

猪膈的神经支配及其运动 神经元和感觉神经元的节段性分布*

——辣根过氧化物酶 (HRP) 法研究

刘家因 黄嘉英

(西北农学院兽医系)

摘 要

用13头小猪做实验,以8%的辣根过氧化物酶水溶液100微升注入膈内,研究膈的神经支配及其运动神经元与感觉神经元的节段性分布。其结果如下:

- 1、猪的膈受膈神经及肋间神经膈支所支配。
- 2、膈运动核位于C₄—C₆节脊髓灰质腹角的内、外侧柱之间的部位,少数例子向前可达C₃。
- 3、膈神经和肋间神经膈支被标记的感觉神经元,分别位于C₄—C₆节和T₆—T₁₁节的背根节内。
- 4、分布到膈的交感纤维,来源于星状神经节及第二胸神经节。

膈是一块重要的呼吸肌,其在临床诊断及呼吸生理的研究上都有着重要的地位。但支配该肌的神经及其节段来源,除在人体解剖学有较详细的报导以外,家畜解剖学对此报导较为笼统,对猪来说就更为简单。如Sisson等⁽¹⁾,张立教等⁽¹⁰⁾,对猪膈的神经支配,只谈到了膈神经及其节段起源,而肋间神经到膈的分支情况,则没有提及。因此,对猪膈的神经支配进行形态学的研究,是有一定意义的。本文用HRP法对猪膈的神经支配及其运动神经元和感觉神经元的节段分布以及膈核定位等问题做了追踪观察,得到一些比较确切的结果,它不但为猪的解剖学提供了必要的形态学资料的补遗,也给家畜生理学、兽医临床的诊断和治疗,以及这方面的科研、教学提供了形态学的依据。

材 料 和 方 法

选体重2—5公斤的健康仔猪13头,其中两头作对照。用乌拉坦(1g/公斤体重)腹腔麻醉,在肋弓下切开腹腔,用8%的HRP(上海生化研究所Rz=3)的水溶液100微升,分20点注射于膈的左侧或右侧,对照的两头,割断注射侧的膈神经及T₆、T₁₀的肋

•本刊编辑室收到此稿的时间:1985年1月30日

间神经。术后动物存活2—3天，经主动脉顺次灌注生理盐水200毫升，含1%多聚甲醛及1.25%戊二醛的0.1M磷酸缓冲液(PH7.4)500—800毫升；含10%蔗糖的0.1M磷酸缓冲液250毫升。灌注毕取材(5头〔P₁—P₅〕取双侧C₃—C₆的背根节及同节段的脊髓节；6头〔P₆—P₁₁〕取注射侧的C₃—T₁₄的背根节及同节段的脊髓节、延髓、结状节、星状神经节、第2—3胸神经节、腹腔肠系膜前神经节；对照组两头，取注射侧的C₃—T₁₄的背根节及相同节段的脊髓节、星状神经节、第2—3胸神经节)。将材料放入上述蔗糖液中过夜，次日将材料作50微米厚的冰冻切片，按o—d法反应成色。神经节全部贴片，延髓及脊髓节三片取一，中性红复染，明视野观察。

结 果

一、膈神经支配来源于膈神经及T₆—T₁₄的肋间神经。

二、膈神经〔注〕被标记的运动神经元，主要位于C₄—C₆的脊髓节内，标记细胞

表 1 数膈神经运动神经元标记细胞

脊髓节序数 动物编号	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	每例合计
P ₁	0	1	26	11	0	38
P ₂	0	0	20	4	0	24
P ₃	1	14	64	22	0	101
P ₄	0	2	7	5	0	14
P ₅	0	1	16	4	0	21
P ₆	0	5	20	6	0	31
P ₇	0	0	3	2	0	5
P ₈	0	2	24	17	0	43
P ₉	0	3	7	5	0	15
P ₁₀	2	14	37	16	0	69
P ₁₁	0	6	23	9	0	38
每节合计	3 (0.8%)	48 (12.0%)	247 (61.9%)	101 (25.3%)	0 (0%)	399 (100%)

