

营养与抗衰老

你知道吗？

在年纪尚轻的时候，人体的一些重要器官就已经开始了退化，比如皮肤、大脑的衰老始于二十几岁，而且其老化速度比我们想象中要快得多。



20~29岁

大脑：神经细胞数量下降、
脑力不济

肺部：肺活量下降，容易
气喘吁吁

皮肤：胶原蛋白生成速度
减缓且蛋白弹性降
低，出现细纹

30~39岁

头发：掉发增加、开始
出现白发

肌肉：衰竭速度大于生
长速度

骨骼：骨质流失、骨密
度下降

40~49岁

心脏：血液输送效率变低、
出现心血管问题

牙齿：唾液分泌减少、
牙齿牙龈更易腐烂

眼睛：眼部肌肉逐渐无力、
出现老花眼

50~59岁

肾脏：肾过滤量减少、
夜间憋尿功能降低

前列腺：前列腺增生、
如厕频繁不顺畅

肠道：体内好菌减少、
便秘几率增加

60~69岁

膀胱：上厕所次数频繁、
易发生尿道感染

70~79岁

肝脏：唯一能抗战老化
进程的器官



我们是怎么衰老的？

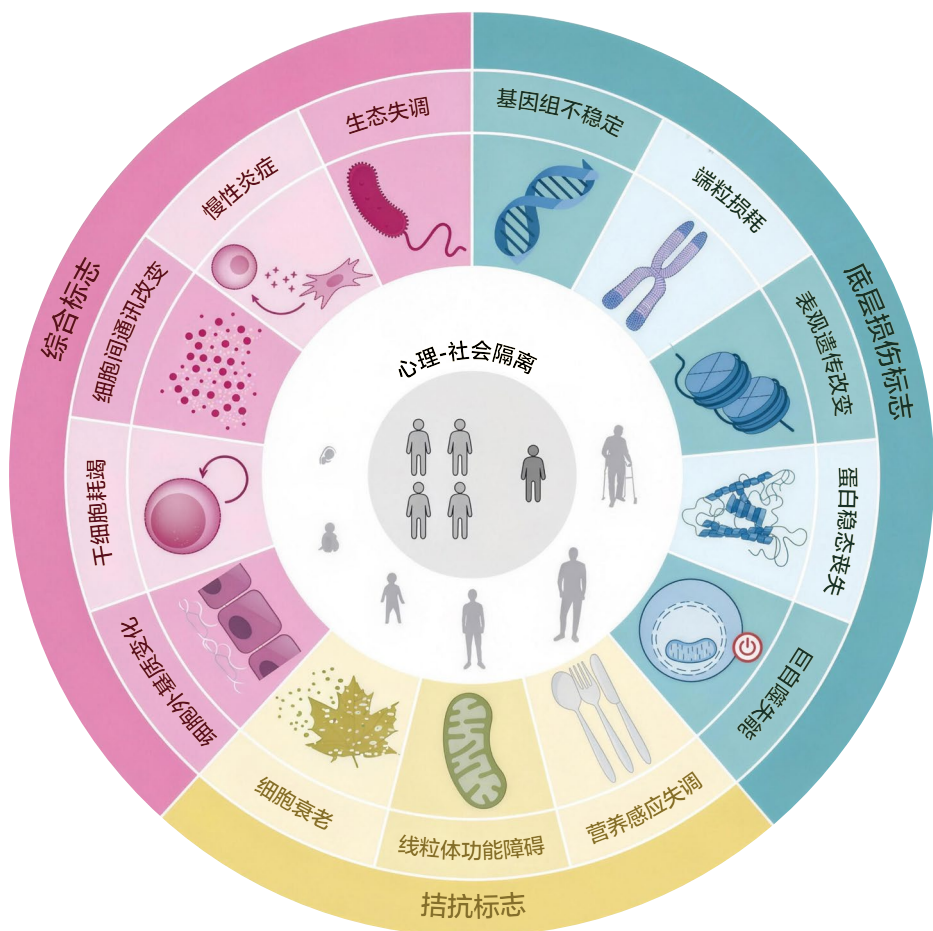
衰老是随着时间的推移自然发生的复杂过程，表现为一系列我们能够观察到的外在变化：皮肤出现皱纹、头发变白、体力下降、记忆力减退、抵抗力下降等。

然而，这些外在变化的背后，是人体内部一系列不可见的、系统性的生物学改变在驱动。科学家将这些内在的核心改变称为“衰老标志物”（Hallmarks of Aging），它们像是人体内部的“生命时钟”，共同决定了我们老去的速度和状态。

老年科学里程碑：14大衰老标志物

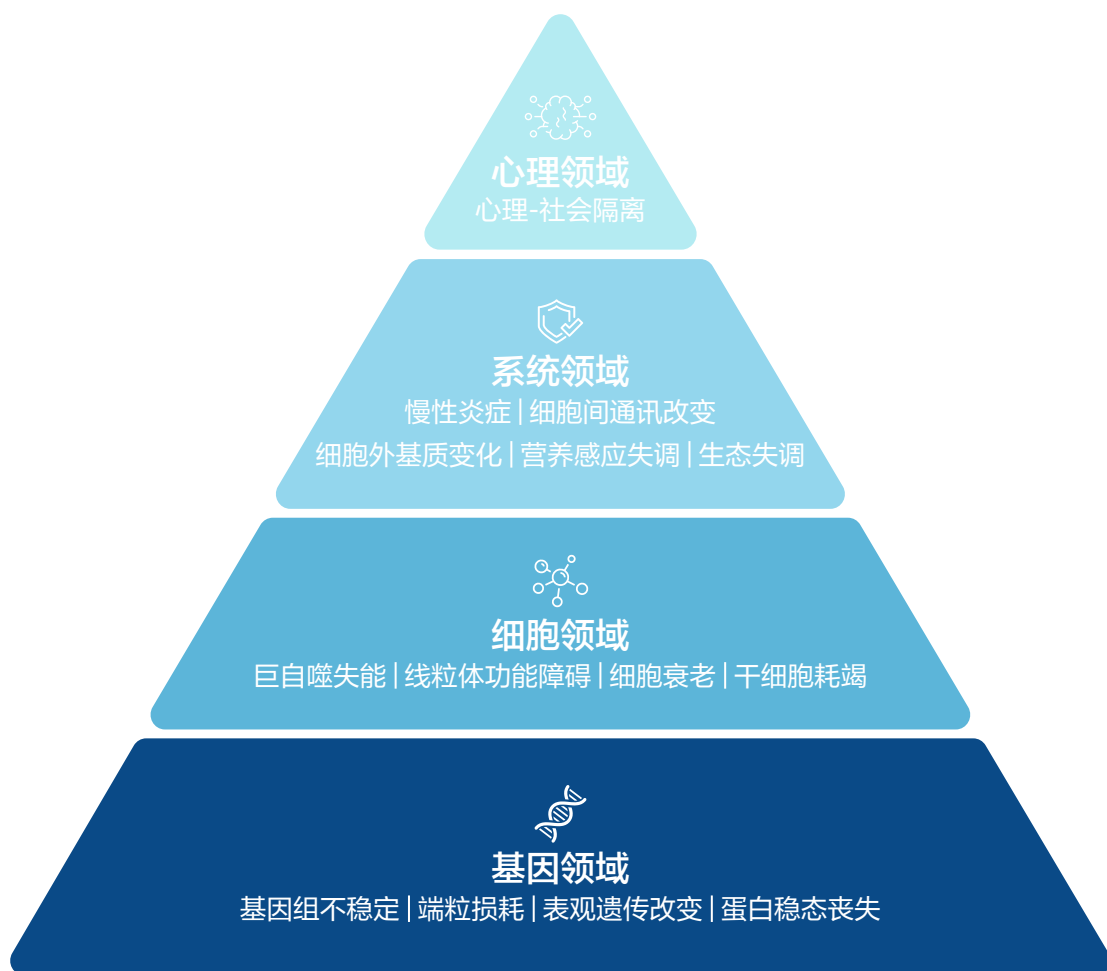
2013年，国际顶级期刊《细胞》（Cell）发布了第一版“衰老的标志”，首次系统性提出9大衰老标志物——基因组不稳定、端粒损耗、表观遗传改变、蛋白稳态丧失、营养感应失调、线粒体功能障碍、细胞衰老、干细胞耗竭和细胞间通讯改变。

随后的2023年和2025年又相继增加了另外5个标志物——巨噬失衡、慢性炎症、生态失调和细胞外基质变化、心理-社会隔离，不仅完善了衰老的生物学图景，更革命性地将深刻影响健康的社会心理因素纳入衰老机制的核心框架。



科学家将14大衰老标志物分为两个层面：心理-社会隔离处在最中心位置，它通过神经、内分泌和免疫等途径，和其他所有衰老标志互相影响。其他13个标志物又分为三类，分别是底层损伤标志（图蓝色部分）、拮抗标志（图黄色部分）、综合标志（图红色部分）。

这14个衰老标志物共同构成了一个相互关联的网络，
从分子、细胞、器官系统到心理层面，全面推动着衰老进程。
因此，我们也可以将其划分为4层领域：





并不是所有的生理变化都是衰老标志物。判断一个生理变化是否能成为“衰老标志物”，必须具备三个标准：

- ① 年龄相关性，这些标志与年龄增长显著相关。
- ② 可加速性，通过实验手段加剧该标志可以加速衰老过程。
- ③ 可干预性，通过治疗性干预可以减缓、停止甚至逆转衰老。

我们也由此可见，这14个衰老标志物不仅阐明了人体如何衰老，更为我们揭示了能够干预衰老的关键点，也就是说，它们为我们抗衰老提供了具体的“抓手”。知己知彼，方能百战百胜。理解这些衰老标志物，就是我们迈向科学抗衰老的第一步。

1 基因组不稳定

记录我们身体构造的“生命蓝图”DNA（脱氧核糖核酸）每天都在被污染、辐射和内部错误等因素攻击，人体一般会自行修复这些受损的基因。但随着年纪越大，人体的修复速度跟不上损伤节奏，细胞工厂就会根据错误的蓝图生产出有缺陷的产品，导致细胞功能异常、提前衰老甚至癌变。

自由基伤害是导致DNA损伤最主要的“元凶”之一。什么是自由基？自由基是生命代谢的产物，每个有生命的物体每秒钟都会产生数以百万计的自由基。人类也不例外。活着的生物会产生自由基，就好比发动中的引擎会排气一样。如果我们活着，就会不断地产生自由基。

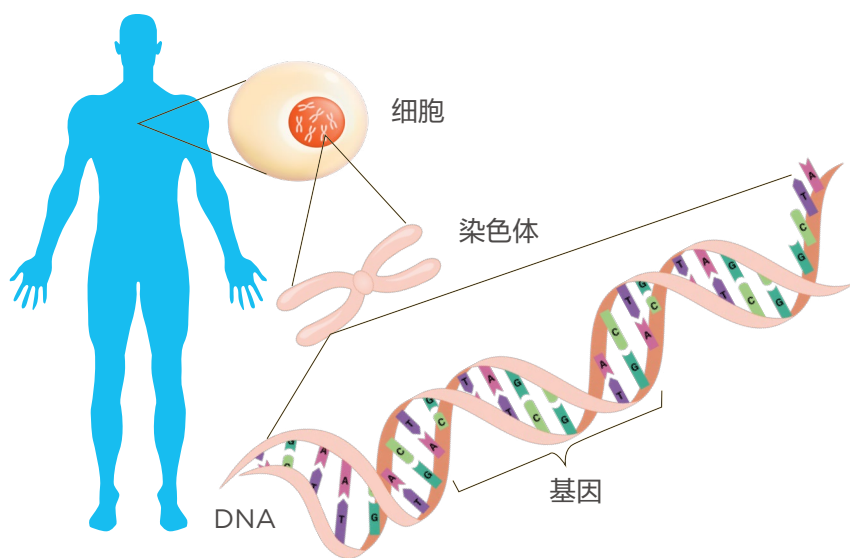
在正常的生理情况下，人体内自由基虽然不断产生，但同时也被不断清除。处于平衡状态下的自由基浓度是很低的，它们不会对机体造成损伤。然而，在新陈代谢减缓、外界环境刺激、不良饮食等情况下，人体内的自由基不断增多且清除能力减弱，自由基（尤其是活性氧ROS）会直接攻击DNA双螺旋结构，造成碱基氧化、单链或双链断裂。

虽然人体有修复机制，但长期累积的自由基攻击会使修复系统“疲于奔命”，导致突变积累，最终引发基因组不稳定。



自由基的来源不止一种：细胞呼吸、疾病/感染、药物、食物、其他。此外，焦虑、情绪压力、剧烈运动、阳光暴晒、环境污染等因素，也会大幅增加人体内的自由基数量。

虽然基因组损伤难以完全避免，但通过合理饮食，我们可以为身体补充“修复原料”和“保护因子”，有效降低基因组不稳定性。比如不同来源的抗氧化物（维生素C、维生素E、花青素、原花青素、茶多酚、红参、类胡萝卜素、虾青素、辅酶Q10、PQQ等）、提供含有DNA合成修复原料的食物（核苷酸）、含有DNA修复促进因子的食物（麦角硫因、虾青素、亚精胺等），都是堪称守护基因组的“天然利器”。

