

아미노산의 라세미화 반응을 이용한 치아로부터의 연령감정에 관한 연구

연세대학교 치과대학 구강진단·구강내과학교실

김희경·김종열

- 목 차 -

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

I. 서 론

개인식별을 위한 연령추정은 체격, 모발, 골격점사 등 여러가지 방법이 있으나, 타장기에 비해 개인차가 적은 치아를 이용한 연령추정이 비교적 정확하고 유용함은 이미 널리 알려진 사실이라 하겠다. ^{45), 46), 51), 58), 60), 64), 65)}

생체에 있어서는 호적의 오기, 각종 사고로 인한 기억상실, 미아나 기아, 범죄흔적을 위해 신원을 속이는 경우 등 연령감정의 필요성이 날로 증가하고 있으며, 사체의 경우 조사체나 익사체, 사후시간이 많이 경과되어 심하게 부패된 사체 및 백골화된 사체에서 연령추정이 신원확인의 열쇠가 된다.

법치의학적 연령추정방법으로는 연령별로 그 단계에 적합한 여러가지 방법이 쓰이는데, 유소아 및 10대 청소년기에는 치아발육상태에 관한 발생학적 측면이 추정기준이 되어, 생후 6개월 이전까지는 현미경적 소견과 방사선 사진을 이용하고, 6개월부터 30개월까지는 유치의 맹출상태와 방사선 소견을 주요기준으로 삼고⁴⁴⁾ 30개월부터 만 6세까지는 방사선 소견을 6세부터 14세까지는 영구치 맹출상태와 ^{54), 63), 66)} 방사선 소견 ^{42), 51), 64)}, 14세부터 21세까지는 제3대구치의 맹출 및 방사선 소견을 연령추정의 기준으로 삼으며 ^{69), 61), 62)}, 영구치의 맹출 및 치근단 폐쇄가 끝난 20대 이상의 성인층에서는 치수강의 변화 ^{45), 49), 53), 66)}, 교모 ^{55), 58), 59)}, 치주조직상태등 증령에 따른

물리적 화학적 변화가 연령추정의 기준이 된다.

유소아의 연령추정에서 주로 쓰이는 치아맹출시기에 따르는 방법은 예로부터 쓰이는 전통적 방법으로서 개인차가 많음을 고려해야하며 Schour & Massler ³³⁾, Carlos & Gittelsohn⁶⁾ 등 여러 연구가 있고, 국내에서는 기⁴⁰⁾, 차⁶⁶⁾, 김⁴⁷⁾, 신⁵⁴⁾, 정⁶³⁾ 등의 보고가 나와 있다.

한편 치관과 치근의 석회화정도를 방사선학적으로 분석하여 연령추정을 하는 연구로는 Sumarker³⁷⁾, Nollar²⁹⁾, Barber⁴⁾, Morrees²⁸⁾ 등의 보고가 있는데, Nolla는 치관과 치근의 석회화정도를 10단계로 구분하여 각 단계별 연령을 조사하였고, Moorrees는 치근의 형성단계부터 치근단공 폐쇄까지를 단계별로 세분하여 연령추정에 활용하였으며, 한국인 치아의 석회화정도를 이용한 보고로는 김⁵²⁾, 김⁵³⁾, 고⁴²⁾, 정⁶⁶⁾ 등의 보고가 있다. 또 14세부터 21세까지 제3대구치를 대상으로한 보고로는 Garn¹³⁾, Gravely¹⁴⁾, Nortje³⁰⁾, Berkowitz & Bass⁵⁾ 등이 있으며 한국인을 대상으로한 연구로는 명⁵²⁾, 임⁶²⁾, 이⁶⁰⁾ 등이 있다.

성인층의 연령추정에서는 증령에 따르는 2차상아질의 생성으로 치수강이 감소한다는 사실에 착안한 연령감정방법도 제안되었는데, Tatokoro³⁹⁾는 근관폭경과 치근폭경의 비율을 구해 연령증가에 따라 근관비가 감소한다고 보고하였고, Shunichi³⁵⁾는 치경부의 순설폭과 치수강의 순설폭과의 비율 백분율로 구한 근관시수로 연령증가에 따른 치수강의 변화를 보고하였는데 국내의 연구로는 김⁴⁵⁾, 김⁴⁶⁾, 김⁴⁹⁾, 김과 김⁴⁶⁾, 정과 김⁶⁰⁾ 등이 있다.

또 치아의 생리적, 증령적 소모, 즉 교모는 법의학 및 법치학 분야 외에도, 체질인류학분야에서 오래전부터 연령감정의 대상으로 연구 응용되어 왔던 바, 교모가 없는 경우를 0도로 하여 4도까지 분류한 Martin 과 Broca의 방법등 많은 연구가 보고되었는데, Hiroshi²²⁾는 교모도를 7단계로 세분해서 정리한 도표를 만들어 이 분야의 발전을 가져왔고, 최근에

는 Takei³⁸⁾의 방법이 활용되고 있다. 국내에서도 이⁶⁰⁾, 박과김⁵⁵⁾, 양과이⁵⁷⁾, 이⁶¹⁾의 연구가 나와 있다. 한편 신원불명인 사체의 신원을 밝히는 방법으로서, Gustafson¹⁶⁾은 피검자 치아의 연마표본에서 교모, 2차상아질 형성, 치주조직의 변화, 백아질의 축적, 투명도, 치근흡수의 6가지 조직변화를 0으로부터 3까지 4단계로 점수를 주어 합산하는 이른바 Gustafson법을 보고하였으며 Dalitz⁷⁾는 Gustafson방법을 연구해서 연령과의 상관관계가 낮은 백아질 축적과 치근흡수의 두 변수를 제외한 4항목만으로 연령추정을 시도하였으며, Johanson²⁹⁾은 Gustafson의 6가지 항목을 각각 연령과 관계가 있는 독립변수로 보고 다변수회귀분석법에 의한 연령감정을 보고한 바 있으며, 국내에는 박과김⁴⁸⁾의 보고가 있다.

