

超声成像在扬子鳄卵巢等器官形态检测中的应用

赵丹阳^① 江峰^② 孙拂晓^① 周永康^③ 王朝林^③ 吴孝兵^{①*}

① 安徽师范大学生命科学学院 芜湖 241000; ② 皖南医学院第一附属医院 芜湖 241000;

③ 安徽扬子鳄国家级自然保护区管理局 宣城 242034

摘要: 扬子鳄 (*Alligator sinensis*) 是中国特有的珍稀物种, 该物种的生长、繁殖状况一直备受关注, 分别在 2014 年 3 月 (冬眠期) 和 6 月 (繁殖期) 对 17 条成年雌性扬子鳄腹部应用 VIVID I 型彩色多普勒超声 (B 型超声) 便携诊断仪进行检测, 并对 3 月份卵巢卵泡大小用 SPSS 19.0 回归分析。扬子鳄心、肝、肠等内脏器官形态在 B 型超声诊断仪下清晰可见。冬眠期 17 条扬子鳄两侧卵巢中共检测到 41 枚卵泡, 繁殖期共 42 枚。冬眠期卵泡处于低回声暗区或无回声暗区的未成熟状态, 繁殖期多数卵泡的发育状态与 3 月相同, 少数卵泡呈高回声暗区, 此时已形成卵黄颗粒, 也有呈高回声亮光区形成卵黄膜的卵泡。对 3 月份检测的 17 条扬子鳄具有卵泡的 19 个卵巢大小与卵泡大小进行回归分析, 卵巢随卵泡发育而增大。本研究探讨了 B 超这种低损伤方法对扬子鳄检测的有效性, 同时评估卵泡发育状况, 提高繁殖鳄的筛选正确率。

关键词: 扬子鳄; 卵巢; 卵泡; 超声成像 (B 超)

中图分类号: Q955 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2016) 05-914-08

Ultrasonography of Ovaries and Other Organs in Chinese Alligator (*Alligator sinensis*)

ZHAO Dan-Yang^① JANG Feng^② SUN Fu-Xiao^① ZHOU Yong-Kang^③
WANG Chao-Lin^③ WU Xiao-Bing^{①*}

① College of Life Sciences, Anhui Normal University, Wuhu 241000; ② The First Affiliated Hospital of Wannan Medical College, Wuhu 241000; ③ Anhui Chinese Alligator National Natural Reserve Administration, Xuancheng 242034, China

Abstract: Chinese Alligator (*Alligator sinensis*) is a rare species endemic to China. Up to now, the growth and reproduction of Chinese Alligator have been received much attention. In this paper, we used the color doppler ultrasonic diagnostic apparatus (VIVID I) to examine the abdomen of 17 adult female alligators in March (hibernating period) and June (breeding season) 2014, respectively, and the sizes of ovarian follicles in

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 31472019, 31272337);

* 通讯作者, E-mail: wuxb@mail.ahnu.edu.cn;

第一作者介绍 赵丹阳, 女, 硕士研究生; 研究方向: 动物生理学; E-mail: menglongpai@163.com。

收稿日期: 2016-01-12, 修回日期: 2016-04-27 DOI: 10.13859/j.cjz.201605022

March was analyzed by regression analysis using SPSS 19.0 software. The internal organs including heart, liver and intestine were clearly observed. A total of 41 follicles during hibernating period and 42 follicles during breeding season were examined. Follicles in low or no echo dark area were immature during hibernation. Follicular development in reproduction period was basically the same as in March. A handful of follicles in high echo dark space had formed yolk granules while others in high echo light area had formed the vitelline membrane. Regression analysis of 19 follicles' sizes indicated that the ovary size increased with the follicular development. The shapes of organs as well as the structure of heart were readily discernible with ultrasonography. Process of blood flow in heart could be detected by color doppler ultrasound. Heart rates were 12 and 43 counts per minute in hibernating period and breeding season, respectively. We show that ultrasonography is a low-invasive way that can be used to assess follicular development. In Chinese Alligator, which increases accuracy of sieving in breeding alligator.

