

“半月形腕骨”同源问题研究取得新进展

2014 年 8 月 13 日, *Scientific Reports* 在线发表了中国科学院古脊椎动物与古人类研究所徐星、韩凤禄和赵祺合作的“Homologies and homeotic transformation of the theropod ‘semilunate’ carpal”研究论文. 该文提出了有关“半月形腕骨”新的同源假说, 并指出“半月形腕骨”的演化能够用异位同型的发育机制来进行解释.

1969 年, 美国古生物学家约翰·奥斯特罗姆(John Ostrom)首次在属于兽脚类恐龙的恐爪龙(*Deinonychus*)中描述了一种特殊形态的腕骨, 此腕骨具有滑车状结构, 称之为半月形腕骨(“semilunate” carpal). 由于在最早鸟类始祖鸟(*Archaeopteryx*)中也发现了与之非常近似的结构, 所以奥斯特罗姆认为半月形腕骨为鸟类恐龙起源假说提供了重要证据. 在之后的研究中, 半月形腕骨在越来越多进步的兽脚类恐龙中被发现, 成为连接恐龙和鸟类之间的一个重要结构.

在原始的兽脚类恐龙腔骨龙(*Coelophysis*)当中, 一个由远端第一和第二腕骨愈合而成的腕骨和进步兽脚类恐龙半月形腕骨具有相同位置. 因此, 一般认为, 进步兽脚类恐龙的半月形腕骨是由第一和第二远端腕骨愈合形成的. 但是这一同源假说却与现生鸟类的发育信息存在冲突. 现生鸟类胚胎发育研究显示, 鸟类腕掌骨近端滑车关节面(对应于兽脚类恐龙和始祖鸟当中的半月形腕骨)是由第三和第四远端腕骨形成的, 显然不同于兽脚类恐龙当中的情况, 这成为某些学者反对鸟类恐龙起源假说的一个证据.

在鸟类中, 腕掌骨近端滑车关节面是一个重要的结构, 在鸟类翅膀的折叠以及拍打方面都起着非常重要的作用. 对于这一结构演化历史的研究有助于人们理解翅膀形成的过程, 并解决化石资料和现生生物发育学资料之间存在的矛盾.

为此, 徐星等研究了代表 6 个不同演化阶段的兽脚类恐龙化石中保存的腕部结构, 包括原始僵尾龙类宣汉龙(*Xuanhanosaurus*)、原始暴龙类冠龙(*Guanlong*)、原始阿尔瓦兹龙类简手龙(*Haplocheirus*)、原始镰刀龙类阿拉善龙(*Alxasaurus*)、驰龙类临河盗龙(*Linheraptor*)以及原始伤齿龙类中国猎龙(*Sinovenator*)和寐龙(*Mei long*), 并和早期鸟类与现生鸟类的腕部进行了细致对比. 在此基础上, 提取了包含 46 个性状状态的 18 个性状, 分析了它们在 31 个代表兽脚类恐龙主要演化阶段的物种中的分布情况, 并采用 Mesquite 软件对“半月形腕骨”形态进行了定量分析.

徐星等发现, “半月形腕骨”在不同演化阶段是由不同

腕骨组成的(图 1): “半月形腕骨”最初主要由第二远端腕骨组成; 在演化过程中, 逐步变为由第二和第三远端腕骨组成; 至进步的兽脚类恐龙, 第四远端腕骨与第二、第三远端腕骨愈合形成单一的半月形腕骨; 最终在进步鸟类当中, “半月形腕骨”则由第三和第四远端腕骨愈合形成. 这样, “半月形腕骨”位置由腕部内侧逐渐转移至腕部外侧, 并最终形成其典型形态. 作者认为, “半月形腕骨”位置的转化与鸟类翅膀演化密切相关, 是兽脚类恐龙手部折叠功能演化的结果.

作者认为, 这样的一种特殊形态在演化过程中发生位置转移的情况可能是由于控制这一结构的基因表达位置发生了变化, 即发育过程中的异位同型现象. 有关鸟类翼指的发育代表发育生物学的一个热点研究方向, 美、日等国的发育生物学家在包括 *Nature* 和 *Science* 等杂志上发表了一系列论文讨论鸟类翼指的发育, 其中包括翼指发育的异位同型现象: 即本应表达在内侧手指的基因转移了表达位置, 出现在外侧. 徐星等提出, 异位同型的发育机制很可能在“半月形腕骨”演化过程中也发挥了作用, 和鸟类翼指是相关的, 未来也许能够发现相关的基因表达方面的证据, 支持“半月形腕骨”演化受异位同型发育机制影响. 近年来徐星研究团队在对恐龙手部和羽毛演化研究方面, 采用整合生物学手段展开工作; 此次研究是他们用整合方法对重要结构进行研究的又一新成果.

该研究得到国家自然科学基金(41120124002)和国家重点基础研究发展计划(2012CB821900)资助.

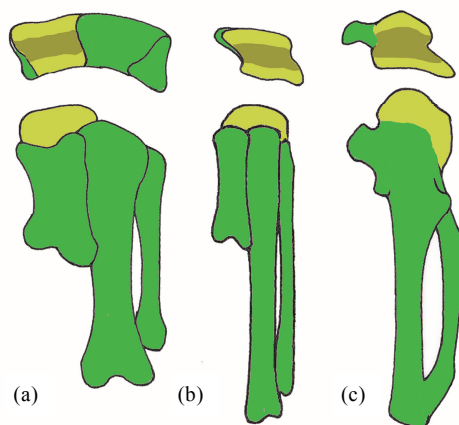


图 1 (网络版彩色) “半月形腕骨”演化的三个重要阶段
(a) 原始虚骨龙类; (b) 原始近鸟类; (c) 现生鸟类

(本刊编辑 张莉)