

достоверную положительную связь между длиной тела и числом аномалий в хвостовом отделе позвоночника ($R=0.45$) у рыб, раннее развитие которых прошло в ММБ.

Действие ММБ на *D. magna*. Изучение действия ММБ на ранний онтогенез *D. magna* проводилось в серии экспериментов при температурах 21⁰С и 23⁰С. Начало экспозиции развивающихся эмбрионов приходилось на время соответствующее фазе внезапного начала (1-е сутки) и фазе восстановления (2-е сутки) ММБ.

Для оценки влияния действия ММБ, фазы ММБ на момент начала экспозиции, температурного режима, и взаимодействия этих факторов на темпы выхода эмбрионов из первой яйцевой оболочки был проведён многофакторный дисперсионный анализ. Установлено влияние фазы ММБ на момент начала экспозиции ($F=4.66$, $p<0.05$), температуры ($F=437.28$, $p<0.001$), взаимодействия температуры и фазы ММБ на момент начала экспозиции ($F=6.53$, $p<0.05$), а также взаимодействия трёх изучаемых факторов ($F=11.13$, $p<0.01$) на темпы выхода эмбрионов из первой яйцевой оболочки. Развитие эмбрионов дафний при 23⁰С проходило быстрее, чем при 21⁰С. Наблюдалась зависимость темпов выхода развивающихся эмбрионов из первой яйцевой оболочки от той фазы ММБ, на которую пришлось начало экспозиции.

Эмбрионы, развивавшиеся в ММБ, отличались повышенной смертностью по сравнению с контролем. После экспозиции рачки развивались до дефинитивного состояния и производили потомство, размеры которого также зависели как от температурных условий, так и от той фазы ММБ, на которую пришлось начало экспозиции.

Таким образом, биологическая эффективность типичной магнитной бури подтверждена экспериментально. Действие ММБ приводило как к эффектам, сходным с теми, что были получены ранее в экспериментах с искусственными магнитными полями с интенсивностью на порядок выше, так и к противоположным эффектам. Причина расхождений может крыться в сложной комбинации сменяющих друг друга факторов флуктуирующего магнитного поля в ММБ. Кроме того, экспериментально установлены различия в биологической эффективности различных фаз ММБ.

Работа поддержана Советом по грантам Президента РФ. Грант МК-239.2009.4.

EFFECTS OF TYPICAL MAGNETIC STORM ON THE EARLY ONTOGENESIS OF *DAPHNIA MAGNA* STRAUS *RUTILUS RUTILUS* (L.)

V.V. Krylov¹, O.D. Zotov², Yu.V. Chebotareva¹, Yu.G. Izyumov¹,
E.A. Osipova¹, A.V. Znobisheva³, N.A. Demtsun⁴

¹ Institute of Biology of Inland Waters RAS, Borok, Russia

² Borok Geophysical Observatory Institute of Physics of the Earth RAS, Borok, Russia

³ Institute of Theoretical and Experimental Biophysics, Pushchino, Russia

⁴ Taurida National V.I. Vernadsky University, Simferopol, Ukraine

The action of the model of the magnetic storm, created in a confined volume, on the early ontogenesis of *Rutilus rutilus* and *Daphnia magna* was studied. The biological efficiency of the magnetic storm was confirmed in experiment. Dependence of biological effects on phases of the magnetic storm was shown. Study was supported by grant МК-239.2009.4.

МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ПЕЧЕНИ РЫБ ПОСЛЕ ТОКСИЧЕСКОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ

В.Н. Крючков

Астраханский государственный технический университет

В обычных условиях для печени характерен высокий уровень резистентности в поддержании нормальной морфологической структуры. Закономерно возникает вопрос, какова степень морфологической адаптации ткани печени при токсических поражениях.

Исследования проводились на карпах массой 40–45 г, которые подверглись интоксикации кадмием в концентрации 0,25 мг/л, а затем следовал период восстановления (до 30 суток). Структура печени изучалась методами световой и электронной микроскопии.

