

辽西建昌早白垩世九佛堂组矢部龙新材料研究

周长付,王超凡,常美静

(山东科技大学 地球科学与工程学院,山东 青岛 266590)

摘要:矢部龙(*Yabeinosaurus*)是早白垩世热河生物群中发现的第一个蜥蜴类群。近年来发现了数量丰富的矢部龙化石,使得深入了解该属头骨形态的种内、种间分异成为可能。本研究借助 CT 扫描和三维重建技术,描述了一件近完整的大型成体矢部龙骨架化石。该标本展示了一些新的形态学信息,比如,三角形的下颌隅骨突、外上髁孔、尾自切和再生现象等。其中,三角形的下颌隅骨突不同于两个已知种的鉴定特征:强壮矢部龙发育钩状的隅骨突;而双尖矢部龙的隅骨突为指状。这一发现表明矢部龙的隅骨突具有复杂的形态变化,而以此建立的种级分类单元的有效性仍待检验。

关键词:辽西;热河生物群;早白垩世;九佛堂组;矢部龙;CT 扫描

中图分类号:P641.1

文献标志码:A

New material of *Yabeinosaurus* from the Early Cretaceous Jiufotang Formation of Jianchang, Western Liaoning, China

ZHOU Changfu, WANG Chaofan, CHANG Meijing

(College of Earth Sciences and Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266590, China)

Abstract: *Yabeinosaurus* is the first fossil lizard discovered in the Early Cretaceous Jehol Biota. The ample fossils discovered recently make it possible to understand the interspecies or intraspecies variation in cranial morphology of *Yabeinosaurus*. This paper describes substantially complete and large mature skeleton of *Yabeinosaurus* by using CT scan and 3D reconstruction. The fossil exhibits some new anatomical information such as the triangular mandibular angular process, the ectepicondylar foramen, and caudal autotomy and regeneration. It has been found that the triangular angular process is distinct from the hook-like condition in *Y. robustus*, and finger-like condition in *Y. bicuspidens*. This discovery indicates that *Yabeinosaurus* has a complexity of the angular process, and thus the validity of the two species require further analysis.

Key words: Western Liaoning; Jehol Biota; Early Cretaceous; Jiufotang Formation; *Yabeinosaurus*; CT scan

热河生物群产出数量丰富的蜥蜴类化石,以矢部龙(*Yabeinosaurus*)和大凌河蜥(*Dalinghosaurus*)等最具代表^[1-5]。其中,矢部龙的化石发现和研究历史最为悠久,早在第二次世界大战期间就被研究命名,是我国热河生物群中发现的第一个蜥蜴类群^[6]。近二十多年来,随着热河生物群的研究深入,更多矢部龙化石的发现,使得我们对该类群有了更为全面的认识:矢部龙属于大体型的蜥蜴类群,最大吻臀距(即头骨吻端至最后一节荐椎后缘的距离)超过 300 mm,具有卵胎生现象,可以捕食鱼类和虾类等水生动物^[4,7-11]。目前,在热河生物群中,矢部龙属包括两个种:强壮矢部龙(*Y. robustus*)和双尖矢部龙(*Y. bicuspidens*)^[12]。模式种细小矢部龙(*Y. tenuis*)由于正型标本遗失,鉴定特征多为幼年特征不具分类意义等原因,而被列为疑难名称(nomen-

收稿日期:2020-07-10

基金项目:山东省自然科学基金项目(ZR2017MD031)

作者简介:周长付(1979—),男,山东枣庄人,山东省泰山学者青年专家,教授,博士生导师,主要从事中生代四足动物分类与演化研究。E-mail:zhoucf528@sdust.edu.cn

dubium);其所属标本也重新被归入强壮矢部龙或双尖矢部龙,或以未定种处理(具体请见 Dong 等^[12])。强壮矢部龙和双尖矢部龙的种级差异在于:前者的牙齿为单尖型,下颌隅骨突为钩状,即隅骨突与下颌其余部分夹角小于 90° ;后者的上颌后部牙齿呈双尖型,下颌隅骨突呈指状,与下颌其余部分夹角为 90° ^[12]。双尖矢部龙化石稀少,仅有一件模式标本,产自义县地区的义县组。强壮矢部龙的化石丰富,分布广,在辽西地区的义县组和九佛堂组中都有发现^[12]。

