

실리콘비삽입물 표면의 석회화: 부위별 석회침착물의 특성

이민재 · 김현지 · 한기환 · 김준형 · 손대구

계명대학교 의과대학 성형외과학교실

Calcification on the Surface of Silicone Nasal Implants: Regional Properties of Calcification Deposits

Min Jae Lee, M.D., Hyun Ji Kim, M.D., Ki Hwan Han, M.D., Jun Hyung Kim, M.D., Dae Gu Son, M.D.

Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Keimyung University School of Medicine, Daegu, Korea

The silicone rubber implants are widely used in plastic surgery because of various advantages; however, calcification in surface of implant(as a chemical resistance) may transform or destroy the high molecular biomaterial when it stays too long within the human body. The purpose of this study is to determine the relationship between calcification and the histological disparities of the tissues surrounding the area adjoining the silicone nasal implant by examining the regional characteristics of calcium deposits in the silicone nasal implant via elemental analyses using EDX(energy-dispersive X-ray analysis) and ultrastructural analyses using SEM(scanning electron microscopy). The subjects of the study were 19 silicone nasal implants removed by revision rhinoplasty, all displaying calcification. According to the tissue characters, the implant surface was divided into 4 zones with the rhinion as the basis. For each zone, elemental and ultrastructural analyses were performed. Elemental analysis revealed that the calcium deposits consisted of Ca and P only. There were no statistically significant disparities among the ratios between Ca and P according to the zones. Ultrastructural analysis showed acellular mineral-like deposits coalesced to create amorphous deposits in all zones; however, in zones 1 and 3(more pressurized zones by periosteum or nasal bone), additional flaky cylinder-shaped calcium deposits were detected. Thus, it seems

that the histological disparities in the surrounding tissues do not affect the components and their proportions in the calcification process. However, it can be inferred that the physical environment due to the histological disparities in the surrounding tissues affects the ultrastructures of calcium deposits.

Key Words: Calcification, Silicone nasal implant

I. 서 론

의료용 고분자 재료인 실리콘삽입물은 다른 재료들보다 생체적합성이 뛰어나고, 체액에 의해 녹지 않으며, 인체에 독성이 없고, 원하는 모양으로 만들기 쉬운 여러 가지 이점이 있기 때문에 성형외과 영역에서 용비술, 턱끝증대술, 그리고 유방증대술 등에 널리 사용되고 있다.¹ 그러나 실리콘삽입물은 인체 안에 장기간 삽입되어 있으면 만성염증, 지연성 과민반응, 감염, 돌출, 피막형성, 그리고 석회화 등을 일으킬 수 있다.² 이 중 석회화는 화학적 거부반응으로 삽입물의 유연성을 상실하게 하여 결국 재료를 변형시키거나 파괴시킬 수 있으므로 관심을 기울여야 한다.³ 이러한 석회화는 실리콘삽입물 뿐만 아니라 인공심장판막과 혈액펌프 등 여러 가지 인공장치 삽입물에서도 공통적으로 나타난다.⁴ 따라서 각종 의료용 고분자 재료에서 나타나는 석회화에 대하여 많은 연구가 이루어져 있으며, 그 결과 석회침착물의 정성, 정량비, 그리고 3차원적 구조 등이 어느 정도 알려져 있다. 이와 더불어 석회화가 나타나는 부위의 조직학적 특징을 분석함으로써 석회화의 원인을 규명하려는 노력이 지속적으로 이루어지고 있다. 그러나 실리콘비삽입물의 경우 용비술에서 자가조직을 대신하여 우리나라에서 많이 사용되고 있음에도 불구하고 비삽입물의 석회화에 관한 연구가 거의 없는 실정이며, 진현석 등⁵에 의하여 부위별로 석회침착의 빈도에 차이가 있다고 밝혀진 것이 전부이다.

