

容量负荷对腹膜透析患者残余肾功能的影响

李 田^{1,3▲} 陈 芸^{1▲} 马宇驰² 葛霄琳¹ 朱彤莹¹ 郝传明^{1△}

(¹复旦大学附属华山医院肾内科 上海 200040; ²乔治城大学医学中心 华盛顿特区 20007;

³纽约州立大学南部医学中心内科 纽约 11203)

【摘要】 目的 探讨容量状态及其他因素对腹膜透析患者残余肾功能(residual kidney function, RKF)下降的影响。**方法** 分析复旦大学附属华山医院腹膜透析中心自2010年6月至2017年8月期间进行腹膜透析(peritoneal dialysis, PD)并且规律随访患者的临床资料, 排除有腹膜炎病史、临床资料不全、中途由外院转入的患者。以患者开始规律PD第3个月的估算肾小球滤过率(estimated glomerular filtration rate, eGFR)作为基础值, 记录腹膜透析患者在≤36个月内所有基本临床特征、透析相关变量和主要生化指标。终点事件定义为在开始PD 24个月内的eGFR下降为0。采用单因素及多因素线性回归和Cox回归模型法分析影响PD患者eGFR下降的影响因素。**结果** 本研究纳入96名患者, 基线eGFR为 $(4.20 \pm 3.00) \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 1.73 \text{ m}^{-2}$, 单因素和多因素线性回归结果显示体重指数(body mass index, BMI)和时间平均后的终末段脑钠肽前体(NT-proB-type natriuretic peptide, BNP)为共同影响PD患者RKF下降的危险因素。单因素Cox回归分析结果显示BMI、标准化蛋白分解率(normalized protein catabolic rate, nPCR)、平均动脉压(mean arterial pressure, MAP)和时间平均后的BNP为影响PD患者进入终点事件的共同危险因素。多因素Cox回归分析结果显示时间平均后的BNP为影响PD患者进入终点事件的独立影响因素。**结论** 容量过剩与新开始PD患者RKF下降可能相关。

【关键词】 肾小球滤过率(eGFR); 残余肾功能(RKF); 容量过剩; 腹膜透析(PD); 终末期肾脏病

【中图分类号】 R459.5 **【文献标志码】** A **doi:** 10.3969/j.issn.1672-8467.2020.06.010

Volume status on residual kidney function in incident peritoneal dialysis patients

LI Tian^{1,3▲}, CHEN Yun^{1▲}, MA Yu-chi², GE Xiao-lin¹, ZHU Tong-ying¹, HAO Chuan-ming^{1△}

(¹Department of Nephrology, Huashan Hospital, Fudan University, Shanghai 200040, China;

²Georgetown University Medical Center, Washington DC 20007, USA;

³Department of Medicine, SUNY Downstate Health Science University, NY 11203, USA)

【Abstract】 Objective To investigate the effect of fluid overload on residual kidney function in peritoneal dialysis (PD) patients. **Methods** We performed a chart review study recruiting patients who started and were regularly followed up in Peritoneal Dialysis Center, Huashan Hospital, Fudan University between Jun.2010 and Aug.2017. Patients with history of peritonitis, incomplete information and transferred from other centers were not recruited into this study. The estimated glomerular filtration rate (eGFR) in the third month of PD was used as eGFR baseline. The basic clinical characteristics, dialysis related variants and comprehensive metabolic panel results within the first 36 months of PD were recorded. The primary

国家自然科学基金(81670692, 81930120)

▲LI Tian and CHEN Yun contributed equally to this work

△Corresponding author E-mail: chuanminghao@fudan.edu.cn

网络首发时间: 2020-11-04 11:14:23 网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1885.R.20201103.1033.020.html>

endpoint was defined as eGFR decreased to zero within the first two years of incident PD. Univariate and multivariate linear and Cox analysis were exploited to analysis the risk factors for eGFR decline in PD patients. **Results** A total of 96 patients were enrolled in the study. The baseline eGFR was $(4.20 \pm 3.00) \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 1.73 \text{ m}^{-2}$. Univariate and multivariate linear regression showed that body mass index (BMI) and time-averaged NT-proB-type natriuretic peptide (BNP) were the joint risk factors for residual kidney function decline in PD patients. Univariate Cox regression reveals that BMI, time-averaged nPCR, MAP and time-averaged BNP were the composite risk factors of entering the endpoint. After adjustment, multivariate Cox regression revealed that only time-averaged BNP was the independent risk factor of entering the endpoint in PD patients. **Conclusion** Fluid overload may associate with the decline of RKF in PD patients.

