

프랙탈 분석을 통한 악골 내 낭종의 감압술 후 골 치유에 대한 방사선학적 평가

백진우 · 석민 · 이의석 · 장현석 · 임재석
고려대 구로병원 치과 구강악안면외과학교실

Abstract (J. Kor. Oral Maxillofac. Surg. 2007;33:494-498)

RADIOLOGIC ASSESSMENT OF BONE HEALING BY FRACTAL ANALYSIS AFTER THE TREATMENT OF JAW BONE CYST BY DECOMPRESSION

Jinwoo Baek, Min Seok, Euisuk Lee, Hyunseok Jang, Jaesuk Rim
Dept. of Oral and maxillofacial surgery, Guro Hospital, Korea University

Purpose: This study was done to know the usefulness of fractal analysis when evaluating the radiologic changes after decompression on jaw bone cystic lesions using fractal analysis.

Materials and methods: 30cases of cystic lesions were followed up after decompression.

Panoramic image was used to observe radiologic changes around the cystic lesion. The part of the panoramic image which showed radiologic change was defined as region of interest(ROI); The fractal dimension of the ROI was calculated using box-counting method.

Results: Using sign-rank test, there was a statistically significant difference in fractal dimensions after decompression therapy($P < 0.0001$). The fractal dimensions statistically increased after decompression(the median of $D: 0.12$).

Conclusions: The ROI after decompression showed higher fractal dimensions which offer the objective proof of the bone healing around cystic lesions after decompression treatment.

Key words: Cyst, Fractal analysis, Decompression

I. 서론

악골 내에 호발하는 치성, 비치성 낭종은 상피세포, 결합조직, 낭종 내액으로 구성된다. 내액 성분 중 저분자량의 단백질이 증가되면 주위조직보다 높은 삼투압을 가지므로 외부조직액의 유입을 유발하여 내압이 증가되고 주변골을 압박 흡수시켜 결과적으로 낭종의 크기가 증가되는 것으로 알려지고 있다¹⁾. 따라서 악골 낭종의 치료는 낭종 내압을 줄이거나, 낭종벽을 직접 제거해야 하는데 크기가 크지 않고 인접 해부학적 구조물의 손상이 그리 심하지 않을 것으로 예상되는 경우 일차적으로 적출술을 기본으로 하고 있으나 골내 낭종의 크기가 크거나 인접 해부학적 구조물의 손상 및 기능적 재건의 어려움이 예상되는 경우에는 일차적 적출에 앞서 조대술이나 감압술을 통하여 낭종의 크기를 감소시킨 뒤 이차적 적출을 시행

하는 보존적 처치가 선호되고 있다²⁾. 낭종의 치료에 있어서 감압술을 이용하게 되는 경우 이차적 적출의 시기를 결정하기까지 파노라마 사진, 치근단 촬영 등의 방사선학적 평가를 통해 낭종의 크기 변화 및 낭종 주변의 골변화 양상을 주기적으로 관찰하여야 하는데 이 때 방사선사진 검사시 흑화도는 촬영장치의 종류, 노출시간, 골조직의 두께, 밀도 및 중첩되는 연조직의 두께에 따라 다르기 때문에 단순히 흑화도만으로 객관적인 골변화를 비교할 수는 없다³⁾.

최근 골밀도나 형태 등을 보다 정밀하게 평가하기 위하여 프랙탈 분석이 이용되고 있는데 영상의 대조도가 변화하면 시각적 형태는 영향을 받지만 프랙탈 차원은 그대로 유지된다는 기본개념을 토대로⁴⁾ 여러 변수의 영향을 받지 않고 보다 객관적으로 골구조나 골밀도의 변화를 평가할 수 있는 것으로 알려지고 있다.

이에 따라 본 연구에서는 감압술을 이용하여 악골 낭종을 치료한 경우에 있어서 방사선학적 변화를 프랙탈 분석을 통해 평가하여 감압술 후 시간 경과에 따른 골구조, 골밀도의 변화를 객관화하여 확인하고 이를 통하여 골내 낭종 치료에 있어서 감압술의 유용성을 검증하고자 하였다.

