

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ И РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПАЦИЕНТОВ ПРИ ИНТЕРВЕНЦИОННЫХ И МИНИМАЛЬНО-ИНВАЗИВНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВАХ ПРИ ЗАБОЛЕВАНИЯХ И ТРАВМАХ ПОЗВОНОЧНИКА: ОПЫТ ОТДЕЛЕНИЯ НЕЙРОХИРУРГИИ ВСЕРОССИЙСКОГО ЦЕНТРА ЭКСТРЕННОЙ И РАДИАЦИОННОЙ МЕДИЦИНЫ ИМ. А.М. НИКИФОРОВА МЧС РОССИИ

<sup>1</sup> Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2);

<sup>2</sup> Российский орден Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена (Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Байкова, д. 8)

Интервенционные методы лечения болевых синдромов, равно как и минимально-инвазивные методы хирургии, получают все большее распространение при лечении патологии позвоночника. Использование навигации при проведении этих вмешательств является обязательным условием, флюороскопия является основным методом, интраоперационная лучевая нагрузка при этом недостаточно исследована. При противоболевых интервенциях ряд фармакологических субстанций вводятся в непосредственной близости от нейрососудистых структур, возможные побочные эффекты также неполноценно отражены в литературе. Цель исследования – оценка и анализ осложнений введения фармакологических препаратов и лучевой нагрузки при проведении интервенционных и минимально-инвазивных вмешательств у пациентов с различными заболеваниями позвоночника. Проведен анализ 1353 вмешательств у 849 пациентов, из которых 1033 – интервенции по поводу болевых синдромов (лечебно-диагностические блокады, радиочастотная абляция, внутривагальные вмешательства), 320 – минимально-инвазивная хирургия позвоночника (эндоскопическая дискэктомия, пункционная вертебропластика, чрескожная транспедикулярная фиксация). Реакции на введение местных анестетиков выявлены у 4,4% пациентов, интенсивная терапия потребовалась 1 пациенту. Осложнений при использовании контрастных веществ не зарегистрировано. Побочные эффекты введения глюкокортикостероидов были наиболее частыми, выявлены у 26,3% пациентов, риск увеличивался при необоснованном неоднократном использовании стероидов на поликлиническом этапе в виде инфузий и блокад. Средняя эффективная доза колебалась от  $(1,03 \pm 0,4)$  до  $(3,03 \pm 1,9)$  мЗв для интервенций, от  $(1,92 \pm 1,2)$  до  $(11,31 \pm 4,9)$  мЗв – при выполнении минимально-инвазивных операций и могла превышать рекомендуемые пределы эффективных доз ионизирующего излучения от техногенных источников, особенно при повторных вмешательствах и предшествующих диагностических исследованиях. Полученные данные обосновывают необходимость контроля применения глюкокортикостероидов при выполнении интервенций, учета их введения на предыдущих этапах лечения, использование тестовых блокад для подтверждения причин болевого синдрома в неясных клинических ситуациях. Снижение лучевой нагрузки на пациента и персонал может быть достигнуто путем совершенствования техники выполнения вмешательств, уменьшения количества используемых проекций, а также внедрением ультразвуковой навигации.

Ключевые слова: радиационная безопасность, биологическая безопасность, безопасность больного, нейрохирургия, заболевание позвоночника, боль, токсичность лекарств, лучевая нагрузка.

### Введение

В 1885 г. невролог J.L. Corning впервые описал анестезию при введении кокаина в позвоночный канал, эта дата считается исторической не только для анестезиологии,

но и для неврологии, нейрохирургии, ортопедии и других специальностей, связанных с лечением патологии позвоночника и сопутствующих болевых синдромов. Важными историческими событиями также были син-

✉ Волков Иван Викторович – канд. мед. наук, ст. науч. сотр., Рос. орден Трудового Красного Знамени науч.-исслед. ин-т травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена (Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Байкова, 8); врач-нейрохирург, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), e-mail: ivanvolkov@yandex.ru;

Карабаев Игорь Шамансурович – канд. мед. наук доц., зав. нейрохирургич. отд-нием, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), e-mail: karabaevigor@yandex.ru;

Алексанин Сергей Сергеевич – д-р мед. наук проф., директор Всерос. центра экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), засл. врач РФ, e-mail: medicine@arcerm.spb.ru.