【Key words】 glomerular filtration rate (eGFR); residual kidney function (RKF); volume overload; peritoneal dialysis (PD); end-stage renal disease

* This work was supported by the National Natural Science Foundation of China (81670692, 81930120).

据最新预计,全世界约有272 000人在接受腹膜透析治疗,占全世界接受透析的人数的11%。截至2016年12月31日,我国腹膜透析病理信息系统登记医院1 221家,接收腹膜透析的人群和所消耗的经济支出逐年增加^[1]。从1999年的全国腹膜透析患者4 380例,至2018年底登记存活腹膜透析患者86 264例,我国腹膜透析患者人数增长近20倍^[2]。因此腹膜透析患者在接受治疗后的生活质量及预后也日益得到关注。研究显示,心血管事件导致的死亡是腹膜透析患者死亡的最主要原因。在腹膜透析患者中,心血管事件的死亡率为9.99每100个患者每年^[3]。尝试降低透析患者心血管事件死亡率的临床研究结果一直以来都不甚理想。与此同时,众多临床试验证实残余肾功能的存在与较低的死亡率有关,并且能够提高腹膜透析患者的生活质量^[4]。三大临床试验包括CANUSA, NECOSAD和ADEMEX研究都有力地证实了残余肾功能在降低腹膜透析的死亡率和提升患者生活质量方面的显著优势^[4]。

许多因素都可以导致腹膜透析患者的残余肾功能丧失,比如腹膜炎、控制不佳的高血压、低血压,或由于过度透析导致的血管内低容量以及一些药物治疗(如抗生素、抗逆转录病毒药物等)^[4]。然而在腹膜透析患者中,高容量状态是否与残余肾功能的下降有关则一直有争议。由于缺乏评估身体内容量状态的金标准和降低细胞外容量的困难性,容量控制一直以来是临床实践的一大困难,并且极大地依赖临床医师的主观判断。有一项研究通过使用多频率生物阻抗分析仪,证明容量状态过剩对

残余肾功能的不利影响^[5]。但由于生物阻抗分析仪临床应用的有限性,其并不能被广泛应用于全国范围内。本文是国内首次选用终末段脑钠肽前体(NT-proB-type natriuretic peptide, BNP)这一常见且直观的临床标志物来衡量并研究容量状态及其他因素对腹膜透析患者残余肾功能影响的研究,通过强调容量控制的重要性,进而指导临床医师的临床实践和治疗目标,达到提高患者生存率和生活质量的最终目的。

资 料 和 方 法

研究对象及入组标准 纳入从2010年6月30日至2017年8月30日在复旦大学附属华山医院腹膜透析中心开始腹膜透析并且规律随访的患者。纳入标准:(1)开始透析年龄 ≥ 18 岁;(2)稳定透析时间超过3个月;(3)每3个月进行规律腹膜透析门诊评估。排除标准:(1)在随访期间有腹膜炎病史;(2)临床资料不全;(3)中途由外院转入;(4)在随访期间长期服用肾毒性药物;(5)患者有严重的心脏衰竭(纽约心功能分级4级);(6)患者在随访期间有严重的心血管事件或者死亡。本研究通过复旦大学附属华山医院伦理委员会批准,且所有患者均签署知情同意书。

数据收集 腹膜透析患者主要的临床特征包括年龄、性别、体重指数(body mass index, BMI)、开始腹膜透析时间、是否吸烟、是否有并发糖尿病、导致终末期肾脏病的原因、每次随访时记录的收缩压

和舒张压、是否服用降血压药物、服用降血压药物的种类、是否服用血管紧张素酶抑制剂(angiotensin-converting enzyme inhibitors, ACEIs)或血管紧张素受体阻断剂(angiotensin II receptor blockers, ARBs)、是否服用钙离子通道阻断剂(calcium channel blocker, CCB)、是否服用利尿剂及是否服用 β 受体阻断剂。随访时间定义为截至2019年6月30日,随访时间 ≥ 36 个月,或者肾小球滤过率(estimated glomerular filtration rate, eGFR)达到0。

