉 탈회골기

질(demineralized bone matrix)의 양과 질, 조직은행에서 처리하는 방법에 따라 골유도 능력이 다양하게 나타날 수 있다(Table 1). 동종골을 이식재로 사용하였을 때 골유도성 치유를 불완전하게 하거나 지연시킬 수 있는 요소들은 다음과 같다.

- ① 충분한 골유도성 치유를 보일 만큼 BMP의 양이 충분하지 않을 수 있다.
- ② 이식재료에서 BMP의 방출이 불완전하며 주위 숙주조직 안으로 도달하기보다는 무기질 안에 머물러 있을 수 있다.
- ③ BMP에 대한 면역적 차단이 있을 수 있다.

## 1. 동종골 처리 방법

임상에서 사용되는 동종골의 대부분은 deep-freezing 혹은 동결건조법(freeze-drying, lyophilization)으로 처리된다. 골의 동결건조 술식은 1950년대 초에 처음 언급되었다.<sup>4)</sup> 처리방법의 첫 번째 과정은 면역반응의 주 매개체인 골수와 혈액, 세포 및 연조직을 여러 차례 세척을 하면서 제거하는 것이다. 냉동건조는 보관이 용이하도록 대부분 수분을 제거하는 방법으로서 비탈회법과 탈회법이 있으며 이식 전에 충분히 수화시켜야 한다. 비탈회법은 무기성분을 잔존시킴으로써 초기 이식재의 흡수가 지연되고 일정 기간 물리적 강도가 잘 유지될 수 있다. 반면 탈회법은 무기질 성분을 제거함으로써 BMP 등과 같은 골성장인자들이 잘 활성화될 수 있다. 동종골은 처리 방법에 따라 강도에 많은 차이가 있다.

**Table 1.** 동종골의 골유도성 치유에 영향을 미치는 요소들

1. 골 저장 처리법 : deep frozen, freeze-dried
2. 골 무기성분 처리법 : undemineralized, surface demineralized or fully demineralized
3. 사용된 골의 종류 : 피질골과 해면골, 막내골(intramembraneous bone) 혹은 연골내골(endochondral bone)
4. 이식재료의 물리적 상태 : powder, chips, blocks, laminated strips
5. 골이식재 제공 환자들의 나이 및 전신건강상태



Fig. 1. 분말형 동결건조동골. A: 아주 오래 전부터 Pacific Coast Tissue Bank에서 공급하던 탈회 동결건조동골. B: LifeNet에서는탈회 및 비탈회 동결건조동골을 모두 공급하고 있다.

Deep frozen, cortical allograft는 자가골에 비해 강도가 약하다. Lyophilized, gamma-irradiated, cortical allograft는 deep-frozen, cortical allograft보다 약하다. Demineralized, cortical allograft는 lyophilized, cortical allograft보다 약하다.

편의상 가공 방법에 따라 다음과 같이 1세대, 2세대와 3세대로 나누어 설명하기도 한다.

### 1) 1세대 가공방법<sup>5)</sup>

- ① 비탈회 혹은 탈회 과정을 거쳐 냉동건조 처리를 한 분말이나 칩 형태의 동종골이식재를 제조한다 (Fig. 1).
- ② 탈회법은 동결건조를 시행하기 전에 염산을 이용하여 뼈의 무기질을 제거한 후 콜라겐과 비콜라겐성 단백질만 잔존시키는 방법으로서 완전 탈회, 표면 탈회 등 탈회의 정도를 조절할 수 있다. 탈회골 분말로 불리는 이식재는 미국조직은행연합회의 지침에 따라 무기 성분이 8% 이

내가 되어야 한다.<sup>6)</sup> 탈회골은 무기성분이 제거되기 때문에 초기 물리적 강도는 약하지만 골치유 과정에서 흡수 단계가 생략되므로 좀 더 빠른 골형성이 가능하다.

