

## 聚维酮碘对家兔创面组织浸泡冲洗的影响

张强<sup>1</sup>, 许岩<sup>1</sup>, 马壮壮<sup>2</sup>, 张昊<sup>2</sup>, 李子豪<sup>2</sup>, 刘森涵<sup>2</sup>, 陈伟<sup>2</sup><https://doi.org/10.12307/2024.427>

投稿日期: 2023-06-30

采用日期: 2023-07-24

修回日期: 2023-08-15

在线日期: 2023-08-23

中图分类号:

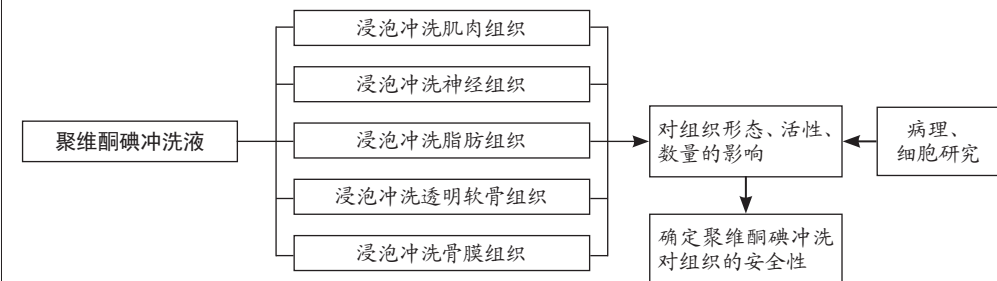
R459.9; R318; R394.2

文章编号:

2095-4344(2024)23-03669-05

文献标识码: A

文章快速阅读: 聚维酮碘对家兔肌肉、血管、脂肪和骨质等组织进行浸泡冲洗后的影响



## 文题释义:

**创面组织:** 针对手术切口内所暴露的肌肉组织、神经组织、脂肪组织、骨及软骨组织, 在文中主要针对经过聚维酮碘冲洗、浸泡后的活体新鲜组织。

**浸泡冲洗:** 指对手术切口内组织进行清洗、消毒处理的方法。在手术切口关闭前, 为防止污染而进行消毒液的组织浸泡, 以及清洁冲洗掉消毒液, 保持创面的清洁、干净及无菌。

## 摘要

**背景:** 临床上人工关节置换所面临的最危险、最严重的并发症就是发生人工关节假体周围感染, 找到一个能够预防人工关节置换假体周围感染的方法是迫切需要的。

**目的:** 观察聚维酮碘对家兔肌肉、血管、脂肪和骨质等组织进行浸泡冲洗后的影响。

**方法:** 选取40只10周龄雄性新西兰大白兔, 每只兔子的左后腿作为实验组, 右后腿作为对照组。兔后肢麻醉后切开, 显露后肢的肌肉、血管、脂肪和骨质, 对照组手术切口内用生理盐水浸泡和冲洗; 实验组手术切口内用聚维酮碘原液及生理盐水浸泡和冲洗。40只兔分别在浸泡聚维酮碘0, 1, 3, 5 min时随机处死10只切取创面组织标本, 采用苏木精-伊红染色制片, 对细胞数目及分布进行统计学分析和比较。

**结果与结论:** ①经聚维酮碘浸泡冲洗的肌肉、血管、脂肪和骨质与生理盐水对照组相比, 镜下未见其细胞结构、形态及数目有明显的差异; ②运用配对t检验探究对照组与实验组之间的差异性, 配对数据均没有呈现出差异性( $P > 0.05$ ); ③提示聚维酮碘对家兔肌肉、血管、脂肪和骨质等组织进行浸泡冲洗后与生理盐水相比未见明显差异, 反映了聚维酮碘溶液作为创口内消毒剂的安全有效性。

**关键词:** 聚维酮碘; 创面组织; 浸泡; 冲洗; 关节置换; 假体周围感染

## Effect of povidone-iodine on the immersion and flushing of wound tissue in rabbits

Zhang Qiang<sup>1</sup>, Xu Yan<sup>1</sup>, Ma Zhuangzhuang<sup>2</sup>, Zhang Hao<sup>2</sup>, Li Zihao<sup>2</sup>, Liu Senhan<sup>2</sup>, Chen Wei<sup>2</sup><sup>1</sup>The First Hospital of Jilin University, Changchun 130000, Jilin Province, China; <sup>2</sup>Department of Orthopedics, China-Japan Union Hospital of Jilin University, Changchun 130033, Jilin Province, China

Zhang Qiang, Master, Attending physician, The First Hospital of Jilin University, Changchun 130000, Jilin Province, China

**Corresponding author:** Chen Wei, MD, Chief physician, Professor, Department of Orthopedics, China-Japan Union Hospital of Jilin University, Changchun 130033, Jilin Province, China

## Abstract

**BACKGROUND:** Clinically, the most dangerous and serious complication of artificial joint replacement is periprosthetic infections. It is urgent to find a way to prevent periprosthetic infections after artificial joint replacement.