透析相关变量主要包括残肾肌酐清除率(creatinine clearance rate, CCR)、总肌酐清除率、残肾 Kt/V 及 Kt/V、标准化蛋白分解代谢率(normalized protein catabolic rate, nPCR)、24 h 尿量、24 h 腹透液超滤量,eGFR的测定通过收集24 h 尿液测定尿素清除率和肌酐清除率取算数平均值。

腹膜透析患者主要的生化指标包括血红蛋白含量、血清钠、血清钾、矫正后血清钙、血清磷、甲状旁腺素(parathyroid hormone, PTH)含量、空腹血糖(fasting glucose, FG)、糖化血红蛋白水平(hemoglobin A1c, HbA1c)、胆固醇水平(cholesterol, CHO)、甘油三酯水平(triglycerides, TG)、低密度脂蛋白(low-density lipoproteins, LDL)、高密度脂蛋白水平(high-density lipoprotein, HDL)、乳酸盐脱氢酶(lactate dehydrogenase, LDH)、肌酸磷酸激酶(creatine phosphokinase, CPK)和BNP。

残余肾功能下降速度的计算 使用患者第一次开始规律腹透的eGFR作为残余肾功能的起点,以在规律腹透并随访36个月时的eGFR或eGFR为0(若患者在36个月以内达到残余肾功能为0,则使用降低为0的实际时间)为终末肾功能。eGFR下降的绝对值为起点eGFR减去终末eGFR。残余肾功能下降速度为eGFR下降的绝对值除以下降时间。

随访期间时间平均后BNP和平均动脉压的计算 计算在随访期间所有随访的BNP的平均值为随访期间时间平均后BNP。计算在随访期间所有随访的平均动脉压(mean arterial pressure, MAP)的平均值为随访期间MAP。

统计学方法 采用SPSS 26.0软件进行数据的统计分析处理。正态分布的连续性变量用 $\bar{x} \pm s$ 表示,偏态分布的连续性变量用中位数 \pm 四分位差(M, 1/4, 3/4)表示,计数资料采用频数和比例表示

[$n(\%)$]。使用Kolmogorov-Smirnov检验数据是否呈现正态分布。由于eGFR的下降速度是偏态分布,符合正态分布和线性回归要求的Log10 eGFR被设定为因变量。采用单因素和多因素线性回归分析容量过剩及其他因素对残余肾功能下降速度的影响。在进行Cox回归分析时,终点事件定义为在开始腹膜透析24个月内eGFR下降为0。采用Cox单因素及多因素回归方法,分析容量过剩对进入终点事件的影响。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一般情况 按照纳入标准和排除标准,最终96例患者纳入本研究。男性患者多见(56例,58.3%),平均年龄为(51.54 ± 15.14)岁,平均BMI为 23.13 ± 3.42 ,吸烟人数25例(26.0%),患有糖尿病24例(25.0%),导致终末期肾病(end-stage renal disease, ESRD)的原因中,以慢性肾炎为多见(65例,67.71%),糖尿病肾病其次(22例,22.92%)。基线eGFR为(4.20 ± 3.00) $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 1.73 \text{ m}^{-2}$,平均24 h尿量为(1210.89 ± 557.43) mL。平均收缩压为(140.09 ± 17.93) mmHg,平均舒张压为(83.69 ± 11.03) mmHg (1 mmHg=0.133 kPa,下同)。在96例患者中,91例使用降血压药物(94.80%)。平均使用降血压药物种类为(2.93 ± 1.33)种,其中使用CCB的患者最多(80例,83.3%),其次为利尿剂(71例,74.0%),详情见表1。

主要生化数据基线 该统计样本的平均血红蛋白水平为8.7 (7.6~9.9) g/dL,白蛋白水平为37 (34~40) g/L,血清钠为142 (140~144) mmol/L,血清钾为(4.56 ± 0.70) mmol/L,矫正后血清钙为(2.15 ± 0.25) mmol/L,血清磷为1.7 (1.47~2.00) mmol/L,PTH为(284.50 ± 236.18) pg/mL,FG水平为4.8 (4.5~5.4) mg/dL, HbA1c为(5.30 ± 0.93)。CHO为(4.29 ± 1.11) mg/dL, LDL为(2.41 ± 0.88) mg/dL, BNP为1612.5 (786.5~4193.5) pg/mL,详见表2。

影响腹透患者残余肾功能下降的危险因素 单因素和多因素线性回归结果显示BMI和时间平均后的BNP为共同影响腹透患者残余肾功能下降速率的危险因素($P < 0.05$,表3)。