- ③ 가공된 골기질(bone matrix)의 흡수를 지연시키고 강도와 골전도성 치유를 보강하기 위해 탈회골과 비탈회골을 혼합한 이식재가 제조되기도 한다.

### 2) 2세대 가공방법

수술 시 형태 형성이 용이하도록 특정 운반체(carrier)를 혼합하여 젤(gel), 페이스트(paste)나 퍼티(putty) 형태의 이식재로 제조하는 방법이다 (Fig. 2). Babush는 퍼티 형태의 DBM이 우수한 골유도 및 골전도성 치유를 보이며 상피 침투에 대한 차폐막 기능을 수행할 수 있다고 언급하였다 (Table 2).<sup>7)</sup>

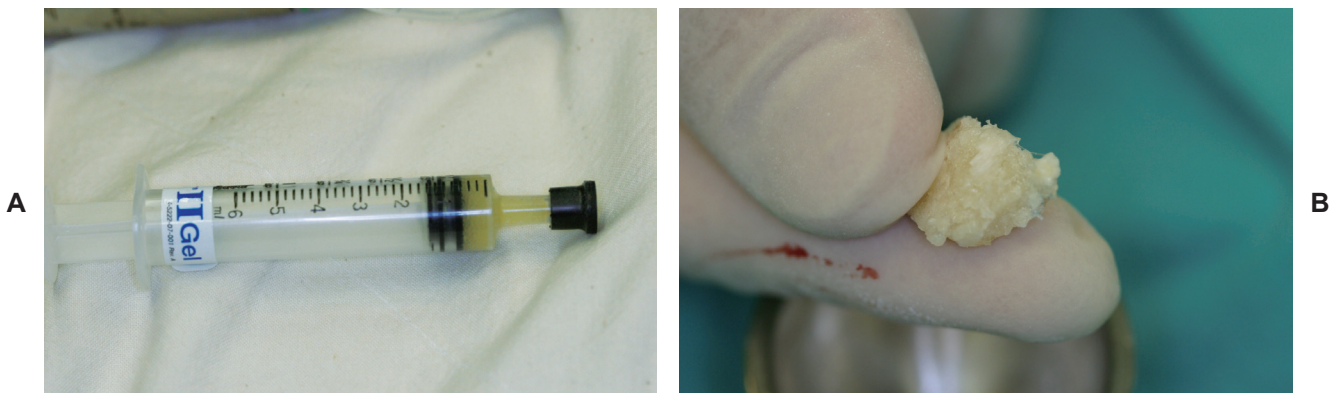


Fig. 2. 운반체가 함유된 동종골로서 조작이 간편하고 원하는 부위에 이식 후 잘 움직이지 않는 특징이 있다. A: Gel 형태로 공급되는 Orthoblast II. B: 퍼티 형태의 이식재는 손가락으로 주물러서 원하는 모양으로 만들어서 수술 부위에 쉽게 적용할 수 있다(Regenaform).

**Table 2.** 운반체(carrier)로 사용되는 재료들<sup>8~10)</sup>

녹말(starch)
글리세롤(glycerol)
콜라겐(collagen)
중합체(polymers): 리버스메디움(reverse phase medium) polyxamer 407
hyaluronic acid
calcium sulfate
돼지 젤라틴(porcine gelatin)
Carboxymethyl cellulose

### 3) 3세대 가공방법

재조합골형성 단백질(rhBMP)이나 골성장인자들을 추출하여 탈회골 분말에 코팅하거나 혼합하여 사용하는 가공법이 개발되었으며 관련 제품들이 공급되고 있다 (Fig. 3).

