

• 临床研究 • doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2025.11.025

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20250811.1133.002\(2025-08-11\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20250811.1133.002(2025-08-11))

红细胞分布宽度与透析低血压、内瘘血栓形成的相关性研究

黄影,金立新,雷京红[△]

(北京航天总医院肾内科,北京 100071)

[摘要] **目的** 研究红细胞分布宽度(RDW)与透析中低血压(IDH)、内瘘血栓形成的相关性。**方法** 选取 2021 年 1 月 1 日至 2022 年 6 月 1 日在北京航天总医院血液净化中心接受血液透析治疗的患者 110 例作为研究对象。根据是否发生 IDH,将患者分为 IDH 组($n=40$)和非 IDH 组($n=70$)。记录两组患者透析内瘘血栓发生事件、基线资料、实验室指标、IDH 事件记录,分析 RDW 与 IDH、内瘘血栓形成的关系。**结果** IDH 组平均年龄为(66.05 ± 12.42)岁,高于非 IDH 组的(50.96 ± 14.50)岁($P < 0.05$)。IDH 组 RDW 为 $16.24\% \pm 1.36\%$,高于非 IDH 组的 $14.17\% \pm 1.04\%$ ($P < 0.05$)。IDH 纠正前,RDW 水平由低到高依次为轻、中、重度低血压组,组间比较差异有统计学意义($P < 0.05$);IDH 纠正 12 周后,各组间 RDW 水平比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。logistic 回归分析结果显示,RDW、IDH 事件是内瘘血栓形成的独立风险因素($HR > 1, P < 0.05$)。RDW 预测 IDH 事件的 AUC 为 0.880(95%CI:0.816~0.944)。**结论** RDW 水平较高患者发生 IDH 概率更高,RDW、IDH 事件是内瘘血栓形成的独立风险因素。

[关键词] 红细胞分布宽度;透析中低血压;血液透析;动静脉内瘘;血栓形成

[中图分类号] R57 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2025)11-2626-05

Correlation study between red blood cell distribution width and dialysis hypotension and arteriovenous fistula thrombosis

HUANG Ying, JIN Lixin, LEI Jinghong[△]

(Department of Nephrology, Beijing Aerospace General Hospital, Beijing 100071, China)

[Abstract] **Objective** To study the correlation between red blood cell distribution width (RDW) and intradialytic hypotension (IDH) as well as arteriovenous fistula thrombosis. **Methods** A total of 110 patients who received hemodialysis treatment at the Blood Purification Center of Beijing Aerospace General Hospital from January 1, 2021, to June 1, 2022, were selected as the study subjects. According to whether intradialytic hypotension (IDH) occurred, the patients were divided into the IDH group ($n=40$) and the non-IDH group ($n=70$). The occurrences of arteriovenous fistula thrombosis during dialysis, baseline data, laboratory indicators, and IDH event records of the two groups were recorded to analyze the relationship between RDW and IDH as well as arteriovenous fistula thrombosis. **Results** The average age of the IDH group was (66.05 ± 12.42) years, higher than that of the non-IDH group at (50.96 ± 14.50) years ($P < 0.05$). The RDW in the IDH group was $16.24\% \pm 1.36\%$, higher than that in the non-IDH group at $14.17\% \pm 1.04\%$ ($P < 0.05$). Before IDH correction, RDW levels increased progressively from the mild, moderate, to severe hypotension groups, with statistically significant differences between groups ($P < 0.05$); 12 weeks after IDH correction, there were no statistically significant differences in RDW levels among the groups ($P > 0.05$). Logistic regression analysis showed that RDW and IDH events were independent risk factors for arteriovenous fistula thrombosis ($HR > 1, P < 0.05$). The AUC for RDW in predicting IDH events was 0.880 (95%CI: 0.816 to 0.944). **Conclusion** Patients with higher RDW levels have a higher probability of developing IDH, and RDW and IDH events are independent risk factors for arteriovenous fistula thrombosis.

