维普资讯 http://www.cqvip.com

局解手术学杂志 1997 年第 6 卷第 4 期总第 24 期

脊髓动脉的巨微解剖及增龄变化

第三军医大学解剖教研室 邱明国

审校 朱星红

（重庆，邮政编码 400038）

近一个世纪以来，国外有不少学者对脊髓的血液供应进行了研究，但人们对脊髓的血供及脊髓血管病变的认识远不如对脑的血供及脑血管病的认识那么详细。以往认为脊髓的血管主要是由两条椎动脉的分支形成一条脊髓前动脉和两条脊髓后动脉。血流由头端向尾端流动，根动脉仅起补充供血作用。以后 Adamkiewicz（1882）与 kadyi（1889）发现脊髓前、后动脉不应看作只是椎动脉的分支，而主要是由根动脉上行支及下行支相互吻合而成，血液流动是双向的[1]。本世纪三十年代末，Turcen[2]与 Suh[3]较系统地报道了脊髓的血管配布，1966 年 Hassler[4]与 Turnbull[5]首次采用微血管造影术研究了人体正常脊髓的血供。随后由于解剖学技术的进步和临床应用的需要，脊髓的血液供应又引起了不少学者的关注。近几年来国内王金环[6-7]、金保纯[8-9]、周怀伟[10-11]等人对国人脊髓血供作了一些研究，但多涉及脊髓外部血管的配布，对于脊髓内部微血管构筑则极少关注。本文就有相关文献对脊髓血供及脊髓血管形态的增龄变化作一综述。

一、脊髓血管的发育及来源

每一器官开始发育时，供应该器官的血管便已发生了，随着器官的生长分化，血管也进行迅速而复杂的变化[12]。脑与脊髓均来源于胚胎时期的神经管，有着共同的供血规律。胚胎期，从背主动脉发出一系列小血管向背侧伸到神经管两侧，这些血管按一定间隔通入到体节间的疏松间质中，称之为背节间动脉。在颈部两侧的背节间动脉很早便由一组吻合支连结而成两条纵行血管，即椎动脉。尾侧部的背节间动脉也相应变化，通常第 7 节间动脉伸入上肢扩大而成锁骨下动脉，在锁骨下动脉颅侧原来连结背主动脉根及椎动脉的节间动脉消失，使椎动脉象成体一样从锁骨下动脉发出，但有少数椎动脉自主动脉弓或无名动脉发出，这值得临床重视。在椎动脉尾侧的胚胎各背节间动脉保留到成体，分布与原始形式基本相似，形成成体内的肋间动脉和腰节间动脉，这些动脉和神经管的早期关系在成体内仍然能从它们的脊髓支明显地看出。脊髓由多节段血管供血，这些血管来源一般可分为三大组：①来自锁骨下动脉的有椎动脉、颈升动脉、颈深动脉、上肋间动脉；②来自主动脉的有肋间动脉、腰动脉；③来自髂内动脉的有髂腰动脉、骶外侧动脉。

Feeny 与 Watterson[13]对鸡胚神经管内血管发生的顺序和部位研究发现，一般是先形成腹侧原始动脉束、外侧原始动脉束，然后形成背侧原始动脉束，并认为脊髓内毛细血管由神经管周围的内皮管以发芽的方式形成。Strong[14]采用墨汁灌注法对兔胚脊髓内血管发生进行了研究，发现兔胚象其它哺乳动物一样，脊髓表面很早就有丰富的动脉供应，在胚胎 11 天零时表面已完全血管化，但在脊髓内部及脊神经节内无血管存在。直至 13 天 2 时仅有间隔稀疏的单根毛细血管出现，而到胚胎 13 天 10 时脊髓内从颈段到骶段已完全血管化，其血管化仅 8 小时，由此作者认为脊髓内毛细血管是或部分是原位发生。

