

# 鳄类心脏形态功能的探讨

张 一

(北京建工医院)

康景贵

(中国科学院动物研究所)

吴启军

(东北林学院)

王占云

(北京动物园)

本文对 4 种共 10 例鳄的心脏和大血管进行了解剖学和组织学观察。发现鳄类肺动脉瓣的心室侧有厚层平滑肌组织，它不仅有助防止血液逆流，必要时还可暂停血液顺流，即鳄类的肺动脉瓣具有双向阻断的特殊生理功能。

## 实 验 观 察

经观察表明，鳄类心肌自身的血液供应有两种方式，外层心肌靠密闭式的冠状循环供血，海绵层心肌则主要靠开放式的心腔血液直接灌注，只有开放式的心肌供血才能使鳄心有暴发力，以适应由静态突然转变为强烈地动态。

爬行纲是不完全的双循环，鳄亚纲为古老而特化的一类，现仅存鳄目。像鸟类和哺乳类

动物那样，鳄类的心脏已属于分隔完善、高级范畴的四腔心脏，但为适应典型的爬行动物生活，尤其半水栖性生活，鳄类心脏还有一些独具特色的解剖生理结构，本文试图对此进行探讨。

我们对两例扬子鳄 (*Alligator sinensis*)、两例马来鳄 (*Tomistoma schlegeli*)、两例密河鳄 (*Alligator mississippiensis*) 和四例湾鳄 (*Crocodylus porosus*) 的心脏及大血管，进行了解剖学、显微解剖学和组织学观察，对马来鳄肺动脉瓣除常规 H、E 染色外，还进行了特殊染色。以马来鳄为模式进行描述。

同其他爬行类动物一样，鳄类没有动脉圆锥，只是在心底形成三条大动脉。前、后腔静脉到达心包之后即将进心房之前，于右心房背侧

汇合成静脉窦,窦内面出现梳状肌,窦中间有窦房孔可通入右心房。

心房位于心室前方、三条大动脉基部的背侧,借薄薄的房间隔分成左心房和右心房,心房背壁较薄,腹壁和侧壁稍厚,梳状肌很发达,右心房背壁的两条膜状皱襞形成窦房瓣(图5,图1—5见封2),左心房背壁有肺静脉汇入。

心室肌很厚,有完善的室间隔,分左心室和右心室。右房室瓣在右房室之间的室侧,与鸟类相似,为前宽后窄的长三角形肉质膜片,由心室壁褶皱而成,不是膜性瓣。左房室瓣在左房室之间的室侧,为前大后小的两个膜状瓣。

在左心室最右侧与室间隔腹侧发出右主动脉,其根部有左前和右后两个兜状瓣膜;在右心室最左侧与室间隔背侧发出左主动脉,其根部亦有左前和右后两个兜状瓣膜;靠左主动脉的右前方发出肺动脉,其根部有前后两个兜状瓣膜。

右心室流出道主要指向肺动脉。

肺动脉瓣与左、右主动脉瓣同属兜状瓣,但从右心室腔仰视肺动脉瓣的闭锁缘(即兜底部),有厚的肌性隆起(图1和图2),当前后两个瓣膜的肌性隆起在收缩状态相接时,相互镶嵌极其严密,就像心室壁的一部分,毫无心瓣膜的痕迹。

在右主动脉根部的左前瓣膜兜,有左、右冠状动脉开口,它分出冠状动脉的左前枝、左后枝、右前枝和右后枝,冠状静脉经冠状窦流回右心房。

右主动脉根部背侧与左主动脉根部腹侧的交点处,有一梭形孔隙,将右主动脉的右后瓣膜兜和左主动脉的左前瓣膜兜沟通,即所谓 Panizza 氏孔,从心脏纵断面看,右主动脉的右后瓣膜兜和左主动脉的左前瓣膜兜,在室间隔的顶端构成杯形,杯中的界墙为左、右主动脉的共壁,壁下缘和杯底之间的空隙,就是 Panizza 氏孔的具体位置。

三条大动脉离开心室后,肺动脉分别进入左、右肺,右主动脉分出总颈动脉干后转向右后,左主动脉转向左后并分出腹腔动脉,最后

左、右主动脉合并为背主动脉。

心尖区有结缔组织索条与心包膜牢固联接。

用解剖显微镜观察鳄类心室壁,可分三层,外层为纵肌层,中层为环肌层,此两层均为致密肌层,而内层为海绵状肌层,由为数众多、粗细不等的肌束,纵横交织而成,肌束之间为狭长的孔隙,孔隙与孔隙之间迂迴相通,并直通心腔(图3),海绵状肌层的厚度,平均为心壁厚度的3/4。

