

· 论著 ·

DOI: 10.12464/j.issn.0253-9802.2024-0033

标准化蛋白分解率在长腹膜透析龄慢性肾脏病患者中的诊断价值

王洋洋^{1,2}, 胡洁萍¹, 郑玮¹, 唐杏明^{1,2}✉

(1. 东莞东华医院肾病风湿免疫科, 广东 东莞 523000; 2. 广东医科大学, 广东 湛江 524000)

【摘要】 目的 探讨长透析龄腹膜透析慢性肾脏病 (CKD) 患者的临床特点、腹膜功能变化, 以及标准化蛋白分解率 (nPCR) 诊断该类患者透析充分性的效能。方法 选择 2009 至 2022 年在东莞东华医院行维持性不卧床腹膜透析 (CAPD) 的 CKD 患者, 分为长透析龄组和短透析龄组, 长透析龄组根据腹膜平衡试验中 D/Pcr 的平均值分为高腹膜平衡试验 (PET) 组和低 PET 组, 比较各组间差异。应用 Friedman 检验分析溶质转运的变化趋势, Spearman 检验和受试者操作特征 (ROC) 曲线分别评估 nPCR 与透析充分性的相关性和诊断效能。结果 长透析龄人群中, 高 PET 组血白蛋白、nPCR 较低, 肌酐清除指数 (Ccr) 较高, 透析前 5 年的 D/Pcr 呈先下降后回升的趋势。nPCR 与 Ccr、尿素清除指数 (Kt/V) 呈正相关 (r_s 分别为 0.305, 0.288, 均 $P < 0.05$), 与 D/Pcr 呈负相关 ($r_s = -0.417$, $P < 0.001$), 且 nPCR 诊断透析充分性的 ROC 曲线下面积为 0.68 (均 $P < 0.05$)。结论 在长透析龄 CKD 患者中, 腹膜功能呈先下降后升高的趋势, nPCR 可作为营养指标用于评估透析的充分性。

【关键词】 腹膜透析; 腹膜功能; 标准化蛋白分解率; 透析充分性; 透析龄

Diagnostic value of normalized protein catabolic rate in chronic kidney disease patients with long-term peritoneal dialysis

WANG Yangyang^{1,2}, HU Jieping¹, ZHENG Wei¹, TANG Xingming^{1,2}✉

(1. Department of Nephrology, Rheumatism and Immunology, Dongguan Tungwah Hospital, Dongguan 523000, China ;

2. Guangdong Medical University, Zhanjiang 524000, China)

Corresponding author: TANG Xingming, E-mail: txingm@mail3.sysu.edu.cn

【Abstract】 **Objective** To investigate the clinical characteristics and peritoneal function changes in chronic kidney disease (CKD) patients undergoing long-term peritoneal dialysis (PD), and to evaluate the diagnostic utility of normalized protein catabolic rate (nPCR) in assessing dialysis adequacy in this population. **Methods** CKD patients receiving continuous ambulatory peritoneal dialysis (CAPD) at Dongguan Tungwah Hospital from 2009 to 2022 were selected, and divided into long-term and short-term dialysis groups. The long-term dialysis group was further categorized into high and low peritoneal equilibration test (PET) subgroups according to the average D/Pcr from PET. Intergroup differences were compared. The trend of solute transport was analyzed using the Friedman's test, while Spearman's correlation and receiver operating characteristic (ROC) curve analysis were employed to assess the correlation between nPCR and dialysis adequacy, and the diagnostic performance of nPCR, respectively. **Results** Among long-term dialysis patients, those in the high PET subgroup exhibited lower levels of serum albumin and nPCR, but higher creatinine clearance index (Ccr) (all $P < 0.05$). The D/Pcr showed a downward trend followed by an upward trend over the first five years of dialysis (all $P < 0.05$). nPCR was positively correlated with Ccr ($r_s = 0.305$, $P < 0.05$) and urea clearance index (Kt/V, $r_s = 0.288$, $P < 0.05$), and negatively correlated with D/Pcr ($r_s = -0.417$, $P < 0.001$). The area under the ROC curve for nPCR in diagnosing dialysis adequacy was 0.68 ($P < 0.05$). **Conclusion** In CKD patients with long-term peritoneal dialysis, peritoneal function tends to decline initially and then improve. nPCR can serve as a nutritional indicator for evaluating dialysis adequacy.

