

УДК 639.217:611.1'3'6

РОСТ, РАЗВИТИЕ И ГИСТОСТРУКТУРА ОРГАНОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ, КРОВЕТВОРНОЙ, ВЫДЕЛИТЕЛЬНОЙ И ПОЛОВОЙ СИСТЕМЫ У КАНАЛЬНОГО СОМА ICTALURUS PUNCTATUS

В. Ф. ВРАКИН, М. В. СИДОРОВА, А. Н. СМЕРНОВ

(Кафедра анатомии, гистологии и эмбриологии с.-х. животных)

Сердечно-сосудистая система играет большую роль в жизнедеятельности рыбы, являясь средоточием межтканевого обмена, руслом, по которому к тканям и органам доставляются трофические и пластические вещества. Благодаря указанной системе осуществляется гуморальная регуляция функций организма. Функционально она тесно связана с органами кроветворения: селезенкой, почками (головной и туловищной) и лимфоидной тканью.

Почки пресноводных рыб, особенно туловищная, совмещают кроветворную функцию с дренажной, освобождая организм от избытка воды и тем самым участвуя в осморегуляции [16]. Этот орган принимает участие и в процессах выделения продуктов белкового обмена, хотя указанная функция у пресноводных костистых рыб осуществляется жабрами в 6—10 раз интенсивнее, чем почками [17].

У канального сома возрастные изменения сердца, органов кроветворения и выделения изучены недостаточно. Имеются лишь данные о возрастной динамике индексов туловищной почки, сердца [8], структуре и функции головной почки [16]. Между тем для успешного разведения канального сома необходимо знать особенности полового созревания особей, закономерности роста и

развития гонад в тех или иных климатических условиях. В литературе имеются сведения о сезонном изменении индексов и коэффициентов зрелости гонад канального сома [3, 5], в отдельных работах [6] рассматриваются особенности его полового созревания на юге нашей страны. Однако данные о гистологическом строении органов размножения этого вида рыб в связи с процессами полового созревания и роста в литературе отсутствуют. Нами изучались рост и развитие сердца, селезенки, головной и туловищной почек, семенников и яичников канального сома, выращиваемого в водоеме-охладителе Черепетской ГРЭС.

Материал и методика

Рыб отбирали из садков Черепетского производственно-экспериментального рыбного хозяйства в 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 мес, 2, 3 и 4 года. Сердце (вместе с венозным синусом и луковицей), головную и туловищную почки, селезенку и гонады извлекали и взвешивали. Расчетным путем определяли индекс (относительную массу) этих органов. У рыб в 6 и 18 мес, 3 и 4 года для гистологических исследований брали кусочки туловищной почки, селезенки, семенников, яичников и фиксировали их в

Возрастная динамика относительной массы сердца и селезенки
(% массы тела; $M \pm m$)

Возраст, мес	Сердце		Селезенка	
	♂	♀	♂	♀
3	0,22±0,009	0,17±0,007	—	—
6	0,20±0,005	0,18±0,018	—	—
9	0,21±0,017	0,20±0,018	—	—
12	0,12±0,016	0,10±0,005	0,10±0,005	0,07±0,005
15	0,10±0,005	0,09±0,005	0,06±0,003	0,07±0,004
18	0,12±0,004	0,11±0,011	0,07±0,003	0,06±0,006
21	0,10±0,007	0,11±0,012	0,08±0,014	0,08±0,007
24	0,09±0,005	0,08±0,004	0,06±0,012	0,06±0,004
36	0,08±0,004	0,07±0,008	0,05±0,004	0,06±0,006
48	0,08±0,006	0,07±0,004	0,05±0,003	0,04±0,004

10 %-ном нейтральном формалине. На парафиновых срезах, окрашенных гематоксилин-эозином, определяли: в почке — толщину капсулы, соотношение почечной и кровяной тканей, размеры почечных тел и диаметр канальцев нефрона; в семенниках — стадию и активность сперматогенеза, размеры канальцев; в яичниках — стадию оогенеза, активность вителлогенеза и атрезии. Для выявления в этих органах нейтральных мукополисахаридов использовали метод ШИК [9].

Результаты исследования и их обсуждение

Сердце канального сома невелико, его масса у 3—6-месячных сеголеток составляет 0,02 г, у четырехгодовиков — 1,0—1,4 г. Относительная масса этого органа в среднем равна 1,5—2,0%, она не превышает 3,0% массы всех внутренних органов. Темпы роста сердца, как и всех других внутренних органов, зависят от внешних и внутренних факторов. С возрастом темпы роста сердца снижаются. Так, в 1-й год жизни по сравнению с 3-месячными сеголетками масса сердца у самцов и самок увеличивается соответственно в 6,0 и 5,0 раза, на 2-й — в 3,8 и 3,5, на 3-й — в 2,0 и 1,8 и на 4-й — в 1,6 раза. Скорость роста сердца в 1-й год во многом зависит от сезона года. В осенне-зимний период рост сердца приостанавливается, в зимне-весенний масса этого органа увеличивается в 2,0 раза, а в весенне-летний — в 2,5—3,0 раза. На 2-й год сердце растет более равномерно, наименьший прирост его массы также отмечен зимой (в 1,2 раза).

Масса сердца у самцов и самок до 2-го года существенно не различается, у самцов старших возрастных групп этот показатель становится в 1,3—1,5 раза больше.

Индекс сердца в определенной степени характеризует уровень энергетических затрат организма и тесно связан со скоростью роста тела [13]. У канального сома с возрастом индекс сердца снижался, что обусловлено уменьшением плавательной активности рыб в связи с переходом к придонному образу жизни [8]. У сеголеток в течение осени, зимы и весны данный показатель не изменился (табл. 1), поскольку интенсивность роста сердца и всего тела была почти одинаковая (масса сердца увели-

чилась в 1,9 раза, а масса тела — в 1,8). В весенне-летний период относительная масса сердца резко уменьшается (в 1,8—2,0 раза), так как масса сердца в это время увеличивается гораздо медленнее, чем масса всего тела рыбы; коэффициенты роста составляют соответственно 2,5—3,0 и 5,4—5,5.