Результаты исследования показали, что морфологическим субстратом функциональных резервных возможностей органа является гипертрофия и гиперплазия внутриклеточных органелл гепатоцита.

Состояние ядер большинства гепатоцитов свидетельствовало об их высокой функциональной активности. В большинстве ядер были четко видны гранулярный и фибриллярный компоненты ядрышка, а также центральные светлые зоны ядрышка, где располагается рибосомальная РНК. Количество ядерных пор по сравнению с контролем увеличилось.

Наблюдалось формирование новых участков эргастоплазмы. Скопления канальцев эндоплазматического ретикула (новообразованные) отмечались как вокруг ядер, так и на более отдаленных от ядра участках цитоплазмы. Если постараться воссоздать по препаратам этот процесс в динамике, то можно отметить, что, по всей видимости, образование новых мембран эндоплазматической сети происходит от ядра и далее к периферии клетки. Также отмечалась регенерация ретикула вблизи митохондрий.

Как правило, митохондрии были довольно многочисленными, вокруг них располагались канальца гранулярной эндоплазматической сети. Канальца, расположенные ближе к митохондриям, несли на поверхности своих мембран большее количество рибосом, чем более удаленные от митохондрий. Таким образом, формировался комплекс «митохондрии – гранулярная эндоплазматическая сеть», обеспечивающая эффективный синтез белков. Постепенно все большее количество клеток приобретало вид, характерный для нормально функционирующей печени. В центре клетки располагалось ядро с крупным хорошо выраженным ядрышком. Большая часть цитоплазмы при этом была заполнена гранулярным эндоплазматическим ретикулом и митохондриями. Обычно в нормальных клетках печени эндоплазматическая сеть развита умеренно и занимает небольшую часть цитоплазмы, обычно около митохондрий. При регенерации эндоплазматическая сеть занимает почти всю цитоплазму (Саркисов, Втюрин, 1967), что имело место и при данных исследованиях.

Активная синтетическая функция клетки требует большого количества энергии, в связи с этим идут активные процессы репарации митохондрий.

Несмотря на активные компенсаторные и репаративные процессы, в гепатоцитах оставались вакуоли, образованные расширенными каналами эндоплазматического ретикула. Высокая степень функционального напряжения митохондрий нашла свое отражение в нарушениях их структуры.

Отдельные гепатоциты или группы гепатоцитов подвергались деструкции, в результате которой обнаруживался детрит, состоящий из ядер и различных органелл цитоплазмы в различной степени разрушения.

Итак, обобщим полученные данные.

Первыми (и вообще наиболее отчетливо) на токсическое воздействие реагировали митохондрии и эндоплазматический ретикулум. Конечно, было бы неверно выделять эти органеллы среди других клеточных структур по признаку их большей чувствительности к вредным воздействиям. Несомненно, клетка реагирует как единое целое, т.е. всеми составными частями. Аппарат Гольджи тоже очень чувствителен к воздействиям, но митохондрии и эндоплазматический ретикулум, как структуры функционально связаны с внутриклеточным синтезом белка и ферментативными системами, и поэтому являются особенно лабильными и чувствительными к изменениям среды. Характерно, что и регенераторные процессы начинаются с восстановления этих структур.

Параллельно была исследована функция печени, по изменению содержания в крови билирубина.

У контрольных рыб уровень билирубина составил в среднем 7,56 ммоль/л. У отравленных рыб операции уровень билирубина был равен 14,6 ммоль/л. После помещения рыб в чистую воду началось постепенное снижение уровня билирубина в крови рыб. Эта тенденция была весьма устойчивой, и через 10 суток концентрация билирубина в крови составила уже 10,6 ммоль/л. Из этого можно сделать вывод, что функция печени после интоксикации начала постепенно восстанавливаться. К концу эксперимента уровень билирубина в крови рыб нормализовался.

