

“小柯”秀

一个会写科学新闻的机器人

【自然】
科学家构建
高精度人类运动皮层完整图谱

美国斯坦福大学的 Francis R. Willett 团队构建出高精度人类运动皮层完整图谱。相关成果近日发表于《自然》。

研究人员依托脑机接口临床试验受试者开展试验，受试者共 8 人，均因脊髓损伤、肌萎缩侧索硬化或脑干中风造成肢体瘫痪。研究采用 20 组微电极阵列采集神经信号，构建出单神经元分辨率的人类运动皮层完整图谱。电极阵列大范围覆盖中央前回表层区域。研究发现，躯体各部位对应的神经表征高度交错混杂，中央前回所有被测位点均存在全身躯体的完整神经映射。

研究同时定位到两处语音偏好功能区，两区之间存在一个响应范围广泛、以口面部运动表征为主的过渡区域。在整个中央前回内，四肢的运动神经表征相互关联，不同肢体的同源动作（例如脚趾蜷缩、手部握拳）对应的神经信号存在显著相关性。

上述实验数据佐证了运动皮层具备混杂分布、相互关联、以行为功能为核心的组织结构特征。这次绘制的超精度图谱，也为旨在重建运动功能的脑机接口设备提供了关键的靶点定位参考依据。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10653-x>

【科学】
细菌中全局代谢通量
与蛋白质组分配的解耦

美国加利福尼亚大学圣迭戈分校的 Suckjoon Jun 团队探究了细菌中全局代谢通量与蛋白质组分配的解耦。相关成果近日发表于《科学》。

细菌细胞在响应外界环境与各类胁迫时，会协调代谢通量（代谢物在各代谢通路中的流转速率）与翻译能力，而翻译能力由核糖体的丰度决定。

已知大肠杆菌可通过四磷酸鸟苷、五磷酸鸟苷这类调控分子，将代谢通量与蛋白质组分配进行联动调控。研究人员发现，对于枯草芽孢杆菌等其他细菌，这两项生理过程未必存在耦合关系。在胁迫条件下，枯草芽孢杆菌以三磷酸鸟苷作为调控信号，调控氨基酸代谢流，且不会改变核糖体的丰度。该研究还探讨了这种差异化调控策略背后潜在的演化优势与生物学优势。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1126/science.aeb6410>

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

全球顶尖科学家
流动格局正在重塑

(上接第 1 版)

在城市层面，全球顶尖科学家流动与国际城市间的科研合作密不可分。在流动规模前 50 的城市中，中国占据 10 席，合计 1681 人。其中，北京流入 228 人、流出 222 人，上海流入 122 人、流出 109 人。多数中国城市的流入和流出规模大致相当，反映出相对稳定的科研生态。

“亚洲人才净流入主要靠的是中国、印度这些发展中国家，其背后是长期的积累。改革开放以来，我们送出去近 800 万留学生，现在大约有 75% 回流，已经形成一个很好的气候。”吴江说。

在王辉看来，中国京津冀、长三角、粤港澳大湾区为代表的城市群，展示了区域协同的巨大潜力。未来对人才的吸引不再是单个城市间的比拼，而是城市群综合服务力、创新网络密度和制度开放水平的较量。他指出，提升对顶尖科技人才的吸引力，需要进一步打破行政壁垒，推动人才评价、科研经费、社会保障等跨区域互联互通，让人才在更大范围内自由流动、高效配置。

亚洲在基础科学领域的
区域内协同效应较强

报告发现，不同区域的科研协同呈现出显著的结构性差异。

在基础科学领域，亚洲表现出较强的区域内协同效应。在洲内流动方面，亚洲(233 人)的规模占全球洲内流动的近七成。聚焦城市层面，新加坡、北京、上海与香港表现出较为活跃的科研合作态势。尤其是近两年，中国多座城市与新加坡的学术交流比较密集。

吴江认为，基础研究是整个科学体系的源头。当前，中国稳定的政策环境、对科学家的政策优惠与支持，以及基础研究经费的大幅增加，共同构成了持续吸引力。此外，“一带一路”等国际合作平台的搭建也在参与全球科技治理网络方面发挥了重要作用。