本研究描述了一件矢部龙新材料,产自辽西建昌喇嘛洞肖台子附近的九佛堂组。该地区也曾报道过矢部龙化石,皆被归入强壮矢部龙^[12]。新标本为一件近完整的关联骨架,吻臀距为 240 mm,为该地区发现的体型最大的矢部龙化石。借助 CT 扫描和三维重建技术,将其头骨形态特征进行了全面解析,发现了一些之前未曾报道的形态信息,比如,三角形的下颌隅骨突、外上髁孔、尾自切和再生现象等。本研究不仅丰富了矢部龙的形态学信息,也为该类群研究提供了新的思路,即 CT 扫描和三维重建技术的使用可以进一步助力矢部龙的骨骼学和分类学研究。

1 材料与方法

1.1 标本材料

化石标本(SDUST-V1001)为一件近完整的关联骨架,呈压型保存,并以背侧面暴露(图 1)。头部骨块略有散开,但是头后骨骼的关联程度较好。标本的吻臀距为 240 mm,明显大于保存有卵胎生现象的标本(IVPP V18005;吻臀距约 192 mm)^[8],说明该个体已达到性成熟。不过,肢骨中的骨骺与骨干之间的骨缝仍可见,说明该个体附肢骨骼仍处于生长期^[4]。

标本产自研究区九佛堂组,距今约 120 百万年前^[13-14]。该地区已报道有 5 件矢部龙化石(IVPP V16361、IVPP V16362、IVPP V18005、YLSNHM00798 和 YLSNHM01202)^[8-11],是九佛堂组产出矢部龙化石最多的一个产地。这些标本之前皆被归入强壮矢部龙^[12],具体见讨论部分。

1.2 技术方法

化石修雕和图片处理:在双目实体显微镜下,使用碳钢针进行手工修雕,移除围岩,使得化石形态充分暴露。在化石研究过程中,采用数码相机进行化石标本的照相,借助 Photoshop 软件进行照片处理、排版和线条图绘制等工作。

CT 扫描和三维图像重建:在中国地质大学(北京)CT 扫描实验室中,对标本头骨进行了 CT 扫描和三维重建工作;扫描仪型号为 Nikon XT H225 ST,扫描电压 151 kV,电流 85 μ A,共生成 3 142 张二维切面图,每张厚度 40 μ m;三维图像重建软件为 VGStudio MAX3.0 (Heidelberg, Germany)。

机构名称简写:IVPP=中国科学院古脊椎动物与古人类研究所;SDUST=山东科技大学;YLSNHM=英良石材自然历史博物馆。



图 1 矢部龙新材料(SDUST-V1001)化石照片

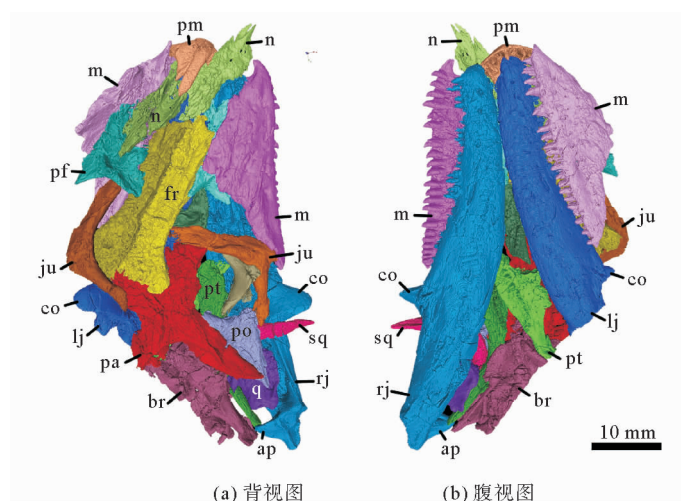
Fig. 1 Photograph of the new material(SDUST-V1001) of Yabeinosaurus