## 2. 동종골의 안전성(Safety)

전세계적으로 통용되는 조직은행 지침을 준수하여 처리된 동종골을 사용할 경우 전염성 질환을 유발할 가능성은 거의 없다. 또한 조직은행 지침을 준수하여 탈회처리를 시행하면 모든 바이러스와 세균들을 제거함으로써 임상에서 안전하게 사용할 수 있다.<sup>11-15)</sup>

- ① 기증자 선별검사를 하여 HIV 감염, 간염, 세균성 감염 및 진균 감염의 위험이 있는 기증자를 파악하여 제외시켜야 한다.
- ② 잘 처리된 이식재를 사용해야 한다. 즉 혈액과 골수, 연조직·골막 등이 완전히 제거되고 냉동건조가 시행된 검증된 조직은행에서 처리된 동종골을 선택해야 한다.
- ③ 방사선 멸균법은 세균과 바이러스 멸균에 매우 효과적이다. 최근 많이 사용되는 electron beam(e-beam) 멸균법은 DBM의 성능에 부정적인 효과를 유발하지 않으면서 세균과 바이러스 등을 완벽히 제거하는 좋은 멸균법으로 알려져 있다.



**Fig. 3.** rhBMP가 함유된 골이식재. **A:** 약 15년 전에 국내 및 국외에서 최초로 개발되어 시판되었던 rhBMP 함유 동종골이식재였으나 이후 여러 가지 문제로 인해 시판이 중단되었다. **B:** NOVOSIS BMP, rhBMP-2의 운반체로서 Hydroxyapatite를 사용하였다. **C:** Cowell BMP, rhBMP-2의 운반체로서 BCP(β-TCP/HA)를 사용하였다.

④ 조직은행은 안전한 조직이식재 공급을 위해 조직 채취 시부터 기증자 선별검사, 채취 시 주위 환경, 처리 및 보관, 분배에 이르기까지 무균적 상태를 유지하고 정확한 검사 및 기록을 시행하고, 이식수술을 담당하는 의사는 이러한 정보를 공유하여 조직은행 및 이식재에 대한 평가를 하고 이식 후 수혜자 기록지 및 역추적 조사기록지 등을 작성하여 조직은행과 공유함으로써 더욱 안전한 동종골 사용의 평가 및 역추적 검사가 가능한 데이터 축적을 이루어야 한다.

동결건조가 동종골이식재 내의 항원을 불활성시키는 것으로 밝혀졌다. 동결건조동종골을 이식할 경우 일부 환자들에서 공여자에 존재하던 HLA 항원들에 민감도를 보일 수도 있지만 수혜자들 중에서 이식재와 관련된 부작용이 발현하는 경우는 거의 없다. 43명의 환자 중 9명에서 donor-specific anti-HLA antibodies이 발현되었다. 이들 9명 중 8명을 평균 23개월 동안 방사선학적으로 관찰하였으며 모두 만족스런 결과를 보였다. 동결건조 처리는 세포막에 물리적인 변화를 통하여 표면 항원의 변화를 유발하고 결과적으로 면역반응을 감소시킨다. 따라서 동결건조동종골을 이식할 경우 tissue-typing은 필요하지 않다. 면역 반응은 항원의 투여 용량과 경로와 밀접한 연관성이 있다. 따라서 소량의 골이식재가 사용될 경우엔 면역거부반응을 유발하지 않는 경우가 대부분이다.<sup>16, 17)</sup> 탈회동결건조동종골에 관한 임상 및 실험적 연구들에서도 항원성이 없으며 임상적으로 양호한 결과를 얻을 수 있다고 보고되었다.<sup>18)</sup>

### 3. 동종골의 소독과 멸균법

#### 1) 동결건조법

(Freeze-drying, lyophilization)

동결건조시켜 수분 함량을 줄임으로써 소독 효과를 얻을 수 있다. 그러나 동결건조 후에는 인체조직의 기계적 강도 및 재생 능력이 저하된다.

#### 2) 저온살균법(Pasteurization)

60℃ 정도의 저온에서 30분 이상 2시간 정도까지 지속적

으로 인체조직을 멸균된 생리식염수에 담귀서 증탕하면 효과적인 멸균효과를 얻을 수 있다.

