

사후 경과시간에 따른 치아경조직의 변화에 관한 연구

연세대학교 대학원 치의학과

유 선 남 · 김 종 열

목 차

- I. 서 론
 - II. 실험재료 및 방법
 - III. 연구성적
 - IV. 총괄 및 고찰
 - V. 결 론
- 참고문헌
영문초록

I. 서 론

인체는 사망하게 되면 일정한 변화가 진행되는 데 이러한 변화를 추적하여 사후 경과시간을 추정하는 것의 법의학 및 법치학 분야에서 대단히 중요한 과제의 하나이며 감정실부에서 반드시 해결해야만 하는 문제로서 수많은 선학들에 의하여 끊임 없이 연구되어 왔다.^{1), 2), 3), 4), 5)}

일반적으로 사후 경과시간은 동공확대, 근육이완, 안압지하, 각막혼탁, 체온강하 등 사후 즉시 일어나는 사정현상^{6), 7), 8)} 으로부터 사반, 사강 등의 조기민화^{9), 10), 11)} 자가용해, 부패, 시납화, 미이라화 및 백골화 등 반기사체현상^{12), 13)} 관찰하므로써 추정할 수 있다. 이러한 고전적 방법 외에 혈액, 근육의 pH, 각 장기의 비중, 경도 등 형태학적 변화, 장기내 요소변화 등 물리적, 화학적 및 조직학적 변화들이 이용될 수도 있다.^{14), 15), 16)}

그러나, 이와같은 방법은 대부분 사체 내 연조직을 검사하는 것으로써 연조직의 변화는 주위환경 특히 온도, 습도에 따라 너무나 빨리 진행되어 실제 감정에 응용할 수 없을 정도로 심하게 부패한 경우가 허다할 뿐 아니라 백골만 남아 있을 경우도 자주 보게되어 사후 경과시간의 추정은 더 더욱 어렵게 봉착하게 된다. 이에 반해 치아는 인체 장기 중 물리적으로 가장 안정성이 높으며 장시간에 걸쳐 서서히 변화한다는 점에 착안하여 치아 각 구조물의 변화를 토대로 한 사후 경과시간 추정에 관한 연구가 일부학자들에 의하여 시도된 바있다.^{17), 18), 19), 20), 21), 22), 23)}

즉, 中村,^{23), 24), 25)} 山本 등^{26), 27)} 은 치수의 사후변화에 대한 일련의 연구를 통해 수중, 토중, 공기 중에서 부패현상 및 부패속도를 관찰한 바 조상아세포, 치수 고유세포, 혈관의 순서로 위축, 붕괴, 소실현상을 보이며 부패속도는 Casper의 법칙과 일치하고 대기 중에서는 사후 1일에 세포의 핵농축, 위축, 배열부정, 공포형성을 보이며 7일내지 10일에 전 세포의 붕괴가 일어나며 점차 망상형을 나타내고 3개월 경과시 치수내에 큰 공동을 형성하게 되어 치수에서의 사후 경과시간 추정은 사후 3개월 이내의 것이 바람직하다고 보고한 바 있다.¹⁰⁾

법랑질표면의 균열은 Scott^{17), 18)} 에 의하면 치아의 모든 면에서 보이는 좁은 열구형태로서 법랑질 Lamellae의 외면에 보이며 연령이 증가해도 추적 증가는 없으나 더욱 뚜렷해 지는 것으로 사후 치아표면의 건조에 의해 균열형성이 증가될 것을 기대하여 山本,²⁸⁾ 玉出²⁹⁾ 등이 사람 및 가토에 대하여 발거 후 일정시간 경과 후 관찰한 결과 법랑질 표면에서는 균열의 발생을 보지 못했는데 그 이유는 발거 후 경과시간이 짧아 균열이 형성될 여유가 없는 것으로 생각되었고 반면 법랑질보다 유기질 함량이 훨씬 풍부한 백악질에서는 대부분 발거 후 시간경과에 따라 균열이 증가함을 보았다.

상아질에서의 사후변화에 대해 足代³⁰⁾ 는 상아세관내에는 유기물질이 풍부하여 수분 등에 의해 상아세관이 팽윤한다는 물리화학적 성질을 이용하여 성전의 전치를 발거 후 경과시간에 따른 팽윤도를 측정 한 바 토중에서 팽윤도가 일정하게 감소함을 알아 내었다.

이와같이 치아경조직을 이용한 사후 경과시간 추정은 사체가 고도로 부패되어도 치아경조직은 심한 조직학적 변화를 보이지 않기 때문에 법랑질, 백악질, 상아질의 물리적 변화를 검사하게 되면 법치학

적 감정실부에 유용할 것으로 사료되어 일본을 중심으로 한 일부 학자들에 의하여 연구되었으나 연구기간이 짧아 범랑질표면에서 특기할 만한 변화를 관찰하지 못하였으며 사람의 발거치에서는 시간경과에 따른 상아질팽윤도에 대한 연구가 시행된 바 없었다. 국내에서는 그 응용성이 높음에도 불구하고 이에 대한 연구가 거의 전무한 실정이므로 저자는 발거한 치아에 대하여 시간경과에 따른 범랑질, 상아질, 백악질의 물리화학적 점사를 시행하여 사후 경과시간 추정에 응용해 보고자 연구를 시행하였다.

II. 실험재료 및 실험방법

가) 실험재료

본 연구에 사용된 재료는 1983년 12월부터 1987



사진 1. 치아가 매몰된 Resin시편을 만들기 위한 Hand Press ($250\text{kg}/\text{cm}^2/5\text{min}$)



사진 2. Hand press로 가압, 성형된 Resin시편

년 9월 본 실험 직전까지 발거한 18세에서 85세에 이르는 남녀 환자의 치아 124개로서 치아우식이 거의 없는 것을 무작위로 선택하여 상아질 팽윤도 관찰군 60개, 치아표면 균열도 관찰군 64개로 구분하여 실내에 방치한 후 본 실험에 사용하였다.

나) 실험방법

1) 상아질 팽윤도 검사²⁶⁾

발거 후 실내에 방치한 치아는 해당시간이 경과한 후 즉시 10% Formalin수용액에 고정시켜 발거후 부터 팽윤도 측정시까지의 유기질의 변성을 방지하였다. 고정된 치아는 Resin으로 포매한 다음 (사진 1, 2) 경조식 절단기 (Model VELNUS, 小松商事株式會社. PR505) 상에서 교합면 및 절단면에 수직방향으로 $150\mu\text{m}$ 두께로 절단하였다.

