

苹果、紫洋葱抗癌离不开肠道菌群

■本报记者 赵广立

近日,山东大学齐鲁医院教授李石洋与山东大学基础医学院教授袁得天团队合作开展的研究,首次证实苹果皮、紫洋葱等常见食材中的槲皮素并不能直接抗癌,而需经肠道菌群代谢转化为 3,4-二羟基苯乙酸(DOPAC)后,才能化身激活免疫细胞(主要是 CD8⁺T 细胞)的“兴奋剂”。

研究人员对《中国科学报》表示,这项在线发表于《细胞—代谢》的研究,不仅为传统“饮食抗癌”找到了关键科学依据,也为临床治疗开辟了“饮食—菌群—免疫”协同抗癌的新路径。

槲皮素“抗癌”离不开肠道菌群

作为一种广泛存在于水果和蔬菜中的黄酮醇,槲皮素已被证实可通过抑制肿瘤转移、血管生成及细胞增殖,在癌症预防和治疗中发挥作用。但人们对它在体内的确切作用机制,尤其是与肿瘤微环境(TME)的相互作用并不了解。新研究正是围绕槲皮素对肿瘤微环境内免疫组分的作用机制展开的。

“研究发现,槲皮素的微生物代谢产物 DOPAC 才是发挥抗癌作用的真正‘功臣’。”李石洋向《中国科学报》介绍说,当人们食用含槲皮素的食物后,肠道菌群会把槲皮素分解,代谢产物中的 DOPAC 经由血液循环系统进入肿瘤微环境,继而准确找到 CD8⁺T 细胞并激活后者。

“被 DOPAC 激活的 CD8⁺T 细胞,不仅增殖速度变快,还会分泌更多干扰素、穿孔素和颗粒酶等‘抗癌武器’,精准消灭癌细胞。”李石洋说。

为验证该结论,研究团队进一步开展了反证实验。他们先给实验小鼠喂抗生素,在清除肠道中的细菌后再喂槲皮素,结果发现槲皮素的抗癌作用消失了。论文指出,这说明没有肠道菌群帮忙“加工”,槲皮素就是“普通食材”,无法发挥抗癌作用。

DOPAC 扮演的角色

在免疫细胞中,CD8⁺T 细胞被认为是抗肿瘤反应的“主力”。但在一般情况下,肿瘤微环境通常“营养有限”,癌细胞在资源上与 CD8⁺T 细胞存在竞争,进而给其带来代谢挑战,削弱抗癌能力。

正因如此,人们更加好奇,DOPAC 到底扮演了什么样的角色?

李石洋介绍说,肿瘤微环境是一个高度复杂的生态系统,内有巨噬细胞、树突状细胞、自然杀伤细胞(NK 细胞)、T 细胞、B 细胞等多种免疫细胞,以及内皮细胞、基质细胞等非免疫细胞。肿瘤细胞和这些非肿瘤细胞亚群之间的相互作用,决定着肿瘤的兴衰。

研究团队通过实验发现,在肿瘤微环境中,CD8⁺T 细胞的 NRF2 蛋白是调节细胞杀伤肿瘤能力的“开关”,但该蛋白会被另外一种名为 KEAP1 的蛋白束缚,从而一直处于“蛰伏”状态。当 DOPAC 出现后,KEAP1 蛋白很容易与其直接结合,失去对 NRF2 蛋白的“控制”。当细胞内的 NRF2 蛋白“重获自由”后,会促进新角色——Bnip3 的转录;而后者的一个重要能力就是驱动受损的线粒体自噬。

线粒体自噬是细胞“更新换代”的重要策略。CD8⁺T 细胞的线粒体功能受损,抗肿瘤能力就会显著下降。而 Bnip3 介导的受损线粒体自噬后,细胞会长出健康的新线粒体。新线粒体的诞生意味着 CD8⁺T 细胞“焕发青春”,这使其在与癌细胞的抗衡中拥有更多能量,最终提升抗肿瘤作用。

“实验显示,经过 DOPAC 处理的 CD8⁺T 细胞线粒体活性提升了 40%,增殖速度是原来的 2 倍,杀灭癌细胞的效率也提高了 35%。”李石洋告诉记者,这项研究揭示了肠道菌群来源的 DOPAC 有望成为癌症治疗的潜在候选分子,同时也可能作为免疫检查点(ICB)治疗的增效剂。

