

DOI:10.12138/j.issn.1671-9638.20221904

· 论 著 ·

# 透析用水细菌及内毒素含量在热消毒和化学消毒全过程中的动态规律特征研究

赵璐<sup>1</sup>, 张慧玲<sup>1</sup>, 刘佳雯<sup>1</sup>, 达哇<sup>2</sup>, 张永栋<sup>1</sup>

(青海大学附属医院 1. 公共卫生和医院感染管理部; 2. 血液透析中心, 青海 西宁 810001)

**[摘要]** **目的** 观察透析用水中细菌存活及内毒素含量在两种消毒过程中的动态变化情况。利用数据模型拟合消毒过程中微生物指标变化规律, 为日常感染监控及管路消毒维护管理决策提供基础数据支撑。**方法** 分析消毒程序模式的时间和温度参数, 采集热消毒和化学消毒前后输水管路回水口或混合室入口处的透析用水, 检测内毒素, 同时平行水样经薄膜过滤法富集, 在 20℃ 下 TGEA 培养 7 d, 计数细菌菌落。通过 Origin 软件的数据拟合, 描述细菌和内毒素含量与温度、时间变化的特征关系。**结果** 细菌存活率随着消毒程序时间的延长而减少, 在 50~160 min 时, 细菌存活情况变化幅度大, 热消毒细菌含量减少的变化比化学消毒平缓。热消毒中内毒素含量随着温度不断上升而增加, 随着冷却温度下降而减少。在 70、80℃ 时内毒素含量最高, 首机处内毒素含量整体水平高于中间机和尾机。化学消毒内毒素含量集中升高在消毒剂浸泡冲洗时间段, 之后下降而趋于平稳。热消毒和化学消毒完内毒素持续情况均为先下降到较低值, 在热消毒后 15 h、化学消毒后 12 h, 内毒素略呈现上升趋势, 出现小峰值。**结论** 温度和时间是影响透析用水微生物指标决定性的参数, 可利用微生物数据建立拟合数据描述两种消毒全过程透析用水中细菌失活和内毒素变化规律的异同。同时模型工具补充了透析用水监测方法, 有助于更好地实现透析用水消毒控制及效果。

**[关键词]** 透析用水; 细菌; 内毒素; 热消毒; 化学消毒; 预测微生物模型

**[中图分类号]** R187

## Dynamic characteristics of bacteria and endotoxin content in dialysis water during the process of thermal disinfection and chemical disinfection

ZHAO Lu<sup>1</sup>, ZHANG Hui-ling<sup>1</sup>, LIU Jia-wen<sup>1</sup>, DA Wa<sup>2</sup>, ZHANG Yong-dong<sup>1</sup> (1. Department of Public Health and Healthcare-associated Infection Management; 2. Hemodialysis Center, Qinghai University Affiliated Hospital, Xining 810001, China)

**[Abstract]** **Objective** To observe the dynamic changes of bacterial survival and endotoxin content in dialysis water during two disinfection processes. The data model was used to fit the changing regulation of microbial indexes during the process of disinfection, and provide basic data support for daily infection control as well as management decisions for pipeline disinfection maintenance. **Methods** The time and temperature parameters of disinfection procedure mode were analyzed, dialysis water at backwater outlet of water supply pipeline or the entrance of mixing chamber before and after thermal disinfection and chemical disinfection were collected to detect endotoxin, parallel specimens of dialysis water were enriched by membrane filtration method and cultured with TGEA at 20℃ for 7 days, bacterial colonies were counted. Data fitting of Origin software was used to describe the characteristic relationship between the content of bacteria as well as endotoxin and temperature as well as time. **Results** The survival rate of bacteria decreased with the extension of disinfection procedure time, bacterial survival changed greatly at

[收稿日期] 2021-09-17

[基金项目] 青海省卫生健康委推广课题(2019-wjtg-01)

[作者简介] 赵璐(1988-), 女(汉族), 山西省原平市人, 主治医师, 主要从事医院感染管理及公共卫生研究。

[通信作者] 张永栋 E-mail: 610194826@qq.com

50 – 160 minutes, the decrease of bacterial content in thermal disinfection was more gentle than that in chemical disinfection. The content of endotoxin in thermal disinfection increased with the enhancing of temperature and decreased with the dropping of cooling temperature. Endotoxin content was the highest at 70℃ and 80℃, endotoxin content in the first machine was higher than that in the middle machine and the tail machine. The concentration of endotoxin in chemical disinfection increased during the period of immersion and washing of disinfectant, and then decreased and tended to be stable. After thermal disinfection and chemical disinfection, endotoxin continued to decrease to a lower value first, endotoxin increased slightly at 15 hour and 12 hour after thermal disinfection, with a small peak. **Conclusion** Temperature and time are the decisive parameters affecting the microbial indexes of dialysis water. Fitting data based on microbial data can be established to describe the differences and similarities of bacterial inactivation and endotoxin changes in dialysis water during two disinfection processes. At the same time, the model tool supplemented the monitoring method of dialysis water, which is helpful to achieve the disinfection control and effect of dialysis water better.

