

DOI: 10. 12138/j. issn. 1671-9638. 20234008

· 论 著 ·

# 清洗刷与活检钳模拟通过内镜钳子管道对其表面粗糙度及细菌黏附性的影响

毕正琴, 张洋洋, 黄子怡, 田 信, 张 云, 李贤煌, 黄 茜, 马久红

(南昌大学第一附属医院, 江西 南昌 330006)

**[摘要]** 目的 分析两种器械对内镜钳子管道表面粗糙度(Ra)及细菌黏附性的影响。方法 截取等长全新聚四氟乙烯(Teflon)管弯曲固定后,分别使用清洗刷(A组)、活检钳(B组)在不同通过次数下模拟临床操作,检测钳子管道 Ra 与表面形貌;将铜绿假单胞菌接种于各组 Teflon 管上,检测表面菌落形成单位与细菌黏附量。结果 无器械通过的 Teflon 管表面光滑无划痕,随着通过次数增加,表面划痕逐渐密集,以清洗刷更明显。通过次数为 0、50、100、200 时,A、B 两组间 Ra 比较,差异均无统计学意义;但通过次数为 500 时,两组间 Ra 比较,A 组>B 组( $P<0.01$ )。两组内不同通过次数时的 Ra 比较,0 次与 50 次相比,差异无统计学意义;但 0 次时的 Ra 均<100、200、500 次的 Ra,差异有统计学意义( $P<0.01$ )。无器械通过的 Teflon 管表面生物膜分布均匀,随着通过次数增加,A 组 Teflon 管表面生物膜覆盖较为紧密,且可见划痕处黏附的菌落。A、B 两组间菌落计数在 0、50、100、200 次的情况下比较,差异无统计学意义;在 500 次的情况下,A 组>B 组( $P<0.01$ )。A、B 两组通过次数为 50、100、200 时的菌落数分别与通过次数为 0 时相比,差异无统计学意义( $P>0.05$ );但通过次数为 500 时,A 组的菌落数均值>0 次( $P<0.01$ ),B 组与 0 次比较,差异无统计学意义( $P=0.186$ )。结论 内镜清洗刷和活检钳反复通过钳子管道,均会增加内镜钳子管道的 Ra,导致细菌黏附量增加,以清洗刷作用更为明显,提示临床应加强对器械的使用管理并研发更好的清洗工具。

**[关键词]** 内镜消毒; 活检钳; 细菌黏附; 清洗刷

**[中图分类号]** R181.3<sup>+</sup>2

## Impact of cleaning brush and biopsy forceps on the surface roughness and bacterial adhesion of forceps channel in simulation

BI Zheng-qin, ZHANG Yang-yang, HUANG Zi-yi, TIAN Xin, ZHANG Yun, LI Xian-huang, HUANG Xi, MA Jiu-hong (The First Affiliated Hospital of Nanchang University, Nanchang 330006, China)

**[Abstract]** **Objective** To analyze the effect of two instruments on the surface roughness (Ra) and bacterial adhesion of endoscope forceps channel. **Methods** Equal length sections of new polytetrafluoroethylene (Teflon) tubes were bent and fixed. Cleaning brush (Group A) and biopsy forceps (Group B) were used to simulate clinical operations with different passing frequencies. Surface roughness (Ra) and morphology were measured. *Pseudomonas aeruginosa* was inoculated onto the Teflon tubes in each group to evaluate surface colony-forming units and bacterial adhesion. **Results** Teflon tube surfaces without instrument passage were smooth and without scratches. As the passage frequency increased, surface scratches became denser, with more significant effects observed in Group A. At passage frequencies of 0, 50, 100, and 200, there were no statistically significant differences in Ra between Groups A and B. However, at a passage frequency of 500, Ra in Group A was greater than in Group B ( $P<0.01$ ). When comparing different passage frequencies within each group, there were no statistically significant differences between

[收稿日期] 2023-01-06

[基金项目] 江西省卫生健康委科技计划(202310348)