2 描述与比较

标本(SDUST-V1001)为一具大的矢部龙骨架,吻臀距为 240 mm。同层位的其他 5 件矢部龙化石(IVPP V16361、IVPP V16362、IVPP V18005、YLSNHM00798 和 YLSNHM01202)的体长变化较大,吻臀距为 135~225 mm^[8-11]。其中,IVPP V18005 的吻臀距约为 192 mm,因保存有卵胎生现象,代表了性成熟阶段的个体^[8]。与之相比,SDUST-V1001 也应达到了性成熟阶段。不过,肢骨上的骨骺线仍可见,暗示其仍未达到完全成体。

2.1 头骨

头骨略有散开,下颌骨关联程度高,长约 63 mm(图 2)。但这一长度仍小于强壮矢部龙的最大个体(约 79 mm,IVPP V13285)^[4,10]。



ap—mandibular angular process 下颌隅骨突;br—braincase 脑颅;co—coronoid process 冠状突;fr—frontal 额骨;ju—jugal 颧骨;
lj—left lower jaw 左下颌骨;m—maxilla 上颌骨;n—nasal 鼻骨;pa—parietal 顶骨;pf—prefrontal 前额骨;pm—premaxilla 前颌骨;
po—postorbitofrontal complex 后眶骨和后额骨复合体;pt—pterygoid 翼骨;q—quadrate 方骨;rj—right lower jaw 右下颌骨;sq—squamosal 鳞骨

图 2 SDUST-V1001 的头骨三维重建图

Fig. 2 Three-dimensional construction of the skull of SDUST-V1001

前颌骨为单一骨块,位于吻端中部。前颌骨的鼻骨突细长,与 IVPP V16361 和 V16362 相似^[9];但不同于强壮矢部龙的最大个体(IVPP V13285),其鼻骨突相对较宽,仍具中线骨缝痕迹^[4]。前颌骨齿列发育,可见 7 颗牙齿和 2 个空齿位;牙齿为侧生齿,齿尖为单尖,稍向内弯。这些特征与已知的矢部龙标本相似^[4,9,12]。上颌骨近三角形;口缘较平直;前部发育一短小的前颌骨突,略向内弯曲;后部的颧骨突较短;背部的面突宽大,与鼻骨、额骨和前额骨连接。上颌骨的外表面平滑,但背侧较粗糙,发育一定的雕饰,但程度不及鼻骨、额骨和顶骨。上颌齿列清晰,右侧可见 21 颗牙齿,以及至少 3 个空齿位;左侧保存较差,牙齿数目略少于右侧。上颌齿呈单尖锥状;前部牙齿的齿尖尖锐,并向内侧微弯;中部牙齿粗壮,明显大于两侧牙齿;后部牙齿明显缩小,齿尖较钝。齿尖类型与强壮矢部龙相似,但不同于双尖矢部龙;后者的上颌后部牙齿呈微弱的双尖型^[12]。前额骨与泪骨的缝合线难以观察,位于眼眶的前背方,呈四射状。颧骨呈 L 形,发育一个长的眼眶支和一个相对短的眶后支;二者之间的夹角近直角。

鼻骨呈长条形,两侧边近平行,表面粗糙有雕饰。鼻骨沿中线发育一短的前突;前突的内侧略凹,发育关节面,用以连接前颌骨的鼻骨突;前突的外缘呈弧形,参与构成外鼻孔。后部,鼻骨发育一后外侧突,可能嵌在额骨内;故而鼻骨与额骨的骨缝呈 M 形。左右额骨轻微错动,可见较直的中线骨缝,区别于额骨愈合的大凌河蜥。额骨窄长,内外边缘近平行,仅在后部靠近顶骨连接处向外侧扩展变宽。额骨表面雕饰发育强烈。

