



泌尿科实践的最佳润滑剂

OPTIMAL LUBRICANTS FOR UROLOGICAL PRACTICE

© A.M. Banaru¹, R.V. Salyukov^{2,3}¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia;²Peoples' friendship university of Russia of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation; Moscow, Russia;³JSC Rehabilitation center for persons with disabilities "Preodolenie", Moscow, Russia

For citation: Banaru AM, Salyukov RV. Optimal lubricants for urological practice. *Urology reports (St. Petersburg)*. 2020;10(4):325-336. <https://doi.org/10.17816/uroved46045>

Received: 26.09.2020

Revised: 03.12.2020

Accepted: 23.12.2020

根据所进行的治疗或诊断性操纵和临床情况选择注册表的重要性，很少得到执业医师-泌尿科医生的重视。同时，润滑剂的成分既可以提供外延治疗，也可以预防所进行的操纵过程中出现的并发症，反之亦然，也可以导致并发症。根据对过去20年的科学文献的分析，本文件概述了在泌尿学实践中使用的润滑剂及其主要成分，即凝胶形成剂。麻醉剂，防腐剂，显示其主要优点和缺点。

关键词：润滑剂；聚乙烯吡咯烷酮；透明质酸；利多卡因；洗必太。

The importance of choosing a lubricant depending on the therapeutic or diagnostic manipulation performed and the clinical situation is rarely the focus of attention of the practicing urologist. Meanwhile, the components of the lubricant can both provide adjuvant treatment and prevention of complications of the performed manipulations, and vice versa, be the cause of complications themselves. Based on the analysis of the scientific literature of the past 20 years, an overview of lubricants used in urological practice, as well as their main components – gelling agents, anesthetics, antiseptics, is presented, their main advantages and disadvantages are shown.

Keywords: lubricant; polyvinylpyrrolidone; hyaluronic acid; lidocaine; chlorhexidine.

最初提到的尿道润滑剂，如橄榄油和某些树木的乳汁，可追溯到古代。自十九世纪末以来泌尿科实践中出现了合成的局部麻醉药，例如丁卡因，三苯胺，二氯丁宁等。1940年代，利多卡因在瑞典首次合成，在随后的几十年中，利多卡因已在医学实践中得到牢固确立。现代标准润滑剂应具有一系列有用的特性：机械，流变，电气，由部件组成，确保充分的安全、麻醉、预防传染病和其他与泌尿相关的并发症。例如前列腺经尿道切除术（TUR）期间，7.5 W/厘米²的电流

功率密度对于尿道至关重要[1]，其电击伤可由低电导率的润滑剂（高达4-6厘米/厘米）触发。理想情况下，润滑剂不仅可以在操纵过程中直接起作用，但也要经过一段时间，例如有助于手术组织的再生。例如，在内部光学尿道切开术后使用曲安奈德擦剂进行间歇性自我导尿显著降低了复发的风险[2]。另外，由于组合的成分，一些润滑剂可以用作间质性膀胱炎复杂治疗中的独立药物[3]。

现代用于泌尿外科导管的亲水性涂料的开发人员朝着理想的泌尿外科润滑剂迈出了一大步。最常见的是水凝胶(水凝胶),它是由合成聚合分子组成的框架,其腔内含有水。原框架的化学修改可以有目的地改变润滑剂的有用性。大量润滑剂必须负担得起并满足消费者的价格期望。

二十世纪泌尿科润滑剂成分中的一组成分通常非常保守,因此本文回顾了自2000年以来发表的有关润滑剂的研究。PubMed和Google Scholar数据库中进行了文献搜索,搜索关键词“润滑剂”,“泌尿科”及其派生词。自然,对感兴趣主题的研究分为两种根本不同的类型。首先,这是医学研究(临床前,临床),其次是化学领域之一(专门用于大分子化合物的化学领域)的专门研究。众所周知,医学研究通常比纯化学研究晚5-10年,原因是新的化学制剂从研制到临床试验都是一条艰难的道路,但化学出版物为医学研究提供了前景。与泌尿科没有直接关系但与泌尿科没有直接关系的化学工作并没有引起我们的注意。

2009年出版上述一段时间内,关于泌尿外科润滑剂的话题,提出了一个非常小的希腊-荷兰联合工作[4],俄罗斯没有这样的出版物,除了科学和流行的评论和材料的水平消耗材料的开发者的方法。当然,在执业医师,特别是外科医生的专业活动中。卢布尔雅那的问题远不是最重要的问题。俄罗斯选择注册表的局限性使这个问题变得更加次要。同时,正确选择润滑剂可被视为会影响泌尿外科或外科手术结果的辅助治疗。凡士林油在30至40年前已被广泛使用,但它仍然几乎是俄罗斯市场上可得的微量润滑剂的唯一替代品,并且成分几乎相同。如果现有润滑剂有禁忌症,患者该怎么办?

尽管如此,在俄罗斯,也有单独的尝试来优化泌尿科润滑剂的成分。尤其是,一群

来自彼尔姆(Perm)的开发人员在2010年提出了一种2%的网罗卡因溶液作为局部泌尿外科麻醉药的提议[5]。动物实验中,发现网罗卡因的毒性比利多卡因低1.5倍,并且具有一些抗炎和抗菌作用。苯胺卡因对尿道麻醉的主要特性是持续时间:发生在1分钟内,持续约40分钟。与利多卡因相比,安尼卡因在尿道麻醉方面的疗效并不逊色,但在减少副作用,预防感染和吸收毒性并发症方面具有优势。两年后在进行的研究的基础上,该科学小组开发了Anilogel [6]的配方,该配方除网纹胺碱外还含有葡萄糖酸洗必泰。胶凝剂用作羧甲基纤维素,甲基纤维素,海藻酸钠,甘油用作增塑剂。另一组乌拉尔开发商开发了基于多元醇硅酸盐(多元醇盐)的水凝胶[7],能够刺激再生和修复过程。一群来自乌法的同事开发的羟甲基尿嘧啶凝胶具有相同的优势[8]。所列的国内润滑剂尚未进入临床实践。