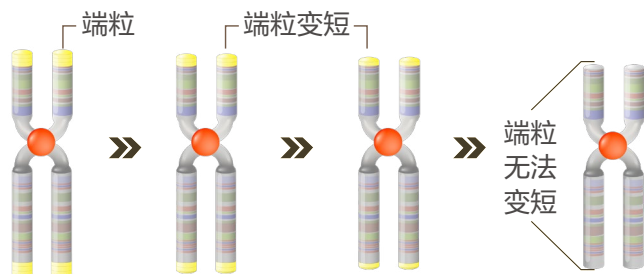


2 端粒损耗

我们的染色体就像鞋带，端粒就是染色体末端上的“塑料帽”，保护着染色体不开线、不黏连。细胞每分裂一次，这个帽子就磨掉一点，这个端粒逐渐变短的过程就是“端粒损耗”。

端粒长度相当于细胞分裂的“次数计数器”。除了自然衰老，自由基伤害、慢性压力与不良生活习惯等都会加速端粒损耗。当端粒短到一定程度的时候，计数器归零，细胞就无法再分裂，组织就失去了再生和修复能力，我们就会出现皮肤皱纹、体力下降、器官功能衰退等衰老迹象以及癌症、糖尿病、神经退行性疾病可能。

我们的身体并非对端粒损耗束手无策。我们有一种叫做“端粒酶”的神奇物质。它就像一个“修鞋匠”，它的工作就是在细胞分裂后，把磨损的“塑料帽”重新加长一点。因此，适度调控端粒酶活性，被视为一个极具潜力的抗衰老研究方向。





3 表观遗传改变

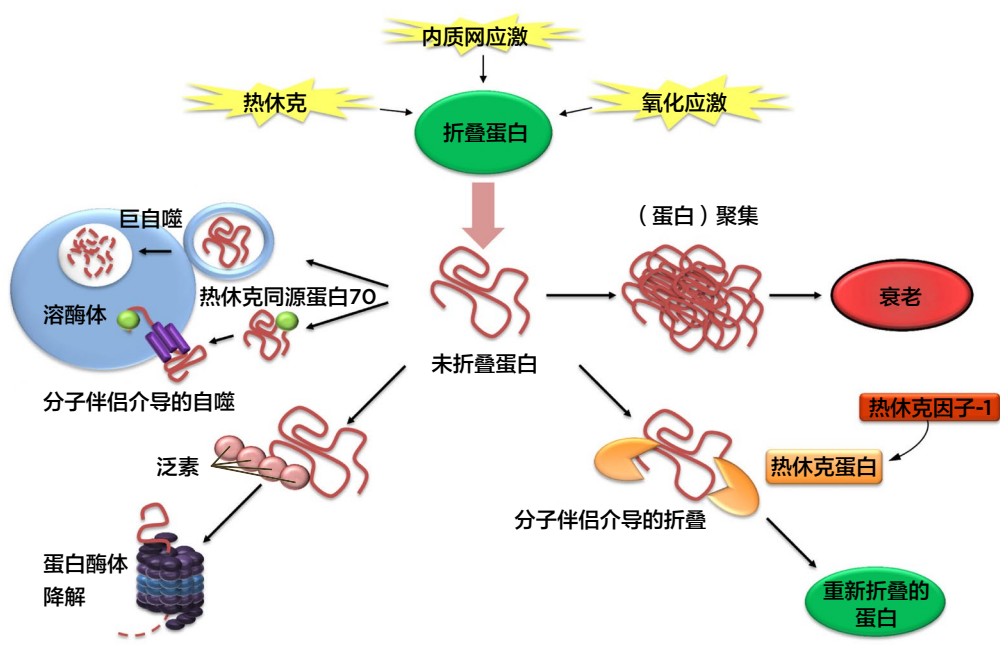
表观遗传不改变DNA序列本身，而是在基因上添加或删除化学标记来决定基因的“开”或“关”。这套“开关系统”会随着年龄增长或环境因素而失灵，原本该沉默的基因（如促癌基因）可能被错误开启，而该活跃的基因（如抗衰老基因）却被关闭。

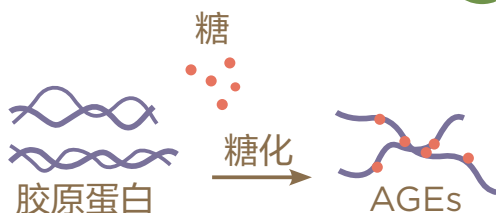
比如，DNA甲基化就像一个“锁定文件”的密码，贴上甲基，基因就被“锁住”，不容易被读取。科学家发现，通过分析人体细胞中特定位置的DNA甲基化模式，可以非常精确地推算出一个人的“生理年龄”。这个时钟比你的实际年龄更能反映你的身体衰老程度。研究发现，长寿个体的DNA甲基化变化较慢，表观遗传时钟走得更慢。

干预衰老成功时，这个时钟可以被“拨慢”，证明表观遗传改变在一定程度上是可逆的。2023年《Aging》上刊登的一项研究就显示，通过饮食和生活方式可改变DNA甲基化表观年龄，平均逆转了4.6岁。

4 蛋白稳态丧失

蛋白稳态可以理解为细胞内一套完整的蛋白质“质控体系”，负责蛋白质的合成、折叠、修复与降解清除。在衰老进程中，这套精密系统会逐渐失衡甚至崩溃，导致大量错误折叠、功能丧失的异常蛋白在细胞内不断堆积，形成难以清理的“蛋白垃圾”，这一过程即为蛋白稳态丧失。





糖化反应正是驱动蛋白稳态丧失的诱因之一。在糖化过程中生成的晚期糖基化终末产物（AGEs）会对蛋白质进行共价修饰，使其空间结构发生异常改变：一方面，这类被糖化修饰的蛋白质会直接丧失原有生理功能，例如酶活性显著降低；另一方面，更为关键的是，这些糖化修饰后的蛋白对细胞内核心降解通路——包括蛋白酶体与自噬系统——表现出极强的抵抗性，难以被正常识别与降解，最终转化为细胞内无法清除的顽固性“垃圾蛋白”，进一步加剧蛋白稳态的失衡与崩溃。



什么是糖化反应？糖是人体必需的核心营养成分，在生命活动过程中产生能量，保持身体机能正常运转。然而，当糖摄入过多、过量糖分留在体内时，就会发生一连串的化学反应，即法国化学家美拉德（Louis Camille Maillard）于1912年提出的“糖化反应”。当糖分摄入过多，或人体代谢变慢、过量糖分排不出去，黏黏的糖分子就会与蛋白质结合，最终形成晚期糖基化终末产物（AGEs）堆积在体内。

除了糖化反应，我们常听说的阿尔茨海默病与帕金森病、肌萎缩侧索硬化症，它们和蛋白稳态丧失也有很大的关联，它们本质上都是“大脑细胞被蛋白质垃圾堵塞”的疾病。蛋白质垃圾不仅在大脑中堆积，也在所有衰老的细胞中堆积。它们会干扰正常的细胞信号、损害线粒体等细胞器的功能、激活应激和炎症反应。

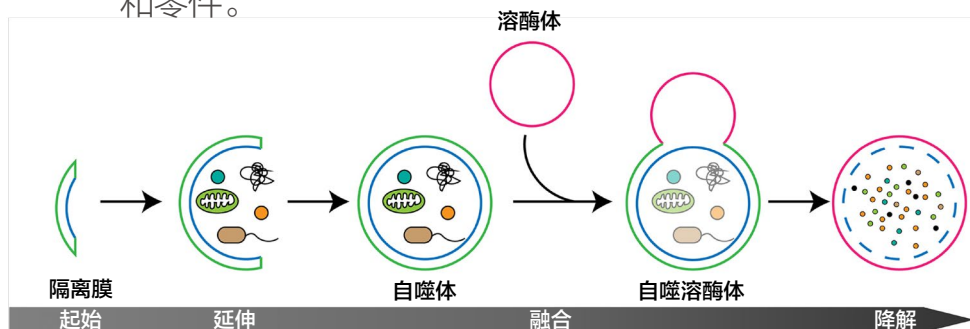
任何能够帮助细胞恢复“清洁”的干预措施，都被证明是延缓衰老和治疗年龄相关疾病的有效途径。

- ① 增强折叠能力（PQQ、麦角硫因、萝卜硫素等可激活分子伴侣热休克蛋白）
- ② 激活清理系统（亚精胺刺激自噬通路）
- ③ 抗糖化干预
 - 减少外源性AGEs摄入
 - 补充抗糖化的营养成分（关山樱花、红藜等）



5 巨自噬失能

正常情况下，细胞会把自己内部的垃圾用一层膜包裹起来，形成一个叫“自噬体”的垃圾袋，然后把这个垃圾袋运送到一个叫“溶酶体”的垃圾处理中心。溶酶体里面含有多多种水解酶，能把垃圾粉碎、降解，变成原始的氨基酸、脂肪酸等原材料，再运回车间去生产新的能量和零件。



随着年龄增长，形成自噬体和溶酶体所需的基因和蛋白活性下降，同时，过量的自由基又会破坏溶酶体膜，这导致细胞内堆满了损坏的蛋白质团块、衰老的细胞器以及外来的入侵物，从而加速了衰老。简单说，巨自噬失能就是细胞的“大扫除”能力不行了。研究发现，抑制自噬会加速衰老，而刺激自噬则能延缓衰老。

“激活自噬”成为了当今抗衰老领域最热门、最有前景的策略之一。无论是通过饮食（如间歇性禁食）、运动，还是未来可能出现的药物（如亚精胺、PQQ、虾青素），其核心目标之一，就是重新启动我们细胞与生俱来的这种强大的“自我清洁”程序，从而从根源上延缓衰老的进程。

6 线粒体功能障碍

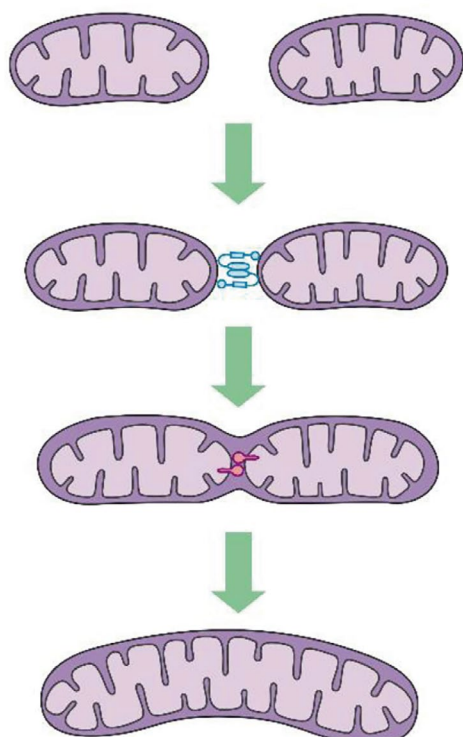
我们的身体就像一座繁华“城市”，其运转离不开电，而身体细胞中负责生产能量的线粒体，就是遍布全城的“微型发电厂”。正如电厂发电会产生“烟雾和废料”，线粒体的副产物则是自由基。

由于缺少保护且修复能力有限，线粒体的内膜和DNA首当其冲。尽管线粒体可通过相互融合来稀释损伤，但随着年龄增长，这种损伤不断累积，导致功能正常的线粒体减少、产能效率下降，从而直接导致我们感到疲劳、乏力，



器官功能（尤其是高耗能的心、脑、肌肉）也随之衰退。线粒体产生的活性氧也是驱动其他衰老特征（如基因组不稳定、慢性炎症）的关键因素。

维持线粒体健康是延缓衰老的必由之路。通过健康饮食、适当运动和补充有针对性的营养素，比如PQQ、麦角硫因和辅酶Q10，可以保护现有线粒体和刺激身体产生更多新的线粒体，帮助我们缓解衰老的“能源与污染危机”。



线粒体融合素



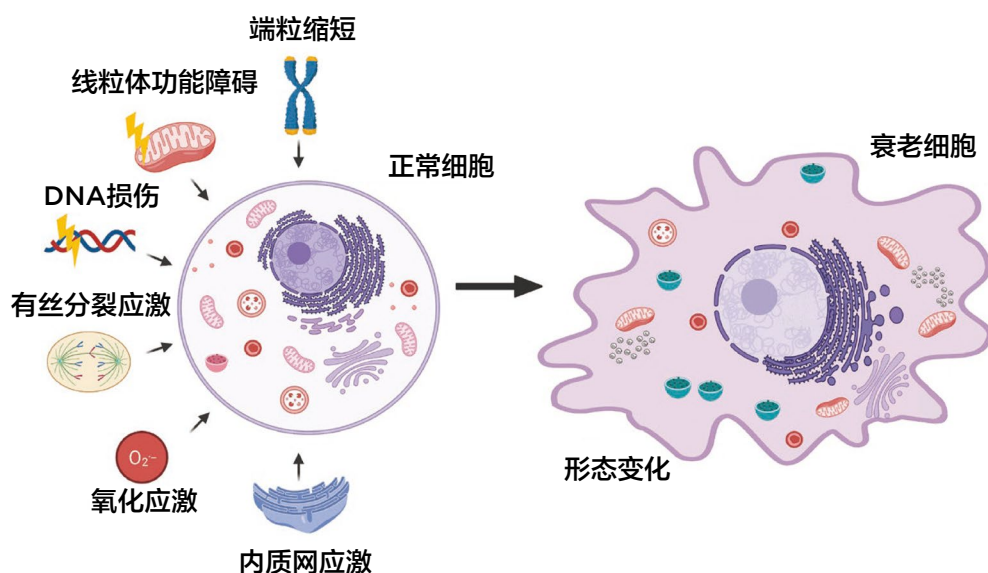
视神经萎缩蛋白1

7 细胞衰老

细胞是构成人体的基本单位，细胞分化形成组织来执行专门的任务，而后，各组织又一起形成人体器官，最后，几个相关器官共同组成身体系统，如心脏、肺和血管一起组成心血管系统，把氧气输送至全身细胞。成年人体内大约有30万亿个细胞，而每天都会有上千亿个细胞死亡，同时也有上千亿个细胞再生补位，才能维持正常的人体功能。