тез прокаина (Einhorn A., 1989), появление йодсодержащих рентгеноконтрастных препаратов (Osborne E.D., 1923), выделение кортизона (Hench P.S., 1936) и первый успешный опыт его эпидурального введения (Lievre J.A., 1953). Дальнейшее развитие было бы невозможно без рентгенодиагностики, значимым событием стало появление цифровой флюорографии (Weighart F.G., 1963), позволяющей получать изображение в режиме реального времени [цит. по 11].

К началу 1980-х годов были разработаны большинство методов пункционного лечения дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника, появилось представление об источниках и механизмах болевого синдрома, путях проведения болевого импульса. В настоящий момент времени интервенционные (пункционные) методики лечения боли получили широкое распространение, в США выполняются около 5 млн интервенций в год только на позвоночнике, лечение боли выделено в самостоятельную дисциплину [11]. В России интервенционные технологии хорошо известны, но применяются гораздо реже и в крупных нейрохирургических и ортопедических стационарах.

В 1976 г. P. Kambin начал использовать пункционный доступ для механического удаления пульпозного ядра при грыжах межпозвоночного диска, в середине 1980-х годов для визуализации стал использоваться эндоскоп, к началу 1990-х годов предложенная им же концепция минимально-инвазивной хирургии получила всеобщее признание и начала свое распространение в хирургии не только дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника, но и травмы, онкологических поражений, деформации позвоночника. В настоящий момент времени большинство вмешательств на позвоночнике могут выполняться с использованием минимально-инвазивных технологий.

Особенностью применения интервенций и минимально-инвазивных вмешательств является необходимость использования навигации, так как пункционный доступ не подразумевает прямой визуализации, также как и начальные этапы хирургии во время установки эндоскопических портов или чрескожных фиксирующих систем, основным методом остается рентгеноскопия, возможности ультразвукового исследования ограничены костными структурами. С учетом количества манипуляций и операций возможная лучевая нагрузка на пациента и медицинский персонал

операционной становится крайне актуальной проблемой. Еще одной особенностью интервенций является использование фармакологических препаратов – местных анестетиков, контрастных веществ, глюкокортикостероидов, которые вводят в непосредственной близости от нейрососудистых структур позвоночного канала, что обуславливает потенциально высокий риск осложнений.

В настоящее время в русскоязычной литературе имеется достаточное количество информации по технике выполнения и клиническим результатам использования различных интервенционных и хирургических технологий [1, 2, 6, 8]. Проблеме обеспечения безопасности пациента и персонала при выполнении вмешательств уделяется, на наш взгляд, недостаточное внимание.

Цель исследования – оценка и анализ осложнений введения фармакологических препаратов и лучевой нагрузки при проведении интервенционных и минимально-инвазивных вмешательств у пациентов с различными заболеваниями позвоночника.

### Материал и методы

Провели анализ 1353 интервенционных и минимально-инвазивных вмешательств у 849 пациентов, находившихся на лечении в отделении нейрохирургии Всероссийского центра экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Санкт-Петербург) с 2012 по 2016 г. Проанализировали вмешательства с использованием флюороскопической навигации, а также с применением местных анестетиков, глюкокортикостероидов и контрастных веществ. В исследование не включали вмешательства, в ходе которых рентгенографию применяли для разовой верификации уровня доступа.

При проспективном анализе историй болезни учитывали: вид и объем вмешательства; дозу, наличие и характер осложнений введения препаратов; лучевую нагрузку. Данные о распределении пациентов в зависимости от вида выполненных вмешательств представлены в табл. 1.

