

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Львівський національний університет
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

Біолого–технологічний факультет

Кафедра водних біоресурсів та аквакультури

Фізіологія риб

навчально-методичний посібник

для підготовки фахівців із спеціальності 207 "Водні біоресурси та
аквакультура" в аграрних вищих навчальних закладах III-IV ступені акредитації

Львів-2021

УДК: 612:591.1:639.3(07)

Навчально-методичний посібник «Фізіологія риб» укладачі:

Крушельницька О.В., Кравець С.І., Сенечин В.В.

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З.Гжицького, 2021. – 129 с.

Рецензенти:

Ю.В. Ковальський – доктор с.- г. наук, професор

Я. В. Тучапський – кандидат с.- г. наук, старший науковий співробітник

Навчально-методичний посібник призначений для вивчення курсу «Фізіологія риб» студентами біолого-технологічного факультету спеціальності 207 (Водні біоресурси та аквакультура) денної та заочної форми навчання, слухачами інституту післядипломної освіти і перепідготовки кадрів АПК, студентами екстернатної форми навчання, а також для самостійної роботи.

Рішення про доцільність публікації навчально-методичного посібника прийнято засіданні кафедри водних біоресурсів та аквакультури протокол № 6 від 19 квітня 2021 р. Затверджені на засіданнях методичної комісії спеціальності протокол № 9 від 29 квітня 2021 р. та біолого-технологічного факультету 13 травня 2021 р. протокол № 6 Львівського національного університету ветеринарної медицини імені С.З Гжицького.

ЗМІСТ

Частина I. Лекційний матеріал	4
Тема 1. Вступ до фізіології риб	4
Тема 2. Зовнішня будова та рухи риб	9
Тема 3. Фізіологія збудливих тканин риб	12
Тема 4. Фізіологія нервової системи	14
Тема 5. Фізіологія ендокринної системи	17
Тема 6. М'язова система риб	20
Тема 7. Фізіологія крові риб	24
Тема 8. Імунітет риб	32
Тема 9. Фізіологія серця	35
Тема 10. Осморегуляція і виділення	37
Тема 11. Функції нирок	38
Тема 12. Фізіологія дихання	40
Тема 13. Фізіологія травлення	44
Тема 14. Обмін речовин та енергії	47
Тема 15. Фізіологія розмноження	48
Частина II. Лабораторні роботи	56
Лабораторна робота № 1	56
Лабораторна робота № 2	58
Лабораторна робота № 3	61
Лабораторна робота № 4	63
Лабораторна робота № 5	65
Лабораторна робота № 6	68
Лабораторна робота № 7	70
Лабораторна робота № 8	72
Лабораторна робота № 9	73
Лабораторна робота № 10	74
Лабораторна робота № 11	77
Лабораторна робота № 12	80
Лабораторна робота № 13	82
Лабораторна робота № 14	85
Лабораторна робота № 15	89
Лабораторна робота № 16	90
Лабораторна робота № 17	94
Частина III. Тестові завдання	97
Список літератури	129

ВСТУП ДО ФІЗІОЛОГІЇ РИБ

Фізіологія як наука

Фізіологія – біологічна наука, що вивчає процеси життєдіяльності живого організму і його складових частин (клітин і субклітинних структур, тканин, органів та систем органів) у їх єдності і взаємозв'язку з навколишнім середовищем, а також процеси регуляції функцій організму. Спочатку терміном фізіологія (від грецького *philos* і *logos* – природознавство) називалася наука про тваринний і рослинний світ. В період з XVI по XVIII ст. із фізіології виділилися самостійні біологічні дисципліни – зоологія, ботаніка, анатомія. Завданнями останньої був не тільки опис будови тіла тварин, але і вивчення його функцій. Лише в XIX ст. з анатомії було виділено у самостійну науку розділ, що вивчає процеси життєдіяльності, за яким закріпилася колишня назва – фізіологія.

На сучасному етапі розвитку до основних завдань фізіології риб доцільно віднести:

- вивчення закономірностей життєвих процесів на різних структурних рівнях;
- з'ясування механізмів, що забезпечують взаємодію окремих частин й зокрема цілого організму із зовнішнім середовищем;
- з'ясування якісних відмінностей фізіологічних функцій риб, що знаходяться на різних рівнях еволюційного розвитку або в різних екологічних умовах;
- вивчення становлення фізіологічних функцій, формування на різних етапах індивідуального розвитку;
- вивчення фізіологічних передумов підвищення ефективної раціональної експлуатації іхтіофауни та риб, що є об'єктами аквакультури.

Відповідно до завдань у фізіології виділяють низку самостійних дисциплін.

Загальна фізіологія – вивчає закономірності життєвих процесів, властивих усім живим організмам.

Еволюційна і екологічна фізіологія – розглядає виникнення і розвиток функцій у процесі еволюції тваринного світу, а також механізми адаптації тварин до специфічних умов існування.

Вікова фізіологія – вивчає динаміку розвитку і згасання фізіологічних функцій у процесі онтогенезу.

Спеціальна фізіологія – досліджує особливості фізіологічних функцій в окремих зоологічних підтипів, груп, класів тощо.

Такий розподіл фізіології умовний, він відображає лише сформовані тенденції в розвитку наукових досліджень. У навчальному курсі даються узагальнення з усіх перерахованих розділів у міру їх необхідності для конкретного фаху.

Існування фізіології риб як окремої науки обумовлено своєрідністю умов існування і великим господарським значенням риб, а також значними відмінностями в перебігу фізіологічних процесів цієї групи тварин.

Отже, вивчення функцій організму риб з точки зору *фізіології* базується на даних інших біологічних наук – анатомії, гістології, ембріології, біохімії,

біофізики, біотехнології, використовуючи їх методи і досягнення. У свою чергу, фізіологія є базою для низки прикладних дисциплін.

Історія розвитку фізіології

Перші дані щодо функцій людини і тварин були сформульовані лікарями і мислителями Древньої Греції – Гіппократом (460-377 до н.е.), Аристотелем (384-322 до н.е.) та Древнього Риму – Галеном (171-200). У X-XI ст. високий рівень культури був у Середній Азії. Тут жив і творив найвидатніший учений того часу Ібн-Сіна (Авіценна) (980-1037). Його наукові трактати з медицини містять чимало даних щодо функцій організму.

В епоху Відродження посилювався інтерес до природничих наук, у тому числі й до біології. Виникнення фізіології як самостійної експериментальної науки пов'язано з ім'ям англійського лікаря Вільяма Гарвея (1578-1657), який у 1628р. опублікував капітальну працю „Анатомічне дослідження рухів серця і крові у тварин”. Дослідами на тваринах було доведено, що кров рухається в одному напрямі замкненою системою кровоносних судин – артерій та вен, а постійний рух крові обумовлений скороченнями серця. Відкриття було доповнено італійським дослідником М. Мальпігі (1628-1694). Вивчивши під мікроскопом капіляри, що з'єднують артерії і вени в замкнену мережу судин, він описав також мікроскопічну будову кров'яних тілець, шкіри, легень, нирок. Перший повноцінний посібник із фізіології латинською мовою у 8 томах „Elementa physiologia corporis humani” було написано А. фон Галлером у 1757-1766 рр. і згодом неодноразово оновлювалося німецькими авторами. У першій половині XIX ст. з'явилися підручники з фізіології Г. Прохаски (Чехія), І. Мюллера (Німеччина), О.М. Філомафітського (Росія). У XIX ст. у деяких країнах Європи закладаються і формуються фізіологічні школи, які використовували, в першу чергу, експериментальні дослідження, видатними представниками яких були: у Німеччині – І. Мюллер (1801-1858), Г. Гельмгольц (1821-1894), Е. Дюбуа-Реймон (1813-1896), Р. Гейденгайн (1834-1897), К. Людвіг (1816-1895); у Франції – Ф. Мажанді (1783-1855), К. Бернар (1813-1878); в Англії – Ч. Белл (1774-1842), Дж. Ленглі (1850-1916), Ч. Шеррингтон (1855-1949); у США – У. Кеннон (1871-1945); у Росії – І.М. Сеченов (1829-1905), І.П. Павлов (1849-1936).

Фізіологія XX сторіччя характеризується комплексним підходом до вивчення життєвих процесів, розглядом їх на різних рівнях організації, широким використанням в експерименті новітньої електронної апаратури. У цей період усі фізіологічні функції і механізми регуляції почали розглядатись з урахуванням їх фізико-хімічної, біохімічної і молекулярної природи. Поряд із цим чітко позначився системний підхід до вивчення організму, що дозволяє простежити функції в їх динаміці і в зв'язку з багатьма іншими явищами.

Розвиток рибальства і рибництва потребує все більш глибоких знань фізіології риб, без яких неможливе ні раціональне освоєння водних біоресурсів, ні розведення більш високопродуктивних порід риб. Вивчення фізіологічних основ харчування, реакції риб на різноманітні хімічні, зорові, електричні й інші види подразників дозволяють раціонально організувати утримання риб і знизити витрати на їх вирощування та годівлю. Велику роботу з фізіології риб

проводили у Радянському Союзі, в тому числі і на Україні. З фізіології риб була відома низка наукових шкіл: Г.С. Карзинкіна, що вивчала азотистий обмін із застосуванням радіоактивних ізотопів; В.С. Івлева і Г.Г. Вінберга – енергетичний обмін; М.Л. Гербельського – гормональну регуляцію життєвих циклів; П.А. Коржуєва – фізіологію крові; В.А. Пегеля – фізіологію травлення; М.С. Строганова – вплив факторів середовища на організм риб та ін. У 40-90-х роках написано монографії з різних питань фізіології риб: П.А. Коржуєв „Эволюция дыхательной функции крови”, 1949; В.А. Пегель „Физиология пищеварения рыб”, 1950; С.Н. Скадовський „Экологическая физиология водных организмов”, 1955; Г.Г. Вінберг „Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб”, 1956; М.С. Строганов „Физиологическое приспособление рыб к температуре среды”, 1956; В.В. Краюхин „Физиология пищеварения пресноводных костистых рыб”, 1963; В.А. Матюхин „Биоэнергетика и физиология плавания рыб”, 1973; Н.Т.Іванова „Атлас клеток крови рыб”, 1983; І.А. Шпарковський „Физиология пищеварения рыб: двигательная функция”, 1986; Н.А. Головіна, І.Д. Тромбицький „Гематология прудовых рыб”, 1989 та ін. В Україні основні дослідження з фізіології риб проводять в інституті гідробіології НАНУ та інституті рибного господарства УААН.

Методи досліджень із фізіології риб

Основними методами дослідження є **спостереження та експеримент**.

Спостереженням називають процес вивчення явищ об'єктивного світу в тому його вигляді, в якому вони відбуваються в природних умовах. Спостереження відрізняється від простого сприйняття. Під час спостереження дослідник визначає ціль, розробляє методику спостереження. Більш ефективним методом дослідження є **експеримент**.

Експериментом називають штучну зміну або відтворення якогось явища з метою його вивчення. У цьому випадку об'єкт вивчають у найбільш сприятливих умовах. Цей метод має низку переваг порівняно із спостереженням. У фізіологічних дослідженнях експеримент може бути застосований у таких варіантах: у формі гострого досліду, хронічного досліду і у формі моделювання функцій.

За гострого досліду (вівісекції) тварину піддають наркозу і проводять операцію, мета якої – одержати тимчасовий доступ до внутрішніх органів, а потім впливати на них (електричне подразнення нервів і м'язів, перев'язування судин, застосування фармакологічних препаратів цільового призначення тощо). Отримані результати реєструються відповідними приладами.

Хронічні дослід проводять зазвичай на тваринах, спеціально підготовлених, тобто заздалегідь оперованих в асептичних умовах і які видужали після операції. Метою останньої може бути накладення фістул на шлунок або кишечник, виведення назовні протоків залоз або сечоводів, вживлення електродів для нанесення подразнення на тканину і орган або відведення біопотенціалів, видалення окремих органів або їх частин тощо.

Моделювання функцій у фізіології ґрунтується на розгляді організму як біокібернетичної системи. Метод моделювання дозволяє, з одного боку,

перевірити поза організмом сутність фізіологічних гіпотез, а з іншого боку – відтворити на моделі елементи тих чи інших функцій або розробити пристрої, що тимчасово замінюють деякі органи.

Фізіологічні дослідження на тваринах, що живуть у воді, мають свою специфіку. У риб вимірюють частоту періодичних процесів – частоту дихальних рухів, скорочень серця, моторики шлунку, плавальних рухів. Визначають кількісні показники фізіологічних процесів – кількість з'їденої їжі, кількість води, яка проходить через зябра, інтенсивність кровотоку, сечоутворення, секреції шлункового соку тощо. Проте під час вимірів потрібно використовувати способи, що враховують водний спосіб життя риб. Досліджуваних риб витримують в акваріумах. Підтримка фізіологічних функцій у нормі, у досліджуваних риб можлива лише за створення в акваріумі оптимальних умов існування. Будь-які порушення (нестача кисню, підвищення вмісту у воді речовин, що мають у своєму складі азот, зміна рН тощо) спотворюватимуть результати спостережень і експериментів. Багато спостережень і вимірів проводять крізь стінку акваріума або крізь поверхню води. Візуальні спостереження дозволяють визначити частоту дихальних рухів, частоту руху плавців, швидкість переміщення риб, зміну актів поведінки – поїдання корму, сутички, залицання і т. ін. Визначається тривалість перебування в різних зонах акваріума – на світлі і в темноті, в умовах температурного градієнта, у струменях, що містять пахучі і токсичні речовини. Так вивчають спектральну, звукову, смакову чутливість, а також характеристики утворення рефлексів. У разі дослідження риб у незвичних умовах, аби уникнути стресу, її наркотизують. У разі тривалої роботи з рибою поза водою їй штучно зрошують водою зяброву порожнину. Під час проведення хірургічних експериментів у риб розтинають черевну порожнину, оголюють мозок, нерви, проводять екстирпацію залоз внутрішньої секреції, роблять кишкові і шлункові фістули, канюлюють сечоводи і кровоносні судини. У риб немає значних підшкірних судин, тому навіть взяття крові потребує спеціальних навичок. Набагато складніше, ніж ссавцям, вводити риbam внутрішньовенно різноманітні речовини. Тому ін'єкції риbam зазвичай роблять внутрішньом'язово, внутрішньочеревно або через рот. Можна вводити досліджувані речовини ректально. Для поліпшення результатів операцій риб промивають і поміщають у розчин антибіотиків. Певні труднощі виникають під час вивчення харчування, травлення і екскреції риб. Корми, які згодовують риbam, зазвичай розкисають і втрачають свої поживні властивості, тому що багато речовин швидко розчиняються у воді. Це стосується в першу чергу штучних кормів – фаршів, порошоків, гранул. Тому для визначення точної кількості з'їденої їжі використовують розтин риб, промивання травного тракту через рот або анус, примусову годівлю шматками їжі (застосовують під час вивчення травлення хижих риб), а також введення їжі за допомогою зондів і трубок (використовують під час роботи з мирними рибами, що мають вузький стравохід). Визначення засвоєння рибами поживних речовин корму пов'язано зі збором фекалій, що дуже важко зробити у воді. Тому вдаються до видавлювання і відсмоктування вмісту заднього відділу кишечника, розтину риб або використовують акваріуми з конічним дном, який можна періодично

знімати. Для визначення засвоєння корму до нього вводять інертні речовини – целюлозу, дрібні добре помітні частки, окис хрому та інші речовини. Під час вивчення обміну речовин використовують радіоактивні і стабільні ізотопи. Їх застосовують для визначення засвоєння рибами токсикантів і мінеральних речовин, розчинених у воді. Вивчення дихання риб відрізняється від вивчення такого у тварин, що дихають киснем повітря. Риб розміщують у замкнені або проточні резервуари і визначають зменшення розчиненого у воді кисню. Поширення в останні роки кисневих електродів зробило вивчення дихання риб простим і зручним. Сучасні пристрої дозволяють постійно реєструвати споживання кисню рибами протягом багатьох діб підряд, використовуючи автоматичний запис результатів. Спостереження й експеримент дають можливість одержати достовірні факти. Але цим наукова робота не закінчується. Застосовуючи теоретичні методи, слід зіставити факти з раніш відомими і дати наукове пояснення в межах діючих теорій чи відпрацювати нову теорію, яка давала б можливість правильно їх описати. Риби в багатьох відношеннях є типовими хребетними тваринами. Фізіологічні функції тварин і людини вивчені достатньо. Життєві функції риб і наземних тварин багато в чому схожі між собою, проте деякі функціональні особливості риб пов'язані винятково з способом життям у водному середовищі. Одержати дані про життя водних організмів значно складніше, ніж про наземні. Життя у воді значно відрізняється від життя на суші; аналогії між ними необхідно проводити з великою обережністю.

Основні прояви життєдіяльності

Основними властивостями організму риб, як й інших живих істот, є:

Обмін речовин і енергії – сукупність процесів, що відбуваються в організмі і забезпечують організм необхідними речовинами й енергією.

Він складається з двох процесів: асиміляція (*assimilatio* – уподібнення, ототожнення) і дисиміляція (*dissimilis* – несхожий). Засвоєння клітинами речовин, що споживаються із зовнішнього середовища і стають частиною їх структур, називається асиміляцією, а розщеплення складних речовин на більш прості – дисиміляцією. На процеси асиміляції витрачається енергія, що утворюється в організмі за рахунок дисиміляції.

Подразливість – спроможність клітин відповідати на подразнення зміною свого фізіологічного стану; подальший розвиток цієї властивості призвів до виникнення в деяких тканинах (нервової, м'язової, секреторної) властивості – збудливості. Збудливість пов'язана зі зміною потенціалу мембрани збудливих клітин і поширенням хвилі збудження клітиною, а іноді і перехід збудження на інші тканини. Збудливі тканини реагують на подразнення специфічно – нервові клітини генерують нервовий імпульс, м'язові скорочуються, залозисті виділяють секрет. Спроможність клітин до збудження є основою більш складних реакцій організму на подразнення – таксисів, тропізмів. У таких складних організмів, як риби, відповідні реакції охоплюють деякі різні тканини, у першу чергу, нервову. Така відповідна реакція

називається рефлекторною. На основі рефлексів будуються більш складні форми відповідних реакцій – інстинкти і умовні рефлекси.

Саморепродукція – тривалість життя кожного організму обмежена, але кожний живий організм здатний до розмноження, росту і розвитку.

Спадковість і мінливість, які вивчає генетика, також належать до основних властивостей живого організму.

Усі ці прояви життєдіяльності, характерні для всіх живих істот, мають відмінності, притаманні окремим їх групам. Певні особливості мають і риби.

Порівняння водного і наземного способу життя

Фізичні і хімічні властивості води створюють особливі умови для водних організмів. Риби, що швидко рухаються у густому середовищі, повинні мати обтічну форму тіла. Водночас, маючи високу щільність, вода забезпечує нейтральну плавучість і дозволяє легко змінювати положення тіла. Риби, на відміну від наземних тварин, можуть рухатися в тримірному просторі, що створює додаткові проблеми орієнтації і локомоції. Для тварин, що дихають повітрям, доступна необмежена кількість кисню, тоді як тварини з водним диханням мають у своєму розпорядженні в 20 разів менше розчиненого у воді кисню, навіть за умови її насичення. Відносно невелика кількість кисню, розчиненого у воді, потребує значних енергетичних витрат на перекачування густого дихального середовища зябрами. Водночас в органах, у яких здійснюється газообмін, відбувається обмін води, іонів і тепла. Це складно для риб, оскільки будь-яке збільшення дихальних поверхонь створює умови для активізації цих видів обміну, що порушує осморегуляцію. Висока теплоємність водного середовища не дозволяє більшості риб підтримувати температуру тіла, відмінну від температури середовища. Тільки деякі риби (тунці, акули) мають спеціальні системи теплообмінників, що дозволяють їм підтримувати в м'язах високу температуру. Стабільність температури води захищає риб від різких коливань температури, що зазвичай є сприятливим фактором у зоні помірного клімату. За різкої зміни температури риба, якщо це можливо, мігрує в зони з більш сприятливими умовами, наприклад, на велику глибину. Аналогічно риби схильні реагувати на значний вплив будь-яких, розчинених у воді, речовин. За загального оцінювання і порівняння органи риб мало чим відрізняються від ідентичних органів наземних тварин, але чуття риб, очевидно, цілком відмінні від чуття наземних тварин. Значні відмінності є в зоровому сприйнятті, сприйнятті смаку і запаху, тиску і звуку, багато риб сприймають зміни електричних полів тощо. Все це накладає певний відбиток на динаміку процесів внутрішнього середовища та поведінку риб.

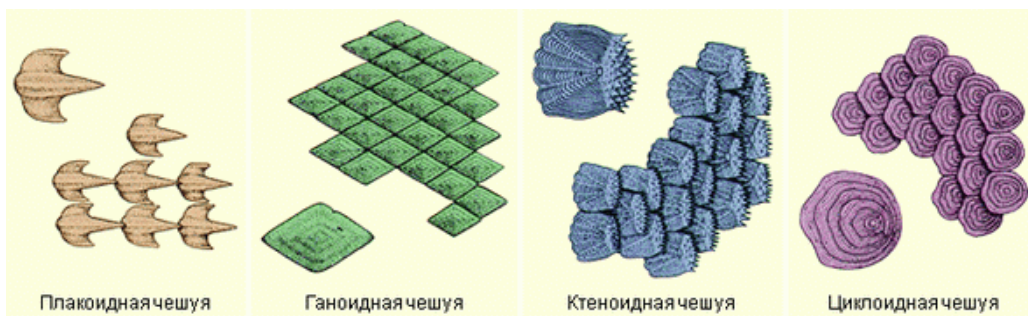
ЗОВНІШНЯ БУДОВА ТА РУХИ РИБ.

Зовнішня будова риби. Тіло більшості риб можна розділити на три частини: голова, тулуб і хвіст. На нижній стороні тулуба розташовані парні і непарні плавці, за допомогою яких риби переміщуються у воді. До непарних

плавників відносяться підхвоствий, хвостовий і спинний плавники. Кермувальні функції у риб виконує хвостовий плавець, який, як і всі плавники, за допомогою м'язів може змінювати своє положення. Також за допомогою непарних плавників риба пересувається у воді, як по прямій лінії. Грудні й черевні плавці призначені для утримання рівноваги тіла і також виконують кермувальні функції. По боках голови розташовані очі і носові отвори. Дихають риби за допомогою зябер, що складаються з зябрових кришок, розташовані на кордоні тулуба і голови, під якими знаходяться кісткові зяброві дуги, що захищають рибу від проникнення всередину планктону чи дрібних частин ґрунту.

Шкіра риби. Практично всі риби покриті спеціальною лускою, яка має череপিцеподібну форму. Форма лусочок у всіх риб різна, але розташування і прилягання один до одного вільними кінцями практично однакова. Таке розташування лусочок не заважає ридам при русі. Кожна лусочка складається з так званих кілець, представлених у вигляді темних і світлих смужок. За кількістю цих кілець можна визначити вік риби. Починаючи від голови і закінчуючи хвостом, з обох сторін і посередині тіла, проходить бічна лінія, яка також складається з лусочок, але з невеликими отворами. Ця бічна лінія - спеціальний орган чуття, який заповнений слизом і необхідний для визначення твердих предметів при русі і напрямку течії.

Типи луски: плакоїдна (лусочки укладені «в паркет»), ганоїдна (ромбічні платівки з шипами), циклоїдної (тонкі пластинки з гладким краєм) або ктеноїдна (пластинки з шипиками), періодично змінювалися у міру росту тварини (рис.1).



Забарвлення риб дуже різноманітна. Зазвичай риби мають синювату чи зеленувату спинку (під колір води) і сріблясті боки і черевце (погано помітні на тлі світлого «неба»). Багато риб для маскуванню покриті смугами і плямами. Мешканці коралових рифів навпаки вражають своєю кольоровою гамою.

Морфологічну основу руху утворює опорно-руховий апарат. Власне рушійною силою виступають м'язи. Саме в м'язах відбувається трансформація хімічної енергії АТФ у механічну енергію. Однак м'язам для скорочення і виробництва руху потрібна точка опори. Такими точками опори для численних м'язів риби виступають кістки скелета. Скелет виконує і формоутворювальну функцію (рис.2).

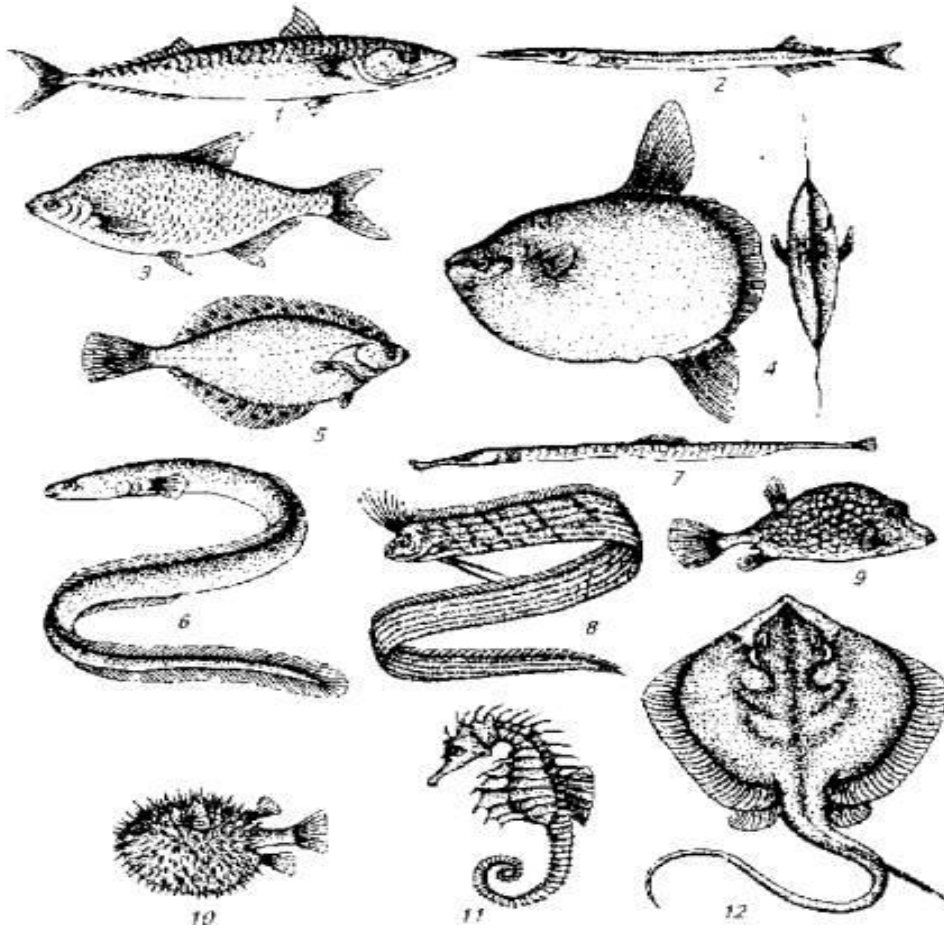


Рис.2 Форма тіла риб:

1-скупбрія; 2-сарган; 3-ляц; 4- риба-місяць; 5-камбала; 6-вугор; 7-морська голка; 8- оселедцевий король; 9-кузовок; 10- риба-їжак; 11- морський коник; 12- скат

За різноманіттю форм тіла риб можна судити і про складність будови їх скелета. Особливістю риб є те, що багато з них мають як традиційний для всіх хребетних тварин внутрішній, так і зовнішній скелет. Останній можна розглядати як ознаку еволюційного застою. У костистих риб зовнішній скелет представляє тільки луска. Однак у осетрових риб зовнішній скелет досить добре розвинений. Власне луска у них присутня лише на хвостовому стеблі, а тулубна частина і голова несуть на собі кісткові утворення - жучки, бляшки, колочки і шипи, що дісталися сучасним рибам від їх предків - панцирних риб. У риб вимоги до жорсткості та міцності кісток нижче, ніж у наземних хребетних. Слід зазначити, що і відносна маса кісток у риб в 2 рази менше. Розміри скелета костистих риб змінюються пропорційно масі тіла. Менша маса кісток для водних тварин дуже важлива. Маючи велику питому вагу, кісткова тканина істотно впливає на плавучість тіла водних тварин. Практично відсутня гравітація у водному середовищі пояснює істотні відмінності і в будові окремих кісток риб. Так, у риб немає трубчастих кісток, які відрізняються великою міцністю. На розтягування вони витримують силу 170 мН/м^2 , а на стискування ще більше - 280 мН/м^2 . У воді подібних навантажень не існує: риб'ячий скелет не виконує функцію підтримки тіла, як у наземних хребетних. Їх тіло підтримує сама вода: у риб нейтральна плавучість (або близька до нейтральної).

ФІЗІОЛОГІЯ ЗБУДЛИВИХ ТКАНИН РИБ.

Основні властивості збудливих тканин

До таких тканин відносять нервову, м'язову та секреторну тканини.

Основною властивістю живих систем є здатність відповідати на вплив навколишнього середовища активною реакцією. Особливо яскраво ця властивість виявляється в реакціях нервової, м'язової і залозистої тканин, які називають збудливими, тобто здатними відповідати збудженням на вплив подразників. Подразнення зумовлює в клітині складний комплекс мікроструктурних перебудов, а також зміну обміну речовин, концентрації й швидкості руху іонів та їх розподілу на клітинних мембранах.

Жива клітина під час здійснення своїх функцій безперервно генерує і підтримує електричні потенціали, тому універсальним способом з'ясування механізмів діяльності збудливих структур є електрофізіологічні дослідження. Основними іонами, які беруть участь в генерації електричних потенціалів клітин, є K^+ , Na^+ , Ca^{+} і Cl^- .

За умовами виникнення в живих структурах розрізняють мембранні потенціали спокою (МПС) та потенціали дії (ПД).

Збудливість залежить від низки факторів, а саме:

- 1) приналежності тканини (нервова – м'язова – залозиста);
- 2) у межах однієї тканини – від її розташування, наприклад залозиста тканина – шлункові – підшлункова – кишкові залози;
- 3) від ступеня диференціювання тканини;
- 4) від температури тіла;
- 5) від фізіологічного стану організму;
- 6) від застосування хімічних речовин – малі дози підвищують збудливість, великі – знижують.

Збудження тканин у живому організмі викликає певний подразник і виникає під впливом нервової системи. Нервова система, в свою чергу, отримує імпульси збудження від чутливих специфічних закінчень – рецепторів. Під подразником розуміють фактор зовнішнього або внутрішнього середовища, який спроможний впливати на живу тканину.

Подразники можна класифікувати за різними ознаками:

1. За місцем дії – зовнішні, внутрішні (нервові імпульси, гормони, продукти обміну речовин).
2. За біологічною дією на тканину – адекватні, неадекватні.
3. За природою подразників (в основному, стосується зовнішніх подразників) – механічні, термічні, хімічні, біологічні і електричні.
4. За силою підпорогові; порогові; надпорогові.

Під дією подразника в клітині змінюється швидкість обміну речовин, споживання кисню, виділення вуглекислого газу, зміна температури тощо. Проте показники згодом відновлюються після закінчення дії подразника. Це відноситься до всіх клітин, але збудливі тканини відповідають на подразнення

дещо інакше. В них під час збудження виникає відповідна специфічна реакція. Такими специфічними реакціями для *нервової тканини* є:– проведення нервового імпульсу, для *м'язової тканини* – скорочення, для *епітеліальної залозистої тканини* – виділення секрету.

Збудження виникає тільки за таких умов:

1. За певної сили подразника.
2. За певної швидкості нанесення подразнення.
3. За певної тривалості дії подразника.

Відповідь клітини на подразнення різної сили неоднакова. До підпорогових подразників відносять подразники такої сили, які викликають тільки локальний потенціал, але не викликають збудження. Особливостями локального потенціалу є те, що він залежить від сили подразнення і зростає досить повільно, зникає після того, як припиняється подразнення. Всі надпорогові подразники завжди викликають відповідну реакцію, яка може бути різною залежно від сили подразника. Крім визначеної сили подразника для розвитку збудження важлива і швидкість нанесення подразнення або градієнт подразнення. Якщо збільшення сили подразника відбувається повільно, збудження може і не виникнути. Так, під час повільного здавлювання нерва відбувається його подразнення, але збудження не виникає. Під час повільного нагрівання м'яза або нерва в тканині може статися денатурація білків, але збудження не відбувається. Пристосування збудливої тканини до повільно зростаючої сили подразника називають **акомодацією**. Різні тканини, клітини та їх структурні елементи (рецептори тощо) мають різну акомодацію.

Для виміру збудливості можна користуватися декількома показниками, один з яких – **гранична сила подразника**. Показник граничної сили дії подразника характеризує фізіологічний стан збудливої тканини. Чим збудливіше тканини вища, тим нижча гранична сила для розвитку процесу збудження, і навпаки. Є певна залежність між силою і тривалістю дії подразника. Чим сильніший подразник, тим коротший час його дії, який потрібен для виникнення збудження.

ФІЗІОЛОГІЯ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ.

Будова і функції.

Нервова система тварин виникла в процесі їх еволюції як інструмент, спеціалізований на об'єднанні величезної кількості структур багатоклітинного організму в єдине ціле. Найважливіше завдання нервової системи полягає в підтримці постійного зв'язку тварини із середовищем проживання і підтримці гомеостазу організму, адекватного змінам, що відбуваються у зовнішньому середовищі. Поява нервової системи в процесі еволюційного розвитку дозволило тваринам оптимізувати свої відносини з середовищем проживання, зробити реакції організму більш економними і біологічно більш ефективними. Для злагодженої роботи багатоклітинного організму хімічної регуляції недостатньо: вона повільна, вимагає великих витрат енергії і жорстких стабільних умов (рН, температура, вміст кисню).

У багатоклітинних тварин регуляцію фізіологічних функцій здійснює складна система нейрогуморальних механізмів. Гуморальна (хімічна) регуляція дісталася їм від нижчих форм життя. Нервова регуляція - власне еволюційне надбання багатоклітинних, що зумовило швидкий еволюційно-адаптивний розвиток багатоклітинних тварин. Еволюція зберегла хімічну ланку, оскільки в певних ситуаціях хімічна регуляція незамінна. Це насамперед стосується метаболічної регуляції, регуляції процесів зберігання генетичної інформації, диференціювання клітин і тканин, органогенезу, імунного захисту тварини.

Основними властивостями нервових клітин є чутливість, подразливість і збудливість, які дозволяють нервовій системі реагувати на зміни середовища, аналізувати стимули, оцінювати стан власного організму і швидко приймати оптимальні рішення при дуже малих витратах енергії. Іван Петрович Павлов створив вчення про нервізм, відповідно до якого кожна клітина організму незалежно від того, в складі соматичного чи вісцерального органу вона знаходиться, є підконтрольною нервовій системі. У той же час він підкреслював, що між гуморальною та нервовою регулюванням зберігається тісна багаторівнева зв'язок навіть у вищих хребетних тварин. Однак найчастіше в цьому гармонійному ансамблі регуляторних механізмів лідируючу позицію займає нервова система.

Нервова система складається з нервових клітин або нейронів і клітин глії. Глія виконує в нервовій системі функції опору, трофіки, захисту та виділення. Переважна більшість цих клітин зосереджена в головному та спинному мозках, а на периферії ця група клітин представлена шванівськими клітинами, які супроводжують нервові волокна і ізолюють їх. Нейрони виконують усі функції, які властиві нервовій системі, за рахунок своєї здібності збуджуватися, проводити збудження і передавати збудження на інші нервові клітини або на інші збудливі тканини (м'язові та залозисті). Нервова клітина складається із соми (тіло клітини з ядром) і відростків, зазвичай, різного типу – дендритів, якими нервові імпульси ідуть до тіла нервової клітини, та аксона, яким нервовий імпульс передається від нервової клітини.

У своєму еволюційному розвитку нервова система пройшла шлях від дифузної структури, далі вузлової і до складного трубчастого утворення, будову і функції якого ще довго будуть залишатися предметом вивчення людиною. Це підтверджують спостереження за гідростатичними реакціями риб, а також спеціальні дослідження з застосуванням електрофізіологічних методів і методик з виробленням умовних рефлексів на зміну гідростатичного тиску в штучних водоймах. Зіставлення розмірів головного мозку і всього тіла тварин показало, що у риб головний мозок менш розвинений, ніж у наземних хребетних. Головний мозок риб відрізняється не тільки розмірами, а й рівнем організації. Головний мозок складається з п'яти основних відділів: довгастого, середнього, мозочка, проміжного і переднього мозку.

Ступінь їх розвитку різна і деколи залежить не від еволюційного положення риби, а від її екологічної ніші. Наприклад, мозочок більш розвинений у акул, ніж у карася, передній мозок найбільш розвинений у вугра, довгастий - у сазана і яза. Середній мозок займає більшу питому вагу у активних риб з гострим зором. У сома більш розвинений мозочок.

Фактична відсутність великих півкуль і слабе морфологічне відокремлення проміжного мозку у риб означає перерозподіл функцій між відділами головного та спинного мозку. Так, вищу інтеграційну функцію у риб виконують середній, проміжний мозок, мозочок і довгастий мозок. Необхідно підкреслити, що спинний мозок риб взагалі проявляє великий ступінь автономності і має причетність до регуляції практично всіх без винятку функцій організму (локомоторних, вісцеральних, метаболічних). Єдине, що вислизає від його контролю, це сенсорна аферентація (*передавання нервового збудження від периферичних чутливих нейронів до центральних*), аферентний синтез і механізм прийняття рішень на його основі.