注：这里指的膈神经是指分布到膈的膈神经纤维，分布到其它器官的膈神经纤维不包括在内。

数以C₆最多,占61.9% (详见表1),细胞直径在16—55微米之间。

三、膈运动核 (PMN) 位于C₄—C₆的脊髓灰质腹角的内、外侧柱之间的部位 (图1、2),少数例子向前可达C₃。

四、膈神经被标记的感觉神经元,主要位于C₅—C₆的背根节内,少数例子向前可伸达C₄。标记细胞数以C₆最多,占61.6% (见表2)。细胞直径在15—60微米之间,其中以大细胞最多,占48.2% (见表3)。

五、膈神经标记的神经元,以运动神经元为主,占标记细胞总数的78% (见表4)。

六、肋间神经膈支〔注〕被标记的感觉神经元,位于T₆—T₁₁的背根节内,其中以T₁₁的数量最多,占标记细胞的32.25%; T₁₁的最少,仅占3.22% (见表5)。标记的感觉神经元以大型细胞最多,占标记细胞的55.42% (见表6)。

七、肋间神经膈支被标记的感觉神经元比膈神经的多,前者占70%,后者只占30% (见表7)。

八、注射侧的星状神经节及第二胸神经节基本上出现标记细胞,其中星状神经节的

表 2

膈神经感觉神经元标记细胞数

背根节序数 动物编号	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	每例合计
P ₁	0	0	12	8	0	20
P ₂	0	0	31	18	0	49
P ₃	0	0	29	23	0	52
P ₄	0	0	14	5	0	19
P ₅	0	0	41	9	0	50
P ₆	0	0	29	27	0	56
P ₇	0	3	14	9	0	26
P ₈	0	0	12	8	0	20
P ₉	0	0	7	5	0	12
P ₁₀	0	4	10	5	0	19
P ₁₁	0	2	8	3	0	13
每节合计	0	9 (3.0%)	207 (61.6%)	120 (35.4%)	0	336 (100%)

注: 即肋间神经到膈上的分支。

占82.43% (见表8)。

九、对照组两例 (P₁₂、P₁₃)，在C₃—C₆的背根节及脊髓节，T₉、T₁₀的背根节以及星状神经节，第二胸神经节均未发现标记细胞。只在T₆—T₈、T₁₁—T₁₄的背根节内出现标记细胞共67个 (未列入表中统计)。

表3 隔神经标记的感觉神经元的大、中、小型细胞数 (11例合计)

细胞类型	大细胞	中细胞	小细胞	合计
数目	162	75	99	336
百分比(%)	48.2	22.3	29.5	100

表4 隔神经被标记的感觉神经元和运动神经元数目对比 (11例合计)

神经元类型	感觉神经元	运动神经元	合计
标记细胞数	336	399 × 3 = 1197	1533
百分比(%)	22	78	100
附注	脊髓节在切片时三片取一，故运动神经元数要扩大三倍		

表5 肋间神经隔支感觉神经元标记细胞数

动物编号 \ 背根节	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄	每例合计
	P ₆	0	7	9	13	5	14	37	25	18	
P ₇	0	3	3	4	4	6	8	9	3	3	43
P ₈	0	3	4	6	2	8	15	3	2	1	44
P ₉	0	0	2	4	1	7	15	3	1	0	33
P ₁₀	0	1	1	2	1	5	11	6	2	2	31
P ₁₁	0	2	4	5	0	9	24	8	5	3	60
每节合计	0	16	23	34	13	49	110	54	31	11	341
		4.69%	6.74%	9.97%	3.81%	14.37%	32.25%	15.86%	9.09%	3.22%	100%

表 6 肋间神经膈支感觉神经元标记的大、中、小型细胞数 (6例合计)

