

高血压与红细胞压积及红细胞分布宽度的研究进展

高佳宁 张银花^(通讯作者)

(延边大学附属医院 吉林延吉 133000)

【摘要】高血压是全球心脑血管疾病的主要危险因素，其发病机制与血液流变学改变及慢性炎症状态密切相关。近年研究发现，红细胞压积（Hematocrit, HCT）与红细胞分布宽度（Red Cell Distribution Width, RDW）作为血液系统的重要参数，可能通过影响血液黏度、微循环障碍及氧化应激反应参与高血压的发生发展。本文系统综述了HCT及RDW与高血压的关联性及其潜在机制：HCT升高通过增加血液黏稠度及内皮剪切力异常促进血管重构；而RDW扩大与慢性炎症、氧化应激和铁代谢紊乱相关，可能通过加速动脉硬化及微循环障碍驱动血压升高。临床研究表明，HCT及RDW异常是高血压的独立预测指标。深入解析红细胞参数与高血压的因果关系，为疾病风险分层及精准干预提供理论依据。本文旨在总结高血压与HCT及RDW的研究现状，探讨其潜在机制、临床应用。

【关键词】高血压、红细胞压积、红细胞分布宽度。

Research Advances on the Association between Hypertension, Hematocrit, and Red Blood Cell Distribution Width

Gao Jianing Zhang Yinhu^(corresponding author)

(The Affiliated Hospital of Yanbian University, Jilin Province, Yanji City 133000)

[Abstract] Hypertension stands as a primary risk factor for cardiovascular and cerebrovascular diseases globally. Its pathogenic mechanism is intricately associated with alterations in hemorheological changes and chronic inflammatory conditions. In recent years, research has revealed that hematocrit (HCT) and red cell distribution width (RDW), as crucial parameters within the hematological system, might participate in the onset and progression of hypertension by influencing blood viscosity, microcirculation impairment, and oxidative stress responses. This paper presents a systematic review of the correlations between HCT, RDW and hypertension, along with their underlying mechanisms. An increase in HCT can augment blood viscosity, thereby facilitating abnormal endothelial shear stress and vascular remodeling. An enlarged RDW is linked to chronic inflammation and oxidative damage, and it may exacerbate blood pressure elevation via the promotion of arteriosclerosis pathways. Clinical investigations have demonstrated that abnormal values of HCT and RDW serve as independent predictors of hypertension. An in-depth dissection of the causal relationship between red blood cell parameters and hypertension offers a theoretical foundation for disease risk stratification and individualized interventions. The objective of this paper is to summarize the current state of research on hypertension in relation to HCT and RDW, and to explore their potential mechanisms and clinical applications.

[Key words] hypertension, hematocrit, red cell distribution width

引言

高血压是全球范围内的重要公共卫生问题，其发病机制复杂，涉及多种生理和病理过程。世界卫生组织最新报告指出，2023年全球高血压患者已达13.9亿，其中中低收入国家患病率增速显著高于高收入地区^[1]。以南非为例，近十年间因高血压死亡风险增加25%；印度城市人口25年内患病率增长30倍，农村36年增长10倍^[2]。近年来，血液学参数如红细胞压积（Hematocrit, HCT）和红细胞分布宽度（Red Cell Distribution Width, RDW）逐渐成为高血压研究的热点。HCT反映了血液的携氧能力和黏稠度，而RDW则反映了红细胞体积的异质性，两者均与心血管健康密切相关。本文旨在综述高血压与HCT及RDW的研究现状，探讨其潜在机制、临床应用及未来研究方向。

一、高血压疾病的研究现状

高血压（Hypertension）是全球心血管疾病和过早死亡的首要可预防危险因素。作为以动脉血压持续升高为特征的慢性疾病，其病理机制复杂且涉及多系统调控。

1. 流行病学现状

1.1 全球负担

高血压已成为全球重大公共卫生问题，尤其在亚太及东南亚地区负担显著加重。数据显示，1990–2019年，亚洲地区高血压患者增速迅猛，例如中国的患病率从1990年的11.7%上升至2019年的28.9%，而同期欧美国家仅从15.6%增至18.2%，其中西太平洋地区患者数从1.44亿激增至3.46亿^[3]。当前全球高血压控制率仅21%，亚洲多数国家的未控制率较高，但严格控压对亚洲人群降低心脑血管风险效果更显著。2023年世界卫生组织数据显示，全球30–79岁人群中高血压患病率达32.5%，约13.9亿患者，其中46%未获诊断，仅21%实现有效控制^[4]。

