

## 자돈 축추골 몸통의 골화에 관한 조직학적 연구

안동춘 · 김인식 · 양홍현 · 백영기

전북대학교 수의과대학 수의해부학교실

(1994년 10월 4일 접수)

### The histological study on ossification of the body of the piglet axis

Dong-choon Ahn, In-shik Kim, Hong-hyun Yang, Young-ki Paik

Department of Veterinary Anatomy, College of Veterinary Medicine,  
Chonbuk National University

(Received Oct 4, 1994)

**Abstract :** The histological and histochemical study of the axis body of piglet was performed in order to clarify the ossification process. These experimental animals collected from after birth to 52 days were used for this study.

The results were summarized as follows;

1. The epiphysis, the intercentrum 2 and the centrum of proatlas were appeared in the axis body and dens of piglet after birth.
2. In 39 days of age piglet, the ossification of the intercentrum 2 was first observed but the epiphysis was already initiated. The centrum of proatlas was observed cranioventral part of the dens of the 52 days piglet axis.
3. The notochordal remnants revealed distinctively in the part between the centrum 1 and the centrum 2, in the apical cartilaginous tissue of dens and in the caudal cartilaginous part of body of axis.
4. Intramembranous ossification occurred in the adjacent area of perichondrium of centrum 2. These ossified trabeculae show the woven bone configuration.

**Key words :** piglet, axis, postnatal ossification, ossification center, histological study

## 서 론

경추골의 초기 발생에 관한 연구는 일찌기 Bardeen<sup>2</sup>이 사람 태자를 대상으로 보고한 이래, 여러 연구자에 의해 후두환추축추골 또는 환추축추골에 관한 연구가 이루어진 바 있으나 대부분 골화중심 출현을 일부 살펴본 것이며<sup>1,3,5,11,14,17,19,21,27</sup>, 환추축추골 부위의 골화에 관한 연구는 드물다<sup>10,20,25,26</sup>. 축추골을 이루는 골화중심은 한 쌍의

neural arch와 몸통골화중심 2(centrum 2), 뼈끝골화중심(epiphysis), 몸통사이골화중심 2(intercentrum 2), 그리고 환추골로부터 유래된 몸통골화중심 1(centrum 1)과 치아돌기에 있는 proatlas를 나타내는 골화중심(centrum of proatlas)등이다<sup>23,25</sup>. 그리고, 몸통사이골화중심 2의 모양은 동물에 따라 다양하다고 보고되어 있다<sup>24</sup>.

축추골 골화는 다른 척추골 골화와 더불어 태생기 때 주로 이루어지나 출생 후에도 오랜기간에 걸쳐 진행되

는 것으로 알려져 있다. 이에 관한 연구는 사람<sup>1,3,19,20</sup>, 고양이<sup>5</sup>, 돼지<sup>11</sup>, 생쥐<sup>14</sup> 및 흰쥐<sup>21</sup>의 태자를 대상으로 연구되었고, 태자기와 출생후에 이르는 기간에 걸쳐서는 개<sup>23,25</sup>, 소<sup>17</sup>에서, 그리고 출생후의 골화에 관하여는 개에서 연구된 바 있다<sup>10,26</sup>.

이러한 연구에는 주로 alizarin red 염색과 은(silver)을 침적시킨 후 방사선을 이용하는 방법 및 조직학적 방법을 이용하고 있다. Alizarin red 염색과 방사선학적 방법을 적용하여 골화중심을 관찰하면 골갓(bony collar)형성 시점을 확인할 수 있지만 연골속골화 시작시기를 밝히기는 어렵다. 그러므로, 골격발달 단계에서는 조직학적 방법이 필수적인 것으로 알려져 있다<sup>18</sup>.

출생후 돼지의 골화에 관한 연구는 방사선학적 방법으로 이차골화중심의 출현을 살펴본 바 있으나<sup>27</sup>, 축추골의 골화에 관한 조직학적 연구보고는 찾아 볼 수 없다. 따라서, 축추골에 대한 생후 골화 과정과 그 양상을 관찰함으로써 다른 가축의 골화과정과 비교하고 환추축추골관절의 각종 질환 및 기형을 이해하는데 필요한 생물학적 기초자료가 될 수 있으리라 사료되어 본 연구를 시도하였다.

## 재료 및 방법

**실험 재료 :** 요크셔(Yorkshire), 듀록(Duroc), 렌드레이스×요크셔(LXY) 및 요크셔×렌드레이스(Y×L)종의 돼지(*Sus scrofa*, 미원농장(주))를 암, 수 구분없이 실험에 사용하였다. 외관상 건강하고 부검조건상 만성 질환 병변이 없는 어린 돼지를 택하여 출생직후부터 5일 간격으로 30일령까지 7마리와, 그리고 39일령 및 52일령의 돼지 등, 총 9마리에서 축추골을 분리해 낸 다음 10% 중성 formalin액에 고정하였다.

**실험 방법 :** 고정된 축추골을 Schmidt액<sup>12</sup>에 넣어 일주일간 탈회하였다. 그 후 축추골몸통을 시상절단하고, 일반적인 조직절편 제작방법에 따라 파라핀에 포매하여 5-6 $\mu$ m 두께로 연속절편을 제작하고 다음과 같은 염색을 실시하여 관찰하였다.

**일반 조직학적 관찰 :** 일반적인 조직변화는 Hematoxylin-Eosin(이하 H-E) 염색을 실시하고 광학현미경 하에서 관찰하였다. 골화중심의 형태학적 관찰을 위해서는 H-E 염색을 실시한 후 광학현미경하에서 20배로 부분연속촬영하여 모자이크 사진을 제작하였다. 그리고, 김<sup>29</sup>의 방법에 따라 모자이크 사진위에 투명지를 놓고 골형태의 모사도를 작성한 후 축소 복사하였다.

