

## 论著·临床研究

## 肺超声技术在血液透析患者容量评估中的临床应用\*

宋晓英<sup>1</sup>,王丰平<sup>1</sup>,王小东<sup>2</sup>,蒲昆明<sup>2</sup>,何青莲<sup>1</sup>,王楠<sup>1</sup>

(成都市第二人民医院:1. 肾内科;2. 超声影像科,四川成都 610017)

**[摘要]** **目的** 探讨肺超声 B 线在血液透析患者容量状态评估中的应用价值。**方法** 选取 2022 年 1 月至 2023 年 6 月该院透析中心 93 例维持性血液透析患者,使用超声分别测量透析前后 B 线数量、下腔静脉直径(IVCD),比较透析前后两者的变化,并分析透析前后 B 线数量与 IVCD 的相关性。同时选取其中 62 例合并高血压患者,分别采用传统临床评估法和肺超声 B 线评估法以调整透析干体重,比较 2 组患者透析后 B 线数量、干体重下降程度、血压、透析低血压发生率的差异。**结果** 透析后 B 线数量及 IVCD、体重均低于透析前,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );透析前 B 线数量与 IVCD 呈正相关( $r = 0.536, P < 0.05$ )。相比传统评估组,肺超声 B 线组患者的血压下降程度、干体重下降幅度更大,透析低血压发生率更低,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。**结论** 在血液透析患者中,应用肺超声 B 线检测进行容量评估具有较好的临床价值。

**[关键词]** 血液透析; 肺超声; B 线; 下腔静脉直径; 干体重

DOI:10.3969/j.issn.1009-5519.2024.17.009

中图分类号:R459.5;R445.1

文章编号:1009-5519(2024)17-2924-04

文献标识码:A

## Clinical application of lung ultrasound in volume assessment of hemodialysis patients\*

SONG Xiaoying<sup>1</sup>, WANG Fengping<sup>1</sup>, WANG Xiaodong<sup>2</sup>, PU Kunming<sup>2</sup>, HE Qinglian<sup>1</sup>, WANG Nan<sup>1</sup>

(1. Department of Nephrology; 2. Department of Ultrasound Imaging, Chengdu Second People's Hospital, Chengdu, Sichuan 610017, China)

**[Abstract]** **Objective** To explore the application value of lung ultrasound B-line in the assessment of volume status in hemodialysis patients. **Methods** A total of 93 maintenance hemodialysis patients in the dialysis center of our hospital from January 2022 to June 2023 were selected. Ultrasound was used to measure the number of B-lines and inferior vena cava diameter (IVCD) before and after dialysis. The changes of the two before and after dialysis were compared, and the correlation between the number of B-lines and IVCD before and after dialysis was analyzed. At the same time, 62 patients with hypertension were selected, and the traditional clinical evaluation method and lung ultrasound B-line evaluation method were used to adjust the dry weight of dialysis. The number of B-lines, the degree of dry weight loss, blood pressure and the incidence of dialysis hypotension were compared between the two groups. **Results** The number of B-lines, IVCD and body weight after dialysis were lower than those before dialysis, and the differences were statistically significant ( $P < 0.05$ ). The number of B-lines before dialysis was positively correlated with IVCD ( $r = 0.536, P < 0.05$ ). Compared with the traditional evaluation group, the degree of blood pressure decline and dry weight loss in the lung ultrasound B-line group were greater, and the incidence of dialysis hypotension was lower, the differences were statistically significant ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** In hemodialysis patients, the application of lung ultrasound B-line detection for volume assessment has good clinical value.

**[Key words]** Hemodialysis; Lung ultrasound; B-line; Inferior vena cava diameter; Dry weight

截至 2022 年底,我国血液透析(血透)患者例数已经突破 84 万。每年血透例数不断增加,这些患者的生存质量如何提高,死亡率如何降低,肾脏科医生一直都在关注。血透主要作用为清除溶质和多余的容量,其中容量在患者每次透析前需评估及调整,血透患者随着残余肾功能的下降,尿量逐渐减少直至无尿,其容量变化直接和摄入量及血透超滤量相关,超

滤量为人为设置,在透析过程中其设置不当容易导致患者血容量的波动,而且这种反应往往是即时出现的,严重时甚至会危及生命,从而造成患者心血管不良事件的发生和死亡率升高<sup>[1]</sup>。因此,对血透患者准确评估其容量状况非常重要。

