

# **ЭНДОКРИННАЯ СИСТЕМА РЫБ**

Лекция 3

# Эндокринная система

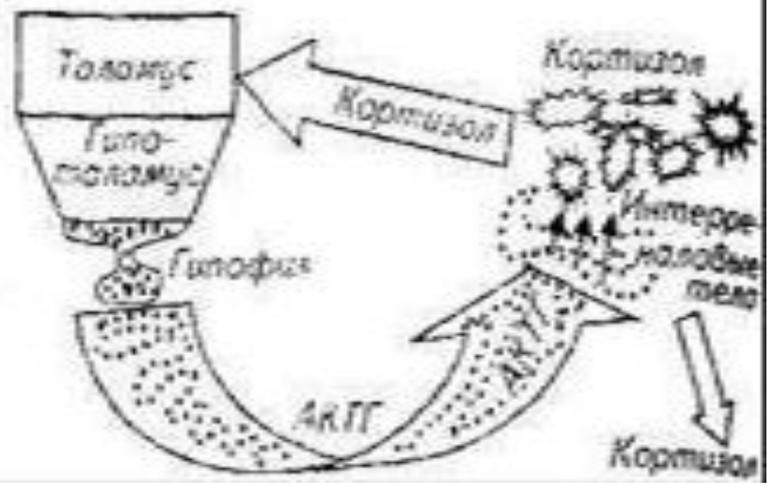
- часть системы нейрогуморальной регуляции, прошедшей длинный эволюционный путь.
- *системе гуморальная регуляция (в историческом плане) первична. Система гуморальной регуляции развивалась параллельно с развитием клеточной мембраны, т. е. эта система регуляции имеется уже у одноклеточных животных. Примитивные одноклеточные обладают раздражимостью. Их клеточная мембрана проявляет избирательность, т.е. свойства, в основе которых функционируют гуморальные агенты- электролиты (ионы калия, натрия, хлора, кальция, водорода, гидроксила). Более сложные функции клетки (размножение, регенерация, рост) контролируются уже с участием гормонов или гормоноподобных веществ.*

- Нервная и гуморальная системы функционируют как единое целое. Взаимодействие между ними осуществляется на трех уровнях: клеточном, органном, организменном.

- Примером взаимодействия на клеточном уровне может служить работа нейрохимического синапса

# Межорганное взаимодействие иллюстрирует работа гипоталамо-гипофизарно-адреналовой системы

- Афферентация рецепторного аппарата приводит в возбуждение определенные структуры таламуса. В результате возбуждается гипоталамус, а затем гипофиз. Здесь заканчивается нервное звено и начинается химическая регуляция.
- Гипофиз вырабатывает и выделяет в кровь адренокортикотроп-гормон (АКТГ), который возбуждает интерреналовые тела головной почки рыб. Результатом этого возбуждения являются образование и выделение в кровь кортикостероидов.



- Примером взаимодействия нервной и гуморальной систем на организменном уровне является реакция адаптации

# Гормоны

- Химическая природа гормонов различна. Это и стероиды, и пептиды, и производные аминокислот, и производные жирных кислот. При этом все они обладают рядом общих черт:
- контролируют синтез белка;
- активны в чрезвычайно малых количествах;
- имеют дистантный характер действия;
- действуют только на свои клетки-мишени, имеющие рецепторы к конкретному гормону;
- имеют непродолжительный период активности;
- многие из них не имеют видовой специфичности.