**조직화학적 관찰**

**Toluidine blue 염색 :** 골화과정에 있어서 골화중심 출현시기와 연골기질의 형성을 알아보기 위하여 조직절편을 Lillie<sup>16</sup>의 방법에 따라 toluidine blue 염색을 실시하고 광학현미경하에서 관찰하였다.

**van Gieson 염색 :** 골화과정에 있어서 골아교섬유 출현과 뼈기질 형성 정도를 알아보기 위하여 조직절편을 Wade<sup>22</sup>의 방법에 따라 van Gieson 염색을 실시하고 광학현미경하에서 관찰하였다.

## 결 과

**일반 조직학적 관찰 :** 출생직후 돼지 축추골 몸통의 골화중심은 2개로 몸통골화중심 1과 몸통골화중심 2가 관찰되었다. 몸통골화중심 1의 형상은 발톱모양이었고 몸통골화중심 2는 사다리꼴이었으며 몸통골화중심 2의 면적이 몸통골화중심 1의 면적보다 넓게 나타났다. 치아돌기(dens) 배쪽, 몸통골화중심 1과 몸통골화중심 2 사이, 그리고 몸통골화중심 2 뒤쪽을 가로질러 지나는 척삭[등줄]의 잔존물이 관찰되었다. 이 구조의 연장선은 치아돌기에서 몸통골화중심 1로 진행하면서 비스듬히 아래를 향하였고 몸통골화중심 1의 중앙부위를 지나 점차 위쪽으로 향하였다(Fig 1).

본 실험에 사용된 5일령에서 39일령까지의 축추골에서 몸통골화중심 1과 몸통골화중심 2의 형태는 출생직후에서 관찰된 형태와 같았다. 뼈끝골화중심은 전체적인 골화중심의 모습을 갖추지 않았으며 몸통사이골화중심 2의 출현부위에서는 잘 발달된 뼈지주를 갖춘 골화중심이 관찰되지 않았다. 또한 proatlas 골화중심은 관찰할 수 없었다.

52일령 축추골 몸통에서는 몸통골화중심 1과 몸통골화중심 2 사이에 앞쪽과 뒤쪽으로 나누어 볼 수 있는 몸통사이골화중심 2가 뚜렷이 관찰되었고 몸통골화중심 2 뒤쪽에는 등쪽이 넓은 비스듬한 판모양의 뼈끝골화중심이 뚜렷이 관찰되었다. 치아돌기의 앞배쪽(cranioventral)에서 proatlas 골화중심이 시작되는 부위를 확인할 수 있었으며 골화중심들은 융합되어 있지 않았다(Fig 2).

몸통을 가로지르는 척삭의 잔존물이 출생직후 돼지 축추골에서 몸통골화중심 중앙부위까지 뻗어 있었고(Fig 3), 이후 점차 짧아져 관찰되었다. 축추골 몸통은 척삭의 잔존물이 남아 있는 시상면에서는 몸통골화중심 1과 몸통골화중심 2 사이가 분절적인 양상을 보였으며 정중시상단면에서 외측으로 갈수록 분절양상은 보이지 않았다.

연골조직과 몸통골화중심 1의 일부가 치아돌기를 이루고 있었고, 52일령에서는 치아돌기 앞배쪽에 proatlas 골화중심의 출현부위임을 확인할 수 있는 골수강이 처음 관찰되었다.

몸통골화중심 1과 몸통골화중심 2 사이의 연골조직과, 몸통골화중심 2 뒤쪽의 연골조직에서 연골세포의 증식상은 20일령의 어린 돼지부터 출현하였다. 39일령에서 몸통골화중심 1과 몸통골화중심 2 사이의 연골조직내에 골수강이 관찰되어, 몸통사이골화중심 2의 출현을 확인할 수 있었다. 몸통골화중심 2 뒤쪽의 연골조직내에서는 이보다 잘 발달된 골화중심이 뚜렷하게 관찰되어 뼈끝골화중심의 골화가 이미 시작되었음을 알 수 있었다. 이 두 부위의 연골조직내에 형성되는 골화중심은 배쪽보다 등쪽에서 발달하여 출현하였다. 52일령에서 몸통사이골화중심 2는 등쪽과 배쪽 중간에 연골조직이 남아 있어 몸통골화중심 1에 인접한 앞쪽과 몸통골화중심 2에 인접한 뒤쪽으로 나누어 볼 수 있었고, 뼈끝골화중심은 등쪽이 넓은 비스듬한 판모양이었다.

몸통골화중심 1의 둘레를 따라서 잘 발달된 연골세포 기둥(column of chondrocytes)이 형성되었고, 이는 막성뼈발생이 나타나는 등쪽일부와 배쪽일부를 제외한 몸통골화중심 2의 앞쪽부위 및 뒤쪽부위에서 관찰되었다. 그러나 잘 발달된 연골세포기둥 없이 일어나는 연골속골화는 몸통사이골화중심 2와 뼈끝골화중심, 그리고 proatlas 골화중심 출현부위에서 나타나, 연골속골화양상이 다르게 관찰되었다. 몸통골화중심 2 등쪽일부와 배쪽일부에서 막성뼈발생이 뚜렷하였고(Fig 4a, b), 그외 다른 부위의 막성뼈발생은 52일령 몸통골화중심 1의 등쪽에서 뚜렷하였다. 이러한 막성뼈발생 양상은 골기를 이루어 나타나기보다 골외막으로부터 직접 뼈지주가 발달된 해면뼈(woven bone) 양상으로 관찰되었다.