【Key words】 Peritoneal dialysis; Peritoneal function; Normalized protein catabolic rate; Dialysis adequacy; Dialysis duration

慢性肾脏病 (chronic kidney disease, CKD) 影响全球约 10% 的人口^[1], 被视为一项全球性健康

收稿日期: 2024-02-05

作者简介: 王洋洋, 硕士研究生, 研究方向: 腹膜透析, E-mail: wangyangyang6900@163.com; 唐杏明, 通信作者, 主任医师, 研究方向: 维持性透析患者的蛋白代谢与营养不良, E-mail: txingm@mail3.sysu.edu.cn

挑战。腹膜透析作为CKD患者的一种肾脏替代治疗的方法,具有生活质量较高、费用相对较低以及对心功能、残肾功能影响较小等优势^[2]。随着腹膜透析技术的日益成熟,长期接受腹膜透析的患者人数逐年增加,其腹膜功能的长期变化成为临床医师的关注焦点。有研究表明,腹膜透析患者的5年生存率优于血液透析患者,尤其是在前2年的肾脏替代治疗中^[3],然而随着透析时间的延长,腹膜功能逐渐减退,进而影响透析充分性。透析不充分与营养不良会导致CKD患者的病死率升高^[45]。尽管部分研究者指出透析充分性与营养状况相关^[6],但目前对尿素清除指数(Kt/V)与腹膜透析患者营养状态具有相关性仍存在争议^[7]。标准化蛋白分解率(normalized protein catabolic rate, nPCR)作为稳定状态下腹膜透析患者评估膳食蛋白摄入及营养状况的重要指标,不仅能准确反映蛋白质摄入水平^[8],还可用于预测透析充分性及患者的长期生存率^[9]。然而,关于长透析龄CKD患者的腹膜功能变化和nPCR对该类患者的透析充分性价值评估研究相对有限。因此,本研究旨在通过回顾性队列研究的方式,深入探讨长腹膜透析龄CKD患者的临床特征、腹膜功能的动态变化,并重点评估nPCR在该类患者透析充分性中的潜在应用价值。

1 对象与方法

1.1 病例选择和分组

选择2009年1月至2022年1月在东莞东华医院的腹膜透析中心接受规律透析治疗且透析时间 ≥ 3 个月、年龄在18~80岁的766例行维持性不卧床腹膜透析(continuous ambulatory peritoneal dialysis, CAPD)CKD患者,排除失访、资料不全、拔管/置管失败、转血液透析、肾移植的患者,共160例腹膜透析患者纳入研究对象(其中长透析龄74例、短透析龄86例),终点事件通过查阅患者腹膜透析档案确定,终点事件包括在2009年1月至2022年1月期间出现转入血液透析、肾移植、拔管/置管失败、死亡导致患者退出腹膜透析治疗。同时,根据每例规律行腹膜透析患者的具体情况调整治疗方案,进行以下分组:①持续透析时间 ≥ 5 年为长透析龄组,持续透析时间 < 5 年为短透析龄组;②将74例长透析龄组患者根据腹膜平衡试验(peritoneal equilibration test, PET)中测得D/Pcr(4h透析液肌酐/2h血清肌酐)的平均

值分为低PET(D/Pcr值 < 0.74)组和高PET(D/Pcr值 ≥ 0.74)组^[10]。研究方案经东莞东华医院伦理委员会批准(批件号:DHKY-2024-003-01),已获得参与者或其法定代理人的书面知情同意。

1.2 资料收集

收集腹膜透析患者的首次透析年龄、性别、体质质量指数(body mass index, BMI)、原发病、心血管疾病(cardiovascular diseases, CVD)病史、尿量、超滤量;2022年1月所采集的血红蛋白、白蛋白、前白蛋白、总胆固醇、甘油三酯、血清肌酐、血尿素氮、血尿酸、血钙、血磷、全段甲状旁腺素(intact parathyroid hormone, iPTH)等实验室指标,以及nPCR、透析充分性的评估指标,包括Kt/V、肌酐清除率(creatinine clearance rate, Ccr),以及腹膜透析治疗开始后连续5年的PET数据。其中nPCR根据Tattersall等^[10]提出的公式计算。

