

完美中国颌兽 (*Sinognathus gracilis*) 头骨化石标本的新观察¹⁾

张法奎¹ 杜湘珂² 朱奇志² 程希侃²

1 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所 北京 100044

2 北京医科大学人民医院放射科 北京 100044

摘要 通过 CT 扫描对完美中国颌兽(犬齿兽科, 爬行纲)头骨正型标本进行再研究, 实现了无损观察化石标本内部结构之目的, 发现脑颅内腔的上方有特别长大的三棱柱形的构造, 暂解释为额一顶窝。对鳞骨后外侧面的外耳道作了详细观察记述。

关键词 中国颌兽, 头骨, CT 扫描

中图法分类号 Q915.864

1 前言

犬齿兽类动物是一大类绝灭了的最为接近于哺乳动物的爬行动物, 它们的地理分布很广, 除了澳洲外, 世界各大陆都有它们的遗迹发现。在地史上, 此类最早出现于二叠纪末, 三叠纪时极为兴盛, 三叠纪后期走向衰亡, 但个别种类生存到中侏罗世。我国发现的犬齿兽类化石差不多都是卞氏兽, 它们属于三列齿兽科, 是晚期(侏罗纪)犬齿兽的很特化类群。至今我国仅有两个鉴定可靠的非三列齿兽类犬齿兽化石标本, 其中之一就是完美中国颌兽(*Sinognathus gracilis*), 它是中国首次发现的非三列齿兽类犬齿兽化石; 另一个是王屋似粗弯齿兽(*Traversodontoides wangwuensis*), 两者皆是具磨齿(gomphodont dentition)的犬齿兽, 它们的时代(中三叠世)也都比卞氏兽早。现在古生物学家公认犬齿兽类动物是哺乳类的直接祖先类群, 研究此类动物化石有助于我们对哺乳动物起源的理解。

2 中国颌兽的分类地位

杨钟健(1959)为中国首次发现的犬齿兽创立新属中国颌兽(*Sinognathus*), 归入许耐(Huene)分类系统中的犬鳄兽科(Cynosuchidae), 认为它同 *Thrinaxodon* 和 *Sysphinctostom* 的亲缘关系相近, 而与 *Belesodon* 较远。Romer(1966)将它归入他的分类系统的 *Thrinaxodontidae* 科中。Hopson and Kitching (1972)在评论犬颌兽分类时, 认为中国颌兽

1) 国家自然科学基金项目(编号:49672081)资助。

收稿日期: 1999-05-10

的分类地位可疑,将其暂时归入 *Triracodontidae* 科中。Carroll (1988)把它作为分类地位有疑问的属归入到他的分类系统中的 *Triracodontidae* 科,属于犬齿兽亚目 (*Cynodontia*)、真犬齿兽次目 (*Eucynodontia*)、三列齿兽上科 (*Tritylodontoidea*)。

杨钟健认为中国颌兽与 *Thrinaxodon* 相近, Romer 的分类与杨的基本一致,而 Hopson and Kitching 和 Carroll 的分类则不同,因为 *Thrinaxodontidae* 是属较原始的犬齿兽类,而 *Triracodontidae* 则为进步的犬齿兽类。不过杨钟健也曾指出中国颌兽比 *Thrinaxodon* 进步,而与 *Gomphognathus* 有某些相似,比如头骨较粗壮。

孙艾玲 (1988) 对完美中国颌兽化石标本作了进一步修理,并更详细地记述了牙齿和颅—颌关节的结构。笔者对于孙的描述基本同意,但她的复原图 (图 2) 有明显失真之处,如与杨的图 (Fig. 3) 相比,其吻部太瘦长了些。孙复原的颧弓构造明显不同于杨的,依笔者观察似乎还是杨的正确,因为孙把鳞骨颧突基部的裂缝当作骨缝了。杨记述中国颌兽的齿式为, I: 4/2; C: 1/1; P_c: 7/7, 孙在文中和图 4 中复原的右上颊齿数为 6, 这显然是错了,因为在右上颊齿列的前端有一齿根存在,可能这个牙冠是在杨的文章发表之后被损坏的。杨测量的头骨长度,从吻端至顶骨后端为 119mm,从吻端至枕大孔 113mm。而我们 CT 扫描记录共有 112 个切面,这表明与后一测量数据是很接近的。而孙测得的头长是 126mm, 这个数据偏大。

我们对中国颌兽标本观察,发现它与 *Thrinaxodon* 确有不同。例如:中国颌兽个体较大,头骨在整体上较粗壮。吻短,只有头骨长的三分之一,吻后头骨骤然扩大。眶孔圆形,朝向前方。上颧孔很大,呈方形。颧弓深度较大。头骨的后面观呈典型的“山”字形,这是进步犬齿兽类的特征。

“山”字形的主峰为枕板骨,它的两个侧峰是左右颧弓后面的鳞骨。主峰和侧峰之间的山谷呈“V”字形,它由构成上颧孔后缘的鳞骨的上缘围成。构成“V”字形山谷的外侧山坡的鳞骨上缘,在其高度向“V”字形的山谷底下降过程中,它便翻转成向后方的嵴,在此嵴的外侧有明显的外听道沟存在,这是进步犬齿兽类的特点。对此特征杨未作记述,孙也只作了“鳞骨上的外耳道尤其清楚”这样简单的记述。

