DOI:10.16016/j.1000-5404.1987.04.004

成人小肠肌层的超微结构观察

蔡文琴 （组胚教研室）

提 要 本实验对成人小肠肌层进行了超微结构观察，发现在环肌层的最内面（即粘膜面），存在有一层特殊平滑肌层（SML），有1～6排特殊平滑肌细胞，其特点为体积小、电子密度高，在SML和环肌主部（MCM）之间有一结缔组织间隙。该肌层及间隙内有较致密的神经分布，其神经密度及膨体出现率为全肌层最高部位，神经与肌肉间相距较近。MCM次之，LM神经密度最低。除SML外，MCM和LM神经与肌肉间距常在100nm以上。中间连接可见于肌层的三个部位：SML、MCM和LM，但缝隙连接只见于MCM。间质细胞存在于肌层的结缔组织隔内，其突起可见与平滑肌以及轴索形成特殊连接。在SML的间质细胞内还可见有类肌丝样结构。本文对以上发现与其它实验动物的肌层超微结构文献报告作了比较，并对以上超微结构特征的可能生理意义进行了讨论。

关键词 小肠；平滑肌；神经；间质细胞

肌层是控制肠道运动的结构基础，与生理、病理生理及临床疾病的研究有着密切的关系。对于小肠肌层的超微结构研究，国外文献有较多报导，但多集中于实验动物，如大鼠、豚鼠、家兔和羊等[1][2][3][4][5]。对于人小肠肌层的超微结构研究国外文献报导极少[6]，国内尚未见报导。基于消化道疾病为常见病，本实验对人小肠肌层进行了较为详尽的超微结构观察，希望能为消化系统的生理及病理生理研究提供一些形态学资料。

材料和方法

材料取自无确定性小肠疾患的胃肠道外科手术病员，其中男性9例，女性1例。取材部位：12指肠8例，空肠2例。年龄21～52岁。

所取材料于滤纸上铺平，置于3%戊二醛磷酸缓冲液（pH 7.4）中，室温1 h，修整成1 mm小块，置入新鲜的戊二醛磷酸缓冲液中2～5天，磷酸缓冲液洗4次，各5 min。2%锇酸后固定1 h，蒸馏水洗4次各5 min。1%醋酸铀水溶液块染1 h，常规脱水于不同等级的丙酮溶液，环氧树脂618包埋，LKB5型超薄切片机切1～3 μm厚片，H·E或甲苯胺兰染色，定位于肌层不同部位，切500Å左右薄片，醋酸铀和枸橼酸铅双染，Hitachi 300电镜观察。本实验集中于肠道固有肌层的观察。轴索计数于电镜观察下进行。

观察结果

在稍加扩张的状态下固定，十二指肠段肌层厚1935μm，环肌厚1548μm，纵肌厚约387μm，环肌与纵肌厚度之比约为4∶1。空肠段肌层的厚度约1035μm，其中环肌厚约675μm，纵肌厚约360μm，环肌与纵肌厚度之比约为1.8∶1。纵肌与环肌呈垂直方向排列。除特殊描述者外，小肠的平滑肌细胞具有脏器平滑肌细胞的超微结构特征，如细胞膜外有基板（basal lamian），胞膜上有凹陷小泡(caveloae)和致密斑（dense bancl），胞质内有粗、细肌丝和中间丝等。

一、环肌层（circular musclature C.M）

1. 特殊肌层（special muscule layer SML），在环肌层的最内面，即紧贴粘膜下层的部位，可见有1～6排与环肌平滑肌细胞平行排列的特殊的平滑肌细胞。它们比环肌的平滑肌细胞略小，具有较高的电子密度（图1、2）。在空肠段特殊肌层较12指肠肌层明显。在特殊肌层和环肌层之间有时存在一结缔组织间隙（图1、2）。在此层的表面，平滑肌细胞之间和结缔组织间隙内都可见有较密集的神经纤维分布，膨体的出现率较高（表1，图1、2）。神经、膨体与平滑肌细胞间距离可近达20nm。该层平滑肌细胞内有时可见有较丰富的粗面内质网、滑面内质网和糖元颗粒。细胞之间有中间连接，但未见有缝隙连接(gap junction)。细胞膜外基板厚约35～40nm，周围有弹力纤维、胶

