

· 临床研究 ·



开放科学
(资源服务)
标识码(OSID)

维持性血液透析患者透析前后血钾水平的调查

黄春鸿 连学坚 陈珊莹 张秀安 陈春明 杨文芳 蔡玉婷 林敏娜 沈逸君
吴志彬

363000 漳州,福建医科大学附属漳州市医院肾内科

【摘要】 目的 研究维持性血液透析患者血液透析前和透析后的血钾水平及其变化。方法 回顾性分析福建医科大学附属漳州市医院血液透析室的资料。以月为单位,分析 2019 年每月血液透析患者的透析前和透析后血钾水平。高钾血症的定义为:血清钾离子 ≥ 5.5 mmol/L,其中血钾 ≥ 6.5 mmol/L 定义为严重高钾血症。低钾血症的定义为:血清钾离子 ≤ 3.5 mmol/L。配对 t 检验对比透析前后的同一患者的血钾水平, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。**结果** 2019 年,每个月有 359~383 例患者在我院接受血液透析治疗。每个月在透析患者接受血钾的检测率为 63.76%~81.79%,每个月透析前血钾的均值波动在 4.71~5.08 mmol/L 之间,全年的钾离子测定波动在 2.8~8.69 mmol/L。每月检测中,低钾血症的患病率为 0.40%~4.49%(9 个月)。每月尚有 6.79%~13.74% 的患者血钾水平在 3.5~4.0 mmol/L。每月测定中,高钾血症的患病率为 13.74%~27.8%(11 个月),其中 1.22%~7.5% 的患者血钾水平 ≥ 6.5 mmol/L。透析后血钾水平显著降低($P < 0.05$)。对比透析前,透析后血钾下降 27.01%~29.05%,透析后血钾水平 2.15~5.65 mmol/L。透析后低钾血症的发生率为 40.08%~54.59%,其中 8 例次出现血钾低于 2.5 mmol/L,50 例次出现血钾 2.5~3.0 mmol/L。**结论** 每月尚有一定比例的维持性血液透析患者伴有低钾血症,关注患者的血钾水平,个体化的选择透析液钾离子浓度可能有益。

【关键词】 血液透析;钾离子;尿毒症

DOI: 10.3969/j.issn.1671-2390.2020.12.009

Pre-dialysis and post-dialysis levels of serum potassium in patients with hemodialysis HUANG Chun-hong, LIAN Xue-jian, CHEN Shan-ying, ZHANG Xiu-an, CHEN Chun-ming, YANG Wen-fang, CAI Yu-ting, LIN Min-na, SHEN Yi-jun, WU Zhi-bin. Department of Nephrology, Zhangzhou Municipal Hospital Affiliated to Fujian Medical University, Zhangzhou 363000, China

Corresponding author: CHEN Shan-ying, E-mail: 1485744679@qq.com

【Abstract】 Objective To analyze retrospectively the pre-dialysis and post-dialysis levels of serum potassium and their changes in hemodialysis patients. **Methods** Data on hemodialysis patients from Hemodialysis Room of Zhangzhou Municipal Hospital Affiliated to Fujian Medical University were analyzed retrospectively. The serum potassium levels of hemodialysis patients before and after hemodialysis in 2019 were analyzed with month as unit time. Hyperkalemia was defined as serum potassium ion ≥ 5.5 mmol/L. Serum potassium ≥ 6.5 mmol/L was defined as severe hyperkalemia. Hypokalemia was defined as serum potassium ion ≤ 3.5 mmol/L. Paired t -test was used to compare the serum potassium levels of the same patient before and after dialysis, $P < 0.05$ was regarded as statistically significant difference. **Results** In 2019, 359-383 patients re-