179 (17,3%) интервенционных процедур проводили с использованием местных анестетиков – растворов 2% лидокаина и/или 0,2% ропивакаина, в случаях выполнения диагностических блокад – только анестетик. При выполнении 710 (68,7%) лечебных блокад, а также после выполнения радиочастотной абляции применяли глюкокортикостероиды (суммарно на процедуру): триамцинолонаце-

**Таблица 1**

Распределение пациентов по видам выполненных интервенционных и оперативных вмешательств

Вид вмешательства	n (%)
<b>Интервенционные вмешательства (n = 1033)</b>	
<b>Диагностическая блокада</b>	
межпозвоночные суставы	121 (11,7)
крестцово-подвздошное сочленение	46 (4,5)
периневральные	8 (0,8)
мышечные	4 (0,4)
<b>Лечебные блокады</b>	
межпозвоночные суставы	33 (3,2)
крестцово-подвздошное сочленение	60 (5,8)
периневральные	11 (1,1)
мышечные	6 (0,6)
эпидуральные	73 (7,1)
<b>Радиочастотная абляция</b>	
межпозвоночные суставы	364 (35,2)
крестцово-подвздошное сочленение	54 (5,2)
периферические нервы	11 (1,1)
спинальные ганглии	98 (9,5)
<b>Внутридисковые вмешательства</b>	
Холодноплазменная нуклеопластика	97 (9,4)
Внутридисковая радиочастотная абляция	47 (4,5)
<b>Минимально-инвазивные хирургические вмешательства (n = 320)</b>	
Пункционная вертебропластика	73 (22,8)
Чрескожная транспедикулярная фиксация	146 (45,6)
Трансфораминальная эндоскопическая дискэктомия	101 (31,6)

тат – 40 мг, бетаметазонадипропионат – 7 мг, дексаметазон – 16 мг. Контрастирование осуществляли в 515 (49,9%) случаях при интраартикулярных, периневральных, эпидуральных и мышечных блокадах для контроля положения иглы и характера распространения вводимого препарата, а также при внутридисковых вмешательствах для дискографии. Использовали йодгексол или йодпромид с содержанием йода до 300 мг/мл.

Реакции на введение препаратов регистрировали в истории болезни. К аллергическим реакциям относили типовые местные или системные проявления гиперчувствительности 1-го типа, к токсическим – симптомы поражения нервной системы (извращение чувствительности, нарушение сознания, судороги), сердечно-сосудистой системы (гипотензия, брадикардия) или почек (почечная недостаточность), к неспецифическим – развитие у пациентов вегетативных сосудистых нарушений в виде гипер- или гипотензии, тахикардии, которые невозможно дифференцировать от реакции на боль.

Флюороскопическая навигация в зависимости от вида вмешательства включа-

ла в себя выполнение от 1 до 3 проекций на процедуру. Для снижения лучевой нагрузки режимы цифровой рентгенографии и непрерывной флюороскопии использовали только в случае крайней необходимости. Применяли передвижной рентгеновский аппарат с С-дугой, оборудованный проходной ионизационной камерой и регистрирующий значения произведения дозы на площадь (ПДП) в автоматическом режиме. Исходя из методических указаний МУ 2.6.1.2944–11 [3] о контроле эффективных доз облучения пациентов, для каждой процедуры рассчитывали эффективную дозу облучения по формуле:

$$E = \text{ПДП} \cdot K_d,$$

где E – эффективная доза облучения, мкЗв;

$K_d$  – коэффициент перехода от значения ПДП к эффективной дозе.

Максимальную поглощенную дозу в коже не учитывали, так как в результате проведенных вмешательств не были превышены контрольные значения ПДП для предотвращения детерминированных эффектов в коже [9]. С учетом частого использования в ходе процедуры нескольких проекций, в том числе и «нетипичных», оценивали максимальные значения коэффициента перехода для переднезадней проекции.

Проверка соответствия эмпирических законов распределения полученных данных показала их соответствие теоретическому закону нормального распределения по критерию Колмогорова–Смирнова ( $p < 0,05$ ). В соответствии с этим для статистического описания показателей использовали среднее арифметическое значение и стандартную ошибку средней величины ( $M \pm m$ ), а для проверки статистических гипотез – параметрические методы анализа.