(사진 3, 4)

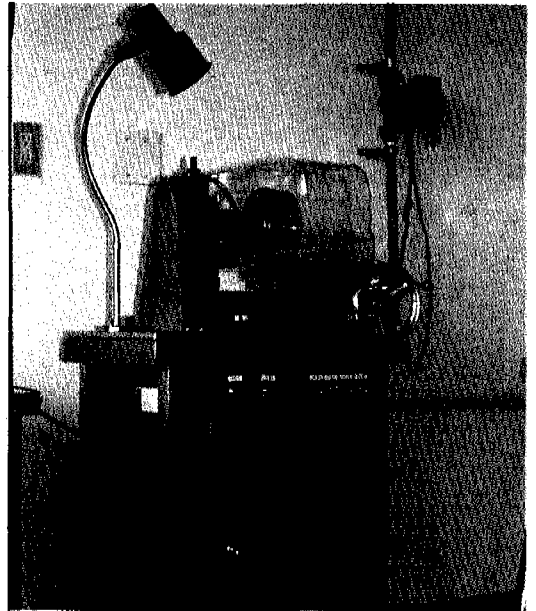


사진 3. 경조식 절단기



사진 4. $150\mu\text{m}$ 두께로 절단된 치아표본

다음 절단한 치아의 교합면 및 절단면과 치경부의 중간에 위치한 상아질층에서 상아세관에 직각 및 평행한 선을 1mm²의 크기로 날카로운 면도날로 표시하였다. (그림 1)

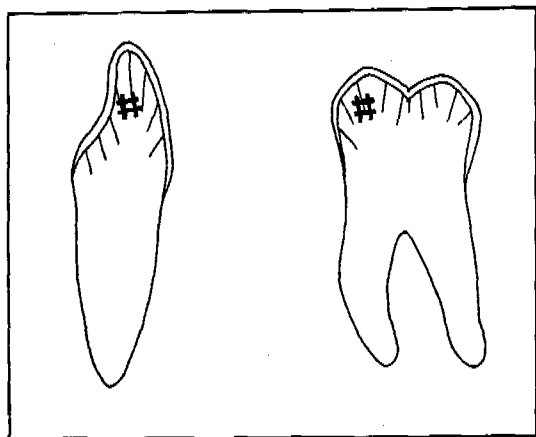


그림 1. 치아 표본에 표시된 측정 기준선

절편으로 만든 표본을 초음파세정기에 깨끗이 세정한 후 여지로 표면에 묻은 수분을 제거하고 순수 알콜에 넣어 탈수한 다음 건조기에서 59.5°C, 36시간 동안 건조시켰다. 건조 후 측시 현미경으로 상아질 표면에 표시한 선간의 최단거리를 측정할 후 제 3 인산칼슘 포화액을 이 절편상에 주입하여 15분 경과후 건조시 측정했던 동일부위에서 팽윤된 후의 거리를 측정하여 다음의 방법으로 팽윤도를 표시하였다.

$$\text{팽윤도}(\%) = \frac{l' - l}{l} \times 100$$

l 건조시의 길이

l' 제 3 인산칼슘 (Ca(PO₃)₂) 용액 주입 15분후의 길이

또한 팽윤도와 경과시간과의 관계를 알기 위하여 상관계수를 산출하였으며, 팽윤도를 독립변수로 보고 종속변수인 경과시간을 설명하기 위하여 (회귀분석에 의한) 회귀방정식을 유도하였다.

2) 법랑질 및 백악질표면의 균열도검사²⁰⁾

...해당기간동안 실내에 방치한 후 피검치아의 표면을 Alcohol로 깨끗이 세척한 후 치관부에서는 순협편을 위주로, 치근부에서는 인접면을 위주로 Stereoscope로 관찰하였다.

(Japan Olympus 323099, 배율30배)

III. 연구성적

가) 상아질 팽윤도

발거 후 경과시간과 팽윤도와의 관계는 표 1에서 보이는 것처럼 팽윤도는 발거 후 급격히 증가하고 약 8시간 후에 최고치에 도달했으며 발거 후 7개월까지 비교적 높은 수치를 나타내었고 그후 서서히 감소하는 경향을 보였으나 불규칙하고 산만한 수치를 보였다. (도표 1)

표 1. 피검치아의 상아질 팽윤도 측정치

발 거 일	발 거 후 경과시간	연령	성별	부위	상아질 팽윤도	
1	87. 10. 5	1시간	44	F	7	6.63±5.89
2	10. 5	1시간	25	M	8	7.63±5.07
3	10.5	2시간	58	M	8	7.52±2.00
4	10.5	4시간	26	F	8	9.22±1.86
5	10. 5	4시간	31	M	1	11.39±4.64
6	10. 5	8시간	26	M	8	15.27±8.03
7	10. 5	16시간	26	F	8	15.68±0.59
8	10.2	24시간	42	F	8	11.20±6.04
9	10.2	72시간	36	F	8	10.78±3.36
10	87. 8.17	1개월	33	M	5	7.94±1.56
11	8.13	1개월	34	F	2	6.35±1.71
12	8. 7	2개월	43	M	6	7.26±5.22
13	4.11	6개월	44	F	8	8.59±1.74
14	3.29	7개월	27	F	8	8.83±5.40
15	2. 1	8개월	25	M	8	4.73±1.42
16	86.12.28	10개월	47	M	8	3.94±1.18
17	11.27	11개월	24	M	8	5.83±2.11
18	10.17	12개월	69	M	8	3.99±1.61
19	9.14	13개월	34	M	2	3.15±0.89
20	9.13	13개월	40	M	8	2.82±1.29
21	9. 9	13개월	35	M	8	3.10±0.10
22	8.29	14개월	26	M	8	5.42±2.42
23	8. 2	14개월	23	M	8	4.23±2.27
24	6.2	16개월	63	F	2	3.62±0.29
25	4.28	18개월	72	F	1	3.45±0.88
26	4.21	18개월	51	F	5	3.32±1.17
27	1.20	21개월	65	F	6	2.38±0.74
28	85. 6.16	28개월	65	F	6	3.82±1.29
29	6. 7	28개월	65	F	8	3.75±1.14
30	6. 1	28개월	85	F	5	2.76±1.45
31	5.15	29개월	74	M	4	3.48±1.36