凝胶形成剂

润滑油的主要成分,为其提供最佳的机械性能—凝胶转换器。泌尿科凝胶的分散相以水为代表,分散介质本身就是胶凝剂。凝胶既可以在润滑剂的工厂生产过程中形成,也可以通过水*in situ*活化胶凝剂而形成,当涉及具有亲水表面的一次性泌尿科设备时。为了研究润滑表面的机械性能*ex vivo*,可将涂有琼脂或粘蛋白的硅树脂管用作尿道模型[9]。49位男性志愿者中进行的一项前瞻性,随机,盲目交叉研究[10]表明,与没有亲水表面的导管相比,亲水润滑的导管(在本研究中,SpeediCath®和LoFric®)引起的微血尿和疼痛明显更少。因此,亲水性润滑导管可以成为下泌尿道神经源性功能障碍患者康复的技术选择[11]。然而,即使在男性中具有亲水性表面,定期使用导管的缺点之一是精子质量的暂时降低[12]。

通常,泌尿外科润滑剂组合物中的胶凝剂是低过敏性水溶性聚合物:聚乙烯醇

(PVA), 聚乙烯吡咯烷酮 (PVP), 聚乙二醇 (PEG), 某些多糖, 例如羧甲基和羧乙基纤维素。上述SpeediCath®和LoFric®的胶凝剂是PVP。这种聚合物链的(а н г л. cross-linking)是通过氢键进行的, 但氢键不应太强, 使凝胶长期稳定, 润滑剂不会从尿路中冲出。实例包括聚丙烯酸 (PAA) 和聚丙烯酰胺 (PAA), 润滑剂中不使用聚丙烯酸。同时, 它们形成的凝胶的稳定性和耐久性在所谓的块状形成材料中很重要[13], 因此, 基于PAA的凝胶被用于治疗膀胱输尿管反流[14]。由胶凝剂分子形成的氢键不仅在生物医学中起着关键作用。例如, PVP在石油工业中被用作包合物形成的抑制剂, 因为它结合了水分子(水分)并防止了包合物堵塞输油管道[15]。

定期发表对已开发并获得专利的生物医学水凝胶以及基于它们的商业产品的综述[16, 17]。2010年, 新加坡的生物化学家描述了一种基于抗菌剂的生物相容性水凝胶, 该凝胶基于二甲基癸基壳聚糖, 聚(乙二醇)甲基丙烯酸酯和聚(乙二醇)二丙烯酸酯, 它具有聚阳离子表面结构, 并根据“阴离子海绵”原理作用于细菌细胞膜[18]。2019年, 来自中国的生物化学家描述了一种热敏性泌尿水凝胶, 由N-异丙基丙烯酰胺和N,N'-亚甲基-双(2-丙烯酰胺)的混合物制成, 沉积在聚二甲基硅氧烷(有机硅)基底上[19]。室温下, 这种凝胶表面光滑, 保证跨尿道操作的安全, 而当人类体温达到时, 它会经历结构转变, 分层形成内部疏水层和外部肽层, 它降低了细菌对表面的附着力96%以上, 比纯硅酮减少了72小时内其在周围组织中的种群1000倍。因此, 存在合成具有越来越复杂的组成和结构, 能够在*in vivo*体内进行结构修饰的多层水凝胶的趋势。

一类特殊的物质是透明质酸基水凝胶。Xu和合著者提供了详细的概述[20]。带

有前列腺TURP的透明质酸(Uro-Hyal®, Urolife®)减少了尿液对术后伤口表面的刺激作用, 加速了肉芽组织成熟和上皮形成的过程, 并减少了排尿困难[21]。透明质酸与羧甲基纤维素的结合可作为防止粘附形成的机械屏障[22]。羧甲基纤维素是比纤维素更亲水的多糖, 并且在水性介质中形成填充手术伤口的稳定凝胶。溶解在其中的透明质酸是细胞外基质的主要成分, 并确保凝胶的非免疫原性, 这证明在预防尿道狭窄中使用这种组合是合理的[23]。

麻醉剂

当前, 在泌尿科的润滑凝胶中, 2%利多卡因被认为是麻醉剂的金标准。许多比较研究都专门用于这一目的。2001年, 一项双盲, 安慰剂对照, 随机试验[24]比较了20毫升安慰剂凝胶(第1组), 10毫升(第2组)和20毫升(第3组)2%利多卡因凝胶对男性的影响。在进行诊断性膀胱镜检查之前, 先将尿道放置15分钟。共有60人参加了该研究。10点视觉模拟量表(VAS)上, 诊断过程后立即的疼痛知觉差异无统计学意义(第1、2和3组分别为4.65、3.93、3.57; $p=0.406$)。2004年, 来自日本的一组研究人员进行了一项非常不寻常的研究[25], 其中每个人(总共33人)交替进行3次软性膀胱镜检查, 同时滴注10 ml的2%利多卡因凝胶, 安慰剂凝胶和不滴注凝胶(在所有情况下, 利多卡因凝胶均用于膀胱镜检查)。研究参与者在滴注凝胶和器械通过膀胱时根据100点VAS记录了疼痛感。滴注的平均疼痛度为77, 诊断程序的平均疼痛度为98, 并且无论麻醉剂的滴注如何, 操作过程中的疼痛均无统计学差异。据此, 作者得出结论, 在进行软性膀胱镜检查之前无需注入利多卡因凝胶。几年后, 在一组51名男性患者中进行了一项交叉, 双盲, 随机研究, 这些男性患者每3个月进行两次膀胱镜检查[26]。一种方法中, 使用10 ml的2%利多卡因凝胶作为润滑剂; 在另一种方法中,

使用安慰剂。两种疗法在10点VAS上的疼痛感之间的中位数差异为0, 平均值为0.24。因此, 利多卡因凝胶相对于安慰剂的优势没有再次得到证实。2009年, 从PubMed, Biosis和Cochrane Library数据库中选择了一项关于利多卡因凝胶在柔性膀胱镜检查中使用的14项研究的荟萃研究[27], 但直接分析中仅包括4项研究。根据使用利多卡因凝胶进行荟萃分析的结果, 中度或重度疼痛的发生率比安慰剂低1.7倍 ($p=0.05$)。2015年一组西班牙医生对72名男女患者进行了观察性非随机研究[28]。使用10点疼痛VAS和西班牙疼痛问卷 (SPQ) 评估疼痛。两个量表上, 用2%利多卡因凝胶润滑时在柔性膀胱镜检查时的疼痛严重程度均低于安慰剂, 但无统计学意义, 因此作者得出结论, 利多卡因凝胶相对于安慰剂没有优势, 甚至计算出可以采取的补救措施可以节省大约0.22欧元 (不含麻醉剂) 和1.25欧元 (含利多卡因凝胶) 的凝胶费用。2016年一群来自土耳其的医生发表了2012-2014年回顾性研究的结果。在220名男性患者中有同样的话题[29]。用利多卡因凝胶滴注 (3.10 ± 0.980) 和不使用麻醉剂凝胶滴注 (3.34 ± 0.789) 的组的平均疼痛水平没有显著差异 ($p=0.132$)。2017年波兰男性医生的关注吸引了这样一个问题, 即通过导管将利多卡因凝胶滴注到尿道后部, 除了通常比男性用膀胱镜检查滴注外, 是否还有任何优势[30]。共有127名男性参加了这项随机研究, 不仅通过VAS对疼痛进行了比较, 而且还通过了Likert量表进行了比较, 并在手术后6小时内评估了患者对镇痛剂的需求, 并在术后14天内评估了症状性尿路感染 (UTI) 的发生率操纵。事实证明, 比较组中疼痛感和UTI风险的差异无统计学意义; 然而, 在该组中, 在使用后尿道利多卡因进行额外冲洗后6小时内, 主观镇痛药的需求从81.8%降至70.2%。2016年在另一项接受膀胱镜检查的男性患者中进行的前瞻性随机研究[31]中, 未将2%利多卡因凝胶与没

