

УДК 591.169.1:595.123+615.849.11

ВЗАИМОСВЯЗЬ ИНФРАДИАННОЙ РИТМИКИ ПАРАМЕТРОВ РЕГЕНЕРАЦИИ ПЛАНАРИЙ *DUGESIA TIGRINA* С ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АСИММЕТРИЕЙ

Ярмолюк Н.С., Темурьянц Н.А., Шехоткин А.В.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: nat_yarm@mail.ru*

Обнаружены различия параметров инфрадианной ритмики регенераторных процессов у планарий с различной функциональной асимметрией. Электромагнитное экранирование вызывает изменения инфрадианной ритмики, которые у животных с различной функциональной асимметрией выражены по-разному.

Ключевые слова: функциональная асимметрия, инфрадианная ритмика, планарии *Dugesia tigrina*, регенерация, скорость движения.

ВВЕДЕНИЕ

Природа и формирование межполушарной асимметрии принадлежит к числу важнейших, но плохо изученных проблем физиологии. В течение долгого времени бытовало убеждение, которое не исключено и сейчас, что асимметричная функциональная организация мозга – свойство высокоорганизованных существ. Однако постепенно накапливаются сведения о явлениях асимметрии и среди беспозвоночных животных. Так, пространственно-моторная асимметрия обнаружена у пчел, жуков и муравьев [1], моллюсков [2], раков [3] и крабов [4].

Однако не изученным остается вопрос о взаимосвязи функциональной асимметрии с эволюционным развитием мозга. Центральная нервная система (ЦНС) в филогенетическом ряду впервые возникла у плоских червей. Их ключевая позиция в эволюционном ряду определяется концентрацией нервных элементов в ортогон и выделением головного конца нервной системы в парный ганглий [5, 6], а также появлением билатерально-симметричной организации тела. Обнаруженная у планарий асимметрия характеризуется определенной устойчивостью, что проявилось, в частности, в отсутствии ее сдвигов в зависимости от сезона, а также от ориентации лабиринта по сторонам света [7]. Таким образом, планарии, являясь наиболее примитивными представителями современной фауны, обладают функциональной асимметрией [8]. Особая значимость планарий в изучении эволюции животных определяется и их уникальной способностью к регенерации целого организма из мельчайших фрагментов тела и относительно простой структурно-функциональной организацией [9–11]. Новая особь восстанавливается из 1/300 части тела материнского организма или приблизительно из 10^4 клеток [12]. Благодаря этой

уникальной регенераторной способности Далил назвал эти животных бессмертными «под ударом ножа и возраста».

Вместе с тем, в настоящее время актуальным является изучение взаимосвязи временных и пространственных свойств человека и животных [13, 14]. Однако таких исследований на беспозвоночных не проводилось. В связи с этим представляет интерес изучение особенностей инфрадианной ритмики регенераторных процессов у планарий с различной функциональной асимметрией, а также особенностей влияния на них факторов, приводящих к изменению временной организации биологических процессов. Известно, что к таким факторам принадлежат электромагнитные поля (ЭМП) различных параметров, и в том числе ослабленное магнитное поле (МП) [15]. В связи с этим, задачами настоящего исследования явилось изучение взаимосвязи функциональной асимметрии поворотов в Т-образном лабиринте и многодневной ритмики регенераторных процессов у интактных планарий, а также у животных, подвергнутых действию ослабленного поля.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использована лабораторная бесполовая раса планарий *Dugesia tigrina*, культура которой содержится в Институте биофизики клетки РАН (г. Пущино) десятки лет при постоянных условиях, в настоящее время успешно культивируется в Таврическом национальном университете им. В.И. Вернадского (г. Симферополь), условия ее содержания и кормления описаны ранее [16].

Для определения функциональной асимметрии планарий применяли методику свободного выбора направления в Т-образном лабиринте [8]. Для этого использовали стеклянный лабиринт, состоящий из коридоров, расположенных Т-образно длиной 6 см, глубиной 1 см, шириной 5 мм, свободно открывающихся наружу. Лабиринт помещали в кристаллизатор с водой, которая заполняла его на 2/3 глубины (рис. 1).

Освещенность при проведении опыта была равномерной и постоянно контролировалась. Температура воздуха в лаборатории колебалась в пределах 18-23°C.

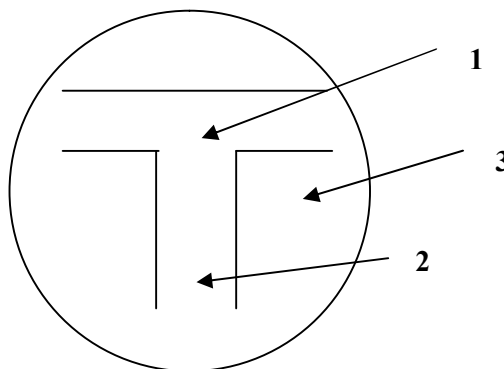


Рис. 1. Т-образный лабиринт, где 1 – коридор свободного выбора направления; 2 – стартовый коридор; 3 – кристаллизатор с водой.

