

临床论著

不同术中冲洗策略对后路单节段腰椎融合患者围手术期预后的影响

吴 寒, 李正维

(大连医科大学附属第二医院脊柱外科 116027 辽宁省大连市)

【摘要】目的:评估不同术中冲洗策略对行后路单节段腰椎融合患者围手术期预后的影响,为临床工作中合理选择术中局部冲洗方式提供参考依据。**方法:**回顾性分析 139 例行后路单节段腰椎融合内固定的患者,依不同术中冲洗策略分为仅行终末生理盐水冲洗的 A 组(49 例)、术中行持续生理盐水冲洗+终末生理盐水冲洗的 B 组(49 例)和术中行抗生素生理盐水持续冲洗+终末生理盐水冲洗的 C 组(41 例),所有病例均依据疾病控制和预防中心(Centre for Disease Control and Prevention, CDC)术后切口感染标准随访满 1 年。收集术中失血量、手术时间、术后住院时间、术后 24h 切口引流量、切口感染情况、VAS 评分、白细胞计数、肌酸激酶同工酶(CK-MB)、C 反应蛋白(CRP)及单核细胞主要组织相容性抗原-DR(HLA-DR)变化情况指标。分别对三组间正态及非正态指标行单因素 ANOVA 检验及 Kruskal-Wallis H(K-W)检验,计数和等级资料的评估使用 K-W 检验。**结果:**B、C 组与 A 组比较,术中失血量(185ml vs 240ml, $P=0.001$; 185ml vs 240ml, $P=0.008$)、术后 24h 引流量(90ml vs 160ml, $P=0.036$; 100ml vs 160ml, $P=0.029$)均显著减少;术后血白细胞升高程度[术后 24h 数据相比术前提升的百分比:(66.42±8.7)% vs (83.06±9.60)%, $P=0.028$; (65.91±11.2)% vs (83.06±9.60)%, $P=0.032$]均显著降低;术后住院时间明显缩短(7 vs 10.5, $P<0.001$; 6 vs 10.5, $P=0.001$);B、C 组术后 24h 术区 VAS 评分改善程度较 A 组更明显,B、C 组间上述指标无差异。A 组切口感染 3 例,感染率为 6.12%;B 组感染 1 例,感染率为 2.04%;C 组未发现感染阳性证据病例。所有感染病例都行切开引流及术后抗生素治疗并获得治愈。B 组及 C 组的切口感染率低于 A 组,但无显著性差异。B 组及 C 组的术前及术后 CRP、CK 及 HLA-DR 等指标的变化幅度均较 A 组小,但未见统计学差异。**结论:**术中伴随电刀使用的局部持续冲洗能有效减少术中失血、术后引流,减轻患者术后切口疼痛,并可缩减患者术后住院天数;抗生素生理盐水伴随冲洗策略可能是降低术后炎症反应的有效手段。

【关键词】 腰椎融合术;术中冲洗;切口感染

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2016.09.08

中图分类号:R681.5, R619 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2016)-09-0820-07

Assessment of surgical site infection after different intraoperative irrigation strategies in single-segment transforaminal lumbar interbody fusion/WU Han, LI Zhengwei//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2016, 26(9): 820-826

【Abstract】Objectives: To evaluate three strategies of intraoperative irrigation and their effects on control of postoperative surgical site infections. **Methods:** 139 consecutive patients in our ward undertaking single segment transforaminal lumbar interbody fusion(TLIF) were collected, and all the cases were categorized into three groups according to different methods of irrigation: group A, simple irrigation before closure; group B, continuous intraoperative irrigation with normal saline; group C, continuous intra-operative irrigation with antibiotic solutions. The Centre for Disease Control and Prevention (CDC) definition of surgical site infection (SSI) was used. All patients were followed up for 1 year. For data analysis, ANOVA test was used to analyze normally distributed variables and K-W test for abnormal distribution. K-W test was also used to analyze enumeration and ranked data. **Results:** Significant differences were found amongst parameters between group B and A, and group C and A, such as blood loss (185ml vs 240ml, $P=0.001$; 185ml vs 240ml, $P=0.008$),