[Key words] red blood cell distribution width; hypotension during dialysis; hemodialysis; arteriovenous fistula; thrombosis

[△] 通信作者, E-mail: jinghong1225@vip.sina.com。

近年来,慢性肾脏病(chronic kidney disease, CKD)患者群体持续扩大。由于CKD预后不佳、对医疗的负担较重,已成为全球共同面临的重大健康挑战^[1]。我国流行病学调查显示,成年人CKD患病率达10.8%,患者人数约1.2亿。与此同时,进展至终末期肾脏病(end stage renal disease, ESRD)的患者数量也在上升。减少透析相关并发症、改善透析患者生活质量和提高生存率,成为血液透析医生的重要任务。在此背景下,红细胞分布宽度(red cell distribution width, RDW)的临床价值日益受到重视。RDW检测方便,花费小,患者接受度高,其最初且最具临床意义的用途是评估各类贫血。除贫血外,年龄、性别、遗传因素、肾功能异常及血脂异常等多种因素均与RDW水平变化相关^[2]。研究发现, RDW与多种疾病的预后及死亡风险存在关联。RDW与心力衰竭的发生、发展、严重程度、预后及死亡相关^[3-4],也与肺炎严重程度及哮喘发生存在一定联系^[5-6]。RDW可联合其他指标提高疾病诊断准确性,如RDW/Hb与心力衰竭、脑卒中、糖尿病酮症酸中毒和急性胰腺炎患者的预后相关^[7-9]。RDW在肿瘤学领域也受到越来越多的关注^[10]。有研究提出, RDW与血液透析过程中出现的低血压存在关联,并与透析内瘘血栓形成发生率相关, RDW是首次发生及复发性静脉血栓的独立预测因子^[11]。基于此,本研究旨在探讨RDW与透析中低血压(intradialytic hypotension, IDH)、透析内瘘并发症(尤其是血栓形成)的相关性,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2021年1月1日至2022年6月1日在北京航天总医院血液净化中心接受血液透析治疗的患者110例作为研究对象。根据是否发生IDH,将患者分为IDH组($n=40$)和非IDH组($n=70$)。纳入标准:(1)每周接受血液透析(隔日)治疗3次,血流量200~300 mL/min,透析液流量500 mL/min,每次治疗时间4 h,且透析治疗时间 ≥ 3 个月,病情稳定,近期无心脑血管等严重疾病;(2)使用自体动静脉内瘘且上肢可测量血压。排除标准:(1)合并严重心血管疾病,包括心肌梗死、射血分数降低且难以纠正的心力衰竭、或可影响血流动力学的严重心律失常;(2)合并重症感染、大量出血、输血、手术或恶性肿瘤;(3)处于妊娠期、哺乳期,或合并精神疾病;(4)数据不完整。本研究已获得本院伦理委员会的伦理豁免批准(2025年临床009号),回顾性研究豁免患者知情同意。

1.2 方法

1.2.1 评估IDH事件

本试验采用美国肾脏基金会肾脏病预后质量倡议制定的IDH诊断标准:收缩压(systolic blood pres-

sure, SBP)下降 ≥ 20 mmHg或舒张压(diastolic blood pressure, DBP)下降 ≥ 10 mmHg, 合并器官缺血症状或体征,需采取干预措施升高血压或改善症状^[12]。患者主要症状包括头晕、心悸、出汗、视物模糊等不适。严重者可出现意识障碍、心绞痛、心律失常等危及生命的情况。主要干预措施包括快速静脉滴注生理盐水或静脉注射50%葡萄糖溶液以扩充血容量,或根据病情酌情使用升压药及强心药物,旨在维持重要器官灌注。

1.2.2 评估患者内瘘血栓形成事件

(1)临床症状:患者表现为透析血流量下降、内瘘部位疼痛或肿胀。(2)物理检查:触诊可见内瘘部位搏动及震颤减弱或消失。(3)超声检查:彩色多普勒超声可直观显示血管内血流状况,是诊断内瘘血栓的常用方法。(4)血管造影:必要时可通过血管造影进一步明确血栓位置与范围。

