

# 运动为何能抗衰老？ 我国科学家揭秘了！

运动有助于健康和抗衰老。但究竟是什么让运动有这种奇效呢？我国研究团队历时6年，首次系统解析了人体对急性单次运动与长期规律运动的分子-细胞动态响应谱，揭示肾脏是运动效应的关键应答器官——其内源代谢物甜菜碱作为衰老延缓的核心分子信使，通过靶向抑制天然免疫枢纽激酶TBK1，协同阻遏炎症并缓解多器官衰老进程。

这项研究由中国科学院动物研究所研究员刘光慧、曲静，联合国家生物信息中心研究员张维绮、中国科学院动物研究所研究员宋默识及首都医科大学宣武医院研究员王思团队共同完成。日前，相关论文发表在国际学术期刊《细胞》上。

在之前的研究中，研究团队已经在这方面取得很多成果。例如，系统刻画了年轻及年老小鼠14种器官组织对长期有氧运动的细胞分子响应特征，在时空尺度上解析了器官间协同响应的动态网络，精准阐明了运动通过重塑节律因子调控网络、激活血管新生

信号、抑制多器官慢性炎症等核心通路从而延缓机体衰老的整合机制，为理解运动系统性延缓衰老提供了新视角。

但是，小鼠研究的结论，在人类身上同样适用吗？

在这项研究中，团队招募了13名健康男性志愿者，开展了设计严格的自身对照试验。试验分为三个阶段：第一阶段为45天的“静息”基线期，利用严格标准化流程控制运动变量及饮食/睡眠等混杂因素；第二阶段为一次性40分钟5公里跑步的急性运动期；第三阶段为25天的长期规律运动期，从隔天一次逐渐过渡到每天一次的5公里跑步。

研究人员通过采集志愿者在不同时间阶段的血液和粪便样本，并结合健康体检数据，运用多组学分析手段，构建了多模态数据耦合分析框架。

借助这一框架，研究人员首次将运动适应性反应这一复杂的系统生物学问题解构为一个可量化的多组学动态网络，系统解析了单次急性运动与长期规律运动后的生理适应表现与机制。

那么，运动究竟是如何延缓衰老的呢？科学家们有了三个重要发现。

其一，急性与长期运动效果是不同

的。急性运动激发“生存应激型”代谢风暴与氧化损伤，而长期运动则驱动健康导向的代谢-免疫稳态重塑，并建立以代谢重编程、免疫年轻化、表观遗传维稳及抗氧化能力提升为支柱的多维适应体系。同时，长期运动同步重塑肠道菌群结构，抑制病原共生菌丰度，协同调控机体能量代谢。

其二，长期运动能重塑T淋巴细胞年轻态。从增强外周免疫细胞基因组与表观遗传稳定性，激活NRF2通路抑制炎症因子及免疫抑制受体表达，促进T细胞存活、增殖与分化能力延缓三方面，延缓T细胞衰老。

其三，长期运动能诱导肾脏甜菜碱内源合成，而小鼠实验中发现，甜菜碱能延长小鼠健康寿命，并显著改善代谢能力、提升肾功能、改善运动协调性、改善抑郁样行为和提升认知能力五大功能指标。而病理组织学与单细胞转录组的整合分析，进一步证实甜菜碱具有延缓多器官衰老的功效，尤以肾脏与骨骼肌为著。同时，科学家们还解析了甜菜碱延缓衰老的奥秘——它能直接作用于天然免疫激酶TBK1，有效减少免疫细胞浸润并抑制促炎因子释放。

这一研究开创了“内源性代谢物介导运动效益”的研发新范式，将复杂的

生理效应转化为可量化、可操作的化学语言，为基于代谢重编程的衰老干预开辟了新的路径。

同时，在临床转化上也很有前景——科研人员正在加速老年慢病人群甜菜碱药代动力学研究，搭建体液水平与衰老表型的定量关联桥梁；通过多中心临床试验，验证干预的普适性，并整合TBK1磷酸化等标志物，构建精准评估体系；此外，探索甜菜碱协同用药策略，开发高选择性衍生物，以增强抗炎抗衰老功效。

尽管仍有一些关键科学问题亟待攻克，但这些发现已深化了对运动健康益处的认知，为推进健康老龄化研究提供了重要的科学依据。

科学已经证实了长期运动的好处，你还等什么？动起来！

（来源：人民网）



## 安全规程系生命 自觉遵守是保障

