

基于Web of Science数据库的老年性肌少症与线粒体相关性研究热点和趋势可视化分析



余若如¹, 冯 诚², 郑淑煜¹, 吴 磊³, 勇入琳⁴

1. 浙江中医药大学第四临床医学院 (杭州 310005)
2. 浙江中医药大学第三临床医学院 (杭州 310053)
3. 浙江中医药大学附属第三医院针灸科 (杭州 310009)
4. 浙江中医药大学护理学院 (杭州 310005)

【摘要】目的 分析 2008—2024 年老年性肌少症与线粒体相关性研究的现状、热点及发展趋势, 为该领域的后续研究提供参考。**方法** 检索 2008 年 1 月 1 日至 2024 年 12 月 31 日 Web of Science 核心合集数据库收录的老年性肌少症与线粒体相关性研究的文献, 使用 R 4.2.0 软件的 Bibliometrix 包对发文国家、合作网络、作者、机构、期刊、高被引文献、关键词和文献被引频次进行定量和可视化分析, 并运用 H 指数分析作者的学术影响力。**结果** 共纳入 1 219 篇文献, 2008—2024 年发文量总体呈上升趋势。累计发文量排名前三位的国家分别是美国、中国和意大利; 发文量排名前三位的期刊分别为 *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*、*International Journal of Molecular Sciences* 和 *Experimental Gerontology*; H 指数排名前六位的作者分别为 Marzetti E、Calvani R、Picca A、Van Remmen H、Leeuwenburgh C 和 Bernabei R; 被引频次最高的文献是 “*Sarcopenia: aging-related loss of muscle mass and function*”; 出现频次排名前五的关键词分别为 skeletal-muscle、sarcopenia、oxidative stress、exercise 和 expression。**结论** 老年性肌少症与线粒体相关性研究领域呈现良好的发展态势。未来需加强跨国家、跨机构和跨学科合作, 可重点关注线粒体融合蛋白等对线粒体功能的影响, 以及饮食和运动对老年性肌少症的干预作用等方面的探索。

【关键词】 老年性肌少症; 线粒体; Web of Science; 文献计量学; 可视化分析

【中图分类号】 R 685 **【文献标识码】** A

Visual analysis of research hotspots and trends in the association between senile sarcopenia and mitochondria based on Web of Science database

YU Ruoru¹, FENG Cheng², ZHENG Shuyu¹, WU Lei³, YONG Rulin⁴

1. The fourth School of Clinical Medicine, Zhejiang Chinese Medical University, Hangzhou 310005, China
 2. The Third School of Clinical Medicine, Zhejiang Chinese Medical University, Hangzhou 310053, China
 3. Department of Acupuncture and Moxibustion, The Third Affiliated Hospital of Zhejiang Chinese Medical University, Hangzhou 310009, China
 4. School of Nursing, Zhejiang Chinese Medical University, Hangzhou 310005, China
- Corresponding author: YONG Rulin, Email: yong198924@126.com

DOI: 10.12173/j.issn.1004-4337.202504051

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目 (82405563); 浙江省自然科学基金项目 (LQ20H270004); 浙江省大学生创新创业训练计划项目 (S202410344133); 浙江中医药大学校级科研项目 (2024JKZKTS30)

通信作者: 勇入琳, 博士, 副研究员, Email: yong198924@126.com

【Abstract】Objective To analyze the research status, hotspots and development trends of research on the correlation between senile sarcopenia and mitochondria from 2008 to 2024, and to provide references for future studies in this field. **Methods** The literature on the correlation between senile sarcopenia and mitochondria included in the Web of Science Core Collection database from January 1, 2008 to December 31, 2024 were retrieved. The Bibliometrix package of R 4.2.0 software was used to conduct quantitative and visual analyses of the publishing countries, cooperative networks, authors, institutions, journals, highly cited article, keywords and citation frequency of literature, and the H-index was used to analyze the academic influence of the authors. **Results** A total of 1 219 articles were included. The number of published articles from 2008 to 2024 generally showed an upward trend. The top three countries in terms of cumulative publications were the United States, China and Italy. The top three journals in terms of publications were *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, *International Journal of Molecular Sciences*, and *Experimental Gerontology*. The top six authors in the H-index ranking were Marzetti E, Calvani R, Picca A, Van Remmen H, Leeuwenburgh C and Bernabei R. The most frequently cited references were "Sarcopenia: aging-related loss of muscle mass and function". The top five keywords with the highest frequency of occurrence were skeletal muscle, sarcopenia, oxidative stress, exercise, and expression. **Conclusion** The research field of the correlation between senile sarcopenia and mitochondria showed a good development trend. In the future, it is necessary to strengthen cross-national, cross-institutional and cross-disciplinary cooperation, and focus on the exploration of the influence of mitochondrial fusion proteins on mitochondrial function, as well as the intervention effect of diet and exercise on senile sarcopenia.

【Keywords】 Senile sarcopenia; Mitochondria; Web of Science; Bibliometrics; Visual analysis

随着人口数量的增长,老龄化已成为重要的社会问题,老年性疾病也成为社会负担加重的重要因素之一。肌少症,又称肌肉减少症,是一种与增龄相关的进行性、全身性肌肉量减少,肌肉力量下降和(或)躯体功能减退的老年综合征,在 60~70 岁及 80 岁以上的老年人群中其发病率分别高达 5%~13% 和 11%~50%^[1]。老年性肌少症临床表现为肌肉体积变小、虚弱、耐力降低、平衡功能下降和行走困难等,其发生机制涉及神经肌肉功能下降、慢性炎症、酸碱失衡和线粒体功能障碍等^[2-4]。该病在老年人群中多发,极大影响患者的生活质量。常与慢性疾病有关,如糖尿病和肥胖相关的代谢功能障碍易引起老年性肌少症^[5]。老年性肌少症已被国际公认为一种新的老年综合征,对老年人的身心健康产生不利影响,引起衰弱、跌倒、失能和生活质量下降,甚至增加死亡风险^[6-7]。目前,针对可改变的因素实施的老年性肌少症治疗方法主要包括激素替代疗法、运动或营养干预^[8]。尽管已有研究揭示线粒体功能障碍是老年性肌少症的关键病理机制^[4],但线粒体动力学失衡与骨骼肌蛋白质代谢紊乱的互作网络尚未完全阐明,且针对线粒体靶点的精准干预策略仍缺乏相关研究证据。通过探究老年性肌

少症与线粒体相关性研究热点和趋势,可以为研究者提供更加精准的研究方向,从而对于全面认识、积极干预老年性肌少症,改善老年人生活质量、减轻社会负担具有重要作用^[9]。

研究表明,骨骼肌质量下降与线粒体功能紊乱相关,是导致老年性肌少症的重要因素之一^[10]。线粒体通常被认为是细胞的能量库,其不断产生三磷酸腺苷,从而维持正常的细胞功能,调节细胞增殖和 Ca^{2+} , 以及整合凋亡信号^[11]。线粒体质量控制涉及生物合成、融合-裂变和自噬,且多种细胞因子和分子信号参与其中,共同保持线粒体完整性。若线粒体质量控制失败,可能导致线粒体功能障碍和肌肉功能退化^[12]。老年性肌少症骨骼肌中的线粒体处于蛋白质失衡状态,主要是由于线粒体翻译的选择性缺陷。有研究提出,在运动干预的基础上纠正线粒体蛋白质合成,可以改善骨骼肌质量^[13]。此外,老年性肌少症作为增龄相关性疾病,其关键病理环节是骨骼肌中衰老细胞的异常聚集,且衰老骨骼肌中线粒体稳态丧失被认为是老年性肌少症的重要发病机制之一^[14]。在衰老细胞中,不断升高的活性氧(reactive oxygen species, ROS)水平进一步对线粒体 DNA 造成损伤, C-反应蛋白(C-reactive protein, CRP)、白细胞介素-1(interleukin-1,

