

투고일 : 2016. 3. 7

심사일 : 2016. 4. 15

게재확정일 : 2016. 4. 17

즉시 탈회 치아이식재를 사용한 치조골 재건술

충북대학교 의과대학 구강악안면외과교실
이 은 영

ABSTRACT

Immediate Autogenous Fresh Demineralized Tooth (Auto-FDT) Graft for Alveolar Bone Reconstruction

Department of Oral and Maxillofacial Surgery,
College of Medicine and Medical Research Institute, Chungbuk National University
Eun-Young Lee, DDS, PhD, CTBS

Ideal autogenous or allogenic bone graft materials should provide 1) stabilization of blood clot, 2) scaffolds for cellular proliferation and differentiation, 3) release of osteogenic growth factors, 4) appropriate resorption profile for remodeling of new bone. Teeth, especially dentin, mostly contain hydroxyapatite and type I collagen which are similar to bone, and could be valuable graft material. Clinically teeth are used as calcined or demineralized forms.

Demineralized form of dentin can be more effective as a graft material. But a conventional decalcification method takes time and long treatment time may give negative effects to various osteogenic proteins in dentin. Author used a new clinical method to prepare autogenous teeth, which could be grafted into the removal defects immediately after extraction using vacuum ultrasonic system. The process could be finished within two hours regardless of the form (powder, chip or block). Teeth were processed to graft materials in block, chip, or powder types immediately after extraction. It took 120 minutes to prepare block types and 40 minutes to prepare powder. Clinical cases did not show any adverse response and the healing was favorable. Rapid preparation of autogenous teeth with the vacuum ultrasonic system could make the immediate one-day extraction and graft possible.

Key words : autogenous fresh demineralized tooth, block, chip, powder, alveolar bone, reconstruction, vacuum ultrasonic system

Corresponding Author

Eun-Young Lee

Dept. of Oral & Maxillofacial Surgery, College of Medicine and Medical Research Institute, Chungbuk National University, Chungbadaero 1, Seowon-gu, Cheongju, Chungbuk 28644, South Korea

Tel : 82-43-269-6294, Fax : 82-43-269-6782, E-Mail : ley926@chungbuk.ac.kr

I. 서론

임플란트 식립시 골이식재를 사용하는 주목적은 이식된 이식재가 신생골을 형성하고 후에 교합압을 견딜 수 있는 기능을 하는 뼈로 재형성(remodeling)하도

록 하는 것이다. 힘을 받는 치조골 형성을 위해 이식재는 수혜부의 뼈와 같이 골개조가 이루어져야 이상적임으로 대부분의 이식재는 뼈의 구성성분 중 일부 또는 전부로 구성되어 있다. 이식재의 가공방법에 따라 구성성분에 차이가 있으므로 임상에서 보다 효율적인 이식

재를 선택하기 위해 이식재의 가공방법과 그에 따른 성분을 파악하는 것은 의미있는 일일 것이다. 뼈는 유기질과 무기질이 혼합된 잘 배열된(highly ordered) 조직으로 약 30%정도의 유기질에는 2%의 골세포(osteocyte), 골아세포(osteoblast), 파골세포(osteoclast)의 세포와 28%의 골기질(bone matrix)로 구성되어 있다. 골기질은 석회화(mineralization) 되기 전의 유골(osteoid)로, 주로 교원질(collagen) 섬유, 물과 세포의 활성화 기질의 성숙, 석회화 과정과 연관된 많은 유기요소(BMP와 같은 단백질)를 포함한다. 석회화 과정 중에는 교원질섬유의 배열방향에 따라 정해진 순서대로 Hydroxylapatite 결정체가 쌓이게 되는데 이는 뼈 구성성분의 약 70%정도의 무기질 성분으로 단단한 구조적 받침역할을 한다¹⁾.