Наблюдения проводились в весенний сезон года. Для экспериментов отбирали животных длиной $\approx 10 \pm 1$ мм, у которых движение осуществлялось за счет ресничек, а не мускулатуры [17]. Во время опыта манипуляции проводили с помощью пипетки. Опыт состоял из десяти проб. Планарию помещали в стартовый коридор головным концом в направлении развилки. После выбора одного из направлений её вновь переносили в стартовый коридор, и так десять проб подряд. Затем животное возвращали в стаканчик и заменяли следующей особью. После того, как заканчивали серию на пяти особях, лабиринт протирали ватой для удаления слизи и начинали следующую серию.

В итоге отмечали направление каждого сделанного планарией выбора. Суммировали число правых и левых поворотов в целом за весь опыт, что дало нам возможность разделить животных на две группы симметриков и асимметриков, а асимметриков разделить на «правшей» (R) и «левшей» (L).

У планарий с различной функциональной асимметрией исследовали регенерацию головного конца тела после его ампутации. Применяли разрез Мария Антуанетта [18].

Далее группы выделенных асимметриков делили на 2 подгруппы по 25 особей в каждой, их помещали в стеклянные стаканы, содержащие по 50 мл воды.

Первую подгруппу составил контроль, регенерация у них протекала без каких-либо дополнительных воздействий. Животных второй подгруппы после декапитации в течение пятнадцати дней по 23 часа в сутки содержали в экранирующей камере. Ежедневно в течение одного часа (всегда в одно и то же время с 10 до 11 час.) проводили контроль регенерационных процессов, фиксацию изображения, измерение температуры воды и т.д.

Для оценки динамики роста регенерационной почки (бластемы) планарий применяли метод прижизненной морфометрии, использующий компьютерные технологии анализа изображений [19, 20].

Подробное описание установки для прижизненной морфометрии, используемой в настоящем исследовании, описано ранее [21].

В качестве количественного показателя роста бластемы нами использован индекс регенерации (ИР) $R = S_1/S_2$, где S_1 – площадь бластемы, S_2 – площадь всего тела регенерата в данный момент времени [19].

Ослабление электромагнитного поля достигалось применением экранирующей камеры, изготовленной из железа «Динамо». Коэффициент экранирования постоянной компоненты магнитного поля (МП), составлял по вертикальной составляющей 4,4, по горизонтальной – 20. Коэффициент экранирования внутри камеры для частот от 10^{-4} до 30 Гц находится в пределах трех-четырех, на промышленной частоте 50 Гц и кратных гармониках 150 и 250 Гц – около трех. На более высоких частотах имела место лишь тенденция к ослаблению [22].

Изменение параметров регенерации у «правшей» и «левшей» определяли с помощью коэффициента эффективности (КЭ):

$$КЭ = \frac{(\Delta MЭ - K) \pm (\delta \Delta MЭ + \delta K)}{K \pm \delta K} \cdot 100\%,$$

где КЭ – разность (%) между величинами ИР или СД в группе «правшей» или «левшей», подвергаемых ЭМЭ, по отношению к значениям этих показателей интактных животных соответствующих групп; $\delta_{ЭМЭ,К}$ – стандартные ошибки измерений в группах животных с различной функциональной асимметрией, подвергавшихся электромагнитному экранированию, к стандартным ошибкам соответствующих групп интактных животных.

Коэффициент выводился в каждый день эксперимента.

Проверка полученных данных на закон нормального распределения позволила применить параметрический метод в статистической обработке и анализе материала исследования, поэтому вычисляли среднее значение исследуемых величин и ошибку средней. Оценку достоверности наблюдаемых изменений проводили с помощью t-критерия Стьюдента. За достоверную принимали разность средних при $p < 0,05$. В качестве оценки меры близости переменных применяли линейные коэффициенты корреляции Пирсона. Расчеты и графическое оформление полученных в работе данных проводились с использованием программы Microsoft Excel и программного пакета «STATISTICA – 6.0» [23, 24].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате тестирования 350 планарий в Т-образном лабиринте выделяли две группы животных: «ассимметрики» и «симметрики». В первую группу (40% популяции) вошли «асимметрики» – R-формы (или «правши»), предпочитающие правый поворот в лабиринте, и L-формы (или «левши»), предпочитающие левый поворот. Среди «асимметриков» преобладали «правши», их количество составило 57%, тогда как «левшей» насчитывалось 43%. RL-формы (или «симметрики») составили вторую группу животных, они не обнаружили достоверного предпочтения одного какого-либо направления движения, они составляют 60% популяции. Таким образом, полученные нами данные о распределении «симметриков» и «асимметриков» в популяции планарий согласуются с имеющимися литературными данными [8].

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что выраженность регенераторных процессов у животных с различной функциональной асимметрией несколько различаются.

