

肺彗星对血液透析患者心功能的评估作用

济南市人民医院 王自良* 周长江 许菁 刘伟建, 莱芜 271100

摘要 目的: 评估肺彗星对血液透析患者心功能的评估作用。方法: 选取维持性血液透析患者 142 例, 根据美国心脏病协会(NYHA)心功能分级方法进行分级, 142 例患者中 NYHA 分级 1~2 级 66 例, 3~4 级 76 例, 所有患者进行多普勒超声肺部及心脏检测; 并检测血常规、生化、超敏 C 反应蛋白、肿瘤坏死因子水平。结果: NYHA 1~2 级组透析龄、血红蛋白、血白蛋白、胆固醇、左室射血分数均高于 NYHA 3~4 级组; NYHA 1~2 级组的平均年龄、透析间期体重增加、肺彗星数目、肺动脉收缩压、超敏 C 反应蛋白、肿瘤坏死因子、肌钙蛋白均低于 NYHA 3~4 级组 (均 $P < 0.05$)。多因素 logistics 回归分析显示肺彗星数目、左室射血分数、透析龄是 NYHA 独立相关危险因素 (均 $P < 0.05$)。肺彗星是预示 NYHA 恶化的独立危险因素 (标准化回归系数为 8.6662)。结论: 不同心功能分级的血液透析患者出现肺部彗星指数不同, 肺彗星是心功能变化的良好标记物, 肺彗星对血液透析患者心力衰竭判断有重要作用。

关键词 心功能; 血液透析; 肺彗星

中图分类号 R459.5 **文献标识码** A **DOI** 10.11768/nkjwzzzz20190510

Assessment of heart function by lung comets in maintenance hemodialysis patients WANG Zi-liang*, ZHOU Chang-jiang, XU Jing, LIU Wei-jian. Jinan Municipal People's Hospital, Laiwu 271100, China

Abstract Objective: To assess heart function by lung comets in long-term hemodialysis patients. Methods: According to NYHA functional classification, 142 patients receiving hemodialysis were divided into NYHA Class I/II group (66 patients) and the NYHA Class III/IV group (76 patients). All patients were subjected to echocardiography and lung ultrasound. Blood count, clinical biochemistry, high sensitivity C-reactive protein and tumor necrosis factor were detected. Results: Dialysis vintage, hemoglobin, serum albumin, total cholesterol, left ventricular ejection fraction were significantly higher in NYHA Class I/II group than in NYHA Class III/IV group ($P < 0.05$ for all); age was significantly younger, and interdialytic weight gain, lung comets score, pulmonary artery systolic pressure, high sensitivity C-reactive protein, TNF- α , troponin I were significantly lower in NYHA Class I/II group than in NYHA Class III/IV group ($P < 0.05$ for all). The multivariate logistic regression revealed lung comets score, left ventricular ejection fraction, and dialysis vintage were the independent risk factors for NYHA functional classification ($P < 0.05$ for all). Among all the variables analyzed, lung comets score was a predictor of NYHA progression (standardized estimate = 8.6662). Conclusion: Lung comets scores vary from different heart function classifications. Lung comets are marker of changes in heart function and play an important role in assessing heart failure in hemodialysis patients.

Key words Heart failure; Hemodialysis; Lung comets

心力衰竭在慢性肾脏疾病患者中发生率极高, 且随着慢性肾脏疾病分期增加而增加^[1]。血液透析患者心力衰竭的存在是短期和长期死亡的重要影响因素^[2]。心力衰竭常与容量过负荷相关, 容量过负荷导致肺部存在隐性或显性水肿^[3]。本文应用超声检测肺彗星, 探讨肺彗星对血液透析患者心功能的评估价值。