#### 조직화학적 관찰

Toluidine blue 염색 : 몸통골화중심 2의 등쪽일부와 배쪽일부에서는 toluidine blue에 양성반응을 보이는 연골조직 없이 골화가 진행되는 막성뼈발생을 확인할 수 있었다(Fig 5a). 39일령 몸통사이골화중심 2 출현부위에서는 toluidine blue에 양성반응을 보이는 연골조직 내에 골수강이 형성되었고, toluidine blue에 음성반응을 보인 조직도 일부 관찰되어 골화가 시작됨을 알 수 있었다. 52일령 돼지의 proatlas 골화중심 출현부위에서는 연골관 주위에 toluidine blue에 음성반응을 보인 조직이 일부 관찰되어 뼈기질과 뼈세포의 존재를 확인할 수 있었다(Fig 6a).

van Gieson 염색 : 몸통골화중심 2의 등쪽일부와 배쪽일부에서 붉게 염색되는 아교섬유와 뼈모세포주위에 끈기질이 관찰되어 막성뼈발생이 진행됨을 알 수 있었다(Fig 5b). 39일령 몸통사이골화중심 2 부위에 있는 연골관(cartilage canal) 주위조직에서는 방사상으로 일부 미약한 양성반응을 보여 뼈기질이 침착되어 있음을 확인할 수 있었다. 52일령 돼지의 proatlas 골화중심 출현 부위에서는 잘 발달된 연골관과 골수강 주위에서 양성반응을 보이는 좁다란 구역이 관찰되었다(Fig 6b).

## 고 찰

척추골의 골화중심은 척추궁에 2개, 몸통골화중심과 양 뼈끝에 3개 등 모두 5개가 나타난다<sup>9</sup>. 그러나 포유가축에서 환추골과 척추골은 이와 달리 각각 3개와 7개의 골화중심이 출현하고<sup>25,26</sup>, 축추골몸통을 이루는 골화중심은 5개이다.

축추골 몸통을 이루는 골화중심의 위치는, 앞쪽에서부터 뒤쪽으로 proatlas 골화중심, 몸통골화중심 1, 몸통사이골화중심 2, 몸통골화중심 2 및 뼈끝골화중심 순이다. Proatlas 골화중심이 개에서는 치아돌기 끝에 나타나 치아돌기 1/4를 차지하고<sup>25,26</sup>, 고양이와 같은 몇몇 진수류(eutherians)에서는 크고 치아돌기의 절반을 차지하며, 돼지에서는 그 위치가 치아돌기 앞배쪽이다<sup>24</sup>. 본 연구에서는 이 골화중심의 출현위치가 Watson<sup>24</sup>이 돼지에서 관찰한 결과와 같이 치아돌기 앞배쪽이었음을 확인할 수 있었다. 그러나 골수강과 뼈기질 등이 일부만 형성되어 있어 전체적인 모양과 크기 등은 관찰할 수 없었으며 50일 이후 일령에서 관찰하여 보아야만 알 수 있을 것으로 추정된다.

축추골 치아돌기의 대부분과 몸통 일부를 이루는 몸통골화중심 1의 모양은 소형품종개 Miniature Schnauzers에서는 등근세모꼴이며 그 넓이는 몸통골화중심 중 가장 넓은 면적을 차지한다 하였고<sup>29</sup>, 주머니쥐(Virginia opossum)에서는 세모꼴이라 하였다<sup>13</sup>. 본 연구에서 몸통골화중심 1은 밤털모양이었으며 그 넓이는 몸통골화중심 2보다 비교적 작은 면적을 차지하고 있었다. 연구자에 따라서 몸통골화중심 1의 모양에 대한 기술이 일치하지 않을 수도 있지만 이는 proatlas 골화중심이 나타나기 이전의 모양이기 때문에 proatlas 골화중심이 나타난 이후의 모양은 달라질 것으로 생각된다.

몸통사이골화중심 2는 몸통골화중심 1과 몸통골화중심 2 사이에 개재하고 있으며, 그 모양은 말에서 나타나 는 것과 같은 비교적 큰 입방형에서부터 설치류에서 나

타나는 얇은 판모양(thin flat sheet)에 이르기까지 다양하다<sup>24</sup>. 소에서는 2개의 골화중심이 보이며<sup>24</sup>, 하등 포유동물류인 주머니쥐에서는 몸통사이골화중심 2 부위에 관절강이 형성된다고 보고하였다<sup>13</sup>. 본 연구에서 관찰한 몸통사이골화중심 2의 모양은 척삭이 남아 있었던 부위의 시상면에서 앞쪽과 뒤쪽으로 나누어 볼 수 있는 분절상으로서 다른 동물과 다른 모습을 나타내었다.

몸통골화중심 2는 개에서 척추골몸통의 거의 절반을 차지하며 몸통골화중심 1보다 작다고 하였으나<sup>29</sup>, 본 연구에서는 몸통골화중심 1보다 크며 등쪽이 좁은 사다리꼴이었다.

뼈끝골화중심은 등쪽이 더 넓은 비스듬한 판모양으로 개와는 다른 모습이며, 등쪽이 더 먼저 발달하는 까닭은 밝혀져 있지 않다.

