

## 器官同步, 男女有别

## 迄今最详尽图谱揭示机体如何衰老

**本报讯** 研究人员2月26日在《科学》发表论文,绘制了迄今最详尽的图谱,展示了衰老如何影响21种哺乳动物组织中的数千种细胞亚型。通过分析不同年龄段小鼠的近700万个细胞,他们确定了随时间推移最易受损的细胞,以及促使衰老的因素。研究人员发现,许多与年龄相关的转变在多个器官中同步发生。此外,近一半的变化在雄性和雌性间存在差异。

患癌症、心脏病和痴呆症等严重疾病的风险会随着年龄的增长而增加。多年来,研究人员一直在分别应对这些疾病。如今,许多科学家选择后退一步,思考一种可能性——与其逐一治疗疾病,不如看看直接减缓衰老过程能否同时降低患多种疾病的风险。

要回答这个问题,首先需要了解是什么引发了随年龄增长而出现的生物学变化。美国洛克菲勒大学的研究人员首次全面揭示了这一过程。

“我们的目标不仅是了解衰老过程中发生了哪些变化,还要弄清其原因。”论文共同通讯作者、洛克菲勒大学单细胞基因组学与种群动

力学实验室负责人曹俊越说,“通过绘制细胞和分子层面的变化图谱,我们确定了衰老的驱动因素,为研究针对衰老过程的干预措施打开了大门。”

为了绘制最详尽的衰老图谱,研究团队改进了单细胞 ATAC-seq 技术,从而能完成原本需要几十个实验室合作的图谱绘制工作。这种技术可揭示单个细胞基因组中哪些区域可被访问且处于活跃状态,这是细胞状态和功能的关键指标。

研究人员利用上述技术,对从32只小鼠的21个器官中提取的数百万个细胞进行了分析。这些小鼠处于3个年龄段:1个月(年轻成年小鼠)、5个月(中年小鼠)、21个月(老年小鼠)。研究人员识别出超过1800种不同的细胞亚型,其中包括许多此前未被完整描述过的罕见类型。随后,研究团队追踪了各年龄段小鼠的不同类型细胞数量变化情况。

数十年来,科学家一直认为衰老主要改变了细胞功能,而非细胞数量。而新的分析结果对这一观点提出了挑战。他们发现,约1/4的

细胞类型在数量上随时间推移发生了显著变化。比如,某些肌肉细胞和肾细胞的数量大幅减少,而免疫细胞数量则大幅增加。

“这个系统比我们想象的更活跃得多,而且其中一些变化开始得相当早。小鼠5个月大时,一些细胞数量已经开始减少。这表明,衰老不是生命晚期才发生,而是随着发育过程持续进行的。”曹俊越说。

令人惊讶的是,这些变化在不同器官的细胞中具有同步性,相似的细胞状态在不同器官中几乎同时出现和消失。这种模式表明,血液循环中的共同信号可能有助于协调全身的衰老过程。

此外,研究还发现,上述情况在雄性和雌性间存在显著差异,大约40%与衰老相关的改变因性别而异。例如,雌性衰老过程中,表现出更广泛的免疫激活情况。“这或许可以解释为何女性自身免疫性疾病的患病率更高。”曹俊越推测。

除了统计细胞群数量变化情况,研究人员还考察了这些细胞内的DNA可及区域随时间

推移的变化情况。在分析的130万个基因组区域中,约有30万个显示出与衰老相关的显著改变。其中约1000个变化出现在许多不同的细胞类型中,进一步证实了存在一个共同的生物程序驱动全身的衰老过程。许多共享区域与免疫功能、炎症或干细胞维护有关。

“这挑战了衰老只是随机的基因组衰退的观点。”曹俊越说,“我们看到了一些特别脆弱的热点区域,这正是我们了解衰老过程驱动因素所必须研究的。”

当研究团队将他们的发现与早期研究进行比较后,发现免疫信号分子,即细胞因子能够引发许多在衰老过程中观察到的细胞变化。曹俊越认为,旨在调控细胞因子的药物有可能减缓多个器官的协同衰老过程。