资料与方法

一般资料 选取 2016 年 1 月~2018 年 2 月济

南市人民医院的维持性血液透析患者 142 例 (男 76, 女 66), 入选条件: ①年龄 ≥ 18 岁; ②维持性血液透析患者, 每周 3 次, 每次持续 4h, 持续时间 6 个月以上; ③采用自体动静脉内瘘为血管通路。排除患有先天性心脏病及瓣膜性疾病、慢性阻塞性肺病、间质性肺疾病、气胸、肺部感染、慢性溶血性贫血以及系统性红斑狼疮、硬皮病、血管炎等自身免疫性结缔组织疾病; 肺部肿瘤及其他肿瘤透析患者。患者知情并同意接受检查, 签署知情同意书。

心力衰竭分级 心力衰竭严重程度采用美国纽约心脏病协会 (New York Heart Association, NYHA) 心功能分级方法。I 级: 心脏病患者日常活动量不

* 通信作者: 王自良, E-mail: lwlh2009wch76@126.com

受限制,一般活动不引起乏力、呼吸困难等心力衰竭症状。Ⅱ级:心脏病患者体力活动轻度受限,休息时无自觉症状,一般活动下可出现心力衰竭症状。Ⅲ级:心脏病患者体力活动明显受限,低于平时一般活动即引起心力衰竭症状。Ⅳ级:心脏病患者不能从事任何体力活动,休息状态下也存在心力衰竭症状,活动后加重。

142例透析患者,平均年龄(53.0 ± 12.1)岁,其中慢性肾小球肾炎82例、高血压肾小动脉硬化26例、糖尿病肾病17例,多囊肾17例。NYHA分级1~2级66例,3~4级76例;114例患者服用降压药物,主要是钙离子拮抗剂、 β -受体阻滞剂、血管紧张素Ⅱ受体阻滞剂(ARB)及血管紧张素转换酶抑制剂(ACEI)、 α -受体阻滞剂药物,服用降压药物数目平均为(1.6 ± 1.12)种,28例未服用降压药物。

方法 透析方案:采用德国贝朗 Dialog+血液透析机,每周透析3次,透析时间4h/次,透析器为德国贝朗公司生产的聚砜膜透析器,面积 1.5 m^2 ,透析液流量 500 mL/min ,血流量 $200 \sim 260 \text{ mL/min}$,低分子肝素抗凝。患者超声检测选择在透析后的次日进行,透析间期体重的增加按照检查前1个月内透析间期体重增加高于干体重的平均值计算。血压以连续3次透析前血压,计算平均值。

超声彗星检测:超声检测选择在透析后的次日进行,所有患者在透析间期检测,应用GE Vivid7 M4s探头彩色多普勒超声诊断仪,探头扫描频率 $1.5 \sim 4.3 \text{ MHz}$,扫描左右两侧的胸廓前面及侧部,从胸骨旁到腋窝中线,左侧从第二到第四肋间,右侧从第二至第五肋间。在胸骨旁、锁骨中线、腋前线、腋中线记录每个肋间隙的肺彗星数目。肺彗星检测部位及定义标准参照文献^[4,5]。

同时进行超声心动图检查和肺动脉高压的评估,肺动脉收缩压参照美国超声心脏协会右心检测指南^[6],应用连续多普勒超声心动图,经Bernoulli公式计算,肺动脉收缩压 $=4 \times$ 三尖瓣反流峰值速度的平方+右房压(根据下腔静脉和吸气变化率估计),根据指南,将肺动脉收缩压 $>35 \text{ mm Hg}$ 定义为肺动脉高压。

患者透析前当天空腹取血,检测血常规、生化检测,超敏C反应蛋白(CRP)应用生化分析仪测定,肿瘤坏死因子(TNF- α)应用美国珀金埃尔默 VICTOR Nivo 仪器进行酶联免疫法(ELISA)检测,肌钙蛋白I应用北京百思佳特 xt84721 放射免疫分析仪放射免疫法测定。

统计学处理 采用SAS 9.2 统计软件。计量资

料采用($\bar{x} \pm s$)表示,2组间比较应用 t 检验;计数资料采用百分数表示,比较采用 χ^2 检验;以心功能为因变量对各相关变量进行单因素logistic回归分析,以 $P < 0.05$ 为入选标准,对入选的变量进行多因素logistic回归分析,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

