

## 生物电阻抗矢量分析法评价维持性血液透析患者干体重初探

赵新菊 蔡 砾 宋韩明 王 芳 吕继成 曹立云 徐 丽 左 力

**【摘要】目的** 探索生物电阻抗矢量分析法(bioelectrical impedance vector analysis, BIVA)在评价维持性血液透析(maintenance hemodialysis, MHD)患者干体重(dry weight, DW)中的应用。**方法** 选择北京大学第一医院肾脏内科血液透析室临床评价 DW 合适的 MHD 患者,透析前和透析后分别进行单频(50KHz)、全身生物电阻抗测量。收集北京石景山地区的健康查体人群作为对照。在电阻-电抗矢量图(RXc 图)上分别绘制健康人群和 MHD 患者矢量的 95% 可信区间和健康人群的容受区间。根据透析前患者在健康人群容受区间图上的位置将 MHD 患者分为 A(水负荷过重)、B(水负荷正常)两组,比较两组患者透析前高血压患病情况。根据透析后患者的矢量在容受区间图上的位置将患者分为水负荷过重(OH)组、水负荷正常(NH)组和脱水(DH)组,从而预测干体重调整方向,并比较三组患者透析前和透析后的血压变化。**结果** 共测量 290 例健康成人,男:女=149:141;血液透析患者 37 例,男:女=13:24。相比健康对照,透析患者透析前的矢量较短,相角较小;透析后矢量均较透析前变长,相角变大,水合状态改善。A 组高血压出现率为 39.3%,而 B 组为 22.2%。DH 组血压平均水平较 OH 和 NH 组低,但没有统计学差异。BIVA 方法评价干体重合适的患者与临床评价一致性为 70.3%;BIVA 预测 11 例患者需要调整 DW,经过两周的观察,5 人调整了干体重,调整方向与 BIVA 预测方向一致。**结论** 在临床评估干体重合适的患者中,仍然有部分患者的透析前水负荷较重。BIVA 方法能先于临床经验发现不合适的干体重,可以作为较为敏感的估计干体重的辅助工具。

**【关键词】** 生物电阻抗矢量分析法; 干体重; 血液透析

中图分类号: R318.16 文献标识码: A

**Estimation of dry body weight using bioelectrical impedance vector analysis in maintenance hemodialysis patients** ZHAO Xin-Ju, CAI Li, SONG Han-ming, WANG Fang, LU Ji-cheng, CAO Li-yun, XU Li, ZUO Li. Institute of Nephrology, Peking University First Hospital, Beijing 100034, China

Corresponding author: ZUO Li, Email: ZuoLi@bjmu.edu.cn

**【Abstract】Object** To probe the possibility of bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) as a tool to estimate dry weight (DW) in maintenance hemodialysis patients. **Methods** Maintenance hemodialysis patients with adequate DW appreciated based on clinical experience in the Hemodialysis Center of Peking University First Hospital were included in this study. Single frequency (50kHz) and whole-body impedance vector were measured before and after hemodialysis (HD) sessions. Vector distribution was compared with that of healthy subjects living in the Shijingshan District in Peking. The 95% confidence ellipses for MHD patients and healthy subjects and the tolerance ellipses for healthy subjects were drawn on the resistance-reactance vector graph. Before HD session, the patients were divided into group A (overhydration) and group B (normohydration) according to their vector tolerance analysis, and the occurrence of hypertension was compared between the two groups. After HD session, the patients were divided into overhydration, normohydration and dehydration groups according to their vector tolerance analysis. The prediction of DW adjustment was then made based on hydration status, and their blood pressure levels before and after HD session were compared. **Results** In this study, 290 healthy subjects (male : female = 149:141) and 37 adult maintenance hemodialysis patients (male : female = 13:24) were included. Compared with those of healthy subjects, the vector was shorter and the phase angle was smaller in patients before HD, and the vector became longer and the phase angle became larger after HD. The vector displacement after HD indicates the improvement of hydration status in patients. Before HD, hypertension was found in 39.3% patients in group A, and in 22.2% patients in group B. Blood pressure was lower in dehydration group than in overhydration and normohydration groups, but the differences had no statistical significance. The consistent rate between DW assessed by BIVA and that by clinical assessment was 70.3%. By BIVA, 11 patients were suggested to have DW readjusted. After observation for 2 weeks, DW was readjusted with the same direction based on BIVA prediction in 5 of the 11 patients. **Conclusion** Over hydration occurred before HD in some patients clinically assessed with proper DW. BIVA can discriminate patients with improper DW before clinical symptoms and thus can be a sensitive tool to assist physician to evaluate DW.

