

А.М. Егорова<sup>1</sup>, Б.О. Мокоян<sup>2</sup>, Л.А. Луценко<sup>1</sup>**НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ФАКТОРОВ РИСКА ЗДОРОВЬЮ МЕДИЦИНСКОГО ПЕРСОНАЛА ПРИ РАБОТЕ С МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНЫМИ ТОМОГРАФАМИ**<sup>1</sup>ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, ул. Семашко, 2, Мытищи, Московская обл., Россия, 141014<sup>2</sup>ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области», ул. Космонавтов, 21, Воронеж, 394038

Проведена гигиеническая оценка условий труда и состояния здоровья медицинского персонала при работе с магнитно-резонансными томографами. Условия труда медицинского персонала характеризуются комплексом вредных факторов: постоянное магнитное поле, повышенная напряженность и тяжесть труда, недостаточная естественная освещенность, шум. Наиболее неблагоприятные условия труда наблюдаются в диагностической комнате при подготовке пациента к обследованию, где уровни магнитной индукции существенно превышают ПДУ. Выявлены достоверные различия функциональных показателей, свидетельствующих о снижении адаптационных резервов организма при работе с магнитно-резонансными томографами. Предложены профилактические мероприятия по обеспечению гигиенической безопасности медицинского персонала.

**Ключевые слова:** магнитно-резонансная томография, риск здоровью, постоянное магнитное поле.

A.M. Egorova<sup>1</sup>, B.O. Mokoyan<sup>2</sup>, L.A. Lutsenko<sup>1</sup>. **Some aspects of revealing health risk factors in medical personnel working with magnetic resonance tomographs**

<sup>1</sup>Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of Rospotrebnadzor, 2, Semashko Str., Mytishchi, Moscow Region, Russia, 141014<sup>2</sup>FBUZ «Center for Hygiene and Epidemiology in the Voronezh region», Str. Cosmonauts, 21, Voronezh, Russia, 394038.

Hygienic evaluation covered work conditions and health state of medical personnel working with magnetic resonance tomographs. Work conditions of the medical personnel are characterized by a complex of hazards: constant magnetic field, increased intensity and hardness of work, inadequate natural illumination, noise. The most unfavorable conditions are seen in diagnostic room during patients' preparation to the examination, where magnetic induction levels considerably exceed maximally allowable levels. The authors revealed reliable differences in functional parameters indicative of lower adaptational body resources in work with magnetic resonance tomographs. Suggestions are preventive measures to provide hygienic safety for medical personnel.

**Key words:** magnetic resonance tomography, health risk, constant magnetic field.

Технологические инновации предусматривают использование магнитных полей, применяемых в научных и медицинских лечебно-диагностических целях, таких как магнитно-резонансная томография (МРТ), мощность которой в тысячи раз превосходит мощность магнитного поля Земли. МРТ основана на получении информации о распределении протонов (атомов водорода) на воздействие постоянного магнитного поля и пульсирующего магнитного поля одновременно с радиочастотным излучением. В настоящее время данный метод нашел широкое применение и используется при диагностике травм, заболеваний внутренних органов, центральной нервной и сердечно-сосудистой систем. Существенным преимуществом данного метода является отсутствие ионизирующей радиации. Вместе с тем, при работе МРТ возможно возникновение ряда вредных и опасных факторов, что требует научного обоснования мер гигиенической безопасности.

Несмотря на то, что решению проблемы обеспечения гигиенической безопасности населения и ра-

ботающих при воздействии электромагнитных полей посвящено большое число исследований [1–9], данное направление не потеряло своей актуальности. В настоящее время стоит задача гармонизации гигиенических регламентов электромагнитных полей [6,7].

Кроме того, в последние годы наметилась тенденция к ужесточению ПДУ техногенных ЭМП, что обусловлено возможностью их канцерогенного действия [6].

Вместе с тем, условия труда медицинского персонала в кабинетах МРТ изучены недостаточно. Имеются лишь отдельные исследования [3,5].

Комплексная гигиеническая оценка условий труда медицинского персонала в кабинетах МРТ проведена в рамках отраслевой научно-исследовательской программы «Гигиеническое обоснование минимизации рисков для здоровья населения России» (2011–2015 гг.).