杨不曾详细描述过的下颌后部值得作进一步补充描述,下颌的齿骨冠状突很大,并且是很薄的骨片,标本经过四十多年后,有相当大部分已脱落和丢失,左齿骨的颌关节突也不见了。右侧下颌骨的冠状突可能是人工特意破坏的结果,因此倒是能很方便地观察构成颅—颌关节的方骨和方颧骨和辅下颌骨 (*postdentary bones, extradental bones*) 诸骨,孙对这些作了详细记述。中国颌兽的辅下颌骨比 *Thrinaxodon* 的更细,已呈棒状,上隅骨和隅骨大为缩小,隅骨翻垂片 (*reflected lamina of angular*) 可能已太细弱了,因受损在标本上已看不到了。关节骨的位置不在辅下颌骨棒的最后端,它因受力有所前移动,并将前关节骨和上隅骨劈开,而上隅骨的后端向后突出,显著地超过关节骨。从标本的右侧颌关节看,上隅骨的后端似乎与鳞骨接触,这或许是因标本受到挤压所致,但在上隅骨的后端和鳞骨的隅骨突上并无关节面。齿骨的下颌关节突起的后端标本上保存不佳,根据下颌关节突起包围辅下颌骨棒的内、外嵴推断下颌关节突起不会达到辅下颌骨棒的后端。另外,我们在右下颌的内侧面上看到杨和孙不曾记述的冠状骨,这个小骨片位于下颌齿列的后方,冠状突的前缘基部,正在颌纳槽 (*trough of dentary*) 的上缘处,它与脑颅的翼骨横突翼

相对。

门齿小,上下犬牙都很强大,下犬齿后方齿缺显著。颊齿呈柱状,中部颊齿大,是典型的磨齿,其牙冠横宽,冠面有横脊,上牙齿冠比下牙的宽。虽然吻中部有明显收缩,但齿列中段并无明显向内(中)弯曲。上下齿列的着生位置都靠上下颌骨的内侧,似乎昭示此动物有颊囊存在。这些特征显然是进步特征。

脑颅极为狭长,背面看呈管状,比 *Thrinaxodon* 的脑颅显然更长,这与此类动物的颞孔非常大相关。颅顶上的矢状嵴呈刀刃状,这种极为狭窄状态,使得中央矢状缝不可见,顶孔也不复存在。脑颅侧壁都有骨片包裹,虽然在标本的翼骨横突上方的脑颅侧壁不完全,但这可能是修理标本造成的损伤。由于脑颅侧壁这些骨片裂缝太多,骨缝又不可辨认,故脑颅侧壁是由那些骨组成不能确定。一般地来说,全封闭式的脑盒是哺乳动物的特征,可是此一特征在犬齿兽中也有存在,如云南卞氏兽(*Bienotherium yunnanensis*)的脑颅侧壁已经全由骨片包围住了(Hopson and James, 1964)。我们知道云南卞氏兽与中国尖兽和毛艮兽这些已知时代最古老和形态最原始的哺乳动物,同是下禄丰动物群的动物,然而,毛艮兽的脑颅侧壁尚未被骨片封闭完全(Kermack *et al.*, 1981),这是很有趣的进化现象。现在我们知道时代更早的中三叠世的中国颌兽的脑颅也已经完全被骨片封闭,可见封闭式脑颅侧壁存在于犬齿兽类是一种超前的系统发育上的早熟现象。

至于中国颌兽的分类地位,笔者认为它属于磨齿犬齿兽类是毫无疑问的,但将它归入 *Trirachodontidae* 是不有疑问的,因为中国颌兽眼眶下面无颞骨咬肌突起;上颌臼形齿显著宽于下颌臼形齿;臼形齿齿冠周围无齿带尖等该类动物的特征。中国颌兽的头骨较为粗壮,吻部短而宽,上颌骨显著外扩于齿列之外,左右颊齿齿列中段不向内(中线)弯曲,后段不太向外张开等特征,与 *Massetognathus* 相近似。就其颊齿排列近于直线,左右颊齿列趋于平行,这种进化趋势似有朝向下颌能前后运动的三列齿兽(包括卞氏兽)方向进化的可能。

3 关于中国颌兽的耳区

中国颌兽头骨正型标本经过孙等人修理后,从头骨后腹面看,可以明明白白地看到外耳道的底不是盲端,而是通入了容纳方骨和方颞骨的鳞骨腹面的凹槽内。应当说外耳道与中耳相通这一特征在犬齿兽类中的出现,是具有重要意义的,因为它对我们理解哺乳动物听觉的起源和进化提供了证据。已往记述的犬颌兽的外耳道都是通不到鳞骨腹面容纳方骨和方颞骨的凹槽内的,因为它们的外耳道的底部有一骨质的嵴将它与中耳腔隔开了。正是被认作是外耳道的沟槽的下端是封闭的,与中耳不通,使人怀疑这沟是否真的是外耳道,有无听觉功能(Allin, 1975)。如果中国颌兽标本上的外耳道与中耳相通是自然状态,而不是被人为地把隔离外耳道与中耳腔的骨质隔壁(鳞骨)剔掉的话,那么,对于犬齿兽外耳道是否真有听觉功能,这个在历史上曾长期困扰古生物学家的难题的解决将有转机。因此,值得对鳞骨的这一部分作进一步说明。

