

L5/S1 和骶髂关节对腰-髂固定稳定性影响的生物力学分析

潘鹤海¹, 王丽冰¹, 于滨生², 魏富鑫¹, 黄阳亮¹, 梁春祥¹, 韩国伟¹, 张旭华¹

(1 中山大学附属第一医院脊柱外科骨科研究所 510700 广州市; 2 北京大学深圳医院 518036 深圳市)

【摘要】目的:探讨 L5/S1 和骶髂关节对腰-髂固定稳定性的影响, 为腰-髂稳定性理想重建提供生物力学依据。**方法:**7 具成年新鲜尸体 L2-骨盆标本, 先行 L3~L5 椎弓根螺钉固定, 并将此结构定义为腰-髂部稳定初始状态。初始状态测试后, 在同一标本上实施连续性操作如下: 使用髂骨钉的 L3-髂骨固定(A 组)、L5/S1 双侧关节突关节切除(B 组)、L5/S1 椎间盘切除(C 组)、左侧骶髂关节切除(D 组)。在 MTS 材料实验机上, 给标本头侧分别施加 600N 轴向压缩和 7Nm 轴向扭转载荷, 计算并比较各组结构压缩和扭转刚度。**结果:**初始状态组的压缩刚度值为 $(332\pm 103)\text{N/mm}$, A~D 组腰-髂固定结构的压缩刚度分别为初始状态组的 $(122\pm 15.5)\%$ 、 $(118.3\pm 10.5)\%$ 、 $(81.1\pm 7.7)\%$ 和 $(59.2\pm 8.6)\%$ 。A 和 B 组间无显著性差异($P>0.05$), 两组的压缩刚度均显著高于初始状态组($P<0.05$); C 组和 D 组的压缩刚度均显著低于 A、B 组及初始状态组($P<0.05$), C 组和 D 组间的差异也具有显著性($P<0.05$)。初始状态组的扭转刚度值为 $(2.47\pm 0.88)\text{Nm/deg}$, A~D 组固定结构的扭转刚度分别为初始状态组的 $(128\pm 14.3)\%$ 、 $(120\pm 12.6)\%$ 、 $(78.4\pm 13.2)\%$ 和 $(62.9\pm 11.3)\%$, A 组和 B 组获得同等的扭转刚度 ($P>0.05$), 而且此两组的扭转刚度均显著高于初始状态、C 组和 D 组($P<0.05$), C、D 组和初始状态三组彼此间的差异均具有显著性($P<0.05$)。**结论:**L5/S1 椎间盘切除和单侧骶髂关节切除均显著降低腰-髂固定结构的稳定性, 在腰-髂稳定性重建中, 获得脊柱前方支撑和恢复骨盆环完整性是提高腰-髂固定结构稳定性的关键。

【关键词】腰骶部失稳; 骶髂关节切除; 髂骨钉固定; 腰-髂固定; 生物力学

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2013.09.14

中图分类号: R318.01, R687.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2013)-09-0837-05

Biomechanical analysis of L5/S1 complex and sacroiliac joints on the stability of lumbo-iliac fixation/PAN Hehai, WANG Libing, YU Binsheng, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2013, 23(9): 837-841

【Abstract】 Objectives: To explore the biomechanical effects of L5/S1 complex and sacroiliac joints on the stability of lumbo-iliac fixation construct, and to provide evidences for the rational reconstruction. **Methods:** Seven fresh L2-pelvic specimens harvested from donated adult cadavers were used in this study. After testing the initial state simulated by L3-L5 pedicle screw fixation, L3-iliac fixation and sequential joint resections were performed on the same specimen as follows: group A, L3-iliac fixation using bilateral iliac screws; group B, bilateral L5/S1 facetectomy; group C, L5/S1 discectomy; group D, left side sacroiliac joint resection. Biomechanical testing was performed on a material testing machine under 600N compression and 7Nm torsion loading modes for construct stiffness evaluation. **Results:** The compressive stiffness of initial state was $(332\pm 103)\text{N/mm}$, group A-D obtained $(122\pm 15.5)\%$, $(118.3\pm 10.5)\%$, $(81.1\pm 7.7)\%$ and $(59.2\pm 8.6)\%$ of the initial compressive stiffness, respectively. No significant difference was detected between group A and B($P>0.05$); furthermore, the two groups showed significantly higher compressive stiffness than the initial state($P<0.05$); group C and D exhibited lower compressive stiffness than group A, B and the initial state($P<0.05$); there was significant difference between group C and D($P<0.05$). The torsional stiffness of initial state was $(2.47\pm 0.88)\text{Nm/deg}$. Group A-D acquired $(128\pm 14.3)\%$, $(120\pm 12.6)\%$, $(78.4\pm 13.2)\%$ and $(62.9\pm 11.3)\%$ of the initial torsional stiff

