

古基因组研究揭示人类曾加速进化

本报讯 一项迄今最大规模的古人类 DNA 研究表明，人类进化在过去 1 万年内明显加快。相关研究结果 4 月 15 日发表于《自然》。

研究人员在来自欧洲和中东地区的欧亚大陆西部古人类人群中，识别出数百个经自然选择进化而成的基因变异，它们对现代人的健康产生了深远影响。

智人约在 30 万至 20 万年前起源于非洲，此后逐渐扩散到全球。农业的出现带来了新的食物、病原体和其他挑战。与此同时，人类群体规模也在不断扩大，并与动物有了更密切的接触。

人类显然已适应了这些剧烈变化，但对现代人和古人类的基因组研究只发现了少量自然选择的遗传迹象，尤其是那些频率激增的有益基因，或是已被证实有害且变得不那么常见的基因。

这种“定向选择”的最著名例子就是一种可使人体在成年后仍持续分泌乳糖酶的基因变异，它让许多欧洲血统人群能够终身消化牛奶。

为更深入地探索这类适应性变化，美国哈佛医学院的 David Reich、Ali Akbari 等人收集了迄今规模最大的古人类基因组数据，共涵盖

来自欧亚大陆西部的 15836 个人，其中包括 1 万多个新测序的基因组。

研究团队首先筛选了那些在不同时期的人群中反复出现且频率大致相近的基因变异，随后再排除了那些可由自然选择以外的因素解释的变化，最终共识别出 479 个存在强烈定向选择迹象的变异。

随着狩猎采集的生活方式在欧洲逐渐被农业取代，这些变异勾勒出一幅人类群体生物学特征不断变化的图景。研究还发现，人类进化在大约 5000 年前的青铜时代开始加速，这或许反映了自 1 万年前新石器时代以来，人类生活方式转变的进一步加剧。

研究团队发现，约 2/3 基因变异的频率波动更像是“过山车”。在既往研究中确认的一种与多发性硬化症风险升高相关的基因变异，在约 6000 年前频率激增。但最新研究显示，在过去 2000 年间，这种变异在一些欧洲人群中变得不那么常见了。

进化还塑造了欧洲人的外貌特征。研究团队发现 10 个与肤色较浅相关的变异，均具有被选择的迹象。团队还研究了自然选择对与大量变异相关的复杂特征产生的影响。

分析显示，在过去 1 万年内，与现代人的 2 型糖尿病、双相情感障碍和精神分裂症高风险相关的变异组合，在古代欧洲和中东个体中呈下降趋势。然而，与受教育年限、家庭收入和智力测试分数相关的变异组合，在过去 1 万年中呈上升趋势。

研究人员强调，这些结果并不意味着过去的精神疾病更为普遍，也不意味着古代西欧人随着时间的推移变得“更聪明”或“更富有”，因为 21 世纪的环境压力与人类祖先面临的压力是截然不同的。

“很难猜测统计信号背后的生物学机制是什么。”哈佛医学院的 Shamil Sunyaev 指出，许多显示出定向选择迹象的个体变异在生物学上似乎是合理的，且与之前的研究一致。

美国宾夕法尼亚大学的 Iain Mathieson 表示，这项研究“在数据和方法上都比以往有重大的进步”。他对过去 1 万年内个体基因变异受到广泛自然选择的证据表示赞同，但对有关复杂性状选择的结论不太认同——这些结果依赖于全基因组关联研究 (GWAS)，但它只能



在古人类中，一些基因变异的频率随时间推移持续上升或下降，这是自然选择的标志。
图片来源: Denis-Art

反映特定人群的环境差异。

美国得克萨斯大学的 Arbel Harpak 补充道：“这项研究更应被视为提供了令人惊叹的数据和具有挑战性的假设，但仍需进一步验证，而不是对近期欧亚大陆适应性进化的最终定论。” (李木子)

