

哺乳动物祖先走起来像蜥蜴吗

研究人员推翻脊椎进化传统假说

■本报记者 唐风

以现存爬行动物为模型研究哺乳动物祖先脊椎的传统做法，可能不是一个好的选择。研究表明，哺乳动物的最早祖先并非像科学家之前推测的那样如蜥蜴般运动。

美国科学家领导的一项研究，通过测量现存和灭绝的脊椎动物(爬行动物、哺乳动物及其灭绝近亲)的脊椎形状，对目前流行的脊椎进化假说提出了挑战。研究人员描绘了脊椎结构的进化对功能的影响，并表明非哺乳类合弓纲动物脊椎的移动方式与任何现存动物截然不同。3月2日，相关论文发表于《当代生物学》。

“现存爬行动物被拿来与合弓纲动物比较，因为它们有相似的伸展姿势。然而，我们详细分析发现，这些动物的脊椎结构和功能可能完全不同。因此，现存爬行动物并不是研究合弓纲动物脊椎的好模型。”该团队负责人、哈佛大学生物与进化生物学系 Katrina E. Jones 在接受《中国科学报》采访时说。

就像一把瑞士军刀

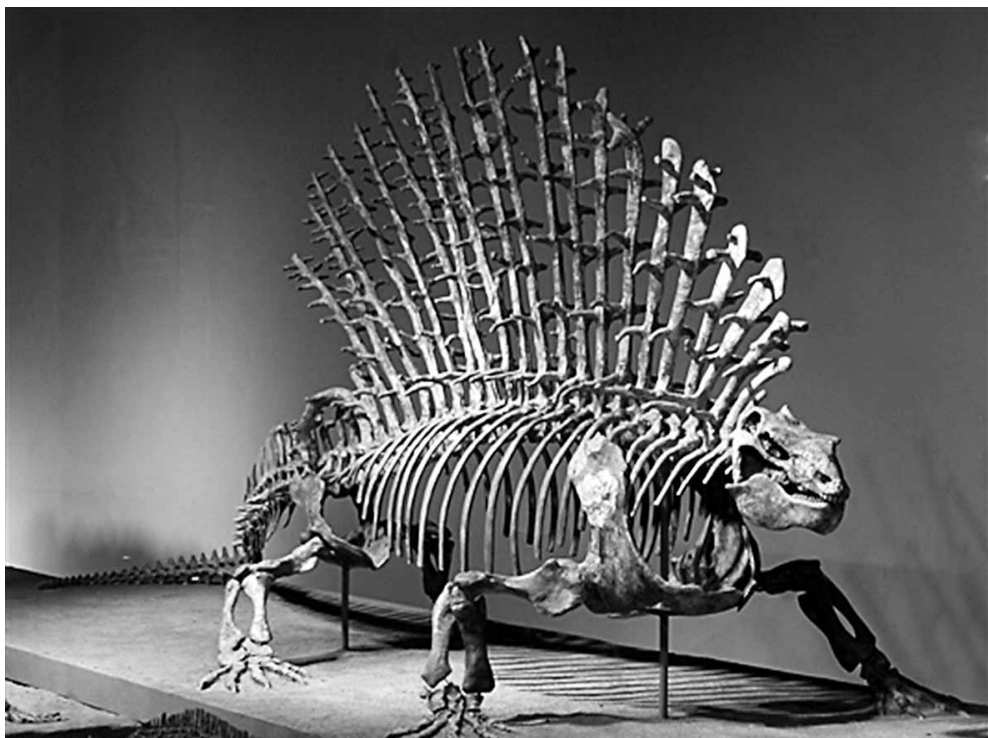
脊椎对哺乳动物的运动而言，就像一把瑞士军刀。它能以各种方式发挥作用，从而使运动具有显著多样性。那么，哺乳动物的祖先也是这样吗？

动物能跑、游、爬、飞，部分归功于脊椎的大规模重组，而这发生在大约 3.2 亿年前的进化过程中。翻开任何一本解剖学教科书，你都会发现一个长期存在的假说，即哺乳动物的脊椎骨具有独一无二的矢状(上下)运动能力，这进化自一种功能类似于现存爬行动物的古老脊椎骨。另一方面，爬行动物的脊椎骨只能侧向(左右)移动。