**【Key words】** Bioelectrical impedance vector analysis; Dry body weight; Hemodialysis

作者单位: 100034 北京, 北京大学第一医院肾内科

通信作者: 左力 100034 北京, 北京大学第一医院肾内科 E-mail: ZuoLi@bjmu.edu.cn

维持血液透析患者体液平衡是血液透析工作的重要组成部分。临床上用“干体重(dry weight, DW)”来描述维持性血液透析(maintenance hemodialysis, MHD)患者体液负荷合适的状态<sup>[1,2]</sup>。通过生物电阻抗分析仪(bioelectrical impedance analyzer, BIA)分析人体的生物电阻抗可以评价MHD患者的体液负荷状态,这种方法可以在床边进行,而且简单、无创、可重复性好,目前研究较多,应用较广泛<sup>[3-9]</sup>。但通常的生物电阻抗法应用单个或多个回归方程预测身体组成包括体液分布<sup>[4]</sup>。在正常状态下,身体各部分组成是稳定的,相互关系也是稳定的,这就使得研究者能够由已知身体组成部分推断未知身体组成部分。但在不正常的水负荷状态,例如MHD患者,应用此种估测方法将得到偏倚的身体组成结果。而且目前的研究表明,虽然生物电阻抗测量具有很好的稳定性,但由于回归方程的偏差,获得的液体绝对值的偏差往往较大(95%预测区间大于 $\pm 3 \sim 6\text{Kg}$ 或L),限制了临床应用<sup>[10,11]</sup>。基于上述问题,上个世纪意大利的Piccoli教授对生物电阻抗方法学上进行了改进,发明了生物电阻抗矢量分析法(bioelectrical impedance vector analysis, BIVA)。BIVA方法由直接实验室测量得到,减少了因为应用各种回归模型带来的误差。另外,BIVA参数不包括体重,在透析患者应用时可以减少体重作为参数对身体组成的影响。因而近年国际上用BIVA方法评价体液分布的研究逐渐增多<sup>[12-21]</sup>。而我国缺乏BIVA方法评价体液状态相关的报道。本文旨在探索BIVA方法评价我国维持性血液透析患者DW的应用。

## 1 研究人群与方法

### 1.1 研究人群

1.1.1 北京大学第一医院肾脏内科血液透析室进行血液透析3个月以上的MHD患者,临床评价这些患者DW设定合适:①没有透析中的低血压发作;②没有抽筋、出汗等并发症;③没有显性水肿;④高血压容易控制。排除了发热、急、慢性炎症、严重肝脏疾病及体内放置有金属支架或起搏器(对生物阻抗测量值有干扰)的患者。

1.1.2 收集北京石景山地区的健康查体人群作为对照,年龄在36~81岁之间。健康查体人群定义:既往没有严重疾病病史,没有脏器衰竭、高血压、糖尿病、脑血管意外等;查体没有显性水肿;没有服用影响体液分布的药物,如利尿剂、钙离子拮抗剂等;在研究人群中除外孕妇。

### 1.2 研究方法

1.2.1 生物电阻抗测量方法 生物电阻抗测量应用美国Xitron公司(Xitron Technology, San Diego)的体表生物电阻抗分析仪,采用全身测量法进行测量。对于MHD患者,透析前和透析后分别行生物电阻抗测量。对健康查体人群在清晨空腹情况下进行生物电阻抗测量。正常人群和中心静脉插管患者均测量右侧肢体;使用内瘘的MHD患者则测量内瘘对侧肢体。被测者平卧4 min以上,双上肢外展15°,双腿自然分开,不能与躯干接触。连接电极的部位取右侧肢体背侧(手背及足背),掌指(趾)关节及腕(踝)关节表面皮肤。消毒皮肤,在腕关节远端连接电流电极片(黑色),在该电极片近心端连接电压电极片(红色),两电极片间距离相差5cm以上;同样在同侧踝关节分别连接电压和电流电极片。仪器线路不能接触地面、被测者、金属物体。打开生物电阻抗分析仪的输入软件,等待约1 min,采集数据完毕,测量结束。

1.2.2 BIVA的评价方法 50KHz频率下的电阻抗可以看成是一个复数,在复数矢量图中(见图1),电阻(resistance, R)代表交流电通过细胞内液和外液中电解质溶液的阻碍能力,也就是Z图的实部,电抗(reactance, Xc)代表组织表面,细胞膜和细胞器等对电流起的阻碍作用,也就是Z图的虚数部分。相角(phase angle, PA)定义为 $X_c/R$ 的反正切值,PA与细胞质量相关,越低表示丢失越多<sup>[3]</sup>。

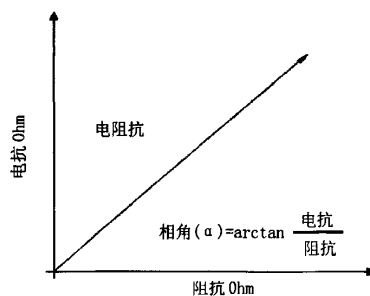


图1 50KHz 频率下的Z图示意图

BIVA功能由RXc图实现<sup>[12]</sup>。首先R、Xc经由身高标化。RXc图由两部分构成<sup>[12]</sup>: ①矢量的可信区间:在特定人群测量电阻和电抗,将身高标化后的电阻和电抗的平均值及其95%可信区间描记于RXc图上,直接得到相应人群的矢量均值的位置及其变异性。本文用可信区间图比较健康对照和MHD患者两组人群的均值是否有显著性差异;②矢量的容受区间:RXc图矢量的容受区间图由3个椭圆构成,分别代表当检验显著性水平 $\alpha$ 取值为0.05, 0.25, 和0.50时