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

元纤维和间质细胞。

2. 环肌层的主部 (Main Component of C.M, MCM)。该层平滑肌细胞较特殊肌层的粗大，电子密度较低，肌膜外基板较特殊肌层为薄，厚约20nm。平滑肌细胞间除中间连接外，可见到较多的缝隙连接，有的缝隙连接在切面上长达1μm（图2、图3）。平滑肌细胞为结缔组织分割成束状，弹力纤维、胶元纤维组成结缔组织隔。神经束、毛细血管主要分布在肌束间的结缔组织间隔内，还可见肥大细胞，巨噬细胞和间质细胞 (interstitial cell)。有时可见弹力纤维与平滑肌肌膜表面致密斑形成连接。在SML和MCM之间未见有平滑肌细胞相互连接。

二、纵肌层 (longitudinal Musculature LM)

纵肌层平滑肌细胞也为结缔组织分割成束状，与环肌不同的是在纵肌的平滑肌细胞间只有中间连接，未见有缝隙连接。神经纤维主要分布在结缔组织隔内的毛细血管周围。

三、神经分布

小肠平滑肌层内的神经纤维均为无髓有膜神经纤维，神经膜细胞部份或全部包被着神经纤维。神经束内可见含有不同类型突触小泡的膨体 (varicosity)，以清亮小泡型 (Small clear vesicles, SCV型) 最为常见，有时也可见致密核心大囊泡型 (large granular vesicle, Lgv型) 或清亮小泡型内含不同比例的Lgv囊泡。膨体与肌细胞的距离常在100nm以上。肌层各部神经密度以10 000个平滑肌细胞横断面所占面积内含轴索数及膨体数计算，结果见表1：

表1 小肠空肠段肌层各部神经密度

部位	神经束数	轴索数	膨体数(%轴索数)
LM	11	437	11(2.5%)
SML	98	3021	371(12.2%)
MCM	93	2312	130(5.6%)

计数获自10 000个平滑肌细胞横断面所占面积。

由表1可见在特殊肌层的神经密度和膨体数最高，MCM次之，LM最低。十二指肠段神经密度略高于空肠。

四、间质细胞

小肠肌层内的间质细胞为多突起细胞，有的细长突起可长达12μm，有时与平滑肌细胞、轴索间形成特殊连接（图2、4、5、）。间质细胞内含丰富的粗面内质网和滑面内质网，是小肠肌层内不被有基板的细胞。在特殊肌层的间质细胞内有时可见有类肌丝样结构。

讨 论

在啮齿动物[1][2][4]及哺乳动物均有报告[4]在小肠的肌层近粘膜面有一层特殊的平滑肌细胞，有的称之为小黑平滑肌细胞 (small dark smooth muscle cell)[4]，有的称之为特殊平滑肌细胞。本实验结果与Faussone Pellegrin[6]报告相一致，证明在人小肠肌层的内面也存在一层特殊平滑肌细胞，具有与实验动物共同的超微结构特点：细胞体积小，电子密度高和有较丰富的神经分布等特点。不同的是在人，这层较实验动物为厚，为1～6排，Faussone Pellegrin观察为2～8排[7]，而在实验动物只1～2排。关于特殊肌层平滑肌细胞的作用目前还缺乏充分地了解，该层平滑肌细胞所在部位是肌深神经丛 (plexus musculari profundus) 所在部位，Gabella[4]根据该层平滑肌细胞神经支配丰富的特点，认为它可能是感受牵扯刺激的受体装置。由于它们位于肌层的近腔面，易于感受肠腔压力的变化，在同等牵扯力的影响下，小细胞的感受性较大细胞更敏感。Faussone Pellegrini(1984)发现在人结肠的粘膜面也存在一层与小肠类似的特殊平滑肌细胞，这层平滑肌细胞具有"起搏器"(pacemaker)的作用，是结肠慢波 (slow waves) 的发源地[7]。总之，人小肠特殊肌层的作用还有待生理学及药理学的进一步实验证明。

本实验观察表明，平滑肌细胞间的连接靠膜间连接和结缔组织连接，弹力纤维与胞膜致密斑间形成连接虽不常见，但却值得进一步观察。缝隙连接是细胞间偶联和离子交换的通道。本实验结果发现在SML和LM内

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

并不存在缝隙连接，与其它实验动物的观察相一致[6]，说明缝隙连接并非细胞间偶联的唯一方式。豚鼠输精管是生理实验“整体动作“的模式标本，但平滑肌细胞间并无缝隙连接[6]。平滑肌细胞间的中间连接，一般认为是细胞间机械连接的基础，在细胞间力的传递上可能起作用[9]。