**[Key words]** dialysis water; bacteria; endotoxin; thermal disinfection; chemical disinfection; predictive microbial model

透析用水易受微生物污染,常见为革兰阴性杆菌。革兰阴性杆菌死亡后会产生、释放内毒素,机体反复暴露于内毒素会诱发炎症反应,其特征是脂多糖(Lipopolysaccharides, LPS)促炎细胞因子的产生,从而导致血透患者机体长期受到慢性炎症等影响<sup>[1-2]</sup>。近年来很多研究通过改进透析器膜,解决患者感染风险,如国外开发由聚醚砜、聚乙烯吡咯烷酮(PVP)和活性炭组成的混合基质膜(MMM),体外试验结果表明对细菌过滤效果优良<sup>[3]</sup>。而透析用水的质量才是杜绝细菌热原污染的根源所在。透析用水消毒方式以热消毒和化学消毒为主。热消毒通过短时间将水温提高并进行热冲洗,达到恒温后热循环在管路中达到消毒作用,而化学消毒主要使用过氧乙酸等消毒剂,有效阻止细菌在水中增殖生长<sup>[4-5]</sup>。虽然消毒可以有效阻菌,但是不能彻底消灭透析用水水路中的微生物及相关物质,如洋葱伯克霍尔德菌易在供水系统、滤膜和消毒剂中生长<sup>[6]</sup>。同时日常监测仅定期监测透析用水的污染情况,相关规范对于透析水路管理中细菌及内毒素均有采样检测时间和限值要求。但不同消毒模式下透析用水中细菌和内毒素含量动态变化缺少监测和分析。

本研究基于水路消毒系统模式下不同的物理参数及温度,确定透析用水动态监测的温度和时间间隔。预测微生物学是一门交叉学科,利用微生物和计算机方法预测微生物在系列环境条件中消长的情况。通过 Origin 软件的数据拟合,应用微生物模型曲线描述透析用水微生物指标存活和变化规律<sup>[7]</sup>,了解透析用水中细菌和内毒素含量在消毒过程中动态变化和持续情况,旨在细化消毒监测管理,优化水质安全控制。

## 1 材料与方法

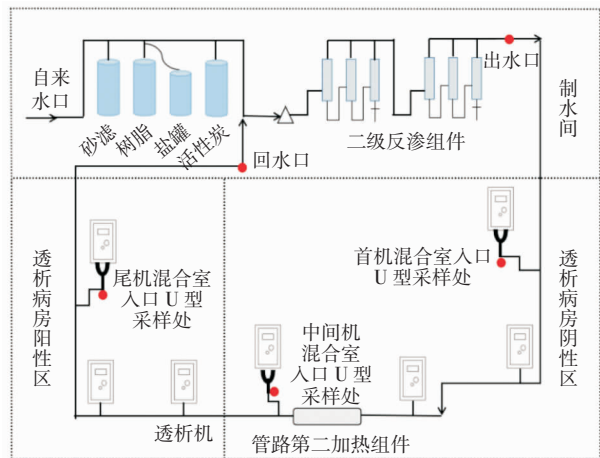
1.1 材料 封闭式薄膜过滤器,硝酸纤维素滤膜(孔径 0.22 μm,直径 50 mm),胰化蛋白胨葡萄糖培养基(TGEA)(HBPM8573-1,规格 9 cm × 10 cm),BIOBASE 多功能恒温箱(型号 BJPX-100),革兰阴性菌脂多糖检测试剂盒(喜诺生物医药)(EKT-13M、25M),细菌内毒素测定仪(IGL-800),一次性无热原采样试管(PSB210104,规格:9 mm × 65 mm),鲎试剂(喜诺生物医药),脂多糖标准品(购于 SIGMA-ALDRICH,成份 LPS from *Escherichia coli* O111:B4,蛋白含量小于 3%)。