后眶骨和后额骨可能愈合成一体。顶骨宽大,表面雕饰发育强烈。后顶骨突向后外侧延伸,呈宽V形,与同层位的其他矢部龙(IVPP V16361和V16362, YLSNHM00798, YLSNHM01202)相似。相比强壮矢部龙(IVPP V13285)的后顶骨突强烈后向延伸^[4],但可能是埋藏挤压变型的缘故^[9]。

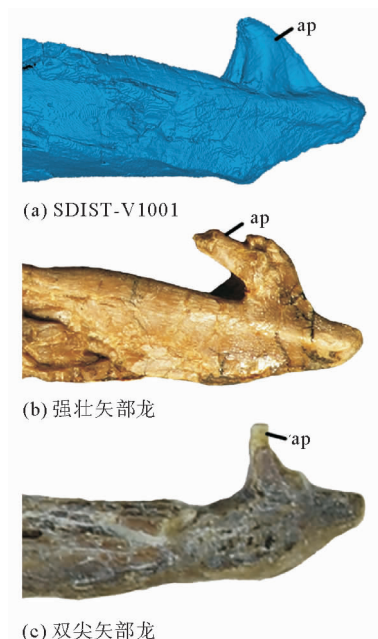
左右下颌骨相互分离,以侧面观暴露为主(图2(b))。右下颌骨完整,全长63 mm。下颌骨的前端窄,向后逐渐变宽,并在冠状突的位置达到最大值。冠状突光滑,呈舌状。齿骨齿列长度与上颌齿列相当,但牙齿数目不能确定。下颌后部的内侧发育一个明显的三角形的隅骨突(图3(a))。与之相比,在强壮矢部龙中,隅骨突的末端拉长,且向前弯曲呈钩状;在双尖矢部龙中,隅骨突的末端突出,呈指状(图3(b)、3(c))^[4,12]。

2.2 头后骨骼

脊柱完整,关联程度较高,共包括26节荐前椎、2节荐椎和28节尾椎。在荐前椎中,颈椎和背椎的具体数目不能确定。在之前的研究中,矢部龙的荐前椎由7节颈椎和19节背椎或8节颈椎和18节背椎组成^[4]。寰椎暴露较差,不及枢椎。枢椎明显大于其他颈椎,发育一大的板状神经棘。后部颈椎呈背面观暴露,发育短宽的颈肋。背肋明显加长,呈弧形,最长可达50 mm。背椎的神经棘明显,向后倾斜;背缘呈弧形,前部窄,后部侧向略加宽。荐椎呈背面观暴露,形态相似,但第1荐椎稍大于第2荐椎。荐椎横突发育强烈,远端呈前后向扩展;两节荐椎的横突相连接。荐椎神经棘高,且向后倾斜。

尾部包括28节尾椎和一段矿化的再生尾,总长度为310 mm。尾椎椎体为前凹型。前5节尾椎的形态与荐椎较相似。其中,第1节尾椎的横突最为发育,并在背面发育一横向沟槽,同IVPP V13284^[4]。这一结构未见于荐椎和其他尾椎。之后,尾椎横突明显收缩变小,并一直延续至第27节尾椎上。这一情况不同于前人研究^[9]:横突缺失在第6节及之后的尾椎上。尾椎的神经棘呈窄板状,明显向后倾斜,末端明显超出后关节突。自第6节尾椎开始,尾自切结构发育。尾自切结构位于椎骨中部,并延伸至横突。自切结构的发育明显减弱了椎骨稳定性,致使后部的一些尾椎已沿着自切面断开保存。第28节尾椎的前部保存正常的形态结构,骨面光滑;但后部骨面粗糙,没有明显分节,一直延伸至尾巴末端,长约40 mm,可能为矿化的再生尾。再生尾通常为软骨棒状,没有结构分化,在化石中也有矿化保存现象,比如在燕辽生物群中发现的红山蜥,其再生尾更长,约占尾部总长的一半^[15]。