小肠肌层内神经的分布是不均一的，内层最密集，而外层最稀疏。与在豚鼠小肠的观察结果相似，但神经密度低于实验小动物[8]。在小鼠纵肌层中无神经纤维分布。其生理意义尚有待研究。除SML外，在MCM及LM中，神经与平滑肌细胞间的距离均在100nm以上，说明在肠道神经递质的作用主要通过弥散方式。现已确定，小肠除受经典的神经递质：乙酰胆碱(Ach)和去甲肾上腺素（NE）的调控外，还存在肽能神经支配[10]。一般认为，Sav型是Ach存在的部位，Sgv(小颗粒囊泡)是NE存在的部位，而Lgv是多肽类递质(或调制物)存在的部位。本实验未发现Sgv型的原因，可能由于Sgv在电镜生物样品处理过程中不易保留之故[11]。

1893年Cajal发现，肠道中的间质细胞与神经细胞一样显示甲基兰和银浸染阳性。因此认为此类细胞可能属于交感神经细胞[6]，并命名为cajal细胞。自此，间质细胞的属性一直是一个争论的问题。电镜观察表明，间质细胞具有成纤维细胞的超微结构特征。但由于该细胞的突起常与平滑肌和神经终末支形成一种特殊联接。间质细胞在神经兴奋的传递中是否具有作用，一直吸引着不少科学工作者的兴趣[12]。本实验观察在SML中的间质细胞内，常可见类似肌丝样的结构，与妊娠子宫中所见相似[13]，是否小肠各部中的间质细胞并非属于同一类型，存在于SML中的间质细胞如Yammato所建议的属于未分化细胞或不成熟的平滑肌细胞尚有待于进一步研究[14]。

综上所述，人小肠肌层的超微结构与其它实验动物相似，所不同的主要点在于特殊肌层的厚度与肠肌其它各层一样较实验动物为厚。

（本文承孙瑜、李巍同志及本校电镜室给予技术协助，特予致谢。）

参 考 文 献

1. Sliva DG. The fine structure and innervation of the innermost muscle layer of the cat ileum. Anat Rec 1971; 169:428
2. Gabella G, Innervation of the intestinal muscular coat, J Physiol (Lond) 1974; 240:1
3. Duchon G, et al, Circular muscle layers in the small intestine, Rend Gastro-enterol 1973; 5:127
4. Gabella G, Special musele cells and their innervation in the mammalian small intestine, Cell Tiss Res 1974; 153:63
5. Gabella G, Structure of muscles and nerves in the gastrointestinal tract, In" Physiology of the Gastrointestinal Tract" p:197 Ed: Leonard R, Jahnson, Raven Press New York
6. Maria Simonetta, Faussone Pellegrini and Cortesini C, Some ultrastructural features of the muscular coat of human small intestinal, Acta Anatomica 1983; 115:47
7. Faussone Pellegrin, et al, Ultrastructural peculiarities of the inner portion of the circular layer of colon, Acta Anatomica 1984; 120:185
8. Cai WQ (蔡文琴) and Gabella G. Structure and innervation of the musculature at the gastroduodenal junction of the guineapig, J Anat 1984; 139 (1):93
9. Henderson SM, et al. Cell contacts in duodenal smooth muscle layers. Am J Physiol 1971; 221:504
10. Polak JM and Bloom SR. Regulatory peptides of the gut, the essential mechanism for gut control. In" Recent advances in gastrointestinal pathology" p.123, Ed: Saunders, WB.) Philadelphia London, Toronto

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

11. Gabella G. Fine structure of the myenteric plexus in the guinea-pig ileum. J Anat 1972; 111:69
12. Thunberg L. Interstitutial cells of Cajal: intestinal pace maker cells? Adv Anat Embr Cell Biol 1982; 71:1
13. 蔡文琴，等。大鼠子宫妊娠期植物性神经的变化。解剖学报 1987; 18(1):69
14. Yamamoto M. Electron microscopic studies on the innervation of the smooth muscle and the interstitial cells of Cajal in the small intestine of the mouse and bat. Arch Histol Jpn 1977; 40:171

Ultrastructural Study on the Intestinal Muscular Coat in Human Beings

Cai Wenqin (Department of Histology and Embryology, Third Military Medical College)