为了确定这一重要特征是否属实,笔者对标本的鳞骨这部分作了认真观察。从中国颌兽头骨的后腹面看,在头骨右侧后部的鳞骨有三条嵴,其中向上的两条便是上述的围绕

上颞孔后缘的“V”字形鳞骨嵴,这两条嵴从上向下聚拢,构成“V”字形的尖角,从此尖角向下前方发出一条嵴,它就是孙记述的鳞骨内突(i. pr. sq. 孙艾玲, 1988)的腹缘,此嵴构成颞下窝后外侧角的外界。三条嵴以“V”字形的角尖为原点(紧贴于副枕骨突起的外端),呈三射状排列,“V”字形的两嵴夹角约为 85° ,鳞骨内突嵴与“V”字形嵴外侧嵴间的夹角约为 125° ,鳞骨内突嵴与“V”字形嵴的内侧嵴间的夹角约为 150° 。外耳道就在“V”字形鳞骨嵴的外侧嵴(在上颞孔后方的颞弓上)的外侧,它由侧背方斜向内侧下方,待到“V”字形嵴的顶尖处,转向腹前方,进入鳞骨腹面容纳方骨的凹槽内。这外耳道凹槽主要嵌切在“V”字形嵴外侧嵴的外侧面上,致使鳞骨的此嵴呈瓦筒形,或者说鳞骨的此嵴包卷着外耳道的内侧。由于这个嵴的上端部分破损,外耳道的上界看不到了。外耳道凹槽的外侧在大部高程上是平移在鳞骨后面的,即外耳道无明显的外侧界;只是在与“V”字形鳞骨嵴的尖角相对的外耳道凹下段才有明显的外侧界。标本上外耳道的此段的外界为陡崖状,它高突于外耳道,似有断骨的嫌疑。这高突部分向腹前方延伸为鳞骨中突(m. pr. sq. 孙, 1988),在这里将方骨和方颞骨隔开的鳞骨中突的基部有一大的裂缝,致使此突起好像是单独的骨块一样。外耳道在此突起的内侧明显变窄,并折向前方,进入到容纳方骨的鳞骨腹面凹槽。

由于构成外耳道外界的鳞骨中突基部有断骨嫌疑,我们请古脊椎所技术高超的谢树华先生将中国颌兽头骨左侧的对应部分作了局部修理,结果证实外耳道下端是开放的,鳞骨中突并没有与“V”字形嵴的尖角部分连接,将外耳道下端封闭。

中国颌兽头骨标本上未保存镫骨,它的形态无从知道。不过从头骨侧面的卵圆窗(前庭窗)至方骨关节头内侧的距离可以推知镫骨的长度。按比例中国颌兽的镫骨长度比Crompton and Hylander (1986)的插图2和3中的*Thrinaxodon*的要长,也比*Trirachodon*的镫骨长,可能接近于*Probainognathus*镫骨的长度,虽然中国颌兽的副枕骨突远端形态与前两类动物一样不分化为前后两部分。中国颌兽的方骨关节头已缩小,鳞骨内突已变为左右很窄的骨片,这些也与*Probainognathus*的相似,而*Thrinaxodon*和*Trirachodon*的鳞骨内突是粗壮的。

虽然犬齿兽类的外耳道已为绝大多数古生物学家所承认,就连原来持反对意见的E. F. Allin也已认同(Allin, 1986),但是鉴于中国颌兽的外耳道的形态构造,它的功能作用仍然是需要想像的。因为在中国颌兽进化水平,爬行动物式的方骨后耳膜与哺乳动物式的隅骨凹耳膜还处于分离状态,它的外耳道还不可能与处在辅下颌骨外侧的哺乳动物式耳膜在功能上发生联系,只能与方骨后耳膜整合在一起,发挥功能作用。设想在外耳道接近方骨处有爬行动物式的耳膜,镫骨借助于软骨质的外耳柱骨(extrastapedial or extracolumella)与方骨间接连接的情况下,如果方骨关节头还较大,它的内侧部分还处在鳞骨内嵴的内侧,就像处在*Thrinaxodon*那样进化水平的话,因有鳞骨内侧突的阻隔,软骨质的外耳柱骨是不能到达耳膜的。这种情况下耳膜虽能接受空气中的声波产生振动,但不能直接把(空)气载声波传给镫骨。待到中国颌兽与*Trirachodon*进化水平方骨关节头缩小了,鳞骨中突不再封闭外耳道,软骨质的外耳柱骨才有可能达到耳膜。如果中国颌兽镫骨无外耳柱骨,它的爬行式耳膜如何激起镫骨振动呢? 进步犬齿兽方骨体积大为缩小,并且能在鳞骨腹面凹窝活动,这种情况下,气载声波引起隅骨凹耳膜鼓动,从而激动方骨,声波经方骨传至镫骨,再到内耳。至于爬行动物式的方骨后耳膜与哺乳动物式的隅骨凹耳