그 밖에도 Miles²⁷⁾는 증령에 따른 2차상아질의 생성, 석회화 증가, 상아질류의 생성증가, 세포성 백아질침착 증가 등으로 인한 치아의 비중이 연령과 함께 증가됨을 보고하였으며, Gustafson¹⁵⁾은 치아의 분광투과성과 발광강도등을 이용한 연령추정을 보고한 바있다. 또 하악골의 중령적 변화도 연령감정에 활용되는데, 하악각의 크기, 이공의 위치, 골의 봉합등으로 대략적인 연령, 즉 출생직후, 유치열 형성기(1~3세), 유치열기(3~6세), 혼합치열기(6~12세), 성인층, 노령층을 구별해낼 수 있다.⁵⁶⁾

최근에 이르러 화석의 연대추정과 같은 지구과학에서 쓰이는 아미노산의 라세미화반응을 이용한 치아로부터의 연령추정방법이 보고되었는데, Helfman & Bada²⁰⁾, Shimoyama & Harada³⁴⁾, Ogino³⁰⁾, Higuma & Yamamoto²¹⁾, Otani³²⁾등의 연구에서 치아의 아미노산중 아스팔틱산(aspartic acid)의 D/L비(D-amino acid / L-amino acid Ratio)로 부터 산출된 추정연령이 실제연령과의 상관관계가 매우 높으며, 특히 고령층에서 보다 정확한 연령감정의 획기적 연구업적으로 인정되고 있는 바, 국내에서는 아직 이 방법으로 연령추정을 시도한적이 없으므로, 상아질의 라세미화반응의 중령적 변화를 연구하여 그 결과를 보고하고자 한다.

II. 연구재료 및 연구방법

1. 연구 재료

생체에서 발치된지 2주~1년된 치아로서, 정확한 연령을 알고 있는 40개의 치아를 이용하였는데, 발치후 보존은 자연건조상태를 유지하였다. 각 표본의 실제연령, 치아종류, 성별, 발치후 경과기간은 표 1)

~표 4)와 같다.

표1) 재료의 치아부위별 분포

A 군	하악 절치	6
B 군	하악 견치	5
C 군	하악 소구치	3
D 군	하악 대구치	6
E 군	상악 절치	7
F 군	상악 견치	3
G 군	상악 소구치	4
H 군	상악 대구치	6

표2) 재료의 연령별 분포

70세 이상	1
60~60세	3
50~59세	10
40~49세	9
30~39세	7
20~29세	5
10~19세	4
10세 미만	1

표3) 표본의 성별 분포

남자	21
여자	19

표4) 발치후 경과기간

1년~6개월	23
6개월~3개월	9
3개월이내	8

2. 연구 방법

개개의 치아를 디스크(disk)로 종단해서 법랑질, 치수, 백아질을 제거하고 상아질만 남긴뒤 염산, 중류수, 에탄올, 에틸의 순으로 초음파 세정해서 건조한 후, 6N 염산으로 100℃, 6시간의 가수분해를 행한다. 가수분해물을 건조기에서 건조후 중류수를 가해 미래 H형수지로 조정되어진 강산성 양ion 교환수지(Dowex, 50W-×8, 50-100 mesh)에 통과시켜 탈염을 시행한다. 수세후 2N 암모니아수를 가해 아미노산만을 용출시켜 다시한번 건조기에서 건조시킨다. 건조후 이소프로필 알코올(Isoprophil-alcohol)

과 염화아세틸(Chloro-acetyl)의 혼합액을 가해 에스테르화(Ester)를 행한다. 질소 통과시켜 건조냉각 후 아세틸화를 시행한 다음 질소통과시켜 건조한다. 초산에틸에 용해후 그것의 1ul를 가스크로마토그래피를 이용해서 분석했다. 수소염이온화검출기를 갖춘 Gaschromatography (Varian Vista 6000 & 6500, U.S.A)를 이용했으며 L-체, D-체의 peak 면적측정은 FID, Vista 402 data station을 이용하였다. Column은 광학활성고정상인 길이 20m, 내경 0.53mm의 chiral-Val glass capillary column인데 carrier gas는 헬륨(helium)을 이용하였다. 조작조건은 주입구온도 220℃ 와 column온도 110℃에서 시작하여, 4분후에 3℃ / min으로 200℃까지 직선으로 온도를 높이고 그 이후는 일정하게 유지시켰다.

D / L비를 이용해서 연령을 추정하는 방법은 최소자승법(least squares)의 방법에 기초해서 직선회귀방정식을 구한다. 여기서는 실제연령을 X축으로 잡고(종속변수), Y축을 D / L비(독립변수)로 정한다.

즉 $X=a+bY$ 에서 $Y=\ln\left[\frac{1+D/L}{1-D/L}\right]$ 로 표현된다.

X는 실제연령을 나타내며 $b=\frac{\sum(X_i-\bar{X})(Y_i-\bar{Y})}{\sum(Y_i-\bar{Y})^2}$

$=\frac{\sum(X \cdot Y)-n\bar{X}\cdot\bar{Y}}{\sum Y_i^2-n\bar{Y}^2}$ 로 계산되고 $a=X-bY$ 로 계산되

어 $X=a+bY$ 의 회귀 방정식에서 D / L비인 Y값만 실험실에서 구하면 연령 X를 추정할 수 있다.

따라서 D / L비의 정량분석에 의한 비율이 나오면 실제연령과 이 비율이 어떤 상관관계를 가지는지 알 수 있다. 이 상관계수 $r=\frac{\sum(\hat{Y}_i-\bar{Y})^2}{\sum(Y_i-\bar{Y})^2}$ 으로 구해지며,

\hat{Y}_i 는 실제 측정된 Y축의 값이며 Y_i 는 회귀방정식에 의하여 추계한 값을 말한다. 이 상관계수 r의 자승값인 r^2 이 결정계수가 되며 이 값이 100%가 되면 측정값의 분산을 직선회귀 방정식으로 100% 설명할 수 있다. 즉 정량적인 상관관계 분석이 된다.

Ⅲ. 연구성적

본 연구에 쓰인 표준시료의 gaschromatography는 다음과 같다.(도표 1) 도표 1)에서 보면 상아질내에서 제일 먼저 나타나는 아미노산은 알라닌(Alanin)이며 라세미화반응물이 빨라 D-체가 뚜렷이 나타나는 아미노산은 aspartic acid, serine 등이다. (도표 2~도표 4)

라세미화반응이 가장 뚜렷한 아스팔틱산을 이용한 회귀방정식은 $X=1070Y-7.757$, $r=0.954$, $S.D=10.7566$ 이었으며, 실제연령과 추정연령사이의 관계는 표 5)와 같다.