Так, в контрольной группе «правшей» ИР со вторых суток эксперимента возрастал от $0,017 \pm 0,001$ усл.ед. до $0,108 \pm 0,001$ усл.ед. на 14-е сутки наблюдения. В группе «левшей» значения ИР увеличивались от $0,011 \pm 0,001$ усл.ед. на вторые до $0,096 \pm 0,001$ усл.ед. на 14-е сутки эксперимента. В первой половине эксперимента достоверных отличий ИР планарий с различной функциональной асимметрией не обнаружено, однако, начиная с 10 суток наблюдения, отмечено преобладание ИР «правшей» относительно группы «левшей» \approx на 14 % ($p < 0,01$) и более (рис. 2).

Таким образом, в обеих исследуемых группах отмечено неуклонное возрастание ИР и в течение 14 суток наблюдения он не стабилизируется, т.е. регенерация в течение такого срока наблюдения в исследуемых группах не заканчивается, однако скорость регенерации у «правшей» несколько выше, чем у «левшей».

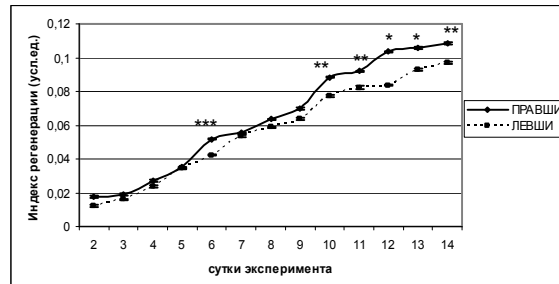


Рис. 2. Динамика индекса регенерации планарий с различной функциональной асимметрией.

Примечание: * – достоверность различий при сравнении с данными групп «правшей» и «левшей»: * – ($p < 0,001$); ** – ($p < 0,01$); *** – ($p < 0,05$).

При анализе динамики СД животных выделенных групп отмечены такие же закономерности. Так, СД «правшей» изменяется от $0,748 \pm 0,05$ мм/с на вторые сутки до $1,516 \pm 0,08$ мм/с на 14-е сутки. В группе «левшей» СД была несколько меньше как в начале, так и в конце эксперимента, колебалась от $0,592 \pm 0,03$ мм/с на вторые сутки до $1,392 \pm 0,07$ мм/с на 14-е сутки. На первые сутки наблюдения не выявлено достоверных отличий между показателями СД планарий с различной функциональной асимметрией. Однако, начиная с пятых суток эксперимента, СД «правшей» превышает таковую «левшей» на 22% ($p < 0,05$) и эти различия вырастают вплоть до 14-х суток (рис. 3).

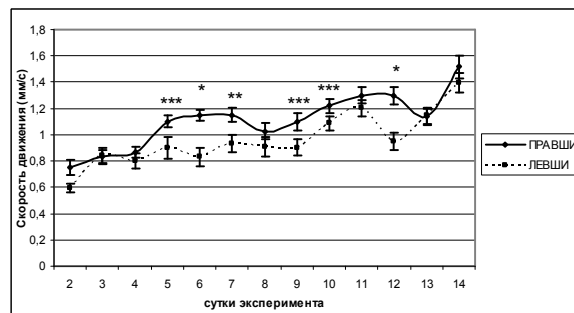


Рис. 3. Динамика скорости движения планарий с различной функциональной асимметрией.

Примечание: * – достоверность различий при сравнении с данными групп «правшей» и «левшей»: * – ($p < 0,001$); ** – ($p < 0,01$); *** – ($p < 0,05$).

Между СД и ИР как у L, так и у R форм обнаружена высокая корреляционная связь – $r = 0,8$ ($p < 0,001$). Однако представляет интерес исследовать реакцию планарий с различной функциональной асимметрией на действие слабого ЭМЭ.

Таким образом, у интактных животных с различной функциональной асимметрией выявлены некоторые различия в скорости регенерации: имеет место тенденция к ее преобладанию у «правше».

Как показали проведенные исследования, содержание планарий в экранирующем объеме изменяет скорость регенерации планарий, причем степень этих изменений зависит от функциональной асимметрии.

Результаты проведенных исследований показали, что КЭ экранирования, рассчитанный как по ИР, так и по СД на начальном этапе эксперимента (1-5 сутки) имел как у R, так и у L-форм отрицательные значения (рис. 4, 5), что следует расценивать как торможение регенерации под влиянием ослабленного МП. Этот результат согласуется с данными Н.А. Демцун (2010), которая показала, что действие экранирования на регенераторные процессы существенно зависит от сезона года. Если зимой, осенью и летом ЭМЭ стимулирует регенераторные процессы, и наиболее выражен этот эффект зимой, то весной имеет место их торможение. Причем наиболее оно выражено в первый период электромагнитной изоляции, в дальнейшем КЭ приобретает положительный знак.