第一作者简介:男(1987-),医学硕士,研究方向:脊柱外科

电话:(0411)84671291 E-mail:1293107264@qq.com

通讯作者:李正维 E-mail:lizhengwei0411@hotmail.com

postoperative drainage for the first 24 hours (90ml vs 160ml, $P=0.036$; 100ml vs 160ml, $P=0.029$) and postoperative hospital stay (7 vs 10.5, $P<0.001$; 6 vs 10.5, $P=0.001$). The increase in white blood cell count was found to be significantly different in group B and C compared to group A ($66.42\pm 8.7\%$ vs $83.06\pm 9.60\%$, $P=0.028$; $65.91\pm 11.2\%$ vs $83.06\pm 9.60\%$, $P=0.032$). Groups B and C showed a more significant decrease in VAS score compared to group A. 3 cases in group A (6.12%), 1 case (2.04%) in group B and no case in group C showed positive evidence of SSI. All the infected cases were cured after irrigation and antibiotic treatment. SSI rates were found to be lower in group B and C compared to group A, but no significant differences between any two of the three groups were found. Pre and postoperative changes of CRP, CK and monocyte HLA-DR expressions in group B and C were less than those of group A at 24 hours after surgery, but there were no significant differences. **Conclusions:** Continuous lavage with normal saline or antibiotic solution can significantly decrease the amount of intraoperative blood loss and postoperative drainage as well as shorten the postoperative hospital stay. Thus, continuous irrigation alone with use of electrotome may have a positive effect in controlling the SSI risk.

[Key words] Lumbar fusion; Intraoperative irrigation; Surgical site infection

[Author's address] Department of Spine Surgery, 2nd Hospital of Dalian Medical University, Dalian, 116027, China

电刀的作用机制是通过局部高温导致组织变性从而达到凝血和局部组织损毁的目的。这就决定了在使用电刀的过程中不可避免会产生热力并损伤邻近组织,相应的后果包括引起脂肪组织液化并增加渗出、切口延迟愈合,严重者将可能导致切口感染(surgical site infection, SSI)^[1]。虽然目前已有研究报道使用生理盐水或抗生素生理盐水进行术中冲洗^[2-6],但多仅局限于降低术后切口感染率的效果分析,目前仍缺乏对于改善患者围手术期预后效果的系统评价。本研究的目的在于评估不同术中冲洗策略对行单节段腰椎融合内固定手术患者围手术期预后的影响。

1 资料与方法

1.1 研究人群

病例纳入标准包括:(1)以腰椎间盘突出症为主要诊断,行单一节段椎间盘突出摘除、椎间植骨融合、椎弓根钉棒系统融合内固定者;(2)以腰椎管狭窄为主要诊断,行单一节段椎板切开减压、横突间植骨融合、椎弓根钉棒系统内固定者。除上述两种主要诊断外,未纳入包括肿瘤、围手术期感染及代谢性骨病在内的其他病种,相应诊断依从各自诊断标准。由于本研究在评估组织损伤程度时使用单核细胞的组织相容性抗原(HLA-DR)这一指标^[7],因此那些患有免疫缺陷性疾病、或者在围手术期服用免疫抑制药物的患者亦未纳入研究。使用疾病控制和预防中心(CDC)的标准定义^[8]确认手术切口感染病例。所有切口感染病例需要符

合如下特征:(1)切口部位红肿热痛,切口内引流出脓液,切口处脓肿形成;(2)需要手术切开及引流;(3)细菌培养阳性^[9]。所有患者均随访至术后1年。患者登记表、电子病历及手术记录被用来收集病例的相关资料。

收集我院2012年3月~2013年11月间符合纳入排除标准行单节段腰椎融合内固定手术的共计139例患者术前及术后资料。年龄19~81岁,平均 52.7 ± 14.3 岁(男 52.8 ± 14.7 , 27~80岁;女 52.6 ± 14.1 , 19~81岁)。患者特征资料及相应术前诊断见表1。