膜如何联合发挥作用,我们还难以想像。

4 实验方法

利用北京医科大学人民医院放射科的 Elscint CT Twin 扫描机。

扫描条件为 120Kv, 220~300mAs, 扫描野直径 180mm, 层面厚度 1.0mm, 层面间无间隔, 扫描时间 1 秒, 扫描 2 层。图像矩阵 1 024 × 1 024。

扫描程序如下, 先对中国颌兽头颅化石标本进行定位扫描, 得到近似于 X-光平片的定位片, 在此基础上再对化石进行冠状位、矢状位、水平位的扫描。后处理采用高分辨率骨算法。调整窗宽, 窗位 2 500~3 000/4 095HU 以显示标本内部结构, 将所得图像作照相记录。CT 扫描照相记录编号是 14318(1~181), 补充扫描照相编号是 16913。

5 CT 图像观察和分析

水平切面 CT 扫描是从腹面到背面进行的, 除了最上和最下几个切面未作照相记录外其余的作了连续记录, 编号为 #159~181, “#” 是 CT 扫描标本的切面照片的替代符号。为方便起见, 从背面向腹面依次序看照相记录。

头骨切面 #181 是通过鼻孔上缘、眶孔上缘和颅顶矢状嵴的下方的水平面。在此切面上可以看到位于头骨左右两侧的中部标志性的眼眶, 呈圆弧状, 是眼孔的后上缘部分。眼孔之前是面部和吻部, 左右宽度较大; 眼孔之后是脑颅和颧弓, 以及它们之间的颧孔部分。在此切面上脑颅呈窄条状, 是矢状嵴下方的脑颅顶部断面, 它的两侧是上颧孔, 因颧弓尚未出现, 上颧孔的外界还看不到, 但在上颧孔的中部已能看到右下颌骨的冠状突, 它呈粗线条状, 是纵向的。

#180~176 各切面, 大致同 #181 切面, 明显变化只是颧弓从 #179 开始初露端倪, 到 #176 切面上右侧颧孔的外界全部出现。右下颌骨的冠状突更显著了, 由于它的上部不完整, 后部严重缺失, 故不能详细记述。左侧下颌的冠状突初露, 呈细线状, 左颧弓仅前端显现。眼孔呈弧形的眶缘的弧度逐渐增大, 趋向于闭合。同时眼孔后缘的开口逐渐增大。脑颅部分颅腔逐渐增宽一些, 它的后端分叉逐渐加深和变宽, 此叉的左右两枝是头骨枕面的人字嵴。

#175~171 各切面中, 可看到的现象中最突出的是头颅的上腭后部的穹隆形构造, 在 #175 切面首先出现, 初为小圆点, 在以下的各切面上此圆点面积逐步变大, 这是次生腭之后方、软腭上方的内鼻道部位(图版 I, #174)。在它的前方另有一很小的点, 是硬腭下方的拱状部位。二者之间在此切面相隔较远, 随切面向下, 此拱逐渐变得纵向拉长, 并与后方的内鼻道穹隆接近, 在 #172 和 #171 切面上二者之间仅以次生腭的腭骨相隔。在切面 #175, 右眶孔的前侧缘即闭合, 而在 #171 切面上, 后缘开始呈现出缺口, 眼孔和上颧孔汇合不可分。在以下各切面已过眶孔水平, 在 #174 切面上, 于吻端左侧出现三个门齿, 右侧一个门齿。位于上颧孔的前内角的三角形部分应是翼骨和前额骨的下降部分。

在 #170~166 各切面中, 在 #170 切面的上述内鼻道部位的穹隆和次生腭下方的拱形

空间之间不再有骨质结构隔离,表明此切面处在次生腭下方了。在#166和165切面上右侧的颊齿能较清楚地看到,它们的横径大于前后径。在这两切面之前和之后的一些切面也可以看到牙齿的影像。从#169开始,显现出的左下颌枝的后端已达颞孔后缘。在这五个切面上,脑颅断面的前端和后端的宽度已有显著差异,其后端已相当宽,相应地由鳞骨构成的人字嵴也大为分开距离。

在#165~162各切面中,可以清楚地看到后颞孔(图版I, #164),它位于枕面人字嵴下部的内侧,脑颅的后外角处。在#165切面上初为凹缺状,在#162切面上呈管状。在#162切面上可以看到右颞孔后缘已完全封闭。在这几个切面上可以看到脑颅的后界呈凹形,这凹是左右枕髁之间的凹缺。在这几个切面上翼骨横突翼部分显现得很好。

在#161~159各切面上,脑颅部分呈三角形,这当是基枕骨和基蝶骨的切面。

矢状切面 矢状切面仅对位于头骨中央部分作了扫描,共连续照得照片21个(#129~149),未对脑颅两侧之外的头骨其余部分如颞弓等作扫描。由于头骨在地层中曾受到来自左后方的力,致使整个脑颅部分相对于面颅部分向右歪斜,造成顶骨矢状嵴缝与面颅的中央矢状缝不在一条线上,二者之间的折点在矢状嵴前端之前,额骨后端尖角处,此处正是面颅和脑颅间的断裂处,这在每个矢状切面上都能看到,在水平切面上这裂缝也很清楚。由于鼻腔和脑腔二者之间是相通的,找不出划分好的界限,我们权且以此断裂为区分脑腔与鼻腔的界限。