**Цель работы:** научное обоснование и разработка комплекса профилактических мероприятий для сохранения здоровья медицинского персонала при действии вредных производственных факторов в кабинетах МРТ.

**Материал и методы.** В основу гигиенической оценки физических факторов кабинетов МРТ, положены собственные исследования, а также данные инструментальных замеров ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области», ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в г. Москве» на базе 20 кабинетов МРТ. Мощность постоянных магнитных полей томографов составляла от 0,3 (для исследования конечностей или отдельных участков тела) до 3 тесла (Тл).

Оценивались показатели электромагнитных полей радиочастот (ЭМП РЧ), электромагнитных полей промышленной частоты (ЭМП ПЧ), электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ, постоянных магнитных полей (ПМП), шума, параметры микроклимата и освещенности, тяжести и напряженности труда. Проводились хронометражные наблюдения и расчеты. Оценка профессионального риска здоровью медперсонала проведена в виде прогноза вероятности нарушений здоровья от действия вредных факторов условий труда по методике Н.Ф. Измерова, Э.И. Денисова (2011).

Были обследованы 120 медицинских работников: врачей и лаборантов (60 человек — медицинский персонал кабинетов МРТ и 60 человек — медицинские работники, не подвергающиеся воздействию вредных производственных факторов кабинетов МРТ: терапевты, санитарные врачи, средний медицинский персонал). Возраст работников основной группы колебался от 25 до 54 лет. Стаж работы в данной профессии — 1–7 лет.

Оценка состояния здоровья проводилась по данным анкетирования и результатам периодических медицинских осмотров работников.

Основные рабочие места врача и среднего медперсонала находятся в пультной и в диагностической комнате возле томографа. Наиболее неблагоприятные условия труда медперсонала с максимальной экспозицией 1–1,5 часа в смену наблюдаются в диагностической. Основные обязанности лаборанта: подбор магнитных катушек для сканирования и их установка, укладка пациента, контроль процедуры сканирования пациента. Основные обязанности врача: контроль безопасности процедуры и правильности укладки пациента, наблюдение за по-

казателями мониторов жизнеобеспечения, анализ изображений на экранах видеотерминалов. Медсестры и врачи-анестезиологи также находятся в диагностической комнате во время укладки и проведения анестезии тяжелобольным пациентам и подвергаются воздействию постоянного магнитного поля выше ПДУ. Во время проведения сканирования весь медперсонал находится в пультной. Ведущим вредным производственным фактором при работе с магнитно-резонансными томографами является постоянное магнитное поле (ПМП).

Наиболее неблагоприятные условия труда медперсонала наблюдаются при подготовке пациента к обследованию в диагностической возле пульта управления (уровни магнитной индукции постоянного магнитного поля до 200–300 мТл), при этом максимальное воздействие оказывается преимущественно на руки и верхнюю часть туловища на высоте 0,5–1 м. Время воздействия постоянного магнитного поля на лаборанта составляет около 5–10 мин. на одного пациента, при укладывании тяжелобольного пациента до 15–40 мин, за смену обычно составляет 60–90 мин. Время воздействия повышенных уровней ПМП на врача до 30 мин. за смену при нахождении в диагностической комнате. Условия труда медперсонала по действию постоянных магнитных полей оцениваются как вредные 3 класс 1–2 степени.

Наиболее высокие уровни ПМП выявлены в диагностических помещениях кабинетов с магнитно-резонансными томографами с высокой (от 1,0 до 2,0 Тл) и сверхвысокой (>2 Тл) магнитной индукцией (табл.).

С удалением от магнита мощность магнитной индукции значительно уменьшается: на расстоянии 1 м у стола не более 30 мТл, а в пультной ниже ПДУ. В диагностических комнатах магнитно-резонансных томографов, мощностью менее 1 Тл, значения магнитной индукции постоянного магнитного поля превышали ПДУ (до 150 мТл).

Существенным вредным производственным фактором является повышенный уровень шума, источником которого является вентиляционное оборудование и сам томограф при сканировании.