1.2 中国现状

《中国心血管健康与疾病报告2023》显示，高血压是我国面临的重要公共卫生问题。我国≥18岁居民高血压患

病率达 31.6%，男性高于女性，农村高于城市，且随年龄增长显著升高，儿童青少年高血压患病率达 13.0%，农村地区达 14.1%，防控形势严峻。高血压疾病负担沉重，2017 年因高收缩压导致的 CVD 死亡占 95.7%，2005—2018 年相关死亡人数从 198 万增至 267 万。并发症方面，高血压常合并脑血管疾病、冠心病及糖尿病，住院患者中继发性高血压占 2.1%，肾实质性高血压和 OSA 是主要病因。强化降压策略显示，将收缩压控制在 110~130 mmHg 可降低 CVD 及全因死亡风险，社区强化降压可使心脑血管事件下降 33%^[3]。

2. 研究机制进展

2.1 神经内分泌机制

肾素-血管紧张素-醛固酮系统 (RAAS) 和交感神经系统 (SNS) 在高血压的发病中扮演关键角色。RAAS 激活会导致血管收缩和钠潴留，进而升高血压。交感神经系统的过度激活也与高血压密切相关，其可通过释放去甲肾上腺素等神经递质，增加心输出量和外周血管阻力^[4]。

2.2 血管内皮功能障碍

血管内皮功能障碍是高血压的重要病理生理特征之一。内皮细胞释放的一氧化氮 (NO) 减少和内皮素-1 等缩血管物质增加，会导致血管收缩和血压升高。此外，内皮细胞的钙信号传导受损也会增强血管收缩性。研究还发现，内皮细胞表达的血红蛋白 α 可调节 NO 信号传导，其功能异常与高血压相关^[5]。

2.3 免疫机制

免疫系统在高血压的发病中起着重要作用。炎症细胞如单核细胞、巨噬细胞和 T 细胞等在高血压的发展中发挥关键作用。例如，Angiotensin II 诱导的高血压会导致炎症单核细胞的激活，进而引起内皮型一氧化氮合酶 (eNOS) 解耦和氧化应激。此外，T 细胞和 B 细胞的激活也与高血压的发生密切相关^[6]。

二、红细胞压积 (HCT) 与高血压的研究进展

1. HCT 的生理作用

HCT 是指红细胞在全血中所占的体积百分比，其水平直接影响血液的黏稠度和流动性。高 HCT 可能导致血液黏稠度增加，进而影响微循环和血压调节。高血细胞比容 (HCT) 对动脉血流的影响及健康风险。高 HCT (如因脱水、疾病或外源性促红细胞生成素使用) 会显著增加血液黏度。线性与非线性分析显示，HCT 升高使动脉流速下降、流速分布变平，低剪切率区域扩大，增加血栓形成风险。运动员使用促红细胞生成素 doping 可致 HCT 异常升高，心脏需加倍工作维持血流，休息时心输出量下降进一步加剧血流缓慢，可能引发猝死。Shobha Williamson Stacka, 等人研究为高 HCT 相关血栓风险提供了力学依据，提示需关注 HCT 升高的心血管危害^[7]。

2. HCT 与高血压的关联性

多项研究表明，HCT 水平与高血压的发生和发展密切

相关。高 HCT 可能导致外周血管阻力增加，进而升高血压。此外，HCT 水平还与高血压患者的心血管事件 (如心肌梗死、中风) 风险增加相关。姚超永等人的研究回顾分析 2015 年 9 月至 2016 年 10 月高州市人民医院 802 例高血压患者数据，探讨血细胞比容 (HCT) 与不同类型高血压的相关性。将患者分为单纯收缩期 (214 例)、单纯舒张期 (206 例)、双期高血压 (382 例) 三组。Pearson 分析显示，单纯舒张期及双期高血压的舒张压与 HCT 呈正相关，而三类高血压的收缩压与 HCT 无明显相关性。研究表明，监测高血压患者 HCT 变化对防治有一定临床意义^[8]。