多角度验证,结论仍成立

李石洋表示,为进一步证实上述结论,研究团队开展了多组验证实验。

研究人员首先用动物模型进行正向验证,结果发现,给黑色素瘤小鼠喂食槲皮素(经肠道菌转化 DOPAC)或直接注射 DOPAC 后,实验小鼠的肿瘤体积均缩小约 60%,肿瘤内 CD8⁺T 细胞的浸润量(进入肿瘤内部的数量或密度)增加了 2 倍;而对于肠道菌被清除掉的小鼠,即使喂再多槲皮素,其肿瘤症状依然如故。

接着,研究团队进一步对作用机制进行验证。他们利用基因编辑技术对 CD8⁺T 细胞的

NRF2 基因进行敲除,再重复前述实验,发现实验小鼠即便进补了 DOPAC,也无力抗癌。这也印证了 NRF2 在 CD8⁺T 细胞启动反应中掌握着“核心开关”。

他们还在黑色素瘤小鼠实验中发现,当注射 DOPAC 与抗 PD-1 抗体联合使用时,小鼠的肿瘤缩小速度较单独用药起效更快、效果更好。论文指出,未来通过“补充 DOPAC+ 免疫治疗”的组合,有望让更多患者受益。

此外,研究团队还进一步探索了该机制对多种肿瘤的治疗潜力。实验发现,DOPAC 的介入,同样能对结直肠癌和肝癌小鼠模型产生肿瘤抑制效果。这说明 DOPAC 对于肿瘤有潜在的临床治疗作用。

给“饮食抗癌”的科学建议

基于以上结论,研究团队针对传统的“饮食抗癌”给出了多条健康“小提示”。

首先在饮食上需注重槲皮素的摄入。在蔬果的食用习惯及选择上,吃苹果建议带皮吃——槲皮素主要富集于果皮,紫洋葱和白洋葱中优先选择前者,西蓝花建议焯水后凉拌食用等。不过,李石洋也提醒,槲皮素无需食用过量,每日 1 个苹果、半颗紫洋葱就能满足日常所需;另外,也不宜大量服用“槲皮素补剂”代替天然食物。

其次要注重守护肠道菌群的健康。非必要不使用抗生素,因为后者会破坏产生 DOPAC 的肠道菌群。李石洋建议,日常可通过喝酸奶、吃泡菜等补充体内益生菌,或摄入全谷物、豆类等富含膳食纤维的益生元,为菌群提供适宜生长环境。

对于正在与癌症斗争的病患,研究团队建议接受 PD-1/PD-L1 抑制剂治疗的患者在医生指导下调整饮食结构,适当增加含槲皮素的食物摄入。

“这项研究揭示了肠道菌群作为‘隐形免疫调节器’的深层价值。”李石洋表示,未来团队将进一步探索具体参与槲皮素转化的菌群种类,为精准调控肠道微生态、优化肿瘤辅助治疗提供更准确的靶点。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1016/j.cmet.2025.09.010>

世界互联网大会蓝皮书：人工智能向全域赋能发展

据新华社电《中国互联网发展报告 2025》和《世界互联网发展报告 2025》蓝皮书 11 月 8 日在 2025 年世界互联网大会乌镇峰会上发布。《中国互联网发展报告 2025》认为,人工智能在我国将呈现应用场景快速扩张、用户渗透持续加深、产业融合不断深化的趋势,实现从点状应用到全域赋能的转变,并成为实体经济智能化升级的核心驱动力。

《中国互联网发展报告 2025》指出,随着技术的快速迭代、应用场景的不断拓展以及产业生态的深度融合,人工智能正逐渐从概念走向大规模应用,深刻改变着经济和社会的运行方式。一年来,我国人工智能技术持续突破,算力基础设施不断升级。大模型从“重训练”转向“重推理”,推理效率得到显著提升。我国已成为全球人工智能专利最大拥有国,占比达 60%。同时,人工智能技术在多个场景落地应用,加速与制造业、服务业等千行百业深度融合,成为推动高质量发展的重要引擎。

放眼世界,人工智能技术呈现突破性发展态势。《世界互联网发展报告 2025》指出,人工智能大模型推理能力显著提升,知识密度不断增强,多模态大模型成为大模型发展的前沿方向。具身智能受到全球主要经济体的高度重视,在工业制造、物流、医疗、养老等领域应用加速突破。

《世界互联网发展报告 2025》还认为,人工智能在推动社会生产力转型升级的同时,也带来新型风险挑战,人工智能监管治理仍是全球网络空间国际治理核心议题。各国需在尊重主权和发展利益基础上加强交流合作,确保人工智能安全、可靠、可持续地造福人类。

作为世界互联网大会乌镇峰会的一项重要成果,蓝皮书由中国网络空间研究院编写,自 2017 年起已连续发布 9 年。

(王思北 刘澈)

