

증령적 변화로서의 두개골 봉합의 유합 상태

연세대학교 치과대학 구강내과학교실¹,
연세대학교 의과대학 법의학과²

안형준¹ · 신경진² · 권정승¹ · 도형주¹ · 최종훈¹ · 김종열¹

목 차

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

I. 서 론

시체의 개인식별을 요하는 경우에 있어 성별의 판단과 더불어 연령의 추정 은 필수 과제로서 시체의 상태 즉 소사체나 의사체, 사후시간이 많이 경과되어 부패된 시체 및 백골화된 시체 등에 따라 그 난이도가 매우 다양하다 할 수 있다⁴⁶⁾.

생체와 시체를 막론하고 연령을 추정하는데 있어서는 체격, 체중, 모발, 골격, 골의 성숙도, 치아의 발육 및 변화 등 여러 가지 방법이 있으나, 사망 후 시간이 오래 경과된 신원불명의 시체에서는 부패 등에 의해 많은 신체적 특징들이 사라지므로 골격이나 치아 같은 경조직이 중요한 자료가 된다. 그 중에서도 치아를 대상으로 하는 것이 가장 유리함은 주지의 사실로써, 다시 말하면 인체에서 가장 견고한 조직인 치아는 형성 과정이 신체 다른 장기의 발생 및 성장의 경우보다 개인간의 차이나 다양성이 매우 적고, 다른 장기들에 비해 외부 환경 변화에 대한 저항성이 크고 안정되고 치밀한 구조로써 사후에도 가장 오래 남아 증령적 변화를 나타내는 중요한 지표로 이용된다⁴⁶⁾.

그러므로 과거 여러 연구에서, 치아의 발육 정도 및 석회화 정도를 이용하는 발생학적 검사⁴⁶⁾, 치아의 마모, 교모, 치수강의 크기 등을 측정하는 생리학적 검사^{44,49)}, 치아의 연마 표본을 이용하여 증령에 따르는 변화를 검사하는 조직학적 검사^{9,14)}, 치아 법랑질이나 상아질 조직에 있는 아미노산의 라세미화(racemization) 반응을 이용한 생화학적 검사¹⁰⁾ 등 다양한 방법으로 치아를 이용하여 연령추정에 관한 연구가 이루어져 왔으며 만족할만한 결과를 얻어 왔다.

한편 골조직에 의한 연령추정은 치아에 의한 연령 추정이 불가능한 경우는 물론이러니와 치아에 의한 연령추정과 더불어 수행할 수 있겠으며, 크게 골의 석회화 정도와 골의 유합 상태를 관찰하는 방법으로 대별할 수 있다. 즉 두개골이나 악골, 장골 및 치골 등은 보존성이 비교적 높고 증령적 변화에 따른 특징들이 나타나므로 골격 상태를 관찰, 분석하여 연령을 추정할 수 있으며 이 중 두개골에서는 석회화와 더불어 연령의 증가에 따라 점점 두개골의 여러 봉합(suture)이 유착하여 소실되는 과정에서 그 유합(closure) 상태를 분석함으로써 연령추정의 지표로 사용할 수 있다³⁸⁾.

실제 연령감정에 있어서는 어느 한 가지 방법만을 사용하기보다는 가능한 여러 방법을 통하여 추정의 정확도를 높일 수 있고 특히, 백골사체와 같은 경우에 있어서는 사후탈락 등에 의해 치아가 소실되어 단지 두개골만으로 감정을 시행해야 되는 경우나 두개골이 부분사체로 감정대상이 되는 경우가 빈번하므로 두개골 봉합의 유합 정도를 이용하여 연령을 추정하는 것은 개인식별에 있어서 중요한 의의를 가질 수 있다.

두개골의 봉합이란 각각의 뼈와 뼈 사이에 소량의 결합조직이 개재하여 접하고 있는 것으로 곁에서 보기에 뼈 사이의 직선 또는 톱니모양의 결합선으로 보이는 부분을 말한다⁵²⁾.

두개골의 각 부분은 이러한 봉합에 의해 분리되므로 봉합은 어떤 의미에서는 장골의 골간과 골단을 분리하는 골단판과 유사하다고 할 수 있다. 즉 연령이 증가함에 따라 골간과 골단의 유합이 중심부에서 변연부로 진행되는 것처럼 봉합의 유합도 내측판에서 외측판으로 향해서 진행된다. 그러나, 골간과 골단은 보통 건강한 사람에게 있어서 완전히 유합하여 골단선은 없어지지만 봉합은 건강한 사람에게 있어서도 유합이 불완전한 경우가 있다(lapsed union)³⁸⁾.

봉합의 유합이 언제, 어떠한 기전으로, 어느 정도로 일어나는지는 아직 정확히 밝혀지지 않았으나, 16세기에 Vesalius가 두개골 봉합의 유합이 연령증가에 따라 진행된다는 것을 최초로 지적²⁴⁾하였고 Fallopius에 의해 입증²⁴⁾된 이래로 봉합의 유합 상태는 두개골의 연령평가에 사용되고 있으며 이에 대한 많은 연구가 이루어졌다.

Frederic(1906)³⁸⁾, Hrdlicka(1920)¹³⁾ 등은 두개골 봉합의 유합은 개인차가 크지만 10세 이내의 범위에서 연령의 추정이 가능하다고 밝혔고, Todd와 Lyon(1924)^{31,32,33,34)}은 미국 백인 및 흑인 남, 녀의 두개골을 이용하여 두개골 내측판과 외측판의 봉합 유합 상태와 연령과의 관계에 대해 조사하여 봉합의 유합 상태는 연령추정에 가치가 있으며 봉합의 유합 상태로부터 6년의 오차범위 내에서 연령을 추정하는 것이 가능하다고 발표하였다. Simpson(1965)²⁷⁾은 각각의 두개골 봉합이 유합하여 소실되는 연령과 봉합의 유합 순서를 발표하였고, Perizonius(1984)²⁶⁾는 두개골 내측판과 외측판에 대하여 봉합의 유합 정도와 연령과의 상관관계를 연령대별, 성별로 구분하여 비교하였다.

또한 Acsadi와 Nemeskeri(1970)¹⁾, Masset(1982)³⁾, Baker(1984)²⁾, Meindl과 Lovejoy(1985) 등^{18,19,23)}은 각각 스위스, 포르투갈, 미국 등의 두개골 표본을 대상으로 두개골 내측판과 외측판의 봉합의 유합 상태로부터 연령을 산출할 수 있는 연령 추정식을 발표하였다. 그리고 Galera, Ubelaker, Hayek(1997) 등⁸⁾은 미국 워싱턴(Washington D.C.)의 Terry collection에 보관되어 있는 두개골 963구를 가지고 기존의 여러 연령 추정식에 적용하여 연령대별, 인종별, 성별로 가장 정확한 방법을 비교, 연구하였다.

한편 일본에서도 일본인에 있어서 두개골의 봉합

의 유합과 연령적 변화에 관한 연구가 활발하게 이루어져 長谷部(1908)⁴³⁾, 本田(1936)³⁹⁾, 細谷(1955)⁴²⁾, 佐久間(1956)⁴⁵⁾, 小片 등(1957)⁴⁰⁾, 神山(1958)⁴¹⁾, 岡田(1961) 등³⁷⁾에 의해 다양한 결과를 얻었으며, 특히 岡田(1961)³⁷⁾는 관동지방 사람의 두개골 224구를 대상으로 두개골 내측판과 외측판의 각 봉합 부위에 대해 연령대별로 유합 상태의 출현율과 평균적인 유합 정도를 산출하여 비교한, 연령적 변화에 대한 상세한 통계자료를 제시하였다. 또한 Koizumi(1982)¹⁶⁾는 두개골의 3대 봉합인 관상봉합(coronal suture), 시상봉합(sagittal suture), 람다봉합(lambdoidal suture)을 이용하여 그 유합 정도로부터 연령추정식을 구하였다. 이와 같이 과거 선학들의 여러 연구로부터 두개골 봉합의 유합 정도를 이용하여 연령을 추정하는 방법에 있어서 역사적으로 많은 발전이 있어 왔지만, 한편으로는 이러한 방법의 신뢰성에 의문을 제기하는 학자들도 적지 않아 과거 100여년 동안 이 문제에 대해 많은 논란이 있어온 것도 사실이다.