[作者简介] 黄春鸿,女,硕士,副主任医师,研究方向:肾内科,血液透析,腹膜透析,E-mail:99860678@qq.com

[通信作者] 陈珊莹,女,博士,主任医师,研究方向:肾内科,血液透析,腹膜透析,E-mail:1485744679@qq.com

ceived hemodialysis treatment in our hospital every month. Among all of patients undergoing hemodialysis, 63.76%~81.79% patients received tests of serum potassium levels in every month. The mean value of pre-dialysis serum potassium levels was 4.71~5.08 mmol/L. In 2019, the serum potassium measurement value ranged from 2.8 to 8.69 mmol/L. The prevalence of hypokalemia was 0.4%~4.49% (9 months). In 2019, 6.79%~13.74% of patients had a level of serum potassium between 3.5 and 4.0 mmol/L. The prevalence of hyperkalemia was 13.74% to 27.8% (11 months). Totally 1.22%~7.5% of patients had a higher level of serum potassium ion (≥ 6.5 mmol/L). After dialysis, the level of serum potassium decreased significantly ($P < 0.05$). Compared to that before dialysis, the level of blood potassium decreased by 27.01%~29.05% after dialysis. The level of post-hemodialysis serum potassium was 2.15~5.56 mmol/L. The prevalence of post-hemodialysis hypokalemia was 40.08%~54.59%. The level of post-hemodialysis serum potassium was < 2.5 mmol/L in 8 patients and 2.5~3 mmol/L in 50 patients, retrospectively. **Conclusions** Monthly, some certain proportion of patients with maintenance hemodialysis still experience the complication of hypokalemia. Concern about serum potassium levels of those patients, and individualized selection of dialysate potassium concentration for different patients may be helpful.

【Key words】 Hemodialysis; Potassium; Uremia

血液透析患者通过限制饮食钾摄入、血液透析清除血钾、药物以及残余肾功能排出钾来调节血钾^[1-2]。血液透析治疗中使用低钾透析液通过弥散和滤过清除过多的血钾。既往多项的大型研究提示,血钾水平与透析患者的病死率相关性存在 U-曲线,除了高钾血症,低钾血症同样增加患者的病死率^[3-6]。本研究旨在回顾性分析单中心维持性血液透析患者透析前和透析后的血钾水平及其变化。

资料与方法

一、一般资料

依据 2010 年《血液净化标准操作规程》(SOP)^[7],血液透析室建立相关病历资料,并根据 SOP 推荐定期对血液透析患者行相关实验室检查。每 1~3 个月进行一次肝功能、肾功能、血常规、电解质检查。每 3 个月评估一次尿素清除率,透析后查尿素氮。因透析后电解质水平发生变化,尤其透析后血钾与心律失常相关,因此我院同时建议查透析后血钾。

二、入选标准

入选患者必须同时符合以下条件:(1)2019 年 1 月 1 日至 12 月 31 日在福建医科大学附属漳州市医院接受维持性血液透析治疗的患者;(2)确诊为慢性肾衰竭。

三、收集资料和信息

以月为单位,收集每月血液透析患者的透析前、透析后血钾水平。

四、血液标本的采集以及血钾水平的测定

透析前采血时间为血液透析上机治疗前尚未使

用抗凝剂时,由护士从静脉端空针采血,采血管为分离胶促凝管,采集血样 3 mL。血液透析后采血要求在透析将结束时完成,设定超滤速度为 0,而后将透析液设置为旁路,血流仍以正常速度运转 3~5 min 后,从血路管任何部位抽取血标本^[7]。使用肝素抗凝的患者,采血前至少停用肝素 30 min。采集血样前未要求禁食,可以为餐后的标本。血钾测定方法为间接电极法。

五、高钾血症和低钾血症的定义

在本研究中高钾血症的定义为:血清钾离子 ≥ 5.5 mmol/L,其中血钾 ≥ 6.5 mmol/L 定义为严重高钾血症。低钾血症的定义为:血清钾离子 ≤ 3.5 mmol/L。

