

髓外硬膜下肿瘤的keyhole手术与开放全椎板切除术的比较

李鏊 徐杰 郑武

福建省立医院骨二科 福建医科大学省立临床医学院, 福州 350001

通信作者:徐杰, Email: Jiexu1520@163.com

【摘要】 目的 比较keyhole手术与全椎板手术切除髓外硬膜下肿瘤的安全性和疗效。方法 回顾性收集福建省立医院骨二科 2014 年 1 月至 2017 年 1 月手术治疗的 102 例髓外硬膜下肿瘤 (≤ 3 cm) 患者临床资料, 50 例行 keyhole 手术, 52 例行全椎板手术。分析两组病例的手术时间、出血量、术后下床时间、术后住院时间、引流情况、术后并发症、术中神经电生理监测结果(IONM)、术前及术后疼痛视觉模拟评分(VAS)、颈椎功能障碍指数(NDI)、Oswestry 功能障碍指数(ODI)、McCormick 脊髓功能分级, 评估两组安全性和疗效。结果 keyhole 组随访(30 ± 15)个月, 全椎板组随访(45 ± 15)个月。两组肿瘤均完全切除, 未发生切口感染、脑脊液漏等并发症。两组病例在基线资料、手术时间、IONM、术前和术后 3、6、12 个月 VAS、NDI(颈段肿瘤)、ODI(胸腰段肿瘤)、McCormick 脊髓功能分级、肿瘤复发方面差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)。keyhole 组较全椎板组出血量更少[(73 ± 24) ml 比 (136 ± 26) ml, $t = -12.610$, $P < 0.05$], 术后下床时间更早[(1.4 ± 0.6) d 比 (6.5 ± 1.0) d, $t = -31.822$, $P < 0.05$], 术后住院时间更短[(4.3 ± 0.8) d 比 (11.2 ± 2.0) d, $t = -22.319$, $P < 0.05$], 且在置管引流方面更具优势。keyhole 组术后 2 周 VAS、NDI、ODI 较全椎板组改善明显(均 $P < 0.05$)。结论 与全椎板手术相比, keyhole 手术适用于体积较小、部位较局限的肿瘤治疗, 而安全性与之相当, 术后恢复快, 近期临床疗效确切, 远期疗效两者相近。

【关键词】 脊椎肿瘤; 髓外硬膜下肿瘤; keyhole 手术; 全椎板手术

基金项目: 2019 福建省卫生教育联合攻关项目(2019-WJ-01)

DOI:10.3760/cma.j.cn112137-20200305-00605

Comparison of the safety and outcomes between keyhole surgery and total laminectomy for resection of intradural extramedullary spinal cord tumors

Li Jun, Xu Jie, Zheng Wu

Department II of Orthopedics, Fujian Provincial Hospital, Provincial Clinical College of Fujian Medical University, Fuzhou 350001, China

Corresponding author: Xu Jie, Email: Jiexu1520@163.com

【Abstract】 Objective To compare the safety and outcomes between keyhole surgery and total laminectomy for resection of intradural extramedullary spinal cord tumors. **Methods** Retrospectively collected the clinical data of 102 patients with intradural extramedullary spinal cord tumors (≤ 3 cm) treated by surgery in Department of Orthopedics in Fujian Provincial Hospital from January 2014 to January 2017. Fifty cases underwent the keyhole surgery and the other 52 received total laminectomy. The operation time, volume of intraoperative bleeding, the leaving bed time, the length of postoperative hospital stay, drainage, postoperative complications, intraoperative neuroelectrophysiological monitoring (IONM), preoperative and postoperative visual analogue score (VAS), neck disability index (NDI), Oswestry disability index (ODI), McCormick spinal cord function grading were analyzed and compared between the two groups to evaluate the safety and clinical outcomes. The data of two groups were compared by t , χ^2 or rank sum test. **Results** The keyhole group was followed up for (30 ± 15) months and the total laminectomy group was followed up for (45 ± 15) months. All the tumors were completely resected. All the incision healed well and no cerebrospinal fluid leakage occurred. There was no statistically significant differences in baseline data, operation time, the results of IONM, preoperative and 3 months, 6 months, 12 months postoperative VAS, NDI (cervical tumors), ODI (thoracic and lumbar tumors), McCormick spinal cord function grading, tumor recurrence between the

