

国际糖尿病有氧运动研究主题动态演化分析

——基于SciMAT的文献计量学研究

付祥昊¹, 胡子木², 袁文蓉², 李 键^{2*}

¹安徽医科大学第二临床医学院, 安徽 合肥

²安徽医科大学第一附属医院康复医学科, 安徽 合肥

收稿日期: 2024年6月19日; 录用日期: 2024年7月13日; 发布日期: 2024年7月22日

摘 要

目的: 探究有氧运动在糖尿病管理中相关研究的发展趋势。方法: 检索Web of Science核心合集, 时间范围是从2004年到2023年12月31日期间发表的有氧运动与糖尿病管理主题相关的文献, 运用SciMAT绘制关键词覆盖图、聚类战略图和主题演化路径图, 并对各时间区间的聚类战略图和主题演化路径图进行分析。结果: 近20年间, 国际糖尿病有氧运动研究呈现出显著的活跃态势与持续增长, 主要研究方向为“DIET”“GLYCEMIC-CONTROL”“RISK-FACTORS”等, 研究主题呈现为3个研究方向的4条演化路径。结论: 有氧运动在糖尿病管理中得到了广泛的应用, 并呈上升趋势。有氧运动与饮食干预和/或抗阻运动的结合在血糖控制以及心血管疾病风险管理等方面属于当下该领域的研究热点。

关键词

糖尿病, 有氧运动, 主题演化, 文献计量学, SciMAT

Analysis of the Dynamic Theme Evolution of International Aerobic Exercise Research in Diabetes

—Literature Metrology Research Based on SciMAT

Xianghao Fu¹, Zimu Hu², Wenrong Yuan², Jian Li^{2*}

¹Second Clinical Medical College of Anhui Medical University, Hefei Anhui

²Department of Rehabilitation Medicine, The First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei Anhui

Received: Jun. 19th, 2024; accepted: Jul. 13th, 2024; published: Jul. 22nd, 2024

*通讯作者。

文章引用: 付祥昊, 胡子木, 袁文蓉, 李键. 国际糖尿病有氧运动研究主题动态演化分析[J]. 临床医学进展, 2024, 14(7): 980-989. DOI: 10.12677/acm.2024.1472104

Abstract

Objective: This investigation seeks to elucidate the evolving landscape of research on the role of aerobic exercise in the management of diabetes. **Methods:** An exhaustive analysis was conducted on publications from the Web of Science Core Collection, dated between 2004 and December 31, 2023, related to aerobic exercise in diabetes management, employing SciMAT for sophisticated keyword co-occurrence, strategic clustering, and thematic evolution mapping. **Results:** Over the course of twenty years, the realm of aerobic exercise research pertaining to diabetes has experienced a dynamic surge, concentrating on “DIET”, “GLYCEMIC-CONTROL”, and “RISK-FACTORS”, while discerning four distinct evolutionary trajectories within these thematic pillars. **Conclusion:** The application of aerobic exercise in diabetes management has not only broadened but also intensified, showcasing a significant upward trajectory. The symbiotic incorporation of dietary interventions and resistance training alongside aerobic exercise, particularly in the regulation of glycemia and the mitigation of cardiovascular disease risk, emerges as the pinnacle of contemporary research endeavors.

Keywords

Diabetes, Aerobic Exercise, Theme Evolution, Bibliometrics, SciMAT

Copyright © 2024 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

糖尿病(Diabetes Mellitus, DM)是一组以高血糖为特征的代谢疾病的总称, 是世界范围内死亡和残疾的主要原因之一, 影响着各个国家、年龄组或性别的人们。2021 年, 全球有 5.29 亿糖尿病患者, 糖尿病前期人群约 7.6 亿[1] [2], 且患病率持续增加。

糖尿病在很大程度上是可以预防的, 并且如果在病程早期识别和管理, 可能是可逆的[1]。运动干预是糖尿病管理的基石。有氧运动是指在充足氧气供应下进行的, 以提高心肺耐力为主要目的的运动形式, 如走路、跑步、游泳和骑自行车等。通过定期参与有氧运动, 糖尿病患者不仅可以改善血糖控制和胰岛素敏感性, 还能够提升整体健康水平, 减少并发症的风险[3] [4]。

近 20 年来, 国内外学者不断深化研究, 尤其是在替代医学和补充治疗、生活方式调整等方面取得了一系列重要成果[5] [6]。这些研究不仅为糖尿病患者提供了更多的治疗选择, 也为糖尿病的预防提供了科学依据。然而, 当前学术界对该领域的系统性回顾不足, 尤其缺乏对其主题演进的深入剖析。为此, 本文借助 Web of Science 数据库及 SciMAT 文献计量软件, 对近 20 年相关文献进行梳理, 以科学可视化图形展现该领域主题随时间的演变轨迹与发展趋势, 旨在为将来的研究提供领域内的进展与趋势指引。