1.3 腹膜平衡试验

根据Twardowski等^[11]的标准PET流程,依次采集0、2、4h的腹膜透析液样本与2h血液样本,所有样本均在采集后24h内完成分析。根据4h透析液肌酐和2h血清肌酐比值(D/Pcr)评估腹膜溶质转运能力,并将其分为以下4类:低转运(L, 0.34~0.49)、低平均转运(LA, 0.50~0.64)、高平均转运(HA, 0.65~0.80)及高转运(H, 0.81~1.03)^[10]。

1.4 统计学方法

所有数据分析采用SPSS 26.0统计软件进行,连续性变量中,对服从正态分布的数据用 $\bar{x} \pm s$ 表示,并使用独立样本 t 检验进行组间比较;不服从正态分布的数据以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,组间比较使用Mann-Whitney U 检验,同组不同时间点的数据比较使用Friedman秩和检验。分类变量用 $n(\%)$ 表示,组间比较采用 χ^2 检验。Spearman法评估nPCR与透析充分性的相关性。受试者操作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线用于评价nPCR对透析充分性的诊断效能,双侧 $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 不同透析龄的腹膜透析患者一般资料、血清学检验指标比较

共纳入了160例腹膜透析患者,其中长透析龄组74例,短透析龄组86例。长透析龄组比短透

析龄组患者的首次透析年龄更小, BMI、尿量、血红蛋白、前白蛋白、血尿素氮、血尿酸水平较低, 原发性肾小球肾炎比例、腹膜高转运比例、CVD病史比例、iPTH水平较高(均 $P < 0.05$)。2组患

者在性别、超滤量、血红蛋白、血清肌酐、甘油三酯、总胆固醇、血磷、血钙、总Kt/V、总Ccr水平比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)。见表1。

表1 短透析龄组与长透析龄组临床资料比较

Table 1 Comparison of clinical data between short-term peritoneal dialysis group and long-term peritoneal dialysis group

临床资料	长透析龄组 (n=74)	短透析龄组 (n=86)	Z/ χ^2/t 值	P 值
首次透析年龄 / 岁	35.00 (30.75, 43.00)	43.00 (34.00, 54.00)	-3.451	0.001
男性 / n (%)	40 (54.1)	49 (57.0)	0.138	0.711
BMI / (kg/m ²)	21.20 ± 2.92	22.78 ± 3.25	-3.211	0.002
原发病 / n (%)			13.399	<0.001
原发性肾小球肾炎	57 (77.0)	42 (48.8)		
继发性肾小球肾炎	17 (23.0)	44 (51.2)		
CVD 病史 / n (%) ^a	19 (25.7)	8 (9.3)	7.602	0.006
尿量 / (mL/d)	0 (0, 0)	100.00 (0, 375.00)	-4.856	<0.001
超滤量 / (mL/d)	650.00 (500.00, 1 000.00)	700.00 (500.00, 1 000.00)	-0.723	0.469
血红蛋白 / (g/L)	113.65 ± 18.69	112.79 ± 24.12	0.253	0.800
白蛋白 / (g/L)	34.85 ± 3.37	37.15 ± 3.90	-4.013	<0.001
前白蛋白 / (g/L)	0.32 ± 0.06	0.34 ± 0.08	-2.014	0.046
总胆固醇 / (mmol/L)	4.39 (3.84, 5.18)	4.51 (3.74, 5.22)	-0.294	0.769
甘油三酯 / (mmol/L)	1.51 (1.10, 2.38)	1.67 (1.19, 2.55)	-1.188	0.235
血清肌酐 / (μmol/L)	996.65 ± 171.03	1042.17 ± 307.90	-1.176	0.241
血尿素氮 / (mmol/L)	17.33 ± 5.29	19.70 ± 5.99	-2.629	0.009
血尿酸 / (μmol/L)	377.26 ± 77.18	422.04 ± 83.08	-3.512	0.001
血钙 / (mmol/L)	2.34 (2.25, 2.42)	2.33 (2.24, 2.44)	-0.130	0.896
血磷 / (mmol/L)	1.59 (1.28, 1.92)	1.69 (1.38, 2.10)	-1.413	0.153
iPTH / (pg/mL)	651.80 (412.60, 1 210.00)	379.50 (219.88, 827.88)	-3.463	0.001
D/Pcr ^b	60/14	50/36	9.744	0.002
总 Kt/V	1.96 (1.71, 2.22)	1.90 (1.64, 2.20)	-0.702	0.483
总 Ccr / (mL/min)	58.11 (51.46, 64.29)	55.77 (48.35, 67.78)	-0.392	0.695