Topinard(1885)³⁸⁾가 두개골 봉합의 유합 상태는 연령의 지표로서 가치가 있는 것은 아니라고 발표한 이래, Zanolli(1908)³⁶⁾, Montagu(1938)²⁴⁾, Singer(1953)²⁸⁾, Brooks(1955)⁴⁾, Mckern(1957)²²⁾, Stewart(1979)²⁹⁾ 등이 두개골 봉합의 유합이 매우 불규칙하게 시작되고 그 진행 양상도 개인에 따라 변동이 크다는 점을 들어 봉합의 유합 정도로부터 연령을 추정하는 것은 신뢰성이 없고 위험한 방법이라고 주장하였다.

이처럼 두개골 봉합의 유합이 그 시작 및 진행에 있어서 변이가 크기 때문에 봉합의 유합 정도만으로 연령을 추정하는 것은 일반적으로 다소 신뢰성이 떨어진다 하더라도, 실제 감정에 있어서 백골사체의 궁극적인 목적이 개인식별이라는 관점에서 보았을 때는 두개골만이 감정자료가 되는 예가 많고 이러한 경우 사후 탈락 등에 의해 치아가 없다면 봉합의 유합 정도를 연령추정의 지표로 사용할 수밖에 없는 것이 현실이다. 그럼에도 불구하고 국내에서는 현재까지 두개골 봉합의 유합 정도와 연령과의 상관관계에 대한 연구가 전무하여 우리와 가장 가까운 것으로 볼 수 있는 일본인의 통계자료를 사용하고 있는 실정이다.

이에 본 연구에서는 연세대학교 의과대학 해부학교실에 보관되어 있는 두개골 중 연령과 성별이 밝혀진 두개골을 이용하여 증령에 따른 두개골 상의 여러 봉합의 유합 상태를 조사하여 이러한 연령감정법의 유의성을 객관적으로 평가하고, 또한 한국인을 대상으로 각 두개골 봉합의 유합 정도에 따른 평균 연령

과 이를 바탕으로 연령추정산출표를 제시함으로써 향후 국내에서의 법의학적 활용가능성을 찾는 데 그 목적을 두었다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

연세대학교 의과대학 해부학교실에 보관되어 있는 두개골에 대하여 사전 조사를 시행하여, 심하게 훼손되어 봉합의 관찰이 용이하지 못하거나 성별과 연령 등 개인식별 자료가 불분명한 두개골을 제외한 67구를 대상으로 하였다. 조사 대상 두개골의 연령별 분포는 Table 1과 같다.

조사 대상 두개골은, 30세 미만부터 70세 이상까지를 10세 단위로 나누어 총 6개의 연령군으로 분류하였으며 최저 연령은 19세, 최고 연령은 87세였다.

2. 연구방법

연구에 앞서 사전에 충분한 반복 연습을 통하여 어느 정도 숙련된 관찰자 4명이 두개골 67구를 대상으로 연령과 성별을 모르는 상태에서 각각 독립적으로 검사하는 맹검검사법(blind test)을 수행하여, 두개골의 3대 봉합인 관상봉합, 시상봉합, 람다봉합의 유합 정도를 외측판에서 측정하였다.

가. 두개골 봉합의 관찰 부위

두개골의 외측판을 이용하여 3대 봉합인 관상봉합, 시상봉합, 람다봉합에 대해 유합 정도를 관찰하였다.

Table 1. The distribution of 67 subjects according to age

Age group	Frequency (%)
<30	10 (15.0)
30~39	9 (13.4)
40~49	9 (13.4)
50~59	15 (22.4)
60~69	15 (22.4)
70≥	9 (13.4)
Total	67 (100.0)

관상봉합은 두개관(calvarium)의 전방 1/3 부위를 좌우 방향으로 주행하는 봉합으로 전두골(frontal bone)과 좌, 우 두정골(parietal bone)의 전두연(frontal margin)에 연결하고 있고, 람다봉합은 두개관의 후방 1/5 부위를 좌우 방향으로 주행하는 봉합으로 후두골(occipital bone)과 좌, 우 두정골의 후두연(occipital margin)에 연결하고 있으며, 시상봉합은 관상봉합과 람다봉합 사이의 정중앙에서 전후 방향으로 주행하는 봉합으로 좌, 우 두정골의 두정연(parietal margin)에 연결하고 있다⁵²⁾.

봉합의 관찰은 이러한 관상봉합, 시상봉합, 람다봉합을 다시 Frederic의 분류³⁸⁾에 따라 총 16부위로 세분화하여 시행하였고 각각의 관찰 부위는 Fig. 1과 같다.

- 1) 시상봉합은 천문부, 정부, 시봉부(공간부), 삼각부(후부)로 구분하여 각각을 S1, S2, S3, S4로 명명하였다.

- ① 천문부(S1) - 시상봉합과 관상봉합의 교점 부근으로 전정(bregma) 부근.

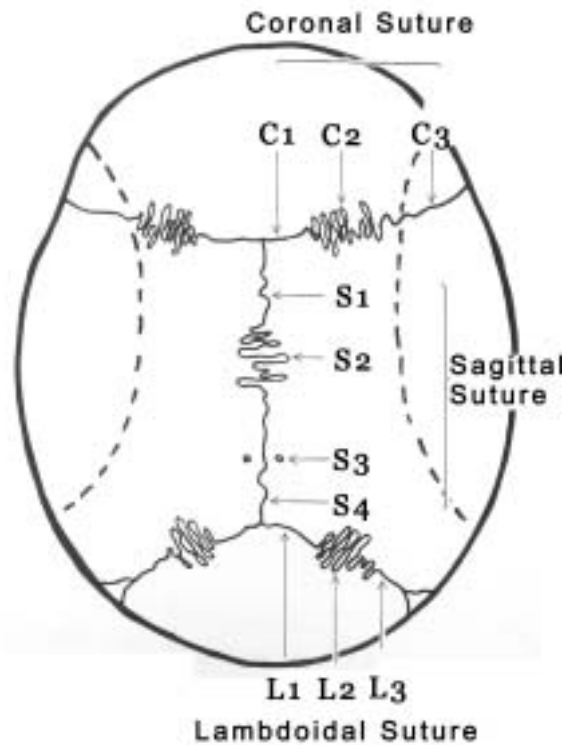
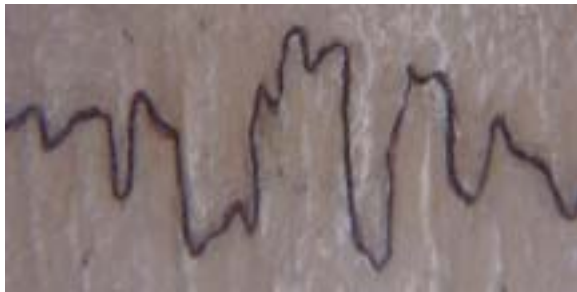


Fig. 1. The ectocranial sections corresponding with differences in the character of the sutures

- ② 정부(S2) - 두개관의 최고위 부근으로 굴곡이 현저한 부분.
 - ③ 시봉부(S3) - 최고위 부분의 뒤쪽으로 좌, 우 두정공(parietal foramen) 사이의 직선에 가까운 부분.
 - ④ 삼각부(S4) - 시봉부의 뒤쪽으로 시상봉합 후 단까지의 부분.
- 2) 관상봉합은 좌, 우측을 각각 천문부, 복잡부, 측두부로 구분하여 C1-R, C1-L, C2-R, C2-L, C3-R, C3-L로 명명하였다.
- ① 천문부(C1-R, C1-L) - 시상봉합과 관상봉합의 교점 부근의 길이 약 3cm 정도의 굴곡이 많은 부분(전정 부근).
 - ② 복잡부(C2-R, C2-L) - 천문(fontanelle) 부분의 외측으로 굴곡이 많은 부분.
 - ③ 측두부(C3-R, C3-L) - 복잡부 아래의 직선에 가까운 부분. 관자오목에 있는 부분으로 관상점(stephanion)으로부터 익점점(pterion)까지의 부분.



Stage 0
: Open suture. The closure of suture is not observed.



Stage 1
: Suture is closed, but visible through the loupe.



Stage 2
: Suture is closed as a small point and visible with the naked eyes.



Stage 3
: Suture is closed in a wide area.



Stage 4
: Suture is completely obliterated or only pits indicate where the suture is located.

Fig. 2. Description of the five stages of suture closure

- 3) 램다봉합은 좌, 우측을 각각 삼각부, 중앙부, 외하부로 구분하여 L1-R, L1-L, L2-R, L2-L, L3-R, L3-L로 명명하였다.
 - ① 삼각부(L1-R, L1-L) - 곡선이 많은 안쪽 2/3 부분의 안쪽 반 부분.
 - ② 중앙부(L2-R, L2-L) - 곡선이 많은 안쪽 2/3 부분의 바깥쪽 반 부분.
 - ③ 외하부(L3-R, L3-L) - 봉합의 바깥 1/3의 직선에 가까운 부분.