“基础研究国际合作的关键在于‘人’和‘生态’。我们还要让科研评价方式更有利于国际合作。在管理体制上‘放权’和‘松绑’，真正融入全球创新网络。”吴江说。

与此同时，报告显示，在计算机科学领域，全球流动呈现出洲际合作高度均衡的特征。该学科的洲际流动规模为 601 人，大于洲内的 413 人。亚洲、欧洲和北美洲三大洲的合作占比达到 83.5%，且各洲的流入流出基本保持平衡。计算机科学领域也是顶尖科学家参与国际流动与合作活跃度较高的领域之一。

对此，吴江指出，计算机科学特别是人工智能(AI)领域的知识转化得很快，这是该领域流动活跃的基础原因。在谈到中美在 AI 领域的比较优势时，他表示，美国在知识创新体系方面有集聚优势，中国则在应用场景方面更具优势。

新技术将样本放大 10 亿倍

普通光学显微镜可精准定位氨基酸

本报讯 一项通过放大细胞揭示微小细节的技术已取得突破性进展。科学家使用一种与婴儿纸尿裤中的超强吸水材料类似的聚合物，将生物样本的体积放大了 10 亿倍，即每个维度都增加了 1000 倍。这种水平的放大可以把单个细胞膨胀到小鼠大脑的尺寸，而一枚硬币大小的样本则能扩展至一个奥运会游泳池的规模。

通过这项技术，研究人员用普通光学显微镜绘制出了氨基酸在蛋白质和小分子肽中的位置分布图。近日，相关研究成果公布于 bioRxiv。

此前想要观测如此精细的分子结构，只能依靠冷冻电镜、X 射线晶体衍射这类成本高昂、操作复杂的技术。“这项技术让结构生物学普及化。”论文共同作者、德国哥廷根大学医学中心的 Silvio Rizzoli 说。

物理定律限制了光学显微镜的观测能力，即距离小于 200 纳米的两个物体无法被分辨。而超分辨率光学显微镜技术通常依赖光学技巧和昂贵的设备，已能将分辨率极限降至 10 纳米以下。

2015 年，论文共同作者、美国麻省理工学院的 Edward Boyden 和同事发明了一种用普通荧光显微镜实现超高分辨率的替代方法。研究人

员利用可膨胀水凝胶，把组织样本在每个方向上放大了约 4 倍，使细胞成分彼此分离，从而提高了分辨率。此后，科研人员不断改良 Boyden 的“膨胀显微镜”技术，进一步放大样本，但通常只能膨胀到 20 倍左右。

为实现更大规模的放大，研发团队研发出一种新的水凝胶配方，能够使样本多次膨胀。他们还结合了一项名为“ONE 显微成像”的膨胀显微镜技术，利用光学显微镜绘制蛋白质结构。纯化后的蛋白质被固定在水凝胶上，再通过酶或加热分解，从而使蛋白质在不破坏三维结构的情况下被拉伸分离。

利用这种 1000 倍膨胀法，研究人员对多肽 mCLING 的 9 种氨基酸中的几种进行了荧光标记，随后用荧光显微镜对这些结构单元的相对位置进行成像。这些测量结果和计算机模拟得出的 mCLING 分子结构高度吻合。

此外，研究人员还利用这项技术绘制了此前确定的绿色荧光蛋白(GFP)的结构图。研究人员基于数千张成像快照重建了 GFP 模型，分辨率约 1.2 纳米(12 埃)。不过这一精度仍低于公共数据库中 X 射线晶体衍射测得的 1.9 埃，也未达到冷冻电镜的解析精度。

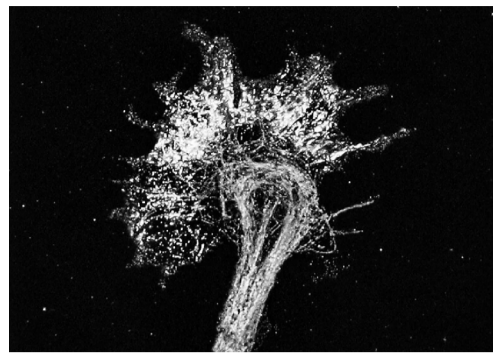
但是论文共同作者、哥廷根大学医学中心的 Ali Shaib 透露，在未发表的后续研究中，通过技术优化已经把纯化蛋白的观测分辨率提升至 10 埃以内。Rizzoli 表示，团队现在能以 10 埃分辨率直接观测细胞内的蛋白质结构。Shaib 说：“我们正力求用廉价的光学显微镜，拍出媲美冷冻电镜的精细蛋白结构。”

