

临床论著

超声骨刀与高速磨钻应用于颈椎后路单开门椎管扩大成形术的有效性及安全性的 Meta 分析

李华强, 高书涛, 栾昊鹏, 咸文帅, 王 尧, 盛伟斌, 邓 强

(新疆医科大学第一附属医院脊柱外科 830054 乌鲁木齐市)

【摘要】目的:通过 Meta 分析评价应用超声骨刀(ultrasonic bone curette, UBC)与高速磨钻(high-speed drill, HSD)在颈椎后路单开门椎管扩大成形术(cervical expansive open-door laminoplasty, CEOL)中的有效性及安全性。方法:计算机检索 PubMed、Embase、Web of Science、万方数据库(Wanfang Data)、中国期刊全文数据库(CNKI),搜集关于比较应用超声骨刀和高速磨钻在颈椎后路单开门椎管扩大成形术中有有效性及安全性的临床对照研究,检索时限为建库至 2021 年 3 月。2 名研究人员分别筛选文献、提取数据并评价纳入研究的偏倚风险后,采用 Cochrane Library 提供的 Revman 5.3 软件进行 Meta 分析。结果:最终纳入 8 个临床研究,包括 4 个随机对照试验(randomized controlled trial, RCT)和 4 个队列研究(cohort study, CS),共计 631 例患者,其中超声骨刀组 314 例,高速磨钻组 317 例。Meta 分析结果显示,两组间术前、术后早期及末次随访时 JOA 评分、VAS 评分、手术相关总并发症发生率、术后轴性症状和 C5 神经根麻痹发生率均无统计学差异($P>0.05$)。然而,与高速磨钻组相比,超声骨刀组手术时间[均数差(mean difference, MD)=-24.78, 95%置信区间(confidence interval, CI)为(-36.80, -12.76), $P<0.0001$]、术中出血量[MD=-69.94, 95%CI 为(-115.40, -24.47), $P=0.003$]、术后引流量[MD=-53.21, 95%CI 为(-86.95, -19.46), $P=0.002$]、硬脊膜撕裂发生率[优势比(odds ratio, OR)=0.30, 95%CI 为(0.09, 0.95), $P=0.04$]和脑脊液漏发生率[OR=0.30, 95%CI 为(0.09, 0.95), $P=0.04$]均明显低于高速磨钻组。结论:在颈椎后路单开门椎管扩大成形术中应用超声骨刀安全有效,可以节约手术时间、减少术中出血量和术后引流量、降低硬脊膜撕裂和脑脊液漏的风险。

【关键词】颈椎;后路单开门椎板成形术;超声骨刀;高速磨钻;Meta 分析

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2021.09.02

中图分类号:R681.5 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2021)-09-0783-11

A Meta-analysis of the effectiveness and safety of ultrasonic bone curette versus high-speed drill in the treatment of cervical expansive open-door laminoplasty/LI Huaqiang, GAO Shutao, LUAN Haopeng, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2021, 31(9): 783-793

【Abstract】Objectives: To evaluate the efficacy and safety of ultrasonic bone curette(UBC) versus high-speed drill(HSD) in cervical expansive open-door laminoplasty(CEOL) by a Meta-analysis approach. Methods: An extensive computer search was conducted in the database of PubMed, Embase, Web of Science, Wanfang and CNKI, and a comparative clinical study comparing the efficacy and safety of UBC versus HSD in cervical expansive open-door laminoplasty was collected. The retrieval period is from the beginning of database building to March 2021. Two researchers independently screened the literature, extracted data, and assessed the risk of bias included in the study, then performed a meta-analysis using the Revman 5.3 software provided by the Cochrane Library. Results: A total of 631 patients were ultimately included in 8 clinical trials, including 4 randomized controlled trials(RCT) and 4 cohort studies(CS), of which 314 were in the UBC group and 317 were in the HSD group. Meta-analysis showed that there was no significant difference in JOA score, VAS score, overall complication rate, axial symptom and C5 nerve root palsy rate between the two groups($P>0.05$). However, compared with the HSD group, the UBC group had surgery time [mean difference (MD)=-24.78, 95%CI(-36.80, -12.76), $P<0.0001$], intraoperative bleeding volume[MD=-69.94, 95%CI(-115.40,

第一作者简介:男(1995-),硕士研究生在读,研究方向:脊柱外科

电话:(0991)4365316 E-mail:lhq15739623362@163.com

通讯作者:邓强 E-mail:1714250017@qq.com

-24.47), $P=0.003$], postoperative drainage flow[MD=-53.21, 95%CI(-86.95, -19.46), $P=0.002$], incidence of dural tear[OR=0.30, 95%CI(0.09, 0.95), $P=0.04$] and incidence of cerebrospinal fluid leakage[odds ratio(OR)=0.30, 95%CI(0.09, 0.95), $P=0.04$] were significantly lower than those of the HSD group. **Conclusions:** It is safe and effective to use UBC in cervical expansive open-door laminoplasty, which can save operation time, reduce blood loss and postoperative drainage, reduce the risk of dural tear and cerebrospinal fluid(CSF) leak.

【Key words】 Cervical vertebrae; Cervical expansive open-door laminoplasty; Ultrasonic bone curette; High-speed drill; Meta-analysis

【Author's address】 Department of Spine Surgery, the First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumchi, 830054, China

颈脊髓压迫症 (compressive cervical myelopathy, CCM) 是一种进行性致残性疾病, 主要病因包括脊髓型颈椎病^[1] (cervical spondylotic myelopathy, CSM)、后纵韧带骨化^[2] (ossification of the posterior longitudinal ligament, OPLL) 及先天性颈椎管狭窄^[3] (congenital cervical stenosis, CCS)。对于多节段 CCM 患者, 颈椎后路单开门椎管扩大成形术 (cervical expansive open-door laminoplasty, CEOL) 已被证明是一种安全有效的椎管减压方式, 通常是脊柱稳定、颈椎前凸良好、无颈部疼痛症状和颈椎后纵韧带骨化 K 线(+) 患者的理想选择^[4,5]。

既往颈椎后路单开门椎管扩大成形术的主要器械有椎板咬骨钳和高速磨钻, 传统的椎板咬骨钳劳动强度大, 减压时间长, 可能会对椎管内已受损脊髓机械压迫造成进一步的损伤^[6]。高速磨钻很大程度地改进了手术, 明显降低了操作者的劳动强度, 提高了手术效率。然而, 高速磨钻的使用技术要求很高, 如果使用不当, 可能会对脊髓和硬脊膜造成直接损害^[7]。此外, 高速磨钻还会对神经造成热损伤^[8,9], 在使用这种设备时, 一直存在损伤邻近软组织的风险。近年来超声骨刀技术广泛应用于脊柱手术, 利用超声频率下的刀头微振动来进行安全有效的截骨, 在理论上具有切割精度高、组织选择性好、神经损伤小、手术时间短、术中出血少等优点从而得到脊柱外科医师的认可^[10]。

对颈椎后路单开门椎管扩大成形术而言, 超声骨刀截骨术的安全性和有效性是否优于传统的高速磨钻也已见相关临床报道^[7,11-17]。但尚无 Meta 分析报道。本研究将对比使用超声骨刀和高速磨钻在颈椎后路单开门手术的随机对照试验 (randomized controlled trial, RCT) 和队列研究 (cohort study, CS) 进行 Meta 分析, 旨在比较两种手术工具在颈椎后路单开门手术中的安全性及有