Key words: Chinese Alligator, *Alligator sinensis*; Ovary; Follicles; Ultrasonography

扬子鳄 (*Alligator sinensis*) 是中国特有的濒危物种, 世界上最濒危的鳄类之一 (Thorbjarnarson et al. 2001)。目前有关扬子鳄性成熟时间还没有准确报道, 陈壁辉 (2003) 提出野生扬子鳄雌性成熟的估计年龄是 9 ~ 11 年之间, 饲养鳄的性成熟时间是 5 ~ 7 年 (朱久康等 1997)。性腺发育是一个极其复杂的生理过程, 受到多方面因素的影响, 因而准确掌握扬子鳄性腺发育的情况对于提高其繁殖率具有重要的意义。

超声成像 (B 型超声) 诊断仪最早应用于人类的生殖医学 (Lance et al. 2009), 随着仪器的轻便化发展, 该技术已被应用于爬行动物的繁殖生物学 (Sacchi et al. 2012) 等方面, 例如濒临灭绝的太平洋绿龟 (*Chelonia mydas*) 繁殖产量的分析 (Blanco et al. 2012); 野生成年雄性红海龟 (*Caretta caretta*) 内脏器官运用超声技术、腹腔镜检进行对比分析 (Pease et al. 2010); 幼年红海龟主动脉、髂动脉、肝静脉等血流速度测量 (Valente et al. 2008); Gilman 等 (2007) 对 5 种蜥蜴的窝卵数、窝卵体积、卵泡发育状态进行 B 超检测; 缅甸蟒蛇 (*Python molurus bivittatus*) 心的结构、血流量也可使用二维超声检测技术 (Snyder et al. 1999)。Coutinho (2000) 运用该技术对野生雌性凯门鳄 (*Caiman yacare*) 排卵前期卵泡大小进行了

检测。爬行类卵泡发育可分为卵黄形成前期和卵黄形成期 (蔡亚非等 2004), 传统对扬子鳄卵泡发育程度的检查主要是通过组织学的方法, 并且需要处死所研究动物, 然后连续取样才能获得卵泡发育的变化规律 (蔡亚非等 1999)。而这种连续处死取样对于珍稀动物扬子鳄来说困难较大。因此利用 B 型超声诊断技术对扬子鳄的卵巢发育情况进行活体检测就显的尤为重要。本研究将为 B 超诊断扬子鳄卵巢发育过程的可行性提供科学依据, 同时也为特定时期卵泡的大小、形态及发育情况提供基础性资料。

1 材料与方法

1.1 仪器设备

美国 GE 公司 VIVID I 型彩色多普勒超声便携诊断仪, 其体表电子凸阵扇形探头频率 4.5 MHz, 探头最大探测深度约 160 mm。

1.2 实验动物

于 2014 年 3 月份 (冬眠期) 和 6 月份 (繁殖期) 分别对安徽扬子鳄国家级自然保护区管理局提供的 17 条成年雌性扬子鳄卵巢、卵泡及心、肝、肠道、泄殖腔进行 B 超检测。实验动物平均体长 (154.0 ± 8.3) cm (吻端至尾端长度), 躯干长 (78.0 ± 4.0) cm (吻端至泄殖腔长度), 平均体重 (15.5 ± 2.2) kg。

1.3 检测方法

冬眠期的扬子鳄处于安静状态且圈养在越冬池，比较容易捕获；繁殖期放养在人工饲养池，难度相对较大，要等其安静下来再进行捕获和检测。用套锁捆绑于扬子鳄头部将其从池中捕获，手指伸进泄殖腔探查，摸不到交媾器的为雌性。捕捉到的雌性腹部向上平放，抚摸颈部使其保持安静，将涂有耦合剂的 B 超探头对准腹部，以泄殖腔为基准逐一扫描卵巢，电子测径尺测量卵巢和卵泡，分别获得两组直径数据，标尺位于左侧，间距为 1 cm，用两组数据的乘积表示其大小。根据卵黄颗粒是否形成可将扬子鳄卵泡分为卵黄形成前期和卵黄形成期（许多等 2010）。此外对心、肝、肠道进行探查，扫描到合适图像后稳住探头，冻结图像，对各器官的位置、内部回声结构、形态以及心率进行记录，并储存图片。

1.4 数据处理

电子测径尺测得卵巢、卵泡各两个直径值，求平均值得到卵巢、卵泡大小。SPSS 19.0 对所有个体体长、躯干长、体重计算均值，并对 B 超视野下 3 月份探查到卵泡的 19 个卵巢的大小及卵泡大小进行回归分析， $P < 0.01$ 认为有显著线性关系。

2 结果

2.1 各器官位置的探查

B 超观察以泄殖腔为基准，一对卵巢及卵泡位于泄殖腔上方第 10~15 行鳞片之间，心位于 17~18 行鳞片左侧，肝位于 15~17 行鳞片间（图 1）。

2.2 卵巢及卵泡的探查

在 B 超视野下，统计卵泡数量，冬眠期（3 月份）17 条扬子鳄的右侧卵巢共 17 枚卵泡，左侧 24 枚，都处于卵黄形成前期。繁殖期（6 月份）17 条扬子鳄的右侧卵巢共 17 枚卵泡，左侧 25 枚（表 1），这一时期卵黄形成前期卵泡占多数，少量处于卵黄形成期。