IL-1)、白细胞介素-6(interleukin-6, IL-6)和肿瘤坏死因子- α (tumor necrosis factor, TNF- α)等促炎细胞因子通过骨骼肌线粒体功能障碍机制诱导细胞降解,形成恶性循环^[15-16]。目前,线粒体损伤被认为是老年性肌少症发生发展的核心环节,老年性肌少症研究和治疗受到广泛关注。本研究基于 Web of Science 数据库系统梳理了老年性肌少症与线粒体相关性研究文献,并对其研究热点和趋势进行可视化分析,以期为后续研究提供参考。

1 资料与方法

1.1 数据来源

本研究数据来源于 Web of Science 核心合集数据库,检索式为 TS=(sarcopenia OR sarcopenia's) AND TS=(mitochondrial OR mitochondria OR mitophagy),检索时限为 2008 年 1 月 1 日至 2024 年 12 月 31 日。纳入标准:老年性肌少症与线粒体相关性研究的中、英文期刊论文。排除标准:①新闻报道、科普类文章;②重复发表的文献;③无法获取全文的摘要。

1.2 数据处理与可视化分析

将检索到的相关文献以 Bibtex 格式导出,删除“review”“study”等无意义的高频词,对同义词进行合并,并替换成统一的关键词,如将“mitochondrial dysfunction”“mitochondrial impairment”“mitochondrial damage”等统一为“mitochondrial damage”。将数据导入 Bibliometrix,勾选“Overview”“Countries”“Authors”“Sources”“Social structure”等选项,使用 R 4.2.0 软件的 Bibliometrix 包对发文国家、合作网络、机构、作者、期刊、高被引文献、关键词和文献被引频次等进行定量和可视化分析,自动生成可视化图谱。运用 H 指数(H-index)评价作者的学术影响力,H 指数指某作者发表的 N 篇论文中有 h 篇每篇至少被引 h 次,其余(N-h)篇被引次数均 $\leq h$ 次^[17]。H 指数可能受学科差异影响,因此跨学科比较时需谨慎解读。运用主题地图(thematic map)功能可以帮助研究者开展主题前瞻性研究。它是以密度(density index)为纵坐标、向心度(centrality index)为横坐标而构建的二维图。若某主题密度值越大,则表明该主题成熟度越高。向心度代表某主题与其他主题

的联系强度,若某主题向心度值越大,则表明该主题与其他主题联系较为紧密,且该主题处于所有研究主题的核心位置。根据密度值和向心度值将直角坐标系分为四个象限:第一象限为 motor themes,即成熟度高的核心主题;第二象限为 Niche themes,即成熟度高的孤立主题;第三象限为 emerging or declining themes,即新主题或即将消失的主题;第四象限为 basic and transversal themes,即成熟度低的基础主题,该主题地图可能成为研究热点或未来发展的趋势。

2 结果

2.1 各年度发文量

本研究共纳入 1 219 篇文献。2008—2024 年发文量整体呈上升趋势,其中 2008—2019 年为缓慢增长期,是老年性肌少症和线粒体相关性研究前期;2020—2024 年为快速增长期,2020 年发文量突破 100 篇,并呈现大幅度增长,是老年性肌少症和线粒体相关性研究快速发展阶段,详见图 1。

2.2 关键词分析

2.2.1 词频分析

对 2008—2024 年老年性肌少症与线粒体相关性研究文献的关键词出现频次进行分析,构建关键词共现网络。该领域出现频次最高的 5 个关键词分别为 skeletal-muscle、sarcopenia、oxidative stress、exercise 和 expression。

将检索范围设定为 Keywords Plus,得到 2008—2024 年老年性肌少症与线粒体相关性研究主题图(图 2)。reactive oxygen、superoxide-dismutase、contractile activity、older-adults、body-composition 和 physical-activity 位于第二象限,是成熟度高但较为孤立的主题,主要涉及氧化应激、抗氧化机制、老年人健康、身体组成等领域,它们已经得到了充分研究,但与其他主题联系较少,表明这些领域的研究较为专业化或独立。insulin-resistance、mass 和 strength 处于象限坐标原点,是稳定且可塑性高的过渡性主题,说明通过对内分泌、运动生理和老年医学领域的结合探究,收集证据进行系统性整合、建立统一的理论模型,能产生跨学科影响力的成果。深入、聚焦的研究可以使其成为一个成熟、核心的“Motor Theme”,是未来的重要研究方向。第四象限聚焦于 sarcopenia、expression、age、skeletal-

muscle、oxidative stress 和 exercise 等基础主题，涉及骨骼肌、氧化应激和运动，这些主题是生物医学和运动科学中的基础概念，虽然成熟度较低，但与其他主题有紧密联系，表明它们可以作为支撑其他研究的基础，并有潜力成为未来研究的热点和趋势。

2.2.2 关键词演变

2008—2024 年老年性肌少症与线粒体相关性研究领域的主要关键词发生了变化，详见图3。将 2008—2024 年分为三个阶段：2008—2012 年为基础研究期，聚焦于 age-related-changes（年龄相关）和 caloric restriction（热量限制）因 PGC-1 α 通路^[18]的发现成为延缓老年性肌少症的热点策略。基因组学与蛋白质组学技术的普及推动了对衰老机制的分子层面探索，同时世界卫生组织（World Health Organization，WHO）于 2010 年将

老年性肌少症列为老年健康优先研究方向，推动基础研究投入；2013—2018 年，高分辨率成像技术推动 autophagy（线粒体自噬）与 oxidative stress（氧化应激）的机制研究，尤其 Garcia-Prat 等揭示了自噬在肌肉再生中的关键作用，2016 年国际肌少症工作组发布首版诊断标准，明确线粒体功能障碍为病理机制之一，促进氧化应激与线粒体自噬的机制研究^[19]；2019—2024 年，单细胞技术与临床需求驱动研究转向靶向 mitofusin 2 的精准干预及 dietary protein（膳食蛋白质）的协同应用。Larsson 等^[20]的综述系统整合线粒体-肌肉代谢轴理论，提出“精准营养干预”概念，促使“dietary protein”成为临床转化热点；随着老年人群免疫力与肌肉功能下降问题凸显，WHO 于 2021 年将老年性肌少症纳入慢性病管理指南，加速了营养与运动干预的临床研究。

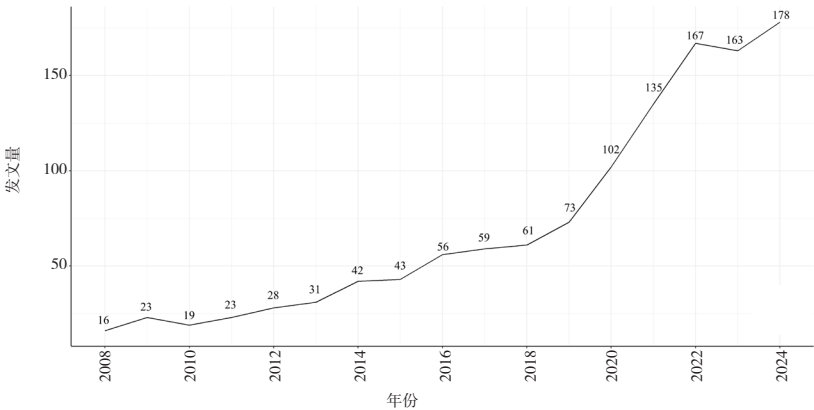


图1 2008—2024年老年性肌少症与线粒体相关性研究年度发文量

Figure 1. The number of published articles on the correlation between senile sarcopenia and mitochondria from 2008 to 2024

