

生物电阻抗分析在评估腹膜透析患者液体超负荷状态中的最新研究进展

王师亮¹, 梅峰^{2*}

¹青海大学, 青海 西宁

²青海大学附属医院, 青海 西宁

Email: *18997219744@139.com

收稿日期: 2021年4月21日; 录用日期: 2021年5月7日; 发布日期: 2021年5月26日

摘要

腹膜透析患者在透析过程中更易发生液体超负荷, 且与心血管事件的发生密切相关。及时发现并评估腹膜透析患者的液体超负荷状况, 对于改善其长期预后有着重要的意义。生物电阻抗分析技术在评估腹透患者的液体超负荷状态中具有方便、经济、安全等诸多优点, 患者容易接受, 并且能够长期监测腹膜透析患者的液体超负荷, 适时予以调整干体重, 改善其长期预后, 现已在临床上应用。本文旨在对腹膜透析患者的液体超负荷及生物电阻抗分析在评估腹透患者液体超负荷情况中的最新研究进展进行综述。

关键词

生物电阻抗分析, 腹膜透析, 干体质量, 液体超负荷

Latest Progress in Bioelectrical Impedance Analysis for Evaluating Fluid Overload in Patients with Peritoneal Dialysis

Shiliang Wang¹, Feng Mei^{2*}

¹Qinghai University, Xining Qinghai

²Affiliated Hospital of Qinghai University, Xining Qinghai

Email: *18997219744@139.com

Received: Apr. 21st, 2021; accepted: May 7th, 2021; published: May 26th, 2021

*通讯作者。

Abstract

Peritoneal dialysis patients are more prone to fluid overload during dialysis, which is closely related to the occurrence of cardiovascular events. Timely detection and evaluation of fluid overload in peritoneal dialysis patients is of great significance to improve their long-term prognosis. Bioelectrical impedance analysis has many advantages, such as convenience, economy and safety, in the evaluation of fluid overload in patients with peritoneal dialysis. It is easy for patients to accept, and can monitor fluid overload in patients with peritoneal dialysis for a long time, adjust dry weight timely, and improve their long-term prognosis. It has been applied in clinical practice. The purpose of this article is to review the latest progress in fluid overload and bioelectrical impedance analysis in evaluating fluid overload in peritoneal dialysis patients.

Keywords

Bioelectrical Impedance Analysis, Peritoneal Dialysis, Dry Weight, Fluid Overload

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

根据国际肾脏病学会(International Society of Nephrology, ISN)在 2019 发布的全球肾脏健康图集(Global Kidney Health Atlas)显示, 截止目前, 全世界大约有 7 亿人口在饱受肾脏疾病的困扰[1]。其中, 每年大约有 1330 万患者发展至终末期肾脏疾病(End Stage Renal Disease, ESRD), 对于 ESRD 的患者来说都需要接受肾脏替代治疗——肾脏移植(Kidney Transplantation, KT)、血液透析(Hemodialysis, HD)或腹膜透析(Peritoneal dialysis, PD)。在临床中, 进行 KT 的患者往往需要漫长的等待时间, 这就意味着这些患者必须在 HD 或 PD 之间选择一种。其中, 一些患者会选择 PD 治疗, Bittencourt 等[2]认为 PD 与 HD 相比, PD 具有安全、经济、保护残肾功能等优点。对于大多数 PD 患者来说, 体内普遍存在液体超负荷状态, 约 66.3% 的患者在治疗初期就会出现体内液体超负荷的现象[3]。随着医疗水平的不断发展进步, 如何评估并调整腹透患者的液体超负荷状态, 改善患者长期预后, 成为临床工作中的重点。近年来, 生物电阻抗分析(Bioelectrical Impedance Analysis, BIA)的出现为我们评估腹透患者的液体超负荷状态带来了一种全新的策略, 并已应用在临床中[4]。基于 BIA 我们能够获得并评估患者的全身水分数据, 并适时帮助患者指导调整干体质量(Dry Weight, DW), 从而改善腹透患者的长期生活和生存质量, 减少液体超负荷所致的心血管风险[5]。本文旨在对 PD 患者的液体超负荷及 BIA 在评估腹透患者液体超负荷中的最新研究进展进行综述。

2. 腹膜透析患者的液体超负荷

PD 作为治疗 ESRD 的主要方式之一, 可以有效的改善患者的生活和生存质量。在我国, 有相当一部分 ESRD 患者会选择接受 PD 治疗。PD 的基本原理是通过腹膜上的毛细血管实现的, 通过由不同浓度梯度驱动的扩散和由渗透压或流体静水压梯度驱动的对流传导机制实现[6]。在临床实践中, 对于腹膜透析的患者来说, 液体超负荷是一个普遍存在的问题, 李峰[7]等的一项研究表明在腹透患者中液体超负荷比

