

身体活动与海马组织领域研究主题动态演化的可视化分析

邓青^{1,2}, 王庆军³, 张业廷⁴<https://doi.org/10.12307/2025.948>

投稿日期: 2024-10-14

采用日期: 2024-12-12

修回日期: 2024-12-31

在线日期: 2025-01-13

中图分类号:

R459.9; R318; R875

文章编号:

2095-4344(2025)32-06997-07

文献标识码: A

文章快速阅读: 身体活动与海马组织领域研究主题动态演化过程的文献计量学分析

目的: 探究身体活动与海马组织领域研究主题的动态演化

数据来源: Web of Science 核心合集数据库

SciMAT 可视化分析:
关键词分析、研究主题演化状态分析、主题演化路径分析

分析结果:

(1) 该领域可分为“信使RNA”“行为”“环境”和“认知功能”4个主要演化方向, 并形成了7条子演化路径;

(2) “神经营养因子”“有氧运动”“认知障碍”等主题可能是未来的研究重点;

(3) 该研究领域重点关注的人群为老年人, 同时利用不同的模型鼠探究身体活动对海马组织影响的机制, 推动了该领域的深入研究。

文题释义:

身体活动: 指由骨骼肌收缩引起的任何身体动作, 这些动作会导致能量消耗。身体活动的强度可以根据能量消耗率来量化, 分为轻度、中度和重度活动。在运动科学中, 身体活动对健康的影响是研究的重点, 包括其对心血管健康、肌肉骨骼系统、代谢功能以及认知功能的积极作用。特别是对海马区域的影响, 因为海马与记忆和学习能力密切相关, 身体活动通过促进血液循环、增加神经生长因子的产生等方式, 对海马的结构和功能产生积极影响。

海马组织: 指大脑海马区的组织结构, 这是一个位于大脑颞叶内侧的区域, 因其形状类似海马而得名。海马组织在学习和记忆过程中扮演着至关重要的角色, 尤其是在长期记忆的形成和空间导航能力方面。海马组织对神经可塑性极为敏感, 身体活动能够通过促进神经生长因子的表达、增强突触可塑性和促进神经发生等方式, 对海马组织的结构和功能产生积极影响, 从而可能改善认知功能和记忆能力。

摘要

背景: 大量研究探讨了身体活动对海马组织的影响, 但是身体活动和人类海马组织之间的关系仍然存在争议和困惑。因此, 有必要对身体活动与海马组织领域的相关研究进行梳理。

目的: 通过文献计量学方法, 探究身体活动与海马组织领域研究主题的动态演化过程, 理清其发展状态及知识结构的变化情况, 为进一步的研究提供方向。

方法: 通过检索式TS=(“physical exercise” AND hippocampus) OR TS=(“physical activity” AND hippocampus) OR TS=(“exercise” AND hippocampus)检索Web of Science核心合集数据库, 依照纳入及排除标准选择3 225篇相关文献为研究内容, 利用SciMAT软件进行可视化分析。

结果与结论: ①身体活动与海马组织领域的研究呈现蓬勃发展态势, 相关研究日趋深入, 未来发展空间较大; ②该领域可分为“信使RNA”“行为”“环境”和“认知功能”4个主要演化方向, 并形成了7条子演化路径; ③“神经营养因子”“有氧运动”“认知障碍”等主题可能是未来的研究重点; ④该研究领域重点关注的人群为老年人, 同时利用不同的模型鼠探究身体活动对海马组织影响的机制, 推动了该领域的深入研究。

关键词: 身体活动; 海马; 组织; 文献计量学; SciMAT; 信使RNA; 行为; 环境; 认知功能

Visual analysis of dynamic evolution of research topics in the field of physical activity and hippocampal tissue

Deng Qing^{1,2}, Wang Qingjun³, Zhang Yeting⁴

¹School of Physical Education, ²School of Journalism and Communication, Nanjing Normal University, Nanjing 210012, Jiangsu Province, China; ³School of Physical Education, Nanjing Xiaozhuang University, Nanjing 210017, Jiangsu Province, China; ⁴School of Aviation Safety and Security, Civil Aviation Flight University of China, Guanghan 618307, Sichuan Province, China

Deng Qing, MD, Lecturer, School of Physical Education, Nanjing Normal University, Nanjing 210012, Jiangsu Province, China; School of Physical Education, Nanjing Xiaozhuang University, Nanjing 210017, Jiangsu Province, China

Corresponding author: Zhang Yeting, MD, Lecturer, School of Aviation Safety and Security, Civil Aviation Flight University of China, Guanghan 618307, Sichuan Province, China

南京师范大学, ¹体育科学学院, ³新闻与传播学院, 江苏省南京市 210012; ²南京晓庄学院体育学院, 江苏省南京市 210017; ⁴中国民用航空飞行学院航空安全保卫学院, 四川省广汉市 618307

第一作者: 邓青, 女, 1989年生, 江苏省射阳县人, 汉族, 2019年亚当森大学毕业, 博士, 南京师范大学体育人文社会学在站博士后, 讲师, 主要从事动作发展、身体传播研究。

通讯作者: 张业廷, 博士, 讲师, 中国民用航空飞行学院航空安全保卫学院, 四川省广汉市 618307

<https://orcid.org/0000-0002-6269-3186> (邓青)

基金资助: 四川省科技厅课题(2020YFH0184), 项目负责人: 张业廷; 中央高校基本科研业务费专项资金资助(PhD2023-003),

项目负责人: 张业廷

引用本文: 邓青, 王庆军, 张业廷. 身体活动与海马组织领域研究主题动态演化的可视化分析 [J]. 中国组织工程研究, 2025,

29(32):6997-7003.