干体重为患者血透结束后所能耐受的既无水钠潴留、又无脱水的最低体重,为患者自觉比较舒适的

\* 基金项目:四川省成都市卫生健康委员会青年基金课题(201122)。

作者简介:宋晓英(1972—),硕士研究生,副主任医师,主要从事重症肾脏病研究。

体重状态和容量状况。其设置过高会使患者水负荷过重,而设置过低则导致透析低血压等发生率增加。干体重需要定期评估及调整,但其至今缺乏统一的、适用于各级透析中心的标准。目前,临床评估法是患者容量评估的常用方法。即医生根据患者的临床症状(有无呼吸困难、心累气促、水肿等表现)和体重、血压、心率及颈静脉充盈程度等来综合判断,虽然便捷易获得,但主观性较强,且不精准。因此,需要采用敏感性高、特异性强、无创、易重复的方法来评估血透患者的容量。目前具体方法包括 X 片心胸比、心脏超声、生物电阻抗、下腔静脉直径(IVCD)、肺超声等,其各有优、缺点<sup>[2]</sup>。肺超声 B 线为其中之一,能满足上述要求,肺超声 B 线的出现早于水肿等各种临床表现,其数量与 B 型脑钠肽存在较好的相关性,并且可半定量(测量 B 线数量),说明其对血透患者容量评估具有临床价值<sup>[3-4]</sup>。下腔静脉为容量血管,其内径可反映血管内容量状态。超声测量 IVCD 可作为评估血容量状态的一种可靠方法<sup>[5-6]</sup>,IVCD 可作为容量反应性的较好指标。本研究选择 IVCD 为参照,目的是确定血透患者肺超声 B 线与 IVCD 的相关关系,以及使用肺超声 B 线与传统临床评估法对比进行干体重的调整,以研究肺超声在血透患者容量评估中的临床价值,为患者干体重调整提供进一步依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

选取 2022 年 1 月至 2023 年 6 月本院庆云及龙潭两院区血透中心行规律血透的慢性肾脏病患者 93 例作为研究对象,患者平均年龄(56.23±10.69)岁,女 45 例(48.4%),平均年龄(53.39±10.25)岁;男 48 例(51.6%),平均年龄(58.36±11.96)岁。纳入标准:(1)患者每周行透析治疗 3 次,每次持续 4 h,透析持续时间≥3 个月。(2)患者年龄≥18 岁。(3)病情稳定的血透患者。(4)患者均签署知情同意书。排除标准:(1)近期发生肺部感染,合并肺部疾病如肺间质纤维化、气胸、肺栓塞、肺部肿瘤的患者。(2)既往行肺切除术或胸部手术的患者。(3)有活动性的心脏病(近 3 个月发生急性冠状动脉综合征或心肌梗死)、合并严重的心血管疾病的患者。本研究已提交医院伦理委员会审核并通过(2024260)。

### 1.2 仪器与方法

#### 1.2.1 肺超声 B 线与 IVCD

所有患者使用贝朗 Dialog+710200T 进行透析,每周 3 次,每次 4 h,使用动静脉内瘘,透析液流量 500 mL/min,血流量 180~250 mL/min,记录患者基本临床资料,包括年龄、性别、透析血管通路、收缩压、舒张压、记录体重(透析前后)。每例患者进行 2 次超声测量,分别在透析前 10~30 min 及透析后 10~30 min 对患者肺部 B 线、IVCD 进行评估。肺部超声:采用 LOGIQ E20 超声诊断仪,凸阵探头,频率 1~5 MHz,深度范围 6~10 cm,根据患者体型及胸壁厚度进行调整。受检者取平卧位或半

卧位,充分暴露胸壁,采用 28 区扫查法:两侧胸壁分别从第 2 肋间隙到第 4 肋间隙(左侧)、第 2 肋间隙到第 5 肋间隙(右侧),分别沿两侧胸骨旁线、锁骨中线、腋前线、腋中线,探头垂直于肋间隙,逐个肋间隙扫查,对每个肋间隙 B 线数量进行评估,然后相加得 B 线数量总和<sup>[7]</sup>。IVCD 均使用同一超声诊断仪,频率为 1~5 MHz 的相控阵探头测量,右肋下切面正常呼吸状态,纵向探测肝后下腔静脉,测量距右心房 3~4 cm 或肝静脉入下腔静脉以上 2 cm 处的 IVCD。测量 3 次 IVCD,取平均值<sup>[8]</sup>。

