?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2.2　神经元的三维空间参数测试

本实验自动测试的三维参数包括：神经元数目，各种神经元体积和表面积，各种神经元的几何中心，同时提供有关二维参数（神经元各截面的周长和表面积）。

表 1　人胎儿小肠肌间神经丛神经元胞体形态参数

Tab 1　Morphometrical parameters of the neurons of myenteric plexuses in small intestin of human fetus

Group	Ganglion	Number of Neurons	Surface area of nearons ($\bar{x}\pm s$, μm^2)	Volume of neurons ($\bar{x}\pm s$, μm^3)	Specific surface ($\bar{x}\pm s$)
4 months	①	43	182.5±57.5	253.5±134.0	0.720
	②	33	191.8±55.7	259.5±135.8	0.739
	③	29	193.9±71.8	267.4±154.9	0.725
		35	189.4±6.07	260.1±6.97	0.728±0.010
7 months	①	22	190.5±89.8	323.4±231.9	0.589
	②	30	203.0±96.7	288.0±190.6	0.705
		26	196.8±8.84	305.7±25.3	0.647±0.08
10 months	①	33	286.3±161.2	520.0±473.0	0.551
	②	49	318.3±199.1	659.5±656.3	0.483
	③	32	284.8±176.2	585.3±490.5	0.488
		38	296.5±18.9	588.3±69.8	0.507±0.04

表 2　神经元分类构成一览表

Tab 2　Classification of different kinds of neurons

Group	Surface area of neuron (Max./Min., μm^2)	Volume of neuron (Max./Min., μm^3)	Number & percentage of different kinds of neuron			
			small	middle	large	super−large
4 months	381/91	696/58	8 (7.6%)	87 (82.9%)	10 (9.5%)	0 (0%)
7 months	434/60	929/61	3 (5.8%)	43 (82.7%)	6 (11.5%)	0 (0%)
10 months	1201/89	3860/65	9 (7.9%)	59 (51.8%)	26 (22.8%)	20 (17.5%)

※：Classification of neurons: Small ($V<100\ \mu m^3$); Middle ($100<V<500\ \mu m^3$); Large ($500<V<1000\mu m3$); Super−larger ($V>1000\ \mu m^3$).

※※：The diameter of neurons was calculated according to the elliptical ball ($\bar{x}\pm s$, μm): Long diameter 5.84±0.06; short diameter 4.17±0.18.

表 3　神经元胞体直径参数

Tab 3　Diameter parameters of neurons

Group	Long diameter ($\bar{x}\pm s$) μm	Short diameter ($\bar{x}\pm s$) μm
4 months	4.12±0.06	3.66±0.15
7 months	4.68±0.59	3.39±0.57
10 months	5.94±0.43	3.98±0.26

3　讨论

胃肠道壁内神经丛的三维重建研究至今尚未见诸文献。本文结果表明，人胎儿小肠肌间神经丛神经元配置是立体的，一般认为，舒张状态的肌间神经节为单细胞层，基本上是二维[4]，本实验标本取材于自然舒张状态肠段，但结论与以往的对二维切片的观察结果并不一致。

本文报告了小肠肌间神经丛各个神经元几何中心的测定数据。结构的空间位置定量是体视学家和生物医学工作者一直试图解决的难题之一。以往对研究对象（细胞、细胞器或细胞内其他结构）的空间位置采用定性观察来解决。用数字概念表示比较困难，一般分析只能适于各自特定的小实验范围和材料，其公式和常数尚待数学和模拟实验验证。

如本文所示，三维重建能直接提供被研究对象的空间坐标，定量显示其相对位置关系，这是目前其他技术方法不能做到的，同类或不同类的细胞（或其他任意结构）的空间位置的定量分析能提供有关距离、极性、

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

分布特征、走向等重要的形态参数。本文建立的三维重建实验方法为解决此类问题提供了基础。

成年人或动物胃肠道壁内神经丛神经元的形态参数已有一些资料，但胚胎发育期尚未见报告。Gabella (1984、1987)对成年小鼠、大鼠、豚鼠和羊的肠道神经节的有关参数进行了测量[5,6]，结果表明，新生大鼠小肠肌间丛神经元最大截面的最小值为 50 μm^2，最大为 300 μm^2，在生后发育期逐渐增加，单位面积内神经元数目逐渐减少。上述数据得自切片、铺片或银染细胞的光镜测微计测量，本文的三维参数系三维重建时逐片扫描的实测数据。本文的结果表明，人胚胎期神经元体积、表面积均小于成年期，支持 Gabella 等关于生后发育中神经元体积继续增加的结论；并以三维参数证明：从胚胎较早期至出生前，神经元体积、表面积也逐渐增大。

