

鶏脊髓の定量的研究

上原正人*・上嶋俊彦*

昭和54年7月13日受付

Quantitative Analysis of the Spinal Cord in the Domestic Fowl

Masato UEHARA* and Toshihiko UESHIMA*

1) The lengths, right to left and front to rear diameters and cross-sectioned areas of all the spinal cord segments of the domestic fowl were measured.

Also the form of the gray matter was observed in each segment.

2) The whole length of the spinal cord was 356.2 mm. The proportion of each region to the whole length was 52% in the cervical cord, 19% in the thoracic cord, 19% in the lumbosacral cord and 10% in the coccygeal cord.

3) The curves denoting the cross-sectional areas of the spinal cord and of the gray and white matter ran almost parallel.

The three areas were larger in the lumbar enlargement than in the cervical one, and were larger in the thoracic cord than in the cervical one.

4) The dorsal column was as a whole less developed, but only in the first and second segments was it well developed. Particularly at both enlargements, the relative size of the dorsal column was considerably less than that of the other segments.

The dorsal gray commissure was as a whole thick, especially in the thoracic and lower lumbo-sacral cords.

緒 言

脊髓各節の長さ、横断面での形、その全体、白質及び灰白質の面積は、脊髓節の位置による他に、動物種、年齢、体各部の比率等によって変化するとされている。

しかし、各種動物脊髓の各部ごとの計測的研究は比較的少ない。鳥類脊髓のこの種の研究としては、Stree-ter⁷⁾はダチョウで脊髓全長、各節長、各節毎の横断全面積、灰白質面積、側腹索及び背索面積、細胞構築等について、Lassek⁴⁾はハト脊髓各節の白質、灰白質及び全体の体積を測定した。時枝⁹⁾はニワトリとドバトで脊髓各節の横経、縦経、横断全面積、白質と灰白質の面積

を計測し、Goller²⁾はニワトリ脊髓各節の長さを計測した。

本研究では白色レグホン種ニワトリ脊髓の全長、各節の長さ、各節の横断面積、白質と灰白質面積、横経と縦経及び各節のおもに灰白質の形の変化を観察もしくは測定した。

材 料 と 方 法

材料には当教室で継代繁殖した白色レグホン種成鶏4例の脊髓を用いた。脊髓は脊柱ごと10%ホルマリン固定し、10%硝酸で脱灰後椎弓を除去し、各節長をノギスを用いて計測した。計測後脊髓を取出し、セロイジン包埋とした。ただし、尾髄は椎体に着けたままで包埋した。

* 鳥取大学農学部獣医学科家畜解剖学研究室

Department of Veterinary Science, Faculty of Agriculture, Tottori University

各神経根部及び各節中位の100 μ 横断切片を作製し、未染色でグリセリン封入し、それを投影機にて脊椎の太さにより20倍、50倍、100倍に拡大して印画紙に焼付け、写真から面積はプランメーターで、横経と縦経は物差で測定した。脊椎各節の横断像の観察には上記標本の他に、30 μ で薄切し、HE染色ないしはチオニン染色を施して合せ観察した。

結 果

脊椎の全長及び各節長はTable 1, Figs. 1, 2に示した。頸髄は15節あり、全長の51.9%と半分強を占めている。

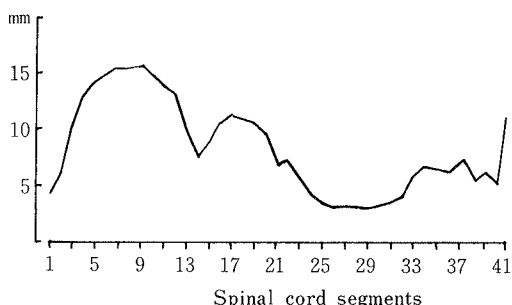


Fig.1 Curve showing the segment lengths.