例高达 72.8%。也有一些研究表明, PD 患者在开始透析治疗初期, 身体内的体液量就会增加[3]。这就需要引起临床医生的高度重视, 密切观测腹透患者的液体超负荷状态。

当腹透患者体内出现液体超负荷时, 在临床中医生通常根据患者的一些临床指标、症状及影像学结果来评估患者的液体超负荷水平[8], 例如: 脑钠肽(Brain Natriuretic Peptide, BNP)、组织水肿、心脏彩超、肺部 X 线等, 这些依据并不能使我们清楚的了解腹透患者的液体超负荷状态。此外, 一些患者体内虽然存在液体负荷过度, 但并未表现出任何临床症状, 我们称之为“隐形水肿”[9]。由于隐藏在患者体内的过度液体负荷不易被察觉, 进而成为腹透患者体内的“慢性毒药”。

韩国[10]的一项前瞻性研究纳入了 481 位 PD 的患者, 经过 12 个月的随访, 最后发现液体超负荷组患者的身体健康评分(Physical Health Scores, PCS)、心理健康评分(Mental Health Scores, MCS)及肾脏疾病成分评分(Kidney Disease Component Scores, KDACS) [11]均明显低于非液体超负荷组的患者, 结论表明液体超负荷会对 PD 患者的生活及生存质量造成负面影响。不仅如此, 过度的液体超负荷同时也是腹透患者死亡的独立危险因素[12]。Kihm [13]等的一项关于腹透患者死亡率风险因素的横断面研究也证实了这一点。因此, 为了改善腹透患者的远期预后, 降低死亡率, 对于肾内科医生来说, 腹透患者的液体管理显得尤为重要, 临床医生应定期对腹透患者的液体超负荷状态进行监测, 适时调整。

近年来, 随着 BIA 在肾病内科的应用, 为临床医生提供了一种全新的监测腹透患者液体超负荷状态的手段[14]。

3. 生物电阻抗技术在腹透患者中的应用

BIA 在医学中的应用已有 50 多年的历史, 起初就应用于估计人体的体液量[15]。BIA 将人体看成一个空间圆柱导体, 基于人体组织不同的含水量及其对电流的不同抵抗力, 通过不同频率的交流电对人体各个部位的阻抗测量进而转换为体液的体积值。其中, 低频电流仅通过细胞外液(Extracellular Water, ECW), 高频电流仅通过细胞内液(Intracellular Water, ICW)。Thomasset [16]是第一个尝试使用低频和高频 BIA 测量人体体液含量的人。

对于 PD 患者来说, 体内过多的液体大多蓄积于细胞外空间, 既 ECW, 同时也是引起患者水肿的主要原因[7]。BIA 测量的具体水分数据包括 ECW、ICW 及全身总水(Total Body Water, TBW) [17]。其中, ECW/TBW 被广泛认为浮肿指数, 作为评估腹透患者是否处于液体超负荷状态的一个重要指标。基于韩国的一项调查研究发现[18], $ECW/TBW > 0.39$ 即可认为患者存在一定程度的水肿。

此外, BIA 还能为临床医生分节段提供身体各部位的水分数据, 包括: 左、右上肢、躯干、左右下肢。在临床中, 如果发现水肿仅局限于某一特定部位, 经过调整透析处方或 DW 后, 水肿仍然存在, 这就要引起临床医生的高度重视, 该患者是否存在血栓、静脉炎等原因导致的水肿。

通过这样详细的水分分布情况可以更好的知晓腹透患者的液体超负荷状态, 有利于更好的帮助指导腹透患者进行临床治疗。Kim [19]等人的一项对 284 名腹透患者的前瞻性研究中, 对所有纳入的患者每隔 12 个月进行一次 BIA, 并使用此次的结果预测患者两年后的全因死亡率和转移至 HD 的风险, 结果证实过多的液体蓄积是腹透患者死亡和转移至 HD 的独立危险因素。Tabinor [20]等的一项关于 BIA 定义的液体超负荷可预测透析患者存活率的荟萃分析与上述结果一致。

国际腹膜透析协会(International Society for Peritoneal Dialysis, ISPD)在指南中也建议定期对腹透患者的水合状态进行临床评估[21]。应用 BIA 对腹透患者的液体超负荷状态进行评估是目前最为简便、经济、易被接受的方式, 不仅可以帮助早期发现患者的液体超负荷, 也能协助临床医生改善患者的水合状态, 进一步改善腹透患者的预后。