В последующие три года индекс сердца несколько уменьшался. У трехгодовалых самцов и самок и у рыб более старшего возраста значение его стабилизировалось на уровне 0,08—0,07%. Индекс сердца у самцов на протяжении всего периода исследования (кроме 21-го месяца) был несколько выше, чем у самок. Более высокий индекс сердца у самцов характерен для многих видов костистых рыб, что указывает на их более высокую плавательную активность [1]. Влияние сезона года на значение индекса сердца не выявлено.

Селезенка канального сома играет большую роль в процессе разрушения клеток крови и гемопоэзе [16]. Масса этого органа невелика: у четырехгодовалых самцов, масса тела которых составляет в среднем 1761 г, она не превышает 0,89 г, у сеголеток — около 20 мг. Масса селезенки у самцов и самок на 2-й год выращивания выросла соответственно в 3,0 и 4,8 раза, на 3-й — в 1,9 и 2,1, на 4-й — в 1,5 и 1,1 раза. Зимой на 2-м году рост селезенки приостанавливается, а у самок ее масса даже несколько уменьшается.

Относительная масса селезенки с возрастом снижается (табл. 1). Селезенка имеет очень тонкую соединительнотканную капсулу, которая не образует трабекул. Сверху капсулу покрывает мезотелий серозной оболочки. Паренхима селезенки разделяется на белую и красную пульпы в зависимости от преобладания тех или иных клеток крови. Ретикулярная основа хорошо просматривается. В красной пульпе она узкопетлистая, в ней отчетливо видны венозные синусы, наполненные эритроцитами. Ретикулярная сеть белой пульпы широкопетлистая. Лакуны ее в 2—3 и более раз шире, чем в красной пульпе, они содержат лимфоциты и эритроциты. Участки белой пульпы локализуются вокруг артерий-кисточек, их форма округлая, напоминающая лимфатические фолликулы селезенки млекопитающих. По-видимому, как и у млекопитающих, в них происходит лимфопоэз, по-

Возрастная динамика относительной массы головной и туловищной почек (% массы тела; $M \pm m$)

Возраст, мес	Головная почка		Туловищная почка	
	♂	♀	♂	♀
3	0,35±0,018	0,34±0,010	1,22±0,025	1,24±0,049
6	0,32±0,026	0,33±0,004	1,15±0,049	1,07±0,057
9	0,31±0,030	0,33±0,010	1,01±0,028	0,95±0,049
12	0,27±0,015	0,27±0,007	0,73±0,040	0,74±0,132
15	0,23±0,021	0,22±0,013	0,66±0,034	0,62±0,077
18	0,24±0,016	0,22±0,010	0,69±0,039	0,76±0,062
21	0,19±0,007	0,20±0,035	0,54±0,036	0,53±0,016
24	0,22±0,009	0,19±0,014	0,73±0,034	0,59±0,140
36	0,13±0,011	0,12±0,008	0,45±0,061	0,41±0,024
48	0,11±0,004	0,10±0,004	0,39±0,019	0,38±0,040

сколько встречаются лимфоциты на разных стадиях созревания и гемоцитобласты, хотя оформленных центров размножения нет. Зрелые лимфоциты рассеяны по всей паренхиме органа. В белой пульпе имеются скопления плазматических клеток, количество которых в онтогенезе возрастает. В паренхиме органа и в стенках артерий с возрастом увеличивается содержание эластических волокон, а петли ретикулярной сети становятся уже. У 18-месячных сомов (зимой) встречаются единичные клетки, содержащие гемосидерин, у четырехгодовалых (летом) — скопления таких клеток по всему органу. Клеточный детрит, в котором содержится большое количество гемосидерина, наблюдается в красной и белой пульпе, в эндотелии сосудов.

Кроветворение у многих костистых рыб протекает и в почках. У канального сома две совершенно самостоятельные почки: головная, расположенная впереди плавательного пузыря, и туловищная, лежащая позади плавательного пузыря и охватывающая его с боков. В головной почке у мальков имеются почечные тельца и каналы. У рыб, длина тела которых превышает 4 см, почечная ткань исчезает и этот орган осуществляет только кроветворную и эндокринную функции [16]. В процессе роста рыб масса головной почки увеличивается от 0,04 г (у 3-месячных сеголеток) до 1,4—1,9 г (у четырехгодовалых производителей). Коэффициенты роста этого органа у самцов и самок за неполный 1-й год составляют 7,3 и 7,0 за 2-й — 3,4 и 2,8, за 3-й — 1,5 и 1,4, за 4-й — 1,3 у рыб обоих полов. Головная почка наиболее интенсивно растет в весенне-летний период в 1-й год (коэффициент роста составляет 4,8—4,7). Четкие половые различия в ее массе наблюдаются только с 24-месячного возраста — у самцов головная почка становится в 1,4 раза тяжелее, чем у самок. Относительная масса головной почки с возрастом снижается (табл. 2).