수많은 이식재 중 자가골의 경우, 세포와 유기질 및 무기질을 모두 그대로 이식하며, 형태(블록 또는 칩형태, 망상골, 피질골, 피질 망상골형태 등)만이 바뀌어 이식된다. 자기세포를 그대로 옮기므로 골치유 기전(골형성, 골유도, 골전도) 중 골형성 효과까지 얻을 수 있는 좋은 이식재이나 채취량의 제한 등 몇몇 단점을 가지고 있다. 동종골의 경우 면역반응을 최소화하기 위해 면역반응의 주 매개체인 골수와 혈액 및 연조직을 여러 차례의 세척을 통해 제거하는 것이 가공의 시작이다. 이식재의 흡수를 지연시키고자 할 때는 뼈의 구성성분 중 무기질성분을 유지하는 비탈회법을 사용하고, 무기질 성분을 제거하여 골형성단백(BMP)등의 활성화를 촉진하고 싶은 경우에는 탈회법을 사용할 수 있다²⁾.

최근 자가치아를 이식재로 임상에 적용하는 방법도 활발히 진행되고 있다. 치아 이식재로 가공할 수 있는 근거는 바로 상아질의 구성 성분과 뼈의 구성성분이 유사하기 때문이다³⁾. 탈회상아질의 골형성 능력은 이미 오래 전부터 알려져 왔으나 탈회에 소요되는 시간이 치아분말상태의 경우에도 수 시간이 소요되고 치아를 분말이 아닌 블록으로 사용하고자 하는 경우에는

분말상태보다 더 긴 시간이 요구되었다. 이와 같은 탈회를 위한 긴 처리시간으로 인해 이식재 내에 포함되어 있는 다양한 성장 인자에 좋지 않은 영향을 야기할 수도 있다⁴⁾. 이식재의 가공시간을 단축하기 위해 진공 초음파를 이용하게 되면 발치 후 즉시 가공된 치아이식재로 이식수술을 할 수 있다. 발치한 치아를 진료실 내에서 블록으로 가공하는 시간은 탈회와 세척 등을 포함하여 2시간이내, 분말의 경우 40분이내로 가공할 수 있다⁵⁾.

자가 치아의 경우 발치후 진료실에서 가공하여 즉시 환자에게 사용할 수 있음으로써 이식재 재료 비용의 감소로 경제적 효과뿐만 아니라 탈회정도를 술자가 조절할 수 있고 블록, 칩, 파우더 등으로 형태변화가 편리한 장점이 있어, 진료실에서 직접 가공한 탈회상아질기질을 특성과 임상증례를 살펴보고자 한다.

II. 즉시 탈회 치아이식재를 위한 치아 전처리 단계

첫 번째 과정은 발치 후 면역반응의 주 매개체인 치수, 혈액, 연조직, 치석 및 충전물 등의 이물질을 제거하는 것이다. 술자의 경우 외과적 발치 즉시 치아에 부착된 연조직 등을 periosteal elevator 또는 surgical bur가 장착된 핸드피스를 이용하여 제거하고, 가공시약의 침투를 용이하게 하기 위해 치아 표면에 330번 bur를 이용하여 구멍을 형성한다. 이식시 필요한 형태에 따라 치관과 치근을 분리하거나 치아를 반절로 분리하여 생리식염수로 세척후 ethanol이나 생리식염수가 담긴 무균용기나 담아 즉시 가공하거나 가공전까지 냉장 보관을 시행한다(Fig. 1A-C).

III. 즉시 탈회 치아이식재의 처리 방법

전처리 다음 과정은 치아 질량의 약 70%에 해당하

임상가를 위한 특집 3

는 무기질의 일부를 제거하는 방법이다. 치관의 경우 법랑질의 약 95% 이상이 무기질이므로, 탈회법 (demineralization)은 무기질과 유기질이 혼합된 치근을 주로 사용하였다. 진공초음파 시스템 (Vacuasonic TM, Cosmobiomedicare, Seoul, Korea)은 이식재의 손실을 줄이기 위해 법랑질이 포함된 치관도 같이 처리하여 치관내에 있는 상아질부분도 사용한다. 가공과정 중 법랑질은 제거가 되므로 치관을 분리하지 않고 사용한다.