### Результаты и их анализ

Сведения об осложнениях и реакциях при использовании фармакологических препаратов представлены в табл. 2.

Среднее количество используемого контрастного вещества на одну процедуру составляло  $(4,0 \pm 1,2)$  мл и не превышало 10 мл, осложнений введения йодсодержащих препаратов не зарегистрировано. Среднее количество местного анестетика на одну процедуру составило  $(10,0 \pm 2,2)$  мл, максимальное количество – 40 мл 0,2% раствора ропивакаина. У одного пациента отмечался синдром системной токсичности местных анестетиков в виде утраты сознания, развития судорож-

**Таблица 2**

Распределение пациентов в зависимости от реакций на введение фармакологических препаратов при выполнении интервенционных вмешательств

Реакция	n (%)
Контрастные вещества (n = 515)	
Аллергическая реакция	0
Токсическая реакция	0
Местные анестетики (n = 1033)	
Аллергическая реакция	44 (4,3)
Системная токсичность местных анестетиков	1 (0,1)
Глюкокортикостероиды (n = 710)	
Гипергликемия	84 (11,8)
Гастропатия	78 (10,9)
Нарушение менструального цикла	36 (5,1)

ного припадка, что потребовало интенсивной терапии в условиях отделения реанимации с использованием протокола «липидного спасения». Все зарегистрированные аллергические реакции были в виде высыпаний на коже.

Побочные эффекты использования кортикостероидов были отсроченными и выявлены у 187 пациентов из 710 (26,3%). Транзиторная гипергликемия была у 84 (11,8%) пациентов, из которых 65 страдали сахарным диабетом 2-го типа, колебания уровня глюкозы продолжались в течение 7 дней после инъекции, двум пациентам потребовалась инсулинотерапия. У 59 (8,3%) пациентов с исходной гипертонической болезнью отмечалось повышение артериального давления на фоне проводимой антигипертензивной терапии. Различные варианты гастропатии выявлены у 78 пациентов, из которых у 12 – верифицированы эрозии желудка и двенадцатиперстной кишки при гастроскопии, все эти пациенты параллельно принимали нестероидные противовоспалительные препараты. Приливы были наиболее частым побочным эффектом использования глюкокортикостероидов. Важно отметить, что почти у 1/3 пациентов (197, или 27,7%) в анамнезе глюкокортикостероиды применяли в виде внутривенной инфузии (105 пациентов из 197, или 53,3%), различных неселективных блокад (68 пациентов из 197, или 34,5%) или их сочетания в течение 1 мес перед выполнением интервенционной процедуры, у 19 (9,6%) пациентов отмечено более 3 инъекций депонированных форм кортикостероидов.

Данные о средних эффективных дозах облучения, полученных пациентами во время выполнения интервенционных и хирургических вмешательств, представлены в табл. 3.

Достоверная эффективность глюкокортикостероидов продемонстрирована в много-

численных работах, посвященных лечению болевых синдромов при дегенеративно-дистрофических заболеваниях позвоночника, при которых воспаление является основным звеном патогенеза [1, 4, 11]. В подавляющем большинстве исследований анализируют эффекты локального введения стероидов непосредственно в предполагаемый очаг воспаления, а не их системное применение. R. Choi и соавт. [10] провели систематический анализ эффективности различных вариантов системной фармакологической терапии для лечения боли в спине, достоверных данных об эффективности системного назначения глюкокортикостероидов не получено, хотя использование нестероидных противовоспалительных препаратов такую эффективность демонстрирует. Наиболее значимые побочные эффекты глюкокортикостероидов связаны с нарушением функционирования гипоталамо-гипофизарной системы, изменением обмена веществ, иммуносупрессией, гастропатией. Описанные осложнения зависят от дозы и длительности применения глюкокортикостероидов, лечебные блокады по своей сути являются разовым воздействием, существующие рекомендации ограничивают количество введений 3–4 раза в год, существуют данные о безопасных дозах – 3 мг/кг массы тела в год в эквивалентных дозах в пересчете на преднизолон. Приведенные данные ориентировочны, не имеют доказательной базы, описаны случаи развития синдрома Кушинга при однократном использовании разовой дозы метилпреднизолона [13]. Из местных побочных реакций при введении глюкокортикостероидов стоит отметить возможность

