

УДК 616.343–037+613.163
© О. А. Попова, С. В. Старцева, 2016
doi: 10.18499/2225-7357-2016-5-4-48-52

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ТОЩЕЙ КИШКИ В ДИНАМИКЕ ХРОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ИМПУЛЬСОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

О. А. Попова, С. В. Старцева*

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный педагогический университет»,
г. Воронеж, Россия

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет
им. Н. Н. Бурденко» Минздрава России, г. Воронеж, Россия

В эксперименте изучена реакция показателей рельефа слизистой оболочки тощей кишки в хронологическом аспекте прогноза после 5, 7 и 10 месяцев воздействия импульсов электромагнитных полей. Плотность наведенных токов составляла: 0,37, 0,7, 0,8 и 2,7 кА/м² с периодичностью 500, 100 и 50 импульсов в неделю независимо от их дробности и длительностью 15÷40 нсек. Полученные результаты свидетельствуют о варьировании площади активной поверхности слизистой оболочки тощей кишки за счет изменения рельефа, очаговой гипертрофии ворсинок и пролиферации эпителия, в качестве компенсаторной реакцией в ответ на воздействие повреждающего фактора.

Ключевые слова: импульсы электромагнитных полей; хроническое воздействие; рельеф слизистой оболочки тощей кишки.

© О. А. Popova, S. V. Startseva, 2016

Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, Russia

Voronezh N. N. Burdenko State Medical University, Voronezh, Russia

Morphofunctional Indicators of a Jejunum Mucous Membrane in Dynamics of Chronic Influence of Electromagnetic Fields Impulses

Reaction of structural elements of a jejunum mucous membrane in chronological aspect of the forecast after 5, 7 and 10 months of electromagnetic fields impulses influence has been studied in experiment. Density of the induced currents was 0,37, 0,7, 0,8 and 2,7 kA/m² with frequency of 500, 100 and 50 impulses a week irrespective of their divisibility and lasting 15÷40 ns. The received data testify a variation of the area of a jejunum mucous membrane active surface due to change of a relief, a focal hypertrophy of villi and proliferation of an epithelium, explained with compensatory reaction in response to action of the damaging factor.

Keywords: impulses of electromagnetic fields, chronic influence, relief of a jejunum mucous membrane.

Введение

Электромагнитные поля природного и антропогенного происхождения являются непременным атрибутом жизни современного человека и по своему преимущественному воздействию затрагивают практически все группы профессионального риска. Однако, при магнитных бурях в периоды повышенной солнечной активности их «мишенью» становятся в большей степени люди, страдающие сердечно-сосудистыми, гастроэнтерологическими и рядом других заболеваний критических систем организма, остро реагирующих на воздействие экстремальных факторов [1, 2].

Наиболее распространенными группами риска являются технические работники связи, радиолокации, телевидения, обслуживающий персонал промышленных процессов и силовых электроустановок, пациенты и персонал процедур КВЧ-терапии, магнитотерапии, СВЧ-термомассажа и т.д. [2, 5]. Причем с увеличением профессионального стажа частота и распространенность заболеваний увеличиваются, а также развиваются патологические изменения со стороны различных органов и систем [3].

Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о том, что у персонала, контактирующего с электромагнитным излучением (ЭМИ), в условиях длительного профессионального облучения с периодическим превышением его предельно допустимого уровня раньше и чаще, чем у лиц контрольной группы диагностировались расстройства со стороны центральной нервной и сердечно-сосудистой систем. Кроме того, также были выявлены функциональные изменения в органах пищеварения, выражающиеся в изменении секреции, кислотности желудочного сока, при гастрите, гастродуодените, язвенной болезни, дискинезии кишечника и желчевыводящих путей. При этом, анализ полученных данных показал, что воздействие ЭМИ может провоцировать данные нарушения, но наибольшее патогенное воздействие оно оказывает на лиц, уже страдающих хроническими гастроэнтерологическими заболеваниями [3, 4].