two groups (all $P>0.05$). The keyhole group had less intraoperative bleeding than that in the total laminectomy group (73 ± 24 ml vs 136 ± 26 ml, $t=-12.610$, $P<0.05$), earlier postoperative leaving bed time (1.4 ± 0.6 d vs 6.5 ± 1.0 d, $t=-31.822$, $P<0.05$), and the postoperative hospital stay was shorter (4.3 ± 0.8 d vs 11.2 ± 2.0 d, $t=-22.319$, $P<0.05$), and it was more advantageous in terms of drainage. The VAS, NDI and ODI in the keyhole group improved significantly compared with those in the total laminectomy group 2 weeks post operation (all $P<0.05$). **Conclusion** Compared with the total laminectomy, keyhole surgery is suitable for the treatment of intradural extramedullary spinal cord tumors with small size and limited location, and it is equivalently safe with faster functional recovery.

【Key words】 Spinal neoplasms; Intradural extramedullary spinal cord tumors; Keyhole surgery; Total laminectomy

Fund program: Health Education Joint Project of Fujian Province (2019-WJ-01)

DOI:10.3760/cma.j.cn112137-20200305-00605

髓外硬膜下肿瘤目前主要的治疗手段是通过外科手术切除病变组织^[1]。传统的全椎板手术常采用长切口,后正中入路,切除全椎板,严重破坏了脊柱结构,对其稳定性影响较大^[2]。近年来,通道下 keyhole 手术逐渐被用于治疗椎管内肿瘤,具有出血量少、住院时间短等优势^[3]。此外, Bresnahan 等^[4]及 Ogden 等^[5]的生物力学研究得出 keyhole 手术可降低对脊柱稳定性的影响。本研究回顾性分析 2014 年 1 月至 2017 年 1 月收治入院接受手术治疗的 102 例髓外硬膜下肿瘤患者的临床资料,对两种术式进行疗效分析,为临床治疗提供参考依据。

对象与方法

一、研究对象

回顾性分析 2014 年 1 月至 2017 年 1 月福建省立医院骨二科收治入院的 102 例髓外硬膜下肿瘤患者的临床资料,利用不同医师临床工作习惯的不同形成的自然分组,其中 50 例行 keyhole 手术,52 例行全椎板手术(由于成人脊髓下端仅达第 1 腰椎下缘,故本研究入组的腰段肿瘤仅限于 L₁ 节段)。本研究为回顾性队列研究,两组病例已签署手术知情同意书,已获医院伦理委员会批准(K2019-09-033),分别由两位高年资主任医师主刀。术前全部病例均行脊柱过伸过屈位片,CT 三维重建,MRI 平扫检查,术中均行肿瘤切除术,术中均行神经电生理监测。两组病例基线资料具有可比性,见表 1。

二、纳入、排除标准

纳入标准:(1)临床表现、影像学检查、术中探查表明肿瘤为髓外硬膜下肿瘤;(2)影像学测量肿瘤最大直径 ≤ 3 cm;(3)随访时间 ≥ 12 个月;(4)患者术前签署知情同意书。排除标准:(1)临床表现、影

像学检查、术中探查表明肿瘤为髓内肿瘤、硬膜外肿瘤、跨椎间孔“哑铃形”肿瘤;(2)影像学测量肿瘤最大直径 >3 cm;(3)术前检查合并脊柱失稳;(4)随访时间 <12 个月。

表 1 两组髓外硬膜下肿瘤患者基线资料比较

项目	keyhole 组	全椎板组	t/χ^2 值	P 值
年龄(岁, $\bar{x}\pm s$)	48 \pm 16	51 \pm 14	-1.228	0.222
性别(例)			0.358	0.550
男	27	25		
女	23	27		
部位(例)			0.602	0.740
颈椎	6	7		
胸椎	24	21		
腰椎(L ₁)	20	24		
临床症状(例)			1.056	0.590
运动障碍	12	11		
感觉异常	38	40		
二便障碍	0	1		
肿瘤性质(例)			5.614	0.346
神经鞘瘤	33	37		
脊膜瘤	10	8		
神经纤维瘤	3	0		
室管膜瘤	2	3		
皮样囊肿	2	2		
节细胞神经瘤	0	2		