Туловищная почка — довольно крупный орган, масса ее у четырехгодовалых самок и самцов достигает соответственно 5,4 и 6,9 г. Характер роста этого органа несколько отличается от роста головной почки. Масса туловищной почки у самцов и самок за 1-й год по сравнению с 3-месячными рыбами увеличивается соответственно в 5,5 и 4,8 раза, за 2-й — в 4,4 и 3,4, за 3-й —

в 1,5 и 1,3, за 4-й — в 1,3 и 1,7 раза. В течение года этот орган как у самцов, так и у самок растет неравномерно: наиболее интенсивно — летом (масса увеличивается в 1-й год соответственно в 4,0 и 4,1 раза, на 2-й год — в 2,2 и 1,7 раза), а наименее интенсивно — зимой (в 1,0 и 0,9; 1,1 и 1,2 раза). Значительные половые различия по массе туловищной почки отмечаются с 24-месячного возраста: у самцов ее масса становится почти в 1,5 раза больше, чем у самок. Индекс туловищной почки характеризует уровень обмена веществ [13]. У канального сома с возрастом индекс туловищной почки уменьшается, что свидетельствует о снижении интенсивности обменных процессов [8]. Индекс туловищной почки наиболее высокий у 3-месячных сеголеток (табл. 2). Этот показатель заметно снижается (в 2 раза) в течение первых 15 мес выращивания. Изменный индекс туловищной и головной почек в зависимости от сезона года нами не установлено. По-видимому, данные показатели не отражают резких изменений интенсивности обмена веществ, вызванных сезонными колебаниями температуры и других факторов. Индексы туловищной и головной почек с возрастом изменяются одинаково, что, на наш взгляд, свидетельствует о наличии тесной взаимосвязи между ними.

Почка является паренхиматозным органом, одетым соединительнотканной капсулой, очень тонкой у сеголеток и достигающей 10—15 мкм у трех-, четырехгодовалых рыб (рис. 1). Поверх капсулы расположена серозная оболочка с большим количеством сосудов подсерозного сплетения. Почечная ткань органа состоит из нефронов и собирательных трубочек, рыхлолежащих в массе кроветворной ткани. У сеголеток эта ткань составляет 35—40 % от массы органа, на долю кроветворной ткани приходится 60—65 %. С возрастом доля нефрогенной ткани увеличивается до 50—55 %. Почечные тельца овальной формы с тонкой капсулой. Клетки наружного листка капсулы уплощенные, с палочковидными ядрами; внутреннего листка — более высокие, с округло-овальными ядрами. Они тесно прилегают к капиллярам. Число петель капилляров в клубочках значительно меньше, чем у млекопитающих. За исследованный период средний объем почечного тельца увеличился в 1,4 раза (у сеголеток — 138,5, у



Рис. 1. Туловищная почка ($\times 300$).

1 — капсула почки; 2 — почечное тельце; 3 — капилляры клубочка; 4 — артериола; 5 — шеечный отдел нефрона; 6 — канальцы проксимального отдела; а, б и в — соответственно темная, светлая и мигрирующая клетки; 7 — кроветворная ткань.

четырёхгодовалых — 183,3 тыс. мкм^3). Объем почечного тельца сильно варьирует, особенно у неполовозрелых особей. Так, у годовиков этот показатель колеблется от 99,3 до 423,9 тыс. мкм^3 , однако преобладают тельца, объем которых составляет ~ 100 тыс. мкм^3 . Вокруг почечных телец попеременно и тангенциально лежат перерезанные участки канальцев разных отделов нефрона. Около тельца обычно видны один срез шеечного отдела с широким просветом и плоским эпителием и несколько срезов проксимального отдела. Высота эпителия последнего у сеголеток в среднем равна 11 мкм, по мере роста рыбы она увеличивается до 13—15 мкм. Просвет канальцев практически не меняется, колеблясь от 10 до 20 мкм. Клетки этого отдела неоднородные, в большинстве своем крупные, светлые, оводненные, с малым содержанием нейтральных мукополисахаридов, центрально или слегка базально расположенными крупными светлыми ядрами и невысокой щеточной каемкой. Между ними лежат узкие клетки с удлиненными ядрами — это не мигрирующие клетки, так как расположены они на базальной мембране и образуют единый слой со светлыми клетками. Их цитоплазма богата нейтральными мукополисахаридами. В дистальных отделах нефронов высота клеток меньше, ядра мельче, темнее. Между клетками канальцев нефрона видны мигрирующие клетки, обычно они имеют округлые или овальные ядра и не достигают базальной мембраны. В дистальных отделах нефрона мигрирующие клетки встречаются реже. По мере роста канального сома количество мигрирующих клеток увеличивается настолько, что у четырехгодовалых рыб отдельные канальцы выглядят двухслойными: верхний слой — мигрирующие клетки, нижний — клетки канальцев. Собирательные трубочки образованы кубическим эпителием, есть широкий просвет. Начальные участки мочеточников окружены соединительной тканью и в зависимости от величины выстланы однорядным кубическим, цилиндрическим или многорядным цилиндрическим эпителием.

Между нефронами в паренхиме органа имеются большие скопления кроветворной ткани. У сеголеток она преобладает над нефрогенной (до 65%). С возрастом ее относительное количество снижается, но не становится ниже 50%. Поскольку масса

туловищной почки за исследованный период увеличилась в 36,3—49,1 раза, ясно, что в онтогенезе возрастает не только ее осморегулирующая, выделительная, но и кроветворная функции. Среди клеток крови много гемоцитобластов, лейкоцитов и эритроцитов на разных стадиях развития. Кроветворение совершается в тонкостенных синусоидах, как в почках карпа и карася [4]. В них часто видны скопления клеток крови на одной и той же или близких стадиях развития. В широких просветах артерий и вен четко прослеживаются зрелые и незрелые клетки, но последние преобладают. Артерии и вены среднего калибра в паренхиме почки расположены рядом. К 4-м годам капсула органа утолщается в 3—4 раза, все элементы почечной паренхимы укрупняются, наблюдается сильная вакуолизация почечной паренхимы за счет оводнения. Становятся видны тончайшие прослойки соединительной ткани между нефронами. Просветы кроветворных синусоидов уменьшаются. В макрофагах, лежащих группами в кроветворной ткани, скапливается гемосидерин. Это наводит на мысль, что туловищная почка костистых рыб может наряду с селезенкой принимать участие в пигментном обмене, утилизируя отжившие эритроциты.