[作者简介] 毕正琴(1997-),女(汉族),江西省乐平市人,护师,主要从事内镜护理与感染控制研究。

[通信作者] 马久红 E-mail: majiuh@126.com

0 and 50 passages, but Ra at 0 passages was significantly lower than at 100, 200, and 500 passages ( $P < 0.01$ ). Initially, biofilms were evenly distributed on the Teflon tube surfaces without instrument passage, but with increased passage frequency, Group A showed more densely covered biofilms, with visible bacterial colonies at the scratch sites. There were no significant differences in colony counts between Groups A and B at 0, 50, 100, and 200 passage frequencies. However, at 500 passages, Group A had a higher colony count than Group B ( $P < 0.01$ ). When comparing the colony counts at 50, 100, and 200 passage frequencies with those at 0 passages within each group, no statistically significant differences were found ( $P > 0.05$ ). However, at 500 passages, the mean colony count in Group A was higher than at 0 passages ( $P < 0.01$ ), while no statistically significant difference was observed in Group B compared to 0 passages ( $P = 0.186$ ). **Conclusion** Repeated passage of endoscope cleaning brush and biopsy forceps through forceps' channels increases the Ra of the endoscope forceps' channels, leading to an increase in bacterial adhesion. The effect is more significant with the cleaning brush. This highlights the need to strengthen the management of instrument usage in clinical settings and develop better cleaning tools.

[**Key words**] endoscope disinfection; biopsy forceps; bacterial adhesion; cleaning brush

钳子管道是内镜下诊断和治疗各种消化疾病的重要通道,也是细菌生物膜形成的高发地。早在 21 世纪初,Pajkos 等<sup>[1]</sup>对拆卸后的内镜钳子管道进行扫描电镜检测时发现内镜钳子管道表面受损且存在生物膜;国内一项研究<sup>[2]</sup>从 13 所医院采集 66 条内镜钳子管道经扫描电镜观察,36 条(54.6%)存在生物膜;而最新研究<sup>[3]</sup>在钳子管道表面划痕中发现纵横交错的生物膜。钳子管道表面生物膜的形成已然成为业界关注的重点。

受损的内镜钳子管道表面易成为细菌黏附和生物膜形成的场所,导致内镜相关感染的暴发<sup>[4]</sup>。钳子管道材质为聚四氟乙烯(Teflon),具有摩擦系数低、耐磨性差的特点<sup>[5]</sup>,而内镜治疗及清洗器械是开展诊疗和清洗消毒的重要工具,不同器械反复穿梭于钳子管道可能会对其表面造成不同程度的损伤。孔艳杰等<sup>[6]</sup>指出,清洗刷对内镜钳子管道损耗较为严重,钢制-塑料毛刷在刷洗时容易磨损内镜钳子管道,长期频繁使用甚至会造成内镜侧漏。活检钳作为最常见的内镜治疗器械之一,能够快速、精准地取出病变,但作为锋利的金属器械,反复穿梭可能会划伤钳子管道。目前尚无相关研究分析不同器械对钳子管道表面损伤及细菌黏附的影响。本研究主要从表面粗糙度(Ra)与细菌黏附两个方面考察清洗刷、活检钳对钳子管道表面的影响,以期为临床内镜清洗消毒及器械研发提供参考。

## 1 材料和方法

1.1 材料 Teflon 管(FUJINON,日本),钢制-塑料毛刷(Olympus,日本),一次性活检钳(杭州安杰思医学科技股份有限公司),一次性硅胶返回管

(上海卡默尔流体科技有限公司),200 mL 储液瓶(天津市奥淇洛谱商贸有限公司),蠕动泵(河北创锐泵业),扫描电子显微镜(Sigma300, ZEISS,德国),三维形貌扫描仪(PS-50, Nanovea Co, USA),铜绿假单胞菌 ATCC 27853,由江西省疾病预防控制中心提供。