**OBJECTIVE:** To study the effect of povidone-iodine on muscle, blood vessel, fat and bone of rabbits after immersion and flushing.

**METHODS:** Forty male New Zealand rabbits aged 10 weeks were selected. The left hind leg of each rabbit served as the experimental group and the right hind leg served as the control group. After anesthesia, the hind limbs of each rabbit were cut open to expose the muscle, blood vessels, fat and bone. The control group was soaked and flushed with normal saline inside the surgical incision, while the experimental group was soaked and flushed with povidone-iodine inside the surgical incision. After being soaked in povidone-iodine for 0, 1, 3, 5 minutes, 10 rabbits were randomly selected and executed to collect wound tissue samples. The samples were made into pathological slices for hematoxylin-eosin staining observation as well as statistical analysis and comparison of cell counts.

<sup>1</sup> 吉林大学第一医院, 吉林省长春市 130000; <sup>2</sup> 吉林大学中日联谊医院骨科, 吉林省长春市 130033

第一作者: 张强, 男, 1988年生, 吉林省白山市人, 汉族, 2016年吉林大学中日联谊医院毕业, 硕士, 主治医师, 主要从事骨与关节疾病研究。

通讯作者: 陈伟, 博士, 主任医师, 教授, 吉林大学中日联谊医院骨科, 吉林省长春市 130033

<https://orcid.org/0000-0003-0911-8294> (张强)

基金资助: 吉林省卫生科研人才专项项目(2021SCZ03), 项目负责人: 陈伟

引用本文: 张强, 许岩, 马壮壮, 张昊, 李子豪, 刘森涵, 陈伟. 聚维酮碘对家兔创面组织浸泡冲洗的影响[J]. 中国组织工程研究, 2024, 28(23):3669-3673.



**RESULTS AND CONCLUSION:** Compared with the control group, the muscle, blood vessels, fat and bone after immersion and flushing with povidone-iodine showed no obvious difference in cell structure, morphology and number under microscope. The paired *t*-test was used to explore the difference between the control and experimental groups, and the paired data did not show any difference ( $P > 0.05$ ). It is suggested that povidone-iodine shows no significant difference from normal saline after immersion and flushing of rabbit tissues such as muscle, blood vessels, fat and bone, indicating that povidone-iodine solution as an intra-incisional antiseptic is safe and effective.

**Key words:** povidone-iodine; wound tissue; immersion; flushing; joint replacement; periprosthetic infection

**Funding:** Special Project for Health Research Talents in Jilin Province, No. 2021SCZ03 (to CW)

**How to cite this article:** ZHANG Q, XU Y, MA ZZ, ZHANG H, LI ZH, LIU SH, CHEN W. Effect of povidone-iodine on the immersion and flushing of wound tissue in rabbits. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2024;28(23):3669-3673.

## 0 引言 Introduction

关节周围感染是人工关节置换术后灾难性的并发症之一，占相当高的发病率和死亡率，鉴于其严重危害，许多干预措施已被引入以减少关节周围感染的发生，其中包括基础的无菌操作、层流手术室、太空服等来保证术中的无菌操作。但尽管如此，在切口关闭之前也很难保证其切口的无菌性，所以人们提出了不同的方法来减轻伤口关闭时的风险。伤口冲洗是一种比较常用的措施和手段，虽然冲洗液有多种，冲洗方式也不尽相同，但目前为止，临床上这些方法和手段基本对假体周围感染的发生和控制都未起到明显的作用。碘伏作为一种具有广谱杀菌剂的稳定化合物，越来越受到重视，使用碘伏进行伤口冲洗目前得到美国疾病控制和预防中心以及世界卫生组织的认可，近年来应用聚维酮碘对人工关节置换后即关闭创口进行冲洗来预防感染越来越广泛，其预防感染的临床效果逐渐被人们认可，但其对创口进行冲洗和浸泡时释放出的游离碘是否对机体有毒性作用或影响，尚未有明确的证据和进一步研究。此次实验旨在探究在同一浓度下，聚维酮碘冲洗液浸泡不同时间对大白兔相关组织细胞的影响，来寻求碘伏最佳浸泡时间，便于指导临床关节置换伤口冲洗，预防人工关节置换假体周围感染。

