

动脉的氧化应激损伤提供了新的靶点。

综上所述,在不同狭窄程度的冠状动脉血管中,可观察到缺血缺氧可引起氧化应激,促进 VSMCs 的表型转化, α -SMA 表达量降低,抗氧化酶 PRDX3 的表达增加,且两者呈负相关。PRDX3 的抗氧化作用在冠状动脉的缺血缺氧中起到保护作用,为预防和治疗心血管的氧化应激损伤提供了新的治疗靶点。

参考文献

- Bubendorf L, Kallioniemi A. Tissue microarrays for high-throughout molecular profiling of tumor specimens [J]. *Nat Med*, 1998, 4(7): 844-847
- Horvath L, Henshall S. The application of tissue microarrays to cancer research [J]. *Pathology*, 2001, 33(2): 125-129
- Wang Y. Smooth muscle cells contribute the majority of foam cells in ApoE (apolipoprotein E)-deficient mouse atherosclerosis[J]. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 2019, 39(5): 876-887
- Raja C. Promoters to study vascular smooth muscle[J]. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 2019, 39(4): 603-612
- Hampton MB, Vick KA, Skoko JJ, *et al.* Peroxiredoxin involvement in the initiation and progression of human cancer[J]. *Antioxid Redox Signal*, 2018, 28(7): 591-608
- Darby IA, Zakuan Z, Billet F, *et al.* The myofibroblast, a key cell in normal and pathological tissue repair [J]. *Cell Mol Life Sci*, 2016, 73(6): 1145-1157
- Kim D, Lee J, Lee S, *et al.* Predicting unintended effects of drugs based on off-target tissue effects[J]. *Biochem Biophys Res Commun*, 2016, 469(3): 399-404
- Kitchen J, Kane D. Greyscale and power Doppler ultrasonographic evaluation of normal synovial joints: correlation with pro- and anti-inflammatory cytokines and angiogenic factors [J]. *Rheumatology*, 2015, 54(3): 458-462
- Mulligan - Kehoe MJ, Simons M. Vasa vasorum in normal and dis-

eased arteries[J]. *Circulation*, 2014, 129(24): 2557-2566

- Wihastuti TA, Sargowo D, Tjokropawiro A, *et al.* Vasa vasorum anti-angiogenesis through H_2O_2 , HIF-1 α , NF- κ B, and iNOS inhibition by mangosteen pericarp ethanolic extract (*Garcinia mangostana* Linn) in hypercholesterol-diet-given *Rattus norvegicus* Wistar strain [J]. *Vasc Health Risk Manag*, 2014, 10(4): 523-531
- Jansen MP, Emal D. Release of extracellular DNA influences renal ischemia reperfusion injury by platelet activation and formation of neutrophil extracellular traps [J]. *Kidney Int*, 2017, 91(2): 352-364
- Davis J, Molkentin JD. Myofibroblasts: trust your heart and let fate decide [J]. *J Mol Cell Cardiol*, 2014, 70(3): 9-18
- Wood ZA, Ewald Schröder. Structure, mechanism and regulation of peroxiredoxins [J]. *Biochem Sci*, 2003, 28(1): 32-40
- Brown KK, Eriksson SE, Arner ES, *et al.* Mitochondrial peroxiredoxin 3 is rapidly oxidized in cells treated with isothiocyanates [J]. *Free Radic Biol Med*, 2008, 45(4): 494-502
- Travers JG, Kamal FA. Cardiac fibrosis: the fibroblast awakens [J]. *Circ Res*, 2016, 118(6): 1021-1040
- Wang Z, Sun R, Wang G, *et al.* SIRT3-mediated deacetylation of PRDX3 alleviates mitochondrial oxidative damage and apoptosis induced by intestinal ischemia/reperfusion injury [J]. *Redox Biol*, 2019, 101(19): 2213-2237
- Sarah Stöcker. The conundrum of hydrogen peroxide signaling and the emerging role of peroxiredoxins as redox relay hubs [J]. *Antioxid Redox Signal*, 2018, 28(7): 558-573
- Pahnke A, Conant G, Huyer LD, *et al.* The role of Wnt regulation in heart development, cardiac repair and disease: a tissue engineering perspective [J]. *Biochem Biophys Res Commun*, 2016, 473(3): 698-703

