

益生菌对血压的影响：一项针对随机对照试验的系统综述 与 meta 分析

赵栩进¹ 王云俊¹ 郭冬娜^{1▲}

¹山西医科大学第一医院急诊医学中心，山西太原 030000

摘要：目的：系统评价益生菌制剂与血压的关系。方法：计算机检索 PubMed（MEDLINE）、Embase、Web of Science、Cochrane Library、中国知网万方数据，搜集包含益生菌制剂与血压关系的随机对照研究，检索时限均从建库至 2026-02-01。由 2 位研究者独立筛选文献、提取资料并评价纳入研究的偏倚风险后，采用 RevMan 5.4.1 软件进行 Meta 分析。结果：共纳入 23 篇文献。Meta 分析结果显示，使用益生菌制剂与对照组相比可显著降低舒张压。亚组分析结果显示，干预时间是否大于等于 8 周可能是异质性来源，而是否为单一菌种、是否为高血压病人不是异质性的影响因素。结论：益生菌干预对控制血压特别是舒张压具有积极作用。受纳入研究数量和质量限制，上述结论尚需开展更多高质量研究予以验证。

关键词：高血压 肠道微生物 益生菌 系统综述

中图分类号：R544.1

The effect of probiotics on blood pressure: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials

Zhao xujin¹ Wang yunjun¹ Guo dongna^{1▲}

¹Emergency Medicine Centre of the First Hospital of Shanxi Medical University,
Taiyuan 030000, Shanxi, China

Abstract: Objective: To systematically review the relationship between probiotic and blood pressure. Methods: The PubMed(MEDLINE), Embase, Web of Science, Cochrane Library, CNKI, WanFang Data were searched to collect randomized controlled trials included the relationship between probiotic and blood pressure, with the search period ranging from database establishment to 2026-02-01. Two researchers independently screened the literature, extracted data, and assessed the risk of bias in the included studies, followed by a Meta-analysis using RevMan 5.4.1 software. Results: A total of 23 articles were included. Meta-analysis results showed that using probiotic preparations can significantly reduce diastolic pressure compared with the control group. Subgroup analysis showed that whether the intervention duration was greater than or equal to 8 weeks might be a source of heterogeneity, while whether it was a single strain or whether it is a hypertensive population are not

通讯作者：郭冬娜，sxtylxj.com@163.com。

a factor affecting heterogeneity. Conclusion: Probiotic intervention has a positive effect on controlling blood pressure, especially diastolic blood pressure. Due to the limitations in the number and quality of included studies, the above conclusions still need to be verified by more high-quality research.

Keywords: Hypertension; Gut microecology; Probiotics; Systematic review

我国高血压病防治形势严峻。据《中国心血管健康与疾病报告 2024》显示，中国人群血压水平呈持续上升趋势，高血压患病率随年龄增长快速升高，而我国高血压住院患者中主要及次要诊断为继发性高血压的占比仅为 2.0%^[1]。这表明，在我国庞大的高血压病人中，有望通过病因治疗获得根治并长期退出高血压队列的患者非常有限，绝大多数患者需要长期接受系统性的高血压综合管理。

随着各国高血压管理指南的相继更新，血压管理应更早、更系统的理念逐渐成为共识，这些指南均提倡将管理期前移到存在高风险因素的正常高值血压人群，提倡从单一血压管理转向心血管-肾脏-代谢综合征框架下的系统管理。肠道微生态与包括高血压病在内的许多疾病的关系近 20 年来逐渐被揭示，发文量逐渐增加，至今仍方兴未艾。越来越多的研究表明，肠道微生态改变与高血压、高血糖、肥胖及心脑血管、肾脏等疾病存在关联^[2-7]，肠道微生态制剂包括益生菌、益生元、合生元及粪菌移植等在控制血压、血糖、体重及心脑血管、肾脏等疾病方面展示出令人振奋的效果^[8-11]。

然而，目前肠道微生态制剂与血压关系的诸多研究其结论并不完全一致，部分研究认为肠道微生态制剂干预可显著降低血压，而另有一些研究则表明肠道微生态制剂对血压无显著影响^[12-35]。目前，距今最近的一项有效的关于益生菌与血压关系系统评价研究^[12]尚为 2014 年发表，且未纳入中文文献，为了整合最新的中外研究成果，系统评价益生菌与血压的关系，对肠道微生态制剂干预血压的临床实践进行一定的理论探索，我们进行了该项研究。

1 资料与方法

本研究遵照 PRISMA 声明进行。

1.1 文献检索策略

两位研究者独立进行文献检索并综合结果。检索数据库包括：PubMed（MEDLINE）、Embase、Web of Science、Cochrane Library、中国知网万方数据，涵盖中、外文研究。检索时间为建库起至 2026-02-01。

检索式：① 英文文献，以 PubMed 为例：(("Gastrointestinal Microbiome"[Mesh] OR "Intest* microb*"[tiab] OR "gut microb*"[tiab] OR "gut flora"[tiab] OR "enteric microb*"[tiab] OR "Probiotics"[Mesh] OR probiotic*[tiab]

OR Lactobacillus[tiab] OR Bifidobacterium[tiab] OR Streptococcus[tiab] OR "Lactic Acid Bacteria"[tiab] OR symbiotics[tiab] OR prebiotic*[tiab] OR synbiotic*[tiab]) AND ("Blood Pressure"[Mesh] OR "Hypertension"[Mesh] OR "Hypotension"[Mesh] OR "blood pressure"[tiab] OR hypertension[tiab] OR hypotensi*[tiab] OR "systolic"[tiab] OR "diastolic"[tiab] OR "arterial pressure"[tiab] OR "BP"[tiab] OR "HTN"[tiab])) NOT (animals[mh] NOT humans[mh]); ②中文文献，以中国知网为例：（主题：益生菌 + 益生元 + 合生元 + 后生元 + 微生态制剂 + 微生态 + 肠道微生态 + 肠道菌群）AND（主题：高血压 + 高血压病）。

1.2 纳入与排除标准

纳入标准：（1）研究设计：人群随机对照试验；（2）研究对象：成年人，无论有无高血压；（3）研究干预：含有活菌的益生菌产品，并描述了哪些益生菌，益生菌定义为在摄入足够量后可能对宿主健康有益的活微生物；（4）研究结局：提供益生菌与血压关系的完整数据，包括均值、标准差；（5）有可访问的完整文献。

排除标准：（1）非随机对照试验类型的前瞻性研究（包括队列研究等）及回顾性研究；（2）动物研究；（3）所用益生菌产品中的益生菌种类未表明，或使用益生元、合生元等制剂；（4）益生菌与血压关系的数据缺失，或仅有图示但未提供具体数值；（5）无可访问的完整文献。

文章的最终纳入需通过两位研究者达成一致。

1.3 数据提取

由两位研究者独立进行数据提取并综合结果。对每项纳入研究提取以下信息：作者、发表年份、国家、研究设计（包括研究类型、盲法、对照）、研究人群（包括人群、年龄范围）、样本量（包括实验组和对照组例数）、干预措施（包括益生菌种、菌落数、制剂、干预时间）、研究前后血压数据（包括收缩压、舒张压的均值及标准差）。

1.4 纳入研究的偏倚风险评价

由两位研究者独立进行偏倚风险评价并综合结果。按照 Cochrane 手册中针对随机对照试验的偏倚风险评价工具，采用 RevMan（Cochrane Review Manager，版本 5.4.1）软件，评估纳入研究的偏倚及质量，包括：随机序列生成、分配隐藏、参与者和受试者盲法实施、结局评估盲法、结果数据完整性、选择性报告及其它偏倚等。每项研究均被评为低、高或不明确偏倚风险。