32	5. 10	29개월	52	M	3	2.22±0.87
33	5. 6	29개월	42	M	7	3.36±1.21
34	4. 29	30개월	29	F	8	3.14±1.90
35	4. 12	30개월	71	M	4	2.95±1.34
36	4. 11	30개월	51	F	8	3.57±2.31
37	4. 10	30개월	52	M	7	1.39±1.84
38	4. 8	30개월	62	F	5	2.15±1.13
39	3. 18	31개월	64	F	1	2.05±1.97
40	1. 22	33개월	53	M	3	3.48±0.96
41	84. 12. 17	34개월	74	F	3	2.87±0.91
42	12. 14	34개월	53	F	7	2.48±1.01
43	11. 2	35개월	19	M	4	1.00±0.10
44	11. 14	35개월	56	M	5	2.51±0.48
45	11. 7	35개월	35	F	8	1.65±1.24
46	10. 24	36개월	81	M	3	2.08±2.51
47	10. 24	36개월	39	M	7	3.52±0.71
48	10. 21	36개월	71	F	7	2.77±0.00
49	9. 13	37개월	41	M	8	3.01±0.51
50	7. 16	39개월	18	F	6	3.27±0.00
51	6. 30	40개월	70	F	5	1.16±0.72
52	5. 29	41개월	39	M	3	1.33±0.05
53	4. 24	42개월	50	F	7	2.04±0.79
54	3. 27	43개월	23	F	8	2.76±0.98
55	3. 20	43개월	75	M	4	2.66±1.08
56	3. 2	43개월	53	F	7	3.23±0.52
57	2. 9	44개월	37	M	8	2.58±1.40
58	1. 27	45개월	53	M	8	1.94±0.13
59	83. 12. 17	46개월	41	M	2	2.14±0.97
60	12. 7	46개월	70	F	1	2.63±0.51

평균도와 경과시간과의 상관분석결과 상관계수는 $-0.35 (P < 0.05)$ 로 나타나 평균도와 경과시간간에는 역상관관계가 있는 것으로 나타났으며 직선 회귀 방정식은 다음과 같다.

$$y = 29.43 - 1.13x \quad (y: \text{경과시간}, x: \text{평균도})$$

상관계수 $r = -0.35$

회귀계수 $B = -1.13$

유의수준 $P < 0.05$

결정계수 $r^2 = 0.12$

표준편차 $S. D = 12.40$

상관분석의 유의도 검증은 t^* 통계량을 이용하며, 직선회귀분석에 대해서는 F^* 통계량을 이용하는데 각각의 분석결과는 공히 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. ($P < 0.05$)

측정된 평균도를 이용한 직선회귀분석에서 추정사후 경과시간 y 를 설명하는데 평균도 x 가 얼마나 기여하는 지를 나타내는 상관계수 (Squared Correlation Coefficient) r^2 은 0.12로 나타났으며 이것은 종속변수에 대한 독립변수 전체의 설명력을 100%로 볼 때 독립변수인 평균도가 종속변수인 경과시간을 12%를 설명할 수 있다는 것을 의미한다. 여기서 유도된 회귀방정식에 의한 추정사후 경과시간은 표 2와 같다.

표 2. 실제경과시간과 회귀방정식으로 산출된 경과시간과의 비교

표본	실제경과시간	회귀방정식으로 산출된 경과시간	
	Y value	Y estimate	Residual
1	46.00	28.47	17.52
2	46.00	26.14	19.85
3	46.00	22.95	23.04
4	46.00	20.80	25.19
5	46.00	26.03	19.96
6	46.00	26.85	19.14
7	45.00	27.33	17.66
8	45.00	27.12	17.87
9	44.00	27.63	16.36
10	44.00	25.38	18.61
11	43.00	26.19	16.80
12	43.00	25.34	17.65
13	42.00	27.83	14.16
14	42.00	27.41	14.58
15	42.00	26.09	15.90
16	41.00	27.96	13.03

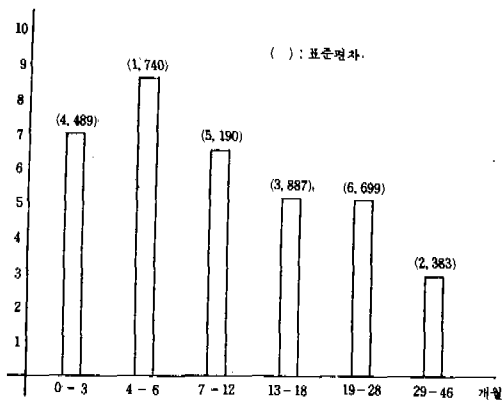


도표 1. 경과시간에 따른 평균도

17	41.00	27.88	13.11	61	13.00	25.38	-12.38
18	39.00	25.71	13.28	62	13.00	26.88	-13.88
19	37.00	25.43	11.56	63	13.00	25.52	-12.52
20	37.00	21.32	15.67	64	29.00	27.41	1.58
21	37.00	26.59	10.40	65	29.00	25.99	3.00
22	36.00	31.75	4.24	66	29.00	27.71	1.28
23	36.00	26.99	9.00	67	29.00	27.29	1.70
24	36.00	26.82	9.17	68	29.00	27.74	1.25
25	36.00	26.82	9.17	69	29.00	25.30	3.69
26	36.00	24.15	11.84	70	30.00	26.96	3.03
27	36.00	16.28	9.71	71	30.00	26.73	3.26
28	36.00	25.43	10.58	72	30.00	29.43	0.56
29	36.00	24.03	11.96	73	30.00	26.45	3.54
30	35.00	27.79	7.20	74	30.00	26.76	3.23
31	35.00	26.82	8.17	75	30.00	25.65	4.34
32	35.00	26.19	8.80	76	29.00	21.86	7.13
33	35.00	29.43	5.56	77	29.00	24.98	4.01
34	35.00	26.96	8.03	78	29.00	21.86	7.13
35	35.00	26.19	8.80	79	29.00	21.02	7.97
36	34.00	27.35	6.64	80	29.00	24.95	4.04
37	34.00	25.77	8.22	81	29.00	26.85	2.14
38	35.00	23.96	10.03	82	35.00	28.19	6.80
39	34.00	25.12	8.87	83	35.00	29.43	5.56
40	34.00	26.52	7.47	84	35.00	29.43	5.56
41	34.00	26.94	7.05	85	30.00	29.43	0.56
42	34.00	27.88	6.11	86	30.00	31.50	-1.50
43	33.00	24.70	8.29	87	30.00	27.71	2.28
44	33.00	26.25	6.74	88	30.00	26.76	3.23
45	31.00	29.43	1.56	89	30.00	25.56	4.43
46	31.00	23.85	7.14	90	30.00	27.98	2.01
47	31.00	27.96	3.03	91	30.00	25.30	4.69
48	31.00	24.50	6.49	92	40.00	7.14	32.85
49	30.00	24.15	5.84	93	40.00	26.75	13.24
50	30.00	28.29	1.70	94	40.00	24.19	15.80
51	30.00	25.15	4.84	95	40.00	28.24	11.75
52	30.00	27.33	2.66	96	40.00	27.90	12.09
53	30.00	26.52	3.47	97	40.00	29.43	10.56
54	26.00	25.38	0.61	98	40.00	27.23	12.76
55	26.00	27.41	-1.41	99	40.00	27.76	12.23
56	26.00	25.01	0.98	100	21.00	19.34	1.65
57	26.00	23.76	2.23	101	21.00	26.50	-5.50
58	26.00	23.94	2.05	102	21.00	26.03	-5.03
59	13.00	26.91	-13.91	103	21.00	26.19	-5.19
60	13.00	24.57	-11.57	104	21.00	-9.32	30.32

