

다변인회귀분석법과 Gustafson 방법에 의한 연령감정 정확도의 비교연구

연세대학교 대학원 치의학과

곽경환 · 김종연

- 목 차 -

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

I. 서 론

일반적으로 치아를 이용하여 연령을 추정하는 방법으로는 발육 성장기의 청소년을 대상으로 하는 경우에는 치아의 발육정도 및 석회화정도를 판정하는 방법이 임상적으로 응용되고 있으며, 성인에 있어서는 생리적, 증령적 변화로서의 교모, 마모, 치수강의 협착조건 등 물리적 변화를 주로 참고하고, 악골에 있어 이공의 위치, 하악각의 변화, 구개융합선의 융합소실 등이 관찰대상이 된다.

치아발육 및 석회화에 관한 연구는 1771년 Hunter¹⁾가 최초로 시도한 이래 Schour와 Massler (1941), 山路 (1958)²⁾, Nolla (1960)³⁾, Shumarker (1960)⁴⁾, Barber (1963)⁵⁾, Carlos (1965)⁶⁾, 齊藤 (1970)⁷⁾, Nortje (1983)⁸⁾, 등의 많은 업적들을 볼 수 있으며, 한국인을 대상으로 치아의 석회화를 중심으로 한 발육에 관한 연구는 차 (1963)⁹⁾, 김 (1966)¹⁰⁾, 명 (1968)¹¹⁾, 정 (1977)¹²⁾, 고 (1981)¹³⁾, 정 (1983)¹⁴⁾ 등에 의하여 치과 임상의학에 응용하기 위한 연구 및 치과 법의학적 착안점을 갖고 연구된 바 있으며 제 3 대구치의 치근발육을 분석하는 연구결과로서 20 세 전후의 연령층에 까지 비교적 정확한 연령감정을 행할 수 있기에 이르렀다.

비교적 고령층의 연령감정을 위한 치아의 물리적 화학적 변화로서의 교모 및 마모에 대한 연구로는 Martin¹⁵⁾, Brocca¹⁶⁾의 연구를 비롯하여 많은 연구업적이 있으며 栃原 (1957)¹⁷⁾이 치아의 교모를 다각적으로 연구하여 형태학적인 분류를 시도하였고 국내에서는 이 (1972)¹⁸⁾, 이 (1981)¹⁹⁾, 박 (1981)²⁰⁾, 양 (1981)²¹⁾ 등이 연령증가에 따른 치아교모에 관한 연구를 하는 등 다수의 연구보고가 있다.

또한 치수강의 가령적 변화를 이용하여 연령을 추정하는 방법은 치수강의 벽에 제 2 차상아질의 형성을 이용하는 것으로서 藤本 (1958)²²⁾은 X-선상에 대하여 위치 및 영구치에 있어 근관 치수강의 주변화를 4 종류로 분류하여 형태학적으로 관찰한 바 있고, 田所 (1959)²³⁾는 영구치의 전치근관의 협착상태로 부터 근관비와 근관지수의 개념을 도입하였으며, 김 (1971)²⁴⁾, 김 (1976)²⁵⁾, 김 (1980)²⁶⁾, 김 (1981)²⁷⁾, 김 (1981)²⁸⁾, 정 (1981)²⁹⁾ 등에 의하여 한국인을 대상으로 연구된 바 있다.

한편 Gustafson (1950)³⁰⁾은 치아의 다양한 생리적 조직변화를 종합하여 연령감정에 응용하는 방법, 즉 치아의 연마표본을 만들어 Attrition (A), Secondary dentin (S), Periodontal change (P), Cementum apposition (C), Transparency (T), Root resorption (R)의 6 가지 치아의 조직변화를 관찰하여 그 정도에 따라 각각의 변화항목에 4 단계의 점수를 부여한 Gustafson 법을 발표하여 전 세계적으로 널리 보편적으로 사용되게 하였다. 그 후 Gustafson 법을 오늘날 통계학적 분석방법의 발달과 전산기의 도움으로 Gustafson 법에 의한 오차를 줄여보려는 노력을 꾸준히 시도하여 Dalitz (1962)³¹⁾, Johanson (1971)³²⁾은 치아의 증령적 변화를 보다 세분하고 여기에 통계적 처리를 가하여 보다 감정에 정확도를 높일 수 있는 연구업적을 발표하였다. 그

러나 국내에서는 Johanson (1971)¹¹⁾ 법에 의한 한국인에 대한 연구가 되어있지 못한 것에 착안하여 저자는 Gustafson의 각 조직변화 대상을 6개의 독립변수로 보고 다변인회귀분석을 하여 연령예측방정식을 유도하였으며 본 법이 단순회귀분석법인 Gustafson방법에 의해 예측되는 결과보다 추정오차를 줄일 수 있음을 Gustafson방법과 다변인회귀분석법에 의한 예측방정식과의 비교를 통해 확인하고 이에 보고하는 바이다.

II. 연구재료 및 연구방법

1. 연구재료

본 연구에서는 무작위로 채취한 성별, 연령 및 치아의 명칭을 알고 있는 157개의 발치된 영구치아를 사용하였으며 그 구성은 Table 1과 같다.

Table 1 Composition of examined teeth

Age range	Average	Number of Examined teeth		
		Male	Female	Subtotal
10-19	15.5	9	6	15
20-29	24.7	7	12	19
30-39	33.7	12	13	25
40-49	44.9	19	16	35
50-59	54.0	11	16	27
60-69	64.0	12	19	31
70-79	73.0	3	2	5
Total	44.1	73	84	157

2. 연구방법

가. 육안적 관찰

치아별로 치아의 교모상태 치주상태를 관찰하고 Gustafson방법에 따라 관찰대상 항목의 Point value를 부여하였다.

나. 현미경적 관찰

두께 40μ 정도의 연마표본을 만들어 광학현미경

으로 치아의 교모, 2차상아질질형성, 치주상태, 치근부투명상아질, 백아질의 침착, 치근의 흡수상의 6가지 항목을 관찰하고 Gustafson방법 (Fig. 1)에 따라 Point value를 부여하였다.

다. 통계적 분석

Gustafson방법에 의한 6가지 측정항목과 연령과의 각각의 상관계수를 산출하였으며, 이들 측정항목의 Point value의 총합과 연령과의 선형회귀에 의한 회귀방정식을 유도하였고, 6가지 측정항목을 6개의 독립변수로 보고 종속변수인 연령을 설명할 수 있는 다변인회귀분석에 의한 예측방정식을 유도하여 이들을 서로 비교분석하였다. 본 연구에서는 연세대학교에 소장된 대형 Computer 기종인 Cyber 170-825 System을 사용하였다.

III. 연구성적

157개의 연마표본을 관찰하여 얻은 산출성적 (Point value)은 Table 2와 같다.

Point value를 이용하여 Gustafson방법과 다변인회귀분석법에 의해 각각 산출한 예측연령과 실제연령 그리고 추정오차를 Table 3에 나타내었다.

