

РОЛЬ СЕРОТОНИНА В РЕГУЛЯЦИИ ЭКЗОТРОФИИ У РЫБ

В.В. Кузьмина

Учреждение Российской академии наук Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,
Борок, Ярославская обл., Россия
vkuzmina@ibiw.yaroslavl.ru

Регуляция экзотрофии – сложный процесс, находящийся под нейро-гуморальным контролем. Наиболее подробно исследована регуляция начального звена экзотрофии – пищевого поведения рыб. Продемонстрировано участие в центральной регуляции пищевого поведения рыб различных гормонов и нейропептидов. Твердо доказано ингибирующее влияние на количество потребляемой рыбами пищи таких гормонов и пептидов, как гистамин, кортиколиберин, дофамин, серотонин, бомбезин, холецистокинин, а также стимулирующее действие галанина, нейропептида Y и β -эндорфина. Есть сведения об увеличении потребления пищи под влиянием гормона роста. Обсуждается влияние на этот процесс α -меланоцитстимулирующего и тиреотропного гормонов, глюкагона глюкагоно-подобного пептида -1, инсулиноподобного фактора-1, пептида YY, а также норадреналина, γ -аминомасляной кислоты, меланинконцентрирующего гормона, тиреоидных гормонов, инсулина и лептина. Вместе с тем роль моноаминов в регуляции пищевого поведения рыб изучена недостаточно. При исследовании влияния серотонина (5-НТ) на потребление пищи карасем *Carassius auratus* выявлен аноректический эффект только в случае его центрального (интравентрикулярного) введения. Достоверный ингибиторный эффект при внутривентрикулярном введении 5-НТ не обнаружен (De Pedro et al., 1998).

Особо следует отметить, что традиционно во всех известных работах учитывалось только количество потребляемой пищи. Вместе с тем изучение пищевого поведения должно по возможности охватывать все этапы этого процесса, в том числе двигательную активность. Сведения о влиянии 5-НТ на характеристики пищеварительных ферментов, реализующих центральный этап экзотрофии – процессы пищеварения у рыб до последнего времени отсутствовали. В докладе будут представлены данные по влиянию периферически введенного серотонина на пищевое поведение и процессы пищеварения у рыб на примере карпа *Cyprinus carpio* L. В условиях, имитирующих «бентосный» тип питания, регистрировали четыре параметра – время нахождения рыб в камере (стартовом отсеке) после подъема передней стенки камеры (t_1), время, необходимое для достижения рыбами корма – латентное время питания, величина которого обратно пропорциональна скорости пищевой реакции ($1/t_2$), время потребления рыбами корма (t_3), а также рацион (R). В последнем случае учитывали количество съеденных личинок хирономид за 3 мин наблюдения. Наблюдения проводили 2 раза в сутки – в 9 и 14 час на протяжении 3-х суток. Важно отметить, что периферическое (внутрибрюшинное и внутримышечное) введение (10 мкг/г массы тела) приводит к значительному изменению поведения рыб. Через 2 мин после инъекции 0.1 мл 5-НТ рыбы всплывают к поверхности воды, активно поглощают воздух и держатся в поверхностном слое 20–30 мин. Затем они опускаются в придонные слои воды, что характерно для рыб-бентофагов. К моменту начала регистрации пищевого поведения, рыбы опытной группы не отличаются по поведению от рыб контрольной группы. Указанный феномен обусловлен тем, что 5-НТ является стимулятором 5-НТ₂- рецепторов, локализованных в гладкой мускулатуре стенок сосудов. Сужая сосуды, 5-НТ негативно влияет на дыхательную функцию. Предварительное введение папаверина, обладающего спазмолитическим действием, снимает этот эффект. Время пребывания рыб в стартовом отсеке (t_1) у рыб опытной группы достоверно увеличивается через 1, 5, и 53 ч (в последнем случае на 70%), что свидетельствует о снижении у рыб уровня адаптивного любопытства. Изменение времени достижения кормового пятна (t_2) носит колебательный характер. Достоверное увеличение значений t_2 наблюдается через 5, 29 и 53 ч после введения 5 НТ (максимум на 110%). Время питания (t_3) у рыб опытной группы достоверно увеличивается лишь в первые часы после введения 5 НТ. При этом рацион у рыб опытной группы достоверно снижается через 1, 5 и 24 ч (максимум на 35%). Кроме того, при исследовании тех же показателей установлено усиление ингибиторного эффекта кайромона хищника (щуки) на пищевое поведение карпа под влиянием 5-НТ.