用生物显微镜观察心肌组织切片,见心外膜、纵肌层、环肌层之间境界清楚,借疏松结缔组织联成一个整体,冠状血管系统在其间呈密闭式循环。海绵状肌层只偶见肌组织间有微血管(图4),各肌束表面均衬覆内皮细胞,肌束与肌束之间有孔隙相隔,这许多孔隙四通八达,最终借多条途径与心腔相通。

肺动脉瓣膜的肌性隆起,主要由平滑肌组成,肌间有多量疏松结缔组织。在心脏纤维环尚见到有纤维软骨组织。

## 讨 论

由于对爬行类动物的解剖学研究不够深入,故对富氧(动脉)血与缺氧(静脉)血混流的问题,曾有误解,以为心室间孔之类的混流结构是一种‘缺陷’,似乎混流必然是缺氧血混流入富氧血中,并且这种混流是固定不变地持续进行(图6)。

近来研究表明,大多数爬行类动物将富氧血与缺氧血混流的结构,如鳄类的 Panizza 氏孔、龟类和蜥类的心室间孔和 Botallo 氏管等,均有特殊的实用价值。

由本组解剖资料看出,鳄类右心室流出道主要是通往肺动脉,又因正常情况下肺循环压力远较体循环低,故心室收缩时,右心室的缺氧血几乎全部进入肺动脉,左心室的富氧血进入右主动脉,除供应心冠动脉和总颈动脉外,还通过 Panizza 氏孔来分流富氧血进入左主动脉,因而进入腹腔动脉和背主动脉的也基本是富氧血,鳄类这种周身均由富氧血供应的情况,是经

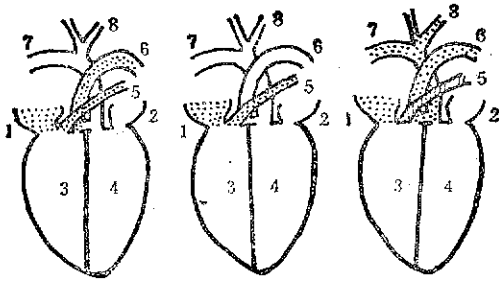


图6 1.右房; 2.左房; 3.右室; 4.左室; 5.肺动脉; 6.左主动脉; 7.右主动脉; 8.总颈动脉。心室收缩时,左室富氧血流入右主动脉,右室缺氧血流入肺动脉,误认为也流入左主动脉或经 Panizza 孔也混流到右主动脉。图7心室收缩时,左室富氧血流入右主动脉,经 Panizza 孔也流入左主动脉,右室缺氧血仅流入肺动脉,不入左主动脉。图8潜水时,右室血液流入左主动脉和经 Panizza 孔入右主动脉,但肯定不入肺动脉

常的和正常的情况(图7)。

鳄鱼潜水时,肺动脉收缩、肺动脉瓣关闭(见后),右心室血液只能转经左主动脉流出,这时左主动脉压力反比右主动脉为高,于是 Panizza 氏孔便发生由左向右的分流,使心、脑等重要器官的血液不致中断,即是说,鳄鱼只是在潜水时缺氧血向富氧血混流,这种情况是暂时的和非常的情况(图8)。

鳄鱼潜水时,虽然肺循环停止,但在水中仍有氧耗,长时间不呼吸便产生氧债和高碳酸血症,到一定程度鳄鱼还是要进入到空气中,这时肺动脉瓣又开放,正常的肺循环恢复,潜水时贮藏的二氧化碳释放出来,肺内血液重新氧合……。

本组鳄鱼肺动脉瓣的肌性隆起,经证明属于平滑肌,推论它也像肺动脉的平滑肌一样受植物神经支配,当肺动脉瓣的平滑肌组织收缩时,就形成一个极严密并强有力的障壁,保证右心室血液丝毫不能进入肺动脉。

一般动物的心脏瓣膜,只有单向阻断的作用,即仅有防止血液逆流的作用,没有阻止血液顺流的作用,甚至在某种程度上还便于血液顺流。只有鳄鱼心脏的肺动脉瓣,因有特殊发育的平滑肌组织而具有双向阻断的作用,即不仅可防止血液逆流,必要时还可阻止血液顺流。而彻底阻止右心室血液进入肺动脉的作用,正是