六、收集透析前出现低钾血症患者的基本情况

依据血液透析室的登记资料和住院患者电子病历,记录有否因高钾血症和低钾血症再入院,或因高钾血症和低钾血症引起的并发症接受急救治疗。收集内容包括姓名、年龄、原发疾病、并发症,分析引起低钾血症的原因,并记录析针对低钾血症可能的病因给予的治疗及治疗调整后低钾血症是否缓解。因低钾可能诱发洋地黄化患者的心律失常以及严重肝硬化患者的肝昏迷,调查低钾血症患者中是否存在洋地黄化或严重肝硬化。

七、搜集透析前出现严重高钾血症患者的基本情况

包括姓名、年龄、原发疾病、并发症以及是否使用过可能引起高钾血症的药物包括:血管紧张素转化酶抑制剂(angiotensin converting enzyme inhibitor, ACEI)、血管紧张素受体阻滞剂(angiotensin

receptor blocker, ARB)、保钾利尿药物、非甾体类抗炎药物、β受体阻滞剂以及其他含钾的制剂。分析引起高钾血症的原因及针对高钾血症可能的病因给予的治疗,了解治疗调整后高钾血症是否缓解。

八、数据整理和统计分析

Excel 表格录入和整理数据, Stata12 统计软件完成统计分析。按月整理透析患者的血钾数据, 标出检测出的血钾的范围。依据既往的研究, 血液透析患者透析前的血钾水平 4.0~5.5 mmol/L 之间病死率最低^[5]。将透析前血钾水平分为 <3.5 mmol/L、3.5~4 mmol/L、4~5.5 mmol/L、5.5~6.5 mmol/L 以及 ≥6.5 mmol/L 的不同水平。调查透析后低钾的例数, 将透析后的低钾血症再次分为 <2.5 mmol/L、2.5~3.0 mmol/L、<3.5 mmol/L。符合正态分布的数据用 Mean ± SD 表示, 配对 *t* 检验对比透析前后的同一患者的血钾水平, *P* < 0.05 为差异有统计学意义。

结 果

一、患者一般资料

2019 年 12 月 371 例患者于我院接受维持性血液透析治疗(透析时间大于 90 d)。371 例患者平均年龄为 51 岁, 其中男性 213 例, 女性 158 例。355 例每周血液透析治疗 3 次, 余患者接受每周血液透析治疗 2 次。透析机为费森尤斯 4008S、费森尤斯 5008S、贝朗 Dialog+, 透析器为 F7HPS 透析器(聚砜膜透析器、膜表面积为 1.6 m²)、德朗透析器(聚醚砜膜透析

器、膜表面积为 1.6 m²)、FX80 透析器(聚砜膜透析器、膜表面积为 1.8 m²)。使用透析浓缩 A 液和 B 粉, 碳酸盐透析, 配置透析液的电解质浓度为: K⁺ 2.0~2.14 mmol/L, Na⁺ 140.0~140.9 mmol/L, Cl⁻ 111.4~112.7 mmol/L, Ca²⁺ 1.52~1.56 mmol/L, P 0 mmol/L, Mg²⁺ 0.50~0.56 mmol/L, HCO₃⁻ 33.6~36.9 mmol/L, 透析液流量为 500~700 mL/min, 血流量为 200~300 mL/min。

二、每月的透析前血钾测定

每月在透患者接受血钾的检出率为 57.68%~81.79%, 每月透析前血钾的均值波动在 4.71~5.08 mmol/L 之间, 全年的钾离子测定波动在 2.80~8.69 mmol/L。每月检测中, 低钾血症的患病率为 0.40%(5 月)~4.49%(9 月)。每月尚有 6.79%~13.74% 的患者血钾水平在 3.5~4.0 mmol/L。每月测定中, 高钾血症的患病率为 13.74%(6 月)~27.80%(11 月), 其中 1.22%(9 月)~7.50%(2 月) 的患者血钾水平 ≥6.5 mmol/L。(表 1)