效性, 为临床手术工具的选择提供循证医学依据。

1 资料与方法

1.1 文献检索策略

计算机检索 PubMed、Embase、Web of Science、万方数据库 (Wanfang Data)、中国期刊全文数据库 (CNKI) 自建库起至 2021 年 3 月的文献。检索语种为中文及英文, 中文检索词: 超声骨刀, 超声刀, 超声手术刀, 高速磨钻, 颈椎椎板成形术, 颈椎椎管扩大术, 英文检索词: ultrasonic bone curette, ultrasonic cutter, ultrasonic scalpel, ultrasonic bone shaver, ultrasonic aspirator, ultrasonic osteotome, piezosurgery, high-speed drill, cervical laminoplasty, cervical enlargement。

1.2 文献纳入与排除标准

1.2.1 纳入标准 (1) 研究类型为随机对照研究 (randomized controlled trial, RCT) 或队列研究 (cohort study, CS); (2) 研究对象为接受颈椎后路单开门椎管扩大成形术的患者; (3) 试验组应用超声骨刀进行减压和(或)截骨操作, 对照组应用高速磨钻进行减压和(或)截骨操作, 纳入研究的基线资料无显著差异; (4) 结局指标至少包含以下指标中的两项: 手术时间、术中出血量、术后引流量、视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS)、日本骨科协会 (Japanese Orthopaedic Association scores, JOA) 评分、手术相关并发症; (5) 可获取全文。

1.2.2 排除标准 (1) 重复研究或不满足纳入要求, 非颈椎后路单开门椎管扩大成形手术术式; (2) 综述、会议、专家意见和个案报道; (3) 非对照研究; (4) 数据有误或不全无法利用的文献; (5) 生物力学或非活体临床研究。

1.3 文献筛选和数据提取

两位研究人员按照纳入排除标准独立筛选文

献并提取数据,交叉核对筛选结果,有争议时与第三方讨论解决。首先审阅标题和摘要完成初筛,排除明显不相关的文献,如果有必要则阅读全文完成复筛。提取的数据主要包括:①第一作者及发表时间;②研究类型;③样本量;④结局指标。

1.4 文献质量评价

由两位作者独立评价纳入研究的偏倚风险,并交叉核对结果,有分歧的地方邀请第三位作者共同商量决定。基于不同的研究设计和方法学,对纳入的原始研究进行评估,对于纳入的队列研究,采用纽卡斯尔-渥太华文献质量评价量表(NOS),对于随机对照试验,采用 Cochrane 手册 5.1 推荐的 RCT 偏倚风险评估工具评价纳入研究的偏倚风险。

1.5 统计学分析

采用 RevMan 5.3 软件进行提取数据的 Meta 分析。异质性检验采用卡方检验,并计算 I^2 值进行量化,若 $P \geq 0.1$, $I^2 \leq 50\%$,说明研究间存在同质性,使用固定效应模型;若 $P < 0.1$, $I^2 > 50\%$,说明研究间存在显著异质性,则采用随机效应模型,对于连续性变量计算均数差(mean difference, MD);对于二分类变量计算优势比(odds ratio, OR),各效应量均给出其点估计值和 95% 置信区间(confidence interval, CI)。检验水准为 $P=0.05$ 。

2 结果

2.1 文献筛选流程及结果

初检得到 213 篇文献,其中中文 67 篇,英文 146 篇,利用软件剔除重复发表文献 101 篇,阅读题目和摘要,剔除明显不符合纳入标准的文献 79 篇。经仔细阅读全文和进行质量评价后,进一步剔除不合格的文献 26 篇,手工追溯获得 1 篇符合条件的文献。最终纳入合格文献 8 篇^[7,11-17]。文献筛选流程见图 1。其中 4 篇 RCT^[7,13,15,16],4 篇队列研究^[11,12,14,17],中文文献 4 篇^[11-14],英文 4 篇^[7,15-17]。纳入患者总数 631 例,其中超声骨刀组 314 例,高速磨钻组 317 例。纳入研究的主要特征见表 1。

2.2 纳入文献质量分析

纳入的 8 篇文章中,4 篇队列研究 NOS 评分结果为:3 篇 7 分,1 篇 8 分(表 2)。对于纳入的 4 篇 RCT 研究,根据 Cochrane Risk of Bias tool 进行风险评估,具体见图 2。

2.3 Meta 分析结果

2.3.1 手术时间 有 7 篇文献报道了手术时间,异质性检验结果 $P < 0.00001$; $I^2 = 91\%$,各研究之间存在显著异质性,采用随机效应模型进行 Meta 分析,结果显示:超声骨刀组的手术时间显著短于高速磨钻组 [MD=-24.78, 95%CI (-36.80, -12.76), $P < 0.0001$],见图 3。

2.3.2 术中出血量 有 8 篇文献报道了术中出血量,异质性检验结果 $P < 0.00001$; $I^2 = 96\%$,各研究之间存在显著异质性,采用随机效应模型进行 Meta 分析,结果显示:超声骨刀组术中出血量显著少于高速磨钻组 [MD=-69.94, 95%CI (-115.40, -24.47), $P = 0.003$],见图 4。

2.3.3 术后引流量 有 7 篇文献报道了术后引流量,异质性检验结果 $P < 0.00001$; $I^2 = 91\%$,各研究之间存在显著异质性,采用随机效应模型进行 Meta 分析,结果显示:超声骨刀组术后引流量显著少于高速磨钻组 [MD=-53.21, 95%CI (-86.95, -19.46), $P = 0.002$],见图 5。

2.3.4 疼痛评价 有 3 篇文献报道了术前 VAS 评分,异质性检验结果 $P = 0.54$, $I^2 = 0\%$ 。采用固定效应模型行 Meta 分析,结果显示:超声骨刀组和高速磨钻组的早期 VAS 评分差异无统计学意义 [MD=-0.01, 95%CI (-0.43, 0.40), $P = 0.95$],见图 6。