本报讯(记者赵广立)11 月 8 日,第七届中国超级算力大会(ChinaSC 2025)在京召开。会上,中国计算机学会高性能计算专业委员会联合中国工业与应用数学学会高性能计算与数学软件专业委员会、中国智能计算产业联盟,共同发布了 2025 中国高性能计算机(HPC)性能 TOP100 榜单。

HPC 性能 TOP100 榜单自 2002 年第一期发布至今,已连续发布 24 年。针对最新一期榜单,中国科学院计算技术研究所副研究员袁良解读称,与 2024 年相比,位于榜单前十位的机器没有变化,榜首仍是 2023 年部署于某超算中心的主机系统,测试性能为 487.94 PFLOPS(约 48.79 亿亿次每秒),系统峰值达 620 PFLOPS。“神威·太湖之光”和“天河二号”在今年的榜单中仍位列第四位和第六位。

榜单上仅有的两台 2025 年新部署的计

研究证实 基因缺失导致长臂猿四肢修长

本报讯(记者张楠)作为“人类近亲”,长臂猿终于有了迄今最全面的基因组数据集,且研究人员识别出其“四肢修长”的典型特征由核心基因关键调控区内缺失特异性片段导致。相关研究 11 月 8 日发表于《细胞》。

该研究系统阐明了长臂猿科的演化历程、种群动态及标志性长臂表型的遗传基础,并成功获取了包括已灭绝“君子长臂猿”在内的 3 个古代样本的线粒体基因组,为全球长臂猿保护提供了新的科学依据。这也是由中国科学院昆明动物研究所(以下简称昆明动物所)牵头发起的国际“灵长类基因组计划”的又一重要成果。

长臂猿因独特的“臂行”运动方式、复杂的鸣唱行为、独特的配偶制及严峻的濒危现状受到广泛关注。然而,由于样本获取困难且演化辐射历史较短,长臂猿的系统发育关系长期存在争议,许多关键演化问题悬而未决。

为此,昆明动物所牵头,联合中国科学院古脊椎动物与古人类研究所、中山大学等国内外多家科研机构对其展开研究。

研究团队构建的基因组数据覆盖了 18 个现存长臂猿物种。他们通过创新的全基因组比对和溯祖分析方法,克服了由“不完全谱系分选”(ILS)导致的遗传信号冲突,首次以确凿的基因组证据揭示了长臂猿科下四大属的演化关系——长臂猿属是最早分化出来的分支;随后分化出冠长臂猿属;最后是关系最近的合趾猿属和白眉长臂猿属。

这一发现破解了长臂猿属级分类的百



图片来源:PIXABAY

年难题,为理解其快速辐射演化提供了关键框架。

而长臂猿最显著的身体特征便是用于“臂行”的修长四肢,其背后的遗传机制一直是演化发育生物学领域的热点问题。研究团队通过多物种比较基因组学分析,在长臂猿 Sonic Hedgehog (SHH) 基因的关键调控区内,识别出一个特异性缺失片段。

实验结果显示,携带长臂猿特有基因缺失的“敲入”小鼠,四肢骨骼表现出显著的相对增长,这表明该结构变异可能在长臂猿四肢伸长演化过程中发挥了关键作用,为理解形态演化的遗传机制提供了重要案例。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1016/j.cell.2025.10.016>

“万种鱼类基因组计划” 首期研究成果发布

本报讯(记者李思辉 通讯员孙慧)11 月 6 日,中国科学院水生生物研究所研究员何舜平团队在《创新》发布“万种鱼类基因组计划”(Fish10K)首期研究成果。研究团队通过从头测序并整合分析 464 种真骨鱼类全基因组,构建了迄今覆盖度最全的鱼类基因组图谱,为解析鱼类演化历程提供了前所未有的分辨率。

鱼类是地球上数量最多、形态最丰富的脊椎动物类群,约占现存脊椎动物物种总数的一半——3 万余种。它们广泛分布于从深海到高原湖泊的各类水域,展现出卓越的生态适应能力和惊人的演化多样性。

尽管过去 20 年鱼类基因组学研究取得了显著进展,但不同类群间的基因组数据仍不均衡,缺乏覆盖全部真骨鱼目的系统性比较资源。这一缺口严重制约了人们从基因组层面系统揭示鱼类演化规律及关键性状形成机制的研究。

在此次研究中,团队成功完成了 110 个新鱼类物种的高质量基因组组装,首次补齐了 3 个长期缺失鱼类基因组数据的目标分类单元,并整合已有基因组建立了覆盖真骨鱼类全部 44 个目、总计 464 个物种的全基因组