细胞类型	大细胞	中细胞	小细胞	合计
数 目	189	72	80	341
百分比(%)	55.42	21.12	23.46	100

表 7 膈神经和肋间神经膈支被标记的感觉神经元对比数字 (6例合计)

神经名称	膈 神 经	肋间神经膈支	合 计
标记的感觉神经元数	146	341	487
百分比(%)	30	70	100

表 8 星状神经节及第二胸神经节标记细胞数

	星状神经节	第二胸节	合 计
P ₆	7	3	10
P ₇	5	0	5
P ₈	29	6	35
P ₉	3	0	3
P ₁₀	4	2	6
P ₁₁	13	2	15
	61 (82.43%)	13 (17.57%)	74 (100%)

讨 论

一、关于猪膈的神经支配问题

膈的神经支配,过去已有报导,如河北新医大学⁽¹²⁾认为人的膈由膈神经及后7对肋间神经分支支配。Sisson等⁽¹⁾认为马膈的神经支配来自膈神经及第9对以后的肋间神经,猫和狗的最后几对肋间神经也分支到膈。我们的实验证明:在6头实验猪(P₆—P₁₁)注射侧的T₆—T₁₁的背根节内,基本上都出现标记细胞(见表5)。同时我们用对照组两例(P₁₂、P₁₃)切断注射侧的T₆、T₁₀肋间神经作为对照,结果在切断肋间神经节段的背根节内,未出现标记细胞。这说明,胸后部背根节中标记细胞内的酶标颗粒是由肋间神经运送的,同时也说明猪的膈受T₆—T₁₁的肋间神经分支支配。

另外,本实验是将HRP水溶液注射到膈内,在 C_3 — C_6 脊髓节及背根节内标记细胞的酶标颗粒,除由膈神经运送外,是否还有其它途径?对这一问题,本文也作了试验观察。用对照组两例(P_{12} 、 P_{13})切断注射侧的膈神经以后,上述脊髓节及背根节内未出现标记细胞。这说明注入膈的酶是通过膈神经传送的。由上可见,猪的膈是由膈神经及肋间神经分支共同支配的。

二、膈神经的节段起源

关于膈神经的节段起源问题,已有许多报导。如河北新医大学⁽¹²⁾曾报导人的膈神经来自第3—5颈神经腹支。Sisson等⁽¹⁾及克立莫夫⁽¹³⁾认为马、牛、猪、羊、狗的膈神经均来源于 C_5 — C_7 ,猫的来源于 C_4 — C_6 。刘大庸等⁽⁹⁾报导家兔的来源于 C_5 — C_6 。而我们的实验结果,发现猪膈神经的节段起源和上述文献报导有所不同。

由表1看,猪的膈神经被标记的运动神经元位于 C_4 — C_6 的脊髓节内,少数例子向前可达 C_3 。由表2看,猪膈神经被标记的感觉神经元位于 C_5 — C_6 的背根节内,少数例子向前可达 C_4 。由此可见,猪膈神经的纤维起源于 C_4 — C_6 ,少数例子向前可达 C_3 。这个结果和Sisson等⁽¹⁾认为的猪膈神经起源于 C_5 — C_7 的报导有所不同。

其次,膈神经的纤维来源,以那个节段为主的问题,本文也作了分析:由表1看,膈神经被标记的运动神经元总数有399个,其中 C_5 有247个,占标记细胞数的61.90%;由表2看,膈神经被标记的感觉神经元总数为336个,其中 C_5 就有207个,占标记细胞数的61.60%。显而易见,膈神经的纤维起源应以 C_5 为主。这个结果与Sisson等⁽¹⁾以 C_6 为主的报导也不相同。