블록으로 가공하는 경우에는 전처리한 치아 블록을 탈회가공을 위해 준비한 시약에 차례로 넣고 진공초음파 장비를 이용하여 가공한다(Fig. 2). 블록으로

가공한 경우 수술시 필요에 따라 bone mill을 사용하여 칩으로 사용할 수 있어 임상적 활용도를 높일 수 있다.

분말로 사용하는 경우에는 전처리된 치아블록을 bone crusher로 부순후 구멍이 1000 μ m이하인 체 (sieve)를 이용하여 걸러준 후 준비한 시약에 차례로 넣고 진공초음파 장비를 이용하여 가공한다.

블록으로 가공하는 경우 가공에 소요되는 시간은 약 2시간정도이고, 블록과 칩을 동시에 사용하는 임상중례의 경우에는 유용한 가공방법이며, 분말로 가공하는 경우 소요시간은 약 40분으로 가공시간이 단축되어 발치 후 즉시 이식에 유용하다.

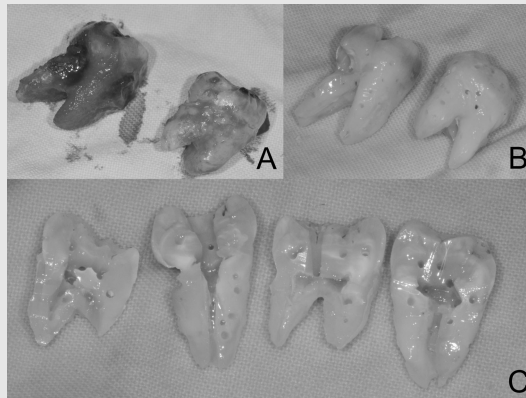


Fig. 1. A. Extracted teeth. B. Removal of soft tissue & pulp. Multiple holes preparation C. Hemisection.

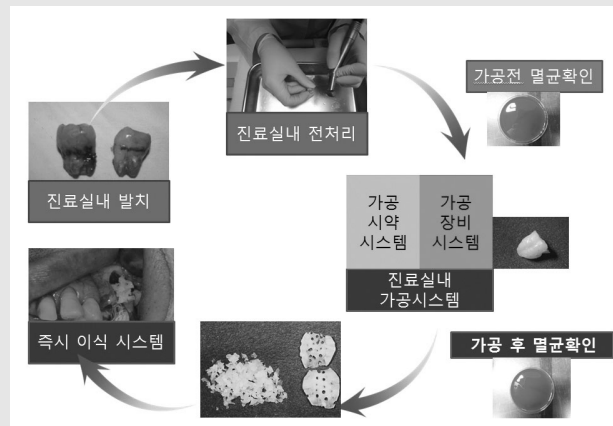


Fig. 2. Immediate autogenous fresh demineralized tooth (Auto-FDT) graft processing diagram using vacuum ultrasonic system.

IV. 즉시 탈회 치아이식재의 임상증례

블록 치아이식재를 사용한 발치와 재건 증례

하악 전치부 #32-42에 치주질환을 가진 74세 여자 환자로 하악 4전치 발치 후 블록형태로 가공하여 발치당일 하악 4전치 발치 부위에 이식하였다(Fig. 3A-D). 이식 3개월 후 #32와 #42부위에 임플란트 식립하면서 #41 부위에서 조직병리학적 검사를 위해 조직샘플을 채취하였다. 헤마톡실린 에오진(H&E) 염색을 한 저배율의 조직사진에서는 전체적으로 고른 분포의 신생골 형성을 관찰할 수 있었으며, 마손트라이크롬(MT) 염색으로 살펴본 고배율에서는 흡수되는 치아이식재와 신생골이 긴밀한 접촉을 이루고 있음을 확인할 수 있었다(Fig. 3E, F). 발치와에 치아이식재 이식 후 18개월 지난 파노라마 사진에서 임플란트 주위의 골흡수 소견은 관찰되지 않았고 정중부의 재건된

치조골이 양호하게 유지되고 있음을 확인할 수 있었다(Fig. 3G)⁶⁾.