即便如此，Rizzoli 认为，评判这项技术的优劣，要看它能揭开多少生物学奥秘。“核心不在于分辨率有多高，而在于我们能看到以往看不见的东西。”

“过去已有超分辨光学显微技术实现了埃级分辨率，但获取的结构信息十分有限。而这篇论文彻底改变了这一局面，能够直接观测 GFP，成果惊人。”英国牛津大学的 Lothar Schermelleh 说。

然而，英国安格利亚鲁斯金大学的 Kirti Prakash 对样本在每个维度上放大 1000 倍后仍能保留原始特征表示怀疑。“论文报道的精细结构还需要其他实验手段交叉验证。”

把生物样本整体放大 10 亿倍也带来了显而易见的难题。英国圣安德鲁斯大学的 John Daniel 解释，在这种尺度下，科研人员可能要到拍



将神经细胞放大后进行荧光显微镜成像，能够得到高分辨率图像。

图片来源: Arthur Chien/SPL

摄海量图像，才能重构单个蛋白质结构。

论文共同作者、麻省理工学院的 Helena Hu 表示，这项技术可以搭配自动化成像设备，而放大的状态能维持数日不收缩。该技术还能观测那些尺寸过小、无法用冷冻电镜分析的蛋白分子。

尽管如此，Daniel 仍希望这类光学显微技术帮助人类进一步破解蛋白质与其他生物大分子的结构奥秘，大幅降低结构生物学的科研门槛。比如，整个非洲目前仅有一台冷冻电镜。“在那些没有条件搭建冷冻电镜平台的地区，用一台造价仅 5000 至 1 万英镑的显微镜就能拍出蛋白质的精细结构。”

(李木子)
相关论文信息：
<https://doi.org/10.64898/2026.05.31.729018>

大猿与人类
共同欢笑 1500 万年

本报讯 一项研究表明，大猿(人科动物)的笑声节奏可能与现代人相似，而这一现象已持续了至少 1500 万年。研究结果还表明，在大猿的演化过程中，笑声变得更快、变化更多，且越来越受到所处情境的影响。相关研究成果 6 月 25 日发表于《通讯—生物学》。

所有大猿都会笑，包括与人类亲缘关系较近的物种，如倭黑猩猩，以及亲缘关系较远的物种，如婆罗洲猩猩。然而，笑声的节奏随时间如何演变及其与人类语言的演化有何关联，此前尚不清楚。

在这项研究中，英国华威大学的 Chiara De Gregorio 和同事分析了 4 只婆罗洲猩猩、两只大猩猩、3 只倭黑猩猩、4 只黑猩猩以及 4 个人的笑声录音，这些个体的年龄在 6 个月至 7 岁之间。

科学家研究了 140 段笑声序列，并测量了每次发声之间的时间间隔。研究发现，所有物种的笑声都遵循一种规律的节律模式，连续发声之间的间隔均匀。由于这种模式在所有研究物种中均存在，研究人员推测，这种有节奏的笑声可能早在 1500 万年前就已存在于其共同祖先身上。

他们还推断，随着时间的推移，笑声变得更快、更多样化，比如人类会根据情境改变笑声的速度，如被痒痒时发出的笑声比玩耍时更快，而其他猿类则不会。此外，与人类亲缘关系越近的猿类，其笑声节奏的变化性就越大。

这些发现表明，在大猿和人类的演化过程中，发声的灵活性和控制力可能逐渐增强。作者推测这可能促成了语言的出现，未来需要通过更大样本量的研究证实这些发现。(赵熙熙)

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s42003-026-10499-z>



婆罗洲猩猩。 图片来源: Marina Davila-Ross

■ 科学此刻 ■

“没用”的卵巢
发现新用途

绝经后的卵巢可能承担了意想不到的新功能。

图片来源: MYBOXPRA/ISTOCK

与许多生殖生物学家一样，美国西北大学的 Francesca Duncan 曾认为，女性绝经后，卵巢会像阑尾一样变得无用。但她的实验室基于小鼠和人类的研究发现，当哺乳动物生殖周期结束时，卵巢会承担新的角色。近日，相关成果发表于《分子人类生殖》。