这种所谓“侧向到矢状”的转变完全是基于已灭绝的合弓纲动物和现代蜥蜴表面上的相似性。

合弓纲动物出现在 3.2 亿年前的晚石炭纪，是二叠纪中到晚期的优势陆地动物。因为它们演化出了哺乳动物，因此也被认为是现代哺乳动物的祖先。

Jones 表示，研究发现，虽然在哺乳动物进化过程中，矢状弯曲程度确实有所增加，但最早的合弓纲动物脊椎骨具有最佳硬度，在向哺乳动物进化的过程中，并不包括以爬行类动物侧向弯曲为特征的阶段。



菲尔德自然历史博物馆展出的棘龙(哺乳动物远古亲戚)骨架。 图片来源: Ken Angielczyk

“哺乳动物直接从侧向弯曲过渡到矢状弯曲的观点太简单了。”资深作者、哈佛大学生物与进化生物学系助理教授 Stephanie Pierce 说，“几百万年前，蜥蜴和哺乳动物分道扬镳，各自踏上了进化之旅。我们的研究表明，现存的蜥蜴并不代表任何一种祖先形态或功能，不过这两个类群很久以前可能有共同之处。”

那么，哺乳动物祖先的脊椎究竟是什么样子，又如何移动呢？想找出答案，就要对大样本脊椎骨进行量化。

量化脊椎骨有点棘手

“我们首先必须量化脊椎的形状，这实际上有点棘手。”Jones 说，“脊椎形状非常复杂，很难测量。每条脊椎都由多个脊椎骨组成，不同物种的脊椎骨数量不同，而脊椎骨数量不同

的动物，其骨头形状和功能很可能以不同方式划分。这比较有挑战性。”

于是 Jones 等人测量了一系列爬行动物、哺乳动物和蜥蜴标本以及合弓纲动物化石的脊椎形状。这些标本来自世界各地的博物馆：现代动物骨骼主要来自比较动物学博物馆、菲尔德自然历史博物馆，以及美国、欧洲和南非的其他博物馆。

研究人员在每种动物脊椎的相同位置选择了 5 块脊椎骨，然后使用一种地技术——几何形态测量学，测量了不同动物脊椎骨的三维形状。结果表明，合弓纲动物与现代哺乳动物的脊椎有很大不同，与蜥蜴等爬行动物也有很大不同。

接下来，研究人员利用之前的研究数据，对现代蜥蜴和哺乳动物的脊椎形状和运动程度进行了比较，以检验脊椎是如何运动的，进而提供了形状和功能间的关键联系。这些数据

使研究人员绘制出大量动物样本脊椎功能的变化，重建并描述了每种动物的功能特征精确组合。

“我们的数据分析方法令人兴奋，因为它可以揭示不同脊柱形状如何导致不同的功能权衡。”Pierce 告诉《中国科学报》，例如爬行动物脊椎非常擅长侧弯，但不能像哺乳动物那样上下移动。

进化需要权衡

“我们能证明，与现存爬行动物和哺乳动物相比，合弓纲动物脊椎骨有不同的功能组合。”Jones 说，“在进化过程中，它们不是从爬行类的侧弯到哺乳类的矢状弯曲，而是从一条完全不同的路径上单独进化而来。”

一种传统推测是，哺乳动物祖先与现代爬行动物做了同样的权衡。但事实证明，它们有一套完全不同的折中体系。

合著者、菲尔德自然历史博物馆 Ken Angielczyk 表示：“爬行动物的进化时间和哺乳动物一样长，也正因为如此，它们也有同样长的时间积累‘特殊技能’。在进化过程中，哺乳动物和爬行动物都积累了自己的一套专长。”

研究结果表明，合弓纲动物脊椎骨实际上非常坚硬，完全不同于蜥蜴，后者在横向上非常有曲度。此外，在哺乳动物进化过程中，这种坚硬的脊椎增加了新功能，包括下背部的矢状弯曲和上部的扭转。这些新功能对于构建哺乳动物功能多样化的脊椎骨至关重要，可使现代哺乳动物跑得非常快，并能旋转身体梳理皮毛。相比之下，爬行动物进化出非常有曲度和能侧向移动的脊椎，以适应它们特殊的运动模式。