る。胸髄は第16~22節までの7節で、全長の19.4%と $\frac{1}{2}$ 弱、腰仙髄は第23~36節までの14節あり、全長の18.7%と $\frac{1}{2}$ 弱を占める。尾髄は第37~41節までの5節で、全長の10.0%と $\frac{1}{5}$ を占めている。第41節は尾端骨中において、節長は尾端骨長にほぼ等しい。

脊椎節の長さの推移はFig. 1に示したように、中位頸髄の節長が最長で、第6~9節では各節とも15~16mmある。頸膨大部の節長は短くなり、最短節では中位頸髄の約半分になる。中位胸髄では再び節長は頸膨大部より長くなるが、中位頸髄にまでは至らない。下位胸髄から節長は徐々に短くなり、中位腰仙髄においては脊椎中最短となり、中位頸髄の約 $\frac{1}{2}$ になる。下位腰仙髄から尾髄では中位腰仙髄の約2倍の節長になり、最終節の第41節は中位胸髄程度に長くなる。

脊椎各節の横断全面積、白質と灰白質面積の推移を、Table 1とFig. 2に示した。Fig. 2の横軸には各面積の推移をより正確に表現するため、各節長に比例した間隔を採って各節を区分した。各面積の推移は平行的であり、両膨大の最大値、中位頸髄の最小値はいずれも同一節内にあった。

横断全面積についてみると、第1節は第1脊椎神経のレベルでは頸膨大部程度もあるが、第2節にかけて急激に縮小する。第4~10節までは節長の最も長い部

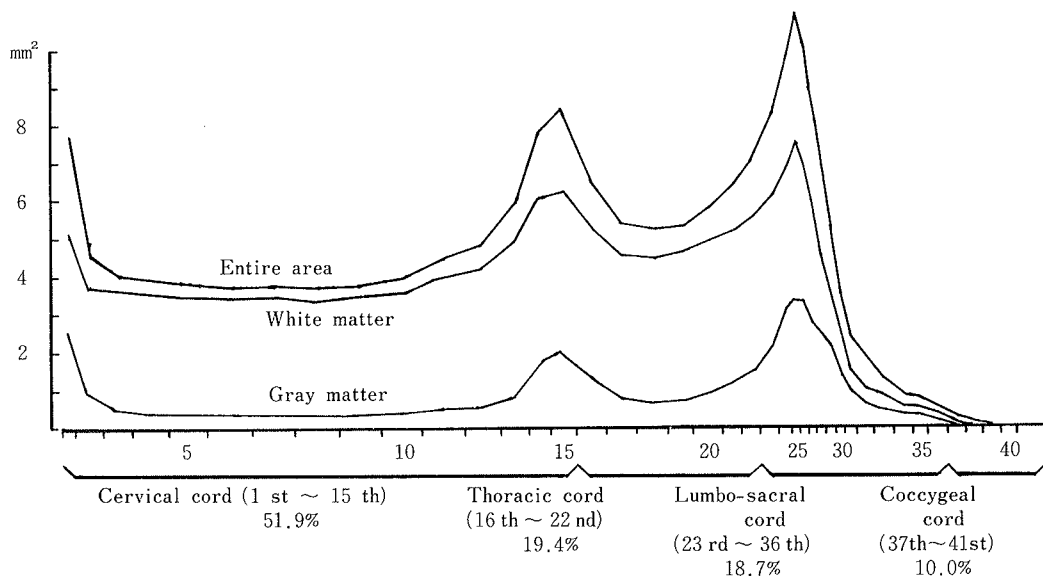


Fig. 2 Curves showing the cross-sectional areas of the gray matter, the white matter and the entire area in each segment of the spinal cord. Each segment is divided into the interval that is in proportion to the lengths of each segment.

Table 1 The length and the cross-sectional area of spinal segments, the percentage of white and gray matter in relation to entire area and the ratio of white matter area to gray matter area.