三、手术方法

两组病例分别采用 keyhole 手术和全椎板手术。keyhole 手术在显微镜(德国 Leica 公司 M525 F40 型)辅助下完成。插管全身麻醉,取俯卧位,放置体位垫,悬空腹部,常规消毒铺巾。切皮前建立神经电生理监测系统,根据不同手术部位安放好不同类型的监测电极。C 型臂透视定位肿瘤对应的椎间隙位置,确认无误后取定位间隙旁正中切口长约 2.5 cm,切开皮肤皮下组织,采用经皮穿刺技术逐级扩张工作套管,置入相应型号的 pipeline 显微

通道(美国强生公司),连接杆连接锁定。C型臂再次透视确定通道位置满意,进行显微镜辅助下操作。显微镜下清除通道视野内的软组织,暴露出单侧椎板、关节突关节。高速磨钻、咬骨钳去除肿瘤部位单侧椎板,靶向、有限、必要开窗,必要时磨除棘突根部及部分关节突关节,切除椎管内黄韧带,充分暴露椎管,显露硬脊膜。显微镜下切开硬脊膜,避免切破蛛网膜,以减少脑脊液渗漏,暴露分离瘤出肿瘤。较小的肿瘤可整块切除,较大的肿瘤行分块切除,逐步减压以减轻对脊髓的影响。彻底止血,滴注生理盐水,驱除脑脊液气泡,显微持针器、深部推结器辅助 5-0 普理灵缝线水下显微严密锁边缝合硬脊膜。通道下覆盖明胶海绵,喷洒蛋白胶,再次检查术野有无出血,退出工作通道,按层次关闭切口^[6](图 1)。

四、随访及疗效评估

采用门诊复查及电话问询的方式进行随访。术后第 1 年内每 3 个月门诊复查,1 年后每半年随访 1 次。根据两组病例的手术时间、出血量、输血率、置管引流率、术中神经电生理监测(IONM)结果(以体感诱发电位和/或动作诱发电位波幅较术前

基线升高 $\geq 30\%$ 认为有改善,波幅较术前基线下降 $\geq 50\%$ 认为有恶化,两者之间认为较术前相仿)、术后并发症、随访期间肿瘤复发情况评估手术的安全可行性。根据两组病例术后下床时间和住院时间,术前和术后 2 周、3 个月、6 个月、12 个月疼痛视觉模拟评分(VAS)、颈椎功能障碍指数(NDI)(颈段肿瘤)、Oswestry 功能障碍指数(ODI)(胸段、腰段肿瘤)、McCormick 脊髓功能分级^[7],评估患者临床症状改善情况。

五、统计学方法

采用 SPSS 22.0 软件进行数据分析。符合正态分布的计量资料数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示;两组病例基线资料(除年龄外)、IONM 结果、随访期间肿瘤复发情况、输血率、置管引流率比较采用 χ^2 检验;年龄、手术时间、出血量、术后下床时间、术后住院时间、手术前后 VAS、NDI 及 ODI 数据符合正态分布,组间比较采用 t 检验;手术前后 McCormick 脊髓功能分级比较采用秩和检验。检验水准值取双侧 $\alpha=0.05$ 。

结 果

一、随访情况

术后 102 例病例均获得随访。keyhole 组随访 12~59(30 \pm 15)个月,全椎板组随访 12~68(45 \pm 15)个月。

二、手术情况

keyhole 组病例无因术中显露困难或切除困难中转全椎板手术。两组病例肿瘤均完全切除。所有患者术后住院期间未发生切口感染、脑脊液漏及其余感觉、运动障碍等明显神经并发症。keyhole 组手术时间(176 \pm 52) min,出血量(73 \pm 24) ml,均未放置引流管,术后下床时间(1.4 \pm 0.6) d,术后住院时间(4.3 \pm 0.8) d;全椎板组手术时间(163 \pm 59) min,出血量(136 \pm 26) ml,均放置引流管,术后下床时间(6.5 \pm 1.0) d,术后住院时间(11.2 \pm 2.0) d。两组手术时间、输血率差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)。keyhole 组出血量、引流率、术后下床时间、术后住院时间等均显著低于全椎板组,差异均有统计学意义(均 $P<$