(收稿日期: 2020-10-19)

(修回日期: 2020-10-29)

血液透析患者血镁水平与死亡的相关分析

林莹莹 汪年松 尹建永 王 锋

摘 要 目的 探讨血液透析患者血镁水平及其动态变化与患者全因死亡的相关性。**方法** 纳入 2016 年 1 月~2019 年 7 月于上海市第六人民医院行维持性血液透析治疗 3 个月以上的门诊患者。收集并记录人口学资料、近 3 年血镁水平以及末次血液透析前生化检验结果。以末次血镁水平进行四分位分组并比较组间各因素的差异。比较死亡和存活患者的血镁水平及动态变化。采用相关分析了解血镁与其他临床指标的相关关系。**结果** 共 262 例血液透析患者被纳入研究,平均血镁水平 1.07 ± 0.15 mmol/L。四分位数组间比较显示,患者年龄、血清白蛋白、血红蛋白、血肌酐、血磷、血钾、血清高敏 C 反应蛋白、甲状旁腺素

基金项目:国家自然科学基金资助项目(81570603)

作者单位:200233 上海交通大学附属第六人民医院肾内科

通讯作者:王锋,教授,博士生导师,电子信箱:zyzwq1030@163.com

等差异均有统计学意义($P < 0.05$),高血镁患者病死率显著低于正常血镁患者。观察期内患者血镁水平总体保持稳定,但死亡患者末次血镁水平急剧下降。血镁与血清白蛋白、血红蛋白、血钾、尿素氮等营养-代谢相关指标的关联不因死亡患者的剔除而改变,但四分位数组间血清高敏C反应蛋白的差异在剔除死亡患者后显著性消失。**结论** 血镁水平与机体营养状况显著相关,高血镁虽与患者全因死亡风险降低有关,但可能并非血液透析患者的主动保护因素。

关键词 维持性血液透析 血镁 死亡风险 终末期肾脏病

中图分类号 R692

文献标识码 A

DOI 10.11969/j.issn.1673-548X.2021.03.008

Serum Magnesium and All-cause Mortality in Maintenance Hemodialysis Patients. Lin Yingying, Wang Niansong, Yin Jianyong, et al.

Department of Nephrology, Shanghai Jiao Tong University Affiliated sixth People's Hospital, Shanghai 200233, China

Abstract Objective To investigate serum magnesium level and its relationship with all-cause mortality in maintenance hemodialysis patients. **Methods** Patients receiving regular hemodialysis between Jan 2016 and July 2019 in a single center were included. Demographic data and the latest pre-dialysis laboratory parameters were collected. Pre-dialysis magnesium levels of six sessions spanning the most recent 3 years were compared between living patients and dead patients. **Results** Totally 262 patients were included with an average magnesium level of 1.07 ± 0.15 mmol/L. Significant differences in mortality, age, as well as the level of albumin, hemoglobin, creatinine, urea, phosphorus, potassium, hsCRP were presented among groups divided by the latest pre-dialysis magnesium level. The average magnesium level of dead patients remained stable for the early 5 sessions but decreased dramatically only in the final one. Associations between magnesium and hsCRP were attenuated to null after excluding dead patients, while correlations between Mg and nutritional markers remained significant. **Conclusion** Higher magnesium level is associated with decreased mortality in haemodialysis patients, but several clues suggest that it may be causally related to better nutritional status.

Key words Maintenance hemodialysis; Serum magnesium; Mortality risk; Hemodialysis; End-stage renal disease

镁不仅参与其他离子的跨膜转运,还作为辅因子参与 300 多个酶促反应,对调节机体的神经肌肉兴奋性、骨代谢、心血管功能等具有重要的作用^[1]。近年来研究发现,血镁浓度的轻度升高与血液透析患者全因死亡及心血管死亡的降低有显著关联,尽管过低或过高的血镁浓度依然增加患者的死亡风险^[2,3]。与此同时,也有研究指出低镁血症常伴随营养不良、炎症、多并发症的情况,校正此类混杂因素后,血镁的保护作用则失去了显著性^[4,5]。因此,伴随死亡风险升高的同时,低血镁究竟是“始作俑者”还是“旁观者”的争论引发了学界的兴趣。目前,多数研究主要集中在基于患者随访起始的基线镁离子浓度的生存分析,却极少关注患者在血液透析过程中的血镁动态变化以及生命末期的血镁水平。因此,本研究旨在分析终末期肾脏病患者血液透析治疗后血镁水平变化及其与患者全因死亡的关系。