有麻醉剂的凝胶进行比较, 而是与普通盐水 (每次滴入10毫升) 进行比较。令人惊讶的是, 两组的10点VAS疼痛评分均较低 (分别为 0.67 ± 1.11 和 0.55 ± 1.10), 差异无统计学意义 ($p=0.40$)。因此在软性膀胱镜检查期间, 代替使用带有麻醉剂的凝胶, 足以用盐水正确冲洗尿道就足够了。

在G.Losco和合著者[32]研究了不使用传统的长时间 (15-25分钟), 而是短暂暴露利多卡因凝胶的可能性。一项前瞻性比较研究涉及50名男性, 他们在滴注麻醉剂后立即或3分钟后接受了柔性膀胱镜检查。根据VAS, 疼痛感知的平均差异为1.42 ($p=0.64$), 有利于短时暴露, 这在统计学上不显著。因此, 在插入柔性内窥镜之前无需暂停。后来的一项针对242名男性的前瞻性随机研究[33]的作者也得出了相同的结论[33], 他们在服用12.5g Katejel后或暴露5分钟后立即进行了膀胱镜检查。两组患者根据10点VAS的疼痛感差异 (分别为2.41和2.04) 无统计学意义 ($p=0.175$)。2019年的美国双盲随机对照试验[34]中116名妇女参加了会议, 进行了软性膀胱镜检查的患者, 在10点VAS上, 2%利多卡因凝胶仍显著优于安慰剂凝胶。这项研究中, 作者考虑了由于年龄和种族组成而导致的比较群体异质性的影响。利多卡因凝胶组的平均疼痛感为2.43, 安慰剂凝胶组的平均疼痛感为3.58 ($p=0.01$)。曝光时间为15分钟, 作者没有关注。但是我们看来, 它可能具有决定性的重要性。显然, 利多卡因凝胶和安慰剂之间的统计学显著差异仅在暴露至少15分钟后才开始出现。

根据J.Siderias和合著者[35], 提供紧急医疗服务期间, 使用Foley导管16Fr进行男性导管插入之前滴注2%的利多卡因凝胶优于安慰剂。根据利多卡因凝胶组的100分VAS, 共有36人参加, 疼痛敏感性水平为 38 ± 28 , 而安慰剂凝胶组为 58 ± 30 ($p=0.04$)。滴注过程

中疼痛水平也有统计学差异：第一组和第二组分别为 23 ± 17 和 40 ± 25 ($p=0.02$)。同时，同一年发表的一项关于女性中相似设计的研究（总共使用了100人，使用了8Fr和16Fr导管）[36]，得出了其他的结果。利多卡因置管时100点VAS的疼痛水平与未使用利多卡因的患者在统计学上无显著差异，但是，与年龄较大的患者（69岁及以上）相比，年轻的女性（18–59岁）经历的疼痛更严重。平均差异为14.4点 ($p<0.006$)。由于凝胶暴露时间不同，这些结果可能会有所不同：男性—15分钟[35]，女性—1分钟[36]。2015年进行了一项前瞻性随机研究，研究对象是2%利多卡因凝胶滴注的优势（在手术前5分钟5毫升），然后在女性导管插入过程中用相同的凝胶（5毫升）润滑导管尖端[37]。将参加研究的94名妇女分为两组。根据滴注导管的10分VAS，疼痛的严重程度平均为 2.3 ± 1.4 点，而带润滑针尖的导管疼痛平均为 2.4 ± 1.6 点 ($p=0.71$)，而滴注过程中的疼痛分数相同— 1.9 ± 0.9 分。作者得出的结论：滴注根本没有必要，只会引起额外的疼痛。

也有商业研究。因此在2019年在一项双盲随机研究[38]中，土耳其同事比较了两种具有相同2%利多卡因含量的凝胶：俄罗斯著名的Katejel®[39]还我国尚不为人所知Dispogel®（土耳其制造）。参与者（77名男性）接受了JJ-支架摘除，尿道切开术或诊断性膀胱镜检查；麻醉暴露时间为5分钟。Katejel®和Dispogel®之间的VAS疼痛感知没有统计学上的显著差异。因此，作者建议使用价格便宜的Dispogel®。

2008年只有一项研究将2%的利多卡因凝胶与安慰剂进行了比较，但未将其与含有40%的二甲基亚砜（DMSO）的凝胶进行比较[40]。一项前瞻性随机队列研究包括140名男性（每组70名），他们接受了17Fr硬性膀胱镜检查。膀胱镜本身用利多卡因凝胶润滑。

15分钟操作前10ml凝胶注入尿道，并在操作后立即根据10点VAS记录疼痛程度。利多卡因凝胶组的疼痛为 3.9 ± 1.1 ，而DMSO组的疼痛为 2.1 ± 1.0 ($p=0.015$)，也就是说DMSO组的疼痛水平在统计学上显著降低。利多卡因凝胶的pH值增加获得了另一个有趣的结果[41]：在一项前瞻性随机对照试验中，向男性注射10 ml利多卡因凝胶，并与1毫升5%的 NaHCO_3 (pH 7.20) 或1毫升混合/0.9%氯化钠溶液 (pH 6.41, 对照组)。润滑剂的碱化将10点VAS上的疼痛程度从 5.28 ± 1.99 降低到 1.3 ± 0.9 。