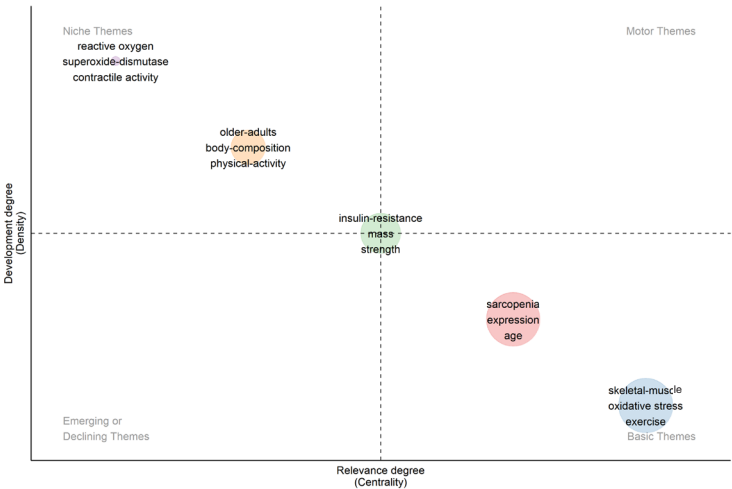


图2 2008—2024年老年性肌少症与线粒体相关性研究的主要关键词

Figure 2. Main keywords of research on the correlation between senile sarcopenia and mitochondria from 2008 to 2024

注：centrality，向心度；density，密度。

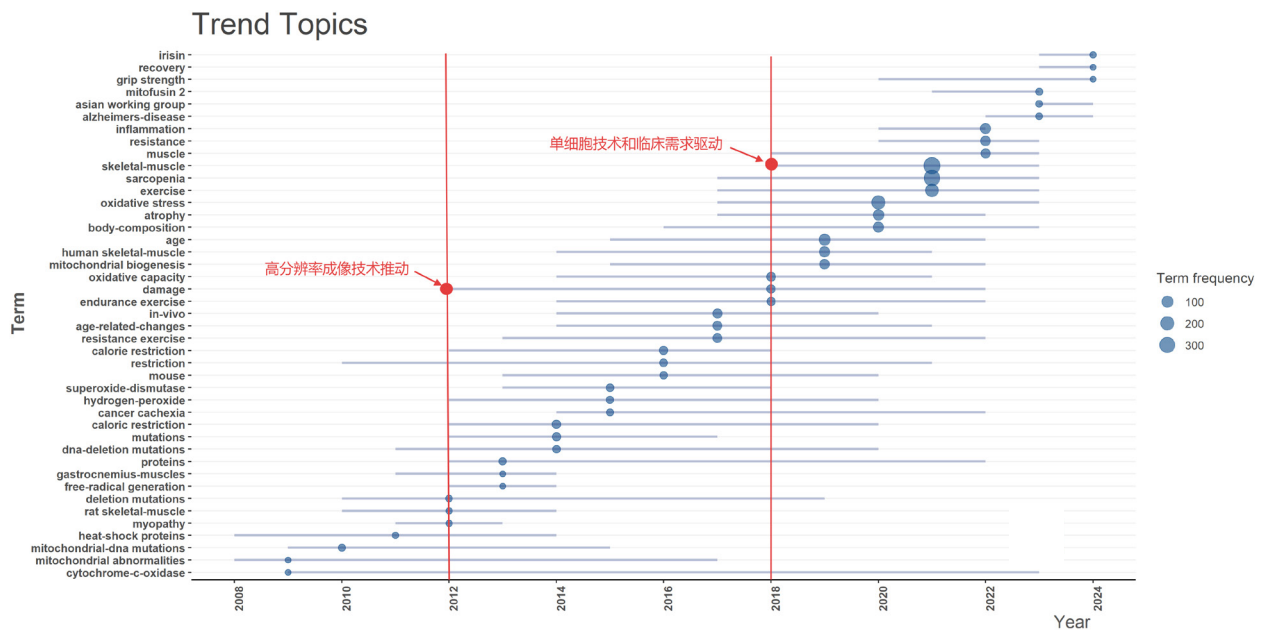


图3 2008—2024年老年性肌少症与线粒体相关性研究主要关键词演变
Figure 3. The evolution of main keywords in research on the correlation between senile sarcopenia and mitochondria from 2008 to 2024

2.3 发文国家分析

2008—2024 年老年性肌少症和线粒体相关性研究文献的累计发文量总体呈现上升趋势，且不同国家对该领域研究的贡献程度不同。本次分析基于作者所属国家进行累计，即同一篇文献中每位作者均按其所属国家计 1 次，无论作者位次，因此各国发文量总和可能大于纳入文献总数。如图 4 所示，从 2020 年开始，各国年发文量明显增长，至 2024 年仍有增长趋势。截至 2024 年，累计发文量最多的前 5 个国家分别为美国（1 717 篇）、中国（993 篇）、意大利（678 篇）、韩国（474 篇）、日本（438 篇）。其中美国发文量最多，且远超于其他国家。中国在 2008—2016 年间发文量较少，增长趋势缓慢，之后发文量明显升高，2024 年显著高于 2021 年，并呈现持续增长趋势，2020 年累计发文量超过日本和韩国，2022 年累计发文量超过意大利。

在该领域各国家间存在密切联系，对其中发文量较多的国家生成国家合作网络，见图 5。图中国家节点之间的连线代表两者之间存在合作关系，连线越多反映合作越密切。可以看出，与美国有合作关系的国家数量最多。其中，美国与意大利的联系最为密切，其次是英国。在地图上，合作网络呈现以美国为中心的放射状分布，表明

美国在该研究领域拥有更多的资源，从而成为各国寻求合作的对象。中国也融入了这一全球合作网络，与美国、英国和日本等多个国家建立了合作关系，显示出积极的国际化姿态。

2.4 发文作者和机构分析

根据 H 指数对发文作者的学术影响力进行分析，H 指数排名前六位的作者依次为 Marzette E、Calvani R、Picca A、Van Remmen H、Leeuwenburgh C 和 Bernabel R，见图 6。

发文量排名前六位的机构分别为 University of Florida（101 篇）、Università Cattolica del Sacro Cuore（75 篇）、McGill University（60 篇）、University of Washington（55 篇）、Newcastle University（54 篇）和 University of Wisconsin（54 篇），见图 7。

2.5 发文期刊分析

发文量排名前五位的期刊分别为 *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*（68 篇）、*International Journal of Molecular Sciences*（61 篇）、*Experimental Gerontology*（52 篇）、*Nutrients*（52 篇）和 *The Journals of Gerontology: Series A-biological Sciences and Medical Sciences*（36 篇），见图 8。

2.6 高被引文献分析

2008—2024 年老年性肌少症与线粒体相关性研究的高被引文献见表 1。总被引频次排名第一的文献是“*Sarcopenia: aging-related loss of muscle*