对象与方法

1. 研究对象:回顾性分析 2016 年 1 月 1 日~2019 年 7 月 31 日在上海交通大学附属第六人民医院行维持性血液透析(MHD)治疗的终末期肾脏病患者。入选标准:年龄 ≥ 18 岁,病情稳定行门诊透析治疗至少 3 个月。排除标准:①重症感染、腹泻,活动性出血;②合并恶性肿瘤;③联合腹膜透析;④肾移植;⑤转院;⑥病史资料及关键化验指标缺失。所有入选

患者透析方案为:每周 2~3 次,每次 4h,透析液钙离子浓度为 1.25~1.50 mmol/L,镁离子浓度为 0.5 mmol/L,钾离子浓度为 2 mmol/L。

2. 方法:经电子病历系统查阅患者年龄、性别、透析龄、原发病、合并症及临床转归时间。详细记录所有患者最近 1 次(以 2019 年 7 月为观测终止日期)血液透析前电解质及相关生化检验,如:血镁、血磷、血钾、血钙、血红蛋白、白蛋白、血清高敏 C 反应蛋白、尿酸、肌酐、尿素氮、血清全段甲状旁腺素等,并计算尿素清除指数(spKt/V)、尿素下降率(URR)。此外,为了观察患者最近 3 年的血镁变化,本研究每 6 个月记录 1 次患者的血镁水平,共记录 6 次,按检测时间先后依次记为 mg1、mg2、mg3、mg4、mg5、mg6。

3. 统计学方法:采用 SPSS 20.0 统计学软件对数据进行统计分析,正态分布的计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用方差分析。非正态分布的计量资料用中位数(四分位数间距)[M(Q1, Q3)]表示,组间比较采用 Kruskal-Wallis 检验,组间两两比较采用 Mann-Whitney U 检验,并依据 Bonferroni 法校正 α 水准。计数资料以率(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验。利用 Pearson 相关分析及 Spearman 相关分析了解患者血镁与各临床指标的相关性。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 患者基线人口学特征: 纳入 2016 年 1 月 ~ 2019 年 7 月于上海市第六人民医院行维特性血液透析治疗 3 个月以上的门诊患者。经纳入排除标准筛选后, 共 262 例患者入选, 其中已死亡患者 67 例。该研究人群平均年龄为 65.86 ± 12.84 岁, 中位透析龄为 $31(14.5, 55.0)$ 个月, 其中男性 183 例 (69.8%), 平均血镁浓度 1.07 ± 0.15 mmol/L, 原发病包括: 糖尿病肾病 (93 例)、原发性肾小球疾病 (79 例)、高血压肾病 (41 例)、多囊肾 (16 例)、肾结石 (6 例)、无记录或不明原因 (27 例)。基于笔者医院血镁浓度参考范围为 $0.65 \sim 1.05$ mmol/L, 低镁血症发生率为 0, 高镁血症发生率为 52.7% (138 例)。

2. 血镁四分位分组及组间变量比较: 本研究人群中位血镁水平为 1.06 mmol/L, 按四分位数分组如下: 第一分位: < 0.97 mmol/L, 第二分位: $0.97 \sim 1.05$ mmol/L, 第三分位: $1.06 \sim 1.15$ mmol/L, 第四分位: > 1.15 mmol/L。4 组患者性别构成及合并糖尿病、高血压、心脑血管疾病的比例差异均无统计学意义。高血镁组, 既第三、四分位组较第一、二分位组年龄轻、病死率低、血清白蛋白及血红蛋白浓度高。不同组间血钾、血磷、肌酐、尿素氮、尿酸、尿素、甲状旁腺激素、血清高敏 C 反应蛋白 (hsCRP)、血清铁蛋白比较, 差异均有统计学意义, 脂质代谢相关指标、血液透析充分性指标 (spKt/V、URR) 比较, 差异无统计学意义 (表 1)。

表 1 依据末次透析前血镁水平分组后各组患者临床及实验室参数比较 [$n(\%)$, $\bar{x} \pm s$, $M(Q1, Q3)$]

