

Johanson 방법을 응용한 연령추정

전남대학교 치과대학 구강내과학교실, 구강병리학교실¹

이원준 · 김병국 · 김재형 · 임희순 · 이금숙 · 최홍란¹

연령추정은 법의 · 치의학적 개인식별에서 가장 기본이 되고 중요한 분야로, 지금까지 수많은 선학들이 신체의 여러 부위를 이용하여 연령을 추정하는 방법에 대해 연구해 왔다. 치아를 이용한 연령추정은 신체의 다른 부위와 비교하여 가장 유익한 방법으로 이중 Gustafson과 Johanson은 사후 치아를 이용하여 연령을 추정하였는데 그 정확성과 체계성을 인정받아 국외는 물론 국내에서도 널리 사용되고 있다. 그러나 이들 두 가지 방법에 대한 정확성의 검증은 외국에서는 많은 연구가 있었지만 아직 국내에서는 그에 대한 연구가 희소한 형편이다.

이에 본 연구는 치주질환에 이환되었거나 교정 치료를 위해 발거된 59개의 전치부, 소구치부, 구치부 치아를 이용하여 1) Gustafson 방법과 Johanson 고유 방법으로 우리나라 사람의 치아에 적용하였을 때 각 방법에 따른 추정연령과 실제 연령과의 차이를 비교하고, 2) 실제연령과 Gustafson 방법 및 Johanson 방법에 의한 추정연령 간 차이를 연령대별, 성별, 악궁별, 그리고 치아부위별로 상관관계를 분석하기 위하여 시행하였다.

치아를 레진 포매하여 절편으로 만들어 Gustafson 방법과 Johanson 방법을 이용하여 각각 치아를 감정하고 연령을 추정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Johanson 고유 방법에 의한 추정연령은 실제연령과 유의한 차이를 보였으나, Gustafson 방법과 Johanson 응용 방법은 실제연령과 유의한 상관관계를 보였고 이중 Johanson 응용 방법이 더 높은 상관관계를 보였다.
2. 실제연령과 Gustafson 방법, Johanson 고유 방법, Johanson 응용 방법에 의한 추정연령은 성별 및 치아 부위에 따라 유의한 차이가 없었다.
3. 실제연령과 Gustafson 방법, Johanson 고유 방법, Johanson 응용 방법에 의한 추정연령은 연령대별로 유의한 차이를 보였다.

이상의 결과에서 향후 Gustafson 방법과 Johanson 고유 방법이 국내에서 이용될 수 있으나 보다 정확한 검증을 위하여 보다 많은 치아를 이용한 연구와 Johanson 연령추정 방법에서 기존 Johanson이 제시한 방정식을 그대로 적용하기보다는 폭넓은 연구에 따른 새로운 방정식 적용이 필요하다고 사료된다.

주제어 : Age estimation, Gustafson method, Johanson method

I. 서 론

연령추정은 법의 · 치의학적 개인식별에서 가장 기본이 되고 중요한 분야로 지금까지 수많은 선학들이

신체 여러 부위를 이용하여 연령을 추정하는 방법에 대해 연구해 왔다. 이중에서 치아를 이용한 연령추정은 19세기 초반 영국에서Thomsen이라는 법의학전문가가 7세 미만의 아동을 식별하기위한 방법으로 제1대구치 맹출시기를 이용한 것부터 시작되어, 19세기 후반에는 Lacassagne이 살해 후 유기된 성인 시체의 신원식별에 치아를 이용하였으며 이때부터 치아를 이용한 연령추정에 대한 많은 연구가 진행되었다.²⁾ 1925년에는 Bodecker가 가령에 따른 치아 변화를 연구하여 치관의 교모, 치수강 내 2차 상아질 침착, 치

교신저자 : 김병국
광주시 동구 학동 8번지
전남대학교 치과대학 구강내과학교실
E-mail: bkkim@chonnam.ac.kr

원고접수일: 2005년 3월 8일
심사통과일: 2005년 4월 2일

근 표면에 백악질 침착, 그리고 치조골 파괴를 일으키는 치주 염증과 퇴축에서 비롯되는 치아 지지조직 질환 등 4가지 유의 사항을 지적했다.²⁾

이어서 1950년 Gustafson¹⁾은 Bodecker의 결과에 치근 흡수, 치근 투명도를 더하여 가령에 따른 치아 변화를 6가지로 분류하였다. 이러한 치아 조직학적 변화를 관찰하여 변화정도에 따라 0, 1, 2, 3과 같이 4등급으로 분류하고 치아마다 등급 합이 연령과 일정한 회귀선으로 표현됨을 증명하였다. Gustafson은 6가지 치아 조직학적 변화 등급을 단순하게 합한 후 회귀방정식을 구하여 연령을 추정했다.

1971년 Johanson²⁾은 Gustafson의 각 조직학적 변화에는 가중치가 있다는 것을 확인하고 변화정도를 0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3과 같이 7등급으로 세분화하여 새로운 연령추정에 대한 방정식을 구하였다. 위 Gustafson 방법과 Johanson 고유 방법은 법의 · 치의학적으로 인정되어 사후 성인의 연령을 추정하는데 널리 사용되고 있고 각 국에서 두 방법을 자국 사람의 치아에 적용한 연구와 그 정확성을 높이기 위한 많은 방법론적, 통계학적 연구들이 진행되고 있지만³⁻¹⁸⁾ 아직 국내에서는 이에 대한 검증과 연구가 활발하지 못한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 치주질환에 이환되었거나 교정치료를 위하여 발거된 치아를 이용하여 Gustafson 방법 및 Johanson 고유 방법, 본 연구에서 구한 회귀방정식인 Johanson 응용 방법 등 세 가지 방법으로 연령을 추정하였다. 각 방법에 따른 추정연령을 실제연령과 비교하였고 세 가지 방법에 의한 추정연령을 연령대별, 성별, 악궁별, 치아부위별로 실제연령과 상호 비교하여 유용성을 알아보려고 본 연구를 수행하였다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

광주 · 전남지역 치과병 · 의원에서 치주질환에 이환되었거나 교정치료를 위하여 발거된 총 59개의 치아를 대상으로 연구를 수행하였다.

