

透析患者中心静脉狭窄或闭塞的腔内治疗进展

李新宇^{1*}, 付利锋¹, 陈居正¹, 方萃福^{2#}

¹赣南医科大学第一临床医学院, 江西 赣州

²赣南医科大学第一附属医院血管外科, 江西 赣州

收稿日期: 2025年4月14日; 录用日期: 2025年5月7日; 发布日期: 2025年5月15日

摘要

中心静脉疾病是维持性血液透析患者血管通路的严重并发症之一, 以中心静脉狭窄或闭塞(Central venous stenosis/occlusion, CVS/O)为主要病理表现。CVS/O可通过引发静脉高压综合征破坏血管通路完整性, 显著降低透析充分性并缩短患者总体透析龄。目前, 以经皮腔内血管成形术(Percutaneous transluminal angioplasty, PTA)及支架置入术(Stent placement)为核心的血管内介入治疗已成为临床一线治疗方案。尽管腔内治疗能有效恢复短期静脉通畅性并改善通路功能, 但术后再狭窄问题仍严重影响远期疗效。本文系统综述CVS/O腔内治疗的技术进展与循证证据, 探讨现存挑战及未来研究方向。

关键词

血液透析, 中心静脉狭窄, 腔内治疗, 血管

Progress of Endovascular Treatment for Central Venous Stenosis or Occlusion in Hemodialysis Patients

Xinyu Li^{1*}, Lifeng Fu¹, Juzheng Chen¹, Cuifu Fang^{2#}

¹The First Clinical Medical College, Gannan Medical University, Ganzhou Jiangxi

²Department of Vascular Surgery, The First Affiliated Hospital of Gannan Medical University, Ganzhou Jiangxi

Received: Apr. 14th, 2025; accepted: May 7th, 2025; published: May 15th, 2025

Abstract

Central venous disease, manifesting as stenosis or occlusion (CVS/O), represents a critical complication of vascular access in hemodialysis patients. CVS/O can induce severe venous hypertension,

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 李新宇, 付利锋, 陈居正, 方萃福. 透析患者中心静脉狭窄或闭塞的腔内治疗进展[J]. 临床医学进展, 2025, 15(5): 668-673. DOI: 10.12677/acm.2025.1551420

compromise vascular access integrity, reduce dialysis adequacy, and shorten overall dialysis vintage. Endovascular interventions, including percutaneous transluminal angioplasty (PTA) and stent placement, are currently first-line therapies. While these minimally invasive approaches effectively restore short-term venous patency and improve access functionality, the persistent challenge of restenosis significantly compromises long-term outcomes. This review synthesizes recent technological advancements and evidence-based practices in endovascular management of CVS/O, while addressing current limitations and future directions.

Keywords

Hemodialysis, Central Venous Stenosis, Endovascular Treatment, Vascular

Copyright © 2025 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

随着血液透析相关技术的不断发展,终末期肾病(End-stage kidney disease, ESKD)患者的生存期明显延长,但是,随着维持性血液透析龄的增加,透析相关并发症的出现导致 ESKD 患者的生活质量不断下降。国际肾病学会 2023 年全球肾脏健康图谱显示,全球仅 39%国家(84 个)系统登记肾脏替代治疗(肾移植、血液透析、腹膜透析)数据,ESKD 患者中位发病率为 144 例/百万人[1]。美国 2019 年新发 ESRD 病例逾 13 万(发病率 386 例/百万),其中 85%选择血液透析作为初始治疗[2]。中心静脉疾病是血液透析患者血管通路的严重并发症之一,主要包括中心静脉狭窄或闭塞(Central vein stenosis or occlusion, CVS/O)。根据研究报道,由于入组人群的不同,血液透析患者发生 CVS 的患病率从 4.3%到 41%不等[3]-[5]。中心静脉狭窄能够导致严重的静脉高压,破坏血管通路的完整性,降低透析质量,甚至缩短整体透析龄。因此,对血液透析患者 CVS 的临床及基础研究具有重要的现实意义。传统外科手术因创伤大、并发症多而较少采用,而腔内治疗因其微创性及可重复性目前已成为指南推荐及临床首选的治疗方案[6][7]。CVS/O 的腔内治疗主要包括经皮腔内血管成形术和支架置入术,随着科技的发展和介入技术的进步,新型医用耗材及相关手术方式广泛应用于 CVS/O 的临床治疗,ESKD 患者的临床预后也得到了改善,本文综述近年技术进展与循证证据,为临床优化 CVS 管理提供理论依据。