Abstract

BACKGROUND: Numerous studies have explored the effects of physical activity on the hippocampus, but the relationship between physical activity and the human hippocampus remains controversial and confusing. Therefore, it is necessary to sort out the relevant research in the field of physical activity and hippocampal tissue.

OBJECTIVE: To explore the dynamic evolution process of research topics in the field of physical activity and hippocampus, clarify the development status and changes in knowledge structure, and provide directions for further research through bibliometrics.

METHODS: The Web of Science database was searched by the search formula: TS=(“physical exercise” AND hippocampus) OR TS=(“physical activity” AND hippocampus) OR TS=(“exercise” AND hippocampus). According to the inclusion and exclusion criteria, 3 225 relevant documents were selected as content. SciMAT software was used for visual analysis.

RESULTS AND CONCLUSION: (1) The field of physical activity and hippocampal tissue is booming, with more and more in-depth research and more room for future development. (2) This field can be divided into four directions: “messenger RNA,” behavior,” “environment” and “cognitive function,” and forms 7 main evolutionary paths. (3) Topics such as “neurotrophic factors,” “aerobic exercise” and “cognitive impairment” are likely to be the focus of future research. (4) This research field focuses on the elderly population, and the use of different model mice to explore the mechanism of physical activity on the hippocampus has promoted further research in this field.

Key words: physical activity; hippocampus; tissue; bibliometrics; SciMAT; messenger RNA; behavior; environment; cognitive function

Funding: Sichuan Provincial Science and Technology Department Project, No. 2020YFH0184 (to ZYT); Central University Basic Research Business Expenses Special Fund, No. PHD2023-003 (to ZYT)

How to cite this article: DENG Q, WANG QJ, ZHANG YT. Visual analysis of dynamic evolution of research topics in the field of physical activity and hippocampal tissue. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2025;29(32):6997-7003.

0 引言 Introduction

海马是大脑重要的脑区之一，对于情景记忆等认知功能至关重要，并且极易受到缺氧、脑炎、癫痫和缺血等各种情况的损害^[1]。青春期和成年早期是海马组织重组和生长的关键时期，这一时期海马组织的发展对人的认知表现和学业成就具有重要影响。此外，在经历神经病变的人群中，海马组织会比其他脑区更早、更快地退化，包括阿尔茨海默病、精神分裂症、抑郁症和多发性硬化症等^[2-3]。海马组织的退化会导致记忆缺陷和神经系统疾病风险增加。由于海马在记忆形成中的重要性及其对疾病过程的敏感性，寻找在人类整个生命周期中促进海马组织结构和功能完整性的方法具有巨大的科学意义。研究发现，身体活动，特别是通过有氧运动等方式增加心肺健康，有望成为减轻人类海马衰退的潜在方法^[4-5]。尽管许多研究认为身体活动能够有利于海马组织结构和功能的发展，但是其具体的作用机制、最佳的活动方案以及对不同人群的影响仍需进一步研究来阐明^[6-7]。因此，有必要对身体活动与海马组织领域的相关研究进行梳理。而国内外对身体活动与海马组织领域的综述大多集中在梳理身体活动改善海马功能的机制或者利用 Meta 分析探究哪种身体活动类型、强度、频率和持续时间对海马组织的健康有最大的保护作用^[8-9]。也有学者利用文献计量学对成年海马神经发生领域的主要研究领域和新兴前沿进行了分析^[10]。目前，尚未有学者使用可视化工具探

讨身体活动与海马组织领域研究主题的动态演化路径。主题动态演化路径的分析能够揭示研究主题随时间的发展和转变，帮助识别身体活动与海马组织这一领域的新兴趋势和知识结构演变。SciMAT 是一款专业的文献计量学分析软件，能够处理大量文献数据，进行关键词共现分析、主题演化追踪，并生成战略坐标图、主题演化路径图等，进而帮助研究者识别研究领域的热点、新兴趋势和潜在发展方向^[11]。因此，为了理清身体活动与海马组织领域的发展状态和知识结构的变化情况，此次研究利用 SciMAT 软件(西班牙格拉纳达大学开发, v1.1.06 版本)对该领域的研究数据作分析处理，将研究演化进程用数据可视化的方式作直观展现，多维度揭示主题演化情况，从而探明该领域研究现状与未来发展，总结研究热点和趋势，为未来研究指明方向^[11]。

1 资料和方法 Data and methods

1.1 数据的来源与检索策略 由作者于 2024 年 9 月对 Web of Science 核心合集数据库 (www.web of science.com) 进行检索，文献检索式为: (TS=(“physical exercise” AND hippocampus) OR TS=(“physical activity” AND hippocampus) OR TS=(“exercise” AND hippocampus)) AND 文献类型: (Article OR Review)。检索时间跨度为“建库日起至 2024-09-30”，检索数据库包括 CPCI-S, CPCI-SSH, BKCI-S, SCI-EXPANDED, A&HCBKCI-SSH, ESCI, SSCI, CCR-EXPANDED, IC. 等。经反复

查阅及人工查阅所检索到的文献，最终确定了此检索式。共检索到 3 353 篇文章，所有文献均为身体活动与神经发生领域相关文献。数据提取过程由 2 位研究者完成，对文章进行搜索、下载和检查。剔除重复发表的论文、题录不完整的论文、与主题不相关的论文、社论材料、新闻、信函、会议摘要等，最终纳入 3 225 篇文章。文献检索流程见图 1。