2. 연구방법

1) 절편제작 전 처리

치아를 발거한 직후 흐르는 물에 가볍게 세척한 뒤

환자의 이름, 나이와 성별, 치아부위를 표기한 조직검 사용기에 담아 실온에서 24시간동안 건조하였다. 치아는 건조 후 각각 고유번호를 부여하여 백악-법랑경계에서 치주조직 부착부위까지 거리를 측정 한 뒤 새로운 조직검사용기에 옮겨 보관하였고 번호에 따른 각 치아의 실제연령 자료는 연령추정검사를 시행한 후까지 따로 보관하였다.

2) 레진 포매 절편제작 과정

각 치아를 70% alcohol에서 1시간, 95% alcohol에서 1시간 30분씩 2회, 100% alcohol에서 1시간 30분씩 2회, 그리고 acetone에서 1시간 30분 동안 탈수시킨 후 methylmethacrylate (MMA) monomer (Junsei Chemical Co. Ltd., Japan)와 아세톤 1:1혼합 용액과 MMA monomer에 각각 12시간씩 담가두어 포매 전 침투과정을 거쳤다. 침투과정을 마친 뒤 MMA monomer 250 ml, benzoyl peroxide 2.5 mg, polymethylmethacryl polymer (Wako Pure Chemical Industries Ltd., Japan) 100 mg을 혼합하여 녹인 MMA 포매체에 포매 후 35°C oven에 보관하여 3주간 중합하였다. 중합완료 여부를 확인한 후 diamond saw (BUEHLER® ISOMET™, USA)를 이용하여 각 치아를 험설방향으로 치아 장축에 수평이 되도록 0.5 mm 두께의 절편을 만들었다. 만들어진 절편은 다시 180 Cw과 1000 Cw 사포를 이용하여 0.25 mm 두께²⁾로 연마하여 실온에서 24시간 건조시켰다. 건조된 치아 절편은 canada balsam을 이용하여 slide glass 위에 고정시킨 뒤 경화시켰다.

3) 연령추정을 위한 절편관찰

치아절편이 고정된 slide glass를 스캐너(EPSON® EXPRESSION 1680 Pro, Japan: TPU positive film, 24 bit color, 1600 resolution) 위에 놓고 스캐닝 하였다(Fig. 1). 스캐닝한 치아절편상에서 Gustafson과 Johanson이 정한 기준으로 각각의 치아를 감정하였다(Fig. 2-4, Table 1).

3. 연령 추정

1) Gustafson 방법에 따른 연령추정은 각 등급의 합을 회귀분석하여 다음과 같이 구한 회귀방정식 '추정연령=3.75X+26.22(X=등급의 합)'을 이용하여 연령을 추정하였다



Fig. 1. Scanning images of mounted tooth slides. Lower incisor, upper canine, upper second premolar, upper second molar are shown.

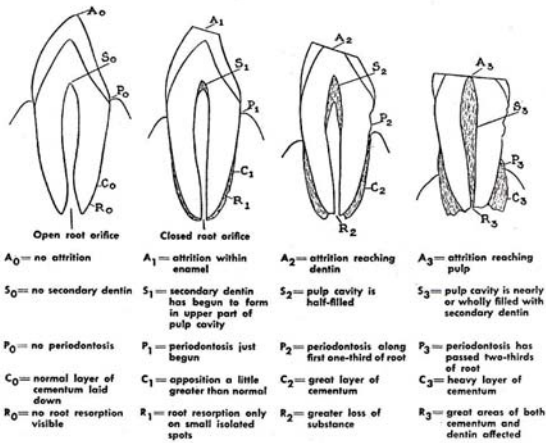


Fig. 2. The drawing followed by Gustafson method, shows point values allotted, as a standard for comparison, to age changes in attrition, secondary dentin, periodontosis, cementum, and root resorption, according to degree of development (Sited from Gustafson G. Age determination on teeth. J Am Dental Assoc 41:45-54, 1950.).

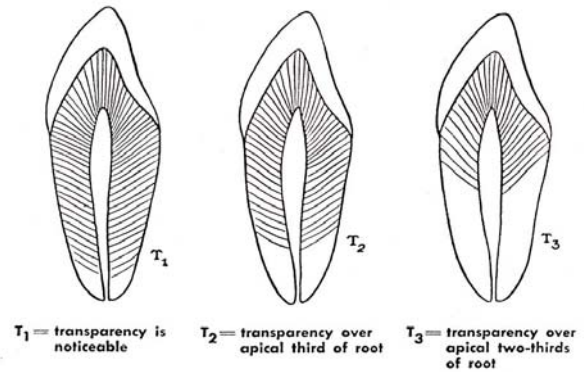


Fig. 3. The drawing followed by Gustafson method, shows point values allotted, as a standard for comparison, to age changes in root transparency (Sited from Gustafson G. Age determination on teeth. J Am Dental Assoc 41:45-54, 1950.).

2) Johanson 고유 방법에 따른 연령추정은 Johanson 이 구한 회귀방정식

‘추정연령=11.02+5.14A+2.30S+4.14P+3.17C+5.57R+8.98T’을 이용하여 연령을 추정하였다.

A=attrition(치관 교모): 대합치와 접촉되는 교합면의 소실.

P=periodontosis(치은 퇴축): 염증에 의해서 치은이 퇴축되고 치근이 노출되는 치주조직의 변화.

S=secondary dentin(2차 상아질): 가령의 결과로 치수벽에서 생성되어 치수강이 작아짐.

C=cementum apposition(백악질 침착): 치은 퇴축(periodontosis)이 발생한 치아의 치근주위에 생성됨.

R=root resorption(치근 흡수): 치근이 백악질과 상아질을 포함하여 흡수됨.

T=transparency of the root(치근의 투명도): 상아세관이 무기질로 채워지면서 상아질이 투명하게 변함.

3) Johanson 응용 방법에 따른 회귀방정식

‘추정연령=22.19+4.85A+3.13S+1.76P+8.29C+5.06R+3.95T’을 이용하여 연령을 추정하였다.