冬眠期扬子鳄卵巢 B 超检测结果显示，17

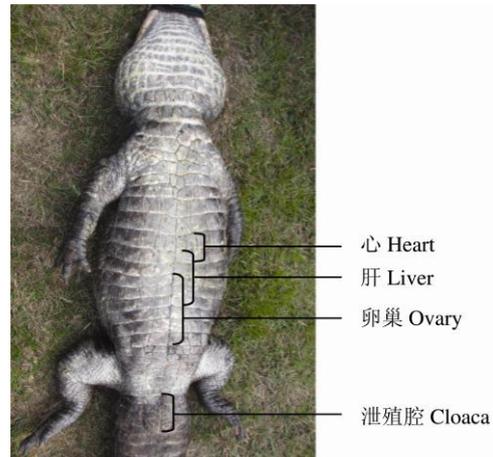


图 1 B 超检测扬子鳄各器官的位置

Fig. 1 The locations of organs in Chinese Alligator in ultrasonic testing

条扬子鳄卵巢大小不同（图 2）。其中，有 7 条个体两侧卵巢中均分别可见大小不一、数量不等、呈圆形或椭圆形的规则无回声黑色暗区（图 2），即存在大小不一的未成熟卵泡，另外有 5 条个体仅左侧卵巢中发现卵泡（表 1）。

对 3 月份 B 超影像下双侧卵巢均观察到卵泡的 7 条扬子鳄及仅左侧卵巢观察到卵泡的 5 条扬子鳄的共 19 个卵巢大小及其卵泡大小进行回归分析，二者具有线性关系（ $P = 0.001$ ， $R^2 = 0.551$ ，图 3），卵巢大小与卵泡大小变化一致，即在扬子鳄较大的卵巢中存在大卵泡的机率高。

繁殖期的 B 超检测结果显示，17 条扬子鳄卵巢中存在发育情况不同的卵泡，其中 9 条个体未观察到卵泡（表 1），5 条个体卵泡的发育程度与 3 月份基本一致，大小都在 $2.0 \text{ cm} \times 2.0 \text{ cm}$ 以下，B 超图中呈圆形或椭圆形无回声黑色暗区，透声较好，边界清晰，壁菲薄（图 4a, b）。1 条个体两侧卵泡形成了卵黄颗粒，见图 4c，有较高回声灰暗区，表示卵泡处于形成卵黄颗粒时期，所测形成卵黄颗粒的最小卵泡为 $2.5 \text{ cm} \times 1.9 \text{ cm}$ 。另外 2 条个体卵巢中的卵泡发育情况比较复杂（图 4d），既有卵黄形成前期的卵泡，也有形成卵黄颗粒的卵泡和卵

表 1 冬眠期和繁殖期扬子鳄 B 超检测卵泡数量

Table 1 Follicle quantity of Chinese Alligators in hibernating period and breeding season as revealed by ultrasonic testing

编号 Number	冬眠期卵泡数量 (枚) Follicle quantity in hibernating season		繁殖期卵泡数量 (枚) Follicle quantity in breeding season	
	右侧卵巢 Right ovary	左侧卵巢 Left ovary	右侧卵巢 Right ovary	左侧卵巢 Left ovary
1	5	1	/	/
2	3	5	/	/
3	/	/	/	/
4	1	1	2	2
5	/	/	3	4
6	2	1	1	3
7	/	3	/	/
8	3	3	/	/
9	/	/	5	6
10	/	/	1	2
11	1	3	/	/
12	2	1	/	/
13	/	1	/	/
14	/	/	2	6
15	/	1	2	1
16	/	3	1	1
17	/	1	/	/
共计 Total	17	24	17	25

“/”表示未检测到卵泡。“/” indicated no follicle was detected.