细胞衰老我们可以把它理解为你身体里出现了一些“僵尸细胞”。一些细胞在遭受损伤后，既不死亡，也不正常分裂，而是进入一种“半死不活”的僵尸状态。它们赖着不走，并持续释放有毒物质SASP，污染和破坏周围的健康组织，加速全身的衰老。

对比35岁以下的年轻人与超过65岁的老年人时，后者体内的衰老细胞积累量竟高达前者的2-20倍，尤其是成纤维细胞、内皮细胞和免疫细胞，更是衰老细胞的“重灾区”。衰老细胞越积越多，最终导致组织器官功能衰退：皮肤皱纹、关节退化、免疫力下降、慢性疾病风险增加等。



端粒缩短、DNA损伤积累、氧化应激和线粒体功能障碍是细胞衰老的4类核心诱因。从此入手，我们就找到了阻止衰老过程中“坏苹果效应”的方法，通过运动与饮食（比如含麦角硫因、亚精胺等营养素的食物）守护端粒长度、激活细胞自噬、防御氧化应激，更有可能借助新兴靶向技术精准识别并清除衰老细胞。



干细胞耗竭

干细胞就好比我们身体里的“维修工”，它几乎存在于人体的每个器官中，主要包括造血干细胞（生成血液细胞）和间充质干细胞（修复骨骼、肌肉等）。这些细胞藏在骨髓、血液和各个组织中，像一支随时待命的“抢修队”。它们平时处于“休眠待命”状态，当组织器官受损时，它们能迅速激活并分化成各种细胞进行修复。

随着年龄增长，这支“维修队”却面临两个严峻问题：一是数量急剧下降——新生儿体内约有60亿个干细胞，到25岁可能只剩下10亿，50岁之后甚至不足3亿；二是能力严重退化，反应变慢、增殖减弱，甚至“消极怠工”，变成衰老细胞。结果就是，我们伤口的愈合速度变慢，头发提早变白，器官的自我修复能力也大不如前。

干细胞耗竭确实是衰老的核心机制之一，但通过科学的营养和合理的生活方式，我们完全有办法为身体的这支“维修队”续命，让衰老来得更慢一些！



9 营养感应失调

细胞和身体感知并响应营养物质（如葡萄糖和氨基酸）的一系列高度保守的信号通路，在衰老过程中发生了失调。其核心特征是：在营养充足时，这些通路持续处于过度活跃状态，不断发出“生长、合成”的命令，反而成为驱动炎症、压力和各种衰老病理的元凶。

目前公认的营养感应失调主要涉及四大通路，其中两条负责合成代谢（mTOR通路和胰岛素/IGF-1通路），两条负责分解代谢（AMPK通路和Sirtuins通路）。现代人常见的“富贵病”，往往就和两条合成代谢通路的长期过度刺激有关。

通路	在长寿网络中的角色
mTOR	抑制可延缓衰老，延长寿命
胰岛素/IGF-1	减弱可延长寿命
AMPK	激活可延长寿命
Sirtuins	激活可延长寿命



理解了营养感应失衡，我们就可以通过饮食（热量限制/间歇性禁食,如R3提倡的饮食方式）或药物手段（比如降糖药二甲双胍或新兴减肥药司美格鲁肽等），巧妙地“欺骗”这个系统，让它偶尔进入“低功耗的修复模式”，就成为我们对抗衰老、延长健康寿命的核心策略。这正应了那句古话：“若要身体安，常带三分饥与寒。”



10 细胞间通讯改变

细胞间通讯是指身体里数以万亿计的细胞之间互相“打电话”、“发微信”、“送快递”和“近距离聊天”的方式。这套精密的通讯系统确保了全身数十万亿细胞能够协调一致地工作。

衰老让这个完美的通讯系统变得一团糟，主要体现在以下几个方面：

- 信号失真：激素水平失衡（如胰岛素、睾酮与雌激素等）引发功能减退，神经递质系统衰退导致反应迟缓。血管基底膜的胶原蛋白被糖化交联后，血管壁变硬、通透性改变，干扰了激素和信号分子的传输。
- 信号毒性：衰老细胞释放有害物质（SASP），引发慢性炎症并扩散衰老状态。
- 通路障碍：免疫细胞识别与清除功能下降，肠道菌群与人体细胞通讯失调，加剧全身炎症。

我们可以通过健康生活，比如多吃抗炎食物、适当限制热量摄入、补充益生菌益生元、坚持锻炼并管理情绪与睡眠，就能帮助细胞间通讯降噪、增强信号，维持长久的高效运转。

11 慢性炎症

如果把急性炎症比作身体救火队的紧急出动——比如不小心割伤手指后的红肿、发热，那么慢性炎症就像是建筑物里持续冒烟的故障电线——没有明火，却持续释放损害信号。

慢性炎症并非凭空产生，它是几乎所有衰老特征共同点燃的“火药桶”。它们会使免疫细胞过于紧张，对一些原不严重的威胁甚至只是“误判的威胁”，持续释放炎症因子。这些分子在身体里慢慢累积，像锈蚀一样损伤细胞，加速几乎所有衰老相关疾病的进程，科学家也称之为“炎性衰老”。

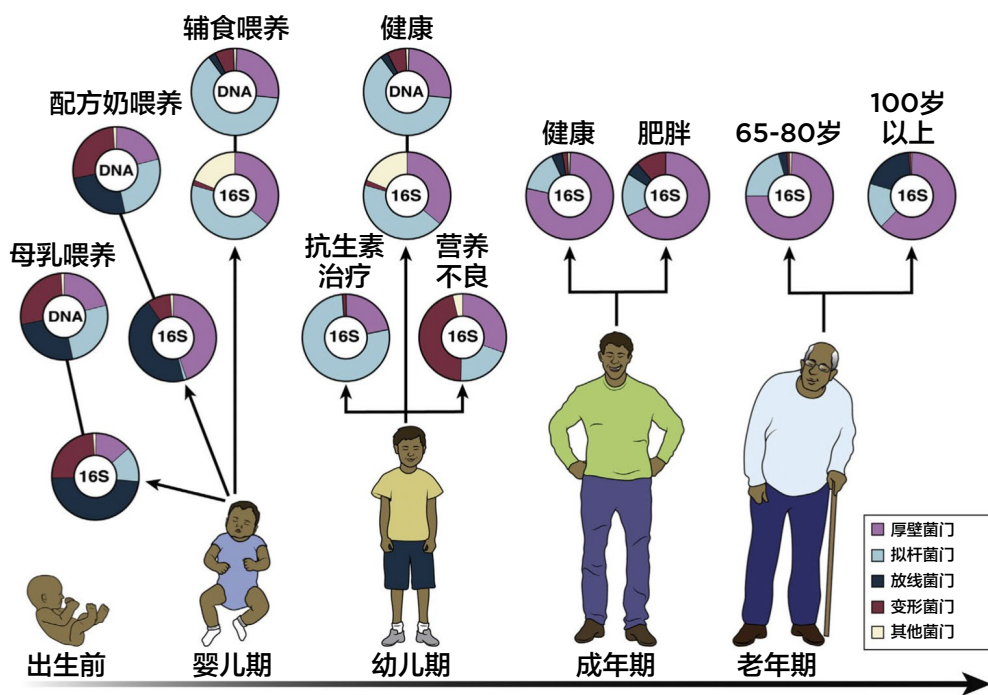




许多30岁以上的人体内都存在着不同程度的慢性炎症，只是还没出现明显的症状。高糖高油饮食、久坐不动、长期焦虑、疾病炎症甚至环境污染、自由基伤害都会加剧慢性炎症。因此，控制炎症，才能从系统层面阻断衰老恶性循环、延长健康寿命。

12 生态失调

简单说，就是肠道里的菌群失衡了。肠道菌群不仅关乎消化健康，还深度参与我们的新陈代谢、免疫调节，甚至通过“脑肠轴”影响我们的情绪和大脑健康。可以说，从出生到衰老，肠道菌群一直在默默塑造我们的健康状态。



*圈中DNA和16S代表两种菌群研究方法



肠道生态的失调主要会通过3种方式加速身体衰老：

- 1 产生毒素：菌群失调可产生硫酸对甲酚等有害代谢物，进入血液后加剧炎症与器官损伤，加速衰弱。
- 2 有益物质减少：菌群能发酵膳食纤维生成短链脂肪酸（如丁酸盐），可维护肠道屏障、抑制炎症并调节免疫。衰老后其产量降低，导致肠漏与全身炎症加重。
- 3 免疫失调：肠道菌群健康时可训练免疫系统；失调后则引发免疫系统紊乱，攻击自身组织，导致慢性炎症。

因此，衰老不是你一个人的事，是你和你体内万亿微生物共同作用的结果。通过饮食和生活习惯养好肠道菌群，就相当于在维护一个能帮助对抗炎症、维持代谢、支持免疫的强大内部盟友。



13 细胞外基质变化

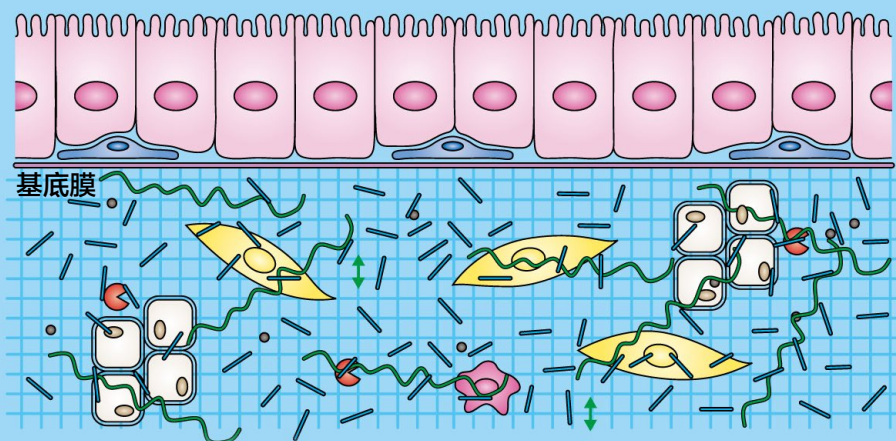
我们的衰老，不仅仅是因为细胞本身老了，也是因为细胞赖以生存的微观环境“生锈”和“硬化”了。这个硬化的环境反过来又“逼迫”健康的细胞走向功能失常和衰老。这就是2025年新增的衰老标志——细胞外基质变化。

细胞外基质ECM就是细胞周围的“微环境”或“支架”。它不只是一个简单的填充物，而是由胶原蛋白、弹性蛋白、透明质酸、蛋白多糖等构成的精密立体网络，就像建筑物里的钢筋水泥，为细胞提供结构支持、营养输送和信号传递。