Table 1. Criteria of Gustafson method and Johanson method

score	Gustafson	Johanson
A0	교모 없음	교모 없음
A0.5		약간의 교모
A1	법랑질에 국한된 교모	법랑질 두께의 1/2 교모
A1.5		약간의 법랑질층만 남아있는 교모
A2	상아질까지 교모	약간의 상아질까지 교모
A2.5		상아질 두께의 1/2 교모
A3	치수까지 교모	상아질 전체와 치수까지 다다른 교모
S0	2차 상아질 없음	2차 상아질 없음
S0.5		치관부 치수강 상부에 2차상아질 형성 시작
S1	치수강 상부에 2차상아질 형성 시작	치관부 치수강 상부에서 하부로 확장을 시작
S1.5		치관부 치수강 2/3까지 2차 상아질 형성
S2	치수강 절반까지 2차 상아질 형성	치관부 치수강 전체의 2차 상아질 형성
S2.5		치수강 1/2까지 2차 상아질 형성
S3	치수강 전반의 2차 상아질 형성	치수강 1/2이상 2차상아질 형성
P0	치은퇴축 없음	치은퇴축 없음
P0.5		CEJ에서 약간의 퇴축
P1	치은퇴축 시작	CEJ에서 2mm 까지 퇴축
P1.5		CEJ에서 4-7mm까지 퇴축
P2	치근의 1/3까지 퇴축	CEJ에서 10mm까지 퇴축
P2.5		CEJ에서15mm까지 퇴축
P3	치근의 2/3까지 퇴축	CEJ에서 치근부위까지 퇴축
C0	정상 백악질	정상 백악질
C0.5		치근단 부위에 국한된 백악질 침착
C1	정상보다 약간 많은 양의 침착	치경부 방향으로 확장되는 백악질 침착
C1.5		치근단 1/3까지 백악질 침착
C2	많은 양의 침착	치근단 1/2까지 백악질 침착
C2.5		치근단 2/3까지 백악질 침착
C3	아주 많은 양의 침착	현저히 두께가 증가된 백악질 침착
R0	치근흡수 없음	치근흡수 없음
R0.5		작은 한 곳에 국한된 치근흡수
R1	작은 한 곳에 국한된 치근흡수	두 곳 이상에서 그리 깊지 않은 치근흡수
R1.5		확장된 치근흡수
R2	확장된 치근흡수	깊고 넓은 치근흡수
R2.5		전반적인 치근흡수 확장
R3	백악질과 상아질까지 확장된 치근흡수	상아질까지 확장된 치근흡수
T0	투명상아질 없음	투명상아질 없음
T0.5		근침에서 투명상아질 형성 시작
T1	투명상아질 형성	치근단의 투명상아질 형성
T1.5		치근단 1/4까지 투명상아질 형성
T2	치근단 1/3까지 투명상아질 형성	치근단 1/3까지 투명상아질 형성
T2.5		치근단 1/3~2/3까지 투명상아질 형성
T3	치근단 2/3까지 투명상아질 형성	치근단 2/3이상 투명상아질 형성

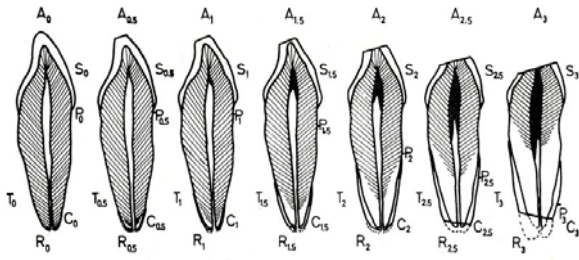


Fig. 4. The drawing followed by Johanson method shows the different gradation of the 6 changes. Each of them are divided into 7 stages (Sited from Johanson G. Age determinations from human teeth. Odontol Rev Suppl 22 21:1-126, 1971.).

(A=attrition, S=secondary dentin, P=periodontosis, C=cementum apposition, R=root resorption, T=transparency of the root)

4. 통계분석

통계분석은 SPSS version 10.0을 이용하였다. Gustafson 방법, Johanson 고유 방법, Johanson 응용 방법에 의한 연령추정 결과와 실제연령과의 관계는 하나의 표본으로부터 두 가지 자료를 얻어 검정하는 경우로 paired t-test를, 성별과 악궁별 연령추정 결과와 실제연령과의 관계는 서로 다른 두 표본 결과 비교로 unpaired t-test를, 연령대별과 치아 부위별 비교는 두 표본이상의 평균치 차이검증을 위해 one way ANOVA를 이용하여 각각 통계분석을 시행하였다.

III. 연구결과

1. 치아의 분포

치아를 제공한 환자의 연령 분포는 20대에서 80대 까지 다양하였으나 대부분 40대에서 60대 까지 분포 하였다(Table 2). 성별 분포는 남성에서 44개, 여성에서 15개이었으며(Table 3), 악궁에 따른 분포는 상악에서 36개, 하악에서 23개 그리고, 치아의 부위에 따른 분포는 전치부(견치 포함)에서 16개, 소구치부에서 14개, 대구치부에서 29개였다(Table 4).

Table 2. Age distribution of the teeth used for present study

Age group(years)	Number
20-30	1
31-40	3
41-50	19
51-60	13
61-70	13
71-80	9
Above 81	1
Total	59

Table 3. Gender distribution of the teeth used for present study

Gender	Number
Male	44
Female	15
Total	59

Table 4. Location distribution of the teeth used for present study

Location	Maxilla	Mandible
Anteriors	11	5
Premolars	11	3
Molars	14	15
Total	36	23

2. 치아의 감정

스캐닝한 치아절편상 관찰을 통해 각각의 치아에 대하여 6가지 조직학적 변화를 감정하여 등급을 매겼다(Table 5, 6).

Table 5. Age estimation by Gustafson method.