因头骨变形,我们不可能找出那一个切面能真正代表整个头骨中央矢状位的切面。据测算和观察#137切面可能是经过脑颅部分的正中矢状切面(图版I, #137),或者此切面是很接近正中矢状面的。在#132~136五个左侧旁矢状切面上,和#138~143六个右侧旁矢状切面上,可以看到面颅部的切面,它位于上述裂缝之前,大致呈三角形,其上边线呈圆弧形,是面颅背面轮廓线,三角形的前角是吻端。三角形的下角是通过上颌骨的切面,此角下方与下颌骨切面相接,这部分如此靠近中线是因为左边的上颌和下颌受力后被推进来的。在所有这些面颅的矢状切面上都找不到杨钟健记述的位于鼻骨中部收缩处的大裂缝,在水平切面上也找不到。

前述面颅和脑颅之间的大裂缝之后是脑颅的矢状切面,大致呈长方形。此切面的上方边线的中部向下凹陷,是顶骨矢状嵴破损造成的,此边的前端最高,此边的后端部分向后伸出脑颅轮廓的后方边线许多,是顶骨矢状嵴超出枕骨平面的部分。脑颅本身矢状切面的后边为向后凸的弧形,乃是枕骨板的轮廓,在脑颅切面的后方靠近后边线不远处有一呈“<”形的裂缝,它从上至下把脑颅贯通。在此“<”形上枝的后方是脑颅后方部分,在“<”形下枝的下后方的是基枕骨,和位置更靠外一些的副枕骨突。在#129~131和#144~147这些更靠外的矢状切面上,能看到后颞孔。在#144~146三个切面上,脑颅的矢状切面有些特别,在#144切面上脑颅切面上方向下凹下许多,在#145切面上脑颅的前部出现一些大的断裂,而在#146切面上脑颅的中部出现大的间断。这是这部分脑颅侧壁因受力下陷的结果。

在上述面颅和脑颅矢状切面之间的大裂缝的下方,有一轮廓不规则的切面,在#132~137几个切面上看,其形状像地图上的非洲大陆。这是位于上颌下方的翼骨和腭骨的切面,其向下的突角部分是翼骨横突翼。

轴位切面(横切面,冠状切面) 从头骨的吻端到颅骨的最后端作了全程扫描,而照相记录是有间隔的,共得照片 70 个。从 #15 至 #63,即颞孔以前的照片的照相视野包括了整个面颅的横切面,进入颞孔之后,即 #66 至 #112,照像视野缩小,只包括左右下颌枝以内的范围,主要显示的部分是脑颅。

照片 #15、#18、#19、#23、#24 记录的是吻部的横切面,从前三个照片上看到吻部的横切面像半个月亮。吻部有较大变形,其左上颌受到向右上方挤压,上颌骨断裂。照片 #15 的切面已距吻端 15mm,在此照片上可看到一自上至下非常明显的大裂缝,它位于整个画面中间偏左。半月形的吻部横切面的弧形上轮廓线中部有一大凹缺,这不是外鼻孔,这是由于鼻骨的前部缺失造成的,外鼻孔应当还要靠前。半月形的吻部横切面的左右两角向内折的骨质部分是大的上或下犬牙的切面。在 #15~24 切面上,半月形吻部切面的中央有块密度很高的物质影像(图版 II, #19),它的背腹厚度相当大,起初曾被误认作是硬腭部分。它与上颌骨之间有大的空档,被解释为接受强大的下犬牙的前腭窝,或者为前腭孔。不过从 #15 切面算起,到 #24 切面这所谓的前腭孔(?)也有 10mm 长了,这也太大了,这不是进步犬齿兽应有的特征。至于在 #15 上的假定硬腭骨中间的空档是什么,不好解释。如若它是锄骨间自然的空隙,可能是锄鼻骨器孔,不过中国颌兽不应当有这么原始的特征了。由于这些怀疑,我们又重新对中国颌兽头骨的吻部作了补充扫描观察,在水平切面上(例如在 16913—86 照片)可以清楚地看到这所谓的硬腭是填充在鼻腔内的一块异物。在 #18~19 切面,口腔填充物的靠右侧部分有一明显的裂缝。在整个吻部横切面的下方是下颌骨,在 #15 切面应当是位于下颌联合处,但是因正好在裂缝上,下颌联合在此切面上也被分开了。在 #18~19 切面上下颌联合呈自然状态。#23~24 切面已处在下颌联合之后,左右下颌枝开始出露。

由位于吻的后部的 #29~32 和 #36 这几个切面上(图版 II, #36),可以明显地看到吻部由前向后在高度上和宽度上都增大了。在切面 #29 上,上述异物已看不见了。在 #29 和 30 切面上可看见左右两个模糊的高密度的骨质结构,就其所在切面位置,它们可能是属于次生腭前部的锄骨。左侧者在 #29 切面上位置高,是因吻部受到挤压所致。在 #30 切面上已靠近右侧者,同时也变小了。在 #31 和 #32 切面上它们变成一个小亮点,至切面 #36 即不见了。