Анализируя КЭ регенераторных процессов планарий с различной функциональной асимметрией, содержащихся в условиях ЭМЭ, выявлено, что на шестые, девятые и десятые сутки КЭ_{ИР} «левой» достоверно превышает значения в группе «правшей», тогда как в остальные сроки наблюдения КЭ_{ИР} в L-группе ниже, чем у R-форм. Так, на четвертые и пятые сутки КЭ_{ИР} «правшей» выше такового «левой» на 11% и 6% соответственно (рис. 4).

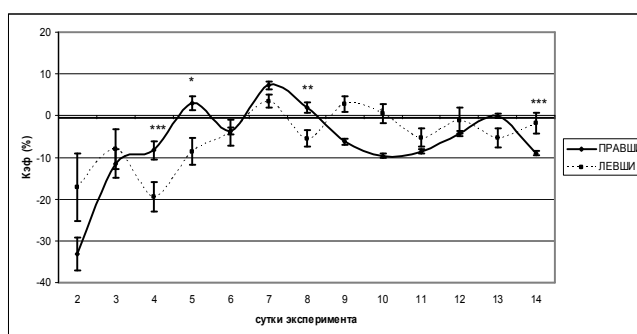


Рис. 4. Коэффициент эффективности ЭМЭ, рассчитанный по индексу регенерации планарий с различной функциональной асимметрией.

Примечание: * – достоверность различий при сравнении с данными групп «правшей» и «левой»: * – ($p < 0,001$); ** – ($p < 0,01$); *** – ($p < 0,05$).

Однако следует заметить, что на вторые сутки наблюдения отмечено торможение регенерации планарий, причем оно более выражено в группе «правшей», когда КЭ в этой группе был ниже на 16% относительно результатов группы «левой», но при этом ниже нуля. Таким образом, выявленные нами данные, согласуются с данными Н.А. Демцун (2010), которая в условиях ЭМЭ в весенний период наблюдала повышение ИР только на девятые сутки эксперимента, когда он возрос по сравнению с ИР контрольной группы на 12,5 % [25].

Анализируя изменения СД планарий с различной функциональной асимметрией, в условиях ЭМЭ отмечено, что СД «правшей» и «левой» изменяется с различной эффективностью. Так, у «правшей» фиксируется её снижение на вторые-пятые и

десятые-четырнадцатые сутки наблюдения относительно контрольных значений на 8-20% и на 7-30% соответственно, тогда как для «левшей» характерно наоборот возрастание СД на восьмые-двенадцатые сутки на 9-50% и снижение ее в начале эксперимента (на третьи-пятые сутки) от 1% до 23% (рис. 5). Таким образом, КЭ_{СД} в группе «левшей» имеет положительные значения во второй половине эксперимента, тогда как в группе «правшей» отмечено некоторое угнетение СД в условиях ЭМЭ.

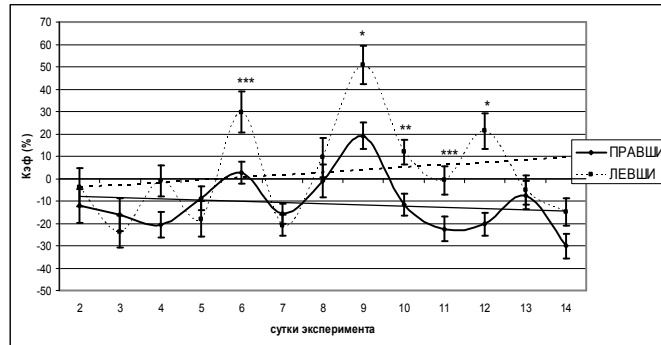


Рис. 5. Коэффициент эффективности ЭМЭ, рассчитанный по скорости движения планарий с различной функциональной асимметрией.

Примечание: * – достоверность различий при сравнении с данными групп «правшей» и «левшей»: * – ($p < 0,001$); ** – ($p < 0,01$); *** – ($p < 0,05$)

Однако следует заметить, что на первые сутки наблюдения, отмечено торможение СД планарий, находящихся в условиях ЭМЭ, относительно контрольных животных. Эти данные согласуются с данными Н.А. Демцун, которая обнаружила иную динамику КЭ именно весной, нежели в другие сезоны года. Так, весной значения СД практически не отличались от таковых интактных планарий [25].

Обращает на себя внимание тот факт, что СД планарий при экранировании возрастает гораздо больше, чем ИР. На основании этих данных можно заключить, что СД является более чувствительным показателем, характеризующим реакцию регенерирующих планарий на действие ЭМЭ, чем ИР.

В свою очередь между ИР и СД животных, содержащихся в условиях длительного ЭМЭ, коэффициент корреляции несколько снижается в группе «правшей» и составляет 0,6 ($p < 0,05$), а в группе «левшей» он был 0,7 ($p < 0,001$). Согласно данным Демцун Н.А. (2010), в весенний период наблюдения, не выявлено корреляционной связи между КЭ_{ИР} и КЭ_{СД} [25].