나. 봉합 유합의 평가 기준

봉합의 유합 정도에 대한 평가는 봉합이 전혀 유합하지 않은 것부터 완전히 유합한 것까지를 5단계로 분류한 Broca-Ribbe의 방법³⁸⁾을 사용하였으며 각각의 기준은 다음과 같다(Fig 2).

- 0 - 전혀 유합 없음.
- 1 - 확대경으로 보았을 때 겨우 유합의 존재를 알 수 있다.
- 2 - 육안으로 유합의 관찰이 가능하다.
- 3 - 유합이 어느 정도 진행되어 유합선의 소실이 부분적으로 관찰된다.
- 4 - 유합선이 완전히 소실되거나 파선상으로 관찰된다.

다. 분석 및 통계

- 1) 검사의 신뢰도를 평가하기 위하여, 검사자 4명간의 검사 결과에 대해 집단간 상관계수(intraclass correlation coefficient)를 측정하여 검사자간의 일치율을 조사하였다.
- 2) 각각의 16개 봉합 부위의 유합 정도와 연령에 대하여 상관분석(correlation analysis)을 실시하고 상관계수(correlation coefficient)를 산출하여 각 봉합 부위의 연령추정에 대한 기여도를 검사하였다.
- 3) 시상봉합, 관상봉합, 램다봉합에 대하여 각각의 봉합 부위마다 연령대 별로 각 유합 단계의 출현율을 구하여 연령에 따른 유합 상태를 비교하였다.
- 4) 각 봉합 부위의 유합 정도 별로 평균 연령을 산출하여 유합의 진행에 따른 연령의 추이를 검사하였다.
- 5) 변수들의 상관 관계 분석 후 다중회귀분석(multiple regression analysis)을 시행하여 각 봉합의 유합 정도에 따른 연령추정산출표를 구하였다.

이상의 과정에서 통계 처리는 SAS program 6.12 version(SAS institute, USA)⁵³⁾을 이용하여 시행하였다.

III. 결 과

1. 검사자간 신뢰도 평가

두개골 67구의 각 16개 봉합 부위에 대하여 검사자 4명간의 검사 결과에 대한 신뢰도는 Table 2와 같다.

검사를 실시한 16개의 모든 봉합 부위에서 집단간 상관계수가 0.75 이상으로 검사자간의 아주 양호한 일치율을 나타내었으며, 이 중 시상봉합의 시봉부(S3)가 92.4%로 가장 높았고 관상봉합의 우측 복잡부(C2-R)가 76.3%로 가장 낮았다. 전반적으로 시상봉합에서 검사자간의 높은 일치율을 나타내었고, 램다봉합, 관상봉합의 순으로 나타났다.

Table 2. Intraclass correlation coefficients of the 4 examiner group

Suture section	Intraclass correlation coefficients
S1	0.895
S2	0.886
S3	0.924
S4	0.898
C1-R	0.850
C1-L	0.837
C2-R	0.763
C2-L	0.812
C3-R	0.829
C3-L	0.840
L1-R	0.901
L1-L	0.891
L2-R	0.852
L2-L	0.844
L3-R	0.837
L3-L	0.838
Mean	0.856

전체적으로 모든 봉합 부위에 대한 일치율의 평균이 85.6%로 4명의 검사자간의 신뢰도는 아주 양호한 상태라는 것을 나타내었다.

2. 각 봉합의 유합 정도와 연령과의 상관도 분석

각 봉합의 연령추정에 관한 기여도를 알아보기 위하여 16개 봉합 부위 각각에 대한 연령과의 상관계수를 산출하여 비교하였다. 각 봉합 부위에 대한 상관계수는 Table 3과 같다.

조사한 16개 모든 봉합 부위에서 유합 정도와 연령과는 통계학적으로 유의한 수준($p < 0.01$)의 상관관계를 나타내었다. 각 봉합 부위별로 보았을 때, 연령과의 상관관계가 대부분 큰 차이 없이 비슷하게 나타났지만 이 중 시상봉합의 정부(S2)가 가장 높았으며(68.1%), 램다봉합의 우측 삼각부(L1-R)가 가장 낮았다(51.3%). 또한 봉합의 종류별로 보면 시상봉합(60.0%), 관상봉합(57.7%), 램다봉합(55.7%) 순으로 연령추정에 기여하고 있는 것으로 나타났으며 전체적으로 보았을 때 연령과 57.8%의 상관관계를 가지고 있는 것으로 조사되었다.

3. 연령대별 각 봉합 부위에 대한 유합 정도의 출현율

표본을 10세 단위의 연령군으로 분류하고 각 군별로 시상봉합, 관상봉합, 램다봉합의 관찰 부위에 대하여 각 유합 상태의 빈도를 조사하여 비교하였다. 연령대별 각 봉합의 유합 상태의 출현율은 Table 4, Table 5, Table 6과 같다.

모든 부위에서 30대 이하의 낮은 연령층에서는 '0'의 유합 정도가 가장 높았고, 30대에서는 '0'과 '1', 40대에서는 '1'과 '2', 50대에서는 '2'의 유합 정도가 높게 나타났으며 높은 연령층으로 갈수록 유합 정도 '3'과 '4'의 빈도가 높게 나타났다.

또한 낮은 연령층에서는 유합 정도 '3', '4'와 같은 높은 유합 상태가 전혀 관찰되지 않았으나 높은 연령층에서는 상대적으로 낮은 유합 상태의 출현이 관찰되었다.

4. 각 봉합의 유합 상태에 따른 평균 연령

각 봉합 부위의 유합 상태별로 평균 연령을 구하였다. 유합 상태에 따른 연령의 평균과 표준편차는 Table 7과 같다.

Table 3. Correlation coefficients of the ectocranial closure stage of each suture with age ($p < 0.01$)

Suture section	N	Correlation coefficients
S1	268	0.569
S2	268	0.681
S3	268	0.565
S4	264	0.586
C1-R	268	0.559
C1-L	268	0.557
C2-R	268	0.602
C2-L	268	0.559
C3-R	268	0.606
C3-L	268	0.580
L1-R	256	0.513
L1-L	256	0.568
L2-R	256	0.550
L2-L	256	0.577
L3-R	252	0.577
L3-L	252	0.559
*Sa		0.600
**Co		0.577
***La		0.557
[†] Total		0.578

*Sa : Mean of the correlation coefficients of S1, S2, S3, S4

**Co : Mean of the correlation coefficients of C1-R, C1-L, C2-R, C2-L, C3-R, C3-L

***La : Mean of the correlation coefficients of L1-R, L1-L, L2-R, L2-L, L3-R, L3-L

[†]Total : Mean of the correlation coefficients of 16 suture sections

모든 봉합 부위에서 '1'의 유합 정도는 40대의 연령을 나타내었고 '2'는 50대, '3'은 50~60대의 연령을 나타내었으며, 각각의 연령은 10세 이상의 편차를 나타내었다. 또한 같은 정도의 유합 상태를 보이는 경우에 있어서 관상봉합 상의 연령이 시상봉합이나 램다봉

Table 4. Frequency(%) of closure stage in sagittal suture according to the age group

Suture section	Age group						
	<30	30~39	40~49	50~59	60~69	70≥	
S1	N	40	36	36	60	60	36
	stage 0	77.5	41.7	19.4	20.0	6.7	0.0
	1	17.5	44.4	30.6	23.3	13.3	11.1
	2	5.0	13.9	30.6	18.3	35.0	33.3
	3	0.0	0.0	19.4	13.3	26.7	33.3
	4	0.0	0.0	0.0	25.0	18.3	22.2
S2	N	40	36	36	60	60	36
	stage 0	60.0	44.4	11.1	11.7	0.0	0.0
	1	32.5	27.8	30.6	16.7	8.3	2.8
	2	5.0	25.0	33.3	23.3	20.0	13.9
	3	2.5	2.8	25.0	16.7	33.3	30.6
	4	0.0	0.0	0.0	31.7	38.3	52.8
S3	N	40	36	36	60	60	36
	stage 0	60.0	61.1	19.4	10.0	5.0	0.0
	1	20.0	16.7	25.0	13.3	15.0	0.0
	2	12.5	11.1	11.1	20.0	13.3	25.0
	3	7.5	0.0	19.4	16.7	28.3	22.2
	4	0.0	11.1	25.0	40.0	38.3	52.8
S4	N	40	36	36	60	56	36
	stage 0	65.0	58.3	13.9	15.0	1.8	0.0
	1	20.0	16.7	22.2	8.3	7.1	5.6
	2	10.0	22.2	19.4	26.7	25.0	30.6
	3	5.0	2.8	19.4	30.0	17.9	33.3
	4	0.0	0.0	25.0	20.0	48.2	30.6

합에 비해 높게 나타났고 특히 관상봉합의 천문부(C1-R, C1-L)와 복잡부(C2-R, C2-L)에서의 연령이 가장 높게 나타났다.