最近[42]来自中国的同事调查了是否建议男性在进行柔性膀胱镜检查之前立即排尿以减轻手术过程中的疼痛。96名男子参加了随机化研究，所有参与者都得到了2%的利多卡因-盖尔的指导。研究了10点VAS的疼痛感滴注之前，滴注期间，膀胱镜检查期间和膀胱镜检查后15分钟。手对照组相比在手术前小便的男性，在沿着尿道通过器械期间，疼痛感在统计学上有显著下降。其他阶段，疼痛感没有差异。另外润滑剂的温度也会影响疼痛感：当利多卡因凝胶从室温从 22°C 冷却至 4°C 时，男性在膀胱镜检查时的疼痛严重程度显著降低[43]。

防腐剂

润滑剂的抗菌成分取决于手头的任务。通过在尿道上进行短期内窥镜操作以及对其进行短期导管插入术，这样的组件应提供快速且不一定是长期的作用。随着尿道插管时间的延长，与导管相关的感染的风险急剧增加，至少占复杂尿路感染的80%[44]。这种情况下，导管的润滑剂或天然涂层应提供抗菌成分的长期作用，并在可能的情况下防止病原微生物的粘附。这两种类型的所需成分几乎不能与一种活性物质相交。

泌尿外科润滑剂中，具有公认的抗微生物，抗病毒和抗真菌活性的最常见的抗感染

药是氯己定，通常以葡萄糖酸盐的形式提供。2008年来自香港的一组研究人员进行了一项随机对照试验，研究了0.05%葡萄糖酸高氯己定在延长女性导管插入期间预防尿路感染的功效[45]。引入Foley导管之前，先用氯己定溶液或无菌水冲洗尿道（对照组），然后每20名参与者分别进行4次尿培养，持续2周。不同组患者无症状尿路感染的发生率无统计学差异，但是没有参与者出现症状性尿路感染。因此，不建议至少在延长导管插入时间之前用氯己定冲洗尿道。此外，在凝胶中存在氯己定可能会引起一些并发症，充其量可明显增强内镜操作后的疼痛感。因此，在一项前瞻性随机盲研究中，141例患者接受了软性膀胱镜检查，同时用10毫升的2%利多卡因凝胶或10毫升的相同凝胶麻醉，但补充了0.05%的氯己定[46]。使用10点VAS记录疼痛感。膀胱镜检查通过期间，内窥镜检查期间以及手术刚结束后，两组患者的疼痛感觉在统计学上没有显著差异。但是在第一次排尿期间，氯己定的疼痛明显更高—1.8比1.0 ($p=0.031$)；第一次排尿后立即注意到相同的情况—2.4对1.2 ($p=0.007$)。洗必泰组中，还注意到明显更强烈的初次尿酸冲动 ($p=0.018$)。

已经发表了关于使用乳胶尿道导管进行导管插管的患者发生严重过敏性休克的报告[47]。最初乳胶被怀疑是过敏反应的元凶，但是嗜碱性粒细胞活化试验表明氯己定应归罪于此。因此某些患者中，来自洗氯己定的看似无害的泌尿科润滑剂可能会危及生命。一组英国医生描述了类似的临床案例[48]，其中在整形外科手术之前，患者在膀胱导管插入过程中也从含有氯己定的Instillagel®产生了过敏反应。一年后在老年患者的膀胱癌激光消融术中也描述了另一例类似的病例[49]。提交人强调指出与以前的情况不同。病人在其一生中曾多次收到含有氯氟烃的混合物的内转装置，没有任何

不必要的反应。另一篇文章[50]讨论了对洗必太超敏反应的患者人数不断增加的情况，并提出了针对润滑剂中这种成分的警告。俄罗斯，Katejel®的替代品可能包含0.05%葡萄糖酸氯己定，被认为是由同一家奥地利制造商生产的妇科润滑剂MontavitGel®[51]，只含有0.01%葡萄糖酸洗必太且配方组成相似。

众所周知，氯己定颗粒是阳离子。低浓度下它会从细胞中去除钾离子并抑制细胞呼吸；在高浓度下，它会破坏细胞膜的完整性，最终导致细胞死亡。与氯己定相比，它的细胞毒性和致敏性要低一些，但作为苏联太空计划的一部分开发的一种称为米拉米斯停的阳离子化合物，直到最近才用于慢性尿道炎的复杂治疗[52]，并且仅在苏联后太空使用。仅在2020年，国际科学出版社才发布了关于米拉米斯停*in vitro*和*in vivo*抗菌特性的第一项重大研究[53]以及与其他抗菌剂（洗必泰，三氯生，苯扎氯铵，双氧水等）的比较分析[54]。

另一种广谱的泌尿外科防腐剂是聚维酮碘或聚乙烯吡咯烷酮（PVP）与碘的复合物。PVP本身是一种亲水性聚合物，可在很宽的浓度范围内形成水凝胶。聚维酮碘通常含有10%的碘，但是当防腐剂溶于水时，碘的释放量仅为十分之一（1%）。根据随机对照试验的数据R. Nayyar和合著者[55]门诊进行男性膀胱镜检查时，如果在手术前先用聚维酮碘溶液冲洗尿道，则尿路感染的风险从22%（对照组）降低到7% ($p<0.007$)。一项类似的比较研究中[56]，有60名妇女接受了10%聚维酮碘或无菌水灌溉的尿道，然后将Foley导管插入24小时，然后对所有妇女进行了尿液培养。细菌尿的发生率没有统计学上的显著差异。还发表了一项针对122名入院儿童重症监护室的儿童进行的随机对照试验的结果，比较了10%聚维酮碘，

0.05%葡萄糖酸高氯己定和水的疗效[57]。用合适的溶液冲洗尿道并安装Foley导管后,在整个观察期内确定UTI的发生频率。聚维酮碘,洗必泰和水之间,这些频率的分布分别为:15.0、4.8和7.5%,但差异无统计学意义($p>0.05$)。

聚维酮碘可以掺入生物材料表面的薄膜中。研究了由聚 ϵ -己内酯合成的薄膜的物理化学性质,包括添加了聚维酮碘的薄膜[58]。这种材料是可生物降解的,并具有抗感染和抗盐结壳的功能,将来可用于生产输尿管支架。聚维酮碘与聚氨酯的混合物[59](当今用于输尿管支架的主要材料)也以类似的方式进行了研究。聚氨酯中聚维酮碘浓度为0.5%至1.5%的范围内,观察到混合物的抗粘着性和抗微生物特性单调增加。与纯聚氨酯相比,这种混合物表现出更大的耐盐结皮性,尤其是鸟粪石和羟基磷灰石,这并不奇怪,因为它们形成了病原细菌的结晶生物膜[60]。