1.2 分组及实施

所有病例均使用威力(ValleyLab, Boulder, CO, USA)电刀施行操作(电切功率45W),所有手术操作均由同一手术团队完成。常规消毒铺巾后C型臂X线机下定位,后正中入路逐层剥离浅层组织及肌肉,充分显露双侧小关节,C型臂X线机定位协助下置入椎弓根螺钉,枪钳咬除目的节段部分椎板,保护好神经根及硬膜囊直视下摘除病变间盘组织,并行椎间自体骨植骨融合;对于腰椎管狭窄患者,充分减压后行横突间植骨融合。共计使用三种冲洗策略,即(1)仅关闭切口前行生理盐水(2000ml)冲洗;(2)伴随电刀使用施行的术中持续15℃生理盐水冲洗+关闭前生理盐水(2000ml)冲洗;(3)伴随电刀使用施行的持续抗生素生理盐水溶液冲洗+关闭前生理盐水(2000ml)冲洗。依照不同冲洗策略将病例分为A、B、C三组。A组自2012年3月~2012年8月中旬共纳入

49例。2012年8月下旬始开始采用持续冲洗策略,使用20ml去针尖一次性注射用针管进行加压冲洗,至2013年1月共纳入B组49例患者。经感染科专家咨询并查阅相关文献(详见后文讨论部分)后于2013年2月起冲洗液中加入头孢唑林(1.0g/L)及庆大霉素(800mg/L),自此始纳入C组病例41例。所有病例开皮前20~30min静脉给予头孢唑林1g。围手术期给予头孢唑林(1g,每天3次静脉滴注给药)直至术后24h。所有病例均留置引流管2根,引流管于术后24h后择期拔除(引流量<50ml/d)。发现感染证据的术后SSI病例,行术前细菌培养药敏试验确定敏感抗生素后行切开引流,术中敏感抗生素局部冲洗+骨水泥抗生素留置及术后抗生素治疗,以二次术后2周CRP水平作为评价治疗效果的依据。嘱所有手术患者术后1、3、6、12个月规律复诊,并行内固定位置X线平片检查,未能回院复诊外地病例通过电话及邮件随访并收集其术后相应时间的X线平片资料。所有病例均依照CDC切口感染标准随访至术后1年。

1.3 相关变量

目前已被证实的腰椎SSI危险因素包括超重、糖尿病病史、吸烟史、术前住院时间等^[10-12],本研究针对BMI和糖尿病患病情况对各分组间行

单变量分析以评估均衡性(表1)。具体涉及的术前及术后指标包括术后住院时间、手术时间、术中失血量(吸引器计量+纱布50ml/块计算)、术后24h引流量、术后24h切口VAS评分、各组感染率,生化指标包括术前及术后白细胞计数、CK-MB、CRP和HLA-DR。

1.4 数据处理

对于计量资料首先使用阿尔莫戈洛夫-斯米诺夫(Kolmogorov-Smirnov)检验判断是否正态分布(表2)。三组间整体差异比较使用单因素ANOVA检验(正态资料)或K-W检验(非正态资料)进行;使用卡方检验对计数资料进行差异性分析;使用K-W检验分析等级资料。生化指标变化情况采用术后指标变化程度衡量[术后指标变化程度=(术后数值-术前数值)/术前数值×100%]。所有数据分析使用SPSS 23.0完成,预设P值0.05。

2 结果

单变量分析表明三组病例间均衡性良好,患者年龄、BMI及糖尿病患病率无明显差异(表1),本研究涉及并行统计分析的众多变量中,各组糖尿病患病例数和术后SSI例数为计数资料,患者术后切口VAS评分为等级资料,其余各指标均为

表1 患者特征描述
Table 1 Patient characteristics

患者特征 Patient characteristics	均值 Mean and median values			P值 P values A and B, A and C, B and C
	A组 Group A(n=49)	B组 Group B(n=49)	C组 Group C(n=41)	
平均年龄(区间) Mean age (range)	51.6±15.6(22~80) ^{###}	55(31~74) [#]	52.3±13.0(19~81) [#]	0.057
性别 Gender				
男 Male	22	17	20	0.368
女 Female	27	32	21	
BMI	25.11 ^{###}	25.6±2.6 [#]	25.53±3.48 [#]	0.577
糖尿病(百分比) Diabetes (percentage)	2(4.08%)	1(2.04%)	1(2.44%)	0.817
主要诊断 Main diagnosis				
腰椎间盘突出症 Lumbar disc herniation	35	34	28	0.991
腰椎管狭窄症 Lumbar spinal stenosis	14	15	13	

