

下胸椎横突间入路椎体间融合术的人体解剖学研究

姜平^{1,2} 赵学钢¹ 李念虎^{2△} 孔鹏² 徐展望^{2△} 贾梦龙¹ 李森¹ 叶敬尧¹

[摘要] 目的:在 CT 三维重建的影像学研究基础上,进行尸体解剖,研究下胸椎各横突间结构,进一步确认安全的手术入路及手术操作区域。方法:为模拟下胸椎横突间入路椎体间融合术的手术操作过程,对 6 具人体标本进行相应的解剖及操作,观察相关手术区域周围的解剖结构及相互间的空间关系,并进行椎间融合器、椎弓根螺钉置入操作。结果:下胸椎横突间入路椎体间融合术手术操作可经胸最长肌与胸棘肌的间隙达到深层组织,并解剖横突间区域的组织结构,探寻周围神经、血管,并观察椎间孔外神经根、肋间后神经、肋间后动静脉的走行规律及彼此间的关系。之后顺利到达椎间隙,进行了 Cage 植入,并尝试模拟进行了同侧的椎弓根螺钉的置入。结论:人体标本的解剖对研究下胸椎横突间入路椎体间融合手术区域的解剖结构具有很好的应用价值。通过观察分析解剖结构并尝试同一切口附加单侧椎弓根钉固定,发现 T₁₀/T₁₁ 和 T₁₁/T₁₂ 节段横突间区域较 T₈/T₉ 和 T₉/T₁₀ 更加充分,神经根游离空间大且不易损伤周围血管,操作简单安全,更适合下胸椎横突间入路椎体间融合手术,从而明确了安全的手术操作区域,充分证实了该手术方式的安全性、可靠性及临床应用性。

[关键词] 横突间入路;下胸椎;椎体间融合;解剖

[中图分类号] R-322 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2019)12-0009-04

Study on Human Anatomy of Lower Thoracic Interbody Fusion by Intertransverse Process Approach

JIANG Ping^{1,2} ZHAO Xuegang¹ LI Nianhu^{2△} KONG Peng² XU Zhanwang^{2△}
JIA Menglong¹ LI Sen¹ YE Jingyao¹

¹Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250014, China;

²Affiliated Hospital of Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250014, China.

Abstract Objective: Based on previous imaging studies of 3D reconstruction CT examination, autopsy was performed to study the intertransverse structures of the lower thoracic vertebra to further identify the safe surgical approaches and area of surgery. **Methods:** Six human specimens were dissected and operated accordingly to simulate the operation process of lower thoracic interbody fusion through transverse process approach. The anatomical structures and spatial relationships around the relevant surgical areas were observed, and the intervertebral fusion cage and the pedicle screw placement were performed during those procedures. **Results:** The operation of the lower thoracic interbody fusion through transverse process approach can reach deep tissue through the space between the longest pectoralis muscle and the pectoralis spinous muscle. The tissue structure of the intertransverse region can be dissected to explore the peripheral nerves and blood vessels to observe the travel rules of the external nerve roots of the intervertebral foramen, the intercostal nerve, the intercostal arteries veins, and the relationship between them. After that, access to the intervertebral space smoothly, the Cage im-

plantation was carried out, and the placement of ipsilateral pedicle screw was attempted to be simulated. **Conclusion:** The anatomy of human specimens was of great value in studying the anatomical structure of lower thoracic interbody fusion through transverse process approach. By observing and analyzing the anatomical structure and attempting to attach the same incision with unilateral pedicle screw fixation, it was found that the segment between transverse process area in

基金项目:山东省自然科学基金面上项目(ZR2019MH044)

济南市科技计划项目(201401261)

山东省高等学校科技计划项目(J17KA242)

国家自然科学基金项目(81473709)

¹ 山东中医药大学(济南, 250014)

² 山东中医药大学附属医院

△通信作者 E-mail: tigerlee073@126.com

T_{10}/T_{11} and T_{11}/T_{12} were more fully than the T_8/T_9 and T_9/T_{10} , and nerve roots in free space was large enough to avoid the surrounding blood vessels injury. It was a simple and safe operation and was more suitable for the lower thoracic interbody fusion through transverse process. It revealed an identify the safe operation area for reliability and clinical applicability of the operation.