有 2 篇文献报道了术后早期 VAS 评分,异质性检验结果 $P = 0.07$, $I^2 = 70\%$ 。采用随机效应模型

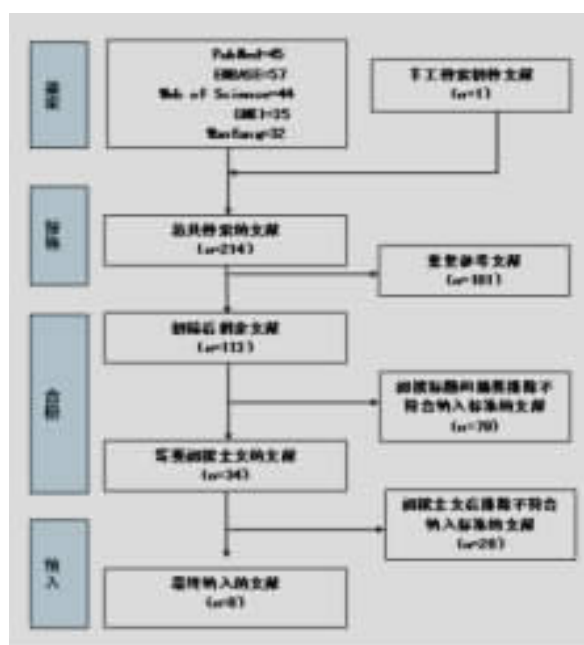


图 1 文献筛选流程图

Figure 1 Flow chart of literature selection

表 1 纳入文献的基本特征

Table 1 The basic characteristics of the included literature

作者及发表时间 Author, year	研究类型 Study type	例数(男/女) n(Male/Female)		年龄(岁) Age(years)		主要诊断 Main diagnostic	
		UBC	HSD	UBC	HSD	UBC	HSD
Huan, 2020 ^[7]	RCT	30(18/12)	30(16/14)	61±9	59±11	CSS:30	CSS:30
Kim, 2019 ^[15]	RCT	95(65/30)	95(63/32)	59.1±12.1	58.0±12.1	CSM:57 OPLL:38	CSM:62 OPLL:33
Li, 2016 ^[16]	RCT	21(15/6)	21(16/5)	55.5±9.7	57.6±11.0	CSM:10 OPLL:7 CSS:4	CSM:10 OPLL:6 CSS:5
Sun, 2020 ^[17]	Retro-CS	38(24/14)	26(18/8)	64.2±6.6	63.4±5.4	OPLL:38	OPLL:26
薛旭凯, 2016 ^[12]	Retro-CS	11(8/3)	21(8/13)	60±10	58±12	CSS:11	CSS:21
郑羽晨, 2018 ^[11]	Retro-CS	40(18/22)	47(23/24)	44.6±10.5	58.3±7.8	CSM:40	CSM:47
李玉伟, 2017 ^[14]	Retro-CS	61(34/27)	59(34/25)	25-76	26-80	CSM:61	CSM:59
王齐超, 2016 ^[13]	RCT	18(10/8)	18(10/8)	62.83±1.95	64.72±2.22	CSM:18	CSM:18

注:UBC, 超声骨刀;HSD, 高速磨钻;CSS, 颈椎椎管狭窄;CSM, 脊髓型颈椎病;OPLL, 后纵韧带骨化
Note: UBC, ultrasonic bone curette; HSD, high-speed drill; CSS, cervical spinal stenosis; CSM, cervical spondylotic myelopathy; OPLL, ossification of the posterior longitudinal ligament

表 2 队列研究的方法质量学评价

Table 2 Methodological quality assessment of the cohort studies

	选择(4 分) Selection (4 scores)				组间可比性 (2 分) Comparability	结果(3 分) Result (3 scores)			总分(9 分) Total scores
	A	B	C	D		E	F	G	
Sun ^[17]	1	1	1	0	2	1	1	1	8
郑羽晨 ^[11]	1	1	1	0	2	1	0	1	7
李玉伟 ^[14]	1	1	1	0	2	0	1	1	7
薛旭凯 ^[12]	1	1	1	0	2	1	0	1	7

注:A, 暴露队列的代表性;B, 非暴露组的选择方法;C, 暴露的确定方法;D, 是否证实与研究开始时关注的结果还没有出现;E, 研究对结果的评价是否充分;F, 结果发生后随访是否足够长;G, 队列群体随访是否充分
Note: A, representativeness of the exposed cohort; B, selection of the non-exposed cohort; C, ascertainment of exposure; D, demonstration that outcome of interest was not present at the start of study; E, assessment of outcome; F, follow-up long enough for outcomes to occur; G, adequacy of follow-up of cohort

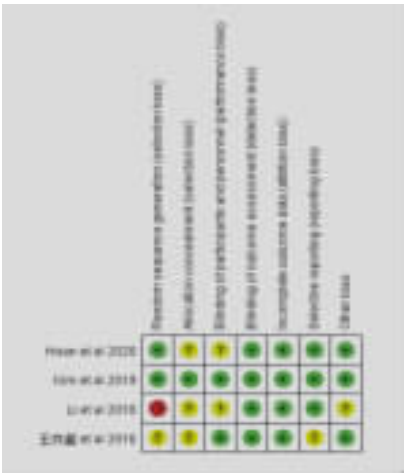


图 2 纳入随机对照试验的质量评价
Figure 2 Quality evaluation for inclusion in randomized controlled trials

进行 Meta 分析,结果显示:超声骨刀组和高速磨钻组的早期 VAS 评分差异无统计学意义 [MD=-0.57, 95%CI(-1.55, 0.40), P=0.25], 见图 6。

有 3 篇文献报告了末次随访 VAS 评分, 异质性检验结果 P=0.16, I²=46%。采用固定效应模型进行 Meta 分析,结果显示:超声骨刀组和高速磨钻组的末次随访 VAS 评分差异无统计学意义 [MD=-0.06, 95%CI(-0.24, 0.12), P=0.52], 见图 6。

2.3.5 临床功能评价 有 7 篇文献报道了术前 JOA 评分,异质性检验结果 P=0.12, I²=40%。采用固定效应模型进行 Meta 分析,结果显示:超声骨刀组和高速磨钻组的早期 JOA 评分差异无统计学意义 [MD=-0.23, 95%CI (-0.47, -0.00), P=0.05], 见图 7。

有 4 篇文献报道了术后早期 JOA 评分, 异质性检验结果 $P=0.94, I^2=0$ 。采用固定效应模型进行 Meta 分析, 结果显示: 超声骨刀组和高速磨钻组的早期 JOA 评分差异无统计学意义 [MD=0.10, 95%CI(-0.12, 0.33), $P=0.37$], 见图 7。

有 3 篇文献报道了术后末次随访 JOA 评分, 异质性检验结果 $P=0.65, I^2=0$ 。采用固定效应模型进行 Meta 分析, 结果显示: 超声骨刀组和高速磨钻组的末次随访 JOA 评分差异无统计学意义 [MD=-0.12, 95%CI(-0.48, 0.24), $P=0.51$], 见图 7。

2.3.6 术后并发症 有 8 篇文献报道了手术相关总并发症(硬脊膜撕裂、脑脊液漏、术后轴性症状、术后 C5 神经根麻痹)发生情况, 异质性检验结果 $P=0.03, I^2=61\%$, 敏感性分析发现异质性主要来源于 Sun 等^[17], 去除该项研究后异质性检验结果为 $P=0.46, I^2=0\%$, 采用固定效应模型进行 Meta 分析, 结果显示: 超声骨刀组和高速磨钻组的手术相关并发症发生情况差异无统计学意义 [MD=0.88, 95%CI(0.40, 1.93), $P=0.75$, 见图 8]。

有 6 篇文献报道了硬脊膜撕裂发生情况, 异质性检验结果 $P=0.31, I^2=17\%$, 敏感性分析发现

异质性主要来源于薛等^[12], 去除此篇文献后, 异质性检验结果 $P=0.55, I^2=0\%$, 采用固定效应模型进行 Meta 分析, 结果显示: 超声骨刀组硬脊膜撕裂破裂发生率显著低于高速磨钻组 [OR=0.30, 95%CI(0.09, 0.95), $P=0.04$], 见图 9。