**Таблица 3**

Лучевая нагрузка при выполнении интервенционных и хирургических вмешательств (M ± m), мЗв

Вид вмешательства	Средняя эффективная доза
Блокада	
шейный отдел	1,87 ± 1,3
грудной отдел	1,41 ± 1,2
поясничный отдел	1,12 ± 0,8
Радиочастотная абляция	
шейный отдел	3,03 ± 1,9
грудной отдел	2,17 ± 1,4
поясничный отдел	1,43 ± 1,1
Внутридисковые вмешательства	1,03 ± 0,4
Пункционная вертебропластика	11,31 ± 4,9
Чрескожная транспедикулярная фиксация	4,11 ± 1,2
Трансфораминальная эндоскопическая дискэктомия	1,92 ± 1,2

развития фиброзных изменений при интратекальном и интраневральном введении. Наиболее драматическим осложнением эпидуральных блокад является нарушение спинального кровообращения, в исследовании American Pain Society уже к 2007 г. было выявлено 78 случаев инфарктов спинного мозга или ствола головного мозга, 15 из которых имели летальный исход. Большинство осложнений были результатом трансфораминальных эпидуральных блокад на шейном уровне, наиболее часто использовались депонированные формы стероидов. Основными причинами осложнений являются механическое повреждение сосудистой стенки и материальная эмболия спинальных артерий крупными частицами депонированных стероидов и сопутствующих фармакологических субстанций при их прямом введении в сосудистое русло. При патологическом петлеобразовании позвоночной артерии петля может находиться в проекции межпозвоночного отверстия, также возможно существование трансфораминальных анастомозов между вертебральной и глубокой шейной и/или восходящей шейной артериями. При пункции сосуда могут возникать его диссекция с отсроченным формированием тромбоза и нарушением кровоснабжения в вертебробазиллярном бассейне или материальная эмболия с молниеносным развитием симптомов сосудистой недостаточности [11].

С учетом количества осложнений приняты рекомендации по использованию эпидуральных стероидов, признанные большинством профессиональных сообществ США:

1) все эпидуральные инъекции должны выполняться только с флюороскопией и использованием контрастирования в режиме реального времени, при возможности с цифровой субтракцией;

2) необходим тщательный анализ данных нейровизуализации перед вмешательством;

3) при трансфораминальных инъекциях на шейном уровне никогда не должны использоваться депонированные формы глюкокортикостероидов, при блокадах на грудном и поясничном уровне – при первичном введении;

4) следует избегать использования седации.

В нашем исследовании не было зарегистрировано серьезных осложнений использования глюкокортикостероидов, равно как и вторичного гипокортицизма и синдрома Кушинга. Однако общее количество осложнений было достаточно велико, что необходимо принимать во внимание, учитывая частоту их

назначения врачами смежных специальностей. Уменьшить количество введений глюкокортикостероидов и, тем самым, уменьшить вероятность побочных эффектов и осложнений можно, четко определяя показания к их использованию. В случае с интервенционным лечением болевых синдромов эффективность применения достоверно доказана для эпидурального введения при корешковом болевом синдроме, обусловленном протрузией межпозвоночного диска (исследования II класса), послеоперационным эпидуральным фиброзом, стенозом позвоночного канала (III класс), блокадах крестцово-подвздошного сочленения (II класс достоверности), межпозвоночных суставов (II класс достоверности). Отсутствие или кратковременность эффекта – повод для дополнительного обследования пациента, поиска других методов лечения, в том числе выбора в пользу хирургии, а не для повторного введения стероида. Эффективным диагностическим инструментом является выполнение тестовых блокад с использованием только местного анестетика, а в случае наличия эффекта – повторное выполнение блокады с глюкокортикостероидами, что также позволяет снизить количество необоснованного применения гормонов и риск нежелательных реакций.