Serial No.	Gender	Location	A	S	P	C	R	T	Sum	Estimated age	Actual age
101	M	#42	2	1	3	1	0	2	9	59.95	39.2
102	M	#21	2	1	3	1	1	3	11	67.44	67.2
103	F	#32	2	1	2	2	2	2	11	67.44	72.1
110	M	#11	2	1	2	2	1	3	11	67.44	70.1
111	M	#32	3	3	2	2	1	2	13	74.94	69
112	M	#21	2	1	2	2	1	2	10	63.69	50.9
113-1	F	#11	2	1	2	3	2	2	12	71.19	78.3
113-2	F	#12	2	1	1	3	1	2	10	63.69	78.3
114	M	#22	2	1	2	2	1	2	10	63.69	72.6
115	F	#32	2	1	1	1	0	3	8	56.20	47
116	F	#11	2	1	3	3	0	2	11	67.44	58
117	M	#41	2	1	3	1	2	2	11	67.44	64.6
201	M	#13	2	1	3	1	0	2	9	59.95	65.6
202	M	#23	2	1	2	2	0	2	9	59.95	81.5
203	F	#13	2	1	1	2	0	2	8	56.20	47
204	M	#43	2	1	2	1	1	2	9	59.95	76.6
301	M	#14	1	0	1	1	0	1	4	41.21	31.9
304	M	#15	1	0	1	1	0	2	5	44.96	45.8
313	M	#25	1	1	1	1	1	1	6	48.70	54
314	M	#14	1	0	1	1	0	1	4	41.21	20.1
315	M	#15	1	0	1	2	0	1	5	44.96	52.2
316	M	#24	1	0	2	1	1	1	6	48.70	54.7
317	M	#45	1	1	1	2	0	2	7	52.45	67.2
318	M	#45	2	1	2	1	0	2	8	56.20	64.1
319	M	#45	1	1	2	1	0	2	7	52.45	52.9
320	M	#24	2	1	2	1	0	1	7	52.45	47.4
321	M	#15	1	1	2	1	0	2	7	52.45	56.5
322-1	F	#15	1	1	1	1	0	3	7	52.45	47
322-2	F	#25	1	1	1	1	0	2	6	48.70	47
323	M	#15	1	1	1	2	0	2	7	52.45	64.2
401	M	#37	1	1	1	3	1	2	9	59.95	75
402	M	#27	1	1	1	1	0	3	7	52.45	41.5
403	M	#37	2	0	3	1	0	2	8	56.20	58.7
407	M	#26	1	0	3	1	0	2	7	52.45	47.4
408	M	#47	2	0	1	1	0	2	6	48.70	50.4
410	M	#16	1	0	2	2	0	2	7	52.45	63.5
413	M	#36	2	1	2	2	0	2	9	59.95	60.6
414	F	#37	1	1	3	3	0	2	10	63.69	68.3
415	M	#37	2	1	3	2	2	2	12	71.19	75.2
416-1	M	#46	1	1	2	2	0	2	8	56.20	47.5
416-2	M	#47	1	0	2	2	0	2	7	52.45	47.5
417	M	#16	2	1	2	2	0	1	8	56.20	47.4
418	M	#16	1	1	1	2	3	1	9	59.95	53.2
419-1	M	#46	1	0	2	1	0	1	5	44.96	49.1
419-2	M	#47	1	0	2	1	0	1	5	44.96	49.1
420	M	#17	1	1	3	3	2	3	13	74.94	72.4
421	M	#17	1	1	2	2	0	2	8	56.20	36.4
422	F	#17	1	1	1	2	3	2	10	63.69	66.1
423	M	#16	1	1	2	2	0	1	7	52.45	49.1
424	F	#16	1	0	2	1	1	1	6	48.70	44.9
425	F	#36	1	1	2	1	1	2	8	56.20	47.5
426	M	#36	1	0	1	1	0	1	4	41.21	47.4
428	M	#26	1	1	3	3	1	3	12	71.19	53.5
429	F	#47	2	1	1	2	1	2	9	59.95	77.9
430	M	#16	1	1	1	2	0	2	7	52.45	53.7
431	F	#17	1	1	1	3	0	3	9	59.95	46.6
432	M	#47	1	1	1	2	0	1	6	48.70	51
434	F	#47	2	1	1	1	1	2	8	56.20	63
435	M	#16	1	1	1	1	0	1	5	44.96	47.5

Table 6. Age estimation by Johanson method and modified Johanson method.

Serial No.	Gender	Location	A	S	P	C	R	T	Estimated age1 *	Estimated age2 **	Actual age
101	M	#42	2	0.5	2	0.5	0	1.5	46.06	47.05	39.2
102	M	#21	2.5	0.5	2	1	0.5	3	66.74	62.08	67.2
103	F	#32	2.5	2	1.5	2	1.5	2	68.42	75.29	72.1
110	M	#11	2	1.5	1.5	2	1	3	70.89	72.72	70.1
111	M	#32	3	3	1.5	2.5	0.5	2	69.57	79.93	69
112	M	#21	2.5	0.5	1.5	1.5	0.5	1.5	53.05	59.42	50.9
113-1	F	#11	2.5	2	1.5	3	1.5	1.5	67.64	81.60	78.3
113-2	F	#12	2	1.5	1.5	3	0.5	1.5	58.35	72.55	78.3
114	M	#22	2	1	1.5	2	0.5	1.5	53.49	62.70	72.6
115	F	#32	2	1.5	1.5	1	0	3	61.61	59.37	47
116	F	#11	2	1	3	2.5	0	2	63.26	68.93	58
117	M	#41	2	1.5	3	1.5	1	1.5	61.78	65.28	64.6
201	M	#13	2.5	2	2	1.5	0	2	60.28	64.43	65.6
202	M	#23	2.5	2	1.5	2	0	2.5	64.55	69.68	81.5
203	F	#13	2.5	1	1	1.5	0	1.5	49.35	57.57	47
204	M	#43	2.5	2	1.5	1	0.5	1.5	54.65	59.96	76.6
301	M	#14	1	0	1.5	0.5	0	2	42.19	41.73	31.9
304	M	#15	0.5	0	1.5	1.5	0	2	43.33	47.60	45.8
313	M	#25	1	0.5	1.5	1.5	0.5	1.5	45.34	52.14	54
314	M	#14	0.5	0	1.5	0.5	0	0.5	26.15	33.37	20.1
315	M	#15	0.5	0	1.5	2	0	1.5	40.69	49.77	52.2
316	M	#24	1	0	1.5	1.5	0.5	2.5	53.17	54.53	54.7
317	M	#45	1	0.5	1.5	2	0	2	48.90	55.73	67.2
318	M	#45	2.5	0.5	1.5	1.5	0	2	54.76	58.87	64.1
319	M	#45	0.5	1	2	1.5	0	2	47.70	51.60	52.9
320	M	#24	2.5	1	1.5	1	0	1	45.07	52.33	47.4
321	M	#15	1	0.5	1.5	0.5	0	1.5	38.85	41.32	56.5
322-1	F	#15	1.5	1	1	0.5	0	3	53.97	50.36	47
322-2	F	#25	1.5	1	1	1	0	2	46.84	50.55	47
323	M	#15	0.5	1	1.5	1.5	0	2.5	50.12	52.70	64.2
401	M	#37	1	1	1.5	2	0.5	2	52.84	59.82	75
402	M	#27	0.5	0	1.5	1.5	0	3	52.31	51.55	41.5
403	M	#37	2	0	2	1.5	0	2	53.11	55.75	58.7
407	M	#26	1	0	2	1	0	2	46.11	46.76	47.4
408	M	#47	2.5	0	1	1	0	2	49.68	52.28	50.4
410	M	#16	1	0.5	1.5	2	0	2	48.90	55.73	63.5
413	M	#36	2	0	1.5	1.5	0	1.5	46.55	52.90	60.6
414	F	#37	0.5	0.5	2	3	0	2	52.11	62.47	68.3
415	M	#37	2	0.5	2	2	2	2.5	71.74	73.56	75.2
416-1	M	#46	0.5	0.5	1.5	2	0	1.5	41.84	51.33	47.5
416-2	M	#47	0.5	0	1.5	2.5	0	2	47.04	55.89	47.5
417	M	#16	2	0.5	1.5	2	0	1.5	49.55	58.61	47.4
418	M	#16	1.5	0.5	1.5	1.5	2.5	1.5	59.05	64.68	53.2
419-1	M	#46	0.5	0	1.5	1	0	1	32.49	39.50	49.1
419-2	M	#47	0.5	0	1.5	1.5	0	1.5	38.84	45.62	49.1
420	M	#17	1	1	2	2	1.5	2.5	64.97	67.74	72.4
421	M	#17	0.5	1	1.5	1.5	0	1.5	41.14	48.75	36.4
422	F	#17	1	0.5	1.5	1.5	3	1.5	59.27	64.78	66.1
423	M	#16	0.5	0.5	1.5	2.5	0	1.5	43.70	55.47	49.1
424	F	#16	1	0	1.5	1	0.5	1.5	42.34	46.43	44.9
425	F	#36	0.5	0.5	1.5	1.5	0.5	2	47.26	51.69	47.5
426	M	#36	1	0	1.5	1	0	1	35.06	41.92	47.4
428	M	#26	0.5	0.5	1.5	2	0	2.5	50.82	55.28	53.5
429	F	#47	2	0.5	1.5	1.5	0.5	2	54.97	58.97	77.9
430	M	#16	0.5	0.5	1.5	2	0	2	46.33	53.31	53.7
431	F	#17	1	1	1.5	2	0	2.5	54.54	59.27	46.6
432	M	#47	0.5	0.5	1.5	1.5	0	1.5	39.99	47.18	51
434	F	#47	2	1	1.5	1	0.5	2	54.27	56.39	63
435	M	#16	1	0.5	1.5	1.5	0	1.5	42.56	49.61	47.5