## 1 材料和方法 Materials and methods

**1.1 设计** 随机对照动物实验，计量资料比较采用配对 *t* 检验。

**1.2 时间及地点** 实验于 2021 年 7 月至 2023 年 3 月在吉林大学第一医院中心研究室完成。

**1.3 材料**

**1.3.1 实验动物** 选取 10 周龄成熟的雄性新西兰大白兔 40 只，雌雄各 20 只，体质量 2.05–3.00 kg(北京华阜康生物科技股份有限公司)，饲养温度 23 °C，湿度 60%，每只兔子的左后肢作为实验组，右后肢作为对照组；1 只 / 笼分配，每 10 只组成 1 组，共 4 组，分别用于 0, 1, 3, 5 min 时间点进行切片内细胞数量的对比。动物实验前禁食水 6 h。实验方案按照吉林大学基础医学院实验动物伦理条例要求进行。实验过程遵循了国际兽医学编辑协会《关于动物伦理与福利的作者指南共识》和本地及国家法规。

**1.3.2 实验试剂及主要实验设备** 聚维酮碘(上海利康消毒高科技有限公司)、戊巴比妥钠(国药集团有限公司)甲醛溶液(国药集团有限公司)；Masson 染色试剂盒(福州迈新生物技术有限公司)；苏木精-伊红染色试剂盒(福州迈新

生物技术开发有限公司)；碘伏(有效碘含量为 4.5–5.5 g/L，上海利康消毒高科技有限公司)。生物显微镜(OLYMPUS 有限公司)；生物组织摊片机、生物组织烘干机、组织脱水机、石蜡组织切片机(均来自金华科迪公司)；电子称(上海华德衡器有限公司)。

### 1.4 实验方法

**1.4.1 分组** 同一只兔子的左后肢作为实验组，右后肢作为对照组。对照组手术切口内用生理盐水浸泡和冲洗；实验组手术切口内用聚维酮碘原液及生理盐水浸泡和冲洗。40 只兔分别在浸泡聚维酮碘 0, 1, 3, 5 min 时按随机数字表法随机处死 10 只兔切取标本染色制片，对比其细胞数量。

**1.4.2 动物麻醉** 应用 3% 戊巴比妥钠(1 mL/kg)进行耳缘静脉注射麻醉，仰卧于手术操作台，术区备皮，用碘伏及体积分数 75% 乙醇消毒手术区，铺无菌洞单。

**1.4.3 实验步骤及组织样本处理** 分别在 0, 1, 3, 5 min 时间点各处死 10 只兔，取兔后下肢股骨外侧纵行切口，切开皮肤，皮下组织，肌肉，分开后显露骨质，并将后肢血管找到。实验组用碘伏原液(有效碘含量为 4.5–5.5 g/L)对肌肉、血管、脂肪和骨质分别浸泡 1, 3, 5 min 后用生理盐水冲净，切取被碘伏浸泡过的创面，并将切取的组织放入甲醛固定液中保存；对照组用等量生理盐水对肌肉、血管、脂肪和骨质直接进行冲洗后，切取被生理盐水浸泡过的创面组织(肌肉、血管、脂肪和骨质)放入甲醛固定液中保存，用于做病理检查。所用实验动物和标本做好标记。

**1.4.4 组织切片制作** 取甲醛溶液固定后的肌肉、血管、脂肪和骨质标本，骨质经过脱钙处理后，乙醇逐级脱水，二甲苯 I、II 中透明，石蜡包埋机中浸蜡、包埋，并凝固。将组织标本石蜡置于切片机，连续切成 4 μm 石蜡切片。将切片置入 42 °C 的温水浴中展开，并用镊子使样本分散，捞片、干燥。苏木精-伊红染色：石蜡切片复温后，二甲苯浸泡 2 次，脱蜡，随后行乙醇化处理，后蒸馏水冲洗。苏木精染色 3 min，流水冲洗、返蓝，并擦干。伊红染色 30 s，流水冲洗后，置入高浓度乙醇后，自然风干，树胶封固。

**1.4.5 样本检测及组织学检测** 分别在 OLYMPUS 生物显微镜下 100 倍及 200 倍下观察肌肉、血管、脂肪和骨质的苏木精-伊红染色、Masson 染色切片，比较并观察实验组和对照组的肌肉、血管、脂肪和骨质的细胞分布及排列。将苏木精-伊红染色的切片置于 200 倍镜 OLYMPUS 生物显微镜下，随机选取组织标本中 3 个视野，取透明软骨、脂肪、血管及肌