105	21.00	26.59	- 5.59	149	2.00	22.95	-20.95
106	16.00	25.38	- 9.38	150	2.00	7.22	- 5.22
107	16.00	25.07	- 9.07	151	2.00	25.07	-23.07
108	16.00	25.07	- 9.77	152	2.00	20.70	-18.70
109	16.00	25.07	- 9.07	153	6.00	20.23	-14.23
110	13.00	29.43	-16.43	154	6.00	21.32	-15.32
111	13.00	29.43	-16.43	155	6.00	18.62	-12.62
112	13.00	27.51	-14.51	156	6.00	21.47	-15.47
113	13.00	25.77	-12.77	157	6.00	16.23	-10.23
114	13.00	29.43	-16.43	158	6.00	20.23	-14.23
115	11.00	-2.64	13.64	159	13.00	28.06	-15.06
116	11.00	22.51	- 11.51	160	13.00	27.09	-14.09
117	11.00	19.97	- 8.97	161	13.00	25.18	-12.18
118	11.00	24.57	-13.57	162	13.00	24.27	-11.27
119	11.00	23.04	-12.04	163	13.00	25.92	-12.92
120	11.00	22.95	-11.95	164	13.00	27.07	-14.07
121	10.00	25.02	-15.02	165	14.00	23.46	- 9.46
122	10.00	26.48	-16.48	166	14.00	23.96	- 9.96
123	10.00	25.30	-15.30	167	14.00	23.13	- 9.13
124	10.00	25.81	-15.81	168	14.00	23.94	- 9.94
125	10.00	23.26	-13.26	169	14.00	23.76	- 9.76
126	8.00	25.52	-17.52	170	14.00	27.44	-13.44
127	8.00	22.62	-14.62	171	14.00	25.52	-11.52
128	8.00	21.32	-13.32	172	14.00	25.43	-11.43
129	8.00	24.42	-16.42	173	14.00	29.43	-15.43
130	8.00	25.94	-17.94	174	14.00	19.97	- 5.97
131	8.00	25.58	-17.58	175	14.00	23.46	- 9.46
132	8.00	23.76	-15.76	176	14.00	25.77	-11.77
133	8.00	23.13	-15.13	177	14.00	18.62	- 4.62
134	7.00	19.70	-12.70	178	14.00	23.21	- 9.21
135	7.00	18.49	-11.49	179	14.00	23.13	- 9.13
136	7.00	20.87	-13.87	180	14.00	11.41	2.58
137	7.00	5.11	1.88	181	14.00	10.80	3.19
138	7.00	21.51	-14.51	182	14.00	18.36	- 4.36
139	7.00	19.70	-12.70	183	14.00	23.69	- 9.69
140	7.00	33.90	-16.90	184	12.00	26.09	-14.09
141	7.00	23.76	-16.76	185	12.00	24.19	-12.19
142	2.00	21.86	-19.86	186	12.00	14.70	-12.70
143	2.00	23.94	-21.94	187	12.00	22.11	-10.11
144	2.00	19.65	-17.65	188	12.00	24.03	-12.03
145	2.00	23.46	-21.46	189	12.00	27.76	-15.76
146	2.00	24.70	-22.70	190	18.00	19.11	- 1.11
147	2.00	22.34	-20.34	191	18.00	24.36	- 6.36
148	2.00	25.52	-23.52	192	18.00	20.87	- 2.87

193	18.00	23.26	- 5.26
194	18.00	11.70	6.29
195	18.00	17.36	0.63
196	18.00	18.08	- 0.86
197	18.00	24.50	- 6.50
198	28.00	25.07	2.92
199	28.00	23.01	4.98
200	28.00	25.77	2.22
201	28.00	25.65	2.34
202	28.00	26.36	1.63
203	30.00	27.16	2.83
204	30.00	20.87	9.12
205	30.00	22.76	7.23
206	30.00	24.77	4.22
207	30.00	25.15	4.84
208	30.00	25.52	4.47
209	30.00	29.43	0.56
210	30.00	25.38	4.61
211	28.00	26.52	1.47
212	28.00	22.07	2.92
213	28.00	24.60	3.39
214	28.00	28.44	-0.44
215	28.00	26.28	1.71
216	28.00	24.70	3.29
217	43.00	25.38	17.60
218	43.00	27.41	15.53
219	43.00	27.54	15.43
220	43.00	27.12	15.87
221	43.00	26.79	16.20
222	43.00	24.39	18.60
223	43.00	25.65	17.34
224	43.00	26.04	16.95
225	50.00	26.91	23.08
226	50.00	27.54	22.45
227	50.00	26.23	23.76
228	50.00	27.02	22.97
229	50.00	24.39	25.60
230	50.00	27.02	22.97

남녀 및 연령증가에 따른 차이는 보이지 않아 성
차 및 증령이 평윤도에 별 영향을 주지 않음을 알
수 있다. ($P>0.05$)

나) 치아표면 균열도 검사

1) 법랑질표면균열도

위의 표 3에서 보이는 바와 같이 발거 후 1년
경과할 때까지 법랑질 표면의 균열형성은 관찰할
수 없었으나 이후 점차 균열이 생기기 시작하여 20
개월을 전후해서는 더욱 증가하여 수지상을 형성하
기 시작했다. 이후 균열은 계속적으로 증가하는 경
향을 보여 22개월 경과 후 노인층치아의 법랑질 표
면은 망상형의 심한 균열양상을 보인 경우도 있다.
(표 3)

표 3. 법랑질 및 백악질 표면의 균열도

	발 거 일	발 거 후 경과시간	연령	성별	부위	법랑질	백악질
1	87. 9.9	1개월	57	M	4	0	0
2	9.2	1개월	34	M	1	0	0
3	8.6	2개월	25	M	5	0	0
4	8.6	2개월	54	F	8	0	1
5	7.3	3개월	45	M	5	0	1
6	6.17	4개월	27	F	8	0	0
7	6.5	4개월	21	F	8	0	1
8	5.30	4개월	14	F	5	1	1
9	5.4	5개월	56	M	7	1	2
10	5.4	5개월	35	M	7	0	1
11	5.1	5개월	45	M	1	0	0
12	4.27	6개월	21	F	7	0	1
13	4.26	6개월	36	M	8	0	1
14	4.21	6개월	45	F	67	0	1
15	4.11	6개월	28	M	8	0	0
16	4.5	6개월	46	F	1	1	2
17	3.19	7개월	69	M	4	1	3
18	3.4	7개월	29	F	7	0	2
19	2.10	8개월	39	M	5	0	2
20	86.12.29	9개월	23	M	용	2	2
21	12.11	10개월	24	M	8	1	2
22	12. 9	10개월	44	M	8	0	3
23	12. 1	10개월	48	F	6	2	4
24	11.28	10개월	23	M	8	0	2
25	11.28	10개월	21	M	5	1	2
26	11.20	11개월	27	M	용	0	1
27	11.18	11개월	24	M	1	0	0
28	11. 8	11개월	23	M	8	0	1
29	10.30	12개월	22	M	8	2	2
30	10.24	12개월	25	M	용	2	2
31	10.24	12개월	23	F	용	0	2
32	10.21	12개월	21	M	8	1	2
33	10.13	12개월	24	F	용	3	3