研究发现，老年小鼠的卵巢会被免疫细胞浸润，并可能向体内分泌免疫信号。研究人员表示，这些变化的影响尚不明确，但人类卵巢发生的类似转变，可能对绝经后的健康产生影响。

“这项研究改变了科学家对绝经后卵巢的看法——不再将其视为毫无用处的空壳，而是具有潜在新功能的器官。”美国南加州大学的 Bérénice Benayoun 表示。

5 年前，Duncan 团队希望绘制人类卵巢中的衰老细胞图谱，但从健康的年轻人身上获取卵巢并不现实。因此，他们转向了绝经后的女性，这些人有时会因各种健康问题而切除卵巢。

在对 50 至 75 岁女性的卵巢进行检查

时，研究人员发现，卵巢细胞会随着年龄增长产生不同的蛋白质。这一发现已在数月前公布于 bioRxiv。“这真是令人大开眼界。如果卵巢没有任何作用，按理说，随着年龄增长，它不会出现任何变化。”Duncan 说。

为更深入地研究卵巢与年龄相关的变化，研究人员将目光转向了实验小鼠。尽管小鼠不会出现雌激素急剧下降等人类更年期典型特征，但在两年寿命的后期，它们的卵巢也会停止工作。研究人员分别从幼鼠、处于生殖末期的小鼠及“绝经”后的小鼠体内摘取了卵巢。

研究人员对每只小鼠其中一个卵巢的 RNA 进行了测序，以测量基因表达情况。对另一个卵巢，他们进行了显微镜下的视觉分析，以识别不同的细胞群，并测量纤维化的发展程度。纤维化是指随着年龄增长自然发生的硬化组织堆积现象。

不出所料，这些小鼠的生殖功能指标，包括与卵子生成和类固醇合成相关的标志物，随着年龄增长而减少。但对“绝经”后卵巢的分析显

示，其中各类免疫细胞的水平均高于年轻小鼠。此外，老年小鼠的卵巢中，编码各种促炎化合物的基因活性也更高，这些免疫分子可以分泌到血液中并流向身体其他部位。

目前尚不清楚衰老的卵巢是否真的发挥了免疫信号传导的作用，抑或仅仅是免疫细胞的意外储存库。Benayoun 表示，这项研究的有趣之处在于，“它为绝经后卵巢可能发挥的作用提供了一种潜在解释”。“卵巢可能成为免疫细胞聚集并发生某种变化的场所，而这种变化可能会产生全身性影响。”

Duncan 推测，这一发现或许有助于解释为何女性尽管寿命更长，但随着年龄增长，其健康状况往往不如男性。绝经后的卵巢可能会分泌一些分子，导致女性在更年期更容易出现慢性炎症。她补充道，对于绝经后卵巢生物学机制的认知空白“确实令人担忧”。“为了女性的健康，我们有必要对此开展研究。”

(文乐乐)
相关论文信息：
<https://doi.org/10.1093/molehr/gaag038>

多款抗癌新药如何展现治疗潜力

■ 新华社记者 李曼

采用类似“特洛伊木马”方式精准对抗肿瘤细胞的抗体偶联药物，有望提升免疫疗法效果的药丸、可能延长胰腺癌患者生存期的实验性新药……近日，国际肿瘤学界发布一系列抗癌前沿研究的新进展，其中多款新药展现出提升癌症治疗效果的潜力。

抗体偶联药物有助应对难治癌症

在近日举行的 2026 年美国临床肿瘤学会年会期间，抗体偶联药物成为讨论的中心，大会安排了近 40 场相关口头报告和 120 张海报，展现了科学界的高度热情。

相比传统化疗的“无差别”攻击，抗体偶联药物具有极高精准度，能够在摧毁肿瘤细胞的同时减少对健康细胞的毒性，实现以更少的副作用达到更好的疗效。抗体偶联药物的概念早已提出，但直到近年才显示出确切疗效，并从用于乳腺癌治疗逐步扩展到其他类型癌症。目前，已有 13 种抗体偶联药物在欧洲获批，用于血液肿瘤、乳腺癌和泌尿系统癌症治疗。全球另有近 400 种抗体偶联药物正在研发中。