이에 저자들은 실리콘비삽입물의 석회화에서 부위별 석회침착물의 특성을 알아보기 위하여 에너지입자방사선분석법(energy-dispersive X-ray analysis, EDX)을 통한 부위별 석회침착물의 정성, 정량비 분석과, 주사형전자현미경

Received February 24, 2006

Revised March 21, 2006

Address Correspondence: Ki Hwan Han, M.D., Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Keimyung University School of Medicine, 194 Dongsan-dong, Jung-gu, Daegu 700-712, Korea. Tel: 053) 250-7633 / Fax: 053) 255-0632 / E-mail: khh@dsmc.or.kr

* 본 논문은 2004년 제 57차 대한성형외과학회 추계학술대회에서 발표되었음.

(scanning electron microscopy, SEM)을 이용한 3차원 구조 관찰을 통하여 석회침착물의 특성을 조사하였다. 이것으로써 실리콘비삽입물과 접촉하고 있는 주위 조직의 조직학적 차이가 석회화와 어떠한 관계가 있는지를 알아보고, 다른 인체 인공삽입물에서 나타나는 석회침착물의 성상과 어떻게 다른지를 비교함으로써 석회화의 원인을 유추하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

재수술을 통하여 제거된 실리콘비삽입물 중 석회침착물이 관찰되는 19개를 대상으로 하였다. 환자는 모두 여성이었으며, 나이는 평균 43.7세(33-55세)였다. 비삽입물을 삽입한 뒤 제거할 때까지의 기간은 평균 22.3년(12-35년)이었다. 환자의 병력 기록을 통하여 조사된 재수술의 이유로는 발적과 동통이 16례로서 가장 많았고, 삽입물의 이동과 돌출이 각각 1례였다. 한례는 증상이 없었으나, 비배의 국소적 돌출을 미적으로 교정하기 위하여 수술을 받았다.

보편적인 용비술의 술식을 기준으로 하여 비삽입물을 접촉하는 주위조직의 종류에 따라 구획하였다. 비삽입물은 골성원개(bony vault)에서는 배측의 비골골막과 복측의 비골 사이에 놓이며, 연골성원개(cartilagenous vault)에서는 배측의 근건막층(musculoaponeurotic layer)과 복측의 연골막 사이에 위치하게 된다. 이 때 골성원개와 연골성원개의 구분은 비골의 미측단인 비배점(rhinion)이다 (Fig. 1).

실리콘비삽입물에서 구획 설정에 기준이 되는 비배점을 찾기 위하여 진현석 등⁵은 과거에 실리콘비삽입물로 용비

술을 받았던 증례들의 실물 크기 측면두개연조직계측X선사진(soft tissue profile cephalometric radiograph)을 이용하여 비삽입물에서 비배점은 비삽입물의 두측단으로부터 미측 42.22%에 위치함을 밝혔다. 저자들은 이를 적용하여 비삽입물의 두측비배면을 제 1구획, 미측비배면을 제 2구획, 두측비복면을 제 3구획, 그리고 미측비복면을 제 4구획으로 나누었다(Fig. 2).

실리콘비삽입물을 깨끗한 칼을 이용하여 구획별로 정확하게 자른 다음 이를 멸균된 증류수로 흔들어 씻은 후 소독된 받침대에 놓고 60°C 오븐에서 1시간동안 건조시켰다. 건조시킨 시료들을 탄소테이프(carbon tape)를 이용하여 시료

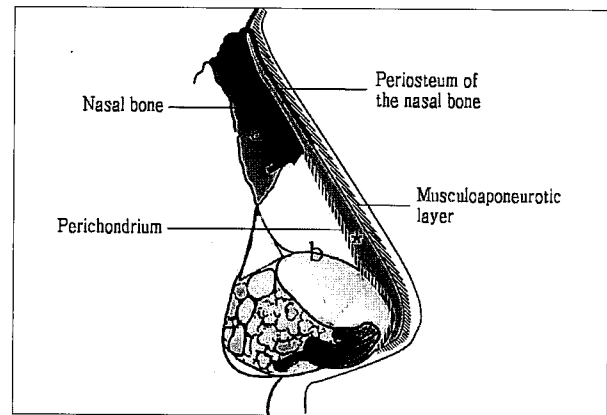


Fig. 1. Anatomical relationship of a nasal silicone implant (*) with the soft tissue surrounding the implant at the procedure of dorsal implantation. The implant is placed under the periosteum and above the nasal bone in the upper bony vault(a) and under the musculoaponeurotic layer and above the perichondrium in the lower cartilagenous vault(b), which are divided by the rhinion(arrow).