当然,除了聚维酮碘外,还有许多其他类似作用的成分正试图插入泌尿科导管/支架的表面:庆大霉素[61],诺氟沙星[62],环丙沙星与阿奇霉素[63]等。于此主题已发表了许多详尽的评论[64, 65]。考虑到将防腐剂引入材料的主要任务是确保释放的持续时间,实际上没有任何限制可以短期使用润滑剂中的相同成分。过去的十年中,用抗菌纳米颗粒制造材料的方向一直特别活跃。这些是纳米复合材料中久已建立的Ag颗粒,例如基于四氟乙烯(Teflon)[66]和ZnO颗粒,例如,用胺化的聚苯硫醚稳定[67],和类似富勒烯的纳米颗粒MoS₂[68],还掺杂铱[69]。当然,这些粒子可以稳定在常规的泌尿剂。患有神经源性尿路功能障碍的患者中,尿路感染的发生率显著降低,以*Escherichia coli*为条件,但同时发生率很高*Proteus mirabilis*(占所有UTI的15%) and *P. aeruginosa*(13%)[70]。

显然,在用于此类患者间歇导尿的水活化导管中,将适当的防腐剂引入润滑剂组合中是有用的,例如掺杂锌的CuO纳米颗粒,抑制菌落生物膜形成的能力超过*P. mirabilis*[71]。

结论

考虑到PVP作为杀菌剂(聚维酮碘)的凝胶剂和络合剂的双重功能,除广泛使用的多糖类(羧甲基和羧乙基)外,它目前最有希望作为常规泌尿外科润滑剂的一部分使用纤维素。对于创伤性腔内手术,建议使用透明质酸润滑剂。关于局部麻醉剂,根据大多数随机对照试验的结果,润滑剂中2%利多卡因的存在在统计学上并未明显减少经尿道操作期间的疼痛,但仔细的分析表明,随着利多卡因暴露于尿液的时间增加,15分钟或更长时间,疼痛的减轻在统计学上具有显著意义。单独的工作表明了DMSO局部麻醉作用的前景。俄罗斯泌尿科实践中,目前默认情况下默认用于润滑剂中并引起不良反应的防腐型葡萄糖酸氯己定的剂量可以通过用同一家制造商的MontavitGel®代替Katejel®制剂来进行调整,该制剂的抗菌剂含量要少五倍。

REFERENCES

1. Sofer M, Vilos GA, Borg P, et al. Stray radiofrequency current as a cause of urethral strictures after transurethral resection of the prostate. *J Endourol*. 2001;15(2):221-225. <https://doi.org/10.1089/089277901750134700>.
2. Regmi S, Adhikari SC, Yadav S, et al. Efficacy of use of triamcinolone ointment for clean intermittent self catheterization following internal urethrotomy. *JNMA J Nepal Med Assoc*. 2018; 56(212):745-748.
3. Перепанова Т.С., Хазан П.Л., Кудрявцев Ю.В. Урологический болевой синдром: применение геля Катеджел // Эффективная фармакотерапия. Урология и нефрология. – 2008. – № 3. – С. 12–17. [Perepanova TS, Hazan PL, Kudrjavcev JuV. Urologicheskij bolevoj sindrom: primenenie gelja

- Katedzhel'. *Effektivnaja farmakoterapija. Urologija i nefrologija*. 2008;(3):12-17. (In Russ.).
4. Tzortzis V, Gravas S, Melekos MM, de la Rosette JJ. Intraurethral lubricants: a critical literature review and recommendations. *J Endourol*. 2009;23(5):821-826. <https://doi.org/10.1089/end.2008.0650>.
 5. Давидов М.И., Панцуркин В.И., Горнова Н.А., Шуренков И.В. Эффективность анестетика анилокаина при трансуретральных инструментальных вмешательствах // Вестник Уральской медицинской академической науки. – 2010. – № 2 (30). – С. 110–114. [Davidov MI, Pantsurkin VI, Gornova NA, Shurenkov IW. Efficacy of anaesthetic anilocain by transurethral instrumental interferences. *Journal of Ural Medical Academic Science*. 2010;2(30):110-114. (In Russ.).]
 6. Алексеева И.В., Панцуркин В.И., Одегова Т.Ф., Рюмина Т.Е. Разработка обезболивающего геля «Анилогель» для применения при диагностических и лечебных манипуляциях в урологии // Химико-фармацевтический журнал. – 2012. – Т. 46. – № 12. – С. 40–43. [Alekseeva IV, Pantsurkin VI, Odegova TF, Ryumina TE. Development of anesthetic gel "Anilogel" for diagnostic and medical manipulations in urology. *Khimiko-Farmatsevticheskii Zhurnal*. 2012;46(12):40-43. (In Russ.).]
 7. Хонина Т.Г., Шадрина Е.В., Бойко А.А. и др. Синтез гидрогелей на основе полиолатов кремния, обладающих заданным комплексом медико-биологических свойств // Известия Академии наук. Серия химическая. – 2009. – № 1. – С. 76–81. [English version: Khonina TG, Shadrina EV, Boyko AA, et al. Synthesis of hydrogels based on silicon polyolates. *Russian Chemical Bulletin*. 2010;59(1):276-283.]
 8. Шикова Ю.В., Елова Е.В., Лиходед В.А. и др. Разработка состава и технологии геля с оксиметилурацилом, хлоргексидина биглюконатом и лидокаином / Инновации и здоровье нации: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – СПб., 2016. – С. 681–684. [Shikova JuV., Elova EV, Lihoded VA, et al. Razrabotka sostava i tehnologii gelja s oksimetiluracilom, hlorgeksidina bigljukonatom i lidokainom. *Innovacii i zdorov'e nacii: materialy IV Vserossijskoj nauchno-prakticheskoi konferencii s mezhdunarodnym uchastiem*. Saint Petersburg; 2016. P. 681-684. (In Russ.).]
 9. Jones DS, Garvin CP, Gorman SP. Design of a simulated urethra model for the quantitative assessment of urinary catheter lubricity. *J Mater Sci Mater Med*. 2001;12(1):15-21. <https://doi.org/10.1023/a:1026744732504>.
 10. Stensballe J, Looms D, Nielsen PN, Tvede M. Hydrophilic-coated catheters for intermittent catheterisation reduce urethral micro trauma: a prospective, randomised, participant-blinded, crossover study of three different types of catheters. *Eur Urol*. 2005;48(6):978-983. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2005.07.009>.
 11. Кезина Л.П., Салюков Р.В., Тищенко Г.Е. Катетеры для периодической катетеризации мочевого пузыря, как техническое средство реабилитации пациентов с нейрогенной дисфункцией нижних мочевыводящих путей: вопросы организации обеспечения инвалидов // Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация. – 2019. – Т. 1. – № 4. – С. 77–81. [Kezina LP, Salyukov RV, Tishchenko GE. Catheters for intermittent bladder catheterization, as a technical tool for rehabilitation of patients with neurogenic lower urinary tract dysfunction: issues of the organization of disabled providing. *Physical and rehabilitation medicine, medical rehabilitation*. 2019;1(4):77-81. (In Russ.).] <https://doi.org/10.36425/2658-6843-2019-4-77-81>.
 12. Auger J, Rihaoui R, François N, Eustache F. Effect of short-term exposure to two hydrophilic-coated and one gel pre-lubricated urinary catheters on sperm vitality, motility and kinematics *in vitro*. *Minerva Urol Nefrol*. 2007;59(2):115-124.
 13. Абдуллаев Ф.К., Кулаев В.Д., Николаев В.В. Зависимость эффективности эндоскопического лечения первичного пузырно-мочеточникового рефлюкса от объемообразующего материала // Урология. – 2013. – № 2. – С. 94–97. [Abdullaev FK, Kulayev VD, Nikolaev VV. Efficiency of endoscopic treatment of primary vesicoureteral reflux depending on bulking agent. *Urologija*. 2013;(2):94-97. (In Russ.).]
 14. Берестнев В., Лопатин В., Берестнев А. Полиакриламидный гель для применения в урологии // Ремедиум. Журнал о российском рынке лекарств и медицинской технике. – 2003. – № 9. – С. 70–71. [Berestnev V, Lopatin V, Berestnev A. Poliakrilamidnyj gel' dlja primenenija v urologii. *Remedium Journal*. 2003;(9):70-71. (In Russ.).]
 15. Банару А.М., Словохотов Ю.Л. Кристаллогидраты органических соединений // Журнал структурной химии. –

