

综述

根动脉的解剖特点与脊髓缺血的关系

孙其志, 任先军

(第三军医大学新桥医院骨科 400037 重庆市)

中图分类号: R322.85, R654.4

文献标识码: A

文章编号: 1004-406X(2005)-09-0556-04

脊髓的血液供应有两个来源,一是椎动脉发出的脊髓前、后动脉;二是来自节段性动脉,如锁骨下动脉、肋间动脉、腰动脉、骶外侧动脉等的脊髓支。脊髓前、后动脉在下行过程中,不断得到节段性动脉的增补,以营养脊髓。根动脉就是来源于这些节段性动脉,它在脊髓血供中有一定的意义,它的损伤可能影响脊髓的血供和功能。但多年来对于脊髓血供的研究意见不一致^[1],脊髓根动脉的复杂性以及它的损伤是否会造成脊髓缺血梗死尚存在争议。

1 根动脉的解剖

脊柱两侧的节段性动脉经椎间孔进入椎管,除发出细支营养椎体、椎弓等外,较粗大的分支营养脊神经节和脊神经前、后根,然后向内侧分支至硬脊膜,穿过硬脊膜和蛛网膜沿前、后根进入脊髓。有文献报道只有外径在 0.6mm 左右的动脉才有可能至脊髓^[2]。这些进入脊髓的动脉分支就称为根动脉或根髓动脉。按进入的位置不同又分为前根动脉和后根动脉,它们分别伴神经前根和后根汇入脊髓前、后动脉,维持脊髓前、后动脉血流的连续性,在脊髓血液供应中有十分重要的意义。根动脉的来源共有三大组:(1)椎动脉、颈深动脉(源于肋颈干)、颈升动脉(源于甲颈干)、上肋间动脉(源于肋颈干),这些动脉均来自锁骨下动脉;(2)肋间动脉、腰动脉,均来自主动脉;(3)髂腰动脉、骶外侧动脉,均来自髂内动脉。这些动脉之间存在着广泛的吻合,而且它们发出的根动脉在椎管内硬膜外腔的疏松结缔组织中也存在着广泛的吻合,尤其在颈、胸区相对丰富。根动脉在胚胎时期共有 31 对,但随着不断发育许多根动脉逐渐消失,仅有少数几条根动脉持续存在于成年人脊髓,而且根动脉的大小、数目、位置的个体差异极大,特别是大根动脉,主要分布在 C4~C8、T1、T5、T8、T9^[3,4]。前根动脉和后根动脉发自同一根动脉的占 79%,其中在颈髓的出现率是 27%,胸髓出现率为 68%,腰髓则为 5%,这种情况主要发生在脊髓左侧,可能与主动脉在脊柱左侧有关。前、后根动脉在脊髓左右两侧排列复杂,变异性大,脊髓左右两侧有不少对称排列的根动脉,前根动脉出现对称排列占 19%,后根动脉出现对称排列占 67%^[5],但成对的根动脉中其供血能力并不是等同的,而是以一条根动脉为主,另一

条为辅。颈段根动脉比较丰富,C8 以上除了一条较大的颈膨大动脉供应之外还有一些小的根动脉供血,C8~T9 有两条小的根动脉供血,T9 以下脊髓主要靠一条大的根动脉——Adamkiewicz 供血,除此之外肾脏平面以下还有几条小的根动脉^[3,4]。

1.1 前根动脉

伴随着神经前根进入脊髓的根动脉称为前根动脉,不同节段的前根动脉向内行至前正中沟外侧分升、降支,与脊髓前动脉在前正中沟处吻合,角度大致在颈段呈直角;在胸腰段呈锐角,吻合后脊髓前动脉管径增粗。前根动脉的汇入使得脊髓前动脉得以连续,维持整个脊髓前面 2/3 的血供。研究发现国人脊髓前根动脉平均 5 条左右^[6,7],在颈部前根动脉来自于左右两侧大致相同,而在胸腰部则来自于左侧的前根动脉占多数。

颈部前根动脉相对丰富,一般为 2~3 条,主要分布在 C5,其次是 C4 和 C6。其来源也比较复杂,一般认为 C1~C3 节段颈髓血供主要来自椎动脉发出的脊髓前动脉;C4~C6 节段颈髓血供来自椎动脉和甲颈干发出的前根动脉;C7~C8 节段则来自肋颈干发出的前根动脉。Chakravorty^[8]指出 C5 以上的前根动脉主要来自于椎动脉和甲颈干发出的颈升动脉,而且这两条动脉的分支总是有吻合,而 C6 的前根动脉主要来自椎动脉,C7 或 C8 的前根动脉则来自肋颈干发出的颈深动脉,但肋颈干和甲颈干之间很少有吻合。