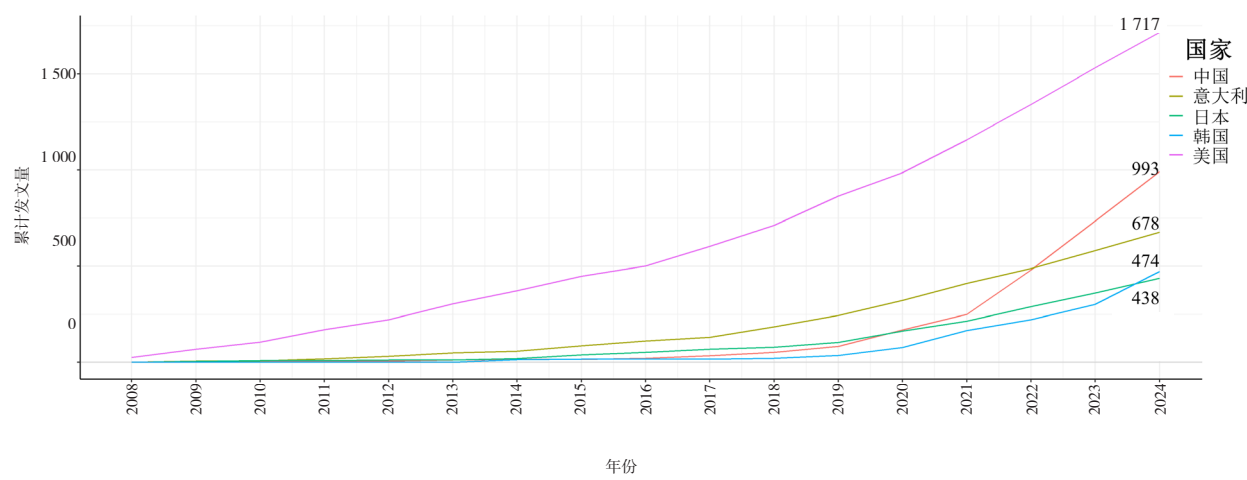


图4 2008—2024年老年性肌少症与线粒体相关性研究文献国家分布与趋势

Figure 4. Country distribution and trend of research on the correlation between senile sarcopenia and mitochondria from 2008 to 2024

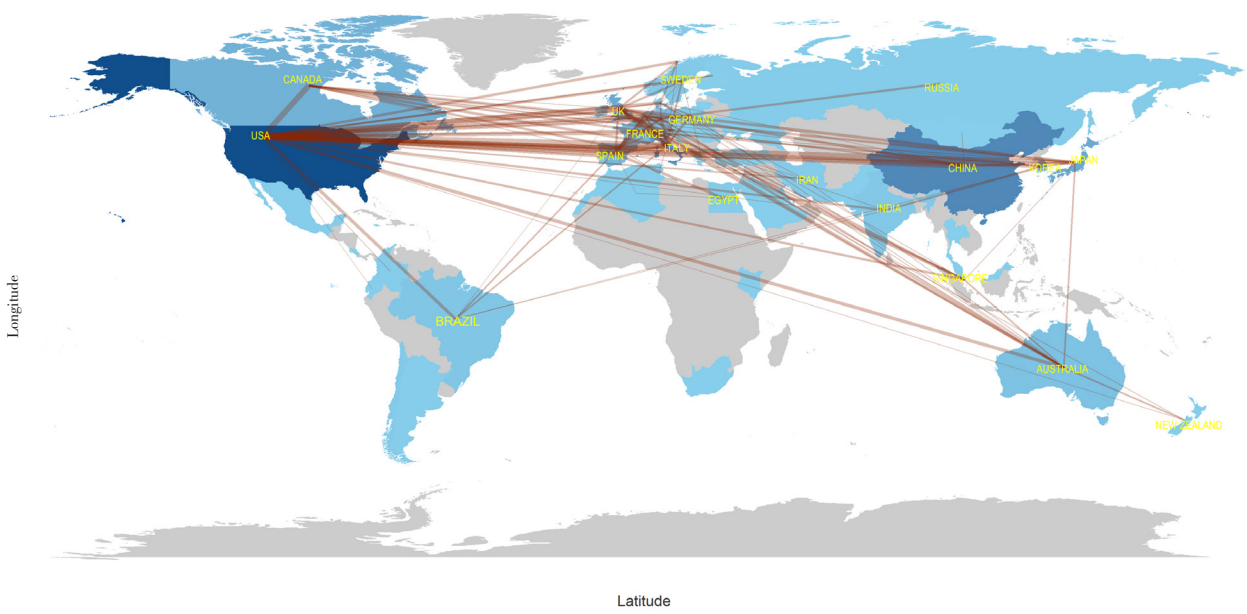


图5 2008—2024年老年性肌少症与线粒体相关性研究的国家合作网络

Figure 5. National collaboration network of research on the correlation between senile sarcopenia and mitochondria from 2008 to 2024

注：颜色表示合作强度（深蓝色=高强度，浅蓝色=低强度）；连线粗细表示合作频次。

mass and function”^[20]，探讨与衰老相关的肌肉质量减少和功能丧失的老年性肌少症，共被引 1 066 次；排名第二的文献是“Autophagy maintains stemness by preventing senescence”^[19]探讨细胞通过自噬作用防止衰老对肌肉再生的重要意义，共被引 1 065 次；排名第三的文献为“Sarcopenia: etiology, clinical consequences, intervention, and assessment”^[21]，探讨老年性肌少症的病因、临床后果、干预与评估，共被引 517 次。

3 讨论

本研究基于 Web of Science 核心合集数据库分析了 2008—2024 年老年性肌少症和线粒体相关性研究领域的现状、热点及发展趋势，为后续研究发展提供参考。2008—2024 年老年性肌少症与线粒体相关性研究发文量整体呈上升趋势，说明老年性肌少症与线粒体相关性的研究热度持续升高。从发文国家来看，美国发文量最多，在该

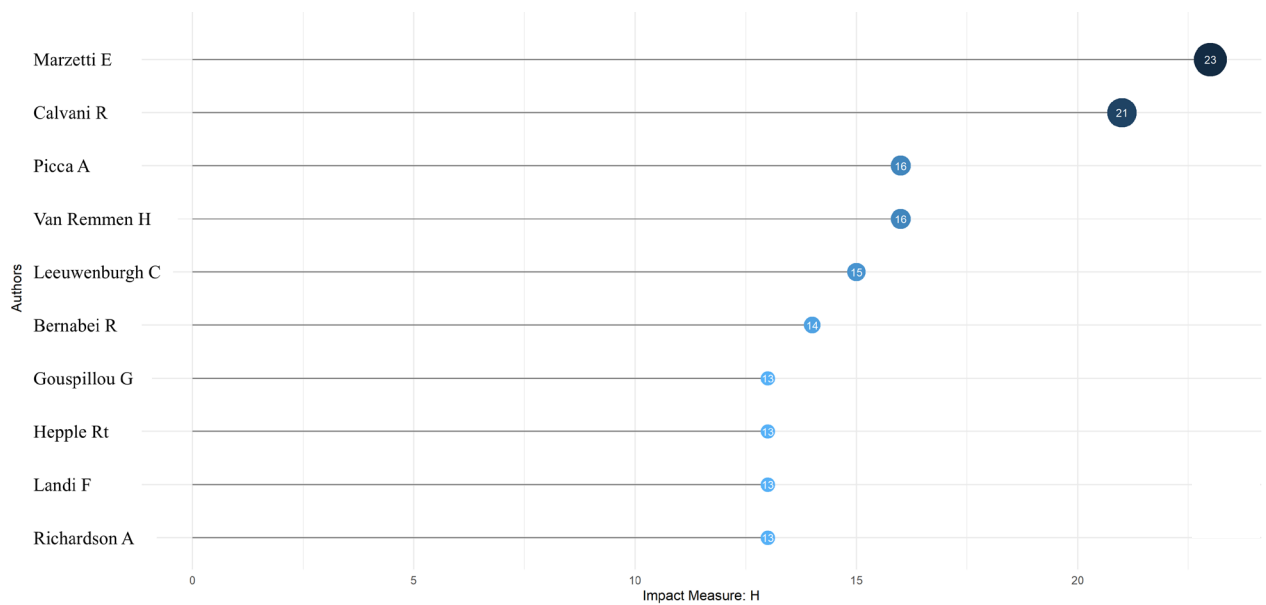


图6 2008—2024年老年性肌少症与线粒体相关性研究发文作者的H指数
Figure 6. H index of the authors of research on the correlation between senile sarcopenia and mitochondria from 2008 to 2024