### 1.2 方法

1.2.1 Teflon 管的制备 截取 50 cm 长且直径为 2.4 mm 的全新 Teflon 管,分为清洗刷组(A 组)和活检钳组(B 组)。参照 Santos 等<sup>[7]</sup>的研究,在 Teflon 管 15 cm 处以  $90^\circ \sim 120^\circ$  弯曲并固定于试验板上。分别将清洗刷与活检钳模拟临床规范操作,器械处于闭合状态时插入管腔内,到达出口后张开,闭合后抽出,设定 2 种内镜器械通过 Teflon 管的次数分别为 0、50、100、200、500 次。

1.2.2 Ra 检测与表面形貌观察 从弯曲区域(距管末端 25 cm)取下长为 2 cm 的管段,纵向切割后取外侧管段放入乙醇中超声清洗 10 min,制成  $5 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$  薄片。使用三维形貌扫描仪对两组 Teflon 管受试面进行 Ra 测试。仪器参数设定如下:扫描面积为  $5 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ ,扫描速度为  $18 \mu\text{m/s}$ ,扫描频率(CHR)为 120 Hz。将测试管段平放于检测台,选取各组 Teflon 管受试面上 5 个不同测试点进行检测,取均值记录为 Ra 值。检测完成后将各组 Teflon 管放入乙醇中超声清洗 10 min 以去除表面污物,自然风干后将 Teflon 管黏台固定,离子溅射喷金后,扫描电子显微镜观察 Teflon 管表面形貌。

1.2.3 细菌黏附性测试 Teflon 管的准备:截取每组弯曲区域(距管末端 25 cm)4 cm 长的 Teflon 管,超声清洗 10 min 后环氧乙烷灭菌备用。密闭式循环灌注系统的建立:取复苏后的新鲜菌株混匀于

肉汤中,调节菌液浓度至  $OD_{580}$  值约为 0.5,稀释 100 倍后取 1 mL 菌悬液放入含有 99 mL 新鲜肉汤的储液瓶中,与蠕动泵相连,循环灌注 24 h,各组重复建模 3 次。细菌菌落计数:截取 2 cm 灌注 24 h 后的 Teflon 管,磷酸盐缓冲液(PBS)冲洗 3 次,每次 15 min,以洗去浮游菌。无菌刀片纵向切割后置于 PBS 试管中进行超声水浴振荡 10 min,完全洗脱振荡后取适宜洗脱液接种培养,37℃下培养 24 h 后进行活菌计数。

1.2.4 细菌黏附量观察 按照 1.2.3 建模,截取两组不同次数处理下的 Teflon 管,PBS 冲洗 3 次,每次 15 min,以洗去浮游菌。无菌刀片切成 5 mm×5 mm 大小,2.5%戊二醛固定 4 h,PBS 漂洗三次,不同浓度乙醇梯度脱水,叔丁醇置换。脱水完成后将样品放入冷冻干燥仪中干燥 24 h,喷金,扫描电镜下观察细菌黏附量。

1.2.5 统计学分析 应用 SPSS 21.0 统计学软件

进行数据分析,计量资料符合正态分布以  $\bar{x} \pm s$  表示,采用  $t$  检验分析不同通过次数下 Teflon 管的 Ra 值和菌落形成数值。

## 2 结果

2.1 Teflon 管表面样貌 无器械通过的全新 Teflon 管表面光滑无划痕,随着不同器械通过次数的增加,Teflon 管表面划痕逐渐密集,但均无明显沟壑或棱脊,清洗刷更明显。见图 1。

2.2 Teflon 管 Ra 值 在通过次数为 0、50、100、200 的情况下,A、B 两组 Ra 值比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ ),但在通过次数为 500 的情况下,A 组 Ra 值>B 组( $P=0.034$ )。两组内不同通过次数时的 Ra 值比较,0 次与 50 次相比,差异无统计学意义;但 0 次时的 Ra 值均<100、200、500 次的 Ra 值,差异有统计学意义( $P<0.01$ )。见表 1。