3. 研究方法与发现

Marzieh Emamian 等人的研究对近万名伊朗人进行了 7 年随访，发现高血压患者的 HCT、血红蛋白、白细胞计数等显著升高，而平均红细胞体积和红细胞分布宽度降低。多因素分析显示，血细胞比容是高血压的独立危险因素，可能与血液粘度增加和一氧化氮消耗有关。此外，生化参数如血糖、血脂、炎症因子也与高血压相关^[9]。HCT 升高导致微循环阻力增加，可能通过激活机械敏感离子通道 (如 TRPV4) 促进血管收缩^[5]。这一机制或可解释其与舒张压的相关性。

三、红细胞分布宽度 (RDW) 与高血压的研究进展

1. RDW 的生理意义

红细胞分布宽度 (RDW) 是常规全血细胞计数中反映红细胞体积异质性的参数，传统用于贫血等血液疾病的鉴别诊断。近年来，RDW 被发现与多种心血管疾病 (包括高血压) 相关。众多研究表明，RDW 水平与高血压的严重程度和预后密切相关。高 RDW 可能反映了体内的炎症状态和氧化应激，这些因素在高血压的病理生理中起重要作用。近年研究发现，RDW 与心血管疾病 (CVDs) 的发病、严重程度及预后密切相关，成为新兴的独立预测标志物。

2. RDW 与高血压的关联性

RDW 与高血压患者颈动脉内中膜增厚及脑卒中风险独立相关，非杓型血压患者 RDW 水平更高。机制研究表明，RDW 的升高可能源于微循环障碍、慢性炎症抑制红细胞生成、营养缺乏导致的无效造血，以及红细胞膜胆固醇沉积促进血栓形成等病理过程^[10]。

研究表明红细胞分布宽度 (RDW) 对原发性高血压 (EH) 有预测价值。纳入 300 例 EH 患者及 105 名健康对照，按血压分级分组。结果显示，EH 组 RDW 显著高于对照组，且随分级升高递增。多因素分析表明 RDW 是 EH 独立危险因素 (OR=5.786, $P<0.01$)，ROC 曲线示诊断界值 11.95% (敏感度 83%，特异度 58%)。结论：RDW 与 EH 严重程度相关，可作为预测指标^[11]。

3. 研究方法与发现

红细胞分布宽度 (RDW) 作为反映红细胞大小异质性的指标，近年被视为心血管疾病 (CVDs) 的潜在新型生物标志物。多项研究表明，RDW 升高与心肌梗死、心力衰竭、高血压、缺血性卒中、房颤等多种 CVDs 的发生、严重程

度及不良预后(如全因死亡率、心血管事件风险)显著相关,且独立于传统危险因素(如年龄、吸烟、血脂异常)。其潜在机制包括炎症反应(如 IL-6、TNF- α 升高)、氧化应激、红细胞膜胆固醇沉积导致的变形能力下降、铁代谢异常(如铁调素介导的“网状内皮阻滞”)及红细胞衍生微粒的促血栓/促炎作用等。RDW 升高作为慢性炎症标志物,联合传统指标(如 C 反应蛋白)可优化高血压风险分层,但仍需排除贫血及 B12/叶酸缺乏的混杂影响^[12]。

四、结论

高血压作为严重威胁人类健康的慢性疾病,其患病率高、危害大。深入了解高血压的定义、分类、病因、发病机制、临床表现、诊断及治疗策略,对于提高高血压的防治水平至关重要。通过改善生活方式、合理药物治疗及必要

的手术治疗,大多数高血压患者的血压能够得到有效控制,从而降低心脑血管并发症的发生风险,提高患者生活质量。同时,加强健康教育,倡导健康生活方式,定期体检,控制其他危险因素,对于预防高血压的发生发展具有重要意义。未来,随着医学研究的不断深入,有望在高血压的发病机制研究、新型治疗药物和技术研发等方面取得更多突破,为高血压患者带来更好的治疗前景。HCT 和 RDW 作为血液学参数,在高血压的研究中显示出重要的临床意义。值得注意的是, HCT 与 RDW 可能协同影响高血压病理过程:高 HCT 引发血液黏稠度升高,而高 RDW 通过炎症及氧化应激加剧血管损伤。未来研究需构建多参数模型(整合 HCT、RDW 及炎症因子),以提升高血压并发症的早期预警能力。尽管已有大量研究探讨了其与高血压的关系,但仍存在许多争议和未解之谜。未来的研究应着重于机制探讨和多中心大样本研究,以期对高血压的诊断、预防和治疗提供新的思路和方法。

