

**ФАКТОРЫ РИСКА ЗДОРОВЬЮ МЕДИЦИНСКОГО ПЕРСОНАЛА ПРИ РАБОТЕ С МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНЫМИ ТОМОГРАФИМИ**  
**Вдовина О.О.<sup>1</sup>, Иванов С.В.<sup>2</sup>, Руденко Д.А.<sup>3</sup> Email: Vdovina661@scientifictext.ru**

<sup>1</sup>Вдовина Ольга Олеговна – студент,  
кафедра гигиены, общей с экологией, 2-й медицинский факультет;  
<sup>2</sup>Иванов Сергей Владимирович - старший преподаватель, заведующий учебной частью,  
кафедра гигиены, общей с экологией;  
<sup>3</sup>Руденко Дана Александровна – студент,  
кафедра гигиены, общей с экологией, 2-й медицинский факультет,  
Медицинская академия им. С.И. Георгиевского,  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского,  
г. Симферополь

**Аннотация:** гигиеническая оценка условий труда персонала при работе с МРТ (постоянное магнитное поле, электромагнитные поля, шум, микроклимат, освещение, тяжесть и интенсивность работы) с выявлением приоритетных факторов риска рабочей среды. Изучение состояния здоровья медицинского персонала на основе методов функциональной диагностики. Оценка рисков для здоровья медицинского персонала отделений МРТ. Оценка воздействия вредных производственных факторов на медицинский персонал отделений МРТ.

**Ключевые слова:** магнитно-резонансная томография, вредность, электромагнитное излучение, постоянное магнитное поле.

**THE RISK FACTORS OF THE HEALTH OF MEDICAL PERSONNEL WHEN WORKING WITH MAGNETIC RESONANT TOMOGRAPHS**  
**Vdovina O.O.<sup>1</sup>, Ivanov S.V.<sup>2</sup>, Rudenko D.A.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Vdovina Olga Olegovna - Student,  
DEPARTMENT HYGIENE WITH ECOLOGY, 2ND MEDICAL FACULTY  
<sup>2</sup>Ivanov Sergey Vladimirovich - Senior Lecturer, Head of the educational part,  
DEPARTMENT HYGIENE WITH ECOLOGY;  
<sup>3</sup>Rudenko Dana Alexandrovna - Student,  
DEPARTMENT HYGIENE WITH ECOLOGY, 2ND MEDICAL FACULTY,  
MEDICAL ACADEMY S.I. GEORGIEVSKY  
FEDERAL STATE AUTONOMOUS EDUCATIONAL INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION  
CRIMEAN FEDERAL UNIVERSITY TO THEM. V.I. VERNADSKY,  
SIMFEROPOL

**Abstract:** hygienic assessment of working conditions of personnel when working with MRI (constant magnetic field, electromagentic fields, noise, microclimate, illumination, severity and intensity of work) with the identification of priority risk factors of the working environment. The study of the health of medical personnel on the basis of functional diagnostic methods. Assessment of occupational health risks for medical staff of MRI offices. Assessment of exposure to harmful production factors for medical personnel MRI offices.

**Keywords:** magnetic resonance imaging, harmfulness, electromagnetic radiation, constant magnetic field.

УДК: 613.64+616-073.750

Магнитно-резонансная томография (МРТ) - это методика исследования, которая базируется на физическом явлении магнитного резонанса. В тканях и органах пациента присутствуют ядра атомов водорода, откликающиеся на сочетание постоянного магнитного поля и электромагнитных волн, источником которых является специальный сканер аппарата МРТ. Эти отклики фиксируются и упорядочиваются в качественное четкое изображение. Существует открытые и закрытые аппараты.