* : Result by Johanson method

* * : Result by modified Johanson method

3. Gustafson 방법으로 회귀분석을 통한 연령추정 결과

각 조직학적 변화의 합과 실제연령을 이용하여 회귀분석을 시행 후 방정식을 얻어 추정연령을 산출하였다. 유의확률은 0.662로 유의한 결과를 보였고 다음과 같은 방정식 '추정연령 = 26.22 + 3.75 × 합'을 얻었다(Table 5, 7, Fig. 5).

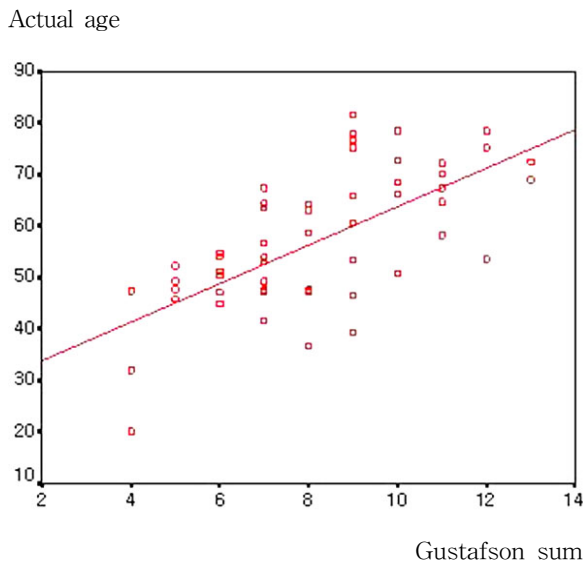


Fig. 5. Scatter diagram and regression line of Gustafson method

Table 7. Linear regression analysis by Gustafson method

R	R ²	Sig.	
.662	.439	.000	
Predictors: (Constant), Gustafson sum			
	B	t	Sig.
(Constant)	26.22	5.564	.000
Gustafson sum	3.75	6.676	.000
Dependent variable: Actual age			

Estimated age = 26.22 + 3.75 × Gustafson sum

4. Johanson 고유 방법을 통한 연령추정 결과

Johanson이 제시한 방정식 '추정연령=11.02 + 5.14 × A + 2.30×S + 4.14×P + 3.17×C + 5.57×R + 8.98 ×T'에 각 조직학적 변화 요소의 등급을 적용시켜 추정연령을 산출하였다(Table 6).

5. Johanson 응용 방법으로 회귀분석을 통한 연령 추정 결과

각 조직학적 변화 요소의 등급과 실제연령을 이용하여 회귀분석을 시행 후 다음과 같은 방정식 '추정연령 = 22.19 + 4.85×A + 3.13×S + 1.76×P + 8.29×C + 5.06×R + 3.95×T'을 얻어 여기에 등급을 적용시켜 추정연령을 산출하였다(Table 6, 8). 변화 요소 중 2차 상아질과 치은퇴축은 유의하지 않은 결과를 보였다.

6. 실제연령과 세 가지 방법에 의한 추정연령 간 차이

실제연령과 Gustafson 방법에 의한 추정연령 간 차이의 상관계수는 0.662 (P<0.05), 실제연령과 Johanson 고유 방법에 의한 추정연령 간 차이의 상관계수는

Table 8. Linear regression analysis by Johanson method in present study

R	R ²	Sig.	
.771	.595	.000	
Predictors: (Constant), T, R, P, A, C, S			
	B	t	Sig.
Constant	22.19	3.148	.003
A	4.85	2.673	.010
S	3.13	1.365	.178
P	1.76	.534	.596
C	8.29	4.025	.000
R	5.06	2.745	.008
T	3.95	1.831	.073

Dependent variable: Actual age

Estimated age = 22.19 + 4.85×A + 3.13×S + 1.76×P + 8.29×C + 5.06×R + 3.95×T

Table 9. Correlation coefficient of three methods

	N	Corr. coeff.	Sig.
Actual age - Gustafson method	59	.662	.000
Actual age - Johanson method	59	.715	.000
Actual age - Modified Johanson method	59	.771	.000

Table 10. Paired t-test in three methods

	t	Sig.
Actual age - Gustafson method	.000	N/S
Actual age - Johanson method	4.449	.000
Actual age - Modified Johanson method	.000	N/S

0.715 (P<0.05), 그리고 실제연령과 Johanson 응용 방법에 의한 추정연령 간 차이의 상관계수는 0.771 (P<0.05)로 상관관계를 보였다. 대응표본검정에서 실제연령과 Johanson 고유 방법에 의한 추정연령 사이

에는 유의한 차이가 있었으나 Gustafson 방법과 Johanson 응용 방법에 의한 추정연령은 실제연령과 유의한 차이가 없는 결과를 보였다(Table 9, 10).