## 组织工程实验动物造模过程中的相关问题

造模目的	探索聚维酮碘冲洗液对家兔相关组织细胞的影响，寻求聚维酮碘最佳浸泡时间，便于指导临床应用
选择动物的条件	雄性 10 周龄新西兰大白兔，体质量 2.05–3.00 kg，由北京华阜康生物科技股份有限公司提供
模型与所研究疾病的关系	研究同一浓度下聚维酮碘冲洗液对活体组织的影响，从而指导临床手术结束前应用聚维酮碘冲洗液的使用安全性
动物来源及品系	由北京华阜康生物科技股份有限公司提供的普通级健康的 10 周龄雄性新西兰大白兔 40 只
造模技术描述	左后肢作为实验组，右后肢作为对照组，于股骨外侧纵行切口，实验组用碘伏原液（有效碘含量为 4.5–5.5 g/L）对肌肉、血管、脂肪和骨质分别浸泡 1, 3, 5 min 后用生理盐水冲净，切取被碘伏浸泡过的创面，并将切取的组织放入甲醛固定液中保存。右下肢对照组用等量生理盐水对肌肉、血管、脂肪和骨质直接进行冲洗后，切取被生理盐水浸泡过的创面组织（肌肉、血管、脂肪和骨质）放入甲醛固定液中保存，用于做病理检查。所用实验动物和标本做好标记
动物数量及分组方法	40 只兔所有的左后肢为实验组，右后肢为对照组，分别用于浸泡 0, 1, 3, 5 min 时切取标本 ( $n=10$ )
造模成功评价指标	取兔后下肢股骨外侧纵行切口，切开皮肤，皮下组织，成功显露脂肪、肌肉、骨骼及血管等组织
造模后观察指标	分别取出浸泡 0, 1, 3, 5 min 冲洗液的组织，制备组织切片，比较两组细胞分布及排列
伦理委员会批准	实验方案得到吉林大学基础医学院实验动物伦理批准

细胞数目的平均值作为该标本的结果。

**1.5 主要观察指标** 分别在 0, 1, 3, 5 min 时，在 OLYMPUS 生物显微镜 200 倍下观察肌肉、血管、脂肪和骨质的苏木精-伊红染色切片，比较实验组及对照组的细胞分布及排列情况。

**1.6 统计学分析** 应用 SPSS 26.0 软件进行数据配对  $t$  检验，以  $P < 0.05$  为差异有显著性意义。文章统计学方法已经吉林大学中日联谊医院生物统计学专家审核。

## 2 结果 Results

**2.1 实验动物数量分析** 纳入实验的 40 只大白兔全部进入结果分析，无脱失。

**2.2 苏木精-伊红染色肌肉、血管、脂肪和骨质的组织学比较** 如图 1 所示，聚维酮碘冲洗液（实验组）冲洗和生理盐水（对照组）冲洗后的肌肉组织均可见细胞周围间隙稍扩大、组织较疏松；血管组织切片中可见血管改变，血管内皮细胞轻度肿胀，血管管腔稍狭窄，未见有血管内皮细胞脱落；脂肪饱满紧密，未见明显改变；透明软骨细胞核淡染，排列及分布未见明显改变。

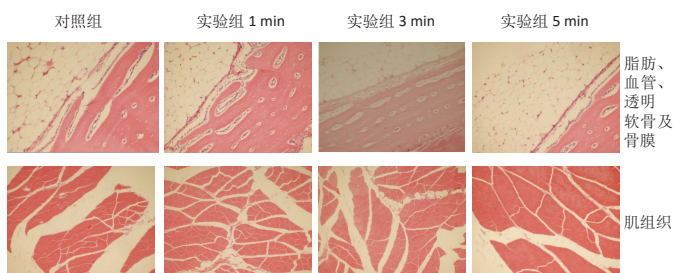


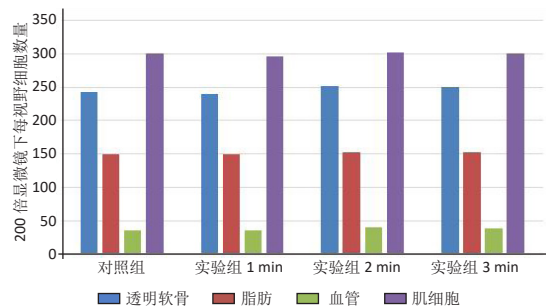
图 1 | 两组兔组织在不同时间点显微镜下的形态（苏木精-伊红染色，×200）  
Figure 1 | Morphological observation of rabbit tissues under microscope at different time points (hematoxylin-eosin staining, ×200)