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(编号: 31170902)

第一作者简介: 男(1990-), 临床医学硕士研究生, 研究方向: 脊柱临床与生物力学

电话: (020)82379597 E-mail: panhehai@foxmail.com

通讯作者: 于滨生 E-mail: hpyubinsheng@hotmail.com

ness, respectively. Group B obtained sufficient torsional stiffness compared to group A ($P>0.05$); both group A and B exhibited notably higher torsional stiffness than all the other three groups ($P<0.05$). Significant differences were demonstrated among group C, D and initial state ($P<0.05$). **Conclusions:** L5/S1 discectomy and one-side sacroiliac joint resection significantly decrease the stability of lumbo-iliac fixation construct. Therefore, anterior support of spine and pelvic continuity reconstruction is important in the lumbo-iliac stability.

【Key words】 Lumbo-sacral instability; Sacroiliac joint resection; Iliac screw fixation; Lumbo-iliac fixation; Biomechanics

【Author's address】 Department of Spinal Surgery and Orthopaedics Research Center, the First Affiliated Hospital, Sun Yat-sen University, Guangzhou, 510700, China

近年来, 髂骨螺钉固定技术已广泛用于腰骶部外伤、炎症、畸形矫正以及肿瘤切除后的腰-骶稳定性重建^[1]。虽然在矫正畸形和获得即刻稳定方面效果显著, 然而髂骨钉随时间和载荷而出现松动的问题一直困扰临床医生^[2,3]。研究表明, 骶骨完全切除后腰-骶稳定性重建的髂骨钉松动率较高^[2-6], 甚至可高达 100%^[6]。因此, 明确骶骨生物力学特点对实施理想重建以致减少断钉十分重要。骶骨是躯干-下肢以及两个髂骨间各种应力传导中枢, 其力学功能主要通过 L5/S1 和双侧骶髂关节实现。在 L5/S1 椎间盘离断基础上切除单侧骶髂关节, 使骶骨丧失力学传导功能, 其失稳程度相当于骶骨完全切除。然而, 这些关节结构破坏对腰-骶稳定性重建的稳定作用至今尚未明确。本研究旨在探讨 L5/S1 和骶髂关节对腰-骶固定稳定性的影响, 为获得理想重建提供生物力学依据。

1 材料与方法

1.1 标本处理

取 7 具自愿捐赠的成人新鲜尸体标本用于实验。其中男 5 例, 女 2 例; 死亡年龄 45~71 岁, 平均 54.4 岁。X 线片证实无肿瘤、炎症、外伤引起的骨质破坏和解剖学变异, 采用双能 X 线吸收法测定 L1~L4 骨密度值, 为 0.88~1.14g/cm², 平均 1.04g/cm²。切取 L2-骨盆, 双层塑料袋密封后保存于-20℃冷冻箱内。实验前将标本在室温下彻底解冻, 剔除肌肉, 保持各韧带、骨骼和关节结构完整。将标本头端(L3 椎体以上)和尾端(坐骨结节)用聚甲基丙烯酸甲酯包埋固定, 固定到实验台, 标本所处位置接近人体站立位^[7]。

1.2 L3-髂骨固定和关节切除模型的建立

将标本头、尾端包埋块与 858 型 MTS 试验机(MTS 公司, 美国)的上、下夹具紧密固定。于 L3、L4 和 L5 左右侧分别置入直径 6.2mm 和长度

45mm 的 USS II 椎弓根螺钉(Synthes 公司, 瑞士)。椎弓根螺钉进钉点定于横突中点连线与上关节突外缘的交点。骨锥平行于椎体的上终板刺入椎体, 深度达 40mm 后拔出骨锥, 再用直径 5.5mm 丝攻扩髓后旋入椎弓根螺钉。以髂后上棘顶点为中心切除 20×20mm 髂骨, 底面中心为髂骨钉进钉点, 骨锥指向髂前下棘在髂骨内外板之间开路, 然后用直径 7.0mm 丝攻扩髓深至 70mm 后, 将直径 8.0mm 和长度 70mm 的 Pangia 髂骨钉(Synthes 公司, 瑞士)拧进钉道。拍摄正侧位 X 线片, 确认螺钉位置正确。