2015. – Т. 56. – № 5. – С. 1024–1040. [Banaru AM, Slovokhotov YuL. Crystal hydrates of organic compounds. *Journal of Structural Chemistry*. 2015;56(5):1024-1040. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.15372/JSC20150521>.
16. Caló E, Khutoryanskiy VV. Biomedical applications of hydrogels: A review of patents and commercial products. *Eur Polym J*. 2015;65:252-267. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2014.11.024>.
17. Mondal S, Das S, Nandi AK. A review on recent advances in polymer and peptide hydrogels. *Soft Matter*. 2020;16(6):1404-1454. <https://doi.org/10.1039/c9sm02127b>.
18. Li P, Poon YF, Li W, et al. A polycationic antimicrobial and biocompatible hydrogel with microbe membrane suctioning ability. *Nat Mater*. 2011;10(2):149-156. <https://doi.org/10.1038/nmat2915>.
19. Zhu K, Hou D, Fei Y, et al. Thermosensitive Hydrogel Interface Switching from Hydrophilic Lubrication to Infection Defense. *ACS Appl. Bio Mater*. 2019; 2(8):3582-3590. <https://doi.org/10.1021/acsabm.9b00457>.
20. Xu X, Jha AK, Harrington DA, et al. Hyaluronic acid-based hydrogels: from a natural polysaccharide to complex networks. *Soft Matter*. 2012;12(8):3280-3294. <https://doi.org/10.1039/C2SM06463D>.
21. Сорокин Д.А., Севрюков Ф.А., Семенычев Д.В. и др. Результаты применения гиалуроновой кислоты после трансуретральных эндоскопических операций по поводу доброкачественной гиперплазии простаты // Медицинский Вестник Башкортостана. – 2015. – Т. 10. – № 3. – С. 19–24 [Sorokin DA, Sevrjukov FA, Semenychev DV, et al. Results of application of hyaluronic acid after transurethral endoscopic surgical management of benign prostatic hyperplasia. *Bashkortostan Medical Journal*. 2015;10(3):19-24. (In Russ.)].
22. Кондратович Л.М. Основы понимания формирования спаечного процесса в брюшной полости. Интраоперационная профилактика противоспаечными барьерными препаратами (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. – 2014. – Т. 21. – № 3. – С. 169–173. [Kondratovich LM. The basics for comprehension of adhesive process formation in abdominal cavity. Perioperative prevention by means of anti-adhesive drugs (review of literature). *Journal of New Medical Technologies*. 2014;21(3):169-173. (In Russ.)].
23. Салюков Р.В., Банару А.М. Перспективы адьювантной химиотерапии стриктур уретры // Урология. – 2020. – № 2. – С. 94–100. [Salyukov RV, Banaru AM. The perspectives of adjuvant chemotherapy of urethral stricture. *Urologiya*. 2020;(2):94-100. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.18565/urology.2020.2.94-100>.
24. McFarlane N, Denstedt J, Ganapathy S, Razvi H. Randomized trial of 10 mL and 20 mL of 2 % intraurethral lidocaine gel and placebo in men undergoing flexible cystoscopy. *J Endourol*. 2001;15(5):541-544. <https://doi.org/10.1089/089277901750299366>.
25. Kobayashi T, Nishizawa K, Mitsumori K, Ogura K. Instillation of anesthetic gel is no longer necessary in the era of flexible cystoscopy: a crossover study. *J Endourol*. 2004;18(5):483-486. <https://doi.org/10.1089/0892779041271535>.
26. Chitale S, Hirani M, Swift L, Ho E. Prospective randomized crossover trial of lubricant gel against an anaesthetic gel for outpatient cystoscopy. *Scand J Urol Nephrol*. 2008;42(2):164-167. <https://doi.org/10.1080/00365590701685793>.
27. Aaronson DS, Walsh TJ, Smith JF, et al. Meta-analysis: does lidocaine gel before flexible cystoscopy provide pain relief? *BJU Int*. 2009;104(4):506-510. <https://doi.org/10.1111/j.1464-410X.2009.08417.x>.
28. Cano-Garcia MDC, Casares-Perez R, Arrabal-Martin M, et al. Use of Lidocaine 2% Gel Does Not Reduce Pain during Flexible Cystoscopy and Is Not Cost-Effective. *Urol J*. 2015;12(5):2362-2365. <https://doi.org/10.22037/uj.v12i5.2904>.
29. Akkoç A, Kartalmiş M, Aydın C, et al. 2 % Lidocaine gel or plain lubricating gel: Which one should be used in male flexible cystoscopy? *Turk J Urol*. 2016;42(2):92-96. <https://doi.org/10.5152/tud.2016.18784>.
30. Poletajew S, Bender S, Pudelko P, et al. Anaesthesia of the posterior urethra and pain reduction during cystoscopy – a randomized controlled trial. *Wideochir Inne Tech Maloinwazyjne*. 2017;12(1):75-80. <https://doi.org/10.5114/wiitm.2017.66506>.
31. Carrion A, Garcia-Cruz E, Fernandez C, et al. Prior Lubrication of the Urethra Does Not Reduce Pain Perception in Men Undergoing Flexible Cystoscopy. *Urol Int*. 2016;97(4):392-396. <https://doi.org/10.1159/000447497>.
32. Losco G, Antoniou S, Mark S. Male flexible cystoscopy: does waiting after insertion of topical anaesthetic lubricant improve patient comfort? *BJU Int*. 2011;108(Suppl 2):42-44. <https://doi.org/10.1111/j.1464-410X.2011.10696.x>.