2. 腔内治疗

2.1. 经皮腔内血管成形术(Percutaneous Transluminal Angioplasty, PTA)

是将球囊扩张导管沿预先设置的导丝系统送至病变血管处,利用球囊加压充盈膨胀而使狭窄血管扩张的一种技术。指南推荐单独或联合支架植入的 PTA 作为合并临床症状的 CVS 患者的首选治疗方案[7]。对于合并局部钙化、纤维化的顽固性狭窄病变,普通球囊对于斑块压迫扩张造成的撕裂容易导致局部夹层血肿,增加血管损伤甚至急性闭塞的风险[5]。近年来,修饰性球囊(切割球囊、棘突球囊和双导丝球囊)的临床应用使部分顽固性狭窄病变得以解决[8]。詹申等[9]使用外周切割球囊 PTA 治疗了 65 例内瘘狭窄(狭窄长度 > 2 cm)的血液透析患者,其中包括 61 例自体动静脉内瘘狭窄(AVF)患者和 4 例移植动静脉内瘘(AVG)狭窄患者,结果显示,入组患者 PTA 技术成功率为 100% (65/65),临床成功率为 96.92% (63/65),2 例患者术后未能顺利完成透析,但无局部血肿、血管急性闭塞、血管破裂等严重并发症的发生,12 个月随访时间内有 24 例患者(36.92%)出现内瘘功能障碍。随访 3、6、12 个月的内瘘一期通畅率分别为 90.77%、

81.54%和 63.08%，随访 12 个月的内瘘一期辅助通畅率为 100%。Shuyue Pang 等[10]比较了切割球囊和高压球囊 PTA 治疗动静脉瘘管狭窄的血液透析患者的差异，其中切割球囊组及高压球囊组各 90 例患者，结果表明，与高压球囊血管成形术相比，切割球囊血管成形术可以提高 6 个月时动静脉内瘘的初始通畅率($P=0.01$)，而两组间技术成功率及临床成功率无显著差异。Zehao Tan 等[11]开展了一项单臂队列研究，在切割球囊的基础上，联合应用紫杉醇药物涂层球囊治疗动静脉内瘘复发性狭窄的患者，结果显示，该组患者技术成功率为 96% (42/44)，血管成形术前后的平均狭窄率分别为 69.0%和 20.8%。随访第 12 个月时，42 例患者的一期通畅率和一期辅助通畅率分别为 $61.6\% \pm 7.8\%$ 和 $92.7\% \pm 4.0\%$ 。Tze Tec Chong 等[12]回顾性分析了 30 例接受紫杉醇涂层球囊治疗中心静脉狭窄的透析患者，入组患者手术成功率为 100%，并发症发生率为 0%。术后 30 天和 90 天的靶病变一期通畅率分别为 93.3%和 75.7%。与普通球囊相比，紫杉醇涂层球囊组患者的术后平均一期通畅时间延长 24 天(164 天 VS 140 天)，但该差异无统计学意义。目前切割球囊及药物涂层球囊 PTA 多应用于动静脉内瘘狭窄患者的介入治疗，在中心静脉狭窄的介入治疗中鲜有报道，其在透析患者中心静脉狭窄治疗上的有效性、安全性及潜在的优越性有待进一步研究验证。

2.2. 经皮腔内支架植入术(Percutaneous Transluminal Stenting, PTS)