4. 指导调整干体质量

在透析患者中, DW 作为评价患者透析状况的一个重要指标, 也可以用来评估患者的液体超负荷状态。ISPD [22]曾指出, 腹膜透析患者的目标体质量, 应该指患者体内水恢复正常容量状态, 达到细胞内外既无容量负荷增加, 也无容量过低时的体质量。DW 如果调整过高会引起高血压, 调整过低会导致血容量不足。这就要求临床医生需严格控制腹透患者的 DW, 避免过高或过低对患者造成负面影响。

目前, 基于 BIA 可以为临床医生提供客观、特异的数据来帮助患者指导调整 DW。周建东[5]等研究发现 ECW 生物电阻抗变化量与 DW 变化量成正相关, 相关系数为 0.523 ($P < 0.05$); TBW 生物电阻抗变化量与 DW 变化量成正相关, 相关系数为 0.382 ($P < 0.05$); 而 ICW 生物电阻抗变化量与 DW 变化量无相关($p > 0.05$)。另有一项研究[4]纳入了 75 名腹透患者, 对其进行 6 个月的随访观察以证明 BIA 在腹透患者 DW 确定中的有效性和安全性, 结果表明 BIA 可以帮助患者更准确的调整 DW。

因此, 可以说明经 BIA 测量的水分数据可以用来评估腹透患者的 DW, 其方法简单易得, 可以作为临床上长期监测腹透患者 DW 的一个重要手段。

5. 各种水合评估方法的比较

在临床实践过程中, 有效的液体管理对腹透患者来说非常重要, 尤其是早期识别并精确的诊断潜在的液体超负荷。目前, 大部分 PD 中心和临床医生对腹透患者液体超负荷状态的评估都是基于血压、尿量、体重及超滤量等多种数据来判断, 这种数据虽然容易获得, 但是受患者主观因素影响较大, 缺乏准确性, 误差较大。

同位素稀释分析技术是诊断腹透患者液体超负荷状态的金标准, 其中的氘和氙稀释是测定 TBW 的首选方法, 而溴化氯和蔗糖稀释是测定 ECW 的首选方法, 但由于该技术具有有创性、价格昂贵等缺点, 在临床中很少应用[23]; 通过超声测量下腔静脉(Inferior Vena Cava, IVC)直径也是临床常用的方法, IVC 没有瓣膜并且容易扩张, 是一个具有高度顺应性的血管, 其直径随血容量改变而变化, 与右心房和血容量具有良好的相关性, 进而反映体液容量状态[24]。但仅可用来评估血管内容量, 而不能很好的反映组织水化状态, 且 IVC 直径的变化对于慢性液体超负荷患者来说表现不明显, 并且和患者的心率之间存在显著的负相关关系, 不同的个体之间变异较大; 另有研究显示[8], BNP 水平虽然和 PD 患者的液体负荷呈正相关, 但是在一部分液体超负荷的患者当中并未见明显升高, 足以说明其特异性较低; 另外, 心室肌细胞受到牵张刺激也会导致 BNP 分泌增多, 通过 BNP 可知晓血管内容量状态变化, 但无法明确血管外的体液变化, 由于 BNP 最后经过肾脏代谢, 而肾功能丧失的患者对其清除率下降, 因此 BNP 在评估腹透患者的液体超负荷状态中准确性较差[25]; 利用肺部 X 线观察心胸比也是一种评估腹透患者液体超负荷状态的常用方法, 但对于一些存在基础心肺疾病的患者来说, 其误差较大, 准确性低。

目前临床上应用的一些评估腹透患者液体超负荷的方法都存在有一定的局限性。而 BIA 作为一种简单的、非侵入性的方法, 患者比较容易接受, 且 BIA 测量人体体液量的稳定性与同位素稀释技术结果高度一致[26]。Tian [27]等的一项队列研究中, 将存在液体超负荷的腹透患者分别应用 BIA 和传统方法指导患者的液体控制, 对其进行 1 年的随访, 结果表明使用 BIA 指导的液体管理比使用传统临床方法更有效, 尤其是 ECW/TBW 比率的下降速度 BIA 组明显高于传统方法组。

综上所述, 应用 BIA 评估腹透患者的液体超负荷状态较传统的方法比具有更好的优势, 能够对患者进行长期的监测, 适时发现液体超负荷, 及时调整, 改善患者长期预后。