血液透析患者肺部超声 彗星是直线、界限清楚、激光样、高反射性的改变,见图1。

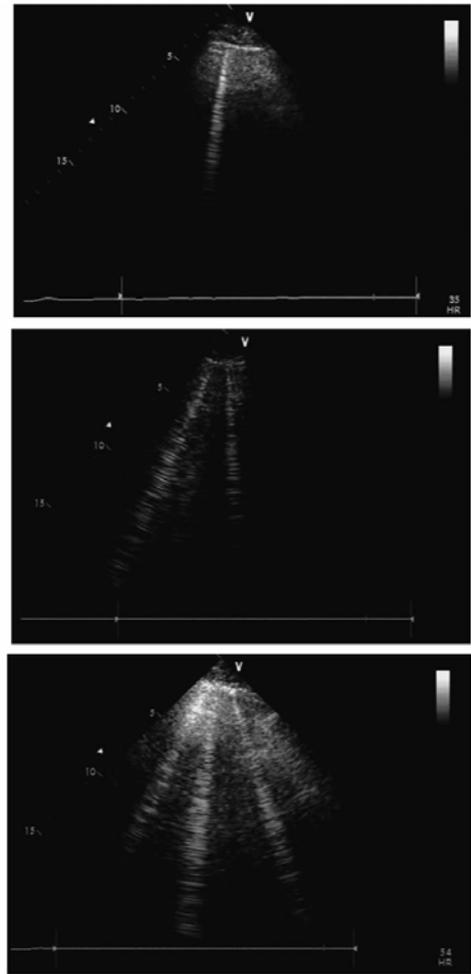


图1 血液透析患者肺部超声

临床和实验室资料 不同心功能分级组在年龄、透析龄,血红蛋白(Hb)、血白蛋白、胆固醇、CRP、TNF- α 、肌钙蛋白水平等方面比较,差异有统计学意义(均 $P < 0.05$)。NYHA 3~4级组肺动脉收缩压、透析间期体重增加、肺彗星数目方面均高于NYHA 1~2级组;左室射血分数(LVEF)低于NYHA 1~2级组(均 $P < 0.05$),见表1。

心力衰竭与临床资料logistics回归相关分析 单因素logistics回归分析显示年龄、透析龄、Hb、白蛋白、胆固醇、CRP、肌钙蛋白I、彗星、TNF- α 、LVEF、肺动脉收缩压、透析间期体重增加是心功能恶化的危险因素(均 $P < 0.05$),见表2。

表1 不同心功能分级组间临床及生化指标比较

($\bar{x} \pm s$)