### 1.2 水样采集方法

1.2.1 采样点 透析用水采样点为回水口(输水管路末端)或混合室入口处(透析机与输水回路连接部位 U 型采样口)。因热消毒的加热和 PHD 循环程序、化学消毒的消毒剂浸泡程序运行时回水口阀门关闭,两个消毒程序过程均采集了整个输水管路三个不同部位的混合室入口处,即首机(使用频率低的 1 床过渡透析机)、中间机(管路中间第二个加热组件部位对应透析机位)、尾机(最后一台透析机),见图 1。

1.2.2 采样方法 用 75%乙醇棉签先消毒采样口内外表面后放水 60 s,采集至无菌无热源容器中,过程遵循无菌操作原则。每份供试液水样采集 80 mL,所需用量细菌培养 50 mL,内毒素测定 10 mL。

1.3 采样时机 (1)热消毒程序前管路的基础情况、热消毒程序(程序启动开始、加热升温冲洗、PHD 热循环、冷却排放、系统关闭)、持续消毒完成后共 20 h。热消毒设备在加热期间管路的的不同位置



注:箭头方向为水流动循环方向,红色圆点为水样采集位置。

图 1 透析用水水路及水样采集点示意

Figure 1 Diagram of waterway and water specimen collection sites of dialysis water

有热敏显示器监测水温,初始水温作为动态温度的起始点 20℃,采样温度为 20~90℃,每间隔 10℃。进行 3 次重复试验,每次重复采集、检测同采样点同温条件下 3 个单独水样 ( $n = 9$ ),试验结果计算取平均值。(2)化学消毒程序前管路的基础情况、化学消毒程序(程序启动开始、冲洗加入消毒剂、循环、浸泡、冲洗、反复冲洗、系统关闭)、持续消毒完成后共 20 h。水温基本稳定 17~20℃,采样时间为 0~195 min,每间隔 15 min。进行 3 次重复试验,每次重复采集检测同采样点同时间点 3 个单独水样 ( $n = 9$ ),试验结果计算取平均值。

1.4 细菌培养方法 参照 YY 0572—2015 标准,采用滤膜过滤法富集,水样取量 50 mL,富集在滤膜上。富集时保持液体全部覆盖滤膜表面,过程中保证滤膜在过滤前后的完整性,避免污染,同时设立阴性对照。将滤膜放在 TGEA 培养皿上,20℃ 恒温培养 7 d 后进行菌落计数,单位为 CFU/mL<sup>[8]</sup>。

1.5 内毒素测定 依据《中国药典》动态比浊细菌内毒素检查法。检测反应混合物的浊度达到某一预先设定的吸光度或透光率所需要的反应时间,可准确测定透析用水中细菌内毒素含量。细菌内毒素标准品溶解稀释建立标准曲线及可靠性试验,将内毒素标准质控品用纯水溶解,稀释成 5 个不同浓度,消除干扰,用真菌/细菌动态检测仪进行检测,以稀释度为自变量,以每个浓度测定结果均值为因变量绘制工作标准曲线,回收率为 75%~125%。

1.6 数据拟合分析 通过 Origin(2017 版)软件进行数据模型拟合,两种消毒模式下不同时间或温度

下细菌含量变化使用 logistic 模型拟合,logistic 模型是典型的预测模型,描述微生物数量随着时间变化的情况<sup>[9]</sup>。用于微生物生长和失活情况拟合效果良好。采用细菌存活率描述透析用水中细菌含量变化<sup>[10]</sup>,计算公式如下: $\eta_b = N_t / N_0$  ( $\eta_b$  细菌的存活率,  $N_t$  为不同时间对应的水中细菌含量,  $N_0$  为消毒前初始水中细菌含量),对存活率与各时间进行对数非线性 logistic 模型拟合。不同消毒模式下内毒素随着时间或温度变化的情况使用高斯(Gauss)函数进行数据拟合。

## 2 结果

2.1 两种消毒模式下透析用水中细菌存活率对数与观察时间关系 消毒前透析用水中细菌初始含量:热消毒、化学消毒分别为 2.46、3.06 CFU/mL。两种消毒模式观察时间均选择为 180 min。消毒处理对透析用水中细菌存活影响显著,两种消毒模式细菌存活率对数与消毒程序时间的关系呈现相似曲线特征,细菌存活率随着消毒程序时间的增加而减少,在 50~160 min 时,细菌存活情况变化幅度大,热消毒细菌含量减少的变化比化学消毒平缓,见图 2。