预弯 2 条直径 6mm 的连接棒, 行 L3~L5 的原位固定, 并且将此结构定义为腰-骶部初始状态。初始状态测试后, 在同一标本上行 L3-髂骨固定和阶段性关节结构切除如下, A 组: L3-髂骨钉棒固定; 用 2 条预弯连接棒与 L3-L4-L5-髂骨螺钉相连, 并于 L3/4 和 L5/S1 棘突间安装横连(图 1); B 组: L5/S1 双侧关节突关节切除, 切除 L5/S1 棘上、棘间以及黄韧带, 于 L5 横突下缘水平离断下关节突, 于关节突基底部离断 S1 上关节突; C 组: L5/S1 椎间盘切除, 切离后纵韧带, 切除 L5/S1 髓核及纤维环; D 组: 左侧骶髂关节切除, 即切除左侧骶髂关节面至骶孔连线范围内的骶骨。上述腰-骶固定和关节切除均在 MTS 试验机位移控制下进行。

1.3 生物力学测试

每组均分别接受 5 个循环的 0~600N 轴向压缩和-7~7Nm 轴向扭转的连续载荷。压力、线位移、扭矩和角度数据分别通过 MTS 内置传感器同步记录至专用电脑。为减小标本粘弹性对实验数据的干扰, 取第 4 个循环的加载数据的最大线位移和角度值, 根据“刚度=力/位移”公式分别计算结构压缩刚度和扭转刚度值。将初始状态组的刚度值标准化为 100%, 并将其他组的实测值换算

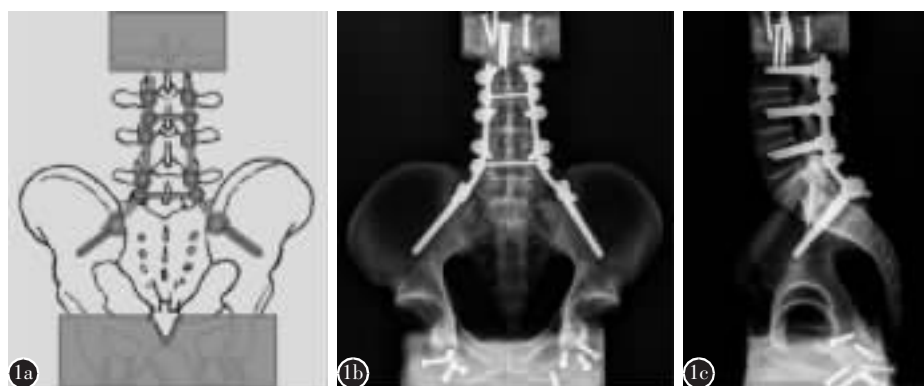


图 1 使用髂骨螺钉固定技术的 L3-髂骨间钉棒固定 a 示意图 b 正位 X 线片 c 侧位 X 线片

Figure 1 L3-iliac screw-rod fixation with iliac screw technique a The schematic diagram b The anteroposterior radiograph c The lateral radiograph

为相对初始状态组的百分率进行比较。实验过程中喷洒生理盐水保持标本湿润,最后对标本再次拍摄 X 线片,评价螺钉松动和腰-髂固定位置的变化。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 16.0 统计软件包进行分析。数据以均数±标准差表示,组间结构刚度值比较采用重复测量的方差分析,Post Hoc LSD 检验, $P<0.05$ 为有统计学意义。

2 结果

2.1 大体观察及 X 线评价

所有椎弓根螺钉和髂骨钉均准确置入,髂骨螺钉未逸出内外板或穿入髓白。所有标本均成功通过阶段性测试;力学评价后,X 线片上均未见螺钉周围有“骨透亮带”,腰-髂部的矢状面和冠状面序列与测试前相同。

2.2 结构刚度

见表 1。各组压缩刚度方差分析 $F=126.052$, $P<0.001$,组间存在显著性差异。初始状态组的压缩刚度值为 $(332\pm103)\text{N/mm}$,A~D 组腰-髂固定结构的压缩刚度分别是初始状态组的 $(122\pm15.5)\%$ 、 $(118.3\pm10.5)\%$ 、 $(81.1\pm7.7)\%$ 和 $(59.2\pm8.6)\%$ 。A 和 B 组间无显著差异($P>0.05$),但是两者的压缩刚度均显著高于初始状态组($P<0.05$);C 组和 D 组的压缩刚度均显著低于 A、B 以及初始状态组($P<0.05$),C 组和 D 组间的差异也有显著性($P<0.05$)。各组扭转刚度方差分析 $F=46.717$, $P<0.001$,组间存在显著性差异。初始状态组的扭转刚度值为 $(2.47\pm0.88)\text{Nm/deg}$,A~D 组固定结构