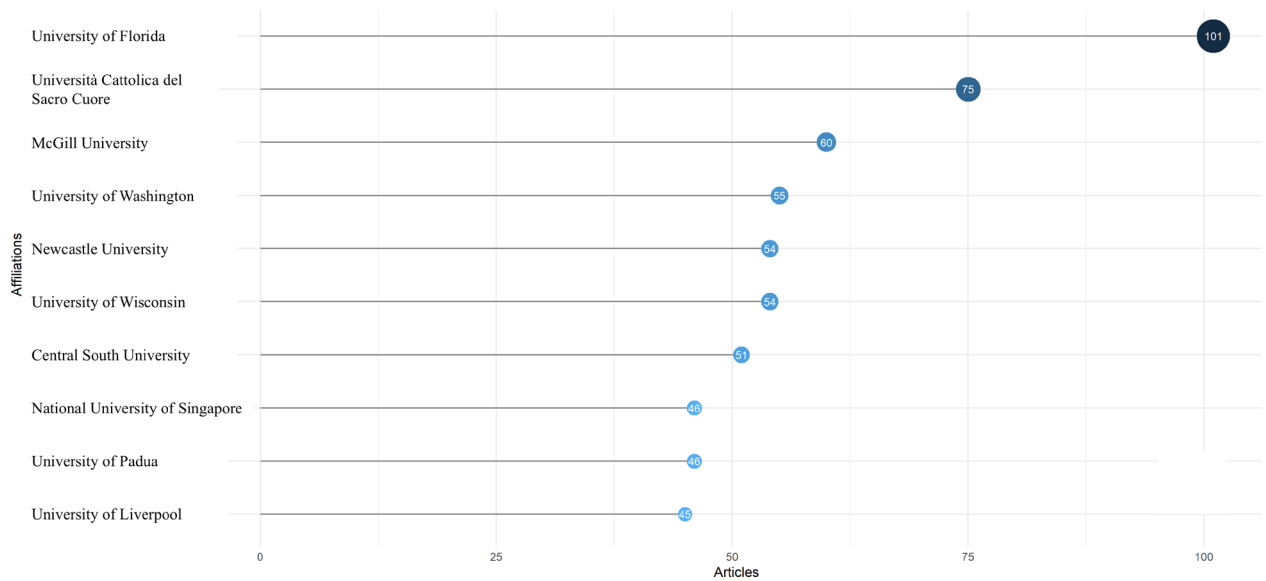


图7 2008—2024年老年性肌少症与线粒体相关性研究文献的发文机构
Figure 7. Relevant affiliations of research on the correlation between senile sarcopenia and mitochondria from 2008 to 2024

领域的研究具有较大的影响力。近年来，我国发文量增长较快，自 2020 年起显著增长，这与国家“十四五”规划将老年健康列为工作重点密切相关^[22]。此外，我国通过政策引导、基金支持等，系统推动老年性肌少症的基础与临床研究，说明我国老年性肌少症与线粒体相关性研究领域发展趋势良好。意大利、日本和英国等国家累计发文量较多，可能与这些国家经济基础较好、发展水

平较高有关。此外，美国等发达国家人口老龄化较为严重^[23]，对于老龄化引发的疾病也更为关注。且发达国家针对老龄化已形成相对完善的政策法规和社会保障制度，这也促进了老年性相关疾病研究的开展^[24-26]。

在国家合作网络方面，美国仍居于核心地位。佛罗里达大学（University of Florida）、威斯康星大学（University of Wisconsin）和华盛顿大学

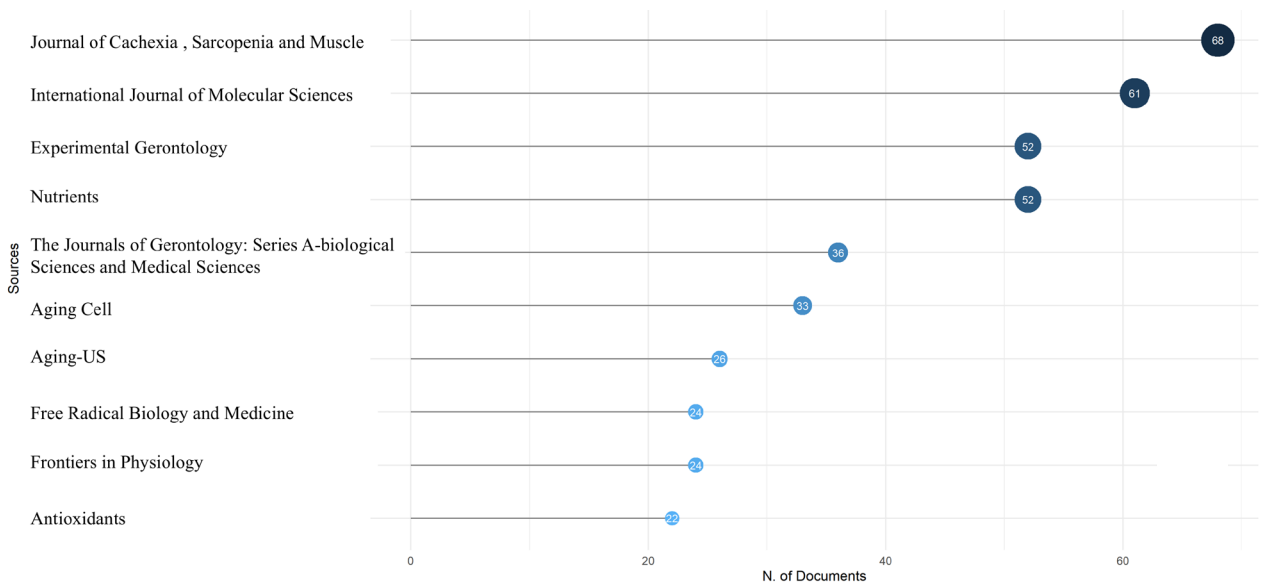


图8 2008—2024年老年性肌少症与线粒体相关性研究的发文期刊

Figure 8. Journals of the research on the correlation between senile sarcopenia and mitochondria from 2008 to 2024

表1 2008—2024年老年性肌少症与线粒体相关性研究的高被引文献

Table 1. Highly cited articles of research on the correlation between senile sarcopenia and mitochondria from 2008 to 2024