2. 数据来源与研究方法

2.1. 数据来源

本文以 Web of Science 核心数据库近 20 年有氧运动在糖尿病预防与康复领域相关文献作为研究对象, 于 2024 年 4 月 9 日进行检索, 检索式如表 1。限定语种为英语、文献类型为 article 和 article review, 检索年限设置为 2004~2023 年, 共获得 2939 篇文献。通过对标题、摘要和关键词的核查, 通过整理筛选,

剔除和与研究主题明显不相关的文献，最终有 2565 篇文献纳入研究。

Table 1. Web of Science-based searchable research on traditional Chinese exercise for diabetes mellitus
表 1. 基于 Web of Science 的糖尿病中国传统运动研究检索式

#1	TS = [diabetes OR diabetic * OR IDDM OR NIDDM OR MODY OR T1D OR T1DM OR T2D OR T2DM]	697,410
#2	TS = ["aerobic exercise" OR "aerobic Training" OR "endurance"]	65,473
#3	#1 AND #2	2939

2.2. 研究方法

SciMAT 是一个强大的文献计量学和知识管理工具，它旨在帮助研究人员分析和可视化科学文献中的知识结构和演变[7]。与其他文献计量学软件(如 VOSviewer, CiteSpace 等)相比，SciMAT 的独特之处在于其对科学知识动态演变分析能力。它不仅能够生成静态的科学地图来展示特定时间点的知识结构，而且能够通过比较不同时间段的科学地图来揭示知识的演进过程[8] [9]。基于此，SciMAT 可以帮助研究者了解特定科学领域的内部结构，发现并分析一个领域内的关键词和核心概念，识别出该领域的热点话题和前沿方向。

2.3. 数据预处理与参数选择

(1) 数据清洗。首先，通过 Documents list 步骤查看全部文献的时间、关键词、作者等因素是否残缺，最终有 2553 篇文献进入下一步研究。其次，为提高分析的准确性，通过 Group set 步骤，自动合并关键词。对于一些无法自动整合的近义词，手动进行合并替换，如将“TRAINING”、“PYHSICAL ACTIVITY”和“EXERCISE”等合并为“EXERCISE”。同时将一些出现频次较高但指向性较弱的词如“CLINIC TRAIL”、“GUIDLINES”、“HUMANS”、“PEOPLE”等从待分析词团中排除。

(2) 区间划分。通过 Periods manger 步骤进行研究区间划分，将主题的演化路径划分为 4 个时期：2004~2008 年、2009~2013 年、2014~2018 年和 2019~2023 年，以上 4 个时间段的发文量分别为 298 篇、505 篇、776 篇和 974 篇。

(3) 参数设置。对各研究区间的指标进行参数设置，通过阈值设置突出主要信息，能够使知识图谱更加清晰。本研究主要参考夏洋[10]及卢锐敏[11]等的研究设计，将 SciMAT 软件的具体参数设置见表 2。

Table 2. Specific parameter settings of SciMAT software
表 2. SciMAT 软件的具体参数设置

指标	参数	指标	参数
关键词	author, source, added	网络最大值	15
数据缩减阈值	1、1、2、2	网络最小值	5
矩阵类型	共现矩阵	聚类文献	核心文献
网络缩减阈值	1、1、2、2	质量评估	h 指数与总引用量
标准化网络的相似度	关联强度	演化图标准化指数	Jaccard's 指数
聚类算法	简单中心算法	关键词重叠图指标	Inclusion 指数

3. 结果

3.1. 发文情况

对糖尿病有氧运动研究领域的学术产出进行分析有助于全面洞察这一领域全球研究的发展轨迹与现

状。如图 1 所示，在 2004 年至 2023 年间，糖尿病有氧运动研究的发文量总体上呈现出上升趋势。尽管增长速率相对平缓，但已显现出学术界对糖尿病有氧运动的关注度逐步提升。至 2017 年及之后年间，该领域发文量保持相对稳定的较高水平。这标志着该研究领域受到相关学者的持续关注，未来的研究热度有望进一步提升。在 2022 年，年发文量达到了 234 篇的峰值。