Структура і функції спинного мозку

Спинний мозок риб знаходиться в спинномозковому каналі, уздовж якого розташовуються нервові клітини переважно мультиполярного типу (з великою кількістю відростків). У передній частині тіла він переходить у довгастий мозок. Спинний мозок вкритий трьома мозковими оболонками: м'якою або судинною (внутрішньою), павутинною (середньою) і твердою (зовнішньою). Простір між м'якою і павутинною оболонками (підпавутинний простір) і спинномозковий канал заповнені спинномозковою рідиною. У круглоротих спинний мозок має вигляд плоскої стрічки, що складається із сірої речовини, в якій містяться тіла нервових клітин, а у верхній білій частині знаходяться провідні елементи. Починаючи з круглоротих, намічається найважливіший процес утворення довгих висхідних провідних шляхів спинного мозку, що є основою цефалізації. У кісткових риб на розрізі спинний мозок має округло-трикутну форму. Сіра речовина утворює дорзальні і вентральні роги; на периферії знаходиться біла речовина, що включає дорзальні, вентральні і латеральні стовпи (рис. 3). Дорзальні стовпи складаються з аферентних нервових волокон, що направляються до головного мозку. У риб провідні шляхи бічних стовпів йдуть до довгастого мозку і мозочка, надалі у філогенезі – до середнього мозку і, нарешті, у ссавців – до таламічної ділянки. У хрящових і кісткових риб формуються такі важливі для хребетних тварин висхідні шляхи, які зв'язують спинний мозок із найважливішими апаратами центральної регуляції руху: вестибулярним апаратом і мозочком.

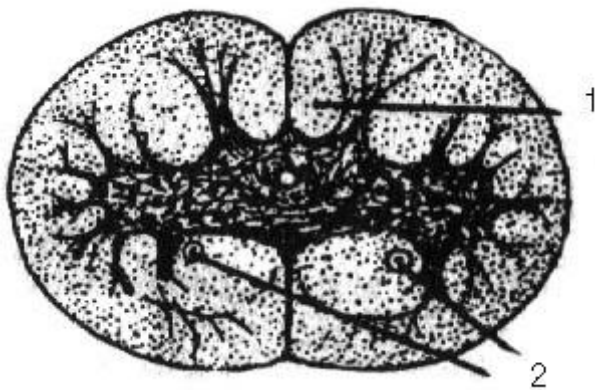


Рис. 3. Поперечний зріз спинного мозку:

- 1 – провідні шляхи;
- 2 – маутнеровські волокна.

Рухові волокна, що ідуть від головного мозку знаходяться у вентральних стовпах, а латеральні стовпи складаються з відцентрових і доцентрових волокон.

Спинний мозок виконує

рефлекторну і провідникову функції.

Рефлекторна функція полягає в здійсненні спинним мозком деяких простих рефлексів. Нерви, що йдуть від нього, іннервують усі скелетні м'язи, за винятком м'язів голови, іннервацію яких здійснюють черепно-мозкові нерви. Спинний мозок бере участь у виконанні різноманітних рухових реакцій тулуба і плавців. У деяких риб сильний розвиток периферичних нервів призводить до збільшення зон спинного мозку відповідно центрам цих нервів. Так, у морського півня розвинені п'ять парних потовщень вентрального відділу передньої частини спинного мозку відповідно п'ятьом нервам, що іннервують передні збільшені і спроможні до самостійних рухів промені грудних плавців.

Провідникова функція спинного мозку полягає в проведенні збудження як у висхідному напрямку – до головного мозку, так і в низхідному – від головного мозку через спинний спинномозковими нервами до м'язів і різних органів. У спинний мозок надходять імпульси від різноманітних рецепторів – пропріорецепторів м'язів, суглобів, зв'язок, інтеро- і екстерорецепторів. Ця інформація (аферентні імпульси) бічними висхідними рогами передається у довгастий мозок і мозочок.

Структура і функції головного мозку

У костистих риб є величезна кількість особливостей (як правило, морфологічного характеру), які асоціюються як за видовою приналежністю риби, так і за її екологічною нішею. Спільними ознаками для всіх костистих риб (як дводишних *Dipnoi*, так і вищих *Teleostomi*) є однаково добре розвинена периферична частина нервової системи, структурований за функціями спинний мозок, сегментарний характер іннервації як опорно-рухового апарату, так і вісцеро-вегетативних функцій. Найбільш помітні відмінності між окремими видами (або екологічними групами) риб *Osteichyes* проявляються на рівні головного мозку.

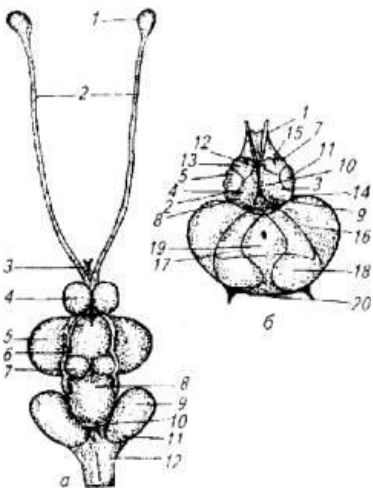


Рис. 4 Головний мозок коропа:

(а): 1 нюхова цибулина; 2 - нюховий тракт, 3-хиазма; 4- передній мозок; 5, 6- середній мозок; 7, 8- мозочок; 9 - вагусна частка; 10,11 - лицеві долі; 12-- продовгуватий мозок

(б): 1 - нюховий тракт; 2- 8 - борозенки переднього мозку; 9-15-горбики переднього мозку; 16, 17- середній мозок 18 - 20- мозочок

Незважаючи на різницю в диференціації головного мозку в групі костистих риб (рис.4), для них характерні загальні філогенетичні надбання: розширення зв'язків між головним і тулоповим відділами центральної нервової системи. Перш за все це низхідні шляхи, що зв'язують апарати центральної

регуляції рухів зі спинним мозком – *вестібулоспінальний тракт, церебеллоспінальний тракт і бульбоспінальний тракт.*

Взаємодія нервової й ендокринної систем у регуляції функцій

Між нервовою й ендокринними системами існують взаємозв'язки, пов'язані як із впливом нервової системи на ендокринну, так і зворотним впливом ендокринної системи на нервову. З'явившись у внутрішньому середовищі, гормони можуть змінювати характер перебігу рефлексів і спрямовувати нервову діяльність та поведінку риб. Домінантні відношення у головному мозку можна пояснити саме впливом на нервові центри розчинених у крові речовин і, в першу чергу, гормонів.

У центральній нервовій системі існує дві зони, які забезпечують регуляцію ендокринної системи з боку нервової – гіпоталамічна ділянка проміжного мозку й ділянка спинного мозку. Між гіпоталамічною ділянкою стовбурної частини мозку і розташованим у цій ділянці гіпофізом існують нервові і гуморальні зв'язки. Гіпоталамічні ганглії забезпечують регуляцію виділення передньою ділянкою гіпофіза різноманітних гормонів. Існує також певний зв'язок між гіпоталамусом та задньою ділянкою гіпофіза. Фізіологія залоз внутрішньої секреції. Значення гормонів у житті риб.

ФІЗІОЛОГІЯ ЕНДОКРИННОЇ СИСТЕМИ

Загальні відомості про гуморальну регуляцію

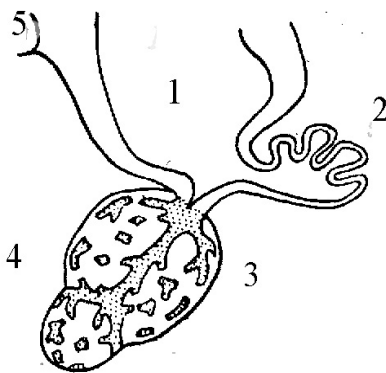
Гуморальна система регуляції живих організмів є найбільш давньою. У більш організованих організмів відособлюються спеціальні органи – залози внутрішньої секреції, що синтезують специфічні речовини – гормони, які виконують регулювальні функції для клітин, тканин і органів. Систему органів внутрішньої секреції ще називають ендокринною системою, речовини що виділяються ними – гормонами, а виділення речовин у кров – інкрецією. Система залоз внутрішньої секреції не тільки функціонує у тісному зв'язку з нервовою, регулюється нею, але і впливає на проходження процесів у центральній нервовій системі, підтримуючи певні доміанти, що забезпечують поведінку риб у конкретних ситуаціях.

Залозами внутрішньої секреції є гіпофіз, епіфіз, наднирники, підшлункова, щитовидна і ультимобронхіальна залози, а також урогіпофіз і гонади. Вони виділяють гормони в кров.

Гіпофіз (-непарне, неправильної овальної форми утворення, що відходить від нижнього боку проміжного мозку (гіпоталамуса) (рис.5). Обрис, розміри і положення його надзвичайно різноманітні. У сазана, коропа і багатьох інших риб гіпофіз серцеподібної форми, лежить майже перпендикулярно мозку. У срібного карася він витягнутий, трохи сплющений з боків і лежить паралельно мозку. У гіпофізі розрізняють два основні відділи різного походження: мозковий (нейрогіпофіз), що становить внутрішню частину залози, який розвивається з нижньої стінки проміжного мозку як вп'ячування дна третього мозкового шлуночка, і залозистий (аденогіпофіз), що утворюється з

вп'ячування верхньої стінки глотки. В аденогіпофізі виділяють три частини: головну (передню, розташовану на периферії), перехідну (найбільшу) і проміжну. Аденогіпофіз є центральною залозою ендокринної системи. В залозистій паренхімі його часткою виробляється секрет, що містить ряд гормонів, що стимулюють ріст (соматичний гормон необхідний для росту кісток), регулюють функції статевих залоз і таким чином впливають на статеве дозрівання, що впливають на діяльність пігментних клітин (визначають забарвлення тіла і перш за все поява шлюбного вбрання) і підвищують стійкість риб до високої температури, стимулює синтез білка, роботу щитовидної залози, бере участь в осморегуляції. Видалення гіпофіза тягне за собою зупинку росту і дозрівання.

Рис. 5 Будова гіпофіза



- 1 – третій шлуночок;
- 2 – судинний мішок;
- 3 – нейрогіпофіз;
- 4 – аденогіпофіз;
- 5 – зорове перехрестя.

Аргінін–вазотонин (АВТ), окситонин – гормони, що виділяються нейрогіпофізом і синтезуються в ядрах гіпоталамуса, переносяться по нервових волокнах в нейрогіпофіз, а потім потрапляють в пронизуючі його капіляри. Таким чином, це нейтросекреторна залоза. Гормони беруть участь в осморегуляції, викликають нерестові реакції.

Єдину систему з гіпофізом утворює гіпоталамус, клітини якого виділяють секрет, що регулює гормонотворюючу діяльність гіпофіза, а також водно-сольовий обмін і ін..

Найбільш інтенсивний розвиток гіпофіза припадає на період перетворення личинки в малька, У статевозрілих риб активність його нерівномірна у зв'язку з біологією розмноження риб і, зокрема, з характером ікрометання. У риб з одноразовим ікрометанням секрет в залозистих клітинах накопичується майже одночасно після виведення секрету, до моменту овуляції гіпофіз спустошується, і в секреторній діяльності його настає перерва. В яєчниках до моменту нересту закінчується розвиток овоцитів. Овоцити виметуються в один прийом і складають таким чином єдину генерацію.

У порційно ікрометаючих риб секрет в клітинах утворюється неодноразово. Внаслідок цього після виведення секрету під час першого нересту залишається частина клітин, в яких процес утворення колоїду не закінчився. В результаті він може виділятися порціями протягом усього нерестового періоду. У свою чергу, овоцити, підготовлювані до вимету в даний сезон, розвиваються також асинхронно. До моменту першого нересту в яєчниках містяться не тільки дозрілі овоцити, а й ті, розвиток яких ще не завершено. Такі овоцити

дозрівають через деякий час після виведення першої генерації овоцитів, тобто першої порції ікри. Так утворюється кілька порцій ікри.

Дослідження шляхів стимуляції дозрівання риб привели майже одночасно в першій половині нашого століття, але незалежно один від одного бразильських (Перінга і Кардозо, 1934-1935) і радянських вчених (Гербільський і його школа, 1932-1934) до розробки методу гіпофізарних ін'єкцій плідникам для прискорення їх дозрівання. Цей метод дозволив в значній мірі керувати процесом дозрівання риб і тим самим збільшувати розмах рибоводних робіт з відтворення цінних видів. Гіпофізарні ін'єкції широко застосовують при штучному розведенні осетрових і коропових риб.

Третій нейросекреторний відділ проміжного мозку - епіфіз. Його гормони (серотонін, мелатонін, адреногломерулотропін) беруть участь у сезонних перебудовах обміну речовин. На його активність впливають освітленість і тривалість світлового дня: при їх збільшенні підвищується активність риб, прискорюється зростання, змінюються гонади.

Щитовидна залоза розташована в області глотки, близько черевної аорти. Гормони, що продукуються – тироксин, трийодтиронін. У одних риб (деякі акули, лососеві) вона є щільним парним утворенням, що складається з фолікулів, які виділяють гормони, в інших (окуневі, коропові) залозисті клітини не утворюють оформленого органу, а лежать дифузно (нерівномірно) в сполучній тканині.

Секреторна діяльність щитовидної залози починається дуже рано. Наприклад, у личинок осетра на 2-й день після викльову залоза, хоча і не цілком сформована, проявляє активну секреторну діяльність, а на 15-й день формування фолікулів майже закінчується. Містять колоїд фолікули виявляються у 4-денних личинок севрюги.

Надалі залоза періодично виділяє секрет який накопичується, причому посилення її діяльності відзначається у молоді під час метаморфоза, а у статевозрілих риб у переднерестовий період, до появи шлюбного вбрання. Максимум активності збігається з моментом овуляції.

Активність щитовидної залози змінюється протягом життя, поступово падаючи в процесі старіння, а також в залежності від забезпеченості риб їжею: недокорм викликає посилення функції.

У самок щитовидна залоза розвинена сильніше, ніж у самців, однак у самців вона більш активна.

Щитовидній залозі належить важлива роль в регуляції обміну речовин, процесів росту і диференціювання, вуглеводного обміну, осморегуляції, підтримці нормальної діяльності нервових центрів, кори надниркових залоз, статевих залоз. Додавання препарату щитовидної залози в корм прискорює розвиток молоді. При порушенні функції щитовидної залози з'являється зоб.

Статеві залози – яєчники, які продукуються такі гормони, як естрогени та гестагени і сім'яники виробляють андрогени. Секреція їх періодична: найбільша кількість гормонів утворюється в період зрілості гонад. З цими гормонами пов'язують появу шлюбного вбрання.

В яєчниках акул і річкового вугра, а також в плазмі крові акул виявлені гормони 17- β естрадіол і естрон, що локалізуються переважно в яйцеклітинах,

менше - в тканини яєчника. У самців акул і лосося виявлені дезоксикортикостерон і прогестерон.

У риб існує залежність між гіпофізом, щитовидною залозою і гонадами. В переднерестовий і нерестовий періоди дозрівання гонад керується активністю гіпофіза і щитовидної залози, а діяльність цих залоз теж взаємопов'язана.

Підшлункова залоза у костистих риб виконує подвійну функцію - залози зовнішньої (виділення ферментів) і внутрішньої (виділення інсуліну) секреції.

Утворення інсуліну локалізовано в острівцях Лангерганса, вкраплених в тканину печінки. Він грає важливу роль в регуляції вуглеводного обміну і синтезу білків.

Ультимобранхіальна залоза виявлена як у морських, так і прісноводних риб. Це парне або непарне утворення, що лежить, наприклад у щук і лососевих, з боків стравоходу. Клітини залози секретують гормон кальцитонін, який перешкоджає резорбції з кісток кальцію і таким чином не дає підвищуватися його концентрації в крові.

Надирники. На відміну від вищих тварин у риб мозкова і коркова речовина роз'єднані і не утворюють єдиного органу. У костистих риб вони розташовуються в різних ділянках нирки. Коркову речовину (відповідно кортикальній тканині вищих хребетних) впроваджено в передню частину нирки і носить назву інтерреналова тканина. У ній виявлені ті ж речовини, що і у інших хребетних, але вміст, наприклад, ліпідів, фосфоліпідів, холестерину, аскорбінової кислоти у риб більше.

Гормони коркового шару надають багатосторонній вплив на життєдіяльність організму. Так, глюкокортикоїди (у риб виявлені кортизол, кортизон, 11-дезоксикортизол) і статеві гормони беруть участь в розвитку скелета, м'язів, статевій поведінці, вуглеводному обміні. Вилучення інтерреналової тканини веде до зупинки дихання ще до зупинки серця. Кортизол бере участь в осморегуляції.

Мозковій речовині надирників у вищих тварин, в риб відповідає хромафінові клітини. Виділений ними гормон адреналін впливає на судинну і м'язову системи, збільшує збудливість і силу пульсації серця, викликає розширення і звуження судин. Збільшення концентрації адреналіну в крові викликає почуття тривоги.

Нейросекреторним і ендокринним органом у костистих риб є і урогіпофіз, що знаходиться в каудальній області спинного мозку і бере участь в осморегуляції, який має великий вплив на роботу нирок.

М'ЯЗОВА СИСТЕМА РИБ

Рух. Механічний рух займає важливе місце у життєвих процесах. Риба переміщується у воді, прокачує воду через зябровий апарат, серце проштовхує кров по судинах, кишечник їжу. Є й інші, менш помітні, але теж досить важливі форми механічного руху – змінюється просвіт кровоносних судин і зіниці очей, скорочуються і розтягуються стінки жовчного міхура, стискаються і розслаблюються кільцеві сфінктери шлунку і кишечника. Завдяки

переміщенню пігментних гранул у пігментних клітинах шкіри – хроматофорах – відбувається зміна забарвлення шкіри риб. Під час овуляції скорочуються клітини фолікулів яєчників риб, в результаті чого зрілі овоцити надходять у порожнину тіла. Виділення ікри і молок у зовнішнє середовище відбувається в результаті спазматичних скорочень м'язів тіла. Всім клітинам тіла властивий рух протоплазми і вакуолей, хоч спостерігати цю форму руху можна лише за великого збільшення. На очному дні відбувається рух пігментних і зорових клітин. У клітинах нирок, в хлоридних клітинах зябер, у клітинах у кишківнику відбувається активний і спрямований транспорт речовини від одного полюса клітини до іншого.

Спеціалізована м'язова тканина утворюється у зародку на стадії рухомого ембріона. Однак навіть на ранніх стадіях ембріонального розвитку можна спостерігати протоплазматичні рухи в яйці. Крім того, можна бачити хвилеподібні рухи поверхні овоцита, які викликають покачування і обертання яйця всередині оболонки. Ці рухи мають важливе значення для обміну речовин ембріона з навколишнім середовищем – газообміну і екскреції метаболітів. Всередині оболонки конвекційні течії досить утруднені, тому перемішування перевітелінової речовини полегшує надходження кисню в середину яйця і вихід вуглекислоти і аміаку на поверхню за градієнтом концентрації. На поверхні ембріонів і личинок осетрових утворюються війки, погоджений рух яких створює рухи води і самого тіла. Система війок є також у деяких внутрішніх органах – у ниркових каналцях, яйцеводах, кишечнику круглоротих. Здатність до самостійного руху мають деякі клітини організму риби. Наприклад, за допомогою джгутика переміщуються у воді сперматозоїди, а деякі клітини крові здатні до амебоїдних рухів.

Фізіологія м'язів

М'язові тканини – це спеціалізовані скоротливі тканини, які розподіляються на посмуговану довільну, непосмуговану автономну і серцеву. М'язову систему риб, як й інших хребетних, поділяють на м'язову систему тіла (соматичну), яка складається з посмугованих м'язових волокон і внутрішніх органів (вісцеральну), до складу якої входять головним чином непосмуговані м'язи.

Основними властивостями скелетних м'язів є:

- 1) збудливість,
- 2) провідність,
- 3) скоротливість,
- 4) еластичність,
- 5) пластичність.

В інтактному організмі м'язи збуджуються тільки під впливом нервового імпульсу, до того ж кожне нервове волокно, яке іннервує м'язи, забезпечує збудження тільки певної кількості м'язових волокон. Руховий нейрон разом із м'язовими волокнами, які він іннервує, називають нервово-руховою або моторною одиницею. На відміну від інших збудливих структур, у м'язах збудження з одного збудженого волокна на іншій не передається. Серед

м'язових волокон є більш збудливі, з більшою швидкістю проведення імпульсу (12-15 м/с), але менш витривалі світлі волокна та менш збудливі зі швидкістю проведення імпульсу 3-4 м/с червоні. Посмуговані м'язи пластичні, тобто здатні дещо розтягуватися під впливом зовнішніх сил, а також еластичні, тобто спроможні повертатися до первісного стану. М'язи перебувають постійно у тонусі, оскільки постійно частина м'язових волокон знаходиться в скороченому стані.

Світла і червона мускулатура риб неоднакові за функцією. За даними електрофізіології під час спокійного плавання риби в крейсерському режимі кількість скорочень волокон червоної мускулатури дорівнює кількості плавальних рухів. Скорочення волокон білої мускулатури носять нерегулярний характер. Вони наче підтримують постійну ритмічну роботу червоних м'язів енергійними потужними рухами. Ці рухи риби роблять з певними інтервалами. Як правило, протягом секунди вони рухаються енергійно, потім приблизно стільки ж рухаються за інерцією або стоять.

Маса червоних м'язів у риб неоднакова. Чітко простежується у риб поділ м'язів на світлі й червоні. У пелагічних риб (скумбрія, тунець), які постійно плавають з відносно невеликою швидкістю, таке плавання здійснюється за допомогою червоних м'язів, що розміщені уздовж бічної лінії і тягнуться вглиб аж до хребта. Вся маса білої мускулатури призначена для коротких сплесків швидкої рухової активності. Аналогічний розподіл м'язів спостерігається й у акул, де тонічні волокна, що становлять менш як 20% загальної м'язової маси, забезпечують звичайне пересування у воді, а фазні волокна – переслідування здобичі.

Червоні м'язи називають повільними або тонічними, оскільки м'язи цього типу підтримують у наземних хребетних позу і загальний тонус м'язової маси. Вони іннервуються нервовими волокнами малого діаметра, кінцеві контакти яких розташовані по декілька на кожне м'язове волокно, що дозволяє більш точно регулювати силу і швидкість скорочення тонічної мускулатури.

Білі м'язи забезпечуються кровоносними судинами значно менше, основне їх паливо – вуглеводи. Потужні анаеробні процеси, які відбуваються у м'язах під час їх скорочення, не встигають компенсуватися аеробними. Ці м'язи містять майже 1% глікогену, який витрачається під час інтенсивної роботи, що супроводжується нагромадженням у них молочної кислоти. Після активної рухомої активності вміст лактату (молочної кислоти) у білих м'язах залишається підвищеним протягом багатьох годин.

Білі м'язи ще називають фазичними або швидкими. Їх потужність і швидкість скорочення вдвічі більша, ніж у темних м'язів. Для швидких м'язових волокон пластинчатозябрових, дводишних, хрящових ганоїдів і примітивних костистих риб характерна іннервація кожного волокна одним нервовим закінченням, а для більшості костистих риб характерна множинна іннервація кожного волокна, так само, як і для волокон червоної мускулатури. Скоротливі властивості світлих волокон у різних видів риб не однакові – рухи одних видів повільні і рівномірні, а інших – різкі з великим прискоренням. Відповідно до цього знаходяться і властивості м'язових волокон. На один короткий електричний імпульс вони відповідають швидким скороченням. Безпосередньо після

імпульсу спостерігається короткий латентний період тривалістю в декілька мілісекунд. Потім відбувається швидке скорочення і більш повільне розслаблення. Час, необхідний для повного одиночного циклу, коливається від 30 до 100 мілісекунд. Якщо подавати на м'язове волокно стимулюючі імпульси до кінця повного розслаблення, то спостерігається продовження скорочення, або тетанус.

Природно конвульсійні рухи спостерігаються в період нересту у багатьох видів риб. Згинаються і тремтять у період "шлюбних ігор" лососеві, коропові і деякі інші види риб. Тетанічне скорочення тіла спостерігається під час ікрометання і виділення молока.

Плавання риб

Соматичні м'язи риб можна звести в три відділи: м'язи тулуба, м'язи голови та м'язи плавців. М'язи тулуба розподіляються на дорзальні, латеральні та вентральні.

Існує два головних способи руху риб:

1. За допомогою хвилеподібних вигинів тіла шляхом послідовного скорочення міомерів тулуба і хвоста.
2. За допомогою плавців.

За сучасними уявленнями, "рухові механізми" різних риб, як і самі риби, дуже різні (наприклад, у риби-ніж – стрічковий хвилеподібний плавець; вугор європейський відрізняється плавним рухом усього тіла; осетер і форель характеризуються осциляціями тіла поряд із рухом декількох плавців чи тільки хвостового тощо. Риби переміщуються в товщі води, створюючи упор, відштовхуючись від середовища, що має певну густину, в'язкість і податливість. Простіше всього зрозуміти явище упору, розглядаючи гребне плавання за допомогою грудних плавців. Грудний плавець, що закріплений своєю основою на плечовому поясі, під дією мускулатури здійснює рухи подібно обертанню хвртки навколо петель. Під час руху назад, у період гребка, плавець максимально розправлений і створює максимальний упор. Під час руху плавців вперед, під час підготовки гребка, промені зведені і створюють мінімальний гальмівний упор. Гребним плаванням користуються щуки, колючки, бички і багато інших риб. Одиночний цикл руху плавця може бути розділений на рух вперед (підготовка гребка), рух назад (гребок) і період, коли плавець притиснутий до тіла (рефрактерна фаза). Швидкість плавання риби залежить від швидкості руху плавця – швидкість руху зовнішнього краю плавця завжди більша швидкості поступального руху риби, тобто плавець є двигуном.

Рух грудних плавців у більшості риб почерговий (типу "кріль"), але у деяких видів, наприклад у коропа, – одночасний (типу "брас"). Швидкість плавання під час роботи одних лише плавців невелика, витрати енергії теж, очевидно, невеликі, оскільки до роботи залучаються невеликі маси мускулатури плечового поясу. Коефіцієнт корисної дії мускулатури за такого типу плавання досить високий. Під час плавання за рахунок плавців тулубно-хвостова мускулатура деякою мірою напружена для підтримання "пози"обтікання. У протилежному випадку тіло починає пасивно коливатись у набіглому потоці і

це викликає гальмування. Обмежені маси мускулатури залучаються до роботи під час плавання за допомогою непарних плавців, наприклад, спинного, анального, коли ефективний упор створюють поперечні складки плавців. Найбільша швидкість досягається рибами за періодичного, хвилеподібного згинання всього тіла (ундуляції). Рушієм у цьому випадку є майже вся поверхня тіла, за винятком негнучкої голови. Активно скорочується майже вся тулубно-хвостова мускулатура, яка становить приблизно половину маси тіла.

Максимальна швидкість плавання риби є функцією довжини тіла і максимальної частоти ундуляції, тобто максимальної частоти скорочень тулубної мускулатури.

Найкращі плавці серед риб – тунці, ставриди, лососі – плавають у 2-3 рази швидше, і вони витриваліші, ніж посередні плавці, такі як осетрові, камбали, бички, вугри. Тунці – рекордсмени серед риб за швидкісною витривалістю – можуть тривалий час рухатись із швидкістю 3-4 довжини тіла за секунду, тобто майже до 20 км/год.

ФІЗІОЛОГІЯ КРОВІ

Кров – за своїм хімічним складом дуже складна рідка тканина, яка виконує різні фізіологічні функції. вона разом із тканинною рідиною і лімфою є внутрішнім середовищем риби.

Кров необхідна перш за все для живлення та дихання тканин, регуляції між окремими клітинами, тканинами і органами (гуморальний зв'язок), а також несе захисну функцію. Для того щоб кров могла все це виконувати, вона повинна перебувати в постійному русі. Кровообіг вирішує в основному три завдання:

перенесення поживних речовин і газів від однієї ділянки тіла до іншої.

перенесення і розподіл резервного матеріалу всередині тіла риби

вивільнення клітин від продуктів їх обміну.

Плазма крові завжди містить в певному співвідношенні солі, проміжні і кінцеві продукти обміну і екскреторні речовини. Форменні елементи крові виконують перш за все дихальну(еритроцити) і захисну(лейкоцити, тромбоцити) функції.

Основною функцією крові є транспорт різноманітних речовин, але залежно від характеру речовин, що переносяться, і їх природи, вона виконує ще й такі функції: дихальну, трофічну, екскреторну, гомеостатичну, регуляторну, терморегуляторну, захисну, транспортну тощо.

Дихальна функція. Ця функція являє собою процес транспорту кисню з органів дихання до тканин і вуглекислого газу у зворотному напрямку.

Трофічна функція. Трофічна функція крові полягає в тому, що кров переносить поживні речовини від травного тракту до клітин організму, а також здійснює транспорт метаболітів від одного органа або тканини до інших.

Екскреторна функція. Екскреторна функція виявляється у видаленні непотрібних і шкідливих для організму кінцевих продуктів обміну речовин, наприклад води, мінеральних і органічних речовин, що надійшли з їжею або утворилися в організмі під час метаболізму.

Гомеостатична функція. Кров бере участь у підтриманні сталості внутрішнього середовища організму (наприклад, сталості рН, водного балансу, вмісту глюкози та інших метаболітів тощо).

Регуляторна функція крові. Деякі тканини в процесі життєдіяльності виділяють у кров хімічні речовини з високою біологічною активністю. Знаходячись постійно в стані руху в системі замкнених судин, кров тим самим здійснює зв'язок між різними органами.

Захисна функція. Її виконують різні складові частини крові, які забезпечують вироблення антитіл і фагоцитів. Імуннокомпетентні органи – тимус, селезінка, нирки, печінка, лімфо-мієлоїдна тканина черепної коробки. До захисних функцій відноситься також згортання крові. За будь-якого, навіть незначного, поранення виникає тромб, що закупорює судину і припиняє кровотечу.

Всі ці функції кров може здійснювати шляхом перенесення різних речовин, виконуючи і **транспортну функцію**.

Кровотворення

Кровотворення у риб носить дифузійний характер: немає розмежування на лімфоїдні і мієлоїдні елементи. Гемопоетична тканина риб розсіяна у багатьох органах: нирках, селезінці, слизової кишечнику, серці, тимусі, зябрах та спеціальних лімфоїдних органах, які розташовані у осетрових під покрівлею мозку над довгастим мозком, а у костистих риб кровотворна тканина примикає до потиличної частини черепа. Деякі з них, зокрема нирки, селезінку, можна назвати основними осередками кровотворення, оскільки гемопоетична тканина у цих органах складає основну масу.

Головним місцем утворення клітин крові у риб є селезінка. Лейкоцити у хрящових риб утворюються в першу чергу у лейдиговому органі, що є скупченням лімфомієлоїдної тканини в слизовій оболонці стравоходу. Осередки кровотворення, які виробляють лейкоцити, у хрящових є також у статевих залозах, а у деяких видів – у нирках. У костистих риб лейкоцити утворюються у сполучній тканині нирок, у скупченнях лімфоїдної тканини підшлункової залози і, в обмеженій кількості, у слизовій оболонці кишечнику.

Кількість крові.

Визначення загальної кількості крові в тілі риб пов'язано із цілою низкою труднощів. Тому точні дані про кількість крові важко отримати. Проведені ще в середині 19ст. Г.Велькером визначення демонструють, що загальна кількість крові у риб менша, ніж у вищих хребетних тварин (ссавці – 7,8%, птахи – 7,7%), проте приблизно така ж, як у хвостатих амфібій (3%) і жаб (6,4-8,2%)

Надаючи велике значення забезпеченню організму риби киснем, П.А.Коржуєв провів дослідження на різних рибах і показав, що кількість крові у різних особин одного і того ж виду сильно коливається (1,5 – 3,5 рази).

Співставлення кількості крові у різних видів риб із їхнім середовищем проживання дозволяє попередньо відмітити, що прісноводні костисті мають менше крові (2,7% із коливаннями від 1,8 до 4,1%), ніж морські костисті (4,1% із похибкою від 1,9 до 7,3%).

Іншим важливим фактором, що впливає на кількість крові, є активність (рухливість) риби. Більш активні риби мають більшу кількість крові, ніж малоактивні. Проте існують винятки, наприклад: у в'юна більше крові ніж у окуня.

Кров, з її складовими частинами, будучи внутрішнім середовищем організму, відображає у своєму складі його обмінні реакції, що відбуваються у тісній взаємодії з зовнішнім середовищем. Взаємовідносини організму і зовнішнього середовища у риб, як і у всіх хребетних тварин, здійснюються за допомогою нервової системи. Зрушення в складі крові, які постійно відбуваються під впливом різних зовнішніх впливів, здійснюються, в основному, завдяки рефлекторним впливів через нервову систему. Це однаковою мірою стосується і хімічним, і до клітинних складових частин крові. Загальна кількість крові в організмі риб коливається в широких межах залежно від виду особини. Прямі визначення кількості крові, вироблені у деяких видів риб ще Велькера (1858), вже дозволили відзначити цю особливість. Так, у морської міноги відношення кількості крові до ваги тіла виявилось рівним 1:19,4, у лина і окуня 1:63. Таким чином, кількість крові складає у цих риб 5,2 і 1,6% від ваги тіла. Визначення обсягу крові риб, вироблені Коржуєвим і Микільською (1951) знову підтвердили ці дані. Обсяг крові у різних видів прісноводних риб становив від 1,79 до 5%, у морських риб - від 1,76 до 4,44%. Цікаво зіставити ці числа з загальною кількістю крові в інших тварин: у птахів воно в середньому дорівнює 8 - 9% від ваги тіла, у ссавців (наприклад, собаки) - близько 7%. Питома вага крові риб в середньому дорівнює 1,035 (коливання від 1,032 до 1,051), проти 1,053 у ссавців. Питома вага плазми крові дещо нижче, ніж у ссавців і варіює в межах від 1,022 до 1,029. Кров представляє собою розчин, що включає колоїдні і кристалоїдні речовини. Показниками, що характеризують стан колоїдних речовин, служать в'язкість і поверхневий натяг, стану кристалоїдних речовин - осмотичний тиск і електропровідність. Велика в'язкість крові в порівнянні з водою залежить від містяться в ній гідрофільних колоїдів. Солі, що входять до складу рідкої частини крові, лише ледь помітно впливають на її в'язкість. Значно можуть підвищувати в'язкість містяться в цілісній крові формені елементи. Нечисленні дослідження відносної в'язкості сироватки крові у хрящових і костистих риб показали, що вона в середньому становить 1,49-1,83 і має, приблизно, ту ж величину, що і в'язкість сироватки людини (1,75). Сироватка по поверхневому натягу, вимірювати різними способами і у різних риб, також виявилася близькою до сироватці ссавців; так, наприклад, при вимірюванні сталагмометричним методом при температурі 15-20 С у *Torpedo* поверхневий натяг сироватки було 69,4 дн / см, у губана- дрозда - 66,8, а у ссавців (собаки) - 66,3 дн / см.

Табл.1.Розподіл крові (На прикладі райдужної форелі)

Тканина	Частка тканини в масі тіла,%	Частка крові в тканинах,% від усієї крові	Вміст крові в тканинах,% від маси тіла
Білі м'язи	66,0	15,8	0,72

Червоні м'язи	1,0	6,0	18,00
Серце	0,2	2,0	30,00
Зябра	3,9	7,6	57,00
Травний тракт	5,1	2,4	1,41
Печінка	1,4	4,0	14,20
Судини і нирки	3,0	60,0	60,00
Решта	19,1	0,9	-

Взяття крові

Кров беруть у голодної риби, витриманої в добре аерованій воді протягом 5-10 хвилин після вилову. Якщо це неможливо, то спійману рибу слід відразу помістити у відро з водою з водойми у співвідношенні 1:10, що містить релаксуючу концентрацію одного з анестетиків: пропаксат(0,6-0,8мг/л), хіналдін (25-30мг/л), сірчаний ефір (1-1,5%) та ін. Вода, в якій знаходиться анестезована риба, повинна постійно аеруватися. У залежності від розміру об'єкта і необхідної кількості крові кров беруть кількома способами: з серця, зяберної вени, хвостової артерії, відсіканням хвоста (каудоектомія). Місце пункції після зняття луски обробляють 70° спиртом і висушують ватним тампоном для видалення слизу. Для взяття крові частіше використовують шприц з ін'єкційною голкою або пастерівською піпетку. Інструменти попередньо обробляють водним розчином антикоагулянтів: цитрату натрію або гепарину. Місце взяття крові не можна стискати, щоб уникнути попадання тканинної рідини, що може змінити результати. Повторно брати кров з одного і того ж місця не рекомендується. Кров для аналізу повинна бути свіжою і рідкою. Щоб уникнути руйнування еритроцитів (гемолізу) кров беруть у підготовлені пробірки (або годинникове скло), зливаючи обережно по стінці.

Після чого роблять мазки крові, після чого їх зафарбовують, визначають вміст гемоглобіну, визначають швидкість осідання еритроцитів, виводять лейкоформулу і ін..

Табл.2 Час згортання крові в залежності від способу взяття крові (на прикладі форелі)

Спосіб взяття крові	Час зсідання, сек.
Пункція аорти	150-250
Пункція шлуночка серця чи хвостових судин	50-150
Каудоектомія	20-60

Стрес-фактори підвищують швидкість зсідання крові у риб, що свідчить про вагомий вплив центральної нервової системи на цей процес.

Табл. 3 Час згортання крові у різних видів риб, сек.

