

· 论 著 ·

人髂腰肌神经的显微解剖和大鼠髂腰肌的复合动作电位研究

麻文谦^{1,2}, 张少成^{1*}, 张传森³, 党瑞山³, 崔毅⁴

(1. 第二军医大学长海医院骨科, 上海 200433; 2. 解放军第474医院骨科, 乌鲁木齐 830011; 3. 第二军医大学基础医学部解剖学教研室, 上海 200433; 4. 第二军医大学长海医院肌电图室, 上海 200433)

[摘要] 目的: 了解髂腰肌的神经支配及电生理学特征。方法: 在30侧经甲醛溶液固定的成人尸体标本上进行显微解剖观察与测量, 于手术显微镜下操作, 剥离神经外膜, 分离出神经束, 研究髂腰肌神经的走行、分布及其神经纤维的来源, 通过逆行追踪观察各分支的神经纤维在神经干内的分布定位的特征; 对大鼠髂腰肌神经进行电生理学测定, 依次刺激L₂~L₅神经根, 于髂腰肌记录其复合肌肉动作电位(CMAP), 观察并计算其运动潜伏期(motor latency)、动作电位的波幅及波幅下面积以判定神经功能的状况, 研究各腰神经根对髂腰肌支配的不同效应。结果: 支配腰大肌的神经纤维主要来源于L₂, 其次是L₃, 肌支纤维在L₂神经干的外上侧束走行, 部位较恒定。髂肌肌支则在股神经起始处发出, 其神经纤维主要来源于L₄, 其次为L₃及L₂, 一部分集中于L₄神经根近侧端(靠近脊神经节)的下内象限, 来源于L₃L₄的神经纤维在股神经起始处断面的内上象限集中。电生理检测运动传导中复合肌肉动作电位发现对L₃L₄神经根刺激后测得波幅下面积分别为(7.46±2.23)、(21.48±1.87)mV·ms, 与其他神经根所测相比有明显差异(P<0.05)。结论: 腰大肌的神经纤维来源主要是L₂, 肌支纤维在L₂神经干的外上部走行, 部位较恒定; 髂肌为L₃L₄, 并且支配髂肌的神经纤维在股神经起始处集中; 各腰神经根对髂腰肌支配效应不尽相同。

[关键词] 髂腰肌; 神经支配; 显微解剖; 神经电生理

[中图分类号] R 322

[文献标识码] A

[文章编号] 0258-879X(2004)11-1216-04

Microanatomy and electrophysiology of iliopsoas innervation

MA Wen-Qian^{1,2}, ZHANG Shao-Cheng^{1*}, ZHANG Chuan-Sen³, DAN G Rui-Shan³, CU I Yi⁴ (1. Department of Orthopedics, Changhai Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200433, China; 2. Department of Orthopedics, No. 474 Hospital of PLA, Urumchi 830011; 3. Department of Human Anatomy, College of Basic Medical Sciences, Second Military Medical University, Shanghai 200433; 4. Department of Electrophysiology, Changhai Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200433)

[ABSTRACT] **Objective:** To study the electrophysiology of iliopsoas and the microsurgical anatomy of its nerve supply. **Methods:** The source, course, and distribution of the nerve supply of iliopsoas were observed on 30 sides of adult cadavers under operative microscope after stripping the perineurium and separating the nerve bundles. The position of the nerve fibers of the muscular branches in the nerve trunk was detected by the method of retrograde tracing. The lumbar roots (L₂-L₅) were stimulated by turns and the amplitude of wave and area of amplitude in iliopsoas were recorded by CMAP. **Results:** It was found that the nerve fibers to psoas major are originated chiefly from L₂ and then from L₃, and run constantly in the superior-lateral part of L₂ root. The nerve fibers to iliacus are derived from L₄ and then from L₃ and L₂, and concentrate in the inferior-medial quadrant of proximal part of L₄ root and the superior-medial quadrant at the beginning of femoral nerve. The area of amplitude of compound muscle action potential in L₂ and L₄ group were respectively (7.46±2.23) mV·ms and (21.48±1.87) mV·ms, showing significant difference when compared with other lumbar roots (P<0.05). **Conclusion:** The nerve fibers to psoas major are originated chiefly from L₂ and run constantly in the superior-lateral part of L₂ root; the nerve fibers to iliacus are derived from L₄ and L₃ and mainly concentrate at the beginning of femoral nerve; the innervation effect of different lumbar roots to iliopsoas is different.