1.5 数据合并与统计学分析

使用 RevMan 5.4.1 软件进行。血压为连续性变量，以均值±标准差表示。益生菌对血压的影响定义为干预结束后干预组与对照组之间的血压的加权平均

值的差异。以 I^2 统计量检验纳入研究间的异质性，以 $I^2 > 50\%$ 、 $P < 0.10$ 为具有显著异质性。文献无显著异质性时采用固定效应模型进行合并，存在显著异质性时采用随机效应模型进行合并。以 $P < 0.05$ 为具有统计学差异。此外，还进行亚组分析，以探讨异质性的潜在来源。采用逐一剔除法进行敏感性分析判定结果的稳定性。发表偏倚的评估使用漏斗图进行。

2 结果

2.1 文献检索结果

英文文献共检索出 5431 篇，按纳排标准筛选，最终纳入文献 22 篇。其中 Kawase 等人的研究中仅报告了收缩压数据，因此该篇研究仅参与收缩压的系统评价，舒张压系统评价的英文纳入文献数量为 21 篇。中文文献共检索出 958 篇，按纳排标准筛选，最终纳入文献 1 篇。共计纳入文献 23 篇^[13-35]。详见图 1。

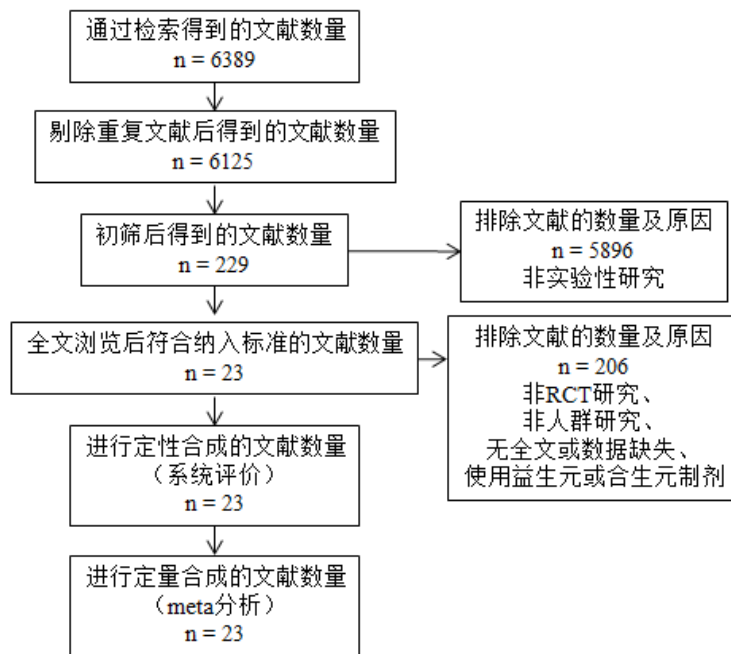


图 1 文献筛选流程图

2.2 纳入研究的基本特征

全部为随机对照研究。研究人群涉及健康人、代谢综合征患者（高血压、高血糖、高血脂、肥胖）（单病或合并）等。发表年份为 2000 - 2025 年。共纳入了 1764 例受试者，其中实验组 906 例，对照组 858 例。详见表 1。

表 1 纳入研究的基本特征

纳入研究	研究设计	研究人群 < 人群、年	干预措施 < 菌种、菌落数	对照	干预组血压	对照组血压
------	------	----------------	------------------	----	-------	-------

< 作者、 年份、 国家 >	< 盲法、 对照 类型 >	龄、样本量 (实验组/ 对照组) >	(CFU)、制剂、 时间 >	措施	收缩压 ($\bar{x}\pm s$) mmHg	舒张压 ($\bar{x}\pm s$) mmHg	收缩压 ($\bar{x}\pm s$) mmHg	舒张压 ($\bar{x}\pm s$) mmHg
Kawase 等 2000 日本	单盲 相互对照	高胆固醇血症 30-51岁 20 (10/10)	干酪乳杆菌 (6.1×10^8) 嗜热链球菌 (2.6×10^7) 酸奶 8周	安慰剂	117 \pm 5	无数据	123 \pm 8	无数据
Naruszewicz 等 2002 瑞典	双盲 相互对照	健康吸烟者 35-45岁 36 (18/18)	植物乳杆菌 (5×10^7) 饮品 4周	安慰剂	124 \pm 16	84 \pm 16	126 \pm 16	85 \pm 15
Seppo 等 2003 芬兰	双盲 相互对照	高血压 30-61 39 (22/17)	瑞士乳杆菌 菌落数未注 发酵乳 21周	安慰剂	136.6 \pm 1.9	86.7 \pm 1.1	139.6 \pm 3.2	89.5 \pm 1.8
Mizushima 等 2004 日本	单盲 相互对照	临界高血压 23-59岁 42 (22/20)	瑞士乳杆菌 酿酒酵母 菌落数未注 酸奶 4周	安慰剂	142.5 \pm 8.1	92.4 \pm 8.6	140.6 \pm 9	90.7 \pm 9.1
Tuomilehto 等 2004 芬兰	单盲 相互对照	高血压 年龄未表 39 (17/22)	瑞士乳杆菌 菌落数未注 发酵乳 5周	安慰剂	134.4 \pm 16.3	82.3 \pm 8.2	140.5 \pm 12.6	86.8 \pm 7.3
Savard 等 2011 加拿大	双盲 相互对照	健康人 18-54岁 38 (20/18)	动物双歧杆菌 乳亚种 嗜酸乳杆菌 (1×10^9) 酸奶 4周 嗜热链球菌 (3×10^9)	安慰剂	102.1 \pm 10.3	69.3 \pm 6.1	103 \pm 8.4	70.3 \pm 6.5
Chang 等 2011 韩国	双盲 相互对照	健康人 20-65岁 101 (53/48)	嗜酸乳杆菌 (3×10^9) 婴儿双歧杆菌 (1×10^{10}) 酸奶 8周	安慰剂	109.19 \pm 9.22	70.39 \pm 8.41	110.88 \pm 10.91	71.23 \pm 10.05
Jones 等 2012 捷克	双盲 相互对照	高低密度 脂蛋白血症 20-75岁 124 (62/62)	罗伊特氏乳杆菌 (2.9×10^9) 胶囊 9周	安慰剂	130.74 \pm 11.84	77.15 \pm 4.57	129.69 \pm 11.41	77.89 \pm 5.16
Sharafedinov 等 2013 俄罗斯	双盲 相互对照	代谢综合征 30-69岁 36 (25/11)	植物乳杆菌 (7.5×10^{12}) 奶酪 3周	安慰剂	121.8 \pm 1.5	78.4 \pm 0.9	120 \pm 1.8	78.6 \pm 1
Mahboobi 等 2014 伊朗	双盲 相互对照	糖尿病前期 25-65岁 55 (28/27)	干酪乳杆菌 (7×10^9) 嗜酸乳杆菌 (2×10^9) 鼠李糖乳杆菌 (1.5×10^9) 保加利亚乳杆菌 (2×10^8) 短双歧杆菌 (2×10^{10}) 长双歧杆菌 (7×10^9)	安慰剂	83.55 \pm 2.03	55.5 \pm 1.35	86.85 \pm 1.13	57.6 \pm 1.13