Gustafson방법에 의한 직선회귀방정식은 다음과 같다.

$$y = 8.88 + 3.52x \quad (y = \text{Age}, x : \text{Point value의 합})$$

상관계수 $r = 0.87$

회귀계수 $B = 3.52$

표준편차 $S \cdot D = 8.18$

F-value $F = 483.56$

Significance $P < 0.01$

결정계수 $r^2 = 0.76$

결정계수 (r squared) $r^2 = 0.76$ 으로서 종속변수에 대한 독립변수의 전체의 설명력을 100으로 볼 때

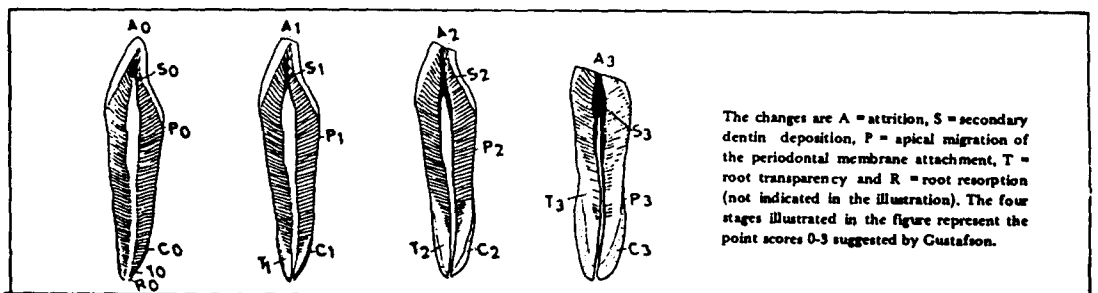


Fig. 1. Six changes found in teeth accentuated by age. Taken from Gustafson, G. (1950).

Table 2-1. Point Values of 157 Subjects.

Case-No	Age	Att	Perio	Second	Cement	Root	Trans
1	12	1	1	0	0	0	0
2	13	0	1	0	0	0	0
3	13	0	0	0	1	2	0
4	14	0	0	0	0	0	0
5	14	1	0	1	0	0	0
6	14	1	0	2	1	0	1
7	15	0	1	0	1	0	0
8	15	0	0	0	0	1	0
9	15	1	0	1	0	0	0
10	17	0	0	0	1	0	0
11	18	0	0	1	0	0	0
12	18	0	0	0	0	0	0
13	18	1	0	1	0	0	2
14	18	1	1	1	0	1	0
15	18	1	1	0	0	0	0
16	20	2	1	0	0	1	0
17	20	2	1	0	0	1	1
18	20	0	1	1	0	0	0
19	21	2	1	2	1	1	1
20	21	2	1	1	1	1	0
21	21	1	1	0	0	2	2
22	23	0	0	1	2	0	1
23	23	0	0	1	1	0	1
24	24	2	1	1	0	0	1
25	26	1	2	2	3	3	2
26	26	2	1	3	1	2	1
27	26	2	1	2	1	1	2
28	26	2	1	1	1	1	0
29	28	1	1	1	0	2	1
30	29	0	1	0	2	0	1
31	29	0	1	1	2	0	0
32	29	0	2	2	1	2	0
33	29	1	1	2	1	0	1
34	29	2	1	1	1	0	2
35	30	1	2	2	0	1	1
36	30	1	2	1	1	0	1
37	30	1	2	1	1	0	1
38	30	2	1	1	2	1	1
39	30	1	2	1	1	1	0

Table 2-2. Point Values of 157 Subjects.

Case-No	Age	Att	Perio	Second	Cement	Root	Trans
40	30	1	2	1	1	2	1
41	31	2	2	2	1	1	1
42	32	1	2	2	1	3	1
43	32	1	2	3	0	2	2
44	32	1	1	0	1	1	2
45	32	1	1	1	1	1	2
46	32	1	2	2	2	2	1
47	33	1	2	2	2	0	2
48	33	1	1	2	1	0	1
49	35	1	3	1	1	1	2
50	35	2	3	1	1	1	1
51	35	1	2	2	2	1	3
52	35	1	1	2	1	1	1
53	36	1	2	3	2	2	1
54	37	1	3	1	1	1	1
55	37	1	2	3	1	0	1
56	38	1	2	3	2	2	1
57	39	1	2	1	1	1	2
58	39	1	2	2	2	1	2
59	39	1	3	1	1	1	2
60	40	1	3	3	2	0	2
61	40	1	1	3	0	1	3
62	40	2	1	3	2	1	2
63	40	1	2	3	3	0	2
64	41	2	2	3	2	2	2
65	41	2	2	1	3	0	1
66	42	2	2	3	2	1	2
67	42	2	2	3	2	2	1
68	42	2	2	3	1	3	2
69	42	2	2	3	1	3	2
70	42	1	2	3	3	1	2
71	44	2	0	3	1	1	2
72	44	2	0	2	0	0	1
73	44	1	2	3	1	2	3
74	44	2	2	2	1	2	2
75	45	2	2	3	1	2	2
76	46	2	2	3	0	1	2
77	46	1	2	3	2	1	2
78	46	2	2	2	2	0	2
79	46	2	1	3	1	1	2

Table 2-3. Point Values of 157 Subjects.

Case-No	Age	Att	Perio	Second	Cement	Root	Trans
80	46	2	2	3	3	1	2
81	46	2	2	3	1	0	2
82	46	2	2	3	3	2	2
83	47	2	0	3	2	1	2
84	47	1	2	2	0	0	2
85	47	2	2	3	3	1	3
86	47	3	1	3	3	1	2
87	48	1	2	1	3	0	2
88	48	1	2	2	2	0	2
89	48	1	2	1	3	1	2
90	48	2	1	2	3	2	2
91	48	2	2	3	1	1	1
92	49	1	1	3	2	2	2
93	49	1	2	1	1	1	2
94	49	2	2	3	3	1	2
95	50	2	1	3	3	2	2
96	50	1	2	3	1	0	2
97	50	1	2	3	1	1	2
98	50	1	2	3	1	1	2
99	50	2	3	3	1	1	3
100	50	2	3	3	3	2	2
101	50	2	3	2	1	1	2
102	51	2	1	2	1	1	3
103	52	2	2	3	3	3	2
104	52	2	3	2	1	0	2
105	53	2	2	2	2	1	2
106	53	2	3	3	2	1	3
107	53	2	3	3	1	1	3
108	53	2	3	3	2	2	3
109	53	1	1	3	2	0	3
110	54	2	2	3	3	1	3
111	56	2	2	3	2	2	2
112	57	2	2	3	3	1	2
113	57	2	2	3	1	3	1
114	57	2	2	3	3	0	3
115	57	2	2	3	3	2	3
116	58	2	2	3	1	3	2
117	58	3	3	3	3	0	2
118	59	2	2	3	3	0	3
119	59	2	2	3	1	0	3

Table 2-4. Point Values of 157 Subjects.