#### 3) 화학적 처리법(Chemical processing)

과산화수소 용액 혹은 에틸알콜에 일정시간 담귀 두면 골수강 내의 지질 성분이 제거되므로 항원성이 저하되면서 멸균효과도 생긴다. 화학 약품은 인체 독성이 있으므로 충분한 세척을 통해 잔류량을 최소화해야 한다. Peracetic acid-ethanol method(PES)로 멸균처리한 동종 인체조직들은 안전하고 임상적으로 좋은 효과를 발휘할 수 있다고 한다.<sup>19)</sup>

#### 4) Ethylene oxide(EO) 가스

매우 우수한 멸균효과를 얻을 수 있지만 가스의 강한 독성으로 인해 절대 잔류량이 많아서는 안 되므로 멸균처리 후 반드시 충분한 공기를 유통시켜 잔류량을 최소화해야 한다. 공기를 품을 수 있는 공간이 존재하는 해면골이나, 골수강이 깊은 장골(long bone) 등을 EO 가스로 처리하는 것은 바람직하지 않다.

#### 5) 방사선 조사법

인체 조직의 멸균을 위해 가장 유용하고 널리 사용하는 방법이다.

#### 6) Electron beam 멸균법

최근 많이 사용하는 멸균법으로서 DBM의 성능에 부정적인 효과를 유발하지 않으면서 세균과 바이러스 등을 완벽히 제거하는 것으로 알려져 있다.

### 4. 동종골의 골유도성 치유

동종골의 골유도성 치유 능력은 개별 공여자와 조직은행에서 처리한 방법들에 따라 매우 다양한 양상을 보인다. 즉 검증된 조직은행에서 적절한 방법으로 처리된 동종골들만이 골유도능력을 잘 발휘할 수 있다. 탈회 과정 중에 동종골 내의 성장인자들을 잘 보존하는 것이 이식재의 골유도 능력과 관련이 있다.<sup>20, 21)</sup> 생산되는 모든 제품에 대해 골유도

능력을 테스트할 순 없으므로 무작위로 선별하여 유효성을 검사하고 있다. 골유도능력에 대한 평가는 *in vitro*와 *in vivo* assays 모두 시행해야 한다. *In vitro* test는 C<sub>2</sub>C1<sub>2</sub> mouse myoblast cell line을 이용하여 탈회골기질(demineralized bone matrix: DBM)에서 방출하는 BMPs이 myoblasts를 osteoblast로 분화시키는지 평가한다. 또한 조골세포들의 활성화 정도를 평가하기 위해 alkaline phosphatase(ALP) 활성도를 평가하기도 한다. *In vivo* test는 athymic mouse 혹은 rat muscle pouch에 DBM을 이식한 후 이소성 골형성(ectopic bone formation)이 이루어지는 것을 평가한다.<sup>22,23)</sup>

### Proportional osteoinduction<sup>24)</sup>

탈회동결건조동종골의 골유도 능력은 DBM 내에 함유된 BMP의 함량에 달려 있으며, DBM의 함량이 클수록 효과는 현저하게 증가한다. DBM이 100%인 경우와 17%인 경우 골형성 효과를 비교한 실험에서 100%인 경우에 신생혈관형성, 조골세포 활동, 연골형성 및 골형성 부분에서 압도적으로 우수한 결과를 보였다. 동종골을 공급하는 각 제조사에 따라 DBM의 함량은 매우 다양하기 때문에 임상 의들은 카탈로그를 잘 읽고 스스로 판단하여 제품을 잘 선택해야 할 것이다. DBM 함량이 10~15%인 제품들은 골유도 효과가 거의 없다고 알려져 있다.<sup>25,26)</sup>

1세대 제품들(1<sup>st</sup> generation products)의 경우 DBM 함량이 17% 이하인 경우가 많았다. 이후 점차 함량이 증가하기 시작하였으며, 2세대 제품들에선 DBM 함량이 최고 100%까지 증가하였다(Table 3).