			嗜热链球菌 (1.5×10^{10}) 胶囊 8周						
Ivey 等 2015 澳大利亚	双盲 相互对照	超重 ≥55岁 156 (79/77)	动物双歧杆菌 乳亚种 嗜酸乳杆菌 (3×10^9) 胶囊 6周	安慰剂	130 ± 1	75 ± 1	129 ± 1	74 ± 1	
Hariri 等 2015 伊朗	双盲 相互对照	2型糖尿病 35-68岁 40 (20/20)	植物乳杆菌 (2×10^7) 豆浆 8周	安慰剂	97.88± 1.2	68.25± 7.5	108 ± 1.72	78.75± 0.9	
Hove 等 2015 丹麦	双盲 相互对照	2型糖尿病 40-70岁 41 (23/18)	瑞士乳杆菌 菌落数未注 酸奶 12周	安慰剂	133 ± 14	67 ± 5	140 ± 16	69 ± 6	
Firouzi 等 2017 马来西亚	双盲 相互对照	糖尿病 30-70岁 101 (48/53)	嗜酸乳杆菌 干酪乳杆菌 乳酸乳球菌 两歧双歧杆菌 长双歧杆菌 婴儿双歧杆菌 (3×10^{10}) 颗粒 12周	安慰剂	131.4± 15.2	77.9 ± 10.8	128.5± 12.9	77.5 ± 9	
Moller 等 2017 美国	双盲 相互对照	健康人 18-23岁 105 (57/48)	嗜热链球菌 嗜酸乳杆菌 植物乳杆菌 副干酪乳酪杆菌 保加利亚乳杆菌 长双歧杆菌 婴儿双歧杆菌 短双歧杆菌 (1.125×10^{11}) 胶囊 2周	安慰剂	116.05 ±13.07	69.62± 6.66	114.5± 14.5	69.87± 5.4	
Szulinska 等 2018 波兰	双盲 相互对照	肥胖绝经 女性 45-70岁 47 (23/24)	两歧双歧杆菌 乳双歧杆菌 嗜酸乳杆菌 短乳杆菌 干酪乳杆菌 乳酸乳球菌 (2.5×10^9) 冻干粉 12周	安慰剂	121.4± 3	71 ± 2.2	120 ± 2.7	71.8 ± 1.5	
Ibrahim 等 2018 马来西亚	相互对照	健康人 年龄未表 20 (10/10)	嗜酸乳杆菌 乳酸乳球菌 干酪乳杆菌 长双歧杆菌 两歧双歧杆菌 婴儿双歧杆菌 (3×10^{10}) 颗粒 12周	安慰剂	131.4± 9.41	79.36± 7.42	131.52 ±12.31	81.88± 7.2	
Barthow 等	双盲 相互对照	糖尿病前期 18-80岁	鼠李糖乳杆菌 (6×10^9)	安慰剂	137.7± 17.9	81.1 ±	133.1± 15.8	78.4 ±	

2022 新西兰		138 (70/68)	胶囊 24 周	剂		9.9		11.1
Bellikci-Koyu 等 2022 土耳其	双盲 相互对照	代谢综合征 18-65 岁 62 (31/31)	乳酸杆菌属 明串珠菌属 乳球菌属 (1×10^6) Kefir (传统酒精发酵乳饮料) 12 周	安慰剂	120 \pm 15.9	79.5 \pm 10.3	123 \pm 15.1	81.5 \pm 9.8
李守刚等 2023 中国	相互对照	高血压伴 肥胖 33-78 岁 400 (200/200)	双歧杆菌属 乳酸杆菌属 肠球菌属 (1×10^6) 胶囊 8 周	非安慰剂	122.76 \pm 8.19	80.22 \pm 5.42	129.89 \pm 8.43	84.88 \pm 6.35
Gawlik-Kotelnic ka 等 2023 波兰	双盲 相互对照	伴代谢综合征的成年抑郁症患者 年龄未表 48 (26/22)	瑞士乳杆菌 长双歧杆菌 (3×10^9) 胶囊 60 天	安慰剂	124.5 \pm 20.86	85.17 \pm 13	133.67 \pm 14	86.67 \pm 10.93
Lee 等 2025 中国	双盲 相互对照	健康人 65-85 岁 66 (33/33)	副干酪乳酪杆菌 (2×10^{10}) 胶囊 12 周	安慰剂	136.1 \pm 19.1	76.5 \pm 11.8	134.9 \pm 17.5	77 \pm 11
Oslowiec ka 等 2025 波兰	双盲 相互对照	桥本甲状腺炎 年龄未表 64 (32/32)	植物乳杆菌 (1×10^{10}) 胶囊 12 周	安慰剂	121.1 \pm 14.42	71 \pm 8.29	117.5 \pm 14.24	68.9 \pm 11.26

2.3 偏倚风险评价结果

13 项研究描述了具体的随机序列方法；6 项研究描述了具体的分配隐藏方法；18 项研究报告了双盲设计，3 项研究报告了单盲设计，2 项研究未报告盲法，18 项研究报告了治疗分配和结局测量的盲法；22 项研究报告了干预制剂与安慰剂产品之间的相似性；1 项研究未进行安慰剂对照；22 项研究报告了失访或退出人数。6 项纳入研究被认为偏倚风险较低，11 项研究偏倚风险不明，6 项偏倚风险较高。这些研究存在高偏倚风险的原因是，它们未进行设盲、分配隐藏、未对结局指标进行盲法评估等。研究偏倚风险不明的原因是，它们未能充分描述随机序列生成、分配隐藏等。详见图 2。