前肢暴露较好,但掌骨和指骨的关联程度较差(图4(a))。肱骨强壮,呈哑铃形,两端强烈扩展,骨干收缩。肱骨长约32 mm,为股骨长度的80%。远端,肱骨发育外上髁孔,并可见骨骺线。外上髁孔为矢部龙的首次报道。之前,在一些保存较好的化石(IVPP V15840、V16362、V16361)中的肱骨上未见外上髁孔^[9,12]。尺骨长约25 mm,为肱骨的78%。近端发育明显的鹰嘴突,并在鹰嘴突的基部可见骨骺线。尺骨远端膨大,形成关节髁,但程度不及近端。尺骨远端的骨骺线不明显。桡骨比尺骨短,也较尺骨纤细。桡骨近端稍有膨大,并发育一凹的关节面;桡骨远端明显扩展,形成两个关节髁。腕骨完全骨化,在两侧都有暴露,但未原位保存,各骨块位置凌乱且相互叠覆,限制了进一步观察。指式不能完全确定,但依据IVPP V13284和V13285中的发现,应为2-3-4-5-3^[4]。指节呈短棒状,骨化完全;远端指节与其近端指节长度相当。指爪短粗,腹缘较平缓。



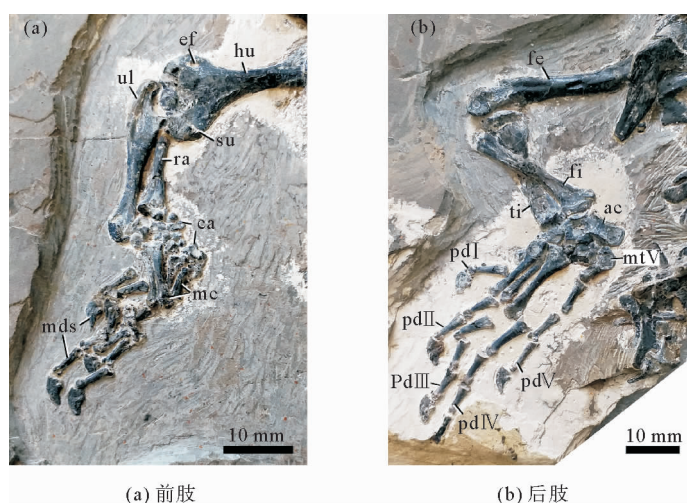
ap—mandibular angular process 下颌隅骨突,大小非比例

图3 SDUST-V1001、强壮矢部龙和双尖矢部龙下颌隅骨突的对比图(图(b)和(c)自Dong等2017)^[12]

Fig. 3 Comparison of SDUST-V1001, *Y. robustus* and *Y. bicuspidens* in mandibular angular process

腰带呈原位保存, 右侧以背内面观暴露。腰带的骨块连接紧密, 但未愈合成一体。髂骨向后延伸, 并收缩呈锥状; 内侧发育纵向的浅沟, 用以连接荐椎横突。耻骨近长方形, 近远端长度大致相等; 近端发育一个闭神经孔; 该孔呈椭圆形, 直径约 2 mm。坐骨仅近端暴露, 与髂骨和耻骨连接紧密, 共同构成髁臼。髁臼内侧封闭, 外侧部分未暴露。