#### 1.2.2 干体重干预

从上述 93 例患者中选取合并高血压者 62 例[按照 2020ISH 国际高血压实践指南,高血压的诊断标准为家庭血压≥135/85 mm Hg(1 mm Hg=0.133 kPa)],分为肺超声 B 线组及传统评估组,每组 31 例。肺超声 B 线组:参考每次透析后 B 线数值,以 1 周为单位,若 1 周透析后 B 线数值平均大于 10<sup>[9]</sup>,则第 2 周逐渐下调干体重 0.3~0.4 kg;传统评估组:指定同一医生利用传统临床评估法(有无颜面、肢体水肿,有无肺部湿啰音及体重、血压变化等)对该组患者进行干体重的干预,共 4 周。比较 2 组患者一般资料及以下指标的变化:0 周和 4 周的透后 B 线值、收缩压、舒张压;调整周期结束干体重下降值、透析低血压发生次数。其中血压为患者于非透析日早、晚静息 20 min 后测量的血压,记录结果取平均值。透析低血压标准依据《血透中低血压防治专家共识(2022)》:透析中收缩压下降≥20 mm Hg 或平均动脉压下降 10 mm Hg 以上,同时伴低血压症状。

### 1.3 统计学处理

应用 SPSS22.0 统计软件进行数据分析,计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,采用 *t* 检验;计数资料以率或构成比表示,采用  $\chi^2$  检验;采用 Spearman 相关系数分析透析前后 B 线数量与 IVCD 之间的相关性。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 透析前后 B 线数量及 IVCD、体重情况

93 例患者中有 3 例患者因透析低血压未完成透析后超声检查,其余患者均得以完成。有 3 例患者透析前后 B 线数量均为 0,有 2 例患者透析前能检出 B 线,透析后未检出 B 线。其余患者透析后 B 线数量、IVCD 较透析前有不同程度降低,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。见表 1。

表 1 透析前后 B 线数量及 IVCD、体重比较( $\bar{x} \pm s$ )

项目	透析前	透析后	<i>t</i>	<i>P</i>
体重(kg)	56.3±13.5	53.6±11.7	2.369	0.019
B 线数量(条)	17.9±11.5	8.5±4.9	2.476	0.027
IVCD(cm)	1.51±0.31	1.07±0.23	2.511	0.017

### 2.2 透析前后 B 线数量与 IVCD 的相关性

透析前,B 线数量与 IVCD 均呈正相关( $r = 0.536, P < 0.05$ )。透析后,B 线数量与 IVCD 的相关关系消失

( $P > 0.05$ )。

**2.3 肺超声 B 线与传统临床评估法对比** 2 组患者性别、年龄、透析龄、0 周透后 B 线值、收缩压、舒张压等比较, 差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。4 周后, 肺

超声 B 线组干体重的下降幅度及收缩压、舒张压的下降幅度均大于传统评估组, 透析低血压发生率明显低于传统评估组, 差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。见表 2。

表 2 2 组患者一般资料及调整干体重前后指标的变化

项目	肺超声 B 线组( $n=31$ )	传统评估组( $n=31$ )	$\chi^2/t$	$P$
性别[ $n(\%)$ ]			0.129	0.719
男	17(54.8)	16(51.6)		
女	14(45.2)	15(48.4)		
年龄( $\bar{x} \pm s$ , 岁)	56.13 $\pm$ 10.51	56.17 $\pm$ 10.73	0.691	0.493
体重指数( $\bar{x} \pm s$ , kg/m <sup>2</sup> )	23.56 $\pm$ 2.14	24.14 $\pm$ 2.43	1.370	0.667
透析龄( $\bar{x} \pm s$ , 月)	54.19 $\pm$ 23.00	55.71 $\pm$ 25.03	1.345	0.183
0 周透后 B 线值( $\bar{x} \pm s$ )	11.53 $\pm$ 5.97	10.93 $\pm$ 5.73	0.968	0.363
4 周透后 B 线值( $\bar{x} \pm s$ )	3.71 $\pm$ 1.08	5.33 $\pm$ 1.65	2.843	0.009
干体重的下降值( $\bar{x} \pm s$ , kg)	1.13 $\pm$ 0.27	0.65 $\pm$ 0.15	2.413	0.015
0 周收缩压( $\bar{x} \pm s$ , mm Hg)	168.33 $\pm$ 10.76	166.97 $\pm$ 11.99	0.976	0.377
4 周收缩压( $\bar{x} \pm s$ , mm Hg)	153.75 $\pm$ 9.23	161.32 $\pm$ 10.56	3.875	0.001
0 周舒张压( $\bar{x} \pm s$ , mm Hg)	98.55 $\pm$ 10.92	98.78 $\pm$ 12.31	1.802	0.158
4 周舒张压( $\bar{x} \pm s$ , mm Hg)	85.87 $\pm$ 12.55	90.71 $\pm$ 9.87	2.917	0.005
透析低血压发生率[发生次数/透析总次数, $\%(n/n)$ ]	2.2(8/372)	5.4(20/372)	7.609	0.006