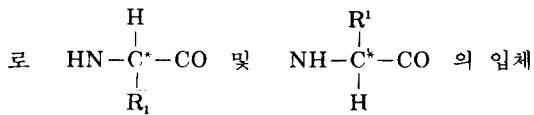
표 5. 아스팔틱산의 D / L비와 연령추정표

NO	D / L비	추정연령	실제연령	오차	성별	발치일
A-1	0.0638	61	63	-2	f	88. 6. 1
B-1	0.0620	59	58	+1	f	88. 7.27
C-1	0.0572	53	50	+3	M	88. 8.16
D-1	0.0580	54	47	+7	M	88. 7. 5
E-1	0.0538	50	42	+8	f	88. 7.12
F-1	0.0557	52	51	+1	f	88. 7.21
H-1	0.0428	38	35	+3	M	88. 5.28
A-2	0.0327	27	24	+3	f	88.12.20
B-2	0.0461	42	53	-9	f	88. 7.25
D-2	0.0440	39	35	+4	M	88. 8.26
E-2	0.0386	34	34	0	M	88.12.12
F-2	0.0188	12	10	+2	M	89. 4.28
G-2	0.0566	53	54	-1	f	88. 6.20
H-2	0.0538	50	46	+4	f	88.12.19
A-3	0.0336	28	29	-1	M	88. 8. 8
B-3	0.0182	12	10	+2	M	88. 6.13
C-3	0.0590	55	56	-1	f	88. 7.28
D-3	0.0302	25	26	-1	f	88. 8.16
E-3	0.0200	14	10	+4	M	88.12.11
G-3	0.0124	36	33	+3	M	88.12.10
H-3	0.0427	38	40	-2	f	89. 2. 8
B-4	0.0463	42	46	-4	M	89. 5. 3
D-4	0.0357	30	31	-1	f	88. 11.7
E-4	0.0264	20	19	+1	M	89. 3.20
G-4	0.0560	52	48	+4	M	89. 3.30
H-4	0.0521	48	50	-2	M	88. 5.22
A-5	0.0385	33	34	-1	f	88. 6.10
C-5	0.0558	51	54	-3	f	89. 4.19
D-5	0.02496	45	43	+2	M	88. 8.15
E-5	0.0544	50	50	0	f	88.12.19
F-5	0.05222	16	9	+7	M	88.12.30
G-5	0.0579	54	62	-8	f	88. 7.23
A-6	0.0470	43	41	+2	M	89. 3. 8
E-6	0.0456	41	41	0	M	89. 5.11
H-6	0.0205	14	21	-7	f	88. 6.12
A-7	0.0447	40	50	-10	M	88. 5.26
B-7	0.0667	64	63	+1	M	88. 5.12

D-7	0.0326	27	23	+4	M	88.12.20
E-7	0.0385	33	41	-8	M	89. 5.12
H-7	0.0279	22	29	-7	f	89. 5.13.

IV. 총괄 및 고찰

아미노산의 선광도(旋光度)는 용액에 산 또는 알칼리를 가하면 예민하게 반응한다. 즉 Lutz의 법칙에 따라 산 또는 알칼리의 농도가 높아짐에 따라 선광도가 +방향으로 변화할 때에는 그 아미노산이 L-체에 속하며, -방향으로 변화할 때에는 D-체에 속한다. 그리고 산이 일정한 농도 이상이 되면 더 이상 농도를 높여도 선광도에는 변화가 없다. 단백질은 산 또는 효소로 가수분해하면 자연계 아미노산을 얻을 수 있으나 알칼리로 가수분해 하면 아미노산이 라세미화한다. 그 이유는 펩티드(Peptide) 결합이 알칼리에 의해 먼저 에놀(enol)화되어 비대칭성인 케톤(Keton)형이 대칭성인 에놀형으로 된다. 에놀형에서는 C*이 비대칭성탄소가 아니므로 같은 확률



구조를 가지는 케톤형으로 변화되어 D-체 및 L-체의 혼합아미노산을 얻게된다. 즉 라세미화반응은 광학활성물질을 라세미화합물(Racemic mixture)로 바꾸는 자연적인 과정이다.⁵⁰⁾

이러한 라세미화반응의 결과 생기는 D-체의 축적은 다양한 화석(fossile materials), 즉 Shells⁴⁸⁾, deep-sea sediments⁴⁹⁾, fossile bones⁴⁰⁾의 연대측정에 사용되어왔으며, 생체에서는 대부분의 아미노산이 L-체로 존재하나 대사가 안정된 조직에서는 라세미화반응이 서서히 일어나 D-체 아미노산의 축적이 발견됨으로써 인체의 연령추정에도 이용할 수 있다. 즉 생체내에서의 수명이 120일밖에 안되는 헤모글로빈(hemoglobin)과 같은 단백질에서는 아미노산의 라세미화반응이 일어날 시간이 없어 D-체는 발견되지 않으나, 치아, 골, 뇌조직등의 대사안정형 조직에서는 연령증가와 더불어 D-체 아미노산의 축적이 나타나며, 알츠하이머병(Alzheimer's disease), 헌팅톤병(Huntington's chorea), 파킨슨병(Parkinson's disease), 다발성 경화증(multiple sclerosis), 약물 및 알코올 남용, 중금속 중독, 고령에 의한 뇌기능부전등에서 D-체의 축적이 증가되어 나타난다.⁸⁾

1975년 Helfman과 Bada는 최초로 아미노산의 라

세미화반응을 이용한 연대추정을 치아법랑질에 적용하여 실제연령과의 상관도를 검증한바, $r=0.921$ 이라는 높은 상관계수를 얻어냈고, 다음해에 치관부 상아질에서 같은 실험을 행하여 더 높은 상관계수=0.979를 보고하였다. 이 보고에서 본 바대로 치아의 상아질이 법랑질에 비해 아미노산분석을 이용한 연령추정에 더 적합한 이유는 단백질이 법랑질보다 상아질에 100배 많으며, 치아구조상 법랑질보다 상아질의 양이 훨씬 많으며 더우기 우식이나 교모가 심한 고령층에서는 법랑질의 양이 많이 감소하기 때문이다. 한편, 다양한 아미노산의 라세미화반응중에서도 아스팔틱산의 라세미화반응이 주목을 받는 이유는, 이 아미노산이 가장 빠른 라세미화반응을 갖기 때문인데, 치아의 법랑질에서 $8.29 \times 10^{-4} / \text{yr}$ 이 밝혀졌고 이 비율은 생체내에서 대사가 안정된 단백질에서는 D-아스팔틱산이 축적됨을 볼 수 있다는 것을 시사한다. 즉 치아 법랑질의 전체 아스팔틱산의 8%가 60년후에는 D-체로 변환됨을 뜻한다.

한편 1984년 Shimoyama와 Harada³⁰⁾는 치근부 상아질의 일부를 이용했고, 1985년 Ogino³¹⁾는 치관부 상아질의 일부를 이용해서 연령추정을 시도했으며, 1985년 일본의 Higuma와 Yamamoto²⁰⁾는 221개의 발치된 치아에서 상아질 각 부위에 따른 아스팔틱산의 D/L비를 구해본 결과 치아를 횡단해서 부분적으로 상아질을 채취한 표본보다는 치아를 종단해서 전체 상아질을 택한 53개의 표본에서 실제연령과의 상관관계가 높음을 보고한 바, 이는 상아질 형성과정에서 치관 절단면으로부터 치근단공까지의 시간이 8~10년 걸리므로 전체 상아질을 택하는 것이 실제연령과의 오차를 줄이는 방법이 아닐까 사료된다.