黄膜的卵泡, 呈高回声的亮光区, 测得形成卵黄膜的最大卵泡是 3.2 cm × 2.8 cm。

2.3 其他内脏器官

心的 B 超影像图可见心房、心室(图 5a), 心房较小, 心室较大, 瓣膜收缩可见一股红色为主的五彩血流穿过隔从心房流向心室(图 5b)。测量其中一条扬子鳄心房壁厚度为 0.24 cm, 心室壁 0.83 cm, 3 月份(测量时环境温度为 15℃)平均心率 12 次/min, 6 月份(测量时环境温度为 23℃)平均心率 43 次/min。

B 超探查肠道和肝(图 6), 可见泄殖腔和肠管, 显示无回声的黑色暗区, 肝形态饱满, 轮廓清晰, 呈三角形, 实质回声稍密集。

3 讨论

3.1 B 超检测在扬子鳄繁殖研究方面的作用

扬子鳄每年 6、7 月份为产卵期, 每窝排卵数不等, 一般为 10~40 枚(汪国宏等 2000, 陈壁辉 2003), 由于鳄卵巢内卵泡呈无数重叠状, 所以本研究中观察到的卵泡数量远远小于该值, 表明 B 超检测到的卵泡数量不是卵巢中实际卵泡数量, 而是 B 超视野中的数量。Lance 等(2009)对密西西比鳄(*A. mississippiensis*)卵泡的研究也证明了 B 超无法在排卵前精确测量出卵泡的数量。从超声视野下卵泡数量统计发现, 冬眠期和繁殖期卵泡总数基本一致, 但是两个时期的左侧卵巢中卵泡数量都比右侧多, 同一个体两侧卵泡大小相比, 冬眠期右侧较大卵泡多于左侧, 而繁殖期左侧较大卵泡则多于右侧, 这一现象的原因有

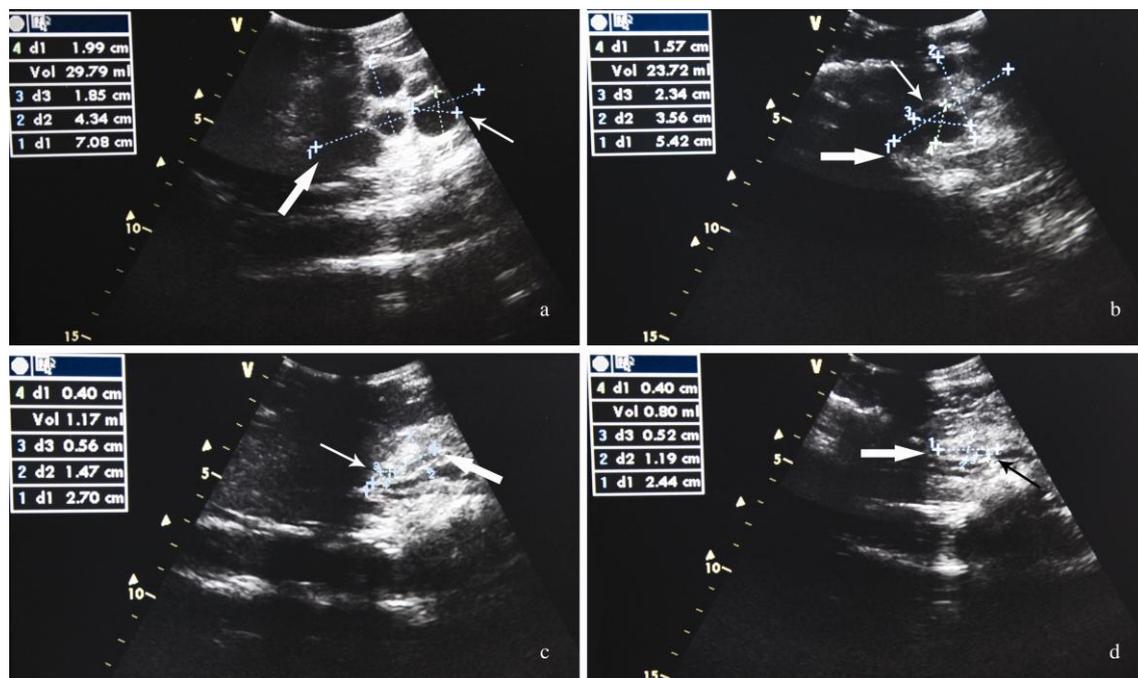


图 2 B 超视野下 3 月份卵巢和卵泡影像

Fig. 2 The images of ovaries and follicles under the view of ultrasonography in March

图中圆形或椭圆形黑色暗区即为卵巢中大小不一的卵泡。a. 细箭头所示为右侧最大卵泡 (1.85 cm × 1.99 cm) 位于大小为 7.08 cm × 4.34 cm 的卵巢中 (粗箭头)；b. 细箭头为左侧最大卵泡 (2.34 cm × 1.57 cm) 位于 5.42 cm × 3.56 cm 的卵巢中 (粗箭头)；c. 细箭头为右侧最小卵泡 (0.56 cm × 0.40 cm) 位于大小为 2.70 cm × 1.47 cm 的卵巢中 (粗箭头)；d. 黑色细箭头为左侧最小卵泡 (0.52 cm × 0.40 cm) 位于 2.44 cm × 1.19 cm 的卵巢中 (粗箭头)。细箭头指示卵泡，粗箭头指示卵巢。图中连线 1、2 为卵巢直径，3、4 为卵泡直径。