CVS 行 PTS 与外周血管病变行 PTS 的适应症一致，指南推荐 PTS 用于治疗 CVS 行 PTA 术后复发且伴随临床症状的患者，特别是 PTA 术后三个月内以及表现出弹性回弹的病变[13]。PTA 联合 PTS 可以治疗扭曲狭窄病变，防止 PTA 术后病变弹性回弹，并保持通路通畅[14]。任莉等[15]比较了单纯 PTA 组(24 例)和 PTA 联合 PTS 组(16 例)患者的治疗效果差异，结果表明，与单纯 PTA 组相比，联合 PTS 组患者术后 6、12 月一期通畅率显著增高($93.75\% \text{ VS } 58.33\%$; $68.75\% \text{ VS } 33.33\%$)，术后 6、12 个月，联合治疗组的透析血流量、血管内径显著大于单纯 PTA 组，而且两组的并发症总发生率无显著差异。也就是说，在透析患者中心静脉狭窄的治疗中，PTA 联合经皮支架植入术有助于提高一期通畅率，促进透析血流量和血管内径。有研究表明，与裸金属支架相比，覆膜支架治疗 CVS 的临床预后更好[16]。郭辉等[17]回顾分析 29 例 PTA 联合 PTS 治疗中心静脉狭窄患者的临床资料，入组患者技术成功率为 97.2%，临床成功率为 94.4%，裸金属支架组 22 例患者中，术后 3、6、12 个月的一期通畅率分别为 72.73%、50%、45.45%，覆膜支架组 5 例患者中，术后 3、6、12 个月的一期通畅率均为 100%，裸金属支架组患者术后再狭窄率显著增高($45.8\% \text{ VS } 10.0\%$, $P=0.046$)。Bin Chen 等[18]回顾性研究了 71 例中心静脉闭塞的血液透析患者的临床资料，入组患者均接受了 PTS 治疗，结果表明，71 例患者的中位一期通畅持续时间 16 ± 2.2 个月，3、6、9 和 12 个月的一期通畅率分别为 93%、72%、55%和 51%，使用覆膜支架患者的中位一期通畅时间显著长于裸金属支架患者的中位一期通畅时间(21 个月 VS 10 个月, $p < 0.001$)。入组患者均无严重并发症发生。目前尚无药物洗脱支架用于治疗血液透析患者合并中心静脉狭窄或动静脉瘘狭窄的大样本研究，Sadanori Shintaku [19]和 Yu Xiong [20]等分别报道了药物洗脱支架治疗复发性中心静脉再狭窄和雷帕霉素洗脱支架治疗难治性动静脉瘘狭窄的个案研究，第一例患者因左锁骨下静脉和头臂静脉狭窄已放置 2 个裸金属支架，并且大约每 3 个月因复发性支架内狭窄需进行一次球囊血管成形术，置入第一枚药物涂层支架后，该患者的靶病变血运重建间隔时间由 3.1 个月延长到 5.5 个月。14.6 个月后患者因支架远端梗阻再次放置第二枚药物涂层支架，后靶病变血运重建间隔时间延长到 8.6 个月。第二例患者因反复的自体动静脉瘘管狭窄行 PTA 术治疗效果欠佳，遂予放置雷帕霉素洗脱支架，后该患者的血管通路通畅期从平均 4~5 个月延长至 14 个月。尽管药物洗脱支架和药物涂层球囊已被证明可以有效治疗急性心血管事件患者的血管再狭窄[21]，但是目前尚缺乏使用药物洗脱支架治疗中心静脉狭窄或闭塞以及复发难治性动静脉瘘狭窄的临床证据。药物洗脱支架优化了血管资源利用率，挽救透析患者有限的血管资源，可能

是治疗难治性中心静脉狭窄及动静脉瘘狭窄的有效方法。

2.3. 其他技术

对于双侧难治性中心静脉阻塞、上肢血管无法行内瘘或内瘘失败的患者，下一步治疗通常是植入下肢血管通路移植物或混合导管移植装置。鉴于下肢通路移植物感染风险较高，可以选择 Hemodialysis Reliable Outflow (HeRO) 移植物。HeRO 通路是一种复合移植物，包括一个移植血管部分和一个镍钛合金流出段部分，连接右心房和上肢动脉端，植入成功后该装置完全埋于皮下，降低了移植物相关感染的发生[22]。该手术的主要并发症包括麻醉风险、血栓形成、窃血综合征等。Sur [23]等人进行了一项回顾性调查，比较了 HeRO 移植物植入和支架置入术治疗难治性中心静脉闭塞患者的结果。HeRO 组纳入 29 例患者，支架置入组纳入 14 例患者。在随访>500 天时，支架组和 HeRO 组患者的一级通畅率分别为 16/28 (57%)和 4/14 (28%)。HeRO 组和支架组患者每年的平均干预次数分别为 1.4 次和 2.3 次，两组结果无显著性差异。同样，Daisy M Proksch [24]等人进行的回顾性研究也取得了相近的结果，HeRO 移植物组(31 例)和支架置入术组(44 例，其中 6 例患者后续进行了 HeRO 移植物植入)患者在随访 1 年、2 年时的一级通畅率及每年平均干预次数无统计学差异。因此，在严格筛选患者的前提下，HeRO 移植物植入术可能是一种治疗难治性中心静脉狭窄或闭塞的导管依赖性血液透析患者的替代治疗方案。

