

규격화된 구내 표준 방사선사진의 계수 공제 방사선학적 평가

부산대학교 치과대학 치과방사선학교실

조봉혜·나경수

목 차

- I. 서 론
- II. 실험재료 및 방법
- III. 실험결과
- IV. 고 찰
- V. 결 론
- 참고문헌
- 사진부도
- 영문초록

I. 서 론

치과 방사선 사진은 치의학 영역에 있어서 필요불가결한 요소이지만 미세한 골변화를 판별하는데는 어려움이 있다^{1,2)}. 일반 방사선 사진에서는 판독시 진단적 가치가 없는 정상 해부학적 구조물이 중첩되어 나타나는, 소위 구조 잔상(structured noise)이 발생하여 적은 골변화는 인지할 수 없기 때문이다³⁾. 이 구조 잔상을 감소시켜 시간경과에 따른 골변화의 정확하고 신속한 판독을 가능하게 한 것이 공제 방사선 사진(subtraction radiography)이다⁴⁻⁷⁾.

방사선 사진상에서 미세한 밀도변화를 감지해내는 공제 방사선 사진은 1935년 Ziedses des Plantes⁸⁾에 의해 처음 소개되어 주로 혈관촬영시에 이용되었으며 치의학 영역에서는 Mathis와 Hielscher가 도입을 주장하였다⁹⁾. 특히 컴퓨터를

이용한 계수 공제 방사선 사진(digital subtraction radiography)은 골의 미세한 밀도변화를 감지할 수 있어⁹⁻¹²⁾ 치주치료후의 치조골 변화의 평가¹²⁾, 치아우식증의 조기발견¹³⁾, 근관치료후의 치근단 병소의 치유¹⁴⁾, 교정치료후의 치근이동, 치아 매식물주위의 골밀도의 평가¹⁵⁾ 등에 그 유용성이 인정되고 있으며, 현재는 하악외측사 촬영¹⁶⁾ 등 구의 방사선 사진에까지 그 이용이 확대되고 있다.

그러나 계수 공제 방사선 사진을 얻기위해서는 먼저 기하학적 표준화(geometric standardization)와 밀도 표준화(densitometric standardization)가 이루어져야 한다. 이 중 각기 다른 시간에 촬영한 두 필름간의 해부학적 위치를 완전히 일치시켜야 하는 기하학적 표준화가 계수 공제 방사선 사진의 통상적인 임상적용을 제한하는 요소이다. 기하학적 표준화가 선행되지 않은 계수 공제 방사선 사진은 실제 골변화와 촬영시의 위치변화에 의한 구조 잔상이 구별되지 않아 정확한 진단이 불가능하다. 기하학적 표준화는 방사선원-촬영대상-필름간에 일정한 각도와 거리를 유지함으로써 이루어지며 이러한 규격화를 위한 여러가지 장치가 고안되었는데¹⁷⁻²⁰⁾, 그 중에서도 촬영부위의 상하악 치아 교합면을 인기하는 방법이 널리 이용되고 있다.

Duckworth¹⁷⁾는 교합면 인상재로 폴리에테르(polyether), 실리콘(silicone) 고무인상재, 아크릴 수지를 사용하여 20명의 환자에 대해 재현성에

대한 객관적인 평가를 한 결과, 수평각 $1.25 \pm 0.93^\circ$, 수직각 $0.39 \pm 2.23^\circ$ 의 변이를 보인다고 보고하였다. Rudolph²¹⁾는 건조 두개골 상에서 Rinn XCP 평행장치(Rinn, USA)에 여러가지 교합면 인상재를 사용하여 재현성을 평가한 결과, 고무인상재인 Regisil을 사용한 것이 $2.44 \pm 1.16^\circ$ (수평각 $1.34 \pm 0.63^\circ$, 수직각 $2.03 \pm 0.23^\circ$)로 가장 변이가 적다고 하였다. 또한 최²²⁾는 Putty type GC Exaflex(GC, Japan), Impregum F(ESPE, Germany), Jet Tooth Shade Acrylic(Lang, USA), GC Pattern Resin(GC, Japan)을 사용하여 실험한 결과 모두 0.5° 이내의 각도변이를 보였다고 보고하였다.

Gröndahl²³⁾은 각도변이가 없는 계수 공제 방사선 사진이 3° 의 각도변이가 있는 경우보다 우수하였으나 3° 의 각도변이가 있더라도 동일한 각도로 촬영된 일반 방사선 사진보다는 판독이 우수하였다고 보고하였으며, Ruttimann⁹⁾은 2° 이내의 각도변이는 허용할만하며 계수 공제 방사선 사진에서 특정부위의 회색도(grey level)의 표준편차가 각도변이를 상대평가할 수 있는 기준으로 이용될 수 있다고 하였다. 또한 Rudolph²⁴⁾는 각도변이가 없는 경우 0.12mm 의 치밀골의 변화를 관찰할 수 있었으며, 3° 의 각도변이가 있는 경우 0.35mm 의 변화는 50%, 0.42mm 의 변화는 100% 판별할 수 있었다고 보고하였다.

본 연구는 각도 변이 없이 방사선 사진을 촬영하였을때 현실적으로 발생하는 구조 잔상 정도를 파악하여 계수 공제 방사선사진의 임상적 용에 도움을 얻고자 시행하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

XCP 교합판(bite block)에 4종류의 교합면 인상재를 사용하였고, 인상재가 없는 교합판도 포함시켰다. 각 재료당 5개씩 총 25개의 교합판을 만들었다. 교합면 인상재로는 비닐실리콘 고무 인상재(vinyl silicone rubber impression material)인 Putty type GC Exaflex(GC, Japan), 폴리에테르(polyether)고무인상재인 Impregum F(ESPE,

Germany), 임시 금관 가공의치용 레진인 Jet Tooth Shade Acrylic(Lang, USA), Pattern용 레진인 GC Pattern Resin(GC, Japan)을 사용하였다.

2. 실험방법

1) 촬영방법

Rinn XCP 평행장치를 이용하여 평행법으로 건조 두개골의 하악 우측 대구치부를 교합판 제작직후와 1일, 2,4,8,12,16주후, 모두 7회의 구내 표준 방사선 사진을 촬영하였다. 촬영시에는 교합면이 인기된 교합판을 건조두개골의 상하악 구치부에 위치시키고 시준관을 평행장치의 유도고리(guide ring)에 위치되도록 하였다. 유도고리의 위치는 모든 촬영에서 동일하게 하였다. 1회의 촬영시기에 교합판당 1장씩 매촬영시 5장씩, 각 재료당 총 35장의 사진을 얻었다.