33. Panach-Navarrete J, Martinez-Jabaloyas JM. Is a retention time after the instillation of anesthetic lubricant necessary when performing male flexible cystoscopy? *J Endourol.* 2015;29(2): 223-225. <https://doi.org/10.1089/end.2014.0430>.
34. Dougher E, Zoorob D, Thomas D, et al. The effect of lidocaine gel on pain perception during diagnostic flexible cystoscopy in women: a randomized control trial. *Female Pelvic Med Reconstr Surg.* 2019;25(2):178-184. <https://doi.org/10.1097/SPV.0000000000000680>.
35. Siderias J, Gaudio F, Singer AJ. Comparison of topical anesthetics and lubricants prior to urethral catheterization in males: a randomized controlled trial. *Acad Emerg Med.* 2004;11(6): 703-706.
36. Tanabe P, Steinmann R, Anderson J, et al. Factors affecting pain scores during female urethral catheterization. *Acad Emerg Med.* 2004;11(6):699-702.
37. Stav K, Ohlgisser R, Siegel YI, et al. Pain during female urethral catheterization: intraurethral lubricant injection versus catheter tip lubrication – a prospective randomized trial. *J Urol.* 2015;194(4):1018-1021. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2015.03.097>.
38. Ucar M, Oguz F, Gecit I, Aydogan MS. Comparing 2 % lidocaine gel (Dispogel and Cathejell) in cystoscopy. *J Int Med Res.* 2019;47(9):4225-4229. <https://doi.org/10.1177/0300060519858509>.
39. Лоран О.Б., Пушкарь Д.Ю., Аветисян М.М., Раснер П.И. Фармакоэкономическое обоснование применения препаратов Катеджель и Катеджель F в урологической практике // Урология. – 2001. – № 2. – С. 13–17. [Loran OB, Pushkar' DJu, Avetisjan MM, Rasner PI. Farmakoeconomicheskoe obosnovanie primenenija preparatov Katedzhel' i Katedzhel' F v urologicheskoy praktike. *Urologija.* 2001;(2):13-15. (In Russ.)].
40. Demir E, Kilciler M, Bedir S, Erken U. Patient tolerance during cystoscopy: a randomized study comparing lidocaine hydrochloride gel and dimethyl sulfoxide with lidocaine. *J Endourol.* 2008;22(5):1027-1030. <https://doi.org/10.1089/end.2007.0180>.
41. Li H, Cheng Y, Li J, et al. NaHCO₃-Buffered Lidocaine Gel for Out-patient Rigid Cystoscopy in Men. *J Perianesth Nurs.* 2016;31(2): 154-157. <https://doi.org/10.1016/j.jopan.2014.05.014>.
42. Xie Y, Wang W, Yan W, et al. Efficacy of urination in alleviating man's urethral pain associated with flexible cystoscopy: a single-center randomized trial. *BMC Urol.* 2020;20:2. <https://doi.org/10.1186/s12894-019-0541-x>.
43. Goel R, Aron M. Cooled lignocaine gel: does it reduce urethral discomfort during instillation? *Int Urol Nephrol.* 2003;35(3): 375-377. <https://doi.org/10.1023/b:uro.0000022910.28815.30>.
44. Васильев А.О., Говоров А.В., Ширяев А.А., Пушкарь Д.Ю. Роль уретрального катетера в развитии катетер-ассоциированной инфекции мочевыводящих путей // Урология. – 2017. – № 6. – С. 107–111. [Vasilyev AO, Govorov AV, Shiryayev AA, Pushkar DYU The role of the uretral catheter in the development of catheter-related urinary tract infection. *Urologija.* 2017;(6):107-111. (In Russ.)]
45. Cheung K, Leung P, Wong YC, et al. Water versus anti-septic periurethral cleansing before catheterization among home care patients: a randomized controlled trial. *Am J Infect Control.* 2008;36(5):375-380. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2007.03.004>.
46. Jayathillake A, Mason DF, Broome K, Tan G. Chlorhexidine in urethral gel: does it cause pain at flexible cystoscopy? *Urology.* 2006;67(4):670-673. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2005.10.019>.
47. Ebo DG, Bridts CH, Stevens WJ. Anaphylaxis to an urethral lubricant: chlorhexidine as the "hidden" allergen. *Acta Clin Belg.* 2004;59(6):358-360. <https://doi.org/10.1179/acb.2004.051>.
48. Noel J, Temple A, Laycock GJ. A case report of anaphylaxis to chlorhexidine during urinary catheterisation. *Ann R Coll Surg Engl.* 2012;94(4):e159-160. <https://doi.org/10.1308/003588412X13171221590610>.
49. Dyer JE, Nafie S, Mellon JK, Khan MA. Anaphylactic reaction to intraurethral chlorhexidine: sensitisation following previous repeated uneventful administration. *Ann R Coll Surg Engl.* 2013;95(6): e105-6. <https://doi.org/10.1308/003588413X13629960047597>.
50. Williams C. Making a choice of catheterisation gel and the role of chlorhexidine. *Br J Community Nurs.* 2017;22(7):346-351. <https://doi.org/10.12968/bjcn.2017.22.7.346>.
51. Доброхотова Ю.Э., Хлынова С.А. Использование лубрикантов при вульвовагинальной атрофии // ПМЖ. Мать