后肢关联程度较高(图 4(b))。股骨是后肢骨中最长的骨块, 约 40 mm 长。左股骨的近端被腰带覆盖, 骨干部分呈圆柱状, 远端发育关节髁。胫骨和腓骨呈交叉叠覆状保存。二者长度相当, 约 25 mm 长, 占股骨长度的 63%。胫骨明显比腓骨强壮。胫骨的两端膨大; 近端明显大于远端; 中部骨干收缩变窄。胫骨远端的关节面呈凹形, 对应于跟距骨上的凸形关节面。腓骨近端略扩展, 而远端明显宽大; 远端关节面横宽略凸。跗骨中的跟骨和距骨愈合成一体。跟距骨的近端关节面呈明显夹角。远端跗骨的保存略有错位, 具体数目不清。跖骨呈松散排列, 并有部分叠覆。跖骨细长呈棒状; 两端骨髁明显, 远端稍小于近端。跖骨(I-V)的长度分别为: 11 mm/15 mm/? /16 mm/9 mm。第 1 跖骨被第 2 跖骨覆盖中部, 两端露出。第 3 跖骨的近端被其他跖骨覆盖, 故其长度不能确定。第 5 跖骨近端扩展, 且近外侧突发育。趾式为 2/3/4/5/4。第 4 趾骨最长, 约为 35 mm。趾骨呈短棒状, 骨化完成; 趾爪短粗, 同指爪, 但稍大于前者。



ac—astragalocalcaneum 跟距骨; ca—carpus 腕骨; ef—ectepicondylar foramen 外上髁孔; fe—femur 股骨; fi—fibula 腓骨; hu—humerus 肱骨; mc—metacarpus 掌骨; mds—manual digits 指骨; mtV—metatarsal V 第 5 跖骨; pdI-V—pedal digits I-V 第 1-5 趾骨; ra—radius 桡骨; su—suture of epiphysis 骨骺线; ti—tibia 胫骨; ul—ulna 尺骨

图 4 SDUST-V1001 的前后肢骨化石照片

Fig. 4 Photographs of the forelimb and hindlimb of SDUST-V1001

3 讨论

3.1 SDUST-V1001 的分类问题

新标本(SDUST-V1001)展示了矢部龙属的典型特征^[4,12], 比如: 体型较大, 吻臀距约 240 mm, 仅次于矢部龙最大个体(IVPP V13285; 吻臀距大于 300 mm); 头骨发育蠕虫状的雕饰; 上颌骨的面突宽大; 左右额骨未愈合, 在眶间区未明显收缩; 额顶骨的骨缝呈锯齿状; 顶骨长大于宽; 第 2 荐椎肋短粗; 前肢较长; 后足短于股骨和胫骨长度之和; 第 4 跖骨明显短于肱骨; 第 5 跖骨近端的外侧突发育。在矢部龙属中, 两个已知种(强壮矢部龙和双尖矢部龙)的种级差异较小, 主要体现在齿尖类型和下颌隅骨突形态上。例如: 强壮矢部龙的上下颌牙齿皆为单尖型, 而双尖矢部龙则在上颌后部牙齿上呈微弱的双尖型; 强壮矢部龙的下颌隅骨突为钩状, 而双尖矢部龙则为指状^[12]。与之相比, 新标本所展示的特征(单尖型牙齿和三角形的隅骨突)却进一步削弱了这些种级差异。

在矢部龙中,单尖型齿是上下颌牙齿的普遍特征。目前,双尖型齿仅发现在双尖矢部龙的正型标本中,并且也仅分布在上颌后部牙齿上,其他部位牙齿仍为单尖型。矢部龙的牙齿形态在不同部位会有一些变化,比如:上颌齿列的前部牙齿尖锐,而后部牙齿较钝^[4,9,12]。这一形态变化在日本发现的樱花蜥(*Sakurasaurus*)上更为明显:后部牙齿明显钝圆,并伴有齿棱,可能适于碾磨食物^[16]。樱花蜥在系统发育树中与矢部龙互为姐妹群^[15-17]。这表明牙齿形态变化是矢部龙和樱花蜥的普遍情况。因此,在仅有一件标本的情况下,双尖型齿的特征稳定性仍待于有更多标本的验证。

