

# 古病理学让科学家从化石骨骼留下的蛛丝马迹中追溯古代生物的疾病伤痛 遗存亿万年的病痛，透露远古真实生态

## 编者按

作为“侏罗纪”系列的收尾作品，《侏罗纪世界3》最近又在世界各地掀起了一阵“恐龙热潮”。在该系列电影中，有一位专门为恐龙治病的古兽医齐亚·罗德里格兹，她用精湛的医术挽救了主角伶盗龙“小蓝”的生命。

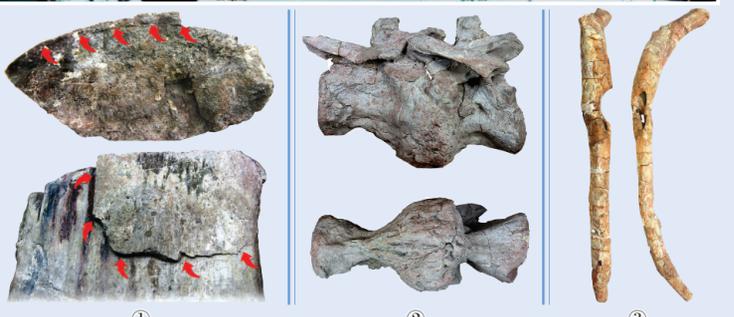
电影为我们构建起了一个人与古生物共存的世界，使很多古生物在受伤后能够得到良好的救治。而在原始生态中，古生物受伤生病的确是普遍现象，却未必有幸得到救治。这些病痛在化石中留下了很多线索，科学家从中解读出了大量信息，并建立了一个学科——古病理学。

古病理学不仅发现了很多古生物患病的信息，展示出古生物的体质状态，还挖掘出不少动物的行为学信息。这些信息可以帮助研究者更加准确地还原该动物群的能量流动方向，从而增加人们对远古生态的认识。



电影《侏罗纪世界3》剧照。

- ① 中国盗龙肩胛骨的断面可见骨痂边缘与其下方的骨皮质分界清楚，红色箭头指出其界限。
- ② 禄丰龙两个明显融合的病变椎体。
- ③ 禄丰龙病变肋骨。



均邢立达摄

后愈合的典型表现。肩胛骨骨折暗示了这只中华盗龙遭遇过不寻常的袭击。现代医学认为，这种骨折一般是由重大钝性外伤造成，中华盗龙很可能遭受了类似伤害。

与中华盗龙同时代的对手中，最有可能对它造成这种伤害的，就是各种蜥脚类恐龙，如马门溪龙类。马门溪龙体长可达20余米，其最大的特点是脖子长，而且尾巴末端有冠状的尾锤。

科学家制作了和平中华盗龙和马门溪龙的三维重建模型进行对比，发现和平中华盗龙的前部躯体恰好处于马门溪龙尾锤的打击范围之内。在对马门溪龙的尾锤进行了物理有限元分析研究后，科学家发现，其尾锤左右摆动更有效。结合和平中华盗龙肩胛骨骨折的位置，这条不幸的恐龙应该是在垂直于骨皮质方向遭到了暴力撞击，这也符合马门溪龙尾锤的打击特点。

骨痂和血痂一样，是让断开的骨骼快速拼合的骨组织。从这条中华盗龙的骨折愈合情况来看，由于其骨折发生在非承重骨，就不能像一些承重骨那样，因为有固定方向的受力而带来矫正效果（现代医学往往使用石膏或夹板来对骨折部位进行矫正）。而且，肩胛骨上附着的肌肉众多，经常被使用、牵拉，且受力方向复杂，所以原始骨痂在形成后，缺乏稳定、持续和强大的应力诱导，才会形成巨大的骨痂，表现出如此明显的隆起。

科学家还发现，爬行动物在骨骼愈合时趋向于形成大的骨痂，这使它们可快速恢复行动能力，但骨骼完全愈合时间会延长，而鸟类和哺乳类却正好相反。这与不同物种的生活方式息息相关，但它们都在最大程度上保障了生物个体生命的延续。