文献标题	作者	发表年份	期刊	总被引频次
<i>Sarcopenia: aging-related loss of muscle mass and function</i>	Larsson L等	2019	<i>Physiological Reviews</i>	1 066
<i>Autophagy maintains stemness by preventing senescence</i>	García-Prat L等	2016	<i>Nature</i>	1 065
<i>Sarcopenia: etiology, clinical consequences, intervention, and assessment</i>	Lang T等	2010	<i>Osteoporosis International</i>	517
<i>Sarcopenia in older adults</i>	Walston JD	2012	<i>Current Opinion in Rheumatology</i>	488
<i>Mitochondrial dysfunction and sarcopenia of aging: from signaling pathways to clinical trials</i>	Marzetti E等	2013	<i>International Journal of Biochemistry & Cell Biology</i>	453
<i>Oxidative stress, molecular inflammation and sarcopenia</i>	Meng SJ等	2010	<i>International Journal of Molecular Sciences</i>	447
<i>Sarcopenia from mechanism to diagnosis and treatment in liver disease</i>	Dasarathy S等	2016	<i>Journal of Hepatology</i>	437
<i>Prevalence, incidence, and clinical impact of sarcopenia: facts, numbers, and epidemiology-update 2014</i>	Morley JE等	2014	<i>Journal of Cachexia Sarcopenia and Muscle</i>	399

（University of Washington）等机构在老年性肌少症与线粒体相关性研究领域发文量较多，科研成果丰富，并参与了老年性肌少症指南的编写。因此，美国凭借多个全球影响力较大的机构，与各国建立起密切的合作关系。中国在网络合作方面仍较薄弱，该领域的研究机构相对较少，与其他国家的联系也不够紧密。这提示中国未来应进一步加强与核心国家的合作，提升在全球知识网络中的影响力与中心度。除国家和机构间合作外，还应促进多学科协作。未来可进一步挖掘运动学和生物学等不同学科领域及多组学技术的交叉融合。例如 Calvani^[27] 团队通过代谢组学技术解

析线粒体能量代谢紊乱与老年性肌少症的关联；Marzetti^[28] 团队结合分子生物学方法研究线粒体自噬机制。从发文作者来看，Marzetti E 和 Calvani R 的 H 指数较高。二人均来自天主教圣心大学，所在的 Fondazione Policlinico Universitario “Agostino Gemelli” 为罗马最大的医院，该机构设有老年性肌少症研究所，同时成立了 Gemelli 老龄化医学中心，致力于老龄化疾病治疗研究。Calvani R 发表了多篇老年性肌少症诊断、饮食治疗和预防相关研究论文^[29-30]；Marzetti E 在线粒体与老年性肌少症相关性研究较为深入，也是老年性肌少症指南编写成员之一^[31-32]。这表明他们在老年性肌少

症研究领域有较大的影响力。从高被引文献来看,该领域主要研究线粒体通过抑制骨骼肌衰老细胞的机制来治疗老年性肌少症。然而,我国在该领域影响力仍较有限,未来应进一步开展深入研究。

通过高频关键词的聚类分析,可以识别研究领域的热点方向^[33]。全球范围内老年性肌少症和线粒体相关性研究主要聚焦于以下关键词:骨骼肌(skeletal-muscle)、肌少症(sarcopenia)、氧化应激(oxidative stress)、运动(exercise)、表达(expression)。氧化应激通过线粒体电子传递链泄漏 ROS,导致线粒体 DNA 损伤和蛋白质氧化,进而激活自噬途径以清除受损线粒体^[15, 19];衰老骨骼肌中自噬功能减退,导致异常线粒体积累,进而形成恶性循环。此外,线粒体功能障碍可能通过干扰胰岛素信号通路,加剧肌肉代谢紊乱^[5]。目前,线粒体自噬仍是研究热点之一。Nguyen-Dien 等的研究发现,FBXL4 通过阻止线粒体受体(NIX 和 BNIP3 蛋白)积累来抑制线粒体自噬的分子机制^[34],这为靶向干预提供了分子层面的依据。

在关键词演变过程中,PGC-1 α 通路的发现促进了对衰老机制的探索和研究。PGC-1 α 作为线粒体生物合成的核心调控因子,其表达水平随年龄增长显著下降^[35]。研究表明,运动可以通过激活 AMPK/PGC-1 α 通路促进线粒体新生,从而改善骨骼肌质量和功能^[13]。未来可进一步探索药物(如 AMPK 激动剂)或采用基因编辑技术靶向激活 PGC-1 α ,为抗衰老治疗提供新策略。由关键词演变第三阶段可知,mitofusin 2、膳食蛋白质、肥胖、疾病风险为未来研究趋势热点。mitofusin 2 是线粒体-ER 接触位点(MERC)的重要介质,该位点具有调节线粒体的作用,包括钙稳态和脂质代谢^[36]。mitofusin 2 作为神经肌肉突触丢失的显性抑制因子,可以保护骨骼肌,mitofusin 2 与线粒体动力学损伤具有相关性,可作为骨骼肌萎缩的治疗靶点^[37]。胶原蛋白是人体最丰富的结构蛋白形式,其主要作用是维持结缔组织健康和皮肤的机械特性^[38]。早期康复时的电刺激和轻负荷阻力运动可能与膳食蛋白质协同作用,帮助克服合成代谢阻力,并保护损伤后的肌肉质量和功能^[39]。全身脂肪随着年龄的增长而增加^[40],脂质及其衍生物在肌肉细胞内和肌肉细胞间积累,诱导线粒体功能障碍,干扰脂肪酸的 β 氧化,促进

ROS 的产生,导致脂毒性和胰岛素抵抗,并促进一些促炎细胞因子的分泌,最终可能发展为全面的肌少症甚至恶病质^[41]。基于关键词的词频与演变及疾病作用机制来看,未来研究可重点关注:线粒体动力学靶点;营养与运动协同干预;运用 mitofusin 2 介导的线粒体-内质网偶联在骨骼肌萎缩中的作用,开发小分子调节剂;探究亮氨酸等膳食蛋白质与抗阻运动联合应用的分子机制,优化个性化干预方案;并利用单细胞测序技术解析老年性肌少症亚型,促进老年肌肉健康管理。

本研究存在一定局限性:数据来源仅限于 Web of Science 数据库,纳入文献不够全面;H 指数的学科偏差未完全校正。未来研究可进一步全面检索中外文数据库,联合应用其他文献计量学软件,并结合影响因子等指标多角度分析文献的影响力,以提升分析的全面性与深度。

综上所述,本研究通过文献计量学方法对 2008—2024 年老年性肌少症和线粒体相关性研究进行可视化分析。结果显示,老年性肌少症和线粒体相关性研究领域总体发展趋势较好,未来仍需加强跨国家、机构和学科合作。

参考文献

- Ooi H, Welch C. Obstacles to the early diagnosis and management of sarcopenia: current perspectives[J]. Clin Interv Aging, 2024, 19: 323–332. DOI: 10.2147/CIA.S438144.
- 张凤, 杜建, 冷吉燕. 肌肉减少症与恶病质[J]. 中国老年学杂志, 2022, 42(4): 999–1006. [Zhang F, Du J, Leng JY. Sarcopenia and cachexia[J]. Chinese Journal of Gerontology, 2022, 42(4): 999–1006.] DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2022.04.064.
- Gielen E, Dupont J, Dejaeger M, et al. Sarcopenia, osteoporosis and frailty[J]. Metabolism, 2023, 145: 155638. DOI: 10.1016/j.metabol.2023.155638.
- 郭辉, 孔健达, 田春兰. 线粒体自噬相关受体蛋白和信号通路在运动防治肌少症中的作用[J]. 中国组织工程研究, 2024, 28(27): 4397–4404. [Guo H, Kong JD, Tian CL. The role of mitochondrial autophagy-related receptor proteins and signaling pathways in the prevention and treatment of sarcopenia through exercise[J]. Chinese Journal of Tissue Engineering Research, 2024, 28(27): 4397–4404.] DOI: 10.12307/2024.546.
- Jimenez-Gutierrez GE, Martínez-Gómez LE, Martínez-Armenta C, et al. Molecular mechanisms of inflammation in sarcopenia: diagnosis and therapeutic update[J]. Cells, 2022, 11(15): 2359. DOI: 10.3390/cells11152359.
- Loenneke JP, Pujol TJ. Sarcopenia: an emphasis on occlusion training and dietary protein[J]. Hippokratia, 2011, 15(2): 132–137.

- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22110294/>
- 7 Sayer AA, Cruz-Jentoft A. Sarcopenia definition, diagnosis and treatment: consensus is growing[J]. *Age Ageing*, 2022, 51(10): afac220. DOI: [10.1093/ageing/afac220](https://doi.org/10.1093/ageing/afac220).
 - 8 徐娟兰, 宋红玲. 肌少症诊断和营养运动干预[J]. *中国老年学杂志*, 2018, 38(21): 5357–5361. [Xu JL, Song HL. Sarcopenia diagnosis and nutritional exercise intervention[J]. *Chinese Journal of Gerontology*, 2018, 38(21): 5357–5361.] DOI: [10.3969/j.issn.1005-9202.2018.21.089](https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-9202.2018.21.089).
 - 9 Cho MR, Lee S, Song SK. A review of sarcopenia pathophysiology, diagnosis, treatment and future direction[J]. *J Korean Med Sci*, 2022, 37(18): e146. DOI: [10.3346/jkms.2022.37.e146](https://doi.org/10.3346/jkms.2022.37.e146).
 - 10 钟文, 方传明, 杨燕, 等. 增龄性脂代谢异常与肌少症[J]. *中国老年学杂志*, 2022, 42(13): 3340–3344. [Zhong W, Fang CM, Yang Y, et al. Dyslipidemia and sarcopenia with aging[J]. *Chinese Journal of Gerontology*, 2022, 42(13): 3340–3344.] DOI: [10.3969/j.issn.1005-9202.2022.13.061](https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-9202.2022.13.061).
 - 11 李伟, 尹洪涛, 孙永晨, 等. 线粒体移植治疗肌少症的潜力[J]. *中国组织工程研究*, 2025, 29(13): 2842–2848. [Li W, Yin HT, Sun YC, et al. Potential of mitochondrial transplantation in treatment of sarcopenia[J]. *Chinese Journal of Tissue Engineering Research*, 2025, 29(13): 2842–2848.] DOI: [10.12307/2025.053](https://doi.org/10.12307/2025.053).
 - 12 周凤珠, 张曾, 何燕铭. 线粒体在老年肌少症中的作用机制研究[J]. *老年医学与保健*, 2024, 30(2): 547–550. [Zhou FZ, Zhang Z, He YM. Study on the mechanism of mitochondria in sarcopenia in the elderly[J]. *Geriatrics & Health Care*, 2024, 30(2): 547–550.] DOI: [10.3969/j.issn.1008-8296.2024.02.051](https://doi.org/10.3969/j.issn.1008-8296.2024.02.051).
 - 13 张世瑞, 毛忠南, 支晓东, 等. 肌少症中骨骼肌衰老的机制及运动干预研究进展[J]. *中国疗养医学*, 2024, 33(8): 71–76. [Zhang SR, Mao ZN, Zhi XD, et al. Research progress on the mechanism of skeletal muscle aging and exercise intervention in sarcopenia[J]. *Chinese Journal of Convalescent Medicine*, 2024, 33(8): 71–76.] DOI: [10.13517/j.cnki.ccm.2024.08.016](https://doi.org/10.13517/j.cnki.ccm.2024.08.016).
 - 14 Romanello V. The interplay between mitochondrial morphology and myomitokines in aging sarcopenia[J]. *Int J Mol Sci*, 2020, 22(1): 91. DOI: [10.3390/ijms22010091](https://doi.org/10.3390/ijms22010091).
 - 15 董欣, 王小清, 王秀华, 等. 氧化应激在肌少症发生过程中作用的研究进展[J]. *中国老年学杂志*, 2022, 42(3): 744–748. [Dong X, Wang XQ, Wang XH, et al. Research progress on the role of oxidative stress in the pathogenesis of sarcopenia[J]. *Chinese Journal of Gerontology*, 2022, 42(3): 744–748.] DOI: [10.3969/j.issn.1005-9202.2022.03.065](https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-9202.2022.03.065).
 - 16 Damuji AA, Alfaraidhy M, Alhajri N, et al. Sarcopenia and cardiovascular diseases[J]. *Circulation*, 2023, 147(20): 1534–1553. DOI: [10.1161/CIRCULATIONAHA.123.064071](https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.123.064071).
 - 17 丁楠, 周英博, 叶鹰. h 指数和 h 型指数研究进展[J]. *图书情报知识*, 2008, (1): 72–77. [Ding N, Zhou YB, Ye Y. The progress of the studies on h-index and h-type indices[J]. *Document, Information & Knowledge*, 2008, (1): 72–77.] DOI: [10.13366/j.dik.2008.01.014](https://doi.org/10.13366/j.dik.2008.01.014).
 - 18 Fernandez-Marcos PJ, Auwerx J. Regulation of PGC-1 α , a nodal regulator of mitochondrial biogenesis[J]. *Am J Clin Nutr*, 2011, 93(4): 884S–90. DOI: [10.3945/ajcn.110.001917](https://doi.org/10.3945/ajcn.110.001917).
 - 19 García-Prat L, Martínez-Vicente M, Perdiguer E, et al. Autophagy maintains stemness by preventing senescence[J]. *Nature*, 2016, 529(7584): 37–42. DOI: [10.1038/nature16187](https://doi.org/10.1038/nature16187).
 - 20 Larsson L, Degens H, Li M, et al. Sarcopenia: aging-related loss of muscle mass and function[J]. *Physiol Rev*, 2019, 99(1): 427–511. DOI: [10.1152/physrev.00061.2017](https://doi.org/10.1152/physrev.00061.2017).
 - 21 Lang T, Streeter T, Cawthon P, et al. Sarcopenia: etiology, clinical consequences, intervention, and assessment[J]. *Osteoporosis Int*, 2010, 21(4): 543–559. DOI: [10.1007/s00198-009-1059-y](https://doi.org/10.1007/s00198-009-1059-y).
 - 22 国务院. 国务院关于印发“十四五”国家老龄事业发展和养老服务体系规划的通知[J]. *中华人民共和国国务院公报*, 2022, (7): 13–29. [The State Council of the People's Republic of China. Notice of the State Council on issuing the plan for the development of the national undertaking for the aged and the elderly care system during the 14th Five-Year Plan Period[J]. *Gazette of the State Council of the People's Republic of China*, 2022, (7): 13–29.] https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=4qE7rfs4XRGG6HVk87dR6ecGwdSLsqIht83-yufbkWPysTSbH0wnyblw_40aI8UB2gLCaVBziPXMU2HrHhnYyJS4su69p4tvKJCIlyzAjDMIR_egCjb7AZqAgzW3OH0Fp4C1BvKXd1tyOiqg5rGs-AbXmIReT8LssH0F5g4_xEiTidOzakiGA==&uniplatform=NZKPT&language=CHS
 - 23 Cohen SA, Greaney ML. Aging in rural communities[J]. *Curr Epidemiol Rep*, 2023, 10(1): 1–16. DOI: [10.1007/s40471-022-00313-9](https://doi.org/10.1007/s40471-022-00313-9).
 - 24 薛惠元, 张永高, 郭河生. 国外积极老龄化的研究演进、前沿热点与发展趋势[J]. *兰州学刊*, 2024, (8): 114–130. [Xue HY, Zhang YG, Guo HS. Research evolution, cutting-edge hotspots, and development trends of active ageing in foreign countries[J]. *Lanzhou Academic Journal*, 2024, (8): 114–130.] DOI: [10.3969/j.issn.1005-3492.2024.08.012](https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-3492.2024.08.012).
 - 25 王燕妮, 宋晰. 人口老龄化背景下主要发达国家的健康政策应对及其对我国的启示[J]. *老龄科学研究*, 2022, 10(5): 29–43. [Wang YN, Song X. Health policy response to population aging: what China can learn from major developed countries[J]. *Scientific Research on Aging*, 2022, 10(5): 29–43.] DOI: [10.3969/j.issn.2095-5898.2022.05.004](https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-5898.2022.05.004).
 - 26 曹楠, 刘启贵. 国内外延续护理研究的可视化分析[J]. *中国康复理论与实践*, 2017, 23(2): 226–231. [Cao N, Liu QG. Information visualization analysis of transitional care home and abroad[J]. *Chinese Journal of Rehabilitation Theory and Practice*, 2017, 23(2): 226–231.] DOI: [10.3969/j.issn.1006-9771.2017.02.022](https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-9771.2017.02.022).
 - 27 Calvani R, Brasili E, Praticò G, et al. Fecal and urinary NMR-based metabolomics unveil an aging signature in mice[J]. *Exp Gerontol*, 2014, 49: 5–11. DOI: [10.1016/j.exger.2013.10.010](https://doi.org/10.1016/j.exger.2013.10.010).
 - 28 Marzetti E, Calvani R, Coelho-Júnior HJ, et al. Mitochondrial