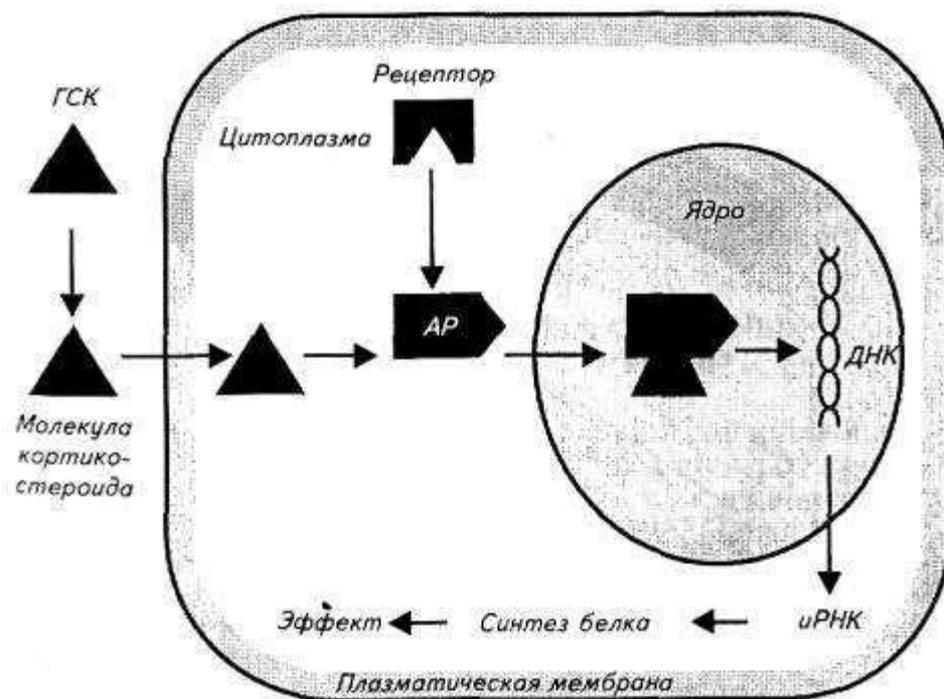
# Стероидные гормоны

- кортизол, тестостерон, эстрадиол, прогестерон
- образуются из холестерина.
- К этой же группе специалисты причисляют арахидоновую кислоту и ее производные (простагландины, простациклины, тромбоксаны, лейкотриены).
- Все стероидные гормоны гидрофобны; их транспортирование по кровеносному руслу осуществляют специальные переносчики. Однако внутрь клетки ввиду своей липофильности они проникают легко

- Рецепторы этих гормонов обнаруживают в цитоплазме клеток-мишеней.
- Белки-рецепторы одновременно выступают и транспортным средством в пределах клетки, доставляя гормон в клеточное ядро.