Case-No	Age	Att	Perio	Second	Cement	Root	Trans
120	59	2	2	2	2	2	2
121	59	2	2	3	3	2	2
122	60	1	2	2	1	1	2
123	60	2	1	3	3	2	2
124	60	2	2	3	3	2	3
125	60	2	1	3	3	1	2
126	60	2	2	3	3	2	3
127	60	1	2	3	3	1	3
128	61	2	3	3	2	1	3
129	61	2	3	3	3	3	3
130	61	2	3	3	2	1	3
131	61	2	2	2	2	2	3
132	62	2	3	3	1	1	2
133	63	2	2	2	3	2	2
134	64	2	2	3	3	1	3
135	64	2	2	3	3	2	2
136	65	3	2	3	3	0	2
137	65	2	3	3	2	1	2
138	65	2	3	3	3	2	2
139	65	2	3	3	3	0	2
140	65	2	3	3	3	1	2
141	65	3	3	3	3	1	3
142	65	3	3	3	3	1	3
143	65	2	3	3	3	1	2
144	66	2	3	3	1	3	3
145	66	2	3	3	3	2	3
146	66	1	2	3	1	3	2
147	66	1	3	2	1	2	2
148	68	2	2	3	2	3	2
149	68	2	2	3	2	1	3
150	69	2	3	3	1	2	3
151	69	2	2	0	1	3	3
152	69	2	3	3	2	1	3
153	70	2	3	3	3	3	3
154	70	3	3	3	3	2	2
155	73	2	3	3	3	2	3
156	73	2	3	3	3	1	3
157	79	2	3	3	1	3	3

Table 3-1. Comparison of Estimation Error in 157 Cases.

Observation	Real Age	Age Estimation by Gustafson's Method		Age Estimation by Multiple Regression	
	Y Value	Y Estimate	Residual	Y Estimate	Residual
1.	12.00000	15.92083	- 3.920829	16.27884	- 4.273837
2.	13.00000	12.39899	.6010103	13.19392	- .1939178
3.	13.00000	19.44267	- 6.442668	13.65068	- .6506765
4.	14.00000	8.877151	5.122849	8.565934	5.434066
5.	14.00000	15.92083	- 1.920829	14.34349	- .3434924
6.	14.00000	26.48635	- 12.48635	25.81077	- 11.81077
7.	15.00000	15.92083	- .9208288	15.58923	- .5892266
8.	15.00000	12.39899	2.601010	9.910551	5.089349
9.	15.00000	15.92083	- .9208288	14.34349	.6565076
10.	17.00000	12.39899	4.601010	10.96124	6.038757
11.	18.00000	12.39899	5.601010	11.26357	6.736427
12.	18.00000	8.877151	9.122849	8.565934	9.434066
13.	18.00000	22.96451	- 4.964507	27.09214	- 9.092144
14.	18.00000	22.96451	- 4.964507	20.31619	- 2.316193
15.	18.00000	15.92083	2.079171	16.27384	1.726163
16.	20.00000	22.96451	- 2.964507	20.69847	- .6984737
17.	20.00000	26.48635	- 6.486346	27.07280	- 7.072799
18.	20.00000	15.92083	4.079171	15.89156	4.108444
19.	21.00000	37.05186	-16.05186	34.86339	- 13.86339
20.	21.00000	30.00819	- 9.008185	25.79142	- 4.791421
21.	21.00000	30.00819	- 9.008185	31.71192	- 10.71192
22.	23.00000	22.96451	.3549308E-01	22.42852	.5714839
23.	23.00000	19.44267	3.557332	20.03321	2.956793
24.	24.00000	26.48635	- 2.486346	28.42572	- 4.425721
25.	26.00000	54.66106	- 28.66106	50.26583	- 24.26583
26.	26.00000	44.09554	- 18.09554	38.90574	- 12.90574
27.	26.00000	40.57370	- 14.57370	41.23771	- 15.23771
28.	26.00000	30.00819	- 4.008185	25.79142	.2085788
29.	28.00000	30.00819	- 2.008185	28.03524	- .3523528E-01
30.	29.00000	22.96451	6.035493	24.35886	4.641139
31.	29.00000	22.96451	6.035493	20.58217	8.317826
32.	29.00000	33.53002	- 4.530024	28.30192	.6980787
33.	29.00000	30.00819	- 1.008185	30.43875	- 1.438749
34.	29.00000	33.53002	- 4.530024	37.19536	- 8.195356
35.	30.00000	33.53002	- 3.530024	34.01614	- 4.016141
36.	30.00000	30.00819	- .8185079E-02	32.36909	- 2.369094
37.	30.00000	30.00819	- .8185079E-02	32.36909	- 2.369094

Table 3-2. Comparison of Estimation Error in 157 Cases.

Observation	Real Age	Age Estimation by Gustafson's Method		Age Estimation by Multiple Regression	
	Y Value	Y Estimate	Residual	Y Estimate	Residual
38.	30.00000	37.05186	- 7.051863	34.56106	- 4.561056
39.	30.00000	30.00819	- .8185079E-02	27.33949	2.660515
40.	30.00000	37.05186	- 7.051863	35.05853	- 5.058528
41.	31.00000	40.57370	- 9.573702	39.49137	- 8.491369
42.	32.00000	44.09554	- 12.09554	39.10098	- 7.100883
43.	32.00000	44.09554	- 12.09554	44.43282	- 12.43282
44.	32.00000	30.00819	1.991815	32.76251	- .7625142
45.	32.00000	33.53002	- 1.530024	35.46015	- 3.460153
46.	32.00000	44.09554	- 12.09554	40.15148	- 8.151475
47.	33.00000	40.57370	- 7.573702	43.88637	- 10.83637
48.	33.00000	30.00819	2.991815	30.43875	2.561251
49.	35.00000	40.57370	- 5.573702	44.71612	- 9.716120
50.	35.00000	40.57370	- 5.573702	41.42171	- 6.421714
51.	35.00000	47.61738	- 12.61738	51.55541	- 16.55541
52.	35.00000	33.53002	1.469976	31.78847	3.216534
53.	36.00000	47.61738	- 11.61738	42.84911	- 6.849114
54.	37.00000	37.05186	- .5186324E-01	38.34179	- 1.341795
55.	37.00000	37.05186	- .5186324E-01	37.78437	- .7643716
56.	38.00000	47.61738	- 9.617380	42.84911	- 4.849114
57.	39.00000	37.05186	1.948137	40.08814	- 1.088137
58.	39.00000	44.09554	- 5.095541	45.18108	- 6.181084
59.	39.00000	40.57370	- 1.573702	44.71612	- 5.716120
60.	40.00000	47.61738	- 7.617380	51.16199	- 11.16199
61.	40.00000	40.57370	- .5737023	44.83445	- 4.834447
62.	40.00000	47.61738	- 7.617380	46.33066	- 6.330659
63.	40.00000	47.61738	- 7.617380	48.92931	- 8.929315
64.	41.00000	54.66106	- 13.66106	52.30336	- 11.30336
65.	41.00000	40.57370	.4262977	40.23963	.7603687
66.	42.00000	51.13922	- 9.139220	50.95864	- 8.958642
67.	42.00000	51.13922	- 9.139220	45.92903	- 3.929034
68.	42.00000	54.66106	- 12.66016	51.25277	- 9.252767
69.	42.00000	54.66106	- 12.66106	51.25277	- 9.252767
70.	42.00000	51.13922	- 9.139220	50.27403	- 8.274032
71.	44.00000	40.57370	3.426298	39.30737	4.692634
72.	44.00000	26.48635	17.51365	26.49538	17.50462
73.	44.00000	51.13922	- 7.139220	53.20246	- 9.202457
74.	44.00000	47.61738	- 3.617380	47.21041	- 3.210412
75.	45.00000	51.13922	- 6.139220	49.90805	- 4.908050
76.	46.00000	44.09554	1.904459	46.16802	- .1680248
77.	46.00000	47.61738	- 1.617380	47.87872	- 1.876723

Table 3-3. Comparison of Estimation Error in 157 Cases.