Segment	Length of cord(mm)				Ratio of white to entire(%)	Ratio of gray to entire(%)	Ratio of white to gray	
	Segmental length	Entire area	White matter	Gray matter				
1	4.8	7.76	5.21	2.56	67	33	2.0	
2	9.6	4.61	3.70	0.91	80	20	4.1	
3	10.7	4.16	3.70	0.46	89	11	8.0	
4	13.3	3.99	3.58	0.41	90	10	8.7	
5	14.5	3.87	3.50	0.36	90	10	9.7	
6	15.9	3.80	3.47	0.34	91	9	10.2	
7	15.7	3.80	3.48	0.33	92	8	10.5	
8	15.5	3.74	3.41	0.33	91	9	10.3	
9	15.8	3.83	3.48	0.36	91	9	9.7	
10	14.9	3.96	3.58	0.38	90	10	9.4	
11	13.9	4.45	3.99	0.46	90	10	7.2	
12	13.5	4.78	4.24	0.55	88	12	7.7	
13	10.2	Cervical cord 185.0	5.76	4.91	0.85	85	15	5.8
14	7.7	(51.9%)	7.83	6.05	1.75	78	22	3.5
15	9.0		8.35	6.34	2.00	76	24	3.2
16	10.8		6.54	5.28	1.26	81	19	4.2
17	11.3		5.42	4.64	0.79	86	14	5.9
18	11.2		5.20	4.52	0.67	87	13	6.7
19	11.2	Thoracic cord	5.35	4.63	0.73	86	14	6.3
20	9.8	69.0	5.85	4.94	0.90	84	16	5.5
21	7.4	(19.4%)	6.38	5.19	1.19	81	19	4.4
22	7.3		7.02	5.50	1.52	78	22	3.6
23	5.7		8.18	6.09	2.09	74	26	2.9
24	4.4		9.79	6.77	3.02	69	31	2.2
25	3.6		10.86	7.54	3.32	69	31	2.3
26	3.3		10.10	6.82	3.27	68	32	2.1
27	3.2		8.65	5.80	2.85	67	33	2.0
28	3.2		6.89	4.40	2.49	64	36	1.8
29	3.3		5.29	3.22	2.07	61	39	1.6
30	3.6		3.58	2.22	1.34	63	37	1.7
31	4.1		2.33	1.46	0.87	63	37	1.7
32	5.9		1.70	1.08	0.62	64	36	1.7
33	6.8	Lumbo-sacral cord	1.21	0.80	0.40	66	34	2.0
34	6.8	66.7	0.78	0.52	0.26	67	33	2.0
35	6.4	(18.7%)	0.72	0.46	0.26	64	36	1.8
36	6.4		0.47	0.30	0.17	64	36	1.8
37	7.2		0.23	0.15	0.08	65	35	1.9
38	5.7	Coccygeal cord	0.15	0.09	0.06	60	40	1.5
39	6.4	35.5	0.08	0.05	0.03	63	37	1.7
40	5.2	(10.0%)	0.03					
41	11.0		0.01					
Total	356.2							

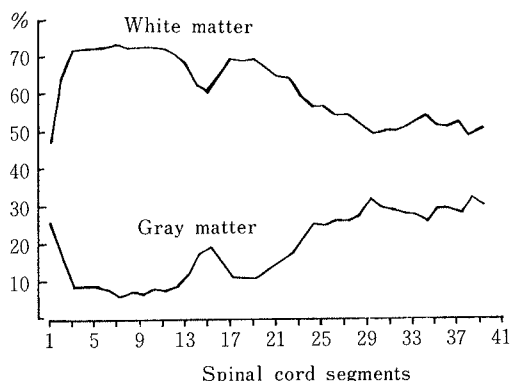


Fig. 3 Diagram of distribution of the white and gray matter in relation to the entire area.

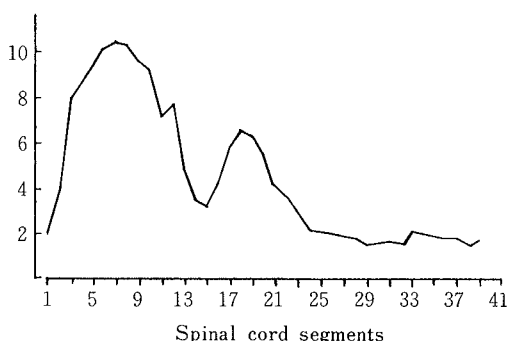


Fig. 4 Curve showing the proportion of white matter to gray matter.