34	10.10	12개월	24	M	8	3	3
35	86.10.1	12개월	23	M	8	2	2
36	9.13	13개월	37	M	8	2	2
37	9.5	13개월	21	M	8	0	2
38	9.3	13개월	22	F	8	2	2
39	8.7	14개월	36	F	1	1	2
40	6.13	16개월	45	M	6	2	2
41	5.31	16개월	29	M	8	2	3
42	5.31	16개월	35	M	8	2	2
43	5.17	17개월	30	F	8	2	3
44	5.10	17개월	16	M	2	2	3
45	5.6	17개월	30	M	8	3	3
46	2.8	20개월	29	F	5	2	3
47	1.8	21개월	43	M	8	3	4
48	85.12.19	22개월	67	M	1	4	4
49	12.18	22개월	59	F	3	4	4
50	12.12	22개월	46	M	3	3	4
51	11.17	23개월	23	F	8	2	2
52	11.14	23개월	34	M	8	2	2
53	10.17	24개월	27	F	2	3	3
54	9.16	25개월	58	F	1	4	4
55	9.13	25개월	68	F	5	4	4
56	7.19	27개월	35	M	8	0	2
57	6.27	28개월	30	M	8	2	3
58	5.17	29개월	49	F	1	3	4
59	4.10	30개월	40	M	7	2	3
60	1.16	33개월	64	M	2	3	4
61	10.13	33개월	37	F	8	2	3
62	12.27	34개월	28	F	2	2	3
63	12.14	34개월	23	M	1	3	3
64	6.7	40개월	69	M	7	3	4

- 0 : 균열이 보이지 않음
 1 : 균열을 인정할 수 있으나 일부에 국한
 2 : 균열이 굵고 치관 또는 치근에 확대
 3 : 균열이 수지상을 형성하기 시작
 4 : 균열이 수지상 또는 망상형

남녀별 차이는 인정할 수 없었으며 연령증가에 따라 균열이 더욱 심한 양상을 보였으나 발거 후 경과시간이 균열에 훨씬 큰 영향을 미치는 것을 볼 수 있다. (사진 5, 6, 7)

2) 백악질표면 균열도 검사

발거 직후 대부분의 백악질 표면에서 균열은 보이지 않거나 일부에서만 관찰되었으나 발거 후 3개월부터 서서히 균열이 일어나기 시작하였다. 균열양상은 처음 직선 또는 곡선상의 큰 균열이 생기고 시간경과에 따라 서서히 증가하여 6개월 후에는 수지상을 나타내는 치아가 보였으며 16개월 경

과후 균열은 대단히 명료해지고 많은 치아에서 수지상을 보였으며 이후 균열은 계속적으로 증가하였다. 법랑질에서와 마찬가지로 노인층의 치아에서 더욱 현저한 균열을 볼 수 있었으며 법랑질표면의 균열도와 비교하면 균열이 출현하는 시기가 훨씬 빠르며 더욱 넓게 균열이 분포된 것을 관찰할 수 있었다. (사진 8, 9, 10)

IV. 총괄 및 고찰

사후 경과시간을 추정하는 문제는 고래로부터 법의학 및 법치학 분야의 깊은 관심사이며 반드시 해결해야 할 문제임은 주지의 사실로서 사체 주위의 상태를 주의 깊게 관찰함으로써 대개는 어렵지 않게 해결할 수 있다. 그러나, 사체가 고도로 부패되거나 백골화할 경우 지금까지의 고전적 방법으로는 한계에 부딪힐 수 밖에 없다. 이러한 문제를 해결하기 위한 한 방법으로 골조직 및 치아 경조직을 이용한 사후 경과시간 추정이 일부 학자들에 의하여 시도되어 왔다.^{27, 28, 30, 31} 특히 학자에 따라 약간의 차이는 보이나^{18, 20, 30} 법랑질, 상아질 및 백악질에서 각각 97%, 69%, 65%의 무기물을 함유하고 있어서 치아의 구성 성분이 대부분 무기물을 함유하고 있어서 치아의 구성성분이 대부분 무기질로 이루어졌다는 점과 이런 무기질은 대단히 견고하고 석회화한 조직이므로 변화가 서서히 일어난다는 점에 착안하여 법랑질 및 백악질표면의 균열을 사후 경과시간 추정에 이용하게 되었다.

玉田³⁰은 발거치아를 여러 환경 속에 방치해 치관 및 치근의 표면변화를 관찰하고 균열이 생성되는 원인, 양상 등을 여러가지 측면에서 보고하였는데 특히 열역학적 및 재료역학적 영향에 대해 깊이 연구하였다. 균열의 수, 깊이 등 균열양상은 치아가 놓인 환경상태 즉, 수중, 설중, 대기중 인가에 따라 달리 나타나 균열은 결국 치아표면의 건조, 습윤의 변화속도에 따라 좌우되는 것으로 알려졌는데 이러한 건조는 치아성분중 유기물의 함량에 따라 달라지기 때문에 법랑질보다 유기물 및 수분의 함량이 많은 백악질에서 균열도가 높고 균열이 빨리 형성되는 것을 볼 수 있다. 균열모양은³⁰ 대기중에서는 건조가 빠르기 때문에 부정형이며 토중 및 설중에서는 건조의 속도가 느려짐에 따라 균열은 가늘고 수지상을 이루며 수중에서는 건조가 거의 일어나지 않으므로 균열은 관찰할 수 없으며 균열의 깊이³⁰에 대하여 치아의 장축과 직각으로 잘라 단면을 점사한 결과 대기중 생긴 균열은 깊고

상아질까지 뻗어있는 경우가 많으며 적설하에 방치한 치아의 균열은 비교적 열고 상아질까지 도달한 예는 보이지 않음이 밝혀진 바 있다. 본 실험에서 법랑질표면의 균열은 약 1년후부터 나타나고 이후 점차로 증가하는 경향을 보였으나 다른 학자들의 연구에서는 발거 후 방치기간이 짧아 법랑질 표면의 균열을 관찰할 수 없기 때문에 서로 비교할 수 없었지만 백악질 표면에서는 발거 3개월후부터 균열이 증가하기 시작한 반면 山本^{26, 27)}은 직선 및 곡선상의 균열이 발거 후 50일경부터, 玉田²⁸⁾은 60일경부터 균열이 시작되어 100일째 매우 명료하고 깊은 균열이 생긴다하여 본 실험결과와 비교할 때 다소 빨리 진행되었는데 이러한 치아는 다음의 여러 가지 면에서 고려될 수 있다.