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10358-1>

宇航员讲述绕月任务「惊心动魄」

美国 4 月 1 日实施“阿耳忒弥斯 2 号”载人绕月飞行任务，4 名宇航员搭乘“猎户座”飞船完成为期 10 天的飞行后，于 4 月 10 日返回地球。4 月 16 日，宇航员在记者会上分享了一些太空十日的“惊心动魄”。

执行任务的 4 名宇航员分别是美国航空航天局宇航员里德·怀斯曼、维克托·格洛弗和克里斯蒂娜·科尔克，以及加拿大航天局宇航员杰里米·汉森。

厕所遭遇故障

据宇航员介绍，任务初期，飞船厕所系统曾出现故障，排泄物处理一度受阻，这可能与管路结冰有关。作为应急方案，任务组转而使用备用系统，通过可折叠容器收集尿液。

任务指令长怀斯曼说，马桶冲水功能正常，但液体从马桶底部排出时堵塞了飞船通风管道。任务组唯一的女宇航员科尔克调侃称，自己一度成了“太空里的管道工”，负责处理飞船上这个“最关键的设备”。

为排除故障，任务团队启动排气口加热装置，并调整飞船姿态使其朝向太阳，加速融化管道中的冰，逐步恢复系统。不过，该问题的具体原因仍有待进一步确认。美航空航天局将在各团队详细检查飞船后才能明确原因。

火警警报骤响

怀斯曼表示，飞行过程中不时会出现各类警示信息，引起任务组高度警觉。返回地球前一天，飞船上的烟雾探测器突然报警。

“可以想象一下，当你还在距离地球大约 8 万英里（约合 12.9 万公里）的太空中飞行时，飞船里的火警警报突然响起，那确实会让人立刻紧张起来。”他说，这一警报会触发一套自动程序，比如关闭通风系统和部分电力系统。“当时气氛确实紧张，但不至于恐慌。那几分钟里大家都非常专注，直到我们重新调整好系统。”

怀斯曼表示，发射前反复训练的一项原则就是“不能慌乱操作”，要先评估飞船状态，分析系统给出的信息，再结合休斯顿地面控制中心的判断，最后综合作出决策。

他同时指出，任务仍有改进空间，如宇航员太空生活条件以及飞船本身设计方面。

溅落“好似跳楼”

“猎户座”飞船在返航过程中经历严苛考验。飞船以超过音速 30 倍的速度重返大气层，宇航员承受最高约 3.9 倍重力过载。

宇航员格洛弗表示，高速再入大气层产生的高温等离子体包裹飞船，导致与地面控制中心的通信中断约 6 分钟。当飞船进入大气层，降落伞展开时发出巨大声响令他感到惊悚。

在被问及溅落入海时的感受，格洛弗形容说：“如果你试着背身从摩天大楼跳下去，那大概就是我们所经历的那种感觉。”

中国助力巴西数字基础设施建设

据新华社电 巴西通信部电信局局长埃马尔·马诺·特尔多斯表示，中国是巴西发展数字基础设施的重要合作伙伴，近年来双方在领域合作不断深化。

当天在巴西圣保罗州坎皮纳斯市举办的“电力基础设施与数据中心协同发展论坛”上，特尔多斯说，巴西在可再生能源等方面具备独特优势，随着人工智能、数据中心及卫星星座等新兴产业加快发展，巴中在数字基础设施领域的合作前景广阔、潜力巨大。

特尔多斯近年来数次访华，对中国在数字基础设施领域取得的技术进步印象深刻。他表示，中国企业参与为巴西推进数字基础设施建设，实现发展目标提供了更多多元且高质量的选择。

来自巴西各级政府及中巴两国能源与算力企业的百余名代表出席活动，共同探讨数字经济浪潮下“电力与算力”的深度融合与协同发展，并签署《中巴企业关于推动电力基础设施与数据中心协同发展的倡议书》。(陈昊佳)



随着体温持续升高，鲨鱼等顶级海洋掠食者正被逼至生理极限。
图片来源: Shutterstock

科学此刻

鲨鱼难逃“双重困境”