Для получения изображения используются ЭМП радиочастотного диапазона 10–60 МГц, однако на

Таблица  
**Уровни магнитной индукции постоянного магнитного поля на рабочих местах медперсонала высокопольных магнитно-резонансных томографов (min, max, M±m)**

Место проведения измерений	Уровни магнитной индукции постоянного магнитного поля, мТл. Расстояние от пола, м		
	0,5	1,0	1,7
<b>Диагностическая:</b> Рабочее место персонала у аппарата: укладка пациента (руки), 0,5 м от магнита	30–130 (80±2,3)	16–300,0 (158±7,3)	80–100 (90±4,4)
Напротив магнита, в торце стола	10–45 (28±1,9)	16–43,0 (30±3,3)	10–30 (20±1,4)
У аппарата анестезиолога	10–143,0 (76,5±2,9)	18–22,9 (20,1±1,3)	12–44 (30,0±1,2)
У мест хранения катушек	10–25,0 (18±1,7)	20–100,0 (60±1,8)	20–24,0 (22±2,1)
<b>Пультная:</b> рабочее место персонала	Ниже ПДУ		

большинстве рабочих мест во время сканирования пациента радиочастотные ЭМП не превышают ПДУ. Измерения электромагнитных полей промышленной частоты 50 Гц на большинстве рабочих местах также не выявили превышений ПДУ.

Другими вредными производственными факторами являются: недостаточная естественная освещенность при оценке МРТ изображений, повышенные сенсорные и эмоциональные нагрузки. Напряженность труда врачей оценивается как вредный 3 класс 2 степени.

Условия труда лаборанта по показателю тяжести труда оцениваются как вредные для лаборантов-женщин — класс условий труда 3.2, для лаборантов-мужчин — класс условий труда 2; т. к. вес переносимых магнитных катушек составляет 18 кг, перемещение груза на расстояние от 1 до 5 м.

Исследования показали, что параметры микроклимата кабинетов МРТ соответствовали гигиеническим нормам. Уровень искусственной освещенности на рабочих местах соответствует гигиеническим нормам, в то же время наблюдается недостаточное естественное освещение на 25% рабочих мест (КЕО<0,5%), что определяется спецификой работы.

Проведенное анкетирование показало наличие жалоб у медперсонала кабинетов МРТ, характерных для астенического синдрома, проявляющиеся достоверно чаще у медперсонала основной группы по сравнению с контрольной (85% против 74,3%,  $p < 0,05$ ). Среди жалоб на состояние здоровья у работников основной группы по сравнению с контролем достоверно чаще встречались: аллергические реакции — 5,9% против 2,1%; нарушение сна — 5,85% против 3,6%, шум в ушах 4,3% против 2,1% ( $p < 0,05$ ); жалобы на снижение остроты зрения наблюдались в обеих группах (10,7% и 8,3%), в контрольной группе достоверно чаще встречались инфекционные заболевания (10,7% против 2,8%).

Были выявлены различия функциональных показателей гемодинамики у работников основной и контрольной групп в динамике смены. У медперсонала, работающего с МРТ, отмечалось достоверное увеличение систолического артериального давления (САД) и диастолического артериального давления (ДАД) к концу рабочей смены.

В течение рабочей смены были выявлены различия в частоте сердечных сокращений в основной группе. Выявлены также достоверные различия среднегрупповых показателей минутного объема кровотока (МОК); составляющие в группах  $4528,7 \pm 41,1$  и  $4385,99 \pm 50,4$  мл/мин соответственно, при  $T_{расч.} = 2,02 > T_{табл.} = 1,96$ ,  $p < 0,05$  и индекса функциональных изменений (ИФИ) ( $2,54 \pm 0,02$  и  $2,35 \pm 0,03$  баллов соответственно, при  $T_{расч.} = 4,73 > T_{табл.} = 1,96$ ,  $p < 0,05$ ). Полученные данные свидетельствуют о напряжении адаптационных процессов организма под воздействием факторов производственной среды, связанных с эксплуатацией томографов. Оценка уровня функционирования системы кровообращения и адаптационного потенциала выявила, что у 3,84% персонала основной группы отмечен

«срыв адаптации», в 34,6% «напряжение механизмов адаптации», у 61,53% работников основной группы установлена «удовлетворительная адаптация».