注: ^a 心血管疾病 (CVD) 病史, 包括心力衰竭、冠状动脉粥样硬化性心脏病 (心绞痛、心肌梗死) 和心律失常; ^b 腹膜转运特性 (D/Pcr) 为高转运、高平均转运组与低平均转运、低转运组患者数构成比。

2.2 长透析龄患者中不同腹膜转运特性腹膜透析患者的血清指标比较

在长透析龄组的患者中, 腹膜功能呈现出一系列的变化, 高PET组比低PET组的患者血白蛋白水平更低, 总Ccr水平更高, 且差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$); 2组患者在血红蛋白、前白蛋白、甘油三酯、总胆固醇、血清肌酐、血尿素氮、血尿酸、血磷、血钙、iPTH、总Kt/V水平之间比较差异无统计学意义(均 $P > 0.05$)。见表2。

2.3 长透析龄组的5年腹膜功能变化

长透析龄组中, 共有54例腹膜透析患者在开始腹膜透析治疗开始后的前5年接受PET, Friedman检验显示透析前5年的溶质转运呈现出

差异, 表现为先下降后升高的趋势($P < 0.05$)。见表3、图1。

2.4 长透析龄腹膜透析患者nPCR与透析充分性的关系

在长透析龄组腹膜透析患者中, nPCR与总Kt/V($r_s=0.288$, $P < 0.05$)、总Ccr($r=0.305$, $P < 0.05$)呈正相关, 与溶质转运水平呈负相关($r_s=-0.417$, $P < 0.05$), 见表4。进一步进行ROC曲线分析显示, nPCR在评估透析充分性的曲线下面积为0.68(95%CI 0.55~0.82, $P = 0.02$), 当nPCR取截断值0.78 g/(kg·d)时, 诊断透析充分性的特异度为62.50%、灵敏度为83.33% ($P = 0.020$), 阳性预测值为72.7%, 阴性预测值为85.7%, 见图2。

表2 高PET组与低PET组血清学资料比较

Table 2 Comparison of serological data between high PET group and low PET group

临床资料	高PET组 (n=39)	低PET组 (n=35)	Z/t 值	P 值
血红蛋白 / (g/L)	109.50 (103.00, 124.75)	115.00 (105.25, 123.25)	-0.704	0.481
白蛋白 / (g/L)	33.98 ± 3.39	35.98 ± 3.02	-2.642	0.010
前白蛋白 / (g/L)	0.31 ± 0.07	0.33 ± 0.06	-1.046	0.299
总胆固醇 / (mmol/L)	4.28 ± 0.99	4.76 ± 1.25	-1.843	0.070
甘油三酯 / (mmol/L)	1.38 (0.80, 2.72)	1.62 (1.25, 2.35)	-1.211	0.226
血清肌酐 / (μmol/L)	1 008.37 ± 163.88	981.26 ± 181.47	0.673	0.503
血尿素氮 / (mmol/L)	16.40 ± 5.90	18.56 ± 4.15	-1.763	0.082
血尿酸 / (μmol/L)	364.59 ± 68.71	393.90 ± 85.32	-1.637	0.106
血钙 / (mmol/L)	2.31 (2.22, 2.40)	2.36 (2.27, 2.51)	-1.195	0.232
血磷 / (mmol/L)	1.56 (1.05, 1.85)	1.71 (1.33, 2.01)	-1.822	0.068
iPTH / (pg/mL)	617.95 (314.65, 1 226.00)	690.35 (422.53, 1 210.00)	-0.786	0.432
总 Kt/V	1.94 (1.71, 2.26)	1.98 (1.70, 2.30)	-0.142	0.887
总 Ccr / (mL/min)	60.52 (56.27, 65.12)	53.47 (47.88, 61.24)	-2.924	0.003
nPCR / [g / (kg·d)]	0.69 (0.62, 0.80)	0.81 (0.72, 0.88)	-10.921	0.001