## 5. 동종골의 종류

### 1) 신선 동종골(Fresh allogenic bone)

세포성 면역거부반응(cellular immune rejection)이 심하므로 이식된 동종 골편은 괴사되어 골형성에 직접 관여하지 못하며 임상에서 전혀 사용될 수 없다.

### 2) 신선 동결골(Fresh frozen bone)

면역거부반응을 약화시키는 저장 방법으로 냉동 생물학적 기술인 냉동법을 이용한다. 이 방법은 동결건조골에 비해 골의 강도를 더 잘 유지하기 때문에 많은 힘을 받는 광범위한 골결손부의 재건에 사용할 수 있다. 또한 탈단백질화(deproteinization)시키거나 끓인 골(boiled bone)에 비해 혈류재생이 잘되고, 흡수 및 골개조 측면에서 유리하다. Perrot, Rochanawutanon 등은 신선 동결골을 자가골과 혼합하여 악골재건술을 성공적으로 시행한 증례들을 발표하였

Table 3. A variety of allografts

제품명	DBM contents(%)
Grafton <sup>®</sup> putty(Osteotech, Inc.)	17
Osteofil <sup>®</sup> paste(Regeneration Technologies, Inc.)	24
DBX <sup>®</sup> putty(Synthes, Inc.)	32
InterGro <sup>®</sup> Putty(Interpore Cross International, Inc.)	40
AlloMatrix <sup>®</sup> (Wright Medical Technology, Inc.)	40
Accell Connexus <sup>™</sup> (IsoTis OrthoBiologics, Inc.)	70
AlloCraft <sup>™</sup> (Stryker Howmedica Osteonics)	80
Accell <sup>®</sup> DBM100(IsoTis OrthoBiologics, Inc.)	100

다.<sup>27, 28)</sup> Viscioni, Carinci 등은 신선 동결골을 이식한 후 임플란트를 식립한 경우와 상악동골이식술을 시행하여 좋은 결과를 얻었음을 발표한 바 있다.<sup>29-31)</sup> 한편 Oikarinen, Langer 등은 동결동종골이 잔여 항원반응을 나타낼 수 있으며 신생골 형성을 지연시키는 염증반응을 유발한다고 하였다. 따라서 면역거부반응을 유발하면서 술후 이물반응, 감염 등으로 인해 좋지 못한 결과를 얻을 수 있기 때문에 최근엔 임상에서 거의 사용되지 않고 있다.<sup>32, 33)</sup> Richter는 악골의 낭종 결손부 재건을 위해 -20℃에서 3주간 보관했던 femoral head에서 채취한 동결 해면골을 사용하여 좋은 결과를 얻었다고 보고한 바 있다.<sup>34)</sup>

### 3) 동결 방사선 조사골

#### (Frozen irradiated bone) (Fig. 4)

동결된 동종골에 1.5~2.5 mega rad(15~25 kGy) 정도의 gamma 선을 조사하여 사용한다. 이 방법을 이용하여 보다 확실한 멸균효과를 얻을 수 있으며, 면역반응을 감소시킬 수 있다.<sup>35)</sup> ICB(Irradiated Allogenic Cancellous Bone and Marrow)(Rocky Mountain Tissue Bank, Aurora, USA, [www.rmtb.org](http://www.rmtb.org))는 사람의 척추에서 채취한 피질골과 해면골을 방사선 처리한 동종골이다. 심부 동결상태(deep frozen state: -75℃)로 보관하다가 Cobalt 60 source with between 2.5 and 3.8 Mega rad로 방사선 조사하여 처리한 이식재료이다. Wet type으로 공급되어 사용하기가 매우 편리하며 골형성 능력은 우수한 것으로 알려졌지만 강도가 약하여 단독으로 사용

하는 것보다 이종골 혹은 합성골과 혼합하여 사용하는 것이 추천되기도 한다. Bagoff 등은 발치창 보존술과 상악동골이식술을 시행할 때 ICB와 medical grade calcium sulfate hemihydrate를 혼합하여 이식함으로써 좋은 결과를 얻었다고 보고하였다.<sup>36)</sup> 어떤 학자들은 방사선조사 동종골이 자가골과 가장 유사한 치유과정을 보인다고 주장하지만 안전성과 효율성에 관한 연구 결과가 부족하다고 반박하는 학자도 많이 있다.<sup>37)</sup> 공급되는 제품의 용량은 0.3, 0.5, 1, 3g이 있다.