Пищеварительная система, особенно структурно-метаболическое состояние слизистой оболочки тонкого кишечника, обеспечивающая пищеварительно-всасывательную и барьерную функции, во многом предопреде-

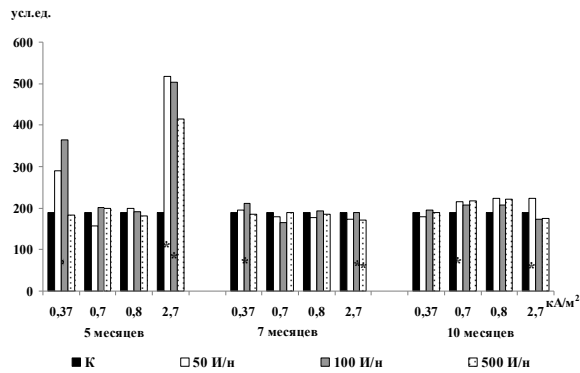


Рис. 1. Динамика показателей величины ворсинок слизистой оболочки тощей кишки в условиях хронического воздействия иЭМП.

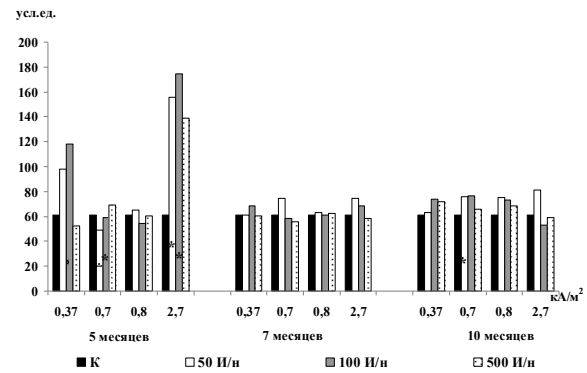


Рис. 2. Динамика показателей глубины крипт оболочки тощей кишки в условиях хронического воздействия иЭМП.

ляет радиационную безопасность организма, что указывает на актуальность ее изучения для выяснения закономерностей реакции морфологических показателей как эквивалентов функционального состояния [5].

Материал и методы исследования

Экспериментальная возрастная модель, выполненная на лабораторных крысах-самцах (351 животное, 13 групп) в возрасте от 4 до 14 месяцев, эквивалентна профессиональному возрасту персонала (от 22 до 45 лет), испытывающего воздействие импульсов электромагнитных полей (иЭМП). Животных в возрасте 4 месяцев подвергали воздействию редко повторяющихся иЭМП ультракороткой длительности 15÷40 нсек на протяжении 5, 7 и 10 месяцев. Уровни воздействующих иЭМП подбирались таким образом, чтобы плотность наведенных токов (ПНТ) в теле экспериментальных животных была эквивалентна уровню в теле человека при его профессиональной деятельности и составила 0.37; 0.7; 0.8; 2.7 кА/м². Эта градация дает адекватную возможность проведения как интерполяции, так и экстраполяции для других уровней ПНТ. В связи со статической неопределенностью периодичности работы персонала в условиях воздействия фактора при моделировании, животные находились в свободном режиме передвижения, и количество импульсов, подаваемых в неделю на каждом уровне воздействия, составляло 50, 100 и 500, независимо от их дробности.

Хронический эксперимент продолжался 10 месяцев. Взятие биологического материала производили через 5, 7 и 10 месяцев воздействия иЭМП. Эвтаназию животных осуществляли декапитацией с предварительной наркотизацией. Извлеченный фрагмент тощей кишки фиксировали в растворе Беккера и после соответствующей обработки заливали в парафин. Продольные срединные срезы толщиной 6 мкм окрашивали по М. Г. Шубичу [7] с докраской гематоксилином и подсчитывали митотически делящиеся недифференцирован-

ные эпителиоциты крипт, также определяли высоту ворсинок и глубину крипт слизистой оболочки тощей кишки. Количественную оценку осуществляли в эпителии 20 продольных крипт с микропрепарата каждого животного (×400).

Установлено, что между параметрами иЭМП – продолжительностью воздействия, ПНТ, периодичностью импульсов и динамикой изучаемых показателей морфофункционального состояния слизистой оболочки тощей кишки, существуют множественные линейные связи. На основе этого был проведен сравнительный анализ выявленных изменений от сочетанного воздействия изучаемых параметров иЭМП с целью определения наиболее чувствительных показателей. В качестве инструментального метода сравнения использован дисперсионный анализ, тактика проведения которого состояла в выявлении статистически значимых зависимостей каждого из изученных показателей и установлении наиболее чувствительных из них к воздействию иЭМП с различными параметрами. Кроме того, для прогнозирования результатов была проведена линейная аппроксимация по методу наименьших квадратов.