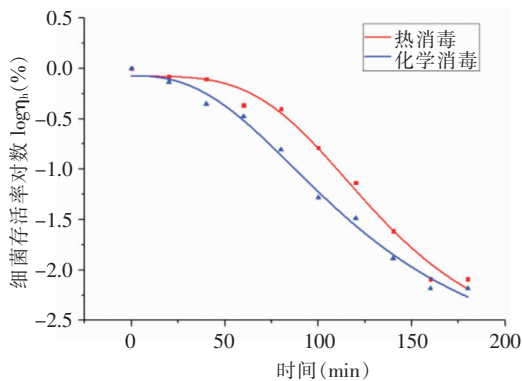


图 2 两种消毒模式下细菌存活率对数与观察时间关系

Figure 2 Relationship between logarithm of bacterial survival rate and observation time under two disinfection modes

上述由 logistic 模型拟合结果的方程及其参数,方程为:

$$y = \frac{A_1 - A_2}{1 + (t + t_0)^p} + A_2 \quad (1)$$

式中  $t$  为消毒处理时间(min),  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $t_0$ 、 $p$  为模型的参数,见表 1。热消毒和化学消毒的曲线决定系数( $R^2$ )分别为 0.982 84、0.988 37。 $R^2$  越接近 1,拟合效果越好,图 1 模型曲线拟合效果均良好。

表 1 两种消毒模式下细菌存活率对数与观察时间关系拟合方程的相关参数

Table 1 Parameters related to the fitting equation for relationship between logarithm of bacterial survival rate and observation time under two disinfection modes

| 消毒模式 | A <sub>1</sub>         | A <sub>2</sub>         | t <sub>0</sub>          | p                    | R <sup>2</sup> |
|------|------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|----------------|
| 热消毒  | - 0. 077 67 ± 0. 065 4 | - 2. 872 23 ± 0. 597 7 | 133. 023 87 ± 17. 371 8 | 3. 725 68 ± 0. 922 5 | 0. 982 84      |
| 化学消毒 | - 0. 072 49 ± 0. 068 9 | - 3. 088 49 ± 0. 579 2 | 121. 290 61 ± 20. 346 0 | 2. 493 26 ± 0. 525 5 | 0. 988 37      |

2.2 热消毒程序过程中透析用水中内毒素含量与温度变化关系 采集输水管路首尾、中间分布的三个混合室入口部位的透析用水中内毒素与温度的关系曲线特征变化基本一致。内毒素含量随着温度不断上升而增加,随着冷却温度下降而减少。在 70、80℃时整个管路水中内毒素含量最高。首机处(第一台透析机)内毒素含量整体水平高于中间机和尾机,中间机和尾机处的内毒素含量高峰对应的温度略低于首机处温度。尾机处内毒素含量在冷却后 30~20℃趋于平稳。见图 3。

上述拟合结果的方程及其参数,方程为:

$$y = y_0 + \frac{A}{w \sqrt{\frac{\pi}{2}}} e^{-2 \frac{(x - x_c)^2}{w^2}} \tag{2}$$

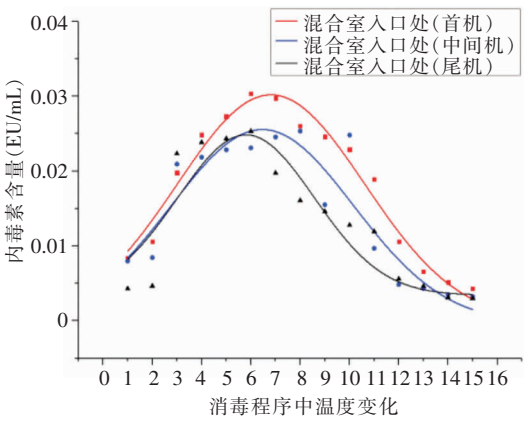
式中 x 为消毒程序中的温度变化对应标值,A、w、y<sub>0</sub>、x<sub>c</sub> 为模型的参数,见表 2。首机、中间机、尾机混合室入口处内毒素曲线的决定系数(R<sup>2</sup>)分别为 0. 968 59,0. 812 31、0. 795 24。R<sup>2</sup> 越接近 1,拟合效果越好,图 3 函数曲线拟合效果均良好。