二、脊髓外部动脉的配布

脊髓外部动脉主要由纵行的脊髓前动脉和脊髓后动脉三条吻合链构成，并由根动脉补充供血。

1. 根动脉：根动脉来源于各节段性动脉，变异较大。根动脉到达脊髓后又分为前根动脉及后根动脉，分别参与组成脊髓前动脉和脊髓后动脉。①前根动脉：Admkiewicz 观察有 3～10 支，kadyi 报道为 5～10 支[15]，而 Dommisse[16]观察有 2～17 支平均 8 支。前根动脉管径约 0.2～0.8mm，较后根动脉粗。Lazorthes[17]指出前根动脉的位置是相对固定的，一般可以分为颈胸区（C_1～T_{1-4}），中胸区（T_3～T_8），胸腰区（T_9 以下）三个动脉区。在颈髓前根动脉有 0～6 支，多见于 C_1、C_5、C_6 神经根处。起于肋颈干的颈深动脉发出一脊支经 C_7～T_1 椎间孔入椎管供应脊髓及其被膜，此脊支亦称为颈膨大动脉（Lazorthes' 动脉），管径较粗，和脊髓上 1/3 相比，颈膨大部供血相对丰富。胸髓前根动脉约 2～4 支，Dommisse[16]发现 T_{4-9} 血运较差，且 T_{4-9} 椎管前后径（平均 13.6mm）、横径（平均 15mm）均较窄，是血供危险区。在腰骶段前根动脉有 1～2 支，主要由腰膨大动脉（Adamkiewicz's 动脉）供应，又叫大前根动脉，其直径可达 0.9～1.3mm，仅见于单侧，以左侧多见（85%），常位于 T_8～L_2 神经根处，其中位于 T_8～T_{10} 的占 40%，位于 T_{11}～L_2 的占 60%，这以下很少有补充动脉。周怀伟[10]报道 48 例中，大根动脉型（无补充动脉）41 例，副腰动脉（有补充动脉）7 例，补充动脉出现率为 15%。Jike[18]等观察到大前根动脉在硬膜内平均走行长度为 3.6mm（1.7～

维普资讯 http://www.cqvip.com

8.1cm)，与脊髓前动脉夹角平均为 20.1°(12°～28°)，这为外科手术提供了详细的形态学依据。②后根动脉：后根动脉支数较多，一般 6～20 支，相当于前根动脉的 2 倍，但后根动脉管径较细，为 0.2～0.5mm。颈腰部后根动脉较多，中胸部较少，位置多见于 C_4～C_6 及 T_9～L_1 神经根处。在大多数个体有 2 条较大的后根动脉，通常在腰膨大处加入脊髓后动脉。最大后根动脉比最大前根动脉出现率低，也没那么重要[19]。

根动脉的分布有其规律性，在颈髓通常两侧对称分布，在胸腰部左右不对称，左侧多于右侧。

2. 脊髓前（正中）动脉：脊髓前动脉起于椎动脉颅内段末端，国外有报道起自椎动脉吻合弓、基底动脉等处的[20]，脊髓前动脉变异较大，金保纯[9]将之分为四型：单支型、双支型、三支型、四支型，后两种较少见。Rodrigues～Baeza[20]则将之分为三型：I 型（双支型 77.4%）、II 型（单支型 9.7%）、III 型（起于椎动脉吻合弓 12.9%），他同时还发现脊髓前动脉发出内侧支或外侧支到延髓、橄榄等处，脊髓前动脉在 C_1、C_2 或更低（一般不超过 C_4）处合并为脊髓前正中动脉，向下接受各前根动脉形成一纵行于脊髓前正中裂的吻合链。在颈髓其管径较粗，平均 0.6mm；在胸髓细而直，平均 0.54mm，常见中断或狭窄，在大前根动脉注入以下，脊髓前正中动脉管径达到最大，平均 0.99mm。Dichiro[21]报道结扎罗猴的腰膨大动脉并不引起神经损害，但如在脊髓前正中动脉与腰膨大动脉汇合点以远结扎则引起截瘫，说明脊髓前正中动脉比任何单独营养脊髓的动脉更重要，虽然腰膨大动脉很重要，但亦不能单独供应脊髓足够的营养。脊髓前正中动脉到脊髓圆锥处突然变细并供应终丝，在圆锥处脊髓前正中动脉常发出分支与脊髓后外侧动脉形成“十字吻合”。周怀伟[10]报道此吻合袢在 29 例中双支型（W 型）有 7 例，单支型（V 型）有 10 例。

关于脊髓前正中动脉血流方向争议颇多[22]。参与形成脊髓前正中动脉链的前根动脉在到达脊髓前正中裂前均分为升降两支，每一降支与相邻下位的升支相吻合，在吻合点或其附近血流相对减少，形成“分水岭”。升、降支血流可向上、下双向流动，在颈髓中、下部前根动脉与前正中动脉呈“Y”型吻合，前根动脉呈水平方向，一般升支管径粗于降支，故血流以向上流动为主。在胸腰段升支细小，降支较粗大，且前根动脉向上斜行而成一个“发夹样”折曲，以大前根动脉尤甚，故血流以沿降支向尾侧流动为主。