임재석

152-703 서울시 구로구 구로동 80번지
고려대 구로병원 치과 구강악안면외과

Jaesuk Rim

Dept. of OMFS, Dept. of Dentistry, Guro Hospital, Korea Univ.

Guro-dong, Guro-ku, Seoul, 152-703, Republic of Korea

Tel: 82-2-2626-1520

E-mail : jaesrim@korea.ac.kr

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

2004년 1월 1일 부터 2007년 4월 30일 까지 고려대학교 구로 병원 치과 구강악안면 외과에서 악골 낭종으로 진단받고 감압술을 시행하고 관찰한 환자 30명(남자 17명, 여자 13명)을 연구 대상으로 하였으며 평균 연령은 남자 38.2세, 여자 25.7세였다. 프랙탈 차원값을 얻기 위해 초진(A1) 및 감압술 종결 시점(A2)에서 각각 촬영한 파노라마 사진을 연구에 이용하였다.

2. 연구방법

가. 낭종 감압술 시행 및 방사선학적 경과 관찰

초진시(A1) 파노라마 방사선 사진을 촬영하고 낭종으로 진단된 환자들을 대상으로 국소마취 아래 낭종부에 대한 절개를 시행하고 silastic 튜브를 낭종강 내에 삽입한 뒤 고정하고 시술 2주 후부터 생리식염수를 이용하여 낭종강 내의 자가 세척을 시행하도록 교육하였다(1~2회/일). 정기적인 파노라마 방사선 사진 평가는 환자 협조도에 따라 1개월 혹은 2개월 단위로 이루어졌으며 방사선 사진상 2회 이상 흑화도 변화가 보이지 않는다고 판단되는 시기를 감압술 종결 시점(A2)으로 정하였다. 낭종의 초기 크기와 골치유 반응속도에 따라 치료기간에 큰 차이가 있을 수 있는 감압술의 성격을 고려하여 감압술 종결 시점의 방사선 사진이 임상적 의의를 가진다고 판단하였다.

나. 영상 처리

초진(A1) 및 감압술 종결시점(A2)을 비교하여 파노라마 방사선 사진상 흑화도의 변화가 일어난 부위에 대하여 동일 부위에 50×50 픽셀 크기의 관심영역(ROI; region of interest)을 각각 선택하였고 A1 30개, A2 30개의 ROI image를 확보하였다. 모든 ROI 영상은 White와 Rudolph의 방법⁵⁾을 이용하여 선택한 ROI 영상들을 모두 Adobe사의 Photoshop(Version 7.0) 프로그램을 이용하여 가우시안 필터(Gaussian filter, sigma=35 pixel)를 적용시켜 흑화도의 차이가 큰 구조만 남도록 blurring시켰다. 그리고 이 blurred image를 Image J 프로그램(1.37v, National institutes of Health, USA)을 이용하여 원래의 영상에서 공제(subtract)하고 128을 가산(add)한 후 이원영상(binary image)으로 전환하였다. 이 이원영상을 erosion과 dilation을 통해 noise를 감소시켜 준 후 골격화 영상(skeletonized image)으로 전환하여 처리하였다 (Fig. 1).

다. 프랙탈 차원 분석

영상처리를 통해 얻어진 영상들을 Image J 프로그램을 이용하여 Box-counting method로 프랙탈 차원값을 계산하였다. 초진시(A1)와 감압술 종결시점(A2)의 이미지에 대한 프랙탈 차원값을 비교, 분석하였다.