が、横断面積は下位腰仙髓以下を除いては最低である。頸膨大の最大値は第15節にあり、これは頸髓最小値の2.2倍ある。中位胸髓は両膨大部に挟まれた領域で、頸髓最小値の1.4倍ある。腰膨大の最大値は第25節で、頸髓最小値の2.9倍、頸膨大最大値の1.3倍ある。この測定には glycogen bodyは含まれていない。glycogen bodyの横断面積における最大値は第27節にある。第25節から glycogen bodyを除いた脊髓は急激に横断面積を減じ、わずか13mm尾方の第30節では頸髓最小値を下回る。

白質と灰白質面積の推移は横断全面積の推移とほぼ平行的に増減する傾向をもつが、より詳細に検討するために白質及び灰白質面積の全面積に占める割合と灰白質面積の対白質面積比を求めたのがTable 1, Figs. 3, 4である。灰白質の全面積に占める割合をみてみると、第1節では著しく高い値を示すが、第3節まで急激に低下する。頸膨大に一致して再び高い値となり、最高約24%と

なる。中位胸髓でやや低い割合となるが、腰膨大形成につれて灰白質の割合は急増する。頸膨大において最も太い第15節が灰白質の割合も最高で、それより尾方では低下したが、腰膨大においては腰膨大最大部を過ぎても灰白質の割合は徐々に増加し、第29節では39%になる。

灰白質の対白質比をみると、中位頸髓の大きな山と中位胸髓の小さな山がある。頸膨大と腰膨大では頸膨大の方が高い値を示すが、両者とも比較的低い値であるのは両膨大の成立が主に灰白質の増大によっていることを示す。

脊髓各節の横断像 (Figs. 5, 6)

第1節は左右に扁平な楕円形をし、横経は縦経の約2倍ある。灰白質は全体として蝶の羽を思わせ、背角は大きく幅広い。先端は丸みをもっている。脊灰白交連も比較的広い。腹角は先端を腹方に向けた剣形をしている。網様体がよく発達している。

第2節になると脊髓は丸みを増し、横経は縦経の1.5倍になる。灰白質は相対的に小さくなるが、背角の形はまだ幅広く丸みを持っている。網様体はみられなくなる。

第3～10節では横経は縦経の約1.5倍あり、全体の面積等も著変なく、形もほぼ同じである。第3節では背角と腹角はほぼ同大となり、背角の先端は背方を向いて劣っている。第4節では背角が若干小さくなり、従って腹角より小さくなる。白質は全面積中大きな割合を占めるが特に側索が広い。背灰白交連は第6節前後が他よりやや広い。

第11節から頸膨大形成に与り、脊髓は太さを増し始める。第11節では腹角の幅が増して大きくなる。

第12節では腹角の幅は更に増し、かつその先端は先細とならず鈍となる。

第13節では背角は前節より形を変えずに大きくなるが、腹角はより幅を増すとともに側方へと伸び出す。第13節前後は背灰白交連の高さが尾髓を除いては最低となり、中位頸髓の約半分になる。

第14, 15節では腹角の側方への伸長は著しくなり、その先端は側方を向く。腹角の大型化の割には背角は大きくならず、著しい大きさの差が生じ、従って脊髓全体も扁平化して横経は縦経の約2倍となる。

第16節になると腹角は側方への伸長が減じ、第13節程度となる。

第17～19節は中位胸髓に当り、腹索が著しく広がることによって横経は縦経より僅かに上回る程度となりほぼ円形となる。中心管の位置も腹側から尾側の位置となり、腹索の拡大を裏づける。左右の背角の融合が進み、背索