### 4) 동결건조 비탈회골

#### (Freeze-dried non-demineralized bone, Freeze-dried mineralized bone, Lyophilized bone) (Fig. 5)

사후 12~24시간이 경과하지 않은 사체 공여자(cadaveric donor)의 시신에서 채취한 피질골 및 해면골을 탈지시킨 후 저온냉동보관을 하였다가 동결건조 처리하여 사용하는 것이다. 만일 채취 시 완벽한 무균적 처리가 안 났다고 여겨지는 경우에는 에틸렌옥사이드(Ethylene Oxide) 가스 멸균법이나 15~25 kGy(1.5~2.5 Mrad)의 감마선을 조사하는 방사선 멸균법(Radiation Sterilization)과 같은 2차 멸균을 시행한다. 이 재료는 체내에 이식되어 흡수되기 때문에 잔존 약물의 독성이 우려되는 에틸렌옥사이드 가스 멸균법보다 방사선 멸균법이 더 확실하고 안전하다. 동결건조 비탈회골은 골유도 및 골전도 기능이 있지만 초기에는 골전도성 치유가 주로 이루어진다.<sup>38)</sup> 탈회동결건조골에 비해 강도가 우



Fig. 4. 동결 방사선 조사골(frozen irradiated bone).



Fig. 5. Tutoplast Allograft(Puros®)를 치조골 협측에 이식한 모습.

수하며 이식 6개월 후에 견고한 골성 치유를 보인다. 서서히 흡수되기 때문에 광질화된 골격이 신생골 형성을 위한 지지 역할을 수행하고 신생골이 형성되기 전에 우선 혈관화가 잘 이루어져야 한다. 소규모의 치조능 증대술, 임플란트 주위의 열개성 결손 수복, 발치창 골이식, 상악동골이식 등에 사용되어 왔으며 자가골이식을 위한 crib 혹은 retainer 목적으로 사용하기도 하였다.<sup>39-41)</sup> Turner 등은 성견에서 동결건조와 동결 인레이 피질골이식을 비교하였고 동결건조이식재가 신선 동결이식재보다 훨씬 우수한 치유능력을 보이는 것을 확인하였다.<sup>42)</sup> 다른 골이식재료들과 비교한 동물실험 연구에서 비탈회동종골이 매우 우수한 골치유를 보이는 것이 확인되었다.<sup>43)</sup> e-PTFE 차폐막과 함께 FDBA(OraGraft)를 사용한 국소적인 치조능증대술 연구에서 평균 47.6%의 신생골 형성이 보고된 바 있다.<sup>44)</sup> Minichetti 등은 발치 후 입자형 비탈회동종골을 이식하고 5개월 후 이식 부위를 노출시켰을 때 단단한 골 구조가 관찰되었다.<sup>45)</sup> 비탈회동종골은 광질과 BMP를 모두 함유하고 있으며 천연 콜라겐 구조가 잘 유지되기 때문에 골증대가 많이 필요하고 볼륨 유지가 필요한 경우에 유용하게 사용할 수 있다고 하였다. 협측 열개성 골 결손부에 비탈회동종골(Puros® cancellous)과 흡수성 콜라겐막(Ossix plus)을 이용한 골유도재생술을 시행한 임상연구에서 3년 후 61.1%의 증례들에서 완전한 골결손부 치유가 이루어졌다.