一项 4 月 16 日发表于《科学》的研究发现，一些海洋顶级掠食者的体温比预期要高，而这可能产生严重后果。它们本就需要大量能量，如今随着海洋温度上升和食物减少，其生存面临严峻挑战。科学家将此称为“双重困境”，即环境压力与生物需求同时对它们构成威胁。

研究显示，金枪鱼及大白鲨、姥鲨等某些温体鱼，其能耗几乎是同等大小的冷血鱼的 4 倍。随着海水温度不断升高，这些物种更容易出现体温过热现象，这会缩小它们的生存范围，使其向靠近两极的寒冷海域迁移。

研究人员重点关注了中温鱼类，它们十分稀有，仅占所有鱼类的 0.1% 以下，能够保持体温，并使某些部位的温度比周围海水更高。这种适应性特征在一些鲨鱼和金枪鱼中独立演化而来，赋予它们更快的游速、远距离迁徙能力，以及更强的捕猎能力。

为更准确评估这种“高性能生存模式”的代价，研究团队开发了一种新方法，用于估算野生鱼类的代谢率。他们利用小型生物记录传感器采集的鱼类体温与海水温度数据，实时计算了鱼类热量的产生与损失情况。研究团队还将 3.5 吨大型姥鲨的数据，与数百种小型鱼类的实验室测量结果结合起来进行了分析。

“结果非常惊人。”论文第一兼通讯作者、爱尔兰三一大学的 Nicholas Payne 表示，“在排除体形与水温影响后，我们发现中温鱼的能耗约为同等体形冷血鱼类的 3.8 倍。此外，体温每升高 10 摄氏度，鱼类的日常代谢率就会翻倍，意味着温体鱼必须消耗更多的食物才能维持其生存方式。”

Payne 说，高能耗只是问题的一部分。“随着鱼类体形增大，它们的产热速度会超过散热速度。这导致了由基本几何学与物理学原理驱动的一种不匹配现象，因为更大的身体能更有效地保留热量，而中温鱼类的高代谢率又进一步放大了这种效应。”

由于这种不平衡，大型鱼类会随着时间的推移变得“体温更高”，过热风险也会随之增加，这对物种生存与栖息地选择有着重要影响。

论文作者、圣三一大学的 Andrew Jackson 表示，团队利用研究数据划定了“热平衡阈值”，即大型鱼类无法快速散热以维持稳定体温的水温临界值。举例来说，一头 1 吨重的温体鲨鱼，可能在 17 摄氏度以上的海域便难以保持热平衡。

一旦超过阈值，鱼类必须减速、改变血液流动，或潜入更深的冷水层，以避免身体过热。但这要付出代价，如更难找到或捕获猎物，对以速度和力量为主要武器的掠食者而言，影响尤为明显。

这些发现也解释了为何大型鱼类常出现在较冷水域、高纬度地区或深海。许多物种还会进行季节性迁徙，以停留在适宜的温度范围内。研究人员预测，随着全球气温持续上升，尤其是在温暖的月份，大型中温鱼类的栖息地将进一步缩小。

南非比勒陀利亚大学的 Edward Snelling 说：“这项研究表明，成为海洋中的顶级掠食者，其代价远比我们此前认知的要大。随着海洋不断变暖，这些物种正被逼至生理极限，这将直接影响它们的生存范围与方式。”

“这一发现令人警醒，意味着这些动物实质上陷入了‘双重困境’。许多中温鱼类已因过度捕捞及猎物减少而受到严重冲击，因此在食物稀缺时，它们更高的能量需求使其变得格外脆弱。”Payne 表示。(王方)

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1126/science.adt2981>

美国患者要求输注未接种疫苗者血液导致治疗延误

本报讯 一项研究发现，美国一家医院因满足输血患者提出的一项特殊要求——必须使用未接种新冠疫苗的捐献者的血液，导致治疗延误，使一名患者出现危及生命的反应。近日，相关研究成果发表于《输血》。