The round or oval dark areas indicated different sizes of follicles in the ovaries. a. Thin arrow showed the largest follicle 1.85 cm × 1.99 cm in the right ovary 7.08 cm × 4.34 cm (thick arrow); b. Thin arrow showed the largest follicle 2.34 cm × 1.57 cm in the left ovary 5.42 cm × 3.56 cm (thick arrow); c. Thin arrow showed the smallest follicle 0.56 cm × 0.40 cm in the right ovary 2.70 cm × 1.47 cm (thick arrow); d. Thin black arrow showed the smallest follicle 0.52 cm × 0.40 cm in the left ovary 2.44 cm × 1.19 cm (thick arrow). Thin arrows pointed the follicles and thick arrows pointed the ovaries. The connecting lines 1 and 2 indicated dimensions of ovaries, 3 and 4 designated dimensions of follicles.

待进一步研究。

澳洲淡水鳄 (*Crocodylus johnstoni*) 的 B 超检测被用来研究卵泡外观、大小、数量 (Tucker et al. 1997)，密西西比鳄 B 超检测研究不同发育状态下的卵泡 (Lance et al. 2009)，但未将冬眠期与繁殖期的发育状态进行对比。本研究结果表明，超声诊断仪可快速可视化成年雌性扬子鳄卵巢中卵泡的发育状态，并具有精准和非侵入性的特点。对处于冬眠期和繁殖期卵巢情况分别进行 B 超检测发现，冬眠期扬子鳄卵巢已经开始发育，卵泡也处于卵黄形成

前期的缓慢发育状态，不同的个体卵巢体积各不相同，卵泡大小差距较大，但一般小于 2.0 cm × 2.0 cm。卵泡的发育会使得卵巢体积增大，卵泡大小决定其发育为成熟卵泡的趋势，只有成熟卵泡才能受精。卵巢体积在评价卵巢储备功能上具有参考价值 (杨卉 2000)。

与冬眠期相比，繁殖季节不同个体的卵泡差距很大，同一个体卵泡发育情况也不尽相同。在不同个体卵巢中的卵泡呈现出不同发育阶段，多数个体卵巢中发现存在与 3 月份相同，处于卵黄形成前期的发育状态。少数个体的卵

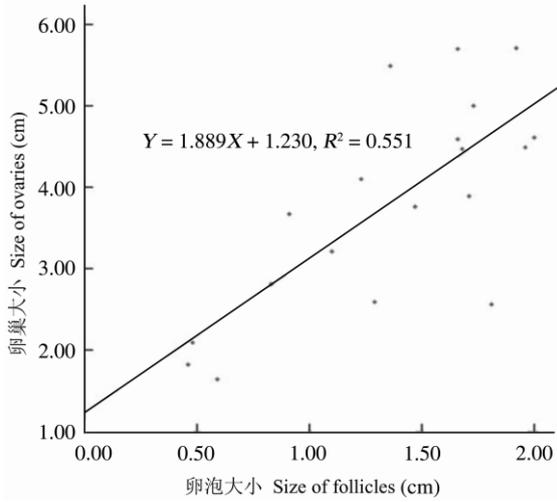


图 3 卵巢大小和卵泡大小线性回归图

Fig. 3 Linear regression figure of ovaries' and follicles' sizes

泡已经形成卵黄颗粒，大小超过 2.0 cm × 2.0 cm，还有部分卵泡外面包被卵黄膜，大小也均超过 2.0 cm × 2.0 cm，这是 3 月份未有的状态。而同一个体卵巢中卵泡发育情况也比较复杂，既有卵黄形成前期的卵泡，也有形成卵黄颗粒的卵泡和形成卵黄膜的排卵前成熟卵泡。Lance (1989) 提出密西西比鳄同时通过两条输卵管排卵，但扬子鳄同一个体两侧卵泡发育状态存在差异，排卵是否同时进行还有待进一步研究。卵泡发育成熟后，在性激素的刺激下从卵巢表面排出，进入输卵管在壶腹部受精 (陈壁辉 2003)。