Вид риб	Час згортання крові, сек.	Умови
Короп, лящ	600-840	Виловлені із природних водойм
Плотва, яз	300-380	Теж

Окунь, судак	120-180	Теж
Райдужна форель	150-250	Виловлена із штучних басейнів

Таким чином, організм риб надійно захищений від великих крововтрат. Залежність часу згортання крові риб від стану нервової системи є додатковим захисним фактором, оскільки великі крововтрати можливі швидше за все у стресових ситуаціях (напад хижака, бійки).

Табл. 4 Гематологічні показники риб (фізіологічна норма)

Показник	Вік	Короп			
		Цьогорічки (ставки)	Цьогорічки (ставки)	Цьогорічки (садки)	Цьогорічки (басейн)
Гемоглобін, г / л		85,1 ± 2,3	78,1 ± 4,5	89,0 ± 2,4	75,4 ± 4,3
Гематокрит, л/лх10 ²		39,9 ± 1,1	36,2 ± 0,2	35,4 ± 0,3	34,1 ± 1,0
Еритроцити,млн/мкл		1,5 ± 0,004	1,35 ± 0,4	1 ^ 09 ± 0,4	1,3 ± 0,2
Ср. обсяг еритроцитів, мкм ³		268,7 ± 10,6	342,5 ± 2,8	24,7 ± 2,7	349,6 ± 7,3
Вміст гемоглобіну в еритроцитах. мг		56,7 ± 2,7	46,3 ± 1,9	81,6 ± 2,3	58,0 ± 4,0
Лейкоцити, тис./мкл		24,5 ± 4,3	37,5 ± 5,2	41,0 ± 4,5	39,4 ± 4,3
Тромбоцити, тис./мкл		НД	28,02 ± 3,0	НД	НД
Бласти, %		0,6 ± 0,4	0	0,3 ± 0,1	1,1 ± 0,2
промієлоцити, %		0,1 ± 0,1	0	0,1 ± 0,01	0,6 ± 0,2
мієлоцити нейтрофільні, %		0,5 ± 0,2	3,2 ± 1,1	0,5 ± 0,1	0,3 ± 0,1
паличкаядерні нейтрофіли, %		0,4 ± 0,2	5,2 ± 1,4	1,0 ± 0,3	0,8 ± 0,2
сегментоядерні нейтрофіли, %		0,3 ± 0,1	4,0 ± 0,7	1,0 ± 0,5	1,0 ± 0,3
загальна кількість нейтрофілів, %		1,6 ± 0,2	15,5 ± 1,6	3,2 ± 1,0	2,8 ± 0,7
еозинофіли і псевдоеозинофіли %		3,7 ± 1,2	4,0 ± 0,09	0	0
базофіли і псевдобазофіли, %		3,6 ± 0,8	3,5 ± 1,4	0	1,0 ± 0,5
пінисті клітини, %		0,7 ± 0,3	4,0 ± 0,7	1,9 ± 0,4	1,6 ± 0,4
моноцити, %		4,2 ± 0,5	8,8 ± 1,5	3,0 ± 0,5	2,7 ± 0,7
лімфоцити, %		85,6 ± 1,6	64,2 ± 4,9	91,5 ± 0,9	90,2 ± 1,4
вміст заг. білка в сироватці крові, г%		2,5-3,0	2,5-3,0	НД	НД

* Немає даних

** Клітинні форми у даного виду риб існують (можуть бути за певних обставин)

*** Клітинних форм у даного виду в нормі не виявлено

Формені елементи крові

Формені елементи крові риб подані трьома групами клітин: еритроцитами, лейкоцитами і тромбоцитами.

Еритроцити

Еритроцити у риб овальної форми і мають ядро. Вони становлять 40% від об'єму крові. Гематокрит – співвідношення між об'ємом плазми та формених елементів крові риб коливається в межах 5,2-21,4 в акул до 50-60% у тунців. У

риб, які культивуються, він коливається у межах 20-40%. Кількість еритроцитів у костистих риб коливається в межах 0,8-3,5 млн/мм³. Еритропоез у риб завершується в периферичній крові, у зв'язку з чим у ній є деяка кількість незрілих клітин. За ступенем зрілості клітини еритроїдного ряду, за Н.Т. Івановою, поділяються на еритробласти, пронормобласти, базофільні, поліхроматофільні й оксифільні нормобласти і зрілі еритроцити. Зазвичай у крові риб у невеликій кількості зустрічаються еритропластиди – невеликі округлі частки цитоплазми, що відокремилися від еритроцитів, а також еритроцити, що дегенерують із ядром, що ділиться надвоє із цитоплазмою.

У міру дозрівання еритроцитів хроматин у ядрі ущільнюється, цитоплазма з базофільної стає рожевою, а форма клітин із округлої – овальною. На ультрамікроскопічному рівні виявлено, що в зрілих еритроцитів хроматин у ядрі щільно упакований, мітохондрії дуже багаточисельні, у крайовій зоні значна кількість мікротрубочок, є апарат Гольджі і гладенький ендоплазматичний ретикулум. В міру дозрівання еритроцитів кількість полірибосом у цитоплазмі знижується, а об'єм еритроцитів, вміст і концентрація в них гемоглобіну зростають.

Під час захворювання риб в крові з'являється велика кількість незрілих еритроцитів, збільшується частка клітин із дегенеративними змінами, порушується морфологія еритроцитів. Головна функція еритроцитів – транспорт кисню і, частково, вуглекислого газу. Вони спроможні також транспортувати амінокислоти. Тривалість життя еритроцитів може бути більше року, і це залежить, певне, від інтенсивності їх функціонування. Розміри еритроцитів досить специфічні для різних видів риб. У коропа вони мають розмір 11,0*8,2 мкм (дворічки) і 12,3*8,9 мкм (3-4-річки). Розміри еритроцитів осетра – 16,75*14,00 мкм, севрюги – 12,40*11,07 мкм, білого амура – 12,94*9,86 мкм. У білого товстолобика вони мають більш овальну форму і менше еритроцитів коропа. У буфало вони дещо більші за розмірами. Об'єм еритроцита коропа в середньому дорівнює 150-300 мкм³, у білого та строкатого товстолобиків об'єм еритроцита близько 200 мкм³, а у буфало близько 300 мкм³.

Велике значення для діагностики захворювань має швидкість осідання еритроцитів (ШОЕ), яка залежить насамперед від властивостей білків плазми та заряду мембрани еритроцитів. У нормі вона становить – у ляща 3,3 мм/год, у лососей 5,5, у коропа 1,5-4,0 мм/год і дещо підвищується у хворих риб.

Табл. 5 Вміст еритроцитів у крові деяких видів риб

назва риби	маса риби, г	маса крові, %	гематокрит, %	к-сть еритроцитів, млн/мм ³
Хрящові				
Катран	3000-5000	5,2-4,4	12,9-21,4	0,160-0,220
Скат-хвостокол		0,91	17,0-40,0	0,240-0,320
Кісткові				
Осетроподібні				

Білуга	27	3,4-5,0	22-28	0,6-0,9
Осетер російський	3050	4,0-5,0	19-28	0,4-0,7
Веслоніс	1000			0,2-0,5
Костисті				
Карась сріблястий	17,5-500	2,4-3,5		0,89-1,02
Короп		2,5-4,4	20-40	1,44-1,80
Амур білий	326	2,66-4,8	32-34	1,8-2,04
Товстолобик білий	146	2,4-5,6	42	2,1-2,22
Товстолобик строкатий			28-37	1,14-2,09
Буфало великоротий			36	1,19
Сом каналний			32,1	1,12 – 1,34
Форель райдужна	200		36-46	1,92

Лейкоцити

Лейкоцити виконують захисну функцію та їх кількість залежить від низки факторів. У першу чергу – це вид риб та умови навколишнього середовища (табл. 6). Форменим елементам білої крові риб властива велика морфологічна розмаїтість. У костистих риб Н.Т. Іванова (1970) виділяє 15 морфологічних форм лейкоцитів, до того ж вони не охоплюють усього різновиду клітин білої крові. Головна увага при цьому приділяється диференціації клітин мієлоїдного ряду, у якому виділено такі шаблі диференціації: *мієлобласти, промієлоцити, метамієлоцити, палочкоядерні і сегментоядерні гранулоцити (нейтрофіли, псевдоєозинофіли, псевдобазофіли, еозинофіли і базофіли)*. У костистих риб також зустрічаються клітини з вакуолізованою цитоплазмою і з безбарвними гранулами. Агранулоцити риб подані лімфоцитами і моноцитами.

Табл. 6 Вміст лейкоцитів у крові риб

Назва риби	Вміст лейкоцитів, тис./мм ³
Осетр російський	26,0-28,0
Карась сріблястий	51,0
Сазан	16,0-43,0
Амур білий	76,4-99,2
Товстолобик білий	87,2-98,0
Товстолобик строкатий	34,2-62,0
Буфало великоротий	25,9
Форель райдужна	25,5-34,0
Лосось	32,0

Лімфоцити являють собою клітини з щільним округлим або бухтоподібним ядром червоно-фіолетового кольору і вузьким базофільним шаром цитоплазми, що нерідко утворює псевдоподії. Як правило їх підрозділяють на малі, середні і великі за величиною і за співвідношенням ядра і цитоплазми. Так само, як і у вищих хребетних, у риб є Т і В-лімфоцити. В-лімфоцити є попередниками плазматичних клітин, водночас як Т-лімфоцити відповідальні за клітинний імунітет. Серед костистих риб відомі види, у котрих взагалі немає зернистих лейкоцитів; водночас у близькородинних видів вони можуть бути подані

декількома клітинними формами: нейтрофілами, псевдоеозинофілами, псевдобазофілами. У костистих риб у осінньо-зимовий період відзначається картина лейкопенії і відносного лімфоцитозу. У весняний період збільшується кількість гранулоцитів, моноцитів і поліморфноядерних агранулоцитів. Вважають, що взимку переважає лімфопоетична функція кишечника, а у весняний період – гранулопоетична функція нирок.

Лімфоцити є зрілими високодиференційованими клітинами крові, основна функція яких полягає в підтримці імунологічного гомеостазу. Як правило, кількість лейкоцитів зростає в теплий період року і знижується взимку, але в деяких риб (окунь, йорж, миньок) вміст лейкоцитів у цей період зростає.

Відсоткове співвідношення різних форм лейкоцитів називають лейкоцитарною формулою. Цим показником користуються для характеристики стану риби в нормі (табл. 7) та патології.

Табл. 7 Лейкоцитарна формула деяких видів риб

<i>Назва риб</i>	<i>Лейкоцитарна формула, %</i>				
	<i>еозино- філи</i>	<i>нейтро- філи</i>	<i>поліморфно- ядерні</i>	<i>лімфо- цити</i>	<i>моно- цити</i>
Веслоніс, 46 г	3,8	33,1	–	59,2	3,0
Веслоніс, 339 г	3,8	46,3	–	45,8	4,1
Короп, 326 г	–	0,05	0,65	98,2	1,05
Короп, ♂ 5 кг	–	1,5	1,35	94,5	4,15
Короп, ♀ 5 кг	0,25	–	10,3	61,5	28,0
Товстолобик білий, 100 г	2,9	–	–	95,4	1,7
Товстолобик строкатий, 100 г	–	10	–	88,6	1,4
Севрюга, ♀, 10000 г	22,1	–	5,0	62	24
Форель струмкова, 800г	–	–	0,3	97-99	0,4-1,5

Лейкоцитарна формула змінюється залежно від фізіологічного стану та пори року. У осінній період частка лімфоцитів і тромбоцитів збільшується. Онтогенетичні зміни у білій крові риб спрямовані на збільшення неспецифічного імунітету. Під час захворювань це співвідношення також певним чином змінюється, що є одним з діагностичних показників.

Тромбоцити

Тромбоцити (кров'яні пластинки) являють собою самостійні високоспеціалізовані формені елементи крові, що беруть участь у припиненні кровотечі. Основною властивістю тромбоцитів є спроможність їх до агрегації, завдяки якій вони відіграють істотну роль у процесах гемостазу. Кількість тромбоцитів в організмі риб коливається у межах десятків тисяч (табл. 8) та залежить від багатьох факторів.

Табл. 8 Вміст тромбоцитів у крові риб

Назва риб	Вміст тромбоцитів, тис./мм ³
Балтійський лосось	11,4-15,4
Короп	10-39
Білий товстолобик	24-83
Строкатий товстолобик	9-56
Великоротий буфало	5-25

ІМУНІТЕТ

У організмі тварин, у тому числі і риб, еволюційно вироблена і закріплена спроможність до захисту від чужорідних речовин та інфекційних агентів, які порушують сталість його внутрішнього середовища. Цей захист здійснюється за допомогою низки неспецифічних і специфічних механізмів. Серед тих й інших виділяють як гуморальні так і клітинні фактори.

Неспецифічні механізми мають більш широкий діапазон функцій і використовуються для знешкодження навіть тих чужорідних тіл, із якими організм раніше взагалі не стикався. Це переважно спадковий імунітет. На відміну від них специфічний імунітет ґрунтується на основі попереднього контакту з чужорідним початком, коли до нього уже вироблена специфічна несприйнятливність.

Імунна система, подібно іншим системам організму, складається з клітин декількох типів: у лімфоїдних і мієлоїдних тканинах і органах звичайно знаходять лімфоцити, плазматичні клітини, макрофаги і гранулоцити. Під клітинним імунітетом розуміють імунну активність самих лімфоцитів імунної системи, тоді як під гуморальним – активність

продуктів лімфоїдних клітин. У більшості хребетних імунітети обох типів комбінуються, тобто зусилля клітин і дія антитіл об'єднуються. Серед неспецифічних факторів імунітету основну роль відіграють захисні речовини плазми, такі як лізоцим, комплемент, пропердин, інтерферон. Вони забезпечують уроджену несприйнятливність організму до інфекцій.

Лізоцим являє собою низькополімерний білок, що має ферментативну і муколітичну активність. Він активно пригнічує ріст і розвиток збудників, руйнує деякі бактерії. Активність лізоциму виявляється при рН від 4 до 8,6, досягаючи оптимуму при нейтральному середовищі (рН 7,2). У костистих риб активність тканинного лізоциму у переднерестовий період вище, ніж у післянерестовий. У прохідних осетрових риб він підвищується під час переходу з моря у річку, під час нерестової міграції. Бактерицидна активність залежить від температури і зменшується з її зниженням.

Комплемент є найважливішим фактором резистентності організму в умовах як уродженого, так і придбаного імунітету. Це складний комплекс речовин білкової природи, який складається як мінімум із дев'ятох компонентів. Активність комплементу у риб широко варіює, зберігаючись на рівні, що

значно нижче, ніж у інших класів хребетних, зокрема, у ссавців. У межах надкласу активність комплементу у примітивних хрящових ганоїдів (осетрові) у 5-10 разів вище, ніж у костистих (коропові, окуневі). Рівень активності комплементу у риб позбавлений рис видоспецифічності: активність комплементу подібна як у систематично близьких, так і у віддалених видів риб. Встановлено існування тісного зв'язку рівня активності комплементу з вихідним функціональним станом риб, що знаходить свій прояв насамперед у сезонній динаміці. Активність комплементу у риб наростає від весни до літа, досягає максимуму в літне-осінній період і починає знижуватися у другій половині осені, опускаючись взимку до мінімального рівня. Різде зниження активності комплементу відбувається у риб у після нерестовий період, причому це зниження у самиць більш виражено ніж у самців. У осетрів у разі переходу з моря у річку активність комплементу зростає.

Пропердин являє собою глобулін, розчинний тільки у присутності солей, із молекулярною масою біля 1000000 (у 8 разів важче ніж гамма-глобулін). Оптимальна активність пропердину – рН 6,8, діє тільки у присутності солей магнію і комплементу. У сироватці риб пропердин виявляється тільки в 30% випадків. Вміст його низький, що, очевидно, відбиває початкові етапи становлення пропердинової системи у хребетних, але навіть такий низький рівень здатний забезпечити бактерицидність крові.

Інтерферон – низькомолекулярний клітинний білок із молекулярною масою 25000 – 38000, він термостабільний, але втрачає активність під час дії різних антибіотиків. Інтерферон синтезується в клітинах під впливом різноманітних індукторів, що одержали назву інтерферогенів. Це мікроорганізми – віруси і бактерії, ендотоксини, нуклеїнові кислоти і деякі хімічні речовини.

Крім вищеперерахованих у крові риб є й інші системи, які забезпечують неспецифічний імунітет.

Неспецифічний клітинний імунітет забезпечується також фагоцитарною активністю гранулоцитів і агранулоцитів.

Специфічний імунітет забезпечується в першу чергу Т-лімфоцитами, що здійснюють реакцію клітинного імунітету, відповідальні за сталість внутрішнього середовища, за трансплантаційний, протипухлинний імунітет, гіперчутливість уповільненого типу, причетні до виробітку інтерферону. В-лімфоцити відповідальні за реалізацію гуморальної імунної відповіді з виробітком антитіл, тобто є попередниками клітин, що утворюють антитіла. Т-система контролює роботу В-системи. Обидві популяції клітин циркулюють в організмі у складі клітин периферичної крові і, кооперуючись, здійснюють імунну відповідь у разі дії антигену. При цьому імунологічні реакції пов'язані не тільки з функцією Т- і В-лімфоцитів, але і з макрофагами. Популяції Т- і В-лімфоцитів неоднорідні. Т-лімфоцити за функціональною активністю діляться на Т-клітини-кілери, Т-клітини-хелпери і Т-клітини-супресори. Серед В-лімфоцитів виявляють дві субпопуляції.

Імунна система крові, що функціонує для забезпечення імунологічного нагляду, розвивалася як засіб контролю за поверхнями всіх клітин, серед яких швидко зникали клітини зі зміненими антигенами, тобто чужорідні. Форми імунної відповіді еволюційно прогресували. У хребетних знайдені антитіла, або імуноглобуліни, декількох класів. У круглоротих є присутнім тільки імуноглобулін IgM. Подібна картина виявлена й у хрящових риб. У костистих риб спостерігаються структурні (амінокислотні) розходження між важкими ланцюгами IgM і IgG імуноглобулінів. Саме в цій групі хребетних тварин уперше відзначається диференціація єдиного, контрольованого одним локусом білка на два самостійних, контрольованих різними локусами, імуноглобулінів.

Система органів кровообігу та її значення для організму

Різноманіття своїх функцій, у тому числі і забезпечення підтримки гомеостазу, кров може виконувати тільки за умови безупинного руху. У процесі філогенезу еволюція кровоносної системи відбувалася у двох напрямках:

1. Розвиток капілярної системи, що перетворює незамкнену кровоносну систему в замкнену.
2. Перетворення скорочувальних елементів судин у спеціальний орган – серце. У більшості безхребетних серце являє собою просту м'язову трубку, що нагнітає кров під дуже малим тиском – усього лише декілька міліметрів ртутного стовпа. У замкненій кровоносній системі хребетних потрібен набагато більший тиск, щоб проштовхувати кров через незліченну множину вузьких капілярів. У процесі еволюції це призвело до створення потужного м'язового органа з товстими стінками. Особливо товсті стінки має у хребетних головна камера серця, названа шлуночком. Значний тиск необхідно навіть для того, щоб розтягнути стінки цієї камери для заповнення її кров'ю в період розслаблення її м'язових стінок (фаза діастолі). Тиск крові у венах занадто малий для цього і в серці хребетних є ще одна камера – передсердя, стінки якої достатньо тонкі, щоб вони могли наповнитися кров'ю при низькому тиску, що існує у венах, але водночас достатньо потужні, щоб переганяти кров у шлуночок, розтягуючи його стінки.

ФІЗІОЛОГІЯ СЕРЦЯ

Гістологічно серце риб подібне з будовою серцям інших хребетних. М'язові волокна у серці утворюють єдину мережу і розташовані пучками, всередині яких волокна розділені найтоншими сарколемами і прошарками сполучної тканини. М'язові волокна, що анастомозують, розташовуються циркулярно. Але будова міокарда неоднакова у різних груп риб. За гістологічною будовою серця костистих риб можна умовно поділити на три групи.

У риб першої групи (камбала, тріска) міокард має губчасту будову з лакунарним кровопостачанням.

У другій групі (вугор тощо) у губчастому міокарді вже є трофічні судини, які проте не можуть бути віднесені до суто коронарних судин.

У третій групі (форель), крім губчастого міокарда є також компактний м'язовий шар, який аналогічний до міокарда ссавців і перфузується коронарними судинами.

Значні відмінності в будові серця мають дводишні риби. У зв'язку з появою легень у них утворюється мале коло кровообігу, передсердя поділяються перетинкою і двокамерне серце змінюється на трикамерне.

Маса серця. Маса серця риб щодо маси тіла дуже мала. Так, наприклад, у середньому відносна маса серця в людини і ссавців становить 0,46%, у риб же маса серця дорівнює у середньому 0,3% від маси тіла. Найбільш розвинене серце мають рухливі риби. Прісноводні риби мають відносно більшу масу серця, ніж морські. Це, очевидно, залежить від більшого навантаження на серце у прісноводних риб внаслідок посиленої роботи нирок і впливу інших факторів, пов'язаних із більшою мінливістю умов життя у прісній воді. У хрящових риб відносна маса серця ще менша – 0,06% (електричний скат), 0,09% (піщана акула).

Властивості серцевого м'яза. Діяльність серця риб, як і ссавців, має дві фази – систолу (скорочення) і діастолу (розслаблення). Хід систоли у різноманітних видів риб дуже різний. У деяких риб, які ведуть рухливий спосіб життя, наприклад у форелей, скорочення серця відбувається дуже швидко. Різні відділи серця також мають неоднакову швидкість скорочення. Найбільш швидко скорочується передсердя, повільніше – шлуночок, ще повільніше венозний синус. У риб, які мають артеріальний конус, скорочення його відбувається ще повільніше, ніж скорочення синуса.

Швидкість проведення збудження не є постійною, вона залежить від багатьох факторів і, насамперед, від температури, стану харчування і впливу нервової системи. Одним із цих факторів є час, що минув із моменту закінчення попереднього скорочення: чим він менший, тим менша і швидкість проведення збудження. Серце риб має абсолютну рефрактерну фазу, що починається незадовго перед систолою і закінчується перед її закінченням. До кінця рефрактерної фази збудливість не відразу досягає максимальної величини, а відновляється поступово, протягом деякого невеличкого періоду (відносна рефрактерність).

Лімфатична система

Тканинна рідина постійно поповнюється за рахунок фільтрації рідкої частини крові через стінки капілярів. Частина цієї рідини повертається безпосередньо у кров у результаті підвищення онкотичного тиску у венозній частині капілярів, інша повертається у кров через лімфатичну систему.

Лімфа безбарвна, оскільки в ній немає еритроцитів. Сольовий склад майже однаковий зі складом плазми. На відміну від плазми в лімфі значно менше білка, оскільки пори капілярів погано пропускають високомолекулярні сполуки.

Лімфатична система складається з лімфатичних мішків і розгалужених трубок, периферичні кінці яких замкнені, парних і непарних лімфатичних стовбурів, у які лімфа збирається з органів і ними ж виводиться у кінцеві ділянки вен,

зокрема у кюв'єрові протоки. Селезінка у риб складається з окремих ділянок лімфоїдної тканини.

Лімфатичні судини розвиваються пізніше, ніж кровоносні. Рано закладається тулубна грудна протока, головний лімфатичний стовбур голови і бічний стовбур, що тягнеться від хвоста уздовж бічної лінії до голови. Біля хвостового кінця тіла у деяких видів риб є пульсуючі лімфатичні серця. У муренових і вугрів, що мають такі лімфатичні серця, їхнє скорочення знаходиться під контролем спинного мозку. Перерізка нервових зв'язків із спинним мозком призводить до припинення роботи лімфатичного серця, проте, надалі можливо поновлення нерегулярних скорочень.

Лімфа вливається в кров у ділянці передніх кардинальних вен, куди підходять грудні лімфатичні протоки, головний лімфатичний стовбур голови і бокові стовбури, які тягнуться уздовж бокової лінії. Лімфатична система має не тільки дренажну, але й транспортну функцію. Частина речовин, засвоєних у кишечнику, минаючи ворітну систему печінки, транспортується лімфою безпосередньо до місць депонування, наприклад до жирових клітин брижейки.

ОСМОРЕГУЛЯЦІЯ І ВИДІЛЕННЯ

Сутність осморегуляції, загальна для всіх організмів, полягає у тому, що, як тільки внутрішня концентрація якоїсь речовини перевищить її концентрацію у водному середовищі, виникає градієнт дифузії. Коли на шляху дифузії стоїть клітинна мембрана, то одні речовини проходять крізь неї швидше інших залежно від градієнта концентрації, при цьому виникає осмотичний тиск. Всі організми, які живуть у прісній воді, для підтримки різниці осмотичного тиску змушені здійснювати осморегуляцію. У морських організмів внутрішнє середовище дуже близьке за складом солей до морської води і вони прикладають лише незначні зусилля для регулювання складу свого внутрішнього середовища. Всі інші організми витрачають значну частину енергії основного обміну для підтримки концентрації своїх внутрішніх солей і інших розчинених речовин, якщо вони відрізняються від їхньої концентрації у зовнішньому середовищі.

У хрящових риб осмотична проблема життя в морі розв'язана шляхом підтримки ізоосмотичності за рахунок високого вмісту сечовини і триметиламіну, вони спроможні до широкої регуляції іонного складу своїх рідин. Той факт, що хрящові знаходяться майже в осмотичній рівновазі з морською водою, знімає проблему великого осмотичного відтоку води (проблему, що дуже важлива для морських костистих риб). Хрящові не п'ють морської води і тим самим уникають поглинання великої кількості натрію.

Концентрація солей у крові акул приблизно така ж, як у костистих риб – близько 1% NaCl. Проте, в каналцях нирок хрящових риб утримується сечовина, поки її концентрація в крові не досягне приблизно 5 %. Оскільки сечовина погано дифундує через зябра, вона залишається в крові, у результаті чого загальний осмотичний тиск крові стає вищим, ніж осмотичний тиск морської води.

У морі живе переважна більшість хрящових, але деякі з них заходять у річки й озера, а окремі види постійно живуть у прісній воді. Навіть серед тих хрящових, що вважаються типово морськими, є види з різною толерантністю до низької солоності зовнішнього середовища. Концентрація сечовини в крові таких риб незначна.

У костистих риб осмотичний тиск (осмолярність) крові вищий, ніж прісної води і нижчий, ніж морської води, тому костисті риби регулюють внутрішній осмотичний тиск у будь-якому зовнішньому середовищі. Морські костисті риби пасивно пропускають воду через усі проникні поверхні і накопичують сіль. Для надолуження втрат води їм необхідно ковтати морську воду. При цьому через кишечник у кров всмоктуються одновалентні іони (Na^+ , K^+ , Cl^-) і велика частина води, а в кишківнику залишається велика частина двовалентних іонів (Mg^{++} , Ca^{++} , SO_4^{--}).

Прісноводні костисті риби знаходяться майже в протилежній ситуації порівняно з морськими костистими рибами – їм необхідно ковтати якнайменше води або взагалі не споживати її, тому що крізь зяброві мембрани до тіла дифундує велика кількість води. Всі прісноводні костисті риби виділяють багато сечі, щоб позбутися надлишку води, і витрачають значну кількість енергії на витяг максимально можливої кількості солей із сечі, а також із зовнішнього середовища. І так само, як у морських костистих риб, у них виникає електричний потенціал між внутрішнім і зовнішнім середовищами.

В осморегуляції не було б необхідності, якби мембрани були непроникні для солей і води. Складність полягає в тому, що така мембрана була б також непроникна і для кисню, що неприйнятно для більшості організмів. Отже, оптимізація осморегуляції вступає в протиріччя з оптимізацією дихання, і тут необхідно збалансування різноманітних потреб організму.

Основні органи, які здійснюють осморегуляцію, це – зябра, кишківник та нирки.

Осморегуляторні функції зябер

Хлоридні клітини костистих риб були виділені через ацидофільне забарвлення, подібного із забарвленням клітин шлунку, що декретують соляну кислоту. Вважається, що ці клітини беруть участь в обміні іонами хлору, натрію і калію між організмом і середовищем. Також через зябра виділяється значна кількість азоту.

Осморегуляторна функція кишечнику

Морська вода, яку риби п'ють, є основним джерелом надолуження втрат води шляхом дифузії через зябра і нирки. Можливі втрати через шкіру, якщо вони є, важко оцінити. Деяка прісноводна риба, очевидно, також ковтає воду, але в малих кількостях порівняно з дифузійним потоком через зябра, у деяких видів, наприклад, вугрів, через шкіру. Деяка кількість води може також потрапити до організму риб із їжею.

Осморегуляторні функції нирок

На осморегуляцію риб впливає також кортикостерон. Введення кортикостерону райдужній форелі зменшує поглинання і збільшує виведення Na^+ через зябра. При цьому гормон може впливати або на систему активного перенесення, або на проникність мембран. Ін'єкція кортикостерону райдужній форелі знижує швидкість гломерулярної фільтрації нирок приблизно на 25%, що відповідає зміні, яка спостерігається у стальноголового лосося, що мігрує, після його адаптації до морської води. Осморегуляторні функції має також кортизол. Ін'єкції кортизолу викликають у райдужної форелі зростання активності Na^+/K^+ – залежної АТФ-ази, що забезпечує енергією систему активного переносу.

Адреналектомовані вугри виживають у морській воді і мають нормальний рівень Na^+ і сечовиділення за щоденних ін'єкцій кортизолу. Кортизол збільшує також поглинання води з ізольованих сегментів кишечників вугрів. Кортикостерон і кортизон, певне, відіграють якусь роль у осморегуляції більшості риб у морській воді і для деяких видів навіть головну, але основним гормоном в осморегуляції, здебільшого у костистих риб є кортизол.

ФУНКЦІ НИРОК

Нирки складаються із значної кількості нефронів. Типовий нефрон складається з гломерули, шийки, проксимального сегмента, проміжного і дистального канальців і збірної трубки. Зіставлення іонного складу сечі і крові різних груп риб дає підставу вважати, що здатність до реабсорбції натрію в морських костистих риб і навіть частково агломерулярних не нижче, ніж у хрящових і прісноводних форм. Інтенсивно екскретувати калій (шляхом секреції) здатні лише скати. Секреція магнію, особливо після його ін'єкції, виявляється в морських костистих, прохідних і хрящових риб.

Принцип будови нефрону прісноводних і морських костистих риб однаковий. Наявні розходження стосуються лише розмірів і кількості клубочків, аж до їх відсутності в агломерулярних риб і довжини різних відділів канальців. У личинок і мальків риб, а також в акул є нефростоми – епітеліальні лійки, які відкриті в порожнину тіла (рис. 6).

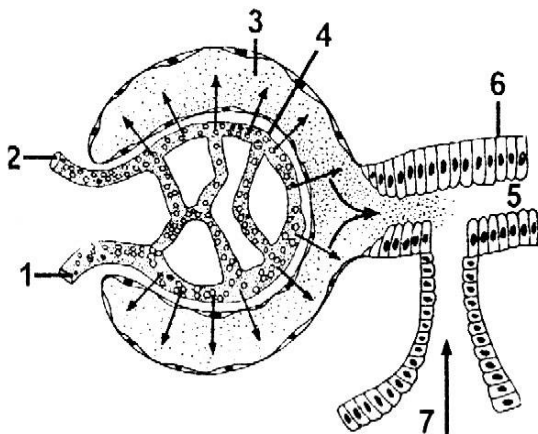


Рис.6 Схема будови капсули нефрону:

- 1 – приносяча клубочкова артеріола;
- 2 – виносна клубочкова артеріола;

- 3 – капсула нефрону;
- 4 – капіляри клубочкової капілярної сітки; 5 – первинна сеча;
- 6 – нирковий каналець;
- 7 – нефростом.

Сеча утворюється в результаті складного процесу, який розпадається на дві фази. В першій фазі, за рахунок дії нефростомів, секреції у агломерулярних каналцях і фільтрації в капсулах, утворюється первинна сеча. У гломерулярних нефронах артеріальна кров надходить до клубочка капілярів (гломерулу), де плазма механічно фільтрується крізь базальну мембрану капсули нефрону в проксимальний каналець. У цьому ультрафільтраті є всі ті компоненти, що і у плазмі крові, крім білків. Проксимальні і дистальні каналці реабсорбують і виділяють в ультрафільтрат речовини, що визначають остаточний склад сечі. Це здійснюється частково шляхом активної секреції та шляхом дифузії. Судина, що відходить від ниркового клубочка, проходить біля каналця.

Ниркова ворітна вена також робить свій внесок у забезпечення інтенсивного протікання через нирки великого об'єму крові за низького тиску. Обидві судини відносять із кров'ю продукти каналцевої реабсорбції і зменшують їхню дифузю назад у каналець.

Функціональні характеристики агломерулярних нирок майже не відрізняються від гломерулярних нирок морських риб, за винятком того, що в агломерулярних нирках відсутня гломерулярна фільтрація, і зазвичай немає дистального каналця. За однією з гіпотез верхня частина проксимального каналця може секретувати гіперосмотичний розчин, з тим, щоб вода й інші речовини дифундували до каналця.

Функція сечового міхура

У більшості костистих риб є розширення в сечоводах, воно використовується для накопичення сечі, тобто як сечовий міхур. У сомоподібних риб Ictaluridae міхур являє собою кишень з одного боку сечовода, водночас як у лососевих риб він є тільки розширенням сечоводу. Незалежно від анатомічних розходжень ембріонального походження і назви цих уrogenітальних протоків і кишень, будь-яка структура, у якій накопичується сеча, називається сечовим міхуром. Сечовий міхур, очевидно, слугує водночас осморегуляторним і накопичувальним органом. У сечовому міхурі морських риб солі активно абсорбуються, а вода всмоктується осмотично, що забезпечує риб водою з меншими енергетичними витратами, ніж поглинання морської води крізь стінки кишкового тракту.

ФІЗІОЛОГІЯ ДИХАННЯ

Суть процесу дихання

Більшість тварин задовольняє свої енергетичні потреби шляхом окислення компонентів їжі. Деякі тварини спроможні використовувати енергію органічних речовин у відсутності кисню, проте повне окиснення цих речовин дає приблизно у 10-20 разів більше енергії. Їжа тварин складається переважно з трьох груп речовин: вуглеводів, жирів і білків. Повне окиснення вуглеводів і жирів призводить до утворення тільки двох кінцевих продуктів – двоокису вуглецю і води, а під час окиснення білків, крім цих речовин, утворюється невелика кількість інших кінцевих продуктів.

Процеси поглинання кисню і виділення двоокису вуглецю називають диханням, до того ж термін може відноситися як до газообміну загалом, так і до процесів, що відбуваються у клітині. Тварини отримують кисень із середовища, у якому вони живуть, і виділяють у це середовище вуглекислий газ. Водні тварини використовують ті невеликі кількості кисню, що розчинені у воді. Багато дрібних тварин можуть одержувати достатню кількість кисню прямо через поверхню тіла, але більшість має спеціальні органи дихання – зябра, трахеї, легені.

Коли клітини використовують кисень для окиснення поживних речовин, утворюється двоокис вуглецю, що переміщується у протилежному напрямку і виходить назовні через поверхню тіла або дихальні органи. Інший кінцевий продукт окиснення – вода – просто входить у загальний водний запас організму і не створює особливих проблем.

Найважливішим, а іноді і єдиним фізичним процесом, що забезпечує переміщення кисню із зовнішнього середовища до клітин, є дифузія (тобто рух газу у вигляді розчиненої речовини у напрямку від ділянки з високою концентрацією до низької). Дифузії часто допомагають макрорухи (наприклад, циркуляція крові), але саме градієнти концентрацій створюють основну рушійну силу для переміщення газів, що беруть участь у диханні. Фізіологічно найбільш важливими газами є кисень, двоокис вуглецю і азот.

Регуляція дихання

Для забезпечення адекватного газообміну за умов різної активності риб і різного вмісту кисню у навколишньому середовищі необхідна відповідна координована регуляція об'єму води, що протікає повз зябра, і потоку крові, що проходить через зябра. Порухення такої координації призведе до зайвих енергетичних витрат і зниження ефективності газообміну.

Порівняно з хребетними, що дихають повітрям, для яких типовим є співвідношення вентиляція – перфузія 1:1, у риб бувають значно великі і досить мінливі вентиляційні об'єми. Відношення вентиляція – перфузія у риб коливається від 10:1 у коропа і акули до 80:1 у форелі. Це наслідок відносної нестачі кисню у воді порівняно з повітрям. Спостерігається також тенденція до визначеної синхронізації роботи серця у риб із дихальним циклом так, що максимум швидкості кровотоку відповідає максимуму швидкості току води в зябрах. Очевидно, це повинно забезпечити більш ефективний газообмін, ніж у тому випадку, коли максимальні швидкості току крові і води не збігаються.

Частоти серцебиття і дихання можуть співвідноситися, як 1:1, 1:2 і 1:3, і серцебиття звичайно відбуваються під час визначених фаз дихального циклу. У форелі синхронізація серцебиття і вентиляції відбувається переважно в періоди максимальної інтенсивності газообміну, наприклад, після сильної гіпоксії. Інші спостереження за координацією вентиляції і перфузії стосуються риб, що знаходилися у спокійному стані, коли можуть спостерігатися коливання в частоті дихання, за яких впливають коливання частоти серцебиття. Глибока анестезія припиняє вентиляцію зябер і призводить до зупинки серця. Дотепер точно не ідентифіковані рецептори, що дають інформацію у дихальний центр головного мозку.