지금까지 밝혀진 척추골 몸통골화중심의 출현시기는 동물에 따라 다양하다<sup>5,11,14,19,21,25,26</sup>. 그러나, 대부분의 동물에서 태자기에 몸통골화중심 2가 몸통골화중심 1보다 먼저 출현하고<sup>5,11,17,19,25,26</sup> 소에서는 몸통골화중심 1과 몸통골화중심 2 이외에 몸통사이골화중심 2(앞쪽뼈끝)와 뼈끝골화중심(뒤쪽뼈끝)이 태자기에 출현한다<sup>17</sup>. 개에서는 뼈끝골화중심, 몸통사이골화중심 2 및 proatlas 골화중심이 출생후에 출현하고<sup>25,26</sup>, 그 출현순서는 대개 몸통골화중심 2, 몸통골화중심 1, 뼈끝골화중심, 몸통사이골화중심 2, 그리고 proatlas 골화중심 순이다. 또한 돼지에서 몸통사이골화중심 2(앞쪽뼈끝) 및 뼈끝골화중심(뒤쪽뼈끝)이 출생후에 출현한다<sup>27</sup>. 본 연구에서도 척추골몸통을 이루는 뼈끝골화중심, 몸통사이골화중심 2, proatlas 골화중심 등의 골화중심들이 출생후에 출현함을 관찰하였다. 몸통사이골화중심 2와 뼈끝골화중심이 39일령 척추골에서 나타나고 뼈끝골화중심의 골화가 좀더 명확하므로 이 2개의 골화중심 출현시기는 비슷하나 뼈끝골화중심의 출현이 보다 빠를 것으로 생각된다. 그리고, 52일령 척추골에서 proatlas 골화중심 부위를 확인할 수 있었으므로 돼지 척추골 proatlas 골화중심은 대개 이 시기에 출현하리라 생각한다.

9종의 진수류(eutherians)에서는 둘째에서 일곱째 경추골에 척삭오목(notochordal fovea)이 있다는 보고가 있으나<sup>24</sup>, 대부분의 동물에서 발생기에 나타나는 척삭이 출생후에도 척추골 몸통골화중심에 남아 있다는 보고는 찾아볼 수 없다. 본 연구에서는 척삭이 출생후에도 완전히 퇴화되지 않고 연골조직에 남아 있으며, 길게 몸통골화중심 1과 몸통골화중심 2를 연결하고 있음을 관찰하였고, 높은 일령일수록 점점 짧게 관찰되었다. 갓태어난 돼지의 골격은 다른 대동물에 비해 미성숙하기 때문에<sup>27</sup> 척삭의 잔존물이 출생후에도 완전히

퇴화되지 않고 남아 있는 것으로 보인다. 척삭이 남아 있는 시상면에서 몸통골화중심 1과 몸통골화중심 2 사이의 연골조직과, 52일령에서 나타난 몸통사이골화중심 2가 분절상이었으나 외측면으로 갈수록 이러한 모습은 뚜렷하지 않았다. 한편 척삭은 척추골몸통이 분절상을 이루는데 관여한다는 Carlson<sup>6</sup>의 보고를 고려하여 볼 때 출생후에도 남아 있는 척삭의 잔존물은 아마도 이러한 몸통사이골화중심 2의 모양을 이루는데 역할을 할 것이라 생각된다. Watson et al<sup>25</sup>에 의하면 척추골의 골화는 연골속골화의 양상을 보이고, 연골세포 기둥이 잘 발달된 곳에서 일어나는 골화와 그렇지 않은 골화를 볼 수 있다고 하였으며, 연골세포의 기둥이 잘 발달된 곳에서 일어나는 연골속골화는 몸통골화중심 1과 몸통골화중심 2의 앞뒤쪽에서 볼 수 있고, proatlas 골화중심, 몸통사이골화중심 2 및 뼈끝골화중심에서는 이러한 양상을 나타내지 않았다고 하였는데 본 연구에서도 이들과 같은 결과를 보였다. 또한 다른 척추골의 뼈끝에서 일어나는 골화양상과, proatlas 골화중심과 몸통사이골화중심 2, 그리고 뼈끝골화중심에서 일어나는 골화의 양상은 비슷하였다.

몸통사이골화중심 2와 뼈끝골화중심에 관한 견해를 보면, Watson et al<sup>25</sup>은 척추골의 뼈끝골화중심이 환추축추골(atlas-axis complex)에서 나타나는 유일한 뼈끝골화중심이며, 몸통골화중심 1과 몸통골화중심 2 등에서 보이는 전형적인 연골성장구역(cartilage growth zone)은 골성장방법으로서 여겨야 하고 이 구역의 다른쪽면에서 일어나는 골화는 뼈끝골화중심을 의미하지 않는다고 하였다. 또 Cave<sup>7</sup>에 의하면 척추골몸통의 뼈끝은 어떠한 기원적구조(ancestral structure)와 상동인 것이 아니고 뼈성장에 필요한 구조에 지나지 않는 것으로 여겨야 한다고 하였다. 그러나 본래 환추골 몸통이었던 몸통골화중심 1이 몸통골화중심 2에 부가되어 척추골 몸통이 발달하며<sup>8,20</sup>, 척추골 뼈끝은 연골성 골몸통에 부가되어 독립적으로 골화한다는 주장도 있다<sup>28</sup>. 그리고, 하등 포유동물류인 주머니쥐에서 몸통사이골화중심 2 부위에 관절강이 형성되고 소에서는 2개의 골화중심이 나타나며 돼지에서는 몸통사이골화중심 2가 앞쪽과 뒤쪽으로 나누어 볼 수 있게 나타나고 골화의 양상이 다른 척추골 뼈끝과 유사하게 일어난다. 이러한 점들을 미루어 볼 때 몸통사이골화중심 2의 기원은 환추골로부터 유래된 몸통골화중심 1에 부가되어 독립적으로 골화가 될 뼈끝과, 척추골 고유의 몸통인 몸통골화중심 2 앞쪽에 부가되어 골화가 될 뼈끝이 합쳐진 결과라고 짐작할 수 있다.