胸部的前根动脉主要来自肋间动脉的分支,肋间动脉在肋横突关节内侧发出根动脉,根动脉再逐渐上升到椎间盘下缘水平进入椎间孔。胸髓前根动脉一般为 2~3 条^[6,7]。周怀伟认为主要分布在 T7~T10,金保纯认为主要分布在 T4 和 T9 节。根动脉很少伴随 T1、T2,这个部位的肋间动脉主要来自肋颈干。

腰骶部的前根动脉较少,无前根动脉者占多数。金保纯等^[9]观察发现腰骶髓部没有根动脉的比例占 63.37%±4.79%,如有则多为 1 支,常见于 L1、L2,很少伴随 L3 以下各根。人的腰骶髓主要由肾动脉起点以上的主动脉发出的腰膨大动脉(即 Adamkiewicz 动脉)供血。腰骶部前根动脉主要来源于腰动脉和骶外侧动脉等。

1.2 大前根动脉

在脊髓前根动脉中,总是有一条或两条比较大的动脉,在颈部称为颈膨大动脉,在腰部称为腰膨大动脉即 Adamkiewicz 动脉。颈膨大动脉 60%出现在左侧,分布在

第一作者简介:男(1977-),在读硕士研究生,研究方向:脊柱外科
电话:(023)65230671 E-mail:sunqizhi915@sohu.com

C4~C8, 主要在 C5, 其次是在 C4 和 C6, 从来不会在 C3 出现^[8]。其平均管径为 0.57mm, 主要供应脊髓颈膨大动脉区。颈膨大动脉尚未正式命名, 由于颈部根动脉较丰富, 对此动脉的研究不多。腰膨大动脉于 1882 年首先由 Adamkiewicz 描述, 因而称为 Adamkiewicz 动脉, 是下半部脊髓的主要供血动脉。该动脉 80% 出现在左侧, 见于 T7~L3 各神经根, 以 T9 最多, 其中 T5~T8 占 15%, T9~T12 占 75%, L1~L2 占 10%^[9]。一般供应脊髓下 2/3, 也有人认为供应下 1/4, 最多达到 1/2, 其平均外径为 0.98mm。该动脉到达脊髓前正中裂附近分为升、降两支, 与脊髓前动脉吻合。它不同于其它根动脉, 在硬膜下行程较长, 因此与脊髓前动脉的夹角较小, 约为 $20.1^{\circ} \pm 5.5^{\circ}$, 但在硬膜外行程较短, 并靠近肋横突关节, 因而在肋椎关节离断术时应注意保护, 以免造成医源性损伤。腰膨大动脉多数是脊髓下半部唯一的前根动脉, 因此是脊髓的重要供血动脉, 绝大多数来源于肾动脉平面以上的腹主动脉和胸主动脉, 主要来自肋间动脉或腰动脉的后支。很多情况下 Adamkiewicz 动脉与胸腰部后根动脉起源于同一条血管。

1.3 后根动脉

后根动脉数目相对较多, 平均 11 支, 但管径较细, 平均管径为 0.3mm, 脊髓左右两侧呈对称排列的后根动脉出现率约为前根动脉的 3.5 倍^[6]。后根动脉出现于 C4~C8、T8~T11 各节者较多, C3、T1 和 L4 以下各节较少, S2 以下全无。它们不同于前根动脉, 在达到脊髓或未达到脊髓时就已经分成多数分支动脉, 形成脊髓表浅血管网, 常常分为两个上升支与两个下降支, 在脊髓的背侧或外侧形成辅助血管。后根动脉及其汇合成的左右两条后外侧动脉一般都在脊髓颈、腰膨大处发达, 口径较大, 吻合丰富, 但在中胸段和上颈段则较为薄弱, 且常有中断。另外, 在大前根动脉出现的节段, 往往也有一支口径较粗大的后根动脉, 其意义与大前根动脉应是一致的。尽管在膨大处口径较大, 但是没有象颈、腰膨大动脉那样明显。周怀伟^[6]认为有部分后根动脉与前根动脉来自于一个共同的根动脉干, 分布于相同的脊髓节段, 形成一个半环形的根-脊髓前后动脉环, 以左侧多见 ($62\% \pm 8\%$), 当发出动脉环的根动脉梗塞时, 可使位于脊髓同一平面的前、后根动脉同时受累。

