

## 超滤率对维持性血液透析患者透析中血压变异性的影响\*

崔冬梅<sup>1</sup>, 陈迎归<sup>1,2</sup>, 韩晓苇<sup>3</sup>, 全梓林<sup>1</sup>, 宋利<sup>1</sup>, 赵立艳<sup>1</sup>, 钟咪<sup>1</sup>,周丽芳<sup>1</sup>, 孙春艳<sup>1</sup>, 赵宜娜<sup>1,4</sup>, 史丽华<sup>1</sup>, 符霞<sup>2,4,5△</sup>

(1. 广东省人民医院/广东省医学科学院肾内科, 广州 510080; 2. 南方医科大学护理学院, 广州 510515;

3. 深圳市中医院肾内科, 深圳 518033. 4. 汕头大学医学院护理系, 汕头 515063;

5. 中山大学附属第八医院护理部, 深圳 518033)

**[摘要]** **目的** 探讨超滤率对维持性血液透析(MHD)患者透析中血压变异性(BPV)的影响。**方法** 选取 2020 年 1—6 月在广东省人民医院、深圳市中医院接受 MHD 患者 278 例, 根据 2020 年 6 月患者每次透析实际超滤量、透析治疗时间和干体重, 计算每次超滤率(UFR), 根据每次 UFR 的平均值分为高超滤组(UFR>10 mL·h<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>)196 例和低超滤组(UFR≤10 mL·h<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>)92 例, 比较 2 组患者透析中 BPV 的差异。BPV 用多个血压读数的变异系数(CV)来表示。**结果** 高超滤组和低超滤组患者透析中收缩压变异性系数(SBP CV)分别为 10.57(8.59, 12.44)和 9.20(7.68, 10.93), 差异有统计学意义(P=0.001); 多重线性回归分析显示, UFR 是 MHD 患者透析中 SBP CV 的独立危险因素。**结论** 将 MHD 患者的 UFR 控制在≤10 mL·h<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>, 可有效降低患者透析中的 SBP CV, 提高患者透析的耐受性。

**[关键词]** 血液透析; 超滤率; 血压变异性; 收缩压; 舒张压**[中图法分类号]** R692.5**[文献标识码]** A**[文章编号]** 1671-8348(2022)21-3650-04

## Impact of ultrafiltration rate on blood pressure variability in patients with maintenance hemodialysis\*

CUI Dongmei<sup>1</sup>, CHEN Yinggui<sup>1,2</sup>, HAN Xiaowei<sup>3</sup>, QUAN Zilin<sup>1</sup>, SONG Li<sup>1</sup>, ZHAO Liyan<sup>1</sup>,  
ZHONG Mi<sup>1</sup>, ZHOU Lifang<sup>1</sup>, SUN Chunyan<sup>1</sup>, ZHAO Yi'na<sup>1,4</sup>, SHI Lihua<sup>1</sup>, FU Xia<sup>2,4,5△</sup>

(1. Department of Nephrology, Guangdong Provincial People's Hospital/Guangdong Academy

of Medical Sciences, Guangzhou, Guangdong 510080, China; 2. School of Nursing, Southern

Medical University, Guangzhou, Guangdong 510515, China; 3. Department of Nephrology,

Shenzhen Municipal Hospital of Traditional Chinese Medicine, Shenzhen, Guangdong 518033,

China; 4. Faculty of Nursing, Medical College of Shantou University, Shantou,

Guangdong 515063, China; 5. Department of Nursing, Eighth Affiliated

Hospital of Sun-Yat-Sen University, Shenzhen, Guangdong 518033, China)

**[Abstract]** **Objective** To investigate the impact of ultrafiltration rate on intradialytic blood pressure variability (BPV) in the patients with maintenance hemodialysis (MHD). **Methods** A total of 278 patients with MHD in Guangdong Provincial People's Hospital and Shenzhen Municipal Hospital of Traditional Chinese Medicine from January to June 2020 were selected. The ultrafiltration rate (UFR) was calculated by using the actual ultrafiltration volume, dialysis treatment time and dry weight of each dialysis in June 2020. According to the average value of each UFR, they were divided into the high ultrafiltration group (UFR>10 mL·h<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>, 196 cases) and the low ultrafiltration group (UFR≤10 mL·h<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>, 92 cases). The difference of intradialytic BPV was compared between the two groups. BPV was represented by coefficient of variation (CV) of multiple blood pressure readings. **Results** The systolic blood pressure variability (SBP CV) in the high ultrafiltration group and the low ultrafiltration group were 10.57 (8.59, 12.44) and 9.20 (7.68, 10.93) respectively, and the difference was statistically significant (P=0.001). The multiple linear regression analysis showed that UFR was an independent risk factor for SBP CV in MHD patients. **Conclusion** Controlling