또 1986년 Sugita³⁶⁾는 14개의 실제연령을 알고 있는 표본으로부터 아스팔틱산의 D/L비를 이용한 연령추정을 시행한 바, 건조상태의 상아질표본보다는 수중의 표본이 라세미화반응이 빨리 일어났으며 생체내의 치아에서 일어나는 라세미화반응속도와 거의 유사함을 보고하였다. 또 발치되어 10~20년동안 공기중에 방치된 치아의 D/L비가 거의 증가하지 않았거나 하나도 증가하지 않음을 보고하였으며, 상아질 종단표본의 근심부나 원심부나 D/L비의 차는 거의 없었고 치근에 비해서는 치관부가, 설측에 비해서는 순측이 높은 D/L비를 보인다고 보고하였다.

또한 1987년 Otani³²⁾는 치경부 종단절편을 만든 221개의 표본에서 D/L비를 구하여 계산한 바, 종단의 근원심부 차이는 없었고, 치관부가 치근부에

비해 D/L비가 높고, 설측이 순측에 비해 D/L비가 높았다고 보고한 바 있다. 또 치아종류별로는 전치에서 가장 높은 상관계수 $r=0.995$ 를 보였고, 제1소수치가 0.992, 그다음으로 측절치가 0.974순이었고, 전체의 23%에서 실제연령과 추정연령이 일치했고, 오차 1년 이내의 경우가 48%로 종래의 다른 방법보다 정확도가 매우 높음을 보고하였다. 또 14체의 신원불명 사체에서 치아를 발거하여 동일부위 동일치종의 생체에서 발거한 치아를 대조치로 삼아 아스팔틱산의 D/L비를 구한 바, 상아질 전체의 종단 절편이 횡단의 부분절편보다 정밀도가 높음을 보고하였고 추정연령과 실제연령의 오차가 ± 3 세로서 감정 실무에 유용한 방법임을 보고하였으며, 사망원인이거나 사후경과시간은 무관한 것으로 보고하였다.

1987년 Yamamoto⁴⁰⁾는 위의 여러 보고들을 요약해서 아미노산의 D/L비를 이용한 연령추정시 자료의 채취조건, 보존환경, 사후경과 일수, 치아종류 등의 영향에 대해 조사하였는데, 자료의 채취과정에서 상아질 전체의 종단절편 중앙부가 가장 오차가 적었고, 사인 및 보존환경은 판정오차에 별 영향을 주지 않음을 보고하였다. 또 화학반응속도와 온도간의 정량적 관계를 표현한 Arrhenius의 식($K=A \cdot e^{-E/RT}$; K:속도정수, A:빈도인자, E:활성화 에너지, R:기체정수, T:절대온도)에 따라 치아를 발치후 36°C, 16°C에 각기 물속 및 건조상태로 방치해두면, 16°C, 건조상태에 방치된 치아의 라세미화반응은 발치후 10년간 별 변화가 없으며, 16°C의 물속에서 10년간 방치된 치아는 건조상태로 같은기간 방치된 경우보다는 라세미화반응이 많이 일어나나 그 차이는 미미한 것으로 보고하였다. 또 36°C로 건조상태에 10년간 방치된 치아는 생체내보다 반응속도가 떨어지나 16°C에 비해서는 반응이 훨씬 활발하며, 36°C 물속에서 10년간 방치된 치아는 생체보다도 훨씬 반응속도가 빠르게 나타남을 보아 생체내의 상아질의 환경은 36°C 수중상태와 가장 가까움을 보고하였다. 또 검사치아의 종류로는 구치보다 전치, 특히 하악중절치에서 좋은 결과를 얻을 수 있다고 보고하였으나, 본 연구에서는 40개의 표본중 실제연령과 추정연령의 오차가 0인 3개의 표본이 모두 상악절치로 나타나, 상악절치에서 가장 정확한 결과를 얻었다. 절치에서 좋은 결과를 얻는 이유는 치아형태가 단순해서 전체 상아질을 채취하기 쉽기 때문으로 사료된다.

지금까지의 연구에서 인체의 연령추정에 주로 아스팔틱산이 이용되어졌는데, 본 연구에서는 아스팔틱산은 물론, 다른 아미노산에서도 연령추정이 가능

한지를 검토한바, 세린 에서도 비교적 뚜렷한 D/L비가 발견되었다.

라세미화반응률이 가장 높은것으로 나타나 아스팔틱산의 라세미화반응률은 $0.0012 \pm 0.0003 / yr$ 로 나타났고 이 아스팔틱산을 이용한 D/L비와 실제연령의 회귀방정식에서 구한 추정연령의 오차는 ± 3.32 로 나타남으로써 다른 방법에 의한 연령추정보다 높은 정확도를 보였다. 앞으로 연구대상치아의 숫적증가, 보존기간 및 보존환경, 시료채취방법을 다양하게 하면 더 정확한 결과가 나와 연령감정의 실무에 많은 도움이 될것으로 사료된다.

V. 결 론

저자는 발치후 자연건조상태로 2주일~1년이 경과된 치아의 상아질내 아미노산의 라세미화 반응을 통한 연령추정에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 상아질에서 뚜렷한 D/L비를 보이는 아미노산은 아스팔틱산, 세린이었다.
2. 아스팔틱산이 $0.0012 \pm 0.0003 / yr$ 로 가장높은 라세미화반응률을 보였다.
3. 아스팔틱산을 이용한 연령추정에서 실제연령과 D/L비 사이에 높은 상관관계($r=0.954$)를 보였다.
4. 아스팔틱산의 D/L비를 이용해 추정한 연령과 실제연령 사이의 오차는 ± 3.32 세였다.

참 고 문 헌

1. Bada, J.L., Luyendyk, B.P. & Maynard, S.B.: Marine Sediments: Dating Racemization of aminoacid, Science, 170, 730~732, 1970.
2. Bada, J.L.: J.Am. Chem. Soc. 95, 1371~1373, 1972.
3. Bada, J.L., Krenvolden, K.A & Peterson, E.: Nature, 245, 308~310, 1973
4. Barber, T.K.: Roentgenographic Evaluation of Growth & Development, J.A.D.A., 67:319, 1963.
5. Berkowitz, B.K.B. & Bass, T.D.: Eruption rates of human upper third molars, J. dent Res., 55, 3, 460-463, 1976.
6. Carlos, J.G and Gittelsohn, A.M.: Eruption Patterns of Permanent Teeth, J. Dent, Res., 44: 509, 1965.
7. Dalitz, G.D.: Age determination of adult human