三、透析前后的血钾水平

每 3 个月同时评估透析前后血钾水平, 分别为 2 月、5 月、8 月和 11 月。配对 *t* 检验对比透析前后的血钾水平, 透析后血钾水平显著降低(*P* < 0.05)。对比透析前, 透析后血钾下降 27.82%~29.05%, 透析后血钾水平 2.15~5.65 mmol/L。透析后低钾血症的发生率为 40.08%~54.59%, 其中 8 例次出现血钾低于 2.5 mmol/L, 50 例次出现血钾 2.5~3.0 mmol/L。(表 2)

表 1 2019 年 1~12 月血液透析患者透析前血钾水平

| 月份 | 月末患者总数 | 接受检查患者 | 检查比例/% | 血钾范围 /mmol·L ⁻¹ | 血钾 /mmol·L ⁻¹ | 血钾水平/例 | | | | |
|----|--------|--------|--------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| | | | | | | <3.5 /mmol·L ⁻¹ | ≥3.5, <4.0 /mmol·L ⁻¹ | ≥4.0, <5.5 /mmol·L ⁻¹ | ≥5.5, <6.5 /mmol·L ⁻¹ | ≥6.5 /mmol·L ⁻¹ |
| 1 | 359 | 251 | 69.91 | 3.38~8.69 | 4.96 ± 0.80 | 4 | 20 | 171 | 48 | 8 |
| 2 | 366 | 280 | 76.50 | 3.31~7.46 | 5.08 ± 0.85 | 3 | 19 | 181 | 56 | 21 |
| 3 | 372 | 260 | 69.89 | 2.94~7.16 | 4.90 ± 0.75 | 7 | 19 | 182 | 46 | 6 |
| 4 | 374 | 238 | 64.15 | 3.00~7.96 | 4.83 ± 0.75 | 5 | 18 | 176 | 34 | 5 |
| 5 | 370 | 253 | 68.38 | 3.39~7.18 | 4.98 ± 0.80 | 1 | 30 | 160 | 54 | 8 |
| 6 | 372 | 262 | 70.43 | 2.81~7.00 | 4.74 ± 0.74 | 6 | 36 | 184 | 30 | 6 |
| 7 | 367 | 281 | 76.57 | 2.99~7.61 | 4.82 ± 0.78 | 6 | 38 | 188 | 43 | 6 |
| 8 | 366 | 278 | 75.96 | 3.27~7.50 | 4.92 ± 0.85 | 9 | 29 | 183 | 41 | 16 |
| 9 | 373 | 245 | 65.68 | 2.80~6.80 | 4.71 ± 0.75 | 11 | 27 | 168 | 36 | 3 |
| 10 | 379 | 310 | 81.79 | 2.97~7.76 | 4.94 ± 0.85 | 5 | 32 | 205 | 52 | 16 |
| 11 | 378 | 241 | 63.76 | 3.17~6.24 | 5.02 ± 0.83 | 3 | 17 | 154 | 56 | 11 |
| 12 | 383 | 265 | 69.19 | 3.17~8.05 | 5.03 ± 0.82 | 3 | 20 | 170 | 59 | 13 |

表 2 血液透析后血钾水平

| 月份 | 接受检查例数 | 透后血钾 /mmol·L ⁻¹ | 透后血钾 /mmol·L ⁻¹ | 透后血钾下降比例/% | 透后低钾例数 | 透后血钾/例 | | |
|----|--------|----------------------------|----------------------------|------------|--------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| | | | | | | >3.0, <3.5 mmol·L ⁻¹ | >2.5, ≤3 mmol·L ⁻¹ | ≤2.5 mmol·L ⁻¹ |
| 2 | 252 | 2.15~5.03 | 3.60 ± 0.45 | 28.52 | 101 | 81 | 14 | 6 |
| 5 | 192 | 2.70~4.86 | 3.55 ± 0.41 | 27.82 | 90 | 76 | 14 | 0 |
| 8 | 229 | 2.37~4.53 | 3.47 ± 0.37 | 29.05 | 125 | 108 | 16 | 1 |
| 11 | 140 | 2.30~5.65 | 3.63 ± 0.48 | 27.01 | 63 | 56 | 6 | 1 |