계수 공제 방사선 사진 분석시의 기준설정을 위해 격자(grid)를 필름에 부착하였으며 밀도 보정을 위하여 tin stepwedge(thickness ; 0.25mm , 1.35mm)를 부착하여 촬영하였다. 사용된 필름은 Kodak Dental Film, Ektaspeed, 촬영기계는 Markmann I(S.S White USA, 70Kvp, 15mA, HVA 2mm)이며 방사선 시준관으로 길이 40cm 의 직사각형 시준관($35\text{mm} \times 44\text{mm}$)을 사용하였다. 모든 필름은 자동현상기(DÜRR DENTAL AL 245L, Germany)로 현상하였다.

2) 계수 공제 방사선 사진 분석

각 방사선 사진은 개인용 컴퓨터(IBM-486)와 CCD camera(FOTOVIX, Tampron Co., Japan) 그리고 Image-pro II Image Processing system(Media Cybernetics, USA)을 이용하여 회색도 0에서 255까지의 계수 공제 방사선 사진을 제작하였다.

방사선 사진의 밀도 표준화를 위하여 필름상의 stepwedge의 2×2 pixel areas를 정해 histogram을 측정하여 이를 공히 회색도가 128이 되도록 보정하였으며 정확한 상의 중첩을 위하여 방사선 사진상의 격자선을 기준으로 이용하였다. 중첩 자체의 정확성은 동일한 방사선 사진을 계수 공제영상화 시켰을때 잔상이 전혀 남지않

는 완전한 무(null)의 상태를 보임으로서 확인할 수 있었다.

교합판 제작직후 촬영한 방사선 사진을 기준으로 1일, 2,4,8,12,16주후의 방사선 사진과의 계수 공제 방사선 사진을 각각 구하여 각 재료당 30 장씩의 계수 공제 방사선 사진을 얻었다. Image processor는 음가를 나타내지 못하므로 각 계수 공제 방사선 사진에 128 회색도(회색도 범위의 중간값)을 더하여 배경색을 주었다. 그래서 더 어두운 부위는 밀도의 감소를, 더 밝은 부위는 밀도의 증가를 나타낼 수 있도록 하였다.

계수 공제 방사선 사진의 평가를 위하여 전체상의 회색도의 평균과 표준편차를 구하였다. 그리고 제2대구치 분지부 2mm하방에 100 pixel size의 수평기준선을 정하여 회색도의 평균과 표준편차 그리고 line profile을 구하여 각 형태에 따라 직선형(straight), 물결형(wave), 봉우리형(canyon)으로 분류하였다. 또한 각 계수 공제방사선 사진을 육안으로 판독하여 A(very good, near null), B(good), C(acceptable), D(slightly displaced), E(moderately displaced)의 5단계로

등급을 매겼다.

III. 실험결과

전체상의 회색도의 평균과 표준편차는 Exaflex 138 ± 4.9, Impregum 150 ± 14.8, Tooth Shade Acrylic 145 ± 9.0, Pattern Resin 139 ± 7.2, XCP만 사용하였을 경우 158 ± 12.2의 값을 보였다. 육안 판독결과 Exaflex는 A형 15, B형 9, C형 6상으로, Impregum은 A형 4, B형 3, C형 2, D형 10, E형 11상으로, Tooth Shade Acrylic은 A형 4, B형 11, C형 10, D형 5상으로, Pattern Resin은 A형 6, B형 11, C형 11, D형 2상으로, XCP만 사용시는 B형 3, C형 23, D형 4상으로 각각 분류되었다(표 1-5).

육안 판독결과의 회색도의 표준편차는 대체로 A형은 0-4, B형은 4-10, C형은 8-14, D형은 12-18, E형은 20이상의 범위를 보였다(표 6).

수평기준선에서의 회색도의 평균과 표준편차는 Exaflex 138 ± 3.6, Impregum 150 ± 15.4, Tooth Shade Acrylic 144 ± 7.2, Pattern Resin 138 ± 5.6,

Table 1. The grey levels of the entire images with interpretation by naked eyes in Exaflex(putty)

bite block time interval	1	2	3	4	5	mean
24hrs	128* ± 1.9** A	128 ± 0 A	128 ± 3.3 A	170 ± 10.0 C	128 ± 0.6 A	136 ± 3.2
2wks	128 ± 0.5 A	128 ± 2.7 A	128 ± 2.1 A	166 ± 6.9 B	161 ± 8.0 B	142 ± 4.0
4wks	154 ± 11.8 C	142 ± 8.3 B	128 ± 0.8 A	128 ± 1.4 A	128 ± 0 A	136 ± 4.5
8wks	144 ± 7.9 B	142 ± 9.5 C	132 ± 5.0 B	140 ± 9.0 B	128 ± 1.8 A	137 ± 6.6
12wks	136 ± 8.3 C	128 ± 0.8 A	128 ± 0 A	128 ± 1.2 A	159 ± 9.7 B	136 ± 4.0
16wks	163 ± 7.9 B	163 ± 10.7 C	132 ± 5.1 B	129 ± 2.8 A	130 ± 9.5 C	143 ± 7.2
mean	142 ± 6.4	139 ± 5.3	129 ± 2.7	143 ± 5.2	139 ± 4.9	138 ± 4.9
total number of grade A ; 15, B ; 9, C ; 6, D ; 0, E ; 0						

A ; very good, B ; good, C ; acceptable, D ; slightly displaced, E ; moderately displaced