项目	第一分位组 ($n=64$)	第二分位组 ($n=60$)	第三分位组 ($n=69$)	第四分位组 ($n=69$)	P
男性	47(73.4)	44(73.3)	44(63.8)	48(69.6)	0.583
死亡	30(46.9)	19(31.7)	7(10.1)	11(15.9)	0.000
糖尿病	(62.3)	(46.0)	(46.7)	(50.0)	0.263
高血压	(88.7)	(92.1)	(83.3)	(85.0)	0.635
心脑血管疾病	(35.8)	(22.2)	(21.7)	(25.0)	0.290
年龄 (岁)	70.07 ± 10.96	66.23 ± 13.27	62.17 ± 14.11	64.70 ± 11.84	0.005
透析龄 (月)	$27(9.5, 56.0)$	$34.5(17.0, 62.0)$	$27(9.0, 48.5)$	$33.5(18.0, 54.5)$	0.102
总蛋白 (g/L)	64.33 ± 6.56	65.55 ± 5.17	66.77 ± 5.67	67.91 ± 4.59	0.000
血清白蛋白 (g/L)	36.44 ± 5.12	40.00 ± 3.59	41.12 ± 3.35	41.88 ± 3.24	0.000
血红蛋白 (g/L)	99.24 ± 19.89	106.06 ± 17.08	105.72 ± 18.13	111.75 ± 16.11	0.002
血清肌酐 (μ mol/L)	644.06 ± 211.87	875.71 ± 259.90	879.91 ± 235.62	924.68 ± 220.88	0.000
尿素氮 (mmol/L)	21.00 ± 7.71	24.67 ± 6.66	24.10 ± 5.24	27.42 ± 7.36	0.000
尿素 (mmol/L)	19.57 ± 8.48	23.56 ± 6.07	23.59 ± 5.66	25.79 ± 7.23	0.000
尿酸 (μ mol/L)	363.11 ± 101.81	408.96 ± 93.73	395.80 ± 71.07	405.31 ± 77.64	0.008
血钾 (mmol/L)	4.15 ± 0.74	4.54 ± 0.69	4.76 ± 0.76	4.96 ± 0.85	0.000
血钙 (mmol/L)	2.16 ± 0.24	2.19 ± 0.20	2.20 ± 0.22	2.22 ± 0.19	0.299
血镁 (mmol/L)	0.91 ± 0.06	1.02 ± 0.02	1.12 ± 0.03	1.26 ± 0.09	0.000
血磷 (mmol/L)	1.39 ± 0.57	1.74 ± 0.56	1.75 ± 0.44	1.90 ± 0.56	0.000
胆固醇 (mmol/L)	3.97 ± 1.12	4.10 ± 1.26	4.10 ± 1.06	4.36 ± 1.55	0.318
甘油三酯 (mmol/L)	1.82 ± 1.30	1.89 ± 1.17	2.07 ± 1.28	2.04 ± 1.19	0.468
低密度脂蛋白 (mmol/L)	2.17 ± 0.86	2.29 ± 1.05	2.28 ± 0.89	2.47 ± 1.21	0.456
高密度脂蛋白 (mmol/L)	0.83 ± 0.36	0.90 ± 0.28	0.90 ± 0.29	0.99 ± 0.34	0.104
尿素清除指数 (spKt/V)	1.24 ± 0.32	1.31 ± 0.23	1.31 ± 0.26	1.34 ± 0.31	0.496
尿素下降率 [URR (%)]	63.63 ± 9.75	66.74 ± 7.19	66.53 ± 6.92	66.60 ± 11.17	0.319
血清高敏 C 反应蛋白 (mg/L)	$8.66(1.95, 44.23)$	$4.48(1.18, 12.10)$	$2.64(0.56, 13.05)$	$2.22(0.80, 8.18)$	0.000
甲状旁腺激素 (pg/ml)	$134.10(70.93, 229.03)$	$221.00(113.30, 459.60)$	$169.10(79.48, 314.45)$	$146.55(76.22, 296.70)$	0.015
血清铁蛋白 (ng/ml)	$647.80(253.28, 1222.58)$	$396.30(169.60, 859.45)$	$301.10(67.60, 797.70)$	$375.20(74.71, 602.70)$	0.003