表3 透析前5年D/Pcr的Friedman检验

Table 3 Friedman test of D/Pcr for the first five years of dialysis

时间点	n	P ₂₅	M	P ₇₅	χ ² 值	df	P 值
第1年	54	0.58	0.64	0.72	13.525	4.000	0.009*
第2年	54	0.59	0.62	0.73			
第3年	54	0.54	0.60	0.71			
第4年	54	0.55	0.62	0.70			
第5年	54	0.54	0.65	0.69			

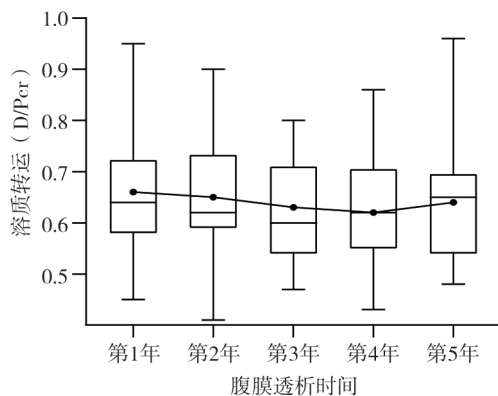


图1 长透析龄组的溶质转运纵向变化

Figure 1 Longitudinal changes in solute transport in the long-term peritoneal dialysis group

表4 长透析龄腹膜透析患者中nPCR与透析充分性指标的相关性

Table 4 Correlation between nPCR and dialysis adequacy index in patients with long-term peritoneal dialysis

项目	r _s 值	P 值
D/Pcr	-0.417	<0.001
Kt/V	0.288	0.013
Ccr	0.305	0.008

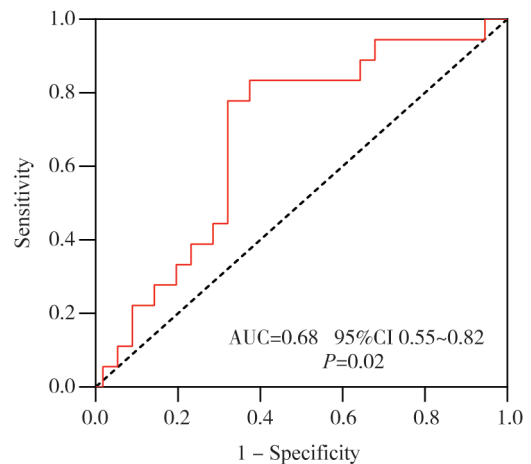


图2 nPCR诊断长透析龄患者透析充分性的ROC曲线图

Figure 2 ROC curve of nPCR diagnosis of dialysis adequacy in patients with long-term peritoneal dialysis

3 讨论

腹膜透析患者的透析龄受多种因素影响,且目前长期生存率仍不尽理想^[12]。与短透析龄患者相比,长透析龄患者在初次接受腹膜透析治疗时

的年龄更小,随透析时间的延长,合并CVD病史的比例升高,可能与CKD患者本身存在的尿毒症相关危险因素相关^[13]。在本研究中,长透析龄组患者的BMI、血白蛋白、前白蛋白及尿酸水平均低于短透析龄组,提示存在营养不良,这可能与腹膜透析过程中营养摄入不足、营养成分丢失过多、残余肾功能减退、透析不充分、感染等因素密切相关^[14]。此外,低水平的iPTH可通过抑制骨转化而促进血管钙化^[15],且iPTH作为尿毒症中主要的中分子毒素之一,亦可用于评估透析的充分性^[16]。本研究中,长透析龄患者的iPTH水平更高,可能反映其存在钙磷代谢紊乱及腹膜对中分子毒素的清除能力降低。

长期接受葡萄糖透析液治疗的腹膜透析患者,其腹膜易受到慢性炎症和损伤的影响^[17],从而导致新生血管生成,增加了溶质扩散的表面积。此外,腹膜发生纤维化和增厚,会增加阻力,减少流量^[18],从而影响透析的充分性。随着透析时间延长,腹膜的通透性逐渐增加,而超滤能力则呈下降趋势^[19]。研究表明,腹膜溶质转运在长透析龄人群中增加的程度和速度不尽相同^[20-21]。本研究中,长透析龄组患者的溶质转运在早期呈下降趋势,随后在第5年时开始回升,提示腹膜功能具有一定的动态演变特征。这种变化可能与治疗初期透析方案的优化调整有关,而后期溶质转运上升可能源自腹膜结构的改变。因此,在长期腹膜透析过程中,维持和保护腹膜功能显得尤为重要。值得注意的是,高腹膜转运状态不仅被认为是影响腹膜透析患者生存的独立危险因素^[22],还会对患者营养状况产生负面影响。本研究中,高PET组患者的血白蛋白和nPCR水平均较低,与既往的研究结果一致。