* : average, ** : standard deviation

Table 2. The grey levels of the entire images with interpretation by naked eyes in Impregum

bite block time interval	1	2	3	4	5	mean
24hrs	128* ± 2.0*	128 ± 4.0	128 ± 2.6	133 ± 6.4	129 ± 3.2	129 ± 3.6
	A	A	A	C	A	
2wks	160 ± 8.8	150 ± 7.9	139 ± 6.6	132 ± 14.7	148 ± 23.2	146 ± 12.2
	B	B	B	D	E	
4wks	153 ± 19.5	147 ± 20.2	130 ± 7.6	174 ± 17.3	160 ± 16.3	153 ± 16.2
	E	E	D	D	D	
8wks	153 ± 26.5	153 ± 24.0	163 ± 25.6	132 ± 13.3	131 ± 11.7	146 ± 20.2
	E	E	E	D	D	
12wks	132 ± 13.9	169 ± 24.3	169 ± 24.0	162 ± 9.6	183 ± 16.6	163 ± 17.7
	D	E	E	C	E	
16wks	161 ± 24.0	172 ± 24.6	160 ± 15.1	152 ± 14.0	154 ± 16.6	160 ± 18.9
	E	E	D	D	D	
mean	148 ± 15.8	153 ± 17.5	148 ± 13.6	148 ± 12.6	151 ± 14.6	150 ± 14.8
total number of grade A : 4, B : 3, C : 2, D : 10, E : 11						

A ; very good, B ; good, C ; acceptable, D ; slightly displaced, E ; moderately displaced

* ; average, ** ; standard deviation

Table 3. The grey levels of the entire images with interpretation by naked eyes in Tooth Shade Acrylic

bite block time interval	1	2	3	4	5	mean
24hrs	128* ± 0.9**	134 ± 7.4	144 ± 11.5	128 ± 4.0	130 ± 5.4	133 ± 5.8
	A	C	C	A	B	
2wks	140 ± 8.5	174 ± 11.8	133 ± 9.6	128 ± 0.8	128 ± 2.3	141 ± 6.6
	B	C	C	A	A	
4wks	128 ± 5.3	137 ± 12.5	137 ± 6.3	153 ± 8.7	179 ± 15.4	147 ± 9.6
	B	D	B	B	C	
8wks	148 ± 13.9	159 ± 16.5	146 ± 13.1	135 ± 6.4	144 ± 8.0	146 ± 11.6
	D	D	D	B	B	
12wks	137 ± 7.1	153 ± 10.3	164 ± 9.6	163 ± 9.2	161 ± 14.2	156 ± 10.0
	B	C	B	C	D	
16wks	130 ± 7.6	134 ± 6.5	163 ± 13.4	158 ± 14.3	158 ± 9.2	147 ± 10.2
	C	B	C	C	B	
mean	135 ± 7.2	149 ± 10.8	148 ± 10.6	144 ± 7.2	150 ± 9.1	145 ± 9.0
total number of grade A : 4, B : 11, C : 10, D : 5, E : 0						

A ; very good, B ; good, C ; acceptable, D ; slightly displaced, E ; moderately displaced

* ; average, ** ; standard deviation

Table 4. The grey levels of the entire images with interpretation by naked eyes in Pattern Resin

bite block time interval	1	2	3	4	5	mean
24hrs	131* ± 5.6** B	128 ± 3.1 A	129 ± 3.9 A	133 ± 10.0 D	135 ± 7.4 C	131 ± 6.0
2wks	128 ± 3.3 A	128 ± 1.0 A	129 ± 6.0 B	153 ± 7.9 B	135 ± 6.4 B	135 ± 4.9
4wks	148 ± 10.4 C	143 ± 14.0 D	137 ± 9.0 C	128 ± 2.1 A	131 ± 5.7 B	137 ± 8.2
8wks	166 ± 10.2 C	172 ± 12.7 B	180 ± 12.0 B	128 ± 2.7 A	130 ± 4.8 B	155 ± 8.5
12wks	131 ± 6.6 B	132 ± 6.5 B	140 ± 8.8 C	132 ± 5.7 B	155 ± 9.0 C	138 ± 7.3
16wks	145 ± 8.9 C	136 ± 7.2 C	133 ± 8.0 C	133 ± 8.0 C	140 ± 9.4 C	137 ± 8.3
mean	142 ± 7.5	140 ± 7.4	141 ± 8.0	135 ± 6.1	138 ± 7.1	139 ± 7.2
total number of grade A : 6, B : 11, C : 11, D : 2, E : 0						

A ; very good, B ; good, C ; acceptable, D ; slightly displaced, E ; moderately displaced

* ; average, ** ; standard deviation

Table 5. The grey levels of the entire images with interpretation by naked eyes in XCP only

bite block time interval	1	2	3	4	5	mean
24hrs	148* ± 12.0** C	152 ± 12.8 C	152 ± 12.7 C	195 ± 15.4 C	180 ± 11.2 C	165 ± 12.8
2wks	164 ± 11.2 C	164 ± 8.7 B	106 ± 8.7 C	184 ± 17.3 D	181 ± 15.7 D	160 ± 12.3
4wks	153 ± 10.3 C	135 ± 8.8 C	170 ± 10.1 B	151 ± 11.0 C	163 ± 11.7 C	154 ± 10.4
8wks	160 ± 12.2 C	132 ± 12.7 C	160 ± 12.4 C	146 ± 10.4 C	153 ± 11.7 C	150 ± 11.9
12wks	147 ± 11.7 C	169 ± 10.8 C	163 ± 11.1 C	163 ± 7.4 B	154 ± 14.2 C	159 ± 11.0
16wks	158 ± 16.2 D	162 ± 14.7 C	159 ± 16.1 D	159 ± 14.3 C	158 ± 11.1 C	159 ± 14.5
mean	155 ± 12.3	152 ± 11.4	152 ± 11.9	166 ± 12.6	165 ± 12.6	158 ± 12.2
total number of grade A : 0, B : 3, C : 23, D : 4, E : 0						

A ; very good, B ; good, C ; acceptable, D ; slightly displaced, E ; moderately displaced

* ; average, ** ; standard deviation

XCP만 사용시는 154 ± 9.6을 나타내었다(표 7-11).

Line profile의 형태는 크게 직선형, 물결형, 봉우리형의 3종류로 분류되었다. Exaflex는 직선형 15, 물결형 14, 봉우리형 1상, Impregum은 직선형 4, 물결형 8, 봉우리형 18상, Tooth Shade Acrylic은 직선형 5, 물결형 18, 봉우리형 7상, Pattern Resin은 직선형 6, 물결형 21, 봉우리형 3상, XCP만 사용시는 직선형은 없고, 물결형 17, 봉우리형 13상을 나타내었다(표 7-11, 그림 1-6).