3. 维持性血液透析患者血镁动态变化: 本研究共有 128 例透析龄达 2.5 年以上并完整记录 6 次血镁浓度的患者。存活患者血镁水平总体高于死亡患者, 但仅 mg1、mg3、mg6 3 个时点差异有统计学意义 (P 值分别为 0.002、0.008、0.000)。由于所有存活患者每次检测的时间相近 (2017 年 1 月 ~ 2019 年 7

月), 因此呈现出明显的季节波动, 即冬季高于夏季; 而死亡患者由于转归时间随机, 故而没有了季节影响, 可见平均血镁水平基本稳定, 仅在末次测量时急转直下。此外, 由标准差曲线范围可见死亡患者组个体间的血镁变异较大, 血镁浓度分布范围更广, 尤其在 mg4、mg5 时点 (图 1)。

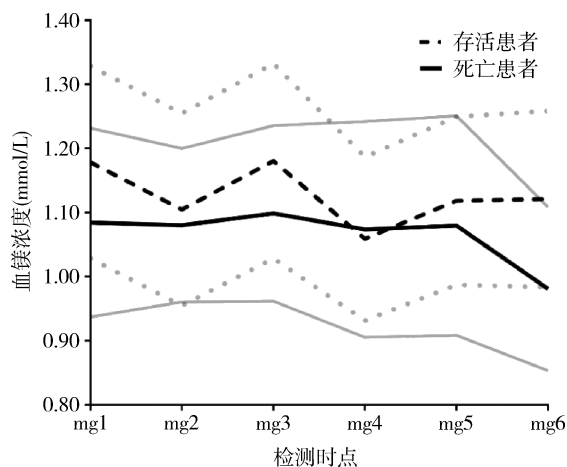


图1 存活和死亡患者透前血镁动态变化图

血镁浓度以均数 ± 标准差表示,其中黑线代表均值,灰线区域内代表 ± 1 个标准差范围

4. 血镁与各临床生化指标的相关性:血镁除了与总蛋白、血清白蛋白、血红蛋白等营养状况指标呈正相关,与肌酐、尿素、血钾、血磷也同样呈显著正相关,并且该相关关系不随死亡患者的剔除而发生显著变

化(表2)。其次,血镁随着年龄增长而降低($r = -0.181$, $P = 0.003$)。炎症指标血清高敏C反应蛋白(hsCRP)水平在不同组间差异有统计学意义,hsCRP显著上升的病例多分布于血镁较低的第一、二分位组。然而,除去死亡患者后不同组间的hsCRP水平差异无统计学意义(图2)。

表2 血镁与各临床指标的相关分析

项目	研究总体($n = 262$)		存活患者($n = 195$)	
	r	P	r	P
年龄	-0.181	0.003	-0.151	0.035
透析龄	0.023	0.714	0.107	0.137
总蛋白	0.278	0.000	0.271	0.000
血清白蛋白	0.462	0.000	0.367	0.000
血红蛋白	0.239	0.000	0.162	0.024
血清肌酐	0.331	0.000	0.259	0.000
尿素氮	0.346	0.000	0.288	0.000
尿酸	0.307	0.000	0.337	0.000
血磷	0.334	0.000	0.347	0.000
血钾	0.391	0.000	0.433	0.000
血钙	0.115	0.063	0.132	0.066
尿素清除指数(spKt/V)	0.130	0.042	0.101	0.170
尿酸下降率[URR(%)]	0.118	0.064	0.103	0.160