## 脊椎融合透露病变 基因致病已有亿年

自发性病变或全身性病变可能与年龄、遗传易感性和内分泌失调等因素有关，发病机制复杂。这类疾病的主要特征和识别方式是在标本中未见其他外伤，但某些全身性疾病也会引发骨骼形态或骨组织的

变化，如坏血病导致骨质疏松。许氏禄丰龙和孙氏彝州龙都是来自云南省早侏罗世的蜥脚类恐龙。古生物学家发现，有不少禄丰龙化石的第7、8节颈椎融合，而彝州龙的第4、5节尾椎融合。

一般来说，颈椎关节病、弥漫性特发性骨肥厚（DISH，又称强直性骨质增生症）、骨折愈合和骨感染，都有可能造成关节的骨化愈合。但是，骨折一般会出现骨变形和骨痂，感染则会引起骨密度的变化。这些特征在这两具化石标本中都没有被发现。而弥漫性特发性骨肥厚的骨化部位与颈椎关节病不同，颈椎关节病一般是三节以上的椎骨融合在一起，出现波浪状的增生，所以科学家把它们诊断为弥漫性特发性骨肥厚症。

人体医学研究认为，该类疾病的致病因素主要有年龄、遗传易感性，以及内分泌失调，是一种自发性疾病。这种疾病会限制生物个体脊椎的移动范围，从而影响个体的生活，但是该病病感不明显，综合来看，这种疾病对生物个体的影响不是特别大。

## 用牙过度齿窝封闭 “不良习惯”拖累恐龙

习惯性行为导致的病变或退行性病变通常是由于重复、高强度地使用而造成对骨骼的磨损，或因衰老导致的骨骼退行性改变。

云南禄丰的三叠中国龙是云南早侏罗世比较少见的食肉动物，体长5-6米。肉食恐龙凶猛狂暴，它们在捕食过程中因用力撕咬而崩掉牙齿，可谓家常便饭。好在恐龙的牙齿是终身替换的，崩掉或磨损的牙齿都会被新牙替换。所以，在化石中，肉食恐龙的齿窝上经常会留有残缺的牙齿，或因牙齿脱落而形成的空洞。

古生物学家曾经发现有一条三叠中国龙的右上颌骨的第6齿窝完全封闭，而且其表面非常光滑，这种现象非常罕见。为了了解齿窝封闭的原因，科学家对其上颌骨进行了X光扫描。结果显示，与其他齿

窝里有矿物增生的情况不同，第6齿窝几乎是实心的，被继发性骨组织填充了。

一般来说，牙齿缺失与齿窝重塑在现生的哺乳动物比较常见。比如，环尾狐猴喜欢用某颗特定的臼齿来咬坚硬的果实，而造成这颗臼齿的齿窝封闭。因此，古生物学家推断，这条中国龙可能也有类似习惯，或者因意外咬到硬物而受伤——好在只有一个齿窝被封闭了，只失去一颗牙齿的它还是可以“大杀四方”。

## 继发感染与骨髓炎 受伤恐龙饱受折磨

复杂病变是指综合两种、两种以上，或同种病变多次发生的病变。较常见的情况是，古生物在受到外伤后，又继发伤口感染。

科学家曾在一具云南许氏禄丰龙化石的肋骨上发现了一个很大的穿孔，孔呈长圆形，长约5.4厘米，宽约2厘米。一般情况下，这种穿孔多是被肉食性恐龙用锋利的爪子抓伤，或者用牙齿咬伤的。从化石上看，孔的边缘比较圆滑，孔周围骨皮已经经历了重建，证明伤口已完成愈合。但科学家发现，伤口重建后的骨皮显得很不规则且有明显增厚——这个现象并不正常。

于是，科学家又对这条禄丰龙的肋骨进行了CT扫描。结果显示，肋骨周围存在反应性骨和死骨，这意味着病变已经“深入骨髓”。通过与现生脊椎动物的骨骼疾病进行对比，科学家们认为，造成病变的原因是细菌感染并引发了骨髓炎。