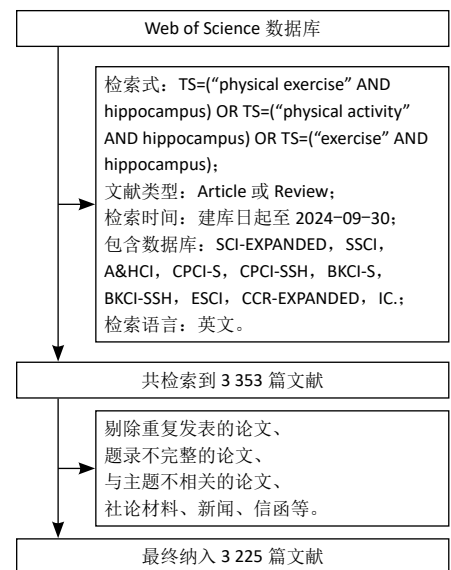


图 1 | 文献筛选流程图

1.2 纳入和排除标准

1.2.1 纳入标准 ①身体活动与海马组织领域相关文献; ②研究型论文或综述类论文。

1.2.2 排除标准 ①题录不完整的论文; ②重复发表的论文; ③与主题不相关的论文; ④材料、新闻、社论信函等。

1.3 研究方法 此次研究通过 SciMAT 软件进行共词分析, 其中各阶段关键词的新生、继承与消亡情况通过关键词主题覆盖图在词汇数量变化上反映; 各阶段的热点主题演化情况通过聚类分析高频关键词, 形成由密度值和中心度值构成的战略坐标图进行揭示; 最后主题的演化规律及发展趋势通过主题演化路径图进行分析^[11]。

1.3.1 关键词清洗 首先通过软件中的“Documents list”功能查看所有文献信息, 并删除信息不全(如关键词、时间、作者等)的文献。利用软件中“Find similar word by plurals (automatic)”功能对数据做进一步的清洗, 最后结合人工查阅对同义词进行合并、对弱指向关键词进行删除, 从而强化关键词间的联系^[12]。

1.3.2 研究区间划分 通过研究区间的划分, 可以获取身体活动与海马组织研究领域的持续性演变情况。由于该领域研究时间跨度大、不同研究时间段文献数量相差也较大, 因此结合文献量与固定时间窗口在“Periods manager”这一步骤划分研究区间^[12]。通过 SciMAT 的“Periods manager”步骤进行研究区间划分, 在 1999 年之前, 每年发文量基本在 10 篇以下, 故第一个时间段化为 1976-1999 年, 2000 年后以 5 年为时间段进行划分, 最终将此领域研究主题的演化路径划分为 6 个时期: 1976-1999 年、2000-2004 年、2005-2009 年、2010-2014 年、2015-2019 年和 2020-2024 年, 以上 6 个区间的发文量分别为 59 篇、113 篇、293 篇、631 篇、980 篇和 1 149 篇。

1.3.3 参数选择 对各研究区间设置适宜参数, 突出主要信息, 使可视化图谱更加清晰。具体参数设置为下: 分析单元选取作者关键词 (Author's words)、来源关键词 (Source's words) 及补充词 (Added words); 采用共现矩阵 (Co-occurrence) 模式; 以 E 指数 (Edge value reduction) 作为标准化网络相似度指标; 以简单中心算法 (Simple centers algorithm) 作为获取图谱的聚类算法; 以核心文献 (Core mapper) 和次要文献 (Secondary mapper) 作为聚类文献; 以 H 指数 (h-index) 和总引用量 (Sum citations) 评估聚类质量与影响力; 以 Jaccard 指数 (Jaccard's

index) 和 Inclusion 指数 (Inclusion index) 作为重叠图与演化图的标准方法。最终将数据精简阈值设置为 1, 1, 1, 2, 2, 2; 网络精简阈值为 1, 1, 1, 2, 2, 2, 用于精简进入分析的关键词和精简词对间的网络连接。网络聚类关键词数量最大值设为 15, 最小值为 5, 此时生成的聚类个数较为理想且图谱清晰^[13]。

2 结果 Results

2.1 年发文量分析 基于 Web of Science 核心数据库收录论文统计分析发现, 1993-2024 年身体活动与海马组织领域共发表的核心研究论文 3 225 篇, 2022 年的发表量最多, 为 262 篇。身体活动与海马组织领域的文献数量呈明显增长趋势 (图 2)。2000 年之前, 该领域研究文献数量十分稀少; 2001-2012 年, 该领域相关文献数量逐渐增加; 2013 年后发文量迅速增多, 反映出该领域的研究热度逐步加强; 2023 年开始该领域发文量虽然有所下降, 但是 2018 年以来发文量均大于 200 篇, 反映出该领域研究热度仍旧强劲。

2.2 关键词分析 分析关键词可以反映出论文研究的重点及核心主题^[14]。身体活动与海马组织研究领域的关键词数量众多, 直接进行分析可能会导致信息杂乱, 为了避免这种情况的发生, 通过对 SciMAT 软件的数据和网络精简阈值进行设置, 能够去除次要

信息, 突出主要信息, 从而利于获取清晰的图谱^[15]。

2.2.1 关键词主题覆盖图 关键词主题覆盖图通过关键词数来表征主题数量, 通过数据流来展示研究主题的新旧更替及稳定性情况^[16]。图 3 为 SciMAT 生成的关键词覆盖图, 圆圈中的数字代表了对应时期的关键词数量, 斜向上箭头上的数字代表的是演化至下一时期所消亡的关键词数量, 斜向下箭头上的数字代表的是演化过程中这一时期新增的关键词数量, 水平箭头上方的数字表示相邻两时期共享关键词的数量, 括号内数字表示重叠系数 (即连续两个时期的共享关键词数量占所有关键词数量的比重)。重叠系数的大小代表了相关研究之间继承性的强弱^[13]。如图 3 所示, 左起分别代表 6 个时期身体活动与海马组织领域关键词变化趋势。6 个时期的关键词数量分别为 60, 88, 149, 234, 282 和 278, 总体呈增长态势, 这表明该领域研究范围的不断拓宽与研究主题的日渐丰富。6 个研究阶段共享的关键词数量依次为 41, 70, 127, 198 和 236, 重叠系数依次为 0.38, 0.42, 0.5, 0.62 和 0.73, 同样呈现增长趋势, 由此可知 1976-2024 年身体活动与海马组织领域研究的继承性逐渐加强, 研究方向较为稳定。从新生词和消亡词的变化情况来看, 1976-1999 年向 2000-2004 年的演化过程中, 有消亡 19 个关键词、