Ранее снижение количества потребляемой рыбами пищи, наблюдавшееся при интравентрикулярном введении той же дозы 5-НТ объяснялось тем, что кортикотропин-релизинг-фактор (CRF)

осуществляет не только собственные аноректические эффекты, но и может участвовать в качестве медиатора в эффектах серотонина, активируя CRF-нейроны, которые в свою очередь ингибируют серотонинергическую трансмиссию. При этом отсутствие эффекта при внутривентральном введении 5-НТ объяснялось крайне слабым его проникновением через гематоэнцефалический барьер. Однако в последние годы была доказана как возможность проникновения молекул 5-НТ из пищеварительного тракта в кровь, так и возможность преодоления ими гематоэнцефалического барьера.

Эти факты дают основания полагать, что в регуляции потребления пищи у рыб участвуют как центральные, так и периферические механизмы. Это предположение подтверждается сведениями о том, что у млекопитающих 5-НТ действует как периферический посредник сытости. При этом в реализацию ингибиторного действия серотонина включены рецепторы двух типов – 5-НТ1В 5-НТ2С. Более того, известно, что в состав кишечного эпителия входят энтерохромаффинные клетки, вырабатывающие серотонин. Этот факт делает понятным то обстоятельство, что 5-НТ стимулирует секрецию ферментов поджелудочной железы, воздействует на моторику желудочно-кишечного тракта, а также, по-видимому, индуцирует эффекты гормонов. Возможность вовлечения инсулина в эффекты 5-НТ подтверждается двумя обстоятельствами. При введении рыбам инсулина не только выявлено дозозависимое снижение потребления пищи, но и отмечено значительное изменение уровня гликемии. Так, через 30 мин после введения 5-НТ уровень гликемии снижается в 5.3 раза по сравнению с контролем, что обычно наблюдается при введении инсулина. О вовлечении других гормонов в регуляцию гликемии свидетельствует колебательный характер ее изменения. Действительно, уже через 3 ч после введения 5-НТ уровень гликемии увеличивается в 11.5 раз (от 1.6 до 18.4 ммоль/л). Этот факт может свидетельствовать об увеличении секреции адреналина и кортизола, ингибирующее влияние которых на пищевое поведение рыб хорошо документировано. Вовлечение адреналина подтверждается наблюдающейся при этом дефекацией, обусловленной усилением моторики желудочно-кишечного тракта рыб. Через сутки уровень гликемии приближается к норме. Также не исключено влияние серотонина на эффекты глюкагона, холецистокинина и мелатонина. На вовлечение гормонов указывает и тот факт, что в наших опытах наблюдалось колебательное пролонгированное влияние серотонина как на рацион рыб, так и на их двигательную активность. Помимо этого, опосредованное влияние на эффекты 5-НТ оказывает физиолого-биохимический статус рыб. В частности, в условиях голодания или недостаточного питания эффекты 5-НТ усиливаются.

Таким образом, на примере карпа впервые показано, что серотонин, введенный периферически (внутрибрюшинно или внутримышечно), пролонгированно влияет на различные аспекты пищевого поведения рыб: снижает уровень адаптивного любопытства, замедляет скорость пищевой реакции и время питания, а также уменьшает рацион рыб. Имеющиеся данные свидетельствуют о возможности не только прямого, но и опосредованного влияния периферически введенного 5-НТ как на пищевое поведение рыб, так и на активность пищеварительных гидролаз. Полученные данные расширяют сведения о действии серотонина на различные характеристики пищевого поведения и пищеварения, существенно дополняя представления о роли этого моноамина в регуляции экзотрофии у рыб.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 09-04-00075).

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИДРОЛАЗ КОНСУМЕНТОВ, ЖЕРТВ И ЭНТЕРАЛЬНОЙ МИКРОБИОТЫ (НА ПРИМЕРЕ РЫБ)

В.В. Кузьмина¹, Е.Г. Скворцова², М.В. Шалыгин²

¹ Учреждение Российской академии наук Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Ярославская обл., Россия
vkuzmina@ibiw.yaroslavl.ru

² ФГОУ ВПО Ярославская государственная сельскохозяйственная академия, Ярославль, Россия
kafiza@mail.ru

Температура – один из важнейших факторов, влияющих на активность ферментов у пойкило-термных животных. Изучение влияния температуры на активность пищеварительных гидролаз у рыб имеет почти 140-летнюю историю (Fick, Murisier, 1873). Вместе с тем ранее, как правило, исследовались только характеристики ферментов слизистой оболочки пищеварительного тракта. Опи-