伤口感染发展到这种程度需要较长的时间，这意味着这条禄丰龙在受伤后又存活了相当长一段时间，它忍受着越来越严重的痛苦。通过现生鸟类或爬行动物的患病情况，我们可以大致推断出这条禄丰龙当时可能出现的一系列症状和行为变化，如体温升高、免疫力减弱、呕吐、乏力、活动范围减小等。不知道它后来是否死于这次伤口感染，但毫无疑问，这给它的生存造成了很大影响。

【作者系中国地质大学(北京)博士生】

## 如果恐龙时代有医院

### 呼吸科 一次感冒也会致命

来自美国蒙大拿州的科学家在一件晚侏罗世梁龙标本的第5、6、7节颈椎上发现了结核状的骨质增生凸起。为了找到病变原因，科学家对化石进行了CT扫描。结果显示，不仅在增生部分，甚至在颈椎内部也有许多不规则空洞。

恐龙与鸟有着千丝万缕的联系，所以两者的呼吸方式也很类似。由于鸟类的颈椎下会连接气囊组织，因此科学家推测，在这三节颈椎下方很可能也连接着气

囊。而气囊会和肺部相连，成为呼吸系统的一部分。气囊组织是比较容易受感染的，类似曲霉病的真菌感染会累及至相邻的骨骼。此类型，科学家对化石进行了CT扫描。结果显示，不仅在增生部分，甚至在颈椎内部也有许多不规则空洞，所以科学家认为，这件标本是恐龙呼吸道感染的重要证据。

在没有抗生素的时代，呼吸道感染是致命疾病。现生鸟类患曲霉呼吸道感染的致死率也很高。这件标本属于一条幼年梁龙，它很有可能因此而死。

### 骨科 砸伤肋骨后顽强生存

加拿大是一个盛产恐龙化石的国家，尤其在阿尔伯塔省有一片上白垩统(代表白垩纪晚期)化石层，被称为恐龙公园组。该化石层出产过以鸭嘴龙类为主的恐龙生物群。其中，最早被挖掘并研究的是沃克氏副栉龙。近些年，科学家对该标本进行了古病理学研究，发现它的一生竟被病痛所缠绕。

科学家在这条副栉龙身上发现了至少四处病变，而且都是创伤性病变或创伤的继发性病变。最明显的病变在其背部，背椎的第6、7节神经棘出现了对向的倒伏，此外还有肋骨骨折、上颌骨损伤，以及在肠骨上与耻骨连接的地方出现过度生长。

科学家对于致病原因提出了三种假设。其一，所有病变由同一事件引起。背椎神经棘的对向倒伏只

可能是由大重量物体，比如树或岩石击砸导致的。而与椎体相邻的肋骨骨折也是来自大重量物体。肠骨过度生长同样源自击砸，损伤部位在愈合过程中出现过度生长。上颌骨的损伤发生在躲避重物时与同伴的撞击。这是比较理想的情况。

其二，背椎、肋骨和上颌骨的致病原因不变。科学家在肠骨其他位置上没有发现更多的损伤证据，所以猜测肠骨的过度生长是由于撞击和冲击后，副栉龙为了稳定运动姿态，韧带过度牵拉肠骨导致的。

其三，上颌骨也有可能因为食用硬质食物出现骨骼损伤。无论致病原因是哪一种，所有的创伤病变都已经完成愈合，说明副栉龙在“遭遇不测”之后还坚强地生活了一段时间。

### 老年科 软骨不长骨刺生

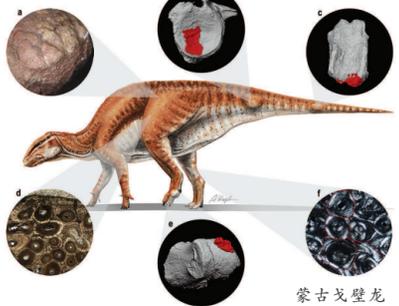
人类疾病中有相当一部分属于“老年病”，其病变也会在骨骼上反映出来。科学家在一只蒙古戈壁龙(鸭嘴龙类)身上发现了两种类似的进行性病变。