Значительная относительная масса всех внутренних органов канального сома приходится на гонады: у четырехгодовалых самцов в период размножения — 10,1%, у самок такого же возраста — 64,4%. Гонады канального сома в отличие от других органов растут наиболее интенсивно. У сеголеток их масса составляет всего несколько миллиграммов, а у четырехгодовалых достигает в среднем 9,8 г (самцы) и 11,4 г (самки). За исследованный период масса семенников по сравнению с таковой у 9-месячных рыб возросла в 980 раз, а яичников по сравнению с их массой у 3-месячных рыб — в 11 405 раз.

Важным показателем, позволяющим судить о степени развития гонад и готовности рыб к размножению, является гонадосоматический индекс (коэффициент зрелости). В отличие от индексов других внутренних органов этот показатель с возрастом рыб увеличивается (табл. 3). Однако в летний сезон по сравнению с весенним периодом коэффициент зрелости у 12- и 24-месячных самцов снижается соответственно

Возрастная динамика относительной массы гонад (% массы тела; $M \pm m$)

Возраст, дни	Месяц исследования	Семенники	Яичники	Возраст, мес	Месяц исследования	Семенники	Яичники
3	X	—	$0,13 \pm 0,024$	18	I	$0,12 \pm 0,022$	$0,29 \pm 0,036$
6	I	—	$0,16 \pm 0,022$	21	IV	$0,14 \pm 0,012$	$0,35 \pm 0,037$
9	IV	$0,05 \pm 0,003$	$0,23 \pm 0,013$	24	VII	$0,11 \pm 0,017$	$0,31 \pm 0,053$
12	VII	$0,01 \pm 0,001$	$0,10 \pm 0,006$	36	VII	$0,39 \pm 0,035$	$3,51 \pm 0,987$
15	X	$0,10 \pm 0,004$	$0,29 \pm 0,028$	48	VII	$0,56 \pm 0,047$	$8,06 \pm 0,616$

в 5,0 и в 1,7 раза, что связано с прекращением роста семенников и интенсивным ростом тела.

Для семенников характерна ярко выраженная неравномерность роста в онтогенезе. Пик скорости роста отмечен на 2-м году жизни — масса органа увеличилась в 49 раз, затем следует заметный спад. Так, за 3-й год масса семенников возросла всего в 8,3 раза, за 4-й — в 2,4 раза. Аналогичная закономерность наблюдалась в различные сезоны года. Наиболее интенсивно семенники росли с июля по октябрь. За это время у двухлеток масса семенников увеличилась в 17 раз, с апреля по июль они совсем не росли (коэффициент роста у двухлеток равен 1,0, у двухгодовиков — 0,9).

Семенник представляет собой парный удлиненный пластинчатой формы орган циприноидного (ацинозного) типа, подвешенный на мезорхии. В соединительной ткани мезорхия по ходу семенника залегают пучки гладкомышечных клеток и сосудистое сплетение, проходит семяпровод.

Паренхиматозная пластинка, состоящая из семенных ампул и канальцев, волнообразно изгибается и на наружном крае имеет бахромку. У половозрелых особей извитость пластинки выражена очень сильно, а бахромка преобразуется в пальцевидные выросты. Эти выросты и пластинка семенника заполнены канальцами.

В пластинчатой части органа канальцы имеют небольшой просвет, сравнительно толстую собственную оболочку (до 10—15 мкм), разделены прослойками соединительной ткани. Анастомозы между ними редки. Эпителиальный слой канальцев тонкий, не образует цист.

Выросты состоят из канальцев с широким просветом, тонкой собственной оболочкой, они плотно прилегают друг к другу, часто анастомозируют между собой, прослойки между ними незначительные. Эпителиальный слой толстый (25—35 мкм), представлен фолликулярными и герминативными клетками. Герминативный эпителий в определенные периоды онтогенеза образует цисты (рис. 2). Все это свидетельствует о том, что канальцы пальцевидных выростов аналогичны семенным извитым канальцам млекопитающих. У двухлеток семенные извитые канальцы имеют диаметр 50—100 мкм, покрыты соединительнотканной оболочкой толщиной 7 мкм, под которой лежат фолликулярные клетки и клетки сперматогенного эпителия. Зимой (возраст 18 мес приходился на январь) сперматогенный эпителий цист не образует, не видно делящихся клеток. Сперматогонии распола-

гаются по одному или небольшими группами под оболочкой канальцев. В просвете последних заметны небольшие скопления спермиев, что говорит о волне сперматогенеза, которая, по всей видимости, прошла с июля по октябрь, когда в течение 3 мес масса семенников увеличилась в 17 раз. Фолликулярные клетки крупные (15—20 мкм), овальной формы, со светлой цитоплазмой и centrally лежащим ядром, их слой прерывистый.

С возрастом толщина и плотность соединительнотканного прослоек и диаметр канальцев увеличиваются. В 3 года толщина капсулы органа и межканальцевых перегородок составляет 15—20 мкм. В дальнейшем толщина их не возрастает, но соединительная ткань все более уплотняется, происходят обеднение клеточными формами и утолщение пучков коллагеновых волокон. Диаметр извитых канальцев у трехгодовиков возрос до 250—500 мкм, у четырехгодовиков — до 300—700 мкм. У трехгодовалых самцов (июль) в стенках канальцев протекает активный сперматогенез. При этом увеличивается количество фолликулярных клеток, на некоторых участках канальцев они лежат в нескольких слоев, размеры их несколько меньше, чем у двухлеток. Среди этих клеток находятся отдельные первичные сперматогонии — стволовые клетки сперматогенеза, размеры их достигают 15—20 мкм. Все остальные клетки сперматогенного эпителия заключены в цисты. Последние расположены под собственной оболочкой канальцев в один слой толщиной в среднем 30 мкм. В каждой цисте имеются клетки одной стадии сперматогенеза.