7. 실제연령과 세 가지 방법에 의한 추정연령에서 악궁간 차이

악궁별로 Gustafson 방법에 의한 추정연령과 Johanson 고유 방법에 의한 추정연령과 실제연령 사이에서 유의한 차이는 없었다. 그러나 Johanson 응용 방법에 의한 추정연령과 실제연령 사이에서 상악에서의 평균은 -1.79, 하악에서 평균은 2.61로 두 집단간 유의한 차이가 있었다(P<0.05)(Table 11).

Table 11. Paired t-test in maxillary and mandibular teeth

	Location	N	Mean	SD	t	Sig.
Actual age - Gustafson method	Maxilla	35	-1.53	9.89	-1.48	N/S
	Mandible	24	2.23	9.13		
Actual age - Johanson method	Maxilla	35	-3.39	8.46	1.93	N/S
	Mandible	24	-7.90	9.32		
Actual age - Modified Johanson method	Maxilla	35	-1.79	7.69	-2.08	.042
	Mandible	24	2.61	8.37		

Table 12. Paired t-test in gender

	Gender	N	Mean	SD	t	Sig.
Actual age - Gustafson method	Male	44	6.1×10^{-2}	9.83	.08	N/S
	Female	15	-.18	9.41		
Actual age - Johanson method	Male	44	-5.76	8.45	-.78	N/S
	Female	15	-3.65	10.69		
Actual age - Modified Johanson method	Male	44	.62	8.07	.99	N/S
	Female	15	-1.82	8.58		

Table 13. Result of statistic in age groups

	Age group(years)	N	Mean	SD	R ²	Sig.
Actual age - Gustafson method	20-40	4	-17.74	5.65	.555	.000
	41-50	19	-4.23	5.63		
	51-60	13	-1.22	7.86		
	61-70	13	4.71	6.20		
	Above 71	10	10.06	7.57		
Actual age - Johanson method	20-40	4	6.99	2.37	.394	.000
	41-50	19	-1.05	7.71		
	51-60	13	-4.51	6.85		
	61-70	13	-9.18	6.34		
	Above 71	10	-13.41	8.76		
Actual age - Modified Johanson method	20-40	4	-10.83	2.46	.393	.000
	41-50	19	-4.09	6.10		
	51-60	13	-.50	7.03		
	61-70	13	4.34	6.12		
	Above 71	10	6.86	8.20		

8. 실제연령과 세 가지 방법에 의한 추정연령에서 성별 간 차이

실제연령과 세 가지 방법에 의한 추정연령에서 모두 성별 간 차이는 없었다(Table 12).

9. 실제연령과 세 가지 방법에 의한 추정연령에서 연령대별 차이

연령대별로 실제연령과 비교에서 Gustafson 방법에 의한 추정연령은 R²=0.56, Johanson 고유 방법에

Table 14. Result of statistic in teeth location

	Location	N	Mean	SD	Sig.
Actual age - Gustafson method	Anteriors	16	.72	11.64	N/S
	Premolars	14	1.12	9.30	
	Molars	29	-.93	8.84	
Actual age - Johanson method	Anteriors	16	-4.27	10.66	N/S
	Premolars	14	-4.85	8.95	
	Molars	29	-5.93	8.33	
Actual age - Modified Johanson method	Anteriors	16	-1.29	9.00	N/S
	Premolars	14	.89	8.07	
	Molars	29	.28	8.01	

의한 추정연령은 $R^2=0.39$, Johanson 응용 방법에 의한 추정연령은 $R^2=0.39$ 로 세 가지 방법 모두에서 연령대별로 유의한 차이가 있어 연령대별로 분별력을 보였다(Table 13).

10. 실제연령과 세 가지 방법에 의한 추정연령에서 치아부위별 차이

실제연령과 세 가지 방법에 의한 추정연령 사이에서 세 가지 방법 모두 치아부위별로 유의하지 않은 결과를 보였다(Table 14).

IV. 총괄 및 고찰

치아를 이용한 연령감정 대상은 크게 생체와 시체를 나눌 수 있다. 생체를 대상으로 연령을 감정하는 방법에는 발육성장기의 유아나 청소년을 대상으로 하는 경우에는 육안이나 방사선사진을 이용하여 치아 맹출시기와 석회화 정도를 판정하는 방법이¹⁵⁾, 성인에게는 생리적 가령 변화로서 교모도를 관찰하여 연령을 추정하는 방법이^{5, 10, 15)} 임상적으로 가장 많이 응용되고 있다. 시체를 대상으로 하는 방법에는 치아의 가령에 따른 조직학적 변화^{11, 13)}, 비중과 경도의 비율^{7, 14)}, 치아 내 아미노산의 라세미화 반응속도¹²⁾ 등을 관찰하는 방법이 사용되고 있다. 이중 Gustafson과 Johanson이 연구한 가령에 의한 6가지 치아 조직학적 변화를 이용한 연령 추정 방법은 그 연구의 오랜 역사와 폭넓고 다양한 검증으로 그 신뢰성을 인정받아 전세계적으로 법의·치의학적, 고고·인류학적인 연령 추정 방법으로 널리 사용되고 있다^{5, 8, 9, 13-16)}.

이렇듯 국내는 물론 세계적으로도 Gustafson 방법과 Johanson 방법에 의한 연령추정법이 쓰이고 있지만 아직 두 방법에 대한 국내 치아를 이용한 연구가 희소한 형편이다. 이에 광주·전남지역 치과병·의원에서 치주질환에 이환되었거나 교정치료를 위해 발거된 총 59개의 치아를 대상으로 Gustafson 방법과 Johanson 방법을 이용하여 연령을 추정하고 실제연령과 비교한 결과를 기존 연구와 비교한 후 국내 치아에서도 유용하게 사용할 수 있는가와 기존방법의 변형이나 응용 필요성에 대한 고찰을 위해 본 연구를 수행하였다.