Pierce 说：“通过对化石记录的严格分析，我们认为这是一个更加复杂和有趣的进化故事。我们现在正在揭示哺乳动物脊椎骨的进化路径。”

研究人员正在用 CAD 辅助的三维模型测试该研究结果。到目前为止，该测试支持了这篇论文中的发现。未来的研究将创建 3D 模型直接测试这些动物脊椎骨的功能和移动状态。“我们还不知道整个故事。”Jones 说，“但已经接近了。”

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.02.009>

(上接第 1 版)

2019 年夏天，一篇登上封面的论文，就是杨兰“找”来的。论文介绍了一种集成了光学和人工智能技术的玻璃，无需耗电即可识别手写数字。

文章发表前，通讯作者、美国威斯康星大学麦迪逊分校副教授喻宗夫曾小范围地介绍了这项工作。彼时杨兰也在同一场报告会上，听罢这项工作，杨兰向喻宗夫建议：“这篇文章的创新点是把深度学习和光子学研究结合，你应该把稿子投到《光子学研究》来。”

文章发表后，国内外多家媒体纷纷报道转载，喻宗夫所在的课题组也开始主动向《光子学研究》投稿。“优秀的工作成全好的期刊，作为平台的我们用心宣传好作品，这就是双赢。”杨兰总结。

其实，编委会早在创刊时就达成一致：期刊视野不仅仅要聚焦于光子，还应关注光电研究；不仅要关注技术的应用价值，还要鼓励基础前沿研究。

也正因此，接到杨兰的邀请时，澳大利亚科学院院士尤里·基夫沙尔欣然同意成为《光子学研究》编委。

基夫沙尔是非线性光物理领域的领军人物，他表示这份邀请“非常吸引人”，因为与业内其他期刊相比，《光子学研究》的关注范围更广。

而且，基夫沙尔提到，与十几年前相比，“中国科研的整体质量在飞速前进”，他希望借此机会了解更多来自中国的研究。

正因这种视野上的前瞻与敏锐，《光子学研

究》与不少中国学者脱颖而出。

2019 年 2 月，《科学》和《光子学研究》先后发表了两个独立课题组关于超对称激光阵列的研究论文，可谓领域内的重磅成果。《科学》上的研究来自美国中佛罗里达大学，《光子学研究》上的一文则由宾夕法尼亚大学教授冯亮等人完成。

实际上，冯亮团队的工作从投稿到上线仅用了不到 10 天。

“这项研究把基础物理中的超对称概念与光子学器件——微腔相结合，是一项非常创新的成果。”北京大学物理学院教授、《光子学研究》编委肖云峰告诉《中国科学报》，“为了证明工作的独立性和原创性，首发很重要，这篇文章有足够的理由让我们加快发表速度，但绝不能破例。”杨兰得知稿件投来后，迅速联系了其他编委和审稿人，确保在合规的前提下加速发表。

最终，冯亮等人的研究上线时，与前一篇研究的发表时间相差不过一周。

不冲着影响因子去

杨兰曾注意到，美国科学院院士约翰·鲍尔团队从 2015 年至今曾 6 次在《光子学研究》刊

《光子学研究》：刚满 8 岁的实力派

文。“我们成功吸引了科学家。”在她看来，期刊口碑不单靠好文章，还要打响知名度。

杨蕾告诉《中国科学报》，每逢重大学术会议，期刊编辑部都会抓住机会“摆摊”，将同行一个个“拽过来介绍”。

中国科学院物理研究所研究员魏志义就是这样被“拽着”认识了《光子学研究》，他在一次会议间隙翻了翻期刊，有了不错的印象。之后数年，魏志义课题组与超快激光有关的研究，不少都发在了《光子学研究》上。

魏志义表示，超快激光是很有创新性的研究方向，而对于领域内有特色的期刊，即便影响因子不是最高，他也愿意投稿。“我想很多《光子学研究》的作者也不一定是冲着影响因子去的。”在魏志义看来，不同期刊各有侧重点，他更看重期刊能否维持自身特色。

“影响因子是衡量期刊的一个参考指标，但不是绝对的标准。”杨兰曾和《光子学研究》副主编、清华大学电子工程系教授宁存政讨论过一个现象：在光子学和材料学的交叉领域，一些所谓的成果仅仅来自于一个结构或参数的改变，但受材料科学学科特性影响，更可能变成高被引文章。

