

序 言

刘光慧

(中国科学院动物研究所, 北京 100101)

衰老是生命过程中最为复杂且普遍的生物学现象之一。它并非简单的功能衰退,而是由多层次、多系统相互作用构成的动态网络过程。传统观点倾向于将衰老视为各器官独立的退行性变化,而近年来的研究揭示,衰老具有显著的系统性特征——不同器官的衰老并非孤立事件,而是通过多种介质相互耦合、级联放大的系统性过程。随着人口老龄化进程的加速,深入理解衰老的机制、寻找延缓衰老的干预策略,已成为生命科学和医学研究的核心命题之一。本专辑汇集了国内十余位知名学者的最新研究综述,共收录15篇文章,试图从系统关联的角度,勾勒衰老的多维度图景。

器官衰老的系统性关联。胸腺作为T细胞发育的关键器官,其功能衰退是免疫衰老的早期事件,直接影响机体对病原体和肿瘤的免疫监视能力。脂肪组织不仅是被动的能量储存器官,更通过分泌多种因子主动参与系统性衰老的调控,成为衰老进程的早期感应器和驱动者。卵巢衰老则展现出独特的时间窗口——其功能衰退往往早于其他器官,并通过内分泌网络影响全身代谢与免疫稳态,提示其在女性系统性衰老中可能扮演调控中枢的角色。血管系统作为连接全身器官的网络,其衰老既是结果也是原因,内皮功能障碍、血管硬化等关键事件在心血管疾病中发挥核心作用。脑衰老则是神经系统退行性病变的核心驱动因素,阿尔茨海默病作为最常见的年龄相关神经退行性疾病,其病理进程与全身性衰老机制密切相关。

细胞与分子层面的机制复杂性。线粒体功能稳态的失衡不仅是能量代谢紊乱的直接原因,更通过产生氧化应激和调控细胞死亡信号,广泛参与多种衰老相关疾病的发生发展。衰老相关分泌表型赋予衰老细胞主动影响微环境的能力,使其成为推动组织微环境恶化和炎症性衰老的关键因素。免疫系统

的衰老进一步加剧了机体的易感性,形成恶性循环。昼夜节律作为内源性时间调控机制,其紊乱与代谢异常、神经退行等衰老相关疾病密切相关,提示时间生物学在衰老研究中的重要意义。脑衰老与表观遗传学的研究揭示了环境因素与遗传信息如何通过染色质修饰、DNA甲基化等机制共同塑造大脑的老化轨迹。

新技术赋能与干预策略探索。本专辑凸显了交叉技术的融合应用:基于代谢分子探针的细胞衰老动态检测方法,为实时监测衰老过程、评估干预效果提供了关键技术支撑;人工智能与多组学策略的结合,为从海量数据中识别衰老相关靶点、筛选潜在药物提供了高效工具;单细胞多组学技术在解码大脑衰老中展现出核心价值。在干预策略方面,遗传增强间充质干细胞展示了通过优化细胞自身功能提升再生潜力的可行性,为开发延缓衰老的新型干预策略提供了新路径。对长寿人群健康老龄化机制的研究,为理解如何规避疾病、维持健康长寿提供了天然范例。

本专辑旨在通过多视角的交叉融合,呈现衰老研究从现象描述走向机制阐明、从单一靶点走向系统干预的演进趋势。从脑、胸腺、脂肪、卵巢、血管等器官的特异性研究,到线粒体、表观遗传、昼夜节律等核心机制的深入探讨,再到人工智能、单细胞多组学、代谢探针等新技术的应用展望,专辑内容充分反映了我国在衰老生物学与衰老干预研究中的前沿进展与创新成果,体现了“多学科交叉、技术驱动创新”的现代生命科学研究范式。

衰老研究的终极意义,在于延缓疾病的发生、延长健康寿命的跨度。这一目标的实现,有赖于对衰老系统性本质的持续追问,也有赖于基础研究向临床转化的不断推进。愿本专辑能为这一进程贡献微薄之力。