三、膈运动核(PMN)的定位问题

关于膈核的定位问题,在文献上也有不少报导。如Rao,G.S⁽³⁾报导了水牛的膈运动核位于 C_5 — C_7 脊髓节;Elieger,S⁽⁴⁾认为绵羊的位于 C_5 — C_7 脊髓灰质腹角;刘大庸等⁽⁹⁾观察到家兔的膈运动核位于 C_5 — C_6 脊髓节灰质腹角内外侧柱之间;Keswanai,N.H等⁽⁶⁾、Webber,ch.L.Jr,等⁽⁸⁾以及Rickard—Bell,G.C等⁽⁷⁾报导猫的膈运动核位于 C_4 — C_6 的脊髓节内。我们的实验结果表明,猪的膈运动核位于 C_4 — C_6 的脊髓灰质腹角的内、外侧柱之间的部位(见表1、图1、2),个别例子向头侧可达 C_3 。膈运动核是一个纵行细胞柱,最粗部位位于 C_6 。神经元的胞体直径在16—55微米之间,平均直径为32微米,其中26微米以上的占82.70%。

四、膈神经纤维成分的分析

膈神经的纤维成分,过去也有过报导。河北新医大学⁽¹²⁾认为人的膈神经以运动纤维为主,感觉纤维较少。Langford等⁽²⁾观察到大白鼠的膈神经的运动纤维占69%,感觉纤维只占31%。在家畜中,对膈神经成分的叙述,很不具体,如Sisson⁽¹⁾等只说膈神经是膈肌的运动神经,许多教科书连膈神经的成分都未提及。我们对猪的观察表明:发出膈神经感觉纤维的 C_4 — C_6 的背根节全部贴片观察,被标记的感觉神经元共336个(见表2)。而发出膈神经运动纤维的 C_3 — C_6 脊髓节,在三片取一的情况下,被标记的运动神经元就有399个,将这个数字扩大三倍,实际上,被标记的运动神经元数应为1197个。这样,被标记的运动神经元占标记细胞总数的78%,而感觉神经元只占22%(见表4)。由此可知,

猪的膈神经也以运动纤维为主。这个结果和人及大白鼠的实验结果相似。

其次,膈神经中含不含植物性神经成分?河北新医大学⁽¹²⁾曾报导,人的膈神经,含有来自星状节及第二胸神经节的交感纤维。Flieger, S⁽⁴⁾观察到绵羊的膈神经含有来自星状神经节的交感纤维。Sisson等⁽¹⁾认为马的星状神经节分支和膈神经一起分布到膈。猪膈神经中含植物性神经的情况如何?我们在6头实验猪中(P₀-P₁₁)观察的结果表明:在星状神经节及第二胸神经节中观察到标记细胞共74个,其中星状节的占82.43%(见表8)。标记细胞的直径在13-30微米之间。但在切断膈神经的对照组两例(P₁₂、P₁₃)中,星状神经节及第二胸神经节里未出现标记细胞。由本实验的结果表明:猪的膈神经也含有来自星状神经节及第二胸神经节的交感纤维,未发现副交感成分。这和人、绵羊、马的实验结果基本相同。

五、关于肋间神经膈支的节段起源

肋间神经有分支支配膈,这一事实,在人体解剖学及家畜解剖学中都有报导^(12,1),但在后者关于节段来源问题谈得比较笼统。我们对猪的观察结果表明,每一例注射侧的T₆-T₁₄的背根节内,基本上都出现标记细胞,标记细胞最集中的节段是T₁₀-T₁₂,占标记细胞总数的62.48%,其中尤以T₁₁最多,占标记细胞的32.25%;标记细胞最少的节段是T₁₄,仅占3.20%(见表5)。由上述标记细胞出现的情况,可以看出猪肋间神经膈支的纤维,起源于T₆-T₁₄之间,其中以T₁₁的纤维最多,T₁₄的最少。