먼저 균열의 원인²⁹⁾을 전조라 할 때 전조라는 것은 습도의 변화에 관한 상태로 단위체적의 공기중에 포함되어 있는 수증기의 양(e)은 동 온도의 포화상태의 수증기(E)의 몇%에 해당하는가를 현재 공기의 상대 습도라 할 때 $e/E \times 100$ 이라 할 수 있다. 즉 공기 중에 포함되는 수증기의 양이 동일 하더라도 온도가 틀리면 포화수증기가 서로 다르기 때문에 상대습도가 달라지게 된다. 공간이 포화수증기로 채워져 있을 경우 수분을 포함한 물질로부터의 증발은 일어나지 않고 만일 공기중 포함되어 있는 수분이 포화수증기양을 초과하고 있으면 응결이 일어나게 된다. 따라서 공간의 수증기양이 포화수증기양 이하일 때 그에 비례해서 증발 즉 건조현상이 일어나게 된다. 이러한 각 환경의 건조차로 인해 균열도가 각 연구자에 따라 차이가 있는 것으로 추측되며 값정실무에서는 이러한 환경을 고려해야만 정확한 사후 경과시간 투정을 할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 백악질의 석회화 정도 등 구성성분의 차가 균열형성에 영향을 주는 것으로 알려졌는데 구성성분은 선천적 및 후천적 차이를 보이며 선천적 요소로서 치근이 완성되기까지 석회화 정도의 차이이며 후천적인 것으로는 세포성 백악질의 양을 들 수 있다. Furseth,³⁾ Gottlieb⁷⁾ 등에 의하면 백악질은 상아질과 마찬가지로 일생동안 형성되는데 주로 치근단 부위와 다근치의 분기부에서 일어나며 침착된 치근단부 백악질은 세포성으로 증명에 따라 증가하는 변화로서 원래의 백악질 위에 2차적으로 침착하는데 석회화 정도가 다소 저하된다고 하였다. 이와같이 석회화 정도가 낮은 세포성 백악질은 치근의 전면에 분포되는 경우도

있고 치근단에 국한되는 경우도 있다.³⁰⁾ 따라서 세포성 백악질이 적을수록 균열 발생은 어려울 것으로 생각되고 이것이 각 실험간의 차이를 보이는 요소로서 작용함을 알 수 있고 또한 세포성 백악질 침착이 연령의 증가와 비례하는 점과 백악질 증식은 치아의 피동적 맹출과 관계가 있어 교합면의 교모를 보상해 주어 기존 백악질층에 부가적으로 나타남을 고려할 때 깊은층보다 노인층에서 균열이 더 현저한 것을 이해할 수 있다.

치아경조직의 균열현상의 차는 재료학적으로 볼 때³⁰⁾ 치아의 경조직에는 공극(Pore)이 존재하여 이것이 치아의 역할에 커다란 영향을 주는 바 치아도 일종의 다공성 매질로서 그 공극율은 $n = V_p / V_b$ (V_p 는 공극의 체적, V_b 는 조성고체의 체적)로 나타내며 치아에 내재하는 공극에는 외부로 통하는 공극과 외부와 유통이 없는 공극이 있으며 유효공극율은 110°C, 48시간 건조 후의 중량차로 구할 수 있다. 즉 $n_e = V_{pore} / V_{dry} \times 100\%$ 로 치아에서 측정해 보면 법랑질 22%, 백악질 11.3%로 나타났다. 건조상태에서 매질의 압축율은 $C_b = C_s + n C_p$ (C_b 는 고체, 즉 경조직의 압축율, C_s, C_p 는 구성물질 및 공극의 압축률)로 공극율의 증가에 따라서 전체의 압축율은 크고 파괴가 쉽게 일어나게 된다. 이와같은 관점에서 보아도 백악질이 법랑질보다 파괴가 빨리 진행되는 것을 알 수 있다.

한편, 상아질내에는 20%의 유기질을 포함하고 있으며 유기질은 주로 교원섬유와 여러종류의 다당류 기질로 구성되어 있고 이 유기질은 수분 등에 의해 팽윤하는 성질이 있어 발거 후 팽윤상태에 대해 足代³¹⁾는 성견 전치부에서 실험한 결과, 토층 매물치아에서 사후 팽윤곡선은 비중곡선과 역의 관계를 나타내 비중이 작을 때 팽윤도는 증가함을 밝혔는데 토중에서 사후 18시간 경과시 팽윤도는 최대가 되며 이후 점차 감소되가는 양상을 나타냈고 공기 중에 방치한 치아의 팽윤도 측정치는 불규칙한 것으로 보고한 반면 사람의 치아에 대한 본 실험에서 팽윤도는 발거후 7개월까지 높은 수치를 나타내고 이후 감소하는 소전을 보며 성견과는 커다란 차이를 보일 뿐만 아니라 실험대상, 기간, 조건 등이 상이해 비교는 별 의미가 없다하겠다.

상아질을 팽윤시키는 물질로 증류수는 치아무기질의 용출을 초래하여 적당하지 않은 것으로 알려졌다³²⁾ 치아무기질은 대부분 제 2인산칼슘($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), $\text{Ca}_2\text{H}_2(\text{PO}_4)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Ca}_5(\text{P}$

O₂:OH, 무정형 인산칼슘등 여러종류의 인산칼슘 화합물로 형성되어 있는데 CaHPO₄·2H₂O는 치석이나 타액결석에서, Ca₈H₂(PO₄)₆·5H₂O는 치석에서 자주 발견되고 무정형인산칼슘은 수용액 상태에서 매우 불안정하며 급속히 가수분해되어 다른 인산칼슘이 되며 기본 인산칼슘인 Ca₃(PO₄)₂, Ca₅(PO₄)₃:OH는 앞의 세종류 인산칼슘이 가수분해해서 형성하는 물질로 Hydroxyapatite의 특성을 나타내 제 3 인산칼슘 용액이 다른 어떤 용액보다 상아질 팽윤액으로 적절함이 인정되었다. 본 연구에 사용한 회귀분석 (Regression) 모형에 대한 검정은 잔차 분석 (Residual Analysis)을 통해 알 수 있으며 이론적으로 회귀모형이 타당성을 갖기 위해서는 잔차 (Residual: 실제 사후 경과시간과 추정 사후 경과시간과의 차이) 들을 산포도로 나타내었을 때 정규분포를 하고, 중심값 0를 중심으로 좌우측으로 균일하게 (randomized) 분포해야 하는데 본 연구에서는 이 조건들을 모두 충족시켜 회귀방정식을 받아들이는 데 무리가 없었다. (P<0.05)

상아질 팽윤에 관여하는 인자는²⁰⁾ 부패와 동시에 사후 계속 진행되는 재결정을 고려할 수 있지만 부패의 진행속도를 dx/dt, 재결정속도를 dy/dt로 할 때 이 양자간의 작용이 균형을 이룰 때 팽윤최대치로 足代는 팽윤도를 S, 시간을 t라고 하면 ds/dt=0의 점이므로 시간적 변화에 대하여 S의 변화가 없는 점이라 하였다. 그 이후는 재결정의 방향의 영향이 상아질 전면에서 나타나 팽윤도는 점점 낮아져 재결정속도의 증가율이 감소하게 된다고 보고하였고 발거 후 일정기간동안 팽윤도가 증가하는 이유는 부패에 의한 분해와 pH저하로 인한 무기질의 탈회작용에 의한 것으로 추측하였다.