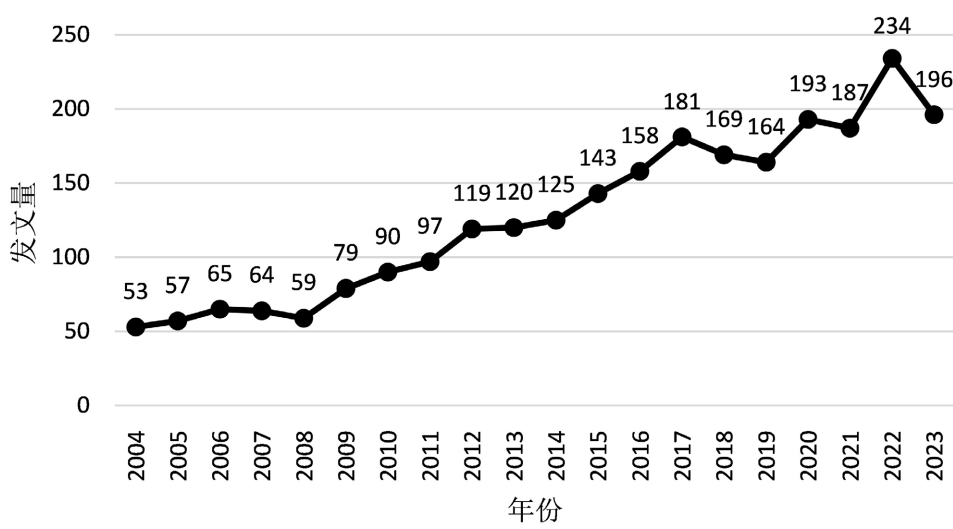


Figure 1. Diagram of the practical teaching system of automation major
图 1. 2004~2023 年糖尿病有氧运动发文量的时间分布图

3.2. 关键词覆盖图

图 2 以可视化形式展现了糖尿病中国有氧运动研究领域关键词随时间的覆盖演变。四个圆圈分别代表了 2004~2008 年、2009~2013 年、2014~2018 年、2019~2023 年四个时间段的关键词数量，圆圈大小与数值正相关，直观呈现各阶段关键词的丰度。斜向下的箭头量化了各时期新引入的关键词数量，揭示了研究领域的拓展与新兴研究热点的涌现；斜向上的箭头对应于进入下一阶段后不再使用的关键词数量，映射出研究焦点的转移；水平箭头上标括号外的数字标识了相邻两阶段共享的关键词数目；括号内的重叠系数，即连续两期共现关键词占总关键词总数的比例，该值越高，反映相关时期间研究的继承性越强，研究路径的一致性更佳。

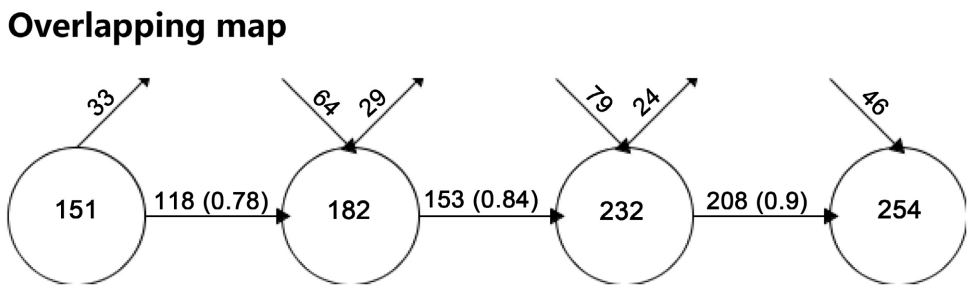


Figure 2. Overlapping map of international research on aerobic exercise in diabetes from 2004 to 2023
图 2. 2004~2023 年国际糖尿病有氧运动研究关键词覆盖图

2004 年至 2023 年间，关键词总量整体呈现上升趋势，表明研究范围持续扩大，研究内容日益多元化。同时，重叠系数维持在较高水平且呈增长趋势，揭示了研究间的强继承性与相对稳定的探索方向。

观察新生词与消亡词的更迭情况，不难发现每个时期新生词的涌入量均大于消亡词的退出量，这体现了该领域研究活动的活跃性，新旧研究主题有序更替。综上所述，近二十年来，糖尿病有氧运动研究领域展现出良好的发展势头，研究深度与广度有所提升，未来发展可期。

3.3. 聚类战略图

图 3 SciMAT 生成的聚类战略图中，节点象征着聚类主题，其内部数值直观展示了与该主题关联的文献数量。聚类面积的大小直接反映了主题受到的关注程度及其在研究领域的热度，面积越大，关注度与研究热度越高。横轴(中心度 Centrality)反映该主题与其他主题的联系紧密度，中心度越高，该主题与其他主题关联越广泛，其影响力与重要性越显著。纵轴(密度 Density)则量化了主题内部关键词间的关联紧密度。密度值愈大，意味着主题内部关键词关联更为紧密，主题发展越成熟。