То есть ЭМЭ приводит к торможению регенерационных процессов, о чем свидетельствует снижение ИР и СД в первые сутки наблюдения. Но больше этот процесс выражен у R-планарий.

Таким образом, нами выявлено, что в весенний период исследований, ЭМЭ вызывает лишь тенденцию к стимуляции регенерации и КЭ в отличие от других сезонов возрастает с увеличением продолжительности экранирования. Особенности реакций организма на действие разнообразных факторов весной описаны в ряде исследований и причины этого явления обсуждаются [26].

Следует отметить, что в динамике изучаемых показателей ярко выражена ритмическая составляющая, поэтому представляет интерес проследить изменения инфрадианной ритмики ИР и СД планарий.

У интактных R и L планарий наблюдались некоторые различия инфрадианной ритмики параметров регенерации. В инфрадианной ритмике ИР «правшей» были выявлены следующие периоды: $\approx 2^d,0$; $\approx 2^d,7$; $\approx 4^d,7$; $\approx 9^d,8$. Амплитуды выделенных ритмов колебались от 0,00023 усл.ед. до 0,00053 усл.ед. Доминирующим ритмом являлся $\approx 4^d,7$. Инфрадианная ритмика ИР «левой» характеризовалась только тремя периодами: $\approx 2^d,7$; $\approx 4^d,7$ и $\approx 11^d,6$, причем только период $\approx 11^d,6$ не совпадает с таковым у R-форм. Амплитуды выделенных ритмов в контрольной группе «левой» отличались незначительно и колебались от 0,00028 усл.ед. до 0,00035 усл.ед. Доминирующим ритм в этой группе $\approx 2^d,7$. Таким образом, следует отметить, что в группе интактных животных с различной функциональной асимметрией количество выявленных периодов в инфрадианной ритмике ИР не совпадает, а именно, в группе интактных «левой» выявляется на один период меньше (рис. 6).

В инфрадианной ритмике СД интактных R и L-планарий также наблюдались некоторые различия. У «правшей» были выявлены четыре периода: $\approx 2^d,1$; $\approx 2^d,8$; $\approx 4^d,7$; $\approx 9^d,8$. Амплитуды выделенных ритмов колебались от 0,0048 усл.ед. до 0,0112 усл.ед. Доминирующим ритмом являлся $\approx 2^d,1$. В группе «левой» выявлены три периода: $\approx 2^d,1$; $\approx 3^d,5$; $\approx 9^d,1$, при этом только период $\approx 2^d,1$ совпадает с таковым R-форм. Амплитуды выделенных ритмов колебались от 0,0073 усл.ед. до 0,0162 усл.ед. Доминирующим ритмом являлся $\approx 3^d,5$. Таким образом, в инфрадианной ритмике СД интактных планарий с различной функциональной асимметрией количество выделенных периодов также совпадало, в группе «левой» выявлялось на один период меньше, при этом значения их амплитуд были выше, нежели в группе «правшей» (рис. 7).

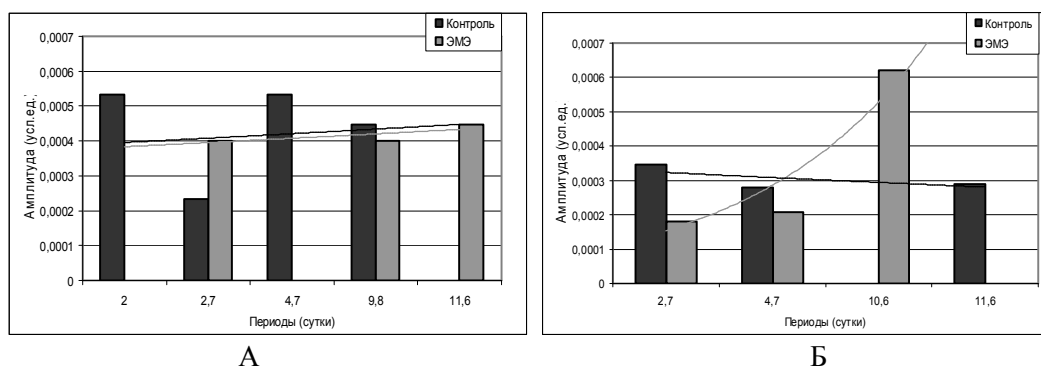


Рис. 6. Спектры и экспоненциальная модель индекса регенерации планарий с различной функциональной асимметрией в контрольной группе и животных, содержащихся в условиях ЭМЭ:

Примечание: А – «правши»; Б – «левши»

ЭМЭ вызывает изменения инфрадианной ритмики параметров регенерации планарий с различной функциональной асимметрией. Для животных «правшей»,

содержавшихся в условиях ЭМЭ, характерны следующие периоды в динамике ИР: $\approx 2^d,7$; $\approx 9^d,8$; $\approx 11^d,6$, что на один период меньше по сравнению с интактными животными. Амплитуды выделенных ритмов колебались от 0,0004 усл.ед. до 0,00045 усл.ед. Доминирующим ритмом являлся $\approx 11^d,6$. Для планарий «левшей», содержащихся в условиях ЭМЭ, характерно наличие трех периодов: $\approx 2^d,7$; $\approx 4^d,7$ и $\approx 10^d,6$, продолжительность которых несколько уменьшалась по сравнению с интактными животными. Кроме того, амплитуда периода $\approx 10^d,6$ значительно возросла (рис. 6, Б). Таким образом, при действии ЭМЭ наблюдаются неодинаковые изменения инфрадианной ритмики ИР у R и L-форм (рис. 6).

