

DOI:10.3724/SP.J.1008.2010.01201

## 显微镜下颈前路经椎间隙减压的手术技巧

谭 军<sup>1\*</sup>, 李立钧<sup>1</sup>, 周 炜<sup>1</sup>, 杨明杰<sup>1</sup>, 沈 彬<sup>1</sup>, 严浩然<sup>1</sup>, 谢 宁<sup>2</sup>, 周许辉<sup>2</sup>, 贾连顺<sup>2</sup>, 刘铁龙<sup>3</sup>, 滕红林<sup>4</sup>, 钱 列<sup>5</sup>

1. 同济大学附属东方医院骨科, 上海 200120

2. 第二军医大学长征医院骨科, 上海 200003

3. 解放军 301 医院骨科, 北京 100853

4. 温州医学院附属第一人民医院骨科, 温州 325000

5. 同济大学附属同济医院脊柱外科, 上海 200065

**[摘要]** **目的** 探讨显微镜下经椎间隙颈前路减压技术, 总结手术技巧。**方法** 2000年6月至2005年12月间于显微镜下共行颈前路经椎间隙减压术271例, 均为椎间盘突出患者, 其中单间隙178例、双间隙71例、三间隙22例。所有患者影像显示脊髓前方压迫、压迫程度轻到中度及轻度髓内改变。主要设备为脊柱外科专用手术显微镜和高速磨钻。高速磨钻磨除纤维环和部分椎体后壁, 显露清理变性髓核, 钩形剥离器提起后纵韧带后切断, 再切除残余的后纵韧带及椎体后缘骨赘。**结果** 271例手术无脊髓、神经、血管损伤并发症。手术时间(62±12.4) min, 失血(126±29.4) ml, 下地时间为术后(1.8±0.4) d。所有患者术后神经功能均有不同程度改善, 功能改善率优69例, 良157例, 中27例, 差18例。**结论** 经椎间隙减压适用于椎间隙平面的病变, 显微镜下精细操作及高速磨钻有利于手术成功, 术后椎间隙结构更符合颈椎生物力学特性。

**[关键词]** 颈椎; 椎间盘突出; 微创性外科手术; 显微外科手术; 高速磨钻**[中图分类号]** R 681.531 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2010)11-1201-05

### Anterior cervical decompression technique *via* intervertebral space under microscope

TAN Jun<sup>1</sup>, LI Li-jun<sup>1</sup>, ZHOU Wei<sup>1</sup>, YANG Ming-jie<sup>1</sup>, SHEN Bin<sup>1</sup>, YAN Hao-ran<sup>1</sup>, XIE Ning<sup>2</sup>, ZHOU Xu-hui<sup>2</sup>, JIA Lian-shun<sup>2</sup>, LIU Tie-long<sup>3</sup>, TENG Hong-lin<sup>3</sup>, QIAN Lie<sup>5</sup>

1. Department of Orthopedics, Shanghai East Hospital, Tongji University, Shanghai 200120, China

2. Department of Orthopedics, Changzheng Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200003, China

3. Department of Orthopedics, No. 301 Hospital of PLA, Beijing 100853, China

4. Department of Orthopedics, The First Affiliated Hospital of Wenzhou Medical College, Wenzhou 325000, Zhejiang, China

5. Department of Spinal Surgery, Tongji Hospital, Tongji University, Shanghai 200065, China

**[Abstract]** **Objective** To discuss the technique of the anterior cervical decompression *via* intervertebral space under microscope. **Methods** A total of 271 patients with cervical disc herniation underwent anterior microsurgical decompression and intervertebral fusion from Jun. 2000.6 to Dec. 2005. The patients included 178 cases with single level herniation, 71 with double level ones, and 22 with three level ones. MRI images showed slight or medium anterior compression with slight abnormal changes within spinal cord in all cases. The main equipment included operation microscope for neurosurgery and high speed bur. The annular fibrous and osteophytes were removed by high speed bur to expose and clean the degenerative nucleus pulposus. We lifted the posterior longitudinal ligament (PLL) with tension using a hook-like stripper and cut it; then the residual PLL and posterior bony edges were removed. **Results** There were no severe complications such as injuries of the spinal cord, nerve root or blood vessels. The average intraoperative blood loss was (126±29.4) ml and the mean operative time was (62±12.4) min. The average time for the patients to get off bed was (1.8±0.4) days. The nerve functions were improved in all patients after operation, with the excellent nerve function found in 69 cases, good in 157 cases, fair in 27 cases, and poor in 18 cases according to JOA scores. **Conclusion** Anterior cervical decompression *via* intervertebral space under microscope is suitable for treatment of pathological changes of the intervertebral space; delicate manipulation under microscope and high speed bur can contribute to a successful operation; and the anatomy of intervertebral space is more suitable for the biomechanics of the cervical vertebrae.

