

УДК 611.013.2: 593.95:537.531

ИЗМЕНЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ОПЛОДОТВОРЕНИЯ И РАННЕГО ЭМБРИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

*В.М. Колдаев¹, Т.А. Шуматова², Л.Д. Маркина²*¹ Горнотаежная станция ДВО РАН (695533, Приморский край, Уссурийский район, п. Горнотаежное, ул. Солнечная, 26),² Владивостокский государственный медицинский университет (690950, г. Владивосток, пр-т Острякова, д. 2)**Ключевые слова:** оплодотворение, морской еж, эмбрионы, электромагнитное излучение.

В эксперименте на морском еже *Strongylocentrotus intermedius* изучали воздействие электромагнитного излучения крайне высоких частот на оплодотворение и раннее развитие зародышей. Часть яйцеклеток до облучения инкубировали в растворе цитоактивных препаратов (пентоксил и проспидин) в морской воде. Из полученных данных следует, что наиболее чувствительными к облучению оказались неоплодотворенные яйца. Предварительная инкубация яйцеклеток в растворе пентоксила различной концентрации не влияла на оплодотворяемость и на общее количество аномалий отхождения оболочки оплодотворения. Оплодотворяемость яйцеклеток, инкубированных в морской воде с проспидином, снижалась в 1,5–1,8 раза и более в зависимости от концентрации препарата. Защитное действие пентоксила, как производного пипиридина, содержащего структурные элементы нуклеиновых кислот, по-видимому, обусловлено здесь его активирующим влиянием на нуклеиново-белковый обмен.

Электромагнитные излучения (ЭМИ) крайне высоких частот (КВЧ) с каждым годом все шире используются для передачи энергии и сотовой связи, растут контингенты людей, подвергающихся локальному или общему облучению. ЭМИ вызывают разнообразные нарушения в организме [2]. Эффекты действия ЭМИ на процессы оплодотворения и раннего эмбрионального развития, а также проблемы их коррекции изучены недостаточно полно, хотя имеют большое значение, поскольку от состояния эмбрионов зависит качество формирующегося организма [5]. Для коррекции эффектов ЭМИ на ранних стадиях эмбриогенеза, по-видимому, могут использоваться лекарственные препараты, активирующие восстановительные процессы в клетке, например, пентоксил, способствующий клеточной регенерации и стимулирующий процессы митоза. Представляют интерес также цитостатики, например, проспидин, вызывающий угнетение деления и размножения клеток. В качестве экспериментальной модели выбраны гаметы и зародыши морского ежа, являющегося классическим объектом при оценке биологического действия физических и химических факторов на эмбриогенез благодаря синхронности развития и возможности многих прижизненных наблюдений [1]. Целью работы явилось определение влияния ЭМИ КВЧ в сочетании с цитоактивными препаратами на оплодотворение и раннее развитие зародышей морского ежа.

Материал и методы. Исследование проведено на морском еже *Strongylocentrotus intermedius* в период нереста. Получение гамет и искусственное осеменение осуществляли по стандартной методике [1]. Подопытные

объекты подвергали воздействию ЭМИ при длине волны 7,1 мм и интенсивности 100 мкВт/см² в течение 20 и 40 мин (аппарата КВЧ-терапии «Стелла-1»).

Яйцеклетки одной группы облучали до осеменения или после осеменения на стадиях оболочки оплодотворения, двух или четырех бластомеров и ранней бластулы. Другие яйцеклетки до облучения предварительно инкубировали 30 мин в морской воде с пентоксилом или проспидином в концентрациях от 100 до 4000 мг/л [4], после чего отмывали фильтрованной морской водой. Оценку эффективности воздействий проводили по соотношению вариантов отхождения оболочки оплодотворения: нормального, серповидного, гофрированного и тонкого (рис.). Количество зародышей и частоту аномалий развития подсчитывали в процентах на 200 клеток в разных полях зрения под микроскопом МБС-10. Контролем служили яйца и зародыши, не подвергавшиеся действию излучения или препаратов. Результаты опытов обрабатывали методом малой выборки с помощью прикладных компьютерных программ [3].