성견의 실험에서 토중매물시 가장 안정된 팽윤도 곡선을 보이는 것은 부패속도는 주위의 상태 즉, 공기의 유무 및 정도, 습기, 온도 등에 따라 결정되는데 토중에서 이러한 변화가 가장 적기 때문이 아닌가 생각된다.²⁰⁾ 이와 더불어 상아세관이 최대 팽윤 후 원만히 감소되는 것은 부패단백의 유리에 의해 단백질이 적게되어 세공이 많은 석회화 조직으로 되기 때문에 재석회화에 의한 비중의 증가로 함유단백질양은 대단히 적어지므로 단백질의 팽윤에 의한 신장은 억제되는 것으로 생각된다.

부패는 유기적 상태에서 무기적 상태로 가는 것이라 할 때 상아질내 유기물이 무기물로 되어 비중은 어느 정도 증가한 후 한계에 부딪히게 될때까지

팽윤도는 감소한 후 커다란 변화를 보이지 않으리라고 추측된다.

이상의 결과로 볼 때 사후 경과시간 추정시 치아의 팽윤도 및 치아 표면의 균열도를 함께 병행하여 검사하면 법의학적 감정실무에 유용할 것으로 사료된다.

V. 결 론

저자는 1983년 12월부터 1987년 9월까지 발거한 18세에서 85세에 이르는 한국인 남녀의 치아 124개를 대상으로 발거 후 경과시간을 추정하기 위하여 상아질 팽윤도, 법랑질 및 백악질 균열도를 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 상아질 팽윤도는 발거 후 급격히 증가하여 7개월 경과시까지 비교적 높은 수치를 나타내고 그 후 서서히 감소하는 경향을 보였다.
2. 팽윤도 x에 대한 경과시간 y를 설명하기 위한 회귀방정식은 $y=29.43-1.13x$ 였다. (P<0.05)
3. 법랑질 표면의 균열은 발거 1년후 형성되기 시작하여 20개월을 전후하여 현저히 증가하는 양상을 보였다.
4. 백악질에서는 발거 후 3개월부터 균열이 일어나기 시작하여 16개월 경과시 수직상균열이 시작되었으며 이후 균열은 계속 증가하였으며 법랑질과 비교할 때, 균열속도는 더욱 빨리 진행되었다.
5. 상아질 팽윤도와 법랑질 및 백악질표면의 균열도 검사를 병행할 경우 특히 사후 장시간 경과된 사체의 사후 경과시간추정에 유용할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Battistone, G.C. and Burnett, G.W.; The aminoacid composition of human dentinal protein. J. Dent. Res., 35:255, 1956.
2. Bhaskar, S.N.; Orban's oral histology and embryology. 8th Ed., Mosby. 1976.
3. Bhussary, B.R., and Bibby, B.G.; Surface change in enamel. J. Dent. Res., 36:409, 1957.
4. Brown, A., and Marshall, T.K.; Body temperature as a means of estimating the time of death. Forens. Sci., 4:125, 1974

5. Chowdhuri, S.; Histological study of brain tissue with regard to determining time of death. *Jap. J. Legal. Med.*, 28(2) 137-142, 1974.
6. Cottone, J.A., and Standish, S.M.; Outline of forensic dentistry. Year Book. Med. Pub., 1982.
7. Eastoe, J.E.; Composition of the organic matrix of cementum. *J. Dent. Res.*, 54: 137, 1975
8. Furseth, R.J.; The fine structure of the cellul cementum of young human teeth. *Arch. Oral. Biol.*, 14:147, 1969.
9. Gottlieb, B.; Biology of cementum. *J. Periodont.*, 13:13, 1942.
10. Hiduka, K.; Histopathological studies on the pulps of teeth in the cases of sudden death. *Jap. J. Legal. Med.*, 26:159-170, 1972.
11. Hiraiwa, K. et al.; Estimation of postmortem interval from rectal temperature by use of computer. *Med. Sci. Law.* 20(2) 115-125, 1980.
12. Huxley, A.F.; Muscular contraction. *J. Gen. Physiol.*, 1:243, 1974.
13. Isselhard, B.; Anatomy of orofacial structures. 2nd Edi., Mosby, 1982.
14. Knight, B. and Lauder, J.; Methods of dating skeletal remains. *Human Biol.*, 41: 322, 1969.
15. Lazaari, E.P.; Dental biochemistry. 2nd Edi., Lea and Febiger, Philadelphia, 1976.
16. Marshall, T.K. and Hoare, F.E.; The rectal cooling after death and its mathematical expression. *J. foren. Sci.*, 7:56, 1962.
17. Scott, D.B., Kaplan, H., and Wyckoff, R. W.G.; Replica studies of changes in teeth surfaces with age. *J. Dent. Res.*, 28:31, 1949
18. Scott, D.B. and Wyckoff, R.W.G.; Studies of tooth surface structure by optical and electron microscope. *J. Am. Dent. Assoc.* 39:275, 1949.
19. Shapiro, H.A.; Rigor mortis. *Brit. Med. J.*, 2:304, 1950.
20. Shae, J.H. et al; Textbook of oral biology. W.B. Shounders, 1978.
21. Sognnaes, R.F.; Microradiographic observations on demineralization gradients in the pathogenesis of hard-tissue destruction. *Arch. Oral. Biol.*, 1:106-121, 1959.
22. Zander, H.A. and Hurzeler, B.; Continuous cementum apposition. *J. Dent. Res.*, 37:1035, 1958.
23. 中村平雄; 歯牙の死後変化に関わる実験的研究. *口腔病会誌* 14(6): 1-12, 1940
24. 中村平雄; 死後経過的に伴う歯牙の組織学的変化, *口腔病会誌*, 15(1): 33-37, 1940
25. 中村平雄; 死後経過的に伴う歯牙の組織学的変化知見補遺. *口腔病会誌*, 15(5): 42-46, 1941
26. 山本勝一; 人歯牙の抜去後経過時に伴う変化に関わる実験的研究. *歯科学報*, 58(8): 1-21, 1958
27. 杉浦友信; 人歯エナメル質・象牙質および象牙の熱伝導率に関わる研究. *口腔病会誌*, 27: 344-360, 1960
28. 足代弘文; 死後経過に伴う歯牙象牙質の膨潤について *日法医誌*, 14(4): 413-419, 1960
29. 八十島信之助; 死体現象の研究. *日法医誌*, 25(3): 192-197, 1971
30. 玉田瑞穂; 積雪下にちげ人の抜去歯表面の変化に関わる研究. *日法医誌*, 28(5): 362-382, 1974
31. 山本勝一; 歯科法医学. 医歯茶出版社, 1982
32. 四方一段; 現代の法医学. 金原出版株式会社. 1983
33. 馬嶋正隆等; 脂肪組織 Triglycerideの死後変化 *日法医誌*, 38(5): 1984
34. 문국진; 근육의 pH곡선과 사후경과와의 관계에 대한 실험적 연구. *대한법의지*, 5: 9, 1962
35. _____; 최신법의학, 일조자, 1982
36. 이종훈; 구강생리학, 서영출판사, 1985