3mm 미만의 작은 결손부에서는 100%, 3~5mm의 중간 결손부에선 79.3%의 완전한 수복이 이루어졌고 5mm 이상

의 큰 결손부에서 90%에서 부분적 수복이 이루어졌다. 임플란트와 이식재의 누적 생존율은 98.1%였으며 비탈회동종골은 5mm 이하의 골결손부 수복에 매우 효과적이라고 보고되었다.<sup>46)</sup> 발치 후 “clean” extraction이 이루어진 경우에도 골소실은 예측 불가능하다. 인체 비탈회골을 발치창에 이식할 경우 추후 임플란트 식립을 위한 골체적을 잘 보존하거나 골형성을 유도할 수 있으며 추후 부가적인 골이식을 최소화할 수 있다.<sup>47)</sup>

상악동골이식에서 비탈회동종골이 양호한 치유를 보인다는 의견이 많이 제시되고 있다. 동종골을 사용할 경우 흡수와 함기화에 저항할 수 있도록 물리적 강도가 세면서 흡수가 서서히 진행되는 비탈회동종골과 수용부에서 신생혈관 형성이 잘 이루어지면서 골유도성 치유가 잘 이루어지는 탈회동종골을 함께 사용하는 것이 좋다고 한다. Nounbissi 등은 상악동골이식술에서 탈회골과 비탈회골(mineralized solvent-dehydrated bone allograft: Puros®)을 이식하고 비교한 임상 연구에서 비탈회골을 사용한 경우에 좀 더 신속한 골형성과 높은 비율의 신생골 형성 및 신생골과 골이식재의 유합이 관찰되었다고 보고하였다.<sup>48)</sup>

Froum 등은 비탈회해면동종골(Mineralized cancellous bone allograft: Puros®)과 Bio-Oss®로 상악동골이식을 시행한 경우를 비교했을 때 Puros®가 더욱 높은 신생골 형성률을 보였다고 보고하였다.<sup>49)</sup> 비탈회동종골(Mineralized allograft: Puros®) 90%와 자가골 10%(상악결절골)의 비율로 혼합하여 상악동골이식을 시행한 임상연구가 진행되었다. Puros® 입자들은 0.25~1mm size 50%, 1~2mm 50%의 비율로 사용되었다. 골이식 9개월 째 조직시편을 채취하여 조직형태계측학적 분석을 시행한 결과 생활골의 비율은 25.2%, 잔존 골이식재 16.8%를 차지하였고 이식재는 시간이 경과하면서 서서히 흡수되고 신생골량은 더욱 증가할 것이라고 보고되었다.<sup>50)</sup>

## 5) 동결건조탈회골

(Demineralized freeze-dried allogeneic bone:DFDBA, Demineralized bone matrix; DBM) (Fig. 6)

동결건조골은 부분적 탈회 혹은 완전 탈회처리하여 사





**Fig. 6.** DFDB powder를 Grafton® DBM putty와 혼합하여 낭종 적출 후 결손부에 이식한 증례. **A:** DFDB powder and DBM putty(Grafton®). **B:** 낭종 결손부에 DFDB powder를 이식한 모습. **C:** Grafton® putty를 추가로 이식한 모습.

용되고 있다. 탈회처리의 장점은 골형성 단백질(bone morphogenic protein)을 활성화시킴으로써 간엽성의 전구체 기질(premesenchymal progenitor cell substrate)의 골유도(osteinduction) 현상을 야기하는 데 있다. 이 재료 역시 에틸렌옥사이드가스 멸균법보다는 방사선 멸균법이 더 확실하고 안전하다. 동결건조·탈회 혹은 에틸렌옥사이드가스 멸균법이나 방사선 조사 시 단백질 변성으로 인한 골형성 단백질의 골유도 능력이 감소될 수 있기 때문에 엄격한 처리 및 품질 관리가 필요하다.