所代表的 95%、75%、50% 的个体矢量的集合。矢量的容受区间图上与矢量方向一致的坐标轴称为主轴；与矢量方向相垂直的称为次轴。发生平行于主轴的矢量位移代表组织水合状态的显著变化(矢量变长代表水合减少；矢量变短代表水合增多)；在矢量的容受区间图上发生平行于次轴的矢量位移，也就是说如果矢量位于主轴的左边，代表软组织中含有较多的细胞质量，位于主轴的右边代表软组织含有较少的细胞质量。因为容受区间图上的矢量位点代表细胞质量和水合状态的联合变化，水合状态应按照矢量位点在主轴上的投影来评价。通常显性水肿的患者的矢量位点投影于次轴以下，主轴与 75% 容受区间交点以外的区域。本文通过容受区间图来评价单个个体是否存在脱水过多或过少的情况：①根据透析前个体矢量位点投影在健康人群容受区间图上次轴以下，主轴与 75% 容受区间交点以外、以内将 MHD 男性、女性患者分别分为 A、B 组，比较两组高血压(收缩压 > 140mmHg)发生情况；②透析后个体矢量位点投影在健康人群容受区间图主轴与 75% 容受区间交点以外，并且在次轴以上区域的患者定义为脱水组(dehydration, DH)；投影在健康人群容受区间图的主轴与 75% 容受区间交点外，而位于次轴以下区域的患者定义为水负荷过重组(over hydration, OH)；其余为体液负荷正常组(normal hydration, NH)。比较不同性别三组 MHD 患者透析前后的血压和心率情况，并分别绘制透析导致的矢量位移图。

1.2.3 身高、体重测量方法 身高测量应用身高测量仪。被测者去掉头饰及其它饰品，双足跟并拢，足尖自然分开约 60°，身体重量平均分配，足掌平放。保证足跟、臀部、肩部、枕后贴紧测量仪背板。被测者上身挺直，上下肢放松，深吸气，尽可能站高。然后放低头板，适当加压，压住头发后读出身高。读数精确到 0.1cm。被测者空腹或少量进食，排便后、穿轻薄衣物或仅穿内衣时测量体重。读数精确到 0.1Kg。

1.2.4 MHD 患者透析方式 血液透析患者应用德国费森尤斯 4008B 或 4008H 透析机，一次性使用聚砜膜透析器(F6 或 F7)，透析液流量 500~800ml/min，

碳酸氢盐透析液，透析液温度 35.5℃~37.0℃，血流量 200~300ml/min，每周透析 3 次，每次 4 ~ 4.5h，透析过程中无输血和输液。

1.3 统计方法

统计学处理应用 spss11.0 (SPSS Inc, Chicago, IL) 统计软件进行数据处理。计量资料以均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示；透析患者与对照组之间的基本临床数据如年龄、身高、体重的比较使用独立样本 *t* 检验(independent-samples *t* test)；透析前 A 组、B 组高血压发生率用精确 fisher 检验(fisher's exact test)；DH、NH、OH 三组 MHD 患者间透析前、透析后的血压和心率的比较采用方差分析。 $P < 0.05$  认为差异有显著性。应用 Piccoli 教授 2002 年发表的软件<sup>[12]</sup>进行生物电阻抗矢量分析，可信区间图上两组特定人群的 95% 可信区间不相交表明双变量的 Hotelling's  $t^2$  (two-sample hotelling's  $t^2$  test) 检验法差异有显著性。

2 结果

2.1 研究人群的一般情况

共测量 290 例健康成人，男：女=149：141；MHD 患者 37 例，男：女=13：24。MHD 患者男性脱水量(2.4 ± 1.0)Kg；女性脱水量(2.2 ± 0.8)Kg。

健康人群和 MHD 人群一般特征如表 1 所示：健康和 MHD 男性人群中平均年龄、体重、BMI 差异没有显著性；身高差异有显著性。健康和 MHD 女性人群中身高、体重、BMI 差异没有显著性；年龄差异有显著性(MHD 患者的体重定义为透析前与透析后的平均体重，BMI 的计算则用透析后的体重)。

2.2 研究人群的 BIVA 分析

健康人群和 MHD 人群标化后的生物电阻抗指标如表 2-2 所示，无论男、女 MHD 患者，透析前其 R/H、Xc/H 值均较透析后及正常对照小( $P < 0.05$ ，见表 2-2，2-3)，透析后 MHD 患者的 R/H、Xc/H 的平均值与正常人接近( $P > 0.05$ ，见表 2-2，2-3)。

2.3 RXc 图分析结果

2.3.1 如图 2 所示：女性矢量长于男性(女性身体含水量少于男性)，相角小于男性(女性身体细胞质量少于男性)( $P < 0.05$ ，hotelling's  $t^2$  test)。