“《光子学研究》的来稿量在逐年增加，我们不

可能只要求文章的结果正确。”杨兰坦言，办期刊，高质量的标准一定要坚持住，“它必须是对这个领域重要的新结果，读完文章要有收获，能受启发。”

“声誉很重要，办刊一定是服务这个领域，文章的发表一定要促进同行交流。”肖云峰强调。

成长恰逢其时

周治平办公室里的物件不多，但有个相框一直摆着。卸任主编时，OSA 将《光子学研究》的封面和他的照片装在相框里作为礼物，颇具意义。

在周治平眼中，《光子学研究》也很特别，这本期刊的目的之一，就是发现相关热点、引领研究方向，“让学术氛围越来越好”。而在这种氛围中，研究者的素质能得到锻炼。

在肖云峰看来，氛围正在形成，更多的中国学者愿意在中国期刊上发表论文。“中国的光子学发展得越来越好，我们现在完全可以跟国际同行做很好的对话。”

肖云峰和杨兰的共同研究方向是微腔。利用直径比一根发丝还小的光子学元器件，研究者不仅能一探基础物理概念的究竟，还能赋予其性能卓越的功用——这与《光子学研究》兼顾前沿与

应用的定位不谋而合。

对杨兰而言，不论是微腔这一研究方向，还是《光子学研究》这本期刊，都充满希望。迄今为止，优质光学期刊的发文总量仍不能满足当前好文章的需求，因此“多一个高品质的期刊，对整个领域来说都非常有意义”。

如今，《光子学研究》已经成为杨兰生活的一部分，与此同时，她还在高校任教、是 3 个孩子的母亲。感觉累、压力大时，杨兰会唱一唱歌，将情绪调动起来再去工作。她相信，一个人做事不论有无胜算，“只要值得，我就尽力去做”。

“科学要有生命力，一定要吸引年轻力量进入新的领域。”杨兰表示，待期刊口碑再上一个台阶，就要更好地宣传科学家的工作，吸引更多读者以达教育目的。接下来，她还要和许多人一道努力，保持《光子学研究》的高水准。

期刊简介

Photonics Research 创刊于 2013 年，主办方为中国科学院上海光学精密机械研究所，出版方为中国激光杂志社和美国光学学会。期刊专注于报道光学和光子学的基础和应用研究进展，方向涵盖激光器与激光光学、微纳光子学、硅基光子学、光学材料、量子光学等。2020 年科睿唯安公布的期刊引证报告中，该刊影响因子为 6.099，位于 Q1 区，在 97 种光学期刊中排名第 10。期刊现任主编为美国华盛顿大学教授杨兰，副主编为清华大学教授宁存政。

必须对评审材料保密，没得到许可不能复制。

提升自查、自纠和自净能力

目前，国家有关部门发布了多个关于科研诚信的文件，这是明显进步，然而落实还远远不够。应该用什么指标来衡量我们国家的科研诚信状况呢？

我比较赞成用科技界对科研不端行为的“自律”“自查”“自净”能力来衡量。如果这方面没有明显的进步，我就不认为我们的科研诚信有明显进步。

爱因斯坦说过：“大多数人认为，是才智造就了伟大的科学家，他们错了，是人格！”维护学术诚信是每个知识分子的神圣职责和光荣使命。从根本上看，遏制科研不端行为，还是需要每位科研人员的自律，需要学术共同体的自查、自纠和自净能力。

科研工作要认识到科研诚信的重要性，维护诚信，从自己做起。每位科研人员都要有一条学术底线：科研中千万不能伪造、剽窃、篡改、虚假评审等。

我们每位科研工作者，尽管能力有大小，但做人要做有道德底线的人，做事要为国家、为人民、为世界做有益的事。

(作者系中国科学院院士、清华大学物理系教授)

(上接第 1 版)

科研不端主要指科研活动中的不端行为，学术不端的范围更广一些，包括非科研人员的不端行为(如官员的假学位)，或非科研活动中的不端行为(如学生的考试作弊)。学术诚信范围更广，与社会诚信的关系更紧密，也与社会风气好坏的关系更密切。