“这些要求往往源于对疫苗安全性和血液供应的误解。”论文作者、美国范德比尔特大学医疗中心的研究员 Jeremy Jacobs 表示，“实际上，社区血液供应已受到严格监管并经过仔细筛查，且没有证据表明使用未接种疫苗者的血液会提高输血安全性。”

Jacobs 和同事分析了范德比尔特大学医疗中心 2024 年 1 月至 2025 年 12 月的献血情况，发现有 15 名患者或其护理人员曾要求定向献血，即由指定人员——通常是亲属捐献血液，而不是从血库中取血。

在美国和澳大利亚，定向献血仅在特殊情况下才被允许，例如当患者拥有罕见血型且血库中没有合适的捐献者时。在美国，这种

做法的适用范围更广，但并不被鼓励，且各医疗机构的相关政策差异很大。

研究人员发现，这 15 名患者选择定向献血的原因，是希望获得来自未接种疫苗的捐献者的血液。Jacobs 表示，这种要求主要针对新冠疫苗。相比之下，血库不会记录或透露匿名捐献者的疫苗接种情况。

研究还发现，这些请求导致治疗出现延误，使患者面临风险。最严重的是，一名患者体内负责输送氧气的血红蛋白降至危险水平，这可能导致器官损伤和衰竭；另一名患者则出现了贫血症状。

“定向献血在操作上比使用常规血液更为复杂。”Jacobs 说，“它需要额外的协调、采集、处理、追踪和安排时间。”

尽管血液都经过严格筛查，但直接捐献的血液仍被认为存在更高感染风险。这是因为这类血液通常来自一次性捐献者，而非血库熟知且可能格外注意避免感染风险的长期捐献者。

2025 年的一项研究证实，接受已接种新冠疫苗者的血液是安全的。英国布里斯托大学的 Ash Toye 表示：“要求使用未接种疫苗者的血液，反映了部分公众对疫苗的普遍疑虑，而非任何已知的输血风险。”

这一问题的影响并不限于范德比尔特大学医疗中心。英国威尔士血液服务局去年曾表示，有民众询问过献血者的疫苗接种情况。此外，英国政府此前拒绝了一份相关请愿书，后者要求根据疫苗接种情况对血液捐赠进行分类。但美国俄克拉荷马州的立法者曾提议，强制保障患者能够使用未接种疫苗者的血液。

“这些请求表明，错误信息会给患者、医院和献血机构带来切实的运营负担。”Jacobs 说，“与此同时，这也凸显了以尊重和审慎的态度回应患者关切的重要性，即使这些关切缺乏科学证据支持。”(文乐乐)

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1111/uf.70195>

“小柯”秀

一个会写科学新闻的机器人

《细胞》研究揭示阻断恶性肿瘤的关键窗口

美国纪念斯隆-凯特琳癌症中心的 Scott W. Lowe 团队，发现肿瘤在从良性向恶性转变的过程中，致癌力量与抑癌力量共同汇聚于一个祖细胞微环境。相关论文 4 月 15 日发表于《细胞》。

为研究恶性肿瘤何时、如何发生以及如何组织重组，研究人员在胰腺导管腺癌 (PDAC) 的小鼠模型中结合单细胞和空间转录组学分析，捕获了 p53 的自发丢失。在 Kras 突变细胞中，他们发现致癌和抑癌程序，包括那些由 p53、CD-KN2A 和 SMAD4 控制的程序，在一个离散的祖细胞群体中被共同激活，参与衰老样反应。研究人员使用其开发的空间分析框架，发现以这些细胞为中心的生态位在肿瘤进展过程中经历了逐步重塑，反映了侵袭性 PDAC。短暂的 KRAS 抑制耗尽了祖细胞样细胞并拆除了其生态位，延迟了恶性肿瘤的开始。相反，p53 抑制使祖细胞扩增，上皮-间质重编程并形成免疫特权生态位。这些发现将祖细胞样状态定位于癌症驱动突变、可塑性和组织重塑的交汇处。