**2.3 组织病理切片下不同组织细胞数量的比较** 由表 1 及图 2 可知，不同时间点两组透明软骨、脂肪、血管及肌细胞数量对比，均  $P > 0.05$ ，未呈现出差异性。证明用生理盐水浸泡（对照组）和实验组（1, 3 和 5 min）没有差异性，碘伏原液浸泡家兔肌肉、血管、脂肪和骨质无明显不利影响。

表 1 | 两组兔组织在不同时间段 200 倍显微镜下每视野细胞团数量的比较  
( $\bar{x} \pm s$ ,  $n=10$ )

Table 1 | Intergroup comparison of the number of cell clusters per field of view in rabbit tissues under a 200-fold microscope at different time periods

组织	时间点	对照组	实验组	$t$ 值	$P$ 值
透明软骨	1 min	24.3±2.50	24.2±2.79	0.269	0.794
	3 min	24.3±2.50	25.2±2.86	-0.704	0.499
	5 min	24.3±2.50	25.1±1.91	-0.725	0.487
脂肪	1 min	15.0±1.33	14.9±1.20	0.208	0.840
	3 min	15.0±1.33	15.3±1.16	-0.580	0.576
	5 min	15.1±1.33	15.2±1.48	-0.338	0.743
血管	1 min	3.5±1.08	3.6±1.17	-0.190	0.853
	3 min	3.5±1.08	4.2±0.82	-1.168	0.273
	5 min	3.5±1.08	3.8±1.14	-0.557	0.591
肌细胞	1 min	30.2±1.63	29.6±2.01	0.597	0.565
	3 min	30.3±1.63	30.2±1.55	-0.338	0.743
	5 min	30.1±1.63	30.1±1.37	-0.161	0.876



图注：对照组与实验组（1, 3, 5 min）未见明显差异（ $P > 0.05$ ）

图 2 | 两组兔不同时间点 200 倍显微镜下每视野细胞数量的对比

Figure 2 | Comparison of the number of cells per field of view in two groups of rabbits under a 200-fold microscope at different time points

## 3 讨论 Discussion

**3.1 聚维酮碘溶液抗菌性的认识** 聚维酮碘作为一种以聚乙烯吡咯烷酮碘表面活性剂为载体，络合碘形式存在的消毒剂，广泛应用于临床外科领域的消毒。作为一种广谱杀菌溶液，聚维酮碘溶液已被证明对多种病原体有效，包括革兰阳性和革兰阴性菌、芽孢菌、原虫和病毒<sup>[1-2]</sup>。聚维酮碘的水溶性和稳定性都较好，具有广谱杀菌性能，其杀菌机制是：形成微小的包腔载体，将碘离子络合到腔体内，当接触到较高亲和力的细胞膜时，吡咯烷酮中的疏水性基团与细胞膜磷脂类疏水性基团结合，通过释放碘分子进攻细胞的胞质和胞质膜，从而影响细胞膜的通透性，络合碘在细胞内与生物内的蛋白质、酶、肽类、脂质等生物生存所必需的分子发生卤化反应，破坏了蛋白的生物学活性，从而导致细菌等微生物死亡<sup>[3-4]</sup>，而且游离碘对杀菌起主要作用。聚维酮碘溶液作为非抗生素类抗菌剂在临床应用已相当广泛，特别对浮游菌有很强的杀灭作用，可以用来预防手术感染。当聚维酮碘溶液浓度达到 1% 以上时，几乎都能显著降低各类细菌的菌量，关于微生物对碘伏的耐药性也尚未见报道。已有大量文献评



价了碘伏对于预防感染的效果, LUM 等<sup>[5]</sup>及 OTANI 等<sup>[6]</sup>报道聚维酮碘溶液可以在 20 s 内杀死实验所用的 20 种耐药菌株的繁殖体; ULIVIERI 等<sup>[7-8]</sup>报道在脊柱手术结束时用碘伏冲洗, 490 例患者中无一例感染, 用生理盐水冲洗 460 例患者中有 7 例发生感染, 有统计学差异; OTANI 等<sup>[6]</sup>在 688 例髌膝关节置换术中用 0.35% 碘伏冲洗 3 min, 只有 1 例感染 (0.15%); 不用碘伏的 1 862 例中 18 例感染 (0.97%), 有统计学差异。以上研究都表明了聚维酮碘溶液对浮游菌杀灭的彻底性以及预防外科手术感染的重要性。此次研究同样证实, 经过碘伏消毒兔的创口均无任何炎性反应。