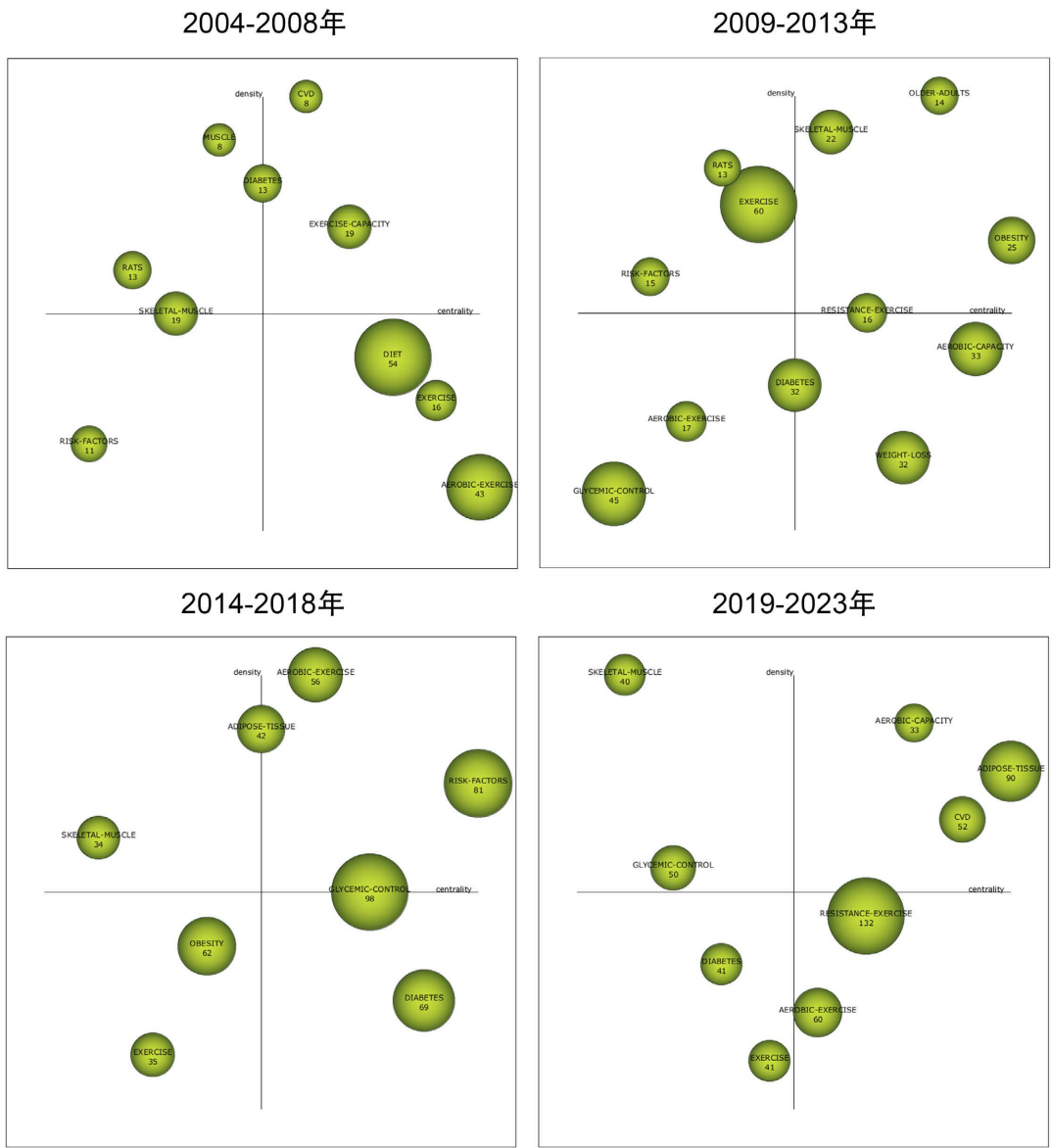


Figure 3. Strategic diagram of international aerobic exercise in diabetes research based on SciMAT
图 3. 基于 SciMAT 的国际糖尿病有氧运动聚类战略图

2004~2008 年共识别出 10 个主题,包括 RATS、CVD、MUSCLE、EXERCISE-CAPACITY、DIABETES、SKELETAL-MUSCLE、DIET、EXERCISE、AEROBIC-EXERCISE 和 RISK-FACTORS。其中, EXERCISE-CAPACITY (中心度 51.13, 密度 10.81)和 CVD (中心度 43.35, 密度 72.88)位于右上象限,显示出这两个主题既成熟又与众多其他主题紧密相连,具有显著地位。前者包含 HEART-RATE-RESPONSE、CARDIOPULMONARY-FITNESS 和 EXERCISE-TEST 等关键词,后者包括 LIPID-PROFILE 和 LOW-FAT-DIET 等关键词。DIET、EXERCISE、AEROBIC-EXERCISE 等主题位于右下象限,虽然与其它主题联系紧密,但具有较大的发展潜力。RATS 和 MUSCLE 位于左上象限,其高密度、低中心度揭示这两个主题虽已发展成熟,但与其他主题关联较弱,处于研究边缘。RISK-FACTORS 则表现为低密度、低中心度,说明这是一个尚不成熟且与其他主题关联有限的主题。

2009~2013 年共聚类出 12 个主题: RATS、RESISTANCE-EXERCISE、OLDER-ADULTS、RISK-FACTORS、SKELETAL-MUSCLE、OBESITY、AEROBIC-EXERCISE、WEIGHT-LOSS、AEROBIC-CAPACITY、DIABETES、EXERCISE、GLYCEMIC-CONTROL。新出现的 OLDER-ADULTS (中心度 40.21, 密度 19.04)和 OBESITY (中心度 48.68, 密度 6.37),由于其高中心度和密度,表明这一时期对老年糖尿病患者及肥胖糖尿病人群的有氧运动干预尤为关注。WEIGHT-LOSS 和 AEROBIC-CAPACITY 虽中心度较高,但内部关键词关联较弱,展现出较大的发展潜力,有望成为未来研究热点。RATS 和 RISK-FACTORS 等主题继续保持边缘地位,与其他主题关联较弱。