表1 腹膜透析患者主要临床特征

Tab 1 Baseline clinical characteristics of the PD patients

[n (%) or $\bar{x} \pm s$]

Parameter	Cases or value
Age (y)	51.5 \pm 15.1
Male	56 (58.3)
BMI (kg/m ²)	23.1 \pm 3.4
Dialysis Vintage (month)	24.2 \pm 8.3
Smoking	25 (26.04)
History of DM	24 (25.00)
SBP (mmHg)	140.1 \pm 17.9
DBP (mmHg)	83.7 \pm 11.0
nPCR (g·kg ⁻¹ ·24 h ⁻¹)	0.9 \pm 0.2
Total CCR (L/week)	81.1 \pm 13.8
Residual renal CCR (L/week)	42.6 (29.7–60.1)
Total Kt/V	2.0 \pm 0.5
Residual renal Kt/V	0.9 \pm 0.5
eGFR (mL·min ⁻¹ ·1.73 m ⁻²)	4.2 (2.9–5.8)
Urine volume (mL/24 h)	1210.9 \pm 557.4
Dialysate volume (mL/24 h)	5862.5 (5 862.5–6 256.3)
HTN drugs	91 (94.8)
Categories of HTN drugs	2.9 \pm 1.3
ACEI/ARB	50 (52.1)
Diuretics	71 (74.0)
CCB	80 (83.3)
Beta blocker	56 (58.3)
Cause of ESRD	
Glomerulonephritis	65 (67.7)
Diabetic nephropathy	22 (22.9)
Others	9 (9.4)

表2 腹膜透析患者主要生化数据基线

Tab 2 Baseline laboratory data for the PD patients

[$\bar{x} \pm s$ or mean (IQR)]

Parameter	Value
Hemoglobin (g/dL)	8.7 (7.6–9.9)
Albumin (g/L)	37 (34–40)
Sodium (mmol/L)	142 (140–144)
Potassium (mmol/L)	4.6 \pm 0.7
Corrected calcium (mmol/L)	2.2 \pm 0.2
Phosphate (mmol/L)	1.7 (1.5–2.0)
PTH (pg/mL)	284.5 \pm 236.2
FG (mg/dL)	4.8 (4.5–5.4)
HbA1c (%)	5.3 \pm 0.9
CHO (mg/dL)	4.3 \pm 1.1
LDL (mg/dL)	2.4 \pm 0.9
TG (mg/dL)	1.6 \pm 0.7
HDL (mg/dL)	1.0 \pm 0.2
CPK (U/L)	81 (46.8–173.2)
LDH (U/L)	204 (183.5–255.5)
NT-pro-BNP (pg/mL)	1 612.5 (786.5–4 193.5)

单因素 Cox 回归分析结果显示 BMI、nPCR、MAP 和时间平均后的 BNP 为影响腹透患者进入终点事件的共同危险因素(表 3)。多因素 Cox 回归分析结果显示时间平均后的 BNP 为影响腹透患者进入终点事件的独立影响因素($P < 0.05$, 表 4)。

讨 论

腹膜透析是 ESRD 有效的替代治疗方案之一, 目前已在我国广泛应用。随着腹膜透析技术的日益进步及管理水平的提高, 患者的生存率显著提高。研究显示残余肾功能对降低腹膜透析患者死亡率和提高生活质量有着重大的意义^[4]。

研究表明, 相对充分的容量清除可以较好地保护残余肾功能, 反之高血压作为容量过剩的标志之一, 被证实与残余肾功能的降低有关^[6]。有研究通过使用多频率生物阻抗分析仪测量细胞外水分占身体总水分(extracellular water/total body water, ECW/TBW)的比例来评估容量状态, 并证明较高的基础 ECW/TBW 值和持续性高 ECW/TBW 值与残余肾功能的下降有关^[5,7]。本项研究分析了 2010 年 6 月 30 日至 2017 年 8 月 30 日在复旦大学附属华山医院开始腹膜透析并且规律随访的患者 96 名, 显示容量过剩与腹透患者残余肾功能下降及下降速率有独立性关系, 这一研究结论与以往研究结果相符合。同时本项研究是国内首次采用 BNP 这一临床常见且直观的实验室标志物开展的研究。取用经过时间平均后的 BNP, 代表一段时间内的平均容量状态, 对持续性容量状态与腹膜透析患者残余肾功能之间的关系进行研究。不论是单因素还是多因素线性回归分析, 均显示腹透患者的平均容量状态与残余肾功能的下降速率相关; 而单因素及多因素 Cox 回归分析进一步证明了较高的 BNP 水平是腹透患者残余肾功能下降的显著危险因素。在单因素 Cox 回归中, 较高的平均动脉压同时显示与残余肾功能的丧失有关(HR=1.058, 95%CI: 1.009~1.109), 这一结论与另一研究表明在 MAP>110 mmHg 时, 残余肾功能下降更快相同^[8]。但是在多因素 Cox 回归分析中, 这一影响因素则消失, 这可能与 MAP 的升高是由容量负荷过剩导致有关。在临床实践中, 如何控制和优化容量负荷, 极大地依赖临床医师的判断和临床经验。由众多的研究