在颈髓, 后根动脉主要出现于 C4、C5、C6, 与前根动脉数目大致相等。常有一条较大的后根动脉出现在 C2~C6, 主要在 C4、C5、C6 水平。

在胸腰髓, 胸髓后根动脉大约是前根动脉的 2.5 倍, 腰骶髓后根动脉是前根动脉的 4 倍^[6], 在中胸部即第 5 至第 8 肋间动脉发出的后根动脉最多, 在腰部即第 1 至第 3 腰动脉发出的后根动脉最少。左侧后根动脉起源于第 9 肋间动脉最多, 右侧起源于第 8 肋间动脉最多^[6]。偶尔腰部的后根动脉比其它区域的根动脉要粗大些, 但是决不会象腰膨大动脉那样。

2 根动脉损伤后脊髓缺血情况

临床上骨折脱位、外伤、胸或腹主动脉瘤手术、神经根阻滞、脊柱脊髓手术、经皮穿刺椎间盘髓核摘除术、脊髓栓塞手术、介入放射治疗等都有可能造成根动脉或发出根动脉的节段性动脉的损伤, 从而导致脊髓的缺血梗死, 产生截瘫并发症。但是对于根动脉损伤对脊髓缺血的影响观点不一, 有人认为根动脉只是脊髓前动脉的补充, 它的损伤对脊髓血供产生的影响不大。Shimomura 等^[11]通过阻断根动脉试验认为根动脉的损伤不会造成颈髓的缺血。邱勇等^[12]通过对 31 例胸段脊柱侧凸前路凸侧开胸患者阻断节段性血管后发现, 尽管出现暂时性的脊髓传导障碍, 但很快恢复。Winter 等^[13]回顾了 1197 例脊柱侧凸前路手术患者, 阻断节段性动脉后均无神经损伤并发症发生。Biglioli 等^[14]也认为节段性动脉是可以结扎的, 因为脊髓前动脉是连续的, 即使没有了节段性动脉的血供, 脊髓前动脉完全可以为脊髓供血。但是 Svensson^[15]却认为脊髓前动脉是有狭窄的, 在狭窄处它不足以为远端脊髓供血, 如果结扎了节段性动脉, 脊髓前动脉中通过狭窄处的血流很少, 这样势必导致远端脊髓的缺血。Chakravorty 等^[8]也认为根动脉对于脊髓的供应有着重要的意义, 任何根动脉的创伤都会缩减脊髓前动脉的血流量而导致颈髓缺血, 大的前根动脉损伤造成的脊髓梗死与脊髓前动脉栓塞造成的脊髓梗死没有多大差别。

颈髓的根动脉比较丰富, 而且有较多的吻合, 更主要的是脊髓前动脉刚刚发出, 此时对脊髓血供起主要作用的应该是脊髓前动脉, 对于根动脉的损失似乎不会产生多大的影响。Hoshino 等^[16]对 15 位患者进行了单侧椎动脉结扎, 发现由于对侧椎动脉的代偿, 患者没有发生颈髓缺血病变。Shimomura 等^[11]通过阻断单侧或双侧根动脉试验认为颈部根动脉的损伤不会造成颈髓的缺血。但有学者认为^[10], 在高位颈髓脊髓前动脉起主要作用, 而低位颈髓则主要是靠根动脉对脊髓前动脉的补充得以实现对颈髓的血供。Brouwers^[17]报道因 C6 神经根诊断性阻滞使得类固醇类药物注入 C6 处根动脉引起阻塞, 从而造成了颈髓的梗死, 导致患者截瘫。Karasek 等^[18]也报道过类似病例, 当在 C6~C7 处注射局麻药的时候, 药物进入根动脉引起暂时性的四肢麻痹, 由于此原因而没有再注射类固醇药物, 以免发生截瘫。有人推测^[19], 在颈椎病减压手术后造成的 C5 瘫痪是由于损伤了 C5 处的根动脉所致, 因为 C5 处是颈膨大动脉出现最多的节段, 手术有可能使得根动脉损伤, 引起颈髓缺血。其实根动脉的损伤是否对颈髓造成缺血影响不是笼统地说能或者不能, 要根据引起损伤的根动脉的位置和在颈髓血供中占有的份量, 在颈髓血供中一个小的根动脉的损伤可以很快由其它的血管来代偿, 但是一个大的根动脉或者起重要血供的根动脉的损伤就有可能导致颈髓的梗死。