2014~2018 年间,关键词聚类形成了 8 个主题: SKELETAL-MUSCLE、ADIPOSE-TISSUE、RISK-FACTORS、AEROBIC-EXERCISE、EXERCISE、GLYCEMIC-CONTROL、DIABETES 和 OBESITY。其中, RISK-FACTORS 和 AEROBIC-EXERCISE 为高中心度、高密度主题, SKELETAL-MUSCLE 仍处于边缘,与其他主题关联不强。OBESITY 逐渐淡出,而 EXERCISE 呈现出较低的中心度和密度。GLYCEMIC-CONTROL 和 DIABETES 则维持较高的中心度,与其他主题保持紧密联系。

20019~2023 年间,关键词聚类形成了 AEROBIC-CAPACITY、SKELETAL-MUSCLE、ADIPOSE-TISSUE、CVD、GLYCEMIC-CONTROL、DIABETES、EXERCISE、AEROBIC-EXERCISE 和 RESISTANCE-EXERCISE 等 9 个主题。ADIPOSE-TISSUE、CVD 和 AEROBIC-CAPACITY 凭借高中心度和密度,成为推动研究发展的“引擎主题”。RESISTANCE-EXERCISE 虽影响力最大,但与 AEROBIC-EXERCISE 一同位于右下象限,密度较低,暗示其成熟度有待提升。SKELETAL-MUSCLE 和 GLYCEMIC-CONTROL 继续位于左上象限,尽管主题成熟,但与其他主题关联薄弱,处于研究边缘。

3.4. 主题演化图

基于 SciMAT 的主题演化图通过节点、线以及线的颜色和粗细等视觉元素,生动地展现了学科领域内研究主题的数量变化、关联强度、演化路径以及新生与消失现象。为科研人员、决策者等提供了深入理解学科发展趋势、识别关键研究领域和预测未来研究热点的强大工具。

近 20 年国际糖尿病有氧运动研究主题的演化路径如图 4 所示,四个时间区间主要形成了 3 条研究方向和 4 条主题演化路径: ① EXERCISE-CAPACITY → OLDER-ADULTS → GLYCEMIC-CONTROL → GLYCEMIC-CONTROL、RESISTANCE-EXERCISE; ② DIET → GLYCEMIC-CONTROL → GLYCEMIC-CONTROL → GLYCEMIC-CONTROL、RESISTANCE-EXERCISE; ③ DIET → WEIGHT-LOSS → ADIPOSE-TISSUE → ADIPOSE-TISSUE; ④ RISK-FACTORS → RISK-FACTORS → RISK-FACTORS → CVD。

演化路径①相关主题的研究节点在不断增大,主题之间的实线渐进增粗,表明这一研究主题在演化过程中呈现持续性发展的趋势。在老年人群中,糖尿病与肌肉力量减弱、肌肉质量差和肌肉质量加速流

失有关。运动干预,包括抗阻运动,能够改善老年糖尿病患者的血糖控制、肌肉力量、有氧运动能力和功能能力[12] [13]。一方面,规律的运动能够增强机体对胰岛素的敏感性,这意味着身体在相同胰岛素水平下能更有效地利用血糖,降低血液中葡萄糖的浓度。这对于胰岛功能相对减弱的老年糖尿病患者尤为重要,有助于减轻胰岛 β 细胞的负担,改善血糖稳态。另一方面,运动会直接消耗血糖,特别是有氧运动如散步、慢跑、游泳等,能有效降低血糖水平,尤其对餐后血糖的控制有益。同时进行的有氧和抗阻运动能够降低老年糖尿病患者糖化血红蛋白 HbA1c 和胆固醇水平,改善胰岛素抵抗[14]。老年糖尿病患者运动能力越强,自理能力就越好,糖尿病相关应激越小[3] [4]。



Figure 4. Evolution map of international research on aerobic exercise in diabetes based on SciMAT
图 4. 基于 SciMAT 的国际糖尿病有氧运动研究主题演化图

饮食干预是糖尿病管理的核心组成部分,其在糖尿病管理“五驾马车”中占据基础性地位[15]。演化路径②关注于饮食与有氧运动的结合对糖尿病患者血糖控制的影响,渐进发展至饮食、有氧运动和抗阻运动三者共同作用效果的研究。生酮饮食与中等强度的有氧运动干预相结合,可改善糖尿病小鼠的胰岛素敏感性,同时避免肝脏脂肪变性[16]。素食结合有氧运动干预的参与者的空腹血糖(SMD: -0.27; 95% CI:

-0.30~-0.23)和胰岛素水平((WMD: -2.03; 95% CI: -3.40~-0.67)显著降低, 并且身体成分得到改善[17]。有氧运动与饮食相结合可能是获得整体心血管代谢健康相关益处的关键行为, 对肥胖和 2 型糖尿病患者有显著的积极影响[18]。抗阻运动与有氧运动互为补充, 能够提高肌肉对胰岛素的反应性, 增强肌肉细胞摄取和利用葡萄糖的能力, 有助于降低血糖水平, 特别是对餐后血糖的控制有显著效果。还能够增加肌肉量和改善肌肉代谢活性, 提高 24 小时内的整体能量消耗和基础代谢率, 有助于减轻体重、改善体成分。饮食结合有氧、抗阻运动对胰高血糖素样肽-1 等增量激素有积极影响, 并在改善 2 型糖尿病患者的代谢指标、延缓 2 型糖尿病及其相关并发症的进展方面提供额外的益处[19] [20]。

路径③主题涉及饮食结合有氧运动干预对糖尿病患者腹部脂肪组织的影响。糖尿病患者, 特别是 2 型糖尿病患者, 常常伴有明显的内脏脂肪积累。内脏脂肪位于腹腔深处, 环绕在重要器官周围, 其体积增大与胰岛素抵抗、血脂异常、炎症状态和心血管风险显著相关[21]。有氧运动和饮食干预对能够减少糖尿病患者内脏脂肪、改善脂肪细胞功能、减轻炎症状态, 并通过重塑脂肪分布降低心血管风险[22] [23]。通过图 4 可见, 路径②和③相关主题发文量逐年增加, 主题间关联更为紧密, 显示是当前研究的重点内容。有氧运动结合饮食干预以及抗阻运动三者结合是糖尿病综合管理重要措施, 也是未来研究的主要方向。

路径④是关于有氧运动对糖尿病患者心血管疾病风险的影响的演化路径。RISK-FACTORS 主题在前三个时间区间均有出现, 发文量总体呈现上升趋势, 而且研究内容比较稳定, 持续受到关注。在最后的时间区间, 与心血管疾病 CVD 密切相关。心血管疾病是全球的头号死因。糖尿病是心血管疾病的重要独立危险因素, 其风险增加程度可与传统危险因素如吸烟、高血压、高脂血症相提并论[24]。糖尿病患者心血管疾病发病率是非糖尿病人群的 2-4 倍, 约 2/3 的糖尿病患者最终死于心血管疾病。有氧运动的有益结果包括改善血糖控制、内皮功能、氧化应激、血脂异常、体重管理、心肌功能、肥胖和心肺适能[25] [26]。结合图 4 和图 3, 可以看出有氧运动对糖尿病患者心血管疾病风险的作用及其机制是当前研究的热点。

此外, 由 SKELETAL-MUSCLE 演化了一条次要路径。该主题在所有时间区间均存在, 虽然发文量不多, 但也显示出较为稳定的研究兴趣。糖尿病患者骨骼肌经历了一系列复杂而深远的变化, 包括肌肉质量减少、功能下降、代谢异常、炎症与纤维化、凋亡与再生失衡、血管病变与神经病变等[27]。近 40% 的糖尿病患者存在肌少症, 且与年龄、病程、血糖控制不佳、并发症等因素相关[28]。运动, 尤其是抗阻运动对肌肉质量和力量, 以及有氧运动对肌肉减少症患者的体能有帮助[29]。然而, 有关研究数据大多源于肥胖和非老年 2 型糖尿病患者, 针对非肥胖与老年糖尿病患者的专项研究尚显不足, 临床数据的获取与积累有待加强, 以便为这类特定群体提供更为精准的诊疗依据和干预策略。

4. 结语

综上所述, 基于 SciMAT 生成的图谱揭示了国际糖尿病有氧运动研究的进展格局。观察关键词演变图可知, 该领域关键词总量呈现显著上升轨迹, 新生词汇显著超越消亡词汇, 反映出研究者对该领域的持续聚焦与投入。聚焦主题聚类战略图, 研究深度与成熟度不断提升, 若干热点议题如 ADIPOSE-TISSUE、CVD 和 RESISTANCE-EXERCISE 展现出强大的继承力, 预示它们将持续作为未来研究的核心焦点。进一步考察主题演化路径图, 过去 20 年间糖尿病有氧运动研究主线围绕 DIET、GLYCEMIC-CONTROL 和 CVD 这三条路径稳健推进, 显示出研究的连贯性和稳定性。此外, SKELETAL-MUSCLE 作为次要路径, 关键词 SKELETAL-MUSCLE 贯穿四个时间区间, 相关文献产出呈现出稳定的上升趋势, 同样值得研究者们重视。

参考文献

- [1] Ong, K.L., Stafford, L.K., McLaughlin, S.A., Boyko, E.J., Vollset, S.E., Smith, A.E., *et al.* (2023) Global, Regional,