3. 腔内治疗的挑战与未来发展方向

腔内治疗的一个关键挑战是操作的可重复性和治疗效果的长期稳定性。虽然球囊扩张和支架植入在短期内可以有效缓解血管狭窄并恢复血流，但治疗效果往往随着时间的推移而减弱[25]。有研究报道，高达 63% 的患者出现局部水肿复发，需要额外的 PTA 治疗来进行干预，这在动静脉瘘狭窄的患者中尤为明显[26]。腔内治疗术后的高复发率可能与血管内皮损伤、内膜增生和静脉壁弹性反冲、血栓形成等因素相关[5] [27]。Davidson [28]等人提出了中心静脉狭窄病变的组织学特征。作者使用了基于导管的血管内超声和血管造影术，对连续 38 例接受 PTA 治疗的动静脉狭窄患者进行检测，对包括 11 条中央静脉在内的血管图像进行定量和定性评价，结果显示，在 16 个(42%)病灶中观察到斑块的剥离，在 19 个(50%)病灶中观察到血管拉伸和弹性反弹。其中 7 例(18%)发生血管拉伸和局部夹层，9 例(24%)发生血管弹性反弹和夹层，中央静脉普遍表现出弹性反弹，这一特性解释了 PTA 术后狭窄的高复发率以及在长期保持血管通畅方面的不足。有免疫组织化学研究显示，与原发狭窄患者相比，再狭窄患者血管壁(内膜和中膜)的增殖指数显著增高[5]。因此，可以抑制血管壁增殖的药物涂层支架或球囊的发展及应用可能或改善 CVS 患者的治疗后再复发率[29]。

腔内治疗在透析患者中的应用已取得了一定成效，但对于复杂病例、长期管理及治疗效果的进一步优化仍然是未来研究的重要方向。腔内治疗的效果在不同患者之间可能存在较大差异，因此制定个性化的治疗方案至关重要。未来可能会结合以下因素来开展个性化治疗：1. 通过基因组学分析，识别患者是否具有较高的血管增生或血栓形成风险，从而选择更为合适的治疗方式。2. 透析患者的血流量、血液粘稠度以及是否存在糖尿病、高血压等基础疾病，都会影响治疗的效果。结合患者的全身情况定制个性化的治疗方案，有望提高治疗的成功率。3. 随着影像学技术的发展，如高分辨率 CT 和 MRI 等成像技术可以更精确地评估血管的状态，未来可能通过智能影像学分析来指导治疗方案的制定。除此之外，人工智能(AI)在医疗领域的应用正在快速发展，未来可能成为腔内治疗的重要辅助工具。如基于流体力学模拟的支架优化设计、药物释放动力学建模以及人工智能辅助的再狭窄风险分层系统，将推动精准介入治疗的发展[30]，AI 还可以辅助预测治疗效果，并在手术中提供实时反馈，帮助医生在术中及术后做出快速决策。

4. 总结

尽管腔内治疗已在中心静脉狭窄或闭塞的血液透析患者中取得一定的临床应用效果,但仍面临多种挑战,尤其是在治疗的长期效果维持、并发症管理和治疗个性化方面。未来,随着新技术、新材料的引入,腔内治疗的前景将更加广阔。这些发展不仅会提高治疗的成功率,也将为血液透析患者提供更加精准和安全的治疗方案。