表3 残肾下降速率相关变量的单因素和多因素线性回归

Tab 3 Univariate and multivariate linear regression analysis of risk factors associated with RKF Decline

Risk Factor	ANOVA (F)	Univariate liner regression	P	Multivariate linear regression	P
		(Std. β)		(Std. β)	
Age	0.623	0.081	0.432	0.078	0.406
Male	0.626	0.081	0.431	—	—
BMI	10.643	0.319	0.002	0.225	0.022
Dialysis vintage	0.915	-0.098	0.341	—	—
MAP	1.940	142.000	0.167	—	—
HTN drugs	0.177	-0.043	0.675	—	—
Diuretics	3.897	0.200	0.051	—	—
ACEI/ARB	0.291	-0.056	0.591	—	—
HbA1c	2.049	0.146	0.156	—	—
nPCR	0.291	0.056	0.591	—	—
Time-averaged BNP	11.221	0.327	0.001	0.279	0.003
BNP covariate	8.995	0.296	0.003	—	—

表4 残肾下降相关变量的单因素和多因素 Cox 回归结果

Tab 4 Univariate and multivariate Cox regression analysis of risk factors associated with RKF decline

Risk factor	Univariate analysis (Std. β)	HR (95% CI)	P	Multivariate Analysis (Std. β)	HR (95%CI)	P
Age	0	1.000 (0.975, 1.025)	0.996	-0.005	0.995 (0.965, 1.026)	0.756
Male	0.248	1.281 (0.587, 2.799)	0.534	—	—	—
BMI	0.167	1.182 (1.066, 1.310)	0.001	0.093	1.097 (0.976, 1.234)	0.121
MAP	0.056	1.058 (1.009, 1.109)	0.020	0.035	1.036 (0.978, 1.097)	0.227
Use of HTN drugs	-0.544	0.580 (0.137, 2.457)	0.460	—	—	—
Use of diuretics	0.610	1.840 (0.636, 5.322)	0.260	—	—	—
Use of ACEI/ARB	0.576	1.779 (0.814, 3.899)	0.149	—	—	—
HbA1c	0.193	1.213 (0.760, 1.935)	0.418	—	—	—
nPCR	-2.575	0.076 (0.007, 0.841)	0.036	-0.546	0.579 (0.031, 10.674)	0.713
Time-averaged BNP	0.126	1.135 (1.073, 1.200)	<0.001	0.089	1.093 (1.018, 1.173)	0.014
BNP covariate	0.944	2.570 (0.980, 6.741)	0.055	—	—	—

证实,利尿剂的使用并不能延缓残余肾功能的下降,甚至有研究表明可能导致更快地下降^[9],可能与容量控制不佳的患者需要更多的利尿剂有关。同时有研究证实容量状态的波动是残余肾功能下降的危险因素之一^[5],因此维持容量的稳态,避免容量过剩发生有利于维持残余肾功能。

同时在线性回归分析中显示较高的BMI与较快的残余肾功能下降也有关系(OR=1.182, 95%CI: 1.066~1.310, $P<0.001$),这与另一项腹膜透析的研究结果相一致。nPCR代表着透析患者平均蛋白质摄入情况,较低的nPCR代表着较差的营养状态,在多项研究中被证明是患者死亡的独立危险因素^[10]。一项澳大利亚研究表明较高的蛋白摄入量与更快达到无尿状态有关^[11]。同时与尿量下降有关系的