Observation	Real Age	Age Estimation by Gustafson's Method		Age Estimation by Multiple Regression	
	Y Value	Y Estimate	Residual	Y Estimate	Residual
78.	46.00000	44.09554	1.904459	46.91629	-.9162869
79.	46.00000	44.09554	1.904459	43.93535	2.064650
80.	46.00000	54.66106	-8.661059	53.35395	-7.353951
81.	46.00000	44.09554	1.904459	47.21862	-1.218617
82.	46.00000	58.18290	-12.18290	54.69867	-8.698668
83.	47.00000	44.09554	2.904459	41.70268	5.297325
84.	47.00000	33.53002	13.46998	39.04575	7.954250
85.	47.00000	38.18290	-11.18290	59.72128	-12.72829
86.	47.00000	54.66106	-7.661059	51.80580	-4.805887
87.	48.00000	40.57370	7.426298	43.53404	4.465963
88.	48.00000	40.57370	7.426298	43.88537	4.163633
89.	48.00000	44.09554	3.904459	44.87875	3.121246
90.	48.00000	41.13922	-3.139220	47.87305	.6269544
91.	48.00000	44.09554	3.904459	42.18911	5.810992
92.	49.00000	47.61738	1.382620	44.59546	4.404544
93.	49.00000	37.05186	11.94814	40.08814	8.911863
94.	49.00000	54.66106	-5.661059	53.35395	-4.353951
95.	50.00000	54.66106	-4.661059	50.07068	-.7068436E-01
96.	50.00000	40.57370	9.426298	44.13870	5.861303
97.	50.00000	44.09554	5.904459	45.48341	4.516586
98.	50.00000	44.09554	5.904459	45.48341	4.516586
99.	50.00000	54.66106	-4.661059	59.56554	-9.565643
100.	50.00000	61.70474	-11.70474	59.32665	-9.326652
101.	50.00000	47.61738	2.382620	50.49368	-.4936786
102.	51.00000	44.09554	6.904459	47.61204	3.387963
103.	52.00000	51.70474	-9.704737	56.04338	-4.043385
104.	52.00000	44.09554	7.904459	49.14896	2.851038
105.	53.00000	47.61738	5.382620	48.26100	4.738996
106.	53.00000	58.18290	-5.182898	61.96095	-8.960952
107.	53.00000	54.66106	-1.661059	59.56564	-6.565643
108.	53.00000	61.70474	-8.704737	63.30567	-10.30567
109.	53.00000	44.09554	8.904459	48.28035	4.719652
110.	54.00000	58.18290	-4.182898	59.72828	-5.728277
111.	56.00000	54.66106	1.338941	52.30336	3.696641
112.	57.00000	54.66106	2.338941	53.35395	3.646049
113.	57.00000	51.13922	5.860780	44.87844	12.12156
114.	57.00000	54.66106	2.338941	58.38356	-1.383560
115.	57.00000	61.70474	-4.704737	61.07299	-4.072994
116.	58.00000	54.66106	3.338941	51.25277	6.747233
117.	58.00000	58.18290	-.1828977	59.71714	-1.717138

Table 3-4. Comparison of Estimation Error in 157 Cases.

Observation	Real Age	Age Estimation by Gustafson's Method		Age Estimation by Multiple Regression	
	Y Value	Y Estimate	Residual	Y Estimate	Real Age
118.	59.00000	54.66106	4.338941	58.38356	.6164399
119.	59.00000	47.61738	11.38262	53.59294	5.407058
120.	59.00000	51.13922	7.860780	49.60572	9.394280
121.	59.00000	58.18290	.8171023	54.69867	4.301332
122.	60.00000	40.57370	19.42630	42.78578	17.21422
123.	60.00000	54.66106	5.338941	50.07068	9.929316
124.	60.00000	61.70474	- 1.704737	61.07299	- 1.072994
125.	60.00000	51.13922	8.860780	48.72597	11.27403
126.	60.00000	61.70474	- 1.704737	61.07299	- 1.072994
127.	60.00000	54.66106	5.338941	56.64836	3.351643
128.	61.00000	58.18290	2.817102	61.96095	- .9609517
129.	61.00000	68.74841	- 7.748415	67.04569	- 6.045694
130.	61.00000	58.18290	2.817102	61.96095	- .9609517
131.	61.00000	54.66106	6.338941	55.98005	5.019954
132.	62.00000	51.13922	10.86078	53.19132	8.808683
133.	63.00000	54.66106	8.338941	52.00103	10.99897
134.	64.00000	58.18290	5.817102	59.72828	4.271723
135.	64.00000	58.18290	5.817102	54.69867	9.301332
136.	65.00000	54.66106	10.33894	55.08915	9.910346
137.	65.00000	54.66106	10.33894	55.58663	9.413374
138.	65.00000	61.70474	3.295263	59.32665	5.673348
139.	65.00000	54.66106	10.33894	56.63722	8.362782
140.	65.00000	58.18290	6.817102	57.98193	7.018065
141.	65.00000	65.22658	- .2265759	67.43618	- 2.436180
142.	65.00000	65.22658	- .2265759	67.43618	- 2.436180
143.	65.00000	58.18290	6.817102	67.98193	7.018065
144.	66.00000	61.70474	4.295263	62.25508	3.744923
145.	66.00000	65.22658	.7734241	65.70098	.2990227
146.	66.00000	51.13922	14.86078	48.17285	17.82715
147.	66.00000	47.61738	18.38262	48.75848	17.24152
148.	68.00000	58.18290	9.817102	53.64808	14.35192
149.	68.00000	54.66106	13.33894	57.33297	10.66703
150.	69.00000	58.18290	10.81710	60.91036	8.089640
151.	69.00000	47.61738	21.38262	49.53418	19.46582
152.	69.00000	58.18290	10.81710	61.98095	7.039048
153.	70.00000	68.74841	1.251585	67.04569	2.954306
154.	70.00000	65.22658	4.773424	62.40657	7.593429
155.	73.00000	65.22658	7.773425	65.70098	7.299023
156.	73.00000	61.70474	11.29526	64.35526	8.643739
157.	79.00000	61.70474	17.29526	62.25508	16.74492

이것은 독립변수인 6 항목의 Point value들의 총합이 종속변수(y)인 연령을 76% 설명한다.