研究人员表示，良性到恶性的转变是癌症发展的决定性步骤。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1016/j.cell.2026.03.032>

电磁场诱导的体内基因开关可用于基因表达的远程时空控制

韩国东国大学的 Jongpil Kim 课题组提出，电磁场 (EMF) 诱导的体内基因开关可用于基因表达的远程时空控制。相关研究成果 4 月 14 日发表于《细胞》。

研究团队提出一种响应 EMF 的远程控制体内基因的开关，可以精确激活靶基因的时空。研究人员通过 CRISPR-Cas9 筛选揭示了 EMF 诱导的基因开关激活机制，确定细胞色素 b5 B 型 (Cyb5b) 可能是 EMF 传感器的重要介质。EMF 诱导的基因开关被有节奏的振荡钙动力学激活，而不是普通的钙流入，定义了一个精确调谐和生物正交的诱导机制。

在功能上，EMF 激活 Oct4-Sox2-Klf4 (OSK) 盒诱导老年小鼠体内部分重编程，人类突变淀粉样前体蛋白 (APP) 的条件表达重现了阿尔茨海默病 (AD) 模型的病理特征。EMF 介导的 Tph2 表达恢复了 Tph2 突变抑郁症小鼠的血清素能活性并改善了抑郁样行为。总之，远程控制的电磁场诱导基因开关代表了一个多功能和有效的生物医学平台。

据介绍，获得基因表达的精确控制在生物医学应用中至关重要。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1016/j.cell.2026.03.029>

《自然-化学》tRNA-脱乙酰酶导向的生物合成途径

美国加州大学伯克利分校的研究团队发现了 tRNA-脱乙酰酶导向的生物合成途径。相关研究成果 4 月 13 日发表于《自然-化学》。

氨基酸是自然界中最具优势的构建模块之一，能够在从小分子到蛋白质的尺度上产生分子多样性。虽然某些特定类型生物合成途径产生的氨基酸产物可以通过已有的生物信息学策略发现，但那些不属于这些类型的产物仍然难以鉴定。

为应对这一挑战，研究人员开发了一种方法来寻找利用和修饰氨基酸单体且不依赖于生物合成类型的生物合成基因簇。他们证明，针对宿主合成的非天然氨基酸的 tRNA 脱乙酰酶可作为非天然氨基酸代谢的通用基因标记。利用这种方法，他们能够识别出数千个隐秘的 BGC，并发现了几种不同非天然氨基酸 BGC 及一个含酰胺的三肽 BGC。

研究人员预计，该方法将在发现含有非天然氨基酸及其他成分的天然产物方面具有广阔的应用前景。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41557-026-02126-5>

铜金属酶中非规范氨基酸的疏水调谐

瑞士苏黎世大学的 Alexandria Deliz Liang 团队研究了铜金属酶中非规范氨基酸的疏水调谐。相关研究成果 4 月 13 日发表于《自然-化学》。

疏水性控制着蛋白质和酶功能的诸多方面。尽管使用经典氨基酸可以在一定程度上实现疏水调谐，但引入非天然氨基酸能进一步扩展这种能力，从而改进或赋予新的功能。

该团队设计了一对氨基酸-tRNA 合成酶/tRNA 体系，用于对一组体积庞大、疏水性强的氨基酸进行位点特异性遗传编码。作为概念验证，研究人员展示了基于非天然氨基酸的疏水调谐在工程化细菌漆酶中的实用性——漆酶既是一种典型的金属酶，也是工业过程中具有高价值的催化剂。

最终获得的突变显著提升了催化活性，尤其是转换频率和总转换数。为理解这种功能改进，研究人员检测了氧化还原电位、电子光谱及构效关系，将传统定向进化与非天然氨基酸工程化相结合，进一步提升了催化性能，并通过分析这两种方法带来的变化，对此进行了情境化阐释。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41557-026-02116-7>

更多内容详见科学网小柯机器人频道：
<http://paper.sciencenet.cn/Alnews/>