라. 통계 분석

낭종의 감압술 시행 전후의 프랙탈 차원값의 변화는 정규성이 만족되지 않는 것으로 판단되므로 비모수적 접근방식을 사

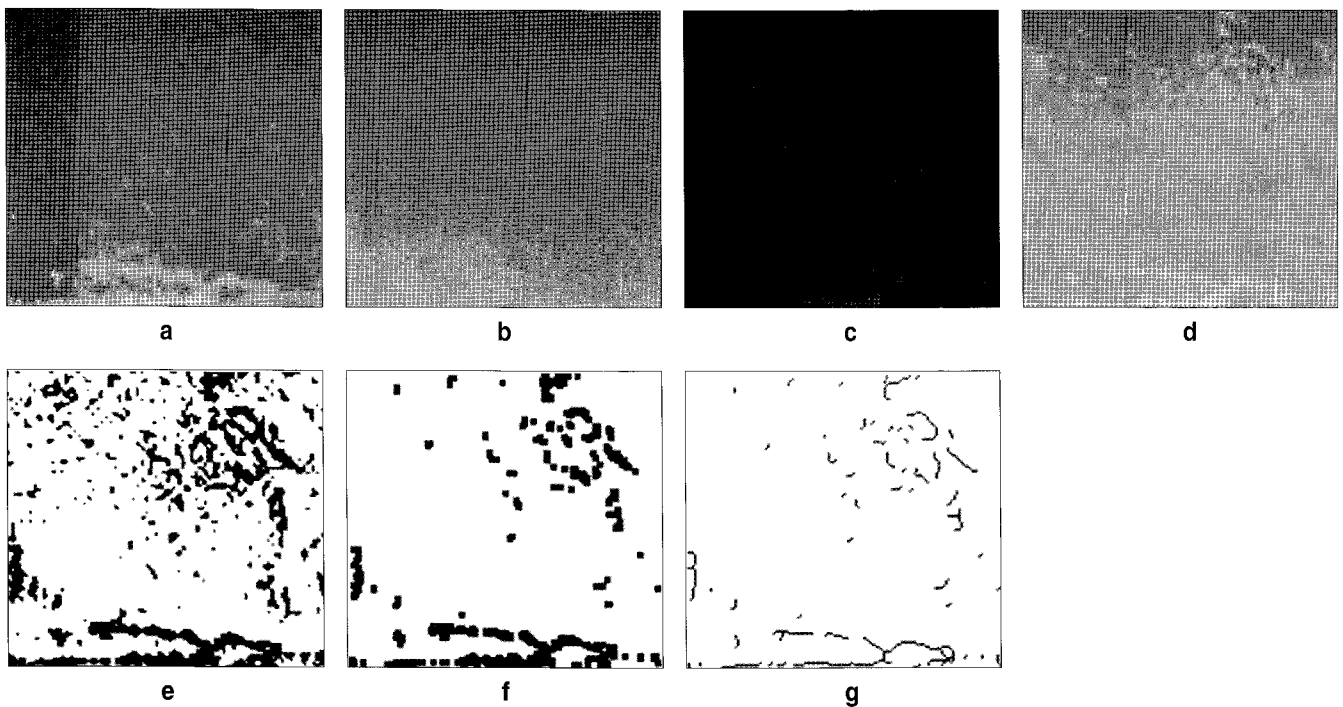


Fig. 1. Image transforming process

(a: original image, b: gaussian blur, c: subtract, d: add, e: binary, f: erosion, dilation, g: skeletonize)

용한 부호순위검정(sign-rank test)을 이용하여 유의성을 분석하였다.

Ⅲ. 연구결과

감압술 시행 후, 초진시(A1)와 비교하여 감압술 종결시점(A2)의 프랙탈 차원값은 평균적으로 증가하였으며, 총 30명 중

26명은 프랙탈 차원값이 증가, 4명은 프랙탈 차원값이 감소하는 결과를 보였다(Table 1). 부호순위검정(sign-rank test) 결과 $P < 0.0001$ 로 유의한 결과를 보여 초진(A1)과 감압술 종결시점(A2)의 프랙탈 차원값 사이에는 차이가 있는 것으로 판단되었으며, $D(A1 \text{의 프랙탈 차원값} - A2 \text{의 프랙탈 차원값})$ 의 중위수(the median)는 양수(0.12)로, 감압술 시행 후 프랙탈 차원값이 통계적으로 유의한 증가가 있음을 알 수 있었다(Table 2).