반면에 다변인회귀분석법에 의한 예측방정식(Prediction formula)은

$$y = 8.57 + 6.37T + 4.63P + 2.70S + 2.40C + 3.08$$

$$A + 1.34R$$

상관계수 $r = 0.89$

회귀계수 $T = 6.37$

$P = 4.63$

$S = 2.70$

$C = 2.40$

$A = 3.08$

$R = 1.34$

표준편차 $S \cdot D = 7.82$

F-value $F = 91.62$

Significance $P < 0.01$

결정계수 $r^2 = 0.78$

Durbin-Watson Test : Coefficient 1.09

결정계수(r^2) = 0.78로서 설명력이 Gustafson 방법보다 2% 증가하였고 표준편차 $S \cdot D$ 는 7.82세로 0.32세 감소하였다.

한편 Gustafson 방법의 6 가지 측정항목별로 연령과의 각각의 상관계수를 산출한 결과는 다음 Table 4 와 같다.

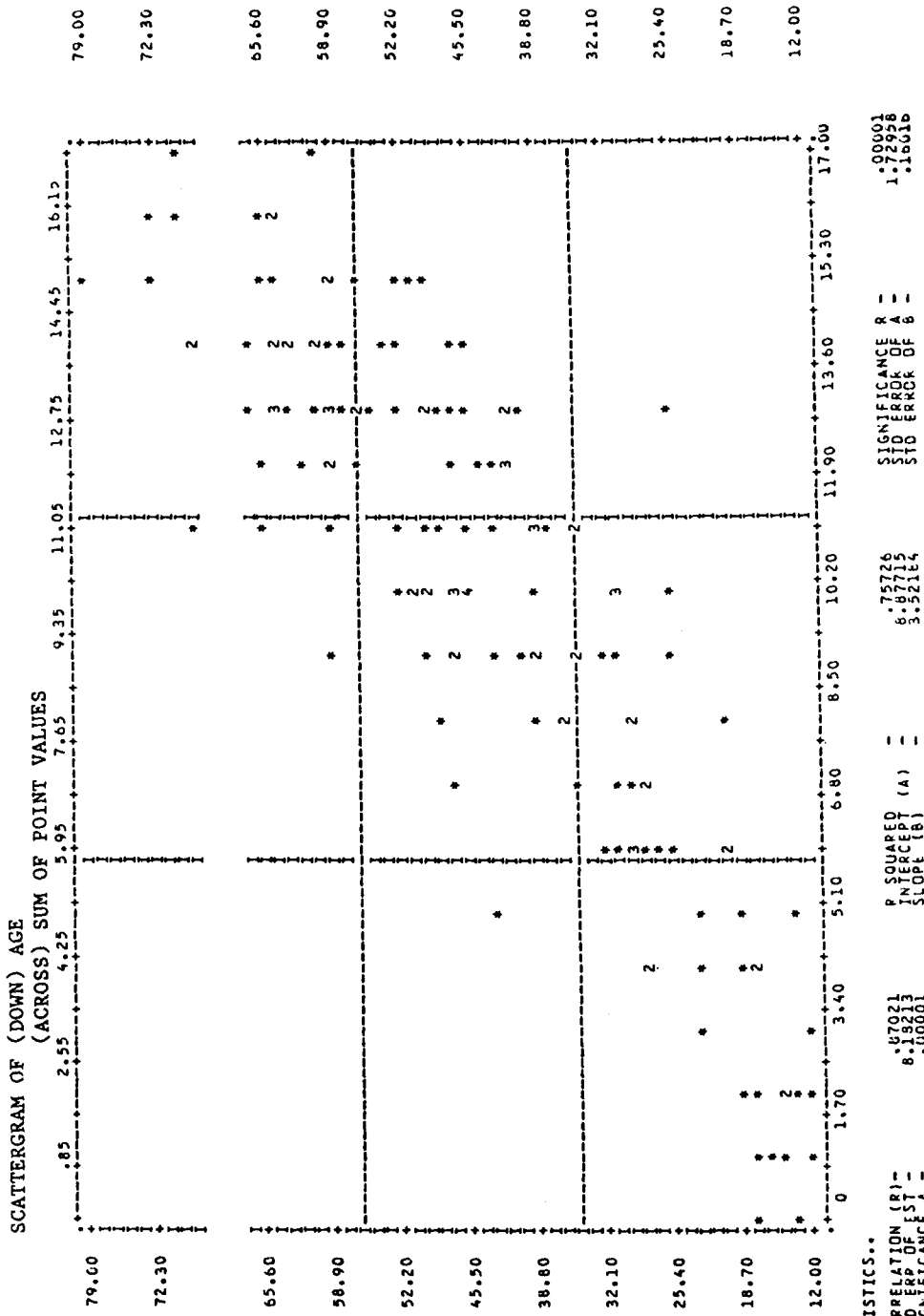
Table 4 에서는 Age와의 상관계수의 크기는 Translucent dentin 이 $r = 0.79$ 로서 가장 높고 Secondary dentin 이 $r = 0.72$, Periodontal change $r = 0.69$, Attrition $r = 0.64$, Cementum $r = 0.61$ 이었고 Root resorption $r = 0.39$ 로서 가장 연령과의 상관계수가 낮았다.

Fig 2 는 Gustafson 방법에 의한 직선회귀의 측정치들의 분포도이다.

Table 4. Correlation Coefficient of Age and Point Values

Pearson Correlation Coefficients							
	Age	Att	Perio	Second	Cement	Root	Trans
Age	1.0000 (0) *****	.6361 (157) .001	.6929 (157) .001	.7201 (157) .001	.6121 (157) .001	.3935 (157) .001	.7900 (157) .001
Att	.6361 (157) .001	1.0000 (0) *****	.4623 (157) .001	.5844 (157) .001	.4566 (157) .001	.2974 (157) .001	.5496 (157) .001
Perio	.6929 (157) .001	.4623 (157) .001	1.0000 (0) *****	.5125 (157) .001	.4258 (157) .001	.3238 (157) .001	.5752 (157) .001
Second	.7201 (157) .001	.5844 (157) .001	.5125 (157) .001	1.0000 (0) *****	.5410 (157) .001	.3452 (157) .001	.6603 (157) .001
Cement	.6121 (157) .001	.4566 (157) .001	.4258 (157) .001	.5410 (157) .001	1.0000 (0) *****	.2036 (157) .005	.5210 (157) .001
Root	.3935 (157) .001	.2974 (157) .001	.3238 (157) .001	.3452 (157) .001	.2036 (157) .005	1.0000 (0) *****	.3029 (157) .001
Trans	.7900 (157) .001	.5496 (157) .001	.5752 (157) .001	.6603 (157) .001	.5210 (157) .001	.3029 (157) .001	1.0000 (0) *****

(Coefficient/Cases/Significance)



STATISTICS..
CORRELATION (R) = .47021
STD ERR OF EST = 8.18213
SIGNIFICANCE A = .00001
SIGNIFICANCE B = .00001
PLOTTED VALUES - 157 EXCLUDED VALUES - 0 MISSING VALUES - 0
P SQUARED INTERCEPT (A) = .75776
SLOPE (B) = 6.92112
SIGNIFICANCE R = .00001
STD ERROR OF A = 1.72958
STD ERROR OF B = .16616
***** IS PRINTED IF A CJEFFICIENT CANNOT BE COMPUTED.