Результаты исследования. Количество зигот с нормальными оболочками оплодотворения при осеменении яйцеклеток после воздействия ЭМИ уменьшилось на 8–16 % по сравнению с необлученными яйцами, что согласуется с данными литературы о влиянии ЭМИ других диапазонов на оплодотворяемость у морского ежа [5].

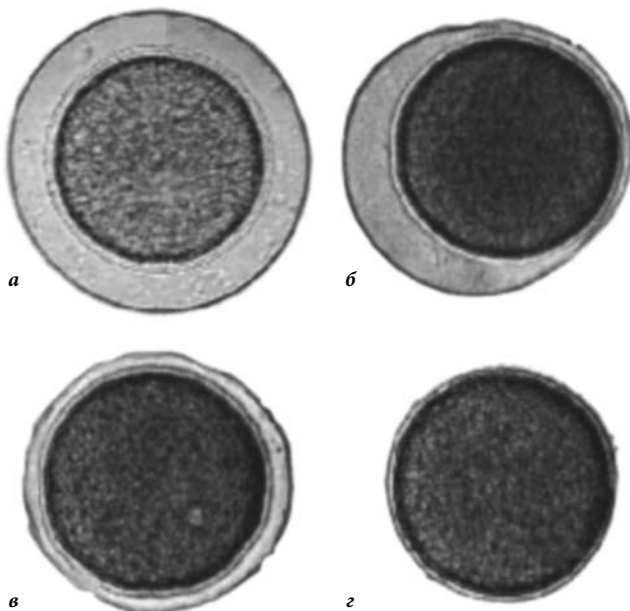


Рис. Варианты отхождения оболочки оплодотворения: а – нормальный, б – серповидный, в – гофрированный, г – тонкий.

Количество серповидных и гофрированных оболочек оплодотворения в опыте возросло в 2,5–3,2 раза по сравнению с необлученными, количество других вариантов оболочек оплодотворения увеличилось не так значительно. При этом различия в частоте вариантов отхождения оболочки оплодотворения в подопытных группах, облученных в течение 20 и 40 мин, были недостоверны, т.е. увеличение длительности облучения в 2 раза сказывалось незначительно на выраженности эффектов КВЧ малых интенсивностей.

В контрольной группе с 99 % оплодотворяемостью яйцеклеток стадии плутеуса достигли 78–86 % зародышей примерно в течение 48 часов после осеменения. После воздействия КВЧ на яйцеклетки и последующего осеменения количество зародышей, развившихся до стадии плутеуса, уменьшилось в 2,8 раза по сравнению с контрольной группой. При облучении на стадиях оболочки оплодотворения и двух бластомеров зародышей, достигших стадии плутеуса, было меньше лишь на 4–6 %, а при облучении на стадиях четырех бластомеров и ранней бластулы – на 9–12 % больше, чем в контроле. Однако эти различия были малодостоверны.

Предварительная инкубация яйцеклеток в морской воде с пентоксилом не влияла на их оплодотворяемость и на общее количество аномалий отхождения оболочки оплодотворения. Оплодотворяемость яйцеклеток, инкубированных в морской воде с проспидином, снижалась в 1,5–1,8 раза и более в зависимости от концентрации препарата; при этом в 10–12 раз увеличилось количество оболочек оплодотворения с аномалиями, особенно тонких, гофрированных и серповидных, по сравнению с яйцеклетками без инкубации.

Инкубация яиц в морской воде с пентоксилом до осеменения почти не влияла на количество зародышей, развившихся до стадии плутеуса, а инкубация с проспидином вызывала уменьшение их количества по сравнению с контролем. При облучении до осеменения инкубированных с проспидином яиц развившихся из них до стадии плутеуса зародышей было в 2,2 раза больше, чем в опыте без применения этого препарата, а доля личинок, достигших стадии плутеуса, была достоверно выше ($80,4 \pm 5,3$ и $33,8 \pm 8,3$ % соответственно). При применении проспидина количество развивающихся из облученных яиц зародышей, достигших стадии плутеуса, уменьшилось на 12–15 %.