表 1 两组研究人群的一般特征( $\bar{x} \pm s$ )

	男					女				
	年龄(岁)	身高(cm)	体重(Kg)	脱水量(Kg)	BMI (Kg/m <sup>2</sup> )	年龄(岁)	身高(cm)	体重(Kg)	脱水量(Kg)	BMI (Kg/m <sup>2</sup> )
正常对照	62.4 ± 8.9	169.36 ± 5.87	69.88 ± 9.93	-	24.32 ± 2.86	56.3 ± 8.49	158.62 ± 5.37	61.65 ± 10.36	-	24.48 ± 3.74
MHD 患者	54.5 ± 16.0	172.85 ± 5.03	70.43 ± 12.61	2.4 ± 1.0	23.53 ± 3.81	62.2 ± 9.7	160.00 ± 6.60	59.24 ± 10.21	2.2 ± 0.8	23.05 ± 3.16
<i>P</i> 值	0.100	0.040	0.852		0.361	0.003	0.249	0.294		0.081

表 2-1 健康对照和 MHD 患者的生物电阻抗指标 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	电阻 / 身高 (R/H)		电抗 / 身高 (Xc/H)	
	男	女	男	女
正常对照	322.8 $\pm$ 40.5	406.7 $\pm$ 44.2	35.1 $\pm$ 4.7	40.2 $\pm$ 5.3
透析前	266.6 $\pm$ 42.6	320.0 $\pm$ 41.9	25.5 $\pm$ 4.5	26.0 $\pm$ 5.4
透析后	323.7 $\pm$ 51.3	391.7 $\pm$ 56.3	36.9 $\pm$ 8.0	37.5 $\pm$ 7.8

表 2-2 不同组别 Re/H 的比较

组别	MHD 患者透析前, 后比较		正常人群与患者 透析前比较		正常人群与患者 透析后比较	
	F 值	P 值	F 值	P 值	F 值	P 值
男	0.782	0.005	0.297	< 0.001	2.878	0.833
女	0.842	< 0.001	0.066	< 0.001	1.160	0.143

表 2-3 不同组别 Xc/H 的比较

组别	MHD 患者透析前, 后比较		正常人群与患者 透析前比较		正常人群与患者 透析后比较	
	F 值	P 值	F 值	P 值	F 值	P 值
男	5.466	< 0.001	0.057	< 0.001	7.026	0.211
女	2.968	< 0.001	0.077	< 0.001	5.751	0.122

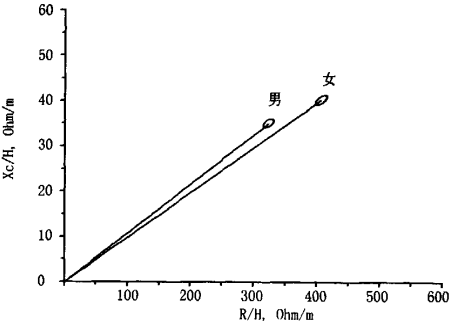
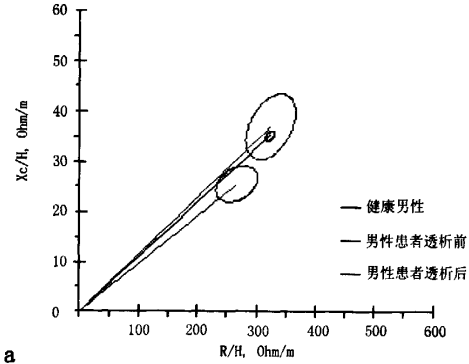


图 2 健康人群不同性别的 95% 可信区间及矢量长度、相角

2.3.2 相比健康对照, MHD 患者透析前的矢量较短(提示患者水负荷重), 相角较小(图 3a, b, 身体细胞质量占体重百分比相对较少); 透析后矢量均较透析前变长(提示水负荷减轻), 相角变大(身体细胞质量占体重百分比相对增多)。