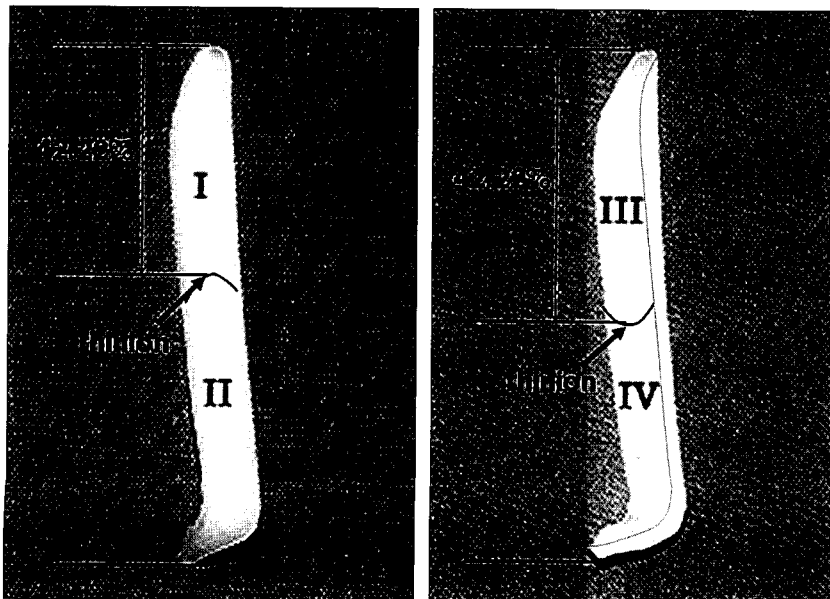


Fig. 2. Division of the zone on the basis of the rhinion and the type of soft tissues surrounding the implant. (Left) Zone I is the surface that contacts with the periosteum of the nasal bone, zone II is the surface that contacts with the musculoaponeurotic layer of the nasal skin. (Right) Zone III is the surface that contacts with the nasal bone, zone IV is the surface that contacts with the perichondrium of the upper lateral and septal cartilages. The rhinion (arrow) is placed at 42.22% of total length of the implant from the cephalic end.

대에 고정시킨 다음 진공증발기에서 ion-coater(Hitachi E-1030®, Hitachi사, 도쿄 일본)를 이용하여 10 mA로 60초 동안 백금(platinum, Pt)으로 피복한 후 EDX(KeveX sigma-MS2®, KeveX사, 미국)를 이용하여 20 kV 가속전압하에서 50초 동안 시료의 정성과 정량비를 분석하였다. 추가적으로 대조군으로서 정품인 실리콘덩어리(silicone block, Dow Corning사, 미들랜드 미국)도 정성 및 정량비 분석을 하였다. 또 SEM(Hitachi S-4200®, Hitachi사, 도쿄 일본)을 이용하여 시료의 3차원적 구조에서 구획별로 공통점과 차이점이 있는지를 살펴보았다.

자료 처리는 통계 처리 전문 프로그램인 Window용 SPSS(statistical package for the social science) version 11.0을 사용하여 구획별로 차이가 있는지를 paired t 검증법을 이용하여 검증하였다.

III. 결 과

EDX를 이용한 정성분석에서 석회침착물이 관찰된 실리콘비삽입물은 Ca, P, Si, 그리고 O로 구성되어 있었으며, 그 외에 Na, Cl, Mg, S, 그리고 K도 극소량 나타났다(Fig.