切面 #39、#40、#42 上又出现次生腭的影像。从头骨整体上看,这三个切面是在吻的最后部,眼眶前缘,这可能是次生腭的腭骨。它们是水平的薄板,在切面 #39、#40 上左右两半分离,在切面 #42 上左右两半连为一线。这三个切面的左右两侧部可看到从上至下的两个垂直裂缝,此缝的外侧是上颌骨,在切面 #42 上可看到上颌骨的眶下突。

#45 和 #47 切面正处在眼孔下方的眶下骨上,可以看到围眶骨向左右伸展,这部分骨被裂缝分成为多块。面颅的背面呈弧形(图版 II, #45),弧线在两端急转向下,在其两端点下方各有一个高密度的小亮块,不知为何骨,有可能是额骨(?)的向下的突起。#47 切面上,面颅的腹面呈拱形,这弧形线可能是位于内鼻道背方的穹隆顶的锄骨和腭骨的切面。

切面 #50、#52、#56、#57 已进入到眶孔。左右眶孔把整个切面分为三部分,位于两侧的是左右颞弓的切面,呈不规则的圆形,位于眶间部分的颅骨比吻部在左右向上已显著变窄,背面轮廓线呈平直状,两侧轮廓线(?)呈垂直状,因此这部分颅骨呈方形。和在吻部

一样,在这部分颅骨横切面的左右两侧部,也各有从上至下的大缝将颅劈为三份,在此两条裂缝之间的颅腔呈倒梯形(图版 II, #57)。这近似梯形的底边不是直线,而是向上弓的弧线,这是内鼻道背方的拱顶。它在切面 #57 上很窄,呈凹槽状,表明左、右翼骨之间的穹窿顶变窄,快到翼骨横突翼(transverse flange of pterygoid)部位了。在这几个切面上可以看到下颌骨的升枝已向上升起,其高度已达颧弓水平。

在切面 #61~63 上可以看到,其右侧是通过眶后骨棒后半的切面,其左侧尚未进入颧孔。颅顶骨在此急剧变窄,背面轮廓线向下凹,凹下部分是额骨的后端部分,凹的两端高起,是后眶骨的后枝。前面记述的在切面 #50~57 上的从上至下劈裂颅骨的大裂缝也延长到眶后部分。这两裂缝在这三个切面上呈弯弧形,左右一对弧线在下端聚拢,围成一个瓶形的面积(图版 III, #62)。这裂缝似乎是沿脑颅侧壁而行的,因为这瓶形的横切面与颧孔范围内的脑颅横切面是一样的。这几个切面正处于脑腔的前端与鼻腔接续处,未发现骨质像存在,看来鼻腔与脑腔是相通的。在这三个照片上可以看到瓶形脑颅切面的上方有一横向裂缝,在 #61 切面的左半部有较大的空洞,是脑腔内填充物丢失造成的,在切面 #62 和 #63 上可看到一条从左上到右下方的大裂缝横穿此瓶形脑颅切面。在瓶形脑颅横切面的底部,是基翼关节处的翼骨,它的两侧有伸向腹外侧方的翼骨横突翼,此突起贴在尚未剔除的填充在眼眶下方的颅内岩石上。这岩石位于瓶形脑颅影像的两侧下方的一对面积相当大的蝴蝶形影像,在这岩石的外侧方可看到左右下颌枝的切面,在这三个切面上冠状突呈细条状,它的上下高度已相当大了,右冠状突与岩石间有缝隙,可清楚看到。左冠状突影像不清。

从切面 #66 以后,照片的视野缩小到左右两冠状突之间范围内,左右颧弓已不可见。

#66~69 四个切面与前四个切面基本上相同,只是位置靠后些。在切面 #66 至 #69 脑颅顶迅速由平顶变为尖顶的了,脑颅横切面呈上端大下端小的枣核形,这尖顶是矢状嵴。在这枣核形脑颅横切面的上方的端部分有一三角区域(图版 III, #67),其三边都是骨质的,夹其顶角的两条斜向下外侧的边可能解释为是额骨或顶骨(?),其底边是什么,不好解释。在这三角区域内,似有左右一对空洞,这是否可能是嗅径出颅孔,或者将这个三角区域与哺乳动物的鼻腔和脑腔之间的 *supracribrous recess* (或 *cavum orbitonasale*) 空腔相类比,不过这个空间从脑腔的前部到脑腔的后部,实在太大了,这是不可能的。或许可以设想这三角区是额窦,设想这样异常大的、几乎纵贯脑腔全长的额窦,是很冒险的,不过确有这样的例证,鬣狗就具有那样非常大的额窦(Joekel, 1998)。鬣狗具有异常大的额窦是它们吃骨的适应性特征,起增强脑腔抵抗颞肌强大压力的作用。中国颌兽具有这样长大的额窦似乎也是为了增强脑壳抵抗颞肌强大压力的,从中国颌兽的收颌肌非常强大,而脑盒又长又细来看这一解释是合理的,它的较粗壮的头骨、巨大的颞孔、朝前的眼孔、特别粗壮的牙齿都支持这一解释。由此推测中国颌兽食物中可能有需要大力嚼吃的硬食。在这三角形区域之下,枣核形脑颅的中间膨大部就是脑腔和上翼骨室上。在枣核形的下尖,即脑颅下部的两侧,也有骨质壁,这可能是眶蝶骨(?)。在这四个切面上可以看到下颌角突(*angular process of dentary*),右下颌横切面下方的孤立小亮点就是下颌角突。