**[Key words]** cervical vertebrae; intervertebral disc herniation; minimally invasive surgical procedures; microsurgery; high speed bur

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2010, 31(11):1201-1205]

**[收稿日期]** 2010-02-01 **[接受日期]** 2010-10-26**[作者简介]** 谭 军, 博士, 教授、主任医师, 博士生导师。

\* 通讯作者(Corresponding author). Tel: 021-63595958, E-mail: dr.tan@139.com

随着MRI等影像诊断技术的普及和对颈椎间盘病变认识的逐渐深入,近年来颈椎前路融合术的患者中,椎间盘源性颈椎不稳或骨性改变不显著的单纯颈椎间盘突出所占比例越来越多<sup>[1-2]</sup>。20世纪90年代开始在国内广泛应用的椎体次全切钢板固定术具有损伤大、术后恢复不良等缺陷,严重制约了其临床应用,以椎间盘为核心的微创治疗技术逐渐成为颈椎融合术的新方向和趋势<sup>[3-5]</sup>。因此,本研究回顾性总结2000年6月至2005年12月间于显微镜下进行的颈前路经椎间隙减压术的手术资料,探讨经椎间隙减压融合微创技术,总结手术经验,规范手术要求,促进技术推广。

## 1 资料和方法

### 1.1 一般资料

2000年6月至2005年12月第二军医长征医院骨科(201例)及同济大学附属东方医院骨科(70例)共实施显微镜下颈前路经椎间隙减压术的颈椎间盘突出患者271例。其中,男性177例,女性94例;年龄27~74岁,平均(48.6±8.4)岁,单间隙178例,双间隙71例,三间隙22例。C<sub>3-4</sub>62例,C<sub>4-5</sub>106例,C<sub>5-6</sub>118例,C<sub>6-7</sub>90例,C<sub>7</sub>~T<sub>1</sub>10例;35例合并轻度局限性后纵韧带骨化。主要临床表现包括:颈部不适,手部麻木,严重者行走不便,四肢麻木无力,不同程度的感觉障碍,肌力下降,肌张力增高,腱反射亢进,踝阵挛及Hoffman征阳性,21例出现大小便功能障碍。所有患者术前均摄颈椎正侧位、双斜位、动力位片及颈椎MRI或薄层CT,定位椎间盘突出及不稳的节段,并对脊髓压迫程度进行评价。271例患者均为单间隙和多间隙(2~3个)病变、压迫主要位于脊髓前方,程度轻至中度,髓内改变轻度。

### 1.2 手术设备

脊柱外科专用Carl Zeiss手术显微镜;焦距450 mm,面对面双目镜,放大倍率4~20倍。高速曲柄磨钻(Midas Rex,Φ2.5 mm钛钢钻石球头),30 000~100 000转/min。适合镜下操作的曲柄吸引器、刮勺、神经剥离钩,1 mm、2 mm颈椎枪式咬骨钳。Caspar椎体撑开器、颈椎自动撑开拉钩(Aesculap, USA)。

### 1.3 手术方法

#### 1.3.1 麻醉及体位

气管插管全麻,应避免麻醉过程中患者头颈过度后仰,加重脊髓损伤,必要时可在纤维支气管镜下插管。患者仰卧于手术床上,肩下垫软垫,颈后放置圆形包绕海绵的木质枕头,使头颈自然伸,枕部垫软头圈,头两侧放置小沙袋防止术中旋转。为了术中良好的透视显示下颈椎,特别是颈短肥胖的患者,可用胶布肩部牵引,用长1.4 m、宽10 cm的两条宽胶布,从颈肩交界偏后处绕过肩部,经上臂