六、背根节中标记的大、中、小型细胞出现情况

在C₄-C₆以及T₆-T₁₄的背根节内,被标记的感觉神经元,分散于整个背根节中,无明显的定位关系,但以背根节背侧边缘较多(图3),其它部分较少。标记细胞的外形一般为圆形或椭圆形(图3),细胞直径相差悬殊,最少的只有15微米,最大的可达60微米,其中以36微米以上的大型细胞最多,25微米以下的小型细胞次之,中型细胞最少(见表3、6)。背根节中细胞的大小与纤维的粗细成正比,这早已从形态学、病理学以及机能等方面得到证实(London)⁽⁸⁾。由此可以看出膈神经和肋间神经膈支的各类传入纤维数的比例情况。

七、猪膈的传入神经的双重支配问题

支配膈的传入神经是双重性的,既来源于膈神经,也来源于肋间神经,二者传入纤维的数量对比如何?本文作了比较。由表7看,膈神经和肋间神经膈支被标记的感觉神经元共487个,其中属于前者的只有146个,占30%,属于后者的有341个,占70%,可见膈的传入纤维以来自肋间神经的数量占优势。

膈的传入神经的双重支配,在临床诊断上极为重要,因为膈发生炎症时,可引起不同的牵涉性疼痛。对猪来说,疼痛点可出现在第4-6颈神经或第6-14胸神经分布的皮区内。本实验的结果,对猪膈的炎症诊断提供了具体的形态学材料。

八、关于支配膈的神经多节段性起源问题的探讨

支配膈的神经,其节段起源相当多,由颈部向后直至胸部,是动物体内神经节段起源最多的肌肉之一。支配膈的神经多节段来源的原因是由于膈在发生上肌节后移和并

节而成之故。肌肉的神经支配，在胚胎发生过程中就已形成。由于胚胎发生分化和演变，使某些肌肉远离其起源部位，但其神经支配仍保持其起源部位的特点。膈就是如此。膈在发生上属于颈部肌，因此，膈神经来源于颈部。B.M.派登⁽¹¹⁾报导，在10毫米长的猪胚，可以看见膈神经直接从其起源的平面处，伸向将来形成膈的横膈处。在以后的发育过程中，随着心脏的后移，膈也同时向后转移，膈神经的终末部分也随着牵向尾端。到发育晚期，膈的边缘部由胸后部肌节发育而来，故也接受胸神经的支配。由于肌肉与神经在胚胎发生过程关系如此密切，因此从肌肉的神经支配，可以了解肌肉在发生上有无移位及并节现象。