Keywords: intertransverse approach; lower thoracic vertebrae; interbody fusion; anatomy

近些年来,随着医疗科技不断发展,脊柱外科技术也不断革新,尤其是腰椎融合技术方面,推陈出新,应用广泛。相比较而言,胸椎融合技术应用范围较窄,发展较慢。随着胸椎管狭窄症、胸椎骨折脱位、强直性脊柱炎等疾病的增多,对胸椎融合技术提出了新的要求。传统的胸椎椎间融合手术风险较大,安全系数较低,且术后并发症多。为寻找一种更为安全高效的胸椎椎体间融合方式,笔者所在团队提出了下胸椎横突间入路椎体间融合术这一全新的手术方式。该技术是以脊柱旁侧为手术入路,经横突间隙,在上下胸椎横突间区域进行操作。此技术无需切除关节突关节、椎板等骨性结构,维持了脊柱的稳定性,且操作空间距离脊髓较远,安全性高。笔者在前期 CT 三维重建的基础上,利用人体标本进行操作,研究手术入路及手术操作区域的解剖结构,进一步证实该技术的可行性与安全性。

1 材料与方法

用福尔马林浸泡的人体标本 6 具,解剖工作台,无菌手套,后路下胸椎椎体间融合手术器械 2 套,克氏针 10 根,1%龙胆紫溶液 2 瓶。

模拟下胸椎横突间入路椎体间融合手术入路,进行人体标本的解剖学研究,操作如下:1)将标本俯卧在解剖操作台上,取距离后正中中线约 8~10 cm 远的纵行切口并用标记笔标记。用尖刀依次切开背部表面皮肤、皮下组织,然后切开胸背筋膜,显露两侧肌肉群;2)经胸棘肌和最长肌的间隙进入深部组织,用骨膜剥离器将最长肌向外分离至横突水平;用尖刀将横突周围组织切开并分离,显露清楚后可观察到横突背侧区域的解剖结构;3)尖刀切开横突间韧带,寻找椎间孔外神经根、肋间后动静脉,并观察其走行规律及相互间关系;之后用神经剥离子和拉钩将神经根及其前方的肌肉向前外侧牵开,显露侧方的椎间盘;4)用小尖刀将纤维环切开,刮匙和髓核钳交替应用将髓核清除,并用刮匙对软骨终板进行适当处理;完成上步操作后,再进行椎间融合器 Cage 的植入;5)最后植入同侧椎弓根钉。

观察指标如下:1)观察下胸椎横突间入路椎体间融合术手术入路区域所涉及的解剖学结构;2)观察椎间孔外神经根、肋间后神经、肋间后动静脉的走行规律及相互间的关系;3)实践并评价下胸椎椎间融合器 Cage 植入操作的可实施性及安全性;4)探查横突周围骨性标志,并以此为基础寻找、确认椎弓根螺钉的

入钉点。

2 结果

人体标本背部标记距离后正中中线 8~10 cm 远的纵行切口,尖刀依次切开背部皮肤、皮下组织,显露并切开胸背筋膜,可观察到筋膜下的中层肌群,如胸最长肌、胸棘肌和胸髂肋肌,并可观察到胸最长肌分别与胸棘肌、胸髂肋肌之间的间隙,见图 1-4。



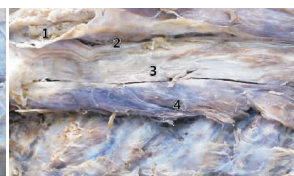
图 1 标记距离后正中中线外侧 8~10 cm 远的纵行切口



图 2 切开并剥离浅层皮肤、脂肪等组织,显露胸背筋膜组织



图 3 尖刀切开胸背筋膜组织并剥离,显露中层肌群



1-棘突上韧带;2-胸棘肌;
3-胸最长肌;4-胸髂肋肌
图 4 显露两侧肌肉群及肌肉间隙

将胸最长肌向外侧适度牵开,胸棘肌向内分离并牵开,显露出下胸椎横突水平区域以及胸最长肌与胸棘肌之间的间隙,通过此间隙进入深层组织。然后将横突周围的组织适当分离,观察横突周围区域的结构,同时可见肋间后神经、肋间后动静脉的走行轨迹(见图 5)。

显露并切开横突间韧带,测量横突间距离,保护并分离周围的组织结构,仔细寻找椎间孔外神经根、肋间后动静脉,用神经剥离子保护好神经根、肋间后动静脉,观察总结神经、动静脉走行规律及相互间的关系(见图 6)。



图 5 显露周围的肋骨、横突、肋间后神经、肋间后动静脉



图 6 显露横突,并测量距离

到达椎间隙及椎间盘区域,显露椎间隙,并用髓核钳和刮匙交替清除椎间盘纤维环及髓核组织,适度处理椎间隙的软骨终板,盐水冲洗后进行椎体间植骨,置

入大小合适的椎间融合器 Cage(见图 7-9)。

此外,笔者尝试模拟附加同侧椎弓根螺钉。首先寻找到横突基底部与椎板交界处,通过胸椎横突基底部及胸椎横突椎板结合部能很容易地确定置钉点。然后使用克氏针定位,用探针探查椎弓根螺钉道三面均为骨质后植入椎弓根螺钉。通过横突间入路下胸椎椎体间融合术的手术入路可方便地附加同侧的椎弓根钉(见图 10)。