本文结果还表明，每一神经节中神经元大小差异很大。以人胎儿 10 月组第 1 号神经节为例，最小神经元体积仅 94 μm^3，最大为 1 824 μm^3。因此，整个神经节的标准差相当大(520±473 μm^3)，这一特点在以往文献的定性观察中已屡有报道。作者的进一步分析发现，同一胎龄组的各神经节的体积、表面积均数间差异很小，以致标准差很小，变异参数 CV 多在 2%～6% 之间。这或许是一个很有意义的现象。Llewellyn－Smith 指出，任何种类的含肽神经元都随机地分布方式也和神经元类似。银染、美蓝染色也发现，每一神经节都具有不同形态的各种类型的神经元。换言之，各神经节的神经元类别构成基本相同，可能每一神经节均含有各种形态和功能的神经元，这与其他自主神经节和中枢神经系统中相同功能和化学性质的神经元常呈核团或核群的配置方式明显不同[7]。Costa 等进而证明，神经丛中含肽神经元突起也是高度有序的[8]。但上述学者均未作进一步的横向讨论。我们注意到，神经仿生学研究人员在模拟肌间丛活动时将每一肌间神经节考虑为结构功能是等值的，形成一个结构/功能单元，并据此进行摸拟电子电路[9]。本文报告的肌间丛神经元三维形态参数的测定结果首次从空间定量角度对这一假说给予有力支持。

本实验结果显示了 REC 89 软件具有多种功能：重建图像能自动测算多种参数；重建快速，每帧图像仅需 3～5 min，能任意放大及缩小，能作彩显及用浓淡阴影显示；灰度丰满(灰度 256 灰度级)并能在三维空间(x、y、z)内向任何方向转动，可作任意视角观察，有推广应用价值。

参考文献

1 Gershon MD. The enteric nervous system. Ann Rev Neurosci, 1981, 4: 227

2 杨 恬，蔡文琴. 大鼠肠道神经节的计算机三维重建. 解剖学报，1990，21：340

3 Moore KL. The developing human. 3rd ed, London: WB Saunders Company, 1982

4 Wood JD. Physiology of the enteric nervous system, in: Johnson JR (ed) Physiology of the gastrointestinal tract. New York: Raven Press, 1981: 1～37

5 Gabella G, Trigg P. Size of nerons and glial cells in the enteric ganglia of mice, guinea－pigs rabbits and sheep. J Neurocytol, 1984, 13: 49

6 Gabella G. The number of neurons in the small intestine of mice, guinea－pigs and sheep, Neurosci, 1987, 22: 737

7 Liewellyn－Smith IJ, Furness JB, Wilson AJ, et al. Organization and fine structure of enteric ganglia. in: Elfvin LG (ed.) Autonomic ganglia, New York: John Willy & Soon, 1981: 145～182

8 Costa M, Furness JB, Buffa R, et al. Distribution of enteric nerve cell bodies and axons showing immunoreactivity for vasoactive intestinal polypeptide. Neurosci, 1980, 5(3): 587

9 真 莹. 人小肠肌间神经丛的电子电路模型. 海军医专学报，1989，11：53

(收稿：1993-10-04；修回：1994-05-26)

Computerized 3-dimensional reconstruction of neurons of Auerbach's plexus of small intestine in human fetus

Yang Tian, Cai Wenqing (Department of Histology and Embryology, Third Military Medical College, Chongqing, 630038)
Zhang Jiashu, Li Shiguang (Department of Radio, Chongqing University, 630030)

Abstract The neurons of the Auerbach's plexus of the small intestine of 8 human fetus with the gestational ages of 4, 7 and 10 months respectively were 3-dimentionally reconstructed on a microcomputer system and their 3-dimensional morphological paramenters were calculated simultaneously.

Key words fetus; human; myenteric plexus; ganglia; computerized 3-dimensional reconstruction

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net