生活环境对扬子鳄繁殖影响较大，因此在繁殖季节，繁殖能力强的扬子鳄会被安排在繁殖区饲养，以便为其提供更好的营养及栖息环

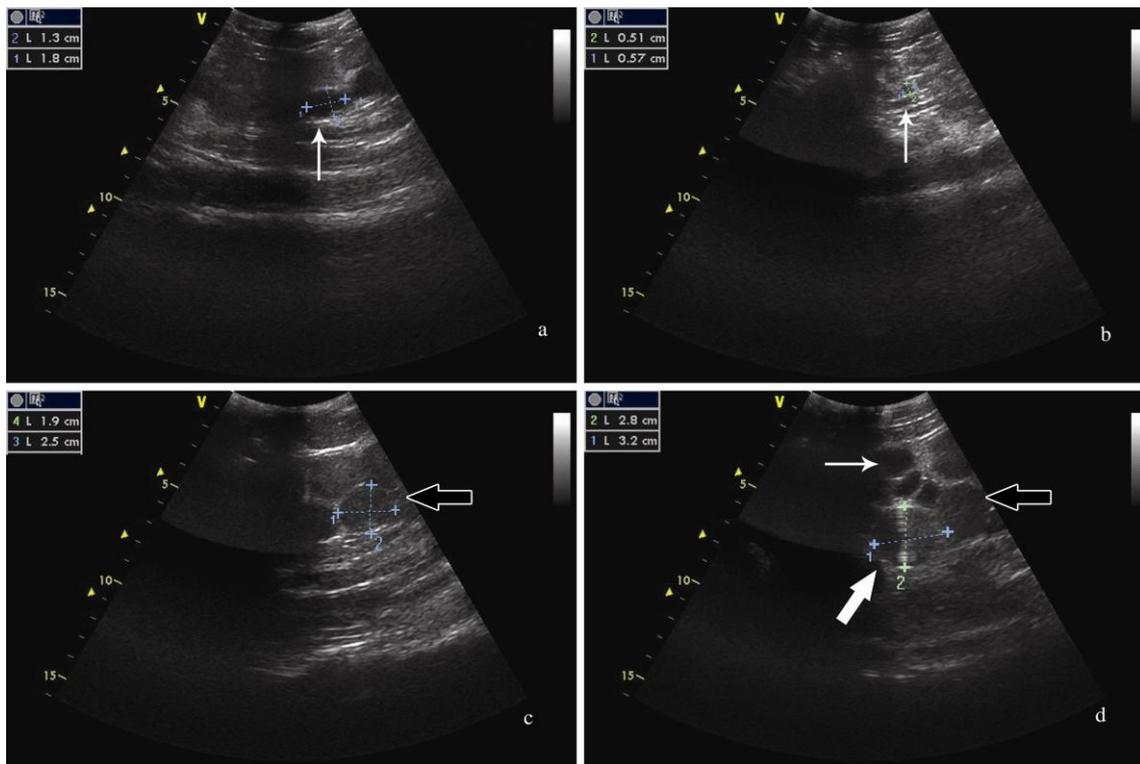


图 4 B 超视野下 6 月份卵泡影像

Fig. 4 The follicular images under the view of ultrasonography in June

图中圆形或椭圆形黑色暗区、灰暗区、亮光区分别为不同发育状态下的卵泡。a, b. 所示分别为 1.8 cm × 1.3 cm 和 0.57 cm × 0.51 cm 大小的卵泡 (细箭头)；c. 所示为 2.5 cm × 1.9 cm 大小的卵泡 (空箭头)；d. 所示为 3.2 cm × 2.8 cm 大小的卵泡 (实心白箭头)。细箭头指示卵黄形成前期的卵泡，空箭头指示形成卵黄颗粒的卵泡，实心白箭头指示形成卵黄膜的卵泡。图中连线 1、2 为卵泡直径。(转下页)

(接上页) The round or oval dark, grey and light areas showed the follicles in different development situations. a, b. The sizes of follicles were 1.8 cm × 1.3 cm and 0.57 cm × 0.51 cm (thin arrow), respectively; c. The size of follicle was 2.5 cm × 1.9 cm (hollow arrow); d. The size of follicle was 3.2 cm × 2.8 cm (solid white arrow). Thin arrow indicated the previtellogenesis, hollow arrow indicated the yolk granule of follicle, and solid white arrow indicated the vitelline membrane of follicle. The connecting lines 1 and 2 indicated dimensions of follicles.