Table 1. The change of fractal dimension value

First exam	Last exam	Last-First	Tx.period(month)	Sex	Age
0.983	1.2134	0.2304	14	F	14
1.2062	1.2479	0.0417	14	F	14
0.9432	0.8745	-0.0687	13	F	39
1.1217	1.1984	0.0767	15	M	59
1.2096	1.1095	-0.1001	11	M	12
1.0066	1.2554	0.2488	23	F	15
1.0764	1.1864	0.11	3	F	33
0.9228	1.2729	0.3501	17	M	35
0.9204	0.9716	0.0512	6	F	25
0.7132	1.1031	0.3899	18	M	21
0.1037	0.9308	0.8271	19	M	45
0.9981	1.2572	0.2591	19	M	49
1.2925	1.3626	0.0701	5	M	58
0.9783	1.014	0.0357	6	M	28
1.1707	1.1985	0.0278	10	F	22
0.9809	1.2931	0.3122	20	M	16
0.9131	1.2641	0.351	9	F	63
0.9646	1.0485	0.0839	4	F	13
0.4967	1.176	0.6793	19	F	36
1.042	1.1669	0.1249	6	M	12
0.1037	1.2809	1.1772	2	M	42
1.0009	1.3538	0.3529	4	M	73
1.0626	1.1843	0.1217	25	M	24
0.9894	1.2249	0.2355	14	M	70
1.241	1.2185	-0.0225	7	F	15
1.2132	1.2692	0.056	7	F	29
0.8247	1.2517	0.427	19	M	23
1.0562	0.9609	-0.0953	8	F	16
1.127	1.3326	0.2056	5	M	49
0.9689	1.0197	0.0508	2	M	35

Table 2. Sign-rank test on D-value

Location parameter test : $\mu_0=0$				
test	statistic		p-value	
Student's t stat.	t	4.329024	$Pr > t $	0.0002
sign	M	11	$Pr \geq M $	<.0001
sign rank	S	198.5	$Pr \geq S $	<.0001

IV. 총괄 및 고찰

낭종의 치료에는 적출술, 조대술, 감압술 등의 방법이 있다. 그러나 악골내 거대 낭종의 경우 인접 해부학적 구조물과 기능적, 심미적 측면을 고려한다면 적출술을 일차적으로 선택하는 것은 불리한 점이 많다. 이에 따라 골재생을 유도함으로써 병소의 자연적인 치유를 유도하는 조대술과 감압술이 고려될 수 있는데 조대술의 경우 해부학적으로 접근이 어려운 부위이거나 다방성 병소인 경우 기술적으로 시술이 어려우며 병소가 큰 경우 피개골을 제거한 만큼의 함몰이나 결손이 잔존되어 본래의 해부학적 외형을 헤칠 우려가 있는 단점이 있다⁶⁻⁹⁾. 1947년 Thomas가 제시한 감압술은 조대술의 원리를 응용한 것으로 작은 배액관을 통해 낭종강의 삼투압을 낮추어 낭종의 축소 및 골재생을 도모하는 술식으로서 시술부위가 작아 조대술보다 비침습적이고 해부학적 외형을 그대로 유지할 수 있으며 이차적 적출술 이후에 일차 봉합 및 이차치유 유도에 있어서 유리한 측면을 가지고 있다^{6,11)}. 또한 낭종의 성장으로 인해 팽창된 악골의 형태를 정상적으로 복원되도록 유도하는 효과도 지니고 있는 것으로 알려지고 있다.