6. 小结

对于 PD 患者来说, 液体的管理是一项长期而艰巨的任务, 及时做出正确的液体控制指导尤为重要,

BIA 作为一种评估腹透患者液体超负荷状态的方法, 有着较高的准确性和实用性, 是目前评估透析患者液体超负荷状态的最合适的方法。令人遗憾的是, BIA 现已广泛用于健身房等休闲场所用于肌肉营养成分评估。BIA 在肾内科的应用前景非常好, 是目前最热门也是最受患者欢迎的一种评估人体水合状态的方式。但是, 由于 BIA 在 PD 领域的相关文献较少, 在临床中尚缺乏有效的专家共识, 这就需要更多的临床研究来制定标准。总之, BIA 对于 PD 患者的液体超负荷状态评估具有非常重要的意义。

参考文献

- [1] Yuan, X., Li, H., Zhou, L. and Huang, Y. (2020) A Bibliometric Analysis of the 100 Most Influential Papers on Peritoneal Dialysis. *Medicine*, **99**, e23115. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000023115>
- [2] Bittencourt Dias, D., Mendes, M.L., Alves, C.A., Caramori, J.T. and Ponce, D. (2020) Peritoneal Dialysis as an Urgent-Start Option for Incident Patients on Chronic Renal Replacement Therapy: World Experience and Review of Literature. *Blood Purification*, **49**, 562-657. <https://doi.org/10.1159/000506505>
- [3] Panorchan, K. and Davenport, A. (2017) Increase in Extracellular Hydration Status after Initiating Peritoneal Dialysis Electively. *Peritoneal Dialysis International*, **37**, 338-340. <https://doi.org/10.3747%2Fpdi.2016.00213>
- [4] 武蓓, 王梅, 赵慧萍, 左力, 乔婕, 芦丽霞, 等. 使用生物电阻抗技术辅助确定腹膜透析患者目标体质量的随机对照研究[J]. 中国血液净化, 2020, 19(3): 165-169.
- [5] 周建东, 谢海燕, 李惠, 徐忠秀. 生物电阻抗检测心肾综合征腹膜透析治疗患者容量状态及其在干体质量调整中的作用[J]. 临床肾脏病杂志, 2020, 20(6): 454-457. <http://doi.org/10.3969/j.issn.1671-2390.2020.06.004>
- [6] 肖希, 余学清, 阳晓. 腹膜透析水钠清除研究进展[J]. 中华肾脏病杂志, 2018, 34(6): 476-480.
- [7] 李峰, 方炜, 严豪, 李振元, 袁江姿, 倪兆慧. 腹膜透析患者容量负荷的相关影响因素研究[J]. 上海交通大学学报(医学版), 2017, 37(6): 786-791.
- [8] 苏新琦, 刘苗, 俞赞喆, 严豪, 李振元, 张贺, 等. 临床常用指标在腹膜透析患者容量状态评估中的价值[J]. 上海交通大学学报(医学版), 2018, 38(8): 910-916.
- [9] Ng, J.K., Kwan, B.C., Chow, K.M., Pang, W.F., Cheng, P.M., Leung, C.B., Li, P.K. and Szeto, C.C. (2018) Asymptomatic Fluid Overload Predicts Survival and Cardiovascular Event in Incident Chinese Peritoneal Dialysis Patients. *PLoS ONE*, **13**, e0202203. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202203>
- [10] Yoon, H.E., Kwon, Y.J., Song, H.C., Kim, J.K., Song, Y.R., Shin, S.J., Kim, H.W., et al. (2016) Overhydration Negatively Affects Quality of Life in Peritoneal Dialysis Patients: Evidence from a Prospective Observational Study. *International Journal of Medical Sciences*, **13**, 686-695. <https://doi.org/10.7150/ijms.16372>
- [11] Park, H.J., Kim, S., Yong, J.S., Han, S.S., Yang, D.H., Meguro, M., et al. (2007) Reliability and Validity of the Korean Version of Kidney Disease Quality of Life Instrument (KDQOL-SF). *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, **211**, 321-329.
- [12] 丁嘉祥, 王梅. 人体成分监测仪在透析患者中的应用[J]. 临床内科杂志, 2018, 35(2): 81-83.
- [13] Kihm, L.P., Kälble, F., Diekmann, C., Seckinger, J., Sommerer, C., Zeier, M. and Schwenger, V. (2016) Overhydration Is a Strong Predictor of Mortality in Peritoneal Dialysis Patients—Independently of Cardiac Failure. *PLoS ONE*, **11**, e0158741. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158741>
- [14] 梁勇, 黄恒洁, 许文炎, 何国容, 谢丹, 梁品全, 等. 多频生物电阻抗法在腹膜透析患者透析充分性评估中的价值[J]. 西部医学, 2015, 27(4): 513-516. <http://doi.org/10.3969/j.issn.1672-3511.2015.04.011>
- [15] Lopot, F. (2016) Bioimpedometrie a její využití v dialyzační léčbě [Bioimpedometry and its utilization in dialysis therapy]. *Vnitřní Lékařství*, **62**, 47-54.
- [16] Thomasset, A. (1963) Propriétés bio-électrique des tissus, appréciation par la mesure de l'impédance de la teneur ionique extra-cellulaire et la teneur intra-cellulaire en clinique. *Lyon Médical*, **209**, 1325-1350.
- [17] Naranjo-Hernández, D., Reina-Tosina, J., Roa, L.M., Barbarov-Rostán, G., Aresté-Fosalba, N., Lara-Ruiz, A., et al. (2019) Smart Bioimpedance Spectroscopy Device for Body Composition Estimation. *Sensors*, **20**, Article No. 70. <https://doi.org/10.3390/s20010070>
- [18] Park, J.H., Jo, Y.I. and Lee, J.H. (2018) Clinical Usefulness of Bioimpedance Analysis for Assessing Volume Status in Patients Receiving Maintenance Dialysis. *Korean Journal of Internal Medicine*, **33**, 660-669. <https://doi.org/10.3904/kjim.2018.197>
- [19] Kim, J.K., Song, Y.R., Lee, H.S., Kim, H.J. and Kim, S.G. (2018) Repeated Bioimpedance Measurements Predict Prognosis of Peritoneal Dialysis Patients. *American Journal of Nephrology*, **47**, 120-129.