- и дитя. – 2018. – Т. 1. – № 2. – С. 163–167. [Dobrokhotova YuE, Khlynova SA. Lubricants application in vulvovaginal atrophy. *Russian Journal of Woman and Child Health*. 2018;1(2): 163-167 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.32364/2618-8430-2018-1-2-163-167>.
52. Абдрахманов Р.М., Файзуллина Е.В., Абдрахманов А.Р., Халиуллин Р.П. К вопросу о местном лечении в комплексной терапии хронических уретритов, ассоциированных с инфекциями, передаваемыми половым путем // Урология. – 2015. – № 6. – С. 40–46. [Abdrahmanov RM, Fajzullina EV, Abdrahmanov AR, Haliullin RR. To the issue of local treatment in combination therapy of chronic urethritis, associated with sexually transmitted infections. *Urologia*. 2015;(6):40-46. (In Russ.)].
53. Agafonova MN, Kazakova RR, Lubina AP, et al. Antibacterial activity profile of miramistin in *in vitro* and *in vivo* models. *Microb Pathog*. 2020;142:104072. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2020.104072>.
54. Osmanov A, Farooq Z, Richardson MD, Denning DW. The anti-septic Miramistin: a review of its comparative *in vitro* and clinical activity. *FEMS Microbiol Rev*. 2020;44(4):399-417. <https://doi.org/10.1093/femsre/fuaa012>.
55. Nayyar R, Dadhwal R, Kapil A, et al. Urethral Instillation of Povidone-Iodine Reduces Post-Cystoscopy Urinary Tract Infection in Males: A Randomized Controlled Trial. *Sci Rep*. 2020;10(1):3585. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60522-4>.
56. Nasiriani K, Kalani Z, Farnia F, et al. Comparison of the effect of water vs. povidone-iodine solution for periurethral cleaning in women requiring an indwelling catheter prior to gynecologic surgery. *Urol Nurs*. 2009;29(2):118-121,131.
57. Düzkaýa DS, Uysal G, Bozkurt G, et al. Povidone-Iodine, 0.05% Chlorhexidine Gluconate, or Water for Periurethral Cleaning Before Indwelling Urinary Catheterization in a Pediatric Intensive Care: A Randomized Controlled Trial. *J Wound Ostomy Continence Nurs*. 2017;44(1):84-88. <https://doi.org/10.1097/WON.0000000000000280>.
58. Jones DS, Djokic J, McCoy CP, Gorman SP. Poly(epsilon-caprolactone) and poly(epsilon-caprolactone)-polyvinylpyrrolidone-iodine blends as ureteral biomaterials: characterisation of mechanical and surface properties, degradation and resistance to encrustation *in vitro*. *Biomaterials*. 2002;23(23):4449-4458. [https://doi.org/10.1016/s0142-9612\(02\)00158-8](https://doi.org/10.1016/s0142-9612(02)00158-8).
59. Raut PW, Khandwekar AP, Sharma N. Polyurethane-polyvinylpyrrolidone iodine blends as potential urological biomaterials. *J Mater Sci*. 2018;53(16):11176-11193. <https://doi.org/10.1007/s10853-018-2445-7>.
60. Cortese YJ, Wagner VE, Tierney M, et al. Review of catheter-associated urinary tract infections and *in vitro* urinary tract models. *J Healthc Eng*. 2018;2018:2986742. <https://doi.org/10.1155/2018/2986742>.
61. Cho YW, Park JH, Kim SH, et al. Gentamicin-releasing urethral catheter for short-term catheterization. *J Biomater Sci Polym Ed*. 2003;14(9):963-972. <https://doi.org/10.1163/156856203322381447>.
62. Park JH, Cho YW, Cho YH, et al. Norfloxacin-releasing urethral catheter for long-term catheterization. *J Biomater Sci Polym Ed*. 2003;14(9):951-962. <https://doi.org/10.1163/156856203322381438>.
63. Saini H, Chhibber S, Harjai K. Antimicrobial and antifouling efficacy of urinary catheters impregnated with a combination of macrolide and fluoroquinolone antibiotics against *Pseudomonas aeruginosa*. *Biofouling*. 2016;32(5):511-522. <https://doi.org/10.1080/08927014.2016.1155564>.
64. Andersen MJ, Flores-Mireles AL. Urinary catheter coating modifications: The race against catheter-associated infections. *Coatings*. 2020;10(1):23. <https://doi.org/10.3390/coatings10010023>.
65. Vasilev K, Cook J, Griesser HJ. Antibacterial surfaces for biomedical devices. *Expert Rev Med Devices*. 2009;6(5):553-567. <https://doi.org/10.1586/erd.09.36>.
66. Zhang S, Wang L, Liang X, et al. Enhanced Antibacterial and Antiadhesive Activities of Silver – PTFE Nanocomposite Coating for Urinary Catheters. *ACS Biomater Sci Eng*. 2019;5(6): 2804-2814. <https://doi.org/10.1021/acsbomaterials.9b00071>.
67. Díez-Pascual AM, Díez-Vicente AL. High-performance aminated poly(phenylene sulfide)/ZnO nanocomposites for medical applications. *ACS Appl Mater Interfaces*. 2014;6(13):10132-10145. <https://doi.org/10.1021/am501610p>.
68. Goldbart O, Elianov O, Shumalinsky D, et al. Study of urological devices coated with fullerene-like nanoparticles. *Nanoscale*. 2013;18(5):8526-8532. <https://doi.org/10.1039/c3nr01922e>.

69. Ron R, Zbaida D, Kafka IZ, et al. Attenuation of encrustation by self-assembled inorganic fullerene-like nanoparticles. *Nanoscale*. 2014;10(6):5251-5259. <https://doi.org/10.1039/c3nr06231g>.
70. Салюков Р.В., Колмаков А.С., Мартов А.Г. Инфекция мочевыводящих путей у больных с позвоночно-спинномозговой травмой: обзор литературы // *Consilium Medicum*. – 2016. – Т. 18. – № 7. – С. 60–65. [Salukov RV, Kolmakov AS, Martov AG. Urinary tract infection in patients with spinal cord injury. *Consilium Medicum*. 2016;18(7):60-65. (In Russ.)].
71. Shalom Y, Perelshtein I, Perkas N, et al. Catheters coated with Zn-doped CuO nanoparticles delay the onset of catheter-associated urinary tract infections. *Nano Res*. 2017;10(2): 520-533.

Information about the authors:

Aleksandr M. Banaru – Cand. Sci. (Chem.), Senior Lecturer of Faculty of Chemistry Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia. E-mail: banaru@phys.chem.msu.ru.

Roman V. Salyukov – Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of Department of Endoscopic Urology, RUDN University of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation; Scientific Consultant, JSC Rehabilitation Center for Persons with Disabilities “Preodolenie”, Moscow, Russia. E-mail: salyukov2012@yandex.ru.