比对矩阵。

该研究不仅在资源数量上超越以往鱼类基因组学研究,更在解析精度上与哺乳类和鸟类的大规模基因组计划相媲美,是迄今规模最大、覆盖度最全的鱼类基因组资源。

研究发现,在辐鳍鱼类演化过程中,基因组呈现逐步压缩的趋势,尤其是内含子显著缩短,而外显子长度保持稳定。研究首次在真骨鱼类中鉴定了近 3 万个真骨鱼类高保守元件,其中 1689 个为真骨鱼类所特有的高保守元件。这些元件与脑、鳍、心脏和鳃等关键器官发育相关,提示它们在真骨鱼类形态创新中发挥了调控作用。

该研究通过 Fish10K 项目建立了目前全球最大规模的鱼类基因组资源,系统解析了真骨鱼类基因组结构特征、转座子动态、保守与创新元件、系统发育关系及演化速率,揭示了基因组复制与转座子活动在推动鱼类适应性演化中的核心作用。该成果为深入理解脊椎动物基因组演化规律、性状起源与生态适应机制奠定了坚实的数据基础。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1016/j.xinn.2025.101177>

中国科学院科学节“春城科学 π”活动举办

本报讯(记者张楠)近日,中国科学院第八届科学节(2025)昆明专场“春城科学 π”活动在中国科学院昆明动物研究所举行。

此次活动在北京主场模式的基础上,结合云南特色进行策划和组织。活动现场设置“嗨剧场”“科研零距离”“科学之美创新展”“创工坊”“科创荟”五大板块,融合 6 项科学展演、7 场院士专家讲座、3 个实验室开放、6 项动手实践活动、5 个主题科技成果展览、14 家单位在“科创荟”板块进行创新成果展示,全方位展现了天文、生命科学、生物多样性保护、前沿科技等领域的重大科技创新进展和科技创新成果。

其中,“嗨剧场”通过科学实验、实验剧、科普剧等方式,让科学知识“活”起来。在“科研零距离”板块,中国科学院院士韩占文等专家学者带来多场精彩报告,带领公众探秘太阳、月亮和星星的奥秘,蝙蝠的超能力,多彩的植物世界和蘑菇的多元用途等。“科学之美创新展”则通过诗经中的动植物、电影摄影、曾孝濂科学绘画等主题展览,展现科学与艺术的交融之美。

此外,“创工坊”是亲子互动的热门区域,蝴蝶生境制作、滇金丝猴冰箱贴绘制、动植物 DIY 制作项目、趣味科学“缘”等体验项目在,动手实践中激发了孩子们的科学兴趣,户外空气炮互动项目更是将科学原理转化为震撼的视觉体验。

DNA 先驱詹姆斯·沃森去世



本报讯 11 月 6 日,DNA 结构的发现者之一詹姆斯·沃森,在美国纽约一家临终关怀机构去世,享年 97 岁。他与弗朗西斯·克里克、莫里斯·威尔金斯因共同发现 DNA 双螺旋结构而获得 1962 年诺贝尔生理学或医学奖。这一发现为整个生物学领域的无数创新奠定了基础。

在这项具有革命性的发现之后,沃森出任美国冷泉港实验室主任。在他的领导下,该实验室规模显著扩大,成为分子生物学领域的全球领军机构。他还曾担任人类基因组计划负责人两年,后因抗议基因序列申请专利而辞职。

尽管学术成就斐然,但沃森表示他撰写的书籍才是最大的成就。“双螺旋结构总会被人发现,我只是稍微加快了一点进程。但弗朗西斯·克里克永远不会写出《双螺旋》这本书,其他相关科学家也不会。”沃森在 2007 年接受采访时说,希望自己的著作能鼓励更多年轻人投身科学事业。

沃森的职业生涯始终充满争议。DNA 结构的发现离不开另一位研究人员罗莎琳德·富兰

克林拍摄的 X 射线图像,但 1953 年为沃森和克里克赢得诺贝尔奖的论文并未认可她的工作。沃森也因淡化其贡献而受到批评。

此外,沃森对生物学其他领域的轻视广为人知,还常因针对其他研究人员的言论遭到谴责,甚至处罚,并最终导致他于 2007 年从冷泉港实验室退休。

尽管争议不断,但沃森的学术成就仍使其成为 20 世纪最重要的科学家之一。他的工作为全新的研究领域打开了大门,让人们得以深入了解遗传信息的存储方式、生命进化树上不同物种间的关联,以及治疗遗传病的新方法。

(王方)