블록과 칩 치아이식재를 혼합한 협측결손부 재건 증례

45세 남자 환자로 #48발치를 위해 내원하였으나 치주질환으로 #48, 47을 동시에 발치한 증례로 발치한 #47, 48은 전치리과정후 블록과 칩으로 가공하였다. #47 임플란트 식립시 협측 결손부에 가공한 칩을 이식하고 볼륨유지를 위해 hemisection한 치아 블록을 이식하였다(Fig. 4A-C). 별도의 고정은 시행하지 않았으나, 고정이 필요한 경우 screw를 사용하여 블록형태의 치아이식재를 고정할 수 있다. 이식 6개월 후 이차수술에서 양호한 골형성 상태를 관찰하였다(Fig. 4D). 수술 전과 이식 후 6개월에 촬영한 치과용 컴퓨터 사진 촬영(Comebeam CT, Vatec, Seoul, Korea)상에서도 이식된 골이 부피

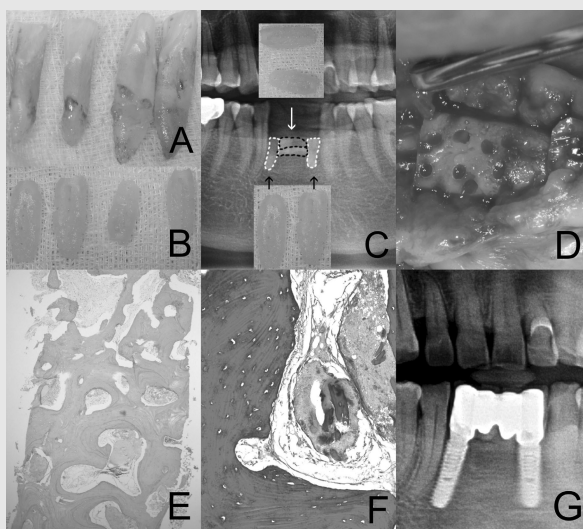


Fig. 3. Clinical and radiographic images of block type case. A. Extracted lower anterior teeth. B. Auto-FDT graft material (block type). C. D. Blocks of Auto-FDT were inserted into the extraction socket vertically (black arrow) or horizontally (white arrow) depending on defect shape. E. Histologic section at postoperative 3 months showing that the Auto-FDT was almost completely replaced by new bone (H&E, x40). F. Higher magnification showing new bone in resorbable Auto-FDT (MT, x200). G. Panoramic view at 18months after socket preservation surgery⁶⁾.

· 임상증례 사진은 2015년 37권 Maxillofacial Plastic and Reconstructive Surgery 에 게재된 논문에서 인용하였습니다.

임상가를 위한 특집 3

를 유지하면서 골형성되어 있음을 확인할 수 있었다 (Fig. 4E, F)⁵⁾.

칩 치아이식재와 동종골 혼합한 상악동 거상술 증례

44세 여자환자가 상악 우측 후방구치부 결손(#15-17)으로 내원하였다. 잔존치조제의 높이가 5mm이하로 측방거상술을 이용한 상악동 거상술을 동반한 임플란트 식립술을 계획하였다. #48 치아를 발치하여 블록형태로 가공하여 수술시 bone crusher를 사용하여 입자가 굵은 칩 형태로 준비하였다(Fig. 5A). 상악동 거상술시 많은 양의 이식재가 필요하므로 치아이식재를 분말이 아닌 5mm 이상의 칩형태로 준비하여 대구치 1개로 상악거상술을 시행하고자 하였으나 이식재가 부족하여 비탈회 동종골(Sureoss, Osstem, Seoul, Korea) 0.5cc를 혼합하여 상악동 골이식을 시행하고 3개의 임플란트를 식립하였다(Fig. 5B). 술전 파노라마 상에서 5mm이하 잔존치조제를 확인할 수 있으며, 수술직후에 형성된 골이식 높이가 보철 12개월 후에도 양호하게 유지되고 있음을 확인할 수

있었다(Fig. 4C-F).