# В ядре стероиды

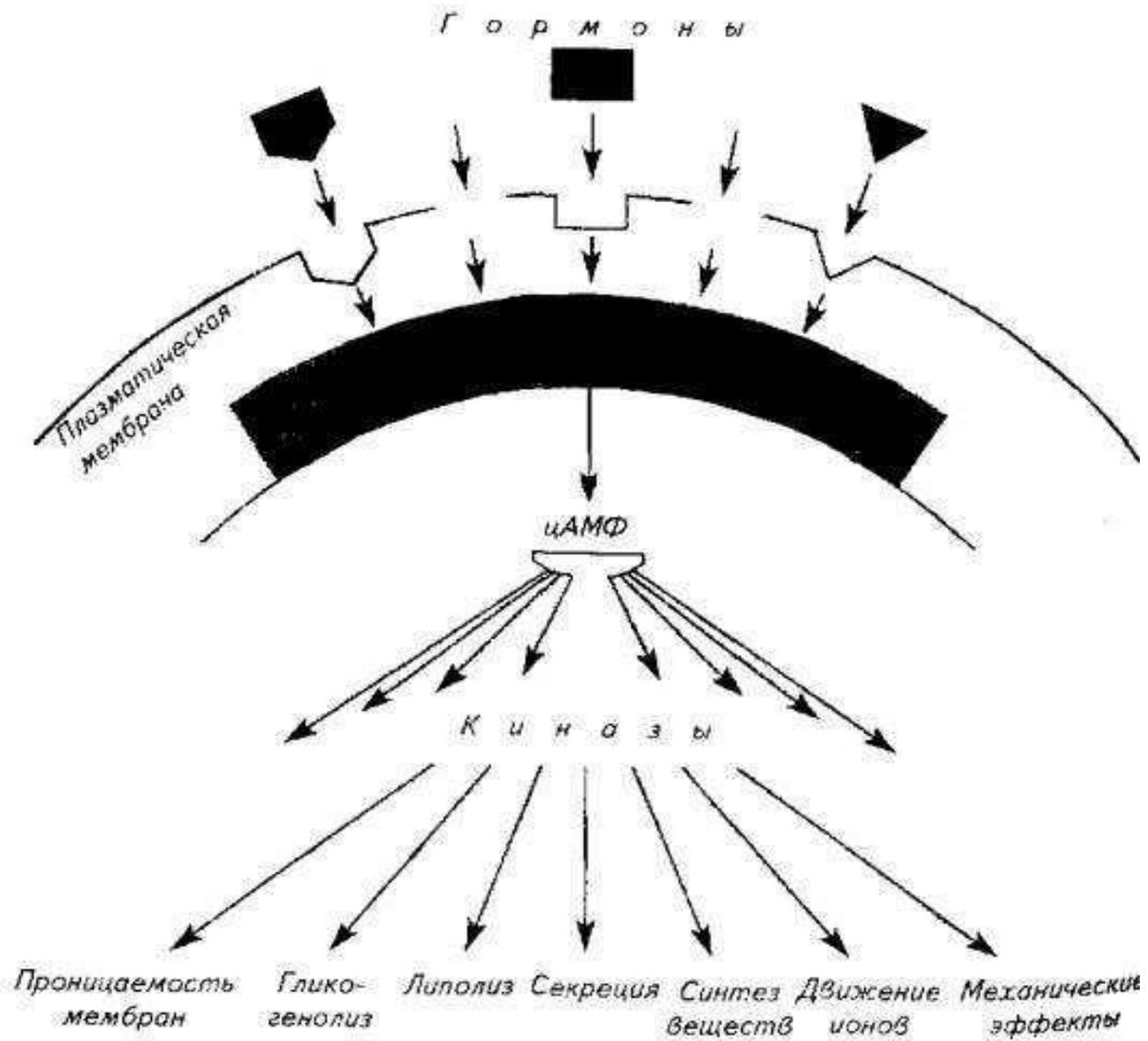
- взаимодействуют с ДНК и вызывают синтез матричной РНК, затем рибосомальной РНК и полисом - комплекса дополнительных рибосом с мембранами эндоплазматического ретикулума.
- В результате индуцированной стероидным гормоном транскрипции и трансляции в клетке-мишени в течение нескольких часов образуется 3-5 новых белков.