- remains by teeth examination, *J. Foren. Sci. Soc.*, 3:11, 1962.
8. Eugene, H.M., Mark, E. S., Jonattan, B., George, H.F.: Accumulation of D-aspartic acid with age in the Human Brain Science, Vol. 220, 1407, 24, June, 1983.
 9. Eugene, P. L.: Dental Biochemistry, 2nd. ed., LEA & FEBIGER, 1976.
 10. Gantz, S.: Studies on the fetal development of the human jaw & teeth, *Dent., Cosmos*, 42-59, 1955.
 11. Garn, S. M., Lewies, A.B. & Bonne, B.: Third Molar formation & its development course, *Angle Orthodont.*, 32, 270-279, 1962.
 12. George, G.P. & Edmund, A.: Age Factor in Secondary Dentin Formation, *J. dent., Res.*, Vol. 45, No. 3, 779, May-June, 1966.
 13. Gino, C. B., & George, W. B.: Studies of the Composition of Teeth, III. The Amino Acid Composition of Human Dental protein, *J.D. Res. Vd.* 35, No. 2, 255, April, 1956.
 14. Gravely, J. F.: A radiographic survey of third molar development, *Brit. Dent. J.*, 119, 397-401, 1965.
 15. Gustafson, G.: Aldersbes tammingar Pa tander, *Odont.*, J. 55:556-568, 1947.
 16. Gustafson, G.: Age determination on teeth, *J.A. D.A.*, 41:45, 1950.
 17. Gustafson, G.: Forensic Odontology, London, Staples press, 1966.
 18. Hare, P.E., Masters, P.M.: *Alv. chem. ser.*, 171, 117, 1978.
 19. Helfman, P.M., & Bada, J.L.: Aspartic acid racemization in tooth enamel from living humans, *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, Vol. 72, No. 8, pp2-891-2894, August, 1975, *Biochemistry*.
 20. Helfman, P.M.: Aspartic acid Racemization in Dentine as a measure of aging, *Nature*, Vol. 26-2-279, July 22, 1976.
 21. Higuma, E. & Yamamoto, K.: Age Estimation Using the Racemization of aminoacid on Human Dentin, *神奈川歯學*, 20-3, 320-330, 1985.
 22. Hiroshi, K. 日本人歯牙の咬耗に関する石研究, *醫學會雜誌*, 第31卷補冊, 第4, 1 957.
 23. Johanson, G.: Age determinations from human teeth, *odontologisk Revy*, 22: Suppl. 21, 1971.
 24. John, J.C.: D-amino acids in animals, *Science*, 164, 142-148, 1969.
 25. Keiser-Nielsen, S.: Person Identification by Means of the teeth, Bristol, John Wright & Sons Ltd., 1980.
 26. Kenneth, K.J. & Bada, J.L.: Effect of in situ leaching on aminoacid racemization rates in fossil bone, *Nature*, Vol. 281, 13, P 135, Sep., 1979.
 27. Moorrees, C.F.A., Fanning, E.A. & Hunt, E. E.: Age variation of formation stages for ten Permanent teeth, *J. Dent. Res.*, 42: 1490-1502, 1963.
 29. Nolla, C.M.: Development of the Permanent Teeth, *J. Dent. Child*, 27:254, 1960.
 30. Nortje, C.J.: The Permanent mandibular third molar its value in age determination, *J. Forensic Odonto-Stomat.*, 1.1., 27-31, 1983.
 31. Ogino, T., Ogino, H. & Nagy, B.: Application of aspartic acid racemization to forensic odontology: post mortem designation of age at death, *Forensic Sci. Int.*, 29, 259-267, 1985.
 32. Otani, S. & Yamamoto, K.: Age Estimation Using the Racemization of Aspartic acid on Human Dentin, *日本法醫學雜誌*, 41권 3호, 181-190, 1987.
 33. Schour, I. & Massler, H.: Studies in Tooth Development - The Growth pattern of the Human Teeth, *J.A. D.A.*, 27:11, 1788-12, 1918, 1940.
 34. Shimoyama, A. & Harada, K.: An age Determination of an ancient burial mound man by apparant racemization reaction of aspartic acid in tooth dentin, *chemical Letters*, 1. 1661-1664, 1984.
 35. Shunichi, A.: 歯髓腔の加齡的变化からみた年齢の推定—根管示数による日大歯学, 第48卷, 663-674 パーシ. (1974)
 36. Sugita, H.: Age Estimation from tooth using the Racemization of Aspartic Acid in Human Dentin & its Practical Application, *神奈川歯學*, 21-4, 449-462, 1987.
 37. Sumarker, H.: Roentgenographic study of eruption, *J.A.D.A.*, 61:5, 1960.
 38. Takei, T: Cited from 51.
 39. Tatokoro 歯牙の年齢的變化に関する研究, *齒界展望*, 16(10): 83-100, 1959.
 40. Turekian, K.K. & Bada, J.L.: In Calibration of

- Hominoid Evolution, eds, Bishop, W,W & Miller, J.A., PP 171-185.
41. Yamamoto, K.: 法醫齒科學, 醫齒藥出版株式會社, 1987.
 42. 고명연 : 하악영구구치 치근발육에 관한 방사선학적 연구 대한구강내과학회지, 6:23-34, 1981.
 43. 광경환, 김종열 : 다변인 회귀분석법과 Gustafson 방법에 의한 연령감정 정확도의 비교연구, 대한구강내과학회지 Vol. 10, No. 1. Dec, 31. 1985.
 44. 기창덕 : 한국 유아 맹출, 대한치과 의사협회지, Vol. 4, No. 1, 1963.
 45. 김능세 : 증령에 따른 근관면적비에 관한 연구, 대한치과의사 협회지, Vol. 17, No. 2, 1979.
 46. 김덕규, 김종열 : 연령증가에 따른 치수강의 변화에 관한 연구, 대한치과 의사협회지, Vol. 19, No. 5, 1981.
 47. 김수경 : 한국인의 치령에 관한 연구, 대한치과의사협회지, Vol. 9, No. 8, 1971.
 48. 김영구 : 연령에 따른 상악전치 치근 폭경에 대한 X-선학적 연구, 대한구강내과학회지, Vol. 2, No. 1, 1976.
 49. 김영구 : 치관부 법랑질, 상아질 및 치수강의 증령적 변화에 관한 연구, 대한치과의사협회지, Vol. 18, No.12, 1980.
 50. 김윤수 : 생화학, 2-19~2-30, 신광출판사, 1986.
 51. 김종열 : 법치학적으로 본 연령감별, 대한치과의사협회지, Vol. 14, No. 12, 941, Dec. 1976.
 52. 김진태 : 한국인 하악 영구치 발육에 관한 X-선학적 연구, 종합의학, Vol. 10, No. 11, 1965.
 53. 김희경 : 한국인 상악 영구치 치아의 석회화에 대한 X-선학적 연구, 현대의학 Vol. 4, No. 4, 1966.
 54. 명동성 : 한국인 하악 제3대구치 발육에 관한 X-선학적 연구, 최신의학, Vol. 11, No. 11, 1968.
 55. 박영식, 김명구 : 성인 구치의 교모형태에 관한 연구, 구강내과학회지, 6:1, 1981.
 56. 신금백 : 국민학교 아동 제2대구치의 맹출단계별 맹출시기에 관한 연구, 대한치과의사협회지, Vol. 20, No. 11, 1982.
 57. 양무도, 이승우 : 증령에 따른 구치 교모면적비에 관한 연구, 구강내과학회지, 6:1, 1981.
 58. 유동수 : 하악골의 연령적 변화, J.K.M.N., Vol. 3, No. 4, Oct, 1965.
 59. 이동우 : 보건 통계학 방법, 신광출판사.
 60. 이명중 : 한국인의 연령증가에 따른 치아교모도에 관한 연구, 대한치과의사협회지, Vol. 10, No. 7, 1972.
 61. 이승우 : 한국인 남자 상악소구치의 교모형태에 관한 연구, 1981.
 62. 이주장, 김종열 : 제3대구치 발육의 연령감정에서의 응용에 관한 연구, 대한구강내과학회지, Vol. 10, No. 1, Dec. 31. 1985.
 63. 임철중 : 하악 제3대구치의 발육에 관한 X-선학적 연구 I, 충남의대잡지, Vol. 3, No. 2, 1976.
 64. 임형순 : 한국인 여성 하악 제3대구치 발육에 관한 X-선학적 연구, 대한악안면방사선학회지, Vol. 6, No. 1, 1976.
 65. 정성창 : 한국인 영구치의 단계별 맹출시기에 관한 연구-(I) 제1대구치의 맹출단계에 대하여, 1977. 대한구강내과학회지.
 66. 정성철 : 혼합치열에 있어서 연령증가에 따른 치아의 석회화에 관한 연구, 연세치대논문집, 제2권, 1호 196-203, 1983.
 67. 정의태, 김종열 : 치수강의 가령적 변화에 의한 연령 추정, 면적치수에 의하여, 대한구강내과학회지, Vol. 6, No. 1, Dec. 1981.
 68. 차문호 : 한국인 영구치 맹출시기에 대한 연구, 종합의학, Vol. 3, No. 10, 1963.