Зрозуміло, що риби реагують переважно на зниження вмісту кисню, а не на підвищений вміст CO_2 , як ссавці. Штучна перфузія зябер водою, що була насичена киснем або обезкиснена, або з високим вмістом CO_2 за однакових температур і швидкості потоку води призводила до негайного прискорення дихання в безкисневому середовищі і незначній зміні дихання у воді, що містить CO_2 , хоча концентрація багаторазово перевищувала фізіологічний рівень. Швидкість реакції дозволяє припустити, що сенсорні елементи швидше за все знаходяться у зябрах або на них, але не в мозку або спинній аорті. Вважається, що сенсорні елементи реагують на венозне PO_2 , оскільки це найбільш інертна частина всієї системи, хоча вона більш повно порівняно з іншими відображає фактичні потреби тканин у кисні.

Дихання риб регулює відособлений дихальний центр довгастого мозку зі складною нейронною організацією, що наближається до функціональної організації дихального центру вищих тварин. Саме на рибах був вперше наочно продемонстрований автоматизм дихального центру. Дихальний центр забезпечує ритмічну дихальну активність, що змінюється відповідно до сигналів, що надходять від різноманітних зовнішніх рецепторів. Але ймовірно, що вплив автоматичних і рефлексорних процесів для різних видів риб різний. Так, у щуки ймовірно основну роль відіграють автоматичні процеси, тоді як у в'яза – рефлексорні. Анатомічно дихальний центр включає досить велику кількість нервових клітин, що не зібрані в окреме тіло, а розсіяні. Як ця система генерує необхідні ритмічні сигнали для регуляції достатньо складною зябровою мускулатурою, поки що невідомо.

Основну роль у регуляції дихання риби відіграє O_2 , хоча є і стимулювальний вплив CO_2 . Це пов'язано з тим, що віддача CO_2 у водне середовище відбувається порівняно легко і робота дихального апарата слугує головним чином цілям кисневого забезпечення організму. Інформація про вміст O_2 у воді надходить від хеморецепторів зябрових судин – попередників синокаротидних хеморецепторів наземних хребетних. Функція цих рецепторів полягає в тому, щоб залежно від концентрації дихальних газів у воді забезпечувати оптимальне кровопостачання зябер і, отже, оптимальний газообмін. Ця сигналізація не тільки рефлексорно змінює активність дихального центру і тим самим вентиляцію зябер, але також спонукає рибу активно вибирати зони оптимальної оксигенації води.

Регуляція вмісту кисню у крові вивчена погано. Є риби, у яких вміст кисню в артеріальній і венозній крові досить постійний за широкого діапазону коливань

концентрації кисню у зовнішньому середовищі. Для підтримки цієї стабільності потрібна складна регуляція швидкостей вентиляції зябер і кровообігу. Сенсорна система, яка використовується для контролю цієї регуляції, не вивчена, але вона, мабуть, складна. До таких риб відносять лососей. У риб, не спроможних до такої регуляції, вміст кисню у крові знижується пропорційно його зменшенню в навколишньому середовищі. Так, зірчаста камбала достатньо ефективно регулює вміст кисню в крові до рівня P_{O_2} у зовнішньому середовищі, рівному 50 мм рт. ст.

Додаткові органи дихання

У тому випадку, якщо зябра не в змозі забезпечити потреби риб у кисні, використовуються й інші структури, що мають значні поверхні, які спроможні забезпечувати дифузію газів.

Дихання через шкіру – одна з характерних рис водних тварин. І хоча у риб луска утруднює дихання поверхнею тіла, у багатьох видів роль так званого шкірного дихання велика, особливо у несприятливих умовах. За інтенсивністю такого дихання прісноводних риб поділяють на три групи:

1. Риби що пристосувалися жити в умовах сильного дефіциту кисню. Це риби, які населяють водойми, що добре прогріваються, із підвищеним вмістом органічних речовин, у яких часто спостерігається нестача кисню. У цих риб шкірне дихання в загальному диханні складає 17-22%, в окремих особин – 42-80 відсотків. Це такі риби, як короп, карась, сом, вугор, в'юн. При цьому риби, у яких шкіра має найбільше значення у диханні, позбавлені луски або вона дрібна і не утворює суцільного покриву. Наприклад, у в'юна 63% кисню поглинається шкірою, 37% – зябрами; а коли зябра не працюють, через шкіру споживається до 85% кисню, а інша частина надходить через кишечник.

2. Риби, що мають меншу потребу у кисні і потрапляють у несприятливі умови рідше. До них відносяться ті, які мешкають на дні, але у проточній воді – стерлядь, осетер, севрюга. Інтенсивність шкірного дихання в них становить 9-12% від загального. Хоча у цих риб тверді покрови (жучки, щитки) менше закривають шкіру, ніж луска у лускатого коропа, проте частка шкірного дихання у загальному менша.

3. Риби проточних водойм із чистою, добре аерованою водою. Це риби річок або чистих непроточних водоймищ, у яких не спостерігається значного дефіциту кисню. У зазначену групу входять сиви, корюшка, плітка, окунь, йорж. Інтенсивність шкірного дихання сягає 3,3-9% від загального.

Порівнюючи цих риб, можна відзначити, що тверді утворення шкіри (луска, жучки, щитки), як правило, перешкоджають проходженню кисню усередину тіла, проте не вони визначають інтенсивність шкірного дихання. У лускатого коропа луска приблизно так само закриває всю поверхню, як у плітки і значно більше, ніж закривають жучки шкіру стерляді, проте інтенсивність шкірного дихання в лускатого коропа значно вища, ніж у плітки або стерляді.

Структури для повітряного дихання в риб різноманітні. По-перше, у більшості риб зябра злипаються на повітрі і неефективно здійснюють газообмін. Деякі риби (наприклад, прісноводні вугри) мають додаткові структури, що поза водою підтримують зябра, але у більшості риб, що дихають повітрям, крім

зябер є інші структури для газообміну в повітряному середовищі. Зябра у них редукуються або цілком втрачаються. До таких структур відносять плавальний міхур відкритоміхурових риб. Сучасні дводишні риби також використовують плавальний міхур як легені. У електричного вугра з басейну Амазонки у ротовій порожнині є складки, що збільшують ефективність вентиляції. Зустрічаються збільшені дихальні поверхні у задній частині ротової порожнини і під зябровими кришками, в тому числі кишениподібні заглиблення і різноманітні деревоподібні або коралоподібні утворення, що збільшують площу дихальних поверхонь. Багато риб, що мають такі пристосування, є облігатними повітрянодихаючими рибами, які задихаються у воді, якщо їх позбавити доступу повітря.

Так додатковими органами дихання слугують ротова порожнина і глотка – частини тієї ж самої порожнини, куди входять і зябра. В інших випадках для повітряного дихання використовуються інші відділи травної трубки. Такі риби теж можуть деякий час перебувати на суші.

Найчастіше риби використовують для повітряного дихання плавальний міхур. У відкритоміхурових риб, наприклад багатоперових, плавальний міхур сполучається пневматичним протоком із стравоходом або шлунком, звідки в нього під час заковтування надходить атмосферне повітря. Стінка міхура вистелена дихальним епітелієм, під яким розташовується рясна мережа капілярів, що постачаються кров'ю, яка пройшла крізь зяброві судини. Доказом дихальної функції міхура є знижений вміст O_2 у повітрі, що виходить з нього. Такий механізм має, наприклад, форель. У цієї риби дуже яскраво виражені дихальні реакції на зміну вмісту O_2 у середовищі.

У закритоміхурових риб пневматичний проток облітерований і плавальний міхур не вентилюється. Але за гіпоксичних умов цей орган може відігравати роль кисневого депо, що відзначено у вугра. Якщо вміст кисню у середовищі знижується, його концентрація у плавальному міхурі окуня, що зазвичай становить 19-25%, може впасти до 5% і нижче. У так званих дводишних, або легеневих, риб в основі глотки розташовані одна або дві легені, що сполучаються з стравоходом. Це високоспеціалізований орган повітряного дихання. Стінки легень складчасті: вони утворюють мішечки, вистелені дихальним епітелієм. Відстань між поверхнею епітелію і кров'ю, що протікає капілярами, становить усього 0,5 мкм. За своєю будовою такі легені ближче до легень теплокровних тварин, ніж, наприклад, легень жаб або черепах.

Однолегеневі риби, наприклад рогозуб, постійно живуть у воді і дихають зябрами. Тільки під час погіршення аерації водойми та її пересихання вони показуються на суші, де вентилюють свою легеню повітрям. Навпаки, дволегеневі риби, що живуть в болотах Амазонки, не можуть обходитися без повітряного дихання. У дорослих риб зябра редукуються.

Кров у легені дводишних риб надходить судинами, що відходять від четвертої пари зябрових виносних артерій, а з легень особливими судинами прямує у ліву частину передсердя, що частково відділена від правої. Таким чином, у цих тварин є прообраз легеневого кола кровообігу. Можливо, що кровотік відповідно до характеру дихання риби може переключатися із зябрового на легеневий і навпаки.

Дводишні риби, являючи собою дуже давню групу, є тим мостом, що з'єднує водно- і повітрянодихаючих хребетних. Безпосередніми предками амфібій вважаються кистепері. Збережені в нашу епоху представники кистеперих повернулися у водне середовище: їхня велика легеня дегенерувала і заповнилась жиром, а нащадки кистеперих, що пристосувалися до характерних для девону посух, стали першими земноводними.

ФІЗІОЛОГІЯ ТРАВЛЕННЯ

Потреби організму в енергії, пластичному матеріалі і елементах, необхідних для формування внутрішнього середовища, задовольняє травна система. Вона складається з органів, що безпосередньо виконують травну функцію, і регуляторних органів. Органи, що виконують травну функцію, об'єднані у травну трубку з пов'язаними з нею компактними залозами, які позначають як шлунково-кишковий тракт.

У травному тракті відбуваються процеси механічного здрібнювання та ферментативного гідролізу їжі. За місцем локалізації ферментативного процесу його можна підрозділити на внутрішньоклітинне, позаклітинне мембранне і позаклітинне порожнинне. За джерелами утворення травних ферментів травлення підрозділяють на автолітичне, симбіотичне і травлення, що забезпечується ферментами, які виділяє організм (порожнинне та пристінкове).

У регуляторній частині травної системи розрізняють місцевий і центральний рівні. Місцевий рівень регуляції забезпечує ентеральна нервова система і дифузійна ендокринна система травного тракту. Центральний рівень регуляції травної системи включає низку структур центральної нервової системи, що входять до складу харчового центру.

Травний центр разом із координацією діяльності шлунково-кишкового тракту здійснює регуляцію травної поведінки. Формування цілеспрямованої травної поведінки відбувається за участі гіпоталамуса й інших відділів головного мозку. Проміжним між місцевим і центральним рівнями регуляції травної системи є гангліонарний, що включає симпатичні ганглії, які розташовані між травним трактом і центральною нервовою системою.

Функції шлунково-кишкового тракту спрямовані на досягнення кінцевого результату діяльності травної системи, яким є гідроліз харчових речовин (білків, жирів і вуглеводів) до мономерів (амінокислот, моногліцеридів і жирних кислот, моносахаридів) й транспортування їх із травного каналу у внутрішнє середовище організму. Фізико-хімічні процеси, що забезпечують зазначений результат, складають сутність травлення й всмоктування. Ці процеси реалізуються під час виконання травним трактом таких функцій:

- тимчасового збереження корму;
- секреторної, яка здійснюється секреторними клітинами травного тракту;
- моторно-евакуаторної, здійснюваної за рахунок не посмугованих м'язових клітин, розташованих у стінці шлунково-кишкового тракту;

- всмоктувальної – здійснюваної за рахунок епітелію кишечника;
 - екскреторної – здійснюваної секреторними клітинами;
 - інкреторної – здійснюваної інкреторними клітинами травного тракту.
- Крім того, травний тракт здійснює обмінні й синтетичні функції.

Особливості будови травної системи риб у зв'язку з характером харчування

Загальний план будови травного тракту риб не відрізняється від плану будови травних органів інших хребетних тварин. Їх травний тракт поділяється на рот, глотку, стравохід, шлунок, кишечник; має великі застінні залози – печінку і підшлункову залозу, а у деяких риб і слинні залози. Водночас умови існування риб, їх харчові потреби вкрай різноманітні. Адаптація риб до різних видів їжі призвела до різноманітності у будові і функціях травної системи. Окремі пристосування у риб, імовірно, невластиві наземним хребетним, оскільки деякі види їжі зустрічаються тільки у водному середовищі. До яких відносять, наприклад, корали, споживані рибами-папугами, реброплави, що поїдає океанічна риба-місяць.

Загалом, за спектром живлення риб можна поділити на дві групи: стенофагів, що займають вузьку харчову нішу і живляться вузьким асортиментом кормів, та еврифагів, спектр живлення яких значно ширший. Коефіцієнт корисної дії корму у стенофагів значно вище, ніж у еврифагів, але занадто висока спеціалізація у харчуванні може виявитися небезпечною для існування виду.

За характером живлення усі риби поділяють на три основні групи: рослиноїдні (фітофаги), твариноїдні (зоофаги) і всеїдні (зоофітофаги). Ці групи у свою чергу підрозділяють на більш дрібні угруповання.

Рослиноїдних риб поділяють на:

фітопланктофагів – харчуються фітопланктоном;

макрофітофагів – харчуються вищою водною і прибережно-водною рослинністю;

перифітофагів – харчуються обростаннями на макрофітах чи на інших предметах;

детритофагів – харчуються детритом і бактеріями.

Твариноїдні риби поділяють на:

зоопланктофагів – харчуються безхребетними тваринами планктону;

бентосоїдних або **бенитофагів** – споживають безхребетних тварин бентосу;

хижих або **іхтіофагів** – що живляться хребетними тваринами, головним чином рибами.

У їжі всеїдних риб зустрічаються як тваринні, так і рослинні кормові організми. Більшість рослиноїдних риб харчується досить обмеженим набором рослин, вони часто мають спеціальні структури для подрібнювання їжі, які дають можливість використати максимум поживних речовин цього корму. Харчування детритом (суміш мінерального осаду, органічної речовини, що розкладається, і бактерій) можна умовно віднести до категорії рослиноїдного живлення. Всеїдні риби мають змішані раціони і органи їх травного тракту не спеціалізовані. Часто вони поїдають дрібних безхребетних. Хижі риби споживають більш великих безхребетних й інших риб і можуть

спеціалізуватися на харчуванні деякими окремими групами тварин, але ця перевага може мінятися залежно від сезонної доступності окремих видів кормів. Деякі риби голодують взимку і в період розмноження. Рослиноїдних, всеїдних і твариноїдних риб можна знайти серед риб однієї родини, з чого випливає, що структури, забезпечуючи харчування, значною мірою піддаються адаптації і можуть мінятися під час еволюції.

Час проходження їжі через шлунково-кишковий тракт

Однією із загально прийнятих оцінок швидкості переробки їжі у травному тракті є час, необхідний для його спорожнення. Неперетравлені рештки однієї порції їжі, уживаної протягом короткого проміжку часу, виводяться з кишечника досить довго. Це значить, що не вся їжа знаходиться у травному тракті однаковий час. Пропускна спроможність кишечника менша, ніж пропускна спроможність ковтального апарату. Передня накопичувальна частина травного тракту поступово пропускає у дистальну, більш вузьку частину, невеличкі порції первинно обробленого корму – хімусу. Чим більше проковтнуто їжі, тим більше часу проходить між виходом перших фекалій та останніх. Швидше усього спорожняється кишечник личинок. Спорожнення кишечника дрібних личинок морських тепловодних риб відбувається за 1-3 години. У личинок холодноводних риб, наприклад у форелі, травний тракт спорожняється набагато повільніше – приблизно протягом двох діб.

Всмоктування

Під час засвоєння різноманітні компоненти їжі переносяться через стінку кишечника до крові. Цей процес у риб досліджують непрямим шляхом – все, що не виявляють у фекаліях, вважають засвоєним. Зміна концентрації інертних маркерів (наприклад, окису хрому), що не перетравлюються і не абсорбуються у кишечнику, також дозволяє оцінити засвоєння і перетравлюваність. Засвоєння з'їденої їжі коливається у широких межах залежно від перетравності. Рівень засвоєння їжі, що містить багато рослинних і баластових речовин, наприклад, мулу, складає менше 20 відсотків. Типові середні величини засвоєння для лососів, що утримуються на звичайних раціонах, складають 80 відсотків. Перетравлені і засвоєні компоненти, що відразу виділяються через печінку або зябра, слід також відносити до незасвоєної частини перетравленої їжі.

Про механізми засвоєння відомо мало. У ссавців є два шляхи абсорбції. Вуглеводи й амінокислоти проходять через кишковий епітелій у кров'яне русло. Для цих речовин необхідні спеціальні системи переносу. Так, у морської костистої риби *Maemalon* виявлено активний перенос гліцину, що залежить від Na^+ і потребує аеробної енергії. Цей процес цілком інгібується гліцином. З ліпідами, гідролізованими до гліцерину і жирних кислот, відбувається те ж саме, а інтактні ліпіди, що утворюють дрібні крапельки (хіломікрони), проходять у лімфатичні протоки у кишкових ворсинках. У риб є лімфатична система, але у стінках кишечника вона розвинена дуже слабо або її взагалі немає, крім того, у деяких видів відсутні ворсинки. Проте ліпіди досить легко

ідентифікувати гістологічно, і спостереження показують, що в епітелії кишкового тракту утримується велика кількість ліпідів після прийняття їжі. В одній із робіт висловлено припущення, що засвоєння ліпідів із кишкового тракту форелі відбувається як за допомогою ворітної системи печінки, так і лімфатичним шляхом. У ляща спостерігають підвищення вмісту у крові лімфоцитів під час перетравлення їжі, що сприяє її засвоєнню.

ОБМІН РЕЧОВИН ТА ЕНЕРГІЇ

Як всі інші тварини, риби відносяться до гетеротрофних організмів, життя яких залежить від споживання органічних речовин. Живильні речовини, доставлені до клітин тіла кров'ю, знову піддаються біохімічним перетворенням, результатом яких є підтримка всього організму у стані життєдіяльності. У процесі цих біохімічних перетворень живильних речовин утворюються нові речовини, одні з яких залишаються у тілі і є пластичними, на їх основі утворюються нові клітини і неклітинна речовина, а інші не можуть бути використані організмом і виводяться з нього (кінцеві продукти обміну).

Процес синтезу складних речовин називають асиміляцією, а процес розпаду продуктів асиміляції – дисиміляцією. Ці процеси відбуваються постійно. З огляду на кількість – ці два процеси нерівноцінні: на різних етапах розвитку організму один із цих процесів може переважати над іншим. У ранньому віці переважають процеси асиміляції, під час старіння – дисиміляції.

Зовнішньо процеси асиміляції виражаються у прирості живої маси (ріст), внутрішньо – у розвитку організму, накопиченні енергетичних речовин.

Між процесами асиміляції та дисиміляції існує тісний зв'язок. Обидва процеси відбуваються одночасно, причому у процесі асиміляції накопичуються речовини, які розщеплюючись під час дисиміляції, дають енергію.

Для риб на відміну від наземних хребцевих тварин характерний безкінечний ріст, тобто асиміляційні процеси протягом всього онтогенезу риби переважають над процесами дисиміляції.

Методи вивчення обміну речовин і енергії

Методики, які застосовують для вивчення обміну енергії і речовин у риб переважно зводять до:

- 1) визначення: приросту маси, довжини, накопичення жиру, білка;
- 2) інтенсивності дихання; виділення;
- 3) калориметрії.

Найбільш широко застосовують перші дві групи методик.

Потреба в живильних сполуках, які використовуються для росту і розвитку риб, забезпечується за рахунок їжі рослинного і тваринного походження. Компоненти їжі, як правило, є полімерами і для їх засвоєння потребують розщеплення до мономерів, у вигляді яких вони тільки і можуть потрапляти до

організму, в якому виконують певні пластичні і енергетичні функції. Це стосується як органічних, так і неорганічних речовин.

ФІЗІОЛОГІЯ РОЗМНОЖЕННЯ

Розмноження – найважливіший життєвий процес, що забезпечує існування виду. В органічному світі розмноження може відбуватися двома способами – безстатевим і статевим. Рибам властиве статеве розмноження, однак в багатьох видів оселедців, осетрових, лососевих, коропових і деяких інших зрілі статеві клітини, потрапивши у воду, починають розвиватися партеногенетично, тобто без запліднення. Під час цього, як правило, розвиток доходить тільки до стадії дроблення і лише у виняткових випадках виходять личинки, що доживають до розсмоктування жовткового мішка (салака, міньок).

Деяким видам риб (срібний карась, молінезія) властивий такий спосіб розмноження, як гіногенез. Популяції цих риб складаються тільки із самок, а самці якщо і є, то неповноцінні в статевому відношенні. У таких одностатевих популяціях нерест самок проходить за участі самців інших видів риб. Під час такого розмноження проникнення спермія в яйцеклітину є необхідною умовою розвитку. Однак злиття ядер спермія і яйцеклітини не відбувається, і ядро яйцеклітини стає ядром зиготи (ядро спермія генетично інактивується). У результаті в потомстві з'являються тільки самки без зовнішніх ознак тих самців, які брали участь у нересті. Цитогенетичною основою цього процесу є триплоїдія самок з одностатевих популяцій.

Розмноження і розвиток риб відрізняються деякими специфічними особливостями, які обумовлені водним способом життя.

У більшості риб запліднення зовнішнє. На відміну від наземних тварин зрілі статеві клітини риб виводяться у воду, де відбувається запліднення ікри і подальший її розвиток.

Запліднення та інкубація ікри у воді, поза материнським організмом, спричиняє велику загибель потомства на ранніх стадіях розвитку. Для забезпечення збереження виду в процесі еволюції в одних риб виробилася велика плідність, в інших турбота про потомство.

Плідність риб набагато вища, ніж у наземних хребетних. Це пристосувальна властивість до умов існування. Кількість ікри, що відкладається різними видами, дуже сильно варіює – від декількох штук у полярної акули до 200 млн. у морської щуки і 300 млн. у риби-місяця. Найбільш плідні риби, що відкладають пелагічну ікру, а також риби, ікра яких розвивається приклеєною до рослин. У риб, що ховають чи охороняють свою ікру, плідність невелика.

Статева зрілість у різних видів риб настає в різному віці, причому в багатьох випадках самці дозрівають на рік раніше самок. Раніш дозрівають риби з коротким життєвим циклом (бички, каспійська кілька, хамса). Риби з тривалим життєвим циклом, наприклад осетрові, стають статевозрілими у 7-8 (севрюга), 12-13 (осетер) і навіть 18-20 (білуга і калуга) років.

Табл. 9 Терміни досягання статевої зрілості риб в умовах України

Вид риби	Терміни досягання статевої зрілості, роки	
	Самки	Самці
Осетер	12-13	
Веслоніс	8-10	6
Короп	2-3	2-3
Товстолобик білий	4-6	3-5
Товстолобик строкатий	7-8	6-7
Амур білий	4	4
Амур чорний	7	6
Буфало великоротий	4-7	2-3
Буфало чорний	4	2
Буфало малоротий	5	3
Лобан	6-8	
Гостроніс	3	
Лящ	3-4	
Форель райдужна	3	2
Судак	3-4	3-4
Піленгас	4-5	3-4

Статева зрілість у риб (час першого нересту) наступає в різному віці: рано (2-3 роки) – це короткоциклові види, у середньому віці (4-7 років) – середньоциклові види, і в пізньому віці (8-15 років) – це довгоциклові види риб (табл. 9). Співвідношення статей у різних видів риб мінливе, але здебільшого майже 1:1, крім тих, у яких спостерігається гінтогенез.

Види риб стають статевозрілими в різному віці, навіть у риб одного виду вік досягнення статевої зрілості може варіювати в широких межах, деякі відмінності спостерігаються і у видів одної популяції. Більш раннє дозрівання характерне для видів із коротким життєвим циклом, риби з більш продовженим циклом – дозрівають пізніше. Наприклад, самки ляща у водоймах різних широт дозрівають у віці від 2 до 11 років, у озерах Узбою – у 2 роки, у Рибинському водоймищі – у 8-9 років, у Сямозері – у 8-10 років. Короп на півночі дозріває у 4-5 роки, у південних районах країни – у 2 роки, а на Кубі – у 6-9 місяців. Такі ж факти можна навести і з рослиноїдними рибами. Самки білого амура і білого товстолобика дозрівають у Краснодарському краї на 3-4 році життя, а під Москвою на 8-10, самці в трилітньому віці і на 6-7 рік. Це пов'язано з тим, що риbam, як пойкилотермним тваринам, у яких розвивається і викидається значна кількість статевих клітин, багатих живильними речовинами, необхідні великі енергетичні витрати з боку материнського організму для забезпечення розвитку і метання таких великих кількостей щодо маси особини (у середньому майже 20%) статевих клітин. Білий товстолобик дозріває в три-п'ятирічному віці, білий амур – в 6-7 років, на півдні України – в п'ятирічному віці. Є риби, які метають ікру на другому місяці життя. Зниження температури води і погіршення харчування сповільнюють дозрівання ікри; відомі випадки, коли ікра за таких умов не відкладалася, а розсмоктувалася.

Зміни в тривалості настання статевої зрілості обумовлені різноманітними умовами існування особин у різнотипних популяціях, які тісно пов'язані зі скороченням або подовженням періоду пре вітелогенезу – періоду протоплазматичного росту овоцитів і темпом нарощування маси тіла самки. За досягнення певної маси, що повинна перевищити швидкість лінійного приросту особин, починається процес накопичення живильних речовин у статевих клітинах і настання першого нересту самок.

Таким чином, для забезпечення розвитку овоцитів у період інтенсивного накопичення в них поживних речовин необхідний певний енергетичний резерв для здійснення процесу гаметогенезу.

Особливості функціонування статевої системи самців

Тип викидання статевих клітин у самців завжди порціонний. Серед прісноводних видів риб відмічають чотири функціональних типи сім'яників за засобом утворення насінної рідини:

- 1) тільки в сім'япроводі, що характерно для риб із розтягнутим нерестом – йорж, сазан, лящ, головень та ін.;
- 2) крім сім'япроводу в сім'явиносних каналцях за рахунок апокринової або голокринової секреції клітин фолікулярного епітелію – окунь, міньок, волзький оселедець;
- 3) у сім'явиносних каналцях і сім'япроводі за рахунок секреції ліпідів без руйнації клітин епітелію – щука, лососеві, осетрові;
- 4) крім сім'япроводу в сім'явиносних каналцях за рахунок ексудативних процесів – судак.

Об'єм еякуляту у риб значно різниться. У осетра російського об'єм еякуляту досягає 1000 мл, у веслоніса – 75 мл, сазана – 0,5-5,0 мл, товстолобиків 8-25мл. Об'єм сперматозоїдів в еякуляті (сперматоцит) теж різний. У лососевих сперматозоїди складають 25% сперми, у коропа – 45, у морського карася – 77, у деяких камбал до 97 відсотків.

Зрілий сперматозоїд являє собою клітину з малою кількістю плазми. У нього розрізняють голівку, середню частину і хвіст. Сперма, яка виділяється самцем, складається зі сперматозоїдів, занурених у сперміальну рідину, подібну за складом із фізіологічним розчином. У момент виходу з організму сперматозоїди ще нерухомі, обмін речовин їх знижений.

У сперміальній рідині сперматозоїди нерухомі. У разі зіткнення з водою їхня активність різко зростає: поглинання кисню збільшується більше чим удвічі, вміст АТФ потроюється; сперматозоїди починають бурхливо рухатися зі швидкістю 164-330 мкм/с. Зустрівши ікринки, вони проникають у них через мікропіле (отвір чи отвори в оболонці ікринки), після чого відбувається запліднення. Однак активність сперматозоїдів недовга. Енергетичні ресурси їх витрачаються, первісний поступальний рух сповільнюється, стає коливальним, потім припиняється і вони гинуть. Тривалість активності залежить від солоності і температури води. У солоній воді вона значно довше – до декількох діб у тихоокеанського оселедця. У прісній воді в більшості риб (коропових, лососевих, окуневих) – не більше 1-3 хвилин.

Особливості функціонування статевої системи самок

За тривалістю періоду ікрометання розрізняють дві групи риб: з **одноразовим і порціонним нерестом**. У риб першої групи ікра відкладається відразу. Наприклад, вобла нереститься на протязі одного ранку. Багато тропічних риб метають ікру протягом години. Риби другої групи відкладають ікру порціями з проміжками у 7-10 днів. Типовий представник – каспійські оселедці. У гонадах ікра дозріває і метають її порціями. Індивідуальна плідність у разі порціонного ікрометання збільшується, і за сезон самка виметує у 2-3 рази ікри більше, ніж самка з одноразовим нерестом.

Порційність ікрометання характерна головним чином для риб тропіків і субтропіків, у помірних широтах таких риб значно менше, а в Арктиці майже немає.

Порційне ікрометання сприяє збільшенню плідності риб і забезпеченості потомства їжею, а також кращій виживаності молоді в несприятливих умовах існування. Наприклад, у водоймах із коливним рівнем зустрічається більше видів риб з порціонним нерестом.

Основні типи гаметогенезу протягом щорічно повторюваного статевого циклу можуть бути подані в такому вигляді

- 1) інтенсивне накопичення живильних речовин завершується до зими (особини зимують із зрілими статевими продуктами);
- 2) інтенсивне накопичення живильних речовин протікає незадовго до весняно-літнього розмноження особин (самки зимують із незрілими статевими клітинами);
- 3) інтенсивне накопичення живильних речовин протікає протягом короткого часу незадовго до осіннього розмноження особин (самки зимують із яєчниками післенерестової стадії зрілості гонад).

У зв'язку зі зміною умов існування плідників, наприклад із зміною температурного режиму у водоймах, може істотно змінюватися час інтенсивного накопичення живильних речовин в овоцитах і, таким чином, у деяких видів риб один тип розвитку статевих клітин протягом року переходить в інший. У водоймах середніх широт у судака, ляща, лина відзначений перший тип сезонного розвитку статевих клітин, у водоймах півдня в цих же видів риб відзначається другий тип гаметогенезу. У деяких же видів риб (плітка, сазан і деякі інші) такої зміни не спостерігається. Ці зміни сезонного розвитку статевих клітин риб можна передбачати і спрямовувати процес гаметогенезу в потрібний для людини бік для одержання повноцінної ікри і проводити зсуви нересту риб у необхідні терміни.

Всі типи овогенезу і нересту обумовлені інтенсивністю і тривалістю генеративного обміну. Останній, у свою чергу, визначається температурою води, кормовими умовами, розмірами і масою плідників, особливостями річних життєвих циклів. Можливі три засоби реалізації безупинного овогенезу: хвилястий, накопичувальний і стабілізований.

Переривчастий овогенез характерний для видів, що живуть за порівняно низьких температур і значних річних коливань океанологічних умов; звичайно в них є чіткий поділ річного циклу на нагульний, зимувальний, нерестовий періоди, вони не завжди харчуються в нерестовий сезон. Порційність риб із

переривчастим овогенезом визначається співвідношенням між реалізованими за нагульний період можливостями генеративного обміну і максимальною кількістю гідратованої ікри, що може бути викинута самками за один раз.

Дійсне одночасне ікрометання характерне для арктичних і антарктичних риб, що живуть в умовах низьких температур і, певне, не спроможних за нагульний період нагромадити генеративну продукцію, що перевищує можливість однократного нересту. Порційне ікрометання під час переривчастого овогенезу характерне для багатьох бореальних і натальних пелагофілів, спроможних за період нагулу створити генеративну продукцію, що перевищує можливості однократного метання.

Безупинний овогенез характерний для видів, що живуть в умовах порівняно високих температур; для них характерний збіг за термінами періодів нересту і відгодівлі. До того ж енергія, одержувана в результаті харчування, надходить безупинно в гонади і перетворюється в генеративну продукцію, що відразу викидається. Мабуть, тип безупинного овогенезу залежить від швидкості надходження енергії. Дрібні риби в змозі постійно підтримувати нерест і характеризуються стабілізованим овогенезом (чорноморська хамса, індоокеанський діаф); порівняно великі риби не можуть підтримувати нерест на рівні морфологічних можливостей, у них відбувається попереднє накопичення овоцитів на завершальних етапах (перуанська ставрида, скумбрія).

Статевий цикл у більшості видів риб протікає протягом року і лише в деяких він триває протягом декількох років (лососеві, осетрові й інші види). У деяких випадках у разі хиби харчування молоді самки можуть пропускати нерестовий період.

Викинуті ікринки в більшості риб кулясті, але є овальні (хамса), сигароподібні (бички, ротан), каплеподібні і циліндричні (деякі бички). Забарвлення ікринок здебільшого жовтуваті і жовтогарячі різних відтінків. В осетрових ікра чорна, у бичків – зелена. Жовтуватий і жовтогарячий колір обумовлений присутністю каротиноїдів.

Регуляція розвитку репродуктивної системи в риб

Регуляція репродуктивної системи в риб, як і в інших класів хребетних тварин, регулюється системою ендокринних органів, що знаходиться у свою чергу під контролем центральної нервової системи. Незважаючи на відому автономність взаємодії репродуктивної, ендокринної і нервової систем, на цей комплекс постійно впливають різноманітні фактори зовнішнього середовища, які також впливають на розвиток різних ланок репродуктивної системи на всіх етапах онтогенезу. Регуляція репродуктивної системи має багаторівневий каскадний характер. Взаємодія різних рівнів регуляції в системі епіфіз – гіпофіз – гонада забезпечується системами прямого і зворотного зв'язку.

У гіпофізі – центральній ланці нейрогуморальної регуляції, основними гормонами, що здійснюють регуляцію розвитку гонад на всіх етапах онтогенезу, є два, які розрізняються за фізико-хімічними властивостями і біологічній дією – ЛГ- і ФСГ-подібні гонадотропні гормони (ГТГ), що визначають за допомогою впливу на стероїдогенез і відповідний розвиток генеративних і соматичних елементів гонад. Відносний розвиток і

функціональні взаємовідносини цих часток гонади між собою визначає весь подальший гонадогенез.

Основою фізіологічної регуляції розвитку і підтримки визначеної статі в риб різних систематичних груп є статева специфічність гіпофізарних ГТГ. Порушення або зміна цієї структурно-функціональної специфічності ГТГ змінює певним чином характер стероїдогенезу в гонадах, приводячи до різноманітних порушень статевої функції: стерилізації гонад, інверсії статі, передчасного фізіологічного старіння репродуктивних систем тощо.

Розмноження і розвиток

За термінами ікрометання риб нашої фауни розділяють на: весняно-нерестові (оселедці, райдужна форель, щука, окунь, плотва, орфа), літньо-нерестові (сазан, короп, лин, червоноперка), осінньо-зимовонерестові (багато лососів, сига, міньок, навага).

Це умовний розподіл, тому що той самий вид у різних районах нереститься в різний час: короп у середній смузі в травні-червні, на островах Ява і Куба – цілорічно. Штучне регулювання термінів ікрометання шляхом зміни світлового режиму дозволяє цілорічно одержувати товарну рибу, наприклад форель. Час нересту сильно варіює протягом доби: лососі, міньок, хамса звичайно метають ікру вночі, анчоус – увечері, короп нереститься найчастіше на світанку.

У плідників, що нерестяться другий раз, нерест триває довше, він більш активний. Запліднюваність ікри складає 93,3%, а відхід – 14,3 %. Вихід молоді від однієї самки з нерестових ставів 31-135 тис. шт. Плідники середнього віку нерестяться бурхливо, протягом 5-8 годин. Ікра запліднюється на 91-98%, ембріональний розвиток проходить швидко. Відхід ікри найменший, у ній більше жирів і білка. Викльов молоді і перехід її на зовнішнє харчування проходить швидше. Від кожної самки з нерестових ставків одержують понад 150 тис. шт. молоді. У постембріональний період ця молодь найбільш міцна за основними рибницькими і біохімічними показниками (відхід, ріст, накопичення жиру, приріст білка тощо).

Старіючі плідники нерестяться менш бурхливо, довго, із проміжками. Ембріональний розвиток їх молоді триває довше, відходи ікри складають 19-34%, ваговий ріст її під час інкубації і жовткового харчування йде повільніше, Виклюв і перехід на активне харчування розтягується. Вихід молоді від однієї самки з нерестових ставків складає 67-81 тис. штук. У разі подальшого вирощування спостерігається великий відхід молоді.

Під час старіння коропів здатність їх до розмноження згасає: деякі риби перестають нереститися у віці 13-15 років. Риби майже усіх видів роздільностатеві. Серед костистих риб звичайно є гермафродитами лише морські окуні і морські карасі. Зрідка гермафродити зустрічаються серед оселедцевих, лососевих, щукових, коропових і окуневих, а в кети і кефалі в гонадах чергуються ділянки яєчників і сім'яників. Вкрай рідкі повідомлення про гермафродитизм коропа. В одному з таких випадків описано виділення гермафродитом одночасно ікри і сперми. При цьому самоzapліднення супроводжувалося значним відходом ікри (розвилося 29% зародків), тоді як у

разі запліднення спермою гермафродита ікри іншої самки розвивалося 98% ікринок.

У риб може відбуватися зміна, перетворення (реверсія) статі. Наприклад, молодь райдужної форелі на ранніх стадіях розвитку (у віці 135–160 діб), що має в гонадах масу жіночих статевих клітин, надалі розвивається у самців. Здебільшого у прісноводних риб статеві залози під час закладки індіферентні щодо статевої приналежності, вони ніби-то потенційно двостатеві. Стать такої інтерсексуальної особи можна визначити тільки за подальшого розвитку.