\* 基金项目: 登峰计划-院内护理科研基金项目(DFJH2021007, DFJH2021012)。 作者简介: 崔冬梅(1985-), 主管护师, 学士, 主要从事血液净化护理研究。

△ 通信作者, E-mail: fuxia0027@gdph.org.cn。

UFR of MHD patients at  $\leq 10 \text{ mL} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$  could effectively reduce the BPV CV clueing dialysis and improve the dialysis tolerance of the patients.

**[Key words]** hemodialysis; ultrafiltration rate; blood pressure variability; systolic blood pressure; diastolic blood pressure

血压变异性(blood pressure variability, BPV)是指机体一定时间内血压波动的程度,通常用特定时间段测量的血压读数的标准差(standard deviation, SD)、变异系数(coefficient of variation, CV)及独立于均值的变异来表示<sup>[1]</sup>。BPV 增加可加重心肌纤维化和左心室肥厚,导致左心室收缩及舒张功能障碍<sup>[2]</sup>,从而增加心血管事件和心血管死亡的发生风险<sup>[3]</sup>。血液透析治疗中的短期 BPV 与维持性血液透析(maintenance hemodialysis, MHD)患者全因死亡率、心血管死亡率呈正相关<sup>[4]</sup>。有研究表明 MHD 患者心血管事件的发生可能与透析超滤引起的血流动力学改变有关<sup>[5]</sup>。MHD 患者血流动力学改变可导致患者出现心脏组织缺血、低血压、心律失常,甚至心搏骤停<sup>[6]</sup>。BPV 值越大,患者血压波动的幅度越大,机体血流动力学的改变速度也越大。SARAN 等<sup>[7]</sup>研究发现,超滤率(ultrafiltration rate, UFR)  $> 10 \text{ mL} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$  是患者全因死亡的独立危险因素。为此,本研究旨在探索 UFR 对 MHD 患者透析中 BPV 的影响。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取 2020 年 1—6 月在广东省人民医院、深圳市中医院血液透析中心接受 MHD 患者 278 例为研究对象。纳入标准:(1)年龄  $\geq 18$  周岁;(2)接受 MHD 治疗  $\geq 1$  年;(3)每周接受 3 次血液透析治疗,每次 4 h。排除标准:(1)关键资料缺失的病例(如超滤量、血压等透析治疗数据);(2)常规测量下肢血压患者。本研究已通过广东省人民医院伦理委员会审查批准,伦理批准号:KY-N-2021-010-01。

### 1.2 方法

收集患者的基本资料包括年龄、性别、身高、透析龄、干体重、BMI、合并症、药物使用情况等;透析数据包括 2020 年 6 月每次血液透析前、透析中每小时及透析后血压数据,每次透析实际超滤量、透析时间等;实验室指标包括血清清蛋白(Alb)、血红蛋白(Hb)、血小板(PLT)、低密度脂蛋白(LDL)、C 反应蛋白

(CRP)、 $\beta 2$ -微球蛋白( $\beta 2$ -MG)等;心脏超声检查结果包括左心室射血分数(LVEF)、左心室质量指数(左心室质量指数=左心室质量/体表面积)等。UFR=每次实际超滤量(mL)·干体重(kg)<sup>-1</sup>·每次透析时间(h)<sup>-1</sup>。透析中 BPV 的评估指标:

$$\text{标准差(SD)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad (1)$$

其中 n 代表血压测量次数,  $\bar{x}$  代表平均血压值,  $x_i$  代表每次测量的血压值。

$$\text{变异系数(CV)} = \text{SD} / \bar{x} \times 100\% \quad (2)$$

根据研究对象 2020 年 6 月每次透析实际超滤量、透析时间和干体重,计算每次 UFR,将 UFR  $> 10 \text{ mL} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$  的患者列为高超滤组, UFR  $\leq 10 \text{ mL} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$  的患者列为低超滤组。

### 1.3 统计学处理

采用 SPSS26.0 和 R4.0.3 软件进行数据分析。正态分布的计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,偏态分布的计量资料以中位数和四分位间距 [ $M(P_{25}, P_{75})$ ] 表示,组间比较采用 Mann-Whitney U 检验;计数资料采用例数和百分比(%)描述,组间比较采用  $\chi^2$  检验或 Fisher 确切概率法。采用多重线性回归分析方法校正年龄、糖尿病等混杂因素,探讨 UFR 对透析中收缩压变异性系数(SBP CV)的影响。以双侧  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 患者的一般情况及组间比较