[KEY WORDS] iliopsoas; innervation; microanatomy; electrophysiology

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2004, 25(11): 1216-1219]

* 脊髓损伤(SCI)所造成的截瘫是一个长期未能解决的医学难题。由于脊髓再生能力极其有限, 因此受损神经系统的重建工作也就非常困难, 相关的实验研究^[1,2]与临床应用尚存在距离。用正常的周围神

经转位与患肢周围神经吻接可以恢复被吻接神经的

* [作者简介] 麻文谦(1971-), 男(汉族), 博士生, 主治医师
Email: mawq@163.com

* Corresponding author. Email: shczhang@hotmail.com



功能, 已被大量的实验和临床病例所证实^[3,4]。肋间神经转位脊神经根桥接治疗陈旧性截瘫临床已有报道^[5], 如果能利用此方法重建截瘫患者髂腰肌功能, 那么就有可能恢复其屈髋迈步功能。现有髂腰肌神经的解剖学资料^[6-8]尚不能满足肋间神经与髂腰肌神经吻接术的需要, 因此, 本研究对支配髂腰肌的神经进行了应用解剖学研究及复合肌肉动作电位 (compound muscle action potentials, CMAP) 测定, 以期为临床应用提供依据。

1 材料和方法

1.1 显微解剖学研究 常规固定的成人标本 15 具 (30 侧), 其中男性 18 侧, 女性 12 侧。开腹, 暴露两侧腰大肌及髂肌, 分离腰大肌, 于肌纤维中清理出发自腰神经的肌支, 向下股神经起始段及其髂肌肌支。用 10% 的冰醋酸溶液浸泡神经干, 使神经外膜及束间结缔组织疏松, 易于分离, 避免损伤神经纤维。在手术显微镜下对髂腰肌神经支进行解剖观察, 用精度为 0.02 mm 的游标卡尺进行测量。

1.2 电生理学研究 成年 SD 大鼠 15 只 (第二军医大学实验动物中心提供), 雌雄不拘, 体质量 220~250 g。大鼠麻醉后, 无菌条件下先于俯卧位行腰部正中切口, 剥离椎旁肌, 显露并剪除 L₂~L₅ 棘突, 打开椎板, 显露硬膜囊, 显微镜下辨别并显露双侧 L₂~L₅ 神经根, 再置大鼠于仰卧位, 行腹部正中切口, 于腹膜外显露双侧髂腰肌。将刺激电极置于 L₂~L₅ 神经根出椎间孔处进行刺激, 记录电极置于髂腰肌肌腹, 使用日本光电 MEB-2200 诱发电位肌电图仪进行监测并记录 CMAP 潜伏期、波幅以及波幅下面积。所有操作均于室温 20℃ 下进行。主要技术参数: 刺激电流 28.6~29.6 mA, 刺激频率 1 次/s, 扫描速度 2 m/s/Div, 灵敏度 5~20 mV。

2 结果

2.1 经髂腰肌神经显微解剖学研究

2.1.1 腰大肌神经支的走行分布 腰丛神经根前支穿出椎间孔后直接入肌, 在下行过程中发出 4~6 支大的主要肌支, 尚有一些细小肌支沿途发出。大肌支与主干成锐角向外下走行, 部分肌支直接入肌, 有的肌支则再分为小爪状发散分布, 神经周围可见有细小血管伴行。观察腰大肌肌支 141 支, 左侧 69 支 (48.82%), 右侧 72 支 (51.08%)。腰大肌支长度为 5.32~26.08 mm, 平均 (13.33±5.87) mm; 在显