5. 각 봉합의 유합 정도에 따른 연령추정산출표

다중회귀분석을 시행하여 각 봉합의 유합 정도에 따라 연령을 추정하는데 가장 적절하다고 판단되는

수치를 산출하여 봉합의 유합 정도에 따른 연령추정 산출표를 구하였다(Table 8).

Table 8은 추정연령을 산출하기 위한 연령추정산출표이며 종축은 봉합의 부위, 횡축은 유합 정도를 나타낸다. 예를 들어 추정하려는 두개골에 있어서 시상봉합의 정부(S2)의 유합 정도가 '2'라고 하면 +8.07이라는 수치를 부여하며, 램다봉합의 우측 삼각부(L1-R)의 유합 정도가 '1'이라고 하면 +3.42라는 수치

Table 5. Frequency(%) of closure stage in coronal suture according to the age group

Suture section		Age group					
		<30	30~39	40~49	50~59	60~69	70≥
C1-R	N	40	36	36	60	60	36
	stage 0	87.5	55.6	38.9	23.3	3.3	5.6
	1	7.5	38.9	36.1	28.3	25.0	22.2
	2	5.0	5.6	13.9	21.7	50.0	25.0
	3	0.0	0.0	5.6	18.3	15.0	22.2
	4	0.0	0.0	5.6	8.3	6.7	25.0
C1-L	N	40	36	36	60	60	36
	stage 0	82.5	58.3	27.8	25.0	1.7	8.3
	1	15.0	41.7	41.7	28.3	20.0	19.4
	2	2.5	0.0	19.4	28.3	63.3	27.8
	3	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	25.0
	4	0.0	0.0	11.1	8.3	5.0	19.4
C2-R	N	40	36	36	60	60	36
	stage 0	72.5	38.9	16.7	13.3	0.0	5.6
	1	20.0	44.4	38.9	38.3	15.0	13.9
	2	5.0	16.7	44.4	35.0	40.0	44.4
	3	2.5	0.0	0.0	8.3	30.0	33.3
	4	0.0	0.0	0.0	5.0	15.0	2.8
C2-L	N	40	36	36	60	60	36
	stage 0	80.0	30.6	5.6	21.7	1.7	5.6
	1	15.0	47.2	44.4	36.7	21.7	16.7
	2	2.5	19.4	50.0	18.3	36.7	27.8
	3	2.5	2.8	0.0	10.0	25.0	44.4
	4	0.0	0.0	0.0	3.3	15.0	5.6
C3-R	N	40	36	36	60	60	36
	stage 0	52.5	30.6	27.8	6.7	0.0	5.6
	1	37.5	58.3	33.3	23.3	16.7	13.9
	2	10.0	11.1	19.4	40.0	21.7	13.9
	3	0.0	0.0	13.9	16.7	21.7	25.0
	4	0.0	0.0	5.6	13.3	40.0	41.7
C3-L	N	40	36	36	60	60	36
	stage 0	45.0	25.0	19.4	1.7	3.3	5.6
	1	45.0	52.8	36.1	41.7	8.3	11.1
	2	10.0	22.2	27.8	30.0	30.0	22.2
	3	0.0	0.0	11.1	15.0	15.0	25.0
	4	0.0	0.0	5.6	11.7	43.3	36.1

Table 6. Frequency(%) of closure stage in lambdoidal suture according to the age group

Suture section	Age group						
	<30	30~39	40~49	50~59	60~69	70≥	
L1-R	N	40	36	32	60	52	36
	stage 0	75.0	44.4	12.5	10.0	7.7	8.3
	1	5.0	27.8	31.3	15.0	7.7	8.3
	2	10.0	16.7	28.1	33.3	25.0	16.7
	3	7.5	2.8	15.6	15.0	19.2	41.7
	4	2.5	8.3	12.5	26.7	40.4	25.0
L1-L	N	40	36	32	60	52	36
	stage 0	75.0	41.7	9.4	10.0	3.9	0.0
	1	5.0	27.8	34.4	16.7	15.4	5.6
	2	12.5	19.4	31.3	30.0	21.2	19.4
	3	5.0	5.6	18.8	16.7	19.2	44.4
	4	2.5	5.6	6.3	26.7	40.4	30.6
L2-R	N	40	36	32	60	52	36
	stage 0	62.5	38.9	6.3	10.0	5.8	5.6
	1	15.0	25.0	37.5	10.0	9.6	16.7
	2	20.0	30.6	34.4	40.0	21.2	19.4
	3	0.0	5.6	15.6	33.3	21.2	25.0
	4	2.5	0.0	6.3	6.7	42.3	33.3
L2-L	N	40	36	32	60	52	36
	stage 0	67.5	38.9	3.1	10.0	0.0	2.8
	1	17.5	22.2	40.6	18.3	7.7	19.4
	2	12.5	33.3	34.4	36.7	25.0	30.6
	3	0.0	5.6	18.8	30.0	25.0	16.7
	4	2.5	0.0	3.1	5.0	42.3	30.6
L3-R	N	40	36	28	60	52	36
	stage 0	67.5	58.3	0.0	11.7	3.9	2.8
	1	22.5	30.6	50.0	26.7	15.4	27.8
	2	7.5	11.1	28.6	40.0	21.2	19.4
	3	0.0	0.0	21.4	16.7	30.8	19.4
	4	2.5	0.0	0.0	5.0	29.9	30.6
L3-L	N	40	36	32	60	52	36
	stage 0	75.0	52.8	0.0	11.7	1.9	8.3
	1	15.0	22.2	39.3	26.7	13.5	25.0
	2	7.5	25.0	35.7	43.3	23.1	19.4
	3	0.0	0.0	25.0	16.7	26.9	22.2
	4	2.5	0.0	0.0	1.7	34.6	25.0

Table 7. Mean age and standard deviation by closure stage of each suture

Suture section	Ectocranial suture closure stage				
	0	1	2	3	4
S1	34.2±14.5	45.4±16.4	56.3±14.6	59.4±10.4	60.5± 8.2
S2	30.8±11.4	40.6±15.4	50.8±13.9	57.2±11.8	63.4± 9.9
S3	33.1±13.0	43.8±16.2	53.0±16.0	56.3±13.0	58.5±12.9
S4	32.5±12.4	41.6±17.8	53.6±16.1	56.6±12.2	59.1±10.3
C1-R	35.1±15.1	50.4±15.5	58.6±12.0	60.0± 9.2	61.5± 9.2
C1-L	35.4±16.0	47.9±15.6	59.8± 9.6	63.0± 8.4	58.7±10.6
C2-R	32.8±15.3	45.8±14.7	55.4±13.5	63.1± 9.7	64.2± 5.3
C2-L	34.0±16.7	47.7±15.4	53.5±12.7	62.5±11.2	65.1± 5.2
C3-R	33.6±15.3	42.6±16.6	52.1±13.8	59.9±10.1	63.3± 7.2
C3-L	34.2±17.5	41.8±15.6	52.3±14.6	60.3±10.4	63.1± 6.9
L1-R	33.8±16.1	46.2±13.9	51.8±14.4	59.4±15.9	56.9±11.9
L1-L	30.7±16.1	47.2±14.0	50.8±15.0	59.4±15.0	58.3±11.8
L2-R	33.3±15.7	46.2±17.7	48.6±15.3	57.0±11.0	63.0±10.1
L2-L	29.9±13.7	47.2±17.8	51.1±14.6	55.7± 9.9	63.3±10.2
L3-R	32.1±14.5	48.3±17.0	52.4±13.7	59.2± 9.4	63.9±10.3
L3-L	32.6±16.1	49.9±16.6	50.9±13.6	58.3± 9.4	64.5±10.3

를 부여한다는 것을 의미한다. 이러한 값들은 각각의 유합 정도가 갖는 가중치이며 Table 아래의 상수 (constant)값은 모든 부위의 유합 정도가 '0'일 경우 추정되는 연령이다.