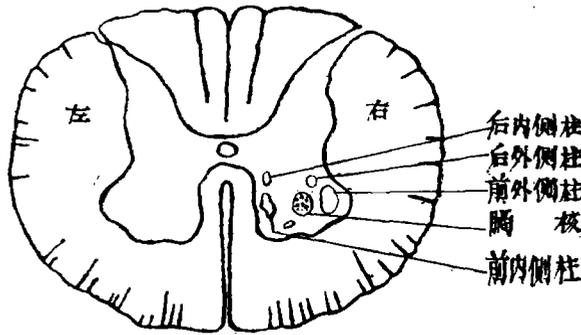


图1 猪第5颈髓横切面模式图
示膈核和其它细胞柱之间的位置关系

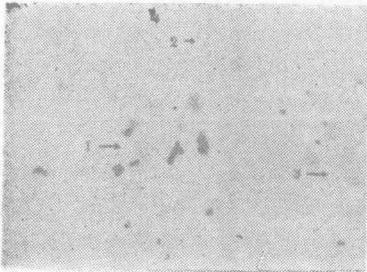


图2 第5颈髓灰质右侧腹角显微图像
示膈核中三个标记细胞（深色者）
箭头1为膈核；箭头2为后外侧柱；箭头3为前外侧柱×300

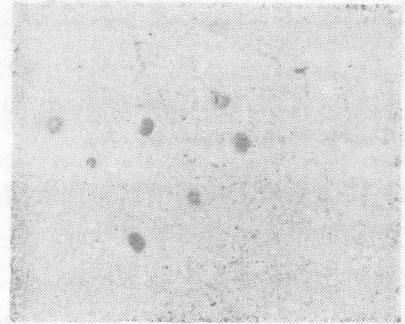


图3 胸部第11背根节背侧边缘部显微图像
示标记细胞（深色者）×300

参 考 文 献

1. Sisson and Grossman's, 1975: The Anatomy of the Domestic Animals. W.B. Saunders Company. Fifth edition. 668, 677, 1127, 1383, 1700, 1705, 1712, 1718.
2. Langford, Laurena., and Schmidt, Rober F. An electron microscopic analysis of the left phrenic nerve in the rat. (physiol. Inst. Univ. Kiel, FRG) Anat REC 1983, 205 (2) 207-214.
3. Rao, G.S., Saigal, R.P., and Shau, S.: The phrenic nerve and the localization of phrenic nucleus in the spinal cord of the Buffalo. ACTA Anatomica (1972) 83 No 3. 468-477. (EN) Coll. Vet. med., U. P. Agric. Univ., Pantangar, Dist. Nainital, U.P., Lidia.
4. Flieger, S. (1970) .Experimental studies on the localization of the nerve centres of the phrenic nerve in sheep. Polskie Arehwm Wet. 13 (1969) ,167-177 + 2 plates (pol. e. r.) (Ul. Akademicka 11, Lublin)
5. Keswanai, N.H., Groat, R.A., and Hollinshead, W. H.: Localization of the phrenic nucleus in the spinal cord of the cat, J. Anat. Soc. India, 3 (1954) 82-89.
6. Webber, Ch. L. Jr., Wurster, R. D. and Chung, J. M.: Cat phrenic nucleus architecture as revealed by horseradish peroxidase mapping, Exp. Brain Res., 35 (1979) 395-406.
7. Rickard-Bell, G, C., and Bystrzcka, E. K.: Localization of phrenic motor nucleus in the cat and rabbit studied with horseradish peroxidase, Brain Res., 194 (1980) 479-483.
8. Landon D. N.: The peripheral nerve, Chapman and Hall Ltd, London, 1976, 198-200.
9. 刘大庸等: 家兔膈神经运动及感觉神经元胞体的位置—HRP法, 《解剖学通报》第五卷、增刊2 (上), 1982, 第97页。
10. 张立教等: 《猪的解剖》, 科学出版社, 1965, 第113、115页。
11. B.M. 派登著, 罗克译: 《猪胎胚学》, 福建农学院, 1978, 第74页。
12. 河北新医大学: 《人体解剖学》, 人民卫生出版社, 1977, 第1414、1434页。
13. 克立莫夫著, 常瀛生译: 《家畜解剖学》, 高等教育出版社, 1956, 第370页。

The Innervation and the Segmental Distribution of the Motor and Sensory Neurons of the Pig Diaphragm by Means of HRP Method

Liu Jia-yin Huang Jia-ying
(Northwestern Agricultural College)

abstracts

Thirteen pigs weighing 2-5 kg were used in this study. The diaphragm of each pig was injected with 100 ul of 8% horseradish peroxidase (HRP) solution to study the innervation and the segmental distribution of the motor and sensory neurons of the diaphragm. The results are as follows:

1. The diaphragm of pig is innervated by phrenic nerve and diaphragmatic branches of intercostal nerves.

2. The phrenic motor nucleus (PMN) is located in between the medial and lateral columns in the ventral corn of C4-C6 segments of spinal cord. A few of them reached C3.

3. The labeled sensory neurons of the phrenic nerve and the diaphragmatic branches of intercostal nerves are located in C4-C6 and T6-T14 dorsal root ganglions, respectively.

4. The labeled postganglionic neurons of sympathetic nerve are located the stellatal ganglions and second thoracal ganglion.