1.2.3 随访终点

(1)出现严重的心血管事件。(2)出现严重感染、呕吐、腹泻不能耐受常规透析治疗方案。(3)依从性差,后期不愿意参与该研究。

1.2.4 一般资料及实验室指标

收集患者的相关数据,包括基线资料、实验室指标、IDH事件记录。基线资料:收集患者性别、年龄、肾脏原发病、SBP、DBP、透析实际脱水量、干体重,并计算超滤率。实验室指标:于IDH事件发生后、下一次透析开始前采集血标本,检测Hb、RDW、血钙、血磷及全段甲状旁腺激素(intact parathyroid hormone, iPTH)水平。IDH事件记录:详细记录IDH事件发生时的血压及当次透析上机时的血压。根据IDH事件发生时SBP较透析开始时下降的幅度,将患者分为3组:轻度低血压组, SBP下降 < 30 mmHg;中度低血压组, SBP下降30~40 mmHg;重度低血压组, SBP下降 > 40 mmHg。比较3组患者IDH事件发生时的RDW值差异情况。对发生IDH的患者实施标准化干预措施,干预12周后再次检测RDW值,分析干预后RDW变化情况。比较干预后3组间RDW水平的差异。比较IDH组和非IDH组患者透析内瘘血栓形成的发生率。评估IDH事件(发生与否及严重程度)及RDW水平对透析内瘘血栓形成的预测价值。

1.3 统计学处理

采用SPSS26.0软件进行数据处理。符合正态分布和方差齐性检验的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用独立样本 t 检验。不符合正态分布和方差齐性的计量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,组间比较采用秩和检验。计数资料以例数或百分比表示,组间比较采用 χ^2 检验。采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线和曲线下面积(area under

the curve,AUC)分析预测效能。采用单因素、多因素 logistic 回归分析相关影响因素。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 基本临床资料比较

本研究共纳入 110 例维持性血液透析患者,其中男 61 例、女 49 例,平均年龄(56.45 ± 1.48)岁。原发病分布:慢性肾小球肾炎(chronic glomerulonephritis,CGN)55 例(50.0%)、高血压 18 例(16.4%)、糖

尿病 25 例(22.7%)、其他 12 例(10.9%)。IDH 组和非 IDH 组在性别、原发病、SBP、DBP 及超滤率方面比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。IDH 组平均年龄为(66.05 ± 12.42)岁,高于非 IDH 组的(50.96 ± 14.50)岁($P<0.05$),见表 1。

2.2 IDH 组与非 IDH 组实验室检查比较

IDH 组 RDW 为 $16.24\%\pm1.36\%$,高于非 IDH 组的 $14.17\%\pm1.04\%$ ($P<0.05$),两组患者其他指标比较,差异无统计学意义($P>0.05$),见表 2。

表 1 两组一般资料比较

项目	IDH 组($n=40$)	非 IDH 组($n=70$)	t/χ^2	P
性别(男/女, n/n)	18/22	43/27	2.781	0.095
年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	66.05 ± 12.42	50.96 ± 14.50	5.524	<0.001
原发病(n)				
CGN	22	33	0.629	0.428
高血压	6	12	0.085	0.770
糖尿病	8	17	0.266	0.606
其他	4	8	0.053	0.817
SBP($\bar{x}\pm s$,mmHg)	145.30 ± 26.72	142.84 ± 25.35	0.480	0.633
DBP($\bar{x}\pm s$,mmHg)	88.90 ± 13.82	85.86 ± 14.94	1.056	0.293
超滤率($\bar{x}\pm s$, $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	9.43 ± 2.98	9.44 ± 3.30	-0.026	0.979

表 2 两组实验室检查比较

项目	IDH 组($n=40$)	非 IDH 组($n=70$)	t/Z	P
RDW($\bar{x}\pm s$,%)	16.24 ± 1.36	14.17 ± 1.04	8.946	<0.001
Hb($\bar{x}\pm s$,g/L)	104.73 ± 11.20	105.60 ± 9.58	-0.433	0.666
钙($\bar{x}\pm s$,mmol/L)	2.40 ± 0.35	2.43 ± 0.33	-0.504	0.615
磷($\bar{x}\pm s$,mmol/L)	2.27 ± 0.72	2.47 ± 0.67	-1.489	0.140
PTH[$M(Q_1,Q_3)$,pg/mL]	213.45(160.53,343.15)	268.15(182.23,370.93)	-1.339	0.181