- and National Burden of Diabetes from 1990 to 2021, with Projections of Prevalence to 2050: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet*, **402**, 203-234. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(23\)01301-6](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(23)01301-6)
- [2] Rooney, M.R., Fang, M., Ogurtsova, K., Ozkan, B., Echouffo-Tcheugui, J.B., Boyko, E.J., *et al.* (2023) Global Prevalence of Prediabetes. *Diabetes Care*, **46**, 1388-1394. <https://doi.org/10.2337/dc22-2376>
 - [3] Colberg, S.R., Sigal, R.J., Yardley, J.E., Riddell, M.C., Dunstan, D.W., Dempsey, P.C., *et al.* (2016) Physical Activity/Exercise and Diabetes: A Position Statement of the American Diabetes Association. *Diabetes Care*, **39**, 2065-2079. <https://doi.org/10.2337/dc16-1728>
 - [4] Kanaley, J.A., Colberg, S.R., Corcoran, M.H., Malin, S.K., Rodriguez, N.R., Crespo, C.J., *et al.* (2022) Exercise/Physical Activity in Individuals with Type 2 Diabetes: A Consensus Statement from the American College of Sports Medicine. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, **54**, 353-368. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000002800>
 - [5] Chen, Y., Qin, J., Tao, L., Liu, Z., Huang, J., Liu, W., *et al.* (2023) Effects of Tai Chi Chuan on Cognitive Function in Adults 60 Years or Older with Type 2 Diabetes and Mild Cognitive Impairment in China: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Network Open*, **6**, e237004. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.7004>
 - [6] Cai, Y., Wang, S., Wang, S., Gu, Q., Huang, Y., Li, J., *et al.* (2023) Effects of Yijinjing Combined with Resistance Training on Body Fat Distribution and Hepatic Lipids in Middle-Aged and Older People with Prediabetes Mellitus: A Randomized Controlled Trial. *Experimental Gerontology*, **179**, Article ID: 112250. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2023.112250>
 - [7] Cobo, M.J., López-Herrera, A.G., Herrera-Viedma, E. and Herrera, F. (2012) SciMAT: A New Science Mapping Analysis Software Tool. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, **63**, 1609-1630. <https://doi.org/10.1002/asi.22688>
 - [8] Gan, Y., Li, D., Robinson, N. and Liu, J. (2022) Practical Guidance on Bibliometric Analysis and Mapping Knowledge Domains Methodology—A Summary. *European Journal of Integrative Medicine*, **56**, Article ID: 102203. <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2022.102203>
 - [9] Shen, Z., Ji, W., Yu, S., Cheng, G., Yuan, Q., Han, Z., *et al.* (2023) Mapping the Knowledge of Traffic Collision Reconstruction: A Scientometric Analysis in CiteSpace, VOSviewer, and SciMAT. *Science & Justice*, **63**, 19-37. <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2022.10.005>
 - [10] 夏洋, 李文梅. 近 20 年国际学业情绪研究主题动态演化路径分析[J]. 当代外语研究, 2023(5): 94-102+134.
 - [11] 卢锐敏, 沈泽方, 初丽媛, 等. 国际外科医疗纠纷研究主题演化分析——基于 SciMat 的研究[J]. 中国卫生法制, 2024, 32(2): 15-23.
 - [12] Cadore, E.L. and Izquierdo, M. (2015) Exercise Interventions in Polypathological Aging Patients That Coexist with Diabetes Mellitus: Improving Functional Status and Quality of Life. *Age*, **37**, Article No. 64. <https://doi.org/10.1007/s11357-015-9800-2>
 - [13] Huang, C., Hsu, C., Chiu, C., Lin, H., Wang, J. and Weng, S. (2020) Association between Exercise and Health-Related Quality of Life and Medical Resource Use in Elderly People with Diabetes: A Cross-Sectional Population-Based Study. *BMC Geriatrics*, **20**, Article No. 331. <https://doi.org/10.1186/s12877-020-01750-1>
 - [14] Bassi, D., Mendes, R.G., Arakelian, V.M., Caruso, F.C.R., Cabiddu, R., Júnior, J.C.B., *et al.* (2016) Potential Effects on Cardiorespiratory and Metabolic Status after a Concurrent Strength and Endurance Training Program in Diabetes Patients—A Randomized Controlled Trial. *Sports Medicine—Open*, **2**, Article No. 31. <https://doi.org/10.1186/s40798-016-0052-1>
 - [15] 邢煜, 王培花, 杨兴华. 北京市某城区糖尿病患者共病现状及健康行为调查[J]. 中国医师杂志, 2020, 22(3): 379-384, 389.
 - [16] Zhang, Q., Xu, L., Xia, J., Wang, D., Qian, M. and Ding, S. (2018) Treatment of Diabetic Mice with a Combination of Ketogenic Diet and Aerobic Exercise via Modulations of PPARs Gene Programs. *PPAR Research*, **2018**, Article ID: 4827643. <https://doi.org/10.1155/2018/4827643>
 - [17] Long, Y., Ye, H., Yang, J., Tao, X., Xie, H., Zhang, J., *et al.* (2023) Effects of a Vegetarian Diet Combined with Aerobic Exercise on Glycemic Control, Insulin Resistance, and Body Composition: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Eating and Weight Disorders—Studies on Anorexia, Bulimia and Obesity*, **28**, Article No. 9. <https://doi.org/10.1007/s40519-023-01536-5>
 - [18] Al-Mhanna, S.B., Rocha-Rodrigues, S., Mohamed, M., Batrakoulis, A., Aldhahi, M.I., Afolabi, H.A., *et al.* (2023) Effects of Combined Aerobic Exercise and Diet on Cardiometabolic Health in Patients with Obesity and Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, **15**, Article No. 165. <https://doi.org/10.1186/s13102-023-00766-5>
 - [19] Otten, J., Stomby, A., Waling, M., Isaksson, A., Tellström, A., Lundin-Olsson, L., *et al.* (2016) Benefits of a Paleolith-