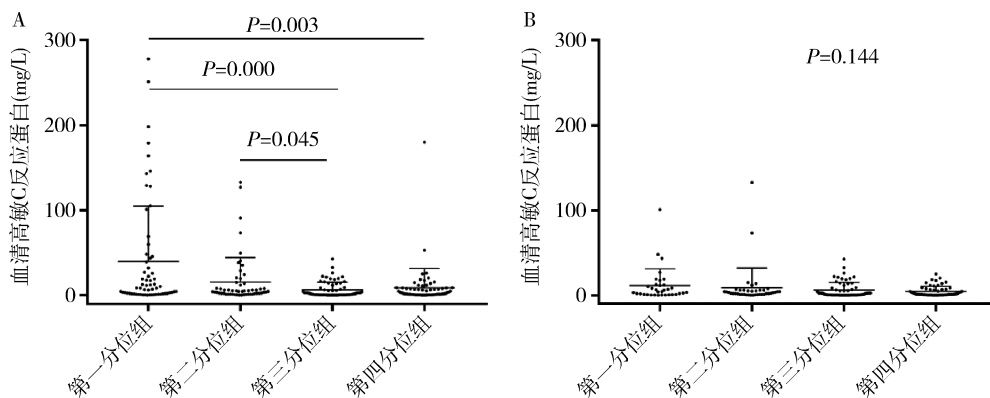


图2 依据末次血镁水平分组的组间hsCRP水平比较

A. 研究总体 B. 存活患者。组间两两比较,经 Bonferroni 法校正,以 $P < 0.0083$ 为差异有统计学意义

讨 论

与既往的报道类似,本研究发现低镁血症在维持性血液透析患者的发生率极低($< 1\%$),高镁血症较为常见且存活患者高血镁发生的比例远高于死亡患者($61.5\% \text{ vs } 26.8\%$)^[6]。经四分位数分组比较发现,血镁升高与MHD患者全因死亡风险的降低有显著关联。此外,笔者同样发现长期使用 0.5 mmol/L 镁离子透析液使得患者血镁浓度略微降低^[7]。然而,临床实践中对于透析患者是否应当提高透析液镁离子浓度或应用含镁制剂等依然存在争论。

自2007年以来陆续有报道指出,低血镁不仅是非心血管死亡的预测因子,也与猝死、血管钙化等心血管事件有关^[8,9]。然而,部分研究者认为,血镁与死亡风险的负相关关系很可能是因为低血镁通常与营养不良-炎症综合征相关造成的^[10,11]。一项随访长达5年的大型观察性研究表明,仅当血清白蛋白 $< 35 \text{ g/L}$ 时,低血镁($\leq 0.82 \text{ mmol/L}$)才会额外增加患者的死亡风险,但是当患者血清白蛋白 $\geq 35 \text{ g/L}$ 时,低血镁与高血镁($> 0.82 \text{ mmol/L}$)患者的死亡风险没有差别^[4]。而最近国内的一项研究表明,将血清白

蛋白 $<38\text{g/L}$ 联合血镁 $\geq 0.95\text{mmol/L}$ 作为参照,也没有发现血清白蛋白 $<38\text{g/L}$ 联合血镁 $<0.95\text{mmol/L}$ 的患者全因死亡风险有进一步增加^[12]。

在本研究中,血镁与其他生化指标尤其是营养-代谢产物相关指标的关系似乎也支持了这一论点。尤其是低蛋白血症往往表明机体处于营养不良或炎症的高分解代谢状态,其本身是透析患者死亡的独立危险因素^[13]。而血镁水平与血清白蛋白的关联,一方面反映了患者总体营养摄入的水平,另一方面也是由于吉布斯-唐南效应,使得低蛋白血症的透析患者,更容易发生低镁血症^[14]。

另一方面,支持高血镁作为主动保护因素的理论依据之一是大量的体内外实验表明血镁具有抗炎、氧化的作用^[15]。然而,本研究分析发现尽管血镁第一、二分位组炎症指标 hsCRP 水平显著高于第三、四分位组,但在除外死亡后的稳定透析患者中,血镁水平与 hsCRP 水平没有显著关联($r = -0.138$, $P = 0.057$)。再者,血镁的动态变化规律显示死亡患者即使在终末 2~3 年内,血镁依然大体保持稳定,最终的衰竭死亡可能是导致血镁急剧降低的直接原因,这似乎也验证了低血镁作为被动反映机体营养状况指标的合理性。但仍然值得注意的是,死亡患者的基线血镁水平确实低于存活患者,一方面这可能是由于死亡患者组年龄偏大造成的,另一方面也不能完全排除长期相对低血镁引发不良结局的可能。

