

ИНДУКЦИЯ АДАПТИВНОГО ОТВЕТА НИЗКОИНТЕНСИВНЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ КРАЙНЕ ВЫСОКИХ ЧАСТОТ

Гапеев А. Б., Романова Н. А.

ФГБУН Институт биофизики клетки РАН, Пушкинский государственный естественно-научный институт, 142290, Россия, г. Пушкино Московской обл.; E-mail: a_b_g@mail.ru

Защита живых организмов от повреждающего действия электромагнитных излучений (ЭМИ) является одной из актуальных и чрезвычайно сложных проблем современной биологии и радиобиологии. Накоплено огромное количество фактов, свидетельствующих о том, что радиорезистентность организма может изменяться под влиянием нерадиационных факторов различной природы. Однако в литературе практически не освещен вопрос о значимости неионизирующих ЭМИ в изменениях неспецифической резистентности и реализации радиобиологических эффектов. Цель работы состояла в исследовании радиозащитного действия низкоинтенсивного ЭМИ крайне высоких частот (КВЧ) и механизмов его реализации.

Одним из механизмов радиозащитного действия является адаптивный ответ, который представляет собой универсальную реакцию клеток на облучение в малых дозах, выражающуюся в повышении устойчивости к поражающему действию излучения в больших дозах или других агентов нерадиационной природы. Адаптивный ответ может запускаться и переключаться различными индукторами, в том числе повышением температуры, активными формами кислорода (АФК) и различными физическими воздействиями. Ранее был установлен принципиальный факт, состоящий в том, что под действием неионизирующих ЭМИ в водных системах могут образовываться АФК [1, 2], которые, в свою очередь, могут быть потенциальными индукторами адаптивного ответа.

С использованием общей фракции лейкоцитов цельной крови мышей линии BALB/c *in vitro* и метода "комета-тест" мы показали, что облучение клеток низкоинтенсивным ЭМИ КВЧ (42.2 ГГц, 100 мкВт/см², экспозиция 20 мин) оказывает радиозащитное действие при последующем облучении этих клеток рентгеновским излучением в дозе 5 Гр. При облучении клеток рентгеновским излучением в дозе 5 Гр уровень повреждений ДНК составил $5.93 \pm 0.36\%$. Воздействие ЭМИ КВЧ снижало уровень повреждений ДНК в лейкоцитах крови в среднем до $3.39 \pm 0.14\%$ ($p < 0.01$) как при облучении до, так и после ионизирующей радиации. Радиозащитный эффект наблюдался только при действии импульсно-модулированного ЭМИ КВЧ (частота модуляции 1 Гц), а непрерывное излучение было неэффективно. Мы предположили, что механизмы радиозащитного действия ЭМИ КВЧ, по крайней мере, при действии излучения до ионизирующей радиации, связаны с индукцией АФК в низких концентрациях.

Для проверки этого предположения определяли возможность индукции адаптивного ответа лейкоцитов крови мыши, предварительно обработанных H₂O₂ в низких концентрациях (0.01 – 5 мкМ), на действие H₂O₂ в высокой концентрации (20 мкМ). Показано, что инкубация лейкоцитов крови в течение 10 мин при 37°C в присутствии H₂O₂ в концентрациях до 2 мкМ не приводила к существенному росту уровня повреждений ДНК в клетках; содержание ДНК в "хвосте кометы" составляло менее 0.35%, что достоверно не отличалось от уровня в контроле ($0.18 \pm 0.12\%$). При инкубации лейкоцитов крови в присутствии H₂O₂ в концентрации 20 мкМ наблюдался существенный рост уровня повреждений ДНК в клетках, который составил около $5.64 \pm 0.40\%$. Обнаружено, что предварительная обработка клеток H₂O₂ в концентрациях 0.05 – 1 мкМ приводила к значительному до $2.55 \pm 0.47\%$ ($p < 0.04$) снижению уровня повреждений ДНК при последующей обработке H₂O₂ в концентрации 20 мкМ.

Таким образом, мы показали, что низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ с определенными физическими параметрами способно оказывать радиозащитное действие, механизмы которого могут быть связаны с запуском адаптивного ответа. Обнаружено, что низкие концентрации перекиси водорода (0.05 – 1 мкМ) способны индуцировать адаптивный ответ в лейкоцитах крови мыши, защищая клетки от последующего действия перекиси водорода в высокой концентрации (20 мкМ). Обнаруженный механизм может лежать в основе радиозащитного действия факторов нерадиационной природы, в том числе ЭМИ КВЧ низкой интенсивности.

Полученные результаты вносят определенный вклад в понимание механизмов биологического действия низкоинтенсивных ЭМИ. В современных условиях при быстром росте уровней электромагнитного и радиационного фона такие знания крайне необходимы, поскольку они позволят развить научно-обоснованную стратегию защиты от возможного повреждающего действия ЭМИ и разрабатывать технологии применения ЭМИ в биомедицине.

INDUCTION OF ADAPTIVE RESPONSE BY LOW-INTENSITY EXTREMELY HIGH-FREQUENCY ELECTROMAGNETIC RADIATION

A.B. Gapeyev, N.A. Romanova

Institute of Cell Biophysics of Russian Acad. Sci., Pushchino State Natural Science Institute, Pushchino, Moscow region, 142290, Russia, e-mail: a_b_g@mail.ru

Литература

1. Гудкова О.Ю., Гудков С.В., Гапеев А.Б. и др. // Биофизика, 2005, т. 50, вып. 5, с. 773-779.
2. Брусков В.И., Гудков С.В., Чалкин С.Ф. и др. // ДАН, 2009, т. 425, № 6, с. 827-829.