### 3 讨 论

血透患者容量管理的重要性不言而喻, 其难点在于精准评估及个体化管理。目前, 已研究出各类评估容量状态的无创方法, 如 IVCD 测量、脑利钠肽水平测定、生物阻抗测定等, 各透析中心根据自身情况选择使用, 但均具有一定的局限性, 肺超声作为灵敏度高的工具, 近年来对其的研究越来越多。

有数据表明, 透析前 B 线大于 30 是死亡率的预测指标<sup>[10]</sup>, 充分显示其所具有的临床价值。肺超声 B 线的出现早于各种临床症状, 是血管外肺水增加的早期标志, 且其数量和血管外肺水之间的相关性已得到验证<sup>[11]</sup>, 半定量算法的应用可在日常对肺水肿的评估中成为一项良好的临床工具。

本研究结果显示, 血透患者肺超声中 B 线数量在透析后较透析前显著减少, 与透析后部分容量清除有关。B 线数量与 IVCD 变化均表现出良好的相关性。而 IVCD 与右心房压力和血容量密切相关, 因此, 可准确反映血管内容量。透析血容量下降, IVCD 也有所减小。本研究结果显示, 透析前 B 线数量与 IVCD 呈良好的正相关, 而透析后两者显示无相关性, 这可能是因为透析后患者的血管外肺水通过再充盈被透析超滤清除, IVCD 在透析前后的变化幅度不及 B 线数量明显, 因此, 在透析后 IVCD 与 B 线数量之间的相关性可能发生改变。可以推测 B 线数量比 IVCD 变化更加敏感。

血透患者合并高血压多数和容量超负荷有关, 血透医生会对此部分患者的干体重进行下调, 在此过程中, 患者会出现血容量的扰动, 如果没有良好的工具, 仅凭医生的经验进行临床评估, 评估过高, 会导致干

体重不能达标、反复发作心力衰竭、血压不能得到很好控制。有研究对慢性心力衰竭患者肺水肿的患病率进行了分析, 证实根据肺部听诊, 高达 40% 的患者经医生临床评估认为“干燥”, 出院时经超声发现仍存在肺水肿。这些患者在 6 个月的随访中也出现了更差的预后<sup>[12]</sup>。另外, 有研究显示, 与传统评估相比, 肺超声引导下的干体重调整可有效、安全地降低高血压透析患者的动态血压水平, 减轻肺水肿<sup>[13-14]</sup>。

本研究从 93 例慢性肾脏病患者中选取透析合并高血压的 62 例患者, 发现在其干体重的调整中, 相比传统评估法而言, 肺超声 B 线评估法能更好地降低高血压患者的收缩压及舒张压, 也能更大程度地降低干体重, 而且在这个过程中透析低血压的发生次数更少。有学者发现, 在无水肿、呼吸困难或生物电阻抗评估容量过多的情况下, 24 例患者中有 16 例(67%) 在血透疗程结束时出现 B 线数量大于 15<sup>[15]</sup>, 进一步证实了 B 线的敏感性。本研究发现, 肺超声 B 线组低血压的发生率较传统评估组更低, 说明使用 B 线指导干体重的调整是安全、可行的, 可能会更有效。

肺超声 B 线测量、操作并不复杂, 即使是肾脏科医生经短时间培训应该也可进行操作, 只不过需耗时。在临床工作中, 如何确定哪些患者需要评估、评估间隔时间及 B 线的临界值, 均需进一步探究。而且有没有更简化的测量方式能更迅速地完成评估, 以增加患者依从性、减少医生工作量、提高效率。最近有学者将 28 分区进行简化为 4、6、8 分区, 得到了较好的诊断准确性<sup>[16]</sup>。这也许会在今后一段时间研究的方向。