연령추정산출표에 의해서 연령을 산출하기 위해서는 각 봉합 부위의 유합 정도를 기준에 맞게 판정하여 그 유합 정도에 해당되는 수치를 Table 8으로부터 찾아 합산하고 마지막으로 상수인 25.23을 가산하여 추정연령을 구한다.

Table 9에 나타낸 예에서는 16 봉합부위의 유합 정도 가중치의 합이 26.55이고 여기에 상수 25.23을 합하면 51.78이라는 추정연령을 얻을 수 있다. 이 예의 경우에는 실제연령이 50세이므로 오차는 1.78세가 된다.

IV. 총괄 및 고찰

증령적 현상은 생물학적 수준에서 골조직을 포함한 생체의 모든 부분에 영향을 미치므로 체격, 체중,

모발, 골격, 골의 성숙도, 치아의 발육 등 신체의 여러 변화 과정을 통하여 개인의 연령을 추정하는 것이 가능하다^{8,46)}.

특히 성인의 골격 및 치아에 있어서는 두개골 봉합의 유합 정도, 치골 결합면의 형태, 장골 및 치골 등의 해면질 골양구축상, 악골에 있어서 구개봉합의 유합 소실, 하악각의 변화, 이공의 위치, 높이, 개구방향 등과 치아의 교모도 및 치수강의 퇴축도 등을 검사함으로써 연령의 추정이 이루어진다³⁸⁾.

Acsadi와 Nemeskeri^{1,8)}는 두개골 봉합의 유합, 치골 유착의 변형, 대퇴골과 상완골의 방사선적 투과도를 관찰하여 연령을 추정하였는데 이러한 방법은 인류학회에서 추천을 받아 유럽에서 널리 사용되고 있다³⁵⁾. 또한 Lovejoy^{8,18)}는 연령의 추정에 치골과 관절면의 형태 변화(metamorphosis), 대퇴골의 골소주(trabecular) 퇴화, 두개골의 봉합 유합과 치아 마모(dental wear)를 고려하였다. 이들의 방법은 심하게 훼손되었거나 불완전한 유골에서는 어느 정도 제한이 있지만 모두 훌륭한 결과를 제공하고 있다.

Table 8. Calculator for age estimation by ectocranial closure stage of the three suture

Suture section	Ectocranial suture closure stage				
	0	1	2	3	4
S1	0	-3.23	-5.44	-8.34	-6.60
S2	0	-0.80	8.07	17.60	25.32
S3	0	0.83	1.35	0.29	3.01
S4	0	-0.71	7.94	1.46	4.89
C1-R	0	1.67	-8.57	-10.53	-10.31
C1-L	0	3.67	13.62	14.78	13.33
C2-R	0	6.19	9.25	9.12	7.35
C2-L	0	1.28	-1.80	0.36	-2.86
C3-R	0	-3.55	-2.05	3.39	-1.15
C3-L	0	4.43	5.62	6.60	9.85
L1-R	0	3.42	3.56	-10.69	-18.74
L1-L	0	2.44	0.31	17.01	14.52
L2-R	0	1.04	-7.00	-4.43	1.56
L2-L	0	0.29	1.60	-6.99	-7.18
L3-R	0	2.93	1.74	-2.75	-2.01
L3-L	0	1.64	-1.54	5.11	7.21

Constant=25.23 R²=0.6944 p<0.01

두개골의 봉합은 연령의 증가에 따라 점점 그 봉합이 유합하여 소실되므로 두개골 봉합의 유합 정도를 연령추정의 지표로 사용할 수 있는데, 검사의 대상이 되는 봉합은 관상봉합, 시상봉합, 램다봉합, 인상봉합 (squamosal suture) 등이고 그 외에 두정유돌봉합 (parietomastoid suture), 후두유돌봉합(occipito-mastoid suture), 접전두봉합(sphenofrontal suture), 접두정봉합(sphenoparietal suture), 접측두봉합 (sphenotemporal suture) 등도 대상이 된다. 특히 관상봉합, 시상봉합, 램다봉합 등과 같이 경과가 긴 봉합에서는 부위에 따라서도 유합 정도가 다르기 때문에 Frederic³⁸⁾은 각 봉합을 다시 아래와 같이 세분화 하였으며 본 연구에서도 이러한 분류법에 따라 관찰 부위를 결정하였다.

관상봉합 : 천문부, 복잡부, 측두부.
 시상봉합 : 천문부, 정부, 시봉부(공간부), 삼각부(후부).

램다봉합 : 삼각부, 중앙부, 외하부.
 인상봉합 : 전부, 후부.
 후두유돌봉합 : 상부, 중부, 하부.
 접측두봉합 : 상부, 하부.
 접전두봉합 : 안외부, 측두부.

봉합의 유합 정도는 일반적으로 봉합이 전혀 유합하지 않은 것부터 봉합이 완전히 유합한 것까지를 5 단계로 분류한 Broca-Ribbe의 방법이나 Martin's scale²¹⁾, Masset's classification system³⁾ 등을 주로 사용하는데 선학들의 연구를 고찰해보면 연구자에 따라서 3단계, 4단계, 5단계 등 다양한 분류법을 사용하고 있다.

본 연구에서는 이러한 여러 방법들 중에서, 비교적 분류의 기준에 대해 객관적이고 구체적으로 판단이 가능하며, 현재 체질인류학적으로 많이 사용되어 다른 연구와 비교가 용이한 Broca-Ribbe의 방법을 사

Table 9. An example of age estimation

Suture section	Suture closure stage	Parameter estimate
S1	4	-6.60
S2	4	25.32
S3	4	3.01
S4	4	4.89
C1-R	1	1.67
C1-L	1	3.67
C2-R	2	9.25
C2-L	1	1.28
C3-R	1	-3.55
C3-L	1	4.43
L1-R	4	-18.74
L1-L	4	14.52
L2-R	2	-7.00
L2-L	3	-6.99
L3-R	1	2.93
L3-L	2	-1.54
Sum		26.55

Estimated age : 26.55 + 25.23 = 51.78

Real age : 50

Estimation error : 1.78

용하였다.

그러나 어느 방법을 사용하던 간에 봉합의 유합 상태를 관찰하여 그 정도를 판단한다는 것은 검사자의 주관에 의해서 크게 좌우될 수 있는 부분이므로 본 연구에서는 4명의 검사자가 동일한 두개골을 가지고 각기 독립적으로 검사한 후, 각각의 관찰 결과를 비교하여 일치율을 구하는 방법을 시도함으로써 발생할 수도 있는 검사자 개인의 주관적 기준에 의한 결과의 오류를 최소화하였다.

검사자간의 일치율은 집단간 상관계수나 Kappa 지수 등을 이용하여 측정하는데 보통 0.75 이상이면 아주 양호한 신뢰도를 나타낸다³³⁾. 조사 결과 각 16개 봉합 부위에 대하여 집단간 상관계수가 모두 0.75 이상의 높은 일치율을 나타내었으며 평균 85.6%의 일

치율을 보여 봉합의 유합 정도를 판단하는데 있어서 검사자 간의 주관적 차이에 의하여 그 기준이 달라지지 않고 객관적으로 타당성 있게 조사가 이루어졌음을 알 수 있었다.

두개골 봉합은 내측판에서 외측판으로 향해서 유합이 진행되며 건강한 사람에 있어서도 유합이 불완전한 경우가 있다. 이렇게 연령이 증가하여도 유합이 완전히 완료되지 않는 현상이 있기 때문에 두개골의 내측에서는 유합이 나타나도 외측에서는 나타나지 않는 경우가 생길 수 있다³⁸⁾. 따라서 Parson과 Box(1905)²⁵⁾, Krogman(1962)¹⁷⁾ 등은 내측판의 유합 상태가 외측판의 상태보다 연령 추정의 지표로서 더욱 신뢰성이 있다고 하였으며, 내측판의 유합상태를 연령추정의 지표로 우선 사용해야 한다고 주장하였다. 그러나 Meindl과 Lovejoy (1985)²³⁾는 외측판의 봉합 소견이 내측판의 봉합 소견보다 우수하고 두개골 외측판의 유합 상태가 최후 연령과 더욱 흡사하다고 주장하였다.

본 연구에서는 두개골의 외측판을 이용하여 3대 봉합인 관상봉합, 시상봉합, 람다봉합의 유합 정도를 조사하였는데, 내측판을 이용하기 위해서는 먼저 두개골을 절단해야 하는 문제점이 있고 또한 개인식별에 있어서 법의학적인 의미는 유합의 규칙성이 아니라 유합의 정도와 본성을 논하는 것이므로 외측판의 유합 상태를 조사하는 것만으로도 충분한 가치가 있다고 사료되었다.