몸통골화중심 2의 등쪽일부와 배쪽일부에서는 항상

막성뼈발생이 해면뼈 양상으로 관찰되었는데 이러한 양상은 긴뼈의 부가성장(additional growth)에서 나타나는 골깃모양과 달랐다. 몸통골화중심 2에서 막성뼈발생이 일어난 것은 몸통골화중심 2가 축추골 고유의 몸통이며<sup>8,13</sup> 척추골몸통의 성장은 긴 뼈의 성장과 유사하게 일어나기 때문으로<sup>4,15</sup> 생각된다. 막성뼈발생이 일어난 부위는 몸통골화중심 2를 둘러싸는 등쪽일부와 배쪽일부로 척추골몸통의 길이성장을 하는 몸통골화중심 2의 앞쪽과 뒤쪽, 그리고 척추궁의 골화중심과 연골로 이어진 부위를 제외한 부위였다. 52일령의 몸통골화중심 1에서도 등쪽일부에 막성뼈발생이 관찰되었으나 어린 돼지에서는 일어나지 않은 점으로 보아 이에 관한 연구는 보다 성숙한 돼지에서 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

## 결 론

돼지 축추골몸통의 출생후 골화과정을 알아보기 위하여 출생직후부터 52일령까지 자돈에서 축추골을 조직학적 및 조직화학적 방법으로 관찰하였던 바 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 출생후 돼지 축추골몸통에 출현하는 골화중심은 뼈끝, 몸통사이골화중심 2 및 proatlas 골화중심 등 이었다.
2. 39일령 축추골에서 몸통사이골화중심 2의 골화가 시작되었고 뼈끝은 이보다 먼저 진행되어 있음을 관찰하였다. 52일령에서는 proatlas 골화중심이 출현함을 관찰하였다.
3. 출생 직후 돼지 축추골의 척삭 잔존물은 치아돌기의 앞쪽연골, 몸통골화중심 1과 몸통골화중심 2 사이, 그리고 축추골몸통의 맨 뒤쪽 연골조직에 뚜렷하게 남아 있었다.
4. 막성뼈발생은 몸통골화중심 2의 등쪽일부와 배쪽일부에 존재하였고 해면뼈 양상이었다.

## Legends for figures

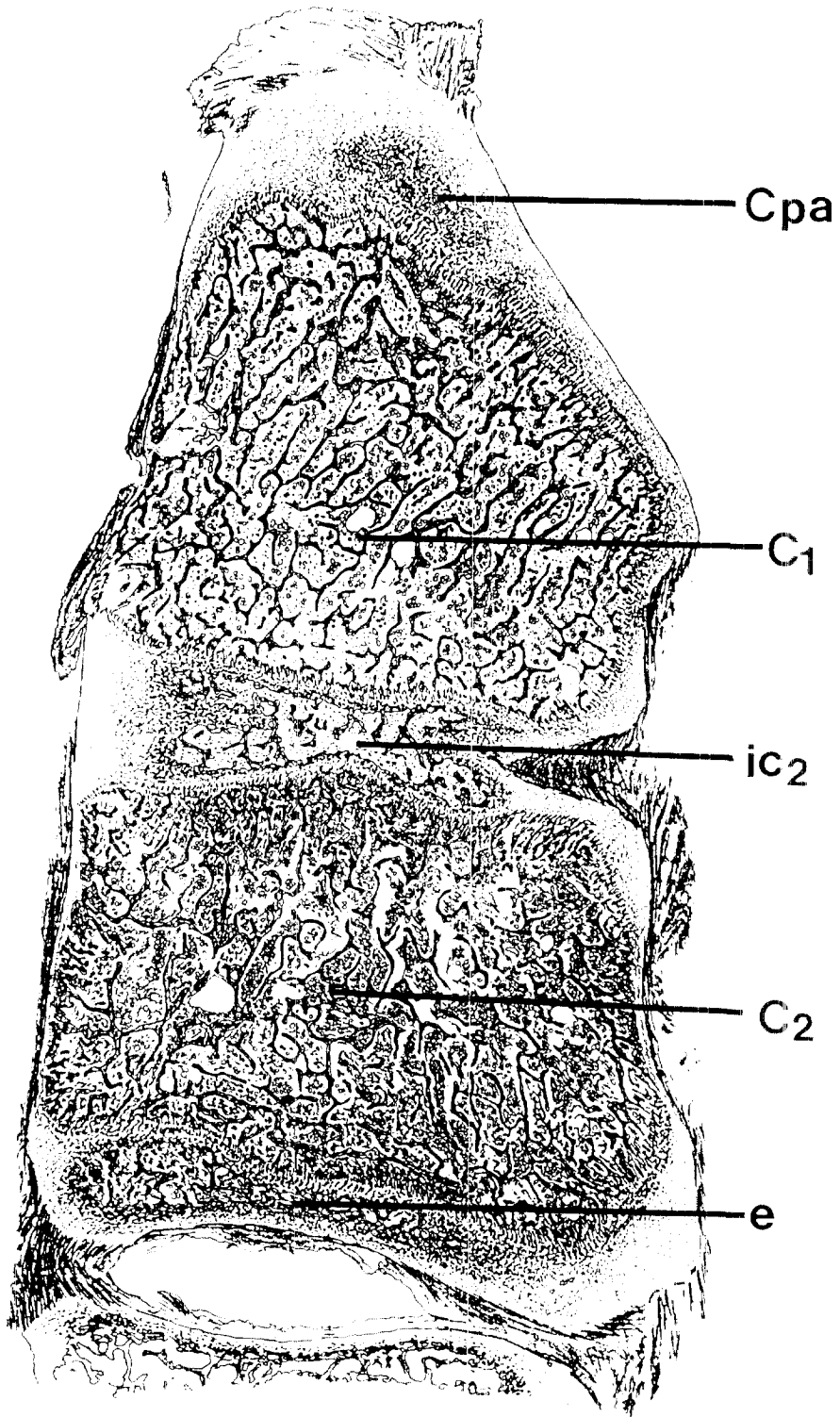
- Fig 1. The tracing drawing of the axis body of neonatal piglet. The cuttig-parallel line shows the course of notochordal remnants. C1; Centrum 1. C2; Centrum 2. N; Notochordal remnants. H-E stain,  $\times 14$ .
- Fig 2. The tracing drawing of the axis body of 52 days of age piglet. It shows the five ossification centers. Cpa; Centrum of proatlas. C1; Centrum 1. ic2; Intercentrum 2. C2; Centrum 2. e; Epiphysis. H-E stain,  $\times 7$ .
- Fig 3. In the neonatal piglet, notochordal remnants through the cartilaginous interstitial tissue of the centrum 1(left) and centrum 2(right). H-E stain,  $\times 20$ .
- Fig 4. Intramembranous ossification occur in the beneath area of the perichondrium of centrum 2. 4a; Dorsal parts. 4b; Ventral parts. 30 days of age piglet. H-E stain,  $\times 20$ .
- Fig 5. Intramembranous ossification occur in the adjacent area of centrum 2. Dorsal parts of 25 days of age piglet. 5a; Toluidine blue stain. 5b; van Gieson stain,  $\times 20$ .
- Fig 6. Centrum of proatlas was identified in the dens of axis of 52 days of age piglet. 6a; Toluidine blue stain. 6b; van Gieson stain,  $\times 20$ .