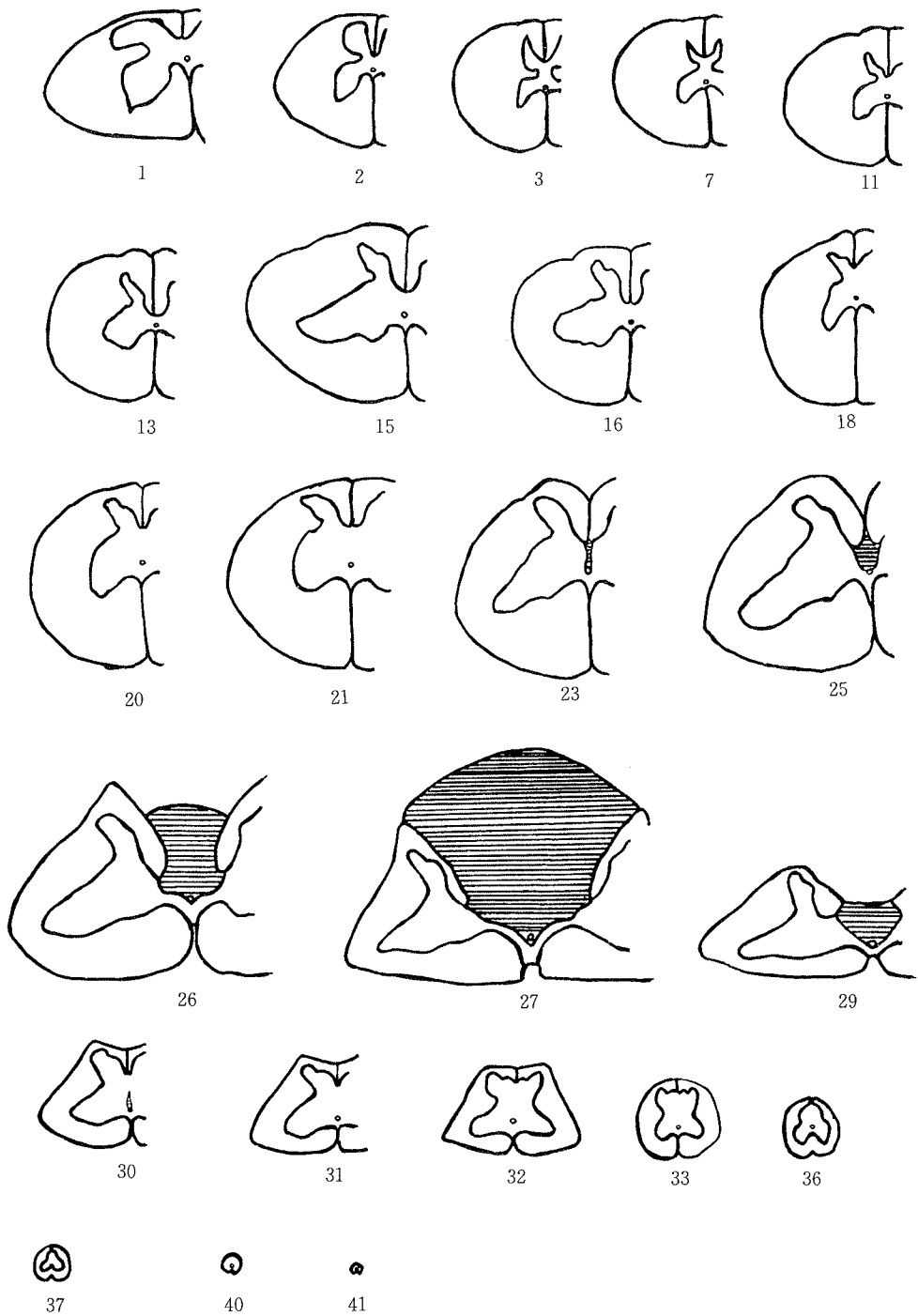


Fig. 5 Outlines of sections at the main level from the spinal cord of the domestic fowl.
In this figure the glyco-gen body are represented by stripe.