注:#,正态计量资料;###,非正态计量资料

Note:# normal distribution; ### abnormal distribution

计量资料。经 K-S 检验各组计量数据正态性结果见表 2。

采用伴随冲洗策略的 B、C 组术中失血量、术后 24h 引流量均较 A 组显著减少;术后血白细胞升高程度均较 A 组显著降低;术后住院时间明显缩短;B、C 组术后 24h 术区 VAS 评分改善程度较 A 组更明显,B、C 组间上述指标无差异(表 3)。术后 24h 内共计 17 例出现一过性发热($\geq 38.3^{\circ}\text{C}$),其中 A 组 8 例(16.33%),B 组 5 例(10.2%),C 组 4 例(9.76%)。结合临床症状及实验室细菌培养结果证实 A 组中切口感染病例 3 例(6.12%,2 例金黄色葡萄菌,1 例大肠埃希菌);B 组中证实 1 例大肠埃希菌感染(2.04%);C 组未发现感染阳性证据病例。所有感染病例都行切开引流、术中敏感抗生素局部冲洗+骨水泥抗生素留置及术后抗生素治疗并获得治愈。B 及 C 组的切口感染率数值低于 A 组,但无显著性差异。B 组及 C 组的术前及术后 CRP、CK 及 HLA-DR 等指标的变化幅度均较 A 组小,但未见统计学差异。

表 2 各组计量数据正态性分析结果(P 值)汇总

Table 2 Data aggregation of normality test(P value)

	A组 Group A (n=49)	B组 Group B (n=49)	C组 Group C (n=41)
年龄 Age	0.200*	0.019	0.053
BMI	0.009	0.200	0.200
手术时间 Skin-to-skin operative time	0.110	0.054	0.200
术中失血 Estimated blood loss	0.072	0.200	0.067
术后引流 Drainage (ml)	0.038	0.000	0.031
持续冲洗液体量 Mount of flushing	—	0.000	0.122
术后住院时间 Postoperative hospital stay (days)	0.122	0.001	0.122
白细胞变化率 Change of white cell counts	0.200	0.200	0.200
C-反应蛋白变化率 Change of CRP	0.324	0.672	0.293
肌酸激酶变化率 Change of CK-Mb	0.137	0.226	0.054
HLA-DR 变化率 Change of HLA-DR	0.441	0.312	0.083

注:*取 0.05 为显著水平, $P>0.05$ 数据呈正态分布,否则为非正态分布,下同

Note: *Significance level of $P>0.05$ was used throughout all of the statistical tests in present study

本研究确认术后切口感染平均时间 15d (5~33d),3 例出现在术后半月内(A 组 2 例,B 组 1 例)。全部 4 例 SSI 病例均出现发热及切口不愈合并持续异常渗出。这一结果同 Pull ter Gunne 等的研究结果类似^[13],他们研究发现术后切口深部感染大部分都发生在术后 15d 内。发热、疼痛及切口脓性渗出是最常见的先发症状。B 组 1 例术后 33d 因切口渗出再次入院病例行手术部位 CT 检查示双侧 L5 椎弓根螺钉周围低密度影,二次手术术中发现相应部位内固定物松动。其余感染病例二次切开引流术中未发现内置物松动移位。所有感染病例二次术后均依据术前渗出液体及术中清创组织细菌学诊断结果行敏感抗生素治疗。B 及 C 组的切口感染率低于 A 组,但无显著性差异。所有二次手术病例截止随访末期末未发现再感染证据,复查 X 线平片均显示内固定物位置满意,未见断裂移位等不良表现,融合良好。

3 讨论

由于自身出色的切割及凝血功能,电切割设

表 3 术中术后指标汇总

Table 3 Pre- and intra-operative parameters

	A组 Group A (n=49)	B组 Group B (n=49)	C组 Group C (n=41)
手术时间(min) Operation time	49	46	45
术中失血量(ml) Blood loss	240	185 ^①	185 ^①
术后 24h 引流量(ml) Drainage of the 1st 24h	160	90 ^①	100 ^①
持续冲洗液体量 (ml/min) Mount of flushing	—	4.45	4.65 $\pm$ 0.12
术后住院天数(d) Postoperative hospital stay	10.5	7 ^①	6 ^①
白细胞计数(升高百分比) White cell counts(%)	83.1 $\pm$ 9.6	66.4 $\pm$ 8.7 ^①	65.9 $\pm$ 11.2 ^①
C-反应蛋白水平 (升高百分比) CRP(%)	359.15	327.33	352.73
肌酸激酶水平 (升高百分比) CK-MB(%)	197.5	163	181.5
HLA-DR 水平 (降低百分比) HLA-DR(%)	4.72	3.57	3.46
VAS评分 Vas score	4.10 $\pm$ 1.21	3.00 $\pm$ 1.27 ^①	2.88 $\pm$ 1.23 ^①