表 1 各组压缩刚度和扭转刚度比较 ($n=7, \bar{x}\pm s$)

Table 1 Comparison of compressive stiffness and torsional stiffness among all groups

	压缩刚度(%) Compressive stiffness	扭转刚度(%) Torsional stiffness
初始状态组 Initial state	100	100
A 组 Group A	122 ± 15.5^{①②③}	128 ± 14.3^{①②③}
B 组 Group B	118.3 ± 10.5^{①②③}	120 ± 12.6^{①②③}
C 组 Group C	81.1 ± 7.7^{①}	78.4 ± 13.2^{①}
D 组 Group D	59.2 ± 8.6^{①②}	62.9 ± 11.3^{①②}

注:①与初始状态组比较 $P<0.05$;②与 C 组比较 $P<0.05$;③与 D 组比较 $P<0.05$

Note: ①Compared with initial state, $P<0.05$; ②compared with group C, $P<0.05$; ③compared with group D, $P<0.05$

的扭转刚度分别占初始状态组的 $(128\pm14.3)\%$ 、 $(120\pm12.6)\%$ 、 $(78.4\pm13.2)\%$ 和 $(62.9\pm11.3)\%$ 。A 组和 B 组获得同等的扭转刚度($P>0.05$),而且此两组的扭转刚度均显著高于初始状态、C 组和 D 组,C、D 和初始状态三组彼此间的差异均具有显著性($P<0.05$)。

3 讨论

骶骨是脊柱的基石,它不仅是骨盆环的重要组成部分结构,而且是躯干-下肢间应力传导的桥梁。骶骨需要通过 L5/S1 和双侧骶髂关节实现上述作用。如果这些关节结构破坏影响了骶骨功能,需要重建局部稳定性。目前,使用髂骨螺钉固定技术的腰-髂固定是治疗腰骶间失稳的常用方法。虽然在矫正畸形和获得即刻稳定方面效果显著,然而

由于重建结构的稳定性各异, 髂骨螺钉松动率也不同, 为 0~100%^[2-6]。因此, 明确腰-髂部各种失稳对固定稳定性的影响是获得理想重建的关键。

Yu 等^[8]评价了阶段性髂骨部分切除对髂髂关节稳定性的影响, 结果表明髂骨远端切除至 S1 水平将导致局部旋转失稳; 当切除至 1/2 S1 时, 进一步导致局部压缩失稳。Yu 等^[9]还评价了阶段性髂骨部分切除对腰-髂固定结构的影响, 以确立髂骨单钉和双钉的使用时机, 结果显示当高位髂骨截骨并单侧髂髂关节切除时, 使用髂骨单钉的腰-髂固定难以获得局部稳定, 需要进行髂骨双钉固定。然而, 上述研究是基于髂骨肿瘤尾侧切除建立的模型, 未探讨腰髂关节对内固定的影响。在临床实践中, 外伤、炎症和肿瘤均可导致 L5/S1 和髂髂关节的失稳, 然而这些失稳对腰-髂稳定重建的影响尚未明确。

为探究每个测试组间结构刚度的差异, 本研究进行了严格对照设计。首先, 在同一个标本上行阶段性关节切除, 克服稳定性以外因素的干扰。为保持每一实验组在 MTS 上的设置和固定角度与初始状态组一致, 失稳模型的建立和内固定的更换均在 MTS 位移控制下进行。为减小标本间存在的性别、骨密度和体格大小等方面个体差异的影响, 将初始状态组的刚度值标准化为 100%, 并将其他实验组的实测值换算为相对初始状态组的百分率, 用率的平均值进行比较。为避免标本损坏对后续测试的影响, 参考以往生物力学研究^[8,10,11], 仅采用 5 个循环的轴向压缩和扭转的载荷, 且载荷量为生理载荷量的低限。测试后标本大体观察和影像学结果均未出现螺钉松动。

根据生物力学观点, 随着载荷次数的增加, 螺钉固定强度逐渐降低, 从而使各组间产生顺序性误差。由于本实验加载量在生理载荷范围内且加载次数较少, 因此顺序性误差很小。但测试时只能使 MTS 材料试验机的旋转轴与腰髂部的瞬间旋转中心接近, 很难保持一致。