平坦处,以适当角度向下方牵拉,固定于手术床侧方。牵引的力度需两侧对称,肩部可较大程度下降约2个椎节的高度4 cm,应防止大力牵引的相关并发症。

#### 1.3.2 切口及定位

取颈前右侧横切口(3个节段可选择斜行切口),长约3~4 cm,切开皮肤和皮下组织,颈阔肌,经颈内静脉鞘和颈动脉鞘间隙分离,用拉钩将气管、食管拉向中线,颈动脉鞘稍向右侧牵拉,抵达椎前间隙。定位椎间盘注意,传统方法:以长1.5 cm去除尖端的注射针头,插入椎间盘,摄全颈椎侧位X线片或C臂X线透视定位。但可能因定位错误,损害相邻的椎间盘,进一步加速退变。因此正确的方法是在定位椎间盘旁的颈长肌上缝线做标志,使用血管钳夹持缝线或颈长肌定位。

#### 1.3.3 椎间隙初次撑开及髓核摘除

手术间隙上下位椎体分别拧入椎体螺钉,套入Caspar撑开器,少许撑开,安装Aesculap颈椎自动拉钩。调节显微镜焦距,使视野清晰。高速磨钻处理椎间隙骨赘,特别是上位椎体的下缘应切除1.5 mm,完整地显露椎间盘。尖刀箱形切开纤维环,深度12 mm为宜,微型剥离器沿终板钝性剥离,髓核钳钳取椎间盘。

#### 1.3.4 椎间隙再次撑开

由于前纵韧带和大部分椎间盘被切除,椎间隙可进一步被撑开。刮匙或高速磨钻清理残余间盘、终板和部分椎体后壁,镜下可良好地显示后纵韧带(图1)。

如图2所示,用钩形剥离器深入后纵韧带与椎体后壁间隙,旋转90°,提起后纵韧带,尖刀切断后,可以显露突破后纵韧带的髓核及淡蓝色的硬膜囊,用1~2 mm薄型枪式咬骨钳咬除后纵韧带。对于椎体后壁骨赘进行磨钻磨除骨赘基底,刮匙刮除残余部。视硬膜囊膨起程度决定是否需进一步扩大减压范围,必要时可对双侧神经根出口进行减压。用钩型神经剥离器探查,椎体后缘与硬膜外间隙无残余致压物,以彻底减压。减压范围:左右为完全使神经根起始部松解;上下为后纵韧带附着处呈反漏斗状;深度为完全切除后纵韧带至硬膜囊膨隆,显微镜下可以透过硬膜囊观察到脊髓髓侧脑脊液的厚度、脊髓自由飘动状态甚至脊髓表面血管的搏动。

#### 1.3.5 重建与融合

用Midas RexΦ3.0 mm不锈钢柱状磨钻头修整上下终板软骨,形成良好的平行植骨床(注意不要磨除过多骨质,防止远期植骨块或Cage下陷)。撑开器略撑开椎间隙,测量植骨块高度,于左髂嵴处用蛇牌摆锯按测定高度切取三面皮质骨植骨块,修整深度为1.5 mm后,将骨块嵌入椎间隙,与椎体前壁平齐,松开Caspar撑开器,并反向旋转使植骨块嵌插紧密,还可以选择PEEK或碳纤维的解剖型Cage<sup>[6-7]</sup>,如图3所示。

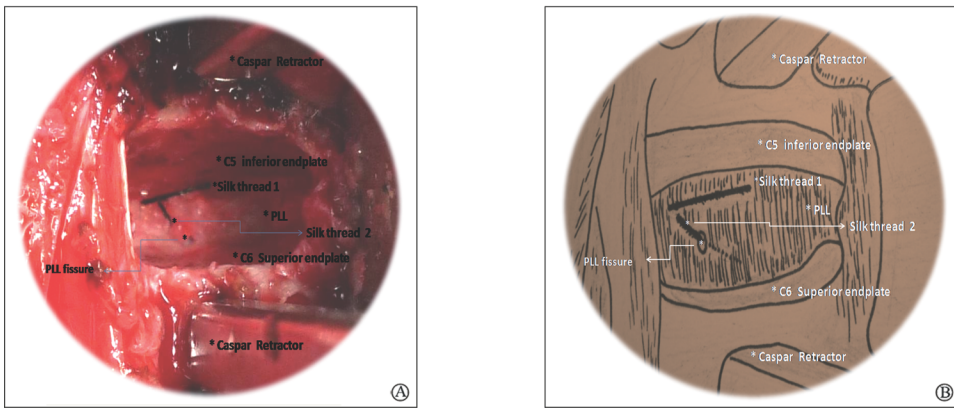


图 1 C<sub>5-6</sub> 椎间隙显微镜下表现(A)及手绘模式图(B)