鳄鱼心脏在潜水时变双循环为单循环的一个关键性生理功能,在所能查及的生物学和解剖学文献中,对这种有双向阻断功能的心瓣膜,尚未见报道。

蛙类、蜥类、龟类的心脏,在右主动脉和肺动脉之间有 Botallo 氏管,当潜水时虽难免有少量右心室血液进入肺动脉,但由于全体肺动脉收缩,血液不易入肺便转经 Botallo 氏管入右主动脉。而鳄类的 Botallo 氏管已高度退化成一条韧带,推想由于鳄鱼有了双向阻断能力的肺动脉瓣,所以 Botallo 氏管才发生了废用性退化。

鸟类、哺乳类的心脏,不存在富氧血与缺氧血的混流,但也不具备将双循环变为单循环的能力,因而就难以长时间潜水。鳄鱼离开水就不能生存,为了适应半水栖性生活,鳄鱼就必须有 Panizza 氏孔之类将富氧血与缺氧血混流的解剖生理结构。

曾有人认为蛙类心肌海绵层的功能在于将富氧血和缺氧血混匀,在所能查及的文献中,尚未见到有关鳄鱼类心肌海绵层的讨论,作者认为鳄鱼类心肌海绵层除能增加心脏弹性外,主要利于心肌直接从心腔血液中摄取营养,其根据: 1.致密层心肌有丰富的冠状小血管,海绵层心肌则基本不见冠状小血管(图4)。2.海绵层心肌中为数众多的孔隙,无一不与心腔沟通(图3)。3.海绵层心肌肌束的表面仅衬覆薄薄一层内皮细胞,不像哺乳类那样有相对较厚的心内膜。

有多种原因使鳄鱼由静态突然变为激烈的动态,根据鳄鱼冠状动脉的孔径,显然负担不了这种突变,这就更使人有理由推论鳄鱼类心脏自身的血液供应,除靠密闭式的冠状血管外,同时还靠心腔血液直接向海绵层灌注。鳄鱼愈是激烈运动,其心腔血压就愈高,灌注效果就愈好,只有靠心腔血液直接灌注,心脏才具有强大的爆发力来适应鳄类的动、静突变。

心脏组织离开冠状血管而直接从心腔血液汲取营养的例子并不少见,例如哺乳类心脏的房室瓣膜,绝大部分没有营养血管,而主动脉瓣

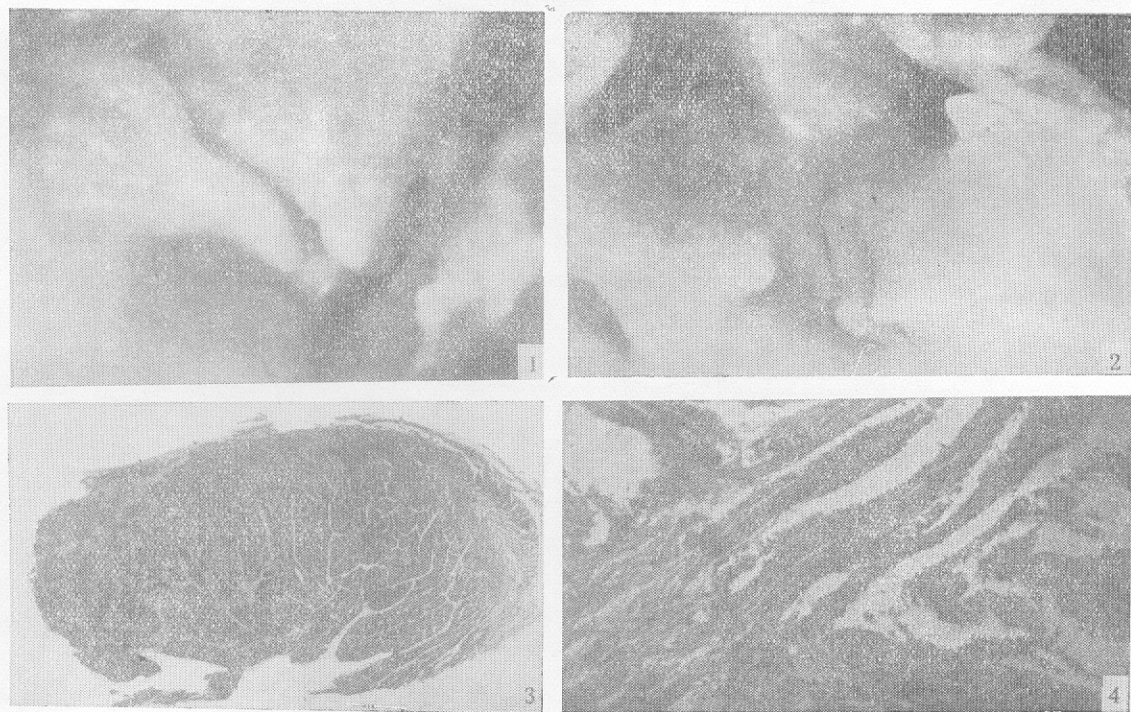
膜根本没有血管，心瓣膜与乳头肌之间的腱索也没血管，这些组织的营养显然是从心腔血液中去汲取。1975年 Anversa 及其同事曾报道，主动脉的内皮细胞之间有紧密连接，而心脏的内皮细胞之间有裂隙。经证明示踪剂可透过心内膜，至于向哪个方向通透，则在于心腔和心肌的压力差……这些基础研究，对我们理解鳄类