Перетворення статі може відбуватися й у дорослих особин. Відомі випадки, коли у зубастих коропів *Syrpinodontidae* статевозрілі самки, які уже раніше нерестилися, раптом перетворювалися в самців і ставали здатними запліднювати ікру. У деяких риб протягом життя перебудова статі спостерігається неодноразово. Можлива і спрямована зміна статі: оброблені стероїдними гормонами (шляхом згодовування) самки і самці райдужної форелі змінювали стать на протилежну і благополучно нерестилися. Цей спосіб може мати значення під час розведення товарної риби. Наприклад, у лососевих вигідніше мати більше самок (вони більші), а у тиляпії – менше, тому що вони повільно ростуть і часто метають ікру.

У риб має місце вибірковість запліднення. Тому використання під час запліднення ікри сперми від двох чи більш особин підвищує її запліднюваність. Риби розмножуються у всіляких умовах і на різному субстраті, тому виділяють наступні екологічні групи.

Літофіли – розмножуються на кам'янистому ґрунті (у ріках на пліні, на дні оліготрофних озер, на прибережних ділянках морів) у місцях, багатих киснем. Це осетри, лососі, подусти й ін.

Фітофіли – розмножуються серед рослинності, відкладаючи ікру в стоячій чи слабкоплинній воді на відмерлі чи вегетаційні рослини. До того ж кисневі умови можуть бути різними. До цієї групи належать щука, сазан, лящ, плотва, окунь та інші.

Псамофіли – відкладають ікру на пісок, іноді прикріплюючи її до корінців рослин. Часто оболонки ікринок інкрустуються піском. Розвиваються звичайно в місцях, багатих киснем. До цієї групи належать піскарі, деякі гольці й інші.

Пелагофіли – метають ікру в товщу води. Ікра і вільні ембріони розвиваються, вільно плаваючи в товщі води, звичайно в сприятливих для дихання умовах. У цю групу входять майже усі види оселедців, тріскових, камбал, деякі коропові (чехоня, товстолобик, амури та ін.).

Остракофіли – відкладають ікру всередину мантийної порожнини молюсків і іноді під панцири крабів та інших тварин. Ікра може розвиватися і без достатньої кількості кисню. Це деякі піскарі, гірчаки та інші.

Ця класифікація охоплює не всіх риб, маються проміжні форми: рибець може нереститися на рослинності і на каменях, тобто одночасно як фітофільна і літофільна риба.

Наявність субстрату, а також інших факторів зовнішнього середовища (температура, рН середовища, зміна жорсткості тощо) є сигналом, який обумовлює зміни фізіологічного стану риби і переходу її до нересту. В окремих випадках відсутність якого-небудь фактора зовнішнього середовища гальмує

нерест. Так, рослиноїдні риби (товстолобики, амури) нерестяться тільки за умов течії.

Більшість риб не піклується про потомство. Є випадки, коли батьки навіть поїдають власну ікру й особливо молодь. Канібалізм зустрічається в гамбузії, наваги, навіть коропа. Тому доцільно з метою збереження молоді виловлювати плідників з нерестових ставків. Однак багато видів риб піклуються про потомство. В такому разі в період нересту і після нього поведінка таких риб різко змінюється під впливом гуморальних факторів. Охорона потомства здебільшого випадає на самців.

Приклади турботи про потомство цікаві і різноманітні: самець колючки будує гніздо зі шматочків травинок, що склеюються виділеннями бруньок. Гніздо має спочатку два отвори, а після наповнення його ікрою декількома самками самець закриває один отвір і залишається охороняти його, аеруючи воду рухами плавців. Після викльову молоді самець протягом декількох днів стежить за тим, щоб вона знаходилася в гнізді та повертає туди тих, які випливають, захоплюючи їх ротом. Самки тиліпії виношують ікру в роті і якийсь час після викльова забирають молодь у рот у разі небезпеки. У морської голки і морського коника ікра інкубується в складці сумки чи на черевці самців. Лабіринтові риби будують гніздо з пухирців повітря та слиноподібного секрету. Хоча молодь у гнізді з'являється через добу, самець охороняє його доти, поки риби остаточно не сформуються.

У риб зустрічається будова гнізд різної складності. Форель і лосось викопують у ґрунті кілька ямок, а відкладену ікру засипають піском і гравієм рухами хвоста, влаштовуючи нерестові бугри. Деякі бички, соми влаштовують гнізда з камінчиків і шматочків рослин. Пінагор охороняє грудку ікри, відкладену в смуги припливу, під час відливу поливає його водою з рота. Судак будує гніздо зі шматочків чи коренів, розчищаючи кам'янисту ділянку: він кусає протягнену до гнізда руку, і відігнати його не вдається. Рухом грудних плавців він створює струм води, що змиває мул з ікринок. А от дискуси, не тільки охороняють молодь, але і підгодовують її за рахунок виділення секретів шкірних залоз.

У зв'язку з умовами життя у деяких видів риб виробилося таке пристосування як живородіння. При цьому плідність звичайно буває мала – кілька десятків особин. По суті, це яйцеживонародження із затримкою потомства в статевих шляхах самки до розсмоктування жовткового мішка. Воно притаманне багатьом акуловим, а серед костистих риб – бельдюзі, морському окуню, гамбузії, гупі і мечоносцю.

Лабораторна робота № 1

ОСНОВНІ ЧАСТИНИ, ФОРМА ТІЛА ТА ЗОВНІШНІ ОЗНАКИ РИБ

Мета: ознайомитися з різноманіттям форм тіла риб, будовою їх зовнішніх органів.

Матеріали та обладнання: свіжа риба, набір фіксованих препаратів риб (10-20 видів). Таблиці: «Зовнішня будова риб», «Форма тіла риб», «Положення та типи рота риб». Інструменти: пінцет, препарувальні голки, кювети.

Загальні положення:

Основні частини тіла риби. Тіло риби складається з трьох відділів: голови, тулуба та хвоста.

Головний відділ – відстань від початку рота до заднього краю зябрової кришки.

Тулубний відділ – відстань від кінця голови до анального отвору або початку анального плавця.

Хвостовий відділ – відстань від анального отвору (від початку анального плавця) до кінця хвостового плавця.

На голові риби розташовані рот, очі, носові та зяброві отвори, брязкальця. Деякі риби мають вусики – органи дотику та смаку (сом, минь, в'юн). Форма голови риб досить різноманітна. У акули-молота голова має форму молота, на кінцях якого розташовані очі. Веслоніс має голову з великим лопатоподібним розширенням. У деяких видів верхня щелепа витягується в довгий мечоподібний придаток, який використовується під час нападу (риба-меч); іноді вона має пилоподібний придаток (риба-пила). У морських голок рот витягнутий у довгу трубку. У міксин та міног він перетворився в своєрідну присоску. В головному відділі виділяють: рило – відстань від початку голови до передньої вертикалі ока; заочний простір – від задньої вертикалі ока до дистального кінця зябрової кришки; щоку – ділянка від задньої вертикалі ока до заднього краю передкришечної кістки; лоб – проміжок між очима. В нижній частині голови виділяють: підборіддя – ділянка голови від початку нижньої щелепи до місця з'єднання або прикріплення зябрових перетинок; горло – відстань від місця прикріплення зябрових перетинок до основи грудних плавців; симфізис – місце з'єднання кісток нижньої щелепи. Хрящові та осетроподібні риби мають позаду очей отвори – брязкальця, залишки не функціонуючих зябрових щілин. Інколи голова риб має озброєння у вигляді виростів, шипів та колючок.

Розміщення та будова рота в риб залежить від характеру живлення.

Розрізняють наступні типи рота (рис. 1):

1) Верхній (напівверхній) рот – нижня щелепа виступає вперед доверху (білий товстолобик, верховодка, чехоня);

2) Кінцевий рот – верхня та нижня щелепи мають однакову довжину (окунь, судак, щука);

3) Нижній (напівнижній) рот – верхня щелепа (або роstrум) сильно виступає вперед (хрящові, осетрові).

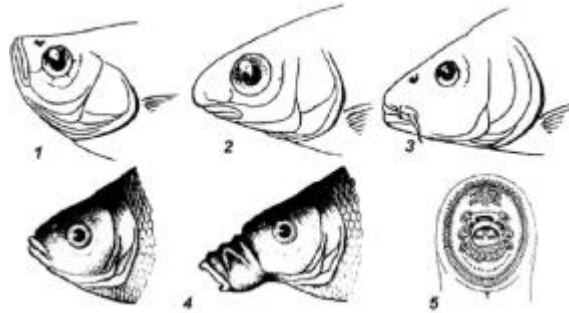


Рисунок 1. Форми рота риб

1 – верхній; 2 – нижній; 3 – кінцевий; 4 – висувний; 5 – воронкоподібний.

Риби, котрі живляться поблизу дна (бентофаги), зазвичай мають нижній (або напівнижній) рот, а планктофаги – верхній. Виключення складають акули (хижаки), у яких нижній рот через наявність на голові гідродинамічного органу – роstrуму. У деяких риб завдяки висуванню міжщелепних костей рот може висуватися, утворюючи трубку (лящ, сазан). У міксин та міног у зв'язку з паразитичним або напівпаразитичним способом живлення рот озброєний роговими «зубами» та має воронкоподібну форму (сисний рот).

Розміщення очей у риб залежить від місця проживання. У придонних і донних риб вони знаходяться у верхній частині голови або вище середньої лінії тіла. У пелагічних – із боків голови, приблизно на рівні осі вздовж тіла.

Голова риби закінчується зябровими отворами або щілинами, кількість яких може варіювати: у міног – 7 пар; у міксин від 1 до 15 пар з кожної сторони; в акул – від 5 до 7 пар; у химер – 4 пари зябрових отворів, прикритих складкою шкіри; у всіх кісткових риб – 1 пара, закрита зябровою кришкою.

Форми тіла риб. Риби пристосовані до умов існування насамперед формою свого тіла. У більшості з них вона обтічна: загострена голова, від неї тіло поступово потовщується, досягає найбільшої товщини посередині й до хвоста звужується. Завдяки цьому тіло риби з меншим напруженням врізається в товщу води.

Хід роботи:

1. Уважно розглянути колекцію риб та розгрупувати їх за формою тіла. Звернути увагу на розміщення та кількість зябрових отворів, розміри і розміщення очей.
2. Зробити схематичний малюнок риби та зазначити на ньому всі частини тіла.
3. На 2-3 видах риб визначити межі частин тіла всіх відділів.
4. Виділити ті форми тіла, які найчастіше зустрічаються у риб наших водойм.

5. Зобразити типи голови риб з різним положенням рота.

Запитання для самоконтролю:

1. Перерахуйте форми тіла риб, які мешкають у пелагіалі.
2. Назвіть форми тіла придонних риб.
3. Яку форму тіла має щука, сарган?
4. Який тип плавання притаманний мінозі, міксині та вугру?
5. Які риби мають незвичайну форму тіла?
6. Що називається щогою, горлом, підборіддям?
7. Що таке хвостове стебло?
8. Скільки пар зябрових отворів у міног, міксин, акул, химер, скатів, костистих риб?

Лабораторна робота № 2

ЗОВНІШНІ ПОКРИВИ РИБ, БІЧНА ЛІНІЯ, ВИЗНАЧЕННЯ ВІКУ РИБ ЗА ЛУСКОЮ.

Мета: вивчити різноманіття зовнішніх покривів риб, навчитися самостійно визначати формулу бічної лінії та освоїти методику визначення віку риби за лускою.

Матеріали та обладнання: Набір фіксованих риб – 10-20 видів. Препарати: луска різних видів риб. Таблиці: «Будова різних типів луски риб», «Будова бічної лінії риб». Фотографії луски різних видів риб. Інструменти: бінокулярний мікроскоп, предметне скло, кювети, пінцет, препарувальні голки.

Загальні положення

Луска риб. Тіло переважної більшості риб укрите лускою. Дрібна луска з'являється на тілі молоді риби, коли та знаходиться на переході зі стадії пізньої личинки до стадії раннього малька. Кількість лусок не змінюється, але їх розміри з віком збільшуються. За будовою луски можна визначити не тільки тривалість життя риби, а й темп її росту за кожен рік або час переходу до нерестового стада.

У риб виділяють наступні типи луски: плакоїдна, ганоїдна, космоїдна та кісткова (циклоїдна та ктеноїдна) (рис. 2).

Плакоїдна луска характерна для акул та скатів. Складається з ромбічних пластинок, які залягають у коріумі, та зубоподібного відростку, що виходить на поверхню тіла і спрямований до заднього кінця тіла риби. Містить три шари: вітродентин, дентин та пульпу.

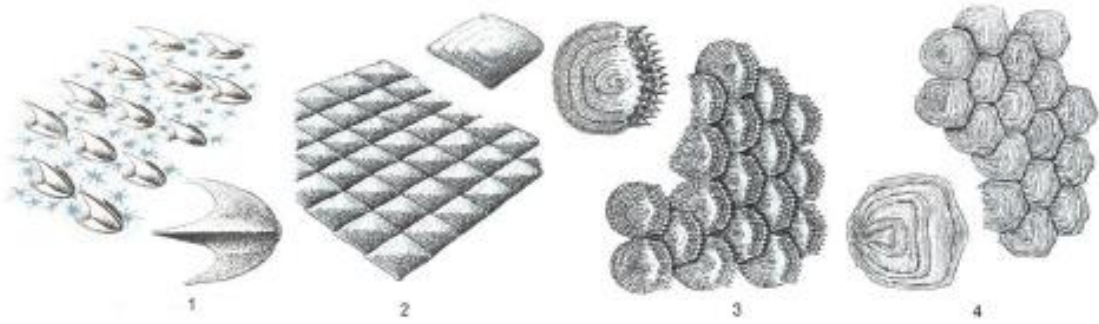


Рисунок 2. Різновиди луски риб

1 – плакоїдна; 2 – ганоїдна; 3 – кісткова циклоїдна; 4 – кісткова ктеноїдна.

Ганоїдна луска має ромбічну форму та боковий виступ у вигляді зубу, за допомогою якого луски з'єднуються між собою, утворюючи своєрідний панцир. Має три шари: ганоїн, космін, ізопедин. Зустрічається в основі верхньої лопаті хвостового плавця осетрових риб, у панцерних щук та багатоперів.

Космоїдна луска має округлену форму, в неї відсутній ганоїновий шар. Вона характерна для китичноперих риб.

Кісткова луска утворилася внаслідок спрощення ганоїдної – зникли шари ганоїну та косміну, залишилася лише кісткова основа. Виділяють луску двох типів: з гладким заднім краєм – циклоїдну (короподібні, оселедцеподібні та ін.), та з зубчастою поверхнею по краю склеритів – ктеноїдну (окунеподібні, камбалоподібні).

На тілі риби луска міститься в особливій шкіряній кишеньці, з якої виступає лише її частина. Подібні кишеньки добре помітні на тілі коропових риб, коли з них зняти луску. Якщо розглянути луску за допомогою оптичних приладів, можна помітити лінії, кожна з яких утворює кільце. Ці кільця називаються склеритами. Їх розміри збільшуються з віддаленням від центру лусочки, а обриси кожного з кілець майже відповідають обрисам краю лусочки. Кільця розміщуються то рідше, то густіше, утворюючи ширші та вужчі ділянки. За рік, як правило, формується одна зона широких склеритів (літній період) і одна зона вузьких (осінній та зимовий періоди), а кількість таких подвійних зон відповідає річному віку риб. Протягом року риби ростуть нерівномірно, що позначається на рості луски. Вона збільшується внаслідок виникнення молодих лусочок більшого розміру, які наростають під старими. Таким чином, з кожним роком луска стає товщою. Вона складається зі зрослих лусочок, верхня з яких найменша і найстаріша, а нижня – найбільша і наймолодша.

Бічна лінія (*linea lateralis* – l.l.). У більшості риб з кожної сторони розташована бічна лінія – своєрідний сейсмоденситивний чутливий орган риб, який здатен сприймати низькочастотні коливання води. Представляє собою підшкірний канал, який висланий брунькоподібними клітинами чутливого епітелію до

якого підходять нервові закінчення. З зовнішнім середовищем канал сполучається отворами, які пронизують луску або шкіряні покриви тіла риби. Бічна лінія має важливе систематичне значення. Її зовнішній вигляд досить різноманітний. У одних риб вона проходить по боках тіла у вигляді однієї прямої лінії від голови до основи хвостового плавця (карась, окунь, лящ та ін.), у інших вона переривиста (корюшка) або має вигини над грудними плавцями (чехоня). Оселедцеві, бичкові та деякі інші риби не мають бічної лінії, а її функції виконує розвинута система сенсорних каналів на голові.

Характеристику бічної лінії записують за допомогою формули. Для запису формули бічної лінії підраховують кількість лусок вздовж бічної лінії, над та під нею. Так формула бічної лінії в'язя має вигляд:

$$l.l. = 56 \frac{8-9}{4-5} 61, \text{ що означає:}$$

- 56 – найменша для виду кількість лусок вздовж бічної лінії,
- 61 – найбільша кількість лусок вздовж бічної лінії,
- 8-9 – кількість лусок над бічною лінією до основи спинного плавця,
- 4-5 – кількість лусок під бічною лінією до основи черевних плавців.

Не завжди підрахунок над та під бічною лінією можна провести достатньо точно, тому іноді обмежуються підрахунком луски лише вздовж бічної лінії. Тоді формула бічної лінії в'язя матиме наступний вигляд: $l.l. = 56-61$.

Хід роботи:

1. Всю рибу розподілити за видами та пронумерувати за допомогою етикеток, які вкласти в зяброві щілини.
2. Заготовити лускові книжки різного зразка для окремих видів риб.
3. Ретельно очистити риб від бруду, слизу та лусок інших видів риб.
4. Виміряти рибу – визначити абсолютну й промислову довжину. Дрібну рибу (розміром до 50 см) потрібно вимірювати з точністю до 1 мм, а велику (понад 50 см) – з точністю до 0,5 см.
5. Рибу кожного виду зважити. Рибу масою понад 250 г зважують з точністю до 2-3 г, від 40 до 250 г – до 1 г, меншою вагою – до 0,5 г.
6. Правильно визначити місце відбору луски для кожного виду. Розглянути луску риб, вказати до якого різновиду вона відноситься, визначити положення бічної лінії.
7. Записати формулу бічної лінії для риби, вказаної викладачем.
8. За допомогою скальпеля або пінцета посередині довжини тіла риби, вище її бічної лінії зробити відбір проби луски.

9. Після взяття проби протерти її від слизу (промити водою та очистити за допомогою м'якої щітки або промити у слабому розчині аміаку), чи скласти у лускову книжку для подальшої обробки.

10. Луску просушити, потім покласти між двома предметними скельцями для визначення її під мікроскопом. Якщо луска велика можна користуватися лупою або визначати вікові кільця неозброєним оком.

11. Отримані результати занести до таблиці:

№	Вид риби	Вага, г	Довжина, см		Формула бічної лінії, l.l.	Вік, роки
			L	l		

Запитання для самоконтролю:

1. Які типи луски виділяють у риб?
2. Для яких риб характерна ганоїдна луска?
3. Назвіть типи кісткової луски. Чим вони різняться?
4. Як відбувається ріст луски?
5. Що таке бічна лінія, які її функції та будова?
6. Як здійснюється визначення формули бічної лінії?

Лабораторна робота № 3

ВИГОТОВЛЕННЯ ПРЕПАРАТІВ З ЛУСКИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПУ РОСТУ РИБ

Мета: навчитися самостійно готувати препарати з луски риб і оволодіти методикою Е. Леа з визначення темпу росту риб різних вікових груп.

Матеріали та обладнання: Набір фіксованих або свіжих риб – 10-20 видів. Препарати: луска різних видів риб. Таблиці: «Темп росту та розміри риб». Інструменти: скальпель, пінцет, препарувальні голки, м'яка щітка, мікроскоп або бінокляр, лупа 10-20 – кратного збільшення, лінійка, штангельциркуль, окуляр-мікрометр.

Загальні положення

Виготовлення препаратів з луски. Часто відібрані проби луски потрібно довго зберігати, для цього необхідно робити постійні препарати. Відібрану луску риб витримують протягом 1-10 хв. у слабкому розчині нашатирного спирту. Вимивають за допомогою миючих засобів. Для вилучення слизу та плівки епідермісу луску протирають м'якою ганчіркою. Луску потрібно розглядати під мікроскопом або бінокляром при невеликому збільшенні. Для огляду луски

відбирають 5-8 лусок правильної форми з незруйнованими краями, з яких відокремлюють 3-4 з найбільш чіткими річними кільцями. Потім вологу луску поміщають між двома предметними скельцями, які нерухомо закріплюють. Оформляють на препараті етикетку на якій вказують наступну інформацію: номер препарату, назва і номер риби згідно біологічного журналу, дата, місце збирання, станція відбору, абсолютна довжина (L), промислова довжина (l) та маса риби (m) (рис. 3).

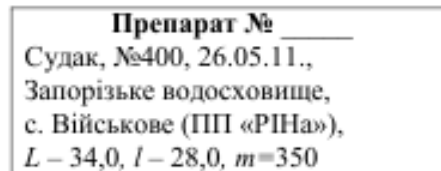


Рисунок 3. Приклад етикетки для препарату луски.

Для препаратів готують журнал реєстрації, в який заносять номери препаратів. Надалі готові препарати зберігають у коробках.

Визначення темпу росту риби. Ріст риби визначається як збільшення її маси та лінійних розмірів тіла. Риби ростуть протягом усього життя, але нерівномірно: у більш молодому віці вони ростуть швидше. Відомо, що в період статевого дозрівання, міграції, зимівлі або нересту їх ріст уповільнюється або зовсім припиняється. Наявність на лусці вікових кілець дає змогу визначити залежність між ростом луски та тіла риби (рис. 4).

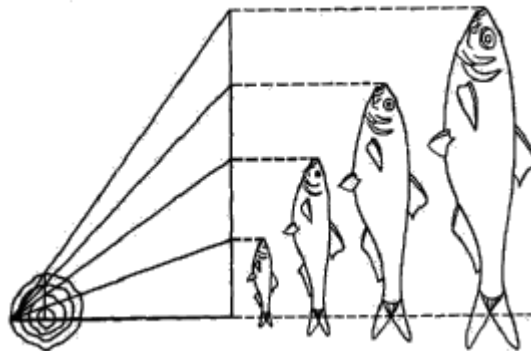


Рисунок 4. Співвідношення між швидкістю росту тіла риби та її луски (За Нікольским, 1963)

Аналіз приросту дозволяє зробити важливі господарські висновки про рентабельність росту та гранично допустимий вік риби із погляду найбільш швидкого та повного використання кормових ресурсів водойм.

У ході досліджень віку та темпів росту Е. Лев дійшов висновку, що довжина риби та довжина луски з віком змінюються прямо пропорційно відносно одна одної:

$$L/C = l_n/c_x, \text{ звідки } l_n = (L/C) \cdot c_x,$$

де L – довжина риби, мм;

C – довжина луски (від центру до краю тієї частини, у якій визначають вікові кільця);

l_n – довжина риби у різному віці, мм;

c_x – довжина луски в різні роки (від центру луски).

Знаючи довжину риби під час її вилову та в усі попередні роки, можна визначити її щорічні прирости:

$$t_1 = l_1; t_2 = l_2 - l_1; t_3 = l_3 - l_2 \dots$$

Хід роботи

1. Рибу розподілити за видами та пронумерувати.
2. Визначити абсолютну довжину кожного екземпляра.
3. Відібрати луску риби й визначити вік.
4. Виготовити препарат з луски.
5. За допомогою штангельциркуля або окуляр-мікрометра виміряти довжину луски від центру до краю кожного вікового кільця.
6. За формулою Е. Леа розрахувати лінійний приріст за роками життя для кожного екземпляра, отримані дані занести до таблиці:

№	Вид	L, см	Вік	Лінійний приріст ($t_1; t_2; t_3 \dots$), см
1				

Запитання для самоконтролю:

1. Як виготовляють препарати з луски риб?
2. Що таке приріст у риб?
3. Як відбувається ріст луски та тіла риби?
4. Що таке темп росту риби?
5. Назвіть вікові групи риб, кількість кілець на лусці та позначення вікових груп.

Лабораторна робота № 4.

МОРФОФУНКЦІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ РИБ

Мета заняття: вивчення особливостей нервової системи риб.

Матеріали та обладнання: плакати, гістологічні препарати, жива риба.

Завдання:

- 1) вивчити теоретичний матеріал;

- 2) замалювати ілюстративний матеріал;
- 3) вивчити розташування нервової системи риб.

Нервова система риб представлена центральною нервовою системою і пов'язаною з нею периферичною і вегетативною нервовою системою. Центральна нервова система складається з головного і спинного мозку. До периферичної нервової системи відносяться нерви, які відходять від головного і спинного мозку до органів. Вегетативна нервова система в основі своїй має численні ганглії і нерви, що іннервують м'язи внутрішніх органів і кровоносних судин серця.

Центральна нервова система має вигляд нервової трубки, яка тягнеться вздовж тулуба; частина її, що лежить над хребтом захищена верхніми дугами хребців, утворює спинний мозок, а розширена передня частина, оточена хрящовим або кістковим черепом, становить головний мозок. Трубка має всередині порожнину (невроцель), представлена в головному мозку желудочками мозку. У товщі мозку розрізняють сіру речовину, що складається з тіл нервових клітин і коротких відростків (дендритів), і білу речовину, утворену довгими відростками нервових клітин - нейритах, або аксонами. У будові головного мозку зберігаються примітивні риси: відділи мозку розташовуються лінійно. Виділяють передній мозок, проміжний, середній, мозочок і довгастий, що переходить в спинний мозок.

Від головного мозку відходить 10 пар черепно-мозкових нервів:

- I - нюховий нерв (*nervus olfactorius*) - від чутливої епітеліальної нюхової капсули доводить подразнення до нюхових цибулин переднього мозку;
- II - зоровий нерв (*nervus opticus*) - тягнеться від зорових бугрів проміжного мозку до сітківки ока;
- III - окоруховий нерв (*nervus oculomotorius*) - іннервує м'язи очей, відходячи від середнього мозку;
- IV - блоковий нерв (*nervus trochlearis*) - окоруховий, тягнеться від середнього мозку до одного з м'язів ока;
- V - трійчастий нерв (*nervus trigeminus*) - відходить від бічної поперечної довгастого мозку і дає три основні гілки: очну, верхньо- та нижньощелепову.
- VI - відвідний нерв (*nervus abducens*) - тягнеться від дна мозку до прямого м'язу ока;
- VII - лицевий нерв (*nervus facialis*) - відходить від довгастого мозку і дає численні розгалуження до мускулатури під'язикової дуги, слизової оболонки ротової порожнини, шкіри голови (в тому числі бокової лінії голови);
- VIII - слуховий нерв (*nervus acusticus*) - пов'язує довгастий мозок і слуховий апарат;

IX - язикоглоткового нерв (nervus glossopharyngeus) - йде від продовгуватого мозку до глотки, іннервує слизову глотки і мускулатуру першої зябрової дуги; X - блукаючий нерв (nervus vagus) - найдовший, пов'язує довгастий мозок з зябровим апаратом, кишковим трактом, серцем, плавальним міхуром, бічною лінією.

Ступінь розвитку різних відділів головного мозку різна у різних груп риб і пов'язана зі способом їхнього життя.

Запитання для самоконтролю:

1. Опишіть нервову систему риб.
2. Де у риб знаходиться головний мозок і чим він представлений?
3. Скільки відділів в головному мозку риб?
4. Які центри розташовані в кожному з відділів головного мозку риб?

Лабораторна робота № 5

М'ЯЗОВА ТКАНИНА

Мета: вивчити на гістопрепаратах будову гладкої та посмугової м'язових тканин.

Матеріали та обладнання: світлові мікроскопи, гістопрепарати, конспект лекцій, практикум, атлас, навчальні таблиці.

М'язова тканина – це група тканин спеціального призначення, яка побудована зі структурних елементів, здатних до скорочення. Тому ця тканина здійснює переміщення організму і його частин в просторі, а також рухові процеси всередині організму (робота серця та інших органів, крово- і лімфообіг). Вона поділяється на гладку та посмуговану м'язові тканини.

Препарат 1. Ізольовані гладкі м'язові клітини. М'язова оболонка тонкої кишки судака (фарбування гематоксиліном і еозином).

На зрізах гладкої м'язової тканини досить складно отримати розріз м'язових клітин на всьому їх протязі. Для уяви про форму структурних елементів цієї тканини вивчають ізольовані м'язові клітини, отримані шляхом мацерації гладкої м'язової тканини. Під малим збільшенням мікроскопа знаходимо ізольовані гладкі м'язові клітини і вивчаємо їх при великому збільшенні. Ці клітини веретеноподібної, вигнутої форми, поступово звужуючись утворюють загострені кінці. Цитоплазма – саркоплазма однорідна, під імерсійним об'єктивом легенько поздовжньо покреслена за рахунок міофіламентів (м'язових протофібрил) не утворюючих дійсних фібрил. В середньому відділі клітини розташоване ядро паличкоподібної форми і багате на хроматин. На цілому, не розволокненому, препараті загострені кінці одних

м'язових клітин вклинюються поміж розширеними відділами інших, формуючи м'язовий пласт, у якому одна клітина контактує із значною кількістю сусідніх, об'єднаних в "ефектор" (моторну одиницю). Гладкі м'язові клітини одягнені в плазмолему і базальну мембрану, яка відмежовує їх від тоненьких прошарків пухкої сполучної тканини. Поміж собою міоцити здатні утворювати зв'язок типа десмосом, його видно під електронним мікроскопом. Групи м'язових клітин, розділені прошарками пухкої сполучної тканини з судинами і нервами, утворюють кільцеві та поздовжні м'язові шари. Гладкій м'язовій тканині властива функціональна гіпертрофія за рахунок збільшення кількості та розміру міоцитів (стінка матки під час вагітності). Розгляньте особливості будови та розташування окремих структур в різних ділянках препарату.

Замалюйте препарат і позначте в ньому:

- 1 – міоцит;
- 2 – ядро;
- 3 – саркоплазма;
- 4 – пухка сполучна тканина;
- 5 – судина;
- 6 – нерв;
- 7 – поздовжній шар міоцитів;
- 8 – кільцевий шар міоцитів.

Позначте всі структури вказані на рис. 5 (А, Б).

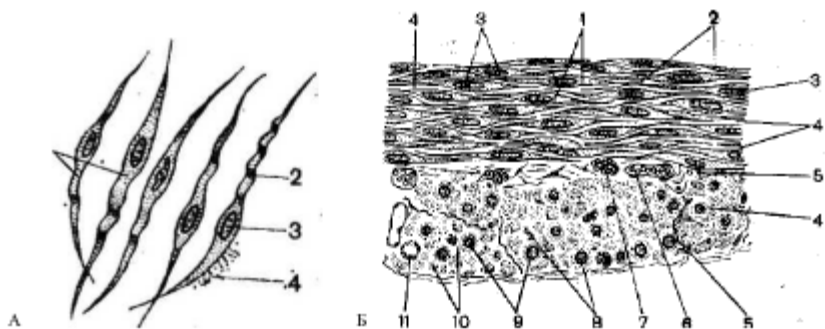


Рисунок 5 М'язова оболонка тонкої кишки судака

Препарат 2. Поперечно – посмугована м'язова тканина. Язик судака (фарбування залізним гематоксиліном).

Під малим збільшенням мікроскопа видно край зрізу, вкритий багат шаровим плоским зроговілим епітелієм, який утворює разом з пухкою сполучною тканиною ниткоподібні сосочки язика. Під пухкою сполучною тканиною розташована поперечно – посмугована м'язова тканина, структурно – функціональною одиницею якої є клітинно – симпластичне утворення (м'язове

волокно – міосателітоцити). Клітини – міосателітоцити розміщені в проміжку між базальною мембраною і сарколемою та розглядаються як камбіальні елементи цієї тканини. Ці клітини є джерелом вторинного міогістогенезу. Скоротливий апарат посмугованого м'язового волокна представлений посмугованими міофібрилами – спеціальними органелами, які мають вигляд ниток і проходять уздовж волокон. До складу міофібрил входять тоненькі волокна – міофіламенти. Розрізняють тонкі (актинові) і товсті (міозинові) міофіламенти, які відповідно містять білок актин і міозин. На зрізі можна бачити поздовжні і поперечні розсічення тканини. Необхідно дослідити під великим збільшенням мікроскопа структуру м'язових волокон в поздовжньому та поперечному січеннях. Під оболонкою сарколемою в саркоплазмі локалізовані багаточисельні ядра видовженої форми і бідні на хроматин. Велика кількість ядер і відсутність обмеженої ядерної території є ознакою для зарахування поперечно – посмугованих м'язових волокон до неклітинних утворень – симпластів. У м'язовому волокні міститься специфічний мембранний апарат, що включає в себе агранулярну ендоплазматичну сітку і трубчасті елементи (поперечні Т- трубочки). Поміж м'язовими волокнами знаходиться ендомізій – тоненькі прошарки сполучної тканини, які зв'язують волокна в окремий пучок першого порядку. Ці м'язові пучки об'єднуються сполучнотканинною оболонкою – перимізієм у пучки другого порядку. Перимізієм формує м'який остів м'яза і є місцем проходження кровоносних судин і нервів.

Замалуйте препарат і позначте в ньому: 1 – м'язове волокно; 2 – ядра; 3 – сарколема; 4 – саркоплазма; 5 – ендомізій; 6 – перимізієм; 7 – судини. Позначте всі структури вказані на рис. 6.

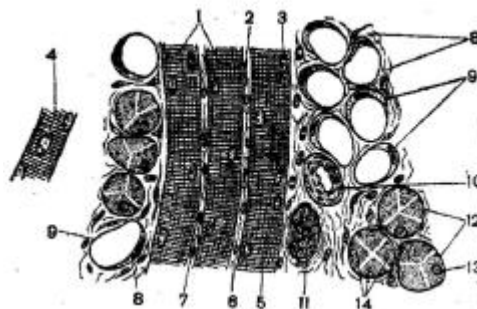


Рисунок 6 Язик судака (м'язи)

Препарат 3. Серцева м'язова тканина. Серце судака (фарбування залізним гематоксиліном).

Під малим збільшенням мікроскопа бачимо, що серцева м'язова тканина подібна до скелетної м'язової тканини лише за ознакою поперечної посмугованості, яка представлена чергуванням темних і світлих проміжків.

Серцева м'язова тканина побудована із клітин кардіоміоцитів. Ці клітини майже прямокутної форми. У центральній частині міоцита розміщується 1 – 2 ядра овальної або видовженої форми. Під великим збільшенням видно, що міофібрили займають периферійну частину цитоплазми. Характерною морфологічною ознакою серцевого м'яза є контакти двох сусідніх міоцитів. Межі з'єднання кінець – у – кінець кардіоміоцитів утворюють вставний диск. Для кардіоміоцитів характерна велика кількість мітохондрій, що розташовуються біля ядра. З цим пов'язана здатність серця до безперервної діяльності, оскільки мітохондрії – носії великої кількості ферментів, що беруть участь в окисно – відновних процесах.

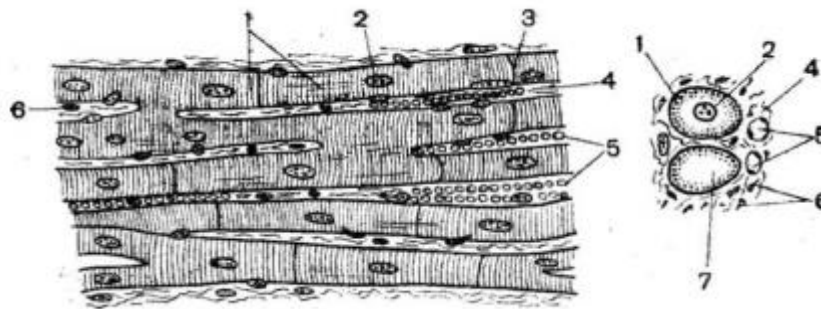


Рисунок 7 Серце судака (м'язи)

Замалуйте препарат і позначте в ньому: 1 – кардіоміоцит; 2 – ядра; 3 – вставний диск; 4 – капіляри; 5 – сполучна тканина. Позначте всі структури вказані на рис. 7.

Запитання для самоконтролю:

1. Яка функція гладкої м'язової тканини?
2. Будова гладкої м'язової тканини.
3. Чим представлений енергетичний апарат гладких міоцитів?
4. Яка функція поперечно – позмугованої м'язової тканини?
5. Будова скелетної м'язової тканини.
6. Чим представлений скоротливий апарат позмугованого м'язового волокна?
7. Характеристика серцевої м'язової тканини.
8. Що таке клітина кардіоміоцит?

Лабораторна робота № 6.

МОРФОФУНКЦІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ КРОВОНОСНОЇ СИСТЕМИ РИБ

Мета заняття: вивчення особливостей кровоносної системи риб.

Матеріали та обладнання: плакати, гістологічні препарати, жива риба.

завдання:

- 1) вивчити теоретичний матеріал;
- 2) замалювати ілюстративний матеріал;
- 3) вивчити розташування органів кровоносної системи риб.

Головною відмінністю кровоносної системи риб від інших хребетних є наявність одного кола кровообігу і двокамерного серця, наповненого венозною кров'ю. Кровообіг у риб відбувається за системою замкнутих порожнистих органів. Ця система включає серце, ряд артеріальних кровоносних судин, а також ряд венозних судин (рис. 8).