Fig 1 Intervertebral space (C<sub>5-6</sub>) under microscope(A) and sketch(B)

A: Surgical field of C<sub>5-6</sub> level under microscope; PLL fissure was penetrated with a silk thread, and the other silk thread (in the same length) served as control. B: Sketch map of Fig 1A. A free fragment of nucleus pulposus passed the fissure

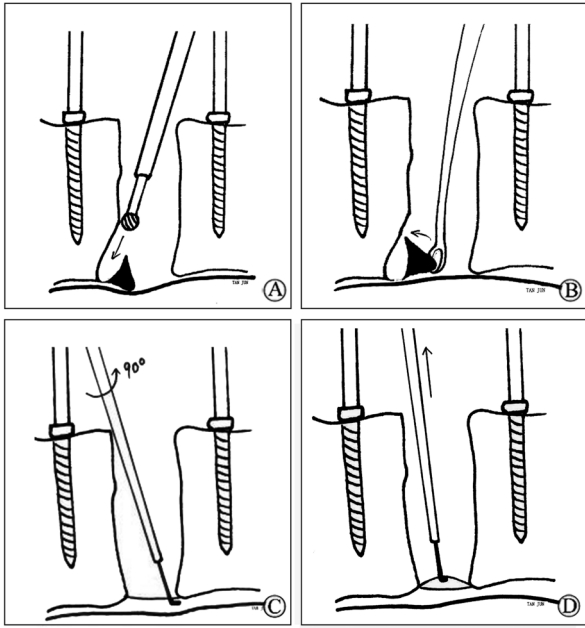


图 2 椎间隙减压示意图

Fig 2 Sketch map of intervertebral space decompression

A: Resection of osteophyte base with high speed burr; B: Removing the fragile osteophyte with curette; C: PLL was penetrated with hook and rotated in 90 degree, closing the endplate; D: PLL was lifted with hook

1.4 术后疗效评价及随访 切口负压吸引 36 h, 不强调术后的激素使用, 费城颈托保护下, 次日即可下地行走。术后平均随访 (18.2 ± 3.2) 个月 (12 ~ 36 个月)。影像学观察: 术后 1 周、3、12 个月复查颈椎正侧位、动力位片, 观察椎间隙高度变化及椎间隙有无异常活动、骨小梁通过及前方骨桥形成的情况。神经功能评分: 根据 JOA 评分标准, 对术前、术后 1 年的神经功能进行评分<sup>[8]</sup>, 并计算功能改善率 (rate

of the improved JOA score, RIS, %) = (术后分 - 术前分) / (17 - 术前分) × 100%。RIS > 75% 为优, 50% ~ 75% 为良, 25% ~ 49% 为中, 0% ~ 24% 或 JOA 评分低于术前的为差。

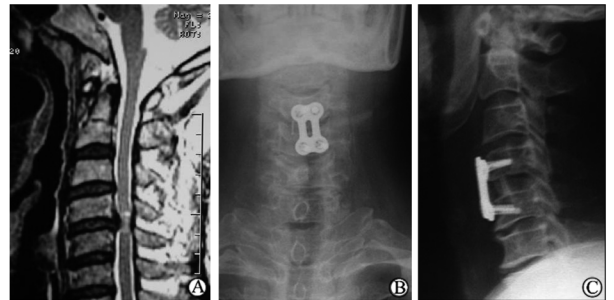


图 3 典型病例手术前后 X 影像学表现

Fig 3 Preoperative MRI and postoperative X-ray films

A: Preoperative MRI; B: Postoperative X-ray film (AP view); C: Postoperative X-ray film (lateral view)