在胸髓, 根动脉主要来自肋间动脉, 因此, 凡是外科手术中有损伤肋间动脉的操作都会影响脊髓血供。宫良泰等^[20]对 14 例脊柱侧凸患者保留根动脉和切除根动脉进行比

较,发现保留根动脉的手术方式发生截瘫的几率很小。徐根兴等^[21]也通过试验证实肋间动脉对脊髓血供起着重要作用。Shamji 等^[22]认为在胸部手术中肋间动脉的损伤或主动脉的夹闭可导致脊髓血供减少而造成截瘫。刘树清等^[23]报道 12 例胸椎无骨折脱位型脊髓损伤的病例,认为脊髓损伤是由于脊髓血管及根动脉损伤所致。Safi 等^[24]认为缝合 T9~T12 之间的肋间动脉可以防止神经损伤。Svensson 等^[15]也认为不能有效地缝合节段性动脉会导致脊髓缺血的发生。戴景兴等^[25]通过动物试验发现结扎双侧第 7~11 肋间动脉起始部将极大地影响胸腰段脊髓的动脉血供。因此手术中应避免肋间动脉的结扎,尤其是双侧肋间动脉。

腰髓的血供主要来自腰膨大动脉,腰膨大动脉汇入脊髓前动脉前脊髓前动脉往往是狭窄的,汇入后脊髓前动脉增粗,因此认为其远端的脊髓血供主要来自腰膨大动脉。研究发现有 70%左右的腰膨大动脉是脊髓下半部唯一的前根动脉,基于这一解剖特点,许多外科医生要缝合下胸和腰部的节段性动脉,以免造成这一前根动脉的血流障碍。腰膨大动脉的损伤会造成患者因脊髓缺血而截瘫。但是,也有人认为不缝合这些节段性动脉是没有危险的。Griep 等^[26]依次夹闭胸腰部每一对节段性动脉,8~10min 之内没有诱发电位改变时再将这些节段性动脉剪断,术后 2%发生截瘫。他们认为脊髓前动脉由于许多根动脉的汇入保持了功能的连续性,腰髓的血供不只是单一地依赖腰膨大动脉。动物试验也发现当结扎 T12~L2 的双侧根动脉后脊髓组织基本正常^[27]。詹名抒等^[28]通过动物试验发现结扎 4 对腰动脉后犬后肢发生瘫痪,1~2d 后肌力恢复到 2~3 级,7d 后恢复到可以跑的程度。Morishita 等^[29]研究认为每个人的脊髓前动脉狭窄的程度是不一样的,那种脊髓前动脉仅有轻微狭窄的人,当节段性动脉结扎后造成远端脊髓缺血的几率很小。他们发现脊髓前动脉越狭窄,远端脊髓就越依赖前根动脉的供血。因此目前的解剖研究提示我们,如果脊髓前动脉非常狭窄,那么缝合节段性动脉是非常必要的,但是如果没有狭窄或仅有轻度狭窄,那么节段性动脉的损失是没有妨碍的。如果根动脉汇合处以上的脊髓前动脉的管径比以下的管径要粗,那么节段性根动脉对腰髓的血供就十分重要了。

脊髓根动脉的数量、分布、大小、起源和位置个体差异比较大,有些根动脉尽管存在,但是它的损失可以很快由其吻合支或其它血管代偿,对脊髓影响不大;有些根动脉则是脊髓血供的关键动脉,它的损失就有可能使脊髓产生致命性损伤,引起脊髓功能障碍,导致不可恢复性截瘫。但在手术等外科操作中不好把握哪些根动脉是重要的,哪些是可有可无的。随着脊髓磁共振、血管造影等技术的应用,人们在神经根注射、脊柱脊髓手术等各种操作时可以了解到哪些节段性动脉是必须要避免损伤的,哪些节段性动脉需要缝合,以防止截瘫的发生。相信随着临床新技术的进一步开展,手术方式的改善和实验研究的进一步深入,外科操作中因根动脉损伤发生截瘫并发症的病例会越来越