Oda 等^[12]评价了腰椎后方关节结构切除对椎弓根螺钉固定结构稳定性的影响, 他们发现双侧关节突关节切除后的椎弓根钉固定与完整状态的椎弓根钉固定具有同等的稳定性。与他们的研究结果相一致, 本研究证实, A 组和 B 组获得了同等的压缩和结构刚度, 并且此两组的压缩和扭转刚度均显著高于初始状态组。说明无论脊柱后方

结构如何破坏, 只要腰髂部的前方支撑功能存在, 后路腰-髂钉棒固定可获得充足的稳定性。然而, 当进一步切除 L5/S1 椎间盘(C 组)后, 结构压缩和扭转刚度分别下降至初始状态的 81.1% 和 78.4%, 显著低于 A、B 组和初始状态组。说明当腰髂部脊柱前方支撑功能丧失后, 单纯后路钉棒固定不能获得腰髂部充足的稳定性。

本研究中, 切除左侧髂髂关节(D 组)可使固定结构的压缩和扭转刚度进一步降低至初始状态的 59.2% 和 62.9%, 在统计学上不仅显著低于初始状态组, 而且低于 C 组。L5/S1 椎间盘离断基础上的单侧髂髂关节切除丧失了髂骨力学传导功能, 其失稳程度相当于髂骨完全切除。提示丧失骨盆后环的骨性完整性可显著降低腰-髂固定结构的稳定性。Mindea 等^[5]对髂骨完全切除的髂骨肿瘤患者采用髂骨钉的腰-髂重建, 仅在术后 1 年内发现髂骨钉松动和断裂发生率高达 33%。因此, 髂骨的上下和左右支撑功能丧失后, 使用髂骨钉的腰-髂固定不能使局部获得充分的稳定。

Fujibayashi 等^[13]对 5 例髂骨全切的患者仅使用髂骨双钉的腰-髂固定, 没有实施骨盆后环的骨性重建, 在术后 1 年内, 1 例(20%)发生了连接棒的断裂。Doita 等^[6]对 3 例髂骨肿瘤患者行髂骨完全切除后, 用自体腓骨重建骨盆后环的连续性, 然后将 L5 椎体坐于移植的腓骨上, 最后实施单枚髂骨钉的 L3-髂骨间钉棒固定, 术后 3 年随访中, 获得理想的临床稳定效果。虽然使用髂骨双钉降低了髂骨钉的应力, 提高了腰-髂固定结构的整体稳定性, 但是缺乏脊柱前方支撑和骨盆后环完整可能是导致内固定承载过大而发生断棒的原因。

综合本研究结果可以明确, 获得脊柱前方支撑和骨盆后环完整性(即恢复髂骨生物力学功能)是腰-髂重建的关键。本研究明确了髂骨各毗邻关节对腰-髂固定结构稳定性的影响, 为理想重建提供依据。腰-髂部解剖结构特殊、力学特点复杂, 对于髂骨完全切除患者恢复其生物力学功能是一项艰巨且复杂的工程。因此, 取代传统自体腓骨移植的人工髂骨的应用可能成为今后腰髂重建的方向。本研究评价了阶段性髂骨毗邻关节切除对腰-髂固定结构稳定性的影响, 但未考虑神经肌肉等骨骼外在稳定结构的作用; 而且, 本研究仅评价了固定术后早期的稳定性, 未评价内固定的