已有研究表明,营养不良与透析充分性密切相关^[14],美国肾脏病基金会预后质量倡议(Kidney Disease Outcomes Quality Initiative, KDOQI)指南将nPCR<0.8 g/(kg·d)定义为营养状况不良的标志^[11],影响发病率和病死率^[23]。然而nPCR与透析充分性之间的关系仍需进一步明确。有研究者指出,nPCR水平与透析充分性及腹膜转运类型呈正相关^[24]。本研究亦发现,在长透析龄患者中,nPCR较低者通常伴随总Ccr和总Kt/V的下降,提示存在透析不充分的风险。为寻找临床干预的最佳截断值,经ROC曲线分析显示,nPCR诊断透析充分性效能的ROC曲线下面积为0.68(95%CI

0.55~0.82, $P = 0.02$),取截断值为0.78 g/(kg·d)时,其灵敏度为83.33%,特异度为62.5%。KDOQI指南建议Kt/V>1.7,以降低死亡风险^[25],但仅依赖Kt/V可能忽视了膳食蛋白质摄入的影响,应纳入多种指标来评估透析质量^[26-28]。nPCR作为反映透析充分性的营养标志物,能够更准确地评估蛋白质摄入量^[9],并可能对腹膜透析患者的预后产生影响^[29]。然而,nPCR测定结果受膳食摄入稳定性和血尿素氮水平影响,且无法全面反映代谢产物清除效率^[30]。因此,nPCR应与其他指标结合使用以指导透析方案的制定。Qin等^[9]研究指出,nPCR<0.815 g/(kg·d)是透析不充分的独立危险因素,但本研究的截断值更低,可能与研究对象为长透析龄患者有关,其本身的营养状况比短透析龄患者更差。

本研究结果与既往文献报道基本一致,进一步证实了腹膜透析患者的营养状况与透析充分性之间的密切关系。与以往研究相比,本研究更关注长透析龄患者在该关联性中的独特性,具有一定的临床意义。长腹膜透析龄患者在治疗中可能面临更复杂的营养风险与管理挑战。nPCR可用于评估处于稳定状态的患者的膳食蛋白质摄入量,并作为调整透析处方的参考。当患者存在营养不良[nPCR<0.8 g/(kg·d)]或透析不充分(Kt/V<1.2)时,需及时优化透析方案以应对实际临床需要^[31]。目前的指南以标准透析方案为基础制定,但蛋白质摄入需求与透析增量之间的关系尚不明确。因此,密切监测营养相关指标对于制定有效的个体化透析方案尤为重要^[32]。透析处方应以维持正常血容量为首要目标,在营养状态、容量控制和临床症状均稳定的前提下,无需过度追求清除率达标^[8]。本研究通过深入探讨腹膜功能的动态演变过程及nPCR在透析充分性中的作用,为长透析龄患者的个体化治疗方案提供了新的思路。然而,本研究仍存在一定局限性,包括回顾性研究设计和样本量相对较小等。因此,未来仍需开展大规模前瞻性研究,以进一步验证本研究发现,并更全面揭示腹膜透析患者腹膜功能演变规律及评估透析充分性的指标。

综上所述,本研究揭示了长透析龄腹膜透析患者在腹膜功能与营养状态方面所具有的独特特征。随着透析时间的延长,患者在透析前5年的腹膜功能变化趋势存在差异,nPCR作为营养指标用于评估透析充分性,具有一定的临床应用价值。