少。

3 参考文献

1. 胥少汀,郭世绂.脊髓损伤基础与临床[M].第二版.北京:人民卫生出版社,2002.81-82.
2. 纪荣明,程林发,唐军,等.椎管内节段性营养动脉的应用解剖学研究[J].第二军医大学学报,1997,18(5):413-414.
3. Cheshire WP, Santos CC, Massey EW, et al. Spinal cord infarction: etiology and outcome[J]. Neurology, 1996, 47(2):321-330.
4. Alleyne CH, Cawley CM, Shengelaia GG, et al. Microsurgical anatomy of the artery of Adamkiewicz and its segmental artery[J]. Neurosurg, 1998, 89(5):791-795.
5. 周怀伟,孙宪成,孙同舟.根动脉在脊髓的排列特征[J].中华临床医药杂志,2002,3(22):63-64.
6. 周怀伟,文萃.脊髓动脉的临床解剖学研究[J].解剖学通报,1984,7(3):211-216.
7. 金保纯,李金库,王景德.脊髓动脉及其配布形式[J].解剖学报,1985,16(1):21-27.
8. Chakravorty BG. Arterial supply of the cervical spinal cord (with special reference to the radicular arteries)[J]. Anat Rec, 1971, 170(3):311-329.
9. Domisse GF. The blood supply of the spinal cord: a critical vascular zone in spinal surgery [J]. J Bone Joint Surg (Br), 1974, 56(2):225-235.
10. 王琨,李崇谦,贺能树.后髓动脉的应用解剖学研究[J].天津医科大学学报,1998,4(3):212-232.
11. Shimomura Y, Hukuda S, Mizuno S. Experimental study of ischemic damage to the cervical spinal cord[J]. Neurosurg, 1968, 28(6):565-581.
12. 邱勇,凌为其,沈勤,等.节段性血管阻断对脊髓传导功能的影响[J].中国脊柱脊髓杂志,2002,12(4):258-260.
13. Winter RB, Lonstein JE, Francis D. Paraplegia resulting from vessel ligation[J]. Spine, 1996, 21(10):1232-1233.
14. Biglioli P, Spirito R, Roberto M, et al. The anterior spinal artery—the main arterial supply of the human spinal cord: a preliminary anatomic study [J]. Thorac Cardiovasc Surg, 2000, 119(9):376-379.
15. Svensson LG, Crawford ES, Hess KG, et al. Experience with 1509 patients undergoing thoracoabdominal aortic operations [J]. Vasc Surg, 1993, 17(2):357-370.
16. Hoshino Y, Kurokawa T, Nakamura K, et al. A report on the safety of unilateral vertebral artery ligation during cervical spine surgery[J]. Spine, 1996, 21(12):1454-1457.
17. Brouwers PJAM, Kottnik EJB, Simon MAM, et al. A cervical anterior spinal artery syndrome after diagnostic blockade of the right C6-nerve root[J]. Pain, 2001, 91(3):397-399.
18. Karasek M, Bogduk N. Temporary neurologic deficit after cervical transforaminal injection of local anesthetic[J]. Pain Med, 2004, 5(2):202-205.
19. Hoshino Y, Kurokawa T, Nakamura K, et al. A report on the safety of unilateral vertebral artery ligation during cervical

环氧化酶在腰痛中的作用

隰建成¹, 侯树勋²

(1 解放军总医院 309 临床部骨科 100091 北京市; 2 解放军总医院 304 临床部骨科 100037 北京市)

中图分类号: R681.5, R363.2 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2005)-09-0559-03

腰痛是临床常见症状, 严重影响患者的生活质量。环氧化酶(Cox)途径是机体花生四烯酸代谢的重要过程, 在下腰痛的发病机制中具有重要的作用。花生四烯酸由细胞膜磷脂水解而来, 在 Cox 的作用下, 转变成前列腺素内过氧化物酶(PGG₂, PGH₂), 后者再转变成血栓素 A₂、前列腺环素(PGI₂)及其它前列腺素(PGs)而发挥多种生物学作用。Cox 主要有两种亚型, 即 Cox-1 和 Cox-2^[1-3]。笔者就脊髓中 Cox 及其在腰部异常性疼痛、痛觉过敏中的作用作一综述。