두개골 봉합의 유합 정도는 16세기 이래로 두개골의 연령평가에 사용되고 있고³⁸⁾, 현재도 법의학적으로 중요한 감정 수단으로 많이 이용되고 있다. 그러나 이러한 방법의 신뢰성에 의문을 제기하면서 반대의 주장을 하는 학자들도 적지 않다.

Topinard(1885)³⁸⁾, Zanolli(1908)³⁶⁾, Montagu(1938)²⁴⁾, Singer(1953)²⁸⁾, Mckern과 Stewart(1957)²²⁾, Stewart(1979)²⁹⁾ 등은 두개골 봉합의 유합이 매우 불규칙하게 시작되고 그 진행 양상도 개인에 따라 변동이 크다는 점을 들어 봉합의 유합 정도로부터 연령을 추정하는 것은 신뢰성이 없고 위험한 방법이라고 주장하였고 Brooks(1955)⁴⁾는 두개골 봉합의 유합과 연령과의 높은 상관관계는 인정하지만 이것은 성별과 인종을 고려하여야 하는 문제라고 보고하였다. 심지어 Hershkovitz, Latimer, Dutour(1997) 등¹²⁾은 시상 봉합의 유합은 연령의 증가에 따라 진행되는 것이 아니라 인종에 의해 결정되는 독립적인 영구적 현상으로, 유전되며 스트레스와도 어느 정도 관계가 있다고

발표하였다.

이처럼 두개골 봉합의 유합에 대하여 여러 가지 주장이 나타나는 것은 봉합의 유합이 언제, 어떠한 기전으로, 어느 정도로 일어나는가 하는 봉합의 실체와 본성에 대하여 아직 정확히 밝혀지지 않았기 때문이라고 사료되며 앞으로 이러한 문제에 대해 더욱더 많은 연구가 이루어져야 할 필요성이 있다.

본 연구에서 16개의 각 봉합 부위와 연령과의 상관관계를 조사한 결과, 모든 봉합 부위에서 통계학적으로 유의한 수준($p < 0.01$)의 상관관계를 나타내었다. 상관도는 봉합 부위별로 51.3~68.1%(평균 57.8%)로 아주 높다고는 볼 수 없으나, 봉합의 유합 정도로 연령을 추정하는 것이 가능하며 통계학적으로 유의하다는 결과를 얻었다. 각 부위별로 보면 시상봉합의 정부(S2)가 68.1%로 연령추정에 대한 기여도가 가장 높게 나타났으며 램다봉합의 우측 삼각부(L1-R)가 51.3%로 가장 낮았다. 또한 봉합의 종류별로 보았을 때는 시상봉합(60.0%), 관상봉합(57.7%), 램다봉합(55.7%) 순으로 연령추정에 기여하고 있는 것으로 나타났으며 전체적으로 연령과 약 57.8%의 상관관계를 가지고 있는 것으로 조사되었다.

이러한 결과는 6세 이내의 범위에서 연령을 추정하는 것이 가능하다고 한 Todd와 Lyon(1925)^{32,33,34}, 10세 이내의 한도에서 연령의 추정이 가능하다고 한 Frederic(1906)³⁸, Hrdlicka(1920)¹³, Krogman(1962)¹⁷ 등 선학들의 연구 결과와 맥락을 같이 한다고 볼 수 있다.

연령대별로 시상봉합, 관상봉합, 램다봉합의 각 부위에 대하여 유합 상태의 출현율을 조사하여 비교해 보았을 때, 모든 부위에서 30대 이하의 낮은 연령층에서는 '0'의 유합 정도가 가장 높았고, 30대에서는 '0'과 '1', 40대에서는 '1'과 '2', 50대에서는 '2'의 유합 정도가 높게 나타났으며 높은 연령층으로 갈수록 유합 정도 '3'과 '4'의 빈도가 높게 나타나 두개골 봉합의 유합이 연령의 증가에 비례하여 진행된다는 것을 알 수 있었다.

또한 낮은 연령층에서는 유합 정도 '3', '4'와 같은 높은 유합 상태가 전혀 관찰되지 않았으나 높은 연령층에서는 상대적으로 낮은 유합 상태의 출현이 관찰되는 것으로 보아 두개골 봉합의 유합은 그 과정이 진행될수록 개인간의 차이에 의해 다양하게 나타남을 알 수 있었다.

한편 각 봉합 부위의 유합 상태에 따른 평균 연령을 구한 결과, 전반적으로 모든 봉합 부위에서 '1'의

유합 정도는 40대의 연령을 나타내었고 '2'는 50대, '3'은 50~60대의 연령을 나타내었으며 각각의 연령은 10세 이상의 편차를 나타내었다. 이러한 결과 역시 6~10세 이내의 범위에서 연령을 추정하는 것이 가능하다고 주장한 여러 선학들의 연구 결과와 일치한다고 볼 수 있다.

또한 본 연구에서는 같은 정도의 유합 상태를 보이는 경우에 관상봉합이 나타내는 연령이 시상봉합이나 램다봉합에 비해 높게 나타났고, 특히 관상봉합의 천문부(C1-R, C1-L)와 복잡부(C2-R, C2-L)에서 가장 높게 나타났다. 이러한 결과는 관상봉합이 시상봉합이나 램다봉합에 비해 유합이 천천히 진행된다는 것을 나타낸다.

이 점은 과거 일본에서 岡田(1961)³⁷이 일본인을 대상으로 시행한 조사와는 상이한 결과를 나타내었다. 岡田는 두개골의 외측판과 내측판 뿐만 아니라 다른 안면부의 봉합까지도 검사를 시행하여, 두개골 외측판의 3대 봉합 중 시상봉합이 가장 빨리 유합을 시작하지만 관상봉합의 유합이 빠르게 진행되어 50대를 경계로 관상봉합의 평균 유합 정도가 커지고 램다봉합의 유합은 개시 및 진행에 있어서 모두 느리게 나타난다는 결과를 얻었다.

본 연구에서 얻은 결과를 岡田의 연구 결과와 비교해 보면, 초기에 시상봉합의 유합이 높게 나타났다는 점은 일치하였지만 관상봉합의 유합은 연령의 후반부에서도 낮게 관찰되었으며 오히려 램다봉합의 유합이 연령의 초반부에서부터 다소 높게 진행되는 것으로 관찰되어 岡田와 상이한 결과를 나타내었다. 이러한 차이에 대해서 지역적, 인종적인 측면도 고려되어질 수 있겠지만 그것보다는 검사 대상이 되는 표본의 크기와 집단의 대표성에 의하여 기인되지 않았나 사료되며 향후 연령대별로 고른 분포를 가진 충분한 크기의 표본을 대상으로 더욱더 정밀한 조사가 이루어질 필요가 있다고 사료되었다.

한편 岡田³⁷는 두개골 외측판의 평균 유합 정도가 젊은 군에서는 남성이 여성보다 크게 나타났지만 40~50대 이후에서는 여성이 남성보다 더 크게 나타났다는 연구 결과를 바탕으로 여성이 남성보다 유합이 늦게 시작되는 반면 빨리 완료된다고 주장한 바 있다. 그러나 선학들의 많은 연구 결과에 의하면, 같은 연령대에서 남, 녀간 봉합의 유합 정도는 큰 차이가 없었으며, 설령 차이가 존재하더라도 두개골 봉합의 유합 과정 자체가 개인에 따라 다양하므로 이성 집단간의 차이는 동성의 각 개인간의 차이와 유의한 차이를 나

타내지 못함을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 성별을 따로 구분하여 비교하지는 않았다.

또한 본 연구에서는 다중회귀분석을 시행하여 각각의 16 봉합 부위의 유합 정도에 따라 연령을 추정하는데 가장 적절하다고 판단되는 추정치를 산출하고 이 수치를 이용하여 연령을 계산하는 연령추정산출표($R^2=0.694$, $p<0.01$)를 제시하였다. 외국의 여러 연구에서 선학들이 제시한 많은 연령추정법이 대부분 선형의 회귀방정식^{1,3,8,23}인데 반해, 본 연구에서는 단순한 회귀방정식이 아니라 봉합의 유합 정도 '0'을 기준으로 각 봉합 부위에 대하여 각각의 유합 정도에 따른 추정치를 산출함으로써 검사 대상이 되는 집단의 특징을 더욱 정확하게 반영할 수 있었다. 실제로 동일한 표본을 대상으로 선형의 회귀방정식($R^2=0.561$, $p<0.01$)도 구할 수 있었는데, 위와 같은 방법을 사용함에 의해 결정계수(R^2) 값을 더 높일 수 있었다.