3. 脊髓后（外侧）动脉：脊髓后动脉起于椎动脉内侧壁或小脑下后动脉，绕延髓下行，并有细小分支分布于薄束、楔束及其核和绳状体的尾背侧部[23]。该动脉左右各一支沿脊神经后根内侧下行，在起始部为清楚的单一血管，向下在各节段与后根动脉吻合成后外侧动脉，变得不规则，吻合丰富，很大程度上保留下胚胎时期的丛状、网状、较少出现供血障碍。Suh[3]等观察到在某些平面上脊髓后外侧动脉有一支靠近正中线，但金保纯[9]等未发现到这一现象。

4. 动脉冠：动脉冠又称冠状动脉，系脊髓前（正中）动脉、脊髓后（外侧）动脉和根软膜动脉的分支在脊髓表面相互吻合而形成的软脊膜丛，围绕脊髓横行，在颈、腰膨大处冠状动脉较密集，在胸段则稀疏。由冠状动脉发出分支沿软脊膜隔呈放射状进入脊髓实质，与脊髓表面呈垂直状。动脉冠作为脊髓前（正中）动脉、后（外侧）动脉的吻合通路，可调节整个脊髓的血流，但 Turnbull[5]、Gillian[11]等认为冠状动脉管径有限，在纵行动脉干之间仅形成极有限的吻合通路。

三、脊髓内部动脉构筑

脊髓内动脉包括中央动脉系统和周围动脉系统。

1. 中央动脉系统：中央动脉来自脊髓前（正中）动脉，又叫沟动脉或前中央动脉，通过前正中裂达灰质前连合再弯向外侧进入灰质，在灰质内反复分支，围绕神经细胞形成很密的毛细血管网。在颈段中央动脉左右支往往分开，在其它节段一般先发出一总支，然后再分为左右两支，有时亦可在不同平面左右支交替发出。Hassler[4]观察整个脊髓共有中央动脉 180～200 支，其中颈段 5～8 支/cm，直径 0.21±0.25mm，长 4.5±1.0mm；胸段 2～5 支/cm，直径 0.14±0.04mm，长 4.3±0.9mm；腰骶段 5～12 支/cm，直径 0.23±0.05mm，长 4.7±1.2mm，这再次说明胸髓的血流量少于其它脊髓节段。在颈胸段中央动脉从脊髓前（正中）动脉呈锐角发出，在腰骶段成直角发出。中央动脉系统供应脊髓前 2/3 部分，包括前角、侧角、灰质前后连合、后角基部及前索、侧索。脊髓前动脉梗塞综合征常导致这些部位的坏死，临床上出现截瘫或四肢瘫痪，伴有膀胱功能障碍、痛温觉丧失而深感觉无异常。Hassler[4]还发现中央动脉的分支可在纵行方向上升或下降，在颈髓中央动脉分支可上升或下降 0.4～1.9cm，在胸髓为 0.6～3.0cm，在腰髓为 0.3～1.7cm，在上两个骶髓节段为 0.2～1.1cm。相邻中央动脉的上升支或下降支相互重迭。Tveten[24]观察中央动脉纵行支之间、横行支之间在毛细血管水平以上均无吻合，但 Agnoli[25]等认为中央动脉在脊髓前正中裂深部及脊髓实质内形成纵行吻合链并贯穿全长，而且中央动脉横行支之间亦相互连结。

2. 周围动脉系统：由来自脊髓后（外侧）动脉、软脊膜动脉或冠状动脉的穿支构成，及脊髓周围和后正中沟穿入脊髓，供应其外周及后 1/3，包括脊髓侧索、后索及后角的顶部，白质深部的 1/4～1/3 和灰质外周

维普资讯 http://www.cqvip.com

部由周围动脉穿支与中央动脉重迭供应，重迭范围较大的是后索、侧索部分，而后角、前索部分重迭最少。供应脊髓后角的较大分支常呈锐角自脊髓后(外侧)动脉发出并向颅侧延伸，后中间穿支相对较粗，常伸至灰质内并环绕脊髓中央管，这些血管的大小、数目自下胸段到腰骶段逐渐减少[24]。

由于中央动脉和周围动脉均属机能性终末动脉，是完全分离的独立供血系统，在中央动脉与周围动脉交接处血供较少，血压低，称这为边缘区。在低血压、低氧状态时，边缘区常发生血循环障碍，特别是 T_1 上下的后角底部和中央管的后面常出现“铅笔状”软化区，即所谓边缘区坏死[26]。