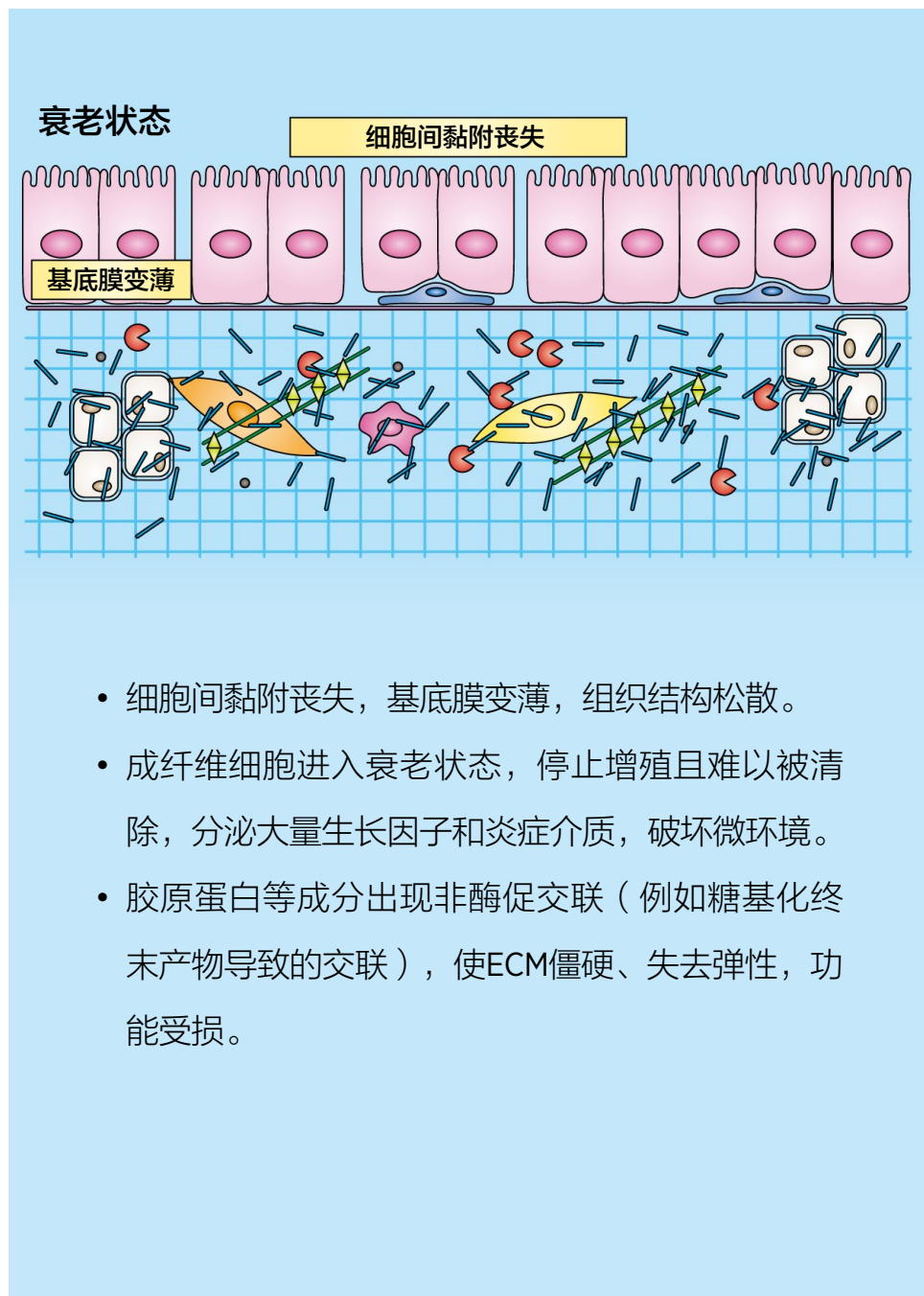
年轻时，这张网络充满活力与弹性。但随着年龄增长，胶原蛋白过度交联会使组织变硬，弹性蛋白降解导致皮肤松弛，透明质酸流失让皮肤干瘪。更严重的是，僵硬老化的基质会像“牢笼”一样困住细胞，阻碍新陈代谢，加剧DNA损伤与慢性炎症，形成衰老的恶性循环。



正常状态



- 细胞排列有序，上皮细胞具有正常的极性。
- 成纤维细胞活跃，负责合成和有序重组细胞外基质ECM。
- 脂肪细胞等被完整的厚基底膜包裹。
- 胶原蛋白的交联过程由酶催化，形成健康、有弹性的ECM结构。





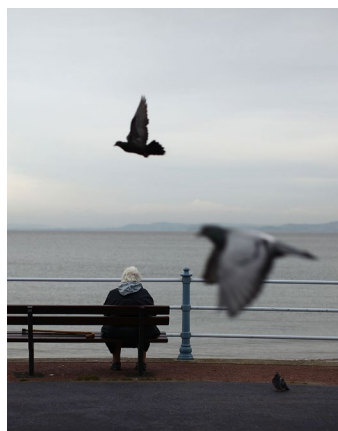
紫外线破坏、糖化反应、慢性炎症等外因，加上成纤维细胞减产、衰老细胞“搞破坏”，都是导致细胞外基质变化的因素。因此，日常做好防晒、抗糖、护肤保养并补充胶原蛋白、透明质酸等营养，耐心守护好这个深层的“青春支架”，它自然会为我们的健康与年轻长久“撑腰”。



14 心理-社会隔离

年轻时，你与家人、朋友、同事和社区保持着丰富、有意义的连接。这些连接为你提供缓冲垫（缓解压力）、意义感（对抗虚无）和行为约束（促使你保持健康生活）。随着年龄增长，由于体能下降、亲友离世、退休、行动不便或认知衰退，这些连接逐渐断裂或信号微弱，这会让你感觉自己被隔绝在社会的热闹之外。

大脑会将这种“孤独感”解读为一种持续的生存威胁，身体会长期处于一种“战斗或逃跑”的警戒状态，持续分泌压力激素（如皮质醇），最终会导致慢性炎症、免疫力下降、心血管系统损伤和大脑功能衰退——这一切都是典型的衰老特征。





“孤独感”不再是一个可有可无的生活品质问题，而是一个需要像对待高血压、高血糖一样，被严肃对待的健康风险因素。论文指出，“孤独感”完全符合满足作为衰老标志的三个严格标准：

- 年龄相关性：老年人是社会孤立最高发的群体。
- 可加速性：隔离饲养的社会性动物会表现出更快的生理衰退和更短的寿命。
- 可干预性：对老年人进行心理社会群体康复（如组织集体活动、提供社交支持），不仅能改善他们的主观幸福感，甚至能降低死亡率。

追求长寿与健康，我们不仅要保养好身体的每一个细胞，让我们拥有走出家门的活力与体力，更要滋养我们的社会关系和内心世界。



衰老干预新纪元——美乐家专研抗衰配方

我们已经认识了抗衰老的3大营养：核酸、抗氧化剂和抗糖化成分。然而，衰老从来不是单一机制的结果。14大衰老标志物相互交织，构成了一张错综复杂的网络。科学抗衰营养还必须具备多靶点、系统性的干预能力——美乐家专研抗衰配方通过PQQ、虾青素、麦角硫因、亚精胺和萝卜硫苷的协同作用，精准靶向14大衰老标志物，系统干预衰老进程！

7项功效实验：激活抗衰相关通路

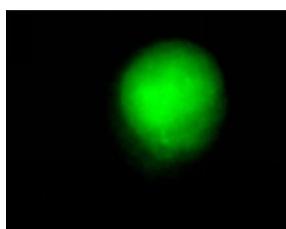
通过7项科学严谨的功效实验，美乐家专研抗衰配方对衰老的实际干预效果得到了验证，见证了其能减少细胞DNA损伤、增加端粒长度、提升能量生产、增强自噬功能、降低慢性炎症、减少衰老痕迹并延长生命周期。

这7项实验均选用了衰老研究领域的经典模型与金标准检测方法，其中成纤维细胞（HSF）是国际衰老研究文献中最常使用的细胞模型之一，而酵母菌的寿命测定更是衰老研究的标准实验范式，已有多项诺贝尔奖成果在酵母菌模型中取得关键突破。

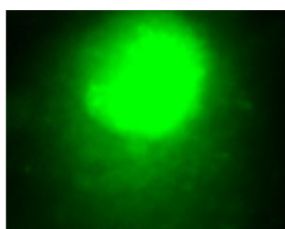


1 DNA损伤-85%

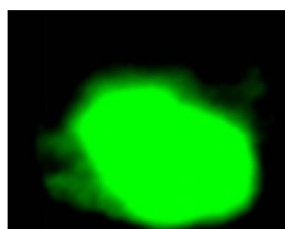
完好的DNA像圆圆的绿球，受损的DNA会像彗星拖个“尾巴”。美乐家专研抗衰配方干预后，彗尾明显缩短了约**85%**，证明其**具有修复DNA损伤、维持基因组稳定的作用**。



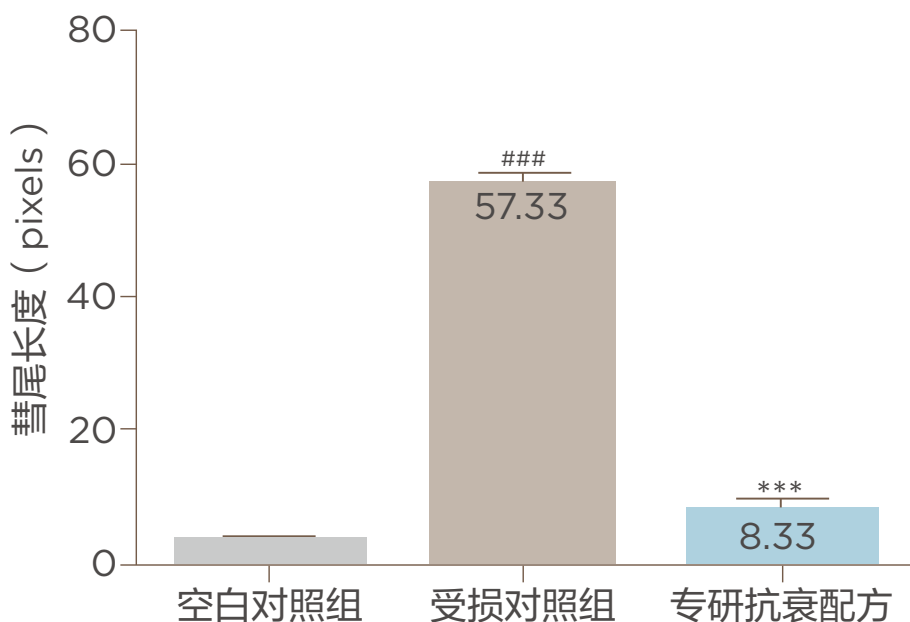
正常的DNA



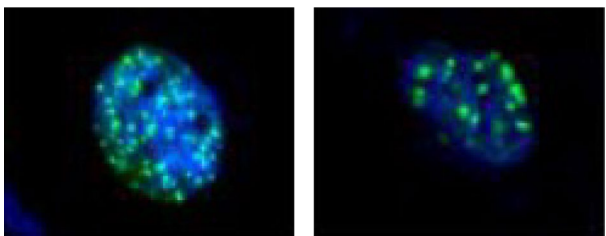
损伤的DNA



加入专研抗衰配方

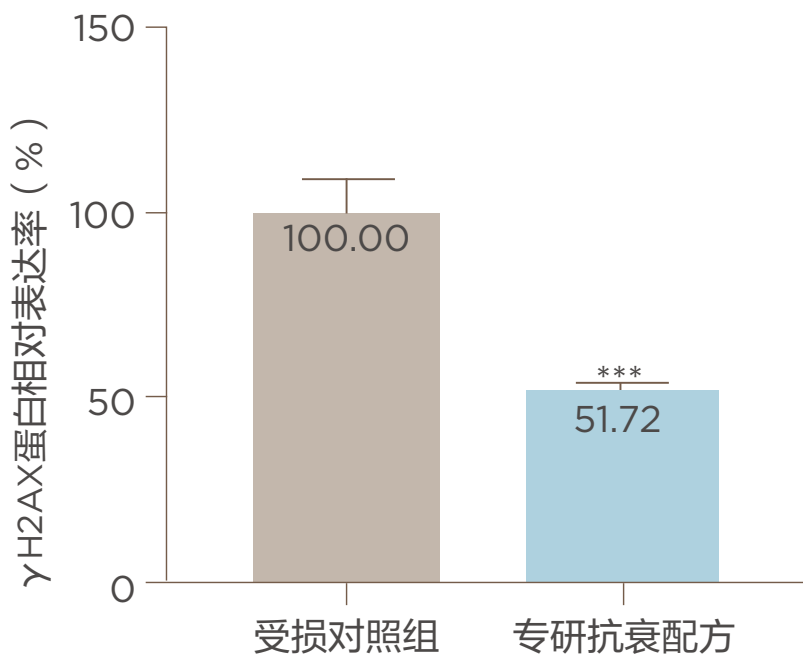


细胞一旦发现DNA有严重断裂，就会立刻点亮一个“警报灯”（ γ H2AX蛋白）。美乐家专研抗衰配方干预后，细胞里的“警报灯”数量几乎减少了**50%**。再次证实了其能**从根源上减少了DNA的严重损伤**。