曹俊越指出,团队已经确定了易受损的细胞类型和分子热点,接下来需要解决的问题是能否提出针对这些特定衰老过程的干预措施。

相关文章信息:  
<https://doi.org/10.1126/science.adw6273>

## 一种古老细菌对多种现代抗生素具有耐药性

**据新华社电** 近日发表在国际学术期刊《微生物学前沿》上的一项新研究显示,在罗马尼亚一处数千年历史的冰洞中发现的一种古老细菌对多种现代常用抗生素具有耐药性,表明细菌的耐药性可以在自然演化中形成。

这种细菌发现于罗马尼亚一处冰洞约5000年前形成的冰层中。罗马尼亚科学院布加勒斯特生物研究所等机构的研究人员在冰洞中钻取了一根长25米的冰芯,从中分离出多种细菌菌株,并对它们的基因组测序分析,以研究其耐寒机制以及耐药性相关基因等。

研究人员利用10大类的28种临床常用或储备用抗生素对其中一种名为SC65A.3的嗜冷菌菌株进行测试,发现它对其中的10种抗生素表现出耐药性,包括利福平、万古霉素和环丙沙星等用于治疗常见感染的药物。SC65A.3也是第一种被发现对甲氧苄啶、克林霉素、甲硝唑等抗生素具有耐药性的嗜冷菌菌株。

研究还发现,SC65A.3携有百余个与耐药性相关的基因,还能抑制多种多重耐药“超级细菌”的生长,并具备具有生物技术应用潜力的特殊酶活性。

研究人员认为,能够在寒冷环境存活的菌株可能是抗生素耐药性基因的“天然储库”。针对SC65A.3等古老微生物的研究展现了抗生素耐药性如何在自然环境中演化出来,而这远早于现代抗生素的使用。

研究人员表示,在全球抗生素耐药问题日益严峻的背景下,深入研究这类古老微生物有助于理解抗生素耐药机制的自然演化过程,可能为开发新型药物和生物技术产品提供新思路。他们还警示,随着全球气候变化加剧,如果冰层融化导致这类古老微生物释放出来,其耐药性基因可能传递给现代细菌,从而使全球抗生素耐药性风险上升。(张改萍)

## 阿根廷发现比鸡还小的恐龙

**本报讯** 在阿根廷发现的一具近乎完整的恐龙头骨,其活体体重不足1千克,可能是迄今在南美洲发现的最小恐龙。这是一个可被归入阿尔瓦雷斯龙类的新型物种。这类恐龙大部分是小体形的,但新发现表明,体形微型化似乎在不同分支中独立演化了多次,而非所有阿尔瓦雷斯龙类的共同特征。相关研究近日发表于《自然》。

阿尔瓦雷斯龙类是兽脚亚目的一个特殊分支,其分类学历史充满争议,在系统发育树中的定位也备受质疑。该类群最初被认为是鸟类不会飞的近亲,也是除鸟类外唯一展现演化微型化的兽脚亚目类群。然而,其化石记录极为稀少,仅在亚洲和阿根廷发现零星碎片化石,使得该兽脚类恐龙的演化历程难以厘清。

美国明尼苏达大学的Peter Makovicky与合作者描述了在阿根廷塔哥尼亚发现的近乎完整的警丘纤腿龙骨架,其年代可追溯至约9500万年前。纤腿龙体重不足1千克,比鸡还小,是南美已知体形最小的非鸟类恐龙物种之一。与其他阿尔瓦雷斯龙类相似,纤腿龙具有喙状吻部、短前肢及带爪的长后肢。然而,纤腿龙的前肢指骨并未缩小,牙齿也未如其他阿尔瓦雷斯龙类般微型化。这些差异表明,尽管体形娇小,纤腿龙仍与其他阿尔瓦雷斯龙类存在区别。