1 基因定位与结构特点

Cox-1 基因位于 9 号染色体上, 长度为 22kb, 含有 11 个外显子与 10 个内含子。从 Cox-1 的 mRNA 反转录得到的 cDNA 长度为 2.7kb, 编码 599 个氨基酸, 其羧基侧是阿司匹林乙酰化的部位。Cox-2 由 604 个氨基酸组成, 与 Cox-1 的氨基酸次序有 61% 同源, 其中与酶特性相关的区域有 75% 相同, 其肽链结构有两个方面与 Cox-1 明显不同: Cox-1 N 端的信号肽长(30 个氨基酸), 而 Cox-2 则短

(12 个氨基酸); Cox-2 的 C 端有一个特异的 18 个氨基酸片段, Cox-1 则不含此片段^[4]。

2 表达部位

Cox-1 几乎在机体所有的组织中均有表达, 并对前列腺素(PG)的合成起重要作用, 而 PG 是细胞体内代谢平衡所必须的^[5]。Cox-2 是一种高度可诱导酶, 主要在炎症过程和其它细胞应激时表达, 在不同炎症刺激后 PG 的生物合成过程中起主要作用^[6]。Cox 的两种亚型主要在大鼠的大脑和脊髓中表达^[7]。

免疫细胞化学研究揭示, Cox-2 和含有神经元氮氧合酶(nNOS)阳性的神经元在脊髓背侧神经根的浅层 I、II 层有高频度的表达^[8]。这种局限性染色特点与包含 P 物质和钙基因相关肽的脊髓内无髓鞘纤维的分布特点相一致, 而 P 物质和钙基因相关肽可促进脊髓中伤害性信号的传导。但 Schwah 等^[9]发现, 正常情况下脊髓中的 Cox-1 在室管膜细胞、一些神经元、少数内皮细胞和前后角的神经胶质细胞中表达。Cox-2 在脊髓灰质各层神经元均有表达, 特别是 I~IV 板层和 X 板层。用 Cox-2 和神经胶质纤维酸性蛋白(GFAP)双标星形胶质细胞, 发现脊髓灰质中神经胶质细胞核中没有 Cox-2 表达, 但白质星形胶质细胞核

第一作者简介: 男(1968-), 主治医师, 医学博士在读, 研究方向: 椎间盘源性腰痛的基础与临床
电话: (010)66775071 E-mail: jianchengxi309@yahoo.com.cn

- spine surgery[J]. Spine, 1996, 21(12): 1454-1457.
20. 宫良泰, 王永惕, 王集镠. 根动脉保留法脊髓移位术治疗脊柱侧凸并不完全性截瘫[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 1994, 4(3): 103-105.
21. 徐根兴, 朱晓东, 沈宗林. 胸主动脉阻断后脊髓各段血供状况的动物实验研究[J]. 中国循环杂志, 1996, 11(8): 499-500.
22. Shamji MF, Maziak DE, Shamji FM, et al. Circulation of the spinal cord: an important consideration for thoracic surgeons[J]. Ann Thorac Surg, 2003, 76(1): 315-321.
23. 刘树清, 胥少汀. 胸椎无骨折脱位性脊髓损伤[J]. 中华创伤杂志, 1994, 10(6): 264-265.
24. Safi HJ, Miller CC III, Carr C, et al. Importance of intercostal artery reattachment during thoracoabdominal aortic aneurysm repair[J]. Vasc Surg, 1998, 27(1): 56-68.
25. 戴景兴, 原林, 周志涛, 等. 结扎数支肋间后动脉对胸腰段脊髓血供影响[J]. 中国临床解剖学杂志, 2003, 21(6): 575-577.
26. Griep RB, Ergin MA, Galla JD, et al. Looking for the artery of Adamkiewicz: a quest to minimize paraplegia after operations for aneurysms of the descending thoracic and thoracoabdominal aorta [J]. Thorac Cardiovasc Surg, 1996, 112(5): 1202-1215.
27. 郑文济, 赵志, 谭振美, 等. 电凝犬脊髓血管建立完全性缺血性脊髓损伤模型的实验研究[J]. 中华外科杂志, 1989, 27(1): 52-54.
28. Zhan MS, Ji QY, Xu Z, et al. Paraplegia caused by local spinal cord ischemia: an animal spinal cord ischemia model [J]. Chin Med J (Engl), 1989, 102(1): 28-33.
29. Morishita K, Murakami G, Fujisawa Y, et al. Anatomical study of blood supply to the spinal cord [J]. Ann Thorac Surg, 2003, 76(6): 1967-1971.

(收稿日期: 2004-08-23 修回日期: 2004-09-28)

(本文编辑 卢庆霞)