损伤的DNA

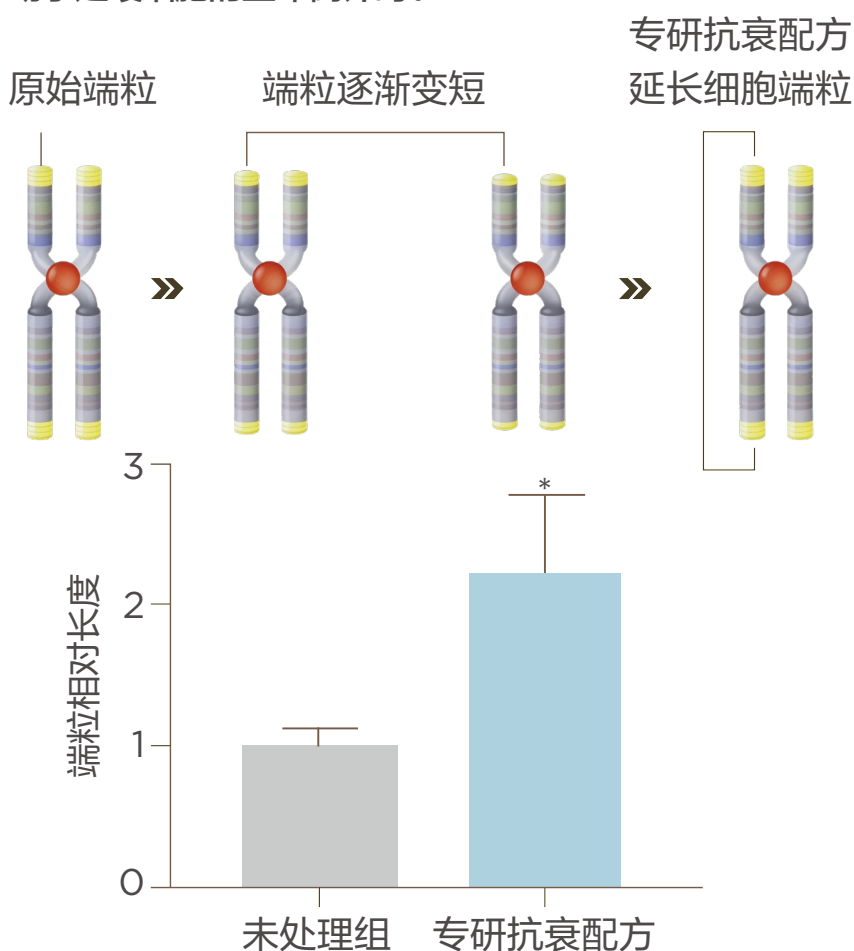
加入专研抗衰配方





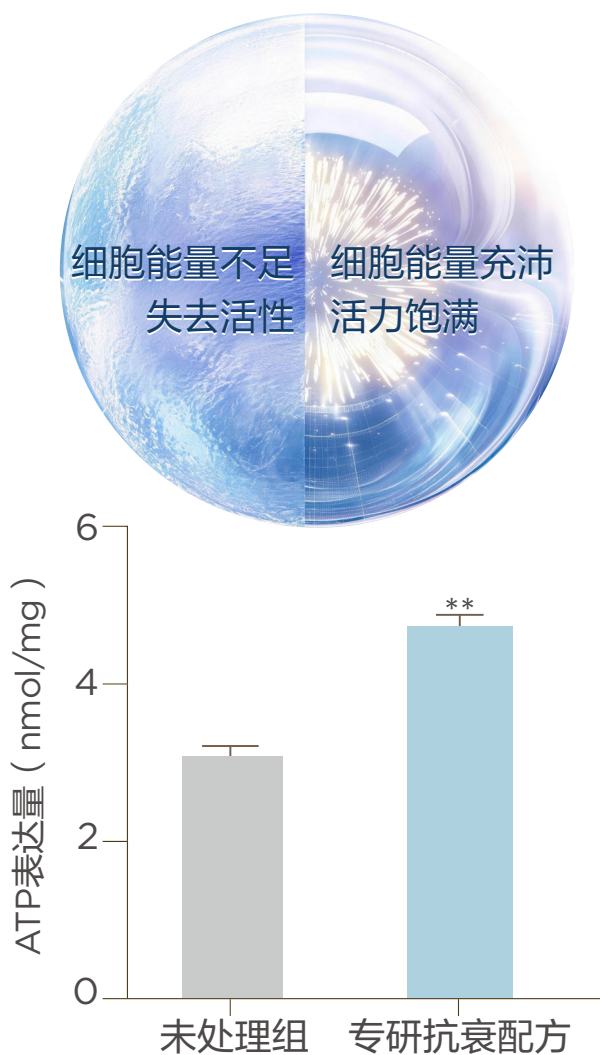
2 端粒长度+121%

染色体末端的端粒，相当于细胞的“分裂次数计数器”，每分裂一次就短一截，直到清零，细胞就无法再生。美乐家专研抗衰配方干预后，端粒相对长度提升了约**121%**，有助于延缓细胞的生命倒计时。



3 能量生产+54%

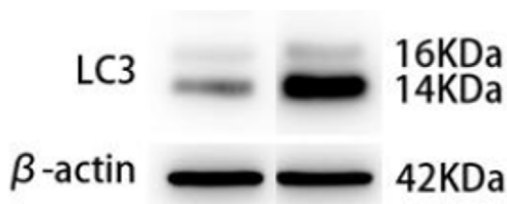
细胞的“发电厂”线粒体老化，会导致产电效率（ATP含量）低下。美乐家专研抗衰配方干预后，细胞ATP表达提高了54%，证明其**有助细胞高效充电，让细胞更有活力。**





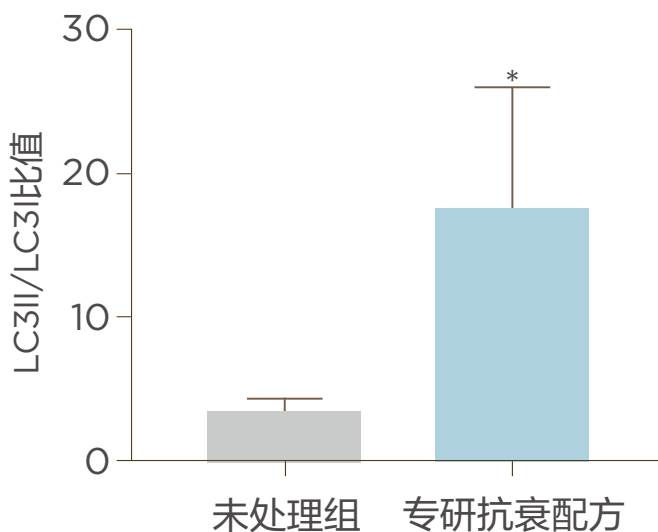
4 自噬功能+402%

细胞启动“自我清洁”功能（巨自噬），会亮起一个“打扫中”的指示灯（LC3I蛋白转化为LC3II）。美乐家专研抗衰配方干预后，这个指示灯的亮度（LC3II/LC3I比值）提升了4倍之多，证明其能激活细胞内废弃物处理和再利用的过程，创造健康细胞所需的“宜居”环境。



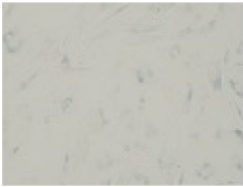
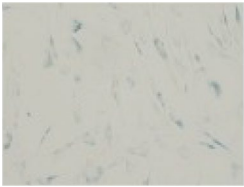
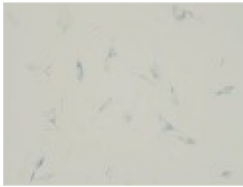
LC3条带显示为上下两条，分别对应的LC3-I和LC3-II。

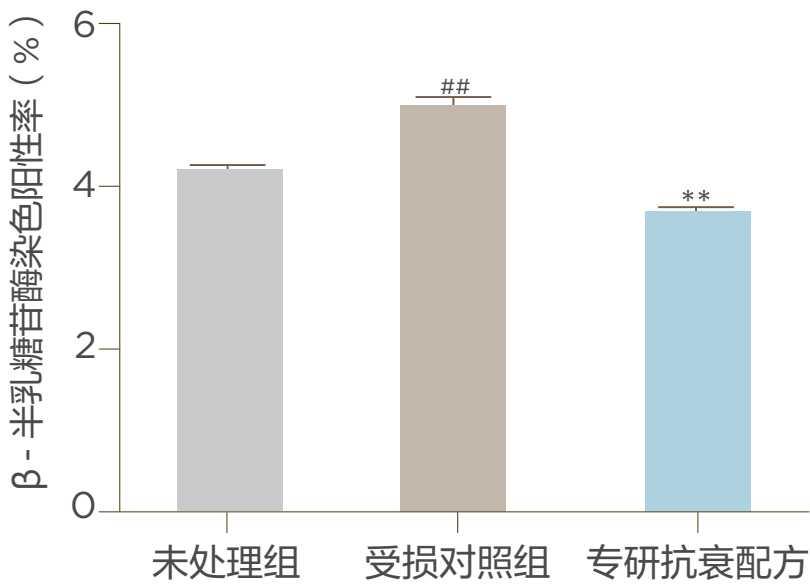
β -actin条带强度一致，说明实验操作规范。



5 衰老痕迹-27%

老化的细胞会表达一种特殊的“老年斑”（ β -半乳糖苷酶，蓝色部分）。美乐家专研抗衰配方干预后，带“老年斑”的细胞数量减少了约27%，证明其能**有效延缓细胞进入老化状态**。

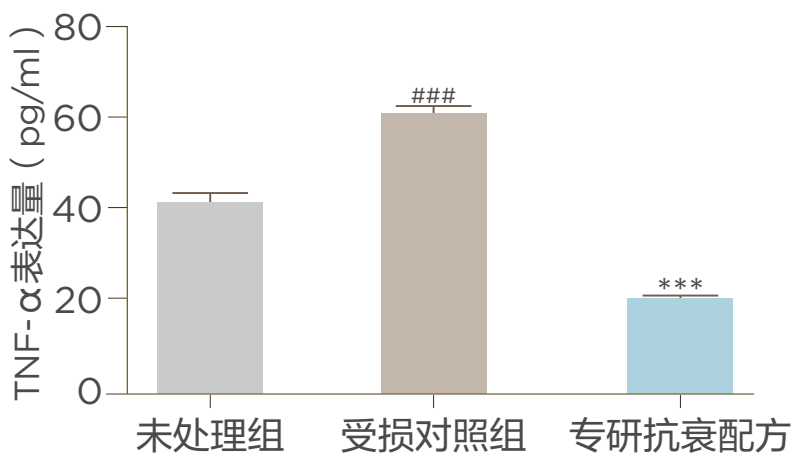
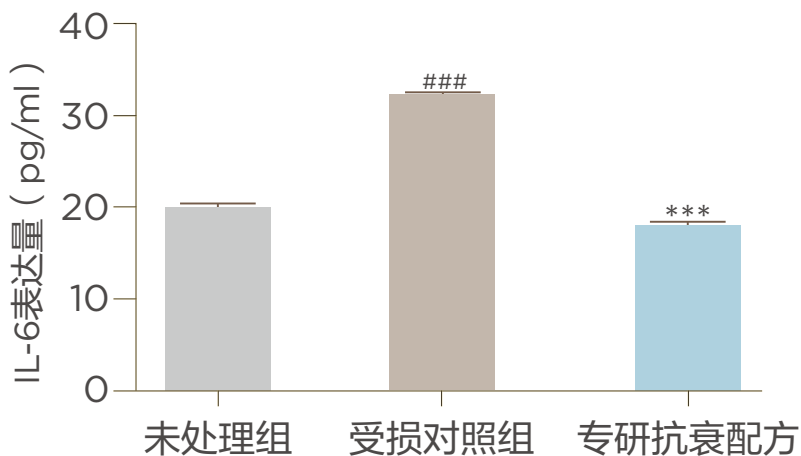
编号	未处理组	受损对照组	专研抗衰配方
β -半乳糖苷酶			





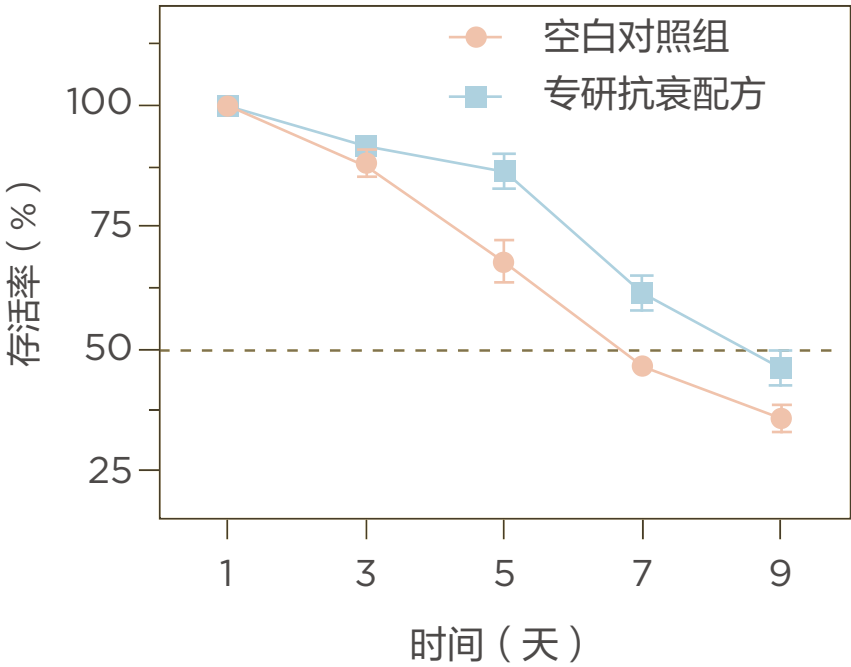
6 慢性炎症-67%

慢性炎症好比细胞内部“持续火灾”，美乐家专研抗衰配方干预后，两种主要的“火警信号”（炎症因子IL-6和TNF- α ）的含量分别下降了约45%和67%，证明其**具有较强的抗炎能力，为细胞创造健康环境。**



7 生命周期+29%

酿酒酵母具有与人类同源基因，因此广泛应用于寿命研究领域。美乐家专研抗衰配方干预后，酵母菌的存活时间延长了约29%，证明其在基础生命模型中展现出了**延长寿命的潜力**。





5大抗衰老营养素的协同网络

科学家从上千种天然成分中，最终锁定PQQ、虾青素、麦角硫因、亚精胺、萝卜硫苷这5位“多面手”——每一种成分都拥有经科学实验验证的干预能力，能够精准作用于多个衰老标志物。而当它们组合在一起，便形成了一张覆盖从基因、细胞、系统到心理的全域防护网——专研抗衰配方。

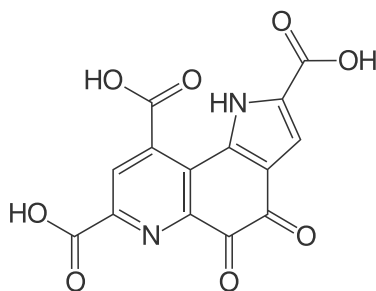


下表清晰地展示了这5成分与14个衰老标志物的对应关系。每一个“√”的背后，都是一项或多项实证支撑，证明该成分在改善对应衰老标志物方面确有潜力。“心理-社会隔离”也在配方设计中考虑进去——当身体状态改善，体能与精力回升，我们面对衰老的无力感会被打破，帮助我们勇于走入人群、远离孤独感。