Рис. 2. Семенник четырехгодовалого сома ($\times 150$).

1 — канальцы (ампулы) семенника; 2 — соединительнотканная прослойка; 3 — цисты в стенке канальца; 4 — зрелые спермии в просвете канальца.

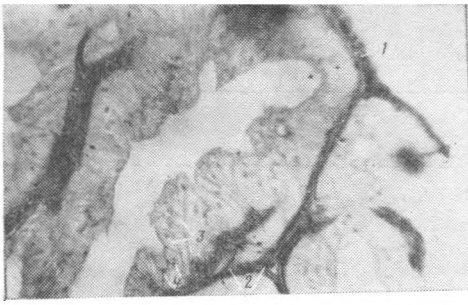


Рис. 3. Каудальный отдел семенника ($\times 150$).

1 — капсула; 2 — трабекулы; 3 — призматический эпителий; 4 — ядра эпителиальных клеток.

Размеры клеток в процессе сперматогенеза постепенно уменьшаются и у зрелых сперматид составляют в среднем 1,5—2 мкм. Просвет канальцев заполнен зрелыми спермиями. Какой-либо закономерности в их расположении не наблюдается. Подобную картину у трехгодовалых самцов можно характеризовать как III—IV стадию зрелости семенников. У четырехгодовалых самцов состояние семенников в основном такое же, как у трехгодовалых, однако следует отметить резко возросшую васкуляризацию органа и упорядоченность расположения зрелых спермиев в просветах канальцев. Хвосты их образуют волнообразные завихрения, что создает картину струйчатости всей массы спермиев. Фолликулярные клетки либо гипертрофированы, либо пикноморфны. Видны разрушающиеся цисты, содержащие не только зрелые, но и незрелые клетки сперматогенного эпителия. По массе, внешнему виду и внутреннему строению можно заключить, что семенники находятся на IV стадии зрелости.

Каудальная часть семенников половозрелых особей имеет более бледный цвет и более тонкие пальцеобразные выросты. Гистологические исследования показали, что строение этого участка семенника иное, чем всего органа (рис. 3). Стенка пластинчатой части и пальцевидных выростов каудального отдела семенника, хотя они и содержат ампулы и каналцы, образована не герминативным, а однослойным цилиндрическим эпителием, высота которого колеблется в широких пределах (от 20 до 60 мкм) в каждом канальце. В клетках имеются слабокрасящаяся пенистая цитоплазма и небольшое светлое округло-овальное ядро, лежащее в апикальной их половине. В просвете отдельных канальцев пальцевидных выростов прослеживаются хлопьевидные массы, а в канальцах пластинчатой части — небольшие группы зрелых спермиев. При этом головки спермиев меняют свои тинкториальные свойства: окрашиваются не основными, а кислыми красителями. Назначение этого отдела, наблюдаемого и у других видов рыб, не установлено. Высказывается мнение, что эпителий секреторирует семенную жидкость, примешивающуюся к спермиям при их выходе из канальцев семенника [14].

Общая динамика роста яичников такая же, как и семенников, но для нее характерны и свои особенности. Коэффициент роста яичников в 1-й год составляет 11,0, во

2-й — 11,3, в 3-й — 22,4 и в 4-й — 4,1, т. е. кривая роста не имеет такого выраженного пика, как у семенников, наиболее интенсивен рост яичников на 3-й, а не на 2-й год. Сезонные изменения в росте гонад самок не столь велики, как у самцов. С июля по октябрь интенсивность роста яичников в 4 раза ниже, чем семенников, а с апреля по июль — в 1,5—2,8 раза выше у неполовозрелых рыб.

В весенне-летний период гонадо-соматический индекс у самок уменьшается, но менее значительно, чем у самцов (в 2,3 и 1,1 раза соответственно в 12 и 24 мес), поскольку рост яичников в этот сезон отстает от роста всего тела (коэффициенты роста составляют соответственно в 12 мес — 2,4 и 5,4, а в 24 мес — 1,3 и 1,5).

Коэффициент зрелости яичников к 36 мес резко возрастает (по сравнению с 24 мес — в 11,3 раза, $P < 0,05$), а к 48 мес этот показатель достигает наибольшего значения (табл. 3).

Яичник представляет собой парный удлиненный цилиндрической формы орган, в стенках которого находятся яйценозные пластинки, свисающие в полость органа. Серозная оболочка яичника у двухлеток не превышает 10 мкм. К 4-му году толщина ее увеличивается вдвое. Под серозной оболочкой располагается мышечная, состоящая из двух слоев: внутреннего (кольцевого) и наружного (продольного). Местами слои переплетаются, теряя четкость расположения мышечных пучков. В межпучковых соединительнотканых прослойках видны кровеносные сосуды, заходящие в яйценозные пластинки. Стенка последних образована однослойным плоским эпителием и подстилающими ее единичными соединительноткаными элементами. Пластинки заполнены фолликулами и половыми клетками на разных стадиях развития.