注:①与 A 组比较 $P<0.05$

Note: ①Compared with group A, $P<0.05$

备的出现促进了现代骨科手术的发展。同时包括附加加热损伤及烟雾产生等不足也已经为大量手术医生所认识^[14-16]。目前认为热力损伤不仅可以导致细胞膜功能改变、组织内水-电解质及酸碱平衡紊乱^[17],电刀使用时高达 200~1000℃的局部温度更是远高于蛋白质变性的温度,这种高温状态无疑会对局部组织造成毁灭性的损伤,从而增加切口渗出甚至延缓切口愈合^[18-20]。如不及时干预将有可能增加切口 SSI 的风险。

Davies^[21]和 Baldwin^[22]等的研究均认为,软组织烧烫伤的最佳保护措施是即刻冷却。目前多数学者亦推荐采用即刻的局部冷却处理来控制烫伤部位的邻近损伤,限制烧伤范围的扩大^[23]。此外,已有研究^[21, 22, 24, 25]证实烧伤后冷却具有明显的镇痛效果,这为本研究中持续冲洗能够显著降低术后切口 VAS 评分提供了依据。

以往研究^[18, 26, 27]证实,采用有效措施降低电刀操作区域温度将关系到患者手术预后,本研究发现使用持续冲洗策略后手术时间及术中出血量均较未使用持续冲洗时降低,其中出血量的变化有统计学差异。分析其原因可能为:(1)电刀及双极电凝烧灼时使用注射器给水,使电刀及双极镊子尖端保持相对清洁,减少碳痂包裹,增强了其电凝止血效果;(2)持续冲洗能够更清晰地暴露出血点,以便术者迅速止血。此外,持续冲洗组的平均手术时间虽较非持续冲洗组短,但未见统计学差异,因此究竟持续冲洗能否缩减手术时间,还需要进一步大样本研究证实。

关于冲水方式的选择,对热力损伤部位行持续冲洗目前已成为众多医生的共识^[2, 22],以往文献为使用局部冲洗以控制 SSI 发生做出了不少探索:Masahiko 等^[2]认为术中间隔 15min 的足量(至少 500ml)生理盐水冲洗可有效降低感染率,持续生理盐水^[3]或终末抗生素盐水冲洗^[28]策略均有报道且在控制 SSI 方面均获得了满意的效果。具体到本研究,虽然持续抗菌素盐水冲洗组未出现感染病例,但与单纯终末生理盐水冲洗组和全程生理盐水冲洗组间未发现统计学差异。鉴于样本量较小,为回答局部抗生素使用究竟是否能够降低术后切口感染率这一问题,进一步的随机对照大样本研究是必要的。

关于冲水量,本研究中涉及的三种冲洗方式均使用了足量(2000ml)的终末冲洗,与 Masahiko

等^[2]采用的方式一致。而术中针头持续冲洗量则依据手术持续时间及复杂程度不同而有所差异,我们仅在使用电刀时进行同步冲洗的冲洗量约为 4.57ml/min,收到良好效果。

本研究选择使用 15℃的作为冲洗液温度进行冷却操作的理论依据来自 Baldwin 和 Cuttle 等的研究,他们认为 15℃条件下的冲洗冷却处理能够比较理想的维持上皮功能并最大限度减少热力损伤^[22, 29]。术后 24h 时 B、C 组相较 A 组更少的引流量及更理想的切口 VAS 评分均说明了冷却冲洗对于局部组织热力学损伤保护的有效性。