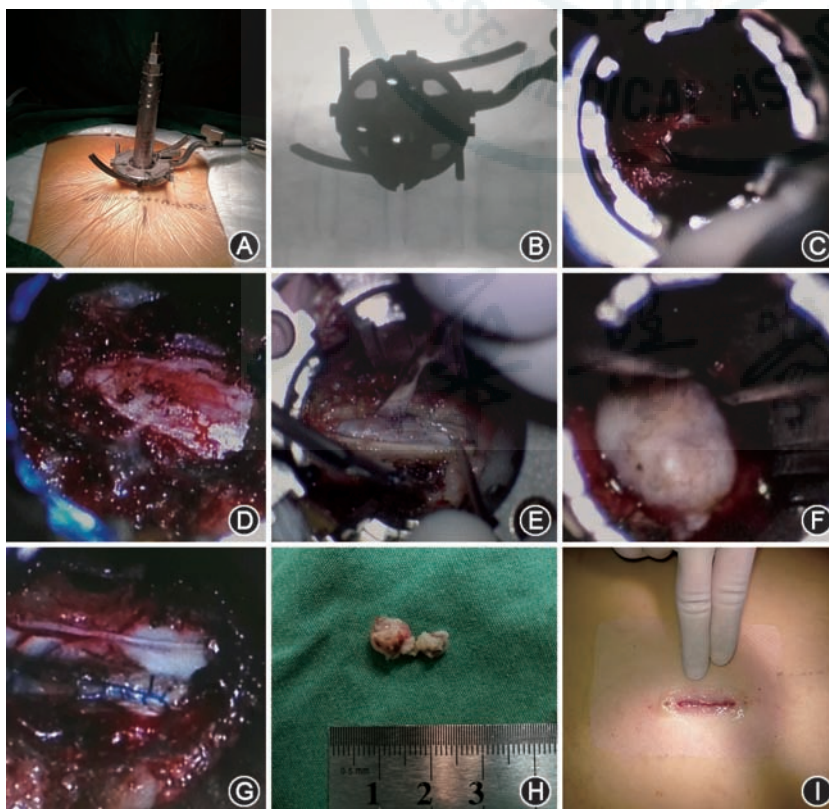


图 1 通道下 keyhole 手术切除髓外硬膜下肿瘤 A: 安装 pipeline 工作通道; B: 透视工作通道位置; C: 咬除单侧半椎板; D: 显露硬脊膜; E: 切开硬脊膜, 分离肿瘤; F: 切除肿瘤; G: 通道下缝合硬脊膜; H: 肿瘤标本(1 h); I: 术后切口

0.05)。keyhole 组及全椎板组 IONM 均未出现波幅恶化情况(图 2)。keyhole 组波幅改善 46 例,波幅相仿 4 例,全椎板组波幅改善 45 例,波幅相仿 7 例,两组波幅改善相仿($P>0.05$)。两组随访期间肿瘤各有 1 例复发,差异无统计学意义($P>0.05$)(表 2)。

三、手术前后 VAS、NDI、ODI、McCormick 脊髓功能分级比较

keyhole 组及全椎板组术前、术后 3 个月、6 个月、12 个月 VAS、NDI、ODI、McCormick 脊髓功能分级对比差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)(表 3~6)。术后 2 周 keyhole 组 VAS 明显低于全椎板组[分别为 (1.8 ± 0.7) 分及 (2.6 ± 0.6) 分],差异有统计学意义($P<0.05$)(表 3)。术后 2 周 keyhole 组颈段肿瘤 NDI 为 10.8 ± 0.8 ,全椎板组为 15.3 ± 3.2 ,keyhole 组明显优于全椎板组($P<0.05$)(表 4)。术后 2 周 keyhole 组胸腰段肿瘤 ODI 为 11.5 ± 4.4 ,全椎板组为 14.5 ± 3.3 ,keyhole 组明显优于全椎板组($P<0.05$)(表 5)。keyhole 组术后 2 周的 McCormick 脊髓功能分级与