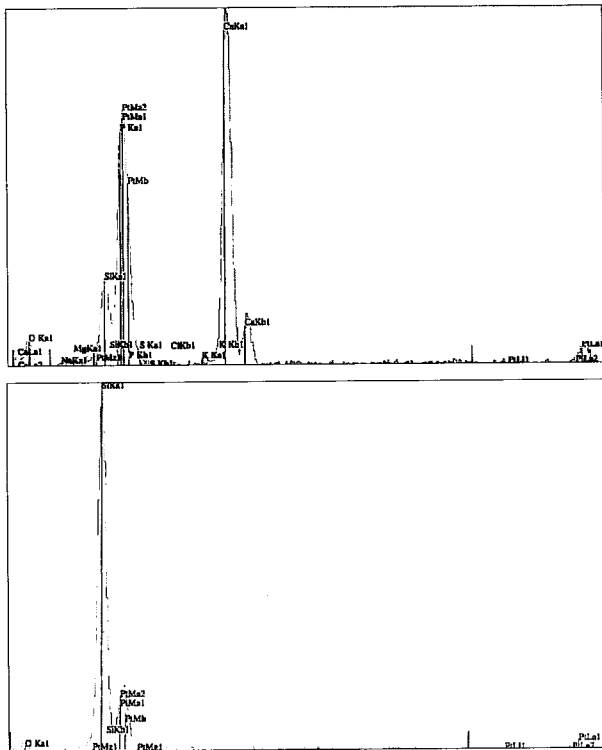


Fig. 3. (Above) Energy-dispersive x-ray analysis of the silicone rubber with calcified deposit show not only the silicone (Si) and oxygen (O), but also high spike for calcium (Ca) and phosphorus (P). (Below) Energy-dispersive x-ray analysis of silicone rubber block as a control demonstrates a high-intensity spike for the silicone (Si).

3). 대조군인 정품 실리콘덩어리의 경우 대부분이 Si로 구성되어 있고 그 외에 Na과 O가 극소량 나타났다. EDX를 이용한 정량비 분석결과를 보면 구획별 Ca과 P의 비율은 P를 1로 하였을 때 Ca는 제 1구획 1.4989, 제 2구획 1.5019, 제 3구획 1.4520, 제 4구획 1.5464이었다(Table I). 그러나 구획별 Ca과 P의 비율은 paired t 검증법에서 각 구획 사이에 통계학적으로 차이가 없음을 알 수 있었다 [제 1구획을 다른 구획과 비교하였을 때 각각 $p=0.966$ (제 2구획), $p=0.660$ (제 3구획), $p=0.606$ (제 4구획); 제 2구획과 다른 구획들을 비교하였을 때 각각 $p=0.470$ (제 3구획), $p=0.680$ (제 4구획); 제 3구획과 제 4구획의 비교 $p=0.295$]. SEM을 이용하여 관찰한 석회침착물의 3차원 구조에서는 모든 구획에서 공통적으로 무세포성 무기물양 침착물(acellular mineral-like deposits)들이 융합되어 무정형적 침착(amorphous deposit)을 보였으며, 특별히 제 1구획과 제 3구획에서는 얇은 막대(flaky cylinder) 모양의 석회침착물이 추가적으로 관찰되었다(Fig. 4).