## 2 结果

271 例手术时间 35 ~ 164 (62 ± 12.4) min, 失血 45 ~ 1 120 (126 ± 29.4) ml。下地时间平均为术后 (1.8 ± 0.4) d。术后切口感染 2 例, 发声困难 3 例, 经对症处理后均痊愈, 未发生脊髓、神经、椎动脉损伤、脑脊液漏、水肿、内固定折断松动等并发症。全部病例均融合, 融合率 100%。脊髓功能: 术前 JOA 评分 5 ~ 8 分 22 例, 9 ~ 12 分 147 例, 13 ~ 16 分 103 例, 平均 (11.7 ± 0.47) 分; 术后所有患者神经功能均有不同程度改善, 术后 1 年 JOA 评分 5 ~ 8 分 14 例, 9 ~ 12 分 120 例, 13 ~ 16 分 113 例, 17 分 24 例, 平均 (14.2 ± 0.17) 分。计算功能改善率优 69 例, 良 157 例, 中 27 例, 差 18 例。

### 3 讨论

3.1 颈椎间盘源性疾患减压的关键点 颈椎病的自然病史提示:颈椎运动单元的运动行为导致椎间盘退变、后突,并压迫后方的脊髓、神经根而诱发相应临床症状,反复应力刺激甚至使椎间隙出现骨性增生而加重压迫<sup>[9]</sup>。因此,颈椎退变发生的主要部位位于椎间盘及相邻椎体边缘,T<sub>2</sub>WI正中矢状面MRI上可发现在椎间隙平面脊髓前方的蛛网膜下隙消失,进而脊髓受压;同时后方的黄韧带可因椎间隙高度下降而出现肥厚皱褶,凸向椎管内,形成脊髓的对冲性压迫,呈“蜂腰状”改变<sup>[10]</sup>。而椎体平面,脊髓前方的脑脊液尚存在,脊髓不存在压迫,提示颈椎减压的范围应以未退变前的原始状态(未参与退变的椎体平面的解剖基本维持了这种状态)做参照。

椎体的主体结构并未参与颈椎退变的过程,因此椎体不是颈椎病中造成脊髓压迫的主要因素,理论上不应成为减压的目标而被切除。在椎体次全切手术中保留大部分椎体后壁可增加植骨块的稳定性和改善融合效果<sup>[11]</sup>,提示椎体后壁的切除不是该类疾患必须减压范围。颈椎椎体次全切由于可涉及范围包含1个椎体和2个相邻的椎间盘,因而非常适合于椎体骨折、椎体病变、孤立性的OPLL、1~2个节段的退变性椎管狭窄、位于椎体水平的脱出性髓核等。但对于单纯的颈椎椎间隙水平压迫,椎体次全切是在非致压平面进行的低效率操作,手术真正有效的部分仍是对相邻椎间隙的彻底减压,更多的是为获得良好的视野和更大操作空间而进行的一种扩大化的破坏性手术。不必要操作不仅延长了手术时间,使失血量增加,还使融合范围扩大。

椎体的切除无益于颈椎生理弧度的重建,因为生理弧度恢复主要依靠椎节间高度的恢复,长跨度的植骨很难重塑颈椎的生理前凸。颈椎序列的破坏造成应力分布不均,导致继发性的椎间盘退变和不稳;另外椎体切除增加医疗费用的投入,加重患者经济负担。而在良好照明、完善设备基础上,对于单纯椎间盘病变,经椎间隙进行彻底减压是可行的,显微镜的使用满足了上述条件。

3.2 经椎间隙手术的适应证 经椎间隙减压范围相对局限,轴向距离一般不超过10 mm,因此仅适用于椎间隙平面的病变,对于累及椎体范围的病理压迫并不适用,如连续性后纵韧带骨化、连续性严重颈椎管狭窄或先天骨性椎管狭窄,在此情况下采用该术式非但不合理,且极具风险性<sup>[1-2]</sup>。因此,术前影像学检查和测量对术式的选择和设计至关重要。动力位片可用于判断节段间的稳定性,MRI T<sub>2</sub>加权可

以更加直观地显示:椎管狭窄范围(全脊髓、多节段型、单节段型),压迫来自方向(脊髓腹侧、脊髓背侧、复合型),狭窄程度(蛛网膜下间正常、减少、消失、脊髓受压变形),脊髓信号改变(正常、水肿、软化囊变等)。与传统的Torg指数相比,脊髓/椎管比例能够更好地反映脊髓受压程度<sup>[12]</sup>。本组患者仅选取1~3间隙颈椎间盘的病变、脊髓前方压迫、脊髓压迫程度轻到中度及轻度髓内改变者经椎间减压,以免发生不良后果。如合并严重的后方压迫,在后路减压后再行前路经椎间隙的减压。减压彻底,迅速恢复稳定性。对于单节段的后纵韧带骨化、椎间盘钙化或椎体后缘骨赘增生的患者,主张借助气动磨钻,强调椎管外操作,尽量减少对脊髓的干扰。而发育性椎管狭窄和严重的连续性椎管狭窄经椎间隙减压为手术禁忌。本组271例手术功能改善率优69例,良157例,提示整体疗效可靠,但仍有中27例,差18例,提示手术适应证和技术标准尚需要进一步严格。