2.3 IDH 纠正前后不同血压组 RDW 水平比较

IDH 组中,轻度低血压 12 例,中度低血压 10 例,重度低血压 18 例。IDH 纠正前,RDW 水平由低到高

依次为轻、中、重度低血压组,组间比较差异有统计学意义($P<0.05$);IDH 纠正 12 周后,各组间 RDW 水平比较,差异无统计学意义($P>0.05$),见表 3。

表 3 IDH 纠正前后不同血压组 RDW 水平比较($\bar{x}\pm s$,%)

项目	轻度低血压组($n=12$)	中度低血压组($n=10$)	重度低血压组($n=18$)	F	P
IDH 纠正前	15.07 ± 0.84	16.08 ± 0.96^a	17.06 ± 1.26^{ab}	12.462	<0.001
纠正 12 周后	14.33 ± 1.07	14.66 ± 1.34	15.01 ± 0.86	14.720	0.206

^a: $P<0.05$,与轻度低血压组比较;^b: $P<0.05$,与中度低血压组比较。

2.4 IDH 组与非 IDH 组内瘘血栓形成情况

IDH 组有 18 例(45.0%)形成内瘘血栓,非 IDH 组有 6 例(8.6%)形成内瘘血栓,差异有统计学意义($P<0.05$)。

2.5 RDW 与 IDH 事件对于内瘘血栓形成的预测价值

以年龄、RDW、IDH 事件为单因素,内瘘血栓形成作为终点事件,采用 logistic 回归分析模型探究 RDW 和 IDH 事件对于内瘘血栓的预测价值,结果显示,RDW、IDH 事件是内瘘血栓形成的独立风险因素($HR>1,P<0.05$),见表 4。

2.6 RDW 预测 IDH 事件的诊断效能

绘制 RDW 预测 IDH 事件的 ROC 曲线,结果显示,AUC=0.880(95%CI:0.816~0.944),见图 1。

项目	B	SE	HR	95%CI	P
RDW	0.440	0.208	1.552	1.033~2.334	0.034
IDH 事件	1.382	0.636	3.983	1.145~13.853	0.030

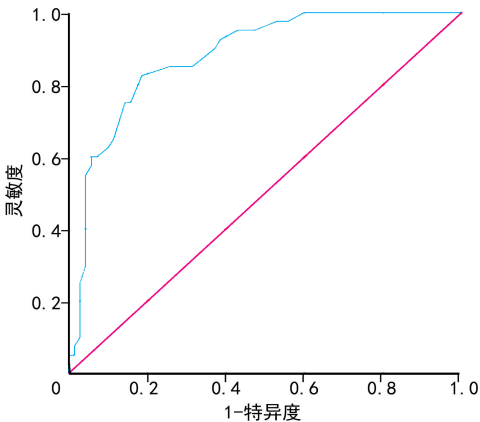


图 1 RDW 预测 IDH 事件的 ROC 曲线

3 讨 论

血液透析患者常合并炎症状态、贫血、氧化应激、营养不良、内皮功能障碍及缺氧等病理改变。这些因素可影响红细胞的生成与存活周期,间接导致 RDW 升高;而 RDW 升高又会进一步加剧上述病理过程^[13],两者形成恶性循环。同时,RDW 升高与亚临床动脉粥样硬化密切相关^[14],其通过加速粥样硬化进展、促进红细胞在血管壁沉积,使脂质核心扩大和纤维帽破溃更易发生^[15],这些机制是 IDH 和血栓形成的重要诱因。

IDH 是血液透析最常见的并发症之一,患者可出现恶心、呕吐、头晕、视力模糊、肌肉痉挛及晕厥等症状^[16],对生理和心理均产生负面影响。健康人群的血压通过复杂机制调节,而血液透析患者受超滤量、心血管疾病、透析频率与时间、透析液成分及温度等因素影响,血压调节更为困难,这些因素是诱发 IDH 的重要原因^[17]。IDH 反复发作可导致死亡风险增加^[18]、心血管事件^[18-19]、脑损伤^[20-22]、肠道功能障碍^[23-24]、血管通路风险^[25-26]等多种不良结果。一项针对 1 426 例血液透析患者的事后分析结果显示,IDH 最严重组的动静脉内瘘血栓形成风险增加了 2 倍^[27-28]。自体动静脉内瘘被誉为透析患者的“生命线”,是血液透析的首选通路^[29]。因此,预防和治疗 IDH 对患者至关重要。