도표1) 표준 시료의 gaschromatography

CHART SPEED 0.5 CM/MIN
ATTEN: 8 ZERO: 10% 5 MIN/TICK

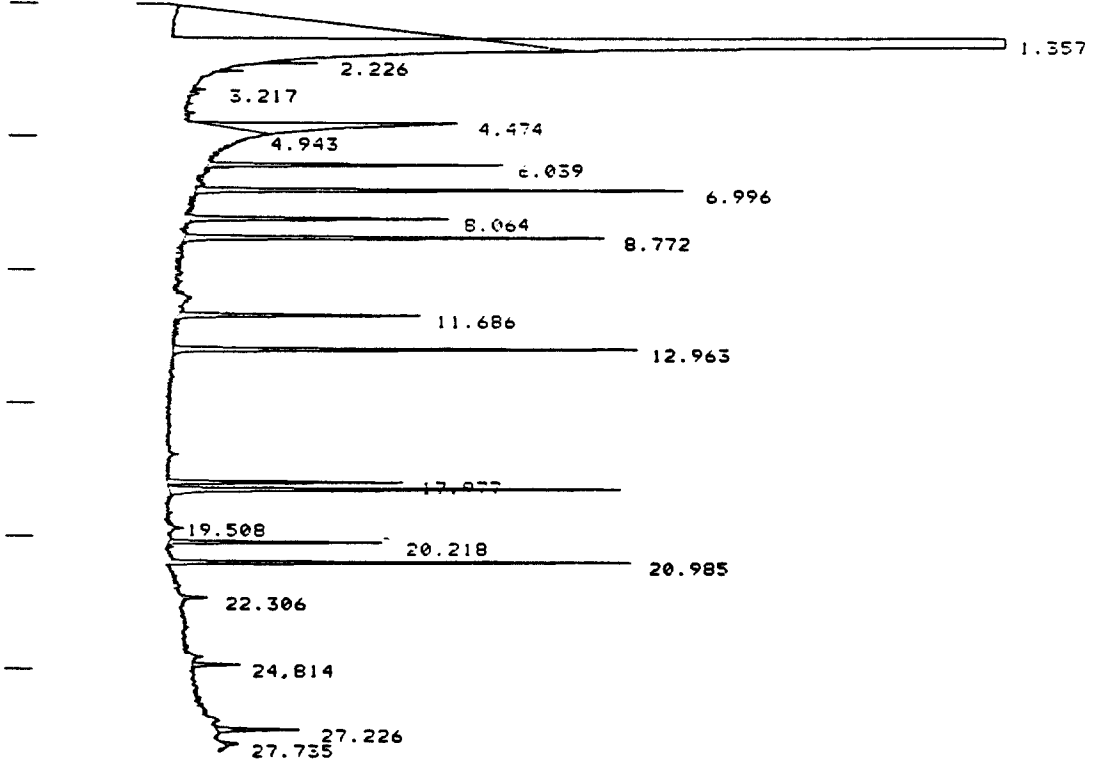
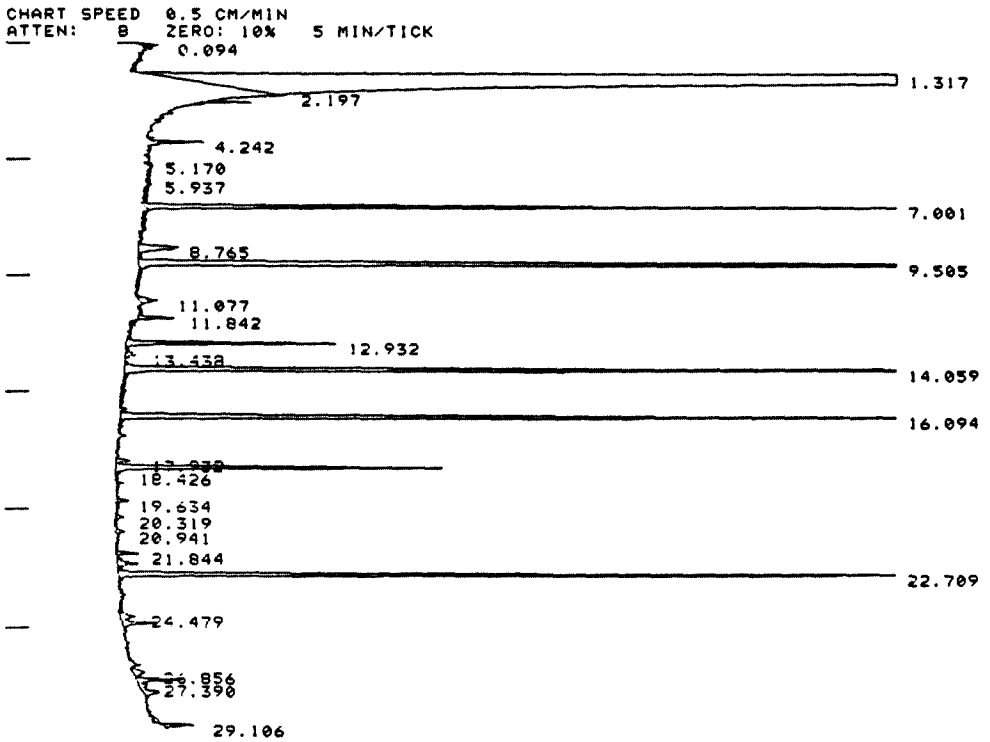