未来的研究应继续聚焦于如何优化长透析龄患者的透析管理策略,从而提高其生活质量和长期生存率。

利益冲突声明: 本研究未受到企业、公司等第三方资助,不存在潜在利益冲突。

参 考 文 献

- [1] QU L, JIAO B. The interplay between immune and metabolic pathways in kidney disease[J]. *Cells*, 2023, 12 (12): 1584. DOI: 10.3390/cells12121584.
- [2] BELLO A K, OKPECHI I G, OSMAN M A, et al. Epidemiology of peritoneal dialysis outcomes[J]. *Nat Rev Nephrol*, 2022, 18 (12): 779-793. DOI: 10.1038/s41581-022-00623-7.
- [3] LUKOWSKY L R, MEHROTRA R, KHEIFETS L, et al. Comparing mortality of peritoneal and hemodialysis patients in the first 2 years of dialysis therapy: a marginal structural model analysis[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2013, 8 (4): 619-628. DOI: 10.2215/CJN.04810512.
- [4] DING L, JOHNSTON J, PINSK M N. Monitoring dialysis adequacy: history and current practice[J]. *Pediatr Nephrol*, 2021, 36 (8): 2265-2277. DOI: 10.1007/s00467-020-04816-9.
- [5] GUO Y, LUO D, YIN L, et al. Varying association of nutrient intakes with quality of life in patients receiving different modes of dialysis[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2024, 11 : 1407650. DOI: 10.3389/fcvm.2024.1407650.
- [6] RAO N S, CHANDRA A, SAI S, et al. Predialytic versus intradialytic nutrition: a study to assess effects on intradialytic blood pressure, dialysis adequacy, and urea removal[J]. *Blood Purif*, 2021, 50 (6): 823-828. DOI: 10.1159/000512540.
- [7] CHEN C H, TEITELBAUM I. Peritoneal dialysis adequacy: a paradigm shift[J]. *Kidney Res Clin Pract*, 2022, 41 (2): 150-155. DOI: 10.23876/j.krep.21.208.
- [8] ERIGUCHI R, OBI Y, STREJA E, et al. Longitudinal associations among renal urea clearance-corrected normalized protein catabolic rate, serum albumin, and mortality in patients on hemodialysis[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2017, 12 (7): 1109-1117. DOI: 10.2215/CJN.13141216.
- [9] QIN A, LIU X, YIN X, et al. Normalized protein catabolic rate is a superior nutritional marker associated with dialysis adequacy in continuous ambulatory peritoneal dialysis patients[J]. *Front Med (Lausanne)*, 2021, 7 : 603725. DOI: 10.3389/fmed.2020.603725.
- [10] TATTERSALL J E, DOYLE S, GREENWOOD R N, et al. Kinetic modelling and underdialysis in CAPD patients[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 1993, 8(6): 535-538. DOI: 10.1093/ndt/8.6.535.
- [11] TWARDOWSKI Z J, NOLPH K D, KHANNA R, et al. Peritoneal equilibration test[J]. *Perit Dial Bull*, 1987, 7 (3): 138.
- [12] GUZMAN-VENTURA W, CABALLERO-ALVARADO J. Survival of patients on chronic hemodialysis versus chronic peritoneal dialysis[J]. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, 2022, 39 (2): 161-169. DOI: 10.17843/rpmesp.2022.392.10853.
- [13] SARNAK M J, AUGUSTE B L, BROWN E, et al. Cardiovascular effects of home dialysis therapies: a scientific statement from the American heart association[J]. *Circulation*, 2022, 146 (11): e146-e164. DOI: 10.1161/CIR.0000000000001088.
- [14] KIEBALO T, HOLOTKA J, HABURA I, et al. Nutritional status in peritoneal dialysis: nutritional guidelines, adequacy and the management of malnutrition[J]. *Nutrients*, 2020, 12 (6): 1715. DOI: 10.3390/nu12061715.
- [15] CHEN Z, ZHANG X, HAN F, et al. High alkaline phosphatase and low intact parathyroid hormone associate with worse clinical outcome in peritoneal dialysis patients[J]. *Perit Dial Int*, 2021, 41 (2): 236-243. DOI: 10.1177/0896860820918131.
- [16] LI Y, FENG X, CHEN N, et al. Prognosis and factors related to severe secondary hyperparathyroidism in long-term peritoneal dialysis patients[J]. *Ren Fail*, 2024, 46 (1): 2356022. DOI: 10.1080/0886022X.2024.2356022.
- [17] STEPANOVA N. The gut-peritoneum axis in peritoneal dialysis and peritoneal fibrosis[J]. *Kidney Med*, 2023, 5 (6): 100645. DOI: 10.1016/j.xkme.2023.100645.
- [18] MASOLA V, BONOMINI M, BORRELLI S, et al. Fibrosis of peritoneal membrane as target of new therapies in peritoneal dialysis[J]. *Int J Mol Sci*, 2022, 23 (9): 4831. DOI: 10.3390/ijms23094831.
- [19] VAN DIEPEN A N, COESTER A M, JANMAAT C J, et al. Comparison of longitudinal membrane function in peritoneal dialysis patients according to dialysis fluid biocompatibility[J]. *Kidney Int Rep*, 2020, 5(12): 2183-2194. DOI: 10.1016/j.ekir.2020.09.047.
- [20] UNCANIN S, SERDAREVIC N, KLAPUH N, et al. Peritoneal transport characteristics at the beginning and in long term peritoneal dialysis: a single center experience[J]. *Mater Sociomed*, 2020, 32 (2): 99-104. DOI: 10.5455/msm.2020.32.99-104.
- [21] ELPHICK E H, TEECE L, CHESS J A, et al. Biocompatible solutions and long-term changes in peritoneal solute transport[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2018, 13 (10): 1526-1533. DOI: 10.2215/cjn.02380218.
- [22] XIA Y, JIANG C, LIU Y, et al. Prognosis of peritoneal dialysis patients with different peritoneal transport characteristics: a retrospective cohort study[J]. *Iran J Kidney Dis*, 2024, 18 (1): 56-64. DOI: 10.52547/ijkd.7617.
- [23] FEIN P A, WEISS S, AVRAM M M, et al. Relationship of normalized protein catabolic rate with nutrition status and long-term survival in peritoneal dialysis patients[J]. *Adv Perit Dial*, 2015, 31 : 45-48.
- [24] DONATO B, MATEUS C, ADRAGAO T, et al. MO689 : relationship between peritoneal/renal function and nutritional status in peritoneal dialysis patients[J]. *Nephrol Dial*