NYHA 分级	例	性别 (女)	年龄 (岁)	收缩压 (mmHg)	舒张压 (mmHg)	平均动脉压 (mmHg)	体重 (kg)	身高 (m)
总体	142	66	53.0 ± 12.1	149.5 ± 22.4	85.9 ± 14.3	107.1 ± 15.0	58.0 ± 10.2	1.6 ± 0.1
1~2级	66	32	49.2 ± 11.6	147.6 ± 19.1	86.9 ± 14.4	107.1 ± 14.4	58.4 ± 9.1	1.6 ± 0.1
3~4级	76	34	56.3 ± 11.5*	151.2 ± 24.9	85.1 ± 14.3	107.1 ± 15.6	57.7 ± 11.2	1.6 ± 0.1
NYHA 分级	BMI (kg/m ²)	降压药物种类数 (种)	透析龄 (月)	Hb (g/L)	白蛋白 (g/L)	球蛋白 (g/L)		
总体	22.1 ± 2.8	1.6 ± 1.1	31.9 ± 22.5	87.1 ± 21.1	37.3 ± 5.4	28.7 ± 5.6		
1~2级	22.2 ± 2.6	1.8 ± 1.2	36.2 ± 24.3	93.4 ± 18.8	39.5 ± 5.0	28.5 ± 5.0		
3~4级	22.1 ± 3.0	1.5 ± 1.1	28.1 ± 20.1*	81.7 ± 21.6*	35.4 ± 5.1*	28.9 ± 6.2		
NYHA 分级	胆固醇 (mmol/L)	Ca ²⁺ (mmol/L)	P ⁵⁺ (mmol/L)	CRP (mg/L)	TNF-α (pg/mL)	β ₂ MG(mg/L)		
总体	4.2 ± 1.1	2.1 ± 0.3	2.3 ± 0.7	13.4 ± 11.5	8.6 ± 3.6	18.1 ± 4.4		
1级~2级	4.4 ± 0.9	2.1 ± 0.3	2.3 ± 0.7	6.2 ± 4.5	6.0 ± 2.2	18.0 ± 4.3		
3~4级	3.9 ± 1.2*	2.1 ± 0.2	2.3 ± 0.8	19.7 ± 11.9*	10.8 ± 3.1*	18.3 ± 4.5		
NYHA 分级	肌钙蛋白 I (μg/L)	LVEF (%)	肺动脉收缩压 (mmHg)	透析间期体重增加 (Δh) kg	肺彗星 (个)			
总体	0.2 ± 0.4	55.7 ± 8.9	44.4 ± 14.6	2.9 ± 0.9	35.6 ± 18.8			
1~2级	0.1 ± 0.1	61.6 ± 6.0	33.8 ± 5.9	2.6 ± 0.9	21.0 ± 8.5			
3~4级	0.2 ± 0.5*	50.6 ± 7.8*	53.7 ± 13.6*	3.2 ± 0.7*	53.7 ± 13.6*			

注:与 NYHA 1~2 级比较,* P < 0.05

表2 不同心功能的 logistics 回归单因素分析

变量	回归系数(β)	标准误	χ ²	P	标准化回归系数(stb)
截距	-2.8322	0.8159	12.0494	0.0005	0.0000
年龄	0.0541	0.0161	11.2753	0.0008	0.3595
透析龄	-0.0167	0.00787	4.5024	0.0338	-0.2067
Hb	-0.0288	0.00904	10.117	0.0015	-0.3348
白蛋白	-0.1604	0.0383	17.561	<0.0001	-0.479
CRP	0.2977	0.051	34.0507	<0.0001	1.8786
肌钙蛋白 I	18.4722	3.7655	24.0648	<0.0001	3.8445
肺彗星	0.3725	0.0746	24.9166	<0.0001	3.8696
TNF-a	0.8564	0.1484	33.3241	<0.0001	1.7148
LVEF	-0.2511	0.0424	35.0092	<0.0001	-1.2274
肺动脉收缩压	0.2353	0.0408	33.3241	<0.0001	1.8915
透析间期体重增加	1.0127	0.2662	14.4664	0.0001	0.485

应用 stepwise 方法,逐步 logistics 回归分析显示透析龄(β = -0.0457, χ² = 4.431, P = 0.0353)、LVEF(β = -0.0923, χ² = 5.0727, P = 0.0243)、肺彗星数目(β = 0.3737, χ² = 14.6584, P = 0.0001)是与心功能相关的独立危险因素,多因素分析中显示肺彗星是预示心功能恶化的独立危险因素(标准偏回归系数为 8.6662),见表3。回归方程:Y = -16.151 + 0.3737X₁ - 0.0923X₂ - 0.0457X₃[Y 为因变量(Y = 心功能);X 为自变量(X₁ = 肺彗星 X₂ = LVEF X₃ = 透析龄)]。

讨论

慢性肾脏病与心力衰竭发生相关,慢性肾脏病3期以上阶段,心力衰竭几乎有双倍的发生风险,心力衰竭死亡率和慢性肾脏疾病分期之间存在极强的等级相关^[1]。与无心力衰竭相比,有心力衰竭的慢性肾病患者死亡风险增加 3.30 ~ 6.87 倍^[7]。本研究心功能 NYHA 分级 3~4 级患者透析时间短于 1~2 级患者,与国内患者血液透析开始启动肾脏替代治疗时,心功能差有关;多元logistics回归分析显