下颌隅骨突在矢部龙两个种明显呈现两个形态:钩状和指状。这两个形态变化主要体现在隅骨突远端的弯曲程度;然而,隅骨突的基部却较为相似,接近三角形(图3)。这一基部形态与新标本的隅骨突相似,也与樱花蜥相似^[16]。下颌隅骨突在功能上是用来附着下颌翼肌,其大小和形态变化可能与肌肉发育程度具有一定联系。因此,在不同个体或者同一个体的不同发育阶段中,隅骨突的形态和大小可能会有一定的变化,比如,在义县组的大凌河蜥(*Dalinghosaurus*)中,下颌隅骨突呈板状,并随着体型增大而变化^[5]。不过,矢部龙下颌隅骨突的形态变化并未遵循体型的变化。双尖矢部龙(IVPP V15840)的下颌长度为33.9 mm,新标本的下颌长度为63 mm,而强壮矢部龙(IVPP V13285)的长度约为79 mm。此外,三角形的隅骨突也可能存在于其他体型的标本中。例如:IVPP V13284(下颌长度为31.7 mm)的下颌隅骨突也呈三角形,但原文中并未具体描述隅骨突形态(Evans等2005)^[4];另一件标本(YLSNHM00798;下颌长约为56 mm)也展示了一个三角形的隅骨突(Xing等2020)^[10]。由于上述两个研究未特别关注隅骨突形态,这两件标本皆被归入强壮矢部龙^[12]。这些情况也进一步说明了矢部龙下颌隅骨突形态变化的复杂性。那么,这些隅骨突形态变化所支持的种级分类也需要未来更多研究的验证。

此外,三角形的隅骨突也见于日本的樱花蜥,并作为该属与矢部龙属的一个主要区别特征^[16]。这一发现进一步增加了矢部龙和樱花蜥的相似性。

3.2 SDUST-V1001 的骨骼成熟度

SDUST-V1001作为已知最大最完整的个体,为了解矢部龙的骨骼成熟度变化提供了机会。如果以具有卵胎生现象的标本(IVPP V18005)作为性成熟的参考,目前有6件标本(IVPP V13285、V16361、V18005; SDUST-V1001; YLSNHM00798、01202)达到了性成熟阶段。其中,IVPP V16361的吻臀距约190 mm,与卵胎生标本的吻臀距192 mm较接近,所以这里也被认为达到性成熟阶段。更为重要的是,IVPP V16361的骨骼描述详细,更好地弥补了卵胎生标本形态描述的不足。在IVPP V16361中,骨架完全骨化,肩胛骨和乌喙骨分离,长骨的骨骺与骨干仍未愈合,跟距骨应该也未愈合^[9]。相比体型更大一些的YLSNHM00798(吻臀距约220 mm),骨骼成熟度并没有明显提高,比如:肩胛骨和乌喙骨仍未愈合,腰带骨块也未愈合,跟距骨未愈合,骨骺仍与骨干分离^[10]。

SDUST-V1001的体型更大一些,吻臀距约为240 mm,其骨骼成熟度也有提高,已经接近完全成体阶段。例如:肢骨的骨化完全,骨关节面光滑,骨骺多与骨干愈合,骨骺线仅在前肢的肱骨远端和尺骨近端等处有残留;跟距骨完全愈合;头骨雕饰的发育程度与最大个体(IVPP V13285)相当。不过,新标本的肩带和腰带骨块仍未愈合。这也支持了之前的观点,矢部龙需要较长的生长发育期达到大型成体阶段^[4]。

4 结论

本研究借助CT扫描和三维重建技术对一具近完整的矢部龙化石骨架进行了描述,揭示了一些新的特征(如下颌具有三角形的隅骨突、外上髁孔、尾自切和再生现象等)。其中,三角形隅骨突的发现增加了矢部龙隅骨突形态变化的复杂性,也对以此建立的种级分类单元的有效性形成了挑战。这一分类问题的解决需要未来更多研究的开展。

参考文献:

[1] 姬书安. 辽西冀北晚中生代的化石蜥蜴类(爬行纲:有鳞目)[J]. 科学技术与工程, 2004, 4(9): 756-759.