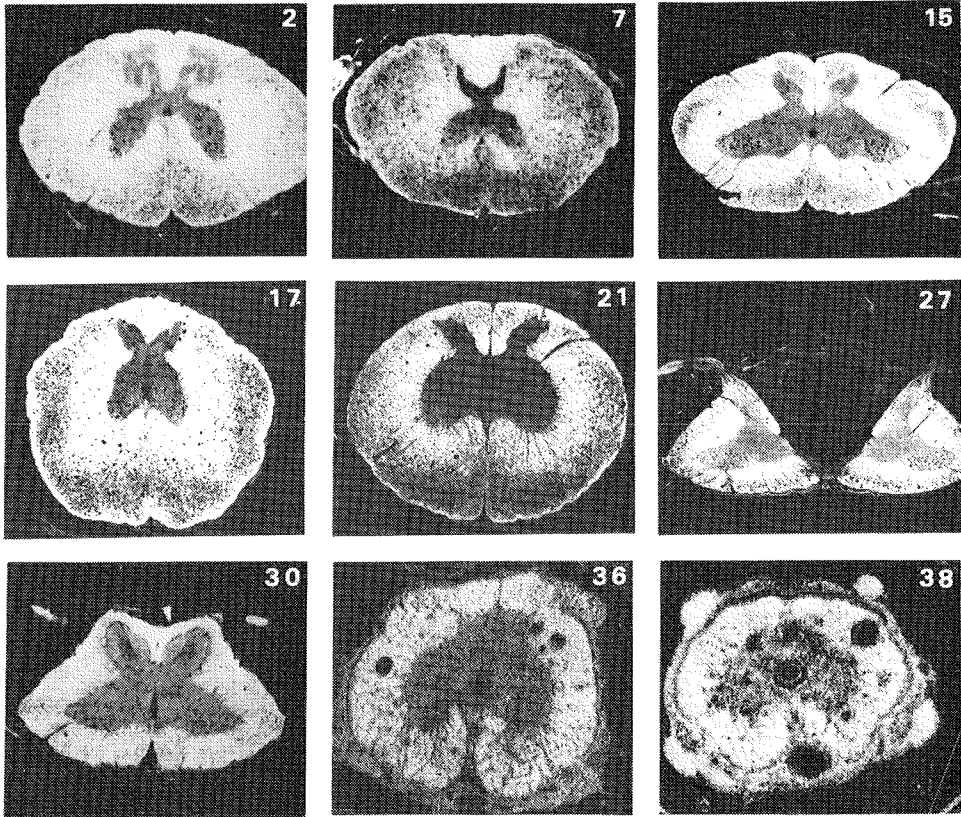


Fig. 6 Photomicrographs of the main spinal cord segments in domestic fowl.

The numbers (2, 7, 15 etc) refer to the number of the segment.

magnification . 2nd & 7 th segments $\times 13$,

15th segment $\times 7$, 17 th segment $\times 12$

21 st segment $\times 10$, 27 th segment $\times 7$,

30th segment $\times 12$, 36 th segment $\times 45$,

38 th segment $\times 70$.

は縮少するが、反面ほぼ第15節から徐々に拡大してきた背灰白交連はこれら節でひとつのピークとなる。腹角は著しく減少し、先端は腹方を向くようになるが、中位頸髓に比較すると幅はやや広く、先端も鈍である。

第20～22節は腰膨大形成へと徐々に太く成り、特に腹角は幅広くなる。頸膨大起始部に比較すると背灰白交連の高さが約2倍あるため灰白質の形はかなり異なる。

第23, 24節になると腹角はより大きくなり側方へと伸び出す。腹索もやや高さを減じ、従って脊髓全体は扁平化し、横経は縦経の約1.5倍となる。正中溝はやや楔状に広がり始める。中心管背側にglycogen bodyがかなり明瞭に認められだす。

第25節はglycogen bodyを除いた脊髓中最大部になる。腹角はより一層大きく側方へと伸び出す。背角は第20～22節と比較してほぼ同大のままである。正中溝はより深くなり、あるいは左右の背索は分離する。glycogen bodyはますます大きくなる。横経は縦経の約2倍となる。

第26節では中心管から背側の白質、灰白質は左右に分離し、間にglycogen bodyが入り込む。

第27節はglycogen bodyの最大部で扇状に背根部より更に背側まで盛り上る。中心管は腹側へと移動するが、なおglycogen bodyの組織中に遊離する。腹角は著しく小さくなり、glycogen bodyを除く全面積はかなり減少するが、脊髓の横経はglycogen bodyの存在のために減

少せず、かつ腹側面は平坦となる。

第29節では腹角はさらに小型化するが、その先端は側方を向いている。背角は前節に較べ同大もしくは若干大きく成る。glycogen bodyはさらに小さくなり、中心管は腹灰白交連に接するようになる。横経は縦経の3倍強ある。

第30～32節ではglycogen bodyはほとんど消失するが、全体像はまだ台形をしている。中心管は腹側によったままで、腹側約 $\frac{1}{2}$ の高さに位置する。腹角はますます小さくなり、背角とはほぼ同大となる。尾方に進むにつれ左右背角の融合が進み、第32節では完全に融合する。背灰白交連の高さは断面積では頸髄最小値以下であるにもかかわらず、脊髄中最高となる。横経は縦経の約1.7倍ある。