心肌可直接从心腔血液汲取营养不无启发。

### 参 考 文 献

- Webster 1974 Comparative vertebrate morphology  
Academic Press. New York. 403—405.
- White. F. N. 1968 Functional anatomy of the heart of reptiles. *Am. Zool.* 8; 211—220.
- 靳任信 1981 解剖学进展 人民卫生出版社 176—177。

# 鳄类心脏形态功能的探讨——附图



## 显示哺乳动物受精卵原核的方法——附图

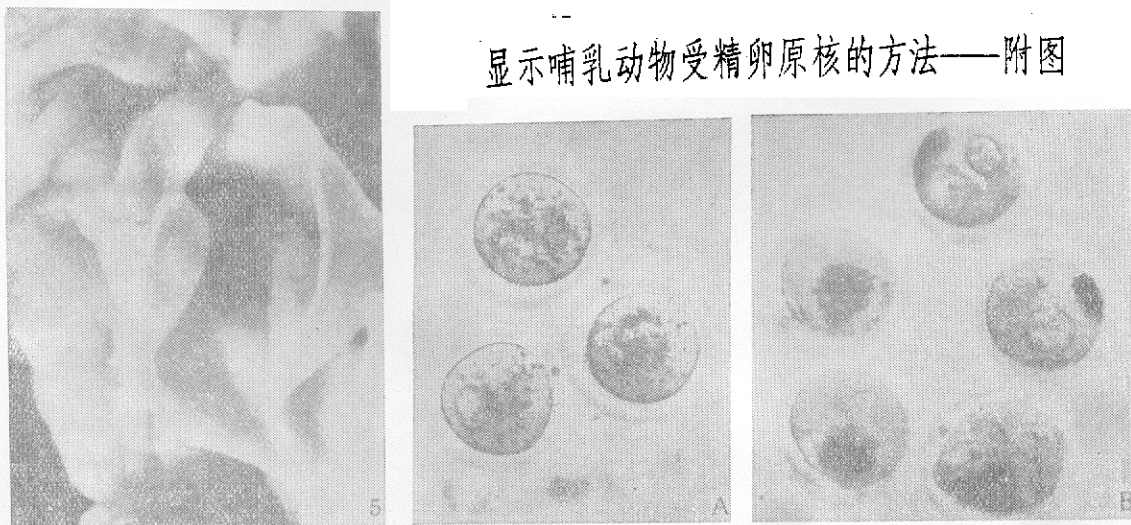


图1 肺动脉瓣闭合时,肌性隆严密贴合, 图2 左侧为肺动脉前瓣,右侧为后瓣,上部为瓣膜疣,下部为肌性隆起;  
图3 心室肌切片,左缘为纵肌层; 图4 左下为致密肌层,有丰富的冠状小血管,右上为海绵肌层但不见血管,肌束  
间隙通心腔; 图5 窦房瓣。图A 离心前的 C<sub>57</sub>BL/6J 小鼠卵子; 图B 离心后的 C<sub>57</sub>BL/6J 小鼠卵子,原核  
核仁清晰可见。