У двухлеток оогонии составляют около 10 % всего количества половых клеток. Это клетки диаметром 7—12 мкм, со светлой цитоплазмой и округлым ядром, лежащие под оболочкой яйценозных пластинок. Преобладают первичные фолликулы диаметром 40—70 мкм (рис. 4), составляющие ~80 % всего количества. Стенка фолликула образована одним слоем плоских фолликулярных клеток, подобных тем, которые образуют стенки яйценозных пластинок. В ооцитах, заключенных в первичных фолликулах, имеются крупные (15—20 мкм) светло-розовые ядра с мелкими глыбками хроматина, лежащими под кариолеммой, с одним крупным краевым или несколькими мелкими ядрышками. Цитоплазма таких ооцитов резко базофильная, гомогенная. Растущие фолликулы диаметром 100 мкм и более составляют 10 %. В их ооцитах есть ядра диаметром до 40—50 мкм с многочисленными ядрышками, разбросанными по всей кариоплазме, ядерная оболочка гладкая. Цитоплазма ооцитов высветляется и становится зернистой.

Высветление и грануляция цитоплазмы наблюдаются с центральных участков ооцита — вокруг ядра. Фолликулярные клетки все еще плоские. Примерно у половины растущих фолликулов фолликулярный эпителий кубический, развита блестящая оболочка, под ней — мелкозернистый слегка базофильный слой цитоплазмы ооцита, а глубже — крупные вакуоли, придающие



Рис. 4. Яичник. Участок яйценосной пластинки двухлетней самки ($\times 150$).

1 — растущий фолликул в стадии протоплазматического роста; 2 — первичный фолликул; 3 — атретический фолликул; 4 — ядро; 5 — центральное ядрышко; 6 — периферические ядрышки; 7 — интерстициальная ткань.

цитоплазме пенистый вид. В глубоких участках цитоплазмы ооцита вакуолей нет, зернистость базофильная. У фолликулов диаметром 1 мм (они составляют $\sim 1\%$) начинает формироваться тека, ядра их ооцитов становятся фестончатыми, ядрышки при этом располагаются под кариолеммой, в ее петлях, а также выходят в цитоплазму [10]. Наряду с первичными и растущими встречаются атретические фолликулы. Их контуры неправильные, фолликулярные клетки местами образуют два ряда, ооциты в таких фолликулах имеют мутные ядра с размытыми контурами и грубозернистую цитоплазму.

Так как у самок-двулеток основная масса ооцитов находится на стадии протоплазматического роста, когда синтез белка в ядрах преобладает над цитоплазматическим [15] и ооциты растут за счет собственных ассимиляционных процессов и лишь у единичных половых клеток (менее $0,5\%$) наблюдается трофоплазматический рост, ясно, что клетки и яичники находятся на II стадии зрелости [12].

У трехгодовалых самок яйценосные пластинки заполнены массой крупных фолликулов диаметром от 1 ($\sim 70\%$) до 3 мм (от 5 до 30%). У фолликулов сформирована текальная оболочка в виде тонкой соединительнотканной капсулы с большим количеством кровеносных капилляров. Фолликулярный эпителий кубический. Блестящая оболочка и базофильная кортикальная зона хорошо видны во всех ооцитах так же, как и вакуолизация периферической зоны (рис. 5). Последнее указывает на активный вителлогенез [11] и переход половых клеток к III стадии — трофоплазматическому росту [7, 12]. Однако ядра у таких ооцитов фестончатые, ядрышки в них отсутствуют, что указывает на снижение активности синтеза в ядрах. Имеются сведения, что в начале вакуолизации преобладает цитоплазматический синтез белка [15] и вещества, активно привносимые в ооцит фолликулярными клетками [2], накапливаются в желточных зернах. Об активном поступлении веществ в ооцит свидетельствует и заметно возросшая сеть сосудов, пронизывающих яйценосные пластинки и желточные гранулы, появляющиеся в цитоплазме ооцитов. Ядра у таких ооцитов фестончатые, ядрышки в них отсутствуют.

У 70% особей появляются фолликулы с формирующейся студенистой оболочкой. Эти фолликулы имеют крупные (до 3 мм) завершившие свой рост ооциты, у которых под блестящей оболочкой (толщина ее $10\ \mu\text{м}$) находится слой вакуолей толщиной $50\text{--}100\ \mu\text{м}$, более глубокие участки цитоплазмы заполнены крупными глыбками желтка, упакованными в фуксинофильную оболочку. Часто глыбки сливаются, образуя единое желточное поле. Ядро перемещается к одному из полюсов (анимальному) и теряет кариолемму, что можно рассматривать как переход клетки в V стадию [12], или в стадию созревания [15]. В процессе формирования студенистой оболочки большую роль играют фолликулярные клетки, что отмечалось и ранее. При этом они становятся в $10\text{--}20$ раз длиннее, их цитоплазма вакуолизирована, ядра оттеснены к базальному полюсу, текальная оболочка истончается (ее толщина не превышает $10\ \mu\text{м}$). У трехгодовалых самок в теле растущих фолликулов, между фолликулами и в прослойках соединительной ткани около сосудов имеются скопления овальных клеток со светлой цитоплазмой, напоминающих лютеоциты млекопитающих (рис. 5). Возможно, это один из источников половых гормонов.

В яичнике трехгодовалых самок, кроме ооцитов в стадии трофоплазматического роста и созревания, много оогоний, лежащих почти сплошным слоем под оболочкой яйценосных пластинок, а также ооцитов (до 30% от общего числа) в стадии протоплазматического роста. Это клоны клеток следующей генерации, которые не будут участвовать в ближайшем нересте. Состояние яичника трехгодовалых самок можно охарактеризовать как III стадию зрелости и переход к IV стадии. В яичниках четырехгодовалых самок преобладают созревающие фолликулы диаметром около 3 мм. Фолликулы диаметром 1 мм и менее составляют около 20% . Структура и процессы, протекающие в растущих и созревающих фолликулах, аналогичны описанным выше. Клоны последующей генерации представлены оогониями и ооцитами протоплазматического роста. Состояние яичника четырехгодовалых самок соответствует IV стадии зрелости.