**3.2 聚维酮碘溶液在创面冲洗液中的角色** 术中消毒液的浸泡冲洗是在外科手术中最常用的预防感染的手段, 特别是人工关节置换术中预防感染的重要措施。浸泡冲洗的直接作用就是可减少伤口污染细菌的数量, 起到直接杀菌作用; 其次, 冲洗还可以清除手术创面的血凝块及失去血供的组织碎屑, 而这些恰好是细菌容易滋生繁衍、促进感染发生的良好培养基<sup>[8-10]</sup>。临床上常常应用庆大生理盐水或洗必泰溶液浸泡冲洗。庆大霉素曾作为临床上最为常用的冲洗液, 研究表明能够在与细菌接触时即可杀死细菌<sup>[11-13]</sup>。庆大霉素的杀菌效果是在阻止由创面污染发展成感染的过程中起了关键作用, 同时, 它在局部药物浓度低于杀菌浓度时仍能较长时间地持续抑制细菌<sup>[14]</sup>, 从而为机体免疫系统进一步杀灭残留的细菌创造了条件。但庆大霉素冲洗液并不能完全杀灭各类细菌, 抗菌谱比较有限, 因此, 临床上仅作为一般预防感染的冲洗液。洗必泰溶液是一种阳离子表面活性剂, 对革兰阳性和阴性菌的抗菌作用强, 具有较好的水溶性, 在人体体液中可保持较长时间的灭菌活性, 保护性能更好, 同时可更加快速地杀灭细菌<sup>[14]</sup>; 可减少手术部位微生物的定植及其载量, 从而有效预防感染的发生。但洗必泰属于双胍类化合物, 具有温和的杀菌特征, 在临床手术创面的消毒中同样不具备即刻杀灭所有细菌的能力。人们所要寻找的消毒液, 需面对关节置换后确保不发生灾难性感染的无菌状态的切口创面, 因为一旦细菌污染创面不能彻底清除, 细菌在污染创面后容易在假体表面形成一层生物膜, 这一屏障不仅使细菌容易黏附于假体表面, 同时能够对抗机体的免疫机制, 使抗生素难以发挥杀菌或抑菌作用, 最终导致假体置入失败<sup>[15-18]</sup>。因此要求一种强有力的消毒液, 同时兼备无毒、无不良反应, 能够将创面残留的细菌完全杀灭, 来避免此类手术所导致的灾难性感染<sup>[19-21]</sup>。聚维酮碘溶液凭借其其对细菌良好的杀灭作用、广谱性以及无毒、无刺激等特点, 引起临床上的极大重视, 值得对其安全性进一步深化研究。通过此次实验发现, 聚维酮碘溶液不同浸泡时间与生理盐水对照组在不同时间对家兔透明软骨、脂肪、血管及肌细胞的细胞数量、细胞活性的影响均未呈现出差异性, 这是值得开展进一步研究的动力和价值。

**3.3 聚维酮碘溶液对组织的毒性** 聚维酮碘溶液作为表皮消毒剂对表皮组织的毒性已经得到共识<sup>[22]</sup>, 但应用到体内组织里, 其使用浓度、浸泡时间并没有相应指南或者共识。因此,

对创口内局部组织细胞的毒性作用, 以及碘经脉管系统吸收入血后是否引起的全身不良反应, 是主要担心的问题。最近的研究表明, 聚维酮碘浸泡在不增加并发症的情况下, 可有效降低外科手术创面感染的风险<sup>[23-24]</sup>。另有文献报道采用术中及术后聚维酮碘间断冲洗关节腔治疗关节置换术后感染取得了成功, 而且无明显不良反应, 冲洗后血清碘含量明显增高, 但很快恢复冲洗前水平, 而冲洗前后血尿素氮与血肌酐无明显变化<sup>[25-27]</sup>。但聚维酮碘溶液对创口内组织损伤的情况仍然不明, 此次研究根据临床常用的浓度和浸泡冲洗时间采用聚维酮碘溶液对兔创口内组织 (肌肉、神经、血管、脂肪、骨骼) 进行浸泡和冲洗, 并进一步实施病理学研究, 发现经过聚维酮碘溶液浸泡和冲洗的组织, 无论是细胞形态、细胞数量、细胞活性与生理盐水溶液浸泡和冲洗的组织均无任何差别; 动物实验结果表明在常规术中应用聚维酮碘溶液对组织浸泡和冲洗是安全的, 不会出现肌肉坏死、血栓、神经麻痹、脂肪液化等临床上常见的并发症, 这为临床工作应用聚维酮碘溶液提供了有力支持和经验。BHANDARI 等<sup>[28]</sup>将培育的实验鸡骨骼内的成骨细胞置于不同浓度的聚维酮碘溶液中, 测定细胞数量、糖酵解代谢、胶原合成情况, 并评估聚维酮碘溶液的细胞毒性, 研究结果表明聚维酮碘溶液浓度超过 5% 时才开始对组织细胞代谢产生影响。GRZYBOWSKI 等<sup>[19]</sup>研究发现应用高浓度的 10% 聚维酮碘溶液浸泡和冲洗豚鼠、猪、兔、白鼠等动物的切口, 其创面内组织的愈合程度、表皮细胞修复速度及状况没有发现受到影响。从其他大量临床文献也发现, 无论是国内还是国外, 尽管没有公认的临床指南<sup>[29]</sup>, 实际上医生已经将聚维酮碘溶液作为常规术中清洗消毒液应用在创口中, 并取得了良好的临床效果, 期间并没有出现组织损伤后的并发症, 侧面反映了聚维酮碘溶液作为创口内消毒剂的安全有效性。