감압술 치료에 있어 예후평가를 위한 중요한 과정은 시술 후의 정기적 방사선 촬영을 통한 병소 크기 및 주변 골 변화의 관찰인데, 전산화 단층촬영이 3차원적인 정보를 전달할 수 있어 유용하나 상대적으로 높은 비용과 방사선 조사량에 대한 부담으로 환자들의 협조를 얻기가 쉽지 않은 단점이 있어 대부분 파노라마 사진이나 구내방사선촬영을 통해 예후를 평가하게 된다. 그러나 파노라마 사진이나 구내 방사선 촬영의 경우 조사량이나 촬영 각도, 연조직의 증첩, 판독자의 주관 등의 변수로 인해 객관적인 평가가 어려운 단점이 있으므로 이를 정량화하여 평가한다는 측면에서 프랙탈 분석법은 많은 유용성이 있다고 사료된다.

프랙탈 분석법은 1975년 Mandelbrot¹²⁾에 의하여 소개되었는데 자기유사성(selfsimilarity)을 보이는 구조를 정량화하여 소수 차원으로 구하고 이를 통해 구조의 복잡도를 비교하는 수단으로서 대상의 복잡도가 증가할수록 프랙탈 차원은 더 커지게 된다. 골밀도와 골소주 방향의 변화는 비선형적이고 무질서한데 프랙탈 기하학은 구조물의 형태가 균일하고 규칙적이지 않더라도 구조물을 기하학적 용어로 정량화하여 특성을 표현하도록 해준다¹³⁾.

이와 같이 골소주는 프랙탈 구조를 이루고 있기 때문에 프랙탈 분석을 골다공증이나 치주질환의 진단에 이용하려는 시도는 치의학 분야에서 계속되어 왔다. Lee 등¹⁴⁾은 소의 장골 표본에서 탈퇴의 진행에 따라 프랙탈 차원이 감소함을 보고한 바 있고 Khosrovi 등¹⁵⁾은 정상 치조골 보다 치주질환에 이환된 치조골의 프랙탈 차원이 더 적다고 하였으며 Southall 등¹⁶⁾은 치조골 절편을 탈퇴시키기 전과 후의 비교에서 탈퇴 후의 프랙탈 차원이 감소한다고 보고하였다. 차 등¹⁷⁾은 치근 이개부 하방 치조골 부위와 치조정에서의 프랙탈 차원과 염증이 없는 치간골 중간1/3부위의 프랙탈 차원비를 구하여 정상인과 치주염 환자

사이에 유의한 차이가 있음을 확인하여 치주질환 진단시 프랙탈 분석이 유용함을 보였으며 또한 Lin 등¹⁸⁾은 대퇴골 표본에서 해면질골의 구조양식을 정량화하였고 프랙탈 차원이 골강도와 통계학적으로 유의성 있는 상관관계가 있음을 보고하였다. Shrout 등¹⁹⁾은 디지털화된 치과방사선사진에서 측정된 프랙탈 차원은 노출시간, 조사각도의 다양성에 영향을 받지 않으며 절대적인 ROI의 위치가 필수적이지 않음을 암시한다고 발표하였고 또 다른 연구에서 프랙탈 차원은 표준화되지 않은 임상 방사선 사진에서도 계산될 수 있으며 치은염근과 치주염근을 구분하는데 사용될 수 있는 것으로 보고되고 있다²⁰⁾. 본 연구에서도 감압술 시행 후 방사선사진상 흑화도의 변화를 보인 낭종 주변골의 프랙탈 수치가 통계적으로 유의성 있게 증가함을 확인할 수 있어 프랙탈 이론이 낭종 주변의 골소주 형성의 객관적 자료가 될 수 있음을 확인하였고 감압술은 낭종 주변의 신생골 형성을 유도한다고 사료된다.