2.3.3 MHD 人群透析后矢量的 95% 可信区间图形接近健康人群, 但椭圆形区域较大(图 3a, b), 提示 MHD 人群异质性较正常人群高。



a

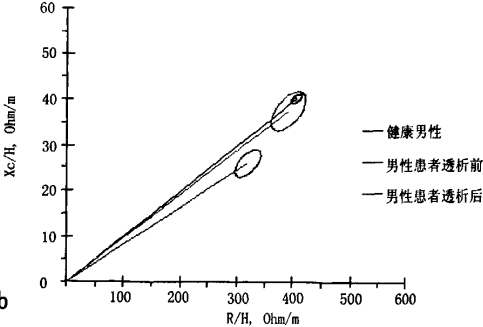


图 3 不同性别健康对照以及透析患者透析前, 透析后的 95% 可信区间图

2.3.4 BIVA 容受区间图用以评价 MHD 单个个体体液负荷情况 ①在透析前, MHD 男性患者 A 组 7 人, B 组 6 人; 女性患者 A 组 21 人, B 组 3 人。透析前高血压发生情况如表 3 所示, A 组高血压出现率高于 B 组(39.3%: 22.2%), 但精确 Fisher 检验没有统计学差异。②透析后 MHD 人群中(见图 4), OH 组有 7 名患者; NH 组有 26 名患者; DH 组有 4 名患者。三组患者进行 BIVA 测量当天的透析前、透析后的血压、心率情况如表 4 所示。DH 组在透析前血压低于 NH 和 OH 组, 但没有统计学差异(独立样本  $t$  检验)。但 OH 组患者透析前收缩压大于 140mmHg 者为 43%(3/7), 高于 DH 组 0 例(0%)和 NH 组 10/26(38.5%); OH 组中 1 例透析后出现症状性低血压, DH 组和 NH 组无一例出现症状性低血压。

表 3 不同性别 A、B 组患者透析前高血压的发生情况

组别	男性	女性	总数
A 组 总人数	7	21	28
出现高血压人数	5	6	11
没有高血压患者数	2	15	17
B 组 总人数	6	3	9
出现高血压人数	2	0	2
没有高血压患者数	4	3	7

注: A 组、B 组高血压发生率的精确 Fisher 检验 = 0.446

临床判断 DW 合适的 MHD 患者中, 7/37(18.9%)透析后仍然被 BIVA 分析认为水负荷过重、4/37(10.8%)被认为 DW 设置过低, 26/37(70.3%)被认为 DW 合适。本研究为观察性研究, 未实施干预。2 周后随访, 因出现临床症状, 2 名 DH 患者上调了 DW, 3 名 OH 组患者下调了 DW; NH 组上调、下调 DW 的患者各有 1 名。也即 BIVA 方法认为 DW 需要调整的 11 人中, 5 人(45.5%)在随后的观察中发生了 DW 调整, 临床症状也获得了改善; 而 BIVA 方法认为 DW 不需要调整的 26 例患者中, 2 例(7.7%)发生了 DW 调整。

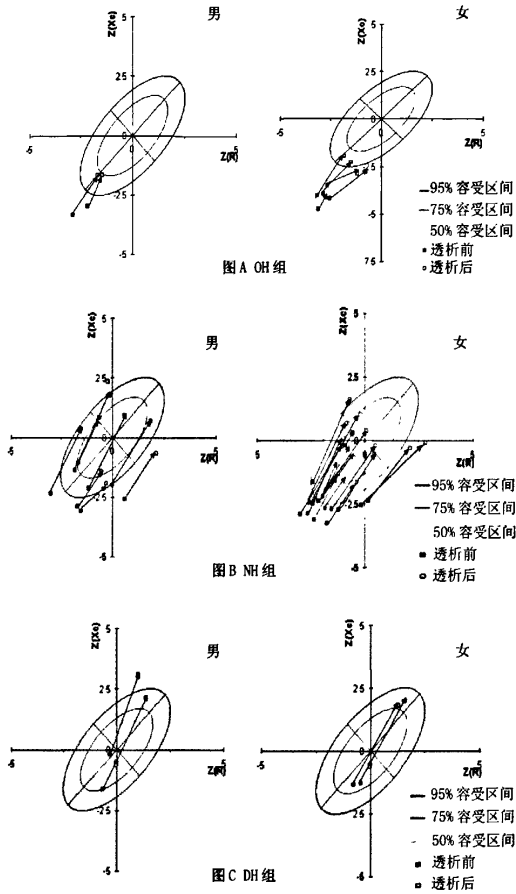


图 4 MHD 患者透析前、透析后的矢量位移图

注：图 4 在容受区间图上所有 MHD 患者透析前、透析后的矢量位点用带箭头的实线连接起来，箭头的方向指向透析后的矢量点。男性、女性患者的图形按照 OH、NH、DH 组分别描记。MHD 患者透析后矢量发生了平行于主轴的位移，提示水负荷减轻，而且由于体内水分清除，细胞质量占体重百分比增大，即发生平行于次轴方向的位移。图 4A、B 和 C 分别为透析后 OH 组、NH 组和 DH 组，透析后矢量终点在主轴上的投影分别位于 75% 容受区间以下、75% 容受区间以内和 75% 容受区间以上，分别代表水负荷过重、正常和脱水状态。

表 4 OH、NH、DH 三组患者透析前、透析后血压和心率情况 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	DH	NH	OH	F 值	P 值
收缩压	透析前 122 ± 10	135 ± 18	133 ± 18	0.968	0.390
	透析后 108 ± 14	125 ± 23	119 ± 30	1.081	0.351
舒张压	透析前 73 ± 6	71 ± 13	73 ± 14	0.155	0.857
	透析后 74 ± 17	72 ± 13	64 ± 13	1.035	0.366
心率	透析前 77 ± 3	81 ± 10	77 ± 15	0.451	0.641
	透析后 76 ± 10	80 ± 11	83 ± 24	0.309	0.736