## 참 고 문 헌

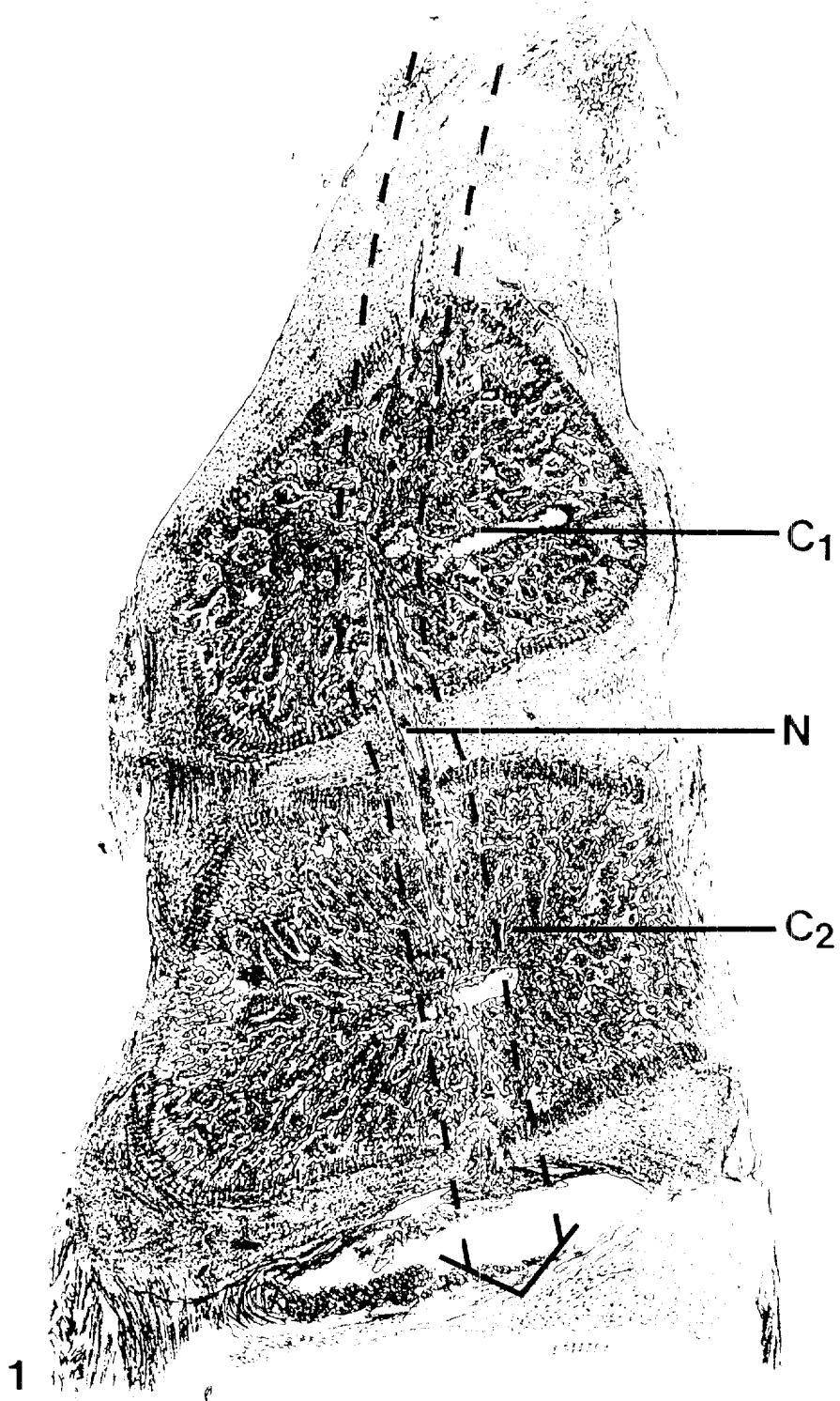
1. Bagnall KM, Harris PE, Jones PRM. A radiographic study of the human fetal spine. 2. The sequence of development of ossification centres in the vertebral colum. *J Anat* 1977; 124:

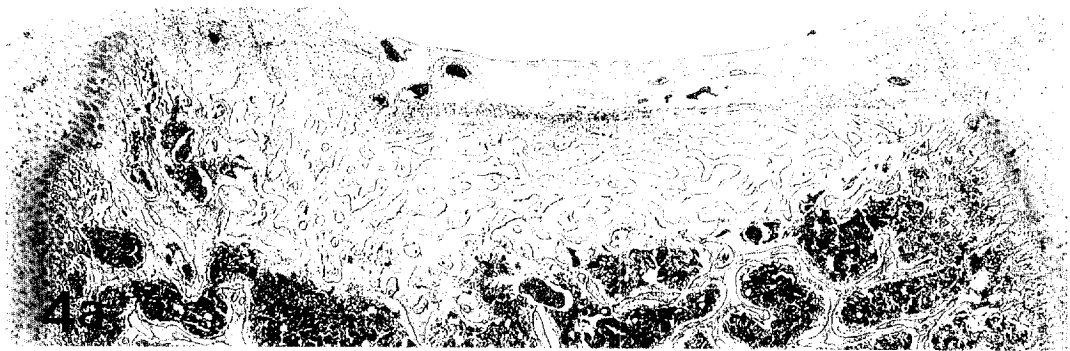
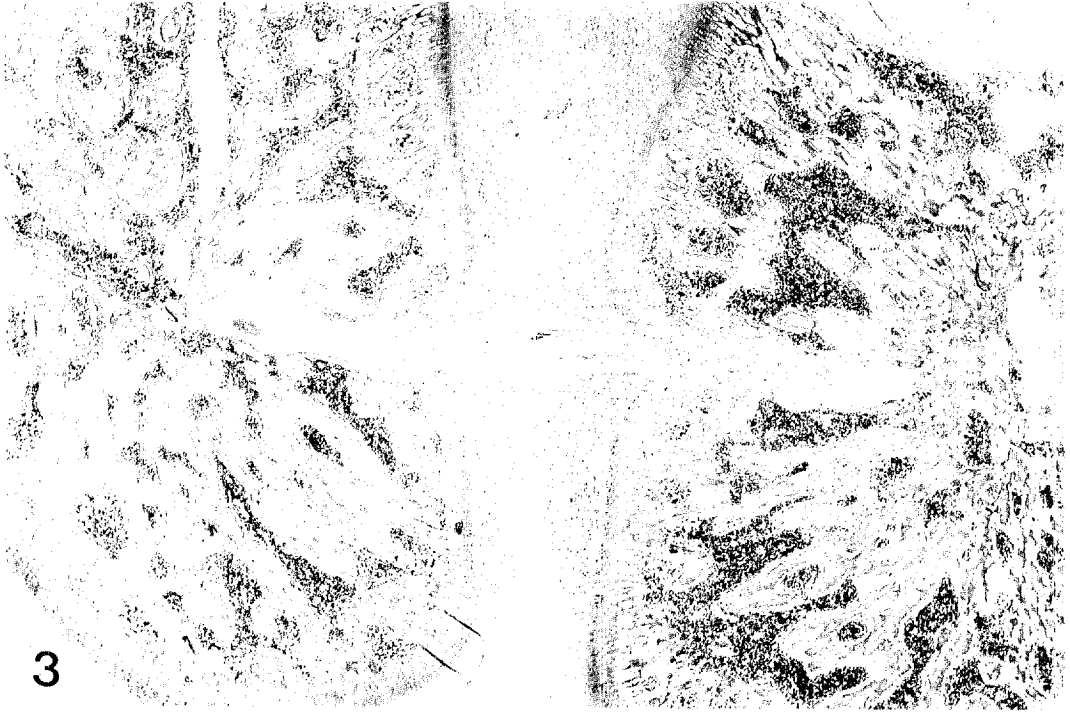
791-802.

2. Bardeen CR. Early development of the cervical vertebrae and the base of the occipital bone in man. *Am J Anat* 1908; 8: 181-186.
3. Bareggi R, Grill V, Sandrucci MA, et al. Developmental pathways of vertebral centra and

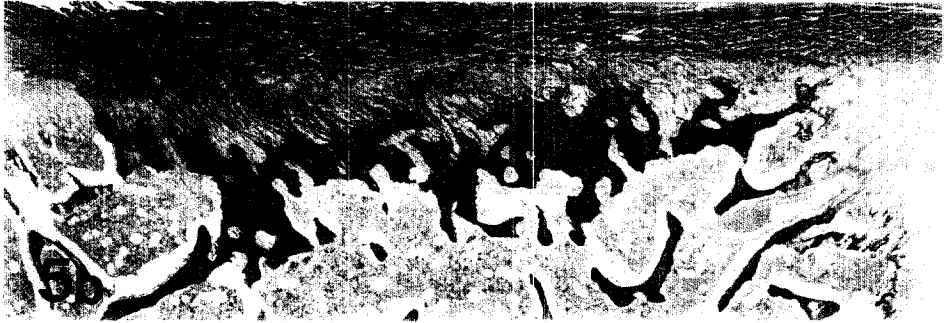
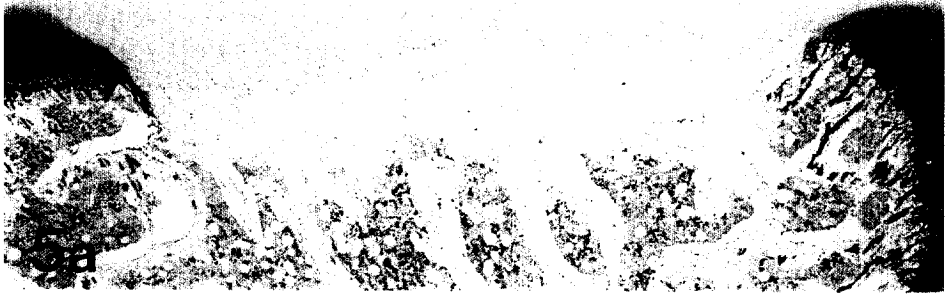