该骨架的完整性使研究者得以重新解读阿尔瓦雷斯龙的起源。他们发现演化微型化的证据并不充分,反而支持在狭窄体形范围内多次独立演化的观点。

相关文章信息:  
<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10194-3>



警丘纤腿龙叼着猎物的复原图。  
图片来源:Gabriel Diaz Yanten

## ■ 科学此刻 ■

## 古文物符号暗示最原始文字



施瓦本洞穴中发现的雕像正反面。

在德国西南部施瓦本·阿尔卑斯山脚下的洞穴中,考古学家发现了骨笛、制作绳索和衣物的工具,已知最古老的女性雕像,以及数百件刻有复杂几何图案的手持物品。这些雕刻品最早发现于19世纪60年代,由猛犸象牙和洞狮、洞熊和其他已灭绝动物的骨骼雕刻而成。

一项近日发表于美国《国家科学院院刊》的研究显示,这些距今4.3万至3.4万年的文物可能包含了已知最早的文字符号雏形。马耳他大学的Huw Groucutt说:“它清晰地表明,这一时期发现的符号与广义上的书写系统有一些共同特征。”

苏美尔语是已知最早有文字记载的语言,大约5500年前出现在美索不达米亚地区,也就是今天的伊拉克。“文字的出现是文明起源的关键标志。”Groucutt说,“但最初,人们用图画和符号来表达共同的意义,且多半以如今已消失的易腐材料为载体。”

施瓦本洞穴文物是由最早进入中欧的现代人类制作的,当时正值智人迁徙时期,并与尼安德特人的活动范围发生重叠。研究

人员推测,这些图画和符号,以及同时期类似文物上的符号,可能对应着数字、月历、不同的草药,或是分娩等自然过程。他们想知道,某些重复出现的符号是否代表着“人工记忆系统”,用于辅助计数或运算。

“几何符号很可能发挥了信息技术的作用。”美国华盛顿大学的Ben Marwick说,它们可能支持“狩猎猛犸象等大型动物、在冰河时代的冬天生存以及前往新的陌生地区所需的复杂社会协作”,但其真正的目的仍然模糊不清,存在争议。

这项新研究运用统计和计算建模方法,从260件施瓦本文物样本雕刻的数千个几何图形中识别出了隐藏的模式。德国萨尔大学的Christian Benz团队将这些模式与刻有美索不达米亚原始楔形文字的泥板进行了比较,后者被认为是苏美尔文字的雏形。

研究结果发现,施瓦本符号具有明确的结构、多样性和重复频率,在统计学上与早期原始楔形文字相似。这表明,这些早期欧洲狩猎采集者与数千年后发展出文字的

人具有相同的认知能力,能够将大量信息编码到实物载体上。

“难以置信,我原以为4万年前的符号肯定与原始楔形文字相去甚远,但事实并非如此。”Benz说。

那么,为什么施瓦本狩猎采集者的雕刻没有发展成一套完整的文字系统呢?一种可能是,这对他们没有太大的益处。“这些人没有感到任何改变它的压力。”Marwick说。相反,在很久以后的苏美尔,人们需要应对日益复杂的社会结构和不断扩张的商业活动,而一套正式的文字系统对此大有裨益。

总的来说,这些符号暗示着一种蓬勃发展的抽象思维能力,或许有助于现代人在全球各地传播和繁衍。“当现代人离开非洲、遍布全球时,他们可能拥有和我们今天一样的认知能力。”Benz说,“从长远来看,或许不应该感到惊讶,因为我们已经尝试过书面交流很久了。”(王铄)

相关文章信息:  
<https://doi.org/10.1073/pnas.2520385123>

## 吃两天燕麦, 坏胆固醇降低10%

**本报讯** 一项近日发表于《自然-通讯》的临床试验表明,连续两天主要吃燕麦可显著降低坏胆固醇。

燕麦一直与代谢健康有关。20世纪初,德国医师Carl von Noorden曾用燕麦治疗糖尿病患者,并取得了良好效果。“如今,我们拥有治疗糖尿病的有效药物。”论文通讯作者、德国波恩大学的Marie-Christine Simon解释说,“因此,近几十年里,这种疗法几乎完全被忽视了。”