3 讨论

本文以从我国正常人群获得的 BIVA 数据为参考，首次在国内将 BIVA 方法应用于 MHD 患者 DW 的评价。本研究发现，在一个教学医院血液透析室，被临床经验判定为 DW 合适的患者中，BIVA 预测近 1/3 的患者需要重新定义 DW，而在随后的观察中发现，临床调整 DW 的方向与 BIVA 的预测方向基本一致，说明 BIVA 可作为临床判断 DW 的辅助工具。

血液透析过程中，如果 DW 设定过低，容易发生透析后低血压，造成内瘘堵塞、心率加快、心脑血管供血不足等并发症，增加透析过程中急性并发症的发生率，甚或死亡率<sup>[22]</sup>；设定过高，则 MHD 患者体内水潴留增加，可出现顽固性高血压、左心室肥大、心力衰竭等并发症<sup>[23]</sup>，影响患者生活质量。而这些并发症的出现增加患者的住院率和死亡率<sup>[24-27]</sup>，增加医疗卫生开支。因此，设定合适的 DW 对于提高患者生活质量、预防并发症的发生及节省国家卫生经济开支均有重大意义。

通过临床症状和体征来评价 DW 是最常用、最方便的方法，但这种方法属于试错法 (trial and error)，并不准确。例如，透析中出现低血压或抽筋被认为是 DW 设定过低，然而，透析中低血压的出现既与血管的再充盈速率小于超滤率相关<sup>[28, 29]</sup>，也可能与患者心室充盈减少和外周血管阻力的下降

表 5 中国北京与印度、意大利、美国 (包括非高加索白人、非高加索白人、墨西哥裔美国人) 正常对照人群的 R/H、Xc/H 值 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	年龄 (岁)	身高 (cm)	体重 (kg)	BMI	电阻 / 身高 (R/H)	电抗 / 身高 (Xc/H)
男						
中国北京	62.4 ± 8.9	169.36 ± 5.87	69.88 ± 9.93	24.32 ± 2.86	322.8 ± 40.5	35.1 ± 4.7
印度	39 ± 12	170.4 ± 6.8	70.9 ± 13.0	24.4 ± 4.1	320 ± 42	37 ± 8.0
意大利	49 ± 17	170 ± 8	72.6 ± 11.5	24.9 ± 2.9	298.6 ± 43.2	30.8 ± 7.2
美国非高加索白人	20~69	177 ± 7	-	19~30	277.2 ± 33.6	38.1 ± 6.2
美国非高加索黑人	20~69	176 ± 7	-	19~30	282.9 ± 37.3	41.4 ± 7.0
墨西哥裔美国人	20~69	169 ± 6	-	19~30	293.1 ± 36.3	42.2 ± 6.7
女						
中国北京	56.3 ± 8.49	158.62 ± 5.37	61.65 ± 10.36	24.48 ± 3.74	406.7 ± 44.2	40.2 ± 5.3
印度	37 ± 12	157.5 ± 6.2	62.4 ± 12.4	25.1 ± 5.0	400 ± 58	42 ± 0.01
意大利	48 ± 18	158 ± 7	61.5 ± 9.5	24.5 ± 3.3	371.9 ± 49.0	34.4 ± 7.7
美国非高加索白人	20~69	163 ± 6	-	19~30	372.5 ± 44	46.9 ± 7.1
美国非高加索黑人	20~69	164 ± 6	-	19~30	372.5 ± 45.8	50.6 ± 8.2
墨西哥裔美国人	20~69	157 ± 6	-	19~30	390.6 ± 45.8	51.1 ± 8.0

[30], 或心脏泵功能(左室功能)下降及血管调节相关[29, 31]。如何客观评价 DW 一直是困扰临床医生的一个难题。本文首次在我国将 BIVA 方法应用于 MHD 患者 DW 的评估。

把 BIVA 方法应用于 MHD 患者前, 必须首先建立健康对照, 绘制健康对照人群的 RXc 图, 包括平均矢量的可信区间图和容受区间图。健康人群不同性别的矢量长度及相角不同, 提示在正常人群中不同性别体液分布差异有显著性。相对于男性, 女性的生物电阻抗矢量长, 提示女性体内含水量比男性少, 可能与女性肌肉含量少有关, 这与我们的前期研究相一致[32], 也与 Piccoli 在意大利[14, 15, 20]、美国[18]和印度的研究[19]相一致。女性相角较小, 可能与女性身体细胞质量较少有关。我们的研究中正常对照的 R/H 和 Xc/H 数值上与印度人群非常相近[19], 而与意大利和美国人群[14, 15, 18]不同。如表 5 所示, 同性别的美国与意大利人群的 R/H 均值比亚裔人群小; 美国人群 Xc/H 均值比亚裔人群大, 而意大利人群的 Xc/H 均值比亚裔人群小。这些提示美国人群的肌肉量比亚裔人群肌肉量大, 身体细胞质量也多; 意大利人肌肉量比亚裔人群肌肉量大, 而细胞质量少, 也即意大利人群身体脂肪细胞含量少。