V. 총괄 및 고안

치아의 경우, 법랑질의 성분은 무기성분 95%, 유기성분 0.6%, 물 4%이고 상아질은 무기성분 약 70%, 유기성분 20%, 물 10%로 구성되어 있고 치조골의 성분은 무기성분 65%, 유기성분 25%, 물 10%로 상아질과 유사한 구성임을 알 수 있다. 치아의 경우 특히 상아질은 수산화인회석과 1형 콜라겐이 주성분이라는 점에서 골 조직과 유사하여, 치아를 이식재로 사용하기 위한 초기연구는 생물학적으로 유사한 인회석의 특성을 살려 골 대체물로 이용하였다. 산화인회석을 얻기 위해 치아를 고온에서 소환하는 방법으로 치아에서 무기질을 추출하는 것이다. 치아를 소환하면 유기성분은 제거되고 무기성분인 수산화인회석과 β -TCP가 주성분으로 남게 되며 이를 치아회분이라고 하였고 치조골 증대를 위한 매식재로 사용할 수 있다고 보고

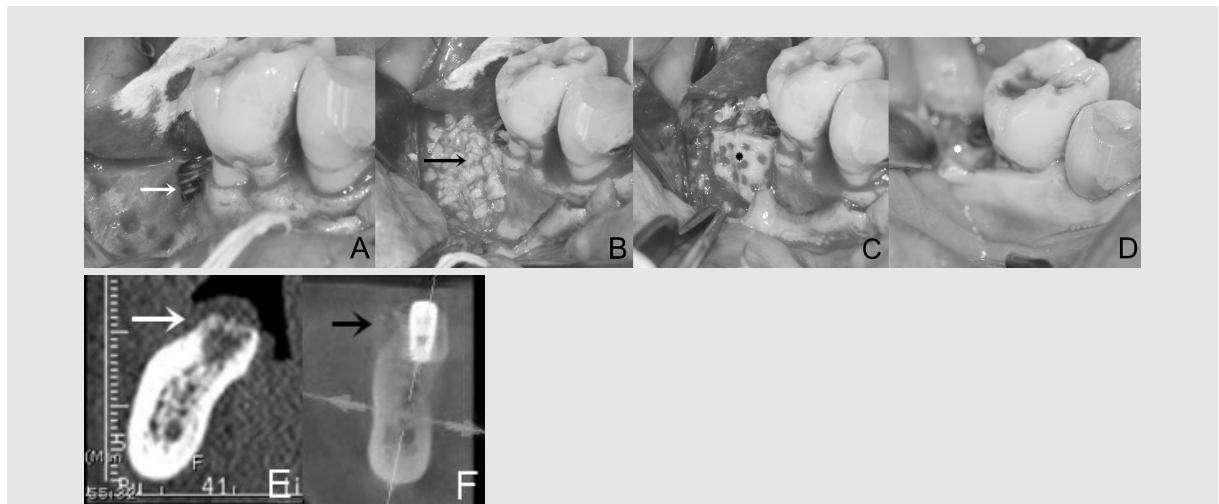


Fig. 4. Clinical and radiographic images of block and chip type case. A. Buccal bone defect of #47i (white arrow). B. Auto-FDT graft material (chip type, black arrow). C. Auto-FDT graft material (block type, black asterisk). D. New bone formation (white asterisk). E. Cone beam CT: pre-operative state. F. Cone beam CT: post-OP 6months⁵⁾.

· 임상증례 사진은 2014년 36권 Maxillofacial Plastic and Reconstructive Surgery 에 게재된 논문에서 인용하였습니다.