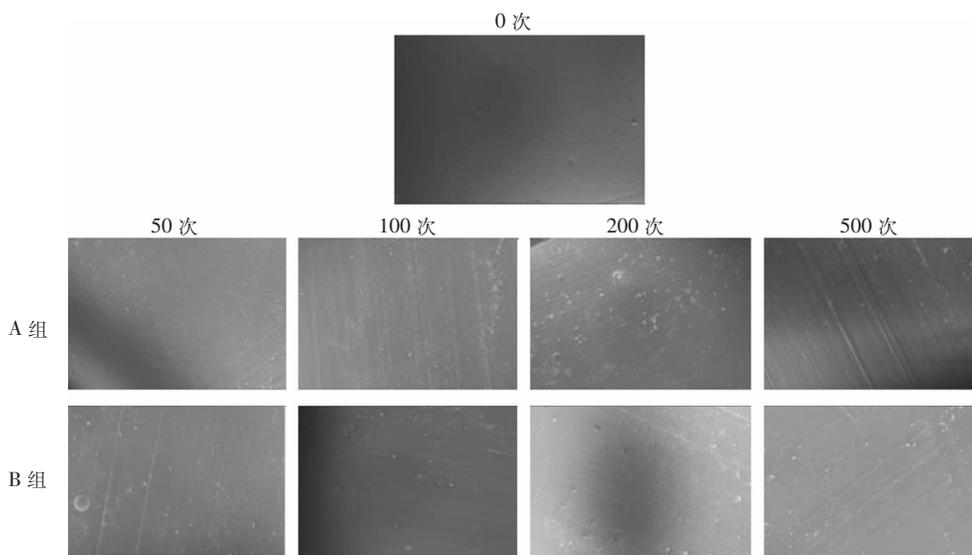


图 1 不同器械组不同通过次数下表面划痕情况(150×)

Figure 1 Surface scratches at different passage numbers in different instrument groups (150×)

表 1 不同通过次数下 Teflon 管的 Ra 值( $n=4, \bar{x} \pm s, \mu\text{m}$ )

Table 1 Ra values of Teflon tubes at different passage numbers ( $n=4, \bar{x} \pm s, \mu\text{m}$ )

分组	0 次	50 次	100 次	200 次	500 次
A 组	0.04 ± 0.01	0.06 ± 0.01	0.07 ± 0.01 *	0.11 ± 0.05 *	0.21 ± 0.03 *
B 组	0.04 ± 0.01	0.06 ± 0.02	0.06 ± 0.01 *	0.08 ± 0.02 *	0.16 ± 0.02 *
$t$	-	0.289	1.076	1.163	2.557
$P$	1.000	0.784	0.313	0.278	0.034