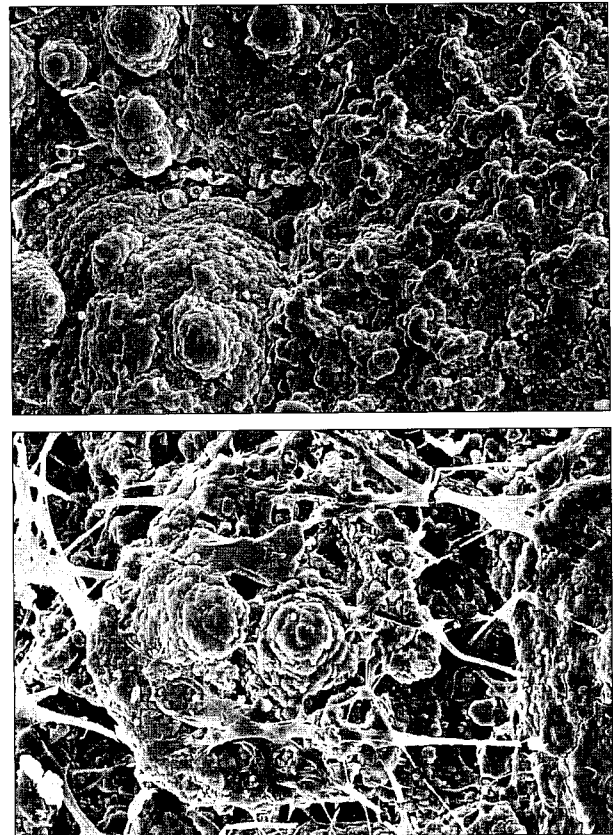


Fig. 4. (Above) Scanning electron microscopy of the most deposits on nasal silicone rubber implant demonstrated acellular mineral-like amorphous shaped deposits that were attached to the surface of the silicone rubber. Many of these deposits became confluent and formed larger geographic deposits($\times 500$). (Below) Most of the zone I and zone III areas demonstrated flaky cylinder shaped calcified deposits additionally.

Table I. Ca and P Ratios of Calcified Deposits in Different Zones of Silicone Nasal Implants

Implant	Zone I			Zone II			Zone III			Zone IV		
	Ca (%)	P (%)	Ratio (Ca/P)	Ca (%)	P (%)	Ratio (Ca/P)	Ca (%)	P (%)	Ratio (Ca/P)	Ca (%)	P (%)	Ratio (Ca/P)
1	28.24	17.45	1.6183	28.97	20.36	1.4228	35.55	21.24	1.6737	33.33	24.93	1.3369
2	29.81	23.6	1.2631	30.18	20.23	1.4918	31.56	24.92	1.2664	28.45	17.77	1.601
3	25.09	19.49	1.2873	32.29	19.74	1.6357	32.82	20.4	1.6088	31.13	24.4	1.2758
5	24.91	21.73	1.1463	15.39	10.05	1.5313	28.7	21.63	1.3268	18.98	12.29	1.5443
6	23.54	21.97	1.0714	21.72	18.32	1.1855	27.05	17.52	1.5439	18.37	11.56	1.5891
7	19.4	10.13	1.9151	34.46	17.22	2.0011	34.85	22.26	1.5655	37.12	28.27	1.313
9	25.15	9.22	2.7277	28.15	15.2	1.8519	23.37	22.04	1.0603	28.51	14.47	1.9702
10	27.92	24.1	1.1585	19.17	10.39	1.845	24.34	12.11	2.0099	25.1	13.89	1.807
11	32.42	19.42	1.6694	36.11	25.23	1.4312	31.86	23.81	1.338	16.67	8.12	2.0529
12	32.03	24.11	1.3284	29.13	23.15	1.2583	29.79	23.96	1.2433	27.1	18.37	1.4752
13	31.45	20.34	1.5462	25.82	17.28	1.4942	32.18	22.71	1.4169	27.04	23.2	1.1655
14	35	19.35	1.8087	30.46	20.8	1.4644	33.21	18.5	1.7951	27.91	9.03	3.0908
15	34.15	20.61	1.6569	31.09	21.9	1.4196	31.32	19.62	1.5963	34.56	21.29	1.6232
16	36.45	21.21	1.7185	26.72	21.29	1.255	33.15	22.02	1.5054	27.69	21.48	1.2891
17	31.14	19.78	1.5743	22.39	18.21	1.2295	27.28	20.11	1.3565	25.86	12.67	2.041
18	25.65	21.07	1.2173	24.11	10.32	2.3362	29.81	21.11	1.4121	21.72	15.8	1.3746
19	26.36	12.53	2.1037	31.88	21.94	1.453	28.11	20.64	1.3619	17.98	11.85	1.5172
Mean	28.75	19.18	1.4989	27.53	18.33	1.5019	30.29	20.86	1.452	26.32	17.02	1.5464

Zone I: Dorsal cephalic portion that contacts with periosteum.
 Zone II: Dorsal caudal portion that contacts musculoaponeurotic layer.
 Zone III: Ventral cephalic portion that contacts nasal bone.
 Zone IV: Ventral caudal portion that contacts perichondrium.

IV. 고 찰

의료용 고분자 재료인 실리콘은 뛰어난 생체적합성과 불변성 등의 장점들 때문에 성형외과에서는 1960년대부터 유방확대술에서 사용하기 시작하여 자가조직을 대체하기 위한 인체내 삽입물로서 지금까지 널리 이용되고 있다. 그러나 감염, 피막구축, 이동, 돌출, 석회화 등의 문제점들이 나타날 수 있으며, 이 중 석회화는 삽입한지 오랜 기간 뒤에 나타나는 화학적 거부반응으로서 이식물의 유연성을 상실하게하여 결국 재료를 변형시키거나 파괴시킬 수 있기 때문에 최근 관심의 대상이 되고 있다.