- quantity and quality in age-related sarcopenia[J]. *Int J Mol Sci*, 2024, 25(4): 2052. DOI: [10.3390/ijms25042052](https://doi.org/10.3390/ijms25042052).
- 29 Calvani R, Picca A, Coelho-Júnior HJ, et al. Diet for the prevention and management of sarcopenia[J]. *Metabolism*, 2023, 146: 155637. DOI: [10.1016/j.metabol.2023.155637](https://doi.org/10.1016/j.metabol.2023.155637).
- 30 Landi F, Calvani R, Cesari M, et al. Sarcopenia: an overview on current definitions, diagnosis and treatment[J]. *Curr Protein Pept Sci*, 2018, 19(7): 633–638. DOI: [10.2174/1389203718666170607113459](https://doi.org/10.2174/1389203718666170607113459).
- 31 Marzetti E, Calvani R, Tosato M, et al. Physical activity and exercise as countermeasures to physical frailty and sarcopenia[J]. *Aging Clin Exp Res*, 2017, 29(1): 35–42. DOI: [10.1007/s40520-016-0705-4](https://doi.org/10.1007/s40520-016-0705-4).
- 32 Izquierdo M, Merchant RA, Morley JE, et al. International exercise recommendations in older adults (ICFSR): expert consensus guidelines[J]. *J Nutr Health Aging*, 2021, 25(7): 824–853. DOI: [10.1007/s12603-021-1665-8](https://doi.org/10.1007/s12603-021-1665-8).
- 33 邓欣彤, 周静, 杨滨旭, 等. 基于 CiteSpace 的近 10 年国内外老年肌少症研究的可视化分析 [J]. *上海护理*, 2023, 23(9): 62–66. [Deng XT, Zhou J, Yang BX, et al. CiteSpace-based visualized analysis of sarcopenia in the elderly at home and abroad in recent 10 years[J]. *Shanghai Nursing*, 2023, 23(9): 62–66.] DOI: [10.3969/j.issn.1009-8399.2023.09.013](https://doi.org/10.3969/j.issn.1009-8399.2023.09.013).
- 34 Nguyen-dien GT, Kozul KL, Cui Y, et al. FBXL4 suppresses mitophagy by restricting the accumulation of NIX and BNIP3 mitophagy receptors[J]. *EMBO J*, 2023, 42(13): e112767. DOI: [10.15252/embj.2022112767](https://doi.org/10.15252/embj.2022112767).
- 35 Halling JF, Pilegaard H. PGC-1 α -mediated regulation of mitochondrial function and physiological implications[J]. *Appl Physiol Nutr Metab*, 2020, 45(9): 927–936. DOI: [10.1139/apnm-2020-0005](https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0005).
- 36 Zaman M, Shutt TE. The role of impaired mitochondrial dynamics in MFN2-mediated pathology[J]. *Front Cell Dev Biol*, 2022, 10: 858286. DOI: [10.3389/fcell.2022.858286](https://doi.org/10.3389/fcell.2022.858286).
- 37 Wang L, Gao J, Liu J, et al. Mitofusin 2 regulates axonal transport of calpastatin to prevent neuromuscular synaptic elimination in skeletal muscles[J]. *Cell Metab*, 2018, 28(3): 400–414. DOI: [10.1016/j.cmet.2018.06.011](https://doi.org/10.1016/j.cmet.2018.06.011).
- 38 Khatri M, Naughton RJ, Clifford T, et al. The effects of collagen peptide supplementation on body composition, collagen synthesis, and recovery from joint injury and exercise: a systematic review[J]. *Amino Acids*, 2021, 53(10): 1493–1506. DOI: [10.1007/s00726-021-03072-x](https://doi.org/10.1007/s00726-021-03072-x).
- 39 Howard EE, Pasiakos SM, Fussell MA, et al. Skeletal muscle disuse atrophy and the rehabilitative role of protein in recovery from musculoskeletal injury[J]. *Adv Nutr*, 2020, 11(4): 989–1001. DOI: [10.1093/advances/nmaa015](https://doi.org/10.1093/advances/nmaa015).
- 40 Bilski J, Pierzchalski P, Szczepanik M, et al. Multifactorial mechanism of sarcopenia and sarcopenic obesity. Role of physical exercise, microbiota and myokines[J]. *Cells*, 2022, 11(1): 160. DOI: [10.3390/cells11010160](https://doi.org/10.3390/cells11010160).
- 41 Li CW, Yu K, Shyh-Chang N, et al. Pathogenesis of sarcopenia and the relationship with fat mass: descriptive review[J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2022, 13(2): 781–794. DOI: [10.1002/jcsm.12901](https://doi.org/10.1002/jcsm.12901).

收稿日期: 2025 年 04 月 14 日 修回日期: 2025 年 12 月 02 日
本文编辑: 张 苗 黄 笛

引用本文: 余若如, 冯诚, 郑淑煜, 等. 基于 Web of Science 数据库的老年性肌少症与线粒体相关性研究热点和趋势可视化分析[J]. *数理医药学杂志*, 2026, 39(1): 34–44. DOI: [10.12173/j.issn.1004-4337.202504051](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-4337.202504051).
Yu RR, Feng C, Zheng SY, et al. Visual analysis of research hotspots and trends in the association between senile sarcopenia and mitochondria based on Web of Science database[J]. *Journal of Mathematical Medicine*, 2026, 39(1): 34–44. DOI: [10.12173/j.issn.1004-4337.202504051](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-4337.202504051).