В инфрадианной ритмике СД планарий с различной функциональной асимметрией ЭМЭ также вызывает неодинаковые изменения. В группе «правшей», подвергавшихся влиянию ЭМЭ, выделялись следующие периоды: $\approx 2^d,1$; $\approx 3^d,4$; $\approx 4^d,7$ и $\approx 11^d,6$, то есть появляются более длинный высокоамплитудный период $\approx 11^d,6$. В группе «левшей», содержащихся в условиях ЭМЭ, выявлялись три периода: $\approx 2^d,6$; $\approx 4^d,7$; $\approx 10^d,6$ и также, как и у R-форм, отмечаются более высокоамплитудные периоды. Анализируя спектры инфрадиантных ритмов СД в группах планарий с различной функциональной асимметрией, подвергавшихся влиянию ЭМЭ, следует заметить, что количество выделенных ритмов совпадает с контрольными, однако значения амплитуд в группе «правшей» превышают таковые в группе «левшей» (рис. 7).

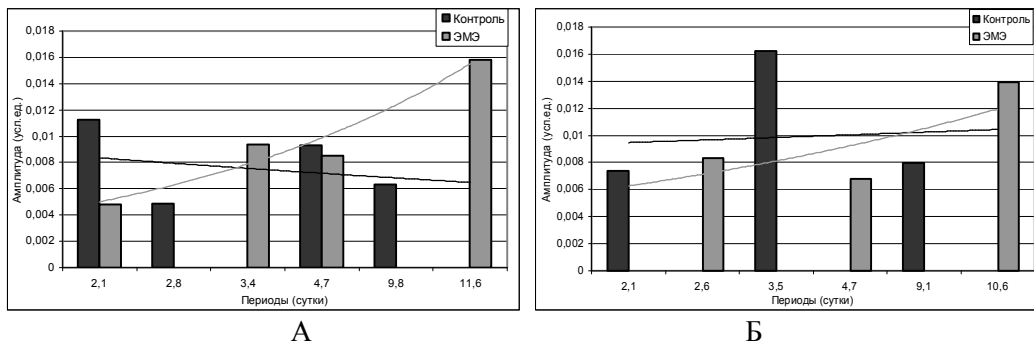


Рис. 7. Спектры и экспоненциальная модель СД планарий с различной функциональной асимметрией в контрольной группе и животных, содержащихся в условиях ЭМЭ

Примечание: А – «правши»; Б – «левши»

Экспоненциальная модель данных, представленная на Рис. 6 и 7, позволяющая определить основные направления сдвигов в инфрадианной ритмике ИР, выявила у R-планарий в дальнейшие сроки наблюдений тенденцию к возрастанию амплитуды выделенных ритмов, тогда как в ритмике СД отмечена тенденция к снижению амплитуд. При этом в группах, содержащихся в условиях ЭМЭ, возрастание амплитуды наблюдаемых ритмов более выражено по отношению к контрольным значениям. С помощью экспоненциального анализа у животных L-групп, содержащихся в условиях ЭМЭ, обнаружена тенденция к повышению амплитуд инфрадиантных ритмов регенераторных процессов, а у планарий контрольных групп

экспоненциальный анализ позволил выявить тенденцию к снижению уровня амплитуд выделяемых инфрадианных ритмов, как ИР, так и СД.

Таким образом, нами обнаружена взаимосвязь параметров временной (инфрадианная ритмика регенераторных процессов) и пространственной (функциональная асимметрия) организаций у планарий. Эти результаты согласуются с литературными данными.

Так, установлены особенности циркадианных ритмов физиологических процессов у лиц с правым профилем функциональных асимметрий, а также особенности ультрадианных и циркадианных ритмов физиологических процессов у амбидекстров. Лица с правосторонним латеральным доминированием обладают более стабильной ритмической организацией, более устойчивой к влияниям факторов, вызывающих десинхроноз, но менее пластичными адаптационными возможностями циркадианной системы относительно лиц со смешанным профилем функциональных асимметрий. У лиц с правым профилем функциональных асимметрий ритмические процессы, соответствующие их пространственной организации (доминированию левого полушария), лучше синхронизированы. [13].