注: \* 表示与通过次数为 0 时相比, $P<0.01$ ; - 表示数据不存在。

2.3 Teflon 管细菌生物膜分布情况 无器械通过的  
的全新 Teflon 管表面生物膜分布稀疏且均匀。在  
通过次数为 50 的情况下,两组 Teflon 管表面生物

膜均分散较为均匀;随着通过次数增加,A 组 Tef-  
lon 管表面生物膜覆盖较为紧密,且可见划痕处黏  
附的菌落。见图 2。

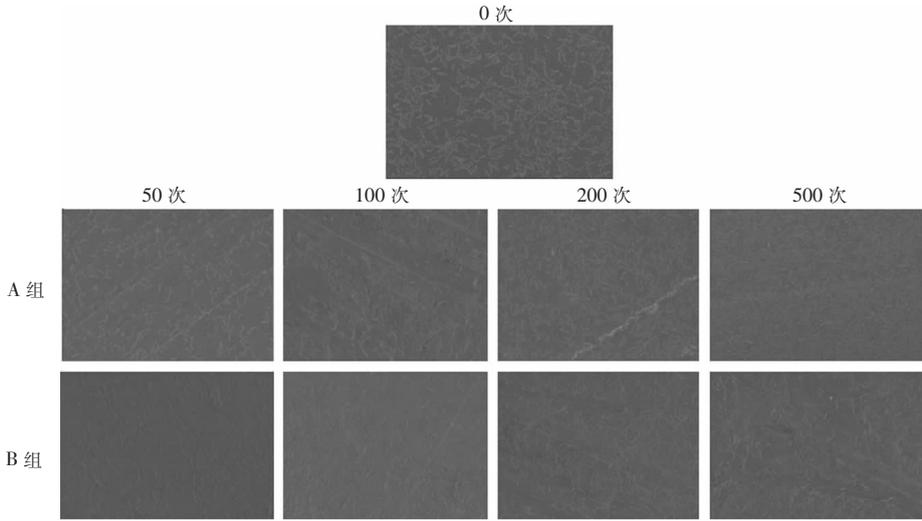


图 2 不同器械组不同通过次数下细菌生物膜分布情况(3 500×)

Figure 2 Distribution of bacterial biofilm at different passage numbers in different instrument groups(3 500×)

2.4 菌落形成单位计数结果 A、B 两组在通过次  
数为 0、50、100、200 的情况下比较,差异无统计学意  
义( $P>0.05$ );在通过次数为 500 的情况下,A 组均  
值>B 组( $P = 0.014$ )。A、B 两组通过次数为 50、

100、200 时的菌落数分别与通过次数为 0 时相比,  
差异无统计学意义( $P>0.05$ );但通过次数为 500  
时 A 组的菌落数均值>0 次( $P<0.01$ ),B 组与 0  
次比较,差异无统计学意义( $P = 0.186$ )。见表 2。

表 2 铜绿假单胞菌生物膜菌落形成单位( $n = 3, \bar{x} \pm s, \times 10^9$  CFU/cm<sup>2</sup>)

Table 2 Biofilm colony-forming unit of *Pseudomonas aeruginosa* ( $n = 3, \bar{x} \pm s, \times 10^9$  CFU/cm<sup>2</sup>)

分组	0 次	50 次	100 次	200 次	500 次
A 组	1.58 ± 0.01	1.75 ± 0.14	1.87 ± 0.25	2.20 ± 0.42	2.82 ± 0.26*
B 组	1.58 ± 0.01	1.65 ± 0.23	1.50 ± 0.37	1.62 ± 0.43	1.96 ± 0.21
<i>t</i>	-	0.533	1.178	1.386	4.177
<i>P</i>	1.000	0.623	0.304	0.238	0.014

注: \* 表示与通过次数为 0 时相比, $P<0.01$ ; - 表示数据不存在。

### 3 讨论

软式内镜钳子管道是治疗及清洗器械通过的  
重要通道,不同器械因构造及材质特点不同,对内  
镜钳子管道产生的损伤程度不同。研究<sup>[7]</sup>指出,  
钳子管道表面损伤可能会增加清洗消毒难度,  
导致细菌黏附,并增加患者交叉感染的风险。因  
此,重视不同器械对钳子管道表面划痕形成及  
细菌黏附的影响,对内镜维修保养及预防内镜  
相关医院感染具有重要意义。

Ra 是指物体表面具有的较小间距和微小峰谷  
的不平度<sup>[8]</sup>。本研究结果显示,在通过次数<500  
的情况下,两种器械对 Teflon 管 Ra 影响均较小,  
可能是器械通过次数较少,划痕形成不明显,导  
致 Teflon 管 Ra 无明显变化。但在通过次数为 500  
的情况下,清洗刷组 Ra 值高于活检钳组,且扫描  
电镜观察结果显示清洗刷通过后的钳子管道划  
痕更为密集,说明清洗刷对钳子管道 Ra 影响显  
著。清洗刷为 Olympus 内镜生产厂家提供的可  
复用钢制-塑料毛刷,主体材质为不锈钢弹簧软  
管,毛刷头质地较硬<sup>[6]</sup>,刷洗时紧