이 밖에 프랙탈 분석의 결과에 영향을 미칠 수 있는 인자에 대한 연구도 활발히 진행되고 있는데 Shrout 등²¹⁾은 이전의 연구와는 상반되게 ROI의 크기와 형태가 치조골의 프랙탈 분석의 결과에 영향을 주기도 한다고 보고하였으며 Chen 등²²⁾은 프랙탈 차원이 촬영각도에 따라 통계적으로 유의성 있는 변화를 보인다고 하였고 Veeland 등²³⁾은 방사선 사진에서 측정되는 프랙탈 차원은 동일한 피사체-초점거리, 동일한 노출조건, 동일한 해상력의 동일한 디지털화 기기를 사용한 때에만 비교될 수 있었다고 하였다. Pomprasertsuk 등²⁴⁾은 쥐를 이용한 연구에서 프랙탈 차원값은 디지털 필름에서 측정된 것이 CCD에서 측정된 것 보다 더 높았다고 보고하여 기록매체의 종류에 따른 차이를 시사한 바 있다. Southard 등²⁵⁾은 프랙탈 차원값 계산 방법의 차이와 실험대상의 차이가 상반된 결과를 초래할 수 있다고 설명한 바 있다.

본 연구에서는 방사선 사진상 흑화도의 뚜렷한 변화를 보였다고 판단되었음에도 불구하고 4명의 환자에게서 프랙탈 수치가 감소하는 결과를 보여, 파노라마 사진 촬영 당시의 노출조건, 디지털 기기의 해상력 ROI 설정의 정확성이 프랙탈 차원값 도출에 미칠 수 있는 영향 등이 변수가 될 수 있음을 짐작할 수 있었다. 또한 본 연구에서는 프랙탈 분석을 위해 Box-counting method를 사용하였으나 프랙탈 차원을 구하는 방법은 caliper, tile counting, pixel dilation, intensity variance, Hurst, variation, blanket, special and spectral, power spectrum 등 여러 가지가 있음¹⁷⁾을 고려해 볼 때 각각의 방법에 따라 통계학적 결과에 차이를 나타낼 수 있다는 점도 고려해야 할 것이다.

본 연구에서는 전반적으로 골소주의 복잡성이 증가함에 따라 프랙탈 차원이 증가하였는데 이와 상이하게 프랙탈 수치가 감소한 4명의 환자에 대해서는 프랙탈 분석법의 민감도에 관한 고찰 및 앞서 기술한 프랙탈 분석결과에 영향을 미칠 수 있는 변수들에 대한 추가적 연구가 필요하다고 사료된다.

이상의 연구결과로 볼 때, 방사선 이미지의 정량화를 위해 사용된 프랙탈 차원은 방사선사진상 감압치료가 종결된 병소 주변의 흑화도가 증가함에 따라 통계학적으로 유의성 있게 증

가하는 결과를 보여주었으며, 이를 통해 악골 내 낭종의 치료에 있어서, 감압술이 보존적이면서도 효과적인 방법임을 확인하는데 프랙탈 분석이 유용할 것으로 생각 되었다.

V. 결 론

악골 낭종의 치료를 위해 감압술을 시행한 30명의 환자를 대상으로 하여 감압술 치료기간 동안의 방사선학적 변화를 확인함에 있어 프랙탈 분석법의 유용성을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 감압술 시행 후, 초진시(A1)와 비교하여 감압술 종결시점(A2)의 프랙탈 차원값은 평균적으로 증가하였으며, 부호 순위검정(sign-rank test) 결과 감압술 시행 후 프랙탈 차원값이 통계적으로 유의한 증가를 보여 프랙탈 차원과 골변화 사이에는 명확한 상관관계가 있다고 사료된다.
2. 프랙탈 분석법은 방사선학적 변화의 객관적, 정량적 평가에 있어서 유용한 진단도구가 될 수 있다.
3. 감압술은 악골 낭종의 치료에 있어서 보존적이면서도 효과적인 방법으로 사료된다.