Fig. 2. Scattergram of age and point values

1) 직선회귀방정식 및 다변인회귀방정식의 해석

$$y = 8.88 + 3.52x$$

x에 Point value들의 합을 대입하여 연령을 산출한다.

$$y = 8.57 + 3.08A + 1.43R + 2.40C + 4.63P + 6.37T + 2.70S$$

A, P, C, P, T, S의 Point value를 측정하여 위의 식에 대입하면 예측연령 y가 산출된다.

2) 직선회귀분석 및 다변인회귀분석에서 전체 F 검증(F-test)

직선회귀분석과 다변인회귀분석의 전체방정식에 대한 통계적 유의도 검증은 다같이 F-test를 이용한다. 계산결과 각각의 분석방법은 공히 통계적으로 유의미 ($P < 0.001$)한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 예측이 우연에 의해 발생할 수 있는 확률은 0에 가깝다라는 것을 의미한다.

3) 추정의 표준편차(표준오차)

단순직선회귀와 같이 다변인회귀분석에서 추정의 표준오차는 예측된 연령간의 표준편차를 의미한다.

$$\text{추정의 표준오차} = \sqrt{\frac{\text{잉여자승합}}{N - K - 1}} \quad N = \text{표본수,}$$

K = 독립변인의 수.

본 연구에서 예측연령의 표준편차는 Gustafson 방법(직선회귀분석)에서 $S \cdot D = 8.18$, 다변인회귀분석에서 $S \cdot D = 7.82$ 로 나타났다.

4) 예측변인의 기여도

6개 측정항목의 각 Point value의 총합을 이용한 단순직선회귀분석에서는 예측연령 y를 설명하는데 얼마나 기여하는 지를 나타내는 자승화된 상관계수(Squared correlation coefficient) r^2 은 0.76이며 다변인회귀분석법을 사용한 자승화된 중다상관계수(Squared multiple correlation coefficient) r^2 은 0.78로서 다변인회귀분석법이 설명력이 높다는 것을 보여주는 결과이며 이것은 각각 연령을 Gustafson 방법에서는 76%를 다변인회귀분석법에서는 78%를 설명할 수 있다는 것을 의미한다.

IV. 총괄 및 고찰

치아와 악골의 증형에 따른 변화는 연령과 밀접

한 관계가 있으며 신체조직중 가장 개인차이를 적게 보이는 것으로 알려져 있다.

Logan(1933)¹⁾, Zander(1958)²⁾, Noble(1960)³⁾, Lysell(1964)⁴⁾ 등은 치아의 증형에 따른 변화중에서도 성장발육 특히 치근단공의 폐쇄시기가 가장 적은 개인차이를 나타내는 것으로 보고하였다. 그러나 치아의 성장과 발육이 완성된 20세 이후의 성인들에서는 성장과 발육에 대처하여 치아의 소모 등 물리적 화학적 변화가 증형적 변화의 주를 이루게 되며 이들 변화에 영향을 미치는 요인들이 다양하기 때문에 치아를 이용한다 하더라도 매우 어려운 문제로서 성인 및 고령층에서의 연령감정은 여러 학자들에 의해 다각적으로 시도되어져 왔다. 그 가운데서도 Gustafson방법은 치아의 연마표본상에서 생리적 증형적 변화로서의 교모, 이차상아질의 형성, 치주상태, 치근부 투명상아질, 백아질의 침착, 치근의 흡수를 종합하여 연령을 추정하는 방법을 제시하므로써 성인에 있어서 연령감정시 가장 일반적인 방법이 되도록 하였다.

Gustafson이 관찰한 6가지 관찰항목들을 고찰하여보면 치아의 교모는 정상적 저작에 의한 교합면의 소실을 말하는 것으로 저작에 의한 생리적 현상이므로 교모량의 증가는 증형에 따라 자연적으로 이루어 진다. 이에대하여 堀原(1957)⁵⁾, 竹井(1968)⁶⁾ 등은 연령별로 각각의 치아의 교모도를 조사 분석하여 어떤 표준치를 산출하고 피검자의 교모도를 조사 분석하여 표준치와 비교하므로써 연령을 예측하는 수량화이론을 제시한 바 있다. 본 연구에서는 연령과 교모도와와의 상관관계는 $r = 0.64$ $P < 0.01$ 로서 밀접한 상관관계를 보였다. 치주상태는 다소 병리적인 다양한 원인에 의해 영향을 받으나 주로 생리적변화에 의해 부착치은이 치근단으로 이동한다고 인정되고 있다. 본 연구에서 연령과의 상관계수는 $r = 0.69$ $P < 0.01$ 로서 역시 뚜렷한 상관관계를 보였으며 이는 투명상아질, 2차상아질 다음으로 높은 상관관계였다.

2차상아질의 형성은 磯川(1962)⁷⁾, 김(1976)⁸⁾, 김(1981)⁹⁾ 등에 의해 치수강의 증형적 변화인 치수강벽의 상아질 침착이 연령의 증가와 밀접한 관계가 있음이 보고되었고, 치수강의 증형적 변화만을 가지고도 비교적 정확한 연령추정이 가능함이 연구되었다. 본 연구에서는 상관계수 $r = 0.72$ $P < 0.01$ 로서 김(1981)⁹⁾이 근관지수를 이용하여 산출한 연령과의 상관계수 $r = 0.87$ 보다는 약간 낮았으나 역시 높은 상관성이 인정되었다. 백아질의 침

착은 Zander (1958)¹¹⁾에 의해 연령과 비례한다는 사실이 밝혀진 바 있으며 본 연구에서는 상관관계 $r=0.61$, $P<0.01$ 이었다. 영구치 치근의 흡수는 유치의 흡수와는 달리 병리적 원인에 의해 주로 영향을 받으므로 단독으로 연령감정에 응용되기에는 문제가 있으나, 연령과 관련된 요소로서, 본 연구에서는 상관계수 $r=0.39$, $P<0.01$ 로서 약한 상관관계를 보였으며 이는 6개의 항목들중 가장 낮은 수치였다. 치근부 투명상아질에 대하여서는 Clinton (1968)¹²⁾, Johanson (1968)¹³⁾, Bang과 Ramm (1970)¹⁴⁾, 석 (1982)¹⁵⁾ 등에 의해 실제로 감정에 응용할 수 있는 가장 신뢰도가 높은 요소로 알려져 왔으며 본 연구에서도 가장 높은 상관계수인 $r=0.79$, $P<0.01$ 로서 석 (1982)¹⁵⁾이 보고 한 $r=0.72$ 등 선학들의 연구결과와 일치하는 경향을 나타내었다.