四、调查全年透析患者再入院记录

维持性透析患者再住院患者中 35 例次合并高钾血症,其中 7 例次合并严重高钾血症,严重高钾血症的 7 例中 2 例患者透析前出现四肢麻木、乏力,2 例出现腹痛、腹泻。所有高钾血症患者经过血液透析治疗后血钾降至正常水平,症状改善。2 例次合并低钾血症住院,其中 1 例为腹膜透析转血液透析患者,血液透析治疗同时尚仍有不规则腹膜透析治疗。1 例为腹膜透析改血液透析的患者,因腹膜硬化明显合并不完全性肠梗阻,长期摄入不足,营养不良。2 例低钾血症患者经药物补钾及饮食补钾后,血钾恢复正常。再入院患者中,无患者因高钾血症直接入院,所有患者均因其他原因入院后检查发现高钾血症。无患者直接因高钾血症和低钾血症死亡。

五、低钾血症情况

本研究中,共有 63 例次患者出现透析前低钾血症,患者年龄 12~98 岁,其中 12 例患者出现多次透析前低钾血症,接受药物补钾及饮食补钾治疗后均好转。合并低钾血症的患者中,无人合用洋地黄类药物,无肝硬化患者。

六、高钾血症情况

本研究中,共有 119 例次患者出现透析前严重高钾血症,患者年龄 12~85 岁,其中 32 例患者出现多次透析前严重高钾血症,接受血液透析及降钾药物治疗后均好转。伴有严重高钾血症的患者中,34 例接受检验前服用可能影响血钾的药物,44 例接受检验前未服用可能影响血钾的药物。服用可能影响血钾的药物包括 ACEI(2 例)、ARB(11 例)、非甾体类抗炎药物(3 例)、 β 受体阻滞剂(26 例)以及其他含钾的制剂(1 例)。

其他可能影响血钾的因素包括:残余尿量、透析充分性、透析时长、便秘、中药等。78 例严重高钾血症的患者中,残余尿量中位数为 0 mL/24h(四分位数为 0,100 mL),其中 55 例尿量为 0 mL/24h。根据血液净化标准操作规程(2010 版)^[7],Kt/V 靶目标值设定为 1.2~1.4,78 例严重高钾血症的患者 Kt/V 达标率达 82%。78 例严重高钾血症的患者中,71 例透析时长为 12 h/周,7 例透析时长为 8 h/周。78 例严重高钾血症的患者中,服用中成药情况:5 例服用尿毒清,12 例服用肾衰宁。

讨 论

机体通过多种调节机制维持钾离子的静态平

衡,无论低钾或高钾均可带来一系列病理生理学的变化,甚至引起致死性心律失常^[1-2]。

Rossignol 等对 527 例慢性血液透析患者随诊 24 个月,共测定血钾 14 734 次,在基线值测定中 26.4%、13.8%和 4.9%的患者血钾水平分别大于 5.1 mmol/L、5.5 mmol/L 或 6 mmol/L。12.5%、1.9%和 0.4%的患者血钾低于 4 mmol/L、3.5~3 mmol/L 或 3 mmol/L。其中 61%患者口服降钾药物(主要是聚磺苯乙烯),随着时间的推移,78%患者接受口服降钾药物治疗,527 例患者中,73.8%的患者曾出现血钾>5.1 mmol/L、57.9%出现血钾>5.5 mmol/L、34.5%曾伴有血钾 6 mmol/L。血钾大于 5.5 mmol/L 患者尽管应用低钾透析液(2 mmol/L)以及口服降钾药物,仅仅 6.3%的患者在 3 个月内血钾恢复至正常水平(4.0~5.0 mmol/L)^[8]。本研究在每月测定中,高钾血症的患病率为 13.74%~27.80%,其中 1.22%~7.50%的患者血钾 \geq 6.5 mmol/L。本组高钾血症的患病率偏高,可能的原因是聚磺苯乙烯价格较为昂贵,难以坚持长期服用。