Результаты проведенных исследований свидетельствуют также о том, что воздействие ослабленного ЭМП на планарий с различной функциональной асимметрией вызывает изменения регенераторных процессов, но направленность и степень их выраженности различна. Эти данные подтверждаются сведениями о том, что уровень функциональной асимметрии определяет реакцию организма на действие факторов различной интенсивности. Действительно, в обстоятельных исследованиях показано, что стрессоустойчивость животных во многом связана с биохимической асимметрией мозга [27, 28]. В.П. Пономарева (2004) и Е.Н. Чуян (2004) обнаружили зависимость выраженности изменений, вызываемых низкоинтенсивным электромагнитным излучением крайне высокой частоты от индивидуального профиля функциональной асимметрии человека и животных [29, 30]. Выявлено также, что ЭМЭ вызывает неодинаковые изменения инфрадианной ритмики параметров регенерации у «правшей» и «левшей». Таким образом, представления о взаимосвязи пространственных и временных организаций физиологических процессов могут быть распространены и на беспозвоночных. Полученные результаты целесообразно использовать для обсуждения развития этих взаимосвязей в эволюционном развитии мозга.

ВЫВОДЫ

1. У планарий с различной функциональной асимметрией скорость регенерации неодинакова. У «правшей» как ИР, так и СД несколько превышают таковые значения группы «левшей» на протяжении 14 суток эксперимента.
2. В весенний сезон года, в условиях ЭМЭ на первые-пятые сутки наблюдения у животных с различной функциональной асимметрией отмечено торможение регенераторных процессов, которое сменяется дальнейшее стимуляцией, и этот процесс более выражен в группе «правшей».
3. У планарий с различной функциональной асимметрией инфрадианная ритмика параметров регенерации существенно различается.

4. В условиях ЭМЭ отмечено неодинаковое изменение инфрадианной ритмики параметров регенерации у планарий с различной функциональной асимметрией, причем эти изменения более выражены в группе «правшей».

Список литературы

1. Бианки В.Л. Асимметрия мозга животных / Бианки В.Л. – Л.: Наука, 1985. – 295 с.
2. Салимова Н.Б. Действие 5,6 – окситриптамина на поведение в лабиринте улитки / Н.Б. Салимова, И. Милошевич, Р.М. Салимов // ЖВНД. – 1984 – Т.34, № 5. – С. 941–947.
3. Удалова Г.П. Асимметрия направления движения у гаммарусов *Gammarus oceanicus* в тесте открытого поля / Г.П. Удалова, А.Я. Карась, М.И. Жуковская // ЖВНД. – 1990 – Т. 40, № 1. – С. 93–100.
4. Карась А.Я. Пространственно – моторная асимметрия у краба. *Carcinus meanas* при реакции активного избегания / А.Я. Карась, Г.П. Удалова // Вестник ЛГУ. – 1988 – Сер.3, № 2. – С. 116–119.
5. Беклемишев В.Н. Основы сравнительной анатомии беспозвоночных / Беклемишев В.Н. – М.: Наука. – Т. 1, Проморфология, 1964. – 432 с.
6. Богута К.К. Отношение симметрии в нервной системе низших Bilateria / К.К. Богута // Зоол. журн. – 1978. – Т. 57, № 12. – С. 1765–1770.
7. Удалова Г.П. Асимметрия направления движения у беспозвоночных / Г.П. Удалова, А.Я. Карась // Функциональная межполушарная асимметрия. Ред. Н.Н. Боголепов, В.Ф.Фокин. М. Научный Мир. – 2004. – С. 163–178.
8. Бианки В.Л. Предпочтение направления движения в Т-образном лабиринте у планарий / В.Л. Бианки, И.М. Шейман, Е.В. Зубина // Журн. высш. нервн. деят. 1990. – Т.40, №1. – С. 102–107.
9. Baguna J. Quantitative analysis of cell types growth? Degrowth and regeneration in the planarians *Dugesia mediterranea* and *Dugesia tigrina* / J. Baguna, R. Romero // *Hydrobiologia*. – 1981. – Vol. 84. – P. 181–194.
10. Planarian regeneration: achievements and future directions after 20 years of research / Emili Salo, F Abril Josep, Teresa Adell [et al]. // *Int. J. Dev. Biol.* 53 – 2009. – P. 1317–1327
11. From Planarians to Mammals – the many faces of regeneration / Jerzy Moraczewski, Karolina Archacka, Edyta Brzoska [et al]. // *Int. J. Dev. Biol.* 52 – 2008 – P. 219–227.
12. Montgomery J.R. On the minimal size of a planarian capable of regeneration / J.R. Montgomery, S.J. Coward // *Trans Am Microsc Soc.* – 1974. – Vol. 93. – P. 386–391.
13. Корягина Ю.В. Временная организация временных и пространственных свойств человека в зависимости от влияния различных факторов [Электронный ресурс] / Ю.В. Корягина, С.А. Лычак // Электронный журнал "Исследовано в России" – 2006. – С. 2555–2567. – Режим доступа к журналу: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/2006.html>
14. Михеев В.В. Межполушарная асимметрия индивидуального поведения мышей / В.В. Михеев, П.Д. Шабанов // Научно-практический рецензируемый журнал «Асимметрия». – Т. 3, №2. – С. 32–40.
15. Темуриянц Н.А. Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире / Темуриянц Н.А., Владимирский Б.М., Тишкин О.Г. – Киев. Наукова Думка, 1992 – 188 с.
16. Демцун Н.А. Динамика скорости движения планарий, регенерирующих в условиях электромагнитного экранирования / Н.А. Демцун, Н.А. Темуриянц, М.М. Баранова // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61), № 2. – С. 24–32.
17. Шмидт-Нильсен К. Физиология животных: приспособление и среда / К. Шмидт-Нильсен – М: «Мир», 1982. – Т. 2. – С. 555–643.
18. Морфогенез у планарий *Dugesia tigrina* / И.М. Шейман, Н.Д. Крешенко, З.В. Седельников [и др.] // *Онтогенез*. – 2004. – Т. 35, №4. – С. 285–290
19. Турас Х.П. Прижизненная морфометрия планарий / Х.П. Турас, Н.Ю. Сахарова // *Онтогенез*. – 1984. – Т. 15 (1). – С. 42–48.
20. Турас Х.П. Критерии и стадии регенерации у планарий / Х.П. Турас, В.И. Хачко // *Онтогенез*. – 1990. – Т 21. – С. 620–624.