Gustafson (1950)⁷⁾에 의해 6가지 항목의 Point Value 총합으로 연령과의 상관관계를 단순직선회귀분석법에 의해 산출한 Gustafson 방법이 발표된 후 이를 개량해 보고자 하는 시도가 여러 학자들에 의하여 있었으며 Dalitz (1962)¹⁶⁾는 Gustafson 방법을 연구해 본 결과 백아질의 침착 (cementum apposition)과 치근의 흡수 (Root resorption)가 연령과의 상관 정도가 낮음을 발견하고 이들 두 변인을 제외시킨 후 나머지 4관찰항목을 만을 가지고 다변인회귀분석법에 의해 연령예측방정식을 산출하여 $Age=8.691+5.146A+5.338P+1.886S+8.411T$ 임을 보고 하였고 Johanson (1971)¹⁰⁾은 6가지 항목을 각각 연령을 설명하는 독립변수로 보고 다변인회귀분석법에 의하여 연령예측방정식을 산출한 후 $Age=11.02+5.14A+2.30S+4.14P+3.71C+5.57R+8.98T$

의 공식을 유도하여 추정연령을 산출할 수 있도록 하였다. 본 연구에서도 다변인회귀분석법을 적용한 $Age=8.57+3.08A+2.70S+4.63P+2.40C+1.34R+6.37T$

를 구하였던 바 Johanson의 성적과 약간의 차이를 보이고 있는데 그중 Transparent dentin과 Root resorption의 회귀계수가 본 연구결과보다 크다는 사실은 흥미있는 결과로서 이는 한국인의 치아의 생리적 증령적 변화가 서구인과 다를 수 시사해 주는 결과로 해석된다.

본 연구에서 사용한 다변인회귀분석에서 유의해야 할 점은 다공선성 (Multicollinearity)의 문제로서 이것은 분석결과를 왜곡할 가능성이 큰 것으로서 독립변수 사이에 높은 상관관계 ($r>0.80$)가 존재

하는 경우를 말하며 이는 다변인회귀분석의 기본적인 가정 중 하나인 위배하는 경우이다. 다공선성 (Multicollinearity)이 존재하는 경우에는 높은 상관관계를 갖는 변수들은 두변수 가운데 하나의 변수를 제거 하든지 또는 두변수를 Z-score로 변환시켜 이들은 합한 평균, 즉 Composite scale을 사용해야만 하는데 본 연구 Table 4는 다공선성 (Multicollinearity)의 문제가 전혀 없음을 보여 주어 6가지 항목이 모두 독립된 변수로 선정되는데 따르는 통계적 문제점이 없었다. 본 연구에서 사용한 회귀분석 (Regression) 모형에 대한 검정은 잔차분석 (Residual analysis)을 통해 할 수 있으며 이론적으로 회귀모형이 타당성을 갖기 위해서는 잔차 (Residual: 실제 연령과 예측연령과의 차이)들을 산포도로 나타내었을 때 0을 중심으로 완전하게 Random으로 분포하여야 한다. 본 연구에서는 이 회귀모형의 검정을 위하여 잔차 (오차)의 자기상관 (Autocorrelation)을 검정할 때 사용되는 계수인 Durbin-Watson test를 시행하였다. 오차의 자기상관 (Autocorrelation)이라 함은 잔차의 분포에 있어 잔차들 사이에 상관관계가 내재하고 있다는 것을 말하는 데 본 연구에서는 Durbin-Watson test의 계수가 1.09482로서 가설을 채택할 수 있었으므로 잔차의 자기상관 (Autocorrelation)이 없었다. 이 결과는 또 각 독립변수들의 연령증가에 영향을 미치는 정도가 독립변수들 상호간의 독립성이 인정된다고 말할 수 있겠다.

감정실무에 이용되는 과정에서 가장 관심사가 되는 추정의 표준오차에서는 본 연구대상에 되는 추정의 표준오차에서는 본 연구대상에 Gustafson 방법을 적용했을 때 $S \cdot D=8.18$ 세였으나, 다변인회귀분석법 (Multiple regression)에 의한 표준오차는 $SD=7.82$ 세로서 다변인회귀분석에 의한 예측방정식이 오차를 줄일 수 있는 방법임이 통계학적으로 입증되었다.

이상의 결과로 볼 때 치아의 성장이 완료된 연령층에서의 연령감정은 현재까지 가장 널리 사용되어 왔던 Gustafson 방법보다 이를 개량한 다변인회귀분석법의 적용이 다소 추정오차를 줄여 더욱 정확한 연령감정을 할 수 있어 실제 법치학적 감정실무에 응용성이 높을 것으로 사료되는 바이다.

V. 결 론

무작위로 추출한 12세에서 79세에 이르는 영구치 치아 157개를 이용하여 Gustafson 방법과 다변

인회귀분석법에 의한 예측방정식을 각자 산출하여 생리적 증령적 변화를 분석하고, 두 연령예측방정식을 비교 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 연령과 Gustafson의 6 가지 관찰항목간에는 치근의 흡수(Root resorption)를 제외하고는 뚜렷한 상관성이 있었으며 상관정도의 순서는 치근부 투명상아질(Transparent dentin) $r=0.79$, 이차상아질형성(Secondary dentin) $r=0.72$, 치주상태(P-periodontal change) $r=0.69$, 교모도(Attrition) $r=0.64$, 백아질 침착 $r=0.61$, 치근의 흡수(Root resorption) $r=0.39$ 이었다.

2. Gustafson방법에 의한 직선회귀방정식은

$$y = 8.88 + 3.52x$$

$$r = 0.87, r^2 = 0.76$$

$$SD = 8.18$$

$$F = 483.56, P < 0.01$$

이었다.

다변인회귀분석법(Multiple regression)에 의한 연령예측방정식은

$$y = 8.57 + 6.37T + 4.63P + 2.70S + 2.40C + 3.08A + 1.34R$$

$$r = 0.89, r^2 = 0.78$$

$$SD = 7.82$$

$$F = 91.62, P < 0.01$$

$$\text{Durbin-Watson test} : 1.09$$

이었다.

3. Gustafson방법과 다변인회귀분석법에 의한 연령추정의 비교에서 다변인회귀분석법이 보다 오차를 줄일 수 있는 방법임이 증명되었다.

$$\text{Gustafson 방법 } SD = 8.18$$

$$\text{다변인회귀분석법 } SD = 7.82$$

4. 다변인회귀분석법을 사용할 때 Gustafson 이 관찰한 6 가지 항목은 각기 연령을 설명하는 독립변수가 될 수 있음이 재확인 되었다.

REFERENCE

- Bang, G. and Ramm, E.: Determination of age in humans from root dentin transparency, *Acta Odont. Scand.*, 28:3-35, 1970.
- Barber, T.K.: Roentgenographic evaluation of growth and development, *J.A.D.A.*, 67:319, 1963.
- Brocca,: Cited from # 28
- Carlos, J.G. and Gittelsohn, A.M.: Eruption patterns of permanent teeth, *J. Dent. Res.*, 44: 509, 1965.
- Clinton, C.C.: Transparent dentin in age estimation, *J. Oral surgery*, 25: 843, 1968.
- Dalitz, G.D.: Age determination of adult human remains by teeth examination, *J. Foren. Sci. Soc.* 3: 11, 1962.
- Gustafson, G.: Age determination on teeth, *J.A.D.A.*, 41: 45, 1950.
- Gustafson, G.: *Forensic Odontology*, Staples Press, 1966.
- Hunter, J.: *Treatise on natural history and disease of human teeth*, (Cited from *J.A.D.A.*, 22: 1131, 1935).
- Johanson, C.C.: Transparent dentin in age estimation, *Oral Pathology*, 25: 6, 834, 1968.
- Johanson, G.: Age determinations from human teeth, *Odontologisk Revy*, 22: suppl. 21, 1971.
- Logan, W. and Kronfeld, R.: Development of human jaws and surrounding structures from birth to age of fifteen years, *J.A.D.A.*, 20: 379, 1933.
- Lysell, L.: Qualitative and quantitative determination of attrition and the ensuing tooth migration, *Acta Odont. Scand.*, 16: 267, 1958.
- Martin,: Cited from # 28
- Noble, H.W.: The estimation of age from dentition, *J. Forens Sci. Soc.* 14: 215, 1974.
- Nolla, C.M.: Development of the permanent teeth, *J. Dent. Child*, 27: 254, 1960.
- Nortje, C.J.: The permanent mandibular third molar it's value in age determination, *J. Forensic Odonto-Stomat.*, 1: 1, 27, 1983.
- Schour, I. and Massler, M.: Studies in tooth development the growth of human dentition, *J.A.D.A.*, 27: 1778, 1940.