**3.4 此次实验的局限性** 此次实验未探查碘伏溶液对神经细胞的影响; 未进行更多的梯度分级来探讨更长时间的浸泡对肌肉、血管、脂肪和骨质的影响, 以及梯度浓度来探讨碘伏的最佳浸泡浓度。

**致谢:** 感谢吉林省卫生科研人才专项项目经费的支持。

**作者贡献:** 张强具体实施了大部分家兔组织切片的制备; 许岩进行了样本检测及组织学检测; 马壮壮、张昊、李子豪、刘森涵进行了实验资料的准备和搜集; 陈伟进行了实验的设计和实验的指导。

**利益冲突:** 文章的全部作者声明, 在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突。

**开放获取声明:** 这是一篇开放获取文章, 根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享 4.0”条款, 在合理引用的情况下, 允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展, 同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献, 并为之建立索引, 用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

**版权转让:** 文章出版前全体作者与编辑部签署了文章版权转让协议。

**出版规范:** 该文章撰写遵守了国际医学期刊编辑委员会《学术研究实验与报告和医学期刊编辑与发表的推荐规范》。文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行 3 次查重。文章经小同行外审专家双盲外审, 同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

## 4 参考文献 References

- [1] WAKABAYASHI H, HASEGAWA M, NAITO Y, et al. Outcome of Irrigation and Debridement with Topical Antibiotic Delivery Using Antibiotic-Impregnated Calcium Hydroxyapatite for the Management of Periprosthetic Hip Joint Infection. *Antibiotics (Basel)*. 2023;12(5):938.
- [2] TRIANTAFYLLOPOULOS GK, POULTSIDES LA, SAKELLARIOU VI, et al. Irrigation and debridement for periprosthetic infections of the hip and factors determining outcome. *Int Orthop*. 2015;39(6): 1203-1209.
- [3] MIAN HM, LYONS JG, PERRIN J, et al. A review of current practices in periprosthetic joint infection debridement and revision arthroplasty. *Arthroplasty*. 2022;4(1):31.
- [4] EL-HUSSEINY M, HADDAD FS. The Role of Highly Selective Implant Retention in the Infected Hip Arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2016;474(10):2157-2163.
- [5] LUM ZC, HOLLAND CT, MEEHAN JP. Systematic review of single stage revision for prosthetic joint infection. *World J Orthop*. 2020;11(12): 559-572.
- [6] OTANI T, FUJII H, KAWAGUCHI Y, et al. Treatment of periprosthetic hip infection with retention of a well-fixed stem: six to 13-year outcomes. *Arthroplasty*. 2019;1(1):3.
- [7] ULIVIERI S, TONINELLI S, PETRINI C, et al. Prevention of post-operative infection in spine surgery by wound irrigation with a solution of povidone-iodine and hydrogen peroxide. *J Neurosurg Sci*. 2011;55(2):89-92.
- [8] TANNER MC, FISCHER C, SCHMIDMAIER G, et al. Evidence-based uncertainty: do implant-related properties of titanium reduce the susceptibility to perioperative infections in clinical fracture management? A systematic review. *Infection*. 2021;49(5):813-821.
- [9] SCHÖMIG F, PERKA C, PUMBERGER M, et al. Implant contamination as a cause of surgical site infection in spinal surgery: are single-use implants a reasonable solution? - a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020;21(1):634.
- [10] GALLO J, NIESLANIKOVA E. Prevention of Prosthetic Joint Infection: From Traditional Approaches towards Quality Improvement and Data Mining. *J Clin Med*. 2020;9(7):2190.
- [11] STRAVINSKAS M, TARASEVICIUS S, LAUKAITIS S, et al. A ceramic bone substitute containing gentamicin gives good outcome in trochanteric hip fractures treated with dynamic hip screw and in revision of total hip arthroplasty: a case series. *BMC Musculoskelet Disord*. 2018;19(1):438.
- [12] CORRÓ S, VICENTE M, RODRÍGUEZ-PARDO D, et al. Vancomycin-Gentamicin Prefabricated Spacers in 2-Stage Revision Arthroplasty for Chronic Hip and Knee Periprosthetic Joint Infection: Insights Into Reimplantation Microbiology and Outcomes. *J Arthroplasty*. 2020; 35(1):247-254.