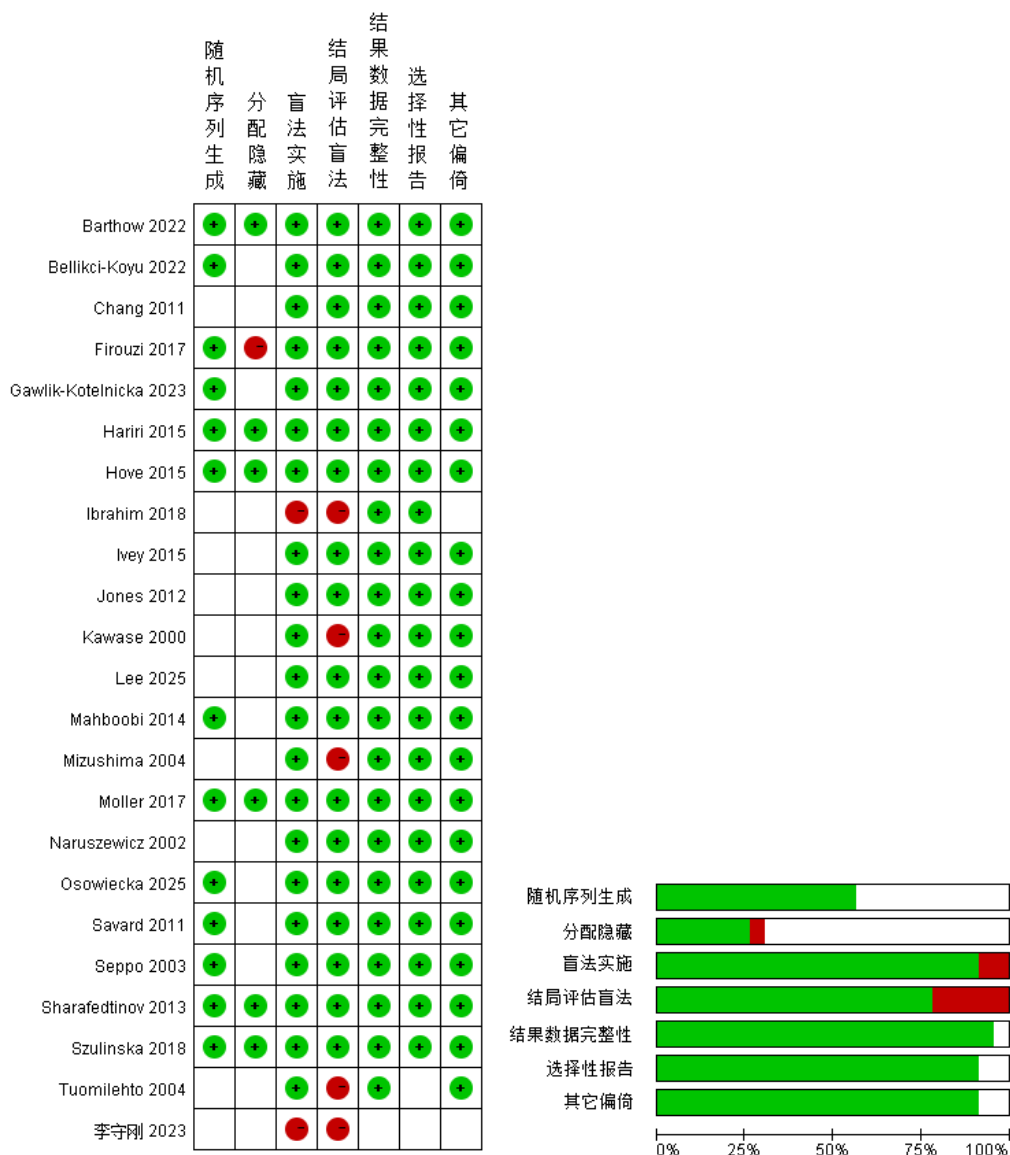


图2 偏倚风险评价

2.4 Meta 分析结果

2.4.1 益生菌制剂对收缩压的影响

综合 23 项研究数据，异质性检验 $I^2 > 50\%$ 、 $P < 0.10$ ，存在异质性，采用随机效应模型，合并统计量 $Z = 1.44$ ， $P = 0.15 > 0.05$ ，表明使用益生菌制剂与对照组相比对收缩压的影响不具有统计学差异，95%置信区间为[-3.87, 0.59]。详见图 3。

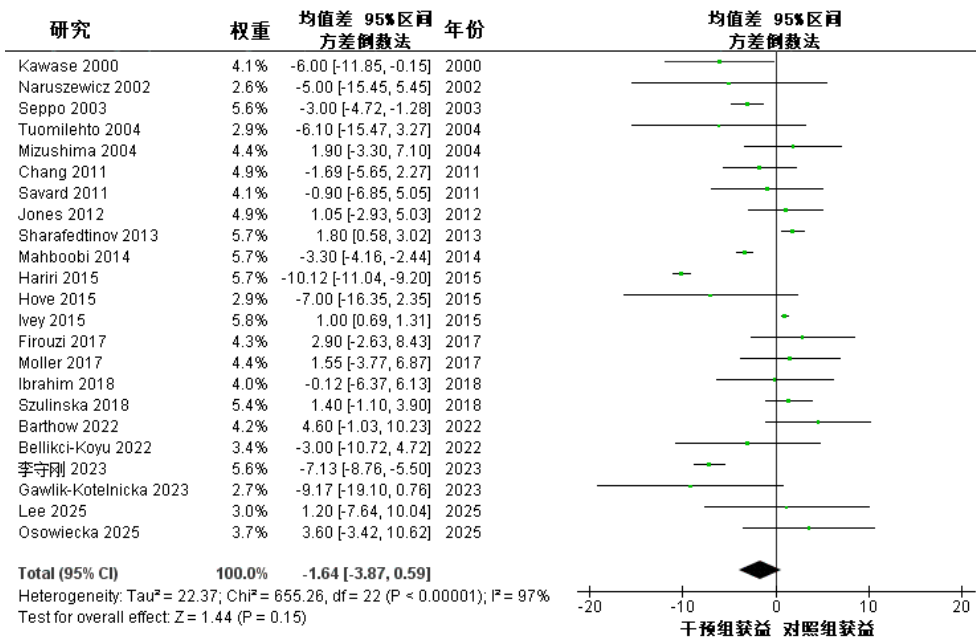


图3 益生菌制剂对收缩压的影响

2.4.2 益生菌制剂对舒张压的影响

综合 22 项研究数据，异质性检验 $I^2 > 50\%$ 、 $P < 0.10$ ，存在异质性，采用随机效应模型，合并统计量 $Z = 2.53$ ， $P = 0.01 < 0.05$ ，表明使用益生菌制剂与对照组相比对舒张压的影响具有统计学差异，可显著降低舒张压，95%置信区间为[-2.57, -0.32]。详见图 4。