19. Schour, I. and Massler, M.: The development of human dentition, J.A.D.A., 28: 1153, 1941.
20. Sumarker, H.: Roentgenographic study of eruption, J.A.D.A., 61: 5, 1960.
21. Zander, H.A. and Hurzeler, B.: Continuous cementum apposition, J. Dent. Res., 37: 1035, 1958.
22. 栃原博: 日本人 歯牙の咬耗に関する研究, 日本医学雑誌, 31卷, 補冊, 4, 1~27, 1957.
23. 藤本: 齒髓腔のレ線解剖學的研究, 齒科學報, 58, 1958.
24. 山路千秋: 本邦人男兒のレントゲン所見による年齢推定に関する研究: 犯罪學雜誌, 24(5)別輯 1, 34~76, 1958.
25. 齊藤恭助: 永久齒萌出時期の上下頭各齒牙間における相互關係にする. 統計的研究, 齒科學報 70(12)110~128, 昭45.
26. 田所幹彬: 齒牙の年齢的變化に関する研究, 齒界展望, 16(10): 83-100, 1959.
27. 磯川宗七, 山田元樹: 第二象牙質の發生に関する. 實驗的研究, 解剖學誌, 37卷(2): 159-169, (1972).
28. 古畑種基, 山本勝一: 齒科法医学, 医齒藥出版社, 1969.
29. 竹井哲可: 齒の咬耗にする年齢の推定, 日法医学誌, 24卷, 4~7, 1970. 司
30. 고명연: 하악영구치 치근발육에 관한 방사선학적 연구, 대한구강내과학회지, 6: 23, 1981.
31. 김능세: 증령에 따른 근관면적비에 관한 연구, 대한치과의사협회지, 17: 2, 1979.
32. 김덕규, 김종열: 연령증가에 따른 치수강의 변화에 의한 연령추정, 대한치과의사협회지, 19: 439, 1981.
33. 김동원, 김종열: Gustafson 방법에 의한 한국인 영구치에서의 연령감정에 관한 연구, 구강내과학회지, 19: 1, 1984.
34. 김수경: 한국인 치령에 관한 연구, 대한치과의사협회지, 9: 8, 1971.
35. 김영구: 연령에 따른 상악전치 치근폭경에 대한 X-선학적연구, 대한구강내과학회지, 2: 1, 1976.
36. 김영구: 한국인 여성 상악중절치의 근관 면적비에 관한 연구, 대한구강내과학회지, 6: 1, 1981.
37. 김영구: 치관부법랑질, 상아질 및 치수강의 증령적 변화에 관한 연구, 대한치과의사협회지, 18: 12, 1980.
38. 김희경: 한국인 상악영구치 치아의 석회화에 대한 X-선학적 연구, 현대의학, 4: 4, 1966.
39. 명동성: 한국인 하악 제3대구치 발육에 관한 X-선학적 연구, 최신의학, 11: 11, 1968.
40. 박영식, 김영구: 성인구치의 교모형태에 관한 연구, 구강내과학회지, 6: 1, 1981.
41. 석대현, 김종열: 치근부 투명상아질 투명층의 증령적 변화에 관한 연구, 대한구강내과학회지, 7: 1, 1982.
42. 양무도, 이승우: 증령에 따른 구치 교모면적비에 관한 연구, 구강내과학회지, 6: 1, 1981.
43. 이승우: 한국인 남자 상악 소구치의 교모형태에 관한 연구, 대한구강내과학회지, 6: 1, 1981.
44. 이명중: 한국인의 연령증가에 따른 치아교모에 관한 연구, 대한치과의사협회지, 10: 445, 1972.
45. 정성창: 한국인 영구치의 단계별 맹출 시기에 관한 연구, 대한구강내과학회지, 3: 1, 1977.
46. 정성철, 김종열: 혼합치열에 있어서 연령증가에 따른 석회화에 관한 연구, 연세치대논문집, 2: 1, 1983.
47. 정의태, 김종열: 치수강의 가령적 변화에 의한 연령추정, 대한구강내과학회지, 6: 1, 1981.
48. 차문호: 한국인 영구치 맹출시기에 대한 연구, 종합의학, 3: 10, 1963.

Comparative study of age estimation accuracy in Gustafson's method and prediction formula by multiple regression.

Kyoung Whan Kwak, D.D.S., Chong Youl Kim, D.D.S.
Dept of Dental Science, Graduate School, Yonsei University.

Abstract

This study comprised 157 extracted teeth, 73 of the teeth originated from males and 84 from females, the age range was 12-79 years. The correlation coefficient of each Gustafson's criteria in relation to age was carried out. Age estimation were performed on 157 teeth according to the method by Gustafson and by use of multiple regression, as used by Johanson, after evaluating the six criteria of Gustafson by multiple regression computer analysis. Two prediction formulas and standard deviations were compared with each other.

The results were as follows:

1. The author found that six Gustafson's criteria had strong correlation with age except root resorption, and correlation coefficients were $r = 0.79$ (Transparent dentin), $r = 0.72$ (Secondary dentin), $r = 0.69$ (Periodontal change), $r = 0.63$ (Attrition), $r = 0.39$ (Root resorption), respectively.

2. The age estimation formula by Gustafson's method was calculated as follows:

$$Y = 8.88 + 3.52X$$

$$r = 0.87, r^2 = 0.76$$

$$SD = 8.18$$

$$F = 483.56, P < 0.01$$

The age estimation formula by multiple regression was calculated as follows:

$$Y = 8.57 + 6.37T + 6.37T + 4.63P + 2.70S + 2.40C + 3.08A + 1.34R$$

$$r = 0.89, r^2 = 0.78$$

$$SD = 7.82$$

$$F = 91.62, P < 0.01$$

$$\text{Durbin-Watson Coefficient} = 1.09$$

3. In comparison of two estimation formulas, the formula by multiple regression, the method of Johanson, was found to be slightly more reliable than Gustafson's method.

$$\text{Gustafson's method } SD = 8.18$$

$$\text{Multiple regression (Johanson's method) } SD = 7.82$$

4. It was reaffirmed that Gustafson's six criteria could be a independent variable in multiple regression analysis.