这只戈壁龙的一处病变是股骨头的跨皮质血管通道关闭。跨皮质血管通道是一种供给血液的通道，专门负责纵向生长的软骨提供血液支持，当个体骨骺遭受一些磨损后，软骨就会重新生长。年老后，跨皮质血管通道就会关闭，骨骼全部完成愈合，即使磨损也无法再生。

另一处病变是在戈壁龙第1趾骨的4节和椎骨上有不同形状的骨质增生，在人类医学中俗称“骨刺”。骨刺绝大部分是在人体关节处或骨骼连接处缓慢出现的一种退化现象——机

体老化后，为了补偿骨骼的退化而形成骨刺。大多数的骨刺不会引起疼痛或更多症状，只有在骨刺压迫周围神经、肌腱或其他结构时，会引起一定的疼痛或运动障碍。这只蒙古龙的骨刺位置并没有给它带来疼痛。

这两种病变并没有在戈壁龙身上引发严重的症状，但可以辅助科学家预测生物个体的生长发育阶段，同时也揭示了鸭嘴龙类恐龙年老个体的体质可能与人类相似。



蒙古戈壁龙

### 肿瘤科 兽医无门带癌生存

肿瘤是严重影响生物健康的病变，恶性肿瘤甚至会威胁生命。良性肿瘤虽不会危及生命，但会影响生活质量，口腔颌面部肿瘤还会严重影响外观。科学家在一只甘肃临夏填地的副美洲洲的后牙部位发现了增生和膨大：左侧的增生导致牙齿脱落，齿窝被部分填充；右侧的增生同样导致牙齿脱落，齿窝被全部填充，增生膨出至面颌外部。

科学家对病变区域进行了显微CT扫描，结果显示，膨大区域与正常骨组织区分明显，内部骨组织呈沙漏状且被亮色光带包裹。经过与其他体积变化形成的病变对比发现，显微CT结果与人类的青少年牙瘤状骨纤维瘤一致。

青少年牙瘤状骨纤维瘤一般发生在青少年且痛感不明显，但牙齿的缺失和膨大会影响副美洲洲的咬合。牙齿正常咬合可以让食物充分被研磨，帮助消化。根据化石尺寸，科学家判断这只副美洲洲属于成年个体，说明病变没有影响它生长发育和捕食。

据此分析，这只副美洲洲的食物来源比较软且容易消化。最早命名副美洲洲的科学家推测这类生物是吃鱼的，这与病理标本得出的分析结果“不谋而合”。



副美洲洲复原原图 刘梓辰绘

## 延伸阅读

### 高科技探查远古疾病

现代医学的检测分析方法，来发现一些更微观的变化，从而诊断出这些远古动物生前所患的是何种感染或炎症。

此外，还有少数科学家会使用骨组织切片方法对病变骨骼化石进行分析。这种方法可以最直观地反映骨骼状态，包括一些已经痊愈的创伤，也能从骨组织切

片中发现诸如骨折之类的伤病证据。但该方法会对化石造成一定程度的破坏，不属于常规的研究方法。

随着大数据时代的到来，古人类病理学与很多大数据交叉，诞生了一些新的研究项目。例如“全球健康史项目”研究了一万年来人类的病理模式与自然环

境。在古脊椎动物领域，也有不少持续时间较长的动物类群，如何利用大数据的手段研究某一类群中的病理模式和自然环境、行为习惯变化，甚至动物的社会性联系将是古病理学深入研究的重点。

未来，随着携带古病理学信息的化石增多、现代医学的发展，以及研究手段的丰富，古生物学家将不断推进古病理学的研究进程，为人们提供更多、更准确的病变信息和生物行为学信息，还原真实的古生态。



左起：受伤的禄丰龙场景复原图(张宗达绘)、副栉龙受伤过程复原图、副栉龙模式标本、梁龙感冒。