IV. 고 찰

계수 공제 방사선 사진은 일반 방사선 사진으로는 판별이 불가능한 미세한 밀도 변화를 질적, 양적으로 평가할 수 있는 진단법으로 임상적 이용이 요청되고 있다. 이것을 임상에 적용하기 위해서는 밀도 표준화와 기하학적 표준화가 필수적인데 밀도 표준화는 어느정도 보정이 가능하여⁹²⁷⁾ 상의 질에 큰 영향을 미치지 않는다. 그러나 기하학적 표준화가 이루어지지

Table 6. Distribution of visual interpretation related to S.D. of the grey levels in the entire images

S.D grade	0- 1.9	2- 3.9	4- 5.9	6- 7.9	8- 9.9	10- 11.9	12- 13.9	14- 15.9	16- 17.9	18- 19.9	20-	total
A	14	13	2									29
B			8	15	11	1	2					37
C				5	15	19	7	6				52
D				1		2	5	6	7			21
E										1	10	11
total	14	13	10	21	26	22	14	12	7	1	10	150

A ; very good, B ; good, C ; acceptable, D ; slightly displaced, E ; moderately displaced

Table 7. The grey levels on the line of interest with shape classification of line profile in Exaflex(putty)

bite block time interval	1	2	3	4	5	mean
24hrs	128* ± 0.6** I	128 ± 0 I	128 ± 0 I	172 ± 9.6 II	128 ± 0 I	137 ± 2.0
2wks	128 ± 0 I	128 ± 1.1 I	128 ± 0 I	165 ± 5.0 II	163 ± 7.1 II	142 ± 2.6
4wks	147 ± 6.3 II	141 ± 9.4 II	128 ± 0 I	128 ± 0 I	128 ± 0 I	134 ± 3.1
8wks	141 ± 5.0 II	139 ± 6.2 II	131 ± 3.8 II	145 ± 8.3 II	128 ± 0.7 I	137 ± 4.8
12wks	138 ± 10.5 II	128 ± 0 I	128 ± 0 I	128 ± 0 I	155 ± 5.4 II	135 ± 3.2
16wks	160 ± 11.1 II	158 ± 9.4 III	133 ± 6.1 II	128 ± 0.2 I	129 ± 3.9 II	142 ± 6.1
mean	140 ± 5.6	137 ± 4.4	129 ± 1.7	144 ± 3.9	138 ± 2.9	138 ± 3.6
total number of shape I : 15, II : 14, III : 2						

I ; straight, II ; wave, III ; canyon shape

* ; average, ** ; standard deviation

Table 8. The grey levels on the line of interest with shape classification of line profile in Impregum

bite block time interval	1	2	3	4	5	mean
24hrs	128* ± 0** I	128 ± 1.2 I	128 ± 0 I	134 ± 8.7 II	128 ± 0.3 I	129 ± 2.0
2wks	161 ± 9.5 II	146 ± 4.7 II	138 ± 9.0 II	138 ± 12.9 III	158 ± 25.5 III	148 ± 12.3
4wks	152 ± 18.1 III	155 ± 22.5 III	130 ± 5.2 II	170 ± 25.0 III	154 ± 21.2 III	152 ± 18.4
8wks	166 ± 32.2 III	158 ± 24.1 III	165 ± 29.4 III	134 ± 12.1 III	131 ± 5.9 II	150 ± 20.7
12wks	136 ± 13.3 III	172 ± 29.4 III	168 ± 26.7 III	161 ± 7.5 II	188 ± 27.8 III	165 ± 20.9
16wks	162 ± 28.9 III	175 ± 29.9 III	158 ± 18.7 III	147 ± 13.1 III	128 ± 0.6 II	154 ± 18.2
mean	151 ± 17.0	156 ± 18.6	148 ± 14.8	147 ± 11.6	148 ± 13.6	150 ± 15.4
total number of shape I ; 4, II ; 8, III ; 18						

I ; straight, II ; wave, III ; canyon shape

* ; average, ** ; standard deviation

Table 9. The grey levels on the line of interest with shape classification of line profile in Tooth Shade Acrylic

bite block time interval	1	2	3	4	5	mean
24hrs	128* ± 0** I	130 ± 3.5 II	138 ± 7.2 II	128 ± 0 I	132 ± 5.1 II	132 ± 3.2
2wks	143 ± 6.0 II	168 ± 7.4 II	138 ± 12.5 III	128 ± 0.8 I	128 ± 0 I	141 ± 5.3
4wks	128 ± 1.4 I	140 ± 13.4 III	136 ± 6.1 II	150 ± 8.3 II	176 ± 14.6 III	146 ± 8.8
8wks	148 ± 7.6 III	153 ± 17.6 III	147 ± 16.0 III	132 ± 4.1 II	138 ± 5.6 II	144 ± 10.2
12wks	137 ± 7.4 II	152 ± 8.6 II	162 ± 6.8 II	161 ± 5.7 II	154 ± 14.7 III	153 ± 8.6
16wks	130 ± 5.7 II	130 ± 2.8 II	159 ± 10.6 II	157 ± 10.6 II	155 ± 5.5 II	146 ± 7.0
mean	136 ± 4.7	146 ± 8.9	147 ± 9.9	143 ± 4.9	147 ± 7.6	144 ± 7.2
total number of shape I ; 5, II ; 18, III ; 7						

I ; straight, II ; wave, III ; canyon shape

* ; average, ** ; standard deviation

Table 10. The grey levels on the line of interest with shape classification of line profile in Pattern Resin

bite block time interval	1	2	3	4	5	mean
24hrs	131* ± 5.5** II	129 ± 2.6 I	130 ± 4.6 I	136 ± 11.9 III	135 ± 5.9 II	132 ± 6.1
2wks	128 ± 1.1 I	128 ± 0 I	130 ± 4.5 II	158 ± 6.7 II	136 ± 6.4 II	136 ± 3.7
4wks	149 ± 12.5 III	146 ± 17.5 III	133 ± 4.2 II	128 ± 0 I	129 ± 1.7 II	137 ± 7.2
8wks	162 ± 6.7 II	164 ± 7.3 II	173 ± 8.6 II	128 ± 1.6 I	129 ± 2.7 II	151 ± 5.4
12wks	130 ± 4.0 II	130 ± 3.5 II	133 ± 5.1 II	129 ± 2.9 II	157 ± 8.8 II	136 ± 4.9
16wks	146 ± 9.7 II	136 ± 7.6 II	130 ± 4.1 II	129 ± 2.8 II	137 ± 7.7 II	136 ± 6.4
mean	141 ± 6.6	139 ± 6.4	138 ± 5.2	135 ± 4.3	137 ± 5.6	138 ± 5.6
total number of shape I : 6, II : 21, III : 3						