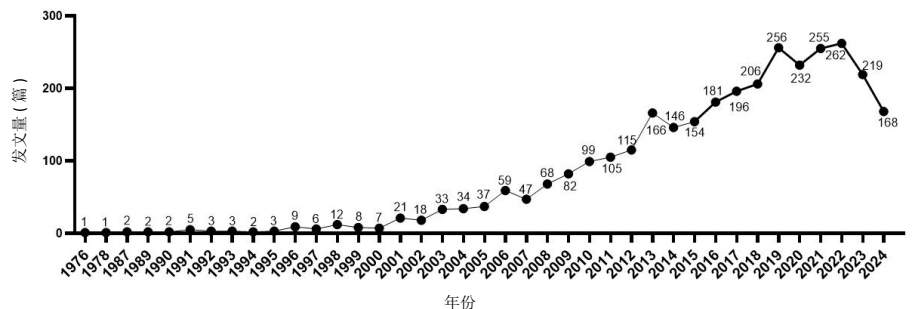
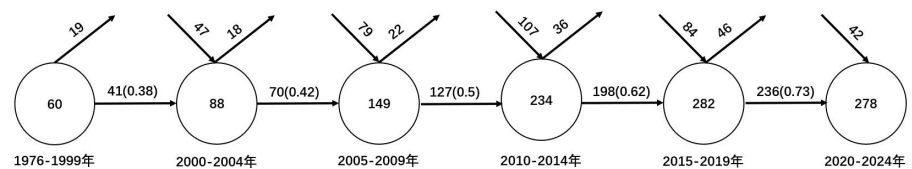


图 2 | 1976-2024 年身体活动与海马组织领域研究文献情况



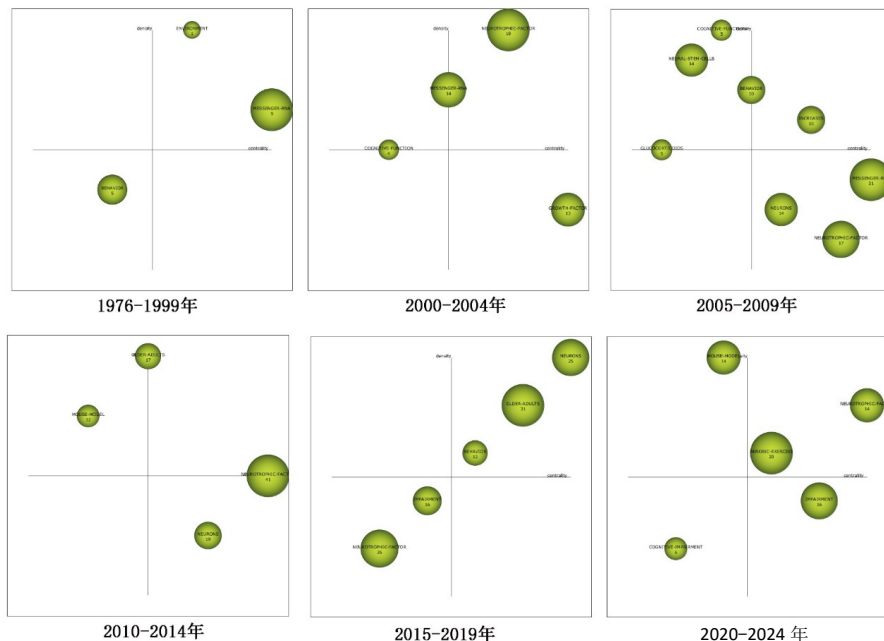
图注: 圆圈中的数字代表了对应时期的关键词数量, 斜向上箭头上的数字代表的是演化至下一时期所消亡的关键词数量, 斜向下箭头上的数字代表的是演化过程中这一时期新增的关键词数量, 水平箭头上方的数字表示相邻两时期共享关键词的数量, 括号内数字表示重叠系数。

图 3 | 1976-2024 年身体活动与海马组织领域关键词演进图

新生 47 个关键词；2000-2004 年向 2005-2009 年的演化过程中，消亡关键词为 18 个，新生关键词有 79 个；2005-2009 年向 2010-2014 年的发展过程中，有 22 个消亡关键词，而新生关键词高达 107 个；2010-2014 年向 2015-2019 年的发展过程中，消亡 36 个关键词、新生 84 个关键词；2015-2019 年向 2020-2024 年的发展过程中，消亡 46 个关键词，而新生关键词只有 42 个(2024 年数据不全)。基本上每个时期新生关键词的数量均大于消亡关键词的数量，这预示新旧研究之间的交替不断发生，说明身体活动与海马组织领域相关研究活跃度高，但值得注意的是最近几年新生关键词数量大幅降低，这也可能预示着此领域的研究逐渐成熟但缺乏新的创新与突破点。总体来说，身体活动与海马组织领域的研究呈现出蓬勃发展的态势，相关研究日趋深入，未来发展空间较大。