Классические аппараты для проведения магнитно-резонансной томографии представляют собой конструкцию тоннельного типа: в большую камеру входит передвижной стол, на котором располагается пациент в положении лежа на спине. Магнитные и компьютерные датчики работают вокруг больного, создавая электромагнитное поле высокой частоты: от 1,5 до 3 Тесла (Т), в зависимости от модели. Наиболее популярны «Achieva 3 Т» и «Achieva 1,5 Т» производства фирмы Phillips, «MAGNETOM Symphony 1.5 Т», «MAGNETOM Trio 3 Т» фирмы Siemens.

Аппарат МРТ закрытого типа 1,6–2 м в высоту и 60 см в ширину. Томографы тоннельной обладают высокой мощностью, в 3–6 раз превышающей возможности МРТ открытого типа. Это позволяет

обнаружить патологические очаги на раннем этапе, снижает риск ошибок при диагностике. Магнитное поле окружает пациента со всех сторон, что позволяет быстро обследовать пациента.

К недостаткам МРТ закрытого типа относят: высокий уровень шума, который нервирует больного, мешает расслабиться; необходимость сохранять статическое положение тела длительное время; нахождение врача вдали от пациента; возможность обследования маленьких детей и пациентов с клаустрофобией только после введения успокоительных средств; невозможность исследования больных с массой больше 120 кг.

Используя МРТ-системы открытого типа, врач может находиться рядом с пациентом, контролировать его состояние и самочувствие. Открытая МРТ-система не будет вызывать такого же уровня тревоги, как закрытые МРТ-системы. Это делает возможным исследование пациентов с избытком веса, клаустрофобией, позволяет обследовать детей, которым требуется присутствие родителей, а также пациентов с ожирением (до 180 кг), с тяжелыми переломами позвоночника. Частота уровня магнитного поля открытых систем МРТ колеблется от 0.2 Т до 0.7 Т. На практике используют аппараты «MAGNETOM Concerto 0.2 Т», «MAGNETOM Allegra 0.3 Т» фирмы Siemens, и «Panorama 0,6 Т» от Phillips. Открытые системы МРТ не производят столько шума, как закрытые системы МРТ, а это уменьшает негативное влияние на пациентов. МРТ открытого типа позволяет получить высококачественные снимки при произвольных движениях пациента.

К недостаткам открытой МРТ-системы относится более низкое качество полученного изображения, отсутствие мелких деталей на снимке из-за более низкой частоты уровня магнитного поля, так как используемые магниты в открытой системе МРТ слабее. Сканирование изображения может занять больше времени, поскольку магниты в открытой системе МРТ расположены только сверху и снизу пациента, а не по бокам. Это также означает, что он не может принимать полные изображения.

На сегодняшний день с помощью МРТ исследуют головной и спинной мозг, пазухи носа, грудную область и средостение, брюшную полость, надпочечники, органы малого таза, позвоночник, сердце, сосуды, суставы. Показаниями к проведению МРТ исследования являются: нарушение кровообращения в мозгу, подозрения на опухоли, наблюдение за функционированием органов после хирургического вмешательства, мониторинг рецидивов опухолевых процессов, очаги воспаления, эпилепсию, поражения из-за артериальной гипертензии, травмы, диагностируют состояния дисков суставов, неправильный прикус, проводят подготовку к ортодонтическому лечению, защемление корешков нервов, врожденные патологии, возрастные изменения. При подозрении на наличие опухолевых поражений или метастазы может быть обследовано все тело пациента. Также показаниями к МРТ-сканированию могут стать инфаркт, порок или ишемическая болезнь сердца.

В Крыму 12 аппаратов МРТ. В Симферополе проводят МРТ-диагностику в РКБ им. Семашко, клиниках «Генезис» и «Авиценна».

Продолжительность процедуры магнитно-резонансной томографии зависит от типа выполняемого исследования. МРТ головного мозга проводится от 20 до 45 минут. МРТ орбит - 20-35 минут, мягких тканей шеи 25-35 минут, шейного отдела позвоночника 20-35 минут, грудного - 25-45 минут, поясничного - 20-35 минут, верхней конечности 20-45 минут, брюшной полости 25-45 минут, таза и нижней конечности 20-35 минут, суставных полостей 30-60 минут. МРТ-аппарат в среднем может просканировать от 10 до 20 пациентов, если рабочий день врача с восьми утра до шести вечера (II смены).