I : straight, II : wave, III : canyon shape

* : average, ** : standard deviation

Table 11. The grey levels on the line of interest with shape classification of line profile in XCP only

bite block time interval	1	2	3	4	5	mean
24hrs	148* ± 8.4** II	147 ± 8.9 II	147 ± 11.4 II	184 ± 1.4 II	184 ± 10.4 II	162 ± 8.1
2wks	169 ± 9.5 II	164 ± 6.2 II	105 ± 5.3 II	172 ± 14.3 III	169 ± 16.6 III	156 ± 10.4
4wks	150 ± 5.8 II	134 ± 8.5 III	165 ± 5.1 II	152 ± 11.9 III	161 ± 14.4 III	152 ± 9.1
8wks	150 ± 8.0 II	125 ± 10.5 III	152 ± 10.5 III	139 ± 7.2 II	152 ± 6.3 II	144 ± 8.5
12wks	144 ± 8.6 III	165 ± 10.2 III	162 ± 10.9 III	163 ± 4.5 II	144 ± 8.4 II	156 ± 8.5
16wks	147 ± 13.6 III	156 ± 14.8 III	150 ± 14.9 III	149 ± 12.5 II	153 ± 8.1 II	151 ± 12.8
mean	151 ± 9.0	149 ± 9.9	147 ± 9.7	160 ± 8.6	161 ± 10.7	154 ± 9.6
total number of shape I : 0, II : 17, III : 13						

I : straight, II : wave, III : canyon shape

* : average, ** : standard deviation

않았을 때는 각도 변이에 의한 상의 왜곡이 발생하여 공제 영상화 하였을때 구조 잔상을 남기게 된다. Rudolph²¹⁾는 각도 변이의 71.1%는 술자의 조작 미숙에 의한 것이고 28.9%는 교합면 인상재의 변형에 의한 것이라고 보고하였다. 전자의 원인으로는 교합판과 치아의 위치, 유도고리와 시준관의 위치, 교합판내의 막대(rod)의 위치, 교합판내의 필름의 위치변화를 들 수 있다.

본 연구에서는 시간 요소를 제외한 모든 조건을 규격화하여 계수 공제 방사선 사진을 제작하였을 때 술자의 조작이나 재료의 변형등으로 인하여 피할 수 없이 발생하는 구조 잔상의 정도를 평가하고자 하였다. 본 실험에 이용한 교합면 인상재는 작은 각도 변이를 일으키므로²²⁾ 모두 계수 공제 방사선 사진을 위한 위치 규격화 장치로 사용할만한 것이다. 전체상에서 회색도의 평균과 표준편차를 구하였을 때 평균은 밀도의 증감 변화가 상쇄되어 나타나므로 큰 의미를 지니지 못한다. 그러나 그 상쇄의 폭 즉, 상의 불일치성을 의미하는 표준편차는 상의 정확도 평가를 위한 기준으로 이용될 수 있다⁹⁾.

본 연구에서 Exaflex의 계수 공제 방사선 사진이 가장 안정되게 나타났으며 그 다음 Pattern Resin, Tooth Shade Acrylic, XCP only, Impregum의 순서였다. Exaflex와 Pattern Resin, Tooth Shade Acrylic에 있어서 계수 공제 방사선 사진의 회색도의 평균 표준편차는 10.0이내로 거의 소멸(near null)되거나 균일한(homogenous) 잔상을 나타내었다. 이 연구에서 Exaflex가 가장 우수한 결과를 보였으나 이 실험이 교합력의 영향이 거의 미치지 않는 건조 두개골을 이용하였음을 고려하여야 한다. 실제 임상에서 오랜기간에 걸쳐 여러번의 연속촬영을 할 경우에는 환자의 교합력에 의한 교합판의 변형이 야기될 우려가 높으므로 강도가 큰 레진계통의 재료가 바람직하다고 볼 수 있다. 특이한 것은 Impregum을 이용한 것이 XCP만 사용한 것보다 더 불량한 상을 보였다는 점이다. XCP만 사용시는 각 계수 공제 방사선 사진이 대부분 약간 변이된(slightly displaced)상을 보였으나 impregum에 있어서는 24시간후의 계수 공제 방사선 사진은 상당히

안정된 상을 보이다가 그 이후 급격한 상의 변이가 일어나 전체적으로 우수한 상과 불량한 상이 혼재하는 양상을 보였다. 이의 원인으로 교합판 자체의 변형 등을 생각할 수 있으나 확실하지는 않다. 그렇지만 XCP만 사용하는 것이나 Impregum을 사용하는 것은 이 실험 결과로 보아 추천하기에는 적절하지 않다.

전체상의 회색도의 표준편차와 수평기준선에서는 표준편차를 비교하였을 때 전체 평균은 대체적으로 일치하였으며 Impregum외에는 전체상의 표준편차보다 국소부위의 표준편차가 적게 나타난 것을 볼때 전체 계수 공제 방사선 사진보다는 국한적인 관심부위(area of interest)를 집중 관찰하는 것이 유리할 수 있음을 시사한다. 각각의 계수 공제 방사선 사진을 비교하였을 때에도 대체로 일치하는 경향을 보였으나 일부상, 특히 Impregum에서는 상당히 불일치하는 결과를 보였다. 이는 각도 변이가 상의 일부에서는 과장되어(overestimated), 또 다른 부위에서는 축소되어(underestimated) 나타났음을 의미한다. 이를 피하기 위해서는 계수 공제 방사선 사진 제작시에 관심부위(area of interest)에 가깝게 기준점을 잡아야 하며 여러 군데의 기준점을 잡는다면 이동(translation)이나 회전(rotation) 등을 통하여 좋은 중첩상을 얻을 수 있다²⁶⁾고 생각한다.