- [13] HUGUET S, BERNAUS M, GÓMEZ L, et al. Role of bacterial colonisation of vancomycin-gentamicin spacers in two-stage arthroplasty revision surgery: the usefulness of spacer sonication. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2022;32(8):1661-1669.
- [14] KOLASIŃSKI W. Surgical site infections- review of current knowledge, methods of prevention. *Pol Przegl Chir*. 2018;91(4):41-47.
- [15] PATEL R. Periprosthetic Joint Infection. *N Engl J Med*. 2023;388(3): 251-262.
- [16] SABAH SA, ALVAND A, PRICE AJ. Revision knee replacement for prosthetic joint infection: Epidemiology, clinical outcomes and health-economic considerations. *Knee*. 2021;28:417-421.
- [17] RAJPUT V, MEEK RMD, HADDAD FS. Periprosthetic joint infection: what next? *Bone Joint J*. 2022;104-B(11):1193-1195.
- [18] AHMED SS, BEGUM F, KAYANI B, et al. Risk factors, diagnosis and management of prosthetic joint infection after total hip arthroplasty. *Expert Rev Med Devices*. 2019;16(12):1063-1070.
- [19] GRZYBOWSKI A, SHIMADA H, NAKASHIZUKA H, et al. Low-concentration povidone-iodine for the prevention of intraocular infections in ophthalmic surgery. *Curr Opin Ophthalmol*. 2022;33(1):28-34.
- [20] KAMBARA Y, HIRAMATSU K, KATO T, et al. Randomized clinical trial of single skin sterilization with a povidone-iodine applicator versus conventional skin sterilization in abdominal surgery. *BJS Open*. 2019; 3(3):282-287.
- [21] SHI Y, YANG N, ZHANG L, et al. Chlorhexidine disinfectant can reduce the risk of central venous catheter infection compared with povidone: a meta-analysis. *Am J Infect Control*. 2019;47(10):1255-1262.
- [22] DÖRFEL D, MAIWALD M, DAESCHLEIN G, et al. Comparison of the antimicrobial efficacy of povidone-iodine-alcohol versus chlorhexidine-alcohol for surgical skin preparation on the aerobic and anaerobic skin flora of the shoulder region. *Antimicrob Resist Infect Control*. 2021;10(1):17.
- [23] WADE RG, BURR NE, MCCAULEY G, et al. The Comparative Efficacy of Chlorhexidine Gluconate and Povidone-iodine Antiseptics for the Prevention of Infection in Clean Surgery: A Systematic Review and Network Meta-analysis. *Ann Surg*. 2021 274(6):e481-e488.
- [24] CHEN S, CHEN JW, GUO B, et al. Preoperative Antisepsis with Chlorhexidine Versus Povidone-Iodine for the Prevention of Surgical Site Infection: a Systematic Review and Meta-analysis. *World J Surg*. 2020;44(5):1412-1424.
- [25] MUWANIS M, BARIMANI B, LUO L, et al. Povidone-iodine irrigation reduces infection after total hip and knee arthroplasty. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2023;143(4):2175-2180.
- [26] SHOHAT N, GOH GS, HARRER SL, et al. Dilute Povidone-Iodine Irrigation Reduces the Rate of Periprosthetic Joint Infection Following Hip and Knee Arthroplasty: An Analysis of 31,331 Cases. *J Arthroplasty*. 2022;37(2):226-231.e1.
- [27] IANNOTTI F, PRATI P, FIDANZA A, et al. Prevention of Periprosthetic Joint Infection (PJI): A Clinical Practice Protocol in High-Risk Patients. *Trop Med Infect Dis*. 2020;5(4):186.
- [28] BHANDARI M, SCHEMITSCH EH, ADILI A, et al. High and low pressure pulsatile lavage of contaminated tibial fractures: an in vitro study of bacterial adherence and bone damage. *J Orthop Trauma*. 1999; 13(8):526-533.
- [29] CHEN S, CHEN JW, GUO B, et al. Preoperative Antisepsis with Chlorhexidine Versus Povidone-Iodine for the Prevention of Surgical Site Infection: a Systematic Review and Meta-analysis. *World J Surg*. 2020;44(5):1412-1424.

(责任编辑: WL, GD, ZN, LWJ)