显微镜下, 用显微器械小心剔除神经外周的结缔组织, 观察肌支由主干发出到再分支, 入肌处肌支呈发散状, 肌支主干横径 (0.62±0.18) mm, 纵径 (0.24±0.11) mm, 入肌处肌支横径 (0.58±0.26) mm, 纵径 (0.27±0.13) mm。

2.1.2 髂肌神经的走行分布 髂肌肌支在股神经起始部发出, 一部分肌支走向内下方, 分布于髂肌的内侧, 另一部分在距离股神经起始部的 1.5~3 cm 内的下部发出, 斜行外下分布于髂肌的外下部, 分布于髂肌的外侧, 并有一较长分支穿腹股沟韧带后入肌。部分肌支直接入肌, 有的肌支则再发出 3~4 小支呈爪状发散分布, 神经周围可见有小血管伴行。观察髂肌肌支 108 支, 左侧 52 支 (48.5%), 右侧 56 支 (51.85%)。髂肌支分支长度为 13.26~69.24 mm, 平均 (26.98±13.54) mm; 其分支外径, 肌支主干横径 (0.68±0.22) mm, 纵径 (0.25±0.09) mm, 入肌处肌支横径 (0.69±0.37) mm, 纵径 (0.25±0.07) mm。

2.1.3 可分离神经纤维长度 手术显微镜下沿各肌支神经纤维束自下而上进行无损分离。发现腰大肌支神经纤维束可分离长度平均为 (13.58±5.83) mm, 而髂肌支神经纤维束可分离长度较长, 平均为 (22.88±8.61) mm。

2.1.4 神经纤维来源及定位解剖 应用神经解剖分离方法观察了两肌肌支的来源。腰大肌支的特点是: 纤维在 L₂ 神经根穿出椎间孔后即可见发出分支, 分支在 L₂~L₃ 神经根之间发出较为集中, 均在神经干的外上部走行, 部位较恒定。继续向上追踪至 L₂ 脊神经节, 见神经纤维交叉, 无法分离, 分别来源于 L₂ (99/141)、L₃ (34/141)、L₂₋₃ (8/141)。髂肌支特点是: 肌支在股神经起始处集中, 一般来源于 L₂~L₃ 纤维的肌支于股神经起始处内上转向内下走行, 分布于髂肌的内侧, 来源于 L₄ 纤维的肌支于股神经起始处下方或下外侧, 继续走行 1.5~3 cm 后发出 2~3 个分支, 斜行外下分布于髂肌的外下部, 这一部分的分支为髂肌的主要神经支配。继续向上追踪至 L₄ 椎间孔脊神经节处, 见含有髂肌神经纤维的神经束位于下内侧。其后神经纤维发生交叉, 无法分离辨别。分别来源于 L₂ (11/108)、L₃ (36/108)、L₄ (61/108)。

2.1.5 股神经起始部 股神经分别由 L₂~L₄ 神经前根发出的纤维汇合而成, 其体表投影在两髂前上

棘连线上方 37.74~67.84 mm, 平均 (51.13 ± 11.30) mm; 前正中线旁开 36.42~47.52 mm, 平均 (43.08 ± 3.73) mm。股神经起始部形态为扁椭圆形, 其外径: 横径 2.52~4.68 mm, 平均 (3.65 ± 0.81) mm; 纵径 4.22~7.92 mm, 平均 (5.83 ± 1.23) mm。