关于局部使用抗生素的必要性,已有众多学者做了有益的探索。Cavanaugh 等^[30]2009 年发表的研究为术中局部使用抗生素提供了理论依据,他们在研究中评价了不同抗生素使用策略对大鼠股骨切开内固定术后切口感染的预防作用,研究证实局部组织内注射庆大霉素或头孢唑啉均能显著降低切口感染风险,且静脉头孢唑啉联合局部庆大霉素的效果更佳。Young 等^[31]基于 TKA 模型小鼠的试验进一步评估了等剂量抗生素局部使用和静脉系统使用的预防感染效果,证实同等剂量下头孢唑啉切口内局部使用的预防术后感染效果优于静脉内使用。Stall 等^[32]使用兔脊柱内固定金葡萄菌切口感染模型进行的研究认为切口内局部庆大霉素缓释配合静脉内头孢唑啉能够显著降低术后切口感染发生率。Yamada 等^[33]的研究评估了 43 例骨科内固定患者,确认了术前预防性给予 2g 头孢唑啉静脉注射能够使之在血液和骨组织中维持对甲氧西林敏感金葡萄球菌的最低有效浓度,同时也发现一旦存在凝固酶阴性的耐头孢菌素金葡萄菌,单纯静脉内预防性给药将不能满足预防切口感染需要,提示骨科手术局部用药及联合用药的必要性。参考上述文献报道,本研究在常规围手术期静脉应用头孢唑林(开皮前 20~30min 静脉给予头孢唑林 1g 静脉滴注,术毕予头孢唑林 1g,每日 3 次静脉滴注给药至术后 24h)之外,局部联合使用头孢唑林(1g/L)及庆大霉素(800mg/L)预防术后感染。

关于局部使用抗生素的安全性,Humphrey 等使用载体携带庆大霉素放置于兔股骨髓腔内连续观察 28d,证实局部使用抗生素能够在增加抗生素的局部浓度但不会对药物的系统分布造成显著影响^[34]。关于伴随冲洗时局部抗生素浓度较高是

否可能导致局部细胞毒样作用;Isefuku 等^[35]认为庆大霉素局部浓度持续超过 700 $\mu\text{g/ml}$ 时有可能减弱细胞代谢并抑制分裂,Edin 等^[36]认为头孢唑啉局部浓度超过 1000 $\mu\text{g/ml}$ 可对局部组织细胞造成损害。我们使用的抗生素冲洗液浓度为庆大霉素 800 $\mu\text{g/ml}$ 并头孢唑啉 1000 $\mu\text{g/ml}$,一方面抗生素盐水仅对切口表面进行冲洗,同时伴随吸引器实时吸引,故术后残留冲洗液量较少;其次需要考虑术后切口引流液对残留冲洗液的稀释作用(C 组平均术后引流量 100ml,按术后切口内冲洗液残留量 10ml 计算,术后局部庆大霉素及头孢唑啉浓度稀释已超过 10 倍),均远低于 Isefuku 和 Edin 等认为的有害浓度。

术后切口感染的诊断方面,严格依照 CDC 标准,以切口内发现菌培养阳性为评判标准,纳入本研究的全部病例随访通过医嘱复诊或电话及邮件渠道完成,全部 139 例随访期间未出现失访。1 年期间的术后随访中发现 A 组中 3 例,B 组中 1 例,共计 4 例患者出现 SSI,平均出院-再住院时间为 15d,这与 Glassman 等^[37]的研究一致。4 例患者均以发热和切口疼痛为首发症状,3 例出现切口溢脓(75%),这与 Pull ter Gunne 等^[38]的研究结果接近。

本研究在术后 24h 常规测量并记录了患者的血常规,发现 B 组及 C 组中术后白细胞计数的增幅度均较 A 组低,且差异有显著性。本研究使用 HLA-DR 及 CK 两个指标衡量不同冲洗策略下局部组织损伤程度的依据为:单核细胞 HLA-DR 表达率是创伤相关免疫表达的衡量指标,手术创伤对这一指标的影响能够反映初始创伤严重程度。CK 则是反映肌肉组织细胞完整性的指标^[39,40]。本研究发现术中持续冲洗可以缩窄 CRP、HLA-DR 及 CK 的波动幅度,提示术中冲洗冷却对局部组织起到了保护作用。考虑到本研究所涉及的样本量较小,不同冲洗策略的使用对上述三种指标手术前后变化的影响是否存在显著性差异有待进一步的大样本研究证实。

本研究的不足:(1)样本量尚小,抗生素生理盐水持续冲洗是否能显著降低术后切口感染率还有待进一步研究观察;(2)仅采用了一种围手术期抗生素使用策略进行评估,具体采用何种抗生素配比策略能够获得最优作用效果有待进一步研究;(3)仅采用了一种术中冲洗剂量,不同冲洗剂