有 8 篇文献报道了脑脊液漏发生情况, 异质性检验结果 $P=0.55, I^2=0\%$, 采用固定效应模型进行 Meta 分析, 结果显示: 超声骨刀组脑脊液漏发生率显著低于高速磨钻组 [OR=0.30, 95%CI(0.09, 0.95), $P=0.04$], 见图 10。

有 2 篇文献报道了术后轴性症状, 异质性检验结果 $P=0.12, I^2=59\%$, 采用随机效应模型进行 Meta 分析, 结果显示: 超声骨刀组和高速磨钻组的术后轴性症状发生率差异无统计学意义 [OR=0.47, 95%CI(0.10, 2.35), $P=0.36$], 见图 11。

有 2 篇文献报道了术后颈 5 神经根麻痹, 异质性检验结果 $P=0.12, I^2=58\%$, 采用随机效应模型进行 Meta 分析, 结果显示: 超声骨刀组和高速磨钻组的术后 C5 神经麻痹发生率差异无统计学意义 [OR=0.53, 95%CI(0.04, 7.13), $P=0.63$], 见图 12。

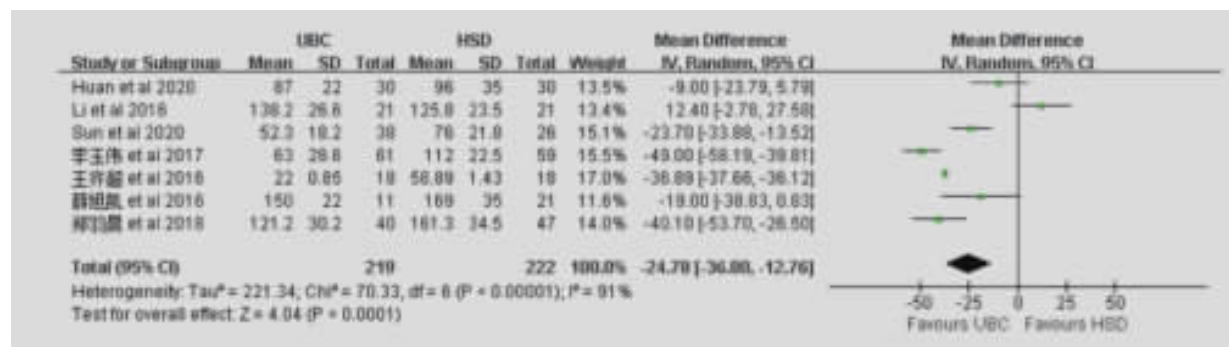


图 3 超声骨刀组和高速磨钻组手术时间的比较

Figure 3 Comparison of operation time

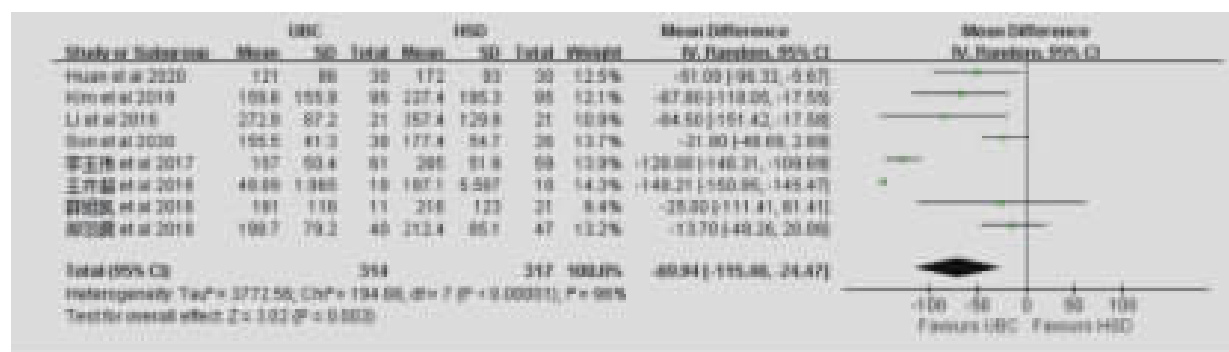


图 4 超声骨刀组和高速磨钻组术中出血量的比较

Figure 4 Comparison of intraoperative blood loss



图 5 超声骨刀组和高速磨钻组术后引流量的比较

Figure 5 Comparison of postoperative drainage

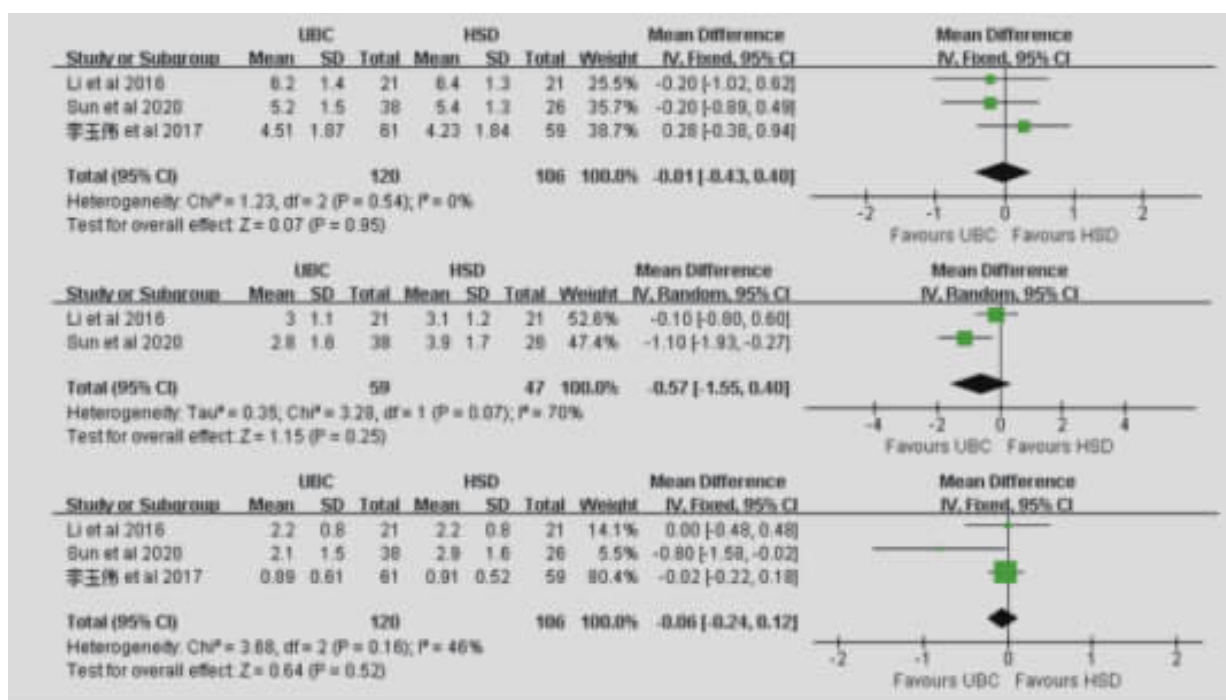


图 6 超声骨刀组和高速磨钻组术前、术后早期、末次随访 VAS 评分的比较

Figure 6 Comparison of preoperative, early postoperative and late postoperative follow-up VAS scores