Следовательно, нормализация функций печени началась раньше регенеративных процессов и шла параллельно им.

Полученные данные по ультраструктурной морфологии гепатоцитов после интоксикации позволяют сделать следующее заключение. Ультраструктуры клетки подвержены своеобразным изменениям, весьма сходными и при патологических процессах (интоксикация) и при различных функциональных состояниях, в частности, при усилении рабочей активности, вызванной, например, компенсаторной гиперфункцией при удалении части органа (Крючков, Фомин, 2005). При усилении функциональной нагрузки все большее число органоидов включается в работу, меняя при этом свою структуру, а затем подвергаясь гибели и смене новыми. По-видимому, сходные изменения структур органоидов могут наступать как при изменении их функционального состояния, так и при некоторых патологических процессах. Возможно, это сходство не является случайным, т.к. нередко причиной деструктивных изменений тканей является прогрессирующая, т.е. нерегулируемая функциональная нагрузка (Саркисов, 1988). Патологическое состояние возникает как результат функционального перенапряжения.

ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ АДАПТАЦИЙ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ НА ОСНОВЕ ИХ КАРДИОАКТИВНОСТИ И ДВИГАТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ

Т.В. Кузнецова¹, В.В. Трусевич², А.С. Куракин¹, С.В. Холодкевич¹

¹ Научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН, Санкт-Петербург, Россия
kuznetsova_tv@bk.ru

² Карадагский природный заповедник НАН Украины, Украина, Феодосия

Проведено изучение основных характеристик кардиоактивности и движения створок, регистрируемых неинвазивно, на двустворчатых моллюсках (*Mytilus edulis* L., *Mytilus galloprovincialis* Lam.). Эксперименты проводили одновременно на группах из 7 мидий, параллельно регистрируя их кардиоактивность и движение створок.

Исследования суточной динамики движения створок моллюсков в условиях естественной среды обитания, а также в аквариумных условиях содержания показали определенные различия в ритмической организации двигательных актов и кардиоактивности моллюсков, содержащихся в неволе и в море.

В естественных условиях обитания в движении створок мидий наблюдался ярко выраженный суточный ритм, с особенностями ночного и дневного периода активности. Переходы от ночного периода к дневному и обратно точно совпадали с моментом восхода и захода солнца и осуществляются в течение 5–10 мин. Ночной период активности характеризуется большей амплитудой раскрытия створок и частотой схлопывания (аддукция): 3–4 раза в час, в естественных условиях обитания. Величина раскрытия створок разных животных колебалась в широких пределах и у *M. galloprovincialis* Lam. 2–3-х летнего возраста достигала 7–8 мм и более. Дневной период активности характеризуется меньшей величиной амплитуды раскрытия створок и частотой аддукции 1 раз в 2–3 часа. Особенности двигательных актов створок и их паттерн у моллюсков могут варьировать в широких пределах, имеют ярко выраженный индивидуальный характер, сохраняя при этом, однако, четкую суточную ритмику.

В суточном ритме движений створок мидий в естественных условиях отмечаются также периоды продолжительного, от нескольких десятков минут до 1–1,5 часов, полного закрытия створок, определяемого различными исследователями как период «сна», «расслабления» или «отдыха». Эти периоды «отдыха» в наших наблюдениях у разных моллюсков проявлялись в различное время, хотя чаще – в конце ночного или дневного периода суток. Напротив, при содержании мидий в аквариальных условиях, начиная с 4–5-х суток и далее, постепенно нарастают изменения характера и ритма движения створок: начинают учащаться и удлиняться периоды «отдыха», постепенно достигая от нескольких часов до суток и более. Эти периоды прерываются постепенно все более редкими кратковременными всплесками активности движений створок с меньшей амплитудой раскрытия створок, при этом постепенно нарушается суточный ритм движения створок. Такой характер изме-