虽然本研究为回顾性的观察研究,无法做出有力的病因推断,但通过一系列的横向和纵向的比较,为剖析轻度高血镁在降低患者死亡风险中的角色提供了一定的线索。首先,不仅横向比较了死亡和存活患者的血镁水平差距,也纵向观察了血镁的动态变化。其次,通过比较剔除死亡患者前后血镁与各临床生化指标的相关关系,发现了血镁与其他变量的相关规律。但本研究尚存在以下不足:(1)由于单中心、样本量有限导致血镁极端观测值的缺失,因此血镁的作用和影响很可能在本研究中被大大掩盖。(2)由于透析液种类单一,无法比较不同镁离子浓度透析液对透析患者血镁水平的影响,也无法调查不同透析方案下患者全因死亡风险的差异。

综上所述,本研究主要讨论了血镁与维持性血透患者全因死亡的相关关系,尽管上述分析显示血镁更像是一个“旁观者”而非真正的“始作俑者”,但是由于观察性研究的局限性,很难做出有力的推论,因此要了解血镁的真实效应还需在控制营养因

素的干扰下进行更为严格的随机对照临床试验研究。

参考文献

- 1 Leenders NHJ, Vervloet MG. Magnesium: a magic bullet for cardiovascular disease in chronic kidney disease? [J]. *Nutrients*, 2019, 11(2): 455
- 2 De Roij Van Zijdewijn CL, Grooteman MP, Bots ML, *et al.* Serum magnesium and sudden death in european hemodialysis patients[J]. *PLoS One*, 2015, 10(11): e0143104
- 3 Sakaguchi Y, Fujii N, Shoji T, *et al.* Hypomagnesemia is a significant predictor of cardiovascular and non-cardiovascular mortality in patients undergoing hemodialysis[J]. *Kidney Int*, 2014, 85(1): 174-181
- 4 Li L, Streja E, Rhee CM, *et al.* Hypomagnesemia and mortality in incident hemodialysis patients[J]. *Am J Kidney Dis*, 2015, 66(6): 1047-1055
- 5 Yu L, Li H, Wang SX. Serum magnesium and mortality in maintenance hemodialysis patients[J]. *Blood Purif*, 2017, 43(1-3): 31-36
- 6 Courivaud C, Davenport A. Magnesium and the risk of all-cause and cardiac mortality in hemodialysis patients: agent provocateur or innocent bystander? [J]. *Kidney Int*, 2014, 85(1): 17-20
- 7 Han ZQ, Zhou L, Liu R, *et al.* The effect of hemodialysis on serum magnesium concentration in hemodialysis patients[J]. *Annals of Palliative Medicine*, 2020, 9(3): 1134-1143
- 8 Shimohata H, Yamashita M, Ohgi K, *et al.* The relationship between serum magnesium levels and mortality in non-diabetic hemodialysis patients: a 10-year follow-up study[J]. *Hemodial Int*, 2019, 23(3): 369-374
- 9 Sakaguchi Y, Hamano T, Isaka Y. Magnesium in hemodialysis patients: a new understanding of the old problem[J]. *Contrib Nephrol*, 2018, 196: 58-63
- 10 Mizuri S, Nishizawa Y, Yamashita K, *et al.* Hypomagnesemia is not an independent risk factor for mortality in Japanese maintenance hemodialysis patients[J]. *Int Urol Nephrol*, 2019, 51(6): 1043-1052
- 11 Mizuri S, Nishizawa Y, Yamashita K, *et al.* Relationship of serum magnesium level with body composition and survival in hemodialysis patients[J]. *Hemodial Int*, 2020, 24(1): 99-107
- 12 田茂露, 佟小雅, 林鑫, 等. 血镁水平与维持性血液透析患者全因死亡的相关性[J]. *中华肾脏病杂志*, 2019, 35(8): 575-581
- 13 Kim Y, Molnar MZ, Rattanasompattikul M, *et al.* Relative contributions of inflammation and inadequate protein intake to hypoalbuminemia in patients on maintenance hemodialysis[J]. *Int Urol Nephrol*, 2013, 45(1): 215-227
- 14 蔡士铭, 赵慧萍, 王梅. 终末期肾脏病透析患者血镁水平异常的研究进展[J]. *中华肾脏病杂志*, 2019, 35(1): 59-63
- 15 Liu M, Dudley SC. Magnesium, oxidative stress, inflammation, and cardiovascular disease[J]. *Antioxidants*, 2020, 9(10): 907

(收稿日期: 2020-11-16)

(修回日期: 2020-11-18)