表 2 热消毒模式下透析用水内毒素含量与温度变化拟合方程的相关参数

Table 2 Parameters related to the fitting equation of endotoxin content and temperature change in dialysis water under thermal disinfection mode

| 采样部位 | y <sub>0</sub>         | x <sub>c</sub>       | w                    | A                    | R <sup>2</sup> |
|------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| 首机   | - 1. 090 72 ± 0. 003 1 | 6. 814 93 ± 0. 137 1 | 7. 607 34 ± 0. 826 8 | 0. 289 09 ± 0. 056 0 | 0. 968 59      |
| 中间机  | - 2. 969 04 ± 0. 005 2 | 6. 465 37 ± 0. 327 1 | 7. 404 87 ± 1. 680 6 | 0. 240 05 ± 0. 092 6 | 0. 812 31      |
| 尾机   | 0. 003 44 ± 0. 002 4   | 5. 801 85 ± 0. 325 0 | 5. 558 91 ± 1. 011 8 | 0. 149 17 ± 0. 036 9 | 0. 795 24      |

2.3 化学消毒程序过程中透析用水中内毒素含量与时间变化关系 采集输水管路首尾、中间分布的三个混合室入口部位的透析用水中内毒素与时间的关系曲线特征变化基本一致。内毒素含量集中升高在中间时段,之后随着时间的延长内毒素含量下降并趋于平稳。在 80~120 min 消毒程序中的消毒剂浸泡冲洗时间段,整个管路水中内毒素含量最高,其中首机处内毒素值最高。中间机内毒素含量整体水平高于尾机,中间机和尾机处的内毒素含量高峰对



注:1 代表 20℃(程序启动前初始阶段);2~7 代表 30、40、50、60、70、80℃(加热升温冲洗阶段);8 代表 90℃(PHD 恒温循环阶段);9~14 代表 80、70、60、50、40、30℃(冷却排放阶段);15 代表 20℃(系统关闭),1 刻度为 10℃。

图 3 热消毒模式下透析用水内毒素含量与温度变化关系  
Figure 3 Relationship between endotoxin content and temperature change in dialysis water under thermal disinfection mode

应的时间略早于首机处。三处内毒素含量在冲洗阶段后趋于平稳。见图 4。  
上述拟合结果的方程及其参数,方程同 2.2 中方程(2),式中 x 为消毒程序时间(min),A、w、y<sub>0</sub>、x<sub>c</sub> 为模型的参数,见表 3。首机、中间机、尾机三条曲线的决定系数(R<sup>2</sup>)分别为 0. 819 30、0. 521 38、0. 947 61。R<sup>2</sup> 越接近 1,拟合效果越好,图 4 中间机的函数曲线拟合稍差,其余两条曲线拟合效果良好。

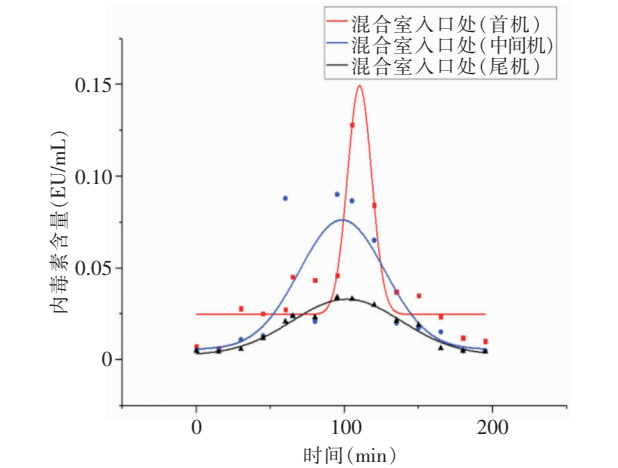


图 4 化学消毒模式下透析用水内毒素含量与时间变化关系

Figure 4 Relationship between endotoxin content and time change in dialysis water under chemical disinfection mode

表 3 化学消毒模式下透析用水内毒素含量与时间变化拟合方程的相关参数

Table 3 Parameters related to the fitting equation of endotoxin content and time change in dialysis water under chemical disinfection mode

| 采样部位 | $y_0$                | $x_c$                 | $w$                    | $A$                  | $R^2$   |
|------|----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|---------|
| 首机   | $0.02485 \pm 0.0040$ | $110.1192 \pm 1.1672$ | $16.38663 \pm 2.9750$  | $2.55911 \pm 0.3438$ | 0.81930 |
| 中间机  | $0.00582 \pm 0.0115$ | $98.33454 \pm 6.7667$ | $57.72960 \pm 18.2954$ | $5.10223 \pm 2.0128$ | 0.52138 |
| 尾机   | $0.00265 \pm 0.0020$ | $101.3859 \pm 1.9897$ | $74.22020 \pm 7.2572$  | $2.83576 \pm 0.3945$ | 0.94761 |