2.2 髂腰肌神经复合动作电位研究 当刺激解剖学所研究的各神经根时, 可以诱发大鼠后肢的屈髋动作。刺激各神经根时, 受其支配髂腰肌的肌肉复合电位 (CMAP) 均能引出并可被记录, 刺激解剖学研究 L₂~L₅ 神经根部位, 于髂腰肌肌腹记录 CMAP 的潜伏期、波幅以及波幅下面积 (图 1)。从记录结果可以看出, 随着刺激腰神经根距离靶器官的接近, 其潜伏期也由长逐渐变短, 其数据采用 SPSS8.0 软件包进行统计学处理, L₂、L₄ 神经根所测波幅下面积与其他各神经根相比有显著性差异 (P < 0.05, 表 1)。

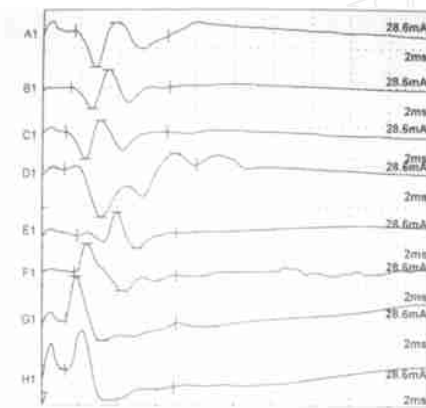


图 1 髂腰肌的 CMAP 记录图

Fig 1 Kymogram of iliopsoas CMAP

A1~D1: Left L₂~L₅; E1~H1: Right L₂~L₅

表 1 髂腰肌神经电生理指标测量结果比较

Tab 1 The outcome comparison of electrophysiology to iliopsoas nerve

(n = 30, $\bar{x} \pm s$)			
Nerve	Latency (t/ms)	Amplitude of wave (U/mV)	Area of amplitude (mV · ms)
L ₂	1.72 ± 0.80	6.70 ± 2.85	7.46 ± 2.23*
L ₃	1.58 ± 0.27	15.29 ± 6.54	16.28 ± 7.42
L ₄	1.28 ± 0.06	16.54 ± 8.05	21.48 ± 1.87*
L ₅	1.23 ± 0.07	5.83 ± 2.75	12.73 ± 3.43

* P < 0.05 vs other nerves

3 讨论

3.1 髂腰肌神经肌支的解剖学分析 钟世镇

等^[6]、毕建础等^[7]、吕伯实等^[8]等对腰丛神经的分布及其主要分支的来源报道为腰大肌的神经支配来源于 L₂₋₃, 或 T₁₂~L₄, 髂肌的神经支配来源于 L₂₋₃, 但对髂腰肌神经的来源未有进一步描述。本实验研究结果为支配腰大肌的神经纤维主要来源于 L₂, 其次是 L₃。髂肌肌支神经纤维主要来源于 L₄, 其次 L₃ 以及少量 L₂ 纤维。腰大肌肌支在 L₂ 神经根穿出椎间孔后不久即发出分支, 分支细小, 并且腰大肌肌支神经纤维束的可分离长度有限, 肌支细小, 分支外径仅 0.2~0.6 mm, 将肋间神经转位与其肌支吻接势必会对腰大肌造成损伤, 因此将移位神经与支配腰大肌的神经根吻接是可行的。髂肌肌支神经纤维来源的特点是肌支在股神经起始处集中, 来源于 L₂、L₃ 纤维的肌支于股神经起始处内上转向内下走行, 分布于髂肌的内侧。来源于 L₄ 纤维的肌支于股神经起始处下方或下外侧, 斜行外下分布于髂肌的外下部, 分布于髂肌的外侧。由于髂肌肌支神经纤维束在 L₂~L₄ 神经根干上分布较分散, 却于股神经起始段处相对集中, 因此移位神经可与股神经起始段内上象限处与髂肌肌支神经纤维束吻接。本实验对股神经起始段的形态、体表定位以及髂肌支在股神经起始段截面中定位的描述, 均有利于手术的精确定位。