전체상을 육안으로 판독하였을 때의 결과는 회색도의 표준편차와 관계가 있었다. 대체로 A형의 표준편차의 범위는 0-4.0, B형은 4.0-10.0이었고, C형은 B형과 중첩되어 8.0-14.0로, D형은 12.0-18.0, E형은 20.0이상으로 나타났다. 한가지 흥미있는 사실은 이 범위를 벗어나 있는 경우에 있어서 Impregum 4번 교합판 24시간째와 Impregum 3번 교합판 4주째의 계수 공제 방사선 사진 같이 표준편차가 작은데도 불구하고 육안 판독시 불량한 상을 보인 것은 평균 회색도가 중간 값인 128에 가까운 값을 보였고, Pattern Resin 2번 교합판 8주째, Pattern Resin 3번 교합판 8주째, XCP 4번 교합판 24시간째, Tooth Shade Acrylic 5번 교합판 4주째의 계수 공제 방사선 사진같이 표준편차가 큰데 비하여 육안 판독시 양호한 상으로 나타난 것은 평균 회색

도가 170을 넘는 것들이었다. 이것은 회색도의 평균이 배경색에 가까우면 육안관찰이 세밀하게 이루어지나 그 값이 너무 커지게 되면 밀도차를 분명하게 인식할 수 없어 실제보다 양호한 상으로 판독하기 쉽게 때문인 것 같다. 전체 밀도가 일정범위 안에 있을 때는 추후 보정이 가능하지만²⁷⁾ 너무 한쪽으로 치우치게 되면 정확한 판독이 불가능하다. Rudolph²⁸⁾는 계수 공제 방사선 사진을 위해서는 상아질의 광학 밀도가 0.61인 것이 적당하다고 보고하였다. 밀도 보정을 위하여 stepwedge상의 여러 군데를 기준으로 잡아 이들의 평균 회색도로 보정을 하는 것이 바람직한데 이 실험에서는 stepwedge가 다른 구조물과 겹쳐 불가피하게 한 지점으로만 보정되어 이로 인한 오차가 있으리라고 생각한다.

전체상의 육안 판독과 수평기준선에서의 line profile을 비교하였을 때 대체로 A형은 거의 일직선이거나 한 두개의 아주 낮은 peak가 나타났다(그림 1, 2). B형과 C형은 여러개의 낮은 peak가 나타나는 물결 형태를 보였으며(그림 3, 4), D형과 E형은 peak의 굴곡이 심한 봉우리 형태를 보였다(그림 5, 6). peak의 굴곡이 심한 경우는 뚜렷한 잔상을 남겨 계수 공제 방사선 사진 판독시 오독을 초래하기 쉽다.

이 연구는 계수 공제 방사선 사진의 회색도의 표준편차가 구조 잔상의 평가에 유용한 수단이 될 수 있다는 것을 보여준다. 그리고 이 실험에서는 기준선으로 이용한 격자선으로 인하여 계수 공제 방사선 사진이 더 불량하였으며 회색도의 표준편차도 더 크게 나타났음도 부연해 두고자한다. 본 실험의 결과에 의하면 각 재료에 있어서 같은 재료, 같은 기간의 5개의 교합판 간의 표준편차의 일치율이나 동일한 교합판에 있어서의 기간별 변이율에서의 일관성이 관찰되지 않음으로써 각 재료에 있어서 횡수나 기간별변이 보다는 재료의 선택이 상의 질에 더 큰 영향을 미치는 것으로 보인다.

V. 결 론

5종류의 교합면 인상재를 위치 규격화 장치로 이용하여 교합판 제작직후와 1일, 2,4,8,12,16주

후에 각도변이없이 방사선 사진을 촬영하여 계수 공제 방사선 사진을 제작, 다양한 방법으로 그 질을 평가함으로써 각 인상재의 촬영에 대한 기하학적 재현성 정도를 검토하여 본 바와 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 계수 공제 방사선 사진의 전체상의 회색도의 표준편차는 각각 Exaflex 4.9, Pattern Resin 7.2, Tooth Shade Acrylic 9.0, XCP only 12.2, Impregum 14.8의 값을 나타내었으며 표준편차의 값이 작을수록 계수 공제 방사선 사진의 질은 더 우수하였다.
2. 전체상의 회색도의 표준편차 값과 일정한 수평 기준선에서의 표준편차 값이 대체로 일치하는 경향을 보였다.
3. 계수 공제 방사선 사진이 가장 우수하였던 Exaflex는 직선형 15상, 물결형 14상, 봉우리형 1상으로, 가장 불량하였던 Impregum은 직선형 4상, 물결형 8상, 봉우리형 18상으로 나타났다.

참고문헌

1. Goldman, H., and Stallard, R., Limitations of the radiograph in diagnosis of osseous defects in periodontal disease, J. Periodontal., 44 ; 626, 1973.
2. Prichard, J., Interpretation of radiographs in periodontics, Int. J. Periodontics Rest. Dent., 3 ; 9, 1983.
3. Van der Stelt, P.F., Periapical bone lesions, Thesis, Vrije Universiteit te Amsterdam, Naarden, 1979, Boek-en Offsetdrukkerij Los. cited from 11.
4. Kundel, H.L., and Revesz, G., Lesion conspicuity, structured noise, and film reader error, Am. J. Roentgenol., 126 ; 1233, 1976.
5. Ziedses des Plantes, B.G., Subtraction, Eine roentgenographische Methode zur separaten Abbildung bestimmter Teile des Objekts, Fortschrittliche Roentgen-strahlen, 52 ; 69, 1935, cited from 25.
6. Chow C.K., Hilal S.K., and Niebuhr K.E., X-ray image subtraction by digital means, IBM J Res., 17 ; 206, 1973.