2.4 异质性与敏感性分析

本次分析结果提示:手术时间、术中出血量、术后引流量、术后早期 VAS 评分、术后轴性症状及 C5 神经根麻痹等指标中异质性较高,逐一剔除纳入文献后再次进行 Meta 分析,合并结果无显著变化,说明结果较为可靠。异质性可能来自术者的技术水平。对总的手术相关并发症发生率进行敏感性分析,剔除异质性来源文献后,分析结果与未剔除前结论一致,说明异质性对本研究结果影响较小。对硬脊膜撕裂发生率进行 Meta 分析时,敏感性分析发现异质性主要来源于薛旭凯等^[12],剔除此篇文献后,发现结局指标差异具有统计学

意义。异质性的原因可能是术者经验及操作习惯不同(超声骨刀刀头的使用习惯),超声骨刀品牌的差异,手术技术的改良,手术时间的记录方式、病例记录的准确性及完整性。超声骨刀是脊柱外科医生的新设备,学习曲线在一定程度上可能会影响结果。

2.5 发表偏移

本研究共纳入 8 篇文献,以手术相关总并发症发生率指标为例进行发表偏移检验,发现漏斗图中各研究分布基本对称,提示存在发表偏移的可能性较小,但纳入的文献小于 10 篇,解释能力有限,见图 13。

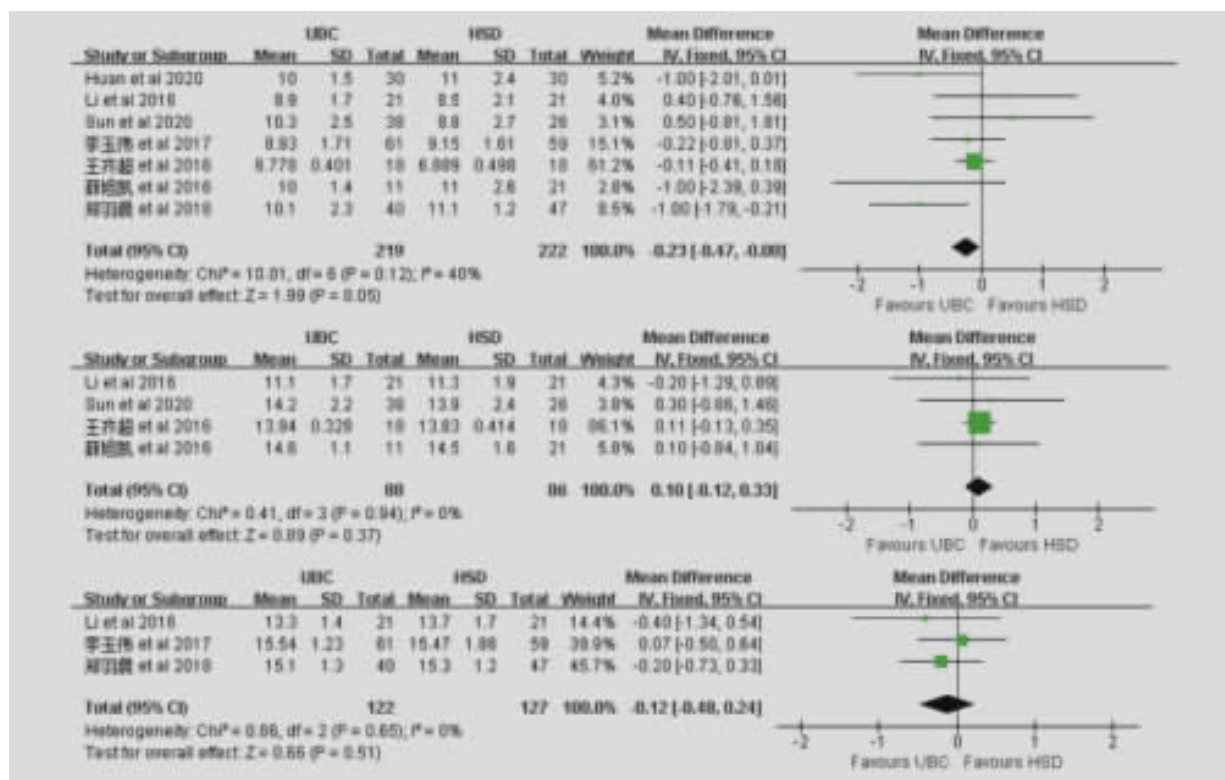


图 7 超声骨刀组和高速磨钻组术前、术后早期、末次随访 JOA 评分的比较

Figure 7 Comparison of preoperative, early postoperative and late postoperative follow-up JOA scores