将 MHD 患者在 RXc 图上的描点与相应性别的健康对照进行比较, 得出患者水合状态的结论。相比健康对照, 透析患者透前的矢量较短(提示患者水负荷重), 相角较小(身体细胞质量占体重百分比相对较少); 透析后矢量均较透析前变长(提示水负荷减轻), 相角变大(身体细胞质量占体重百分比相对增多), 与 Piccoli 教授 1998 年对意大利的血液透析人群[15]的研究趋势一致。在我们研究的 MHD 人群中, 无论透析前还是透析后, MHD 患者的 95% 可信区间的椭圆形区域比健康对照大, 提示在 MHD 患者中异质性比较大, 这是因为不同患者的水负荷状态差异很大, 而健康对照者的体内水负荷个体差异较小。

应用 BIVA 容受区间图进一步评价个体的水合状态, 发现临床评价 DW 合适的患者中, 仍有 1/3 患者被 BIVA 判定为 DW 不合适。BIVA 方法估计的 DW 与临床经验评价的 DW 的一致性为 70.3%。BIVA 方法结论与临床经验估计干体重不符合的 1/3 患者中, 近一半患者的 DW 被调整, 且调整方向与 BIVA 的预测方向一致, 提示 BIVA 方法具有一定的可靠性, 可以作为血液透析室评价 DW 的辅助工具。BIVA 预测需要调整干体重的患者中的另一半在我们的观察期内没有发生干体重调整, 部分为透析后处于脱水状

态的患者, 这些患者可能已经能够耐受一定程度的脱水, 也会通过透析后摄入水来减轻脱水带来的不适, 透析后患者饮水会有明显的愉悦感, 这种愉悦感也使患者希望透析中多脱些水而不愿上调干体重; 另一部分患者水负荷过重, 但患者血压容易控制, 尚能耐受当前不合适的干体重。

虽然透析后仍然存在高血压的患者往往水负荷过重, 但根据本文 OH 组仍有非高血压者以及 DH 组亦有正常血压者, 说明血压正常者其水负荷不一定合适, 当超过患者可以耐受的极限时将出现临床症状, 而部分透析前血压不高 OH 患者服用降压药物, 导致透析前血压水平不高, 而其体液负荷明显比正常人要重。因此根据临床经验判定 DW 的敏感性较差, 需要寻找更敏感的工具发现 DW 的“真值”, 避免临床常用的“试错法”, 避免临床症状的发生。BIVA 方法就是这样的工具之一。

BIVA 方法也有其局限性。它只能报告与健康对照相比, 患者体内的水是多了还是少了, 不能明确告知多了多少或少了多少, 其临床实用性就因此打了折扣。但是, 如果我们能确定脱水量和矢量的位移量的函数关系, 从一次透析获得的数据, 就能准确预知需要的脱水量以达到容受区间图上椭圆的中心。

临床上需要准确可靠的方法来评价 DW<sup>[33, 34]</sup>。BIVA 方法可以独立于体重之外评价 MHD 患者的 DW, 并且不需要任何回归方程从而减少了由此带来的误差。本文发现临床调整 DW 的方向与 BIVA 预测的方向一致, 说明 BIVA 方法有很好的临床实用价值。但本文是观察性研究, 还需要进一步积累数据验证 BIVA 方法的可靠性和实用性。

## 参 考 文 献

- [1] Charra B, Laurent G, Chazot C, et al. Clinical assessment of dry weight[J]. Nephrol Dial Transplant, 1996, 11(Suppl 2):16-19.
- [2] Jaeger JQ, Mehta RL. Assessment of Dry Weight in Hemodialysis: An Overview[J]. J Am Soc Nephrol, 1999, 10: 392-403.
- [3] Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement. Proceedings of a National Institutes of Health Technology Assessment Conference[J]. Bethesda, Maryland, December 12-14, 1994. Am J Clin Nutr, 1996, 64: 387S-532S.
- [4] Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, et al. Bioelectrical impedance analysis: part I-review of principles and methods [J]. Clin Nutr, 2004, 23: 1226-1233.
- [5] Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, et al. Bioelectrical impedance analysis: part II-utilization in clinical practice [J]. Clin Nutr, 2004, 23: 1430-1453.
- [6] Chanchairujira T, Metha R L. Assessing fluid change in