2.2.2 研究主题演化状态分析 图 4 呈现了 1976-1999 年、2000-2004 年、2005-2009 年、2010-2014 年、2015-2019 年和 2020-2024 年 6 个阶段身体活动与海马组织领域研究主题演化状态。在战略坐标图中，各时期 4 个象限的主题聚类分别有不同的性质^[17]：主题聚类位于第 1 象限，中心度(Centrality)和密度(Density)值均为正数值，表明该主题内部联系紧密，发展程度高；主题聚类位于第 2 象限，中心度值为负数值，密度值为正数值，表明该主题成熟度高但外部联系较弱，一般其专业性较强；主题聚类位于第 3 象限，中心度和密度值均为负数值，表明该主题是处于边缘位置的薄弱研究，往往是新生或衰退的主题；主题聚类位于第 4 象限，中心度值为正数值，密度值为负数值，表明该主题虽然处在核心地位，发展潜力大，但成熟度不高，仍然对研究领域有很大的影响力。将得到的 29 个相关研究主题聚类按不同战略区域进行划分，具体见表 1。

(1) 传统主题演化状态：在身体活动与海马组织研究领域发展的第一个时间段，也就是 1976-1999 年期间，共有 MESSENGER-RNA(mRNA)、ENVIRONMENT(环境)和



图注：以中心度为横轴、密度为纵轴绘制主题战略坐标图，图中每个圆形节点代表一个主题聚类，节点中的文字为主题名称，节点中的数字为主题相关文献数量。圆形节点的面积越大，表明该主题在这一区间受关注程度越高及研究热度大。中心度：表示主题之间的互动强度，其数值越大，互动强度越大，预示着在研究领域越处于中心地位。密度：表示主题内部关键词之间的关联程度，其数值越大，内部关键词间的关联程度越高，预示主题发展越成熟。

图 4 | 身体活动与海马组织领域各时间段的主题战略坐标图

表 1 | 研究主题战略坐标图各象限主题聚类情况

时间	第一象限	第二象限	第三象限	第四象限
1976-1999 年	环境、mRNA		行为	
2000-2004 年	神经营养因子	mRNA、认知功能		生长因子
2005-2009 年	增长	行为、认知功能、神经		神经元、mRNA、神经营养因子
2010-2014 年		老年人、模型鼠		神经营养因子、神经元
2015-2019 年	神经元、老年人、行为		障碍、神经	
2020-2024 年	神经营养因子、有氧运动	模型鼠	营养因子	认知障碍 障碍

BEHAVIOR(行为)3 个主题聚类，通过分析这 3 个主题聚类的走向，可以理清传统主题演化的状态。

MESSENGER-RNA(mRNA) 在 1976-1999 年为最大主题聚类，发文量最多，该主题位于第一象限，中心度高，密度相对较低，发展潜力大，是该时期的引擎主题。在 2000-2004 年该主题向第二象限移动，在这一时期，该主题开始具有较高的成熟度。但是在 2005-2009 年，该主题位于第四象限，表明在这一时期该主题虽然成熟度降低，但是仍然处于核心地位。在随后的演化中，该主题最终演化为 NEUROTROPHIC-FACTOR(神经营养因子)主题聚类。ENVIRONMENT(环境)在 1976-1999 年位于第一象限，密度较高，但中心度较低。BEHAVIOR(行为)在 1976-1999 年位于第三象限，

其属于边缘主题。然而，这两个主题在 2000-2004 年这一阶段共同演化为 GROWTH-FACTOR(生长因子)这一主题。

(2) 现代主题演化现状：在身体活动与海马组织研究领域发展的最近一个时间段，也就是 2020-2024 年期间，共有 NEUROTROPHIC-FACTOR(神经营养因子)、AEROBIC-EXERCISE(有氧运动)、MOUSE-MODEL(模型鼠)、IMPAIRMENT(障碍)和 COGNITIVE-IMPAIRMENT(认知障碍)5 个主题聚类，通过分析这 5 个主题聚类的走向，可以理清现代主题演化的现状。

位于第一象限的主题词包括 NEUROTROPHIC-FACTOR(神经营养因子)和 AEROBIC-EXERCISE(有氧运动)。这些主题其内部连接程度和外部连接程度都较高，有着较强的稳定性和向外扩散的能力，表明这些研究方向相

子, 能够与特定的受体结合, 从而激活或抑制细胞内的信号转导途径其在海马组织的发育、维持和功能发挥中扮演着至关重要的角色, 对于人类的认知和行为具有重要的影响^[39]。在神经营养因子主题中, 脑源性神经营养因子无疑是最受关注的对象, 大量研究报道了不同运动方式对不同人群、不同实验鼠模型海马组织脑源性神经营养因子的有益影响, 并报道了脑源性神经营养因子与记忆功能和海马神经可塑性之间的关系^[40-41]。同时, 也有研究发现人体血清中的脑源性神经营养因子不会长期升高, 甚至可能在高水平身体活动人群中被长期抑制^[42]。身体活动对神经营养因子的影响是十分复杂的过程, 未来关于这一领域的研究将会是重要的方向之一, 因此, 十分值得学者们关注。

(2) 行为演化路径及环境演化路径: 这 2 条演化路径在 2000-2004 年便已融合成共同的演化路径。主要包括以下 4 条子路径: ①行为/环境 → 生长因子 → 增长 → 老年人 → 有氧运动; ②行为/环境 → 生长因子 → 神经元 → 模型鼠; ③行为/环境 → 生长因子 → 神经元 → 障碍; ④行为/环境 → 生长因子 → 神经元 → 认知障碍。第一条路径主要探究的有氧运动对老年人海马组织生长因子及其受体的影响, 探究老年人接受有氧运动干预后焦虑等行为反应; 第二条路径主要关注的是不同身体活动干预方式对模型鼠海马组织神经元、生长因子表达等的影响; 第三条路径主要关注的是不同身体活动干预方式对学习记忆障碍者海马组织神经元、生长因子表达等的影响; 第四条路径主要关注的是不同身体活动干预方式对轻度认知障碍等患者海马组织神经元、生长因子表达等的影响。上述研究路径提示, 在探究身体活动对海马组织影响的过程中, 研究的对象主要涉及老年人、轻度认知障碍患者、学习记忆障碍者及相应的病理模型鼠, 而老年人(2015-2019 年位于第一象限)及相应的病理模型鼠(2020-2024 年位于第二象限)则是重点研究对象。海马组织中的神经元, 尤其是中间神经元, 对于记忆和学习功能至关重要, 这些神经元通过复杂的抑制性回路调节大