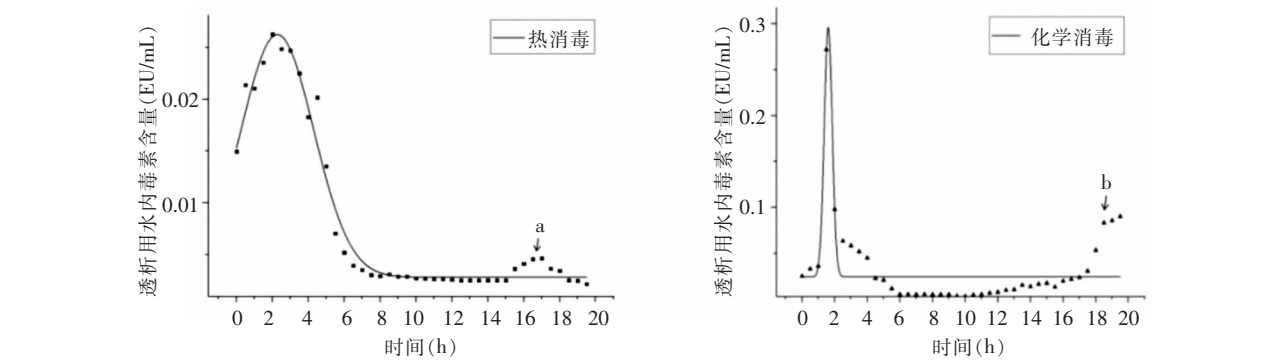


图 5 两种消毒程序下 20 h 内透析用水中内毒素含量变化

Figure 5 Changes of endotoxin content in dialysis water within 20 hours under two disinfection procedures

表 4 两种消毒模式下透析用水内毒素含量与时间变化拟合方程的相关参数

Table 4 Parameters related to the fitting equation of endotoxin content and time change in dialysis water under two disinfection modes

| 消毒模式 | $y_0$                | $x_c$                | $w$                  | $A$                  | $R^2$   |
|------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------|
| 热消毒  | $0.00282 \pm 2.5648$ | $2.27543 \pm 0.0689$ | $4.05332 \pm 0.1638$ | $0.11896 \pm 0.0045$ | 0.97697 |
| 化学消毒 | $0.02435 \pm 0.0041$ | $1.60567 \pm 0.0740$ | $0.48948 \pm 0.1187$ | $0.16666 \pm 0.0227$ | 0.72097 |

### 3 讨 论

临床上使用的透析用水虽经过反渗透处理,但多数研究证明存在不同程度的污染情况,如细菌、内毒素、细菌来源的 DNA 短片段等大分子物质,并且这些片段及分子物质可能通过透析器膜,从而诱导患者炎症细胞产生,导致慢性炎症及并发症发生及进展<sup>[11-12]</sup>。透析用水的质量保障在于水路系统的消毒维护。日常按有关规范对透析用水的微生物指标定期抽样监测,对管路中消毒前后微生物及产物的动态特征定量观察也是监测工作中的重要部分。

细菌含量变化规律初级模型拟合显示,虽热消毒比化学消毒的程序时间长,但细菌存活率与消毒程序时间的关系呈现相似曲线特征,说明两种消毒处理对透析用水中细菌存活影响均较为显著。两条曲线 50~160 min 时间段细菌含量变化幅度较大。在不同消毒程序下,化学消毒比热消毒使细菌存活率略低。绝大部分细菌死亡,结果发现即使消毒完毕无法达到 100%除菌。

本研究结果显示,内毒素含量变化对温度和过氧乙酸浸泡敏感,但两种消毒过程中内毒素变化规律存在明显不同。热消毒机组有 2 个加热组件,通过将水温逐渐加热并冲洗,后至恒温 85~90℃,管路在程序升温 and 冷却环节热敏显示温度是不均衡的,所以使用管路中 3 个部位的水样拟合,综合说明整个管路真实情况。高斯函数拟合结果显示,3 个部位的内毒素与温度的关系曲线特征变化基本一致。内毒素含量随着温度不断上升而增加,水温热冲击短时间可杀死细菌,同时释放大量的内毒素,在升温过程中 50、60℃ 仍有细菌存活,一些细菌存活温度稍高并且细菌死亡率的倒数(D 值)高,如乳杆菌、假单胞菌等<sup>[13]</sup>。在 70、80℃ 时整个管路水中内毒素含量最高。首机处内毒素含量整体水平高于中间机和尾机,因为过渡机使用频率低,微生物污染情况相对较重。中间机和尾机处的内毒素含量高峰对应的温度略低于首机处温度,是因为热水先流至首机,温度监测时发现中间和尾机的温度上升比首机慢,同时也说明内毒素释放对温度敏感。化学消毒拟合 3 个采样部位内毒素与时间的变化关系曲线特征,结果显示随着消毒剂作用时间内毒素先达到释放峰值后下降。在 80~120 min 消毒程序中的过氧乙酸浸泡冲洗时间段,整个管路水中内毒素含量最高,其中首机处内毒素值最高释放晚于中间和尾部管路部