3.2 髂腰肌神经电生理检测的意义 当神经受到刺激后, 可以从该神经支配的肌肉记录到电反应, 即 CMAP 它是在记录电极区域该神经支配的肌纤维电活动的总和。运动传导中复合肌肉动作电位是最容易测量的。其波幅是从基线到负峰或从最大正峰到最大负峰的电压, 负成分的波幅与去极化纤维的大小和数目成正比, 因此通过这一参数可估计执行功能的活动组织的总量, 当波形有多个成分或异常延长时, 则波幅下面积比波幅更能准确地估计执行功能组织的数量。因此本实验利用这一原理来反映腰神经根对髂腰肌支配效应的不同。Vejsada 等^[9]对大鼠腰神经根的电生理检测后认为髂腰肌的神经支配来源于 L₂~L₅, 本研究进一步研究了各神经根对髂腰肌的支配作用, 结果发现波幅下面积 L₄ 与 L₂、L₃、L₅, L₂ 与 L₃、L₄、L₅ 相比均有显著性差异, 这说明腰神经根对髂腰肌支配效应是不尽相同的。因此, 这一电生理学结果支持了显微解剖的部分结果。

3.3 髂腰肌肌支神经纤维束的显微解剖及其在陈旧性截瘫治疗中的意义 脊髓损伤所致陈旧性截瘫目前仍存在治疗难点。脊髓损伤发生后, 损伤平面神经组织呈不同程度地变性或坏死, 但其损伤平面以下的周围神经和运动终板是否发生变性呢? 国内学者张少成等^[10]就此进行了初步研究, 动物实验及临

床检查结果均发现损伤平面以下神经纤维、髓鞘等均无明显变性。手术探查可见损伤平面以下脊髓、神经根体积、色泽、质地几近正常。脊髓的传导虽中断, 但损伤平面以下的脊髓组织结构基本正常, 维持了其所支配神经的营养和反射弧, 保持了肌肉等效应器官的基本形态。此为截瘫患者后期手术提供了有力依据。截瘫后患者不能站立行走, 给患者和家庭带来极大痛苦。张少成等^[5, 11]利用肋间血管神经转位脊髓神经根端端或端侧吻合, 31 例患者术后随访, 下肢肌力有明显恢复, 可带支架扶拐站立行走, 大小便功能改善。但至今尚无一例完全性陈旧性脊髓横断伤患者经这些方法治疗后恢复自主神经的可信证据, 所报患者均为早期或仅为脊髓软化, 脊髓连续性尚存在或经硬脊膜内松解后截瘫平面即可下降 1~2 个脊髓节段的病例, 是否为上述方法的作用值得研究。

根据既往对神经干内结构规律的认识, 一般神经干的近侧端神经纤维交错较多, 神经数目也较多, 而远端的神经纤维交错较少, 神经束数目也较少, 因此采用的神经移位修复方法中, 受体神经的修复多在神经干的近端上进行。对于像神经根这样有多种功能的受体神经, 有限的供体神经纤维分散长入其中不要求重建的神经束中, 将会影响疗效, 建立在更接近肌腹的部位, 有选择地修复受体神经中要求修复的神经纤维的方法将能减少上述不利因素的影响, 而相关的受体神经的解剖学研究资料不多, 而且针对性不强。本实验在复习解剖的基础上, 应用显微解剖方法, 对支配髂腰肌的神经纤维来源进行追踪观察, 一则是该组肌肉是屈髋的主要肌群, 同时也具稳定脊柱的功能, 二则肌群距离神经根较近, 所需恢复时间较短。本组结果提示腰大肌的神经纤维来源主要是 L₂, 肌支纤维在 L₂ 神经干的外上部走行, 部位较恒定。髂肌为 L₃、L₄, 并且支配髂肌的神经纤维在股神经起始处集中, 因此根据“集中优势”的原则, 将移位的动力神经(通常为截瘫平面以上的肋间神经)与支配髂腰肌的主要神经进行“优势吻合”, 可以提高髂腰肌功能的质与量, 从而提高临床疗效。同时带血管的肋间神经可为受损脊髓提供良好的血供, 明显改善微循环, 可使这些组织恢复部分功能, 带血管的肋间神经转位移植也避免了移植神经的“中心性坏死”, 从临床应用角度来看, 将 L₂ 神经根外上部作为切入点与移位神经吻合, 吻合的方法可采用神经外束膜联合缝合法, 缝合时并不分离神经束或束