<https://doi.org/10.1159/000486901>

- [20] Tabinor, M., Elphick, E., Dudson, M., Kwok, C.S., Lambie, M. and Davies, S.J. (2018) Bioimpedance-Defined Overhydration Predicts Survival in End Stage Kidney Failure (ESKF): Systematic Review and Subgroup Meta-Analysis. *Scientific Reports*, **8**, Article No. 4441. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21226-y>
- [21] Wang, A.Y., Brimble, K.S., Brunier, G., Holt, S.G., Jha, V., Johnson, D.W., *et al.* (2015) ISPD Cardiovascular and Metabolic Guidelines in Adult Peritoneal Dialysis Patients Part I—Assessment and Management of Various Cardiovascular Risk Factors. *Peritoneal Dialysis International*, **35**, 379-387. <https://doi.org/10.3747%2Fpdi.2014.00279>
- [22] 武蓓, 王梅, 赵慧萍, 左力, 乔婕, 芦丽霞, 等. 使用生物电阻抗技术辅助确定腹膜透析患者目标体质量的随机对照研究[J]. 中国血液净化, 2020, 19(3): 165-169. <http://doi.org/10.3969/j.issn.1671-4091.2020.03.006>
- [23] Woodrow, G., Oldroyd, B., Turney, J.H., Davies, P.S., Day, J.M. and Smith, M.A. (1996) Four-Component Model of Body Composition in Chronic Renal Failure Comprising Dual-Energy X-Ray Absorp-Tiometry and Measurement of Total Body Water by Deuterium Oxide Dilution. *Clinical Science (London)*, **91**, 763-769. <https://doi.org/10.1042/cs0910763>
- [24] 曹广科, 赵玉良, 李之海, 时迎俊, 祝旺, 杨格. 下腔静脉直径变化评估连续血液净化治疗前后容量状态[J]. 吉林医学, 2014, 35(26): 5852-5853
- [25] 刘莉华, 汪燕, 邢蓓蓓, 王娟, 吴永贵. 血浆 BNP 与 NT-proBNP 在评价持续非卧床腹膜透析患者心功能中的作用[J]. 安徽医科大学学报, 2017, 52(6): 869-873. <http://doi.org/10.19405/j.cnki.issn1000-1492.2017.06.020>
- [26] Alexandrou, M.E., Balafa, O. and Sarafidis, P. (2020) Assessment of Hydration Status in Peritoneal Dialysis Patients: Validity, Prognostic Value, Strengths, and Limitations of Available Techniques. *American Journal of Nephrology*, **51**, 589-612. <https://doi.org/10.1159/000509115>
- [27] Tian, N., Yang, X., Guo, Q., Zhou, Q., Yi, C., Lin, J., Cao, P., Ye, H., Chen, M. and Yu, X. (2020) Bioimpedance Guided Fluid Management in Peritoneal Dialysis: A Randomized Controlled Trial. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, **15**, 685-694. <https://doi.org/10.2215/CJN.06480619>