该研究聚焦代谢综合征患者,特征为体重超标、高血压、高血糖及血脂水平异常。这增加了患糖尿病的风险。32名参与者在48小时内遵循一项几乎完全由燕麦构成的热量限制计划。

结果显示,与同样减少热量摄入但不吃燕麦的对照组相比,他们的胆固醇水平有了更大的改善,且效果在6周后仍很明显。研究人员还发现,这种饮食改善了肠道菌群平衡。这些微生物产生的物质似乎在燕麦的健康益处中发挥了重要作用。

在试验中,参与者每天吃3次煮熟的燕麦,共摄入300克,且仅可添加少量水果或蔬菜,并将日常热量摄入削减约一半。对照组同样也减少了热量摄入,但不吃燕麦。

两组都因减少热量摄入而获益,但燕麦组的改善更显著。“他们体内的坏胆固醇,即低密度脂蛋白胆固醇水平下降了10%,虽未达到现代药物的效果,但已是相当大的降幅。”Simon说,“此外,他们平均减重两公斤,血压也略有下降。”

为探究燕麦的功效,研究人员对肠道微生物组进行了研究。“我们发现,燕麦能增加肠道内某些细菌的数量。”论文第一作者、波恩大学的Linda Klumpen说。科学家越来越认识到肠道菌群对人体的食物代谢至关重要,它们产生的代谢副产物能为肠道细胞提供营养并维持其正常功能。

部分代谢产物还会进入血液循环,影响其他器官。“例如,我们证实肠道细菌通过分解燕麦产生酚类化合物。”Klumpen说,“动物研究表明,其中一种物质阿魏酸能促进胆固醇代谢,其他一些代谢产物似乎也具有类似功效。”

同时,某些微生物能帮助消除组氨酸。如果没有这一过程,人体将会将组氨酸转化为一种化合物,从而促进胰岛素抵抗,这是糖尿病的一个标志。

在干预试验结束6周后,降低胆固醇的效果依然明显。“有规律的短期燕麦饮食可能



图片来源:Shutterstock

是一种易于接受的方式,能将胆固醇水平维持在正常范围内并预防糖尿病。”Simon说。

当食用燕麦与限制热量结合时,效果最显著。在另一项为期6周的试验中,参与者每天吃80克燕麦,没有额外的饮食限制。这种方法产生了有限的变化。“下一步需明确,每6周重复一次高强度燕麦饮食是否具有持久的预防效果。”Simon表示。(文乐乐)

相关文章信息:  
<https://doi.org/10.1038/s41467-026-68303-9>

## “小柯”秀

一个会写科学新闻的机器人

《自然》

## 外周血细胞对脑部脂质的睡眠依赖性清除

美国宾夕法尼亚大学佩雷尔曼医学院的Amita Sehgal团队发现了外周血细胞对脑部脂质的睡眠依赖性清除。相关研究成果近日发表于《自然》。

研究团队揭示了果蝇循环系统中的外周巨噬细胞样细胞(血细胞)的睡眠功能。研究表明,血细胞在睡眠期间追踪到大脑,并摄取因清醒状态下氧化损伤而在皮层胶质细胞中积累的脂质。

通过对血细胞中表达的吞噬受体的筛选,研究团队发现,敲除eater基因(Nimrod受体家族的一员)会减少睡眠。eater基因的缺失还会破坏血细胞对大脑的定位和脂质摄取,从而导致脑内乙酰辅酶A和乙酰化蛋白水平升高。线粒体功能失调表现为高氧化和NAD<sup>+</sup>降低,会损害记忆力并缩短寿命。

因此,研究团队认为,外周血细胞是哺乳动物小胶质细胞的前体,通过每日的睡眠功能来维持大脑功能和健康。

相关文章信息:  
<https://doi.org/10.1038/s41586-025-10050-w>

《自然-地球科学》

## 持续的拉尼娜-厄尔尼诺转变影响地球极端能量吸收

日本东京大学的Ko Tsuchida团队发现,持续多年的拉尼娜-厄尔尼诺转变影响了地球在2022—2023年的极端能量吸收。相关研究成果近日发表于《自然-地球科学》。