因素包括较低的残余肾功能的基础值,较大的身体表面积和患有糖尿病^[11]。本研究在单因素Cox回归分析中显示,较高的nPCR为残余肾功能下降的一项保护因素(HR=0.076, 95%CI: 0.007~0.841, $P<0.05$),而在多因素Cox回归分析中这一保护作用则消失。两项研究的结论差距可能由于研究人群的基本特征不同,例如在澳大利亚研究中女性多见(57%),而本项研究男性多见(58.3%),患糖尿病的人数比例的差异(34% vs. 25%)等。同时有研究证实残余肾功能与腹膜透析患者的蛋白质摄入,卡路里摄入和其他营养物质的摄入直接相关^[12]。因此nPCR是否是残余肾功能的保护性因素或是较高残余肾功能的结果,需要更多的研究来证实。

本研究存在一定的局限性:(1)是单中心回顾

性研究,未充分开展前瞻性研究,因而无法探究高容量与残余肾功能下降之间的因果联系;(2)以BNP作为衡量患者容量的指标,相比于生物阻抗分析,精确性有待提高;(3)BNP这一实验室指标虽然易得且直观,但是其水平与心脏功能密切相关,因而对于有严重心脏衰竭的患者可能价值有限;(4)本研究的样本量偏小,虽然有足够的统计差异足以说明某些因素的影响,但是不能完全解释所有纳入因素的影响,且不可避免地会存在一定的取样误差。同时去除了患有腹膜炎的患者,因此在解读数据时有一定的要求。

综上所述,在新开始腹膜透析的患者中,较高的平均BNP水平与残余肾功能下降相关。腹膜透析患者的容量控制需要进行优化从而提高生存率并改善生存质量。

参 考 文 献

- [1] XIE F, ZHANG D, WU J, *et al.* Design and implementation of the first nationwide, web-based Chinese Renal Data System (CNRDS) [J]. *BMC Med Inform Decis*, 2012, 12(1):11.
- [2] 倪兆慧,金海蛟.中国腹膜透析发展70年[J]. *中国血液净化*, 2019, 18(10):661-663.
- [3] JOHNSON DW, DENT H, HAWLEY CM, *et al.* Association of dialysis modality and cardiovascular mortality in incident dialysis patients [J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2009, 4(10):1620-1628.
- [4] LI T, WILCOX CS, LIPKOWITZ MS, *et al.* Rationale and strategies for preserving residual kidney function in dialysis patients [J]. *Am J Nephrol*, 2019, 50(6):411-421.
- [5] TIAN N, GUO Q, ZHOU Q, *et al.* The impact of fluid overload and variation on residual renal function in peritoneal dialysis patient [J]. *PLoS One*, 2016, 11(4): e0153115.
- [6] JANSEN MAM, HART AAM, KOREVAAR JC, *et al.* Predictors of the rate of decline of residual renal function in incident dialysis patients [J]. *Kidney Int*, 2002, 62(3):1046-1053.
- [7] MCCAFFERTY K, FAN S, DAVENPORT A. Extracellular volume expansion, measured by multifrequency bioimpedance, does not help preserve residual renal function in peritoneal dialysis patients [J]. *Kidney Int*, 2014, 85(1):151-157.
- [8] HIDAKA H, NAKAO T. Preservation of residual renal function and factors affecting its decline in patients on peritoneal dialysis [J]. *Nephrology (Carlton)*, 2003, 8(4):184-191.
- [9] SZETO CC, KWAN BC, CHOW KM, *et al.* Predictors of residual renal function decline in patients undergoing continuous ambulatory peritoneal dialysis [J]. *Perit Dial Int*, 2015, 35(2):180-188.
- [10] FEIN PA, WEISS S, AVRAM MM, *et al.* Relationship of normalized protein catabolic rate with nutrition status and long-term survival in peritoneal dialysis patients [C]. *Advances in peritoneal dialysis Conference on Peritoneal Dialysis*, 2015, 31:45-48.
- [11] JOHNSON DW, MUDGE DW, STURTEVANT JM, *et al.* Predictors of decline of residual renal function in new peritoneal dialysis patients [J]. *Perit Dial Int*, 2003, 23(3):276-283.
- [12] WANG AY-M, MM-MSEA, IP R, *et al.* Independent effects of residual renal function and dialysis adequacy on actual dietary protein, calorie, and other nutrient intake in patients on continuous ambulatory peritoneal dialysis [J]. *J Am Soc Nephrol*, 2001, 12(11):2450-2457.

(收稿日期:2020-02-23; 编辑:王蔚)