衰老标志物	PQQ (吡咯并喹啉 醌二钠盐)	虾青素 (源自雨生 红球藻)	麦角硫因 (源自 金顶侧耳)	亚精胺 (源自 小麦胚芽)	萝卜硫苷 (源自西兰花 种子水提物)
基因组不稳定		✓	✓	✓	
端粒损耗			✓	✓	
表观遗传改变				✓	✓
蛋白稳态丧失	✓		✓		✓
巨自噬失能	✓	✓		✓	
线粒体功能障碍		✓	✓	✓	✓
细胞衰老	✓	✓	✓	✓	
干细胞耗竭		✓		✓	✓
细胞间通讯改变	✓			✓	
营养感应失调	✓	✓	✓	✓	
慢性炎症	✓	✓	✓	✓	✓
生态失调	✓			✓	✓
细胞外基质变化	✓	✓	✓		✓
心理-社会隔离	提升对自身健康的掌控感，提升体力与精力， 更有勇气与信心走进社交圈、打破孤独感。				



PQQ吡咯并喹啉醌二钠盐(pyrroloquinoline quinone)，一种水溶性化合物，是继烟酰胺核苷酸(NAD)、核黄素核苷酸(FAD)后发现的氧化还原辅酶，被《Nature》和《Science》两大顶尖学术期刊多次报道。



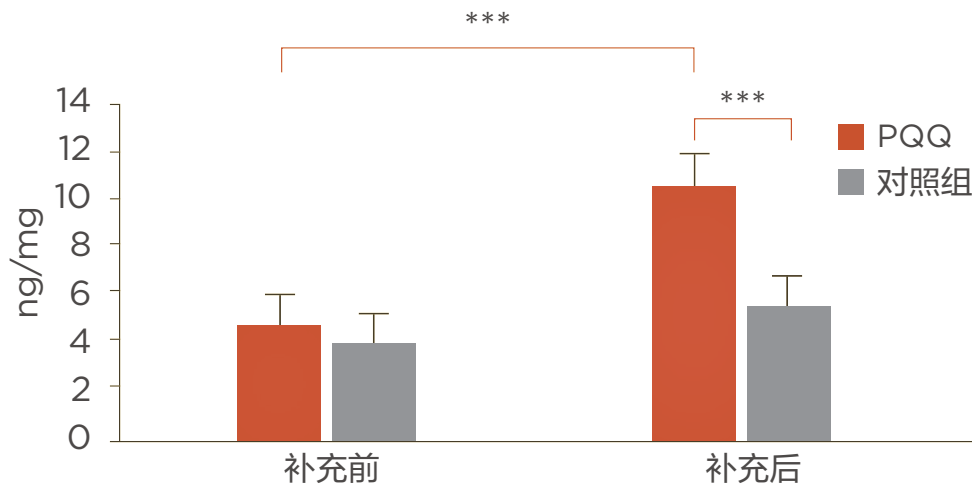
PQQ广泛存在于微生物代谢产物及天然食物中，如蔬菜、水果、纳豆和鸡蛋等。人体血红细胞、胆汁等中也含有PQQ，其中母乳的PQQ总含量最高（140-180纳克/毫升，1纳克等于十亿分之一克）。由于人体自身无法合成PQQ，我们必须通过日常膳食或营养剂补充的形式进行额外补充。

大量国际学术期刊都已经证实了PQQ的卓越功效。线粒体老化会导致细胞加速衰老，而70岁以上人群的线粒体损伤程度比40多岁人群高出15倍。研究发现，PQQ能刺激线粒体生物发生（即用新的和健康的线粒体替换旧的和受损的线粒体的一种再生程序），从而促进衰老细胞中线粒体的数量增加和质量提升，提高能量产生效率。

2013年加利福尼亚营养中心关于口服PQQ补充剂改善线粒体的一项实验中发现，服用PQQ后血液中线粒体数量明显增加，且与剂量呈线性关系，2小时血液浓度达到最高。另有动物实验显示，缺乏PQQ的小鼠肝脏中线粒体的相对数量减少20-30%。

另一项临床实验中，PQQ组中的尿液中线粒体相关中间体和代谢物的相对减少，这些变化与线粒体效率的提高一致。研究还发现，每天补充20毫克PQQ的男性线粒体中，PGC-1 α 蛋白水平显著提高，从而促进线粒体的生物发生。





补充PQQ对未经训练的男性线粒体中PGC-1 α 生成的研究
(PGC-1 α : 线粒体生物发生和代谢的关键调节因子, ng/mg)

同时, PQQ是一种强大的抗氧化剂, 其氧化还原能力是维生素C及大多数异黄酮和多酚类化合物的25至5000倍。PQQ可以捕捉和中和自由基, 这些自由基是导致细胞氧化损伤的化学物质。通过抵消自由基, PQQ有助于保护细胞和组织免受氧化应激的伤害, 这有助于减缓衰老过程和降低慢性疾病的风险。



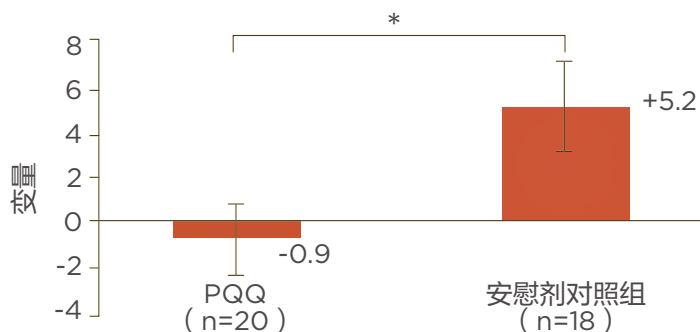
2013年的一项人体临床研究显示，连续3天补充PQQ后，受试者的炎症指标C反应蛋白平均下降了45%，白细胞介素-6也显著降低，说明PQQ具有明确的抗炎作用。在线粒体功能方面，PQQ使乳酸/丙酮酸比值下降（从4.5降至3.6），同时尿液中的三羧酸循环中间产物减少约15%，这意味着细胞的“能量工厂”运转效率得到提升。此外，PQQ还显著降低了与心血管风险相关的氧化三甲胺水平，并表现出抗氧化活性——单次补充后，反映脂质过氧化的TBARS指标在48小时内持续下降，且效果与血中PQQ浓度相关。

在衰老过程中，大脑更容易受到细胞氧化应激产生的活性氧引发的蛋白质或DNA的氧化变性，从而诱发阿尔兹海默症或帕金森等神经退行性疾病。PQQ可以增加神经生长因子的产生，刺激神经细胞的生成和连接，促进神经元之间的交流，改善衰老引起的认知缺陷，从而改善脑健康，提升认知能力。

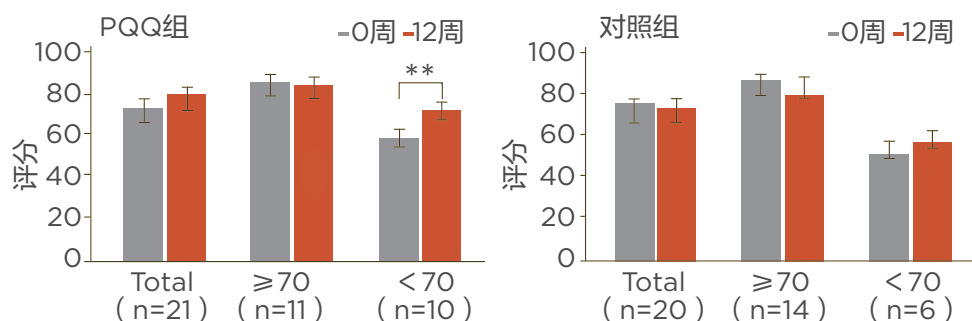




在一项随机、安慰剂对照、双盲试验研究中，对41名健康老年受试者进行了PQQ对认知功能影响的观察。受试者每日口服20毫克PQQ或安慰剂，持续12周。通过认知功能评估发现，PQQ可以预防老年人脑功能的衰退，尤其是在专注力、空间认知以及工作记忆等方面



摄入PQQ对SIs选择性注意能力的影响



摄入PQQ对视觉空间认知能力的影响

SIs: Stroop干扰实验，水平越低代表专注力越强

2023年的一项双盲对照研究，也揭示了PQQ对20-65岁成年人认知功能的影响。受试者每日服用20毫克PQQ，持续12周。12周后，受试者的综合记忆和语言记忆能力得到改善。进一步按年龄分层分析显示，在年轻人（20-40岁）中，服用PQQ 8周后认知功能（包括认知灵活性、处理速度和执行速度）就有显著改善，而在年长成人（41-65岁）中，12周后复杂记忆和语言记忆能力也得到改善。

另一项人体临床中，20名50-70岁的健康受试者每日口服20毫克PQQ或安慰剂，持续12周。结果显示，PQQ组的局部脑血流量和氧代谢显著增加、右侧前额叶皮质活动增强，并在初始STAI评分较高的PQQ亚组中，状态焦虑评分显著降低。说明PQQ摄入可以改善脑部血供，缓解精神紧张，显著改善心理压力水平。

PQQ还可以通过促进皮肤真皮层的细胞增殖、增加皮肤胶原纤维的生成以及增加皮肤内自噬水平相关基因的表达，从而加速衰老细胞的体内代谢，达到皮肤抗衰、美容的功效。

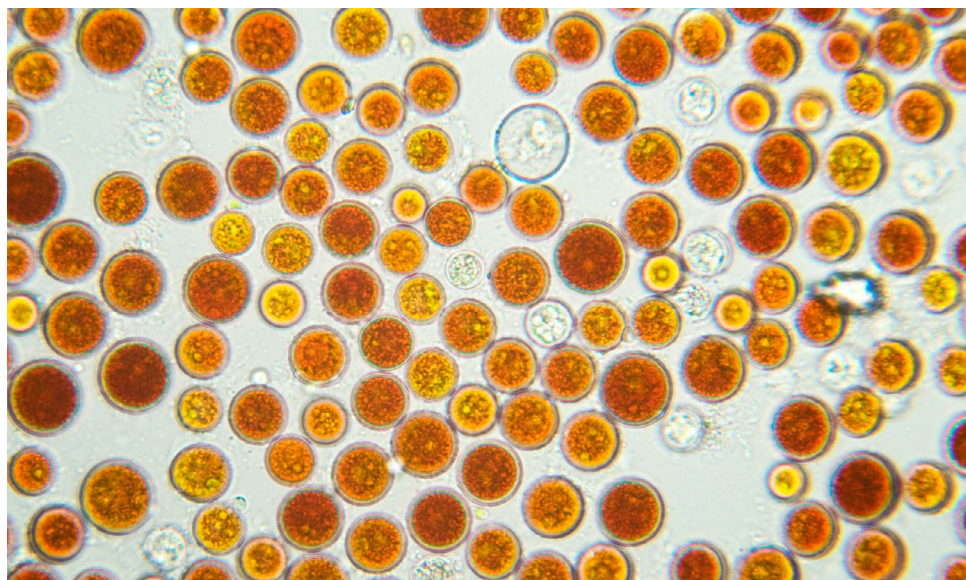


试验中，PQQ老年组的表皮厚度、真皮厚度以及真皮胶原阳性染色面积百分比（分别为 $25.53 \pm 0.47 \mu\text{m}$ 、 $145.01 \pm 9.71 \mu\text{m}$ 、 $31.17\% \pm 1.20\%$ ），均显著高于老年组（分别为 $15.67 \pm 0.36 \mu\text{m}$ 、 $87.95 \pm 11.86 \mu\text{m}$ 、 $22.12\% \pm 1.72\%$ ），其自噬体数量显著低于老年组。

在一项为期8周、每日补充20毫克PQQ的随机双盲安慰剂对照试验中，PQQ组受试者的前臂经皮水分流失在补充4周后显著低于安慰剂组。经皮水分流失是衡量皮肤屏障功能的核心指标，其值降低意味着皮肤锁水能力增强、屏障功能改善。

此外，受试者自我评估问卷显示，PQQ组对脸部皱纹和色素沉着（如色斑、雀斑）的主观感受在补充4周和8周后均显著改善。





虾青素（Astaxanthin），又被译为虾红素或称为藻红素，是一种类胡萝卜素，天然存在于红藻、磷虾、龙虾、螃蟹和野生鲑鱼等生物体中，使它们的外观呈现红色。红藻可以依靠自身生成虾青素，而磷虾、鲑鱼等海洋生物则是通过食用富含虾青素的藻类，以食物链的方式在体内大量累积虾青素。

通过先进技术（如超临界二氧化碳萃取）从藻类或海洋生物中提取的天然虾青素，其生物利用率、抗氧化活性及安全性均远胜于合成虾青素，清除自由基能力更是合成虾青素的20倍之多。

其中，雨生红球藻是自然界中虾青素含量最丰富的生物来源之



一，被认为是生产高质量天然虾青素的黄金原料。这种微藻在正常环境下呈现绿色，但在面临紫外线、营养缺乏等恶劣压力时，会启动自我保护机制，大量制造并累积虾青素，使藻体转为深红色以渡过难关。