表3 不同心功能的logistics回归多因素分析

项目	回归系数(β)	标准误	χ^2	P	标准偏回归系数(stb)
Intercept	-16.151	5.97	7.3194	0.0068	0.000
X1	0.3737	0.0976	14.6584	0.0001	8.6662
X2	-0.0923	0.041	5.0727	0.0243	-1.2558
X3	-0.0457	0.0217	4.431	0.0353	-1.6269

示透析时间是心功能恶化独立危险因素($\beta = -0.0457, \chi^2 = 4.431, P = 0.0353$),心力衰竭是透析治疗患者最普通的心血管因素,同住院率和死亡风险相关^[8]。容量过多负荷是对血液透析死亡预测独立因素^[9],患者透析间期体重增加在NYHA 3~4级组高于NYHA 1~2级组($P < 0.05$),血管内过多容量改变血液动力学状态,导致不合理的负荷存在^[10],透析间期体重过多增长与致命性心血管风险相关,尤其心力衰竭的发生,过多潴留的液体容量增加心脏充盈压力,使患者左室牵张,肺水肿,导致心脏结构不良变化,左室肥大和纤维化^[11],LVEF降低^[8],钠水潴留对肺动脉高压产生作用^[11],NYHA 3~4级组肺动脉收缩压高于NYHA 1~2级组,而LVEF低于NYHA 1~2级组($P < 0.05$),逐步logistics回归分析LVEF是心功能恶化危险因素($\beta = -0.0923, \chi^2 = 5.0727, P = 0.0243$),显示心功能差,LVEF降低。

容量过负荷对于终末期肾病患者全因死亡和心血管死亡是主要的、潜在的危险因素,肺充血是血管外容量长期扩张所致^[12]。血液透析患者没有明显肺疾病,但碳氧化物转运降低提示有亚临床的肺水肿存在^[13]。研究观察没有明显肺疾病的血液透析患者,45%有中-重度肺充血,14%有严重的肺充血,中-重度肺充血患者71%无症状或有轻度的心力衰竭症状,与轻度充血患者相比,严重充血的死亡风险是4.2倍,心血管系统受损的风险是3.2倍,因此,对血液透析患者无症状肺充血进行探测具有重要意义^[14]。与真正过多容量负荷相比,肺充血可能更能反应心脏功能损害,无症状血液透析患者的肺充血导致身体损害^[15]。

心力衰竭的肺充血是逐渐发生的,且液体在肺内潜在地累积1周或几周后肺水肿才可能出现。慢性肾脏病患者肺部啰音是诊断和监测肺充血的重要手段,但啰音在诊断肺水肿方面非常不敏感^[12]。胸部X线显示肺充血特征,如Kerley B线,但X线征象经常落后于慢性心力衰竭的临床和生理表现,且生理和临床改善后,X线征象仍持续1~4d,且只有肺部水增加超过35%,胸部X线征象才能检测

到^[16]。

欧洲心脏协会心力衰竭委员会推荐急性心力衰竭时使用肺超声对肺充血进行评估和分级,认为肺超声是极有潜力的工具^[17]。与临床表现、X线征象、利钠肽浓度比较,把非心源性的呼吸困难从急性失代偿性心力衰竭中分辨出来,肺超声检测肺充血有极高的精确性,3个以上彗星对肺水肿诊断的敏感性94%,特异性92%;对于肺血管外水测量,与经肺热稀释技术相比,对证明具有中、重度肺充血,超声对肺水的评估提供更高的敏感度^[18]。