表 2 两组髓外硬膜下肿瘤患者手术围手术期参数比较($\bar{x}\pm s$)

项目	keyhole 组 (n=50)	全椎板组 (n=52)	t/χ^2 值	P 值
手术时间(min)	176±52	163±59	1.207	0.230
出血量(ml)	73±24	136±26	-12.610	0.001
输血率(例)	0/50	2/52	-1.400	0.165
引流率(例)	0/50	52/52	102.000	0.001
术后下床(d)	1.4±0.6	6.5±1.0	-31.822	0.001
术后住院(d)	4.3±0.8	11.2±2.0	-22.319	0.001
肿瘤复发(例)	1/50	1/52	0.001	0.978
IONM 波幅(例)			0.790	0.374
改善	46/50	45/52		
相仿	4/50	7/52		
恶化	0/50	0/52		

全椎板组大致相同($P>0.05$)(表 6)。

四、典型病例

患者男,70 岁,以“进行性行走无力 1 年”为主诉入院;术前 MRI 检查示:C₁₋₂ 椎管内肿瘤;予行显微镜辅助通道下 C₁₋₂ 椎管内肿瘤切除术;术中出血 70 ml,未输血,术前与术后 2 周疼痛 VAS、NDI、McCormick 脊髓功能分级分别为 7 分比 2 分、25 比 10 和 IV 级比 II 级。术后病理为非典型脊髓膜瘤,术后行走、肌力恢复(图 2)。

讨 论

Horsley 和 Gowers 于 1888 年最先报道了全椎板手术切除椎管内肿瘤的经典手术方法。该术式将病变节段全椎板切除^[8-9],对后柱造成极大的破坏,导致术后较高的脊柱不稳、侧凸、后凸发生率^[10-11]。Wilson 最先提出 keyhole 手术概念,认为其可适用于一部分颅脑手术^[12]。keyhole 手术通过经皮穿刺放置小直径的工作通道,靶向靠近椎管肿瘤,采用开窗式磨除部分椎板或关节突^[13],直接切开肿瘤背侧的硬膜,通过分离疝出技术,从而切除椎管内肿瘤。该手术利用解剖的自然间隙,术中通过手术床调整患者体位和变换工作通道的角度来获得更大的视野和操作空间^[14]。Xu 等^[6,9]于