3. 脊髓内毛细血管分布：脊髓灰质内毛细血管密度高于白质，这是由于胞体比轴突有更大的代谢需求。白质内毛细血管密度基本一致，但后索、侧索的毛细血管密度稍高于前索。灰质内毛细血管密度变化较大，即神经细胞密集处毛细血管就密。Veten[24]发现脊髓前角、侧角毛细血管密度高，而后角基底部、中间部分毛细血管密度较低。同样，王笃抡[27]等测定猪胸髓毛细血管比容积时发现灰质毛细血管比容积明显大于白质，脊髓前角和中间带的毛细血管比容积大于后角，即运动性核团的毛细血管比容积大于感觉性核团，他认为与 Duvernoy[28]、张恩潭[29]等观察脑内感觉性核团毛细血管密度高于运动性核团的结果不相符合，这是否与测量部位有关还有待研究。

Gelfan 及 Tarlor[30]在研究脊髓各种结构对毒性的易感性时发现运动神经元易感性最强，其次是中间神经元及脊髓内部初级传入神经元，这也从另一个侧面证实了 Tveten[24]及王笃抡[27]等人的观察结果。Krogh[31]用兔试验时发现前角周边的运动神经元比中央的神经元更耐受缺血。通过研究兔、猴、狗脊髓的血供，他发现周边细胞更靠近毛细血管动脉端而中央的细胞更靠近静脉端。

四、脊髓血管形态的增龄变化

在胚胎期脊髓有 30～31 对根动脉，与神经根一样完全为节段性，位置与椎间孔一致。以后由于不同器官或局部的不相等生长，尤其是神经管相对于消化管及别的较为腹侧的结构更向头侧移动，引起脊髓神经根与根动脉向上斜行，决定了根动脉汇入脊髓前、后动脉的“发夹样”外形，并且有许多根动脉变细、消失而不能到达脊髓。Dommisse[32]观察了婴儿脊髓血供，认为不满 1 岁的婴儿脊髓血液供应在个体发育中比其它任何年龄都丰富。虽然成人脊髓较婴儿长 4～5 倍，横切面大 3～4 倍，但成人脊髓血管口径仅比婴儿大 1～2 倍，这反映了神经器官在发育过程中的需要，也证实了物质代谢旺盛的部位，所需要的血液供应就丰富。

Gillian[19]认为婴幼儿及成人脊髓血供的配布形式、血管口径及毗邻关系无显著差异，脊髓血供系统在胚胎 6 月时已完全形成。但 Chiro[32]等利用微血管造影术观察发现有 60% 的胎儿及婴幼儿脊髓前正中动脉呈纡曲状，一般胎儿 5 月以前无此纡曲，自 5 月以后到出生可见脊髓前正中动脉明显纡典，到 2 岁或 3 岁后纡曲逐渐消失或不明显，临床上常易将此纡曲误诊为动静脉畸形。婴幼儿脊髓胸腰段前根动脉与脊髓前正中动脉“发夹样”吻合已很明显，但是成人脊髓前正中动脉“分水岭”现象在婴幼儿中未能发现。

Turnbull[5]在研究中发现 70 岁以上老人脊髓表面或髓内小血管常纡曲或成袢状，但未发现有动脉硬化引起的血管狭窄现象。Hassler[34]发现在老年性痴呆患者脑中有类似的小动脉纡曲现象，中枢神经系统中这种老年人小血管纡曲的机能意义还尚待研究。Mannen[35]在 300 例老年尸检中发现脊髓血管动脉粥样硬化改变很轻，仅在 2.6% 的尸体中发现脊髓前动脉有粥样化斑块。但作者观察到大部分标本中脊髓外部或髓内小动脉管壁增厚，尤其是内膜，有些标本中脊髓动脉内弹力膜明显重迭、分裂，脊髓前动脉比脊髓后动脉更明显。Jellinger[36]在 1037 例尸检中发现脊髓主要血管动脉粥样硬化率为 12.7%，41 岁以上组为 22.2%，61 岁以上组为 27.1%。作者观察到脊髓小血管纤维化、内膜增厚、内弹力膜肥厚、断裂及管腔狭窄等现象的严重程度随年龄增长呈上升趋势。

综上所述，目前国内研究多限于脊髓外部的血管配布，国外研究虽较深入，但对髓内微血管构筑、毛细血管密度的定量研究仍很缺乏，尤其是脊髓血管形态和功能的增龄变化及其临床意义还值得进一步研究探讨。

参考文献

1. 韩仲岩，等．实用脑血管病学．上海科技出版社 1994；372.
2. Tureen LL. Circulation of the spinal cord and the effect of vascular occlusion. Ass Res Nerv. Proc. 1938；18：394.
3. Suh TH and Alexander L. Vascular system of the human spinal cord. Arch Neurol Psychiat (chic) 1939；41：659.
4. Hassler O. Blood supply of human spinal cord A microangiographic study. Arch. Neurol. 1966；15：302.
5. Turnbull Im, et al. Blood supply of cervical spinal cord in man. A microangiographic cadver study. J Neuro surg 1966；24：951.
6. 王金环，等．脊髓动脉的显微解剖，解剖学杂志 1992；15：418.