第33～35節において、脊髄断面の形はほぼ円形となり、腹角の先端も腹方を向く。腹角と背角はほぼ同大か背角が大きいく。

第36節から背角は著しく小型化し、第38～39節では認められなくなる。腹角も背角より若干尾方で認め難くなり、第39、40節では中心管周囲に少量の灰白質がある程度となる。第40、41節では中心管を中心としてその周囲に白質があり、尾方に向うに従い白質の量は減少する。

考 察

今回の我々の結果から、ニワトリでは脊髄全長に対して頸髄長約50%、胸髄及び腰仙髄長各に約20%、尾髄長10%であった。各節の横断全面積、白質及び灰白質面積はほぼ平行的に推移した。各面積とも腰膨大は頸膨大より、中位胸髄は中位頸髄より大きかった。

Streeter⁷⁾のダチョウ脊髄の研究によると脊髄全長に対して大略頸髄長43%、胸髄長19%、腰仙髄長29%、尾髄長9% (彼は各節長を測定し、それに基づいた脊髄の模式図を残しているが、各節長値は残していない。この比率は模式図からの推測である)であった。各節横断全面積の推移では、頸髄と中位胸髄最小値はほぼ同大であり、頸膨大は認められるが発達は悪く、最大部でも頸髄の約1.4倍に過ぎない。腰膨大は極めて発達がよく、頸髄の約3.7倍ある。ニワトリに比較して、頸膨大が未発達なのは翼がより一層退化しているためであろう。腰膨大は極めて発達がよく、かつ腰仙髄長の割合が高いことから断面積比以上によく発達していると言える。灰白質面積の全体に対する割合の推移では、ダチョウはニワトリより各領域とも低い。一般に体が大きくなるにつれて灰白質の割合が低下すると言われていたが、ダチョウとニワトリの場合も合致している。

Huber¹⁾のハト脊髄の研究によると脊髄全長に対して、頸髄長約50%、胸髄長及び腰仙髄長各に約20%、尾髄長約10% (Huberの場合も節長値は残していないが、彼の正確な模式図から推測した)で、ニワトリ脊髄の比率と酷似している。時枝⁹⁾及びLassek⁴⁾のハト脊髄横断面積の推移によると、頸膨大最大部は腰膨大最大部の約1.3倍と大きく、中位頸髄は中位胸髄横断全面積よりやや大きい。ニワトリとの相違は翼の発達程度に起因するのだろう。

田宮ら⁸⁾のヒト、イヌ、ネコ、ウサギ及びヤギ脊髄各節の横断面積の推移によると、白質面積は両膨大部で2つの山を持つが、頸膨大は腰膨大より大きく、頸髄は胸髄よりも大きく、全体的傾向としては上行性に増大するとした。その程度は脊髄の脳に対する依存度を推測させ、これは両膨大部の白質面積比を求めることで得られるとした。しかし、ニワトリにおいては田宮ら⁸⁾の方法では脊髄の脳に対する依存度は推測できない。ニワトリでは哺乳類よりも投射線維の量が少く、腰膨大の灰白質が頸膨大のそれよりはるかに多く、従って腰膨大の固有束の量が頸膨大の白質全体を凌駕したのだろう。ニワトリ脊髄の白質と灰白質の比率を第10節と15節、第10節と25節の間で調べると、相対的に第25節の白質面積の狭いことが解るが、その差はあまり大きくない。田宮ら⁸⁾によるとヒトの腰膨大最大部の灰白質面積は頸膨大のその約1.7倍あるが、白質面積は灰白質面積最大部と同じ節で比較すると逆に頸膨大が腰膨大の約2.0倍となる。同様にニワトリにおいて灰白質で腰膨大は頸膨大の約1.7倍あり白質面積で頸膨大は腰膨大の約0.8倍にすぎない。これらのことからニワトリの脊髄はヒト、イヌ、ネコなどに比較して脳に対する依存度が著しく低いことがわかる。