脑活动, 从而认知过程^[43]。生长因子对海马神经元的生长、分化、突触形成和功能维持等方面具有重要的影响, 这些生长因子通过与相应的受体结合, 激活下游信号通路, 从而调控海马神经元的生物学行为^[44]。许多研究已发现, 适当的身体活动能够增加海马组织相关区域内的生长因子的表达, 从而诱导海马神经发生, 进而对几种神经系统疾病的记忆和认知恢复具有重要作用^[45-46]。认知障碍作为新发展出来的主题, 虽然位于第四象限, 却是由上一阶段位于第一象限的神经元主题演化而来, 未来也很有可能发展成为较为成熟的主题, 从而成为该领域未来研究的重要方向之一, 因此, 也十分值得学者们关注。

(3) 认知功能演化路径: 主要包括以下一条路径, 即认知功能 → 老年人 → 有氧运动。该演化路径主要探究的是有氧运动对老年人认知功能的影响。在过去的几十年里, 越来越多的来自动物和人类模型的研究表明, 身体活动对衰老的大脑有益, 对海马体积、激活和与记忆相关的认知过程有良好的改善作用^[47]。通过使用结构磁共振成像技术研究运动对海马体长期体积变化的影响, 发现单次运动可导致健康老年人海马体的微结构改变, 而这些差异可能与海马细胞外空间和胶质、突触和树突的变化有关^[48]。探究有氧运动结合不同认知干预手段对老年人认知的影响已成为新的关注点, 如有学者发现为期 4 周的记忆训练和有氧运动干预足以提高老年人的记忆、注意力和推理能力^[49]; 有氧运动结合视频游戏干预方式可以通过不同的结构和功能途径诱导老年人海马的可塑性^[50]。值得注意的是, 有氧运动的强度水平差异很大。中等强度活动(如快走)通常需要 3.0-6.0 代谢当量, 而高强度活动(如跑步)则需要 6.0 或更高的代谢当量^[21]。目前在领域, 使用有氧运动干预的试验通常采用的是中等到大强度的活动, 然而, 即使是轻度到中等强度的活动, 也可能引起有益的身体反应。因此, 与其他有氧运动参数(如运动的时间、频率或类型)相比, 有氧运动的强度是否对海马组织有重要影响, 是未来研究的重要方向之一。

3 小结 Conclusions

3.1 研究主题动态演化分析 此次研究利用 SciMAT 工具得到身体活动与海马组织领域的关键词战略分布与关键词演化脉络, 从多角度分析该领域的动态演进过程, 清晰地展现出研究的发展状态及知识结构的变化情况。从关键词的数量和发展来看, 身体活动与海马组织领域的研究呈现蓬勃发展态势, 相关研究日趋深入, 未来发展空间较大。从各研究阶段演化情况来看, 身体活动与海马组织研究领域可分为 mRNA、行为、环境和认知功能 4 个主要演化方向, 并形成了 7 条子演化路径。通过路径分析发现, “神经营养因子”“有氧运动”“认知障碍”等主题可能是未来的研究重点。该研究领域重点关注的人群为老年人, 同时利用不同的模型鼠(阿尔茨海默病、抑郁症和帕金森症病理鼠模型)探究身体活动对海马组织影响的机制推动了该领域的深入研究。

3.2 研究的创新与不足之处 在严格遵从 SciMAT 可视化分析方法的基础上, 此次研究得到了准确而严密的观点, 用数据可视化的方式把身体活动与海马组织领域复杂的演化进程进行了直观的展现, 探明了此领域研究现状与未来发展, 总结了研究热点和趋势, 为未来研究探明了方向。

由于分析软件功能限制, 此次研究所分析的文献均来自 Web of Science 核心合集数据库, 从而可能导致文献收录不全, 不能对此领域所有文献做全面的分析, 这可能会导致分析结果与实际情况并不完全相符; 另外, 此次研究只采用 SciMAT 一种工具对身体活动与海马组织领域研究主题的动态演化进行分析, 未能全面的从文献中提取需要的信息。在此次研究的基础上, 未来可采用多种可视化工具结合的方法, 选择身体活动与海马组织的某一重点研究主题(如有氧运动、神经营养因子等), 同时利用多种数据库搜集相关文献, 从而更加深入了解有哪些值得进一步研究的问题。

作者贡献: 通讯作者负责综述构思设计, 所有作者负责文献数据收集与分析, 第一作者负责论文撰写, 通讯作者负责文章校对。

利益冲突: 文章的全部作者声明, 在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突。



开放获取声明: 这是一篇开放获取文章, 根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享 4.0”条款, 在合理引用的情况下, 允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展, 同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献, 并为之建立索引, 用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

版权转让: 文章出版前全体作者与编辑部签署了文章版权转让协议。

出版规范: 该文章撰写遵守了国际医学期刊编辑委员会《学术研究实验与报告和医学期刊编辑与发表的推荐规范》。文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行 3 次查重。文章经小同行外审专家双盲外审, 同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

4 参考文献 References

[1] MICHELLE WV, CARMEN S, SEUNGWOO Y, et al. Exercise and Hippocampal Memory Systems. *Trends Cogn Sci.* 2019;23(4):318-333.