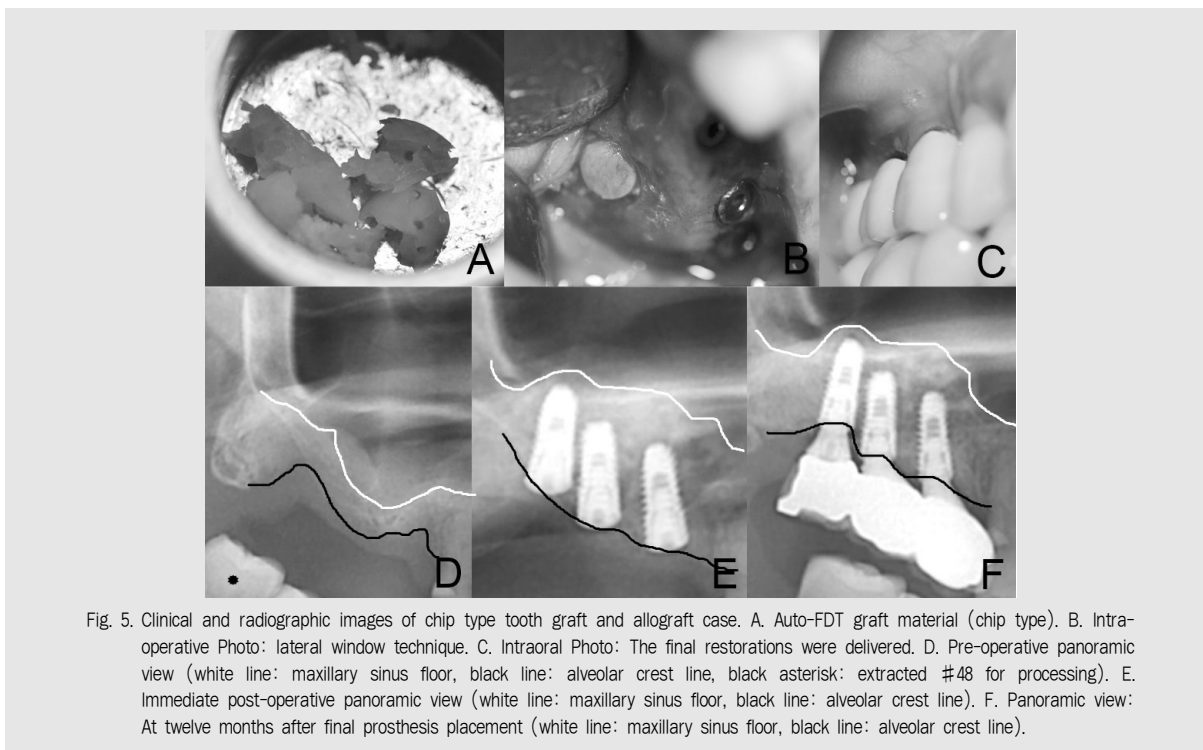


Fig. 5. Clinical and radiographic images of chip type tooth graft and allograft case. A. Auto-FDT graft material (chip type). B. Intraoperative Photo: lateral window technique. C. Intraoral Photo: The final restorations were delivered. D. Pre-operative panoramic view (white line: maxillary sinus floor, black line: alveolar crest line, black asterisk: extracted #48 for processing). E. Immediate post-operative panoramic view (white line: maxillary sinus floor, black line: alveolar crest line). F. Panoramic view: At twelve months after final prosthesis placement (white line: maxillary sinus floor, black line: alveolar crest line).

하고 있다⁷⁾. 이러한 치아회분말을 이식하는 경우 초기에 치아 인회석 분말의 빠른 흡수와 골조직으로의 대체가 일어나며 이후 흡수속도가 감소되는 양상을 나타내었다. 이는 치아 인회석분말의 성분에 의한 것으로, 초기의 빠른 흡수는 β -TCP에 의한 것이며 이후의 느린 흡수 양상은 수산화인회석에 의한 것이다⁸⁾. 이와 같이 치아 소환방법은 이종골의 가공방법과 유사하며, 고온에서 처리된 치아는 고결정성 carbonic apatite를 형성할 수 있어 생체내에서 낮은 흡수율을 보일 수 있으며 이는 골형성에 좋지 않은 영향을 줄 수 있어 임상적 활용성이 높지 않았다.