地球能量摄取,即大气层顶全球平均净入射辐射通量,在2022—2023年激增,导致2023—2024年全球地表温度屡创历史新高,并引发了广泛的极端气候事件。然而,这种极端能量摄取事件的成因尚不明确。

研究团队通过多模式气候模拟,结合卫星观测数据,揭示了观测到的极端能量摄取事件的驱动机制。研究表明,在持续外部强迫导致的正能量失衡背景下,持续多年的拉尼娜现象向厄尔尼诺的转型是影响2022—2023年地球极端能量摄取的关键因素。

研究团队基于多模式模拟数据集的抽样分析,发现拉尼娜-厄尔尼诺序列对能量摄取增强起主导作用,其中多年持续的拉尼娜现象至关重要。结合共享社会经济路径情景下外部强迫分量的估算值,拉尼娜向厄尔尼诺转变贡献了观测到的极端能量吸收的约75%。

相关文章信息:  
<https://doi.org/10.1038/s41561-026-01921-6>

《地质学》

## 钻石证据表明磷有限度地俯冲到下地幔

加拿大阿尔伯塔大学的D. Graham Pearson团队发现的钻石证据表明,磷有限度地俯冲到了下地幔。相关研究成果近日发表于《地质学》。

研究团队在一颗来自巴西Juina的钻石中发现了铁方镁石、方解石和透磷酸盐内含物。这些内含物的地球化学特征结合热力学模型表明,其源岩是位于下地幔深度的俯冲蚀变洋壳(AOC)。这些内含物提供的矿物学证据表明,磷以透磷酸盐的形式被运输到地球的下地幔。这颗钻石及其内含物的形成表明,俯冲板块遵循了现代俯冲系统中已知的板块地温梯度中最冷的端元。

原岩的富钨特性使这种类型的AOC能够保持亚固相线状态,从而保留了原本会在部分熔融过程中进入浅部地幔的磷酸盐。AOC要将磷输送到地幔,需要极冷的板块地温梯度和富含钙的成分,这些严格的条件有效限制了磷的深部循环。在远古古代之前,由于AOC的表面温度更高,熔融作用更强,这种限制效应会更加显著。因此,磷主要通过浅层地幔循环保留在地壳中,无论现在还是远古时期,都维持着一个易于获取的地表磷库,这对营养物质的供应和生命的起源至关重要。

相关文章信息:  
<https://doi.org/10.1130/G54011.1>

《新英格兰医学杂志》

## 释放不育雌性埃及伊蚊可降低登革热感染风险

新加坡国家环境局的Lee Ching Ng团队研究了感染沃尔巴克氏菌的雌蚊对登革热的抑制作用。相关研究成果近日发表于《新英格兰医学杂志》。

野生型雌性埃及伊蚊与感染沃尔巴克氏菌wAlbB株的雄性埃及伊蚊交配后,由于质粒不相容性,所产生的后代在胚胎发育早期就会死亡。反复释放感染沃尔巴克氏菌的雌蚊可能抑制野生型蚊群,并降低登革热病毒感染风险。

研究团队在新加坡开展了一项试验,旨在通过释放感染沃尔巴克氏菌wAlbB株的雄性埃及伊蚊控制登革热。该试验将15个地理人口聚类分为两组,8个聚类部署感染沃尔巴克氏菌的雄性蚊子(干预聚类),7个聚类为对照聚类。干预聚类中有393236位居民,对照聚类中有331192位居民。成年野生型埃及伊蚊种群在干预聚类中被抑制。蚊子的基础平均丰度在干预聚类和对照聚类中分别为0.18和0.19;从干预开始后3个月到24个月试验期结束,平均丰度分别为0.041和0.277。在暴露于感染沃尔巴克氏菌的蚊子6个月或更长时间内,干预聚类中登革热阳性的居民比例低于对照聚类。

研究结果表明,释放不育的感染沃尔巴克氏菌的雌性埃及伊蚊,降低了新加坡的媒介种群和登革热感染风险。

相关文章信息:  
<https://doi.org/10.1056/NEJMoa2503304>

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