[2] KIRK IE, DESTINY LM, KATHRYN AR. The aging hippocampus: interactions between exercise, depression, and BDNF. *Neuroscientist.* 2012; 18(1):82-97.

[3] FATEMEH P, RAHIM M, MASOUD R. Exercise and Syzygium aromaticum reverse memory deficits, apoptosis and mitochondrial dysfunction of the hippocampus in Alzheimer's disease. *J Ethnopharmacol.* 2021;286(25):114871.

[4] C'IANA C, HYO YOUL M, HENRIETTE VP. On the Run for Hippocampal Plasticity. *Cold Spring Harb Perspect Med.* 2017;8(4):a029736.

[5] EMRAH D, HENRIETTE VP, MICHAEL S. Can physical exercise in old age improve memory and hippocampal function? *Brain.* 2016;139(3):662-673.

[6] ROBERT RK, BRADLEY RK. The effects of peripheral hormone responses to exercise on adult hippocampal neurogenesis. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2023;14(24):1202349.

[7] KAIYIN C, CHAOYANG L, GUOLIANG F. Aerobic Exercise Delays Alzheimer's Disease by Regulating Mitochondrial Proteostasis in the Cerebral Cortex and Hippocampus. *Life (Basel).* 2023;13(5):1204.

[8] DOMINGOS C, PÉGO JM, SANTOS NC. Effects of physical activity on brain function and structure in older adults: A systematic review. *Behav Brain Res.* 2020;402:113061.

[9] DE SNOO ML, MILLER AMP, RAMSARAN AI, et al. Exercise accelerates place cell representational drift. *Curr Biol.* 2023;33(3):R96-R97.

[10] YE L, JIAN X, XIYAO G, et al. Mapping the current trends and hotspots of adult hippocampal neurogenesis from 2004-2023: a bibliometric analysis. *Front Neurosci.* 2024;18:1416738.

[11] RAMPASSO IS, SANTANA M, SERAFIM MP, et al. Anholon R. Trends in remote work: A science mapping study. *Work.* 2022;71(2):441-450.

[12] 陈晓鹏, 严晓燕, 孙洋, 等. 基于 ScimAT 的防护服研究动态演进分析 [J]. *服装学报*, 2023, 8(6):521-528.

[13] 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, 23(5):94-102+132.

[14] 李丽霞, 任卓明, 张子柯. 基于关键词的知识图谱挖掘信息技术学科演化趋势 [J]. *电子科技大学学报*, 2020, 49(5):780-787.

[15] 陶文兵, 金海. 一种新的基于图谱理论的图像阈值分割方法 [J]. *计算机学报*, 2007, 30(1): 110-119.

[16] 董雪季, 王晓慧. 国际科学计量学研究主题动态演化路径分析 [J]. *数字图书馆论坛*, 2018(10): 9-17.

[17] CARRASCO-GARRIDO C, DE-PABLOS-HEREDERO C, RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ J. Exploring hybrid telework: A bibliometric analysis. *Heliyon.* 2023;9(12): e22472.

[18] EVA S, BENJAMIN R, OLIVER G, et al. Effects of exergaming on hippocampal volume and brain-derived neurotrophic factor levels in Parkinson's disease. *Eur J Neurol.* 2021;29(2):441-449.

[19] YUKI T, KAZUYA S, SONG-GYU R, et al. Short-term running exercise alters DNA methylation patterns in neuronal nitric oxide synthase and brain-derived neurotrophic factor genes in the mouse hippocampus and reduces anxiety-like behaviors. *FASEB J.* 2021;35(8):e21767.

[20] AGUIAR AS JR, STRAGIER E, DA LUZ SCHEFFER D, et al. Effects of exercise on mitochondrial function, neuroplasticity and anxiety-depressive behavior of mice. *Neuroscience.* 2014;271:56-63.

[21] AGHIAYAN SL, LESNOVSKAYA A, ESTEBAN-CORNEJO I, et al. Aerobic exercise, cardiorespiratory fitness, and the human hippocampus. *Hippocampus.* 2021;31(8):817-844.

[22] HENDRIKSE J, CHYE Y, THOMPSON S, et al. Regular aerobic exercise is positively associated with hippocampal structure and function in young and middle-aged adults. *Hippocampus.* 2022;32(3): 137-152.

[23] CHOI SH, BYLYKBASHI E, CHATILA ZK, et al. Combined adult neurogenesis and BDNF mimic exercise effects on cognition in an Alzheimer's mouse model. *Science.* 2018;361(6406): eaan8821.

[24] HANNA C, HAMILTON J, ARNAVUT E, et al. Brain Mapping the Effects of Chronic Aerobic Exercise in the Rat Brain Using FDG PET. *J Pers Med.* 2022; 12(6):860.

[25] HAN P, GU BY, MU LW, et al. Moderate-Intensity Treadmill Exercise Regulates GSK3 α / β Activity in the Cortex and Hippocampus of APP/PS1 Transgenic Mice. *J Integr Neurosci.* 2024;23(7):136.

[26] LI Y, LUO YM, ZHU PL, et al. Running exercise improves astrocyte loss, morphological complexity and astrocyte-contacted synapses in the hippocampus of CUS-induced depression model mice. *Pharmacol Biochem Behav.* 2024; 239:173750.

[27] JIANG HL, KIMURA Y, INOUE S, et al. Effects of different exercise modes and intensities on cognitive performance, adult hippocampal neurogenesis, and synaptic plasticity in mice. *Exp Brain Res.* 2024;242(7):1709-1719.