参考文献:

- [1]Kario K, Okura A, Hoshida S, Mogi M.The WHO Global report 2023 on hypertension warning the emerging hypertension burden in globe and its treatment strategy.Hypertens Res.2024 May; 47 (5): 1099-1102.doi: 10.1038/s41440-024-01622-wIF: 4.3 Q1 .Epub 2024 Mar 5.PMID: 38443614.
- [2]Ibrahim MM, Damasceno A.Hypertension in developing countries.Lancet.2012 Aug 11; 380(9841):611-9.doi: 10.1016/S0140-6736 (12) 60861-7.PMID: 22883510.
- [3]刘明波,何新叶,杨晓红,等.《中国心血管健康与疾病报告 2023》要点解读[J].中国全科医学, 2025, 28 (01): 20-38.DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2024.0293.
- [4]Harrison DG, Coffman TM, Wilcox CS.Pathophysiology of Hypertension: The Mosaic Theory and Beyond.Circ Res.2021 Apr 2; 128 (7): 847-863.doi: 10.1161/CIRCRESAHA.121.318082.Epub 2021 Apr 1.PMID: 33793328; PMCID: PMC8023760.
- [5]Wang X, He B.Endothelial dysfunction: molecular mechanisms and clinical implications.MedComm (2020).2024 Jul 22; 5 (8): e651.doi: 10.1002/mco2.651.PMID: 39040847; PMCID: PMC11261813.
- [6]阮承超,高平进.免疫与炎症参与高血压发生发展的机制探讨[J].中华高血压杂志, 2017, 25 (04): 319-321.DOI: 10.16439/j.cnki.1673-7245.2017.04.005
- [7]Brun JF, Bouchahda C, Chaze D, Benhaddad AA, Micallef JP, Mercier J.The paradox of hematocrit in exercise physiology: which is the "normal" range from an hemorheologist's viewpoint? Clin Hemorheol Microcirc.2000; 22 (4): 287-303.PMID: 11081466
- [8]姚超永,陆勇良,韦广,等.红细胞比容与不同类型高血压相关性的回顾分析[J].深圳中西医结合杂志, 2019, 29 (11): 17-18.DOI: 10.16458/j.cnki.1007-0893.2019.11.008.
- [9]Emamian M, Hasanian SM, Tayefi M, Bijari M, Movahedian Far F, Shafiee M, Avan A, Heidari-Bakavoli A, Moohebat M, Ebrahimi M, Darroudi S, Zamani P, Azarpazhooh MR, Nematy M, Safarian M, Ferns GA, Esmaeili H, Parizadeh MR, Chayour-Mobarhan M.Association of hematocrit with blood pressure and hypertension.J Clin Lab Anal.2017 Nov; 31 (6): e22124.doi: 10.1002/jcla.22124.Epub 2017 Jan 20.PMID: 28105697; PMCID: PMC6816830.
- [10]Engström G, Smith JG, Persson M, Nilsson PM, Melander O, Hedblad B.Red cell distribution width, haemoglobin A1c and incidence of diabetes mellitus.J Intern Med.2014 Aug; 276 (2): 174-83.doi: 10.1111/joim.12188.Epub 2014 Jan 28.PMID: 24471821.
- [11]张岳飞,蒯鹏阳,夏乐,等.红细胞分布宽度对原发性高血压的预测价值[J].中国临床研究, 2023, 36 (01): 81-84.DOI: 10.13429/j.cnki.cjcr.2023.01.016
- [12]Arkew, M., Gemechu, K., Haile, K., & Asmerom, H. (2022). Red Blood Cell Distribution Width as Novel Biomarker in Cardiovascular Diseases: A Literature Review.Journal of Blood Medicine, 13, 413 - 424.https://doi.org/10.2147/JBM.S367660

一作简介:高佳宁,女,2000年9月15日,汉族,籍贯:吉林省吉林市,本科毕业(研究生在读),研究方向:心血管方向。
通讯作者简介:张银花,女,1968年03月14日,韩国首尔国立大学医学院教授博士,兼任延边大学附属医院中心实验室副主任,朝鲜族,籍贯:吉林省延吉市,研究方向:缺血性心肌损伤及保护;高血压代谢与线粒体变化机制,线粒体移植与心血管保护。