Результаты и их обсуждение

Гистологическое исследование слизистой оболочки тощей кишки животных контрольной группы показало, отсутствие достоверных изменений ее рельефа, то есть высота ворсинок и глубина крипт оставались постоянными на протяжении всего эксперимента для всех возрастных групп, что сопровождалось снижением митотической активности (МА) энтероцитов в возрастной динамике.

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что в результате хронического воздействия иЭМП изменение рельефа слизистой оболочки тощей кишки носило разнонаправленный характер и зависело от всех параметров: ПНТ, периодичности и длительности. При этом наиболее выраженные изменения наблюдались спустя 5 месяцев

Таблица 1

Уравнения линейной регрессии, описывающие возрастную динамику высоты ворсинок после хронического воздействия иЭМП

Периодичность (И/н)	Плотность наведенных токов (кА/м ²)			
	0.37	0.7	0.8	2.7
К	Y=188.33 (R ² =0)	Y=188.33 (R ² =0)	Y=188.33 (R ² =0)	Y=188.33 (R ² =0)
50	Y=-55.58x+ +332.78 (R ² =0.982)	Y=29.34x+ +125.19 (R ² =0.9979)	Y=12.225x+ +175.7 (R ² =0.97732)	Y=-146.98x+ +599.02 (R ² =0.9354)
100	Y=-84.205x+ +425.68 (R ² =0.9725)	Y=2.795x+ +186.26 (R ² =0.1197)	Y=8.6x+ +180.55 (R ² =0.9835)	Y=-165x+ +618.67 (R ² =0.9694)
500	Y=2.305x+ +181.75 (R ² =0.9991)	Y=9.20x+ +183.37 (R ² =0.8792)	Y=20.7x+ +154.4 (R ² =0.9786)	Y=120.07x+ +494.13 (R ² =0.9612)

Обозначения: К – биологический контроль; И/н – импульсы в неделю; у – искомое значение высоты ворсинок; x – время; R² – величина достоверности аппроксимации.

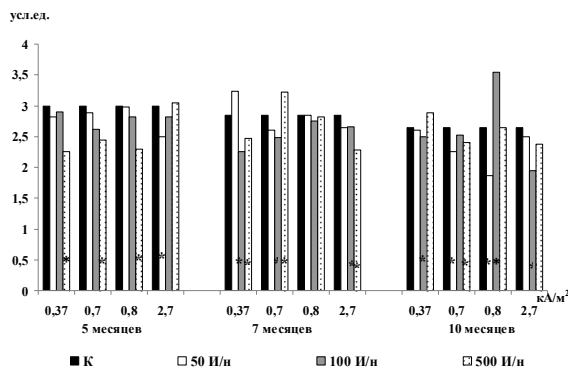


Рис. 3. Динамика митотической активности недифференцированных эпителиоцитов крипт слизистой оболочки тощей кишки в условиях хронического воздействия иЭМП.

воздействия при ПНТ 0.37 кА/м², 2.7 кА/м² и периодичности импульсов в неделю (И/н) 50 и 100, что сопровождалось достоверным увеличением высоты ворсинок и глубины крипт (p<0.05), а также спустя 10 месяцев при ПНТ 0.7 кА/м², 2.7 кА/м² и 50 И/н (рис. 1, 2).

Отмеченные изменения рельефа в большинстве случаев сопровождалось снижением интенсивности пролиферации эпителиоцитов крипт. Активизация МА наблюдалась спустя 7 и 10 месяцев воздействия с избирательностью к параметрам иЭМП: при ПНТ 0.37 кА/м² с периодичностью 50 И/н и 500 И/н соответственно; при ПНТ 0.7 кА/м² и 500 И/н через 7 месяцев; при ПНТ 0.8 кА/м² и 100 И/н через 10 месяцев (p<0.05) (рис. 3). Наблюдаемую очаговую гипертрофию ворсинок и пролиферацию эпителия при воздействии некоторых параметров иЭМП можно объяснить компенсаторной реакцией в ответ на действие сверхсильного повреждающего фактора.