- Transplant, 2022, 37 (Supplement_3): gfac078.026. DOI: 10.1093/ndt/gfac078.026.
- [25] LIU S, ZHANG L, MA S, et al. Kt/V reach rate is associated with clinical outcome in incident peritoneal dialysis patients [J]. Ren Fail, 2022, 44 (1): 482-489. DOI: 10.1080/0886022X.2022.2048854.
- [26] BROWN E A, BLAKE P G, BOUDVILLE N, et al. International society for peritoneal dialysis practice recommendations: prescribing high-quality goal-directed peritoneal dialysis [J]. Perit Dial Int, 2020, 40 (3): 244-253. DOI: 10.1177/0896860819895364.
- [27] MALIHA G, WEINHANDL E D, REDDY Y N V. Deprescribing the kt/V target for peritoneal dialysis in the United States: the path toward adopting international standards for dialysis adequacy [J]. J Am Soc Nephrol, 2023, 34 (5): 751-754. DOI: 10.1681/ASN.000000000000101.
- [28] MEYER T W, BARGMAN J M. The removal of uremic solutes by peritoneal dialysis [J]. J Am Soc Nephrol, 2023, 34 (12): 1919-1927. DOI: 10.1681/asn.000000000000211.
- [29] LI L, LIANG W, YE T, et al. The association between nutritional markers and biochemical parameters and residual renal function in peritoneal dialysis patients [J]. PLoS One, 2016, 11 (6): e0156423. DOI: 10.1371/journal.pone.0156423.
- [30] CHANDNA S M, KULINSKAYA E, FARRINGTON K. A dramatic reduction of normalized protein catabolic rate occurs late in the course of progressive renal insufficiency [J]. Nephrol Dial Transplant, 2005, 20 (10): 2130-2138. DOI: 10.1093/ndt/gfh940.
- [31] CHEN J B, LAM K K, SU Y J, et al. Relationship between Kt/V urea-based dialysis adequacy and nutritional status and their effect on the components of the quality of life in incident peritoneal dialysis patients [J]. BMC Nephrol, 2012, 13: 39. DOI: 10.1186/1471-2369-13-39.
- [32] GLAVINOVIC T, HURST H, HUTCHISON A, et al. Prescribing high-quality peritoneal dialysis: moving beyond urea clearance [J]. Perit Dial Int, 2020, 40 (3): 293-301. DOI: 10.1177/0896860819893571.

(责任编辑: 林燕薇)