Магнитно-резонансная томография считается безопасным методом исследования, поскольку она просто имеет возможность изменять положение атомов, но не изменять их структуру, состав и свойства, как это пытаются сделать ионизирующие излучения.

Для оценки потенциально опасного биологического воздействия, связанного с окружающей средой и процедурами МРТ, за последние тридцать лет было проведено несколько исследований, часто приводящих к противоречивым результатам. Недавно группой американских ученых были проведены исследования *in vivo* и *in vitro*, описанные в статье «Biological Effects and Safety in Magnetic Resonance Imaging» с целью выявления биологических реакций на МРТ в диапазоне от миллиметра до нескольких тонн, с тем, чтобы дать новые руководящие принципы по ограничениям профессионального облучения и воздействия на пациентов. Новые предлагаемые значения: 2Т на облучение головы и туловища, 8Т для облучения конечностей.

Много исследований были направлены на изучение *in vitro* роста клеток, их пролиферацию, клеточного цикла распределения и апоптотической клеточной гибели. Все эти процессы не были затронуты в течении четырех дней при напряженности поля до 10 Т, в то время как при экспозиции 11-17 Т в течение 30-60 минут уменьшается количество и размер ячеек организации и жизненная сила в культивируемых клетках млекопитающих [6, 344]. Также наблюдается зависимое от оксигенации крови повышение вязкости крови за счет воздействия 1,5 Т.

Были также изучены генотоксические и канцерогенные эффекты и было высказано предположение, что МРТ может влиять на процесс индукции и прогрессирования рака путем изменения клеточных ответов на некоторые известные канцерогены (химические вещества, радиации)[7, 294].

Исследования, проведенные в 2000 г., проанализировали безопасность пациента в изменяющихся во времени градиентных полях, которые связаны с МРТ-сканированием, и пришли к выводу, что сердечная стимуляция очень маловероятна в современных системах, но при высоких амплитудах стимуляция периферических нервов ощутима (покалывание или постукивание) и вызывает дискомфорт. Международная электротехническая комиссия, разрабатывая меры безопасности, установила: порог сердечной стимуляции выше значения, вызывающего стимуляцию периферических нервов, а это позволяет избежать фибрилляции желудочков [8, 123; 9, 165].

Мощное магнитное поле, используемое в МРТ, притягивает железосодержащие объекты и заставляет их двигаться с большой силой. По этой причине пациентам рекомендуется удалить все украшения, одежду и другие предметы, содержащие металл, перед входом в область МРТ. Так же металлосодержащие предметы, вживленные в организм, могут представлять опасность, поскольку они могут двигаться или нагреваться во время МРТ. Следовательно, следующие условия часто являются противопоказаниями для МРТ-сканирования:

Имплантированный кардиостимулятор или дефибрилятор. До недавнего времени МРТ была противопоказана всем пациентам с имплантируемыми сердечными устройствами, поскольку создаваемые поля могут повредить компоненты и помешать функционированию. В настоящее время доступны новые МРТ-условные кардиостимуляторы, но МРТ для пациентов даже с этими новыми устройствами следует проводить только тогда, когда это считается необходимым с медицинской точки зрения и в соответствии со строгими рекомендациями.

Зажимы ферромагнитной аневризмы могут перемещаться или смещаться под действием силы магнитного поля.

Кохлеарный имплантат может быть поврежден или создать повреждение ткани при наличии системы МРТ. Существуют строгие протоколы для пациентов с кохлеарным имплантатом, нуждающихся в МРТ.

Электроды, используемые при глубокой стимуляции мозга, могут привести к травме или повреждению во время МРТ.