7. Hardstedt C., and Welander U., Photographic subtraction. I. Theory of the subtraction image, *Acta Radiol.(diagen)*, 16 ; 559, 1975.
8. Mathis, H., and Hielscher, W., Einführung in die Zahnärztliche Röntgenologie, Berlin, 1962, Berlinische Verlagsanstalt, pp. 94-104, cited from 11.
9. Ruttimann U.E. et al., Exposure geometry and film contrast differences as bases for incomplete cancellation of irrelevant structures in dental subtraction radiography, *Proc. SPIE*, 314, 372, 1981.
10. Webber R.L., Ruttimann U.E., and Cröndahl H.G., X-ray image subtraction as a basis for assessment of periodontal changes, *J. Perio. Res.*, 17 ; 509, 1982.
11. Gröndahl H.G., Gröndahl K., and Webber R.L., A digital subtraction technique for dental radiography, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 55 : 96, 1983.
12. Gröndahl H.G., and Gröndahl K., Subtraction radiography for the diagnosis of periodontal bone lesions, *J. Oral Surg.*, 55 ; 208, 1983.
13. Gröndahl H.G. et al., Statistical contrast enhancement of subtraction images for radiographic caries diagnosis, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 53 ; 219, 1982.
14. Kasle, M.J., and Klein, A. J., Television Radiographic Evaluation of Periapical Osseous Radiolucencies, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 41 ; 789, 1976.
15. Brägger U. et al., Digital Subtraction Radiography for the Assessment of Changes in Peri-Implant Bone Density, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 6 ; 160, 1991.
16. Ludlow J.B. et al., Accuracy of quantification of mandibular condyle displacement in digitally subtracted linear tomograms, *Dentomaxillofac. Radiol.*, 21 ; 81, 1992.
17. Duckworth J.E. et al., A method for the geometric and densitometric standardization of intraoral radiographs, *J. Periodontol.*, 54 ; 435, 1983.
18. Wege W.R., A technique for sequentially reproducing intraoral film, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 23 ; 454, 1967.
19. Plotnick IJ., Beresin V.E., and Simkins A.B., A technique for standardized serial dental radiographs, *J. Periodontol.*, 42 ; 297, 1971.
20. Duinkerke A.S.H. et al., Evaluation of a technique for standardized periapical radiographs, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 44 ; 646, 1977.
21. Rudolph D.J., and White S.C., Film-holding instruments for intraoral subtraction radiography, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 65 ; 767, 1988.
22. 최봉인, 구내 표준 방사선 사진 촬영의 위치표준화, 부산치대논문집, 8 ; 229, 1992.
23. Gröndahl K., Gröndahl H.G., and Webber R.L., Influence of variations in projection geometry on the detectability of periodontal bone lesions, *J. Clin. Periodontol.*, 11 ; 411, 1984.
24. Rudolph D.J., White S.C., and Mankovich N.J., Influence of geometric distortion and exposure parameters on sensitivity of digital subtraction radiography, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 64 ; 631, 1987.
25. Brägger U., Digital imaging in periodontal radiography, *J. Clin. Periodontol.*, 15 ; 551, 1988.
26. Wenzel A., Effect of manual compared with reference point superimposition on image quality in digital subtraction radiography, *Dentomaxillofac. Radiol.*, 18 ; 145, 1989.
27. Ruttimann U.E., Webber R.L., and Schmidt E., A robust digital method for film contrast correction in subtraction radiography, *J. Perio. Res.*, 21 ; 486, 1986.

—ABSTRACT—

DIGITAL SUBTRACTION RADIOGRAPHIC EVALUATION OF THE
STANDARDIZED PERIAPICAL INTRAORAL RADIOGRAPHS

Bong-Hae Cho · Kyung-Soo Nah

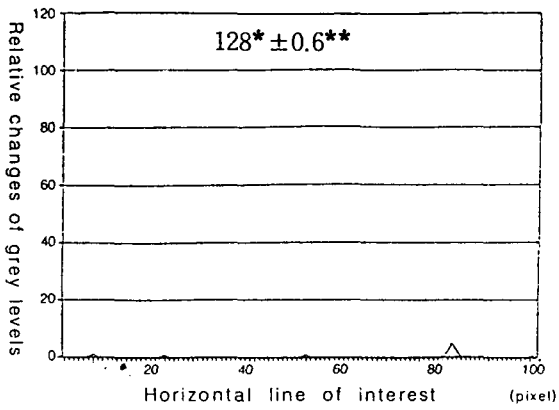
Department of oral radiology, college of dentistry, Pusan National University.

The geometrically standardized intraoral radiographs using 5 occlusal registration materials were taken serially from immediate, 1 day, 2,4,8,12, and 16 weeks after making the bite blocks. And the resultant images were digitally subtracted using the immediately taken film as reference images. The qualities of those subtracted images were evaluated to check the degree of reproducibility of each impression material.

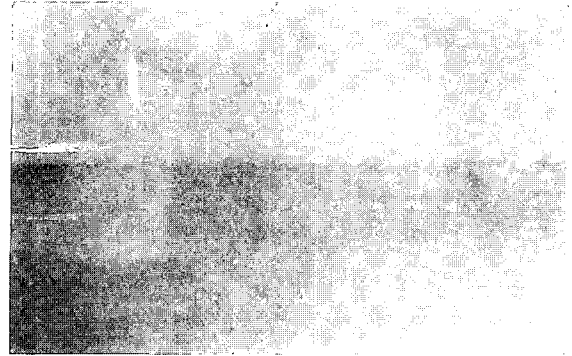
The results were as follows :

1. The standard deviations of the grey scales of the overall subtracted images were 4.9 for Exaflex, 7.2 for Pattern resin, 9.0 for Tooth Shade Acrylic, 12.2 for XCP only, 14.8 for Impregum.
the lesser the standard deviation, the better the quality of the subtracted images.
2. The standard deviation of the grey scales of the overall subtracted images were grossly related to those of the localized horizontal line of interest.
3. Exaflex which showed the best subtracted image quality had 15 cases of straight, 14 cases of wave, 1 case of canyon shape. Impregum which showed the worst subtracted image quality had 4 cases of straight, 8 cases of wave, 18 cases of canyon shape respectively.

논문 사진부도 ①

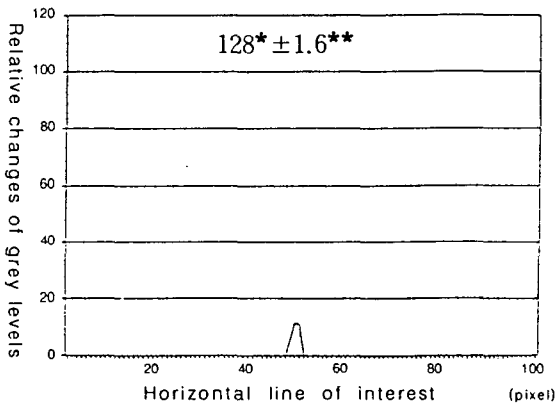


A

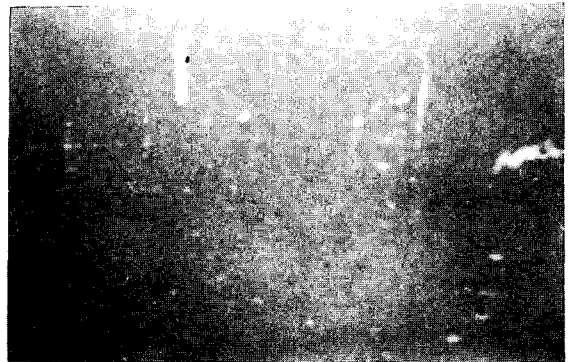


B

Fig. 1. Example of the straight shape of line profile with mean* and S.D.** of horizontal line of interest(A) and its entire image(B) in Exaflex(putty) block1 24hrs.