3.3 镜下手术和高速磨钻应用的必要性及困难 经椎间隙减压面临视野微小、操作空间狭小等技术难题,视野光照不足、术者与助手之间相互干扰,很难实现共视野的操作配合。在止血困难、术野模糊的情况下,容易发生误操作,导致脊髓损伤。椎体次全切正是为解决上述难题而采取的无奈之举。良好的视野与监控是完美操作的必要条件,显微镜能够提供足够亮度的冷光源同轴照明,术者与助手面对面同视野相互配合操作;术野放大4~20倍、良好的光学成像技术使任何细微的病变都能清晰显示,从而确保操作的精确性,避免对脊髓和神经根的过度激惹,这一点对脊髓压迫严重的患者更为关键<sup>[13-14]</sup>。显微镜下可使用双极电凝彻底处理微小的出血点,有利于保持术野清晰、方便操作,术后出血、硬膜外血肿等并发症也大大减少<sup>[15-16]</sup>;镜下可以判断减压是否彻底,有助于加深对颈椎间盘突出解剖分型的认识<sup>[17]</sup>;而示教镜或视频输出对于手术示教和医师培养具有重要意义。

经椎间隙减压需切除病变的椎间盘、椎体后缘增生的骨赘及肥厚或骨化的后纵韧带,两侧亦应达椎弓根,以松解神经根的压迫。狭小空间内减压极可能造成脊髓的机械损伤,因此精细的操作和控制是必需的。各种超薄的枪钳、小刮匙都是有效的传统减压工具。而显微镜下高速磨钻的应用更好地满足了手术的需求,利于更加精确、微创、有效地进行操作<sup>[18-19]</sup>。对脊髓和神经根减压的方法概括起来有2种:椎管内操作和椎管外操作。所有的手动操作(如枪钳)均属于椎管内操作,其特点是将设备置于

受压的脊髓与致压物之间,进行致压物的切除。这种操作对脊髓压迫严重患者具有巨大的潜在危险,在胸椎黄韧带骨化的手术中已经明确禁止使用。尽管在颈椎手术中还没有明确被提出,但对那些腹侧或腹背侧脑脊液代偿间隙消失的患者,为避免脊髓损伤,我们主张:采用椎管外操作的方式进行减压。高速磨钻是首选工具。在显微镜的良好视野下,高速磨钻可以精确地对目标区域进行减压,不同形状的钻头(球形、火柴头、金刚球头、柱状头)满足不同的要求。利用磨钻直接将增生的骨赘磨除或潜行减压后借助刮匙或钩形剥离器刮除骨赘可最大限度降低对脊髓的机械性侵扰。对使用高速磨钻的恐惧首先来自认识上的不足,高速本身就是稳定最好的保证;担心操作失误则是对使用该技术的没有把握。认识高速磨钻的理论特点、进行相关的专业培训及在标本和开放手术中不断积累经验是跨越学习曲线的有效方式。

显微镜下经椎间隙减压融合对于 1~2 个节段椎间盘突出症和(或)不显著增生骨赘引起的脊髓型颈椎病无疑是合理的方式,也是欧美脊柱外科医师的主流规范手术,但目前尚未在国内得到广泛合理应用。相信随着国内脊柱外科的继续发展,相关规范的完善及培训机制的建立,最终显微镜下经椎间隙减压融合治疗将得以更广泛的推广和应用。同时,不得不承认目前国内现状下开展显微镜下手术,设备要求较高、成本大,且术中可能形成创面污染(尽管可采用无菌护套,仍不能根除),显微镜下操作的手眼协调及磨钻使用均构成了一定的技术难度,需要相当一段时间的适应与学习。部分医师采用头灯加放大镜的方式进行颈椎手术,成为值得鼓励的渐进方式。目前中华人民共和国卫生部将颈椎前路手术廓定为四级手术,原则上应由主任医师实施,体现了标准制定专家的专业要求指向,国家层面的技术培训满足技术要求估计需要 10 年才能完成。

## [参 考 文 献]

[1] Deer T R, Kapural L. New image-guided ultra-minimally invasive lumbar decompression method: the mild procedure[J]. Pain Physician, 2010, 13:35-41.