本研究共纳入 278 例患者,其中男 152 例(54.7%),女 126 例(45.3%);中位年龄 57(48,69)岁;中位透析龄 67(39,113)个月;中位透析前 SBP (141.35  $\pm$  16.77) mm Hg,中位透析前舒张压(DBP) (75.67  $\pm$  11.35) mm Hg。糖尿病 89 例(32.0%),高血压 190(68.3%)例,周围血管疾病 34 例(12.2%)。高超滤率组和低超滤率组患者在性别、BMI、高血压、透析龄(月)、透析中 SBP CV、血清 Alb、LVEF 比较,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),见表 1。

表 1 MHD 患者人口学及临床特征比较

项目	合计(n=278)	低超滤组(n=82)	高超滤组(n=196)	Z/ $\chi^2$	P
性别[n(%)]				12.098	0.001
男	152(54.7)	58(70.7)	94(48.0)		
女	126(45.3)	24(29.3)	102(52.0)		
年龄[M( $P_{25}, P_{75}$ ),岁]	57.00(48.00,69.00)	62.00(50.00,70.00)	56.00(47.00,68.00)	-1.268	0.205
BMI[M( $P_{25}, P_{75}$ ),kg/m <sup>2</sup> ]	21.63(19.58,23.87)	22.13(20.40,24.36)	21.43(18.93,23.37)	-2.432	0.015

续表 1 MHD 患者人口学及临床特征比较

项目	合计( $n=278$ )	低超滤组( $n=82$ )	高超滤组( $n=196$ )	$Z/\chi^2$	$P$
糖尿病[ $n(\%)$ ]	89(32.0)	22(26.8)	67(34.2)	1.437	0.231
高血压[ $n(\%)$ ]	190(68.3)	48(58.5)	142(72.4)	5.172	0.023
周围血管疾病[ $n(\%)$ ]	34(12.2)	9(11.0)	25(12.8)	0.171	0.680
透析龄[ $M(P_{25}, P_{75}),$ 月]	67.03(39.48,113.18)	53.06(28.75,84.15)	72.00(43.84,122.04)	3.765	<0.001
透析前 SBP( $\bar{x}\pm s,$ mm Hg)	141.35 $\pm$ 16.77	140.73 $\pm$ 17.84	141.61 $\pm$ 16.35	-0.396	0.692
透析前 DBP( $\bar{x}\pm s,$ %)	75.67 $\pm$ 11.35	75.17 $\pm$ 11.39	75.88 $\pm$ 11.36	-0.480	0.632
透析中收 SBP CV[ $M(P_{25}, P_{75}),$ %]	10.05(8.24,11.92)	9.20(7.68,10.93)	10.57(8.59,12.44)	3.198	0.001
透析中 DBP CV[ $M(P_{25}, P_{75}),$ %]	10.46(8.77,12.63)	9.99(8.46,12.23)	10.63(9.11,12.78)	1.683	0.092
透析前尿素氮[ $M(P_{25}, P_{75}),$ %]	26.50(23.04,30.65)	26.52(23.25,29.65)	26.50(22.77,30.94)	0.017	0.986
Kt/V( $\bar{x}\pm s$ )	1.48 $\pm$ 0.29	1.43 $\pm$ 0.38	1.50 $\pm$ 0.26	-1.718	0.087
Alb[ $M(P_{25}, P_{75}),$ g/L]	37.40(35.30,39.70)	38.20(35.84,40.27)	37.10(35.00,39.40)	-2.284	0.022
血红蛋白[ $M(P_{25}, P_{75}),$ g/L]	106.00(97.00,116.00)	106.50(99.50,117.00)	106.00(96.00,115.50)	-0.796	0.426
CRP[ $M(P_{25}, P_{75}),$ mg/L]	2.42(0.98,6.92)	2.18(0.96,4.38)	2.63(0.99,7.86)	1.924	0.172
LDL[ $M(P_{25}, P_{75}),$ mmol/L]	2.72(2.20,3.41)	2.72(2.27,3.29)	2.73(2.19,3.41)	0.153	0.879
$\beta$ 2-MG[ $M(P_{25}, P_{75}),$ mg/L]	32.73(28.38,38.64)	31.56(23.74,36.32)	33.23(29.04,39.24)	1.900	0.057
LVEF[ $M(P_{25}, P_{75}),$ %]	63.00(58.50,66.00)	62.00(55.25,65.00)	63.00(60.00,67.00)	1.985	0.047
左心室质量指数[ $M(P_{25}, P_{75}),$ g/m <sup>2</sup> ]	111.03(83.65,133.22)	111.03(84.05,133.22)	110.73(83.46,132.63)	-0.074	0.941