参考文献

- [1] Bello, A.K., Okpechi, I.G., Levin, A., *et al.* (2024) An Update on the Global Disparities in Kidney Disease Burden and Care across World Countries and Regions. *The Lancet Global Health*, **12**, e382-e395.
- [2] Johansen, K.L., Chertow, G.M., Gilbertson, D.T., Herzog, C.A., Ishani, A., Israni, A.K., *et al.* (2022) US Renal Data System 2021 Annual Data Report: Epidemiology of Kidney Disease in the United States. *American Journal of Kidney Diseases*, **79**, A8-A12. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2022.02.001>
- [3] Al-Balas, A., Almekhmi, A., Varma, R., Al-Balas, H. and Allon, M. (2022) *De Novo* Central Vein Stenosis in Hemodialysis Patients Following Initial Tunneled Central Vein Catheter Placement. *Kidney360*, **3**, 99-102. <https://doi.org/10.34067/kid.0005202021>
- [4] Adwaney, A., Lim, C., Blakey, S., Duncan, N. and Ashby, D.R. (2019) Central Venous Stenosis, Access Outcome and Survival in Patients Undergoing Maintenance Hemodialysis. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, **14**, 378-384. <https://doi.org/10.2215/cjn.07010618>
- [5] Echefu, G., Stowe, I., Lukan, A., Sharma, G., Basu-Ray, I., Guidry, L., *et al.* (2023) Central Vein Stenosis in Hemodialysis Vascular Access: Clinical Manifestations and Contemporary Management Strategies. *Frontiers in Nephrology*, **3**, Article ID: 1280666. <https://doi.org/10.3389/fneph.2023.1280666>
- [6] 金其庄, 王玉柱, 叶朝阳, 等. 中国血液透析用血管通路专家共识(第2版) [J]. 中国血液净化, 2019, 18(6): 365-381.
- [7] Lok, C.E., Huber, T.S., Lee, T., Shenoy, S., Yevzlin, A.S., Abreo, K., *et al.* (2020) KDOQI Clinical Practice Guideline for Vascular Access: 2019 Update. *American Journal of Kidney Diseases*, **75**, S1-S164. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2019.12.001>
- [8] 国家卫生健康委办公厅关于印发冠状动脉球囊成形术与支架植入术操作规范(2022年版)和髌膝关节置换术操作规范(2022年版)的通知[Z].
- [9] 詹申, 赵彬, 王慧, 等. 外周切割球囊治疗动静脉内瘘长段狭窄的疗效及治疗后再狭窄的影响因素[J]. 中华肾脏病杂志, 2024, 40(7): 533-539.
- [10] Pang, S., Chang, T., Chang, M., Huang, X., Wang, X., Song, M., *et al.* (2024) Efficacy of Cutting Balloon Angioplasty versus High-Pressure Balloon Angioplasty for the Treatment of Arteriovenous Fistula Stenoses in Patients Undergoing Hemodialysis: Systematic Review and Meta-Analysis. *PLOS ONE*, **19**, e0296191. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0296191>
- [11] Tan, Z., Chan, S.X.J.M., Da Zhuang, K., Urlings, T., Leong, S., Chua, J.M.E., *et al.* (2022) Recurrent Stenoses in Arteriovenous Fistula (AVF) for Dialysis Access: Cutting Balloon Angioplasty Combined with Paclitaxel Drug-Coated Balloon Angioplasty, an Observational Study (INSTITUTION Study). *CardioVascular and Interventional Radiology*, **45**, 646-653. <https://doi.org/10.1007/s00270-021-03030-w>
- [12] Chong, T.T., Yap, H.Y., Tan, C.S., Lee, Q.S., Chan, S.L., Wee, I.J.Y., *et al.* (2020) Use of Paclitaxel Coated Drug Eluting Technology to Improve Central Vein Patency for Haemodialysis Access Circuits: Any Benefit? *Vascular Specialist International*, **36**, 21-27. <https://doi.org/10.5758/vsi.2020.36.1.21>
- [13] Dariushnia, S.R., Walker, T.G., Silberzweig, J.E., Annamalai, G., Krishnamurthy, V., Mitchell, J.W., *et al.* (2016) Quality Improvement Guidelines for Percutaneous Image-Guided Management of the Thrombosed or Dysfunctional Dialysis Circuit. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*, **27**, 1518-1530. <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2016.07.015>
- [14] Wu, T., Wu, C., Chen, Y. and Lin, C. (2020) Comparison of Percutaneous Transluminal Angioplasty with Stenting for Treatment of Central Venous Stenosis or Occlusion in Hemodialysis Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *CardioVascular and Interventional Radiology*, **43**, 525-540. <https://doi.org/10.1007/s00270-019-02383-7>
- [15] 任莉, 郭烁. 经皮球囊血管成形术与经皮支架植入术治疗透析患者中心静脉狭窄的有效性及安全性比较[J]. 临床医学研究与实践, 2024, 9(5): 71-75.
- [16] Kavan, J., Kudlicka, J., Malik, J., Chytilova, E., Lambert, L., Slavikova, M., *et al.* (2019) Treatment of Failing Arterio-Venous Dialysis Graft by Angioplasty, Stent, and Stent Graft: Two-Years Analysis of Patency Rates and Cost-Effectiveness.