组, 缝合同时贯穿外膜、束膜, 既可简化操作, 避免对神经干内过多的分离, 减少分离引起的不良反应, 又能保证部分神经束或束组的直接对接, 这样做可能更科学。

致谢 衷心感谢第二军医大学基础医学部解剖学教研室陈尔喻教授对本文的悉心指导。

[参考文献]

- [1] Lu J, Feron F, Ho SM, et al. Transplantation of nasal olfactory tissue promotes partial recovery in paraplegic adult rats [J]. *Brain Res*, 2001, 889(1-2): 344-357.
- [2] Teng YD, Mocchetti I, Wrathall JR, et al. Basic and acidic fibroblast growth factors protect spinal motor neurons *in vivo* after experimental spinal cord injury [J]. *Eur J Neurosci*, 1998, 10(2): 798-802.
- [3] Tsuyama N, Hara T. Intercostal nerve transfer for traumatic brachial nerve palsy [J]. *Palsy Orthop Surg (Tokyo)*, 1969, 20(14): 1527-1529.
- [4] 顾玉东 主编. 臂丛神经损伤与疾病的诊治 [M]. 上海: 上海医科大学出版社, 1992.
- [5] 张少成, 纪荣明, 禹宝庆, 等. 肋间血管神经转位脊髓神经根桥接治疗截瘫 [J]. *中国矫形外科杂志*, 1999, 11(6): 830-832. Zhang SC, Ji RM, Yu BQ, et al. Treatment for paraplegia with bridging vascularized intercostal nerve to spinal cord nerve root [J]. *Zhongguo Jiaoxing Waike Zazhi (Orthop J China)*, 1999, 11(6): 830-832.
- [6] 钟世镇, 刘正津. 中国人的腰丛 [J]. *解剖学报*, 1964, 7(2): 220-231.
- [7] 毕建础, 陈顺佑. 腰丛及其主要分支的起源 [J]. *解剖学通报*, 1965, 2(4): 44-46.
- [8] 吕伯实, 王可读, 付爱华. 腰大肌支及穿经腰大肌神经的临床解剖学 [J]. *解剖学杂志*, 1992, 15(1): 8-10.
- [9] Vejsada R, Hnik P. Radicular innervation of hindlimb muscles of the rat [J]. *Physiol Bohemoslav*, 1980, 29(5): 385-392.
- [10] 张少成, 修先伦, 李全华, 等. 截瘫后下肢神经病理改变的初步研究 [J]. *第二军医大学学报*, 1999, 20(9): 684-685. Zhang SC, Xiu XL, Li QH, et al. Nerve degeneration of lower extremity after paraplegia [J]. *Dier Junyi Daxue Xuebao (Acad J Sec Mil Med Univ)*, 1999, 20(9): 684-685.
- [11] 张少成, 禹宝庆, 王新伟, 等. 带血管的肋间神经转位重建患者的部分感觉功能 [J]. *第二军医大学学报*, 1998, 19(3): 264-265. Zhang SC, Yu BQ, Wang XW, et al. Paraplegia treatment by anastomosis of lateral cutaneous nerve of thigh and ilioinguinal nerve with vascularized intercostal nerve for sensation reconstruction [J]. *Dier Junyi Daxue Xuebao (Acad J Sec Mil Med Univ)*, 1998, 19(3): 264-265.

[收稿日期] 2004-03-06

[修回日期] 2004-07-20

[责任编辑] 孙岩