21. Установка для прижизненной морфометрии регенерации планарий / В.Г. Вишневыский, М.М. Махонина, Н.А. Демцун [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2007. – Т. 20 (59), №4. – С. 18–21.
22. Метод получения крайне слабых постоянного магнитного и электрического полей и хорошо воспроизводимого комбинированного магнитного поля для биологических исследований / Н.И. Богатина, Н.В. Шейкина, В.С. Мартынюк [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология. Химия». – 2010. – Т.23, №2. – С. 125
23. Лапач С.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel / Лапач С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. – К.: Модмон, 2000. – 319 с.
24. Боровиков В. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. 2-е изд. / Боровиков В. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
25. Демцун Н.А. Сезонные различия регенерации планарий *Dugesia tigrina* при электромагнитном экранировании : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.13 «Физиология человека и животных» / Н.А. Демцун – Симферополь, 2010. – 20 с.
26. Хронобиология и хронокардиология / [Фролов В.А., Чибисов С.М., Рапопорт С.И. и др.] – М. : УДН, 1988. – 52 с.
27. Реципрокность взаимоотношений серотонинэргической и норадренэргической систем мозга и ее значение для регуляции поведения в норме и патологии / [Громова Е.А., Семенова Т.П., Чубаков А.Р., Бобкова Н.В.] – Пушино, 1985. – 59 с.
28. Кулагин Д.А. Нейрохимические аспекты эмоциональной реактивности и двигательной активности крыс в новой обстановке / Д.А. Кулагин, Б.К. Болондинский // Успехи физиологических наук. – 1986. – №1. – С. 92–110.
29. Пономарева В.П. Роль индивидуального профиля функциональной асимметрии человека и животных в реализации физиологического действия низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты: дисс. ... кандидата биол. наук: 03.00.13 / В.П. Пономарева–Симферополь, 2004. – 216 с.
30. Чуян Е.Н. Нейроиммуноэндокринные механизмы адаптации к действию низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты: дисс. ... доктора биол. наук: 03.00.13 / Е.Н. Чуян – Симферополь, 2004. – 417 с.

Ярмолюк Н.С. Взаємозв'язок інфрадіанної ритміки параметрів регенерації планарій *Dugesia tigrina* з їх функціональною асиметрією / Н.С. Ярмолюк, Н.А. Темур'янц, О.В. Шехоткин // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 1. – С. 253-264.

Виявлені відмінності параметрів інфрадіанної ритміки регенераторних процесів у планарій з різною функціональною асиметрією. Електромагнітне екранування викликає зміни інфрадіанної ритміки, які у тварин з різною функціональною асиметрією виражені по-різному.

Ключові слова: функціональна асиметрія, інфрадіанна ритміка, планарії *Dugesia tigrina*, регенерація, швидкість руху.

Yarmolyuk N.S. Relationship infradian rhythmic parameters of regeneration of planaria *Dugesia tigrina* their functional asymmetry / N.S. Yarmolyuk, N.A. Temuryants, A.V. Shehotkin // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 1. – P. 253-264.

The differences of parameters infradian rhythmicity of regenerative processes in planarians with different functional asymmetry. Electromagnetic shielding causes changes infradian rhythmicity that animals with different functional asymmetry expressed in different ways.

Keywords: functional asymmetry, infradian rhythm, planarian *Dugesia tigrina*, regeneration, speed.

Поступила в редакцію 22.01.2012 г.