Анализ чувствительности компонентов системы «ворсинка–крипта» в условиях эксперимента показал их достоверную зависимость от всех параметров воздействия иЭМП с

прямой направленностью от ПНТ и обратной – от времени и периодичности, сопровождаемую увеличением высоты ворсинок, видимо, как следствие изменения функциональной активности слизистой оболочки тощей кишки, то есть возникновение и развитие адаптивного эффекта. На чувствительность недифференцированных эпителиоцитов крипт из совокупности действующих факторов иЭМП наиболее достоверно влияли только продолжительность действия и ПНТ, которые имели обратные эффекты, то есть увеличение достоверно влияющих параметров иЭМП приводило к снижению их митотической активности.

Проведенные гистологическое и морфометрическое исследования показателей рельефа у контрольных животных не выявили значимых изменений на протяжении всего исследованного периода, однако сопровождалось достоверным снижением МА недифференцированных эпителиоцитов крипт для всех временных параметров.

Прогноз показателей рельефа при воздействии ЭМИ с ПНТ 0.37 кА/м² и периодичностью 100 и 50 И/н, а также с ПНТ 2.7 кА/м² и всех значениях периодичности импульсов в неделю показал существенное снижение высоты ворсинок. При ПНТ 0.7 кА/м² и 0.8 кА/м², напротив, происходило увеличение их длины при периодичности 50 И/н, а также 100 и 500 И/н соответственно (табл. 1). Увеличение глубины крипт для всего прогнозируемого периода наблюдалось при воздействии иЭМП с ПНТ 0.37 кА/м² и периодичностью 500 И/н, 0.7 кА/м² с периодичностью 50 и 100 И/н, а также при 0.8 кА/м² с периодичностью 100 и 500 И/н (табл. 1, 2).

При воздействии иЭМП с ПНТ 0.7 кА/м² с периодичностью 50 И/н и ПНТ 2.7 кА/м² с периодичностью 100 И/н наблюдалось существенное снижение МА недифференцированных эпителиоцитов за прогнози-

Таблица 2

Уравнения линейной регрессии, описывающие возрастную динамику глубины крипт после хронического воздействия иЭМП

Периодичность (И/н)	Плотность наведенных токов (кА/м ²)			
	0.37	0.7	0.8	2.7
К	Y=61.02 (R ² =0)	Y=61.02 (R ² =0)	Y=61.02 (R ² =0)	Y=61.02 (R ² =0)
50	Y=-17.354x+ +108.72 (R ² =0.9521)	Y=13.38x+ +39.603 (R ² =0.9705)	Y=5.015x+ +57.833 (R ² =0.9202)	Y=-37.195x+ +178.23 (R ² =0.9494)
100	Y=-22.36x+ +131.14 (R ² =0.9472)	Y=8.46x+ +47.777 (R ² =0.9562)	Y=9.54x+ +43.853 (R ² =0.9971)	Y=-60.715x+ +219.86 (R ² =0.9793)
500	Y=9.79x+ +41.853 (R ² =0.9991)	Y=2.64x+ +55.263 (R ² =0.7668)	Y=4.045x+ +55.387 (R ² =0.9902)	Y=-40.035x+ +165.54 (R ² =0.9627)

Обозначения: К – биологический контроль; И/н – импульсы в неделю; у – искомое значение глубины крипт; x – время; R²- величина достоверности аппроксимации.

Таблица 3

Уравнения линейной регрессии, описывающие возрастную динамику митотической активности недифференцированных эпителиоцитов после хронического воздействия иЭМП

Периодичность (И/н)	Плотность наведенных токов (кА/м ²)			
	0.37	0.7	0.8	2.7
К	Y=-0.175x+ +3.1833 (R ² =0.9992)	Y=-0.175x+ +3.1833 (R ² =0.9992)	Y=-0.565x+ +3.6833 (R ² =0.978)	Y=-0.175x+ +3.1833 (R ² =0.9992)
50	Y=-0.11x+ +3.1067 (R ² =0.5307)	Y=-0.315x+ +3.2067 (R ² =0.9995)	Y=-0.09x+ +0.4567 (R ² =3.6833)	Y=-0.011x+ +2.5722 (R ² =0.1169)
100	Y=-0.2x+ +2.95 (R ² =0.8383)	Y=-0.05x+ +2.64 (R ² =0.8901)	Y=0.36545x+ +2.31 (R ² =0.9487)	Y=-0.435x+ +3.3467 (R ² =0.985)
500	Y=0.31x+ +1.9167 (R ² =0.9961)	Y=-0.022x+ +2.7267 (R ² =0.0161)	Y=0.17x+ +2.2467 (R ² =0.861)	Y=-0.335x+ +3.24 (R ² =0.9396)

Обозначения: К – биологический контроль; И/н – импульсы в неделю; у – искомое значение митотической активности; x – время; R² – величина достоверности аппроксимации.