도표2) 시료의 가스크로마토그래피중 1예



TITLE: 3:44 29 APR 89

CHANNEL NO: 2

SAMPLE:

METHOD: FID

PEAK NO	PEAK NAME	RESULT	TIME (MIN)	AREA COUNTS	SEP CODE
1		11.5210	7.001	42585	BB
2		0.7399	8.765	2735	BV
3		0.6225	8.813	2301	VV
4		26.4433	9.505	57742	VV
5		0.4429	11.077	1637	BB
6		0.5121	11.842	1893	BB
7		3.5460	12.932	13107	BV
8		0.3011	13.438	1113	T
9		18.7231	14.059	69206	VB
10		14.4191	16.094	53297	BB
11		0.2816	17.932	1041	BV
12		5.2282	18.204	-19325	VV
13		0.2741	19.634	1013	BV
14		0.2362	20.319	873	VB
15		0.1396	20.941	516	BB
16		0.3766	21.844	1392	BV
17		0.5167	22.262	1910	VV
18		12.6332	22.709	46696	VB
19		0.4385	24.479	1621	BV
20		0.6539	24.771	2417	VB
21		0.4020	26.856	1486	BV
22		0.7721	27.175	2854	VV
23		0.5403	27.714	1997	VB
24		0.2356	29.106	871	BB

TOTALS: 99.9996

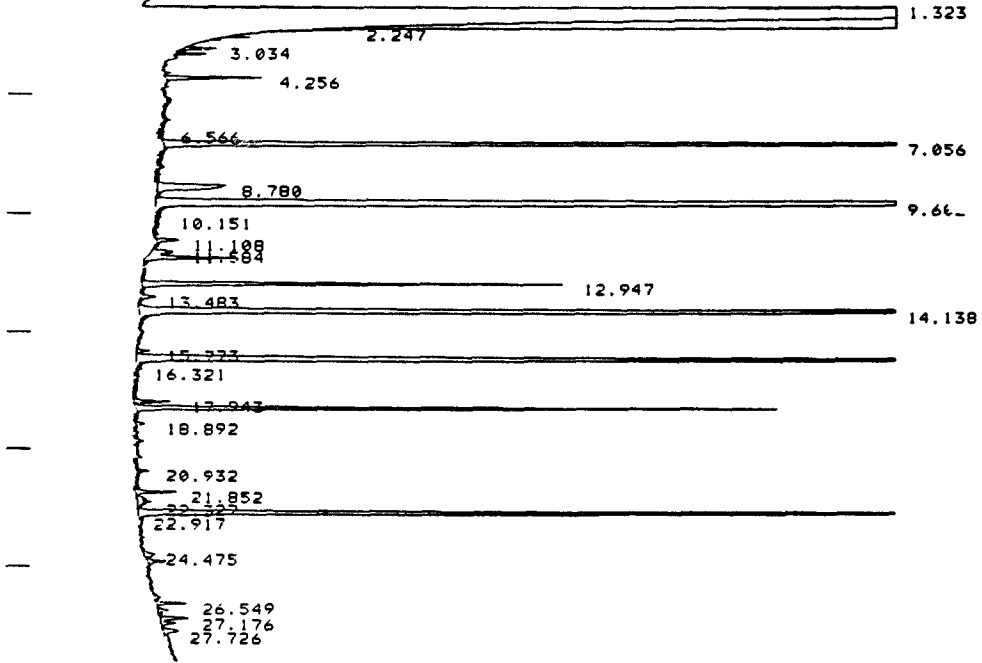
369628

MULTIPLIER: 1.00000

SAVED FILE: T008

도표3) 시료의 가스크로마토그래피중 1예

CHART SPEED 0.5 CM/MIN
 ATTEN: 8 ZERO: 10% 5 MIN/TICK
 0.097



TITLE: 3:05 29 APR 89

CHANNEL NO: 2 SAMPLE: METHOD: FID

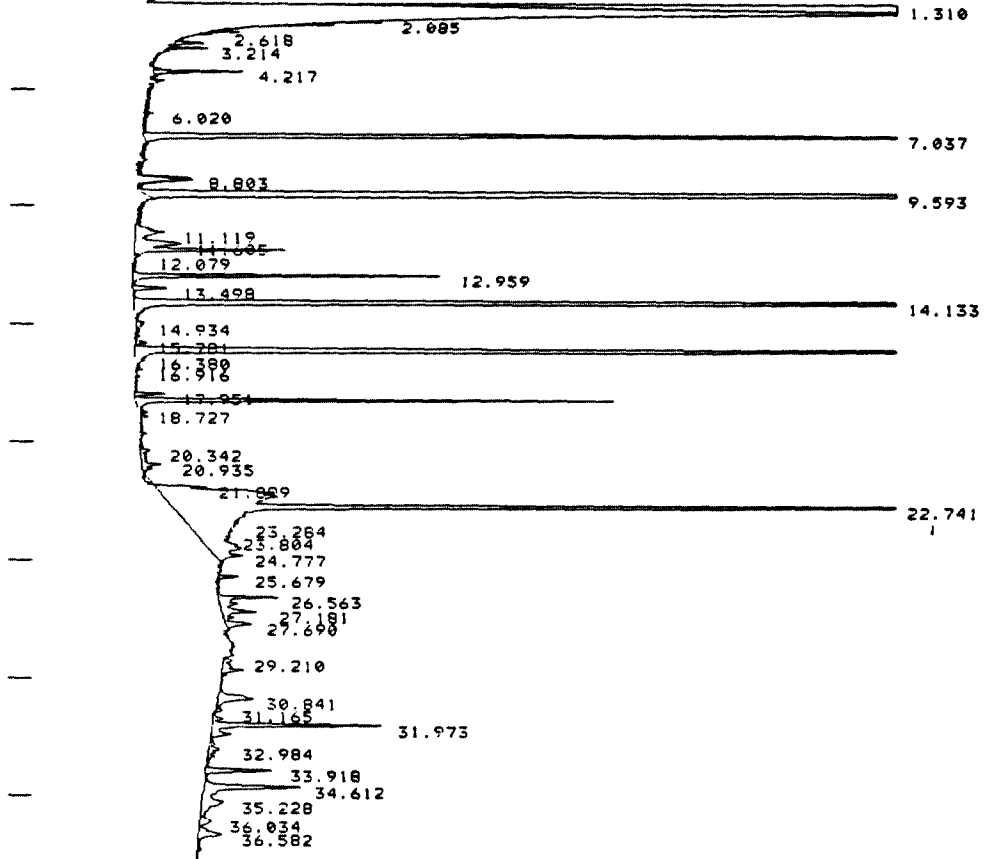
PEAK NO	PEAK NAME	RESULT	TIME (MIN)	AREA COUNTS	SEP CODE
1		12.4352	7.056	87392	BB
2		0.6178	8.780	4342	BV
3		0.6763	8.837	4753	VB
4		28.7873	9.602	202312	BV
5		0.2291	11.108	1610	BB
6		0.1117	11.584	785	BV
7		0.1525	11.608	1072	VV
8		0.0271	11.862	5813	VB
9		3.4716	12.947	24398	BB
10		0.1695	13.483	1191	BV
11		10.0774	14.138	127045	VV
12		0.1312	15.773	922	BV
13		14.6706	16.169	103102	VV
14		0.0738	16.321	519	T
15		0.2881	17.943	2025	BV
16		4.9678	18.232	34913	VB
17		0.1043	18.892	733	BB
18		0.0980	20.932	689	BB
19		0.3247	21.852	2282	BV
20		0.2231	22.258	1568	VV
21		12.1010	22.739	85606	VV
22		0.1308	24.475	919	BV
23		0.2396	24.771	1684	VB
24		0.2291	26.549	1610	BV
25		0.1242	26.635	873	VV
26		0.3001	27.176	2109	VV
27		0.1407	27.383	989	VV
28		0.2171	27.726	1526	VB