位,但在短期集中快速释放。再次证明过渡机的污染情况可能严重。中间机和尾机处的内毒素含量高峰对应的时间略早于首机处,因浸泡完冲洗管内水流速约为 1 400 L/H,冲流积累可使管路后端内毒素含量略高于首机,并且在冲洗阶段后 3 处内毒素含量均趋于平稳。化学消毒程序中浸泡冲洗环节对内毒素释放影响明显。

观察刚消毒完后内毒素的持续释放情况,结果显示内毒素在两种消毒程序内均随时间增加而升高,随后下降趋于平稳,而热消毒后 15 h 时、化学消毒后 12 h 水中内毒素有逐渐上升趋势,出现小峰值。本研究中涉及机组基本情况为供水管路和消毒机组管路较新,使用年限仅一年十个月,输水管路很长。消毒机组管路为 316 不锈钢材质,供水管路为交联聚乙烯(PEX)材质。虽标准 YY 0572—2015 中规定透析用水中的内毒素含量应不超过 0.25 EU/mL,干预水平为 0.125 EU/mL。但在临床实践中,因供水分配系统的复杂性和输水热损失、水流波动性,会造成热消毒、化学消毒效果的不均衡性<sup>[14]</sup>。尤其是加热组件远端水路、使用点的热损失,还有出口、管路拐点消毒浸泡冲洗短暂或易停滞的情况发生。因管路较新,内毒素没有超过限值,但在消毒过程中个别点却达到干预值。结合细菌存活率试验结果,可能与细菌系统再定植有关。在消毒刚完成的次日,需要关注患者上机前制水系统的管理和及时更换快超期透析机内毒素过滤器是必要的。

透析用水的供水系统为相对封闭的环境,管道系统中的水流,以及系统本身的设计和性质也可能影响微生物指标,如管道系统很可能藏匿着以生物膜方式生活的病原体细胞等<sup>[15-16]</sup>。应用模型拟合曲线描述透析用水中细菌失活和内毒素释放变化,模型基于函数方程,y 因变量在研究中为(细菌存活率对数、内毒素含量)而随不同温度和时间而变化。除化学消毒下中间机的内毒素与时间曲线外,其余曲线估计的  $R^2$  值为 0.720 97~0.988 37,数据的统计拟合基本良好。说明所选函数模型能够充分描述透析用水中细菌和内毒素动态变化特征。消毒全过程中温度和时间是影响透析用水微生物指标决定性的参数。

本研究利用微生物数据模型拟合数据,用于描述透析用水中细菌失活和内毒素变化规律,补充细化透析用水监测方法。但本研究存在一定的局限性,即模型基于一家医疗机构的数据拟合而成,虽然为本省规模大的血透中心,有一定的参考性,但是缺

少多样本完善数据。同时本研究建立的微生物预测模型为初级,而完善的模型需要长期、重复的过程,并且建立高级模型,在日后的研究准备扩大样本、丰富试验设计、完善修正数据模型。在日常感控工作中,可根据医疗机构血透中心的基本情况,摸底绘制自身消毒过程下管路水中微生物指标变化规律曲线。在传统监测上增加方法,动态分析微生物指标的变化有助于更好地达到透析用水消毒效果,细化预防与控制措施。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

# [参 考 文 献]

[1] 申应德, 张新, 王家芳. 透析用水及透析液内毒素含量检测[J]. 中国血液净化, 2017, 16(1): 65-68.  
Shen YD, Zhang X, Wang JF. Determination of endotoxin content in dialysis water and dialysate[J]. Chinese Journal of Blood Purification, 2017, 16(1): 65-68.

[2] Kim S, Patel DS, Park S, et al. Bilayer properties of lipid a from various Gram-negative bacteria[J]. Biophys J, 2016, 111(18): 1750-1760.