图 7 显露椎间隙及椎间盘



图 8 用刮匙处理椎间隙



图 9 于椎间隙置入 Cage 融合器



图 10 单侧附加椎弓根螺钉

3 讨论

脊柱融合术已有 100 多年的历史,经过不断的演变,从早期的后方融合、后外侧融合到现在大规模应用的各种椎体间融合,术式不断推陈出新。在脊柱骨折、退变性疾病、结核感染乃至畸形等大多数脊柱手术中,椎间融合与否已然变成评价手术成功与失败的主要标准之一^[1,2]。此外,椎间融合术能提供脊柱稳定性,维持脊柱序列,临床疗效肯定,这也是其至今经久不衰的原因之一^[3]。临床上腰背部疾病比胸背部疾病更常见,患者数量较多,手术治疗应用越来越广泛。相关研究指出脊柱融合手术是治疗各种脊柱退行性疾病的有效手段,其疗效已得到广泛认可^[4]。腰椎融合技术对于腰椎退行性病变及脊柱畸形是一种较为有效的手术方式,目前被广泛应用于临床^[5]。然而胸椎椎间融合的手术适应证较窄,且需要手术的患者与腰椎相比数目较少,但车祸、高处坠落、重物砸伤等高能损伤所引起的胸椎骨折脱位等疾病不断增加。此外,针对强直性脊柱炎这类特殊患者所发生的脊柱骨折治疗的需要,临床上对胸椎椎间融合技术提出了新的要求。

前、外侧胸腔镜入路、经椎弓根手术入路以及近几年来较为流行的全内镜技术是目前临床应用能够到达胸椎椎间隙的几种主要技术^[6]。每种技术各有独特的优势和相对的不足。例如,胸椎前方手术入路可提供对肌肉及其它组织良好的显露及手术区域的视野。但前方入路常涉及到心肺等重要脏器,稍有不慎就容易对心肺造成损伤,产生一系列并发症^[7,8]。此外,临床

上开展的胸椎后路手术虽然能够避开前方重要脏器,临床并发症较少,但由于后方临近椎管,操作空间较小,需剥离大范围的软组织来显露视野,且椎管内的胸髓脆弱易损伤,手术存在创伤大、术中失血多、术后恢复慢等缺点^[9]。针对以上问题,是否能找到一种新的胸椎手术入路,可在胸椎的横突间区域进行操作,既不需大范围剥离肌肉,咬除棘突、椎板、关节突等骨性结构,又可以远离胸髓,下胸椎横突间入路椎体间融合术就很好地解决了这一临床问题^[10]。

下胸椎横突间入路椎体间融合术是利用脊柱旁侧入路,在距脊柱后正中中线 8~10 cm 处取一长约 10 cm 纵行切口,经过胸最长肌与胸棘肌之间的间隙到达深部组织,并将横突区域周围组织进行适当的清理,显露并切开横突间韧带。然后通过横突间隙,在需融合的节段上下胸椎横突间进行操作,适当清理椎间盘及髓核组织,并植入合适大小的 Cage 椎间融合器。该术式不需切除棘突、椎板、横突及肋骨等骨性结构,与其它胸椎手术方式相比,该术式操作区域位置距离胸髓更远,更加安全^[10]。本研究在 6 具人体标本解剖过程中分别采用经不同的肌间隙进入到下胸椎横突间区域,通过比较,认为经胸最长肌与胸棘肌之间的间隙到达横突间区域最为方便可靠。而经过胸最长肌与胸髂肋肌之间的间隙虽然也可进入深部横突区域,但该肌间隙区域肌肉附着丰富,且走行的血管较多、较复杂,在操作时需要较多剥离肌肉和血管,加大了手术创伤,增加了手术时间与花费。确认手术入路后,再进行 Cage 植入。本研究在不同的胸椎椎体间隙模拟斜方向植入 Cage,以评价该手术方式的实际操作性。最后,本研究尝试在椎体上附加椎弓根螺钉,通过横突间入路能很方便地寻找置钉点,但置钉倾斜角度比常规后方入路手术大。因此,在手术过程中,置钉点应以稍向外侧偏移为宜。