胸部超声在评估肺充血方面提供新的机会,B线是一彗尾征象,从胸膜线中出现,同肺滑线的移动相一致,是垂线、界限清楚、激光样的、高反射性的特征^[19],呈现彗星样改变,见图1。研究显示与心功能1~2级组比较,心功能3~4级组肺彗星数目更高($P < 0.05$),而且逐步logistics回归分析显示肺彗星数目是心功能分级恶化的独立危险因素($\beta = 0.3337, \chi^2 = 14.658, P = 0.0001$)。肺彗星是肺充血的标记物,对肺间质水肿诊断提供非常可靠的信息,在临床中NYHA分级同彗星指数有极强的相关^[18],因此肺彗星数目是心功能恶化的重要标志,有利于对血液透析患者心功能进行定量评估。

参考文献

- House AA. Management of heart failure in advancing CKD: core curriculum 2018[J]. *AJKD*, 2018, 72(2): 284-295.
- Segall L, Nistor I, Covic A. Heart failure in patients with chronic kidney disease: A systematic integrative review [J]. *BioMed Res Int*, 2014, 2014: 937398.
- Mallamci F, Benedetto FA, Tripepi R, et al. Detection of pulmonary congestion by chest ultrasound in dialysis patients [J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2010, 3(6): 586-594.
- Gargani L, Sicari R, Raciti M, et al. Efficacy of a remote web-based lung ultrasound training for nephrologists and cardiologists: a LUST trial sub-project [J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2016, 31(12): 1982-1988.
- Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, et al. International liaison committee on lung ultrasound (ILC-LUS) for international consensus conference on lung ultrasound (ICC-LUS). International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound [J]. *Intensive Care Med* 2012, 38: 577-591.