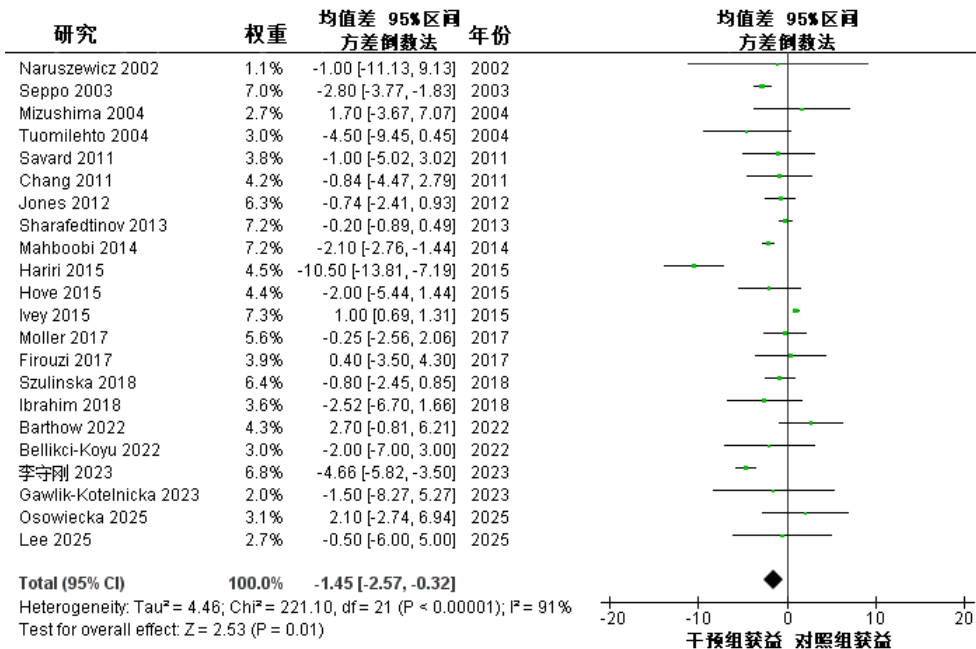


图4 益生菌制剂对舒张压的影响

2.5 异质性分析

为了探究纳入文献的异质性来源，进行了亚组分析。以干预时间是否超过 8 周、益生菌是否为单一菌种、研究人群是否为高血压病分别作为分组依据。

10.12201/bmr.202606.00014V1

2.5.1 益生菌制剂干预时间对血压的影响

干预时间≥8周组，舒张压显著降低，收缩压变化无统计学差异。干预时间<8周组，舒张压、收缩压均无显著差异。详见图5、6。

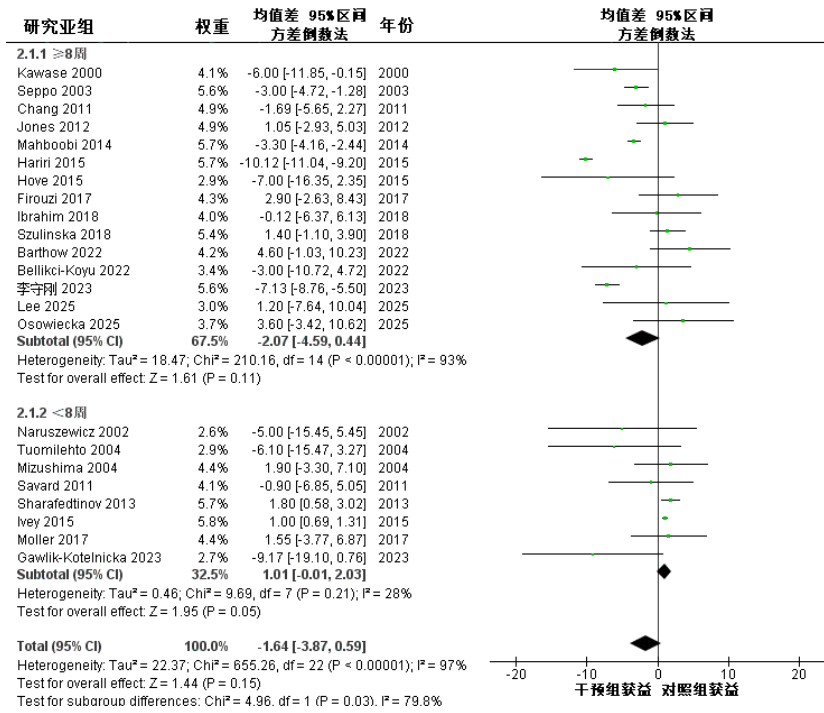


图5 益生菌制剂干预时间对收缩压的影响

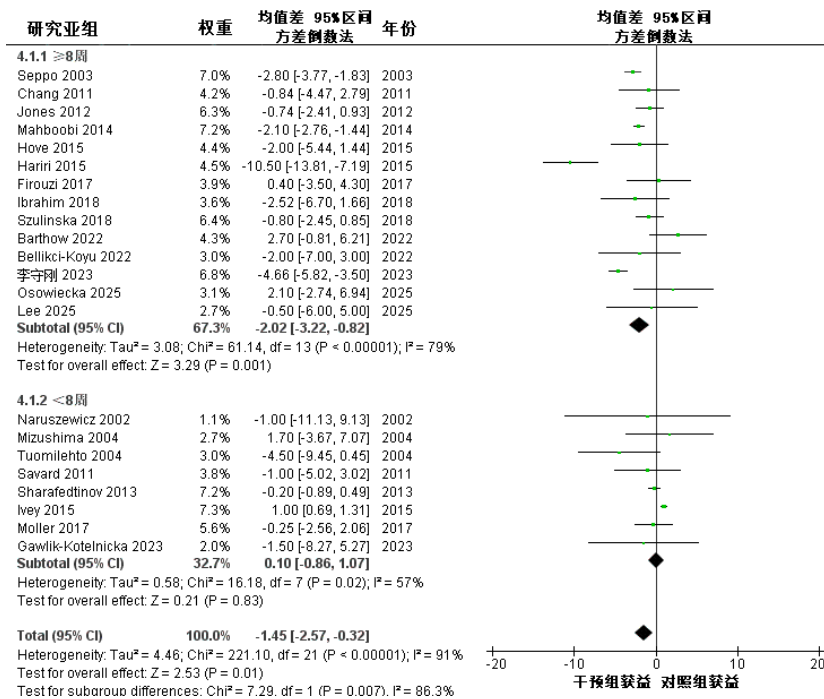


图6 益生菌制剂干预时间对舒张压的影响

2.5.2 单一菌种或联合菌种干预对血压的影响

无论使用单一菌种还是联合菌种干预，干预组与对照组的收缩压及舒张压均无统计学差异。详见图7、8。

10.12201/bmr.202606.00014V1

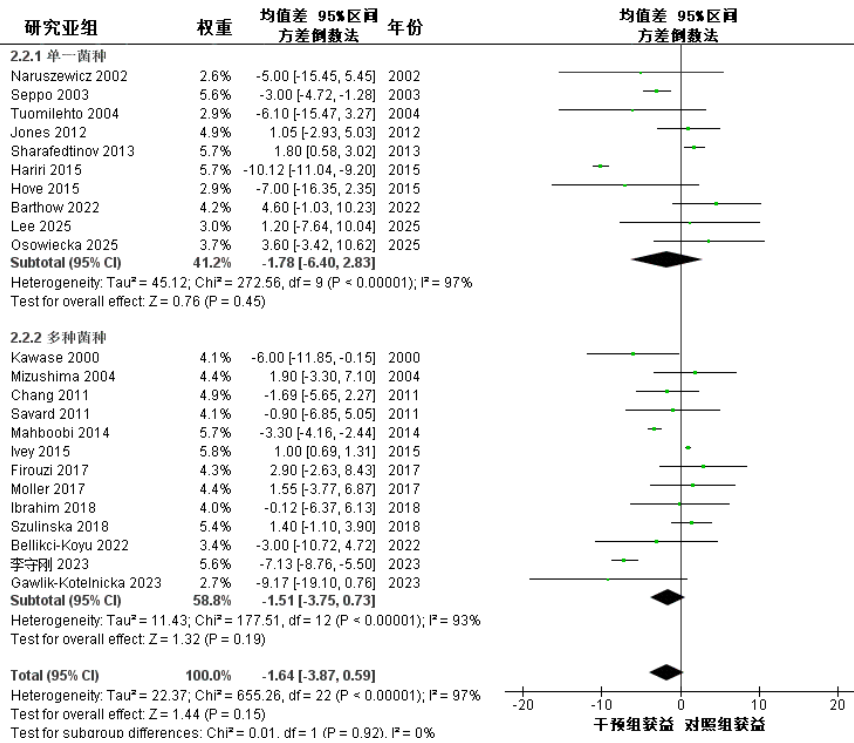


图 7 单一菌种或联合菌种干预对收缩压的影响

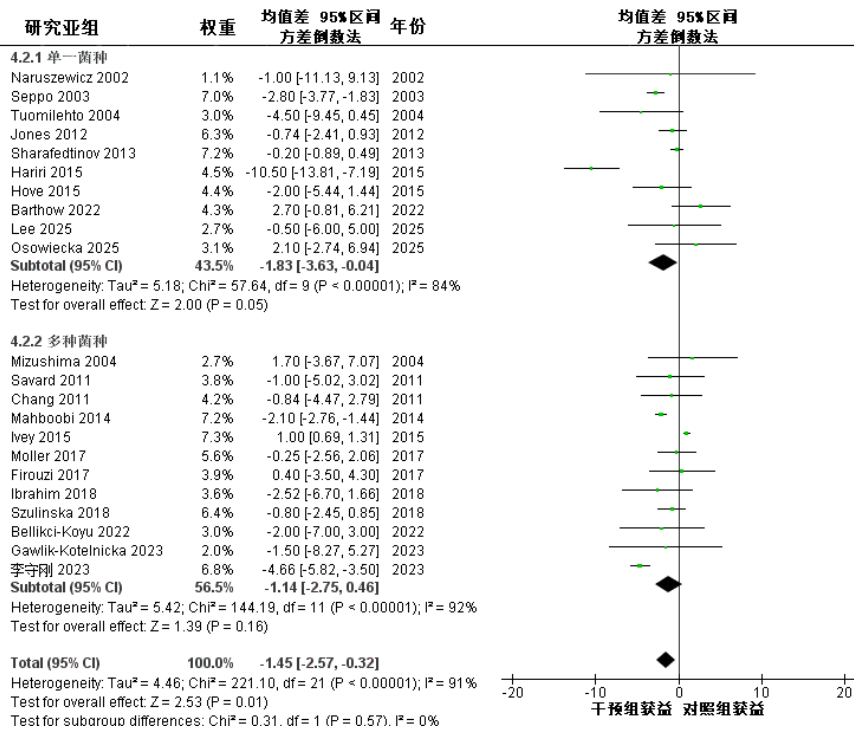


图 8 单一菌种或联合菌种干预对舒张压的影响

2.5.3 益生菌制剂干预对高血压病及非高血压病人群血压的影响

无论益生菌干预对象是否为高血压病人群，干预组与对照组的收缩压及舒张压均无统计学差异。详见图 9、10。