이러한 방법은 그 동안 Takei(1970)⁴⁴ 등과 국내에서는 곽⁴⁹ 등(1992)에 의해 주장되어 치아의 교모도를 이용한 연령추정법에 사용되고 있는 방법으로, 본 연구에서는 두개골 봉합의 유합 상태를 이용한 연령추정에 적용하여 더욱 정확한 연령을 추정할 수 있는 가능성을 제시하였다는 점에서 의의가 크다고 할 수 있으며, 또한 외국의 여러 사례와 비교해 보았을 때 두개골 봉합에 처음으로 시도하는 방법이라는 점에서 그 의의는 크다고 할 수 있겠다.

보통 연령추정에 관한 연구는 전체 모집단의 특징을 잘 반영할 수 있도록 연령대별, 성별로 고른 분포를 가진 충분한 크기의 표본을 대상으로 시행되어야 더욱 정확하고 정밀한 결과를 얻을 수 있다. 그러나 국내에서는 외국의 Terry collection (Washington D.C.)^{8,12}이나 Hamann-Todd collection(Cleveland, Ohio)¹²과 같이 연구의 대상이 되는 두개골의 충분한 수를 보관하고 있는 곳이 많지 않고, 또한 있다 하더라도 연구를 위해 필요한 두개골의 개인자료가 체계적으로 갖추어져 있는 곳이 흔하지 않은 실정이다. 이러한 여건이 국내에서 현재까지 두개골 봉합과 연령과의 관계에 관한 연구가 시도되지 않았던 요인 중의 하나로 작용하지 않았나 사료되었다.

이상의 연구를 종합해 보았을 때, 본 연구의 결과 방법의 과학적인 개인식별에 있어서 보다 정확한 연령추정의 가능성을 제시하였다고 사료되며 향후 실제 감정에 있어서 유용한 참고자료가 될 수 있으리라 기대된다.

V. 결 론

연령의 증가에 따른 두개골 봉합의 유합 정도와 이들의 상관관계를 알아보고자, 연세대학교 의과대학 해부학교실에 보관되어 있는 두개골 중 연령이 정확하게 밝혀진 67구를 대상으로 4명의 검사자가 각각 독립적으로 두개골의 3대 봉합인 관상봉합, 시상봉합, 램다봉합의 유합 정도를 외측판에서 조사하였다. 각 봉합은 Frederic의 방법에 따라 총 16부위로 세분하였고, 유합 정도는 Broca-Ribbe의 방법에 따라 5단계로 구분한 후 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 검사자 4명간의 신뢰도는 모든 봉합 부위에서 집단간 상관계수 0.75 이상의 높은 일치율(평균 0.856)을 나타내어 봉합의 유합 정도를 판단하는데 있어서 검사자간의 주관적 차이는 발생하지 않았다.
2. 모든 봉합 부위에서 그 유합 정도는 연령의 증가에 따라 비례하여 증가하였다($p<0.01$). 각 봉합 부위별로 보았을 때는 시상봉합의 정부에서 상관도가 가장 높았으며(68.1%) 램다봉합의 우측 삼각부가 가장 낮았다(51.3%). 또한 시상봉합(60.0%), 관상봉합(57.7%), 램다봉합(55.7%) 순으로 연령과 상관관계를 가지고 있었으며 전체적으로 57.8%의 상관관계를 가지고 있었다($p<0.01$).
3. 연령대별 각 봉합 부위에 대한 유합 상태의 출현율은 30대 미만에서는 '0', 30대에서는 '0'과 '1', 40대에서는 '1'과 '2', 50대에서는 '2'의 유합 정도가 높게 나타났으며 높은 연령층으로 갈수록 유합 정도 '3'과 '4'의 빈도가 높게 나타나 두개골 봉합의 유합은 연령의 증가에 비례하여 증가되었다.
4. 각 봉합 부위의 유합 상태에 따른 평균 연령은 '1'의 유합 정도에서는 40대, '2'는 50대, '3'은 50~60대의 연령을 나타내었고 각각의 연령은 10세 이상의 편차를 나타내었다. 또한 같은 유합 상태에서 관상봉합 상의 연령이 시상봉합이나 램다봉합에 비해 높았으며 특히 관상봉합의 천문부와 복잡부에서 연령이 가장 높게 나타났다.
5. 모든 16 봉합 부위의 유합 정도에 따라 연령을 추정하는데 가장 적절하다고 판단되는 추정치를 산출하여, 봉합의 유합 정도에 따른 연령추정산출표($R^2=0.6944$, $p<0.01$)를 제시하였다.

이상의 결과를 종합해 보았을 때, 두개골 봉합의 유합 정도를 이용하여 연령을 추정하는 방법은 개인식

별을 위한 법의학적 감정에 있어서 충분히 활용 가능성이 있다고 사료되며, 향후 더 많은 표본을 대상으로 정밀하고 광범위하게 연구할 가치가 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Acsadi G. Y., Nemeskeri J. : History of human life span and mortality, 1970, Hungarian academic society, Budafest.
2. Baker R. K. : The relationship of cranial suture closure and age analyzed in a modern multi-racial sample of males and females. Thesis for the the Degree Master of Arts in Anthropology, California state University, Fullerton, 1984.
3. Bocquet A. J. P., Masset C. I. : Farewell to paleodemography, J. of Human Evolution, 11 : 321-333, 1982.
4. Brooks S. T. : Skeletal age at death : The reliability of cranial and public age indicators, Am. J. Physical Anthropology, 13 : 567-589, 1955.
5. Cobb W. M. : The age incidence of suture closure, Anat. Rec., 121 : 277, 1955.
6. Cohen M. M. Jr. : Sutural biology and the correlates of craniosynostosis, Am. J. Med. Genet., 47 : 581-616, 1993.
7. Dwight T. : The closure of the cranial sutures as a sign of age, Boston Med. and Surg. J., 122 : 389-392, 1890.
8. Galera V., Ubelaker D. H., Hayek L. C. : Comparison of macroscopic cranial methods of age estimation applied to skeletons from the Terry Collection, J Forensic Sci., 43(5) : 933-939, 1998.
9. Gustafson G. : Age determination on teeth, J. Am. Dent. Assoc., 41 : 45-54, 1950.
10. Helfman P. M., Bada J. L. : Aspartic acid racemization in dentin as a measure of aging, Nature, 262 : 279-281, 1976.
11. Herring S. W. : A biometric study of suture fusion and skull growth in peccaries, Anat. Embryol., 146 : 167-180, 1974.
12. Hershkovitz I., Latimer B., Dutour O., et al. : Why do we fail in aging the skull from the sagittal suture, American J. of physical anthropology, 103 : 393-399, 1997.
13. Hrdlicka A. : Anthropometry. 1920, Wistar, Philadelphia.
14. Johanson G. : Age determinations in human teeth, Odontologisk Revy, 22 : 40-126, 1971.
15. Key C. A., Aiello L. C., Molleson T. : Cranial suture closure and its implications for age estimation, Int. J. Osteoarchaeol, 4 : 193-207, 1994.
16. Koizumi K. : The estimation of age from the cranial sutures by means of multivariate analysis methods, J. Anthropol. soc. Nippon, 90 : 109-118, 1982.
17. Krogman W. M. : The human skeleton in forensic medicine. 1962, pp. 18-111, C. C. Thomas, Springfield.
18. Lovejoy C. O. : Dental wear in the libben population. : Its functional pattern and role in the determination of adult skeletal age at death, Am. J. Phys. Anthropol., 68 : 47-56, 1985.
19. Lovejoy C. O., Meindle R. S., Mensforth R. P., Barton T. J. : Multifactorial determination of skeletal age at death : A method and blind tests of its accuracy, Am. J. Phys. Anthropol., 68 : 1-14, 1985.
20. Mann R. W., Symes S. A., Bass W. A. : Maxillary sutures obliteration : Aging the human skeleton based on intact or fragmentary maxilla, J. Forensic Sci., 32 : 148-157, 1989.
21. Martin R. B., Pickett J. C., Zinaich S. : Studies of skeletal remodeling in aging men, Clin. Orthop. Relat. Res., 149 : 268-282, 1980.
22. Mckern, S. W., Stewart, T. D. : Skeletal age changes in young American males. : Analysed from the standpoint of age identification. Natick, Mass. Headquarters Q.M. RES. and Dev. Command, Tech. Rep., EP-45, 1957.
23. Meindle R. S., Lovejoy C. O. : Ectocranial suture closure : A revised method for the determination of skeletal age at death based on the lateral-anterior suture, American J. of physical anthropology, 68 : 57-66, 1985.
24. Montagu M. F. A. : Aging of skull, Am. J. Phys. Anthropol., 23 : 355-375, 1938.
25. Parson F. G., Box C. R. : The relation of the suture to age, J. Roy. Anthropol. Inst., 35 : 30-38, 1905.
26. Perizonius W. R. K. : Closing and non-closing sutures in 256 crania of known age and sex from Amsterdam, J. of human evolution, 13 : 201-216, 1984.
27. Simpson K. : Taylor's Principles and medical jurisprudence. 1965, I. & A. Churchill Ltd, London.
28. Singer R. : Estimation of age from cranial suture closure, J. Foren. Med., 1 : 52-59, 1953.
29. Stewart T. D. : Essentials of forensic anthropology. 1979, pp. 128-189, C. C. Thomas, Springfield.
30. Stout S., Simmons D. J. : Use of histology in ancient bone research, Year book of Physical Anthropol., 22 : 28-249, 1979.