의료용 고분자 삽입물에서 나타나는 석회화는 이영양성 석회화(dystrophic calcification)에 의한 것으로서 이는 혈액 및 조직액의 칼슘 농도가 정상임에도 불구하고 조직이 괴사되거나 변질되어서 생긴다. 그 과정은 우선 칼슘이온

이 세포막에 나타난 인지질(phospholipid)에 결합하면 세포막에 있는 탈인산가수분해효소(phosphatase)에 의해 생성된 인산염(phosphate)이 인지질에 결합된 칼슘이온에 결합하며, 이러한 과정이 반복되면서 침착물의 국소적 농도가 증가하여 석회화가 일어난다. 이렇게 생성된 석회화는 결국 세포막을 천공함으로써 조직의 구조적 변형을 초래하게 된다.⁶ 이영양성석회화의 원인은 아직까지 명백히 밝혀지지 않았으며, 현재 여러 가지 가설들만 보고되고 있는 실정이다. 현재까지 보고된 가설들은 첫째, 저밀도지방단백질(low density lipoprotein) 또는 긴사슬지방산(long chain fatty acid)과 같은 혈장 지질이 고분자 표면에 흡착되어 칼슘화를 야기한다는 것이다. 저밀도지방단백질의 흡착은 혈액내 칼슘의 40%를 수송하는 알부민의 흡착을 증가시켜서 고분자 표면의 칼슘화를 야기하며, 긴사슬지방산은 고분자 표면에서 국부적인 음이온의 계면부유층

(interface suspension layer)을 형성하며 이는 칼슘 양이온의 농도를 국소적으로 증가시켜 칼슘화를 야기한다는 것이다. 둘째, 피사되거나 변성된 세포의 일부가 떨어져 나와서 생긴 분해생성물들이 칼슘의 초기 핵형성을 유발하여 석회화를 생성할 수 있다. 셋째, 삼입물 표면 자체에 결합이 있으면 여기에 섬유아세포나 혈관내피세포로 구성된 내막이 형성됨으로써 이 내막이 석회화의 응집핵(nidus)으로서 작용하여 석회화를 일으킨다는 것이다. 이 외에 기계적인 요인이나 삼입물 자체에 포함되어 있는 칼슘염이 석회화를 조장할 수 있다는 가설들이 있다.³

Klues 등⁷은 인공심장판막치환술에 사용된 인공판막의 석회화는 판막에 결합을 일으켜서 혈류의 역류를 조장할 수 있을 뿐만 아니라, 침착물이 판막의 움직임을 방해함으로써 혈관의 심각한 협착을 일으킬 수 있다고 하였다. 또 인공판막의 소엽(leaflet)이 겹치는 부위에서 석회화의 빈도가 더 높았으며, 이러한 석회화의 원인 중 하나로서 칼슘제제의 지속적인 복용을 들었다. Barbour 등⁸은 인공판막서 혈류의 압력이 석회화의 빈도에 영향을 미친다고 보고하였다.

Brockhurst 등⁹은 눈에 삽입한 실리콘 공막(silicone sclera)에 생긴 석회침착물의 정성 및 정량 분석을 하였을 때 석회침착물은 칼슘과 인으로 구성되어 있으며, 표면을 관찰하였을 때 무정형적이고 서로 융합되는 양상의 3차원적 구조를 가진다고 보고하였다. 그리고 원인은 세균이 형성한 생체막(bio-film) 덩어리와 이를 둘러싼 주위 조직간의 반응 결과로, 세균이 형성해낸 생체막 덩어리들이 석회화의 응집핵으로서 역할을 한다고 보고하였다.