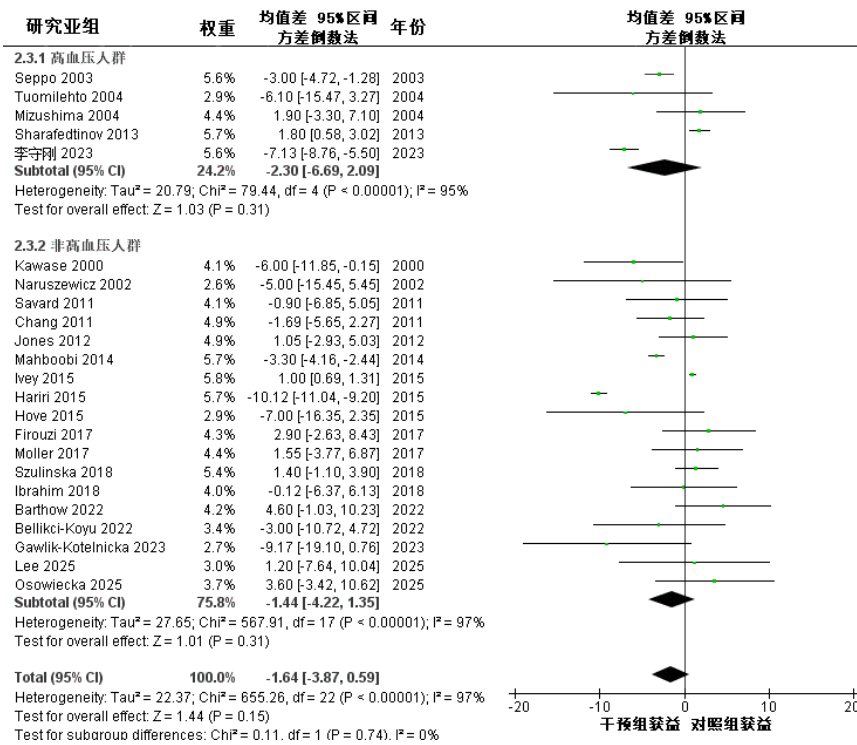


图 9 益生菌制剂干预对高血压病及非高血压病人群收缩压的影响

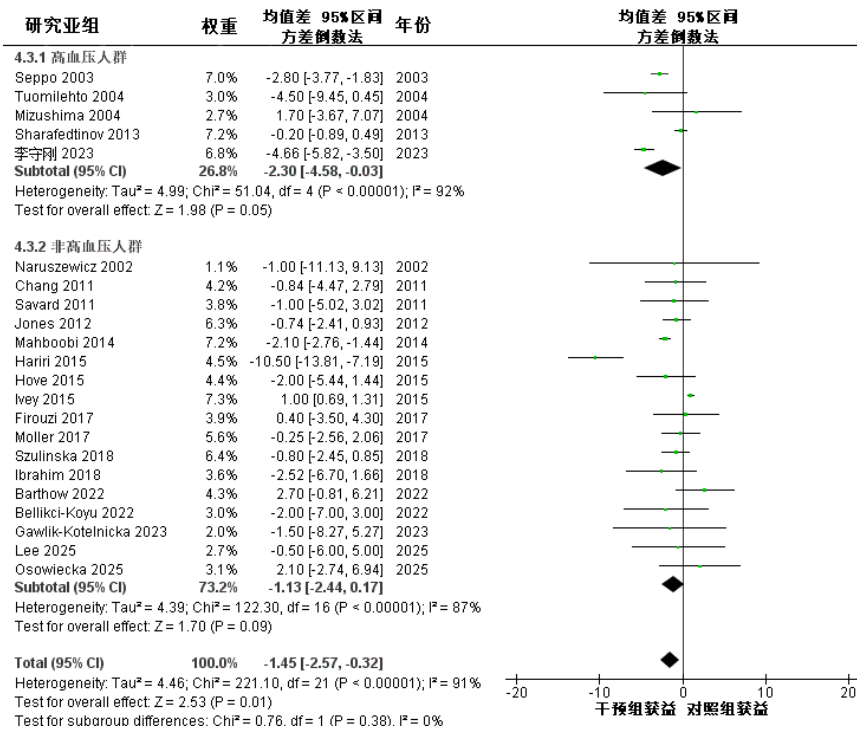


图 10 益生菌制剂干预对高血压病及非高血压病人群舒张压的影响

2.6 敏感性分析

采用逐一剔除法进行敏感性检验，结果显示剔除单个研究后，结果未发生方向性改变，提示本研究结果具有一定的稳定性。

2.7 发表偏倚

通过绘制漏斗图进行发表偏倚评估，结果显示各研究点左右分布基本对称，

表明纳入研究存在发表偏倚的可能性不大。详见图 11、12。

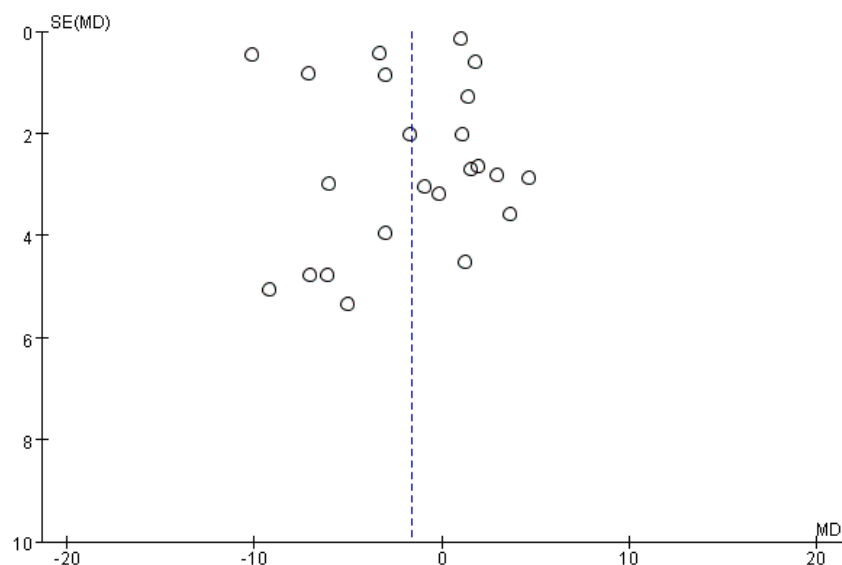


图 11 收缩压纳入文献发表偏倚漏斗图

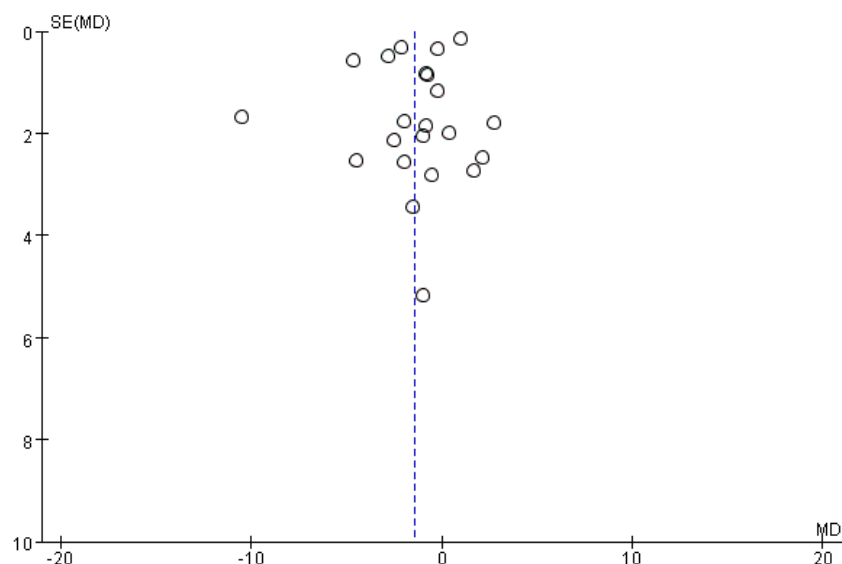


图 12 舒张压纳入文献发表偏倚漏斗图

3 讨论

笔者在之前的文章中^[36]已综述了高血压个体在肠道微生物群及分子水平、肠道生理结构及功能等方面的改变，目前最主流的观点认为产短链脂肪酸细菌减少是最重要的改变之一。短链脂肪酸对血压的影响尚不完全清晰，包括但不限于：可通过激活血管 GPR 受体，抑制 cAMP 生成，增加细胞内钙离子水平，促进血管平滑肌松弛，亦可促进 NO 通路，促进血管舒张；可通过脑-肠轴机制，上调迷走神经活动、抑制交感神经活动，从而降低血压；可抑制炎症因子表达，减轻炎症反应，改善血管内皮功能等，补充益生菌特别是产短链脂肪酸菌可能通过以上机制发挥对血压的有益影响^[37-38]。但截至目前，尚未有高效且稳定的