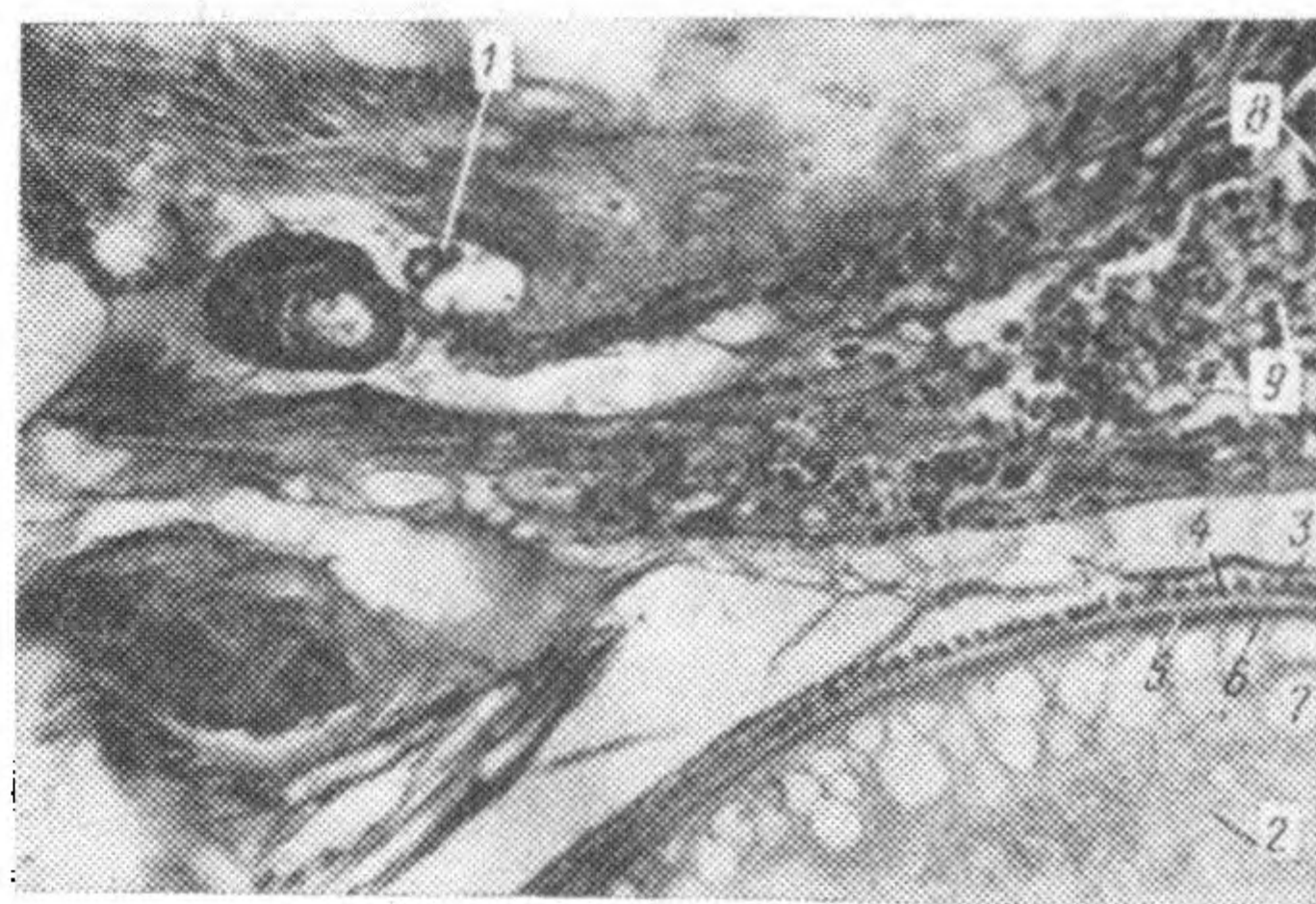


Рис. 5. Яичник. Участок яйценосной пластинки трехгодовалой самки ($\times 150$).

1 — первичный фолликул; 2 — фолликул в стадии трофоплазматического роста; 3 — тека фолликула; 4 — фолликулярный эпителий; 5 — блестящая оболочка; 6 — базофильная кортикальная зона; 7 — слой периферических вакуолей; 8 — интерстициальная ткань; 9 — лютеоцитоподобные клетки.

Выводы

1. Органы сердечно-сосудистой, кроветворной и выделительной систем наиболее активно растут в весенне-летний период на 1-м и 2-м году, а гонады — на 2-м (семенники) или 3-м (яичники) году. Гонады неполовозрелых рыб активнее всего растут в раннеосенний период.

2. Сердце и почки у самцов крупнее, а их рост более интенсивный, чем у самок. В развитии гонад наблюдаются половые различия: в росте семенников отмечается выраженный пик на 2-м году (масса их увеличивается в 49 раз), затем интенсивность роста резко снижается; яичники растут более равномерно.

3. В селезенке канального сома различается красная и белая пульпа. В фолликулоподобных структурах белой пульпы идет лимфопоэз, но выраженные центры размножения отсутствуют. По мере роста рыб ретикулярная сеть органа становится узкопетлистой, в паренхиме накапливаются эластические волокна и увеличивается количество макрофагов, содержащих гемосидерин, что свидетельствует об утилизации эритроцитов в органе.

4. Туловищная почка в течение изученного периода онтогенеза совмещает функции органа кроветворения и мочевыделения. При этом нефрогенная ткань даже у четырехгодовалых рыб составляет немногим более половины объема органа. Масса почки увеличивается в 36—49 раз, размеры почечных телец — в 1,5 раза, высота эпителия канальцев — на 20—30 %, что указывает на возрастное увеличение как количества нефронов, так и их функциональной активности. В процессе онтогенеза повышается интенсивность и кроветворной функции туловищной почки. Кроветворение совершается в тонкостенных синусоидах почки. Наличие в них скоплений гемцитобластов, лейкоцитов и эритроцитов на разных стадиях развития свидетельствует об активном лейко- и эритропоэзе. Присутствие макрофагов, содержащих гемосидерин, наводит на мысль, что туловищная почка наряду с селезенкой может участвовать в пигментном обмене.

