

时空分辨液相透射电子显微镜支架的尖端处夹着舞动的纳米粒子溶液
(图片来源:伊利诺伊大学官网)

颗粒自主聚集时,它们既不像冰块里的原子那样排列得整整齐齐(绝对有序),也不像空气中的烟雾那样杂乱无章(绝对无序)。相反,它们往往会形成链状、网状或多孔团簇等“半有序、半无序”的复杂中间态。

长久以来,学界依赖传统的局域配位数来评估这些物质状态。然而,由于这些“半有序”网络缺乏传统的平移周期性和标准的空间对称性,沿用数10年的经典指标在面对它们时极易产生严重误判,导致这些纳米结构难以被精确量化和调控。

密歇根大学团队抛弃了常规的物理几何观测路径,将纳米颗粒组装体抽象化,视为由节点(颗粒)和边(强相互作用)构成的动态图网络(Graph Networks)。通过引入微分几何与图论交叉的2种离散曲率指标,研究人员赋予了解读动态纳米系统的全新语言。2026年5月14日,相关研究成果发表于《Science》。

Ollivier-Ricci 曲率(ORC),是一种把连续几何中的“曲率”概念推广到图网络/离散空间中的

指标。它常用于分析复杂网络中边或节点连接的“稳固性”。当ORC为正值时,说明这条边两侧的邻域之间还有较多替代路径或强连接,局部结构比较“团簇化”、冗余度高,网络受到扰动后更容易恢复。当ORC为负值时,说明这条边连接的是2个相对分离的区域,邻域之间缺少替代路径,像网络中的“桥”或“瓶颈”。

增广Forman-Ricci曲率(AF-RC)指标专注于监控网络中由3个颗粒构成的“塑料姐妹花三元环”。这种三元环在系统受到刺激时极易形成也极易解离。通过追踪这些微观小圈子的诞生与破灭,科学家就能直接读出系统局部的能量高低和变形能力。

研究团队借助宽视野时空分辨液相透射电子显微镜(LPTEM),在液体环境中实时观测了400多个金纳米立方体的真实组装过程。同时,他们对包含高达10000个颗粒的庞大体系进行了分子动力学模拟。

实验与模拟结果完美吻合。借助ORC指标,研究人员成功定量发现了一个“黄金平衡区间”(Goldilocks Zone)。这种特定的中间状态由具有低对称性的相互连接的介晶组成,最大化了材料的等离子体响应。这对于开发高灵敏度生物传感器(如COVID和妊娠测试中使用的传感器)至关重要。

“吸引我研究这一问题的原因在于,许多最有意思的材料——生物系统、光子凝胶、传感平台——都处在有序与无序之间这种复杂的中间状态。若能以严谨

的方法量化这种复杂性,就有望为工程化设计那些过去难以理性设计的材料打开新的可能。”第一作者Pan表示。

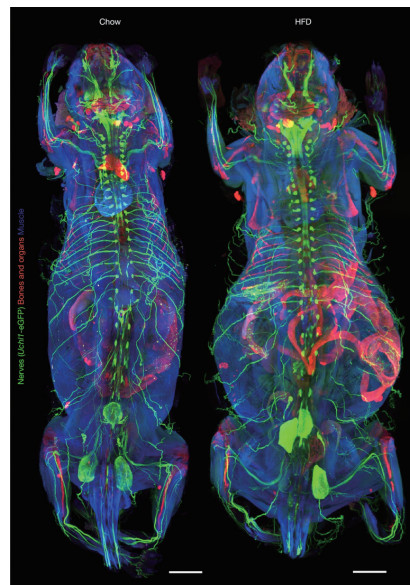
(来源:《Science》、伊利诺伊大学官网)

长胖后脸也会变“钝”?

肥胖并不只是“脂肪变多”。它会牵动免疫、神经和多个器官系统,但过去研究往往像盲人摸象,难以在完整身体尺度上看到疾病如何蔓延。

德国亥姆霍兹慕尼黑中心Ali Ertürk、Doris Kaltenecker等团队开发出一种名为MouseMapper的深度学习框架,可在细胞水平分析完整小鼠体内的神经、免疫细胞和器官结构变化,为肥胖等系统性疾病提供了一张“全身三维病变地图”。2026年5月20日,相关研究成果发表于《Nature》。

研究团队以高脂饮食诱导的



正常饮食(左)和高脂肪饮食(右)小鼠全身透明成像图表明肥胖使外周神经密度显著下降

(图片来源:《Nature》)

肥胖小鼠为模型发现,肥胖小鼠不仅脂肪组织和肝脏体积增加,淋巴结总量也发生变化;更重要的是,其全身神经密度下降,脂肪组织中的神经支配并没有随组织扩张同步增加。一个出人意料的发现出现在面部感觉神经。三叉神经是负责面部感觉和运动功能的主要面部神经。肥胖小鼠三叉神经的眶下支结构受损,神经末梢和分支减少,行为实验也显示其对胡须刺激的反应减弱,提示肥胖可能影响面部感觉功能。