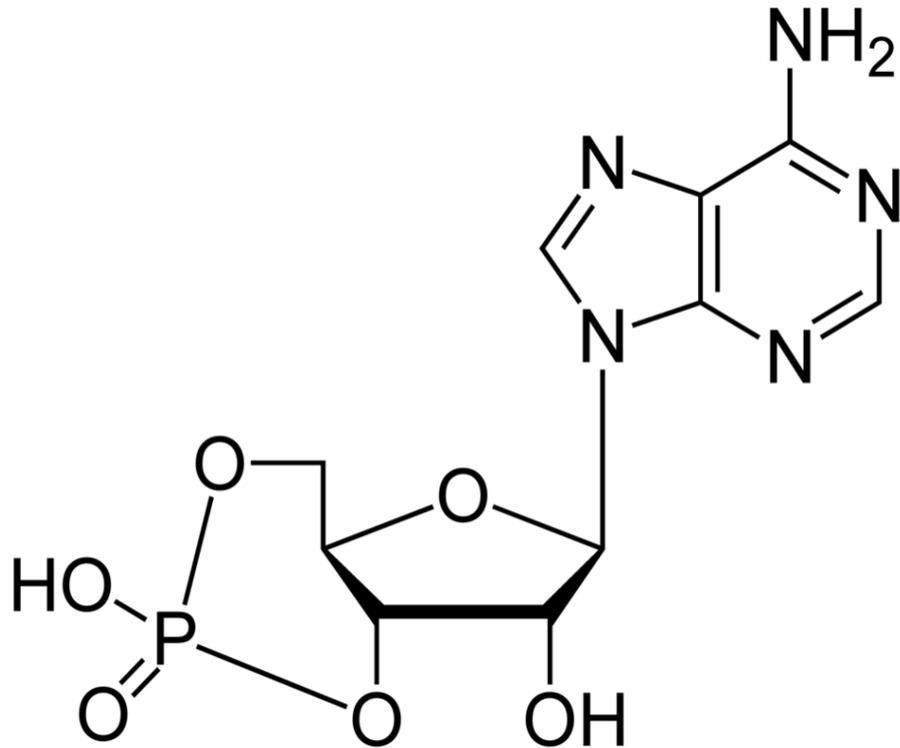
# Белковые гормоны

- (СТГ, ТТГ, ФСГ, ЛГ, пролактин, инсулин и др.) имеют слишком крупные размеры молекулы и не в состоянии самостоятельно проникать через клеточную мембрану
- На поверхности клетки-мишени гормон улавливается рецептором. Механизм действия белковых гормонов заключается в активации цитозольных протеинкиназ, запускающих реакции синтеза определенных белков.

- Этому предшествует этап синтеза ряда химических веществ называемых месенджерами, под влиянием комплекса из гормона и белка-рецептора мембраны клетки-мишени. Роль месенджеров выполняют в основном три агента –
- цАМФ,
- ионизированный кальций и
- диацилглицерин.
- **Месенджеры активируют протеинкиназы, которые, в свою очередь, вызывают фосфорилирование белков и определенные физиологические эффекты (изменение проницаемости мембран, синтетические процессы, механические эффекты и др.).**



ЦАМФ



- цАМФ-зависимыми гормонами являются АКЛТ, ТТГ, ФСГ, ЛГ, адреналин (через  $\beta$ -рецепторы).
- Кальцийзависимыми считаются окситоцин, вазопрессин, гастрин, катехоламины (через  $\alpha$ -рецепторы).

# ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЕ РЫБ

больше подходит название "паракринная система", так как истинной железой можно считать только гипофиз. Остальные структуры, производящие гормоны, либо относятся к железам смешанного типа, либо являются паракринным аппаратом в чистом виде.

Различают несколько видов паракринных эффектов :

- собственно паракринный механизм: специализированная клетка вырабатывает гормон, который поступает в межклеточное пространство и находит поблизости клетку-мишень;
- изокринный механизм: клетка-продуцент гормона плотно контактирует с клеткой-мишенью, поэтому гормон переходит из клетки в клетку;
- аутокринный механизм: клетка-продуцент одновременно является и клеткой-мишенью.

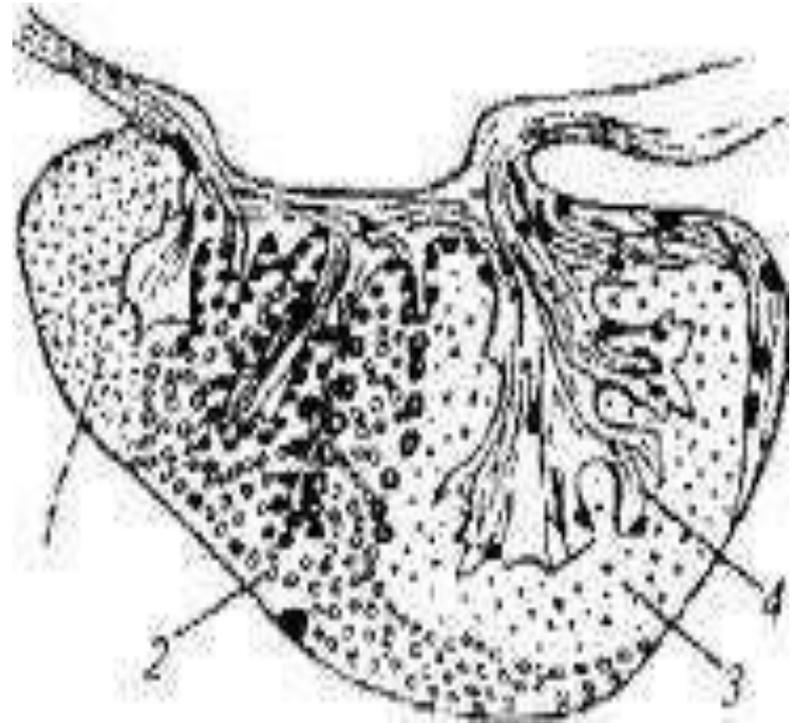
# Гипофиз

- В отличие от гипофиза высших животных гипофиз рыб имеет упрощенное строение: он не имеет четко разграниченных передней, задней и средней долей