Kt/V: 尿素清除指数。

## 2.2 UFR 对透析中 SBP CV 的独立影响多重线性回归分析

单因素线性回归分析(模型 1)显示,UFR 是透析中 SBP CV 的影响因素之一。在调整了年龄、性别、BMI、糖尿病、高血压(模型 2)后,提示 UFR 是透析中 SBP CV 的独立危险因素。在模型 3 和模型 4 中,在调整了透析龄、高通量透析、透析前 SBP、超滤量、血清 Alb、Hb、CRP、LVEF,UFR 对透析中 SBP CV 影响也依然显著,见表 2。

表 2 UFR 对透析中 SBP CV 的独立影响

模型	$\beta$	95%CI	SD	$t$	$P$
模型 1	1.219	(0.489,1.949)	0.371	3.288	0.001
模型 2	1.219	(0.487,1.951)	0.372	3.278	0.001
模型 3	1.056	(0.138,1.974)	0.466	2.265	0.024
模型 4	0.982	(0.142,1.822)	0.426	1.304	0.022

模型 1:未校正;模型 2:校正年龄、性别、BMI、糖尿病、高血压;模型 3:校正透析龄、高通量透析、透析前 SBP、超滤量;模型 4:校正血清 Alb、Hb、CRP、LVEF。

## 3 讨论

据报道,透析时超滤量 $>2\ 500$  mL 的患者较超滤量 $\leq 2\ 500$  mL 的患者更易发生高血压和低血压事件<sup>[8]</sup>。然而,由于患者干体重和治疗时间的不同,超滤量存在很大差异,使用 UFR 更能进行较为准确的评估及预测。有研究表明,个体化 UFR $\leq 10$  mL $\cdot$ h<sup>-1</sup> $\cdot$ kg<sup>-1</sup> 的患者低血压发生率较低<sup>[9]</sup>,但低血压的发生率不足以反映患者的血压波动水平,BPV 能更好

地反映患者体内血压的波动程度。生理条件下,BPV 是维持血压稳态的必要条件,可保证机体灌注对代谢和生理需求的变化作出反应;病理状况下,血压持续波动也可能反映和(或)导致心血管调节机制障碍及血流动力学等紊乱。短期 BPV 的增加可能导致器官血流量的突然变化,从而导致器官损伤,尤其是心、脑、肾等中央器官<sup>[10]</sup>。因此,MHD 患者更为理想的治疗策略是降低 BPV,而不是单纯降低平均血压值<sup>[11]</sup>。

本研究结果显示,透析过程中高超率组患者的 SBP CV 显著高于低超滤组患者( $P=0.001$ ),回归分析结果示 UFR 是透析中 SBP CV 的独立危险因素。究其原因,透析中发生低血压导致 BPV 增大的主要原因为有效循环血容量减少,有效循环血容量的变化取决于 UFR 及患者自身血管内血浆再充盈速度,透析过程中过大的 UFR 使患者血容量非生理性迅速下降、血浆渗透压的急剧变化,以及酸碱和电解质的重新平衡等因素,导致高超滤组患者对 BPV 的影响更为敏感。ASSIMON 等<sup>[12]</sup>纳入 118 394 例患者的研究表明,UFR $>10$  mL $\cdot$ h<sup>-1</sup> $\cdot$ kg<sup>-1</sup> 显著增加死亡风险。然而,还有研究报道 MHD 患者容量超负荷可导致透析间期 BPV 升高,增大超滤量使患者充分脱水以达到干体重,从而减轻液体负荷,使透析间期血压相对平稳<sup>[13-14]</sup>,但此类研究未考虑 UFR 过大致使 BPV 增加的问题。1 项纳入 31 841 例血液透析患者的 meta 分析结果显示,SBP CV 每增加 1 个标准差,其全因死亡风险增加 18%,心血管死亡风险增加

23%，心血管事件发生风险增加 27%<sup>[15]</sup>。因此，控制 MHD 患者 BPV 尤为重要，其重要举措在于控制液体摄入总量，以及合理制订个体化 UFR。