维普资讯 http://www.cqvip.com

7. 王金环，等．脊髓根动脉的观察，蚌埠医学院学报 1993；18：156.
8. 金保纯，等．脊髓动脉及其配布形式，解剖学报 1985；16：21.
9. 金保纯，等．中国人的脊髓动脉，白求恩医科大学学报 1981；7：6.
10. 周怀伟．脊髓动脉的临床解剖学研究，解剖学通报 1984；7：3.
11. 周怀伟．脊髓供血的生物力学研究，生物医学工程学杂志 1992；9：23.
12. Patten BM. Human embrology. J & A. Churchill. London，1953；470.
13. Feeny JF. Jr and watterson RL. The development of the vascular pattern within the walls of central system of the chick embryo. J. Morph 1946；78：231.
14. Strong Lh. The first appearance of vessels within the spinal cord of the mammal. Acta Anat 1961；44：80.
15. 引自 [9]．
16. Dommise GF. The blood supply of the spinal cord；A critical vascular zone in spinal surgery. J. Bone joint surg (B) 1974；56：225.
17. La zorthes G，et al. Arterial vascularization of the spinal cord. J. Neurosurg. 1971；35：253.
18. Jike Lu. Valnera bility of great medullary artery. spine 1996；21：1852.
19. Gillian LA. The arterial blood supply of the spinal cord. J. comp. Neurol 1985；110：75.
20. Rodrigues—Baeza A，et al. Anterior spinal arteries. Acta Anat. 1989；136：217.
21. Dichiro G，et al. Ligation of major thoraco—lumbar spinal cord arteries in monkeys. J. Neurosurg. 1969；31：608.
22. Turnbull Im. Blood supply of the spinal cord，normal and pathologicul considerations. Clin Neurosurg. 1973；20：56.
23. 赵宝麟．颈椎伤病学，上海科技教育出版社 1993；16.
24. Tveten L. Spinal cord vascularity. Acta Radiologica Diagnosis. 1976；17：257.
25. Agnoli A. The vascularization of the spinal cord. Anatomical and pathophysiological aspects. Vasc，surg. 1970；4：245.
26. Wolf HK，et al. Arterial border zone necrosis of the spinal Chn. Neuropathol 1990；9：60.
27. 王笃松，等．猪胸髓毛细血管分布的观察及其比容积测量，四川解剖学杂志 1997；待发表．
28. Duvernoy HM. Human brain stem vessels. Springer—verlag，Berlin，herdelberg. New York. 1978；27.
29. 张恩潭．立体学在分析人延髓脑桥毛细血管密度的初步应用，解剖学杂志 1989；12：61.
30. 引自 [19]
31. 引自 [19]
32. Chiro DG，et al. Microangiography of human fetal spinal cord. Am J. Roentgen. 1973；118：193.
33. Dommisse GF. The arteries and veins of the spinal cord from birth. Chur chill Livingstone，Edinburgh. 1975：250.
34. Hassler O. Vascular changes in senile brains. A microangiographic study. Acta Neuropath. 1965；5：40.
35. Mannen T. Vascular lesions in the spinal cord in the aged. Clin Neuro (Jap) 1963；347.
36. Jellinger R. Spinal cord arteriosclerosis and progressive vascular myelopathy. J. Neurol. Neurosurg. Psychiat 1967；30：195.

（收稿日期：1997—05—04）

42—44

体外培养甲状旁腺细胞形态与功能的实验研究

哈尔滨医科大学附属第一医院普外科 宋 纯 张伟辉 宋春芳 率尊义

哈尔滨医科大学附属第二医院普外科 聂 刚

黑龙江省人民医院放免中心 张昌秋 双 赫 丁久立

（黑龙江哈尔滨，邮政编码 150001）

提要 甲状旁腺移植仍是治疗甲状旁腺机能减退症理想的方法。如何提高移植成活率并使移植的甲状旁腺细胞（以下简称 PTG 细胞）具有正常的分泌功能是个关键问题，本课题通过对大白鼠甲状旁腺细胞的体外培养，发现培养的 PTG 细胞，保持原有的形态结构并具有正常的分泌功能，为对人体 PTG 细胞移植，提供了新的实验依据。

关键词 甲状旁腺；甲状旁腺机能减退症；甲状旁腺细胞移植。

各种原因引起的甲状旁腺功能低下所产生的血钙代谢障碍，是临床治疗的一个难点。因而，国内外学者