[3] Geremia I, Stamatialis D. Innovations in dialysis membranes for improved kidney replacement therapy[J]. Nat Rev Nephrol, 2020, 16(10): 550-551.

[4] Dai ZH, Sevellano-Rivera MC, Calus ST, et al. Disinfection exhibits systematic impacts on the drinking water microbiome[J]. Microbiome, 2020, 8(1): 42.

[5] 张瑞红, 吴海东, 吴惠刚, 等. 中山市医疗机构血液透析中心透析用水卫生质量分析[J]. 中国消毒学杂志, 2018, 35(8): 616-618.  
Zhang RH, Wu HD, Wu HG, et al. Analysis of sanitary quality of dialysis water in medical institutions hemodialysis center in Zhongshan city[J]. Chinese Journal of Disinfection, 2018, 35(8): 616-618.

[6] 张慧, 宗志勇. 国外血液透析机构医院感染暴发的研究现状: 1987—2021 年[J]. 中国感染控制杂志, 2021, 20(9): 855-863.  
Zhang H, Zong ZY. Research status of outbreaks of health-care-associated infection in hemodialysis facilities of foreign countries: 1987-2021[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2021, 20(9): 855-863.

[7] 李长城. 三文鱼鱼籽中单增李斯特菌预测模型建立及控制研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2015.  
Li CC. Development of predictive models and control of *Listeria monocytogenes* in Salmonroe[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2015.

[8] 国家食品药品监督管理总局. 血液透析及相关治疗用水: YY 0572—2015[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.

China Food and Drug Administration. Water for haemodialysis and related therapies: YY 0572-2015[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.

[9] 逢海英. 不同温度下鸡肉中沙门氏菌的生长与次氯酸钠杀菌的微生物预测模型[D]. 杭州: 浙江大学, 2018.  
Pang HY. Predictive models for the growth and sodium hypochlorite inactivation of *Salmonella* in chicken fillets with different temperatures[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2018.

[10] 郑婷. 冷却牛肉中沙门氏菌的生长动力学模型和热失活模型的建立[D]. 泰安: 山东农业大学, 2015.  
Zheng T. Development of growth model and thermal inactivation model of *Salmonella* in chilled beef[D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2015.

[11] 应滋栋, 赵丽萍. 内毒素过滤器的特性及临床应用[J]. 中国血液净化, 2016, 15(7): 369-371.  
Ying ZD, Zhao LP. Characteristics and clinical application of endotoxin filter[J]. Chinese Journal of Blood Purification, 2016, 15(7): 369-371.

[12] 潘配强. 不同血液净化方式对透析患者微炎症状态的影响[D]. 青岛: 青岛大学, 2020.  
Pan PQ. Effects of different blood purification methods on micro-inflammatory state of dialysis patients [D]. Qingdao: Qingdao University, 2020.

[13] Gavalda L, Garcia-Nuñez M, Quero S, et al. Role of hot water temperature and water system use on *Legionella* control in a tertiary hospital: an 8-year longitudinal study[J]. Water Res, 2019, 149: 460-466.

[14] Bédard E, Fey S, Charron D, et al. Temperature diagnostic to identify high risk areas and optimize *Legionella pneumophila* surveillance in hot water distribution systems[J]. Water Res, 2015, 71: 244-256.

[15] 艾海男, 张青, 何强, 等. 重力流排水管道内流态对生物膜菌落结构的影响[J]. 环境工程学报, 2017, 11(5): 2845-2850.  
Ai HN, Zhang Q, He Q, et al. Impact of flow pattern of drainage pipe on structure of biofilm colonies [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2017, 11(5): 2845-2850.

[16] Boppe I, Bédard E, Taillandier C, et al. Investigative approach to improve hot water system hydraulics through temperature monitoring to reduce building environmental quality hazard associated to *Legionella* [J]. Build Environ, 2016, 108: 230-239.

(本文编辑:左双燕)

**本文引用格式:**赵璐,张慧玲,刘佳雯,等. 透析用水细菌及内毒素含量在热消毒和化学消毒全过程中的动态规律特征研究[J]. 中国感染控制杂志, 2022, 21(5): 469-475. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20221904.

**Cite this article as:** ZHAO Lu, ZHANG Hui-ling, LIU Jia-wen, et al. Dynamic characteristics of bacteria and endotoxin content in dialysis water during the process of thermal disinfection and chemical disinfection[J]. Chin J Infect Control, 2022, 21(5): 469-475. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20221904.