- Experimental and Therapeutic Medicine*, **18**, 4144-4150. <https://doi.org/10.3892/etm.2019.8050>
- [17] 郭辉, 刘佳妮, 张永裕, 等. 经皮腔内支架植入术治疗中心静脉狭窄 29 例分析[J]. 中华介入放射学电子杂志, 2020, 8(2): 108-113.
- [18] Chen, B., Lin, R., Dai, H., Yang, J., Tang, K., Li, N., *et al.* (2022) One-Year Outcomes and Predictive Factors for Primary Patency after Stent Placement for Treatment of Central Venous Occlusive Disease in Hemodialysis Patients. *Therapeutic Advances in Chronic Disease*, **13**. <https://doi.org/10.1177/20406223211063039>
- [19] Shintaku, S., Sato, T., Kawanishi, H., Moriishi, M. and Tsuchiya, S. (2018) The Efficacy of Drug-Eluting Stent for Recurrent Central Venous Restenosis in a Patient Undergoing Hemodialysis. *The Journal of Vascular Access*, **20**, 76-79. <https://doi.org/10.1177/1129729818763473>
- [20] Xiong, Y., Tu, B., Zhang, M., Chen, B., Lai, Q., Chen, J., *et al.* (2024) Case Report: A Case of Rapamycin-Eluting Stent for the Treatment of Refractory Stenosis of Arteriovenous Fistula Stenosis. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, **11**, Article ID: 1449989. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2024.1449989>
- [21] Merinopoulos, I., Gunawardena, T., Corballis, N., Bhalraam, U., Reinhold, J., Wickramarachchi, U., *et al.* (2023) Assessment of Paclitaxel Drug-Coated Balloon Only Angioplasty in STEMI. *JACC: Cardiovascular Interventions*, **16**, 771-779. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2023.01.380>
- [22] Tabriz, D.M. and Arslan, B. (2022) Hero Graft: Indications, Technique, Outcomes, and Secondary Intervention. *Seminars in Interventional Radiology*, **39**, 82-89. <https://doi.org/10.1055/s-0042-1742391>
- [23] Sur, B., Baran, T., Foster, T., Wilson, I. and Sasson, T. (2017) Management of Central Venous Stenosis in Hemodialysis Patients: Comparison of Outcomes with the Hemodialysis Reliable Outflow (HeRO) Graft versus Stenting. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*, **28**, S63. <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2016.12.739>
- [24] Proksch, D.M., Rodriguez, L.E., Rathore, A., Steerman, S.N. and Panneton, J.M. (2021) A Comparison of Stenting versus Hemodialysis Reliable Outflow Graft for Hemodialysis Patients with Recurrent Central Venous Obstructions. *Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders*, **9**, 1136-1144. <https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2021.01.001>
- [25] Tian, R., Zhu, H., Liu, L., *et al.* (2019) Clinical Observation for NAPD Regimen in the Treatment of 67 Cases of Recurrent Refractory Non-Hodgkin's Lymphoma. *Journal of Central South University. Medical Sciences*, **44**, 46-52.
- [26] Agarwal, A.K. (2015) Endovascular Interventions for Central Vein Stenosis. *Kidney Research and Clinical Practice*, **34**, 228-232. <https://doi.org/10.1016/j.krcp.2015.10.005>
- [27] Rockholt, M.M., Naddi, L., Badri, A.M., Englund, E. and Kander, T. (2024) Macro- and Microscopic Changes in Veins with Short-Term Central Venous Catheters: An Observational Autopsy Study. *BMC Anesthesiology*, **24**, Article No. 5. <https://doi.org/10.1186/s12871-023-02380-x>
- [28] Davidson, C.J., Newman, G.E., Sheikh, K.H., Kisslo, K., Stack, R.S. and Schwab, S.J. (1991) Mechanisms of Angioplasty in Hemodialysis Fistula Stenoses Evaluated by Intravascular Ultrasound. *Kidney International*, **40**, 91-95. <https://doi.org/10.1038/ki.1991.185>
- [29] Kitrou, P.M., Papadimitos, P., Spiliopoulos, S., Katsanos, K., Christeas, N., Brountzos, E., *et al.* (2017) Paclitaxel-Coated Balloons for the Treatment of Symptomatic Central Venous Stenosis in Dialysis Access: Results from a Randomized Controlled Trial. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*, **28**, 811-817. <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2017.03.007>
- [30] Nayariseri, A., Khandelwal, R., Tanwar, P., *et al.* (2021) Artificial Intelligence, Big Data and Machine Learning Approaches in Precision Medicine & Drug Discovery. *Current Drug Targets*, **22**, 631-655. <https://doi.org/10.2174/18735592mtezsmnmnz>