COPD 患者早期诊断具有较为重要的临床意义。

参考文献

- Ghobadi H, Fouladi N, Beukaghazadeh K, et al. Association of high sensitive CRP level and COPD assessment test scores with clinically important predictive outcomes in stable COPD patients[J]. *Tanaffos*, 2015, 14 (1): 34-41.
 - Nillawar AN, Joshi KB, Patil SB, et al. Evaluation of HS-CRP and lipid profile in COPD[J]. *J Clin Diagn Res*, 2013, 7(5): 801-803.
 - 李智伯, 高心晶, 王东浩, 等. 呼吸综合指数预测慢性阻塞性肺疾病急性加重机械通气患者脱机结果的多中心研究[J]. *中华危重病急救医学*, 2013, 25(6): 339-342.
 - Turner AM, Lim WS, Rodrigo C, et al. A care-bundles approach to improving standard of care in AECOPD admissions: results of a national project[J]. *Thorax*, 2015, 70 (10): 992-994.
 - Marcos PJ, Huerta A, Enzler MJ. Using standardized care bundles in the emergency department to decrease mortality in patients presenting with community-acquired pneumonia (CAP) and acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease (AECOPD)[J]. *Cur infecti dis rep*, 2015, 17 (2): 458.
 - 中华医学会呼吸病学分会慢性阻塞性肺病学组. 慢性阻塞性肺疾病诊疗指南[J]. *中华内科杂志*, 2002, 41(9): 640-646.
 - 张春云, 何耀军, 江雁琼, 等. 慢性阻塞性肺疾病急性加重期 HBP 和 CD64 表达与不同细菌感染感染的关系[J]. *广东医学*, 2017, 38 (12): 1842-1844, 1848.
 - 冯长溪, 姚侠, 王海珍, 等. 血清 C-反应蛋白 (CRP) 联合同型半胱氨酸 (Hcy) 检测对慢性阻塞性肺疾病急性加重的诊断价值[J]. *吉林医学*, 2018, 39(4): 653-654.
 - 丁锋, 张清会, 徐慧, 等. PCT 与 CRP 和 CD64 指数对细菌感染慢性阻塞性肺疾病急性加重期患者诊断及指导治疗的意义[J]. *中华医院感染学杂志*, 2017, 27(10): 2198-2201.
 - 谢桂容. 血清 PCT 和 hs-CRP 检测在 AECOPD 患者中的临床价值[J]. *河北医学*, 2015, 21(6): 923-925.
 - 孔香晶, 曹丽华. 联合检测血清 SP-D、hs-CRP 及血浆 Fbg 水平在慢性阻塞性肺疾病患者病情监测中的价值[J]. *大连医科大学学报*, 2015, 37(5): 476-479.
 - 李少丹, 林日武. AECOPD 患者病情严重程度与甲状腺激素水平、D-二聚体、CRP 的相关性研究[J]. *现代预防医学*, 2012, 39(19): 5202-5203, 5206.
 - 张艳平, 周鹂婕. C-反应蛋白联合降钙素原对慢性阻塞性肺病急性加重期中细菌感染的诊疗价值[J]. *中南大学学报(医学版)*, 2014, 39(9): 939-943.
 - 吴雷. 慢性阻塞性肺病患者血清 25-羟基维生素 D3 水平的变化及其临床意义[J]. *内科急危重症杂志*, 2018, 24(2): 135-137.
 - 杨海燕, 付朝晖, 王喜春, 等. 降钙素原及 C 反应蛋白在老年慢性阻塞性肺疾病急性加重期患者中的诊断价值[J]. *重庆医学*, 2014, 43(32): 4314-4315, 4319.
 - (2018-03-16 收稿 2019-08-29 修回)
-
- (上接第 390 页)
- Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2010, 23: 685-713.
 - Maneesh Sud, Navdeep Tangri, Melania Pintilie, et al. ESRD and death after heart failure in CKD[J]. *J Am Soc Nephrol*, 2015, 26 (3): 715-722.
 - Bansal N, Roy J, Chen HY, et al. Evolution of Echocardiographic Measures of Cardiac Disease From CKD to ESRD and Risk of All-cause Mortality: Findings from the CRIC study[J]. *Am J Kidney Dis*. 2018 Sep; 72(3): 390-399.
 - Ferrario M, Moissl U, Garzotto F, et al. Effects of fluid overload on heart rate variability in chronic kidney disease patients on hemodialysis[J]. *BMC Nephrol*, 2014, 15: 26.
 - Sud M, Tangri N, Pintilie M, et al. ESRD and death after heart failure in CKD[J]. *J Am Soc Nephrol*, 2015, 26(3): 715-722.
 - Cabrera C, Brunelli SM, Rosenbaum D, et al. A retrospective, longitudinal study estimating the association between interdialytic weight gain and cardiovascular events and death in hemodialysis patients[J]. *BMC Nephrol* 2015, 16(1): 113.
 - Zoccali C. Lung Ultrasound in the management of fluid volume in dialysis patients; Potential usefulness[J]. *Semin Dial*, 2017, 30(1): 6-9.
 - Zoccali C, Puntorieri E, Mallamaci F. Lung congestion as a hidden threat in end-stage kidney disease: a call to action[J]. *Nephrol Dial Transplant* 2013, 28(11): 2657-2660.
 - Zoccali C, Torino C, Tripepi R, et al. Pulmonary congestion predicts cardiac events and mortality in ESRD[J]. *J Am Soc Nephrol*, 2013, 24(4): 639-646.
 - Enia G, Torino C, Panuccio V, et al. Asymptomatic pulmonary congestion and physical functioning in hemodialysis patients[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2013, 8(8): 1343-1348.
 - Assaad S, Kratzert WB, Shelley B, et al. Assessment of pulmonary edema: principles and practice[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2018, 32(2): 901-914.
 - Gheorghide M, Follath F, Ponikowski P, et al. Assessing and grading congestion in acute heart failure: a scientific statement from the acute heart failure committee of the heart failure association of european society of cardiology and endorsed by the european society of intensive care medicine[J]. *Eur J Heart Fail*, 2010, 12(5): 423-433.
 - Covic A, Siripol D, Voroneanu L. Use of Lung Ultrasound for the Assessment of Volume Status in CKD[J]. *Am J Kidney Dis*. 2018, 71 (3): 412-422.
 - Lichtenstein D. Lung ultrasound in the critically ill[J]. *Curr Opin Crit Care*, 2014, 20(3): 315-322.
 - (2018-08-15 收稿 2018-12-18 修回)