A



B

Fig. 2. Example of the straight shape of line profile with mean* and S.D.** of horizontal line of interest(A) and its entire image(B) in Pattern Resin block4 8wks.

논문 사진부도 ②

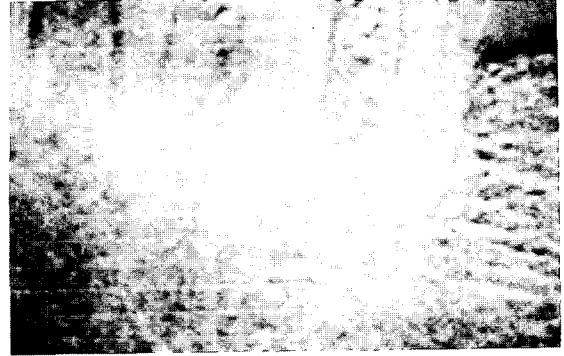
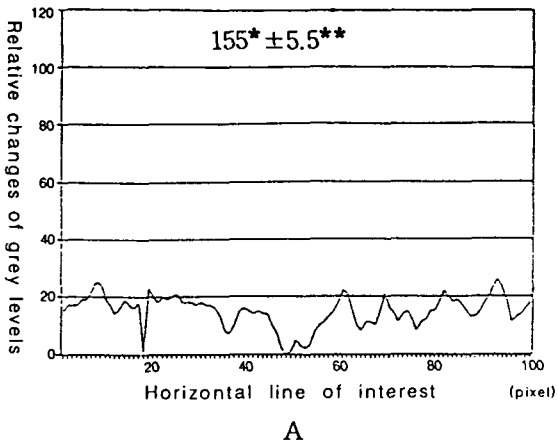


Fig. 3. Example of the wave shape of line profile with mean* and S.D.** of horizontal line of interest(A) and its entire image(B) in Tooth Shade Acrylic block5 16wks.

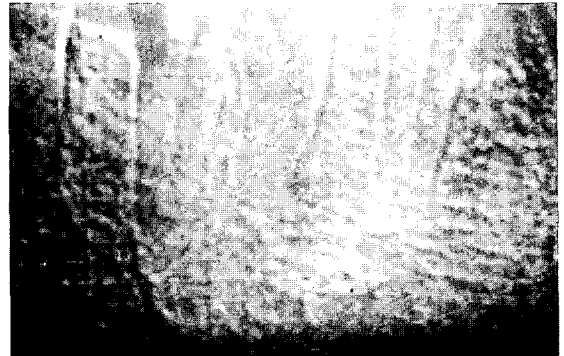
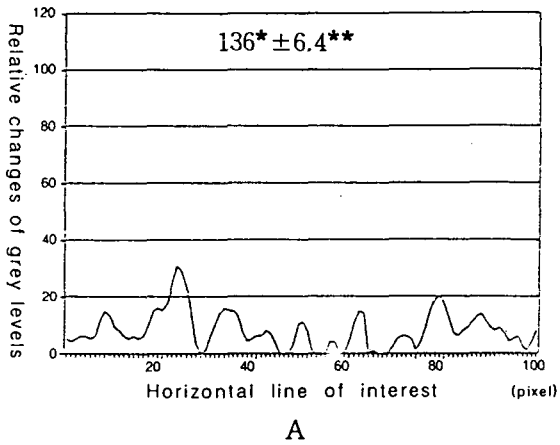
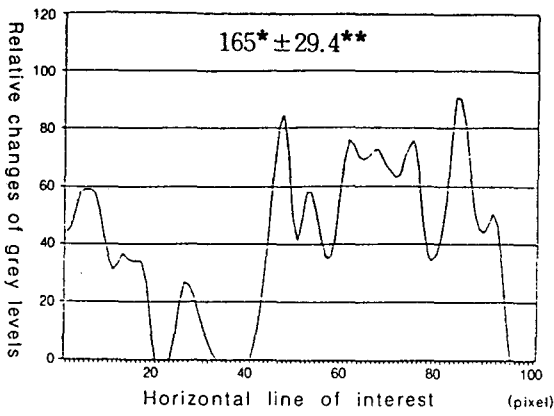
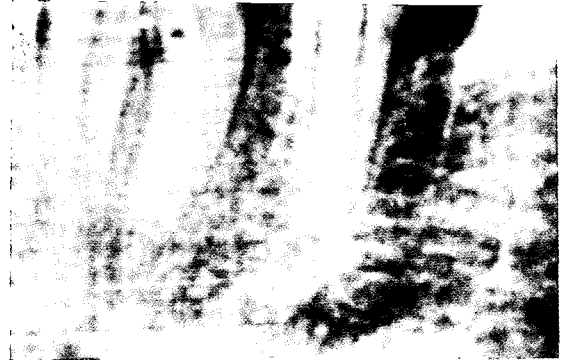


Fig. 4. Example of the wave shape of line profile with mean* and S.D.** of horizontal line of interest(A) and its entire image(B) in Pattern Resin block5 2wks.

논문 사진부도 ③

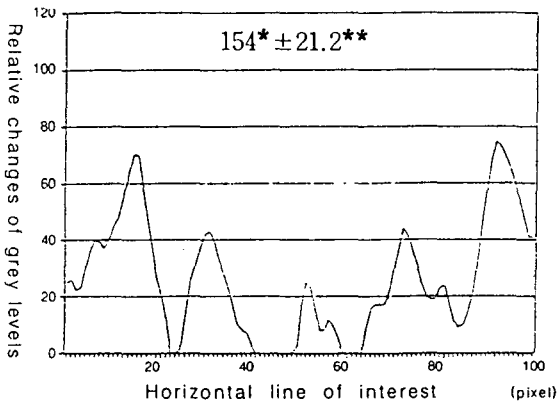


A



B

Fig. 5. Example of the canyon shape of line profile with mean* and S.D.** of horizontal line of interest(A) and its entire image(B) in Impregum block3 8wks.



A



B

Fig. 6. Example of the canyon shape of line profile with mean* and S.D.** of horizontal line of interest(A) and its entire image(B) in Impregum block5 4wks.