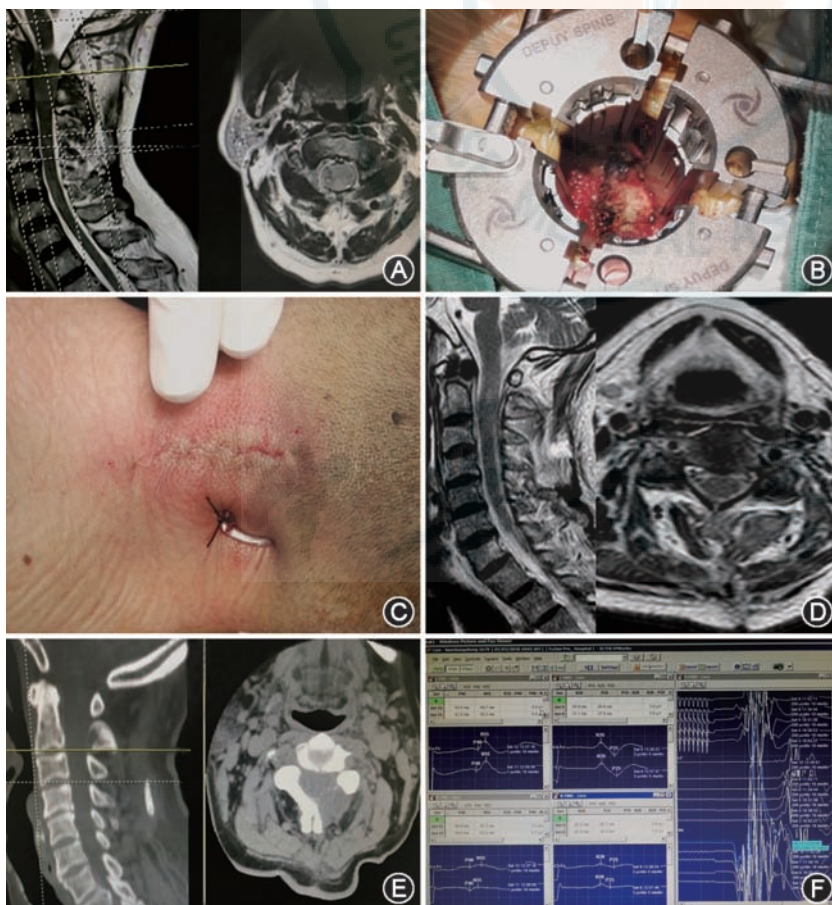


图 2 髓外硬膜下肿瘤典型病例资料 A: 术前 MRI 矢状面及横断面检查示 C₁₋₂ 椎管内肿瘤压迫脊髓神经;B: 可扩张 pipeline 通道;C: 术后切口;D: 术后 MRI 矢状面及横断面检查示肿瘤完全切除;E: 术后 CT 矢状面及横断面检查示靶向椎板开窗;F: 术中神经电生理监测结果

表 3 两组髓外硬膜下肿瘤患者手术前后疼痛视觉模拟评分比较($\bar{x} \pm s$)

时间	keyhole 组 (n=50)	全椎板组 (n=52)	t 值	P 值
术前	7.7±0.7	7.6±1.0	0.502	0.617
术后 2 周	1.8±0.7	2.6±0.6	-6.271	0.001
术后 3 月	1.5±0.5	1.6±0.5	-1.324	0.188
术后 6 月	0.8±0.6	0.7±0.6	1.201	0.233
术后 12 月	0.4±0.5	0.5±0.5	-0.580	0.564

表 4 两组髓外硬膜下肿瘤患者手术前后颈段肿瘤病例颈椎功能障碍指数比较($\bar{x} \pm s$)

时间	keyhole 组 (n=50)	全椎板组 (n=52)	t 值	P 值
术前	29.8±4.2	29.6±4.4	0.110	0.914
术后 2 周	10.8±0.8	15.3±3.2	-3.311	0.007
术后 3 月	9.0±0.9	10.0±3.1	-0.757	0.456
术后 6 月	7.0±0.9	6.9±2.5	0.133	0.896
术后 12 月	6.1±0.8	6.3±1.9	-0.338	0.742

表 5 两组髓外硬膜下肿瘤患者手术前后胸段、腰段肿瘤病例 Oswestry 功能障碍指数比较($\bar{x} \pm s$)

时间	keyhole 组	全椎板组	t 值	P 值
术前	29.4±7.9	29.4±6.6	-0.009	0.993
术后 2 周	11.5±4.4	14.5±3.3	-3.644	0.001
术后 3 月	9.4±4.6	10.7±3.0	-1.432	0.130
术后 6 月	7.8±4.8	7.2±2.3	0.836	0.405
术后 12 月	7.0±4.8	6.6±2.0	0.489	0.626

2017 年和 2019 年先后将 keyhole 手术用于治疗椎管内哑铃型肿瘤及胸椎钙化粘连严重的脊膜瘤,疗效显著。Mende 等^[15]主持的一项队列研究表明 keyhole 手术在治疗椎管内病变方面,术后并发症为 9.6%,而全椎板手术为 19.1%,keyhole 手术有着相当的优越性。

在研究中,我们发现 keyhole 手术相较于全椎板手术来说具有显著性的优势:(1)keyhole 手术切口小,从肌间隙放置工作通道,借助工作通道撑开肌群,对肌肉和软组织损伤较小,手术出血量少。Tredway 等^[16]采用椎旁套管系统治疗 6 例髓外硬膜下肿瘤患者,术中出血平均 56 ml,而 Lu 等^[17]报道收治开放全椎板手术患者平均出血量 372 ml。本研究中,keyhole 组出血量较全椎板组少,差异具有统计学意义($P<0.05$)。(2)keyhole 手术靶向椎板开窗,关节突关节破坏少,常不需要进行固定;全椎板手术由于切除了全椎板,为保持脊柱稳定性,防止