微生物制剂投入到临床高血压防治领域，甚至肠道微生物制剂对血压是否存在足够有益影响仍存争议。本研究通过对多年来包含益生菌与血压关系的诸多研究的系统评价，尝试探究其定性关系，结果表明，益生菌制剂对降低血压特别是舒张压具有积极作用。

在干预时间上，我们的研究显示，使用益生菌制剂的时间越长（如超过 8 周），越容易显示出这种积极作用，表明干预时间很可能是纳入研究异质性的来源或重要来源之一，这与 Khalesi^[12]等人的研究结果是一致的。已有诸多研究表明，益生菌在肠道、阴道等的稳态定植需要数周甚至数月时间，益生菌制剂起效具有显著的“延迟效应”^[39-40]。在益生菌制剂的菌种数量上，我们的研究表明，即使联合使用多种益生菌，亦不具有相较于单一菌种更为有益的影响，这与 Kesavelu^[41]等人的研究结果是一致的，Ouwehand^[42]等人甚至认为不同菌株间可能存在拮抗作用从而降低效率。这提示，筛选真正发挥益生作用的某种菌种，并围绕其开发放大其益生作用的益生元、合生元制剂，相较于粗略地联合多种益生菌，可能是更有前景的方向^[43-44]。在针对的人群上，我们的研究表明，是否是高血压病人不是异质性来源，Zhao^[45]等人的研究也表明，使用益生菌制剂后，高血压患者与正常血压受试者的血压变化无统计学差异。虽然在收缩压的系统评价中未显示出统计学意义，但其统计量 Z 值 95% 置信区间[-3.87, 0.59]绝大部分落在支持益生菌具有有益效应的区间，在亚组分析中，大于等于 8 周组的统计量 Z 值 95% 置信区间为[-4.59, 0.44]，倾向有益的趋势更为明显。而收缩压系统评价这种阴性结果恰恰也表明，距离在高血压控制领域筛选出稳定有效的肠道微生物制剂的目标前还有很长的一段路程。然而不可否认的是，这仍然是一个充满希望的方向。

本研究尚存在一定的局限性，如：部分纳入研究的病例数较少，可能降低统计效能；部分纳入研究未设置安慰剂对照，存在潜在的偏倚风险；时间维度不足，缺乏益生菌长期干预的效果观察。未来研究应注意纳入更多多中心、大样本量、高质量研究，增强结果的稳健性。

综上所述，本研究与 Khalesi^[12]、Shremo^[43]、Lin^[44]等人针对益生菌、益生元、粪菌移植等肠道微生物干预方法对血压影响的系统评价共同表明，肠道微生物干预对控制血压具有积极作用。但受限于纳入研究的数量和质量，尚需更多高质量研究予以验证。

参考文献:

- [1] 刘明波, 何新叶, 杨晓红, 等. 《中国心血管健康与疾病报告 2024》高血压章节要点解读[J]. 中华高血压杂志 (中英文), 2025, 33(12): 1138-1141.
- [2] TAYLOR WR, TAKEMIYA K. Hypertension opens the flood gates to the gut microbiota[J]. *Circ Res*, 2017, 120(2): 249-251.
- [3] KATSI V, DIDAGELOS M, SKEVOFILAX S, et al. GUT microbiome-GUT dysbiosis-arterial hypertension: new horizons[J]. *Curr Hypertens Rev*, 2019, 15(1): 40-46.
- [4] JAMA HA, KAYE DM, MARQUES FZ. The gut microbiota and blood pressure in experimental models[J]. *Curr Opin Nephrol Hypertens*, 2019, 28(2): 97-104.
- [5] YANG T, SANTISTEBAN MM, RODRIGUEZ V, et al. Gut dysbiosis is linked to hypertension[J]. *Hypertension*, 2015, 65(6): 1331-1340.
- [6] MILLION M, MARANINCHI M, HENRY M, et al. Obesity-associated gut microbiota is enriched in *Lactobacillus reuteri* and depleted in *Bifidobacterium animalis* and *Methanobrevibacter smithii*[J]. *Int J Obes (Lond)*, 2012, 36(6): 817-825.
- [7] FURUSAWA Y, OBATA Y, FUKUDA S, et al. Commensal microbe-derived butyrate induces the differentiation of colonic regulatory T cells[J]. *Nature*, 2013, 504(7480): 446-450.
- [8] QI Y, KIM S, RICHARDS EM, et al. Gut microbiota: potential for a unifying hypothesis for prevention and treatment of hypertension[J]. *Circ Res*, 2017, 120(11): 1724-1726.
- [9] GOMEZ-GUZMAN M, TORAL M, ROMERO M, et al. Antihypertensive effects of probiotics *Lactobacillus* strains in spontaneously hypertensive rats[J]. *Mol Nutr Food Res*, 2015, 59(11): 2326-2336.
- [10] SEEKATZ AM, AAS J, GESSERT CE, et al. Recovery of the gut microbiome following fecal microbiota transplantation[J]. *mBio*, 2014, 5(3): e00893-14.
- [11] MARQUES FZ, NELSON E, CHU PY, et al. High-fiber diet and acetate supplementation change the gut microbiota and prevent the development of hypertension and heart failure in hypertensive mice[J]. *Circulation*, 2017, 135(10): 964-977.
- [12] KHALESI S, SUN J, BUYS N, et al. Effect of probiotics on blood pressure: a systematic review and meta-analysis of randomized, controlled trials[J]. *Hypertension*, 2014, 64(4): 897-903.
- [13] CHANG BJ, PARK SU, JANG YS, et al. Effect of functional yogurt NY-YP901 in improving the trait of metabolic syndrome[J]. *Eur J Clin Nutr*, 2011, 65(11): 1250-1255.
- [14] HARIRI M, SALEHI R, FEIZI A, et al. The effect of probiotic soy milk and soy milk on anthropometric measures and blood pressure in patients with type II diabetes mellitus: a randomized double-blind clinical trial[J]. *ARYA Atheroscler*, 2015, 11(Suppl 1): 74-80.
- [15] HOVE KD, BRØNS C, FAERCH K, et al. Effects of 12 weeks of treatment with fermented milk on blood pressure, glucose metabolism and markers of cardiovascular risk in patients with type 2 diabetes: a randomised double-blind placebo-controlled study[J]. *Eur J Endocrinol*, 2015, 172(1): 11-20.
- [16] IVEY KL, HODGSON JM, KERR DA, et al. The effect of yoghurt and its probiotics on blood pressure and serum lipid profile; a randomised controlled trial[J]. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 2015, 25(1): 46-51.
- [17] JONES ML, MARTONI CJ, PARENT M, et al. Evaluation of clinical safety and tolerance of a *Lactobacillus reuteri* NCIMB 30242 supplement capsule: a randomized control trial[J]. *Regul Toxicol Pharmacol*, 2012, 63(2): 313-320.