本研究结果显示,IDH 组 RDW 高于非 IDH 组。为研究在已经发生 IDH 的患者中,RDW 水平是否与 IDH 的严重程度有关,将 IDH 组按发生 IDH 时 SBP 下降程度分为轻、中、重度低血压组。结果提示 IDH 纠正前,RDW 水平由低到高依次为轻、中、重度低血

压组,组间比较差异有统计学意义($P<0.05$),RDW 较高的患者发生 IDH 时 SBP 下降幅度较大,说明 RDW 值对于 IDH 的发生有预测价值。IDH 组发生内瘘血栓形成的概率高于非 IDH 组,logistic 回归分析显示 RDW、IDH 事件是内瘘血栓形成的独立风险因素($HR>1,P<0.05$)。

血液透析患者常存在炎症状态,其与营养不良共同损伤红细胞生成^[30]。炎症反应抑制骨髓造血功能,干扰促红细胞生成素的产生与释放,导致红细胞生成障碍,进而引起红细胞大小不均和 RDW 升高^[31];炎症因子可影响红细胞祖细胞增殖及成红细胞成熟^[32],促使未成熟红细胞进入外周血,造成红细胞体积异质性增加,进一步升高 RDW 水平^[33],而微炎症状态亦会促进动脉粥样硬化发展。孔建平等^[34]研究发现,血液透析患者炎症因子水平与动静脉内瘘失功风险呈正相关。疾病进展中产生的过量氧自由基无法被有效清除,激活的氧化应激反应将缩短红细胞寿命、降低其变形能力^[35],导致红细胞功能受损和微循环障碍^[36],进而引发器官灌注不足及血栓形成。当 RDW $\geq 14\%$ 时,红细胞携氧能力下降、异常凝集及血流速度减缓等易增加血管闭塞风险^[37],而缺氧与内皮功能障碍又会加速粥样硬化进程,最终促进内瘘血栓形成。RDW 升高通过影响血管粥样硬化程度、弹性及顺应性,降低血管对血容量变化的代偿能力,使患者更易发生 IDH 和内瘘血栓,并与炎症状态形成正反馈循环。

综上所述,RDW 水平较高患者发生 IDH 概率更高,RDW、IDH 事件是内瘘血栓形成的独立风险因素。

参考文献

[1] LIPPI G,TURCATO G,CERVELLIN G,et al. Red blood cell distribution width in heart failure: a narrative review[J]. World J Cardiol, 2018,10(2):6-14.

[2] 孙柯,梅长林. 全球慢性肾脏病患病率评估的局限性[J]. 中国临床医学,2017,24(6):958-963.

[3] 杨晋雯,刘雅婧,申晓彧,等. 肌酐浓度、血清红细胞体积分布宽度与老年急性心力衰竭的相关性[J]. 西部医学,2022,34(7):1041-1045.

[4] LIANG L,HUANG L Y,ZHAO X M,et al. Prognostic value of RDW alone and in combination with NT-proBNP in patients with heart failure[J]Clin Cardiol,2022,45(7):802-813.

[5] LEE J,ZHU Y W,WILLIAMS D J,et al. Red blood cell distribution width and pediatric community-acquired pneumonia disease severity