表 6 两组髓外硬膜下肿瘤患者手术前后 McCormick 脊髓功能分级对比(例)

时间	keyhole 组(n=50)	全椎板组(n=52)	Z 值	P 值
术前			-0.974	0.330
I 级	2	5		
II 级	25	26		
III 级	21	21		
IV 级	2	0		
术后 2 周			-1.139	0.255
I 级	43	40		
II 级	6	11		
III 级	0	1		
IV 级	1	0		
术后 3 个月			-0.252	0.801
I 级	46	47		
II 级	3	5		
III 级	0	0		
IV 级	1	0		
术后 6 个月			-0.306	0.760
I 级	47	48		
II 级	2	4		
III 级	0	0		
IV 级	1	0		
术后 12 个月			-0.074	0.941
I 级	47	49		
II 级	2	3		
III 级	0	0		
IV 级	1	0		

术后出现脊柱不稳,通常需要进行内固定。本研究两组病例术后复查影像提示 keyhole 组椎板开窗范围较全椎板组小。(3)keyhole 手术创面小,软组织损伤轻,术中显微切开、缝合硬脊膜,术野渗血、渗液少,不必常规放置引流管。在本研究中,keyhole 组均未放置引流管,全椎板组均放置引流管,差异具有统计学意义($P<0.05$)。(4)keyhole 手术借助通道的角度变换,对于最大直径<3 cm 的肿瘤,一般均可实现充分暴露,无需过多地牵拉脊髓和神经根,能在更大程度上避免操作所致的医源性损伤。(5)keyhole 组病例术后下床时间、住院时间明显少于全椎板组,差异具有统计学意义(均 $P<0.05$)。国外 keyhole 术后并发症在 4.1%~8.0%,全椎板术后并发症在 13.7%~37.0%^[2],本研究两种术式均未出现切口感染、脑脊液漏等并发症,较国外报道低。

keyhole 组 VAS、NDI、ODI 在术后 2 周明显优于全椎板组(均 $P<0.05$),术后 3、6、12 个月则无明显差异(均 $P>0.05$),表明 keyhole 手术较全椎板手术

在术后疼痛减轻和功能恢复方面快,但最终疼痛、功能恢复相近。两组病例各时间点 McCormick 脊髓功能分级对比差异均无统计学意义(均 $P>0.05$),则说明无论是 keyhole 手术还是全椎板手术,手术过程都是精准精细的,对神经功能的保护是相当的。VAS、NDI、ODI、术后下床时间、术后住院时间这五个指标有力地证明了 keyhole 手术较全椎板手术术后早期对疼痛、功能的改善有着显著的疗效,但远期疗效相当。配合 IONM,两组病例在肿瘤切除过程中 SEP 波幅无明显下降,MEP 波幅未见消失,EMG 未见连续性爆发电位,且 IONM 结果表明 keyhole 组波幅改善较全椎板组相仿($P>0.05$),两组病例均无波幅恶化情况,表明 keyhole 手术可达到安全切除肿瘤的目的,且安全性较全椎板手术相当。与全椎板组相比较, keyhole 手术在出血量、引流、术后下床、住院时间、早期功能恢复方面具有显著的优势,可达到用更小的创伤取得相当的效果。

本研究的不足之处在于为单中心回顾性数据分析,样本量不够大,分组方法是利用不同医师临床工作习惯的不同形成的自然分组,有待多中心、大样本、前瞻性的研究进一步研究和验证。在后续研究中,将加大样本量,进一步明确两种术式的远期疗效。