- hemodialysis: Whole body versus sum of segmental bioimpedance spectroscopy. *Kidney Int*, 2001, 60:2337-2342
- [7] Plum J, Schoenicke G, Kleophas W, et al. Comparison of body fluid distribution between chronic haemodialysis and peritoneal dialysis patients as assessed by biophysical and biochemical methods[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2001, 16:2378-2385.
- [8] Kotanko P, Levin NW, Zhu F. Current state of bioimpedance technologies in dialysis[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2008, 23: 808-812.
- [9] 王凌航, 左力, 王梅, 等. 生物电阻抗频谱分析法评估血液透析患者干体重[J]. *肾脏病与透析移植杂志*, 2005, 14: 245-248.
- [10] Ellis KJ. Human body composition: in vivo methods[J]. *Physiol Rev*, 2000, 80:649-680.
- [11] Heymsfield SB, Wang ZM, Baumgartner RN, et al. Human body composition: advances in models and methods[J]. *Annu Rev Nutr*, 1997, 17: 527-558.
- [12] Piccoli A, Pastori G. BIVA software. Department of Medical and Surgical Sciences, University of Padova, Padova, Italy, 2002.
- [13] Piccoli A, Rossi B, Pillon L, et al. A new method for monitoring body fluid variation by bioimpedance analysis: the RXc graph[J]. *Kidney Int*, 1994, 46:534-539.
- [14] Piccoli A, Nigrelli S, Caberlotto A, et al. Bivariate normal values of the bioelectrical impedance vector in adult and elderly populations[J]. *Am J Clin Nutr*, 1995, 61: 269-270.
- [15] Piccoli A, for the Italian HD-BIA study group. Identification of operational clues to dry weight prescription in hemodialysis using bioimpedance vector analysis[J]. *Kidney Int*, 1998, 53:1036-1043.
- [16] Piccoli A, Brunani A, Savia G, et al. Discriminating between body fat and fluid changes in the obese adult using bioimpedance vector analysis[J]. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 1998, 22:97-104.
- [17] Piccoli A, Pittoni G, Faccio E, et al. Relationship between central venous pressure and bioimpedance vector analysis in critically ill patients[J]. *Crit Care Med*, 2000, 28: 132-137.
- [18] Piccoli A, Luana P, Francis D. Impedance Vector Distribution by Sex, Race, Body Mass Index, and Age in the United States: Standard Reference Intervals as Bivariate Z Scores. *Nutrition*, 2002, 18:153-167.
- [19] Jha V, Jairam A, Sharma M C. Body composition analysis with bioelectric impedance in adult Indians with ESRD: Comparison with healthy population[J]. *Kidney Int*, 2006, 69: 1649-1653.
- [20] Piccoli A. Bioelectric impedance vector distribution in peritoneal dialysis patients with different hydration status. The Italian CAPD-BIA Study Group[J]. *Kidney Int*, 2004, 65: 1050-1063.
- [21] Maria F, Giorgio M, Michele U. Severe obesity in haemodialysis: the utility of bioimpedance vector analysis[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2001, 16: 1273-1276.
- [22] Kamyar KZ, Ryan D, Kilpatrick, et al. Reverse Epidemiology of Hypertension and Cardiovascular Death in the Hemodialysis Population[J]. *Hypertension*, 2005, 45 [part 2]:811-817
- [23] Foley RN, Parfrey, Harnett JD, et al. Impact of hypertension on cardiomyopathy, morbidity and mortality in end-stage renal disease[J]. *Kidney Int*, 1996, 49:1379-1385.
- [24] Duranti E, Imperiali P, Sasdelli M. Is hypertension a mortality risk factor in dialysis[J]? *Kidney Int Suppl*, 1996, 55:S173-174 (abstract)
- [25] Iseki K, Kawazoe N, Fukiyama K. Serum albumin is a strong predictor of death in chronic dialysis patients[J]. *Kidney Int*, 1993, 44:115-119.
- [26] London GM, Fabiani F, Marchais SJ, et al. Uremic cardiomyopathy: An inadequate left ventricular hypertrophy [J]. *Kidney Int*, 1987, 31:973-980.
- [27] Foley RN, Herzog CA, Collins AJ. Blood pressure and long term mortality in United States hemodialysis patients. USRDS Waves 3 and 4 Study[J]. *Kidney Int*, 2002, 62: 1784-1790.
- [28] Kevin LS, Judith ES, Edward AR. Continuous haematocrit monitoring during intradialytic hypotension: precipitous decline in plasma refill rates[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2004, 19: 652-656.
- [29] John TD. Pathophysiology of dialysis hypotension: an update [J]. *Am J Kidney Dis*, 2001, 38(Suppl 4): S11-17.
- [30] Henderson LW. Symptomatic hypotension during hemodialysis [J]. *Kidney Int*, 1980, 17: 571-576.
- [31] Nette RW, van den Dorpel MA, Krepel HP, et al. Hypotension during hemodialysis results from an impairment of arteriolar tone and left ventricular function[J]. *Clin Nephrol*, 2005, 63:276-283.
- [32] 左力, 王梅, 魏弘, 等. 血液透析患者体液分布异常及透析对体液分布的影响[J]. *北京大学学报(医学版)* 2005, 37:467-470.
- [33] 刘惠兰, 周亦伦, 段晓峰. ANP、cGMP 和 ICVD 对血液透析患者干体重评价的意义[J]. *中国血液净化*, 2003, 2:648-650.
- [34] 赵黎佳, 汪涛, 杜凤和. 透析患者体液状况及干体重的评估[J]. *中国血液净化*, 2003, 2: 330-333.

(收稿日期: 09-03-04)

(本文编辑: 赵青艺)