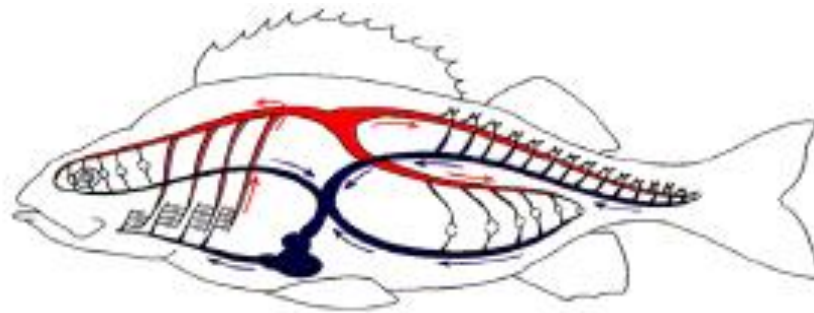


Рисунок 8 Схема руху крові риб

Будова серця риб.

Серце (cor) костистих риб двокамерне, але складається з чотирьох відділів: венозного синуса, передсердя, шлуночка і цибулини (бульбус) аорти. Через серце проходить чисто венозна кров. Скороченням м'язів шлуночка кров проштовхується в черевну аорту. Серце лежить в вентральній частині зябрової області позаду краю нижньої щелепи (у щелепної і під'язикової дуг). На кордоні передсердя і венозного синуса розташовані відносно щільні півмісяцеві (синоатріальні) клапани. Дія цих клапанів - перешкоджати зворотному току крові з передсердя в венозний синус при скороченні передсердя. У місці з'єднання передсердя і шлуночка є два атріовентрікулярних клапана. Вони мають вигляд кишень, відкрита сторона яких спрямована в бік шлуночка.

На кордоні шлуночка і черевної аорти розташовані два напівмісячних клапана. Вони півмісяцевої форми і зовнішніми краями прикріплені до правої і лівої стінок порожнини шлуночка і частково до стінки аорти. Кровоносні судини представлені у вигляді трубочок, що переносять кров. Вони бувають трьох типів: вени, артерії і капіляри. Кров виходить з серця і по артеріях (збагачуючись киснем в зябрах) розноситься по всьому організму риб, а потім по венах повертається назад. Капіляри ж, омиваючи тканини, з'єднують вени і артерії. Кровоносні судини густою мережею охоплюють весь організм риб, доставляючи кисень (необхідний для хімічних реакцій окислення) і прибираючи надлишки вуглекислого газу.

Запитання для самоконтролю:

1. Скільки кіл кровообігу у риб?
2. Де у риб відбувається перетворення венозної крові в артеріальну?
3. Скільки відділів має серце риб?
4. Які види клапанів знаходяться в серці у риб?
5. Які відмінності в будові судин кровоносної системи риб?

Лабораторна робота №7.**СПОСОБИ ВЗЯТТЯ КРОВІ У РИБ**

Мета заняття: вивчення та відпрацювання методів взяття крові у риб.

Матеріали та обладнання: жива риба; сачок; набір інструментів - скальпель, ножиці, медичні порожнисті голки, пастерівські піпетки; марля, вата; 3,8% розчин лимоннокислого або щавелевокислого натрію.

завдання:

- 1) вивчити різні методи відбору крові у риб, керуючись даними вказівками;
- 2) відпрацювати методи взяття крові у риб з зябрової вени, серця і хвостової артерії;
- 3) зробити висновки.

У рибництві для оцінки фізіологічного стану риб часто використовують показники крові. Початковим етапом аналізу крові є відбір проб, зроблений різними способами. Необхідно пам'ятати, що взята від риби кров здатна швидко згортатися. На згортання крові впливають безліч різноманітних факторів (видова приналежність риб, температура води, наявність в крові токсинів і ін.). Тому дослідник повинен в більш короткий термін (20-30 с), поки кров ще не згорнулася, зуміти від кожної риби взяти максимальну кількість проб на різні досліджувані показники. Особливо це стосується цінних екземплярів риб або випадків обмеження дослідника матеріалом, повторне отримання якого ускладнено.

Безпосередньо перед дослідженням рибу акуратно витягують рибальським приладом (наприклад, сачком) з води, загортають в чисту марлю (або рушник) і відразу ж приступають до взяття крові. При цьому необхідно дуже акуратно працювати з матеріалом, виключивши травматизм риби. Місце, звідки передбачається взяття крові, звільняють від слизу і надлишку вологи за допомогою ватно-марлевого тампона. Залежно від поставлених завдань проби крові одержують різними способами.

1. Взяття крові з зябрової вени.

Пальцями лівої руки злегка відводять зяброву кришку в бік. За допомогою пастерівської піпетки або інсулінового шприца, який треба попередньо ретельно обполоснути в розчині антикоагулянту (3,8% розчин лимоннокислого натрію або гепарину), роблять укол в зяброву вену біля основи зябрових пелюсток в області нижньої третини зябрової дужки. При використанні пастерівської піпетки чекають, коли вона наповниться кров'ю.

2. Взяття крові з серця.

Проводиться інсуліновою голкою або пастерівською піпеткою. Місце уколу знаходиться в середині відрізка, що з'єднує основи грудних плавців. Голку вводять в серце під кутом 45° щодо вентральної поверхні тіла. У разі правильного потрапляння голки в порожнину серця відзначається рясна кровотеча в місці пункції. У разі отримання чистої крові необхідно місце уколу звільнити від слизу, продезінфікувати спиртом. При посмертному відборі проб крові її легко можна взяти безпосередньо з серця після розтину риби.

3. Взяття крові з хвостової артерії (рис. 9).

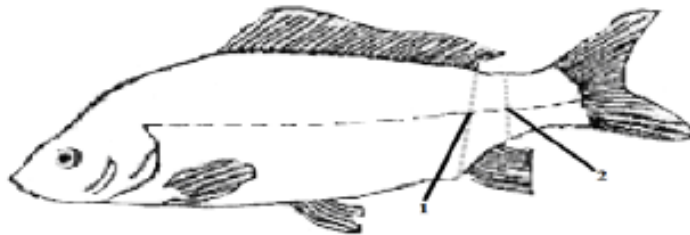


Рисунок 9. Місце відбору крові у риби

Проводиться двома способами:

- шляхом відсікання хвостового стебла ножицями. У великих риб кров, як правило, відбирають в заздалегідь оброблену антикоагулянтом посудину, у дрібних - пастерівською піпеткою з місця кровотечі.

Спосіб не є ідеальним, так як кров в даному випадку можливо буде розбавлена міжклітинною рідиною і слизом, що не відобразить реальної картини;

- шляхом повільного занурення порожнистої інсулінової голки на лінії перетину позаду анального плавника з бічною лінією під кутом 45° до упору голки в хребет риби. При цьому лусочки в місці пункції акуратно відводять в сторону, а шкіру в місці уколу протирають марлею, прибираючи слиз.

Запитання для самоконтролю:

1. Які основні методи взяття крові, що застосовуються в гематології?
2. Які методи відбору проб крові найбільш нешкідливі для організму риб?
3. Назвіть основну умову правильного відбору проб крові.

Лабораторна робота № 8.

ПЛАВАЛЬНИЙ МІХУР ЯК ГІДРОСТАТИЧНИЙ ОРГАН РИБ

Мета заняття: вивчення ролі плавального міхура риб.

Матеріали та обладнання: ємність, прилад для відкачування повітря з ємності, риба різних видів.

завдання:

- 1) ознайомитися з теоретичною частиною;
- 2) провести досліди по різкій зміні тиску і реакції різних риб на неї;
- 3) зробити висновки.

Плавальний міхур є основним гідростатичним органом кісткових риб. Він утворюється як виріст кишки в області стравоходу і розташований позаду кишечника у вигляді поздовжнього непарного мішка, який сполучається з глоткою за допомогою повітряного ходу. На стороні, зверненої до порожнини тіла, плавальний міхур покритий сріблястою плівкою очеревини. Позаду він примикає до нирок і хребта. Зустрічаються різні форми міхура. У лососевих він в вигляді трубки, а у коропових розділений на дві частини. Внутрішня стінка міхура покрита шаром епітеліальних клітин. під епітеліальними клітинами лежить шар пухкої сполучної тканини. У стінці плавального міхура знаходяться гладкі м'язові волокна, а також безліч нервових елементів у вигляді волокон.

Риби, що мають плавальний міхур, діляться на дві групи: відкритоміхурові (*Physostomae*), до яких відносять більшість костистих, і закритоміхурові, до яких відносять всіх колючопері (окунь, судак, тиляпія). У закритоміхурових на ембріональній стадії є також відкритий міхур, але пізніше повітряний хід заростає. Наповнення міхура відбувається незабаром після вилуплення ембріонів. Ембріон піднімається до поверхні води і заковтує повітря. Надалі підняття риб до поверхні і заковтування повітря відбувається при зниженні тиску всередині плавального міхура.

Склад газів плавального міхура різний у різних видів риб. У окуня кисню 25%, коропа - 2,5, щуки - 19, червонопірки - 5,8%. Вуглекислоти від 0,7 до 6,2%. Іншу частину займає азот. При деяких обставинах можливий вміст і інших газів, наприклад водню у акваріумних до 80%.

Секреція газів в плавальному міхурі знаходиться під управлінням нервової системи і регулюється рефлекторно, через нерви вегетативної нервової системи, які підходять до плавального міхура. Тіло риб за питомою вагою трохи важче води, і наповнення плавального міхура газами дає рибі можливість зменшити свою питому вагу і триматися на певному рівні.

Хід роботи. У ємність з водою по черзі поміщають відкритоміхурову рибу (карася) і закритоміхурову (тиляпію). Ємність щільно закривають

кришкою і підключають шланг від приладу для відкачування повітря. Потім відкачують повітря і стежать, як відреагує та і інша риба на підвищення тиску.

Пояснення до досліду. Тиляпія не може швидко резорбувати газу з плавального міхура, піднімається вгору і беспорядно лежить на поверхні. Карась при зниженні тиску випускає надлишок газів через рот і продовжує плавати. При швидкому підйомі - навпаки.

Описаний дослід повинен підтверджувати важливу роль плавального міхура як гідростатичного органу. Більшість вільноплаваючих мають плавальний міхур. Однак при швидких вертикальних міграціях плавальний міхур швидше шкідливий, так як обмін газів між кров'ю і міхуром займає тривалий час.

Для придонних (бентичних) видів наявність газу в міхурі було б швидше недоліком, ніж перевагою, оскільки вимагало б великих витрат енергії для того, щоб досягти дна. У зв'язку з цим не дивно, що у багатьох придонних видів плавальний міхур скорочений, а у деяких його зовсім немає. Мокрель є одним з кращих плавців. Але щоб протриматися на одному місці їй необхідна колосальна кількість енергії. Ось чому у неї температура тіла на кілька градусів вище температури навколишнього середовища.

Запитання для самоконтролю:

1. Що являє собою плавальний міхур і яку функцію він виконує?
2. Як карась і тиляпія реагують на різку зміну тиску повітря?

Лабораторна робота № 9.

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОЖИВАННЯ РИБАМИ КИСНЮ

Мета заняття: вивчення споживання рибами кисню з води.

Матеріали та обладнання: жива риба, установка для визначення споживання рибами кисню з води, оксиметр, секундомір.

завдання:

- 1) ознайомитися з теоретичною частиною;
- 2) дослідити споживання рибами кисню з води;
- 3) зробити висновки.

Найбільш важливим моментом у дослідженні обміну речовин і енергії у тварин є визначення кількості кисню, що поглинається в одиницю часу. Методи визначення цієї фізіологічної величини надзвичайно різноманітні в залежності від бажаної точності, об'єкта дослідження і т. д.

Для дослідження споживання кисню рибами найчастіше користуються методом, який заснований на визначенні кількості поглинання кисню в умовах проточного середовища. Прилад складається з верхнього резервуара А зі значним запасом води (рис. 10).

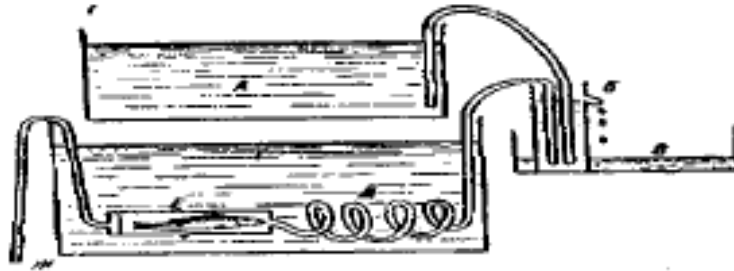


Рисунок 10. Апарат для вивчення споживання кисню рибами

З резервуара А вода спускається по сифону в регулятор тиску Б. Цей регулятор являє собою високий вузький стакан з відвідною трубкою. Він служить для підтримки на одному і тому ж рівні рідини що протікає, а отже, і тиску протягом усього досліду. Піднімаючи і спускаючи регулятор Б, можна збільшувати або зменшувати тиск. Кількість води, що притікає з резервуара А в регулятор, має бути дещо більша, ніж кількість води, яка витікає через трубку, що йде від регулятора до посудини з рибою. Надлишок води з регулятора через відвідну трубку стікає в посудину В. З регулятора вода надходить в змійовик Д, з змійовика - в камеру Е з піддослідною рибою.

Хід роботи. Визначити вміст кисню в воді верхнього резервуара А і в воді, що пройшла через камеру з рибою. Одночасно визначити швидкість струму води в посудині, де перебуває дослідна риба. Для цього під кінець трубки Ж поставити мензурку і відзначити кількість води, яка витікає з неї за одиницю часу (наприклад за 1 хв). Дізнавшись різницю вмісту кисню в воді до і після проходження посудини з рибою і визначивши швидкість протікання води через посудину Е, обчислити споживання рибою кисню за годину або за добу.

Запитання для самоконтролю:

1. Яке значення має кисень для життя риб?
2. Як розрахувати споживання кисню рибами?

Лабораторна робота № 10 **ДОСЛІДЖЕННЯ ЖИВЛЕННЯ РИБ**

Мета: ознайомитися основними методами вивчення живлення риб, навчитися самостійно відбирати проби та аналізувати матеріал.

Матеріали та обладнання: Свіжа риба – 5-8 видів. Інструменти: ножиці, скальпель, препарувальні голки, лінійка, кювети, чашки Петрі, пінцет, фільтрувальний папір, товста нитка, мікроскоп, торсійні, аптечні та технічні терези, формалін.

Загальні положення

Вивчення живлення риб є однією з проблем встановлення закономірностей формування запасів та уловів риб. Знання особливостей живлення риб застосовують під час досліджень умов нагулу риб, процесів акліматизації нових видів, з'ясування причин коливання чисельності, вивченні темпів росту риб, в процесі встановлення оптимального промислового навантаження й розробці заходів щодо найбільш раціонального використання кормових ресурсів водойм.

Існують два методи збору та обробки матеріалів по вивченню живлення: індивідуальний і груповий. У разі індивідуального збору кожен рибину аналізують окремо, у разі групового – всі тракти збирають від групи риб і їх вміст обробляють як одне ціле.

Матеріал збирають активними засобами лову (волокушами, неводами, тралами), які не залишаються у воді протягом тривалого часу. Вибірка для проби на живлення повинна складатися з 10-100 особин, залежно від методу вивчення та цілей досліджень. Збір проб для вивчення живлення молоді риб проводиться в затоках і на мілководдях водосховищ за допомогою малькової таканки, довжиною 10 м, виготовленої з капронової делі №6. В пробі повинно бути не менше 25 екземплярів молоді кожного виду. Водночас з відбором проб на живлення беруть у тих же місцях гідробіологічні проби (бентос, планктон, нектон та н.), обов'язково проводять гідрохімічні та гідрологічні дослідження. Під час вивчення живлення молоді риб в журналі додатково записують дані щодо характеру біотопу (грунти, рослинність тощо), погодні умови.

Для вивчення живлення риб в місцях їх вилову необхідно провадити збір за наступною схемою:

1. Виловлену рибу вимірюють і зважують;
 2. Рибу довжиною до 20 см фіксують цілком;
 3. У риб довжиною понад 20 см беруть лише кишечники, які необхідно відрізати від стравоходу до анального отвору;
 4. Кожен кишечник загортають в марлеву серветку з етикеткою і фіксувати у 4% формаліні;
 5. Проби необхідно фіксувати і зберігати в скляних великих банках;
- З метою вивчення добового ходу живлення риб проби відбираються кожні 2 години протягом 1,5 доби.

Ступінь наповнення їжею для кожного відділу шлунково-кишкового тракту оцінюють за шкалою Лебедева:

- 0 – пусто;
- 1 – одиночно;
- 2 – мале наповнення;
- 3 – середнє наповнення;
- 4 – багато, повний шлунок або відділ кишечника;
- 5 – маса, розтягнутий кишечник.

Наповнення шлунково-кишкового тракту записують тризначним числом. Наприклад, 321 – наповнення стравоходу – 3, шлунку – 2, кишечника – 1.

Ступінь перетравлення їжі оцінюють за такою схемою:

- 1 – організми добре збереглися;
- 2 – організми трохи перетравлені, визначення видів можливе;
- 3 – напівперетравлені організми, частково ушкоджені, але визначення за окремими частинами можливе;
- 4 – дуже перетравлені організми, сильно ушкоджені, але визначення за окремими частинами можливе;
- 5 – зовсім невизначена маса.

Ступінь перетравлення їжі визначають також у кожному відділі тракту та записують тризначним числом. З усіх методів цифрової обробки матеріалів для визначення живлення риб найбільш точним є метод індексів. Індекс наповнення кишечника кількісно характеризує інтенсивність живлення риб. Визначають за відношенням маси кормової грудки або її окремих компонентів до маси риби. Розрізняють загальні індекси наповнення кишечника (на основі маси всієї кормової грудки) і індекси наповнення кишечника (на основі маси окремих кормових компонентів). Індекс наповнення кишечника виражають у відсотках, проте часто, щоб запобігти їх поданню у вигляді дробів, прийнято перемножувати індекс на 10000 або виражати в процентилях.

Хід роботи

1. Провести біологічний аналіз кожного екземпляра: визначити стандартну й промислову довжини тіла, масу та вік риби.
2. Зробити розтин риби ножицями або скальпелем по черевній стороні від анального отвору до голови. Шлунково-кишковий тракт вирізати від стравоходу до анального отвору. Передній та задній кінці тракту зав'язати ниткою, щоб запобігти випаданню їжі.
3. Визначити масу тіла риби без внутрішніх органів, стать і стадію зрілості статевих продуктів.
4. За шестибальною шкалою Лебедева оцінити ступінь наповнення їжею шлунково-кишкового тракту;

5. Тракт розрізати на три відділи, вміст кожного за допомогою скальпеля перенести у чашки Петрі. Харчову грудку висушити фільтрувальним папером і зважити.

6. Вміст кожного відділу розглянути під мікроскопом. Визначити ступінь перетравлення їжі.

7. Визначити індекс наповнення кишечника. Для цього потрібно масу кишечника помножити на 1000, потім поділити на масу риби. Результати записати в процентилях – ‰.

8. Отримані результати занести до таблиці:

№	Вид риби	Стать, стадія зрілості	L, см	L, см	Маса, г	вік	Наповнення кишечника	Ступінь перетравлення їжі	Індекс наповнення, ‰

Запитання для самоконтролю:

1. Які риби живляться фітопланктоном?
2. Чим живляться бентофаги?
3. За якою методикою визначають спектр живлення хижих видів риб?
4. Скільки риба повинна споживати їжі?
5. Що таке індекс наповнення кишечника?
6. Які зміни у спектрі живлення риб відбуваються протягом їх життя?

Лабораторна робота № 11

ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛУНКОВОГО СОКУ РИБ

Мета заняття: вивчення шлункового соку риб.

Матеріали та обладнання: жива риба, вата, пінцет, 0,1 N розчин NaOH, рН-метр (або лакмусовий папір).

завдання:

- 1) ознайомитися з теоретичною частиною;
- 2) дослідити рН шлункового соку у хижих і мирних риб;
- 3) зробити висновки.

Секреторна функція шлунку у риб істотно відрізняється від такої у наземних теплокровних тварин. Хоча ця функція шлунку і знаходиться під нейрогуморальним контролем, як і у інших тварин, у риб є своя специфіка, викликана їх таксономічним становищем і способом життя. Розтягування стінки шлунка призводить до порушення травних центрів в центральній нервовій системі. За блукаючим нервом до секреторного апарату шлунка надходить стимул. У регуляції секреції не меншу роль відіграє і місцева

ендокринна система шлунка, яка за допомогою біологічно активних речовин - гастрину, гістаміну, ацетилхоліну - стимулює секрецію шлункового соку.

Ацетилхолін є першим виконавцем волі центру. Він володіє різнобічною дією. Перш за все він виступає в ролі медіатора в синапсах. Ацетилхолін здатний безпосередньо порушувати секреторні клітини шлунка. Він стимулює виділення гастрину, викликає посилення синтезу гістаміну.

Гастрин в 1,5 рази активніший гістаміну стимулює виділення соляної кислоти. Обидва слабо впливають на виділення пепсиногену. Гастрин діє на клітини слизової шлунка через кров, тобто з певною часовою затримкою.

Гістамін володіє паракриновим ефектом відносно секретуючих клітин шлунка, тобто діє безпосередньо, а отже, швидко.

Сумарний секрет шлунка називається шлунковим соком. Слиз створює бар'єр між слизовою шлунка і шлунковим соком і таким чином перешкоджає самопереварюванню шлунка. Шлунковий сік має рН 1,0-2,5 - оптимальний для ферментів шлункового соку. Кислота має бактерицидну дію, розпушує тканини, розм'якшує волокна і сприяє перетворенню пепсиногену (профермент, функціонально неактивний попередник пепсину, що відрізняється від пепсину наявністю 44 додаткових амінокислот) в активний фермент пепсин, який розщеплює білки на більш короткі поліпептиди.

Основними компонентами шлункового соку риб є слиз, ферменти і соляна кислота. Фізіологічна роль соляної кислоти виняткова і зводиться до наступного. Соляна кислота активує зимогени і перетворює, наприклад, пепсиноген в пепсин - активну форму.

Пепсин (від грец. Πέψις - травлення) - протеолітичний фермент класу гідролаз, що виробляється головними клітинами слизової оболонки шлунка, здійснює розщеплення білків їжі до пептидів. Присутній в шлунковому соку більшості риб. Пепсин не розщеплює білки до кінця, він тільки «розкладає» велику білкову молекулу на частини, доступні для дії травних ферментів кишечника. Пепсин максимально активний при рН 1,0-2,0.

Соляна кислота створює оптимальне значення рН в шлунку, що важливо для максимально ефективної роботи ферментів. За даними різних дослідників, рН шлункового соку коливається від 1,2 до 5,0. Соляна кислота сприяє набуханню їжі, розчиняє кістки, кальциновані шкірні утвори - луску, жучки, зовнішній скелет і панцир молюсків, коралів і т. і., а також бере участь в регуляції процесу евакуації шлункового вмісту в кишечник.

Однак аналіз травлення хижаків з сімейства корошових (головень, жерех), у яких немає шлунка і не виробляється соляна кислота, дозволяє говорити про те, що вона не є обов'язковим компонентом травних соків навіть у хижих риб.

У деяких риб, наприклад акул, концентрація соляної кислоти в шлунковому соці досягає 3%. Тому тушка жертви, вийнята з шлунка акули

через кілька хвилин після проковтування, вже позбавлена луски, жучок і інших кальцинованих утворень. Кількість пепсину, що секретується у риб залежить від температури води. Як різке підвищення, так і зниження температури води зменшують секрецію ферменту. Кількість соляної кислоти і слизу в більшій мірі визначається кількістю що надійшла в шлунок їжі. Механічне розтягування шлунка супроводжується посиленням секреції соляної кислоти.

Крім протеолітичних ферментів в шлунку риб виявлена ліпаза. У шлунку деяких видів, наприклад вугра, райдужної форелі, судака, ставриди, виявляють фермент хітиназу. Однак немає доказів її ендogenous походження. Хітіназна активність шлунка - скоріше результат автолізу. Як відомо, автоліз широко розповсюджений у природі. Ще одна особливість шлункового травлення риб - висока лізосомна активність, що для риб, які харчуються зоопланктоном з високим вмістом різних полісахаридів в якості будівельного матеріалу покривних тканин, дуже важливо.

Хід роботи. Для вивчення шлункового соку використовують два способи:

1) прижиттєве отримання шлункового соку. Цей спосіб полягає в наступному: готують шматочок вати, через який протягають нитку. Пінцетом вату вводять в ротоглоткову порожнину риби і залишають в шлунку (риба проковтує шматочок) на 1 хв. Вата просочується шлунковим соком, і за нитку її витягують назад. Потім вату поміщають в стаканчик, куди додають 10 мл 0,1 N розчину NaOH і вимірюють рН за допомогою лакмусового папірця. Вміст стаканчика стає кислим, так як кислі радикали шлункового соку нейтралізують всі лужні радикали через високу концентрацію (наявність HCl в шлунковому соку риб);

2) вимір рН соку шляхом розтину риби, відділення та видалення шлунка і поміщення його в той же стаканчик з 10 мл 0,1 N розчину NaOH.

Для вивчення ферментів шлункового соку використовують найчастіше другий метод.

У разі якщо в рибоводній практиці необхідно вивчити повністю вміст травного тракту, то дії повинні зводитися до наступного: роботу виконують двоє людей; одна людина тримає рибу головою вниз над глибокою тарілкою, інший вводять в пряму кишку риби наповнений водою шприц, на який надітий катетер або гумова трубка. Потім обережно натискають на поршень шприца, поступово протягом 2-3 хв. промиваючи травний канал. Наприклад, для промивання травного тракту риб масою 20 г достатньо 2 мг води.

Запитання для самоконтролю:

1. Дайте пояснення поняття «шлунковий сік».

2. Назвіть основні ферменти шлункового соку риб.

3. Опишіть способи вивчення шлункового соку.

Лабораторна робота № 12.

ВПЛИВ ФОНУ НА ЗАБАРВЛЕННЯ РИБ

Мета заняття: вивчення впливу фону на забарвлення риб.

Матеріали та обладнання: жива риба, ємність, затемнювач (кольоровий папір), штучне освітлення.

завдання:

- 1) ознайомитися з теоретичною частиною;
- 2) дослідити вплив фону на забарвлення риб;
- 3) зробити висновки.

Забарвлення шкіри риб надзвичайно різноманітне. Воно різне у окремих видів риб, залежить від екологічних і фізіологічних умов. Основне або пелагічне забарвлення, темна спина і світле черевце - це захисне забарвлення. Темна спина робить рибу непомітною на тлі темного дна при погляді зверху, а світлі боки і кіль відбивають світло від поверхні води, роблячи рибу практично непомітною. Подібне забарвлення характерне для риб, що мешкають у відкритій воді.

Для осілих територіальних видів, наприклад дрібних видів (піскар і ін.), характерний інший вид забарвлення - русловий. Забарвлення цих риб, як і багатьох інших придонних видів, максимально точно повторює фон дна, на якому риба знаходиться в даний момент, і найяскравішим прикладом тому служить камбала, миттєво змінює колір під фон дна, на якому вона знаходиться.

Різне забарвлення риб викликане наявністю у них пігментних клітин. Всього їх чотири види:

меланофори - містять чорний пігмент меланін;

ксантофори - містять відповідно ксантофіл і інші каротиноїдні, жовті та оранжеві, пігменти;

еритрофори - містять червоний астоксантин;

гуанофори - містять блискучий гуанін.

Вся палітра кольорів, присутніх в забарвленні риб при обмеженій кількості пігментів, утворюється в такий спосіб: шари пігментних клітин розташовуються один над іншим, і в результаті візуального змішування виникають різні кольори і відтінки. Ці клітини здатні накопичувати в собі пігменти, які виробляються рибою або надходять в її організм з спожитим

кормом. Так, наприклад, горбуша за час міграції по морю споживає велику кількість ракоподібних, що містять багато астоксантіну (червоного пігменту), який накопичується в еритрофорах риби. І після досягнення безпосереднього місця ікрометання риби набувають яскравочервоний шлюбний одяг. Процес зміни кольору може протікати з різною швидкістю і викликатися різними фізіологічними процесами в організмі риби. Зміна забарвлення тіла риби відбувається внаслідок стиснення або експансії пігменту в хроматофорах.

Гуморальний вплив - це вплив за допомогою гормонів, що виробляються рибою в переднерестовий і нерестовий періоди.

Центри пігментації тіла у риби лежать в спинному мозку, але у різних видів риби - в різних сегментах. Важливе значення при цьому мають гормони, що виділяються гіпофізом. Видалення всього гіпофіза або задньої долі його веде до надзвичайно сильного стиску пігменту в меланофорах, і риба при цьому неприродно світлішає.

Придбання так званого шлюбного забарвлення забезпечується саме гормональними змінами в організмі риби.

Стрессова або агресивна зміна забарвлення відбувається дещо інакше. Як правило, риби, перебуваючи в цих станах, або темніють, або, навпаки, світлішають. Це пов'язано з тим, що до клітин, що містять чорні пігменти (Меланофори), підходять нервові закінчення і зміна кольору відбувається під впливом нервового імпульсу. Меланофори бувають двох типів: поверхневі, розташовані в епідермісі, і інші, розташовані в шкірі більш глибоко.

Меланофори, які розташовуються в шкірі, можуть різко змінювати колір за рахунок того, що зерна меланіну можуть збиратися до центру (світле забарвлення) або розосереджуватися по всій клітці (темне забарвлення). Саме так змінює забарвлення камбала.

У першому розглянутому випадку риба має постійну інтенсивність забарвлення і може змінювати його в незначній мірі, в основному це стосується яскравих кольорів. Інтенсивність забарвлення в даному випадку залежить від фізіологічного потенціалу конкретного виду (природного забарвлення). Присутні в клітинах барвники, набрані з корми, нікуди не діти.

А ось меланофори, розташовані самим нижнім шаром клітин і доволно регульовані рибою, можуть, блідніти або темніти, акцентувати або приглушати яскраві тони, які розташовані вище.

На світлому тлі тіла риби жовтий колір чітко видно, але якщо вона темніє, він нікуди не пропадає, він просто стає непомітний, то ж відбувається і з багатьма іншими відтінками.

Всі наведені механізми кольороутворення і його регуляції протікають в організмі риби паралельно і впливають один на одного.

Харчування риб надає наступний вплив на забарвлення: голодуюча риба поступово втрачає червоний і жовтий окрас. Це пояснюється тим, що саме ці пігменти беруть участь в обміні речовин.

Хід роботи. Одну ємність з живою рибою ставлять на 45 хв. в темне місце, іншу - на підвіконня, а третю - посеред аудиторії і наполовину обертають червоним папером. Слідкують, як зміниться забарвлення риб залежно від фону і освітлення.

Запитання для самоконтролю:

1. Чим обумовлюється здатність риб змінювати забарвлення?
2. Які пігментні клітини ви знаєте, і за яке забарвлення вони відповідають?

Лабораторна робота № 13.

ВИВЧЕННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ РИБ

Мета заняття: вивчити методики розрахунку швидкості руху риб і факторів, що на неї впливають.

Матеріали та обладнання: жива риба, ємність, плакати, лінійка, секундомір.

завдання:

- 1) ознайомитися з теоретичною частиною;
- 2) вивчити методику розрахунку швидкості руху риб;
- 3) визначити фактори, що впливають на швидкість руху риб;
- 4) зробити висновки.

Швидкість руху риби у воді пропорційна частоті і амплітуді коливань тіла та хвоста і укладається в рамки певних математичних рівнянь. Наприклад, для карася і форелі гранична швидкість плавання визначається за формулою

$$V = (1/4) [L (3f - 4)],$$

де L - довжина тіла;

f - частота коливань тіла (хвоста).

Незважаючи на те що вода є більш щільним середовищем у порівнянні з повітрям, риbam вдається досягти дуже високих швидкостей, км / год.: риба-меч - 130; блакитний марлін - 90; блакитний тунець - 80.

Природно, що для забезпечення таких швидкостей природа наділила риб рядом морфологічних, гідродинамічних і метаболічних пристосувань. Оскільки граничні абсолютні швидкості риб залежать від їх лінійних розмірів, фахівці

пропонують використовувати для зіставлення швидкісних можливостей риб відносний показник - коефіцієнт швидкості:

$$K_v = V / \sqrt{L}.$$

Цей коефіцієнт характеризує швидкість риби, рівну числу її корпусів (довжин) в секунду. Тоді всі види риб можна класифікувати як мінімум за шістьма категоріями.

Коефіцієнт швидкості різних видів риб

Категорія	Вид риб	Характеристика	K_v
1	Риба-меч, тунці	Дуже швидко плаваючі	70 і більше
2	Скумбрія, лосось, акули	Швидко плаваючі	60-30
3	Кефаль, тріска, оселедця	Помірно швидкі	30-20
4	Сазан, лящ, короп, плітка	Помірно нешвидкі	20-10
5	Бички, соми	Повільно плаваючі	10-5
6	Риба-місяць, морський коник	Дуже повільні	менше 5

Відповідно до цієї класифікації риби з однаковими максимальними швидкостями руху, але з різною довжиною тіла можуть відноситися до різних категорій.

Риби, у яких вигини тіла утруднені, використовують для пересування плавники. Плавці здійснюють або хвилеподібні, або гребкові руху. При цьому скат і морський коник використовують грудні, вугор - анальний, а кузовок - хвостовий плавники.

Особливо необхідні рибалкам знання величин швидкості переміщення риб. Вони змінюються в широких межах, і звичайним їх усередненням не обійтися. Їх числові значення залежать не тільки від виду риби, а й від її розміру.

Розрізняють такі швидкості руху риб:

1) крейсерська швидкість V . З нею риба може плисти годинами, переміщаючись на великі відстані. Вона становить 1,5-2 довжини тіла риби в секунду, т. Е. $V = 1,5 \dots 2L$, де L - довжина тіла риби, м;

2) максимальна швидкість плавання риби V_{\max} . Таку швидкість риба може підтримувати протягом 0,5-1 хв. Вона становить 3,5-7 довжин тіла риби в секунду, тобто $V_{\max} = 3,5 \dots 7L$.

3) кидкова швидкість (швидкість кидка риби) V_6 . Таку швидкість риба може витримувати протягом 3-5 с.

Для зменшення гідродинамічного опору риби застосовують два тактичні прийоми. По-перше, вони зберігають ламінарність (без безладних, швидких змін швидкості) оточуючого потоку по всій довжині тіла від голови до

хвостового плавника. Досягається це згладжуванням нерівностей тіла. У активних плавців навіть очі можуть бути закриті жировими повіками, створюють своєрідні обтічники. Всі плавники, за винятком хвостового, притискаються до тіла, а у тунців навіть прибираються спеціальні жолоби і западини тіла. Багато риб при русі з великими швидкостями переходять на так зване пасивне дихання. При цьому вода якби самопливом проходить через ротову порожнину і зябра. На виході з зябрового апарату вода не створює турбулентних завихрень, як у малорухомих видів при активному прокачуванні води через зябра, а ламінується.

Зниження опору досягається і за рахунок зниження тертя тіла об водну масу. Цьому сприяють еластичні властивості шкіри, луска і шкірний слиз. У дослідах з щукою штучне видалення слизу з її тіла підвищувало гідродинамічний опір на 50%. Слиз виступає головним фактором ламінування оточуючого тіла водяного потоку у таких риб, як вугри і соми. Ці риби не відрізняються високою швидкістю плавання, але здатні на короткі кидки з високою стартовою швидкістю, що вимагає ламінування потоку.

Однак у швидких риб - тунців і акул - слизу на шкірі дуже мало і шкіра має шорстку, а не гладку поверхню. Помічено, що розмір і розподіл луски по тілу також пов'язані з гідродинамічними характеристиками риби. Наявність луски на тулубі перешкоджає утворенню складок шкіри при м'язових скороченнях, тобто зберігає обтічність тіла риби. Велика луска характерна для малорухомих риб з коротким, але високим тілом, дрібна - для риб з витягнутим тілом, що здійснюють вугруподібні рухи. Кращі плавці серед риб мають середню і дрібну луску, причому у останніх вона може взагалі бути відсутньою в найбільш гнучкої частини хвостового стебла.

Несподівано висока потужність скелетної мускулатури риб частково пояснюється підвищенням температури тіла під час руху. Так, у тунців різниця між температурою води і температурою тіла становить 5-13 ° С. Однак, залишаючись пойкилотермними тваринами, риби виявляють велику залежність від температури навколишнього середовища. Доведено, що максимальну швидкість руху кожен вид риб проявляє в певних температурних діапазонах. Для нерки температурним оптимумом є температура води 15 ° С. Тільки при цій температурі вона розвиває крейсерську швидкість 5 L / с протягом 1 год. руху. Подібна закономірність виявлена і в інших видів риб - карася, нототенії, але в іншому температурному діапазоні, часто дуже вузькому. Наприклад, нототенія найбільш активна при -1,8 ° С і вже при 2 ° С припиняє рух.

Вплив температури навколишнього середовища на крейсерську швидкість риб здійснюється через обмін речовин і зміни в'язкості води в зоні контакту з шкірним покривом риби. У риб з добре вираженим кидковим характером рухової активності дещо інші властивості. Кидкові швидкості

залишаються високими в широкому діапазоні температур, що пов'язують з деяким прогрівом м'язів при кидку. Рухова активність риби залежить і від деяких додаткових факторів. Так, граничні швидкості руху у більшості риб з хорошим зором досягаються лише при достатньому рівні освітленості.

Зниження концентрації кисню в воді з 2 до 1 мг / л супроводжується зниженням швидкості руху з 3 до 1 L / с, тобто у 3 рази. Ще більшу чутливість до вмісту кисню у воді має форель. Зменшення концентрації кисню в воді з 2,5 мг / л всього на 0,5 мг / л супроводжується чотириразовим падінням крейсерської швидкості риби.