既往的多项大样本人群的研究显示,在透析患者中血钾浓度与病死率存在 U 形曲线^[3-6]。在 81 013 例血液透析患者的研究中,透析前血钾 4.6~5.3 mmol/L 的患者病死率最低^[3]。DOPPS 中,55 183 例透析患者中,血钾水平在 4~5.5 mmol/L 之间的患者病死率最低^[5]。基于上述研究的结果,本研究将高钾血症定义为血钾>5.5 mmol/L。每月测定中,高钾血症的患病率为 13.74%~27.80%,其中 1.22%~7.5%的患者血钾 \geq 6.5 mmol/L。通过及时停用可能影响血钾的药物以及利尿剂口服可能改善部分患者的高钾血症,对于严重高钾患者的调查显示高钾可能与大量进食富钾食物有关,尤其秋冬季节是柑橘类水果的时令季节。因降钾口服药物相对较昂贵,通过饮食控制适当降低高钾的严重程度。

与高钾血症相比,低钾血症在透析患者中关注度较低。但是多项大型的研究均提示低钾与透析患者病死率相关,低钾可能与患者摄入少有关,而营养不良是慢性病患者病死率相关的重要因素^[3-6]。此外,低钾血症亦可诱发心律失常。猝死是透析患者常见的死亡原因,既往研究 43 200 例透析患者中,3 年的随诊期间,每 100 000 例次血液透析治疗中发生 4.5 例次的猝死^[9]。与猝死相关因素包括:低钾透析液、超滤量大、低钙透析液、透析前肌酐水平^[10]。为了控制血钾水平,通常使用低钾透析液以利于清除透析间期体内蓄积的钾离子,但是低钾透析液引起透析短

数小时内血钾水平急剧下降,既往的研究显示,70.0%携带可穿戴除颤器的透析患者曾出现过心律失常,其中2.8%发生在透析刚结束时^[11]。这可能与透析中短时间内血钾清除,机体的再平衡尚未达到保证血钾恢复,低钾血症诱发心律失常有关。新近的研究提示,预防性的植入除颤器并不能降低透析患者的猝死和全因死亡率^[12]。如何降低透析患者的猝死,需要综合诊疗。

基于低钾血症与心血管事件的相关性,对于低钾透析液(2 mmol/L)有学者提出质疑,建议提高血钾到3.0 mmol/L^[2]。但是同样也有研究提示心律失常最高发的时刻为长透析间歇后透析治疗前(透析间隔3 d时),提示透析前高钾血症可能是最常见诱发心律失常的因素^[13-14]。这就使得透析治疗陷入两难,既要保证血液透析能有效清除体内蓄积的钾,又避免低钾血症引起的并发症。目前尚无强有力的循证证据支持最适宜的透析液钾离子浓度。对于大部分血透患者而言,低钾透析有助于清除血钾,避免至下次透析时因高钾诱发致死性心律失常。但是对于一部分患者,透析前血钾<4.0 mmol/L时,透析后血钾进一步降低,可能带来相关的并发症。推荐可以应用“7”的原则选择透析液钾离子浓度,即透析液钾离子浓度+血钾离子浓度=7 mmol/L^[2]。这样既可有效清除钾,又可避免低钾血症。但是实际临床工作中,可能因可供选择的透析液有限,实际操作较难。本组研究亦提示,透析后低钾血症发生率高,透析中由于弥散、对流方式清除血钾以及酸中毒的纠正,钾离子向细胞内转移均可降低血钾。但是本组研究中透析后采血为治疗结束前的采血标本,机体血浆钾占总钾的比例仅仅2%^[1],透析后细胞内钾向细胞外转移可能改善低钾。再平衡过程的时间以及血钾的恢复水平需要进一步研究。

总之,关注患者的血钾水平,个体化的选择透析液钾离子浓度可能有益。此外,血液透析患者是猝死的高发人群,透析治疗中需密切监测,尤其是透析起始和透析刚结束因高钾和低钾血症均有可能诱发心律失常。