Выявлены изменения функционирования центральной нервной системы в группе медицинского персонала, работающего с МРТ, в конце рабочей смены, подтверждаемые статистически достоверными различиями показателей, характеризующих самочувствие и активность, от показателей контрольной группы. Самочувствие персонала, работающего в кабинетах МРТ, к концу рабочей смены хуже, чем у медицинского персонала, работа которого не связана с методом МРТ ( $4,63 \pm 0,13$  балла в опытной группе против  $5,05 \pm 0,13$  баллов в контрольной, при  $T_{расч.} = 2,31 > T_{табл.} = 1,96$  и  $p < 0,05$ ); в конце рабочей смены отмечено более выраженное снижение активности персонала, работа которого связана с методом МРТ, по отношению к контрольной группе ( $4,43 \pm 0,13$  балла в опытной группе против  $4,96 \pm 0,14$  баллов в контрольной, при  $T_{расч.} = 2,81 > T_{табл.} = 1,96$  и  $p < 0,05$ ).

При исследовании ЦНС с помощью методики «САН» и теста Люшера выявлены достоверные симптомы утомления. При исследовании состояния вегетативной нервной системы методикой расчета индекса Кердо было выявлено преобладание тормозных процессов преимущественно в основной группе по сравнению с контролем (55% против 51,7%;  $p < 0,05$ ).

Изучение устойчивости ясного видения показало, что через три часа работы у медперсонала основной группы по сравнению с контролем происходит более выраженное зрительное утомление. Так, снижение показателя в основной группе составило 3–5%, а к концу смены до 7%, а в контрольной 2% и 5% соответственно.

Изучение профессионального риска по методике Н.Ф. Измерова и Э.И. Денисова (2011) установило, что индекс профессионального риска медперсонала кабинетов МРТ оценивается как 8,75—«лица из группы риска нуждаются в дополнительной защите».

Разработана и внедрена система обеспечения гигиенической безопасности условий труда в кабинетах МРТ, основанная на алгоритмах количественного анализа воздействия факторов трудового процесса и методах оценки состояния здоровья медицинского персонала, включающая организационные, инженерно-технические и лечебно-профилактические мероприятия.

**Выводы.** 1. Мероприятия при проектировании кабинетов МРТ должны включать: выделение опасных зон — линия 5 Гаусс=0,0005 Тл, которые должны ограждаться и обозначаться соответствующими предупредительными знаками, экранирование диагностической клеткой Фарадея, установка металлодетекторов, определяющих наличие ферромагнитных предметов, а также дополнительные знаки опасности. 2. Организационные мероприятия включают: ограничение времени нахождения медицинского персонала в диагностической; во время проведения исследования персонал должен находиться в пультной, наблюдение за больным проводится дистанционно; регламентирование количества исследова-

ний (рекомендуемое количество для высокопольных томографов 3–4 исследования за смену); работа по наблюдению за экранами видеотерминалов при графическом отображении информации не должна превышать 6 часов за смену; время регламентированных перерывов 90 мин.; при работе в диагностической комнате необходимо обеспечение медперсонала и пациентов средствами индивидуальной защиты: наушники, беруши. 3. Лечебно-профилактические мероприятия включают: предварительные и периодические профилактические медосмотры. К работе в условиях воздействия ПМП от томографа и ЭМП от ПЭВМ не допускаются лица, не достигшие 18-летнего возраста, и женщины в состоянии беременности и кормления ребенка грудью. Недостаточность естественной освещенности должна компенсироваться созданием благоприятных условий для искусственного освещения и профилактическим ультрафиолетовым облучением работающих. Учитывая массу магнитных катушек (18 кг), перемещаемых вручную, рекомендуется принимать на должность лаборантов мужчин. В целях уменьшения напряженности труда рекомендуется организация комнат психофизиологической разгрузки с возможностью прослушивания релаксирующей музыки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES п. 9)