본 연구에서 실제연령과 Gustafson 방법에 의한 추정연령 사이의 결과는 상관계수 0.66($P<0.05$), 표준편차 ± 8.53 년으로 Gustafson¹⁾의 결과, 상관계수 0.98,

표준편차 ± 3.63 년과 Pillai 등⁴⁾의 결과, 상관계수 0.72, 표준편차 ± 8.13 년에 비하면 그 정확성에서 떨어지는 결과를 보였다.

본 연구에서 실제연령과 Johanson 고유 방법에 의한 추정연령 사이의 결과는 상관계수 0.72($P<0.05$), 표준편차 ± 9.8 년을 보였지만 대응표본 검정에서 유의한 결과를 보여 실제연령과는 차이가 있어 기존의 Johanson이 제시한 방정식을 국내에 그대로 적용하는 것은 다소 무리가 따를 수 있음을 보여주었다.

본 연구에서 실제연령과 Johanson 응용 방법에 의한 추정연령 사이의 결과는 상관계수 0.77($P<0.05$), 표준편차 ± 9.9 년으로 Johanson²⁾의 결과, 상관계수 0.92, 표준편차 ± 5.22 년과 Solheim 등¹⁴⁾의 결과, ± 8.9 년에 비하면 그 정확성에서는 떨어지지만 유의한 결과를 보였다. 또한 Gustafson 방법이나 Johanson 고유 방법과 비교해서도 실제 연령과 더 높은 상관관계를 보여 기존의 방법을 국내 실정에 맞게 변형하여 사용하는 것이 필요함을 보여주었다.

Johanson 응용 방법에 의한 추정연령 결과를 구하기 위한 선형회귀분석에서는 치아 변화요소 중에서 2차 상아질과 치은퇴축이 유의하지 않은 결과를 보여 본 연구에 의한 Johanson 응용 방법의 방정식을 실제로 적용하기는 곤란할 것으로 보인다. 이와 같은 결과는 이번 연구에서 사용된 치아 대부분이 치주질환에 이환되어 발거된 경우가 많아서일 것으로 사료되었는데 Philippas 등⁵⁾의 보고에서도 2차 상아질과 치은퇴축이 가령에 따르는 변화를 보이는 것은 사실이지만 외부적 영향 인자인 치주질환이나 치아우식증이 이 두 요소는 영향을 많이 받는다고 하였다.

본 연구에서 실제연령과 세 가지 방법에 의한 추정연령 사이에서 악궁 간 차이의 결과는 Gustafson 방법과 Johanson 고유 방법에 의한 추정연령에서 유의한 차이가 없는 것으로 나타났고 Johanson 응용 방법에 의한 추정연령에서는 상악에서 평균 -1.79, 하악에서는 평균 2.61로 상악에서 보다 정확한 결과를 보이는 것으로 나타났다. 하지만 Gustafson 방법과 Johanson 고유 방법으로 시행된 많은 연구에서는^{8, 9, 15, 16)} 악궁 간 유의한 차이를 보이지 않았고 표본의 수에도 한계가 있어 Johanson 응용 방법에 의한 악궁 간 결과 차이는 더 많은 표본에 대한 연구가 진행된 후 재평가되어야 할 것으로 사료된다.

본 연구에서 실제연령과 세 가지 방법에 의한 추정연령 사이에서 성별 간 차이는 세 가지 방법에서 모두 성별 간 유의한 차이를 나타내지 않아 성별에 영

향을 받지 않고 사용할 수 있음을 보여 주었지만 역시 실험표본 수에서 성별 간에 너무 많은 차이를 보여 앞으로 시행할 연구에서 이에 대한 개선이 이루어져야 할 것 같다.

본 연구에서 실제연령과 세 가지 방법에 의한 추정연령 사이에서 연령대별로 유의한 차이가 있는 것으로 나타나 Gustafson 방법과 Johanson 방법이 성인의 모든 연령대에서 분별력을 가지고 사용될 수 있다는 것을 보여주었지만 40대 이하의 연령대 표본수가 극히 작아서 20대와 30대를 포함하여 더 많은 표본수에 대한 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

본 연구에서 실제연령과 세 가지 방법에 의한 추정연령 사이에서 치아 부위별로 유의한 결과를 보이지 않았는데 이것은 지금까지 Gustafson 방법과 Johanson 방법에 대한 연구결과와 약간 다르다. Gustafson 방법과 Johanson 방법은 주로 견치를 포함한 전치부가 사용 되는데 이유는 단근치에서 치수강을 관찰하기 위한 절편제작이 쉽고, 마모도 관찰이 용이하여 그 정확성이 구치부에 비해서 뛰어나기 때문^{1, 2)}인 것으로 사료된다. 하지만 이번 연구에서는 소구치와 대구치에 있어서 전치부와 특이한 차이를 보이지 않음으로써 구치부도 Gustafson 방법과 Johanson 방법을 적용할 수 있다는 가능성을 보여준 것으로 평가된다.

이번 연구에서 실제연령과 세 가지 방법에 의한 추정연령 결과가 다른 연구결과와 비교하여 정확성에서 차이를 보이는 것은 대상치아가 치주질환에 이환되어 발거된 치아가 많은 수를 차지하여 정상적인 가령에 의한 치아조직의 변화에 비해 병적인 변화를 많이 보였을 가능성과 표본수에 있어서도 다른 연구에 비하여 그 수가 적었던 것에 기인하리라 추정된다. 실제 Johanson²⁾ 연구에서 162개 치아, Ajmal 등¹⁸⁾ 연구에서 100개 치아, Solheim 등⁸⁾ 연구에서 100개 치아를 이용하였고 대부분 시체의 치아나 병적인 소견이 없는 치아를 대상으로 하였다. 이러한 한계와 문제점에도 불구하고 이번 연구에서는 Gustafson 방법과 Johanson 방법이 우리나라 사람 치아에서도 적용이 될 수 있다는 것과 구치부에 있어서도 두 방법이 적용될 수 있다는 가능성을 발견함에 의의가 있다. 그리고 Johanson 방법에서 기존 Johanson 결과방정식을 우리나라 치아에 직접적으로 적용하는 것 보다는 더 많은 표본에 대한 연구 후에 우리 실정에 맞는 Johanson 방정식을 만들어 사용해야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구에서는 치주질환에 이환 되었거나 교정치료를 위하여 발거된 치아를 이용하여 Gustafson 방법 및 Johanson 고유 방법, 본 연구에서 구한 회귀방정식인 Johanson 응용 방법 등 세 가지 방법으로 연령을 추정하였다. 각 방법에 따른 추정연령을 실제연령과 비교하였고 세 가지 방법에 의한 추정연령을 연령대별, 성별, 악궁별, 치아부위별로 실제연령과 상호 비교하여 유용성을 알아보고자 본 연구를 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Johanson 고유 방법에 의한 추정연령은 실제연령과 유의한 차이를 보였으나, Gustafson 방법과 Johanson 응용 방법은 실제연령과 유의한 상관관계를 보였고 이중 Johanson 응용 방법이 더 높은 상관관계를 보였다.
2. 실제연령과 Gustafson 방법, Johanson 고유 방법, Johanson 응용 방법에 의한 추정연령은 성별 및 치아 부위에 따라 유의한 차이가 없었다.
3. 실제연령과 Gustafson 방법, Johanson 고유 방법, Johanson 응용 방법에 의한 추정연령은 연령대별로 유의한 차이를 보였다.