综上所述, 肺超声 B 线检测有一定的局限性, 如

肺水肿产生的 B 线与肺间质纤维化产生的 B 线难以鉴别。需结合病史及临床表现进行评估,心源性肺水肿(急性心力衰竭)与非心源性肺水肿如急性呼吸窘迫综合征产生的 B 线也不能很好地鉴别。在临床工作中,应结合患者病情加以分析。本研究样本量较少,研究周期较短,存在一定局限性,今后需进一步扩大样本量,增加横向对比参数进行研究,以期得到更客观的数据,从而达到更精准的治疗,特别是部分容量控制不理想、反复发生心力衰竭或透析低血压的患者更具有临床价值。

## 参考文献

- [1] WIZEMANN V, WABEL P, CHAMNEY P, et al. The mortality risk of overhydration in haemodialysis patients[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2009, 24(5):1574-1579.
- [2] BEAUBIEN-SOULIGNY W, RHÉAUME M, BLONDIN M C, et al. A simplified approach to extravascular lung water assessment using point-of-care ultrasound in patients with end-stage chronic renal failure undergoing hemodialysis[J]. *Blood Purif*, 2018, 45(1/3):79-87.
- [3] VITTURI N, DUGO M, SOATTIN M, et al. Lung ultrasound during hemodialysis: The role in the assessment of volume status[J]. *Int Urol Nephrol*, 2014, 46(1):169-174.
- [4] JIANG C, PATEL S, MOSES A, et al. Use of lung ultrasonography to determine the accuracy of clinically estimated dry weight in chronic hemodialysis patients[J]. *Int Urol Nephrol*, 2017, 49(12):2223-2230.
- [5] EVANS D, FERRAIOLI G, SNELLINGS J, et al. Volume responsiveness in critically ill patients: Use of sonography to guide management[J]. *J Ultrasound Med*, 2014, 33(1):3-7.
- [6] ZHANG Z H, XU X, YE S, et al. Ultrasonographic measurement of the respiratory variation in the inferior vena cava diameter is predictive of fluid responsiveness in critically ill patients: Systematic review and meta-analysis[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2014, 40(5):845-853.
- [7] 李巧贞. 肺超声评估血液透析患者容量超负荷的研究进展[J]. *临床超声医学杂志*, 2019, 21(4):285-287.
- [8] DIPTI A, SOUCY Z, SURANA A, et al. Role of inferior vena cava diameter in assessment of volume status: A meta-analysis[J]. *Am J Emerg Med*, 2012, 30(8):1414-1419.
- [9] LOUTRADIS C, PAPADOPOULOS C E, SACHPEKIDIS V, et al. Lung Ultrasound-Guided dry weight assessment and echocardiographic measures in hypertensive hemodialysis patients: A randomized controlled study[J]. *Am J Kidney Dis*, 2020, 75(1):11-20.
- [10] SIRIOPOL D, HOGAS S, VORONEANU L, et al. Predicting mortality in haemodialysis patients: A comparison between lung ultrasonography, bioimpedance data and echocardiography parameters[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2013, 28(11):2851-2859.
- [11] MALLAMACI F, BENEDETTO F A, TRIPEPI R, et al. Detection of pulmonary congestion by chest ultrasound in dialysis patients[J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2010, 3(6):586-594.
- [12] RIVAS-LASARTE M, ALVAREZ-GARCIA J, FERNANDEZ-MARTINEZ J, et al. Lung ultrasound-guided treatment in ambulatory patients with heart failure: A randomized controlled clinical trial(LUS-HF study)[J]. *Eur J Heart Fail*, 2019, 21(12):1605-1613.
- [13] LOUTRADIS C, SARAFIDIS P A, EKART R, et al. The effect of dryweight reduction guided by lung ultrasound on ambulatory blood pressure in hemodialysis patients: A randomized controlled trial[J]. *Kidney Int*, 2019, 95(6):1505-1513.
- [14] KAYSI S, PACHA B, MESQUITA M, et al. Pulmonary congestion and systemic congestion in hemodialysis: Dynamics and correlations[J]. *Front Nephrol*, 2024, 4:1336863.
- [15] GIANNESE D, PUNTONI A, CUPISTI A, et al. Lung ultrasound and BNP to detect hidden pulmonary congestion in euvolemic hemodialysis patients: A single centre experience[J]. *BMC Nephrol*, 2021, 22(1):36.
- [16] REISINGER N, LOHANI S, HAGEMEIERS J, et al. Lung ultrasound to diagnose pulmonary congestion among patients on hemodialysis: Comparison of full versus abbreviated scanning protocols[J]. *Am J Kidney Dis*, 2022, 79(2):193-201. e1.

(收稿日期:2024-04-08 修回日期:2024-08-03)