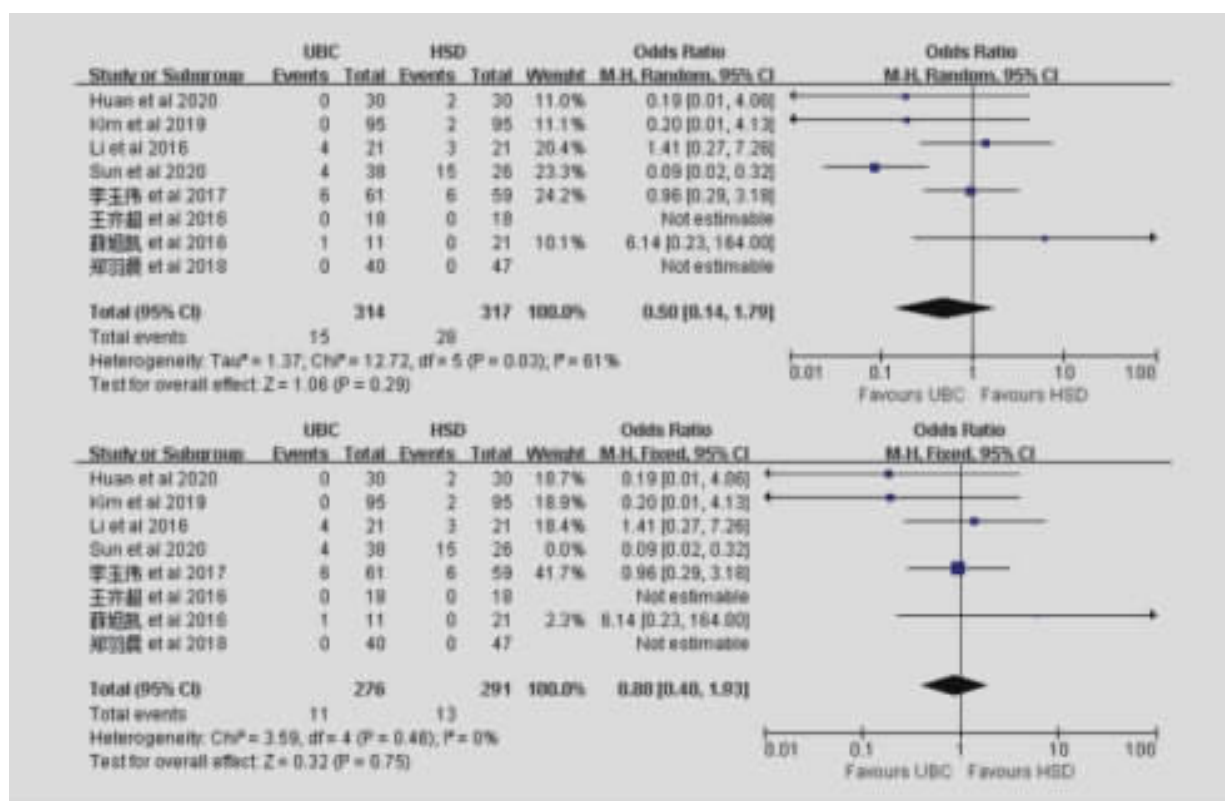


图 8 超声骨刀组和高速磨钻组手术相关总并发症发生率的比较

Figure 8 Comparison of the overall incidence rates of surgical complication

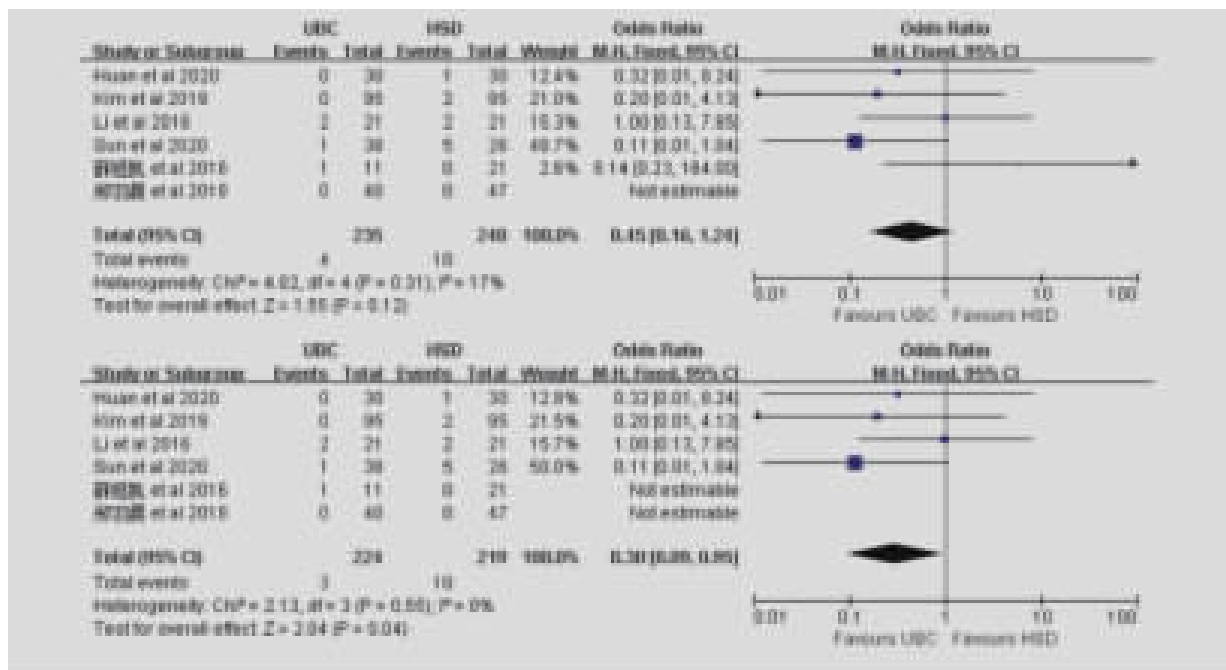


图9 超声骨刀组和高速磨钻组硬脊膜撕裂发生率的比较

Figure 9 Comparison of incidence of dural tear

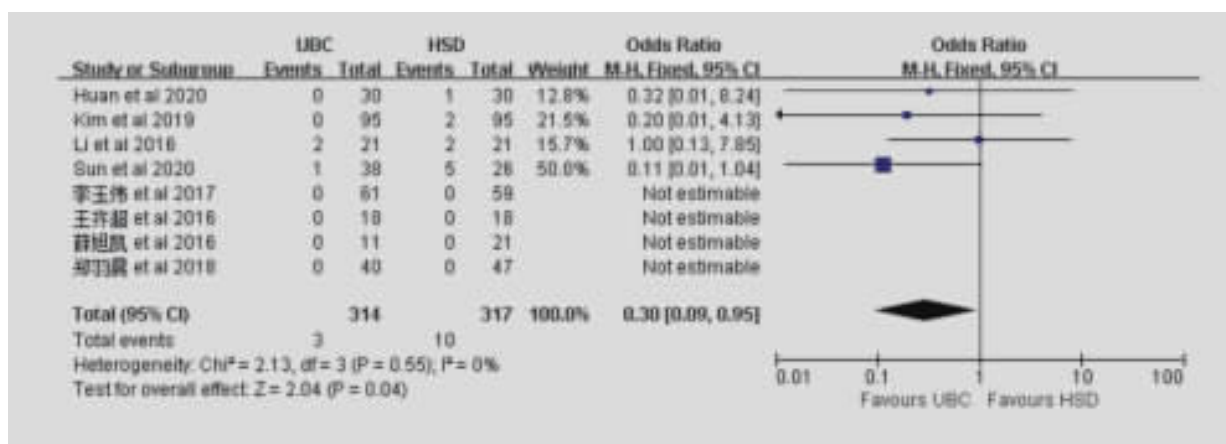


图10 超声骨刀组和高速磨钻组脑脊液漏发生率的比较

Figure 10 Comparison of incidence of cerebrospinal fluid leakage

3 讨论

颈椎后路单开门椎管扩大成形术是日本学者 Hirabayashi^[18]于 1978 年首次报道,目前仍然是颈椎后路减压术的经典手术之一,能在有效减压的同时,尽可能地保留了椎板及后方肌肉韧带结构,维持了生物力学的稳定,降低了手术相关并发症的发生率^[4]。近年来,随着超声骨刀技术的逐渐成熟和手术技巧的提高,颈椎后路椎管扩大成形术在治疗多节段颈脊髓压迫症中得到了广泛的应用,并取得了良好的临床效果^[15,17]。

在脊柱手术中应用超声骨刀相对于高速磨钻,其优势已被大多数脊柱外科医师认同。陈萧霖等^[19]发表了一篇系统评价,比较了超声骨刀和传统工具在脊柱手术的有效性及其安全性。作者得出在脊柱手术中应用超声骨刀可节省手术时间、减少术中出血,降低器械相关并发症。孔亮等^[20]还证明了,在脊柱后路手术中,超声骨刀在手术时间和术中出血量方面有明显优势,但在手术疗效,术后并发症方面无统计学差异。在颈椎后路全椎板切除术中,超声骨刀同样能达到高速磨钻相似的安