치아를 골 이식재로 사용하는 또 다른 방법은 치아회분을 얻기 위한 열처리 방법이 아닌 시약으로 탈회하여 무기질을 제거한 후 분말 혹은 블록의 형태로 사용하는 것이다. 이는 골재생 측면에서 신생골 형성과 함께 이식된 재료가 흡수되어 뼈로 치환되는 것이 좋은 이식재의 요구조건이기 때문이다. 1967년 Urist 등이 상아질의 골유도능에 대해 보고한 바와 같이 상

아질의 유기질을 제거하는 것보다 무기질을 제거하여 이식재로 사용하는 것이 더 효과적이다⁹⁾. 동물실험에서 탈회상아질 (decalcified dentin)의 경우 약 4주에 뼈가 형성된 반면 탈회하지 않은 상아질(calcified dentin)을 이식한 경우 뼈가 형성되는 기간이 8-12주로 늘어난 것이 관찰되었다. 이와 같이 비탈회상아질 이식시 골형성기간이 늦어진 것은 아파타이트 크리스탈(apatite crystal)이 골형성단백 (bone morphogenic protein, BMP) 등의 성장인자의 유출을 방해하는 것과 연관된 것으로 알려져 있다^{9, 10)}. 상아질 내 성장 인자의 함유된 양은 인체골보다 적으나, TGF- β , Insulin growth factor-I(IGF-I), Insulin growth factor-II(IGF-II) 등과 BMP-2의 관찰도 보고되었다^{11, 12)}. 저자의 웨스턴 블롯연구에서도 DMP-1(dentitn matrix protein, 57 kDa), DSP(dentin sialophosphoprotin, 54 kDa), MMP-2(matrix metalloproteinase-2, 74 kDa) 등이 진공초음파시스템을 이용한 탈회법으

로 가공한 상아질에서 관찰되었다¹³⁾. 이와 같은 연구 결과는 치아를 석회화된 상태가 아닌 탈회상태로 이식하는 것이 골유도를 증가시키고 항원(antigenicity)을 감소시킬 수 있음을 보여주고 있다. 고도의 석회화된 상아질을 탈회하기 위해 기존의 장시간 탈회법을 사용한 경우 무기질 제거에 많은 시간이 소요되고, 이 과정에서 일부 단백질 성분의 손상 가능성이 있다⁴⁾. 치아 경조직의 가공시간을 획기적으로 단축하고, 적출 후 진료실에서 즉시 가공 및 이식이 가능한 진공 초음파시스템을 사용하게 되면 초음파의 세척효과와 진공효과를 이용하여 상아질과 같은 치밀 구조에서 내부로의 시약침투가 가능할 수 있다⁵⁾. 외부에서 시작하여 내측으로 진행되는 탈회방식에서 일정 두께의 치아가 빠른 시간 내에 탈회가 이루어지기 위해서는 치아를 분말형태로 만드는 것이 유리한데 진공초음파를 사용함으로써 블록형태의 치아도 외측뿐만이 아니라 내측까지 골고루 탈회가 일어남을 확인하였고 분말로 가공하는 경우 더욱 탈회시간을 줄일 수 있다. 블록형태로 탈회된 치아는 블록형태 그대로 사용하거나 칩으로 사용할 수 있는데 기존의 본밀(bone mill)로 쉽게 분쇄 가능하기 때문이다. 블록의 경우도 상악동거상술에 사용될 수 있는데 소구치 2개 또는 대구치 1개를 4조각의 블록으로 골이식하는 경우 별도의 이식재를 혼합

하지 않아도 됨을 임상연구를 통해 확인할 수 있었다¹⁴⁾. 본 논문의 상악동 거상술은 초기 증례로 발치한 #48을 블록이 아닌 칩으로 가공하여 상악동 거상술을 시행할 때 이식재의 양이 부족하여 동종골과 혼합하여 사용하였다. 이러한 임상적 유용성과 더불어 임상증례를 통해 결손된 치조골에 이식된 치아이식재의 골형성이 잘 관찰되었고, 조직학적 검사에서도 이식된 치아이식재의 흡수와 이식재의 경계부에 밀접하게 형성된 신생골을 관찰할 수 있었다.