Ji Shu'an. Late Mesozoic fossil lizards (Reptilia: Squamata) from Western Liaoning and northern Hebei, China [J]. Science Technology and Engineering, 2004, 4(9): 756-759.

- [2]JI S A,JI Q.Postcranial anatomy of the Mesozoic *Dalinghosaurus* (Squamata):Evidence from a new specimen of Western Liaoning[J].Acta Geologica Sinica,2010,78(4):897-905.
- [3]EVANS S E,WANG Y.The Early Cretaceous lizard *Dalinghosaurus* from China[J].Acta Palaeontologica Polonica,2005,50(4):725-742.
- [4]EVANS S E,WANG Y,LI C.The Early Cretaceous lizard genus *Yabeinosaurus* from China:Resolving an enigma[J].Journal of Systematic Palaeontology,2005,3(4):319-335.
- [5]EVANS S E,WANG Y,JONES M E H.An aggregation of lizard skeletons from the Lower Cretaceous of China[J].Senckenbergiana Lethaea,2007,87(1):109-118.
- [6]ENDO R,SHIKAMA T.Mesozoic reptilian fauna in the Jehol mountainland,Manchoukuo[J].Bulletin of the Central National Museum of Manchoukuo,1942,3:1-19.
- [7]姬书安,卢立伍,薄海臣.失而复得:细小矢部龙(蜥蜴亚目)化石新材料[J].国土资源,2001(4):41-43.
JI Shu'an,LU Liwu,BO Haichen.A new fossil material of *Yabeinosaurus tenuis*[J].Land & Resources,2001(4):41-43.
- [8]WANG Y,EVANS S E.A gravid lizard from the Cretaceous of China and the early history of squamate viviparity[J].Naturwissenschaften,2011,98(9):739-743.
- [9]EVANS S E,WANG Y.New material of the Early Cretaceous lizard *Yabeinosaurus* from China[J].Cretaceous Research,2012,34:48-60.
- [10]XING L D,NIU K,TAYLOR R S,et al.Integumentary remains and abdominal contents in the Early Cretaceous Chinese lizard,*Yabeinosaurus* (Squamata),demonstrate colour banding and a diet including crayfish[J].Cretaceous Research,2020,108:104320.
- [11]XING L D,NIU K C,WANG D H,et al.Palaeopathology in a Cretaceous terrestrial lizard from China[J].Historical Biology,2020:1-5,DOI:10.1080/08912963.2020.1733550.
- [12]DONG L P,WANG Y,EVANS S E.A new lizard (Reptilia:Squamata) from the Lower Cretaceous Yixian Formation of China,with a taxonomic revision of *Yabeinosaurus*[J].Cretaceous Research,2017,72:161-171.
- [13]HE H Y,WANG X L,ZHOU Z H,et al.Timing of the Jiufotang Formation (Jehol Group) in Liaoning,Northeastern China,and its implications[J].Geophysical Research Letter,2004,31(12):DOI:10.1029/2004gl019790.
- [14]JIANG S X,CHENG X,MA Y X,et al.A new archaeopterydactyloid pterosaur from the Jiufotang Formation of Western Liaoning,China,with a comparison of sterna in Pterodactylomorpha[J].Journal of Vertebrate Paleontology,2016,36(6):e1212058.
- [15]DONG L D,WANG Y,MOU J L,et al.A new Jurassic lizard from China[J].Geodiversitas,2019,41(16):623-641.
- [16]EVANS S E,MANABE M.The Early Cretaceous lizards of Eastern Asia:New material of *Sakurasaurus* from Japan[J].Special Papers in Palaeontology,2009,81:43-59.
- [17]O'CONNOR J,ZHENG X,DONG L,et al.*Microraptor* with ingested lizard suggests non-specialized digestive function [J].Current Biology,2019,29(14):2423-2429.

(责任编辑:高丽华)