- Передняя доля гипофиза (аденогипофиз) у рыб может занимать большую часть железы. В этом случае его подразделяют на проаденогипофиз и мезоаденогипофиз.
- Задняя доля гипофиза является продолжением промежуточного мозга, поэтому и называется нейрогипофизом. По существу, нейрогипофиз и не образует компактной доли у рыб. Чаще он имеет древовидную структуру и пронизывает своими ветвями всю массу гипофиза

# Гипофиз костистых рыб:

- 1, 2- аденогипофиз;  
3- промежуточная  
доля. 4-  
нейрогипофиз



- *Филогенетические корни аденогипофиза и нейрогипофиза различны. Аденогипофиз берет свое начало от органов пищеварения. В эмбриогенезе он формируется как выпячивание задней стенки глотки. Поэтому аденогипофиз рыб состоит из эпителиальной железистой ткани.*
- *Нейрогипофиз исторически связан с нервной трубкой. Поэтому он состоит из элементов нервной ткани - глиальных клеток, отростков нейро-секреторных клеток гипоталамуса и тел Герринга (особые окончания нейронов, выполняющих функцию накопителей нейросекретов).*
- *Средняя доля гипофиза у рыб отсутствует. Однако в составе гипофиза имеются скопления клеток, которые у рыб принято называть метааденогипофизом, являющимся аналогом средней доли гипофиза высших позвоночных животных.*

- Из гипофиза у рыб выделен тот же набор гормонов, что и у высших животных. Однако их физиологические эффекты на рыбе несколько отличаются от известных эффектов у высших позвоночных животных .
- Соматотропный гормон (СТГ) образуется в передней доле гипофиза. Имеет различные органы-мишени. Основные физиологические эффекты на рыбе - рост, органогенез, регенерация органов и тканей.
- Тиреотропный гормон (ТТГ) активизирует функцию щитовидной железы, Адренокортикотропный гормон (АКТГ) контролирует активность интерреналовых тел головной почки. Является участником гуморальной фазы реакции адаптации при воздействии на организм стресс-факторов.

- Пролактин имеет клетки-мишени в ряде органов: почках, жабрах, желудочно-кишечном тракте, плавательном пузыре, коже. Играет большую роль в регуляции избирательных свойств мембраны органов, причастных к осморегуляции у пресноводных видов рыб. Этот гормон стимулирует также образование кожной слизи

- (ФСГ, ЛГ) гипофиза регулируют сперматогенез у самцов и овогенез у самок рыб. Влияют на половое поведение.
- Окситоцин (ихтиотоцин) - гормон нейрогипофиза. Строго говоря, он вырабатывается гипоталамусом, а в нейрогипофизе просто накапливается. Этот гормон у рыб влияет на избирательную проницаемость клеток мембраны почек и жабр. Поэтому можно говорить о его причастности к осморегуляции. механизм его действия на рыбах изучен недостаточно.
- Вазопрессин (вазотоцин) нейрогипофиза рыб регулирует тонус кровеносных сосудов и влияет на их проницаемость, регулирует водно-солевой обмен.

# Меланофорный гормон (МФГ)

- метааденогипофиза у рыб, как и у других животных, регулирует пигментный обмен.
- Секреторная активность метааденогипофиза стимулируется освещением. Выброс в кровь меланофорного гормона приводит к возникновению более темной окраски кожи рыб.

# Щитовидная железа

- у рыб не оправдывает своего названия, заимствованного у высших позвоночных. У рыб под "щитовидной железой" понимают небольшое скопление специфических фолликулов на аорте между сердцем и жабрами и частично на мышцах нижней челюсти, Таким образом, собственно железы как таковой у большинства костистых рыб нет
- По некоторым данным, тиреоидные фолликулы встречаются и на стенках спинной аорты, в головной почке и даже в ткани селезенки. У двоякодышащих и, как ни странно, у хрящевых рыб тиреоидные фолликулы формируют компактный орган. Из тиреоидных образований рыб выделены три гормона - Т2, Т3 и Т4. Из них в крови обнаруживается тетраиодтиренин

- Функция тиреоидных гормонов у рыб до конца неясна. Тироксин не дает у рыб такого однозначного эффекта по отношению к основному обмену, как у наземных животных. Метаморфоз, органогенез и регенерация тканей у рыб зависимы от тиреоидных гормонов лишь частично. Исследователи отмечают гиперфункцию тиреоидных фолликулов у рыб при сезонных, пищевых миграциях и при нересте.
- Эвригалинные рыбы при попадании в соленую воду также отвечают повышением функциональной активности щитовидной железы, что наводит на мысль о причастности тиреоидных гормонов к осморегуляции. Есть свидетельства того, что пероральное назначение тиреоидных гормонов вызывает усиление роста молоди рыб.