ニワトリ脊髄各節の横断面での灰白質の形の変化をみると、Goller³⁾のウシ、Rexed⁵⁾のネコ脊髄と比較して、脊髄全長を通じて背灰白交連が広い。すなわち中間質が広い。また、背角の発達が悪い。背灰白交連の広い節は胸髄と下位腰仙髄であり、下位腰仙髄では左右の背角が尾方ほど幅広く融合している。また上位頸髄もやや広く、下位頸髄が最も狭い。Goller³⁾のウシ、Rexed⁵⁾のネコで背灰白交連の広い領域は胸髄と第3仙髄より尾方であり、他の領域は著しく狭い。ニワトリと比較して背灰白交連の特に広い領域は大体一致しているが、他の領域でもニワトリではかなりの広がりを持っている。glycogen bodyのよく発達している節では背灰白交連は中断され、正確に背灰白交連の量を推測することはできない。また、glycogen bodyのよく発達している節では

左右の脊髓は狭い腹灰白交連でのみ連絡していると言われてきたが、glycogen bodyを横切ってかなりの線維が存在し、少なくともウシやネコの腰膨大部の灰白交連線維の量と比較して著しく少いとは言えないだろう。

背角の発達には脊髓全長を通じて悪いが、特に両膨大部において、ウシやネコでは腹角の拡大と共に背角も著しく大きくなるが、ニワトリでは腹角の増大と比較して背角の拡大は僅少に過ぎない。

Seki⁶⁾のセミクジラ脊髓の研究によると、セミクジラでは背角の発達が悪く、背灰白交連が広く、従って中間質の発達がよく、これは他種哺乳動物とある種の機能的、特に自律性、相違が示唆されると記載している。ニワトリとセミクジラでは鳥類と哺乳類の違いがあるとは言え、興味深い。

要 約

1) ニワトリ脊髓を用いて、全長、各節の長さ、各節の横断全面積及び白質、灰白質面積、各節の縦経と横経、各節の横断像について観察、計測した。

2) 脊髓全長は平均356.2mmあり、そのうち頸髄は約52%、胸髄と腰仙髄は各々約19%、尾髄は10%であった。

3) 脊髓各節の横断面積の推移は全体、白質及び灰白質ともに平行的であり、両膨大の最大値は同一節内であった。各々の面積は腰膨大が頸膨大より大きく、また胸髄は頸髄より大きかった。

4) 横断全面積に占める灰白質の比率は第1、2節、頸膨大及び腰膨大以下で高く、下位腰仙髄が最高であった。

5) 各節横断像を通じて背角の発達が悪く、両膨大部

で腹角が著増するにもかかわらず背角の拡大は僅かであった。また背灰白交連は脊髓全長を通じて広がった。特に胸髄と下位腰仙髄では広がった。

文 献

- 1) Fuber, J. F. : Nerve roots and nuclear groups in the spinal cord of the pigeon. *J. comp. Neurol.*, **65** 43 (1936)
- 2) Goller, H. : Topographie des Hühnerrückenmarkes. *Berl. Münch. tierärztl. Wschr.*, **75** 349 (1962)
- 3) Goller, H. : Segmentquerschnitte des Rinderrückenmarkes. *Ztb. Vet.-Med.*, **9** 943 (1962)
- 4) Lassek, A. M. : A comparative volumetric study of the gray and white substance of the spinal cord. *J. comp. Neurol.*, **62** 361 (1935)
- 5) Rexed, B. : A cytoarchitectonic atlas of the spinal cord in the cat. *J. comp. Neurol.*, **100** 297 (1954)
- 6) Seki, Y. : Observations on the spinal cord of the right whale. *Sci. Rep. Whales Res. Inst.*, **13** 231 (1958)
- 7) Streeter, G. L. : The structure of the spinal cord of the ostrich. *Am. J. Anat.*, **3** 1 (1904)
- 8) 田宮三代三・三宅正巳・福岡昭雄・浜名耕二・梅谷元一・片岡明：日本人と数種哺乳類における脊髓各節の長さ と面積。解剖誌, **37** 394 (1962)
- 9) 時枝晟：各種脊椎動物の計測的研究。医学研究, **29** 3836 (1959)