[2] Grob D, Luca A. Surgery for cervical stenosis: anterior cervical decompression, corpectomy, and fusion[J]. Eur Spine J, 2010, 19:1801-1802.

[3] Rahman M, Summers L E, Richter B, Mimran R I, Jacob R P. Comparison of techniques for decompressive lumbar laminectomy: the minimally invasive *versus* the "classic" open approach [J]. Minim Invasive Neurosurg, 2008, 51:100-105.

[4] Mayer H M, Korge A. Microsurgical decompression of degenerative lumbar spinal stenosis[J]. Eur Spine J, 2009, 18:1989-1990.

[5] Song J K, Christie S D. Minimally invasive cervical stenosis decompression[J]. Neurosurg Clin N Am, 2006, 17:423-428.

[6] Kulkarni A G, Hee H T, Wong H K. Solis cage (PEEK) for anterior cervical fusion: preliminary radiological results with emphasis on fusion and subsidence[J]. Spine J, 2007, 7:205-209.

[7] Salame K, Ouaknine G E, Razon N, Rochkind S. The use of carbon fiber cages in anterior cervical interbody fusion: report of 100 cases[J]. Neurosurg Focus, 2002, 12:E1.

[8] Sevki K, Mehmet T, Ufuk T, Azmi H, Mercan S, Erkal B. Results of surgical treatment for degenerative cervical myelopathy: anterior cervical corpectomy and stabilization [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2004, 29:2493-2500.

[9] 陈雄生, 贾连顺, 袁文, 陈德玉, 倪斌, 叶晓健, 等. 脊髓型颈椎病自然史规律研究[J]. 中国矫形外科杂志, 2002, 10:1301-1304.

[10] Kaminsky S B, Clark C R, Traynelis V C. Operative treatment of cervical spondylotic myelopathy and radiculopathy. A comparison of laminectomy and laminoplasty at five year average follow-up[J]. Iowa Orthop J, 2004, 24:95-105.

[11] 袁文, 王新伟, 陈德玉, 张颖, 张涛, 徐盛明. 保留椎体后壁的椎体次全切除扩大减压术[J]. 中华骨科杂志, 2005, 25:667-670.

[12] 谭军, 万卫平, 贾连顺, 赵定麟, 屠开元. 颈椎管狭窄症的影像学所见与临床表现的对照研究[J]. 中华外科杂志, 1995, 33:690-694.

[13] Benglis D M, Guest J D, Wang M Y. Clinical feasibility of minimally invasive cervical laminoplasty [J]. Neurosurg Focus, 2008, 25:E3.

[14] Hilton D L Jr. Minimally invasive tubular access for posterior cervical foraminotomy with three-dimensional microscopic visualization and localization with anterior/posterior imaging [J]. Spine J, 2007, 7:154-158.

[15] Riew K D, McCulloch J A, Delamarter R B, An H S, Ahn N U. Microsurgery for degenerative conditions of the cervical spine [J]. Instr Course Lect, 2003, 52:497-508.

[16] Fernández de Rota J J, Meschian S, Fernández de Rota A, Urbano V, Baron M. Cervical spondylotic myelopathy due to chronic compression: the role of signal intensity changes in magnetic resonance images [J]. J Neurosurg Spine, 2007, 6:17-22.

[17] 李立钧, 谭军, 钱列, 杨明杰, 周炜, 曾诚, 等. 颈椎间盘突出类型的术中显微镜下观察[J]. 中华骨科杂志, 2009, 29:744-748.

[18] 尹东, Neil Chiverton. 颈前路显微外科手术治疗脊髓型颈椎病[J]. 中国矫形外科杂志, 2006, 14:189-191.

[19] Lee S H, Lee J H, Choi W C, Jung B, Mehta R. Anterior minimally invasive approaches for the cervical spine [J]. Orthop Clin North Am, 2007, 38:327-337.