VI. 결론

진료실내에서 의료진이 직접 진공초음파를 이용하여 즉시 탈회 자가치아 골이식재를 가공하는 방법은 처리시간을 단축하여 발치 당일 날 결손부를 수복할 수 있다. 수혜부의 상태에 따라 블록, 칩, 분말을 모두 활용할 수 있으며, 필요량에 따라 기존의 자기골, 동종골, 이종골, 합성골과 혼합하여 사용가능하다. 흡수 기간에 영향을 주는 탈회의 정도를 의료진이 결정하여 가공할 수 있으므로 임상적 활용성이 폭넓은 유용한 방법으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Hall BK. Bone matrix and bone specific products. 1st ed. Florida, CRC Press, 1991. p.1.
2. Leslie HW, Bottenfield S. Donation, Banking, and Transplantation of Allograft Tissues. *Nurs Clin North Am* 1989; 24(4): 891-905.
3. Yeomans JD, Urist MR. Bone induction by decalcified dentine implanted into oral, osseous and muscles tissues. *Arch Oral Biol* 1967; 12(8):999-1008.
4. Pietrzak WS, Ali SN, Chitturi D, Jacob M, Woodell-May JE. BMP depletion occurs during prolonged acid demineralization of bone: characterization and implications for graft preparation. *Cell Tissue Bank* 2011; 12(2):81-88.
5. Lee EY, Kim ES, Kim KW. Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive X-ray Spectroscopy studies on processed tooth graft material by vacuum-ultrasonic acceleration. *Maxillofac Plast Reconstr Surg* 2014; 36(3):103-110.
6. Kim ES, Lee IK, Kang JY, Lee EY. Various autogenous fresh demineralized tooth forms for alveolar socket preservation in anterior tooth extraction sites: a series of 4 cases. *Maxillofac Plast Reconstr Surg* 2015; 37(1):27-33.
7. Kim SG, Yeo HH, Kim YK. Grafting of large defects of the jaws with a particulate dentin-plaster of Paris combination. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999; 88(1):22-25.
8. Yamaguchi K, Hirano T, Yoshida G, Iwasake K. Degradation-resistant character of synthetic hydroxyapatite block filled in bone defects. *Biomaterials* 1995; 16(13):983-985.
9. Yeomans JD, Urist MR. Bone induction by decalcified dentine implanted into oral, osseous and muscle tissues. *Arch Oral Biol* 1967; 12(8):999-1008.
10. Huggins C, Wiseman S, Reddi AH. Transformation of fibroblasts by allogeneic and xenogeneic transplants of demineralized tooth and bone. *J Exp Med* 1970; 132(6):1250-1258.
11. Ito K, Arakawa T, Murata M, et al. Analysis of bone morphogenetic protein in human dental pulp tissues. *Archives of Bioceramics Research* 2008; 8:166-169.
12. Kounadi E, Tzaphlidou M, Fountos G, Glaros D. An electron microscopic study of collagen fibril structure after lithium treatment-II. The effects of low lithium dose and short treatment on mouth skin collagen. *Micron* 1995; 26(2):113-120.
13. Lee EY. Experimental study on processed teeth graft material with vacuum-ultrasonic accelerator. Department of Medicine, Graduate School Chungnam National University, Daejeon, Korea. 2012.
14. Kim ES, Kang JY, Kim JJ, Kim KW, Lee EY. Space maintenance in autogenous fresh demineralized tooth blocks with platelet-rich plasma for maxillary sinus bone formation: a prospective study. *SpringerPlus* 2016; 5:274.