5. Семенники канального сома состоят из пластинчатой части и пальцевидных выростов. В каудальной части есть участки, где стенка канальцев образована цилиндрическим эпителием с пенистой цитоплазмой. В семенниках период бурного роста (у двухлеток) сопровождается волной сперматогенеза, однако их состояние не может соответствовать IV стадии зрелости, так как скоплений зрелых спермиев в просветах канальцев (ампул) немного, в стенках канальцев клетки сперматогенного эпителия не образуют цист. У трехгодовалых самцов состояние семенников соответствует III—IV стадии зрелости: канальцы густо заполнены зрелыми спермиями, под собственной их оболочкой в один слой расположены цисты со сперматогенным эпителием на различных стадиях развития (от вторичных сперматогоний до зрелых сперматид). У четырехгодовалых самцов зрелые спермии приобретают струйчатость: цисты разрушаются, из них выходят зрелые и незрелые клетки сперматогенного эпителия. Под оболочкой канальцев много первичных сперматогоний — половых клеток будущих генераций.

6. Яичник канального сома — полостной орган, стенка которого состоит из серозной, мышечной и внутренней оболочек. Внутренняя оболочка образует складки — яйценосные пластинки, в которых развиваются половые клетки. У двухлеток среди половых клеток преобладают ооциты протоплазматического роста, расположенные в первичных фолликулах с плоским эпителием, что соответствует II стадии зрелости яичника. У трехгодовалых самок, яичник которых отличается наибольшими темпами роста, половые клетки находятся в стадии трофоплазматического роста, а состояние яичника соответствует III — началу IV стадии зрелости. В яичнике заметны скопления клеток, своими морфологическими признаками напоминающих лютеоциты.

У четырехгодовалых самок яичники соответствуют IV стадии зрелости. Рост большинства фолликулов завершен, и они находятся в стадии созревания и образования студенистой оболочки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Божко А. М. К вопросу о половых различиях в относительном весе сердца рыб. — В кн.: Материалы III зоолог. конф. пед. институтов РСФСР. Волгоград: Волгоград, 1967, с. 73—75. — 2. Габеева Н. С. К сравнительной гистологии фолликулярного эпителия в ряду позвоночных. — Архив анат., гистол. и эмбриол., 1979, т. 58, № 4, с. 20—37. — 3. Галасун П. Т., Грусевич В. В., Иванов И. Н. Характеристика полового диморфизма и особенности размножения канального сома. — В сб.: Рыбное хозяйство. Киев: Урожай, 1977, вып. 24, с. 30—37. — 4. Гильдиева Б. С. Кровь и кроветворение рыб в различные сезоны года и под влиянием АКГГ и гидрокортизона. — Автореф. канд. дис. Ташкент, 1970. — 5. Ерохина Л. В., Виноградов В. К. Разведение канального сома. — Рыбоводство и рыболовство, 1976, № 2, с. 10—12. — 6. Комахидзе А. М., Илясова В. А. Особенности полового созревания канально-

го сома в прудах субтропической зоны Грузии. — В сб.: Растительные рыбы и новые объекты рыбоводства и акклиматизации. М.: ВНИИПРХ, 1983, вып. 38, с. 90—98. — 7. Кузнецов Ю. К. Гаметогенез, стадии зрелости и оплодотворение у костистых и осетровых рыб. Калининград: Калинингр. техн. ин-т рыб. пром-сти и хозва, 1972. — 8. Лавровский В. В. Изменчивость морфологических признаков канального сома *Ictalurus punctatus Rafinesque* в онтогенезе как основа селекции. — Автореф. канд. дис. М.: 1980. — 9. Пирс Э. Гистохимия. М.: ИЛ, 1962. — 10. Райкова Е. В. Морфология ядрышек в период роста ооцитов осетровых рыб. — Журн. общей биологии, 1968, т. 29, № 3, с. 316—332. — 11. Сакун О. Ф. Химическая природа и значение включений в ооцитах костистых рыб. — Архив анат., гистол. и эмбриол., 1960, т. 38, № 1, с. 38—41. — 12. Симаков Ю. Г., Азизова Н. А. Ихтиология и рыбоводство. Гистология и

эмбриология. М.: ВЗИПП, 1977. — 13. Смирнов В. С., Божко А. М., Рыжков Л. П., Добринская Л. А. Применение метода морфофизиологических индикаторов в экологии рыб. — Тр. СевНИОРХ, 1972, т. 7. — 14. Турдаков А. Ф. Воспроизводительная система самцов рыб. Фрунзе: Илим, 1972. — 15. Чмилевский Д. А. Особенности синтеза белков и полисахаридов в развивающихся ооцитах

ерша. — Цитология, 1972, т. 14, № 3, с. 277—283. — 16. Grizzle J. M., Rogers W. A. Anatomy and histology of the channel catfish. Auburn university Agricultural experiment station, 1976. — 17. Smith H. W. — J. Biol. Chem., 1929, vol. 18, N 3, p. 727—742.

Статья поступила 20 апреля 1985 г.

SUMMARY

Growth and histologic structure of some organs of circulatory, hemopoietic, excretory and reproductive systems of channel catfish has been studied in net-cages of cooling water reservoir of Cherepetskaya Power-Station during four years.

Characteristics of the growth of the heart, spleen trunk and head kidneys, testes and ovary have been studied as well as histologic changes in these organs due to growth and maturity of fish.