总之，我们要大力提倡负责任的科研行为，要旗帜鲜明地反对和打击科研不端行为，切实做到零容忍和一票否决；要从教育入手，批评科研不当行为。

科学研究要遵守的学术规范

对于科研不当行为，我们要加强学术规范教育。但目前，我们一些学者对学术规范似懂非懂，很多研究生、青年学者实际上不懂得学术规范，多数大学也没有为本科生开设有关学术诚信和规范的课程。

在科学研究中，有很多需要遵守的学术规范，包括研究导师和学生的责任、数据保存和数据处理的规范、出版规范、署名规范、申请基金规范、同行评审规范、合作规范、人体实验和动物实验的伦理和规范、财务利益冲突规范，等等。

研究导师和学生应该分别承担什么责任，又有什么权利？

导师不能把学生看成只是完成你布置的任务的劳动力，而是要认识到学生还有自己的需求，学生在导师指导下最后要成为一个独立的研究者。因此导师应时刻关注学生的进步，定期亲自与学生当面交流，应保证学生参与到有助于其职业发展的研究活动，应对其职业发展提供机会和建议。为做到这些，导师应限制自己实验室的学生的数量。

此外，学生对导师和所属研究机构负有责任，应遵守实验室规则、学术诚信、专业精神和合作精神，特别要维护研究机构和研究团体的学术声誉。

实验过程中数据管理和数据保存有什么规范？做实验(包括做计算和理论推导)时，必须有原始实验数据记录本，在上面记录自己实验的各种细节。应当保存原始实验记录至少 3 年，一些大学规定保存 7 年，也有要求保存 10 年的；如果不是频繁迁徙，最好一辈子保存自己的原始记录。

关键是绝对不要试图篡改或修改原始数据。一个有用的数据记录本应该记录×年×月×日×点，你做了什么工作、为什么要做、怎样做的、在什么地方做的、材料来自哪里、其间发生了什么或者没发生什么；相应地，你的解释是什么、

做过类似工作的前人的解释是什么、你下一步的工作，等等。

这些对厘清自己下一步工作的思路也有帮助。保存的数据应记录清楚，一旦他人有疑问，可以随时公开。好的数据记录本还应表述清晰、完整、准确等，这样别人能比较容易地重复你的工作。

出版的规范，一是在科学期刊发表论文，应该遵循新的研究成果首次公开的机制，一是研究结果没有经过同行匿名评审并得到正面肯定以前，不应通过新闻发布会或媒体公开。

向新闻媒体和公众公开研究成果，是一把双刃剑——一方面可以扩大成果的影响力；但是另一方面，在同行匿名评审并得到正面肯定以前召开新闻发布会，一旦有错，将对科学家的科研声誉造成很坏的影响。另外还有一点要注意，把一个可写成一篇文章的完整成果拆开，分成几篇文章发表，这也是科研不当行为。

署名要遵守什么规范？署名是确定研究人员贡献的主要方式之一，但是除了荣誉和潜在利益，还表明要承担责任。不要有好处时就来争，出了问题后就推托说不知道。

另外，署名作者应该是在研究的构思、设计、

实施和结果、解释等方面作出过实质性贡献，并愿意承担责任的 researcher，其他有贡献的人应在致谢部分。所有作者署名前要开诚布公，自由讨论。通讯作者或责任作者，应该负责保证所有作者都全面检查投稿文章，并同意最终的结论。

合作也要遵循规范。合作是好事，但是所有参与合作的单位和个人应当在合作开始前就合作的基本规则进行讨论，并尽可能使合作正式化，而不仅仅停留在口头约定，以免将来在研究责任和奖励上出现争议。合作的原则是沟通、沟通、再沟通。否则产生误会，将耽误合作进程。

同行评议包括审稿、评审基金、评审实验方案、评奖等，是科学研究活动的一个重要组成部分。

作为研究人员，评审是义务。很多研究者在科技期刊发表论文，而不愿意审稿，因为无名无利，又需要花很多时间，但是审稿是作为科研人员的一种义务。

评审必须尽可能客观、公正。如果评审人与被评人有直接竞争、合作或其他亲密关系，应主动要求回避。如果不清楚是否要回避，就得事先问清楚。评审人不允许从评审中谋求任何利益，