参 考 文 献

- [1] Palmer BF, Clegg DJ. Physiology and pathophysiology of potassium homeostasis: core curriculum 2019[J]. Am J Kidney Dis, 2019, 74(5): 682-695. DOI: 10. 1053/j. ajkd. 2019. 03. 427.
- [2] Pun PH. Dialysate potassium concentration; Should mass balance trump electrophysiology? [J]. Semin Dial, 2018, 31(6): 569-575. DOI: 10. 1111/sdi. 12738.
- [3] Kovcsdy CP, Regidor DL, Mehrotra R, et al. Serum and dialysate potassium concentrations and survival in hemodialysis patients[J]. Clin J Am Soc Nephrol, 2007, 2: 999-1007. DOI: 10. 2215/CJN. 04451206.
- [4] Luo J, Brunelli SM, Jensen DE, et al. Association between serum potassium and outcomes in patients with reduced kidney function[J]. Clin J Am Soc Nephrol, 2016, 11(1): 90-100. DOI: 10. 2215/cjn. 01730215.
- [5] Karaboyas A, Zee J, Brunelli SM, et al. Dialysate potassium, serum potassium, mortality, and arrhythmia events in hemodialysis: results from the dialysis outcomes and practice patterns study (DOPPS)[J]. Am J Kidney Dis, 2017, 69(2): 266-277. DOI: 10. 1053/j. ajkd. 2016. 09. 015.
- [6] Eriguchi R, Obi Y, Soohoo M, et al. Racial and ethnic differences in mortality associated with serum potassium in incident peritoneal dialysis patients[J]. Am J Nephrol, 2019, 50(5): 361-369. DOI: 10. 1159/000502998.
- [7] 陈香美. 血液净化标准操作规程(2010版)[M]. 北京: 人民军医出版社, 2010: 70-87.
- [8] Rossignol P, Lamiral Z, Frimat L, et al. Hyperkalaemia prevalence, recurrence and management in chronic haemodialysis: a prospective multicentre French regional registry 2-year survey [J]. Nephrol Dial Transplant, 2017, 32(12): 2112-2118. DOI: 10. 1093/ndt/gfx053.
- [9] Pun PH, Lechrich RW, Honeycutt EF, et al. Modifiable risk factors associated with sudden cardiac arrest within hemodialysis clinics[J]. Kidney Int, 2011, 79(2): 218-227. DOI: 10. 1038/ki. 2010. 315.
- [10] Makar MS, Pun PH. Sudden cardiac death among hemodialysis patients[J]. Am J Kidney Dis, 2017, 69(5): 684-695. DOI: 10. 1053/j. ajkd. 2016. 12. 006.
- [11] Wan C, Herzog CA, Zareba W, et al. Sudden cardiac arrest in hemodialysis patients with wearable cardioverter defibrillator [J]. Ann Noninvasive Electrocardiol, 2014, 19(3): 247-257. DOI: 10. 1111/anec. 12119.
- [12] Jukema JW, Timal RJ, Rotmans JI, et al. Prophylactic use of implantable cardioverter-defibrillators in the prevention of sudden cardiac death in dialysis patients[J]. Circulation, 2019, 139(23): 2628-2638. DOI: 10. 1161/circulationaha. 119. 039818.
- [13] Wong MCG, Kalman JM, Pedagogos E, et al. Temporal distribution of arrhythmic events in chronic kidney disease: Highest incidence in the long interdialytic period[J]. Heart Rhythm, 2015, 12(10): 2047-2055. DOI: 10. 1016/j. hrthm. 2015. 06. 033.
- [14] Roy-Chaudhury P, Tumlin JA, Koplan BA, et al. Primary outcomes of the Monitoring in Dialysis Study indicate that clinically significant arrhythmias are common in hemodialysis patients and related to dialytic cycle[J]. Kidney Int, 2018, 93(4): 941-951. DOI: 10. 1016/j. kint. 2017. 11. 019.

(收稿日期: 2020-06-14)