Обсуждение полученных данных. Отсутствие различий в частоте вариантов отхождения оболочки при увеличении длительности облучения до 40 мин связано, вероятно, с особенностями действия КВЧ на молекулярные структуры клетки. По сложившимся представлениям, первичное биологическое действие КВЧ обусловлено резонансными механизмами, реализующимися по типу триггерных эффектов, для запуска которых требуется 15–40 мин облучения. Раз возникнув, они развиваются до конечной реакции клетки или целостного организма независимо от продолжительности облучения. Из полученных данных следует, что наиболее чувствительными для КВЧ излучения

являются неоплодотворенные яйца. В меньшей степени повреждаются зиготы и развивающиеся зародыши на стадии двух бластомеров.

Эффекты проспидина, вероятно, связаны с его подавляющим действием на реакционную способность многих органических соединений, что характерно для производных трипиперазиния, содержащих хлорокси-пропильные группировки. Следствием этого является угнетение метаболических клеточных процессов, в том числе ответственных за рост и размножение клеток.

Выраженность эффектов КВЧ облучения уменьшалась при инкубации яиц и зародышей с пентоксилом. Защитное действие пентоксила, как производного пипиридина, содержащего структурные элементы нуклеиновых кислот, по-видимому, обусловлено его активирующим влиянием на нуклеиново-белковый обмен, что стимулирует процессы митоза, способствует клеточной регенерации при повреждениях и, как следствие, нормальному развитию зародышей морского ежа. Вещества подобного типа, вероятно, могут служить корректирующими средствами при воздействии ЭМИ КВЧ на ранних стадиях эмбриогенеза.

Литература

1. Бузников Г.А., Подмарев В.И. *Объекты биологии развития*. М.: Наука. 1975. 580 с.
2. Суворов Г.А., Сущенцова Т.И., Посохин В.В. Клинические наблюдения за состоянием здоровья в зонах воздействия электромагнитных полей радиочастотного диапазона // *Медицина труда и промышленная экология*. 2001. Т. 10. С. 43–46.
3. Реброва О.Ю. *Статистический анализ медицинских данных*. М.: Феникс. 2002. 320 с.
4. Колдаев В.М., Варешин Н.А. Алгоритм определения доз веществ в экспериментах по коррекции эффектов действия на организм физических факторов // *Тихоокеанский мед. журнал*. 2005. № 1. С. 78–79.
5. Koldayev V.M., Shchepin Y.V. Effect of electromagnetic radiation on embryos of sea-urchins // *Bioelectrochem. Bioenerg.* 1997. Vol. 43. P. 161–164.

Поступила в редакцию 22.05.2012.

CHANGES IN FERTILIZATION AND EARLY DEVELOPMENT OF EMBRYOS EXPOSED TO ELECTROMAGNETIC RADIATION

V.M. Koldayev¹, T.A. Shumatova², L.D. Markina²

FEB RAS Mountain-Taiga Station (26 Solnechnaya St.

Gornotaezhnoe Settlement, Ussuriysky District, Primorsky Krai

692533 Russia), Vladivostok State Medical University (2 Ostryakova Av. Vladivostok 690950 Russia)

Summary – The authors have conducted the experiment on sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* to study effects from the electromagnetic radiation of extremely high frequencies on the fertilization and early development of embryos. Before being exposed to the electromagnetic radiation, a part of oocytes were incubated in cytoactive drugs (pentoxyl and prospidinum) in seawater. The infertile eggs appeared to be most sensitive to radiation. The pre-incubation of oocytes in pentoxyl of different concentration did not have any effect on the rate of fertilization and total number of fertilization membrane discharge abnormalities. The fertilization rate of oocytes incubated in the seawater containing prospidinum decreased 1.5–1.8 times and more, depending on the solution concentration. The protective effects of pentoxyl derived from piperidine containing structural elements of nucleic acids appeared to arise from its activating effects on the nucleic-acid and protein metabolism.

Key words: fertilization, sea urchin, embryos, electromagnetic radiation.

Pacific Medical Journal, 2012, No. 4, p. 43–44.