이상의 결과에서 향후 Gustafson 방법과 Johanson 고유 방법이 국내에서 이용될 수 있으나 보다 정확한 검증을 위하여 보다 많은 치아를 이용한 연구와 Johanson 연령추정 방법에서 기존 Johanson이 제시한 방정식을 그대로 적용하기보다는 폭넓은 연구에 따른 새로운 방정식 적용이 필요하다고 사료된다.

참 고 문 헌

1. Gustafson G. Age determination on teeth. J Am Dental Assoc 41:45-54, 1950.
2. Johanson G. Age determinations from human teeth. Odontol Rev Suppl 22 21:1-126, 1971.
3. Dalitz G.D. Age determination of human remains by teeth examination. J Forensic Sci 3:11-21, 1962-1963.
4. Pillai P S. Age estimation from teeth using Gustafson's method-A study in India. J Forensic Sci 3:135-141 1974.
5. Philippas GG. Influence of occlusal wear and age on formation of dentin and size of pulp chamber. J dent Res 40:1186-1198, 1961.
6. Vlcek E. Use of the modified Gustafson technic for the determination of age by teeth from paleoanthro-

- pological material of Czech ruling princes at the turn of the 9th and 10th centuries. *Cesk Patol* 13(4):49-55, 1977.
7. Maples WR. An improved technique using dental histology for estimation of adult age. *J Forensic Sci* 23:764-770, 1978.
 8. Solheim T, Sundnes PK. Dental age estimation of Norwegian adults. a comparison of different methods. *Forensic Sci Int* 16:7-17, 1980.
 9. Kashyap VK, Koteswara Rao NR. A modified Gustafson method of age estimation from teeth. *Forensic Sci Int* 47(3):237-247, 1990.
 10. Santini, Land, Raab, The accuracy of simple ordinal scoring of tooth attrition in age assessment. *Forensic Sci Int* 48:175-184, 1990.
 11. Xu XH, Philipsen HP, Jablonski NG, Weatherhead B, Pang KM, Zhu JZ. Preliminary report on a new method of human age estimation from single adult teeth. *Forensic Sci Int* 51(2):281-288, 1991.
 12. Xiaohu, Philipsen, Jablonski, Pang, Fiazhen. Age estimation from the structure of adult human teeth. review of the literature, *Forensic Sci Int* 54:23-28, 1992.
 13. Lamendin H, Baccino E, Humbert JF, Tavernier JC, Nossintchouk RM, Zerilli A, A simple technique for age estimation in adult corpses: the two criteria dental method. *J Forensic Sci* 37(5):1373-1379, 1992.
 14. Solheim T. A new method for dental age estimation in adults. *Forensic Sci Int* 59:137-147, 1993.
 15. Kullman L. Accuracy of two dental and one skeletal age estimation method on Swedish adolescents. *Forensic Sci Int* 75:225-236, 1995.
 16. Lucy D, Pollard AM. Further comment on the estimation of error associated with the Gustafson dental age estimation method. *J Forensic Sci* 40(2):222-227, 1995.
 17. Lucy D, Aykroyd RG, Pollard AM, Solheim T. A Bayesian approach to adult human age estimation from dental observation by Johanson's age changes. *J Forensic Sci* 41(2):189-194, 1996.
 18. Ajmal M, Mody B, Kumar G. Age estimation using three established methods. A study on Indian population. *Forensic Sci Int* 122(2-3):150-154, 2001.

- ABSTRACT -

Age Estimation by Modified Johanson Method

Won-Joon Lee, D.D.S.,M.S.D., Byung-Gook Kim, D.D.S.,Ph D., Jae-Hyung Kim, D.D.S.,Ph D.,
Hoi-Soon Lim, D.D.S.,Ph D., Guem-Sug Lee, D.D.S.M.S.D., Hong-Ran Choi¹, D.D.S.,Ph D.

Dept. of Oral Medicine, Dept. of Oral Pathology¹, School of Dentistry, Chonnam National University

Age estimation is fundamental and important in personal identification with forensic medicine and dentistry. Recently, a lot of studies using various part of the body have been done for age estimation. Age estimation with teeth is the most significant method comparing ones with other part of the body. Gustafson method and Johanson method using postmortem teeth have been authorized in accuracy and systemization and used domestically and internationally. The verification of the accuracy in above methods had been tried many times but it is still rare in Korea.

Fifty-nine teeth(incisors, canine, premolars and molars) which were extracted due to periodontal diseases or orthodontic problem were collected. Present study is to 1) compare the accuracy of estimated age in applying Gustafson method and Johanson method to the teeth in Korea, 2) compare and analyze the correlation with results using Gustafson method and Johanson method by age, gender, maxilla - mandible and anterior - premolar - molar.

Teeth were embedded in resin and sliced and then examined each one using Gustafson method and Johanson method. The results are as follows:

1. Actual age was a significant difference in estimated age by Johanson method. Actual age was a significant correlation in estimated age by Gustafson method and modified Johanson method. Modified Johanson method was more significant than Gustafson method.

2. In estimated age by Gustafson method, Johanson method and modified Johanson method, there was no significance with actual age by location and gender.
3. In estimated age by Gustafson method, Johanson method and modified Johanson method, there was significance with actual age by age group.

Finally, Gustafson method and Johanson method can be used in Korea. To make more accurate verification, however, it needs more specimen and postmortem teeth. Johanson equation proposed by himself has to be developed by further studies.

Key word : Age estimation, Gustafson method, Johanson method