抗体偶联药物由三部分构成，即一个单克隆抗体、一个细胞毒性分子以及一个将两者连接起来的化学“接头”。法国居斯塔夫·鲁西学院

治疗创新与早期试验部副主任约翰·洛里奥解释，化学“接头”连接具有化疗作用的分子与抗体，同时确保药物保持非活性状态。药物到达“目的地”后，抗体能够附着在肿瘤细胞表面特有的蛋白上，连接键断裂，化疗分子直接在肿瘤内释放。由于健康细胞没有相应的目标蛋白，因此不会受到影响。“这类治疗就像一个真正的特洛伊木马，只渗透进入肿瘤。”洛里奥说。

在美国临床肿瘤学会年会上发布的一项国际研究测试结果显示，对于一种用于治疗转移性或复发性宫颈癌的抗体偶联新药，多达三分之一的患者对治疗有积极反应，甚至有几位患者的影像学检查显示所有病灶消失。

精确的靶向性使抗体偶联药物对于应对一些长期以来难以治疗的癌症尤其有价值。居斯塔夫·鲁西学院乳腺病理学委员会主任芭芭拉·皮斯利表示，卵巢癌、胰腺癌和宫颈癌对化疗相对耐药，“抗体偶联药物开始展现出相当有希望的结果”。

口服新药助免疫系统“发现”肿瘤

免疫疗法是一种可帮助人体自身免疫系统对抗肿瘤的癌症治疗方法，但对三分之二的癌症患者无效，原因在于肿瘤表面的一种酶使其

对免疫系统“隐身”。在今年美国临床肿瘤学会年会上发布的一种新型治疗方法，有助于免疫系统“发现”肿瘤，从而提升治疗效果。

这种名为 GRW5769 的口服药由英国牛津大学科学家研发，通过抑制 ERAP1 酶令肿瘤“现身”，辅助免疫系统发现并杀死癌细胞。

这种药物与免疫疗法静脉输注西米普利单抗一起使用。相关测试分别于 4 个国家的 28 个癌症中心展开，研究对象包括 6 种常见癌症患者。第一阶段测试结果显示，83 名患者中有 26 人的肿瘤缩小了。其中，15 名患者的肿瘤至少缩小了 30%。在 51% 的肠癌患者、36% 的膀胱癌患者、55% 的非小细胞肺癌患者、38% 的头颈癌患者、18% 的宫颈癌患者和 32% 的肝癌患者中，癌症的进展暂停了至少 6 个月。

英国癌症研究会研究信息负责人塞缪尔·戈弗雷认为，测试结果表明新药或能提高免疫疗法的疗效，包括对一些曾使用免疫疗法失败的病例，但仍需要更大规模的试验来确定这种方法是否能对患者带来持久益处。

实验性药物或能延长胰腺癌患者生存期

胰腺癌是一种死亡率较高的胰腺恶性肿瘤。科学家早已发现突变的 KRAS 蛋白会刺激

肿瘤的侵袭性生长和扩散，就胰腺癌而言，这个突变蛋白更是几乎所有病例的关键驱动因素。然而，KRAS 蛋白表面平坦光滑，没有药物获得“立足点”所需的缝隙、裂隙、口袋或凹槽，因此难以被阻断。

美国哈佛大学教授格雷戈里·弗丁发现，至少 3 种由细菌和真菌产生的小分子虽不能自行与靶点结合，但可以附着在非目标蛋白上，形成一种较大的复合物，进而能够附着在靶点蛋白上。

基于这一发现，美国“革命”医药公司研究人员研发出一种能够在人体内形成复合物来阻断 KRAS 蛋白的“分子胶”药物。这种药物不需要以特定突变为靶点，也不需要找到特定的结合位置，能够直接与 KRAS 蛋白结合并将其关闭。该公司近期发布的实验性药物达拉索拉西布的测试结果显示，使用该药物的胰腺癌患者的中位生存期达到 13 个月，是接受常规化疗患者的两倍。

专家认为，这种新药远非治愈方法，但有助于改善治疗效果。美国宾夕法尼亚州立大学医学院肿瘤学家马克·奥哈拉表示，新药的出现有助于医生制定多样化的治疗方案，提高患者生活质量，例如可能不需要频繁到医院接受化疗。