量对预后的影响是否存在不同有待进一步研究。

4 参考文献

1. Ji GW, Wu YZ, Wang X, et al. Experimental and clinical study of influence of high-frequency electric surgical knives on healing of abdominal incision [J]. World J Gastroenterol, 2006, 12(25): 4082-4085.
2. Watanabe M, Sakai D, Matsuyama D, et al. Risk factors for surgical site infection following spine surgery: efficacy of intraoperative saline irrigation[J]. J Neurosurg Spine, 2010, 12(5): 540-546.
3. Malis LI. Prevention of neurosurgical infection by intraoperative antibiotics[J]. Neurosurgery, 1979, 5(3): 339-343.
4. Maurice-Williams RS, Pollock J. Topical antibiotics in neurosurgery: a re-evaluation of the Malis technique[J]. Br J Neurosurg, 1999, 13(3): 312-315.
5. Savitz SI, Savitz MH, Goldstein HB, et al. Topical irrigation with polymyxin and bacitracin for spinal surgery [J]. Surg Neurol, 1998, 50(3): 208-212.
6. Tomov M, Mitsunaga L, Durbin-Johnson B, et al. Reducing surgical site infection in spinal surgery with betadine irrigation and intrawound vancomycin powder[J]. Spine, 2015, 40(7): 491-499.
7. Karanika S, Karantanos T, Theodoropoulos GE. Immune response after laparoscopic colectomy for cancer: a review [J]. Gastroenterol Rep(Oxf), 2013, 1(2): 85-94.
8. Mangram AJ, Horan TC, Pearson ML, et al. Guideline for prevention of surgical site infection, 1999 [J]. Infect Control Hosp Epidemiol, 1999, 20(4): 250-278.
9. Schimmel JJ, Horsting PP, de Kleuver M, et al. Risk factors for deep surgical site infections after spinal fusion [J]. Eur Spine J, 2010, 19(10): 1711-1719.
10. Lieber B, Han B, Strom RG, et al. Preoperative predictors of spinal infection within the national surgical quality inpatient database[J]. World Neurosurg, 2016, 89: 517-524.
11. Ho C, Sucato DJ, Richards BS. Risk factors for the development of delayed infections following posterior spinal fusion and instrumentation in adolescent idiopathic scoliosis patients [J]. Spine, 2007, 32(20): 2272-2277.
12. Olsen MA, Nepple JJ, Riew KD, et al. Risk factors for surgical site infection following orthopaedic spinal operations[J]. J Bone Joint Surg Am, 2008, 90(1): 62-69.
13. Pull ter Gunne AF, Mohamed AS, Skolasky RL, et al. The presentation, incidence, etiology, and treatment of surgical site infections after spinal surgery[J]. Spine, 2010, 35(13): 1323-1328.
14. Pogoreli'c Z, Perko Z, Druzijanic N, et al. How to prevent lateral thermal damage to tissue using the harmonic scalpel: experimental study on pig small intestine and abdominal wall[J]. Eur Surg Res, 2009, 43(2): 235-240.
15. Perko Z, Pogorelic Z, Bilan K, et al. Lateral thermal damage