1977년에 Benjamin 등¹⁰에 의하여 유방확대술 후 삼입물 주변의 피막에서 석회화가 발견된 이후로 Raso 등¹¹은 유방삼입물에 나타난 석회침착물에 대하여 정성 및 정량분석을 하였으며, 그 결과 석회침착물은 실리콘 공막에서와 같이 칼슘과 인으로 구성되어 있음이 밝혀졌다. 그 후 Peter 등¹²은 실리콘유방삼입물에 나타난 석회화의 생성 기전을 설명하였는데, 우선 피막구축이 발생하면 피막과 삼입물 사이의 움직임이 많아지며, 이로 인한 물리적 마찰이 삼입물 표면의 석회화 시작점(surface initiating site)을 노출시킴으로써 이 점을 중심으로 석회화가 형성된다고 하였다. 이들은 석회화 시작점이 석회화의 필수 요소라고 설명하였다. 그 외에 물리적 자극, 부하(strain), 주위조직의 변성(deformation), 생체 대사적 요소, 그리고 삼입물자체도 석회화에 영향을 미친다고 보고하였다.

진현석 등⁵은 실리콘비삼입물에 나타난 석회화의 부위별 빈도를 분석한 결과, 골막에 접촉하는 면과 근건막층에 접촉하는 면에서 석회화가 가장 넓게 나타난다는 것을 밝혔으며, 이로써 골막의 기계적 자극에 의한 골선조세포

(osteoprogenitor cell)의 골형성, 골막의 풍부한 혈행에 의한 무기물 공급, 그리고 접촉하는 근육층의 물리적 마찰 제공 등을 석회화의 원인으로 설명하였다.

저자들은 실리콘비삼입물을 이용하여 용비술을 한 환자들 가운데 술후 평균 22년이 지나서 발적, 종창, 삼입물의 이동이나 돌출 때문에 비삼입물을 제거하였을 때 비삼입물의 표면에서 발견되는 석회화의 특성을 구획별로 분석하였다. 석회침착물의 정성분석결과, 모든 구획에서 석회침착물은 Ca, P, O, Si, Na, Cl, Mg, S, 그리고 K로 구성되어 있었다. 여기에서 O는 실리콘비삼입물의 보관 과정에서 석회침착물이 산화되어 나타난 것으로 추정되며, Si은 대조군의 실리콘덩어리와 비교해 볼 때 실리콘 자체를 의미한다. 그 외에 Na, Cl, Mg, S, 그리고 K가 나타났지만 극소량이어서 분석학적 의미는 없었다. 그러므로 석회침착물의 정성분석결과는 석회침착물은 구획별 차이 없이 Ca와 P으로 구성되어 있는 것을 알 수 있었다. 구획별 정량비의 차이를 알아보기 위하여 P를 1로 하였을 때 Ca의 양을 비교하였을 때 통계학적으로 차이가 없었다. 따라서 실리콘비삼입물을 둘러싼 주위조직의 조직학적 차이는 석회침착물의 정성과 정량비에 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있었다.

SEM을 이용하여 관찰한 3차원 구조에서는 모든 구획에서 공통적으로 무세포성 무기물양 침착물(acellular mineral-like deposits)들이 융합되어 무정형적 침착(amorphous deposit)을 보였다. 특별히 골막과 비골에 의하여 압력을 많이 받는 제 1구획과 제 3구획에서는 얇은 막대(flaky cylinder) 모양의 석회침착물이 추가적으로 관찰됨에 따라서 실리콘비삼입물을 둘러싼 주위조직의 조직학적 차이에 따른 물리적 환경이 석회침착물의 3차원 구조에는 영향을 미칠 수 있음을 알 수 있었다.

이상을 요약하면, 삼입물을 둘러싼 주위조직의 종류는 석회화 형성에서 구성 성분과 구성 비율에는 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있었다. 그러나 석회침착물의 3차원 구조는 근건막층과 연골막과 접하는 곳(제 2 및 4구획)에서와 같이 압력을 거의 받지 않는 구획에 비하여 골막과 비골에 의하여 좀 더 압력을 받는 곳(제 1 및 제 3구획)에서 얇은 막대(flaky cylinder) 구조의 석회침착물이 추가적으로 발견되는 것을 미루어 볼 때 주위조직의 조직학적 차이에 따른 물리적 환경이 석회침착물의 3차원 구조에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