切面 #70~73,这四个脑颅横断面如前几个一样,区别是在这几个切面上脑颅上部的三角形的底边不见了。三角形的两底角是顶骨垂向下的边缘,在这里与眶蝶骨(?)相接,

在二者的接点处有一向脑腔内的短突起。呈枣核形的脑颅横切面下端尖角是颅底中轴,应是由翼骨、上翼骨和副蝶骨—基蝶骨组成。下颌骨的横切面从#71切面起已到下颌骨角突之后,在右下颌骨切面可看到一向中的凹槽,这是辅下颌骨棒与下颌关节突之间的空隙(颌纳槽)。

#74~89的脑颅切面与前述相似。就这些切面来看,从前至后无甚变化,只是脑腔的横径有所增宽,其高度几乎未变。位于脑颅横切面上部的顶骨有所增厚(图版 III, #84),由顶骨围成的三角区域从前向后有些减小。这大范围脑颅侧壁全有骨片包围,至于是由那些骨片(眶蝶骨、上翼骨、蝶封片(lamina obturans)、前耳骨)组成不能确定,因为这些骨片上裂纹太多,骨缝不可辨认。对于这些切面中的下颌骨需要说的是,能看到齿骨的下颌关节突的末端,这可作为定位的标记。

切面#90~93,一如前述无大变化。值得记述的是位于脑颅切面上部的三角区域的底边又出现了,这一三角形的底边与前述的三角形的底边是否一样呢,如果这三角形切面是额窦,那么处于脑颅后半部的额窦的底边则应是顶骨。切面#92和#93的脑颅横切面后半部开始横向加宽,颅底中轴的腹嵴也增大变宽,表明已临近基翼关节突水平了。

切面#94~103。从切面#94开始向后,作为脑颅底轴的主要骨块便快速地扩宽起来,这可由基蝶骨腹面的两侧棱之间的距离增大看出(图版 III, #100)。随着脑颅的变宽,其横切面的下半部逐步变为多角形,处在最下方的一对凸角是上面提到的基蝶骨腹面两侧棱。在此二凸角的侧上方,分别还有一对凸角,它们可能是前耳骨或上翼骨后枝(?)。这些脑颅切面的四周都有骨质包围,其中的填充物有裂缝,在切面#94~98上靠近脑颅下边的裂缝明显,#98切面的此裂缝中段有一明显的向下曲折,有可能与脑下垂体窝有关。#98之后此曲折趋平缓,至切面#101即成直的横缝。在这些切面中,脑颅右侧边的裂缝由前向后逐渐变明显,左侧无明显裂缝,但在#102~103切面上左侧裂缝明显出现了。

切面#104~108是经上颞孔后壁的几个切面。在脑颅切面的左侧可以看到位于颞弓和脑颅之间的鳞骨、副枕骨突起、上翼骨方骨枝等骨的影像,但不能分辨出这些成分(图版 I, #107)。在这些脑颅横切面中,未能看到基枕骨和基蝶骨界线。在这五个脑颅横切面上都可看到脑腔填充物中有三条裂缝,它们围成1个三角形,这个三角形的面积由前向后逐步缩小,说明在逐步逼近脑颅后壁。在较后几个切面中,切面#108可能是切过副枕骨的。

切面#109~112,这四个切面是脑腔之后的切面。在#109切面的枕板骨的上部出现了一对连为一体的大空洞,此洞在以后几个切面上逐步变大。这所谓的洞,实际并不是洞,而是枕板骨后面向前的凹陷。在这大洞的下方有枕大孔,也呈空洞状,它在切面#110~112上显现,其下缘呈缺口状,在此缺口两旁有一对枕髁。在最后三个切面上也可看到后颞孔,它在右侧显现清楚,左侧者不清。

关于中国颌兽的脑形态,我们作过三维重建的努力,但因技术问题未能取得好结果。虽然脑影像未能作出来,但是中国颌兽的脑是呈长管形的,大脑部分细(横径小)而长,小脑部分粗大而短。这从头骨标本的外形上看,也是可以估计到的。

7 小结

本文的前半部分是以传统的观察方法研究中国颌兽头骨, 对前人的记述作了一些补充, 其中关于外耳道底与中耳腔相通, 和脑颅全有骨封闭的发现是较有意义的。后半部分记述了对中国颌兽头骨的水平切面、矢状切面和冠状切面的 CT 扫描图像的观察和分析。本项工作实现了利用 CT 技术进行无损伤观察脊椎动物化石标本内部构造的目的。例如, 1) 在鼻腔内发现了以前未知的异物存在; 2) 在脑颅冠状切面上, 脑颅背方发现有一由骨质围成的三角形区域, 这是以前不知道的结构, 我们试作额—顶窦解释。这些发现从前是作不到的, 说明在观察描述化石标本工作中传统方法和 CT 技术相结合的必要性。