长期效果。因此,使用本研究结果直接指导临床实践还存在一定的局限性。

4 参考文献

1. Moshirfar A, Rand FF, Sponseller PD, et al. Pelvic fixation in spine surgery: historical overview, indications, biomechanical relevance, and current techniques [J]. J Bone Joint Surg Am, 2005, 87(Suppl 2): 89-106.
 2. Tsuchiya K, Bridwell KH, Kuklo TR, et al. Minimum 5-year analysis of L5-S1 fusion using sacropelvic fixation (bilateral S1 and iliac screws) for spinal deformity[J]. Spine, 2006, 31(3): 303-308.
 3. Isaacs RE, Hyde J, Goodrich JA, et al. A prospective, non-randomized, multicenter evaluation of extreme lateral interbody fusion for the treatment of adult degenerative scoliosis: peri-operative outcomes and complications[J]. Spine, 2010, 35(26 Suppl): 322-330.
 4. Enami A, Deviren V, Berven S, et al. Outcome and complications of long fusions to the sacrum in adult spine deformity: luque-galveston, combined iliac and sacral screws, and sacral fixation[J]. Spine, 2002, 27(7): 776-786.
 5. Mindea SA, Salehi SA, Ganju A, et al. Lumbosacropelvic junction reconstruction resulting in early ambulation for patients with lumbosacral neoplasms or osteomyelitis[J]. Neurosurg Focus, 2003, 15(2): E6.
 6. Doita M, Harada T, Iguchi T, et al. Total sacrectomy and reconstruction for sacral tumors [J]. Spine, 2003, 28 (15): E296-E301.
 7. Hugate RJ, Dickey ID, Phimolsarnti R, et al. Mechanical effects of partial sacrectomy: when is reconstruction necessary [J]. Clin Orthop Relat Res, 2006, 450: 82-88.
 8. Yu BS, Zheng ZM, Zhuang XM, et al. Biomechanical effects of transverse partial sacrectomy on the sacroiliac joints: an in vitro human cadaveric investigation of the borderline of sacroiliac joint instability[J]. Spine, 2009, 34(13): 1370-1375.
 9. Yu BS, Zhuang XM, Li ZM, et al. Biomechanical effects of the extent of sacrectomy on the stability of lumbo-iliac reconstruction using iliac screw techniques: what level of sacrectomy requires the bilateral dual iliac screw technique[J]. Clin Biomech(Bristol, Avon), 2010, 25(9): 867-872.
 10. Zheng ZM, Yu BS, Chen H, et al. Effect of iliac screw insertion depth on the stability and strength of lumbo-iliac fixation constructs: an anatomical and biomechanical study[J]. Spine, 2009, 34(16): E565-E572.
 11. 于滨生, 庄新明, 李泽民, 等. 髂骨不同置钉方式在腰-髂重建结构中稳定性的生物力学研究 [J]. 中华创伤骨科杂志, 2009, 11(12): 1169-1172.
 12. Oda I, Abumi K, Yu BS, et al. Types of spinal instability that require interbody support in posterior lumbar reconstruction: an in vitro biomechanical investigation[J]. Spine, 2003, 28(14): 1573-1580.
 13. Fujibayashi S, Neo M, Nakamura T. Palliative dual iliac screw fixation for lumbosacral metastasis: technical note[J]. J Neurosurg Spine, 2007, 7(1): 99-102.
- (收稿日期:2013-01-12 末次修回日期:2013-06-30)
(英文编审 蒋欣/贾丹彤)
(本文编辑 卢庆霞)

消息

第四届同济大学附属第十人民医院脊柱微创学习班会议通知

为了进一步推广和规范化各种脊柱微创治疗技术,同济大学附属第十人民医院脊柱微创中心将于 2013 年 11 月 22~24 日在上海举办“第四届同济大学附属第十人民医院脊柱微创学习班”,学习班邀请国内著名脊柱微创专家做专题报告,同时依托“同济十院-中国冠龙脊柱微创培训及研发中心”进行新鲜解剖标本上的脊柱微创实践操作培训。学习班内容:(1)理论授课:微创介入消融技术、经皮穿刺椎体成形技术、脊柱内窥镜(MED 及椎间孔镜)技术、微创扩张通道下减压及椎间融合技术、经皮椎弓根螺钉内固定技术等。(2)操作培训:在新鲜解剖标本上分组进行微创介入消融、脊柱内窥镜(MED、椎间孔镜)、经皮椎体成形、微创通道减压及融合、经皮椎弓根螺钉内固定操作练习。

学习班报名截止日期:2013 年 10 月 30 日;为了保证学习效果,学习班名额限定 60 人,其中参加解剖操作实践培训学员 30 人。

学习班费用 800 元/人,解剖实践操作培训费 1000 元/人。

联系方式:(1)上海市闸北区延长中路 301 号同济大学附属第十人民医院骨科顾昕、扶青松,邮编:200072;电话及传真:021-66307330,13764131302(顾昕),18321610566(扶青松);E-mail:hss7418@aliyun.com。(2)山东济南高新区舜华路 109 号科汇大厦 6 楼 C 区山东冠龙医疗用品有限公司孙瑞霞,邮编:250101;电话:0531-81217110,18653139903,传真:0531-81217299,E-mail:guanlong668@163.com。

更多详细情况请访问同济大学附属第十人民医院脊柱外科/脊柱微创中心网站:www.tongjispine.com,骨科网站:www.tjsyjk.com,山东冠龙医疗用品有限公司网站:www.cnzjp.com。