95% collagen matrix와 5% 비콜라겐성 단백질(non-collagenous proteins)로 구성되어 있으며 골유도 기능에 관여한다. 상품화되어 공급되는 양질의 DBM들은 type I collagen, fibronectin, bone stimulating protein(BSP), BMP-2, BMP-4, BMP-7 등을 함유하고 있다.<sup>51)</sup> DBM은 이식 후 이물반응을 유발하지 않으며 초기엔 불규칙한 콜라겐 섬유로 구성되어 있는 미성숙골(woven bone)이 형성된다. 이후 시간이 경과하면서 골개조의 증거를 보이는 hematopoietic marrow와 치밀골(compact bone)이 형성된다.<sup>52)</sup>

최근 Glowacki는 골유도능력을 보유한 동종골이 두 개약안면, 구강 및 정형외과 영역에서 유용하게 사용되고 있다고 언급하였다.<sup>53)</sup> Mellonig 등은 치주결손부에 DBM(Grafton®, Osteotech)을 이식한 임상증례들에서 6개월 후 신생골, 백악질 및 치주인대 재생이 일부 관찰되었다고 보고하였다.<sup>54)</sup> 아주 오래 전에 Block과 Kent는 발치 직후 임플란트 식립 시 4mm 이상의 골결손부에 탈회골이식을 권장하였으며 골이 상부까지 형성됨을 보고하였고, HA와 탈회동종골을 혼합하여 하악골증대술을 시행한 동물실험 연구에서 골유도성 치유가 잘 이루어진다고 보고한 바 있다.<sup>55,56)</sup> Cammack 등은 탈회동결건조골과 비탈회동결건조 동종골을 이용하여 치조능 증대술과 상악동골이식을 시행하고 6~36개월 후 trephine bur로 조직시편을 채취하여 조직형태계측학적 분석을 시행하였다. 평균 신생골 형성량은 비탈회골 41.89%, 탈회골 41.74%로 매우 우수한 치유 조건을 보였으며 두 그룹 간에 통계적으로 유의성 있는 차이를 보이지 않았다고 보고하였다.<sup>57)</sup> Albrektsson 등은 탈회동결건조동종골을 이식할 경우엔 더 많은 골수강(marrow space:

fatty marrow)이 형성되며 결국 “더 부드러운” 형태의 골을 형성한다고 하였다. 즉 탈회골은 type 3의 골을 만들고, 비탈회골은 type 1 혹은 type 2의 골과 비슷한 골을 형성한다.<sup>58)</sup>

동종골은 각 조직은행에서 제조하는 방법들에 따라 골유도 및 골전도성 치유와 골개조 능력에 많은 차이가 있을 수 있으며 paste·분말(powder)·입자(particle)·칩(chips)·퍼

티(putty)·겔(gel)·블록(block), 휘어질 수 있는 판상(sheet)의 형태 등 다양하게 공급되고 있다. 또한 공여 골조직의 종류(피질골, 해면골)에 따라서도 치유기전 및 특성에 차이를 보인다(Table 4, 5). 입자형 골이식재들은 탈회골과 비탈회골 및 두 가지를 혼합한 다양한 제품이 공급되고 있다.(Table 6)

**Table 4.** Comparison of healing mechanism of autogenous and allogenic bone.<sup>59)</sup>

Bone graft	Osteogenesis	Osteoinduction	Osteoconduction	Structural strength/ volume	Remodeling
Autograft Cancellous	+++	+++	+++	No/+	+++
Autograft Cortical	++	++	++	+++/>+++	++
Allograft Cancellous					
Frozen	No	+	++	No/+	+
Freeze-dried	No	+	++	No/++	+
Allograft Cortical					
Frozen	No	No	+	+++/>+++	No
Freeze-dried	No	No	+	+/>+++	No
Demineralized bone powder	No	++	No	No/No	++
Demineralized bone matrix	No	++	No	No/No	++

**Table 5.** Characteristics of cortical and cancellous allograft

	Cortical Allograft	Cancellous Allograft
Volume enhancement	++++	+++
Space maintenance	++++	+++
Density	++++	+++
Osteoconductivity	+++	++++
Osteoinductivity	+++	+++