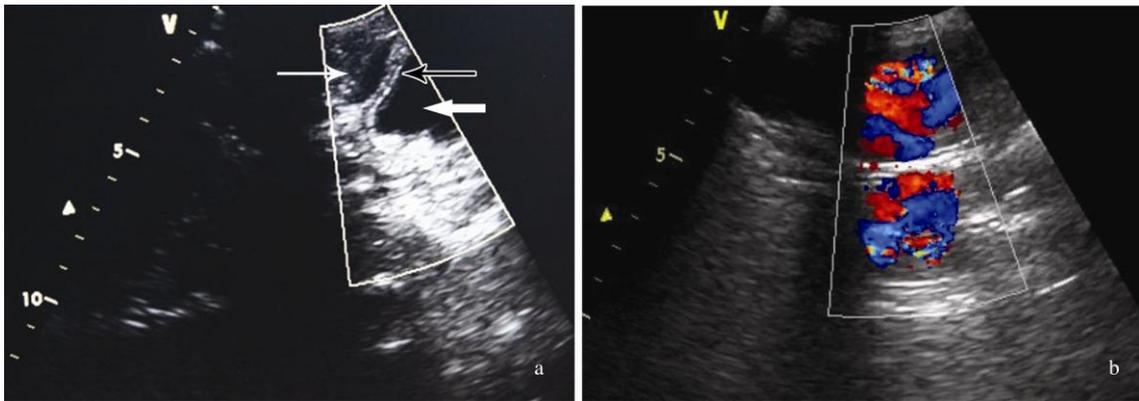


图 5 心的结构及心的血流图

Fig. 5 The figure of structure and blood flow of heart

a. 心房 (白色箭头), 心室 (白色粗箭头), 房室瓣膜 (空心白箭头); b. 心彩超图像, 红色为动脉血, 蓝色为静脉血。
 a. Atrium (white arrow), ventricle (thick white arrow) and atrioventricular valve (hollow white arrow); b. Image of heart detected by color doppler ultrasound, red for arterial blood, blue for venous blood.

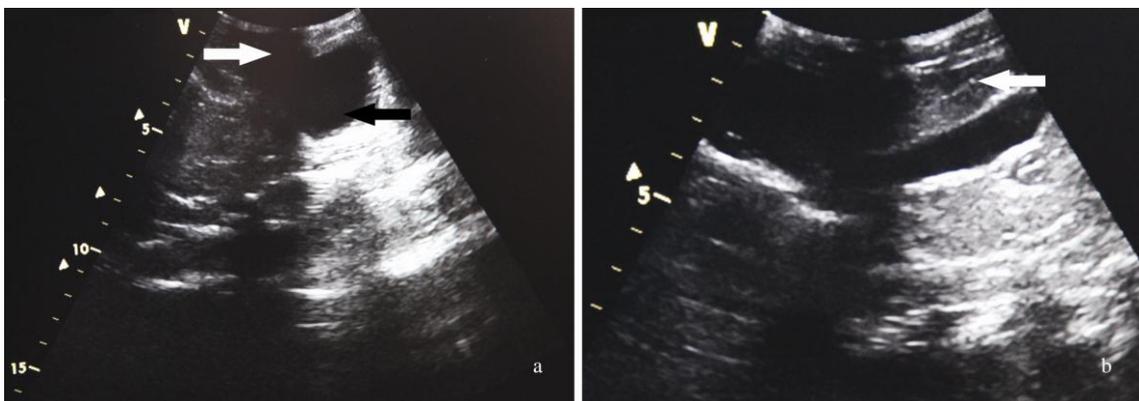


图 6 B 超视野下泄殖腔、肠管、肝影像图

Fig. 6 Ultrasonography images of Cloaca, intestinal canal, and liver

a. 白色箭头所示为泄殖腔, 黑色箭头所示为肠管; b. 白色箭头所示为肝。
 a. White arrow pointed the cloaca, black arrow pointed the intestinal canal; b. White arrow pointed the liver.

境 (汪仁平等 2005), 通过 B 超检测可以快速、低损伤的筛选出卵巢中卵泡发育良好的成年雌性扬子鳄, 为其繁殖状况提供依据, 从而提高用于繁殖扬子鳄的筛选正确率, 有利于资

源的合理分配利用。

3.2 B 超对扬子鳄其他内脏器官检测的准确性

解剖学证据表明, 雌性扬子鳄卵巢位于脊

椎两旁而高踞同侧肾上方, 左右卵巢不对称; 心位于体腔前部相当于第 2~5 行肋之间, 外被心包; 肝呈三角锥型(陈壁辉 2003)。B 超以泄殖腔为基准通过体外鳞片来确定体内器官的相对位置及形态, 卵巢位于 10~15 行鳞片之间, 肝位于 15~17 行鳞片间, 心位于 17~18 行鳞片间, 这与解剖学结果一致, 证实了 B 超检测扬子鳄内脏器官的实用性和准确性。