通过 CT 三维重建以及人体标本解剖研究,发现 T₈/T₉ 和 T₉/T₁₀ 节段横突间区域操作空间较狭小,且在横突间区域行椎间融合的操作空间相对不足,而加大倾斜角度将容易从下位胸椎的上终板穿出导致融合器部分进入椎体。同时,椎间孔外神经根的受牵拉幅度也较大,如为勉强避开神经根,需要大幅度减小置入融合器时的倾斜角度,这样虽然不牵拉脊髓,减少了对脊髓的干扰,但融合器容易偏一侧甚至从一侧穿出,导致融合失败。而在 T₁₀/T₁₁ 和 T₁₁/T₁₂ 节段通过横突间区域进行椎体间融合手术有充分的置入角度和操作空间,神经根游离度大且不易损伤肋间后动脉及其分支,操作简便、安全,并且可通过同一切口附加单侧椎弓根钉固定,操作方便,效率高且安全可靠,值得临床推广应用。

参考文献

- [1] YANG W C, DONG Y H. Advance on lumbar interbody fusion[J]. International Journal of Orthopaedics, 2011, 32(1): 37-39.
- [2] 高志强, 李洋, 罗飞. 对脊柱椎间融合的影像学评价策略[J]. 中国组织工程研究, 2015, 19(48): 7825-7830.
- [3] 徐荣明, 吕亮. 合理规范使用脊柱椎间融合技术[J]. 中国骨伤, 2017, 30(5): 391-394.
- [4] 陈岩松, 陈哲, 王硕凡. 脊柱融合术后相邻节段退变原因及预防措施的研究进展[J]. 中医正骨, 2018, 30(4): 54-58.
- [5] CHASTAIN C A, ECK J C, HODGES S D, et al. Transforaminal lumbar interbody fusion: a retrospective study of long-term pain relief and fusion outcomes[J]. Orthopaedics, 2007, 30(5): 389-392.
- [6] 涂计, 李文甜, 杨述华, 等. 全脊柱内镜下椎管减压结合斜外侧入路腰椎间融合术及经皮椎弓根钉治疗伴腰椎滑脱

的腰椎管狭窄症[J]. 华中科技大学学报(医学版), 2018, 47(4): 437-444.

- [7] KIM Y J, LENKE L G, BRIDWELL K H, et al. Pulmonary function in adolescent idiopathic scoliosis relative to the surgical procedure[J]. J Bone Joint Surg Am, 2005, 87(7): 1534-1541.
- [8] KARMAKAR M K, HO A M. Postthoracotomy pain syndrome[J]. Thorac Surg Clin, 2004, 14(3): 345-352.
- [9] LEE J C, LEE S H, PETERS C, et al. Adjacent segment pathology requiring reoperation after anterior cervical arthrodesis: the influence of smoking, sex, and number of operated levels[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2015, 40(10): 571-577.
- [10] 孔鹏, 李念虎, 徐展望, 等. 横突间入路下胸椎椎体间融合术基于 3D CT 重建的基础研究[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2015, 30(11): 1133-1136.

(收稿日期: 2019-06-04)

(上接第 8 页)

- [9] YANG R, SONG Z, WU S, et al. Toll-like receptor 4 contributes to a myofibroblast phenotype in cardiac fibroblasts and is associated with autophagy after myocardial infarction in a mouse model[J]. Atherosclerosis, 2018, 279: 23-31.
- [10] JIANG W W, HUANG B S, HAN Y, et al. Sodium hydrosulfide attenuates cerebral ischemia/reperfusion injury by suppressing overactivated autophagy in rats[J]. FEBS Open Bio, 2017, 7(11): 1686-1695.
- [11] 苏朋, 孙永明, 华俊, 等. 大鼠脊髓损伤后细胞自噬的变化及高压氧对其影响[J]. 中华航海医学与高气压医学杂志, 2016, 23(1): 31-35.
- [12] 孙晓伟, 高营, 王新宇, 等. 针刺对脑缺血再灌注损伤神经细胞自噬影响的研究概况[J]. 中医药信息, 2019, 36(2): 122-126.
- [13] ERLICH S, ALEXANDROVICH A, SHOHAMI E, et al.

Rapamycin is a neuroprotective treatment for traumatic brain injury[J]. Neurobiol Dis, 2007, 26(1): 86-93.

- [14] ZHANG Y B, LI S X, CHEN X P, et al. Autophagy is activated and might protect neurons from degeneration after traumatic brain injury[J]. Neurosci Bull, 2008, 24(3): 143-149.
- [15] KOMATSU M, WAGURI S, CHIBA T, et al. Loss of autophagy in the central nervous system causes neurodegeneration in mice[J]. Nature, 2006, 441(7095): 880-884.
- [16] LIU C L, CHEN S, DIETRICH D, et al. Changes in autophagy after traumatic brain injury[J]. J Cereb Blood Flow Metab, 2015, 28(4): 674-683.
- [17] KANNO H, OZAWA H, SEKIGUCHI A, et al. The role of autophagy in spinal cord injury[J]. Autophagy, 2013, 5(3): 390-392.

(收稿日期: 2019-05-16)