虾青素独特的分子结构与构成，使其拥有超凡的清除自由基与淬灭单线态氧的能力，这也是其强大抗氧化作用的核心所在。因此，虾青素被认为是自然界最强的抗氧化剂之一，其抗氧化能力比维生素C、维生素E等传统抗氧化剂更强。

大多数抗氧化剂只能保护细胞膜的内侧或外侧，但虾青素却能够像一根长钉一样，完美地「跨穿」整个细胞双层磷脂膜，同时保护细胞膜的内外两侧，抵御来自水溶性及脂溶性自由基的攻击，因此能有效保护细胞线粒体的膜系统，确保能量高效生产，提升细胞存活率与干细胞增殖。

凭借其独特的跨屏障能力（血脑屏障与血视网膜屏障）和强大的抗炎、抗氧化特性，虾青素在人体多个系统中展现出卓越的健康益处，并拥有海量的临床研究数据支撑，包括抗氧化、抗衰老、脑部、肌肤、免疫、眼部、心血管、运动能力、关节肌肉、生殖与激素健康等。

2025年一项随机、双盲、安慰剂对照临床试验，共纳入80名心力衰竭患者，8周后，接受虾青素补充的参与者其总抗氧化能力（0.12 vs. -0.04 mmol/L）和超氧化物歧化酶水平（156.92 vs. 36.14 U/mL）显著升高。相比之下，虾青素组的丙二醛（-2.19 vs. -0.68 nmol/L）和血清尿酸水平（-1.82 vs. -0.63 mg/dl）的降低幅度显著大于安慰剂组。此外，在接受虾青素治疗的患者中，呼吸困难和疲劳也有显著改善。研究结果表明，补充虾青素可能有效改善心力衰竭患者的氧化应激生物标志物和临床状况。

在一项2025年进行的8周人体临床中，每日补充20毫克虾青素，能够显著降低类风湿关节炎（RA）患者的疾病活动度（即病情活跃程度下降，让疾病从“活动期”转向“缓解期”或“低活动期”），改善其生活质量与功能障碍，同时还能降低炎症指标

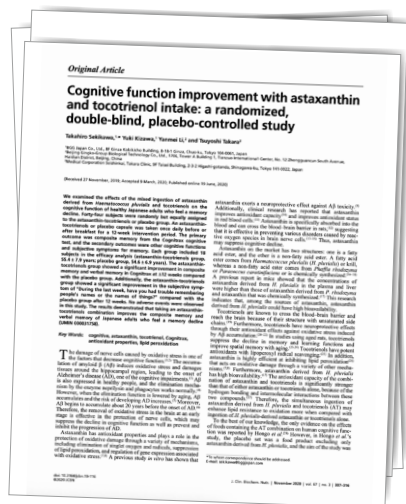




血沉（ESR）水平。试验表明，虾青素可作为RA患者常规治疗的辅助手段，有助于改善疾病控制和生活质量。

2023年刊发的一项随机安慰剂对照试验，受试者分别接受含虾青素（9毫克/天）的膳食补充剂或安慰剂，持续6周后发现，虾青素能减轻视频显示终端作业引起的氧化应激，相应地减轻了中老年人群视频显示终端作业诱发的视觉疲劳。

2020年发表在《Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition》的一项随机、双盲、安慰剂对照研究表明，在12周时，天然虾青素+维生素E组（ 20.1 ± 13.3 分）的综合记忆评分比安慰剂组（ 9.6 ± 16.2 分）显著增加，且在主观症状“在过去一周内，您是否在记住人名或事物名称方面遇到困难”方面也表现出显著改善。



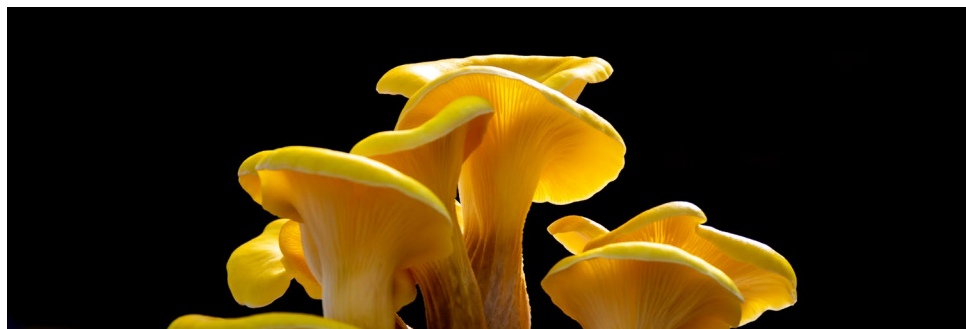
2018年发表在《Nutrients》的一项10周的双盲安慰剂对照试验中，与安慰剂组相比，虾青素组受试者紫外线照射区域的最小红斑量显著提升、皮肤水分流失减少，说明虾青素能够提高皮肤对紫外线照射的耐受性，延缓红斑出现，并减缓紫外线引起的皮肤水分流失，同时虾青素组在“改善粗糙皮肤”和“肤质”两项评分上也显著优于安慰剂组，从而表明虾青素具有保护皮肤免受紫外线损伤、维持皮肤健康的潜力。



2017年一项针对28名休闲跑步者的双盲平行实验发现，以12毫克/天的剂量补充虾青素8周，长跑运动时最大心率下降 10%，说明虾青素有效减少剧烈运动态时心脏的负荷，从而达到保护心脏的效果。



2019年发表在《Nutrients》上的一项研究发现，补充虾青素和芝麻素4周后，受试者的整体情绪状态提升11%、精神疲劳降低36%、沮丧感降低57%、紧张感降低20%，表明其能改善人们的情绪状态。



麦角硫因（Ergothioneine）是一种稀有的天然氨基酸，由大多数蘑菇、蓝藻细菌和多种土壤细菌合成，而植物或动物无法合成，只能依靠从土壤中少量吸收或通过生物链累积。人类需要从饮食中摄取麦角硫因，蘑菇是主要摄取来源，其中金顶侧耳是麦角硫因含量最高的食用菌之一。

科学家早在1909年就已发现并命名了麦角硫因，但直到2005年德国的一项关键突破，才使其一跃成为“抗衰黄金”。这项研究发现，麦角硫因拥有一种专门的转运蛋白OCTN1蛋白，它就像一把“钥匙”，能够精准地打开细胞“能量工厂”线粒体的“大门”，使麦角硫因高效进入线粒体内部，发挥靶向抗氧化功能，直接清除自由基，抑制DNA损伤，保护细胞。缺乏这种转运蛋白会导致机体无法有效摄取与利用麦角硫因，进而导致线粒体氧化损伤加剧，蛋白质、脂质和DNA的氧化损伤加剧，细胞存活率下降。

麦角硫因已被证明几乎存在于所有人类细胞和组织类型中，在大脑、骨髓、眼睛晶状体和角膜以及红细胞中通常达到毫摩尔水平，在这些部位似乎起着重要的抗氧化剂作用。它作为一种特殊抗氧化剂的功能被认为与心血管疾病的预防有关。

研究还发现，人体中麦角硫因的水平在80岁以后随年龄增长显著下降，并且在患有轻度认知障碍的个体中发现其水平显著较低。因此，美国生物化学家Bruce Ames教授将其列入“长寿维生素”（longevity vitamins）。

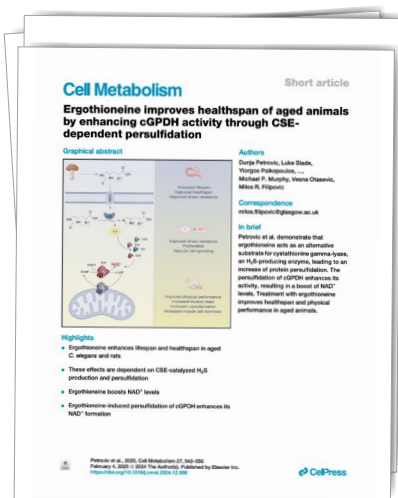
2024年，日本金泽大学药学院的学者Makoto Katsube和Yukio Kato等人通过实验发现，给7周龄的实验生物每天补充4-5毫克/千克的麦角硫因，它们的存活时间显著长于对照组，中位年龄、平均存活年龄和90%死亡率年龄分别增加了16%、21%和29%！除了寿





命延长，麦角硫因还能改善虚弱状态、增强认知功能、减轻氧化应激和细胞衰老及改善肾功能标志物，从而表明长期口服麦角硫因能显著延长实验生物的使用寿命，同时促进健康老龄化。

2025年一篇发表在《Cell Metabolism》上的研究发现，麦角硫因不仅提高了老年实验生物的肌肉质量与运动耐力，还促进了肌肉组织的血管生成，并提升了关键代谢辅因子NAD⁺的水平。这些结果表明，麦角硫因不仅能延长寿命，还能显著改善健康寿命（healthspan）。



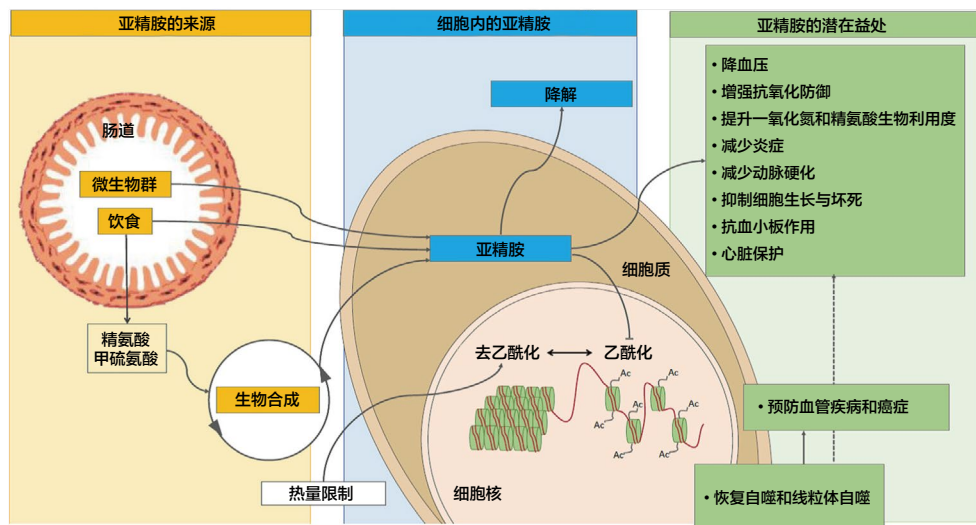
2025年发表在《Nutraceuticals》上的一项为期16周的随机、双盲、安慰剂对照试验中，年龄在55-79岁、自我感觉记忆力下降的成年人补充麦角硫因后，复合记忆评分、反应时间、前瞻性记忆、入睡均有所改善，还观察到肝功能改善以及端粒长度的增加。



亚精胺是一种天然存在的多胺化合物，从植物、动物到几乎人体的每个细胞中都能找到它的身影。人体内的亚精胺既可靠自身细胞合成，也能通过摄取食物获取或由肠道微生物产生。



多种多样的食物富含亚精胺，例如小麦胚芽、新鲜青椒、纳豆、花椰菜、西兰花、蘑菇和各种奶酪等，其中小麦胚芽的亚精胺含量很高。亚精胺是人体肠道最容易吸收的多胺，相较大量食用天然食材，口服补充剂的方式更加高效。



人体细胞内的亚精胺浓度会随着机体自然衰老的过程而下降，而一项针对百岁老人的研究却惊奇地发现，这些健康长寿的长者体内的亚精胺含量，竟与健康的非老年人大致相同！大量研究表明，尽管亚精胺以多种不同的方式助益长寿，但其中涉及的主要机制是“细胞自噬”。

2016年，大隅吉典博士凭借其提出的“细胞自噬理论”荣获诺贝尔生理学或医学奖。我们在14大衰老标志物中的巨自噬失能中提过，细胞自噬其实就是细胞内物质的清洁、回收与再利用，细胞自噬的效率会随着年龄的增长而显著下降，导致细胞内有害物质的积累，加速衰老进程和多种老年性疾病的发生。

亚精胺被公认为一种强大的细胞自噬诱导剂。大量研究揭示，亚精胺主要通过4个关键通路激活细胞自噬：

- 抑制自噬的主要负调控因子EP300
- 激活AMPK并抑制mTOR信号通路（自噬的主要抑制因子）
- 增加自噬相关蛋白稳定性
- 调节自噬基因表达

早在2009年，国际顶级期刊《Nature cell biology》上就发表了亚精胺诱导自噬可明显延长酵母（时序寿命延长4倍）、果蝇最佳剂量下（平均寿命延长30%）、蠕虫（平均寿命延长约15%）寿命和人类免疫细胞存活率（12天后存活率从15%提高到50%）的研究，研究表明，亚精胺增强的自噬过程对于抑制细胞坏死和延长寿命至关重要。



2018年《Am J Clin Nutr》上发表的一项前瞻性人群随访研究显示，随着亚精胺摄入量的增加，20年累计的全因死亡率（每1000人年的死亡人数）从40.5降至23.7和15.1。与亚精胺摄入量处于最低水平的参与者相比，处于中间和最高水平参与者的死亡风险比分别是0.77和0.56。这种死亡风险的降低等同于时序年龄相差5.7岁所带来的效应。

近年很火的“轻断食”（或称间歇性断食），也被证实是激活细胞自噬的有效方式，但2024年一项发表在《Nature Cell Biology》的研究发现，禁食实际上是通过提升体内亚精胺的水平来启动自噬过程的。