- ic Diet with and without Supervised Exercise on Fat Mass, Insulin Sensitivity, and Glycemic Control: A Randomized Controlled Trial in Individuals with Type 2 Diabetes. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, **33**, e2828. <https://doi.org/10.1002/dmrr.2828>
- [20] Fujiwara, Y., Eguchi, S., Murayama, H., Takahashi, Y., Toda, M., Imai, K., *et al.* (2019) Relationship between Diet/Exercise and Pharmacotherapy to Enhance the GLP-1 Levels in Type 2 Diabetes. *Endocrinology, Diabetes & Metabolism*, **2**, e00068. <https://doi.org/10.1002/edm2.68>
- [21] Antonio-Villa, N.E., Bello-Chavolla, O.Y., Vargas-Vázquez, A., Mehta, R., Fermín-Martínez, C.A., Martagón-Rosado, A.J., *et al.* (2021) Increased Visceral Fat Accumulation Modifies the Effect of Insulin Resistance on Arterial Stiffness and Hypertension Risk. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, **31**, 506-517. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2020.09.031>
- [22] Parry, S.A. and Hodson, L. (2020) Managing NAFLD in Type 2 Diabetes: The Effect of Lifestyle Interventions, a Narrative Review. *Advances in Therapy*, **37**, 1381-1406. <https://doi.org/10.1007/s12325-020-01281-6>
- [23] Stomby, A., Otten, J., Ryberg, M., Andrew, R., Walker, B.R. and Olsson, T. (2020) Diet-Induced Weight Loss Alters Hepatic Glucocorticoid Metabolism in Type 2 Diabetes Mellitus. *European Journal of Endocrinology*, **182**, 447-457. <https://doi.org/10.1530/eje-19-0901>
- [24] Kaptoge, S., Seshasai, S., Sun, L., Walker, M., Bolton, T., Spackman, S., *et al.* (2023) Life Expectancy Associated with Different Ages at Diagnosis of Type 2 Diabetes in High-Income Countries: 23 Million Person-Years of Observation. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, **11**, 731-742. [https://doi.org/10.1016/s2213-8587\(23\)00223-1](https://doi.org/10.1016/s2213-8587(23)00223-1)
- [25] Miele, E.M. and Headley, S.A.E. (2017) The Effects of Chronic Aerobic Exercise on Cardiovascular Risk Factors in Persons with Diabetes Mellitus. *Current Diabetes Reports*, **17**, Article No. 97. <https://doi.org/10.1007/s11892-017-0927-7>
- [26] Papagianni, G., Panayiotou, C., Vardas, M., Balaskas, N., Antonopoulos, C., Tachmatzidis, D., *et al.* (2023) The Anti-Inflammatory Effects of Aerobic Exercise Training in Patients with Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cytokine*, **164**, Article ID: 156157. <https://doi.org/10.1016/j.cyto.2023.156157>
- [27] Chen, H., Huang, X., Dong, M., Wen, S., Zhou, L. and Yuan, X. (2023) The Association between Sarcopenia and Diabetes: From Pathophysiology Mechanism to Therapeutic Strategy. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity*, **16**, 1541-1554. <https://doi.org/10.2147/dms0.s410834>
- [28] Izzo, A., Massimino, E., Riccardi, G. and Della Pepa, G. (2021) A Narrative Review on Sarcopenia in Type 2 Diabetes Mellitus: Prevalence and Associated Factors. *Nutrients*, **13**, Article No. 183. <https://doi.org/10.3390/nu13010183>
- [29] Hashimoto, Y., Takahashi, F., Okamura, T., Hamaguchi, M. and Fukui, M. (2023) Diet, Exercise, and Pharmacotherapy for Sarcopenia in People with Diabetes. *Metabolism*, **144**, Article ID: 155585. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2023.155585>