Металлические инородные тела: осколки или другие металлические предметы в теле могут нагреваться и перемещаться магнитным полем. Любые такие органы должны быть оценены, чтобы определить риск травмы, которую они представляют во время процедуры. Это включает в себя любые мелкие металлические сколы или осколки, которые могли застрять в глазу в результате сварки, шлифования или любого другого несчастного случая.

Некоторые разновидности глазных имплантатов представляют опасность повреждения глаз из-за металлических компонентов.

Постоянное воздействие высокочастотных уровней шума при работе МРТ-систем выше 80 дБА на организм, проявляется прогрессирующим понижением слуха по типу кохлеарного неврита в сочетании с вегетососудистой дисфункцией [1, 114]. Уровни шума ниже 80 дБА не вызывают потерю слуха, но оказывают раздражающее и утомляющее действие. Из-за шума возникает спазм артерий и, как следствие, циркуляторная гипоксия мозга. Шум воздействует на сердечно-сосудистую систему. На ЭКГ регистрируется укороченный интервал Q-T, удлиненный интервал P-Q, зубцы P и S более длительны и деформированы, интервал T-S смещен, изменен вольтаж зубца T [4, 97]. Шум влияет на артериальное давление, повышая его, и способствует развитию гипертонической болезни [3, 530]. Он стимулирует аденогипофиз, это стимулирует выработку надпочечниками стероидных гормонов, а это ведет к развитию приобретенного иммунодефицита с инволюцией лимфоидных органов. Шум, постоянно воздействуя, изменяет количественный состав T- и B-лимфоцитов крови и костного мозга. Дефекты иммунной системы проявляются в: снижении антиинфекционного иммунитета, развитии аутоиммунных и аллергических процессов, снижении противоопухолевого иммунитета. Отмечаются случаи респираторных заболеваний [1, 114].

Обязательно проводится систематическое измерение, оценка и нормирование постоянного магнитного поля (ПМП), которое осуществляется в соответствии с требованиями СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях». Оценка и нормирование осуществляется по уровню магнитного поля дифференцированно, в зависимости от времени его воздействия на работника за смену для условий общего (на все тело) и локального (кисти рук, предплечья) воздействия. Уровень ПМП оценивается в единицах напряженности магнитного поля (Н) в А/м или в единицах магнитной индукции (В) в мТл.

ПДУ напряженности (индукции) ПМП на рабочих местах представлены в таблице 1 [5].

Таблица 1. ПДУ постоянного магнитного поля

Время воздействия	Условия воздействия
-------------------	---------------------

за рабочий день, минуты	Общее		Локальное	
	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл
0-10	24	30	40	50
11-60	16	20	24	30
61-480	8	10	12	15

При необходимости пребывания персонала в зонах с различной напряженностью ПМП общее время выполнения работ в этих зонах не должно превышать допустимое время для зоны с максимальной напряженностью [5].

Контроль уровней ПМП должен проводиться путем измерений значений В или Н на постоянных рабочих местах и точках возможного пребывания персонала [4, 97]. Измерение начинают в наиболее удаленной точке от магнита, медленно приближаясь к нему.

В помещении диагностической допустимые уровни звука и звукового давления принимаются согласно СН N 3057-84 «Санитарные нормы допустимого шума, создаваемого изделиями медицинской техники в помещениях лечебно-профилактических учреждений». Нормируемыми параметрами постоянного шума являются уровни звука в дБ по шкале А и уровни звукового давления по спектру в октавных полосах частот. Нормируемыми параметрами непостоянного шума являются эквивалентные уровни звука в дБА. Уровни, которые допускаются, представлены в таблице 2 [5; 2,77].