贴钳子管道内壁,对管道的摩擦力大。相比于钢丝清洗刷,活检钳仅前端为金属,主体部分的不锈钢被光滑塑料膜包裹,对钳子管道摩擦小。此外,使用管腔检测仪观察发现,两种器械与钳子管道接触面积存在差异,未来需改良或研发出损伤力度小的清洗刷,以降低对钳子管道的损耗。黄茜<sup>[9]</sup>研究指出,一次性圆盘毛刷清洗效果优于钢制-塑料毛刷,且对内镜钳子管道表面损伤小,可考虑作为替换毛刷。

研究还显示,随着通过次数增加,Teflon管Ra值逐渐升高(通过次数为50的情况除外),说明钳子管道Ra受器械使用次数影响,故需定期观察钳子管道表面磨损情况,及时发现较深的划痕或其他损伤。本研究模拟临床器械通过钳子管道,仅在管道表面形成划痕,未形成刮丝或刮片,这与其他研究<sup>[10-11]</sup>观察结果不同。刮丝、刮片多因器械暴力插入弯曲的钳子管道并沿管壁摩擦而形成<sup>[12]</sup>,而本研究试验遵循规范操作,故难以形成刮片与刮丝。此外,本研究通过扫描电镜可观察到钳子管道表面微观情况,发现细微划痕,而其他研究使用管腔检测仪放大观察,相较于细微划痕,更易观察到凸起的刮丝、刮片。建议定期对临床使用的内镜进行管腔检测仪目视检查,识别损伤严重的内镜送至厂家修复或更换新的管路,降低钳子管道表面划痕处细菌黏附及生物膜形成的风险。

铜绿假单胞菌属于内镜相关医院感染暴发最常见的假单胞菌属<sup>[13-14]</sup>,是内镜微生物研究的主要菌种之一。本研究发现,清洗刷与活检钳在通过次数为0.50、100、200时的菌落数比较,差异无统计学意义,但在通过次数为500的情况下,清洗刷均值高于活检钳,该结果与Ra的趋势基本一致。Santos等<sup>[7]</sup>的研究结果同样显示,在通过次数<500的情况下,Teflon管表面黏附的菌落数组间比较,差异无统计学意义。清洗刷与钳子管道壁接触面积大,产生的摩擦力大,导致划痕增多,细菌更易黏附在管壁上。研究<sup>[9]</sup>表明,粗糙的物体表面更容易残留细菌污染物。Tsarev等<sup>[15]</sup>指出,表面越光滑,细菌黏附和生物膜形成的可能性越低。此外,本研究发现,活检钳在任何通过次数下与无器械通过的Teflon管比较,菌落计数均值差异无统计学意义,说明其对管道损耗较小,但仍需规范操作,防止因操作不当划伤钳子管道内壁。

综上所述,器械对内镜钳子管道表面的损伤不容忽视。临床上应重视不同器械对钳子管道表面的损伤,规范器械使用流程,加强医护人员技能培训,

开展多学科合作,研发出损伤力度小的内镜器械,最大程度降低细菌黏附的风险。本研究具有一定局限性。临床上内镜器械种类多样,而本研究仅纳入两种器械,后续应比较更多种类器械对内镜钳子管道表面的影响。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