此外，UFR 的计算分母有使用患者的干体重，也有使用患者的透析前体重<sup>[16]</sup>，致使其参考范围存在一定差异，如使用患者透析前体重计算 UFR 参考值需要适当降低。临床工作中，对于刚入院的患者，尤其是诱导透析期的患者，未能明确干体重，不得已使用透析前体重计算 UFR 时，需要严格设定目标超滤量，方能保障患者透析安全性及耐受性。

综上，UFR 是 MHD 患者透析中 BPV 的独立危险因素，临床工作中，需重视对患者水分控制的管理，同时制订合理的个性化 UFR，必要时适当延长治疗时间或增加患者的透析频率。透析过程重点关注高 UFR 患者血压的波动，以保障 MHD 患者治疗的安全性和耐受性。本研究样本量小，且为回顾性研究，未来需要开展前瞻性大样本临床研究以探索 UFR 与 BPV 相关关系。

## 参考文献

- [1] FLYTHE J E, KIMMEL S E, BRUNELLI S M. Rapid fluid removal during dialysis is associated with cardiovascular morbidity and mortality[J]. *Kidney Int*, 2011, 79(2): 250-257.
- [2] SHIN S H, JANG J H, BAEK Y S, et al. Relation of blood pressure variability to left ventricular function and arterial stiffness in hypertensive patients[J]. *Singapore Med J*, 2019, 60(8): 427-431.
- [3] CHANG T I, PAIK J, GREENE T, et al. Intradialytic hypotension and vascular access thrombosis[J]. *J Am Soc Nephrol*, 2011, 22(8): 1526-1533.
- [4] 谷立杰, 张郁苒, 袁伟杰, 等. 维持性血液透析患者透析中血压变异性的相关因素及其对预后的影响[J]. *中华内科杂志*, 2013, 52(6): 453-458.
- [5] KIKUYA M, HOZAWA A, OHOKUBO T, et al. Prognostic significance of blood pressure and heart rate variabilities; the Ohasama study[J]. *Hypertension*, 2000, 36(5): 901-906.
- [6] RROJI M, SEFERI S, CAFKA M, et al. Is residual renal function and better phosphate control in peritoneal dialysis an answer for the lower prevalence of valve calcification compared to hemodialysis patients? [J]. *Int Urol Nephrol*, 2014, 46(1): 175-182.
- [7] SARAN R, BRAGG-GRESHAM J L, LEVIN N W, et al. Longer treatment time and slower ultrafiltration in hemodialysis: associations with reduced mortality in the DOPPS [J]. *Kidney Int*, 2006, 69(7): 1222-1228.
- [8] 王欣, 曹艳佩, 杨晓莉, 等. 超滤量对维持性血液透析患者血压变化影响的研究[J]. *护士进修杂志*, 2019, 34(4): 289-293.
- [9] SARAN R, BRAGG-GRESHAM J L, LEVIN N W, et al. Longer treatment time and slower ultrafiltration in hemodialysis: associations with reduced mortality in the DOPPS [J]. *Kidney Int*, 2006, 69(7): 1222-1228.
- [10] MASCHA E J, YANG D, WEISS S, et al. Intraoperative mean arterial pressure variability and 30-day mortality in patients having noncardiac surgery [J]. *Anesthesiology*, 2015, 123(1): 79-91.
- [11] ROSSIGNOL P, CRIDLIG J, LEHERT P, et al. Visit-to-visit blood pressure variability is a strong predictor of cardiovascular events in hemodialysis: insights from FOSIDIAL [J]. *Hypertension*, 2012, 60: 339-346.
- [12] ASSIMON M M, WENGER J B, WANG L, et al. Ultrafiltration rate and mortality in maintenance hemodialysis patients [J]. *Am J Kidney Dis*, 2016, 68(6): 911-922.
- [13] 温楚玲, 周红梅, 江杰, 等. 维持性血液透析患者透析间期血压变异性影响因素的多中心研究 [J]. *中华肾脏病杂志*, 2019, 35(4): 247-252.
- [14] 巩楠, 张学强, 袁铮, 等. 成人维持性血液透析患者透析间期血压变异性独立影响因素探讨 [J]. *中国血液净化*, 2020, 19(10): 673-677.
- [15] LI H, XUE J, DAI W, et al. Blood pressure variability and outcomes in end-stage renal disease patients on dialysis: a systematic review and meta-analysis [J]. *Kidney Blood Press Res*, 2020, 45(5): 631-644.
- [16] 徐元恺. 血液透析过程中血容量及血管再充盈状态的初步研究 [D]. 石家庄: 河北医科大学, 2013.