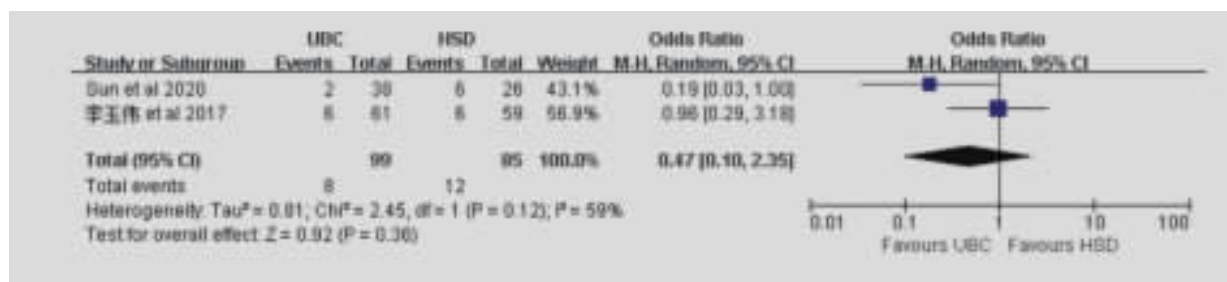


图 11 超声骨刀组和高速磨钻组术后轴性症状发生率的比较

Figure 11 Comparison of incidence of axial symptoms

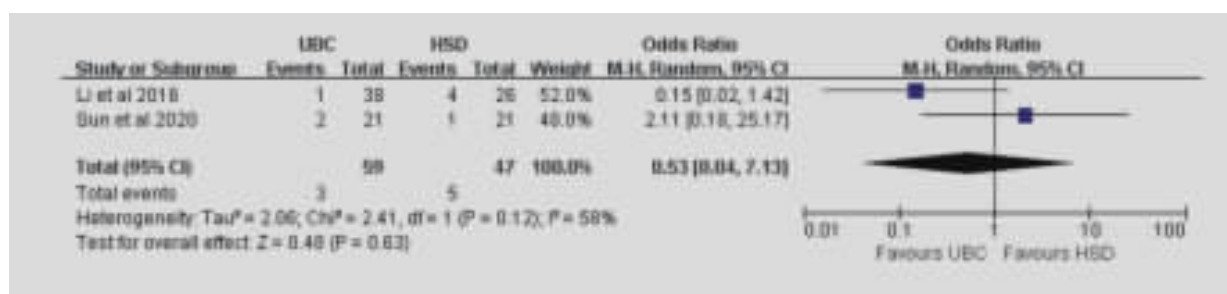


图 12 超声骨刀组和高速磨钻组术后 C5 神经根麻痹发生率的比较

Figure 12 Comparison of incidence of C5 nerve root paralysis

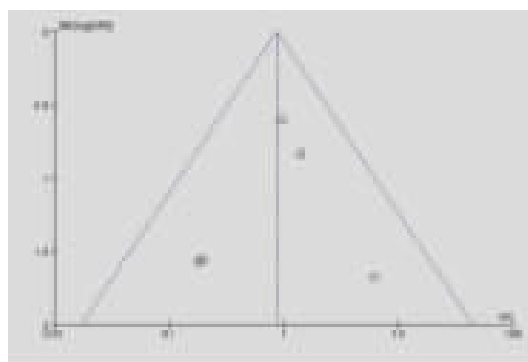


图 13 手术相关总并发症发生率的发表偏倚漏斗图

Figure 13 Funnel plot of the overall incidence rates of surgical complications

全性和有效性,同时又具有手术时间短和相对高效的优点^[21]。这与本 Meta 分析的结果相同。

本次 Meta 分析结果显示应用超声骨刀与高速磨钻相比,能节省手术时间、减少术中出血量和术后引流量。既往有研究表明,在颈前路手术中,超声骨刀可能需要更长的手术时间,认为在较大骨块切割方面,高速磨钻的切割效率大于超声骨刀;但在靠近重要组织的精细操作时,超声骨刀则更具有优势^[22];手术时间的缩短很大程度上减少了术中出血量。超声骨刀可以减少术中出血量的原因可能有以下几点:①空化效应,通过周围组织

的乳化、碎裂等反应促进血红蛋白的凝固和变性,发挥止血作用^[10];②热效应,通过高速的切骨面摩擦产生瞬间高温,促使微血管收缩,减少出血^[23];③在切割过程中,伴随着生理盐水冷却作用,骨断端的出血显著降低;④超声骨刀可以避免对周围软组织造成卷刮,减少出血量。超声骨刀对骨切割界面松质骨可起到边切割边止血作用,既减少了骨性出血,又缩短了手术时间。超声骨刀组术后引流量较高速磨钻组减少可能是因为:①超声骨刀组术后硬膜撕裂及术后脑脊液漏的发生率较高速磨钻组低;②超声的热效应及空化效应致骨切面止血好^[23];③软组织损伤小尤其是对硬膜外静脉丛损伤小。

在神经功能恢复方面,本次 Meta 分析结果显示应用超声骨刀与高速磨钻相比,术前、术后早期及末次随访的 JOA 评分、VAS 评分均无差异。两组 JOA 评分、VAS 评分与术前相比均有明显改善,但改善情况无明显差异。表明应用超声骨刀和高速磨钻均能获得充分的椎管减压效果和临床改善。椎板成形术的器械不会影响临床疗效,优秀的手术器械能在一定程度上起辅助作用,但是神经功能的良好恢复还需要结合操作者的脊髓减压水平。

轴性症状和 C5 神经根麻痹是影响颈后路手术后生活质量的重要因素,轴性症状包括颈椎手术后的慢性颈肩痛、僵硬、活动受限等^[24],C5 神经根麻痹可表现为颈椎减压术后的上肢肌肉无力和麻木^[25]。本次 Meta 分析结果显示,两组患者术后轴性症状发生率、C5 神经根麻痹发生率均无统计学差异。Yoshida 等^[26]曾通过保留铰链侧肌肉-韧带复合体来降低轴性症状发生率,Hosono 等^[27]在进行颈后路单开门椎管扩大成形术时,利用超声骨刀的优势改良了手术术式,降低了轴性症状发生率。可能的原因是保留了后方韧带-肌肉复合体,维持了颈椎前凸,从而降低了术后轴性症状的发生率^[5]。C5 神经根麻痹也不是后路单开门手术特有的并发症,在颈椎手术中均可发生,在不同颈椎多节段减压手术中,后路单开门术式发生率最低,椎板切除融合术的发生率最高^[28]。这也就说明了在手术过程中手术医师不仅要利用手术工具的优势,还要根据患者不同解剖特点、临床表现及对特定手术的经验来选择合适的方案并不断改良手术术式,以减少手术相关并发症的发生^[5]。

手术相关总并发症发生率、硬脊膜撕裂及脑脊液漏发生率是评价颈椎后路手术安全性的重要指标。Meta 分析结果显示,两组在总并发症发生率方面无统计学差异,但应用超声骨刀能显著降低术中硬脊膜撕裂、术后脑脊液漏发生率。在本次纳入的一项研究中,在硬脊膜撕裂并发症方面,通过对异质性较高的一项研究仔细阅读分析后发现,因术者使用超声骨刀时,刀头长时间滞留同一部位,导致硬脊膜损伤^[12]。理论上超声骨刀对软组织不会产生损伤或仅有细微影响,但是操作不当仍有可能导致重要软组织损伤^[16]。为避免一些人为因素造成的并发症,需要操作者掌握超声骨刀的使用技巧,比如在使用超声骨刀切开内层皮质骨过程中,要保持刀头持续移动,避免刀头在同一部位停留太久,增加组织热损伤风险^[11];操作时力量控制得当,避免用力过大,破入椎管;在重要组织附近放置湿棉片,避免意外损伤;术前还需完善相关影像学检查,若合并硬膜骨化,在骨化区域使用超声骨刀时要格外小心^[17,29]。这需要术者具备丰富的操作经验。