1. Вялов А.М. Характеристика астеновегетативных нарушений у рабочих, подвергшихся хроническому действию магнитных полей. - В кн.: Клиника и вопросы экспертизы трудоспособности при заболеваниях, вызванных воздействием физических факторов. — М.: БИ, 1972, — С. 111–115.
2. Вялов А.М. Магнитные поля как фактор производственной среды // Вестник АМН СССР. — 1967. — №8. — С. 52–58.
3. Казей Э.К., Рыбина Т.М., Косяченко Г.Е., Худницкий С.С. Обоснование профилактических мероприятий в кабинете МРТ // Материалы XI Всероссийского Конгресса «Профессия и здоровье». Москва, 27–29 ноября 2012 г. — М.: ФГБУ «НИИ МТ» РАМН — С. 220–222.
4. Медведев М.А., Уразаев А.М., Кулаков Ю.А. Влияние постоянного и низкочастотного магнитного поля на поведенческие и вегетативные реакции человека-оператора. // Журнал высшей нервной деятельности. — 1976. — Т. 26, вып. 6. — С. 1131–1136.
5. Никитина В.Н., Ляшко Г.Г., Калинина Н.И., Орлова А.В. Вопросы электромагнитной безопасности на рабочих местах персонала медицинских учреждений // М-алы 6-го международного симпозиума по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии 21–24 июня 2005 г. — СПб.
6. Пальцев Ю.П., Походзей Л.В., Рубцова Н.Б., Богачева Е.В. Проблемы гармонизации гигиенических регламентов электромагнитных полей мобильных средств радиосвязи. // Гигиена и санитария. — 2013. — №3. — С. 39–42.
7. Пальцев Ю.П., Походзей Л.В., Рубцова Н.Б., Богачева Е.В. Совершенствование и гармонизация гигиенических нормативов электрических и магнитных полей // Мед. труда и пром. экология. — 2013. — №2. — С. 5–8.
8. Рубцова Н.Б., Перов С.Ю., Богачева Е.В., Кюстер Н. К разработке инновационных методов оценки электромагнитных полей носимых радиостанций // Медицина труда и промышленная экология. — 2013. — №2. — С. 9–10.

#### REFERENCES

1. Vyalov A.M. Characteristics of asthenic vegetative disorders in workers subjected to chronic influence of magnetic fields. In: Clinical manifestations and working capacity examination for diseases due to physical factors. — Moscow: BI, 1972. — P. 111–115 (in Russian).
2. Vyalov A.M. Magnetic fields as a occupational factor // Vestnik AMN SSSR. — 1967. — 8. — P. 52–58 (in Russian).
3. Kazey E.K., Rybina T.M., Kosyachenko G.E., Khudnitskiy S.S. Justifying preventive measures in MRI room. Proc of Russian congress «Occupation and health». Moscow, 27–29 November 2012. — Moscow: FGBU «NII MT» RAMN, 220–222 p. (in Russian).
4. Medvedev M.A., Urazaev A.M., Kulakov Yu.A. Influence of constant and low-frequency magnetic field on behavior and vegetative reactions of operator // Zhurnal vysshey nervnoy deyatelnosti. — 1976. — Vol 26. — issue 6. — P. 1131–1136 (in Russian).
5. Nikitina V.N., Lyashko G.G., Kalinina N.I., Orlova A.V. Problems of electromagnetic safety on workplace of medical personnel / Proc of 6<sup>th</sup> International congress on electromagnetic compatibility and electromagnetic ecology. — 21–24 June 2005. — St Petersburg (in Russian).
6. Pal'tsev Yu.P., Pokhodzey L.V., Rubtsova N.B., Bogacheva E.V. Problems of harmonization of hygienic regulations for electromagnetic fields of mobile connection devices // Gig. i sanit. — 2013. — 3. — P 39–42 (in Russian).
7. Pal'tsev Yu.P., Pokhodzey L.V., Rubtsova N.B., Bogacheva E.V. Improvement and harmonization of hygienic regulations for electric and magnetic fields // Industr. Med. — 2013. — 2. — P. 5–8 (in Russian).
8. Rubtsova N.B., Perov S.Yu., Bogacheva E.V., Kyuster N. On specification of innovation methods to evaluate electromagnetic fields of mobile radio stations // Industr. Med. — 2013. — 2. — P. 9–10 (in Russian).
9. Chakeres Donald W., MD, Bornstein Robert, PhD, 2 and Allahyar Kangarlu, PhD. Randomized Comparison of Cognitive Function in Humans at 0 and 8 Tesla // J. Magn. Reson. Imaging. — 2003. — 18. — P. 342–345.

Поступила 13.01.2017

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Егорова Анна Михайловна (Egorova A.M.),  
вед. науч. сотр. отд. мед. труда ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, д-р мед. наук. E-mail: annaeg2015@inbox.ru.
- Мокоян Бэлла Оганезовна (Mokoyan B.O.),  
ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области», канд мед. наук.
- Луценко Лидия Александровна (Lutsenko L.A.),  
зав. отд. мед. труда ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, д-р мед. наук, проф.