프랙탈 분석에 있어 객관적이고 신뢰할 만한 결과를 얻기 위해 향후 관심영역(ROI;region of interest)의 보다 정확한 설정을 위한 기준 및 프랙탈 차원값에 영향을 미치는 변수들에 관한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Skaug N: Intracystic fluid pressure in nonkeratinizing jaw cysts. *Int. J Oral Surg* 1976;5:59-65.
2. Peterson LJ. et al.: Contemporary Oral and maxillofacial surgery 4th Edition, Mosby p.489-491, 2003.
3. Goaz PW, White SC: Oral radiology: principals and interpretations. 2nd ed. St Louis : CV Mosby Co; p.86-94, 1987.
4. Geraets WG, van der Stelt PF: Fractal properties of bone. *Dentomaxillofac Radiol* 2000;29:144-153.
5. White SC, Rudolph DJ: Alterations of the trabecular pattern the jaws in patients with osteoporosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999;88:628-635.
6. Kruger GO: Textbook of oral and maxillofacial surgery(ed 6). St. Louis, Toronto, The C. V. Mosby Company, p.255-280, 1984.
7. Archer WH: Oral and maxillofacial surgery(ed 5). Philadelphia, London, Toronto, W. B. Saunders Company, p.518-705, 1975.

8. Salman L, Salman SJ: Decompression of odontogenic cysts. *N Y State Dent J* 1968;34:409-415.
9. Michele Giuliani: Conservative management of large odontogenic keratocyst : Report of a case and review of the literature. *J Oral Maxillofac Surg* 2006;64:308-316.
10. Thomas EH: Cysts of the jaws; Saving involved vital teeth by tube drainage. *J Oral Surg* 1947;5:1-9.
11. Bodner L, Bar-Ziv J: Characteristics of bone formation following marsupialization of jaw cysts. *Dentomaxillofac Radiol* 1998;27:166-171.
12. Mandelbrot BB: The fractal geometry of nature. 3rd ed. New York:freeman 1983.
13. Wiebi ER: Fractal geometry: a design principle for living organisms. *Am J Physiol* 261(6 Pt 1):L361-369, 1991.
14. Lee KI, Choi SC, Park TW, You DS: Fractal dimension calculated from two types of region of interest. *Dentomaxillofac Radiol* 1998;26:3-15.
15. Khosrovi PM, Kahn AJ, Majumdar HK, et al.: Fractal analysis of dental radiograph to assess trabecular bone structure *J Dent Res* 1994;73:390.
16. Southard TE, Southard KA, Jakoben JR, Hillis SL, Najim CA: Fractal dimension in radiographic analysis of alveolar process bone. *Dentomaxillofac Radiol* 1996;82:569-576.
17. 차상윤 한원정, 김은경: 치주질환 진단시 프랙탈 분석의 유용성에 관한 연구. *대한구강악안면방사선학회지* 2001;31:35-42.
18. Lin JC, Grampp S, Link T, Kothari M, Newitt DC, Felsenberg D, et al.: Fractal analysis of proximal femur radiographs: correlation with biochemical properties and bone mineral density. *Osteoporosis Int* 1999;9:516-524.
19. ShROUT MK, Potter BJ, Hildebolt CF: the effect of image variations on fractal dimension calculations. *Oral Surg Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1997;84:96-100.
20. ShROUT MK, Roberson B, Potter BJ, Mailhot JM, Hildebolt CF: A comparison of 2 patient populations using fractal analysis. *J Periodonol* 1998;69:9-13.
21. ShROUT MK, Potter BJ, Hildebolt CF: The effect of varying the region of interest on calculations of fractal index. *Dentomaxillofac Radiol* 1997;26:295-298.
22. Chen SK, Chen CM: The effects of projection geometry and trabecular texture on estimated fractal dimensions in two alveolar bone models. *Dentomaxillofac Radiol* 1998;27:270-274.
23. Veeland JF, Grashuis JL, van der Meer F, Beckers ALD, Gelsema ES: Estimation of fractal dimension in radiographs. *Med Phys* 1996;23:585-594.
24. Pornprasertsuk S, Ludlow JB, Webber RL, Tyndall DA, Yamauchi M: Analysis of fractal dimensions of rat bones from film and digital images. *Dentomaxillofac Radiol* 2001;30:179-183.
25. Southard TE, Southard KA, Jakobsen JR, Hillis SL, Najim CA: Fractal dimension in radiographic analysis of alveolar process bone. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1996;82:569-576.