2

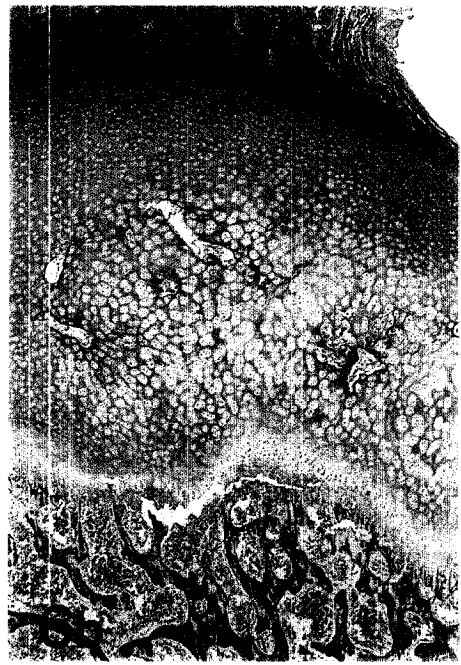








6a



- neural arches in human embryos and fetuses. *Anat Embryol* 1993; 187: 139-144.
4. Bick EM, Copel JW. Longitudinal growth of the human vertebra. *J Bone & Joint Surgery* 1950; 32(A): 803-814.
  5. Boyd JS. Studies on the appearance of the centres of ossification of the axial skeleton in the feline foetus. *Anat Hist Embryol* 1976;5: 193-205.
  6. Carlson BM. *Patten's foundations of embryology*. 4th ed, New York; McGraw-Hill Book Company, 1981;259-276.
  7. Cave AJE. On the vertebral epiphyses of mammalia. *Proc Zool Soc* 1934; 225-233.
  8. Evans HE. *Miller's anatomy of the dog*. 3rd ed, Philadelphia; WB Saunders Company. 1993; 71-76, 166-180.
  9. Getty R. *Sisson and Grossman's The anatomy of the domestic animals*. 5th ed, Philadelphia; WB Saunders Company. 1975; 19-33, 1216-1252.
  10. Hare WCD. Radiographic anatomy of the cervical region of the canine vertebral column. Part II. Developing vertebrae. *J Am Vet Med Associ* 1961; 139: 217-220.
  11. Hodges PC. Ossification in the fetal pig. *Anat Rec* 193;116: 315-325.
  12. Humason GL. *Animal tissue techniques*. 3rd ed, San Francisco; WH Freedman and Company. 1972; 32.
  13. Jenkins FA. The evolution and development of the dens of the mammalian axis. *Anat Rec* 1969; 164: 173-184.
  14. Johnson ML. The time and order of appearance of ossification centers in the albino mouse. *Am J Anat* 1933; 52:241-271.
  15. Larsen EH, Nordentoft EL. Growth of the epiphyses and vertebrae. *Acta Orthopaedica Scandinavica* 1962; 32: 210-217.
  16. Lillie RD. Toluidine blue method(cited from Humason GL. *Animal tissue techniques*. 3rd ed, San Francisco; WH Freedman and Company. 1972; 347-348.)
  17. Lindsay FEF. Observations on the loci of ossification in the prenatal and neonatal bovine skeleton. III. The vertebral column. *Brit Vet J* 1972; 128: 121-128.
  18. Meyer DB, O'Rahilly R. Multiple techniques in the study of the onset of prenatal ossification. *Anat Rec* 1958; 132: 181-193.
  19. Noback CR, Robertson GG. Sequences of appearance of ossification centers in the human skeleton during the first five prenatal months. *Am J Anat* 1951; 89: 1-28.
  20. O'Rahilly R, Müller F, Meyer DB. The human vertebral column at the end of the embryonic period proper 2. The occipitocervical region. *J Anat* 1983; 136: 181-195.
  21. Strong RM. The order, time, and rate of ossification of the albino rat(*Mus norvegicus albinus*) skeleton. *Am J Anat* 1925; 36: 313-355.
  22. Wade WH. van Gieson method(cited from Humason GL. *Animal tissue techniques*. 3rd ed, San Francisco; WH Freedman and Company. 1972; 388.)
  23. Watson AG, Evans HE. The development of the atlas-axis complex in the dog. *Anat Rec* 1976; 184: 558.
  24. Watson AG. The phylogeny and development of the occipito-atlas-axis complex in the dog. PhD. Thesis. Cornell University, Ithaca, NY(The parts related to ossification). 1981.
  25. Watson AG, Evans HE, de Lahunta A. Ossification of the atlas-axis complex in the Dogo. *Anat Histol Embryol* 1986; 15: 122-138.
  26. Watson AG, Stewart JS. Postnatal ossification centers of the atlas and axis in Miniature Schnauzers. *Am J Vet Res* 1990; 51: 264-268.
  27. Wenham G, Fowler VR, McDonald I. A radiographic study of skeletal growth and development in the pig. Temporal pattern of growth. *J Agric Sci Camb* 1973; 80: 125-133.
  28. Williams EE. Gadov's arcualia and the development of tetrapod vertebrae. *Quart Rev Biol* 1959; 34: 1-32.
  29. 김수명. 성장중인 소형개(*Miniature Schnauzers*)에 있어서 축추골의 골성장관에 대한 조직학적, 조직화학적 연구. *대한수의학회지* 1993; 33(2): 189-198.