- Интерреналовые тельца (функциональный аналог корковой части надпочечников) невооруженным глазом увидеть невозможно так как они представляют собой микроскопические вкрапления в ткань головной почки. Кортикостероиды рыб аналогичны и по химическому составу, и по физиологическим эффектам гормонам корковой части надпочечников высших позвоночных. Из глюкокортикоидов рыб наиболее изученными являются кортизол и кортикостерон.

- Кортизол обеспечивает адаптацию организма рыб в стрессовых ситуациях. Он стимулирует глюконеогенез в печени, поддерживает на постоянном уровне концентрацию глюкозы в крови, подавляет жиросотложение. Этот стероид у рыб причастен и к процессу осморегуляции в пресной воде, так как активно удерживает натрий в почечных канальцах.
- Кортикостерон тоже участвует в осморегуляции. Поскольку он выражение подавляет гломерулярную фильтрацию воды, то можно с уверенностью говорить об его особой роли в процессе поддержания водно-солевого гомеостаза у рыб в соленой воде.
- Роль минералокортикоидов у рыб изучена крайне плохо. Известно, что главный минералокортикоид млекопитающих - альдостерон - на рыбах неэффективен.

- Хромаффиновые железы - аналоги мозгового слоя надпочечников - секретируют в кровь катехоламины. Хромаффиновые клетки можно обнаружить при гистологических исследованиях головной почки в области ее прилегания к задней кардинальной вене. При помощи гистохимических методов в цитоплазме хромаффиновых клеток выявляют два гормона - норадреналин и адреналин. Есть сообщения о том, что соотношение этих гормонов в крови рыб иное, чем у наземных животных. По крайней мере, у карпа преобладающей формой является норадреналин.
- Физиологические эффекты катехоламинов на рыбах аналогичны таковым наземных животных, т. е. они дублируют симпатические влияния. В стресс-реакциях на стадии тревоги у рыб в крови повышается уровень адреналина и возникают классические изменения физиологических показателей.

# Ренин-ангиотензиновая система

- у рыб представлена окологlomerулярными клетками, т. е. является еще одной эндокринной системой в составе почек. Гормон этой структуры - ренин - довольно хорошо изучен. Его основная роль - активация ангиотензина-1 (вырабатывается печенью) в ангиотензин-Н, повышающий кровяное давление в почках. Ренин является видоспецифичным гормоном. Выделенный из почек рыб, он у млекопитающих не вызывает прессорных реакций. Ренин образуется и в тельцах Станниуса - еще одном почечном образовании рыб.
- Тельца Станниуса - это два микроскопических образования на центральной стороне каудальной части почки рыб. Гистохимические исследования, к сожалению, не позволяют выделить в их структуре какой-либо из известных у млекопитающих гормон или гормоноподобное вещество. Однако мало кто сомневается в их эндокринном предназначении, так как их экстирпация сопровождается эффектом выпадения с явными признаками нарушений гормональных регуляций. Их удаление у рыб вызывает серьезные нарушения водно-солевого гомеостаза. Некоторые исследователи считают, что тельца Станниуса вырабатывают вещество гипокальцин, влияющее на обмен кальция у рыб.

# Ультимобранхиальная железа

- - структура, обнаруженная на мембране между сердцем и печенью, имеет вид белесой полоски. Клетки, ее образующие, секретируют в кровь гормон кальцитонин. Этот гормон вызывает сильнейший гипокальциемический эффект у человека и, что совершенно неожиданно, не влияет на уровень кальция в крови у лососей, из железы которых он был выделен. Объяснить это странное явление, наверное, можно следующим. У рыб кальциемию контролирует несколько систем. Роль кальцитонина, возможно, сводится только к контролю за экскрецией кальция через жабры при содержании рыб в соленой воде. В пресной воде его жаберно-эксреторная функция блокируется.