NEW OBSERVATIONS ON THE SKULL OF *SINOGNATHUS GRACILIS* (CYNODONTIA, REPTILIA) ASSISTING WITH CT SCAN TECHNIQUE

ZHANG Fa-Kui¹ DU Xiang-Ke² ZHU Qi-Zhi² CHENG Xi-Kan²

1 *Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences Beijing 100044*

2 *Radiological Department, People's Hospital, Beijing Medical University Beijing 100044*

Key words *Sinognathus*, skull, CT scan

Abstract

The type specimen of *Sinognathus gracilis* is restudied. Some characters which former workers were not noted are replenished. Among the new discoveries the external auditory meatus interlinked with the cavity of middle ear by an opening at the bottom of external auditory meatus, and the side wall of braincase encircled completely by the laminae of bone are interesting to paleontologists and evolutionary biologists.

The result of CT scanning the type specimen of *S. gracilis* is satisfactory for us as follows: 1) An exotic in the stuff in cavity of olfaction is found. 2) A trigonal region in the upper part on the corona section of the braincase, a structure unknown before, is tried to explained as the frontoparietal sinus.

References

- Allin E F, 1975. Evolution of the mammalian middle ear. *J Morph*, 147:403~428
Allin E F, 1986. The auditory apparatus of advanced mammal-like reptiles and mammals. In: Hotton III N, MacLean D *et al.* eds. *The ecology and biology of mammal-like reptiles*. Washington and London:

Smithsonian Institution Press. 283~294

Carroll R L, 1988. Vertebrate Paleontology and Evolution. New York: W H Freeman and Company. 624

Crompton A W, Hylander W L, 1986. Changes in mandibular function following the acquisition of a dentary-squamosal jaw articulation. In: Hotton III N, MacLean D *et al.* eds. The ecology and biology of mammal-like reptiles. Washington and London: Smithsonian Institution Press. 263~282

Hancox P T, Rubidge B S, 1996. The first specimen of the Mid-Triassic dicynodont *Angonisaurus* from the Karoo of South Africa: Implications for the dating and biostratigraphy of the *Cynognathus* Assemblage Zone, Upper Beaufort Group. S Afr J Sci, **92**:391~392

Hopson J A, James A, 1964. The braincase of the advanced mammal-like reptile *Bienotherium*. Postilla, **87**:1~30

Hopson J A, Kitching J W, 1972. A revised classification of cynodonts (Reptilia: Therapsida). Pal Afr, **14**:71~85

Joeckel R M, 1998. Unique frontal sinuses in fossil and living Hyaenidae (Mammalia, Carnivora): description and interpretation. J Vert Paleont, **18**:627~639

Kernack K A, Mussett F, Rigney H W, 1981. The skull of *Morganocodon*. Zool J Linn Soc, **71**:1~158

Romer A F, 1966. Vertebrate Paleontology. Chicago and London: Univ Chicago Press. 372

Sun A L(孙艾玲), 1988. Additional study of *Sinognathus gracilis* (Cynodontia, Reptilia). Vert PalAsiat (古脊椎动物学报), **26**(3):173~180 (in Chinese with English summary)

Young C C, 1959. Note on the first cynodont from the *Sinokannemeyeria*-Faunas in China. Vert. PalAsiat, **3**(3): 124~131

图版说明 (Explanations of plates)

完美中国颌兽头骨化石标本 CT 扫描切面相片(The CT scan photographs of the type specimen of skull of *Sinognathus gracilis* Young 1959)

简字说明 abbreviations used in the figures: ex—鼻腔内异物, fps—额顶骨突
(标尺 Scale bar = 10mm)

图版 I (Plate I)

- #174, 经过颧弓的水平切面(Horizontal section of skull cutting through the jugal)
- #164, 经过上颌齿列的水平切面(Horizontal section of skull cutting through the upper teeth)
- #137, 中央矢状切面(Sagittal section of skull cutting through the midline of skull)
- #107, 经过枕骨板位置的横切面(Transverse section of skull cutting through the occipital plate bone)

图版 II (Plate II)

- #19, 经过吻前部的横切面(Transverse section of skull cutting through the anterior part of the snout)
- #36, 经过吻后部的横切面(Transverse section of skull cutting through the posterior part of the snout)
- #45, 经过眼孔前缘的横切面(Transverse section of skull cutting through the frontal of the orbital)
- #57, 经过眼孔的横切面(Transverse section of skull cutting through the orbital)

图版 III (Plate III)

- #62, 经过眶后骨的横切面(Transverse section of skull cutting through the postorbital)
- #67, 经过颧孔前部的横切面(Transverse section of skull cutting through the anterior part of the temporal opening)
- #84, 经过颧孔中部的横切面(Transverse section of skull cutting through the middle part of the temporal opening)
- #100, 经过颧孔后部的横切面(Transverse section of skull cutting through the posterior part of the temporal opening)