如果没有亚精胺这个关键中介，即便严格禁食，细胞的自噬系统也如同被切断了电源，难以有效启动。研究还证实，直接补充外源性的亚精胺，即便在不禁食的情况下，也能够直接启动自噬过程。



此外，亚精胺还具有显著的抗氧化和抗炎特性，并能有效维持基因组的稳定性，显著改善多项与年龄相关的健康指标。

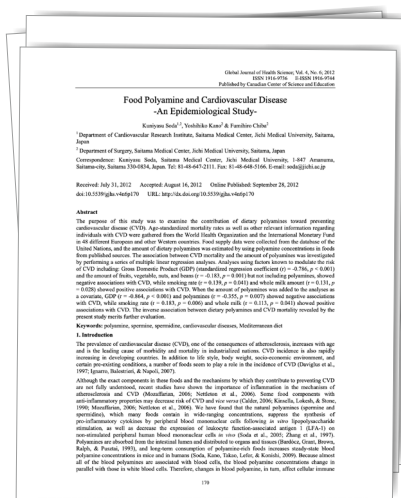
2021年《Geroscience》发表的一项研究发现，长期服用亚精胺的实验动物，其端粒缩短速度显著降低，亚精胺治疗的老年组端粒与年轻小鼠分布高度相似，而未治疗的老年组端粒明显更短。研究还发现，亚精胺能同时降低炎症（如严重心脏炎症病变比例减少18.4%）并改善器官病理状况（如肾脏严重病理变化比例减少20.8%），显著延缓了实验动物的衰老。





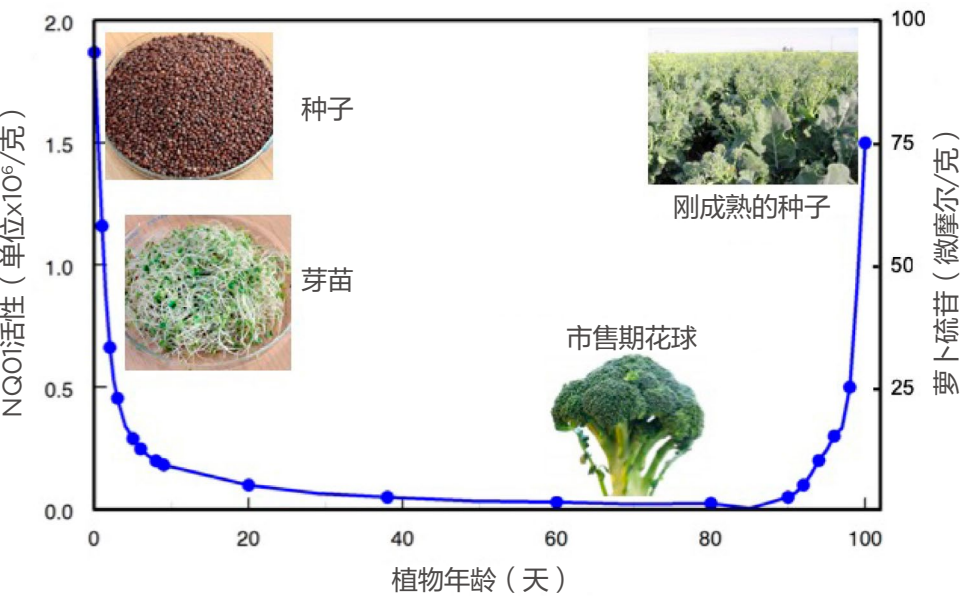
越来越多的研究表明，亚精胺具有显著的心血管保护作用，能够延缓心衰进展、降低血压、改善心肌梗死预后、减少动脉粥样硬化的形成。减少心血管疾病死亡率流行病学研究显示，膳食多胺（包括亚精胺）摄入量与心血管疾病死亡率呈负相关。

在2021年一项为期3个月的多中心双盲初步试验中，对85名年龄在60至96岁之间的受试者进行了记忆测试。结果显示，较高剂量亚精胺组中，轻度痴呆患者的认知功能显著提升，其简易精神状态检查分数增加了2.23分，语音流畅性增加了1.99，中度痴呆患者的认知功能也有所改善。





萝卜硫苷是一种硫代葡萄糖苷，它主要存在于十字花科蔬菜中，如西兰花、花椰菜、甘蓝和萝卜等。其中，西兰花中的含量最高，根据不同部位和生长时期，种子中的硫苷含量最高。



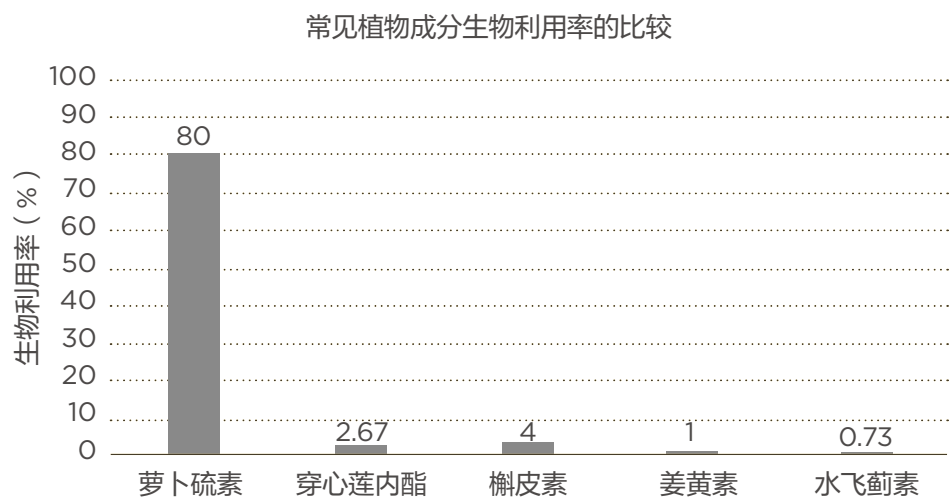
*NQO1 指的是 NAD(P)H 醌氧化还原酶，其活性常被用来衡量萝卜硫素的潜在效力。



萝卜硫苷是植物体的一种防御素。在完整的植物细胞中，黑芥子酶和萝卜硫苷是分开存放的，只有当植物组织受到破坏（如昆虫啃咬、切碎）时，细胞结构被破坏，两者才会相遇，发生水解反应会转化为具有强大抗氧化和抗癌潜力的活性物质——萝卜硫素（Sulforaphane）。

高温加热可能会破坏黑芥子酶活性，这也解释了为何单纯摄取煮熟蔬菜（酶已失活）往往无法达到实验室观察到的效果。目前，采用西兰花种子水提物来摄取足够的萝卜硫苷，是比较高效的补充方式。这是因为，即使吃下未经转化的萝卜硫苷，人类的肠道菌群也能帮助转换出一部分萝卜硫素。

在植物化合物补充剂中，多酚类的生物利用度通常小于10%，许多接近1%，而萝卜硫素作为一种亲脂性小分子，很容易通过被动扩散被小肠吸收。研究数据显示，萝卜硫素在肠道中的吸收率佳，绝对生物利用率约为82%，是槲皮素的20倍、姜黄素的80倍，口服后能发挥间接抗氧化、抗炎、抗病毒及排毒等作用。



萝卜硫素的保健功效主要来源于其独特的Nrf2信号通路激活机制。萝卜硫素进入人体后，能激活一条关键的信号通路——Nrf2，Nrf2可以诱导多种抗氧化酶与解毒酶的生成。

与维生素C、E等直接氧化剂不同（在中和自由基后就会被消耗掉），萝卜硫素间接诱导生成的抗氧化酶（如谷胱甘肽转移酶GST、超氧化歧化酶SOD），少量就能作用很长一段时间，并能持续维持效果。研究显示，萝卜硫素启动的抗氧化效果可持续长达 72 小时，因此它又被称为「长效型间接抗氧化剂」。



与年龄相关的线粒体功能障碍和氧化损伤是导致多种健康问题（包括肌肉减少症和心血管疾病）的主要原因。2020年发表于《Aging Cell》的一项对照研究显示，与年轻组相比，对照组年老小鼠的Nrf2活性和线粒体功能显著下降，同时伴有骨骼肌和心脏功能衰退。而萝卜硫素组年老小鼠恢复了Nrf2活性、线粒体功能、心脏功能、运动能力、葡萄糖耐量以及骨骼肌细胞的活化/分化。表明通过萝卜硫素恢复Nrf2活性和内源性细胞保护机制，可能是对抗衰老导致的肌肉和心脏功能障碍的一种安全有效的策略。

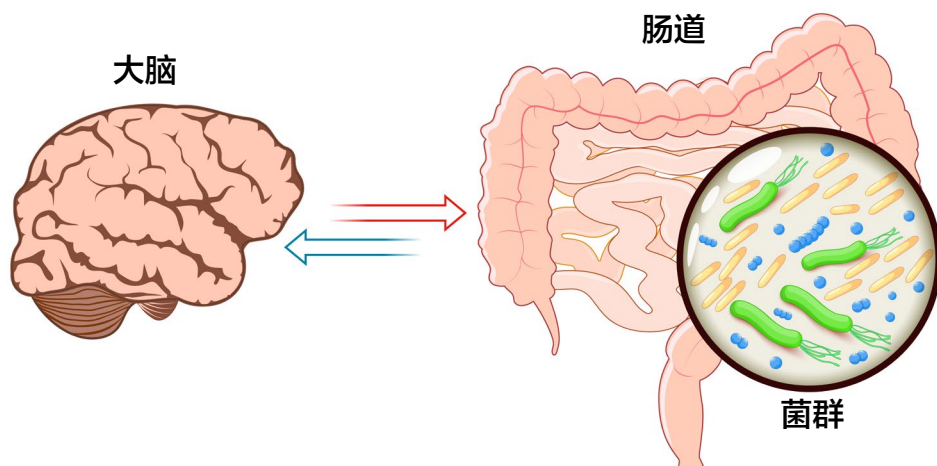
通过调控Nrf2通路，萝卜硫素还能促进肝脏II相解毒酶（Phase II enzymes）的生成，其酶活力是槲皮素的14倍。人体对抗毒素及致癌物需仰赖肝脏的解毒功能，而肝脏解毒分成两个阶段。I相解毒酶会将有毒物质拆解成更具活性且更容易溶于水的较小分子，接下来由II相解毒酶中和第一阶段处理过的毒素及致癌物，使其失去活性并利于排出身体，从而保护细胞免受损伤。

除了Nrf2通路，萝卜硫素还可作用于NF- κ B通路、热休克因子1和表观遗传修饰，显示出抗炎、改善糖尿病和心血管疾病等药

理活性，同时通过多种途径抑制异常细胞，比如抑制肿瘤细胞的增生与转移、促使异常细胞启动自我毁灭程序（癌细胞凋亡），目前在科研上用于癌症（如乳腺癌、前列腺癌及胃癌等）、神经退行性疾病（如阿尔茨海默病、帕金森病等）、炎症疾病等治疗。

2015年开展的一项针对78名前前列腺癌根治术后PSA水平升高（手术后的生化复发）患者的随机、双盲对照多中心试验，萝卜硫素介入组的PSA倍增时间延长到28.9个月，显著优于安慰组的15.5个月，相对延缓幅度达到86%，从而延缓病程、维持较长时间的生活品质。





肠道微生物群可通过肠-大脑轴、肠-皮肤轴、肠-心脏轴等发挥支持全身健康的健康益处，而萝卜硫素调节生态。2020年《Microorganisms》一项研究显示，萝卜硫素饮食可改善肠屏障功能和增加产生抗炎化合物有关的细菌，使老年鼠肠道微生物群恢复到与年轻小鼠相似的状态。





萝卜硫素能穿透血脑屏障的特性，使其成为神经精神医学的热门研究目标。2014年一项针对中度至重度自闭症（ASD）年轻男性的对照、双盲、随机试验中，接受萝卜硫素的参与者表现出显著评分下降（即行为改善）：异常行为检查表（ABC）评分下降34%，社交反应量表（SRS）评分下降17%。在临床总体印象改善量表（CGI-I）量表上，其社交互动、异常行为和语言沟通方面获得改善的人数显著更多。停用萝卜硫素后，所有量表的评分总分均回升至治疗前水平。因此，萝卜硫素被认为具有逆转与ASD相关的多种异常状态的潜力。





从今天开始，构建你的抗衰方程式！

还记得文章开头那张器官衰老时间表吗？二十几岁，我们的大脑、皮肤就已经悄然踏上老化之路。衰老不可逆转，但速度可以延缓。

如今，我们拥有了更清晰的认知地图——14大衰老标志物告诉我们，衰老不是模糊的“变老”，而是从基因、细胞、系统和心理层面，全面推动衰老的进程。

幸运的是，通过针对性干预这14项衰老标志物，可以帮助我们延缓、停止甚至逆转衰老进程。如今也有了更为全面的营养方案，例如主打多靶点协同作用的美乐家专研抗衰配方、助力DNA修复补充原料的核苷酸、抵御自由基侵害的抗氧化剂，以及维持蛋白稳态的抗糖营养素等，帮助我们实现科学、精准的抗衰。

衰老是立体的，抗衰也应是系统的。从今天起，用科学认知武装自己，用精准营养支持身体，用良好习惯滋养生命。

抗老这件事儿，永远不会太早，也永远不会太晚——最好的开始时间，就是现在。