Швидкість і характер руху риби змінюються при зміні солоності, осмотичного тиску, вмісту діоксиду вуглецю у водному середовищі. Швидкість руху залежить і від фізіологічного стану риби. Так, критичні швидкості руху ляща після нересту зменшуються в 3-5 разів. Лососі з незрілими статевими продуктами (1-3-я стадія зрілості) розвивають більшу швидкість і виявляють велику витривалість, ніж риби перед нерестом. Відзначено статеві відмінності в швидкісних можливостях риб одного виду. Самці розвивають більш високу швидкість в порівнянні з самками.

Відомо і вплив ситості (голоду), наявності (відсутності) течій на рухову активність риб, причому ці впливи різні. Голодні риби активніші в порівнянні з ситими, однак граничні крейсерські швидкості вище у ситих риб.

Запитання для самоконтролю:

1. За якою формулою розраховується гранична швидкість риб?
2. Які типи швидкостей у риб ви знаєте?

Лабораторна робота № 14.

ВИВЧЕННЯ СПЕРМАТОЗОЇДІВ РИБ

Мета заняття: ознайомлення з технікою дослідження статевих продуктів риб.

Матеріали та обладнання: сперма риби, етанол, 5% розчин еозинат натрію, мікроскоп, предметні і покривні скельця, вата, препарувальні голки, очні піпетки або тонкі скляні палички, скляні стаканчики місткістю 50-100 мл, фотоелектроколориметр, камера Горяєва, лічильники для підрахунку формених елементів крові, гумова груша, лід, секундомір.

завдання:

- 1) вивчити теоретичний матеріал;
- 2) розрахувати кількість сперматозоїдів в 1 мм насінної рідини;
- 3) оцінити якість сперми різних видів риб;
- 4) зробити висновки.

Сперма риб виробляється в чоловічих статевих залозах - сім'яниках. Обсяг сперми і концентрація в ньому спермійів розрізняються у різних риб в широких межах. Сумарна кількість сперми, отримана від риби за репродуктивний сезон, може перевищувати масу її насінників, так як окремим видам властиво порційне ікрометання. При цьому, як правило, чим більший об'єм еякуляту (разова кількість сперми), тим менша концентрація клітин в насінній рідині. Величина сперматоцитів (відсоток спермійів в насінній рідині) змінюється в широких межах: лосось - 25 %, короп - 45 %, камбала - 97 % і т.д. Сперматозоїди, отримані безпосередньо з гонад, не мають активності. Вони набувають рухливості при змішуванні з секретами придаткових залоз, причому вона різко зростає при попаданні спермійів в воду. Морфологія сперматозоїдів має видову специфіку. Рухова здатність спермійів у воді швидко зростає і досягає максимуму в 50-100 мкм/с, а потім поступово знижується. Загальний час руху спермійів у воді у різних видів риб від 40 до 150 с. За час руху спермійів може самостійно просунути всього на 20-100 власних довжин, тобто не більше ніж на 1,5 см. Проникнення сперми відбувається через мікропіле і носить імовірний характер.

Якісними показниками сперми є:

- концентрація (кількість сперматозоїдів в 1 мкл насінної рідини, яку встановлюють в камері Горяєва);
- активність (тривалості поступальної ходи сперматозоїдів в воді);
- запліднююча здатність (відсоток запліднення);
- вид.

Вимірювання об'єму еякуляту та візуальна оцінка спермійів за кольором і консистенції.

Для отримання сперми насухо протріть марлею черевце риби, особливо в області генітального отвору, черевних і анального плавників. Легкими масажними рухами в напрямку від черевних плавників до хвоста відцідити сперму в приготовлену ємність. Сперму зберіть таким чином, щоб в неї не потрапила вода, сеча, вміст кишечника, слиз, кров.

Пробірку з еякулятом помістіть в ємність з льодом.

Обсяг еякуляту виміряйте за допомогою мірної посудини з точністю до 0,1-0,2 мл. Візуально проведіть оцінку сперми по її консистенції: густа, середня або рідка.

Густа сперма, в залежності від виду риби, тече рясним (щільним) струменем або стікає густими краплями і має вигляд згущеного молока з жовтим відтінком.

Сперма середньої консистенції має молочно-білий колір і тече, як звичайне молоко.

Рідкісна (погана) сперма має вигляд розведеного молока з блакитним відтінком.

Визначення активності сперміїв.

У скляний посуд місткістю 50-100 мл налейте воду, помістіть термометр і очну піпетку або тонку скляну паличку для взяття крапель води.

У посуді з водою підтримуйте температуру в межах нерестових температур, характерних для досліджуваного виду риби.

Підготуйте мікроскоп, підбираючи об'єктиви зі збільшенням (об'єктив 8-20x, окуляр 10-15x).

Нанесіть піпеткою або скляною паличкою краплю води на годинникове скельце. Препарувальною голкою внесіть невелику кількість сперми в краплю води і одночасно увімкніть секундомір. Поспостерігайте за рухом сперміїв і відключіть секундомір, коли більшість (50-60 %) сперміїв перейде від поступального руху до коливального.

Визначають активність сперміїв в кожній пробі не менше трьох разів і за отриманими даними обчислюють середній результат.

Визначення співвідношення живих і мертвих сперміїв.

Співвідношення в еякуляті живих і мертвих сперміїв визначають двома способами: оцінкою сперми за 5-бальною шкалою і за допомогою фарбування.

Визначення співвідношення живих і мертвих сперміїв за 5-бальною шкалою.

Дуже маленьку краплю сперми помістіть на предметне скло, додайте краплю води для активації сперміїв, препарат швидко накрийте предметним склом і розглядайте під мікроскопом при великому збільшенні (40x10 або 40x15).

Якість еякуляту оцініть за наступною шкалою:

5 балів - в мазку сперматозоїди проявляють дуже швидкий і енергійний поступальний рух, за рахунок якого надзвичайно швидко виникає вихреподібний рух і невеликі завихрення, постійно змінюються в поле зору;

4 бали - швидкий поступальний рух сперматозоїдів і раптове формування вихреподібного руху і завихрень в мазку;

3 бали - стійкий, середньої сили поступальний рух сперматозоїдів. Вихреподібний рух і невеликі завихрення повільніші в поле зору;

2 бали - слабкий поступальний рух, відзначаються зупинки і відновлення руху сперматозоїдів. Вихреподібний рух і завихрення відсутні;

1 бал - слабкий хвилеподібний або коливальний рух сперматозоїдів;

0 балів - відсутність в мазку рухливих сперматозоїдів.

Визначення співвідношення живих і мертвих спермійв за допомогою фарбування.

Приготуйте 5% розчин еозинат натрію. На чисте знежирене предметне скло нанесіть невелику краплю сперми і додайте до неї відносно велику краплю водного розчину еозинат натрію. Змішуйте протягом 1-3 с. скляною паличкою сперму з барвником і шліфованим краєм іншого скла нанесіть тонкий мазок, підсушіть на повітрі (30-50 с.).

Під мікроскопом при 300-400-разовому збільшенні розгляньте в п'яти полях зору по 100 спермійв, підрахуйте окремо число загиблих (профарбованих) і живих спермійв, які виділяються на рожевому тлі білими головками.

Визначення потенційних властивостей спермійв.

У камері Горяєва протріть покривне скло до появи райдужних кілець. В пробірку наберіть 4 мл води і додайте з піпетки від гемометра Салі 0,02 мл сперми. Сперму ретельно змішайте з водою. Краплю отриманої суспензії помістіть в камеру Горяєва і залиште на 3-5 хв. для осадження спермійв. Підрахуйте спермії в п'яти великих (80 малих) квадратах. Підрахунок робите в великих квадратах, розміщених по діагоналі сітки. У кожному квадраті враховуйте спермії, які знаходяться в середині і розміщені на лівій і верхній лініях квадрата.

Концентрацію спермійв обчисліть, використовуючи формулу:

$$C = nD / NV \cdot 1000000, \text{ де}$$

C - концентрація спермійв, млн./мм³;

n - число підрахованих спермійв, шт .;

D - ступінь розведення сперми (200);

N - число підрахованих малих квадратів, шт .;

V - об'єм малого квадрата (1/4000 мм³);

1000000 - множник для перерахунку концентрації сперми.

Визначення концентрації спермійв за допомогою фотоелектроколориметра.

Приготуйте суспензію сперми, набравши в пробірку 4 мл води і додавши 0,02 мл сперми. Отриману суспензію ретельно змішайте. Визначення проведіть в світофільтрі, використовуючи кювети з товщиною поверхні рідини 1 мм. Концентрацію спермійв 10-30 самців визначте паралельно з допомогою камери Горяєва і фотоелектроколориметра.

Отримані дані періодично перевіряйте перерахунком 2-3 проб в камері Горяєва.

Результати досліджень занесіть в таблицю:

показник	значення
Вік риби, років	
Маса риби, г	
Довжина риби, см	
Візуальна оцінка еякуляту	
Обсяг еякуляту, см ³	
Активність спермійв (при температурі води, ° C), с	
Кількість живих спермійв, %	
Концентрація спермійв, млн / мм ³	

Запитання для самоконтролю:

1. Від яких факторів залежить рухливість сперматозоїдів риб?
2. Як проводять візуальне визначення якості сперми риб?
3. Яким чином визначають активність сперматозоїдів?
4. Опишіть методику визначення співвідношення живих і мертвих сперматозоїдів.

Лабораторна робота № 15.

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ СТАТЕВИХ ГОРМОНІВ НА ФОРМУВАННЯ СТАТІ У МАЛЬКІВ РИБ

Мета заняття: з'ясувати вплив статевих гормонів на формування статі у риб.

Матеріали та обладнання: мальки риб, два акваріуми, стероїдні гормони - естроген і андроген або їх синтетичні аналоги.

завдання:

- 1) вивчити теоретичний матеріал;
- 2) приготувати гормональні препарати для дослідів;
- 3) провести досліди за пропонованою методикою;
- 4) зробити висновки.

Управління статтю при штучному розведенні риб має велике практичне значення. Особливо важливим цей технологічний прийом вважається при розведенні цінних риб - осетрових і лососевих, так як в зв'язку з особливим попитом на делікатесну харчову ікру в стаді риб бажано мати велике поголів'я самок. Але статеві ознаки у цих видів проявляються досить пізно, коли вже витрачено багато коштів і часу.

Регулювати стать в індустриальних умовах вирощування вдається за рахунок застосування стероїдних гормонів. Вважається, що андрогени і естрогени не руйнуються в шлунково-кишковому тракті, тому вони з успіхом додаються в різні корми для риб. Як штучний замінник андрогену дуже

ефективним є використання метилтестостерону. При додаванні в раціон форелі цього гормону (3 мг/кг) всі особини перетворювалися в самців.

Як замітник естрогену успішно використовують гормон естрадіол. При введенні його в раціон лососевих риб (20 мг/кг) повністю формується (на 100 %) жіноче стадо. Таким чином, гормональна регуляція статі за допомогою синтетичних або природних стероїдів є важливим технологічним прийомом в рибництві.

Хід роботи. Одновікові малькові групи риб помістити в два акваріуми. В один з них додати метилтестостерон, в іншій - естроген. Мальків слід вирощувати до появи статевих ознак, після чого в кожному акваріумі необхідно підрахувати число самок і самців і порівняти результати.

Приготування 0,01% розчину метилтестостерону.

Дві таблетки препарату (по 0,05 г) розітріть в порошок і розчиніть в 10 мл 70% етанолу. Потім в суміш додайте воду до обсягу 100 мл, перемішайте і профільтруйте. Приготований розчин залийте в акваріум через день з розрахунку 10 крапель на 15 л води.

Запитання для самоконтролю:

1. Назвіть статеві гормони риб.
2. Опишіть методику отримання гомосексуального стада у риб.

Лабораторна робота № 16.

ВИЗНАЧЕННЯ ГОНАДОТРОПНОЇ АКТИВНОСТІ ГІПОФІЗА РИБ І ВИВЧЕННЯ ТЕХНІКИ ВВЕДЕННЯ ГОРМОНІВ В ОРГАНІЗМ РИБ

Мета заняття: оволодіння методикою визначення активності гіпофіза риб і освоєння техніки введення гонадотропного гормону.

Матеріали та обладнання: самці жаб, сухий препарат гіпофіза риб, аналітичні ваги, шприци, ін'єкційні голки.

завдання:

- 1) вивчити теоретичний матеріал;
- 2) приготувати гіпофізарні ін'єкції для дослідів;
- 3) провести досліди за пропонованою методикою;
- 4) зробити висновки.

Гіпофіз риб (від лат. Hypophys - відросток) - мозковий придаток у формі округлого утвору, розташованого на нижній поверхні головного мозку. Виробляє гормони, що впливають на зростання, обмін речовин і репродуктивну

функцію риб. Є центральним органом ендокринної системи, тісно пов'язаний і в взаємодіє з гіпоталамусом (рис. 11).

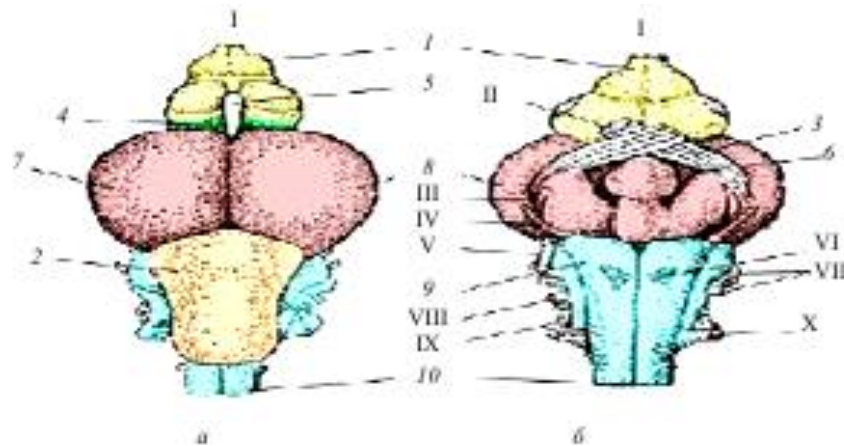


Рисунок 11. Головний мозок форелі (по Відерсгейму):

- а - вид зверху;
- б - вид знизу;
- 1 - нюхова цибулина;
- 2 - мозочок;
- 3 - перехрещення зорових нервів;
- 4 - проміжний мозок;
- 5 - епіфіз;
- 6 - гіпофіз;
- 7 - зорові частки середнього мозку;
- 8 - середній мозок;
- 9 - довгастий мозок;
- 10 - спинний мозок;
- I-X - головні нерви

При внутрішньом'язових ін'єкціях суспензії гіпофіза рибакам виробникам гонадотропний гормон надходить у кров і стимулює у них перехід статевих залоз від IV до V стадії зрілості (стадії по Киселевичу), отримання зрілої, здатної до запліднення ікри у самок і доброякісної сперми у самців. При такій штучній стимуляції дозрівання виробників шляхом введення їм суспензій гіпофізів, взятих від інших риб, відбувається збільшення кількості гонадотропного гормону гіпофіза в крові.

У ряді випадків гонадотропний гормон володіє видовою специфічністю, тобто гіпофіз, взятий у риб одного виду, може виявитися неефективним для інших видів риб. Наприклад, гіпофізи судака не підходять для стимуляції дозрівання у корошових риб, тому на рибоводних підприємствах для стимуляції

дозрівання виробників використовують, як правило, гіпофізи того ж виду риби. Гіпофізи беруть тільки у риб, що знаходяться на IV стадії зрілості. Найкращий час заготівлі гіпофізів - преднерестова міграція.

У природному середовищі те ж саме відбувається під впливом нерестових умов, що підсилюють виділення власного гонадотропного гормону. Для того щоб забезпечити тривалість зберігання гіпофізів, витягнутих у риб-донорів, їх піддають обробці хімічно чистим ацетоном, який зневоднює і знежирює тканину гіпофіза. Послідовність приготування гіпофізарних препаратів показана на рис. 12.

Доза гіпофізів для приготування гіпофізарних ін'єкцій при фізіологічному методі стимулювання дозрівання статевих продуктів багато в чому залежить від їх якості. Тому перед ін'єкція проводять тестування гіпофізів.

Тестування гіпофізів.

До теперішнього часу не існує способу хімічного аналізу вмісту гонадотропних гормонів, тому для визначення якості гормону використовують різні реакції органів тварин, які отримали ін'єкцію досліджуваних препаратів.

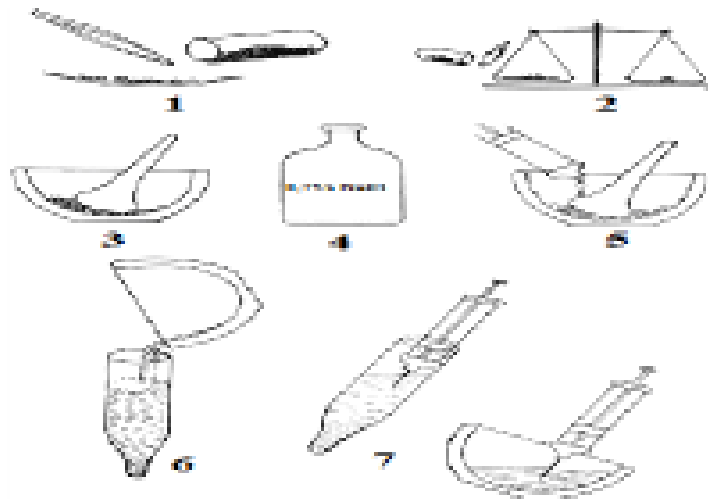


Рисунок 12. Приготування гіпофізарного препарату:

- 1 - відбір гіпофіза;
- 2 - зважування;
- 3 - розтирання в ступці;
- 4 - фізіологічний розчин;
- 5 - змішування фізрозчину і гіпофіза;
- 6 - перенесення готового препарату в колбу;
- 7 - відбір необхідного обсягу препарату для ін'єктування

Такий спосіб оцінки вмісту гормону називається біологічним тестуванням, а використовувані тварини - тест-об'єктами. Найбільш вдалим

тестами-об'єктами для оцінки гонадотропної активності гіпофіза риб можна вважати самок в'юна і самців жаб.

Біологічну активність гіпофіза визначають у В'юновій одиницях (ВО) і жаб'ячих одиницях (ЖО).

В'юнова одиниця - це мінімальна кількість гонадотропного гормону, яка викликала через 30-50 год. після ін'єкції дозрівання і овуляцію ікри у зимових самок в'юна масою 35-45 г з гонадами в IV стадії зрілості при температурі води 16 ° С в лабораторних умовах.

Жаб'яча одиниця - це мінімальна доза гіпофіза, яка викликала реакцію спермації у самців жаб.

Від техніки введення гонадотропного гормону повністю залежить ефективність його дії. Гонадотропні гормони вводять на столі з м'яким покриттям. Роботу проводять дві людини: один виловлює рибу і тримає її під час ін'єктування, а другий вводить суспензію гіпофіза або в спинну частину, або в м'язи грудного плавця за допомогою голки зі шприцом.

Хід роботи. Розділіть на три групи 15 самців жаб. Для ін'єктування відберіть кілька висушених гіпофізів, зважте їх на аналітичних вагах з точністю до 0,1 мг. Вводите суспензію гіпофіза в спинні лімфатичні мішки жаб так, щоб самцям першої групи було ін'єктовано по 0,2 мг сухого препарату гіпофіза, другої - по 0,3 і третьої - по 0,4 мг.

Позитивна реакція у жаб проявляється у появі в їх спермі (клоака) рухливих сперматозоїдів. Реакція настає через 40-50 хв. Тестування дає хороші результати при температурі 18-23 ° С.

Показником біологічної активності випробуваного препарату гіпофіза є його мінімальна доза, яка викликала реакцію спермації приблизно у половини проін'єктованих жаб.

Біологічна активність препарату визначається діленням одиниці на масовий показник мінімальної ефективності дози.

При введенні гонадотропного гормону в організм риб голку необхідно ввести на всю довжину під нахилом з таким розрахунком, щоб не викликати у риби захворювання. Суспензію вводите повільно в м'язи спини вище бічної лінії в першу третину тіла риби (рис. 13).

Значно рідше гонадотропний гормон вводять в м'язи грудного плавника. Місце уколу притисніть пальцем і після видалення голки кілька секунд помасажуйте його, так як частина введеної суспензії може вилитися назовні і доза гонадотропного гормону може бути занижена.

Для м'язової ін'єкції використовують тонкі й довгі голки довжиною 50 - 60 мм, так як вони менше травмують шкіру і глибоко проникають у м'язову тканину.

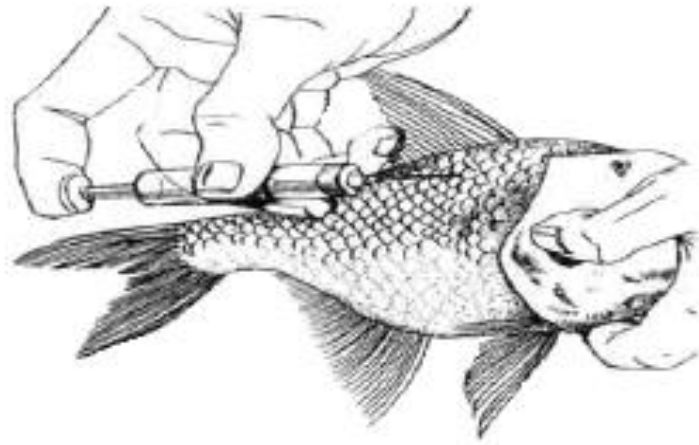


Рисунок 13. Техніка введення суспензії гормону в м'язи риб

Запитання для самоконтролю:

1. Що таке гіпофіз?
2. Яка функція гіпофіза риб?
3. Назвіть оптимальні дози гіпофізарних ін'єкцій для риб і їх способи.

Лабораторна робота 17.

РОЗРАХУНОК ДОЗИ ГОРМОНАЛЬНИХ ПРЕПАРАТІВ ДЛЯ ОВУЛЯЦІЇ І СПЕРМАЦІЇ

Мета заняття: вивчення методики розрахунку дози гормонального препарату.

Матеріали та обладнання: риби різних видів, препарати для гормональних ін'єкцій, аналітичні ваги, шприци, ін'єкційні голки.

завдання:

- 1) вивчити теоретичний матеріал;
- 2) розрахувати дози гормональних ін'єкцій;
- 3) провести ін'єкції;
- 4) зробити висновки.

Отримання зрілих виробників при заводському методі забезпечується шляхом гормональної стимуляції. Гормональна стимуляція виробників коропа проводиться:

- при настанні нерестових температур;
- ранньому отриманні ікри в умовах регульованого температурного режиму;
- температурі води нижче нерестового порогу в умовах нерегульованого температурного режиму.

У кожному конкретному випадку в залежності від ступеня зрілості статевих продуктів виробників коропа і температурних умов використовують різні схеми гіпофізарних ін'єкцій. Слід пам'ятати, що вибір схеми гормональної стимуляції дозрівання статевих продуктів у самок в основному залежить від ступеня зрілості овоцитів старшої генерації, так як овоцити молодшої генерації не реагують на гіпофізарні ін'єкції.

Ступінь зрілості статевих клітин у самок визначають за положенням ядра: якщо ядро в овоцитах зміщене до оболонки, то ступінь зрілості висока; якщо ж ядро знаходиться майже в центрі, то овоцити далекі від зрілості. Ікру для визначення ступеня зрілості беруть щупом.

При нерестових температурах води отримання зрілих виробників забезпечується при одноразовій ін'єкції. Доза сухої речовини гіпофіза для самок становить 2,0-2,5 мг/кг маси тіла, а для самців - в 2 рази менше. Утримання самок при нерестових температурах до ін'єкції становить 4-5 діб.

Після ін'єктування самок і самців поміщають в окремі садки, в яких забезпечують постійну проточність. У садках в залежності від температури води тривалість дозрівання самок коливається від 6-9 год. ($t = 24-26^{\circ} \text{C}$) до 23-28 год. ($t = 15-16^{\circ} \text{C}$).

При ранньому отриманні ікри в умовах регульованого температурного режиму необхідно використовувати дробову схему гіпофізарних ін'єкцій.

Слід пам'ятати, що проміжок між першою (попередньою) дозою ін'єкції і другим (роздільною) дозою повинен бути від 12 до 24 год. За більш короткий проміжок часу в овоцитах не встигають відбутися необхідні морфологічні зміни, викликані введенням першої дози гонадотропного гормону. В цьому випадку ін'єкція другої великої дози гормону може викликати порушення процесів дозрівання.

Хід роботи. Зробіть розрахунок доз гіпофізарних ін'єкцій для дозрівання статевих продуктів у рослиноїдних риб масою не більше 5-6 кг.

Згідно з нормативами, для дозрівання статевих продуктів і отримання ефекту овуляції самкам середньою масою 5-6 кг потрібно 3-4 мг сухої речовини гіпофіза на 1 кг маси тіла, самкам більшої маси - 5-6 мг на 1 кг маси.

Попередня доза ін'єкції становить $1/8$ - $1/10$ загальної дози (тобто орієнтовно 0,3 мг гіпофіза на 1 кг маси самки). Роздільна доза становить $9/10$ загальної дози. Самців ін'єктують одноразово половиною дози самок під час введення роздільною дозою самкам. Температура води під час ін'єктування рослиноїдних риб повинна бути $20-25^{\circ} \text{C}$.

Приклад. Партія гіпофізів (100 шт.) Загальною масою 250 мг (середня маса гіпофіза 2,5 мг). Кількість самок для ін'єктування - 10 екз. загальною масою 30 кг, самців - 5 екз. загальною масою 10 кг. Температура води під час ін'єктування $20-25^{\circ} \text{C}$.

Розрахунок для самок. Попередня доза сухого речовини гіпофіза повинна скласти: $0,5 \text{ мг / кг} \cdot 10 \text{ шт.} \cdot 30 \text{ кг} = 150 \text{ мг}$.

Роздільна доза складе: $4,5 \text{ мг / кг} \cdot 10 \text{ шт.} \cdot 30 \text{ кг} = 1350 \text{ мг}$.

Таким чином, загальна маса гіпофізів для самок складе: $150 \text{ мг} + 1350 \text{ мг} = 1500 \text{ мг}$, або 600 шт. гіпофізів ($1500 \text{ мг} / 2,5 \text{ мг}$).

Розрахунок для самців. Загальна необхідна маса гіпофізів складе: $2,5 \text{ мг / кг} \cdot 5 \text{ прим.} \cdot 2 \text{ кг} = 25 \text{ мг}$, або 10 гіпофізів ($2,5 \text{ мг} / 2,5 \text{ мг}$).

Обсяг суспензії. Під час проведення попередньої дози ін'єкції самкам обсяг суспензії не повинен перевищувати 0,5 мл на одну рибу. Отже, для введення попередньої дози гіпофіза самкам обсяг її складе: $0,5 \text{ мл} \cdot 10 \text{ самок} = 5 \text{ мл}$; обсяг роздільною дози дорівнює: $1 \text{ мл} \cdot 10 \text{ самок} = 10 \text{ мл}$.

Самцям необхідно ввести: $5 \text{ прим.} \cdot 0,5 \text{ мл} = 2,5 \text{ мл}$ суспензії.

Запитання для самоконтролю:

1. За яких умов проводять гіпофізарні ін'єкції рибам?
2. Що таке попередня і роздільна доза?
3. Назвіть оптимальні дози гіпофізарних ін'єкцій для самок і самців.
4. Розрахуйте дози ін'єкцій для конкретного виду риб.

Тестові завдання

1. Що вивчає фізіологія?
 - а) наука, що вивчає процеси життєдіяльності живого організму і його складових частин у їх єдності і взаємозв'язку з навколишнім середовищем, а також процеси регуляції функцій організму;
 - б) наука про тваринний і рослинний світ;
 - в) наука, що вивчає процеси регуляції функцій організму.

2. Що у риб виступає рушійною силою?
 - а) м'язи;
 - б) усі плавці;
 - в) хвостовий плавець.

3. Зазвичай ін'єкції риbam роблять:
 - а) внутрішньом'язово, внутрішньочеревинно або через рот;
 - б) внутрішньом'язово, ректально або через рот;
 - в) внутрішньовенно, внутрішньом'язово, ректально.

4. Яким препаратом наркотизують виробників при масовому виробництві для полегшення процесу відбору ікри?
 - а) новокаїном;
 - б) трикаїном;
 - в) трихлорбутилалкоголем.

5. Де продукується гонадотропний гормон?
 - а) у гіпофізах самців риб;
 - б) у гіпофізах самиць риб;
 - в) у гіпофізах статевозрілих риб

6. До надпорогових подразників відносять:
 - а) подразники такої сили, які викликають тільки локальний потенціал, але не викликають збудження;
 - б) потенціал залежить від сили подразнення і зростає досить повільно, зникає після того, як припиняється подразнення;
 - в) подразники завжди викликають відповідну реакцію, яка може бути різною залежно від сили подразника.

7. У якого виду риб найбільш розвинений довгастий мозок?
 - а) вугра;
 - б) сазана;
 - в) акули.

8. Риби відносяться до:
 - а) пойкилотермних організмів;
 - б) ендотермних організмів;
 - в) гомойотермних організмів.

9. Скільки класів мембранних білків розрізняють?

- а) 2;
- б) 3;
- в) 4.

10. Що таке хронаксія?

- а) мінімальний час, необхідний для виникнення збудження тканини за дії подвоєної реобазис;
- б) максимальний час, необхідний для виникнення збудження тканини за дії подвоєної реобазис;
- в) загальний час, необхідний для виникнення збудження тканини за дії подвоєної реобазис.

11. Який вчений створив вчення про нервізм?

- а) І.П. Павлов;
- б) М.Є. Введенський;
- в) М.Л. Гербильський.

12. Якими є основні методи дослідження?

- а) спостереження;
- б) моделювання;
- в) експеримент.

13. У яких риб досить добре розвинений зовнішній скелет?

- а) у осетрових риб;
- б) у чукучанових риб;
- в) у трьохперкових риб.

14. Що є основним внутрішнім середовищем організму риб?

- а) кров;
- б) м'язова тканина;
- в) внутрішні органи.

15. Яким препаратом наркотизують риб при їх транспортуванні і фотографуванні?

- а) новокаїном;
- б) трикаїном;
- в) трихлорбутилалкоголем.

16. У процесі осіменіння для ефективного запліднення скільки мл сперми використовують на 1 кг ікри?

- а) 15 мл;
- б) 10 мл;
- в) 5 мл

17. До порогових подразників відносять:

- а) подразники такої сили, які викликають тільки локальний потенціал, але не викликають збудження;
- б) потенціал залежить від сили подразнення і зростає досить повільно, зникає після того, як припиняється подразнення;
- в) подразники завжди викликають відповідну реакцію, яка може бути різною залежно від сили подразника.

18. У якого виду риб найбільш розвинений передній мозок?

- а) вугра;
- б) сазана;
- в) акули.

19. Яка ділянка мозку є основною ланкою в передачі нервових імпульсів до ендокринних залоз?

- а) гіпоталамічна ділянка проміжного мозку;
- б) мозочок;
- в) гіпофізарна ділянка проміжного мозку.

20. Що регулює вегетативна нервова система?

- а) стан залозистих клітин;
- б) стан внутрішніх органів, діючи головним чином, на непосмуговані м'язи;
- в) стан посмугованих м'язів.

21. При гострому досліді експериментального фізіологічного дослідження:

- а) можливо, з одного боку, перевірити поза організмом сутність фізіологічних гіпотез, а з іншого боку – відтворити на моделі елементи тих чи інших функцій;
- б) проводять зазвичай на тваринах, спеціально підготовлених, тобто заздалегідь оперованих в асептичних умовах і які видужали після операції;
- в) тварину піддають наркозу і проводять операцію, мета якої – одержати тимчасовий доступ до внутрішніх органів, а потім впливати на них.

22. Якою є специфічна реакція для нервової тканини?

- а) проведення нервового імпульсу;
- б) скорочення;
- в) виділення секрету.

23. Яким розчином найкраще фіксувати макропрепарати?

- а) 4% розчин;
- б) 4-5% формаліном;
- в) 7-8% розчин формаліну.

24. Яким препаратом наркотизують риб при проведенні різноманітних лікувальних маніпуляцій?

- а) новокаїном;
- б) трикаїном;
- в) трихлорбутилалкоголем.

25. Скільки разів інекують самця гонадотропним гормоном гіпофізу?
а) 1;
б) 2;
в) 3
26. Як називається луска, що схожа на пластинки з шипиками?
а) ктеноїдна;
б) ганоїдна;
в) циклоїдна.
27. З яких відділів складається задній мозок?
а) із зорових долей та покришки;
б) з кінцевого та проміжного мозку;
в) з мозочка, моста, та довгастого мозку.
28. Яку функцію забезпечує шкіра?
а) сенсорну;
б) обмінно - видільну;
в) захисну. обмінну видільну.
29. До яких білків відносяться глікопротеїни?
а) рецепторних білків;
б) мембранних білків;
в) рецепторних білків.
30. Хронаксія вимірюється у:
а) у тисячних частках секунди;
б) у мілісекундах;
в) у сиграмах.
31. Лабільність у процесі росту і розвитку організму риб:
а) збільшується;
б) зменшується;
в) є постійною.
32. При хронічному досліді експериментального фізіологічного дослідження:
а) можливо, з одного боку, перевірити поза організмом сутність фізіологічних гіпотез, а з іншого боку – відтворити на моделі елементи тих чи інших функцій;
б) проводять зазвичай на тваринах, спеціально підготовлених, тобто заздалегідь оперованих в асептичних умовах і які видужали після операції;
в) тварину піддають наркозу і проводять операцію, мета якої – одержати тимчасовий доступ до внутрішніх органів, а потім впливати на них.
33. Якою є специфічна реакція для м'язової тканини?
а) проведення нервового імпульсу;

- б) скорочення;
- в) виділення секрету.

34. В якому розчині зберігають макропрепарати?

- а) 4% розчин;
- б) 4-5% формаліном;
- в) 7-8% розчин формаліну.

35. Яким водорозчинним препаратом проводять наркоз морським риbam?

- а) трикаїном;
- б) аміленгідратом;
- в) амобарбіталом.

36. Як називається луска, що укладена «в паркет»?

- а) плакоїдна;
- б) ганоїдна;
- в) циклоїдна.

37. До підпорогових подразників відносять:

- а) подразники такої сили, які викликають тільки локальний потенціал, але не викликають збудження;
- б) потенціал залежить від сили подразнення і зростає досить повільно, зникає після того, як припиняється подразнення;
- в) подразники завжди викликають відповідну реакцію, яка може бути різною залежно від сили подразника.

38. З яких відділів складається середній мозок?

- а) із зорових долей та покришки;
- б) з кінцевого та проміжного мозку;
- в) з мозочка, моста, та довгастого мозку.

9. У якого виду риб найбільш розвинений мозочок?

- а) язя;
- б) карася;
- в) сома.

39. Які основні іони беруть участь в генерації електричних потенціалів клітин?

- а) K^+ , Na^+ , Ca ;
- б) Mg^+ , Na^+ , Ca^+ і Cl^- ;
- в) K^+ , Na^+ , Ca^+ і Cl^- .

40. Яким приладом вимірюють хронаксію тканин?

- а) хронометром;
- б) хронаксиметром;
- в) барометром.

41. Що регулює соматична нервова система?
а) стан залозистих клітин;
б) стан внутрішніх органів, діючи головним чином, на непосмуговані м'язи;
в) стан посмугованих м'язів.
42. При методі моделювання експериментального фізіологічного дослідження:
а) можливо, з одного боку, перевірити поза організмом сутність фізіологічних гіпотез, а з іншого боку – відтворити на моделі елементи тих чи інших функцій;
б) проводять зазвичай на тваринах, спеціально підготовлених, тобто заздалегідь оперованих в асептичних умовах і які видужали після операції;
в) тварину піддають наркозу і проводять операцію, мета якої – одержати тимчасовий доступ до внутрішніх органів, а потім впливати на них.
43. Якою є специфічна реакція для епітеліальної тканини?
а) проведення нервового імпульсу;
б) скорочення;
в) виділення секрету.
44. При проведенні анестезії щільність посадки зростає:
а) у 2 рази;
б) у 3 рази;
в) в 4 рази.
45. За скільки часу риби повністю прокидаються у чистій воді? за півгодини.
а) 20-30 хвилин;
б) 30 хвилин;
в) 30-60 хвилин.
46. Скільки разів інекують самку гонадотропним гормоном гіпофізу?
а) 1;
б) 2;
в) 3
47. Як називається луска, що схожа на тонкі пластинки з гладким краєм?
а) ктеноїдна;
б) ганоїдна;
в) циклоїдна.
48. З яких відділів складається передній мозок?
а) із зорових долей та покришки;
б) з кінцевого та проміжного мозку;
в) з мозочка, моста, та довгастого мозку.
49. У якого виду риб найбільш розвинений довгастий мозок?
а) язя;

- б) карася;
- в) сома.

50. Із скількох компонентів складається система розпізнавання гормонів?

- а) 2;
- б) 3;
- в) 4.

51. Енергія розщеплення однієї молекули АТФ забезпечує:

- а) виведення з клітини 3-х іонів Na і введення всередину клітини 2-х іонів K;
- б) виведення з клітини 3-х іонів K і введення всередину клітини 2-х іонів Na;
- в) виведення з клітини 2-х іонів Na і введення всередину клітини 3-х іонів K.

52. Який вчений створив вчення про лабільність?