## [参 考 文 献]

- [1] Pajkos A, Vickery K, Cossart Y. Is biofilm accumulation on endoscope tubing a contributor to the failure of cleaning and decontamination?[J]. J Hosp Infect, 2004, 58(3): 224-229.
- [2] Ren-Pei W, Hui-Jun X, Ke Q, et al. Correlation between the growth of bacterial biofilm in flexible endoscopes and endoscope reprocessing methods[J]. Am J Infect Control, 2014, 42(11): 1203-1206.
- [3] 周梦娇,李贤煌,毕正琴,等. 钳子管道内刮痕对软式内镜再处理质量的影响[J]. 中国感染控制杂志, 2021, 20(10): 928-932.  
Zhou MJ, Li XH, Bi ZQ, et al. Impact of scratches in the endoscopic forceps channel on the quality of endoscopic reprocessing[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2021, 20(10): 928-932.
- [4] Galdys AL, Marsh JW, Delgado E, et al. Bronchoscope-associated clusters of multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa* and carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* [J]. Infect Control Hosp Epidemiol, 2019, 40(1): 40-46.
- [5] 张震锋,白晓萍,惠伟. 聚四氟乙烯材料基础性能研究[J]. 电工材料, 2021(6): 25-28.  
Zhang ZF, Bai XP, Hui W. Study on fundamental performance of material of polytetrafluoroethylene [J]. Electrical Engineering Materials, 2021(6): 25-28.
- [6] 孔艳杰,娄丽华,苏彬,等. 清洗刷在消化内镜管道清洗中的应用[J]. 世界最新医学信息文摘, 2017, 17(45): 198, 202.  
Kong YJ, Lou LH, Su B, et al. Application of cleaning brush in tube cleaning of digestive endoscope[J]. World Latest Medicine Information, 2017, 17(45): 198, 202.
- [7] Santos LCS, Parvin F, Huizer-Pajkos A, et al. Contribution of usage to endoscope working channel damage and bacterial contamination[J]. J Hosp Infect, 2020, 105(2): 176-182.
- [8] 贾亮,范浩军,向均,等. 聚脲微球表面粗糙度及水性涂层消光性调控[J]. 功能材料, 2022, 53(1): 1001-1008.  
Jia L, Fan HJ, Xiang J, et al. Polyurea microspheres with different surface roughness for gloss control of water-based coating[J]. Journal of Functional Materials, 2022, 53(1): 1001-1008.
- [9] 黄茜. 软式内镜清洗刷对生物膜清除效果的调查与实验研究[D]. 广州:南方医科大学, 2012.  
Huang X. Study on the removal efficacy of flexible endoscope

cleaning brushes on endoscopic biofilm [D]. Guangzhou: Southern Medical University, 2012.

- [10] Ofstead CL, Wetzler HP, Heymann OL, et al. Longitudinal assessment of reprocessing effectiveness for colonoscopes and gastroscopes: results of visual inspections, biochemical markers, and microbial cultures[J]. *Am J Infect Control*, 2017, 45(2): e26 - e33.
- [11] Ofstead CL, Wetzler HP, Eiland JE, et al. Assessing residual contamination and damage inside flexible endoscopes over time [J]. *Am J Infect Control*, 2016, 44(12): 1675 - 1677.
- [12] Visrodia K, Petersen BT. Borescope examination: is there value in visual assessment of endoscope channels?[J]. *Gastrointest Endosc*, 2018, 88(4): 620 - 623.
- [13] Zhang YJ, Zhou HJ, Jiang QQ, et al. Bronchoscope-related *Pseudomonas aeruginosa* pseudo-outbreak attributed to contaminated rinse water[J]. *Am J Infect Control*, 2020, 48(1): 26 - 32.
- [14] Sundermann AJ, Chen JS, Miller JK, et al. Outbreak of *Pseudomonas aeruginosa* infections from a contaminated gastroscoposcope detected by whole genome sequencing surveillance

[J]. *Clin Infect Dis*, 2021, 73(3): e638 - e642.

- [15] Tsarev VN, Ippolitov EV, Trefilov AG, et al. Features of adhesion of anaerobic periodontopathogenic bacteria and *Candida albicans* fungi to experimental samples of basis dental plastic depending on surface roughness and polishing method[J]. *Zh Mikrobiol Epidemiol Immunobiol*, 2014(6): 21 - 27.

(本文编辑:翟若南)

**本文引用格式:**毕正琴,张洋洋,黄子怡,等.清洗刷与活检钳模拟通过内镜钳子管道对其表面粗糙度及细菌黏附性的影响[J].中国感染控制杂志,2023,22(8):919-924. DOI:10.12138/j.issn.1671-9638.20234008.

**Cite this article as:** BI Zheng-qin, ZHANG Yang-yang, HUANG Zi-yi, et al. Impact of cleaning brush and biopsy forceps on the surface roughness and bacterial adhesion of forceps channel in simulation[J]. *Chin J Infect Control*, 2023, 22(8): 919 - 924. DOI: 10.12138/j.issn.1671 - 9638.20234008.