本研究的局限性在于:①纳入的 8 项研究中,仅有 4 篇为随机对照研究,高质量文章较少,难免存在选择偏移,发表偏移等;②由于同一篇文章中

包含了两种手术工具,可以纳入的文章数量有限(<10 篇);③研究中的随访时间太短,无法评估超声骨刀的长期疗效,且缺少影像学参数指标评价。④无法完全了解各研究的实施细节,如医师对超声骨刀的熟练程度,病例资料的真实性完整性,所使用手术器械的品牌未记录。因此,对本 Meta 分析的结论应严谨对待。

总之,基于当前的 Meta 分析结果,超声骨刀可以被认为在颈椎后路单开门椎管扩大成形术中安全有效,在缩短手术时间,减少术中出血量和术后引流量,降低硬膜破裂及脑脊液漏发生率方面强于高速磨钻,但在改善患者症状,降低颈椎术后轴性症状及 C5 神经麻痹方面与高速磨钻相比未见明显优势。

4 参考文献

1. Bakhsheshian J, Mehta VA, Liu JC. Current diagnosis and management of cervical spondylotic myelopathy [J]. *Global Spine J*, 2017, 7(6): 572-586.
2. Matsunaga S, Sakou T. Ossification of the posterior longitudinal ligament of the cervical spine: etiology and natural history [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2012, 37(5): E309-314.
3. Jenkins TJ, Mai HT, Burgmeier RJ, et al. The triangle model of congenital cervical stenosis[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2016, 41(5): E242-247.
4. Weinberg DS, Rhee JM. Cervical laminoplasty: indication, technique, complications[J]. *J Spine Surg*, 2020, 6(1): 290-301.
5. Cho SK, Kim JS, Overley SC, et al. Cervical laminoplasty: indications, surgical considerations, and clinical outcomes[J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2018, 26(7): e142-e152.
6. Lin JD, Tan LA, Tuchman A, et al. Quantitative and qualitative analyses of spinal canal encroachment during cervical laminectomy using the kerrison rongeur versus High-Speed burr[J]. *Br J Neurosurg*, 2019, 33(2): 131-134.
7. Huan Y, Liu J, Xing W, et al. Application of piezosurgery osteotomy in cervical laminoplasty: prospective, randomized, single-blind, clinical comparison study [J]. *Clinical Surgery Research Communications*, 2020, 4(2): 32-38.
8. Suzuki K, Wanibuchi M, Minamida Y, et al. Heat generation by ultrasonic bone curette comparing with high-speed drill[J]. *Acta Neurochir(Wien)*, 2018, 160(4): 721-725.
9. Takenaka S, Hosono N, Mukai Y, et al. The use of cooled saline during bone drilling to reduce the incidence of upper-limb palsy after cervical laminoplasty: clinical article [J]. *J Neurosurg Spine*, 2013, 19(4): 420-427.
10. Hazer DB, Yasar B, Rosberg HE, et al. Technical aspects on the use of ultrasonic bone shaver in spine surgery: expe-

- rience in 307 patients [J]. *Biomed Res Int*, 2016, 2016: 8428530. doi: 10.1155/2016/8428530.
11. 郑羽晨, 张睿, 陈晓生, 等. 超声骨刀在颈椎后路单开门术中的应用[J]. *深圳中西医结合杂志*, 2018, 28(20): 80-83, 封3.
12. 薛旭凯, 李高飞, 江建明. 超声骨刀与高速磨钻在颈后路单开门椎管扩大成形术中的应用对比[J]. *中国骨科临床与基础研究杂志*, 2016, 8(2): 75-80.
13. 王齐超, 王海蛟, 何兵, 等. 超声骨刀在颈椎椎板(C3~7)单开门椎管扩大成形术中的应用 [J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2016, 31(11): 1121-1123.
14. 李玉伟, 王海蛟, 崔巍, 等. 超声骨刀在颈椎后路单开门椎管扩大成形术中的应用[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2017, 31(6): 683-689.
15. Kim CH, Chung CK, Choi Y, et al. The efficacy of ultrasonic bone scalpel for unilateral cervical open-door laminoplasty: a randomized controlled trial[J]. *Neurosurgery*, 2020, 86(6): 825-834.
16. Li K, Zhang W, Li B, et al. Safety and efficacy of cervical laminoplasty using a piezosurgery device compared with a high-speed drill[J]. *Medicine(Baltimore)*, 2016, 95(37): e4913.
17. Sun B, Xu C, Wu S, et al. Efficacy and safety of ultrasonic bone curette-assisted dome-like laminoplasty in the treatment of cervical ossification of longitudinal ligament[J]. *Orthop Surg*, 2021, 13(1): 161-167.
18. Hirabayashi K. Expansive open-door laminoplasty for cervical spondylotic myelopathy[J]. *Japan J Surg*, 1978, 32: 1159-1163.
19. 陈萧霖, 郑小青, 陈仲强, 等. 系统评价超声骨刀在脊柱手术中应用的有效性与安全性[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2016, 26(10): 899-903.
20. 孔亮, 邢伟鹏, 李慧, 等. 超声骨刀与传统椎板切开器械应用于脊柱后路手术的有效性与安全性的 Meta 分析[J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2019, 27(12): 42-47.
21. 张吉涛, 陈佳, 李政, 等. 超声骨刀在脊髓型颈椎病全椎板切除术中的应用[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2018, 28(3): 234-238.
22. Grauvogel J, Scheiwe C, Kaminsky J. Use of Piezosurgery for removal of retrovertebral body osteophytes in anterior cervical discectomy[J]. *Spine J*, 2014, 14(4): 628-636.
23. 刘鑫, 格日勒, 杨鹏, 等. 超声骨刀不同切骨方式在颈椎后路单开门椎管扩大成形术中的应用[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2021, 31(1): 25-30.
24. Hosono N, Yonenobu K, Ono K. Neck and shoulder pain after laminoplasty: a noticeable complication[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 1996, 21(17): 1969-1973.
25. Kobayashi Y, Matsumaru S, Kuramoto T, et al. Plate fixation of expansive open-door laminoplasty decreases the incidence of postoperative C5 palsy[J]. *Clin Spine Surg*, 2019, 32(4): E177-182.
26. Yoshida M, Otani K, Shibasaki K, et al. Expansive laminoplasty with reattachment of spinous process and extensor musculature for cervical myelopathy[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 1992, 17(5): 491-497.
27. Hosono N, Sakaura H, Mukai Y, et al. The source of axial pain after cervical laminoplasty -C7 is more crucial than deep extensor muscles[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2007, 32(26): 2985-2988.
28. Nassr A, Eck JC, Ponnappan RK, et al. The incidence of C5 palsy after multilevel cervical decompression procedures: a review of 750 consecutive cases[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2012, 37(3): 174-178.
29. Sanborn MR, Balzer J, Gerszten PC, et al. Safety and efficacy of a novel ultrasonic osteotome device in an ovine model [J]. *J Clin Neurosci*, 2011, 18(11): 1528-1533.
- (收稿日期:2021-04-07 末次修回日期:2021-08-05)
- (英文编审 谭 啸)
- (本文编辑 彭向峰)