руемый период. При ПНТ 0.37 кА/м² и 0.8 кА/м², напротив, происходило ее повышение с достоверными значениями при периодичности 500 и 100 И/н соответственно (табл. 3).

Выводы

Рельеф слизистой оболочки тощей кишки и ее структурно-функциональная единица – система ворсинка–крипта, эпителиальное покрытие которой относится к обновляющейся клеточной популяции и обладает высокой чувствительностью к действию факторов различной природы, оказывают существенное влияние на складывающиеся внутри системы механизмы регуляции функций [7].

Выявленное в эксперименте углубление кишечных крипт, по-видимому, отражает определенную адаптацию слизистой оболочки, обеспечивая процессы обновления эпителия в ответ на неблагоприятное внешнее воздействие, что приводит к увеличению высоты ворсинок.

Кроме того, анализ многочисленных клиничко-экспериментальных данных показывает качественно-прогностическую зависи-

мость возникновения и развития отдаленных неблагоприятных эффектов при продолжительном воздействии ЭМИ спустя десятки лет, которые могут быть более выраженными, что связано со снижением компенсаторных резервов организма и с ускорением процессов старения, приводя к существенному увеличению частоты заболеваемости [3, 4, 6].

Проведенное на экспериментальной модели прогнозирование реакции структурно-функционального состояния слизистой оболочки тощей кишки в хронобиологическом аспекте, позволяет проследить динамику изучаемой системы и отражает реально существующие уровни проявления неблагоприятного воздействия параметров иЭМП, зависимость между совокупностью которых с соотносимыми морфологическими признаками отклика в хронобиологическом аспекте, с последующей экстраполяцией полученных результатов с экспериментальных биообъектов на человека, позволит установить степень чувствительности органов, контролировать воздействие, оценить риск хронического облучения и предопределить разработку профилактических мер по обеспечению безопасности контакта с ЭМИ для своевременной защиты.

Список литературы

1. Григорьев Ю. Г. Мобильная связь и изменение электромагнитной среды обитания населения. Необходимость дополнительного обоснования существующих гигиенических стандартов / Ю.Г. Григорьев [и др.] // Радиационная биология. Радиозкология. 2010. №50 (1). С. 6–14.
2. Григорьев Ю. Г. Электромагнитные поля и Здоровье человека / Ю.Г. Григорьев. М., 2002. 177 с.
3. Никитина А. В. Резервы организма, ускоренное старение и сокращение продолжительности жизни человека в условиях длительного действия ЭМП РЧ нетепловых интенсивностей, а также ряда других стрессорных факторов: сб. трудов / А.В. Никитина, А.В. Шафиркин, А.Л. Васин // Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений за 2007 год. М.: АЛЛАНА, 2007. С. 50–88.
4. Патогенное воздействие ионизирующих излучений на организм человека / С.В. Москвин [и др.]. Москва–Тверь–Тула, 2007. 160 с.
5. Родзаевская Е. Б. Динамика клеточных популяций в тонкой кишке крыс при воздействии низкоинтенсивного электромагнитного излучения различных частот ГГц-диапазона / Е.Б. Родзаевская, И.С. Евсеев, А.В. Чупрова // Морфология. 2009. 136 (4). С. 120–121.
6. Свиридова О. А. Биотропный эффект импульсов электромагнитных полей на состояние тощей кишки в хроническом эксперименте / О.А. Свиридова, В.В. Логачева // Материалы международной научно-практической конференции «Белые ночи – 2013». Санкт-Петербург, 2013. С. 283–285.
6. Шубич М. Г. Метод элективной окраски кислых (сульфатированных) мукополисахаридов основным коричневым / М.Г. Шубич // Бюлл. экспер. биол. 1961. № 2. С. 116–119.

Сведения об авторах

Попова Олеся Александровна – канд. биол. наук, доцент кафедры анатомии и физиологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный педагогический университет», г. Воронеж ул. Ленина 8. E-mail: 89803438178soa@mail.ru

Старцева Светлана Валериевна – канд. мед. наук, доцент кафедры микробиологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России. 394036, г. Воронеж, ул. Студенческая, 10.

Поступила в редакцию 17.06.2016 г.