- to rat abdominal wall after harmonic scalpel application [J]. *Surg Endosc*, 2006, 20(2): 322-324.
16. Gözen AS, Teber D, Rassweiler JJ. Principles and initial experience of a new device for dissection and hemostasis [J]. *Minim Invasive Ther Allied Technol*, 2007, 16(1): 58-65.
 17. Schwartz LR, Balakrishnan C. Thermal burns. In: Tintinalli JE, Kelen GD, Stapczynski JS, et al. *Tintinalli's Emergency Medicine: a comprehensive study guide*[M]. Berlin/Heidelberg/New York: Springer, 1994, Chapter 199: 227-239.
 18. Reidenbach HD, Buess G. Ancillary technology: electrocautery thermocoagulation and laser. In: Cuschieri A, Buess G, Perrisat L, et al. *Operative Manual of Endoscopic Surgery* [M]. Berlin/Heidelberg/New York: Springer, 1994. 46-60.
 19. Ji GW, Wu YZ, Wang X, et al. Experimental and clinical study of influence of high-frequency electric surgical knives on healing of abdominal incision [J]. *World J Gastroenterol*, 2006, 12(25): 4082-4085.
 20. Aird LN, Brown CJ. Systematic review and meta-analysis of electrocautery versus scalpel for surgical skin incisions [J]. *Am J Surg*, 2012, 204(2): 216-221.
 21. Davies JWL. Prompt cooling of burned areas: a review of benefits and the effector mechanisms[J]. *Burns*, 1982, 9(1): 1-6.
 22. Baldwin A, Xu J, Attinger D, et al. How to cool a burn: a heat transfer point of view[J]. *J Burn Care Res*, 2012, 33(2): 176-187.
 23. Singer AJ, Brebbia J, Soroff HH. Management of local burn wounds in the ED[J]. *Am J Emerg Med*, 2007, 25(6): 666-671.
 24. Cleland H. Thermal burns: assessment and acute management in the general practice setting[J]. *Aust Fam Physician*, 2012, 41(6): 372-375.
 25. Alomar M, Rouqi FA, Eldali A. Knowledge, attitude, and belief regarding burn first aid among caregivers attending pediatric emergency medicine departments[J]. *Burns*, 2016, 42(4): 938-943.
 26. Vetere PF, Lazarou G, Apostol R. Postoperative adhesion formation in a rabbit model: monopolar electrosurgery versus ultrasonic scalpel[J]. *JSLs*, 2015, 19(2): e2015.00018.
 27. Mueller W, Fritsch G. Medico-technical basis of surgery using invasive ultrasonic energy[J]. *Endosc Surg*, 1994, 2(3-4): 205-210.
 28. Savitz SI, Savitz MH, Goldstein HB, et al. Topical irrigation with polymyxin and bacitracin for spinal surgery [J]. *Surg Neurol*, 1998, 50(3): 208-212.
 29. Cuttle L, Kempf M, Liu PY, et al. The optimal temperature of first aid treatment for partial thickness burn injuries [J]. *Wound Repair Regen*, 2008, 16(5): 626-634.
 30. Cavanaugh DL, Berry J, Yarboro SR, et al. Better prophylaxis against surgical site infection with local as well as systemic antibiotics. An in vivo study[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2009, 91(8): 1907-1912.
 31. Young SW, Roberts T, Johnson S, et al. Regional intraosseous administration of prophylactic antibiotics is more effective than systemic administration in a mouse model of TKA[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2015, 473(11): 3573-3584.
 32. Stall AC, Becker E, Ludwig SC, et al. Reduction of postoperative spinal implant infection using gentamicin microspheres[J]. *Spine*, 2009, 34(5): 479-483.
 33. Yamada K, Matsumoto K, Tokimura F, et al. Are bone and serum cefazolin concentrations adequate for antimicrobial prophylaxis[J]? 2011, 469(12): 3486-3494.
 34. Humphrey JS, Mehta S, Seaber AV, et al. Pharmacokinetics of a degradable drug delivery system in bone[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1998, 349: 218-224.
 35. Isefuku S, Joyner CJ, Simpson AH. Gentamicin may have an adverse effect on osteogenesis[J]. *J Orthop Trauma*, 2003, 17(3): 212-216.
 36. Edin ML, Miclau T, Lester GE, et al. Effect of cefazolin and vancomycin on osteoblasts in vitro[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1996, 333: 245-251.
 37. Glassman SD, Dimar JR, Puno RM, et al. Salvage of instrumental lumbar fusions complicated by surgical wound infection[J]. *Spine*, 1996, 21(18): 2163-2169.
 38. Pull ter Gunne A, Cohen D. Incidence, prevalence, and analysis of risk factors for surgical site infection following adult spinal surgery[J]. *Spine*, 2009, 34(13): 1422-1428.
 39. Talving P, Karamanos E, Skiada D, et al. Relationship of creatine kinase elevation and acute kidney injury in pediatric trauma patients[J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2013, 74(3): 912-916.
 40. Clarkson PM, Kearns AK, Rouzier P, et al. Serum creatine kinase levels and renal function measures in exertional muscle damage[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2006, 38(4): 623-627.

(收稿日期:2016-02-14 修回日期:2016-07-06)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 彭向峰)