- [18] KAWASE M, HASHIMOTO H, HOSODA M, et al. Effect of administration of fermented milk containing whey protein concentrate to rats and healthy men on serum lipids and blood pressure[J]. *J Dairy Sci*, 2000, 83(2): 255-263.
- [19] MIZUSHIMA S, OHSHIGE K, WATANABE J, et al. Randomized controlled trial of sour milk on blood pressure in borderline hypertensive men[J]. *Am J Hypertens*, 2004, 17(8): 701-706.
- [20] MAHBOOBI S, IRAJ B, MAGHSOUDI Z, et al. The effects of probiotic supplementation on markers of blood lipids, and blood pressure in patients with prediabetes: a randomized clinical trial[J]. *Int J Prev Med*, 2014, 5(10): 1239-1246.
- [21] NARUSZEWICZ M, JOHANSSON ML, ZAPOLSKA-DOWNAR D, et al. Effect of *Lactobacillus plantarum* 299v on cardiovascular disease risk factors in smokers[J]. *Am J Clin Nutr*, 2002, 76(6): 1249-1255.
- [22] SAVARD P, LAMARCHE B, PARADIS ME, et al. Impact of *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12 and *Lactobacillus acidophilus* LA-5-containing yoghurt, on fecal bacterial counts of healthy adults[J]. *Int J Food Microbiol*, 2011, 149(1): 50-57.
- [23] SEPO L, JAUHAINEN T, POUSSA T, et al. A fermented milk high in bioactive peptides has a blood pressure-lowering effect in hypertensive subjects[J]. *Am J Clin Nutr*, 2003, 77(2): 326-330.
- [24] SHARAFEDTINOV KK, PLOTNIKOVA OA, ALEXEEVA RI, et al. Hypocaloric diet supplemented with probiotic cheese improves body mass index and blood pressure indices of obese hypertensive patients: a randomized double-blind placebo-controlled pilot study[J]. *Nutr J*, 2013, 12: 138.
- [25] TUOMILEHTO J, JAUHAINEN T, KORPELA R, et al. Effect of ingesting sour milk fermented using *Lactobacillus helveticus* bacteria producing tripeptides on blood pressure in subjects with mild hypertension[J]. *J Hum Hypertens*, 2004, 18(11): 795-802.
- [26] SZULINSKA M, LOMPRZY I, KREGIELSKA-NAROZNA M, et al. Multispecies probiotic supplementation favorably affects vascular function and reduces arterial stiffness in obese postmenopausal women: a 12-week placebo-controlled and randomized clinical study[J]. *Nutrients*, 2018, 10(11): 1672.
- [27] MOLLER CM, BAGER SL, DAMBORG P, et al. Influence of acute multispecies and multistrain probiotic supplementation on cardiovascular function and reactivity to psychological stress in young adults: a double-blind, randomized, placebo-controlled trial[J]. *Psychosom Med*, 2017, 79(8): 914-919.
- [28] BARTHOW C, WICKENS K, STANLEY T, et al. A randomised controlled trial of a probiotic and a prebiotic examining metabolic and mental health outcomes in adults with pre-diabetes[J]. *BMJ Open*, 2022, 12(3): e055214.
- [29] BELLIKCI-KOYU E, SARER-YUREKLI BP, AKYON Y, et al. Probiotic kefir consumption improves serum apolipoprotein A1 levels in metabolic syndrome patients: a randomized controlled clinical trial[J]. *Nutr Res*, 2022, 102: 59-70.
- [30] FIROUZI S, MOHD-YUSOF BN, MAJID HA, et al. Effect of multi-strain probiotics (multi-strain microbial cell preparation) on glycemic control and other diabetes-related outcomes in people with type 2 diabetes: a randomized controlled trial[J]. *Eur J Nutr*, 2017, 56(4): 1535-1550.
- [31] IBRAHIM NS, MUHAMAD AS, OOI FK, et al. The effects of combined probiotic ingestion and circuit training on muscular strength and power and cytokine responses in young males[J]. *Appl Physiol Nutr Metab*, 2018, 43(2): 180-186.
- [32] GAWLIK-KOTELNICKA O, MARGULSKA A, SZYNKIEWICZ J, et al. PRO-DEMET randomized controlled trial on probiotics in depression: pilot study results[J]. *Nutrients*, 2023, 15(6): 1400.

- [33] LEE M, LIN HC, TSAI SY, et al. Enhancement of lower limb muscle strength and reduction of inflammation in the elderly: a randomized, double-blind clinical trial comparing *Lactacaseibacillus paracasei* PS23 probiotic with heat-treated supplementation[J]. *Nutrients*, 2025, 17(3): 463.
- [34] OSOWIECKA K, SKRYPNIK D, MYSZKOWSKA-RYCIAK J. Probiotic supplementation enhances the effects of a nutritional intervention on quality of life in women with Hashimoto's thyroiditis: a double-blind randomised study[J]. *Nutrients*, 2025, 17(21): 3387.
- [35] 李守刚, 于丹丹, 赵璐. 厄贝沙坦片联合益生菌对高血压伴肥胖患者的疗效及对肠道菌群的调控作用[J]. *中国微生态学杂志*, 2023, 35(9): 1050-1053.
- [36] 赵栩进, 李海文, 杨志明. 高血压早期识别干预的肠道微生态学思路研究进展[J]. *中国循证心血管医学杂志*, 2023, 15(3): 379-381.
- [37] KIM S, GOEL R, KUMAR A, et al. Imbalance of gut microbiome and intestinal epithelial barrier dysfunction in patients with high blood pressure[J]. *Clin Sci (Lond)*, 2018, 132(6): 701-718.
- [38] HUART J, LEENDERS J, TAMINIAU B, et al. Gut microbiota and fecal levels of short-chain fatty acids differ upon 24-hour blood pressure levels in men[J]. *Hypertension*, 2019, 74(4): 1005-1013.
- [39] CHARBONNEAU D, GIBB RD, QUIGLEY EM. Fecal excretion of *Bifidobacterium infantis* 35624 and changes in fecal microbiota after eight weeks of oral supplementation with encapsulated probiotic[J]. *Gut Microbes*, 2013, 4(3): 201-211.
- [40] STRUS M, CHMIELARCZYK A, KOCHAN P, et al. Studies on the effects of probiotic *Lactobacillus* mixture given orally on vaginal and rectal colonization and on parameters of vaginal health in women with intermediate vaginal flora[J]. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*, 2012, 163(2): 210-215.
- [41] KESAVELU D SR, YADAV KRISHNAMURTY A, A P. Single strain vs multiple strain probiotics: the clinician's choice[J]. *Cureus*, 2025, 17(6): e86353.
- [42] OUWEHAND AC, INVERNICI MM, FURLANETO FAC, et al. Effectiveness of multi-strain versus single-strain probiotics: current status and recommendations for the future[J]. *Messori MR. J Clin Gastroenterol*, 2018,52: 35-40.
- [43] SHREMO MSDI A, WANG EM, GAREY KW. Prebiotics improve blood pressure control by modulating gut microbiome composition and function: a systematic review and meta-analysis[J]. *Nutrients*, 2025, 17(15): 2502.
- [44] LIN L, WANG F, ZHANG Y, et al. Effects of fecal microbiota transfer on blood pressure in animal models: a systematic review and meta-analysis[J]. *PLoS One*, 2024, 19(4): e0300869.
- [45] ZHAO TX, ZHANG L, ZHOU N, et al. Long-term use of probiotics for the management of office and ambulatory blood pressure: A systematic review and meta-analysis of randomized, controlled trials[J]. *Food Sci Nutr*, 2022, 11(1): 101-113.

第一作者简介:

赵栩进，男，1996年5月生，籍贯山西省襄垣县，毕业于山西医科大学，硕士研究生，专业为内科学，工作于山西医科大学第一医院急诊医学中心，医师，研究方向为肠道微生态与心血管疾病，发表论文2篇。