- а) І.П. Павлов;
- б) М.Є. Введенський;
- в) М.Л. Гербильський.

53. Які фізіологічні дослідження проводять на рибах?

- а) вимірюють частоту дихальних рухів;
- б) вимірюють частоту скорочень серця;
- в) вимірюють частоту моторики шлунку.

54. Які кількісні показники фізіологічних процесів визначають?

- а) кількість з'їденої їжі;
- б) інтенсивність сечоутворення;
- в) інтенсивність секреції шлункового соку.

55. Що дозволяють визначити візуальні спостереження?

- а) частоту дихальних рухів;
- б) швидкість переміщення;
- в) зміну актів поведінки.

56. Яким розчином стабілізують реакцію води при проведенні анестезії?

- а) не стабілізують;
- б) бікарбонатом натрію;
- в) карбонатом натрію.

57. Куди вводять гонадотропний гормон гіпофізу?

- а) у хвостовий м'яз;
- б) у спинний м'яз передньої частини тіла;
- в) у спинний м'яз середньої частини тіла

58. Як називається луска, що схожа на ромбічні платівки з шипами?

- а) ктеноїдна;
- б) ганоїдна;

в) циклоїдна.

59. Акомодація – це:

- а) пристосування збудливої тканини швидко зростаючої сили подразника;
- б) пристосування збудливої тканини до сили подразника;
- в) пристосування збудливої тканини до повільно зростаючої сили подразника.

60. У якого виду риб найбільш розвинений мозочок?

- а) вугра;
- б) сазана;
- в) акули.

61. Пойкілотермні організми – це:

- а) організми, які не спроможні підтримувати температуру тіла на стабільному рівні;
- б) здатність деяких організмів контролювати температурами своїх тіл за допомогою внутрішніх засобів;
- в) терморегуляція, що дозволяє підтримувати постійну внутрішню температуру тіла попри зовнішній вплив.

62. Що таке внутрішньоклітинні аніони?

- а) це переважно великі білкові молекули, які можуть проходити крізь клітинну мембрану;
- б) це переважно малі білкові молекули, які не можуть пройти крізь клітинну мембрану;
- в) це переважно великі білкові молекули, які не можуть пройти крізь клітинну мембрану.

63. Яка форма і яке розміщення гіпофіза у сазана?

- а) гіпофіз серцеподібної форми, лежить майже перпендикулярно мозку;
- б) гіпофіз серцеподібної форми, лежить майже паралельно мозку;
- в) гіпофіз витягнутий, трохи сплющений з боків і лежить паралельно мозку.

64. Скільки основних відділів розрізняють у гіпофізі риб?

- а) 4;
- б) 3;
- в) 2.

65. Яким вченим було розроблено метод гіпофізарних ін'єкцій плідникам для прискорення їх дозрівання?

- а) В.А. Пегель;
- б) І.М. Сеченов;
- в) М.Л. Гербильський.

66. В яких межах коливається рН крові риб?

- а) від 7,2 до 7,5;

- б) від 7,5 до 7,7;
- в) від 7,7 до 8,0.

67. Які з нижче перерахованих клітин є крупніші, ніж у теплокровних тварин, мають овальну форму і містять ядро?

- а) еритроцити;
- б) лімфоцити;
- в) лейкоцити.

68. Яку функцію у костистих риб виконує підшлункова залоза?

- а) залози зовнішньої секреції;
- б) залози внутрішньої секреції;
- в) подвійну функцію.

69. Який осмотичний тиск крові костистих прісноводних риб?

- а) 5 – 6 атм.;
- б) 6 - 7 атм.;
- в) 7 - 8 атм.

70. Нейросекреторним і ендокринним органом у костистих риб є:

- а) гіпофіз;
- б) нейрогіпофіз;
- в) урогіпофіз.

71. Які з нижче перерахованих клітин мають дуже велике ядро, що займає більшу частину клітини?

- а) еритроцити;
- б) лімфоцити;
- в) лейкоцити.

72. В який термін червоної крові відновлюються до осіннього рівня?

- а) за 5-10 днів нагулу;
- б) за 10-15 днів нагулу;
- в) за 15-20 днів нагулу.

73. Які з нижче перерахованих клітин є великими, дуже рухливими і такими, що не мають постійної форми клітинами?

- а) макрофаги;
- б) лімфоцити;
- в) тромбоцити.

74. Якою є швидкість осідання еритроцитів у коропа?

- а) 1,5-4,0 мм/год.;
- б) 1,2-3,3 мм/год.;
- в) 3,5-5,5 мм/год.

75. Якою є основна функція еритроцитів?

- а) дихальна функція;
- б) транспортна функція;
- в) захисна функція.

76. Якою є кількість базофілів у австралійської двоякодишної риби?

- а) до 9 %;
- б) до 5%;
- в) до 1 %.

77. Яка форма і яке розміщення гіпофіза у ляща?

- а) гіпофіз серцеподібної форми, лежить майже перпендикулярно мозку.
- б) гіпофіз серцеподібної форми, лежить майже паралельно мозку.
- в) гіпофіз витягнутий, трохи сплющений з боків і лежить паралельно мозку.

78. Скільки частин виділяють в аденогіпофізі?

- а) 4;
- б) 3;
- в) 2.

79. Вилучення інтерреналової тканини веде до:

- а) зупинки дихання та до зупинки серця;
- б) зупинку росту і дозрівання;
- в) зниження ваги.

80. При штучному розведенні яких видів риб широко застосовують гіпофізарні ін'єкції?

- а) осетрових риб;
- б) корошових риб;
- в) форелі.

81. У яких риб виявлена ультимобранхіальна залоза?

- а) у морських риб;
- б) прісноводних риб;
- в) і в морських і в прісноводних риб.

82. Яка в середньому кількість крові у активних риб?

- а) не більше 2%;
- б) 2-3% маси їх тіла;
- в) до 5%.

83. Яка в середньому кількість крові у костистих риб?

- а) не більше 2%;
- б) 2-3% маси їх тіла;
- в) до 5%.

84. Чи кількість еритроцитів у прісноводних костистих риб у співвідношенні до крові морських риб є однаковою?

- а) приблизно однакова;
- б) в 2 рази більша;
- в) в 2 рази менша.

85. Які клітини постійно присутні в лімфі?

- а) лімфоцити;
- б) моноцити;
- в) лейкоцити.

86. Які з нижче перерахованих клітин є великими клітинами з паличко- або сегментоядерним вмістом?

- а) нейтрофіли;
- б) базофіли;
- в) еозинофіли.

87. Трофічна функція крові полягає у:

- а) видаленні непотрібних і шкідливих для організму кінцевих продуктів обміну речовин, що надійшли з їжею чи утворилися в організмі під час метаболізму;
- б) кров переносить поживні речовини від травного тракту до клітин організму та здійснює транспорт метаболітів від одного органу чи тканини до інших;
- в) забезпеченні вироблення антитіл і фагоцитів.

88. Якою є основна функція лейкоцитів?

- а) дихальна функція;
- б) транспортна функція;
- в) захисна функція.

89. На який період припадає найбільш інтенсивний розвиток гіпофіза?

- а) на період перетворення личинки в малька;
- б) на період статевого дозрівання;
- в) впродовж усього життя.

90. Якою є кількість базофілів у карася та коропа?

- а) до 9 %;
- б) до 5%;
- в) до 1 %.

91. Яка форма і яке розміщення гіпофіза у коропа?

- а) гіпофіз серцеподібної форми, лежить майже паралельно мозку.
- б) гіпофіз серцеподібної форми, лежить майже перпендикулярно мозку.
- в) гіпофіз витягнутий, трохи сплющений з боків і лежить паралельно мозку.

92. Що тягне за собою видалення гіпофізу у риб?

- а) зупинку росту і дозрівання;

- б) зупинки дихання та до зупинки серця;
- в) зниження ваги.

93. У окуневих та корокових щитовидна залоза є:

- а) парним органом;
- б) непарним органом;
- в) дифузним органом.

94. Гормони якого органу беруть участь у сезонних перебудовах обміну речовин?

- а) гормони тимусу;
- б) гормони гіпофізу;
- в) гормони епіфізу.

95. Яким вченим було розроблено метод гіпофізарних ін'єкцій плідникам для прискорення їх дозрівання?

- а) Ф. Мажанді;
- б) А. Кардозо;
- в) І. Мюллер.

96. Які клітини здатні до хемотаксису по відношенню до багатьох речовин і корпускулярних структур?

- а) моноцити;
- б) тромбоцити;
- в) лейкоцити.

97. Захисна функція крові полягає у:

- а) видаленні непотрібних і шкідливих для організму кінцевих продуктів обміну речовин, що надійшли з їжею чи утворилися в організмі під час метаболізму;
- б) кров переносить поживні речовини від травного тракту до клітин організму та здійснює транспорт метаболітів від одного органу чи тканини до інших;
- в) забезпеченні вироблення антитіл і фагоцитів.

98. Якою є температура замерзання крові риб?

- а) плюс 0,5 °С;
- б) 0 °С;
- в) мінус 0,5 °С.

99. Які з нижче перерахованих клітин є менш однорідні з великою різноманітністю лінійних розмірів, різною структурою ядра, цитоплазми і навіть клітинної оболонки?

- а) еритроцити;
- б) лімфоцити;
- в) лейкоцити.

100. Які з нижче перерахованих клітин є не в усіх видів риб?

- а) нейтрофіли;
- б) базофіли;
- в) еозинофіли.

101. Захисна функція крові полягає у:

- а) видаленні непотрібних і шкідливих для організму кінцевих продуктів обміну речовин, що надійшли з їжею чи утворилися в організмі під час метаболізму;
- б) кров переносить поживні речовини від травного тракту до клітин організму та здійснює транспорт метаболітів від одного органу чи тканини до інших;
- в) забезпеченні вироблення антитіл і фагоцитів.

102. Які лімфоцити відповідальні за клітинний імунітет?

- а) Т-лімфоцити;
- б) В-лімфоцити;
- в) як Т- так і В-лімфоцити.

103. При стресах у риб спостерігається:

- а) нейтрофілія;
- б) лейкофілія;
- в) еозинофілія.

104. В який термін моноцити досягають стадії зрілості?

- а) через 24 години;
- б) через 48 годин;
- в) через 36 годин.

105. Яка форма і яке розміщення гіпофіза у срібного карася?

- а) гіпофіз серцеподібної форми, лежить майже перпендикулярно мозку.
- б) гіпофіз серцеподібної форми, лежить майже паралельно мозку.
- в) гіпофіз витягнутий, трохи сплющений з боків і лежить паралельно мозку.

106. Який гормон секретують клітини ультимобранхіальної залози?

- а) мелатонін;
- б) серотонін;
- в) кальцитонін.

107. Щитовидна залоза у деяких акул та лососевих є:

- а) щільне парне утворення, що складається з фолікулів, які виділяють гормони;
- б) щільне непарне утворення, що складається з фолікулів, які виділяють гормони;
- в) дифузний орган, що нерівномірно розміщений у слизовій тканині.

108. Наднирники у риб є:

- а) парним органом;
- б) непарним органом;
- в) дифузним органом.

109. Яка залоза виробляє інсулін?

- а) ультимобранхіальна залоза;
- б) щитовидна залоза;
- в) підшлункова залоза.

110. Яка в середньому кількість крові у малорухомих видів риб?

- а) не більше 2%;
- б) 2-3% маси їх тіла;
- в) до 5%.

111. Якою є кількість гемоглобіну на 1 кг маси риби?

- а) 0,5-2,0 г ;
- б) 0,5-4,0 г;
- в) 4,0-10,0 г.

112. Як може змінитися загальна кількість гемоглобіну за зиму?

- а) знизитися на 10%;
- б) знизитися на 20%;
- в) зрости на 10%.

113. Які з нижче перерахованих клітин є великими клітинами з круглим або овальним ядром поліморфної структури?

- а) нейтрофіли;
- б) базофіли;
- в) еозинофіли.

114. Екскреторна функція крові полягає у:

- а) видаленні непотрібних і шкідливих для організму кінцевих продуктів обміну речовин, що надійшли з їжею чи утворилися в організмі під час метаболізму;
- б) кров переносить поживні речовини від травного тракту до клітин організму та здійснює транспорт метаболітів від одного органу чи тканини до інших;
- в) забезпеченні вироблення антитіл і фагоцитів.

115. У який період кількість лімфоцитів і тромбоцитів збільшується?

- а) зима;
- б) весна;
- в) осінь.

116. Який фактор сприяє посиленню функції щитовидної залози?

- а) нерест;
- б) недокорм;
- в) сезонність.

117. Які клітини крові здатні до фагоцитозу?

- а) лімфоцити;

- б) моноцити;
- в) зрілі форми еритроцитів.

118. Які клітини крові легко мігрують з кровоносної системи в лімфатичну систему і назад?

- а) лейкоцити;
- б) лімфоцити;
- в) еритроцити.

119. Як називається основа мембранного потенціалу, що визначає найважливіші властивості тканин – подразливість і збудливість?.

- а) осмотичний тиск клітини;
- б) осмотичний тиск тканини;
- в) осморегуляція.

120. Для кого характерний примітивний механізм осморегуляції?

- а) круглоротих риб;
- б) костистих риб;
- в) акул.

121. Який відсоток сечовини накопичується в крові акул?

- а) близько 3%;
- б) близько 5%;
- в) близько 9%.

122. Що накопичується у великій кількості в крові акул? сечовини (близько 5%) і у

- а) сечовина;
- б) Na і K;
- в) триметиламіноксид.

123. Якою є осмоляльність крові прісноводних костистих риб?

- а) вища, від оточуючої їх води;
- б) нижча, від оточуючої їх води;
- в) нейтральна у відношенні до оточуючої їх води.

124. Яким органом виводиться ймовірний надлишок двовалентних іонів кальцію?

- а) зябрами;
- б) ректальною залозою;
- в) нирками.

125. Яким органом виводиться ймовірний надлишок іонів хлору?

- а) зябрами;
- б) ректальною залозою;
- в) нирками.

126. У яких риб особливо добре розвинені нирки?

- а) костистих морських риб;
- б) костистих прісноводних риб;
- в) евригалінних риб.

127. В якому прошарку шкіри лежать спеціалізовані залозисті клітини у яких утворюється слиз?

- а) епідермісі;
- б) дермі;
- в) коріумі.

128. Як називається так звана речовина страху?

- а) феромони;
- б) фероптерин;
- в) іхтіоптерин.

129. Які хроматофори містять червоний пігмент?

- а) ксантофори;
- б) еритрофори;
- в) меланофори.

130. Яким ридам характерні органи світіння?

- а) для морських риб;
- б) для океанічних риб;
- в) для придонних риб.

131. Що можна розглядати як першу ознаку справжньої тваринної клітини, що зародилася в первинному океані?

- а) осмотичний тиск клітини;
- б) осмотичний тиск;
- в) осморегуляція.

132. За електролітним складом плазма, лімфа та інші рідини організму яких риб мало відрізняються від морської води, солоність якої складає 1% NaCl?.

- а) круглоротих риб;
- б) костистих риб;
- в) акул.

133. Який осмотичний тиск виникає у акул?

- а) підвищений осмотичний тиск внутрішнього середовища;
- б) понижений осмотичний тиск внутрішнього середовища;
- в) нейтральний осмотичний тиск внутрішнього середовища.

134. Який спеціальний орган у акул для підтримки гомеостазу?

- а) середня кишка;
- б) ректальна залоза;
- в) зябра.

135. Покривні тканини костистих риб у морській воді вибірково пропускають:

- а) воду;
- б) солі;
- в) мікроелементи.

136. Яким органом виводиться ймовірний надлишок двовалентних іонів магнію?

- а) зябрами;
- б) ректальною залозою;
- в) нирками.

137. Який орган полегшує екскрецію катіонів?

- а) зябра;
- б) ректальна залоза;
- в) нирки.

138. У дорослої форелі величина діурезу коливається в межах:

- а) від 100 до 200мл/кг живої маси;
- б) від 200 до 300мл/кг живої маси;
- в) від 250 до 350мл/кг живої маси.

139. Спеціалізовані залозисті клітини є:

- а) бокалоподібні;
- б) колбоподібні;
- в) зернисті.

140. Які хроматофори містять чорний та коричневий пігмент?

- а) ксантофори;
- б) іридофори;
- в) меланофори.

141. У яких риб маса шкіри є більшою?

- а) хижих риб;
- б) мирних риб;
- в) дорослих риб.

142. Який шар шкіри риб захищає від проникнення речовин ззовні?

- а) коріум;
- б) дерма;
- в) епідерміс.

143. Скільки основних механізмів осморегуляції можна виділити у риб?

- а) 1;
- б) 2;
- в) 4.

144. У яких риб сечовини і триметиламіноксиду погано дифундують через мембрани клітин нирок і зябер?

- а) круглоротих риб;
- б) костистих риб;
- в) акул.

145. Який осмотичний тиск створює умови для вільного проникнення води із зовнішнього середовища в міжклітинну рідину і кров, що, в свою чергу, змінює градієнт концентрації NaCl і призводить до дифузії Na і K?

- а) підвищений осмотичний тиск внутрішнього середовища;
- б) понижений осмотичний тиск внутрішнього середовища;
- в) нейтральний осмотичний тиск внутрішнього середовища.

146. Чи організм акули володіє гомеостазом?

- а) так;
- б) ні;
- в) лише у деяких видів.

147. Покривні тканини костистих риб у морській воді не пропускають:

- а) воду;
- б) солі;
- в) мікроелементи.

148. Яким органом виводиться ймовірний надлишок двовалентних іонів сульфату?

- а) зябрами;
- б) ректальною залозою;
- в) нирками.

149. Яким органом виводиться ймовірний надлишок іонів натрію навіть без витрат енергії?

- а) зябрами;
- б) ректальною залозою;
- в) нирками.

150. Що відбувається з діурезом у морській воді?

- а) збільшується;
- б) скорочується;
- в) немає жодних змін.

151. Якою є інтенсивність виділення слизу у риб із добре розвиненим лускатим покривом?

- а) мала;
- б) висока;
- в) кількість луски немає значення.

152. Які хроматофори містять жовтий пігмент?

- а) ксантофори;
- б) іридофори;
- в) меланофори.

153. У яких риб є отруйні залози?

- а) хижих риб;
- б) морських риб;
- в) прісноводних риб.

154. Яким видам риб в період нересту характерна перлинна висипка?

- а) коропових риб;
- б) сигових риб;
- в) лососевих риб.

155. Які види тварин мають механізм осморегуляції?

- а) ссавці;
- б) риби і земноводні;
- в) комахи.

156. У яких риб специфіка азотистого обміну така, що у їхній крові накопичується велика кількість сечовини і триметиламіноксиду?

- а) круглоротих риб;
- б) костистих риб;
- в) акул.

157. Яку речовину утримують клітинні мембрани?

- а) сечовину;
- б) триметиламіноксиду;
- в) мікро- і макроелементи.

158. За допомогою якого органу у акул надлишок солей виводиться в клоаку?.

- а) середня кишка;
- б) ректальна залоза;
- в) нирки.

159. Якою є осмоляльність крові солоноводних костистих риб?

- а) вища, від оточуючої їх води;
- б) нижча, від оточуючої їх води;
- в) нейтральна у відношенні до оточуючої їх води.

160. Яким органом виводиться ймовірний надлишок двовалентних іонів калію?

- а) зябрами;
- б) ректальною залозою;
- в) нирками.

161. Яким органом виводиться ймовірний надлишок іонів натрію?

- а) зябрами;
- б) ректальною залозою;
- в) нирками.

162. Що відбувається з діурезом евригалічних видів костистих риб при їх міграціях?

- а) збільшується у 2 рази;
- б) скорочується в 10 разів;
- в) немає жодних змін.

163. Якою є інтенсивність виділення слизу у риб без луски, чи лускою малих розмірів?

- а) малою;
- б) великою;
- в) кількість луски немає значення.

164. Які хроматофори містять білий пігмент?

- а) ксантофори;
- б) іридофори;
- в) меланофори.

165. У яких риб маса шкіри є меншою?

- а) хижих риб;
- б) мирних риб;
- в) дорослих риб.

166. В період нересту перлинна висипка характерна для:

- а) самкам і самцям;
- б) самкам;
- в) самцям.

167. Яке розмноження властиве риbam?

- а) статеве;
- б) безстатеве;
- в) залежить від виду.

168. Вихід мальків від однієї самки коливається в межах:

- а) 100-200 тисяч
- б) 500-600 тисяч

в) 1-300 мільйонів.

169. Вихід мальків від однієї самки морської щуки коливається в межах:

- а) 100-200 штук;
- б) 100-200 тисяч;
- в) 1-300 мільйонів.

170. В основному коли настає статева зрілість самців у різних видів риб?

- а) на рік раніше ніж самок;
- б) на рік пізніше ніж самок;
- в) разом із самками.

171. В якому віці настає статева зрілість білуги?

- а) 18-20 років;
- б) 12-13 років;
- в) 7-8 років.

172. В якому віці настає статева зрілість коропа?

- а) 3 років;
- б) 2-3 років;
- в) 3-4 років.

173. Яким видам риб характерне утворення насінної рідини у сім'явиносних каналцях і сім'япроводі за рахунок секреції ліпідів без руйнації клітин епітелію?

- а) йорж, сазан, лящ, головень;
- б) судак;
- в) щука, лососеві, осетрові.

174. Яким є об'єм еякуляту у веслоноса?

- а) 0,5-5,0 мл;
- б) 65-75 мл;
- в) до 1000 мл.

9. На скільки частин умовно поділений сперматозоїд риб?

- а) 1;
- б) 2;
- в) 3.

175. Якою є тривалість активності сперматозоїдів у тихоокеанського оселедця?

- а) 1-3 хвилини;
- б) 1-3 години;
- в) 1-3 доби.

176. Протягом якого періоду протікає статевий цикл у більшості видів риб?

- а) 1 року;
- б) півроку;

в) декількох років.

177. Якими за формою є ікринки хамси?

- а) овальні;
- б) краплеподібні;
- в) сигароподібні.

178. Ікра самок якого віку має найкращі відтворні якості?

- а) середнього;
- б) молодого;
- в) старшого.

179. Які види риб належать до літньо-нерестових риб?

- а) багато лососів, сига, міньок, навага;
- б) сазан, короп, лин, червоноперка;
- в) оселедці, райдужна форель, щука, окунь, плотва.

180. Як називають риб котрі розмножуються на кам'янистому ґрунті?

- а) літофіти;
- б) фітофіли;
- в) псамофіли.

181. Рибам якого виду властивий такий спосіб розмноження, як гіногенез?

- а) вугор;
- б) срібний карась;
- в) молінезія.

182. Якою властивістю є висока плідність риб щодо до умов існування?.

- а) еволюційна;
- б) фізіологічна;
- в) пристосувальна.

183. Вихід мальків від однієї самки риби-місяця коливається в межах:

- а) 1-10 тисяч;
- б) 100-400 тисяч;
- в) 260-300 мільйонів.

184. Які із нижче наведених видів риб мають довгий життєвий цикл?

- а) оселедцеві;
- б) осетрові;
- в) окуневі.

185. В якому віці настає статева зрілість осетра?

- а) 18-20 років;
- б) 12-13 років;
- в) 7-8 років.

186. В якому віці настає статева зрілість білого амура?

- а) 4 років;
- б) 4-5 років;
- в) 6-8 років.

187. Яким видам риб характерне утворення насінної рідини лише в сім'япроводі?

- а) йорж, сазан, лящ, головень;
- б) окунь, міньок, волзький оселедець;
- в) щука, лососеві, осетрові.

188. Яким є об'єм еякуляту у сазана?

- а) 0,5-5,0 мл;
- б) 50-75 мл;
- в) 8-25 мл.

189. Якою є тривалість активності сперматозоїдів у коропових, лососевих, окуневих?

- а) 1-3 хвилини;
- б) 1-3 години;
- в) 1-3 доби.

190. До риб з одноразовим нерестом належать:

- а) вобла;
- б) каспійські оселедці;
- в) щука.

191. Якими за формою є ікринки бичків?

- а) овальні;
- б) краплеподібні;
- в) сигароподібні.

192. Якими за кольором є ікринки осетрових риб?

- а) чорна;
- б) зелена;
- в) жовтогаряча.

193. Якою системою регулюється регуляція репродуктивної системи в риб?

- а) системою ендокринних органів;
- б) центральною нервовою системою;
- в) статеву системою.

194. Як називають риб котрі розмножуються на рослинності, відкладаючи ікру в стоячій чи слабкоплинній воді на відмерлі чи вегетаційні рослини?

- а) літофіли;

- б) фітофіли;
- в) псамофіли.

195. Які види належать до фітофілів?

- а) осетри, лососі;
- б) щука, сазан, лящ, плотва, окунь;
- в) піскарі, деякі гольці.

196. У риб якого виду зрілі статеві клітини, потрапивши у воду, можуть почати розвиватися партеногенетично?

- а) оселедцевих;
- б) коропових;
- в) лососевих.

197. Які властивості виробилися у процесі еволюції у риб для забезпечення збереження виду?

- а) велика плідність;
- б) турбота про потомство;
- в) статеве.

198. Якою є плідність риб, що ховають чи охороняють свою ікру?.

- а) кількість ікри не залежить від цього;
- б) невисока;
- в) висока.

199. В якому віці настає статева зрілість севрюги?

- а) 5-6 років;
- б) 12-13 років;
- в) 7-8 років.

200. В якому віці настає рання статева зрілість у короткоциклових видів риб?

- а) 1-2 років;
- б) 2-3 років;
- в) 3-4 років.

201. В якому віці настає рання статева зрілість у довгоциклових видів риб?

- а) 6-7 років;
- б) 8-15 років;
- в) 10-12 років.

202. Яким видам риб характерне утворення насінної рідини крім сім'япроводу в сім'явиносних каналцях за рахунок ексудативних процесів?

- а) йорж, сазан, лящ, головень;
- б) судак;
- в) щука, лососеві, осетрові.

203. Яким є об'єм еякуляту у осетра російського?

- а) 0,5-5,0 мл;
- б) 50-75 мл;
- в) до 1000 мл.

204. До риб з порційним нерестом належать:

- а) вобла;
- б) каспійські оселедці;
- в) щука.

205. Яким може бути проміжок між відкладанням ікри у риб із порційним нерестом?

- а) 7-10 годин;
- б) 7-10 днів;
- в) до 17 днів.

206. Якими за формою є ікринки ротана?

- а) овальні;
- б) краплеподібні;
- в) сигароподібні.

207. Якими за кольором є ікринки бичків?

- а) чорна;
- б) зелена;
- в) жовтогаряча.

208. Які види риб належать до весняно-нерестових риб?

- а) багато лососів, сиви, мінюк, навага;
- б) сазан, короп, лин, червоноперка;
- в) оселедці, райдужна форель, щука, окунь, плотва.

209. Як називають риб котрі відкладають ікру на пісок, іноді прикріплюючи її до корінців рослин?

- а) літофіли;
- б) фітофіли;
- в) псамофіли.

210. Які види належать до літофілів?

- а) осетри, лососі;
- б) щука, сазан, лящ, плотва, окунь;
- в) піскарі, деякі гольці.

211. У риб якого виду під час партеногенетичного розвитку у виняткових випадках виходять личинки, що доживають до розсмоктування жовткового мішка

- а) салаки;

- б) осетрових;
- в) мінька.

212. Яким є запліднення більшості риб?

- а) внутрішнє;
- б) зовнішнє;
- в) статеве.

213. Вихід мальків від однієї самки полярної акули коливається в межах:

- а) 1-10 штук;
- б) 50-100 штук;
- в) 100-200 тисяч.

214. Які із нижче наведених видів риб мають короткий життєвий цикл?

- а) бички;
- б) каспійська кільки;
- в) хамса.

215. В якому віці настає статева зрілість калуги?

- а) 18-20 років;
- б) 12-13 років;
- в) 7-8 років.

216. В якому віці настає статева зрілість у середньоциклових видів риб?

- а) 3-4 років;
- б) 4-7 років;
- в) 6-7 років.

217. В якому віці настає статева зрілість форелі?

- а) 3 років;
- б) 2-3 років;
- в) 3-4 років.

218. Яким є тип викидання статевих клітин у самців?

- а) залежить від виду;
- б) одноразове;
- в) завжди порціонний.

219. Яким є об'єм еякуляту у товстолобиків?

- а) 0,5-5,0 мл;
- б) 50-75 мл;
- в) 8-25 мл.

220. У момент виходу з організму сперматозоїди риб є:

- а) рухомі;
- б) нерухомі;

в) залежно від виду.

221. Які існують засоби реалізації безупинного овогенезу?

- а) хвилясті;
- б) накопичувальні;
- в) стабілізовані.

222. Чи може бути у риб безупинний овогенез?

- а) так;
- б) ні;
- в) залежить від виду.

223. Якими за кольором є ікринки лососевих риб?

- а) чорна;
- б) зелена;
- в) жовтогаряча.

224. Які види риб належать до осінньо-зимовонерестових риб?

- а) багато лососів, сизи, міньок, навага;
- б) сазан, короп, лин, червоноперка;
- в) оселедці, райдужна форель, щука, окунь, плотва.

225. Які види належать до псамофілів?

- а) осетри, лососі;
- б) щука, сазан, лящ, плотва, окунь;
- в) піскарі, деякі гольці.

226. При якому способу руху риб швидкість руху є невелика?

- а) рух за допомогою бічних коливальних вигинів усього тіла;
- б) рух за допомогою частих бічних коливальних рухів задньої частини тіла;
- в) рух за допомогою частих бічних коливальних рухів задньої частини тіла та вигинів усього тіла.

227. Який орган відіграє важливу роль у забезпеченні руху у водній товщі?

- а) плавці;
- б) зябра;
- в) плавальний міхур.

228. Який плавальний міхур мають камбали?

- а) немає плавального міхура;
- б) однокамерний орган;
- в) двокамерний орган.

229. В ембріональному періоді у всіх риб плавальний міхур:

- а) з'єднаний з кишківником тонкою трубкою, і первинне наповнення міхура повітрям відбувається через кишківник;

- б) не з'єднаний з кишківником, і є ізольованим від нього;
- в) відсутній.

230. У відкритоміхурових риб регуляція вмісту газів у міхурі відбувається:

- а) шляхом заковтування повітря і екскрецією газів стінками міхура;
- б) секрецією газів стінками міхура;
- в) шляхом періодичного заковтування повітря.

231. Видалення надлишку газів з міхура у закритоміхурових риб відбувається:

- а) через плавальний міхур;
- б) через рот;
- в) через кровоносні судини.

232. Яка швидкість руху лосося?

- а) до 33 м/сек.;
- б) до 20 м/сек.;
- в) до 5 м/сек.

233. До нешвидкоплаваючих відноситься:

- а) скумбрія;
- б) плотва;
- в) бички.

234. До дуже повільноплаваючих відноситься:

- а) тунець;
- б) колючка;
- в) бички.

235. Відомо, що риби одного і того ж виду плавають із різною швидкістю, у зв'язку із чим, розрізняють які основні швидкості?

- а) кидкову й крейсерську;
- б) максимальну і мінімальну;
- в) повільна, середня, стрімка.

236. При якому способу руху риб швидкість руху є більш високою?

- а) рух за допомогою бічних коливальних вигинів усього тіла;
- б) рух за допомогою частих бічних коливальних рухів задньої частини тіла;
- в) рух за допомогою частих бічних коливальних рухів задньої частини тіла та вигинів усього тіла.

237. У яких риб, як правило, плавальний міхур лежить в порожнині тіла під хребтом і нирками над кишківником?

- а) у хрящових риб;
- б) у круглоротих риб;
- в) у костистих риб.

238. Який плавальний міхур мають глибоководні риби?
а) немає плавального міхура;
б) однокамерний орган;
в) двокамерний орган.
239. За зв'язком плавального міхура з кишківником на скільки груп поділяють дорослих риб?
а) на чотири групи;
б) на три групи;
в) на дві групи.
240. Який орган відіграє важливу роль у газовій секреції?
а) зябра;
б) кишківник;
в) газові залози.
241. Якщо у коропа перше наповнення плавального міхура відбувається не вчасно, що відбувається?
а) погано ростуть і гинуть на 10-14-й день;
б) гинуть протягом кількох днів;
в) погано ростуть.
242. Яка швидкість руху тунця?
а) до 33 м/сек.;
б) до 20 м/сек.;
в) до 5 м/сек.
243. До швидкоплаваючих відноситься:
а) скумбрія;
б) тріска;
в) акула.
244. До повільноплаваючих відноситься:
а) скумбрія;
б) тріска;
в) бички.
245. Яким шляхом досягається відносна невагомість у хрящових риб?
а) за рахунок утворення спеціального гідростатичного органу;
б) шляхом нагромадження жиру, переважно в печінці, рідше в інших тканинах;
в) за рахунок будови тіла.
246. Яким способом пересуваються вугрі та в'юни?
а) рух за допомогою бічних коливальних вигинів усього тіла;
б) рух за допомогою частих бічних коливальних рухів задньої частини тіла;

в) рух за допомогою частих бічних коливальних рухів задньої частини тіла та вигинів усього тіла.

247. Яким органом є плавальний міхур?

- а) двокамерний орган, наповнений газами;
- б) однокамерний або двокамерний орган, наповнений повітрям;
- в) однокамерний або двокамерний орган, наповнений газами.

248. Який плавальний міхур мають тунці, скумбрії?

- а) немає плавального міхура;
- б) однокамерний орган;
- в) двокамерний орган.

249. До відкритоміхурових відносяться:

- а) коропові риби;
- б) пучкожаберні риби;
- в) окуневі риби.

250. У закритоміхурових риб регуляція вмісту газів у міхурі відбувається:

- а) шляхом заковтування повітря і екскрецією газів стінками міхура;
- б) секрецією газів стінками міхура;
- в) шляхом періодичного заковтування повітря.

251. Яку основну функцією виконує плавальний міхур?

- а) додаткового органу дихання;
- б) барорецепторів;
- в) гідростатичну.

252. Яка швидкість руху меч-риби?

- а) до 33 м/сек.;
- б) до 20 м/сек.;
- в) до 5 м/сек.

253. До помірно швидкоплаваючих відноситься:

- а) лосось;
- б) оселедець;
- в) тунець.

254. До нешвидкоплаваючих відноситься:

- а) меч-риба;
- б) кефаль;
- в) лящ.

255. Що таке показник плавучості?

- а) відношення щільності тіла риби до об'єму води;
- б) відношення щільності тіла риби до щільності води;

в) відношення об'єму тіла риби до щільності води.

256. Яким способом пересуваються придонні риби?

- а) рух за допомогою бічних коливальних вигинів усього тіла;
- б) рух за допомогою частих бічних коливальних рухів задньої частини тіла;
- в) рух за допомогою частих бічних коливальних рухів задньої частини тіла та вигинів усього тіла.

257. Який плавальний міхур мають круглороті риби?

- а) немає плавального міхура;
- б) однокамерний орган;
- в) двокамерний орган.

258. Який плавальний міхур мають риби які швидко міняють глибину плавання?

- а) немає плавального міхура;
- б) однокамерний орган;
- в) двокамерний орган.

259. До закритоміхурових відносяться:

- а) коропові риби;
- б) осетрові риби;
- в) окуневі риби.

260. Видалення надлишку газів з міхура у відкритоміхурових риб відбувається:

- а) через плавальний міхур;
- б) через рот;
- в) через кровоносні судини.

261. Коли відбувається перше наповнення плавального міхура повітрям у коропа?

- а) 0,5-1 добу;
- б) 1-1,5 доби;
- в) 1,5-2 доби.

262. Які відомі способи руху у риб?

- а) плавання, повзання й політ;
- б) плавання, повзання і стрибок;
- в) плавання і повзання.

263. До дуже швидкоплаваючих відносяться:

- а) лосось;
- б) оселедець;
- в) тунець.

264. До нешвидкоплаваючих відносяться:

- а) сазан;
- б) лящ;
- в) лосось.

265. Яким шляхом досягається відносна невагомість у костистих риб?

- а) за рахунок утворення спеціального гідростатичного органу;
- б) шляхом нагромадження жиру, переважно в печінці, рідше в інших тканинах;
- в) за рахунок будови тіла.

ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Аминева В.А., Яржомбек А.А. Физиология рыб. – М.: Легк. И пищ. пром., 1984. – 200 с.
2. Дехтярьов П.А., Євтушенко М.Ю., Шерман І.М. Фізіологія риб. – К.: Аграрна освіта, 2014. 315с.
3. Смит Л.С. Введение в физиологию рыб. – М.: Агропромиздат, 1986. – 168с.
4. Справочник по физиологии рыб /А.А. Яржомбек, В.В. Лиманский, Т.В. Щербина и др. /Под ред. А.А. Яржомбека. – М.: Агропромиздат, 1986. – 192 с.
5. Фізіологія риб / П. А. Дехтярьов [і інш.]. – Кіїв: Вища шк., 2001. – 127 с.
6. Фізіологія сільськогосподарських тварин: Підручник. – К.: Сільгосп-освіта, 1994. – 512 с.

Додаткова

1. Иванова Н.Т. Атлас клеток крови рыб. – М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1983, 184 с.
2. Иванов А.А. Физиология рыб. – М.: Мир, 2003. – 284 с.
3. Кучеров І.С. Фізіологія людини і тварин: Навчальний посібник. – К.: Вища шк., 1991. – 327 с.
4. Общий курс физиологии человека и животных: В 2 кн. – М.: Высш. шк., 1991. – 528 с.
5. Голодец Г. Г. Лабораторный практикум по физиологии рыб – М.: Пищепромиздат, 1955. – 92 с.