# Урофиз

- - нейросекреторная зона концевой отдела спинного мозга - был обнаружен при изучении гистоструктуры спинного мозга
- еще в середине XIX века. Однако эта железа остается загадкой для физиологов и по сей день.
- Установлено, что урофиз вырабатывает и секретирует в кровь несколько близких по химическому строению веществ. Их называют уротензинами. У карпа эта железа вырабатывает также ацетилхолин. Считается, что уротензины участвуют в осморегуляции пресноводных рыб. Экспериментально доказано, что они снижают периферическое давление крови, вызывают сокращения гладких мышц и способствуют сохранению натрия в организме пресноводных рыб. Уротензины стимулируют поглощение натрия из воды жаберными мембранами и такое же поглощение натрия в почках из первичной мочи

- Поджелудочная железа - железа смешанного типа. Она представляет собой компактный орган только у хрящевых рыб. У костистых она объединена с печенью и потому называется гепатопанкреасом. Этот орган располагается вдоль кишки и достигает разной степени развития, составляя от 1,5 % живой массы у карпа до 10% живой массы у трески.
- Разбросанные по печеночной паренхиме дольки поджелудочной железы имеют индивидуальные экзокреторные протоки, которые после слияния впадают в желчный пузырь. У некоторых видов экзокреторная часть поджелудочной железы имеет собственные протоки, открывающиеся в головной кишке и пи лирических придатках.
- Эндокринная часть разбросана по долькам железы и формируется из клеток четырех типов, включая нервные клетки. Как и у высших позвоночных, поджелудочная железа как эндокринный орган причастна к регулированию углеводно-жирового обмена. Однако в экспериментах после парентерального введения инсулина далеко не всегда получают гипогликемический ответ. Вероятно, глюкоза крови не является для рыб жесткой константой гомеостаза, так как в норме ее концентрация в крови колеблется от 50 до 150 мг%. Более того, экспериментально у рыб удается довести концентрацию глюкозы в крови до нуля без каких-либо клинических признаков патологий, например судорог (как у млекопитающих). Объяснить это можно тем, что у рыб глюкоза не является главным источником энергии для мозга и мышц, как у наземных животных. В мышечном энергетическом обмене у рыб основную роль источников энергии выполняют липиды. И тем не менее во многих случаях инсулин понижает уровень глюкозы в крови рыб, а его антагонист глюкагон соответственно вызывает противоположную реакцию.

- Гонады как железы смешанной секреции имеют хорошо развитый эндосекреторный аппарат, который вырабатывает половые стероиды.
- В ястыках вырабатываются в больших количествах эстрогены, которые регулируют у самок овогенез, влияют на развитие вторичных половых признаков при половом созревании, формируют половое поведение самок.
- Определяющая роль эстрогенов в половом детерминизме ювенальных гермафродитов доказана в экспериментах по скармливанию эстрогена и эстрадиола молодежи тилляпии и лососевых рыб. Причем эстрадиол оказывал более сильный по сравнению с эстроном эффект. При его использовании и на тилляпии, и на лососях выход самок составлял 100 %.
- Роль прогестерона у самок рыб пока изучена плохо.
- Активность эндокринной системы яичников характеризуется цикличностью. Большую часть года она находится в состоянии относительного покоя. С приближением нерестового периода под влиянием гонадотропных гормонов гипофиза происходит ее активизация.

- Семенники рыб вырабатывают мужские половые гормоны, наибольшее значение из которых имеет тестостерон. Андрогены стимулируют сперматогенез, формируют вторичные половые признаки, определяют половое поведение самцов при нересте. Тестостерон и другие мужские половые гормоны обладают ярко выраженным анаболическим эффектом и при добавлении в корм уже в количестве 1 -10мг/кг вызывают ускоренный рост многих видов рыб (карась, форель, тиляпия, кижуч).
- Таким образом, эндокринная (паракринная) система рыб регулирует основные вегетативные функции рыб и определяет многие стереотипические поведенческие реакции