Таблица 2. Допустимые уровни звука медицинской техники в помещениях лечебно-профилактических учреждений

Контингент	Уровни звука дБА, Эквив. уровни звука	Уровни звукового давления (УЗД), дБ в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Пациенты	50	71	61	54	49	45	42	40	38
Медицинский персонал	55	75	66	59	54	50	47	45	43

Таким образом создана и внедрена система обеспечения гигиенической безопасности условий труда в кабинетах МРТ, которая основанная на анализе воздействия факторов трудового процесса и методах оценки состояния здоровья медицинского персонала.

Проектирование кабинетов МРТ осуществляется по санитарным правилам и нормативам СанПиН 2.6.1.1192-03 и должны включать: установку опасных участков - линия 5 Гаусс=0,0005 Тл, которые необходимо ограждать и обозначать ограничительными символами, экранирование диагностической клеткой Фарадея, металлодетекторы, определяющие наличие ферромагнитных предметов, дополнительные знаки опасности.

Можно рекомендовать соблюдение правил и норм СанПиН 2.6.1.1192-03 и выполнять организационные мероприятия в МРТ-кабинетах:

- ✓ лимитирование времени нахождения медицинских работников в диагностической;
- ✓ наблюдение за экранами видеотерминалов при графическом отображении информации не превышает 6 часов/смену; необходим перерыв 90 мин. (т.к. по виду трудовой деятельности медперсонал, обслуживающий МРТ, относится к группе В - творческая работа в режиме диалога с ПЭВМ - СанПиН 2.2.2./2.4.1340-03).
- ✓ ограничение количества исследований (для высокопольных томографов: 3-4 исследования/смена);
- ✓ работникам следует находиться в пультовой в то время, когда проводится исследование, за больными необходимо наблюдать дистанционно.
- ✓ обеспечение предметами индивидуальной защиты, такими как наушники, беруши.

Необходимо проводить профилактические медицинские осмотры предварительно и периодически, не допускать лица младше 18 лет, беременных и кормящих женщин к работе в условиях воздействия ПМП от томографа.

#### Список литературы / References

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. *Мамчик Н.П., Егорова А.М., Мокоян Б.О.* Гигиенические особенности труда медицинского персонала, работающего с магнитно-резонансными томографами, с выявлением факторов риска // Системный анализ и управление в биомедицинских системах, 2012. Том 11. № 1. С. 75-77.
3. *Мамчик Н.П., Егорова А.М., Мокоян Б.О.* Факторы риска развития сердечнососудистой патологии при работе с магнитно-резонансным томографом // Материалы 11 Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей, 2012. Том 2. С. 529-531.
4. *Мокоян Б.О.* Факторы риска здоровью персонала при работе с медицинским оборудованием, генерирующим магнитные поля // Актуальные проблемы общей и военной гигиены/Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2011. С. 97.
5. *Филатов Н.Н.* Санитарно-гигиенические требования к магнитно-резонансным томографам и организации работы // Информационно-методическое письмо. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/537992889/> (дата обращения: 12.04.2019).
6. *Chakeres Donald W., MD, Bornstein Robert, PhD, 2 and Allahyar Kangarlu, PhD1.* Randomized Comparison of Cognitive Function in Humans at 0 and 8 Tesla // J. Magn. Reson. Imaging, 2003. 18. P. 342-345.
7. *De Vocht F., Stevens T., van Wendel De Joode B., Engels H., Kromhout H.* Acute neurobehavioral effects of exposure to static magnetic fields: analyses of exposure-response relations. J. Magn. Reson. Imaging, 2006. 23. P. 291–297.
8. *Myakoshi J.* Effects of a static magnetic field at the cellular level Prog Biophys Mol Biol., 2004. 10. P. 123-125.
9. *Rosen A.D.* Mechanism of action of moderate-intensity static magnetic fields on biological systems. Cell Biochem. Biophys, 2003. 39. P. 163–173.
10. *Hartwig Valentina, Giovannetti Giulio.* Biological Effects and Safety in Magnetic Resonance Imaging: A Review // Int J Environ Res Public Health, 2009. 6. P. 11-13.
- 11.