采用 B 超检测仪在低损伤的情况下检测活体, 具有快捷、灵敏、准确而且图像直观的优势, 能客观反映组织器官的形态学特征。准确记录扬子鳄心构造(心房、心室、瓣膜)以及心泵血功能(泵血过程和心率)。关于扬子鳄的心率, 王昭贤等(1999)在环境温度为 17~19℃ 和 22~25℃ 时记录的心率分别为 14.3 次/min 和 20.2 次/min, 与本次繁殖期测量结果相差较大。扬子鳄冬季肠道中充满了液体, 对于 B 超的应用是可以实现的, 肝的 B 超检测可以提供其形态、位置、大小等信息, 有助于肠道及肝健康状况的评价。本研究同时也为扬子鳄野外放归前的健康诊断提供了一个很好的手段。

参 考 文 献

- Blanco G S, Morreale S J, Velez E, et al. 2012. Reproductive output and ultrasonography of an endangered population of East Pacific green turtles. *The Journal of Wildlife Management*, 76(4): 841-846.
- Coutinho M E. 2000. Population ecology and the conservation and management of *Caiman yacare* in the Pantanal, Brazil. Ph.D. dissertation, University of Queensland, Brisbane, Australia.
- Gilman C A, Wolf B O. 2007. Use of portable ultrasonography as a nondestructive method for estimating reproductive effort in lizards. *Journal of Experimental Biology*, 210(11): 1859-1867.
- Lance V A. 1989. Reproductive cycle of the American alligator. *American Zoologist*, 29(3): 999-1018.
- Lance V A, Rostal D C, Elsey R M, et al. 2009. Ultrasonography of reproductive structures and hormonal correlates of follicular development in female American alligators, *Alligator mississippiensis*, in southwest Louisiana. *General and Comparative Endocrinology*, 162(3): 251-256.
- Pease A, Blanvillain G, Rostal D, et al. 2010. Ultrasound imaging of the inguinal region of adult male loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 41(1): 69-76.
- Sacchi R, Pellitteri-Rosa D, Capelli A, et al. 2012. Studying the reproductive biology of the common wall lizard using ultrasonography. *Journal of Zoology*, 287(4): 301-310.
- Snyder P S, Shaw N G, Heard D J. 1999. Two-dimensional echocardiographic anatomy of the snake heart (*Python molurus bivittatus*). *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 40(1): 66-72.
- Thorbjarnarson J, He L. 2001. Reproductive ecology of the Chinese alligator (*Alligator sinensis*) and implications for conservation. *Journal of Herpetology*, 35(4): 553-558.
- Tucker A D, Limpus C J. 1997. Assessment of reproductive status in Australian freshwater crocodiles (*Crocodylus johnstoni*) by ultrasound imaging. *Copeia*, (4): 851-857.
- Valente A L, Parga M L, Espada Y, et al. 2008. Evaluation of doppler ultrasonography for the measurement of blood flow in young loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*). *The Veterinary Journal*, 176(3): 385-392.
- 蔡亚非, 李君, 陈壁辉. 1999. 无蹼壁虎 (*Gekko swinhonis*) 卵泡发育的研究. *生命科学研究*, 3(1): 58-63.
- 蔡亚非, 刘红林, 王根林. 2004. 蜥蜴类卵泡的卵黄形成. *解剖学杂志*, 27(2): 121-126.
- 陈壁辉. 2003. 扬子鳄研究. 上海: 科技教育出版社, 248-249, 256-257, 149-151, 65-67.
- 汪国宏, 何利军. 2000. 泾县野生扬子鳄卵孵化与环境关系初探. *四川动物*, 19(2): 82-83.
- 汪仁平, 夏同胜. 2005. 人工条件下越冬扬子鳄的繁殖. *动物学杂志*, 40(4): 92-95.
- 王昭贤, 毛伟平, 孙宁珍. 1999. 水栖爬行类呼吸与心脏活动的生理学研究 // 中国动物学院会. 中国动物科学研究——中国动物学会第十四届会员代表大会及中国动物学会 65 周年年会论文集. 北京: 中国林业出版社.
- 许多, 吴孝兵, 王力, 等. 2010. 扬子鳄卵巢类固醇激素受体的免疫细胞化学研究. *水生生物学报*, 34(3): 495-501.
- 杨卉. 2000. 阴道 B 超测量卵巢体积在生殖医学中的价值. *国外医学: 妇幼保健分册*, 11(3): 120-123.
- 朱久康, 李显美. 1997. 扬子鳄在模拟自然生态环境下生长与繁殖习性的初步研究. *水产养殖*, (3): 18-19.