与全椎板手术相比, keyhole 手术适用于于体积较小、部位较局限的肿瘤治疗,安全性与之相当,且具有出血量少、不放置引流管、术后住院时间短、术后疼痛轻、恢复快的优势,但远期疗效两者相近。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] 王贵怀. 椎管内肿瘤[J]. 中国现代神经疾病杂志, 2013, 13(12): 983-985. DOI:10.3969/j.issn.16726731.2013.12.001.
- [2] Raygor KP, Than KD, Chou D, et al. Comparison of minimally invasive transspinous and open approaches for thoracolumbar intradural-extramedullary spinal tumors[J]. Neurosurg Focus, 2015,39(2):E12. DOI: 10.3171/2015.5.FOCUS15187.
- [3] Wang MY, Cummock MD, Yu Y, et al. An analysis of the differences in the acute hospitalization charges following minimally invasive versus open posterior lumbar interbody fusion[J]. J Neurosurg Spine, 2010, 12(6): 694-699. DOI: 10.3171/2009.12.SPINE09621.
- [4] Bresnahan L, Ogden AT, Natarajan RN, et al. A biomechanical evaluation of graded posterior element removal for treatment of lumbar stenosis: comparison of a minimally invasive approach with two standard laminectomy techniques [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2009,34(1):17-23. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318191438b.
- [5] Ogden AT, Bresnahan L, Smith JS, et al. Biomechanical comparison of traditional and minimally invasive intradural tumor exposures using finite element analysis[J]. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2009,24(2):143-147. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2008.11.005.
- [6] Xu J, Liu CH, Lin Y, et al. Microscopic minimally invasive keyhole technique for surgical resection of spinal dumbbell tumors[J]. World Neurosurg, 2018, 109: e110-110e117. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.09.114.
- [7] Nadeem M, Mansoor S, Assad S, et al. Spinal schwannoma with intradural intramedullary hemorrhage[J]. Cureus, 2017, 9(3):e1082. DOI: 10.7759/cureus.1082.
- [8] Guerrero-Suarez PD, Magdaleno-Estrella E, Guerrero-López P, et al. Intradural spinal tumors: 10 -years surgical experience in a single institution[J]. Clin Neurol Neurosurg, 2018, 169: 98-102. DOI: 10.1016/j.clineuro.2018.03.013.
- [9] Xu J, Yu BF, Liu CH, et al. Microscopic keyhole technique for surgical re-removal of thoracic spinal meningiomas[J]. World Neurosurg, 2019, 124:373-379. DOI:10.1016/j.wneu.2018.12.099.
- [10] Seppälä MT, Haltia MJ, Sankila RJ, et al. Long-term outcome after removal of spinal schwannoma: a clinicopathological study of 187 cases[J]. J Neurosurg, 1995,83(4):621-626. DOI: 10.3171/jns.1995.83.4.0621.
- [11] Formo M, Halvorsen CM, Dahlberg D, et al. Minimally invasive microsurgical resection of primary, intradural spinal tumors is feasible and safe: a consecutive series of 83 patients [J]. Neurosurgery, 2018,82(3):365-371. DOI: 10.1093/neuros/nyx253.
- [12] Tumialán LM, Theodore N, Narayanan M, et al. Anatomic basis for minimally invasive resection of intradural extramedullary lesions in thoracic spine[J]. World Neurosurg, 2018,109:e770-e777. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.10.078.
- [13] 徐杰, 余博飞, 郑武, 等. 经皮穿刺斜置显微通道下 keyhole 手术切除胸椎管内脊膜瘤[J]. 中华医学杂志, 2019,99(13): 983-987. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2019.13.005.
- [14] 邢春阳, 杨海城, 蒋传路, 等. 显微镜下锁孔手术的临床应用研究[J]. 现代生物医学进展, 2013,13(34):6761-6763.
- [15] Mende KC, Krätzig T, Mohme M, et al. Keyhole approaches to intradural pathologies[J]. Neurosurg Focus, 2017, 43(2): E5. DOI: 10.3171/2017.5.FOCUS17198.
- [16] Tredway TL, Santiago P, Hrubes MR, et al. Minimally invasive resection of intradural-extramedullary spinal neoplasms[J]. Neurosurgery, 2006,58(1 Suppl):ONS52-58. DOI: 10.1227/01.neu.0000192661.08192.1c.
- [17] Lu DC, Chou D, Mummaneni PV. A comparison of mini-open and open approaches for resection of thoracolumbar intradural spinal tumors[J]. J Neurosurg Spine, 2011, 14(6): 758-764. DOI: 10.3171/2011.1.SPINE09860.

(收稿日期:2020-03-05)

(本文编辑:霍永丰)