为进一步追踪这种神经改变的分子基础,团队分析了三叉神经节的蛋白质组。结果显示,肥胖小鼠中与轴突导向、细胞骨架调控、补体和炎症反应相关的通路发生异常;在肥胖人群的三叉神经节样本中,研究者也观察到相似的分子特征。这说明小鼠中发现的肥胖相关神经损伤并非孤立现象,可能与人类肥胖相关神经病变存在一定关联。

此外,MouseMapper 还绘制了肥胖引起的全身炎症图谱。研究显示,高脂饮食后,CD68 阳性免疫细胞在小鼠体内广泛增加,脂肪、肝脏、肌肉、胃和腹壁等组织中较大的免疫细胞团簇明显增多。

“我们的目标是建立一个综合性框架,用于理解疾病如何影响作为相互关联整体的人体系统。”Ali Ertürk 说,“我们的长期愿景,是构建真正逼真的健康与疾病状态下小鼠数字孪生体:这类细胞级图谱可以在计算机中被查询、扰动和筛选。这样一来,我们就能精准定位疾病最早引发的

变化,设计干预措施加以预防,并在减少实体实验数量的同时,加速新疗法的发现。”

(综合:《Nature》、EurekAlert 网站)

直立人牙齿揭示 40 万年前北京、河南是一家

一颗牙齿能保存多少古人类信息?中国科学院古脊椎动物与古人类研究所付巧妹等团队,创新酸蚀刻微损取样技术,首次从 40 万年前直立人牙齿中获得具有系统发育信息的内源性牙釉质蛋白数据。

研究揭示了中国境内以周口店(北京人)、安徽和县和河南孙家洞为代表的直立人属于同一演化人群,并发现其基因可能通过已知的丹尼索瓦人间接流入现代人群的关键证据,破解了“直立人与现代人是否具有关联性”这一人类演化领域长期悬而未决的重大谜题。2026 年 5 月 13 日,相关研究成果发表于《Nature》。

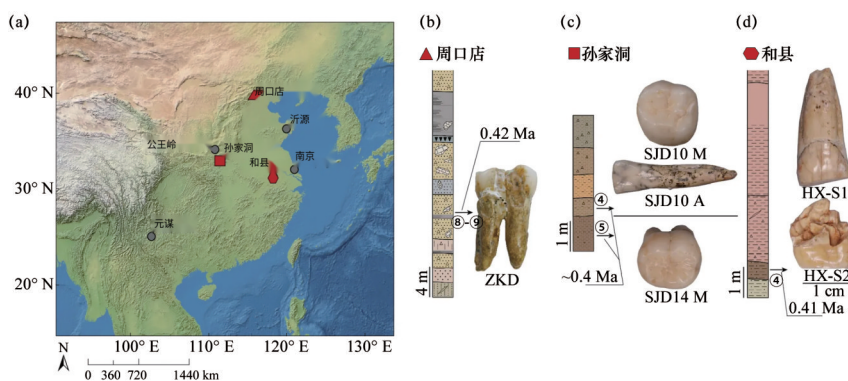
直立人是人属中第一个走出非洲并广泛扩散至欧亚大陆及东南亚的关键人群,在人类演化进程中具有不可替代的地位。但与

尼安德特人、丹尼索瓦人等其他古人类具有相对丰富的分子数据不同,直立人的古遗传学研究几乎为空白。

横在科学家面前最大的障碍不是化石材料匮乏,而是古老人类化石因稀缺性,往往不被批准用于传统上对化石可能造成损伤的分子研究,尤其是需要大量釉质的牙釉质蛋白研究。牙釉质是人体最坚硬的组织之一,其中残留的蛋白片段虽不像 DNA 那样信息丰富,却能像古老档案中的“只言片语”,为古人群关系提供稀缺的分子线索。

团队先通过无损方式预筛选化石古蛋白保存情况,再运用酸蚀刻微损技术,对牙釉质表面微量酸蚀、小幅取材,最大限度保护化石完整形态。最终鉴定出多种内源性牙釉质蛋白,获取了大量肽段和氨基酸位点信息。这是全球首次拿到直立人标志性分子数据,同时把东亚古人类蛋白组研究时限,从 16 万年前推至至少 40 万年前。

更重要的是,团队在牙釉质蛋白 AMBN (ameloblastin, 一种参与牙釉质形成的蛋白)中发现



中国中更新世直立人遗址的地理位置(a)和本研究样品信息(b)-(d)

(图片来源:中国科学院古脊椎动物与古人类研究所)