- [J]. *Hosp Pediatr*, 2022, 12(9):798-805.
- [6] WANG T, DUAN W W, JIA X Y, et al. Associations of combined phenotypic ageing and genetic risk with incidence of chronic respiratory diseases in the UK biobank: a prospective cohort study[J]. *Eur Respir J*, 2024, 63(2):2301720.
- [7] ZHAO N, HU W H, WU Z M, et al. The red blood cell distribution width-albumin ratio: a promising predictor of mortality in stroke patients[J]. *Int J Gen Med*, 2021, 14:3737-3747.
- [8] NI Q W, WANG X, WANG J, et al. The red blood cell distribution width-albumin ratio: a promising predictor of mortality in heart failure patients: a cohort study[J]. *Clin Chim Acta*, 2022, 527:38-46.
- [9] ZHOU D P, WANG J, LI X K. The red blood cell distribution width-albumin ratio was a potential prognostic biomarker for diabetic ketoacidosis[J]. *Int J Gen Med*, 2021, 14: 5375-5380.
- [10] 周佳怡, 靳鲁鸿媛, 顾欣贤, 等. 术前血清 CA125、HE4、NLR 及 MLR 诊断卵巢肿瘤的临床意义[J]. *肿瘤预防与治疗*, 2024, 37(5):429-433.
- [11] 陈艳梅. 红细胞分布宽度和平均血小板体积与心房颤动患者使用华法林抗凝治疗稳定性的相关性研究[D]. 南昌:南昌大学, 2022.
- [12] K/DOQI WORKGROUP. K/DOQI clinical practice guidelines for cardiovascular disease in dialysis patients[J]. *Am J Kidney Dis*, 2005, 45(4 Suppl. 3):1-153.
- [13] 苏黛, 田娜, 陈孟华. 红细胞分布宽度在慢性肾脏病发生发展中的意义[J]. *中国血液净化*, 2018, 17(1):46-50.
- [14] ROUMELIOTIS S, STAMOU A, ROUMELIOTIS A, et al. Red blood cell distribution width is associated with deterioration of renal function and cardiovascular morbidity and mortality in patients with diabetic kidney disease[J]. *Life*, 2020, 10(11):301.
- [15] SALVAGNO G L, SANCHIS-GOMAR F, PICANZA A, et al. Red blood cell distribution width: a simple parameter with multiple clinical applications[J]. *Crit Rev Clin Lab Sci*, 2015, 52(2):86-105.
- [16] 曾思, 李莹. 透析中低血压发病机制及治疗研究进展[J]. *现代医药卫生*, 2020, 36(8):1182-1185.
- [17] 葛正华. 血液透析治疗过程中低血压原因构成分析[J]. *中国处方药*, 2017, 15(12):160-161.
- [18] FLYTHE J E, XUE H, LYNCH K E, et al. Association of mortality risk with various definitions of intradialytic hypotension[J]. *J Am Soc Nephrol*, 2015, 26(3):724-734.
- [19] STEFANSSON B V, BRUNELLI S M, CABBRA C, et al. Intradialytic hypotension and risk of cardiovascular disease[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2014, 9(12):2124-2132.
- [20] PIERCE C N, LARSON D F. Inflammatory cytokine inhibition of erythropoiesis in patients implanted with a mechanical circulatory assist device[J]. *Perfusion*, 2005, 20(2):83-90.
- [21] KIM C D, LEE H J, KIM D J, et al. High prevalence of leukoaraiosis in cerebral magnetic resonance images of patients on peritoneal dialysis[J]. *Am J Kidney Dis*, 2007, 50(1):98-107.
- [22] MCINTYRE C W. Recurrent circulatory stress: the dark side of dialysis[J]. *Semin Dial*, 2010, 23(5):449-451.
- [23] 闫威威, 董思琴, 汪华学. 红细胞分布宽度与血小板计数比值对脓毒症患者预后的预测价值[J]. *安徽医学*, 2022, 43(8):887-891.
- [24] KRACK A, SHARMA R, FIGULLA H R, et al. The importance of the gastrointestinal system in the pathogenesis of heart failure[J]. *Eur Heart J*, 2005, 26(22):2368-2374.
- [25] 国家肾脏病医疗质量控制中心. 血液净化标准操作规程(2021 版)[EB/OL]. (2021-11-08) [2025-01-04]. <https://www.nhc.gov.cn/wjw/c100175/202111/0f854f7e65cf49bebd930a0f95c8efad.shtml>.
- [26] 申鹏, 李宏, 郭珏, 等. 血液透析患者自体动静脉内瘘血栓预防的最佳证据总结[J]. *中华护理杂志*, 2022, 57(13):1634-1640.
- [27] CHARYTAN D M, FOLEY R, MCCULLOUGH P A, et al. Arrhythmia and sudden death in hemodialysis patients: protocol and baseline characteristics of the monitoring in dialysis study[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2016, 11(4):721-734.
- [28] 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.