TOTALS: 99.9997 702782

MULTIPLIER: 1.00000

도표4) 시료의 가스크로마토그래피중 1예

CHART SPEED 0.5 CM/MIN
 ATTN: B ZERO: 10% 5 MIN/TICK
 0.064



TITLE:

1:37 29 APR 89

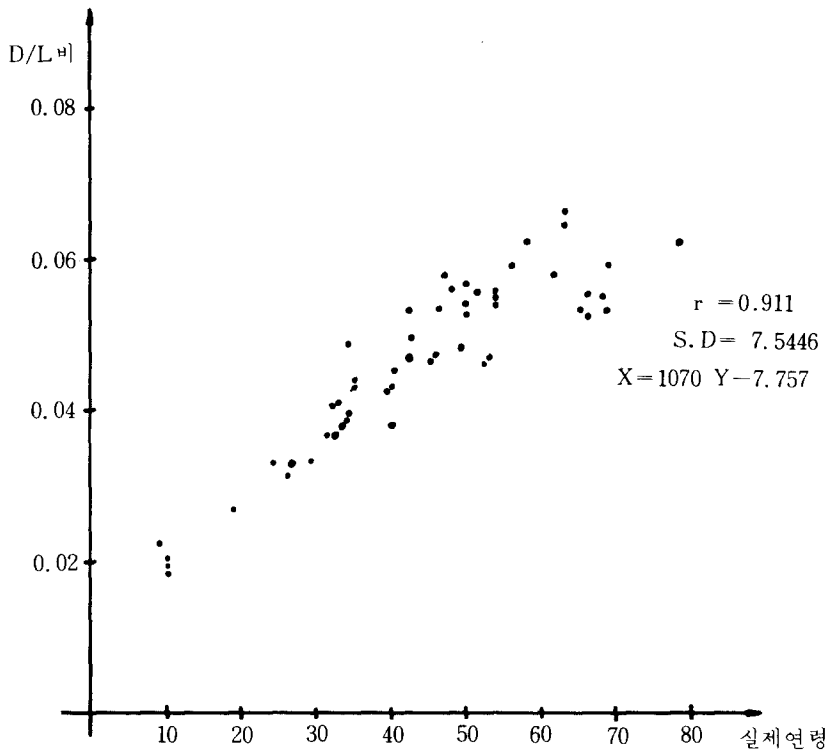
CHANNEL NO: 2

SAMPLE:

METHOD: FID

PEAK NO	PEAK NAME	RESULT	TIME (MIN)	AREA COUNTS	SEP CODE
1		9.6596	7.037	75009	BB
2		0.0935	8.803	726	BB
3		0.0751	8.890	583	VB
4		22.1654	9.593	172120	BB
5		0.5111	11.119	3969	BV
6		0.8789	11.605	6825	VV
7		1.3845	11.870	10751	VV
8		2.4597	12.959	19100	VV
9		0.3432	13.498	2665	VV
10		14.3549	14.133	111469	VV
11		0.1258	14.934	977	T
12		0.0970	15.781	753	T
13		12.7816	16.167	99252	VV
14		0.2147	17.951	1667	BV
15		3.4622	18.234	26885	VV
16		0.0653	18.727	507	T
17		0.1346	20.342	1045	BV
18		0.3283	20.935	2549	VV
19		0.0850	21.112	660	VV
20		0.2210	21.899	1716	VV
21		1.6576	22.138	12872	VV
22		2.9386	22.294	22819	VV
23		11.5634	22.741	89793	VV
24		1.3278	22.996	10311	VV
25		1.1513	23.284	8940	VV
26		0.5838	23.601	4533	VV
27		0.6496	23.804	5044	VV
28		0.5907	24.329	4587	VV

도표5) 실제연령과 D/L비의 상관도



The study of Age Estimation from Tooth using the Racemization of Aminoacid

Hee Kvang Kim, D.D.S., Chong Youl Kim, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

*Dept. of Oral Diagnostic & Oral Medicine,
School of Dentistry, Yonsei University*

—Abstract—

The need of age estimation for identification was increased by complexity of society, and the tooth was used widely for age estimation because of less individual deviation than the other organ.

The age estimation using the tooth had several methods. Recently, the one using the racemization of aminoacid in the tooth was admitted more accurate than the other methods, especially in old age. But, this study was not tried in our country, and I would report the result of experiment about age estimation using racemization of dentine.

I selected 40- Whole dentine sample from extracted teeth, those were reserved in natural dried condition for 2 weeks ~ 1 year and calculated the estimation of age from the ratio of D-aminoacid and L-aminoacid (D/L ratio) using gaschromatography and the results were below.

1. The aminoacids showed apparent D/L ratio in dentine were aspartic acid, serine.
2. The aspartic acid showed the highest racemic rate and its rate was 0.0012 ± 0.0003 / yr.
3. The relation between the actual age and D/L ratio was very positive correlation ($r=0.954$) in the estimation of age using aspartic acid.
4. The deviation between the estimated age using D/L ratio of aspartic acid and actual age was ± 3.32 .