[28] KHAN MB, ALAM H, SIDDIQUI S, et al. Exercise Improves Cerebral Blood Flow and Functional Outcomes in an Experimental Mouse Model of Vascular Cognitive Impairment and Dementia (VCID). *Transl Stroke Res.* 2024;15(2):446-461.

[29] TAO X, SUN RF, HAN CL, et al. Cognitive-motor dual task: An effective rehabilitation method in aging-related cognitive impairment. *Front Aging Neurosci.* 2022;14:1051056.

[30] WANG R, ZHANG HY, LI HJ, et al. The influence of exercise interventions on cognitive functions in patients with amnesic mild cognitive impairment: A systematic review and meta-analysis. *Front Public Health.* 2022;10:1046841.

[31] JIN Y, LI X, WEI CL, et al. Effects of exercise-targeted hippocampal PDE-4 methylation on synaptic plasticity and spatial learning/memory impairments in D-galactose-induced aging rats. *Exp Brain Res.* 2024;242(2):309-320.

[32] SUN GC, LEE VJ, LEE YC, et al. Exercise prevents the impairment of learning and memory in prenatally phthalate-exposed male rats by improving the expression of plasticity-related proteins. *Behav Brain Res.* 2021;413:113444.

[33] KIM TW, PARK SS, KIM SH, et al. Exercise before pregnancy exerts protective effect on prenatal stress-induced impairment of memory, neurogenesis, and mitochondrial function in offspring. *J Exerc Rehabil.* 2024;20(1):2-10.

[34] CUSTODIO RJP, KIM HJ, KIM J, et al. Hippocampal dentate gyri proteomics reveals Wnt signaling involvement in the behavioral impairment in the THRSF-overexpressing ADHD mouse model. *Commun Biol.* 2023;6(1):55.

[35] MO FF, ZHANG HW, TANG YX, et al. Pyruvate accumulation may contribute to acceleration-induced impairment of physical and cognitive abilities: an experimental study. *Biosci Rep.* 2021; 41(4):BSR20204284.

[36] PARNPIANSIL P, JUTAPAKDEEGUL N, CHENTANEZ T, et al. Exercise during pregnancy increases hippocampal brain-derived neurotrophic factor mRNA expression and spatial learning in neonatal rat pup. *Neurosci Lett.* 2003;352(1):45-48.

[37] TAKAMATSU Y, INOUE T, NISHIO T, et al. Potential effect of physical exercise on the downregulation of BDNF mRNA expression in rat hippocampus following intracerebral hemorrhage. *Neurosci Lett.* 2024;824:137670.

[38] SOLVSTEN CAE, DAUGAARD TF, LUO Y, et al. The Effects of Voluntary Physical Exercise-Activated Neurotrophic Signaling in Rat Hippocampus on mRNA Levels of Downstream Signaling Molecules. *J Mol Neurosci.* 2017;62(2):142-153.

[39] TRAN PV, CARLSON ES, FRETAM SJB, et al. Early-Life Iron Deficiency Anemia Alters Neurotrophic Factor Expression and Hippocampal Neuron Differentiation in Male Rats. *J Nutr.* 2008;138(12): 2495-2501.

[40] BOSCH BM, BRINGARD A, LOGRIECO MG, et al. A single session of moderate intensity exercise influences memory, endocannabinoids and brain derived neurotrophic factor levels in men. *Sci Rep.* 2021;11(1):14371.

[41] LIANG ZQ, ZHANG Z, QI S, et al. Effects of a Single Bout of Endurance Exercise on Brain-Derived Neurotrophic Factor in Humans: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Biology (Basel).* 2023;12(1):126.

[42] SPARTANO NL, HIMALI JJ, TRINQUART L, et al. Accelerometer-Measured, Habitual Physical Activity and Circulating Brain-Derived Neurotrophic Factor: A Cross-Sectional Study. *J Alzheimers Dis.* 2022;85(2):805-814.

[43] VASUDEVAN K, HASSELL JE JR, MAREN S. Hippocampal Engrams and Contextual Memory. *Adv Neurobiol.* 2024;38:45-66.

[44] LEITER O, BRICI D, FLETCHER SJ, et al. Platelet-derived exerkine CXCL4/platelet factor 4 rejuvenates hippocampal neurogenesis and restores cognitive function in aged mice. *Nat Commun.* 2023;14(1):4375.

[45] NIU XJ, ZHAO YH, YANG N, et al. Proteasome activation by insulin-like growth factor-1/nuclear factor erythroid 2-related factor 2 signaling promotes exercise-induced neurogenesis. *Stem Cells.* 2020;38(2):246-260.

[46] HALL JM, GOMEZ-PINILLA F, SAVAGE LM. Nerve Growth Factor Is Responsible for Exercise-Induced Recovery of Septohippocampal Cholinergic Structure and Function. *Front Neurosci.* 2018;12:773.

[47] VARMA VR, TANG X, CARLSON MC. Hippocampal Sub-Regional Shape and Physical Activity in Older Adults. *Hippocampus.* 2016;26(8):1051-1060.

[48] CALLOW DD, WON J, ALFINI AJ, et al. Microstructural Plasticity in the Hippocampus of Healthy Older Adults after Acute Exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2021;53(9):1928-1936.

[49] MCEWEN SC, SIDDARTH P, ABDELSTATER B, et al. Simultaneous Aerobic Exercise and Memory Training Program in Older Adults with Subjective Memory Impairments. *J Alzheimers Dis.* 2018; 62(2):795-806.

[50] CUI XY, GUI WJ, MIAO JW, et al. A Combined Intervention of Aerobic Exercise and Video Game in Older Adults: The Efficacy and Neural Basis on Improving Mnemonic Discrimination. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2023;78(8):1436-1444.

(责任编辑: GD, ZN, QY, LCH)