사진 부도 설명

사진 5. 25개월 경과 후 사진으로서 법랑질 표면과 백악질 표면에 수지상 균열을 볼 수 있고, 법랑질과 비교해 백악질의 균열이 더욱 심함을 볼 수 있다. (× 10)

사진 6. 발거 후 34개월 치아로서 법랑질 치경부에 균열이 분포하고 깊이도 다소 깊어진 것을 볼 수 있다. (× 10)

사진 7. 발거 후 40개월된 사진으로 균열이 치관부 전체에 산재하고 깊이도 깊어졌다. (× 10)

사진 8. 발거 7개월후의 백악질 표면 사진으로 수지상 균열을 형성하기 시작. (× 10)

사진 9. 발거 25개월후 백악질 및 법랑질 표면 사진으로 치경부 법랑질 및 백악질의 수지상균열이 보이며 균열이 깊어진 것이 관찰된다. (× 10)

사진 10. 발거 34개월전 백악질 표면으로 망상형 균열을 볼 수 있으며 균열이 전면에 걸쳐 분포됨을 알 수 있다. (× 10)

사 진 부 도

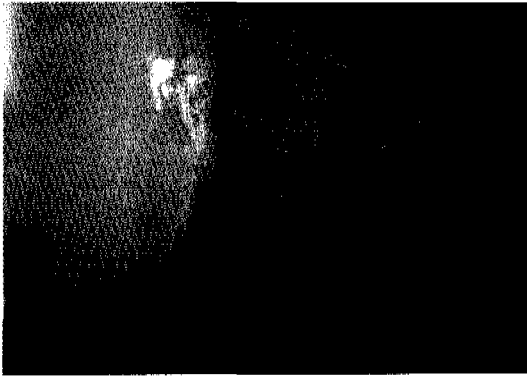


사진 5. 25개월 범랑질($\times 10$)

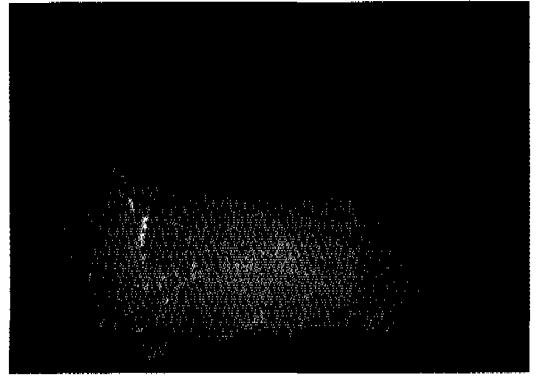


사진 6. 34개월 범랑질($\times 10$)

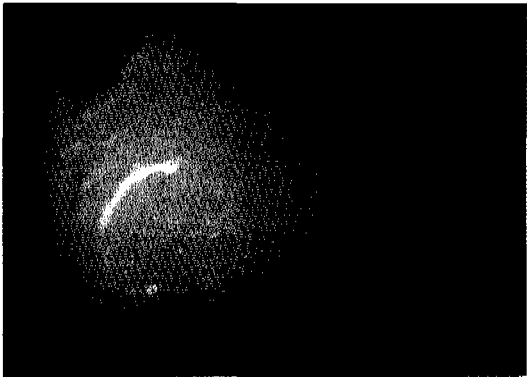


사진 7. 40개월 범랑질($\times 10$)



사진 8. 7개월 백악질($\times 10$)...균열도 1



사진 9. 25개월 백악질($\times 10$)...균열도 2

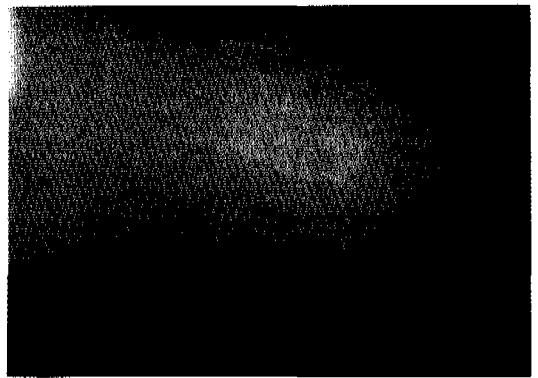


사진 10. 34개월 백악질($\times 10$)...균열도 4

A STUDIES OF CHANGES OF THE TEETH AS THE TIME ELAPSED SINCE DEATH

Sun Nam Ock, D.D.S., Chong Youl Kim, D.D.S.

Dept. of Dental Science, Graduate School, Yonsei University

[Abstract]

When the men die, uniform changes progress. Many investigators have studied about the time after death, but it's very difficult to measure the time elapsed since death, particularly in highly decomposed or probably skeletonized bodies. But the teeth are very stable to the changes of physical and chemical properties and their changes are very slow. At this point of view, the author studied this theme as one of the pioneers in our country. In this study, the author observed the degree of the dentinal expansion and the crack of enamel and cementum of the teeth which had been extracted from December, 1983 to September, 1987. The teeth were extracted from the male and female who was 18 to 85 year old.

The results are followed;

1. The degree of dentinal expansion increased rapidly until 7 months with high degree and then decreased slowly.
2. The equation of regression for representing x as the degree of the dentinal expansion and y as the time elapsed since death, is $y = 29.43 - 1.13 x$ ($p < 0.05$)
3. The crack of the enamel surface seemed to begin at 1 year from extraction and to increase apparently before or after 20 months.
4. The crack of the cementum began at 3 months from extraction and dendrite crack began at 16 months from extraction. After this, the crack increase continuously and the rate of cracking were more rapid as compared with that of enamel.
5. It seems to be useful to measure the time elapsed since death using the degree of dentinal expansion and the crack of enamel and cementum, particularly in the old bodies after death.