이 연구에서 실리콘비삼입물의 구획 설정을 위하여 비배점을 구할 때 환자 개인의 전향적 연구 분석 방법에 의하여야 더 정확하고 오차를 줄일 수 있다. 하지만 재수술로 이미 제거된 실리콘비삼입물들 중 석회침착물이 관찰된 것을 이용하여 실험하였기 때문에 보편적인 용비술의

술식을 기준으로 비삽입물을 접촉하는 주위조직의 종류에 따라 구획하기 위하여 일반적인 용비술 환자들을 모집단으로 비배점의 평균값을 구하였다. 따라서 이에 따른 구획별 오차의 여지가 있을 수 있다. 이러한 점을 개선하기 위해서 실리콘비삽입물의 석회화에 대한 다음 연구에서는 술전 환자의 실물 크기 측면두개연조직계측X선사진 촬영 및 술중 비배점을 실리콘비삽입물에 표시하는 방법 등을 이용하면 이러한 오차를 좀 더 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

V. 결 론

저자들은 실리콘비삽입물의 석회화에서 부위별 특성을 알아보기 위하여 EDX를 통한 부위별 석회침착물의 정성, 정량비 분석과, SEM을 이용한 3차원 구조 관찰로써 석회침착물의 특성을 조사하였다.

그 결과 주위조직의 종류는 석회화 침착물의 구성 성분과 구성 비율에는 영향을 미치지 않지만, 골막과 비골에 의하여 좀 더 압력을 받는 곳(제 1 및 제 3구획)에서 얇은 막대(flaky cylinder) 구조의 석회침착물이 추가적으로 발견되는 것을 미루어 볼 때 3차원 구조에는 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

REFERENCES

- Breitbart AS, Ablaza VJ: Implant materials. In Sherrell JA, Robert WB, Charles HM (Eds.): *Grabb and Smith's Plastic Surgery*. 5th ed. Philadelphia, Lippincott-Raven, 1997, p 39
- Pak MW, Chan ES, van Hasselt CA: Late complications of nasal augmentation using silicone implants. *J Laryngol and Otol* 1998; 112: 1074
- Han DK, Kim YH, Min BG: Calcification associated with biomedical polymers. *Polym Sci Technol* 1991; 2: 5
- Buchen SY, Cunanan CM, Gwon A, Weinschenk JI 3rd, Gruber L, Knight PM: Assessing intraocular lens calcification in an animal model. *J Cataract Refract Surg* 2001; 27: 1473
- Jin HS, Kim HJ, Han KH: Calcification deposits in nasal silicone implants: Regional distribution in relation to surrounding soft tissues. *J Korean Soc Plast Reconstr Surg* 2004; 31: 315
- Cotran RS, Kumar V, Collins T: *Robbins Pathologic Basis of Disease*. 6th ed. Philadelphia, WB Saunders Co, 1999, p. 43
- Klues HG, Statler LS, Wallace RB, Roberts WC: Massive calcification of a porcine bioprosthesis in the aortic valve position and the role of calcium supplements. *Am Heart J* 1991; 121: 1829
- Barbour DJ, McIntosh CL, Roberts WC: Extensive calcification of a bioprosthesis in the tricuspid valve position and minimal calcification of a simultaneously implanted bioprosthesis in the mitral valve position. *Am J Cardiol* 1987; 59: 179
- Brockhurst RJ, Ward RC, Lou P, Ormerod D, Albert D: Dystrophic calcification of silicone scleral buckling implant materials. *Am J Ophthalmol* 1993; 115: 524
- Benjamin JL, Guy CL: Calcification of implant capsules following augmentation mammoplasty. *Plast Reconstr Surg* 1977; 59: 432
- Raso DS, Greene WB, Kalasinsky VF, Riopel MA, Luke JL, Askin FB, Silverman JF, Young VL: Elemental analysis and clinical implications of calcification deposits associated with silicone breast implants. *Ann Plast Surg* 1999; 42: 117
- Peters W, Smith D, Lugowski S, Pritzker K, Holmyard D: Calcification properties of saline-filled breast implants. *Plast Reconstr Surg* 2001; 107: 356