An ultrastructural study was carried out on the muscular coat of human intestine. Special muscle layer(SML), which consisted of 1～6 rows of special muscle cells with the characteristics of smaller volume and more electron density than those of the muscle cells of the main component of the circular muscle layer (MCM), was found at the innermost (the mucosal side) of MCM. A space was usually found between the SML and MCM. Numerous nerve fibers were distributed within the connective tissue of the space. The density of nerve distribution and the frequency of varicosities in SML were the highest in the muscular coat of the intestine. A close contact between the axons and the muscle cells was usually found. The density of nerve distribution in MCM was the second and the longitudinal muscle (LM) was poorly innervated. Most commonly the axon was separated from the muscle by a gap over 100 nm in width in MCM and LM. Intermediate junction was present in SML, MCM, and LM, while gap junction could only be observed in MCM. Interstitial cells were seen in the connective tissue septa, and their processes were often in close contact with the muscle cells and axons. In the cytoplasm of the interstitial cells of SML, myofilament-like structure was sometimes found.

The ultrastructural features of the muscular coat of human intestine were compared with those found in laboratory animals and the physiological significance of these features was discussed.

Key words: Intestine; Smooth muscle; Nerve; Interstitial cell

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

成人小肠肌层的超微结构观察

（正文见第364页）

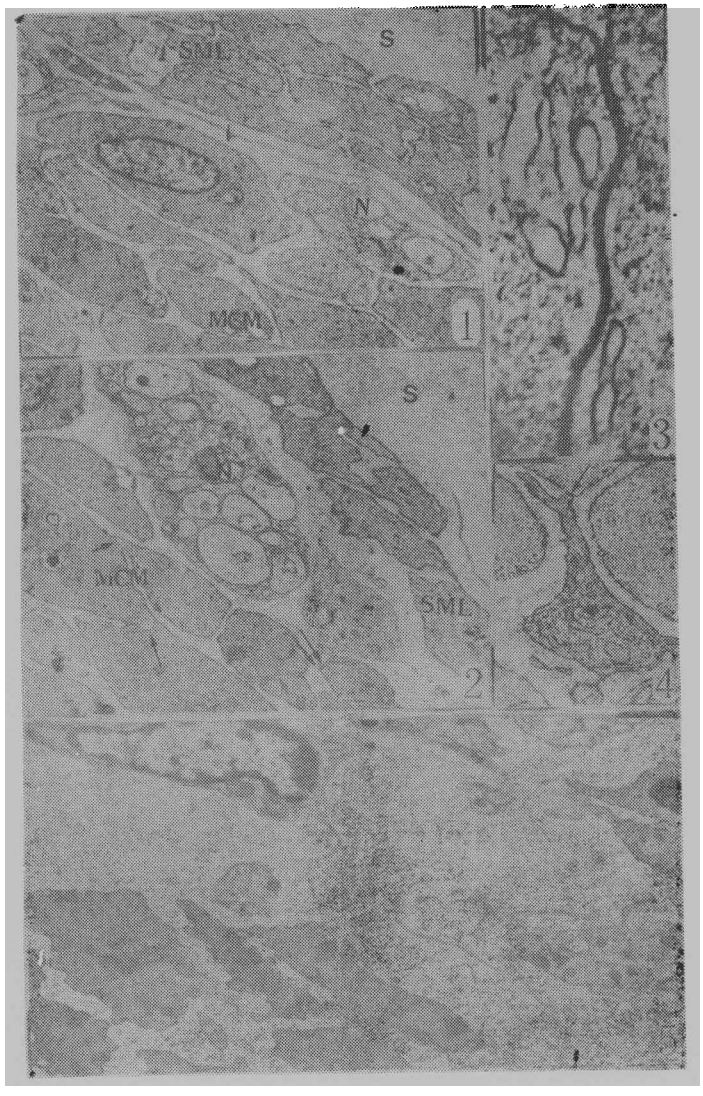


图1　小肠肌层的粘膜面，S：粘膜下层，可见在MCM的表面有三排特殊平滑肌细胞（SML），在SML及MCM的间隙内可见神经束（N）及间质细胞的突起（I）　×5 000

图2　小肠肌层的内面，S：粘膜下层，在MCM间有较多的缝隙连接（箭头），并可见间质细胞的突起与平滑肌细胞间形成连接（双箭头）　×5 000

图3　两平滑肌细胞间形成较长的缝隙连接　×105 000

图4　间质细胞突起与平滑肌细胞形成连接（箭头）　×7 500

图5　肌束隔内可见一间质细胞的细长突起　×7 500

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