31. Todd T. W., Lyon Jr. D.W. : Endocranial suture closure. Part I. Adult males of white stock, *Am. J. Phys. Anthropol.*, 7 : 325-384, 1924.
32. Todd T. W., Lyon Jr. D.W. : Cranial suture closure. Part II. Ectocranial suture closure in adult males of white stock, *Am. J. Phys. Anthropol.*, 8 : 23-43, 1925a.
33. Todd T. W., Lyon Jr. D.W. : Cranial suture closure. Part III. Endocranial suture closure in adult males of negro stock, *Am. J. Phys. Anthropol.*, 8 : 44-71, 1925b.
34. Todd T. W., Lyon Jr. D.W. : suture closure. Part IV. Ectocranial suture closure in adult males of negro stock, *Am. J. Phys. Anthropol.*, 8 : 149-168, 1925c.
35. Workshop of European Anthropologists : Recommendations for age and sex diagnosis of skeletons, *J. of human evolution*, 9 : 517-549, 1980.
36. Zanolli V. : Studio sulla oblitterazione deele suture craniche, *Atti Soc. Rom. Anthropol.*, 14 : 13-44, 1908.
37. 岡田幹夫 : 關東地方日本人の頭蓋縫合の年齡的變化, *慈惠醫大誌*, 77 : 112-167, 1961.
38. 瀨田季茂, 吉野峰生 : 白骨死體の鑑定, 1990, pp. 181-205, 令文社, 東京.
39. 本田盛正 : 北陸日本人頭蓋縫合調査 : 癒着の順序並びに時期, *金沢醫科大學解剖學教室業績集*, 23 : 1-15, 1936.
40. 小片重男, 中川重明, 元山清臣 : 日本人頭蓋縫合と年齡との關係, *日法醫誌*, 13 : 336, 1957.
41. 神山二郎 : 北支那人頭蓋骨の人類學的研究 : 8. 頭蓋縫合の癒着について. *慈惠醫大解剖學教室業績集*, 19 : 1-27, 1958.
42. 細谷一雄 : 九州日本人頭蓋縫合癒着に關する研究, *熊本大學醫學部解剖學教室業績集*, 26 : 1-77, 1955.
43. 長谷部言人 : 日本人頭蓋縫合調査 (その1) 癒着の順序並びに時間, *京都醫學雜誌*, 5 : 93-116, 1908.
44. 竹井哲司 : 齒の咬耗による年齡の推定, *日法醫誌*, 4(1) : 4-17, 1970.
45. 佐久間五三男 : 頭蓋縫合癒着の研究 : 特に加齡的變化について, *齒科學報*, 56 : 378-386, 1956.
46. 山本勝一 著, 김종열, 윤창륙 역 : 법의치과학. 1995, pp. 151-177, 이우문화사, 서울.
47. 강기선, 김명희, 이동명, 이한기, 정영태 : 인체 해부학. 3판, 2000, pp. 31-54, 고문사, 서울.
48. 고정식, 김순옥, 김원식, 김재봉, 김진국, 박경호, 백선용, 안의태, 양영철 : 인체해부학. 2000, pp. 32-43, 80-81, 정문각, 서울.
49. 광경환 : 다변량 해석 기법을 활용한 치아 교모도에 의한 연령추정, 박사학위 논문. 연세대학교 대학원, 서울, 1992.
50. 김명국 : 구강 해부학. 7판, 2000, pp. 17-85, 고문사, 서울.
51. 김명국 : 머리 및 목 해부학. 1999, pp. 7-77, 의치학사, 서울.
52. 신제원, 류동목, 허원실 : 머리뼈 응용해부학. 1999, pp. 135-143, 158-167, 나래출판사, 서울.
53. 연세대학교 의과대학 예방의학교실 : SAS를 이용한 의학통계 자료분석.
54. 한승호 : 한국인 머리뼈에서 체질인류학적 표지점의 3차원적 분석, *The Journal of Catholic Medical College*, 48(4) : 1-14, 1995.

Corresponding Author : Jong-Hoon Choi, *Assistant Professor, Department of Oral Diagnosis & Oral Medicine, College of Dentistry, Yonsei University, 134 Shinchon-Dong, Seodaemun-Ku, Seoul 120-752, Korea*

-ABSTRACT-

The Closure Stage of Cranial Sutures in Correlation with Age

Hyoung-Joon Ahn¹, D.D.S., Kyoung-Jin Sin², D.D.S.,M.S.D.,
Jeong-Seung Kwon¹, D.D.S., Hyung-Joo Do¹, D.D.S.,
Jong-Hoon Choi¹, D.D.S.,M.S.D.,Ph.D., Chong-Youl Kim¹, D.D.S.,M.S.D.,Ph.D.

Dept. of Oral medicine, College of Dentistry, Yonsei University¹
Dept. of Forensic Medicine, College of Medicine, Yonsei University²

In order to study the closure stage of cranial sutures and its correlations with age, the ectocranial closure stage of coronal suture, sagittal suture, and lambdoidal suture of 67 skulls was measured. Among the skulls kept at the department of anatomy, college of medicine, Yonsei University, the ones with ages identified were used for this study. These measurements of suture closure were conducted by 4 examiners independently. The sutures were further divided by Frederic's method into 16 suture parts. The closure stages were classified by five stages of Broca-Ribbe. The following results were obtained:

1. The inter-observer reliability among 4 examiners showed high intraclass correlation coefficient of over 0.75(mean : 0.856) in all suture parts. Therefore, the determination of closure stage wasn't influenced by the subjective view of each examiner.
2. In all suture parts, the closure stage increased proportionally with age.($p<0.01$) In terms of each suture part, the S2 part of sagittal suture showed the highest correlation(68.1%) while the L1-R part of lambdoidal suture showed the lowest correlation(51.3%). In addition, in terms of suture types, the correlation with age decreased in the order of sagittal suture(60.0%), coronal suture(57.7%), and lambdoidal suture (55.7%). In general, the average value of suture closure stages had 57.8% correlation with age($p<0.01$).
3. The most frequent suture closure stage according to age group was '0' for ages below 30, '0' and '1' for ages within the 30's, '1' and '2' for ages within the 40's, and '2' for ages within the 50's. With older age groups, the frequency of '3' and '4' increased, and the suture closure stage increased proportionally with age.
4. The mean age by closure stage of each suture were within the 40's for the closure stage of '1', within the 50's for the closure stage of '2', and from 50's through 60's for the closure stage of '3'. The standard deviation was over 10 for all closure stages. In addition, at the same suture closure stage, the mean age according to the coronal suture was higher than the ages according to the sagittal suture or lambdoidal suture. Especially, C1-R, C1-L, C2-R, and C2-L parts showed the highest age when at the same suture closure stage.
5. The values appropriate for age estimations using suture closure stages of 16 suture parts were calculated, and a calculator for age estimation ($R^2=0.6944$, $p<0.01$) by ectocranial suture closure stage for Koreans is presented.

From the above results, the method of using the closure stage of sutures of the skull to estimate age can be useful in individual identification of forensic science. Further extensive and accurate research using larger samples would be worthy of study.

Key words : skull, sagittal suture, coronal suture, lambdoidal suture, closure stage, age estimation