При использовании местных анестетиков существует возможность анафилактических реакций и системной токсичности. Профилактика и лечение анафилаксии подробно разработаны [7] и включают в себя тщательный сбор анамнеза, наличие и доступность средств для экстренной помощи, обучение персонала, в нашей выборке случаев анафилактических реакций не было. Системная токсичность местных анестетиков связана с их способностью угнетать функцию нервной и сердечно-сосудистой системы при случайном внутрисосудистом введении или его быстрой всасывании после введения большой дозы в ткани. Клинические проявления зависят от вида анестетика и его концентрации в крови, для лидокаина первые клинические симптомы нейротоксичности появляются при концентрации 3–6 мкг/мл. Профилактика осложнений состоит в использовании навигации при введении иглы и анестетика и выборе адекватной дозы. При интервенционном лечении боли навигация является обязательным условием, а используемые дозы и концентрации препаратов крайне малы, поэтому вероятность развития системной токсичности невелика, литературные данные о частоте

встречаемости посвящены в основном методам региональной и эпидуральной анестезии. В нашем исследовании зарегистрирован всего один случай системной токсичности.

Использование контрастирования при выполнении интервенционных вмешательств является принципиально важным условием обеспечения их безопасности. Выше были описаны возможные осложнения, возникающие при случайном внутрисосудистом и интратекальном введении препаратов, предварительное введение контрастного вещества позволяет вовремя выявить и избежать этих осложнений. Внутрисосудистое распространение препарата, помимо риска осложнений, приводит так же и к ложноотрицательному результату блокады. Характер распространения контраста позволяет дополнительно подтвердить правильное положение иглы, последующее распространение анестетика и стероида, в случае неадекватного распространения в необходимую зону – изменить положение иглы или выбрать другой доступ.

Побочные эффекты йодсодержащих веществ появляются в основном при внутривенном введении больших доз, частота определена как 1 на 170 тыс. человек. Данных об актуальности реакций при выполнении интервенционных процедур нет, так как суть вмешательства не предполагает введения больших доз внутривенно, в настоящем исследовании также не было зарегистрировано побочных реакций. Тем не менее, в случае наличия риска осложнений возможно использование контрастов для магнитно-резонансного исследования на основе гадолиния, которые имеют так же и рентгеноконтрастные свойства, достаточные для выполнения интервенционных вмешательств. Осложнения при их использовании гадодиомида и гадопентетата крайне низки, тяжелые аллергические реакции встречаются менее чем в 0,01 % случаев и описаны при дозах, на порядок больших, чем используются при интервенционных процедурах.

Нормами радиационной безопасности (НРБ-99/2009 и СанПиН 2.6.1.2523–09) установлены основные пределы эффективных доз ионизирующего излучения от техногенных источников не более 1 мЗв/год в течение периода в 5 последовательных лет, но не больше 5 мЗв/год [5]. Однако на современном уровне развития и распространения лучевой диагностики эти требования соблюсти невозможно. По данным С.Е. Dill и R. Uranek, «типичный» пациент отделения экстренной помощи

получил, в среднем, 40 мЗв за 5 лет, а 10% пациентов – более 100 мЗв. Доза при компьютерной томографии грудной клетки или брюшной полости достигает 10 мЗв, а рентгенографии – не превышает 0,15 мЗв [11]. Помимо диагностики и лучевой терапии, все большее количество хирургических технологий подразумевают использование интраоперационной рентгенографии, а количество интервенционных противоболевых процедур только на позвоночнике в США превышает количество спинальных оперативных вмешательств в 5 раз. Помимо пациента, хирургическая и анестезиологическая бригада также вынуждена подвергаться действию рентгеновского облучения. В нашем исследовании лучевая нагрузка при выполнении большинства интервенционных и минимально-инвазивных вмешательств составляла, в среднем, от 1 до 3 мЗв. Наибольшие значения эффективных доз были получены для пункционной вертебропластики, технология выполнения которой подразумевает использование постоянной флюороскопии на этапе введения костного цемента. Лучевая нагрузка зависела от количества уровней вмешательства и/или от числа устанавливаемых винтов, а также от количества проекций, используемых при выполнении процедуры. Во многих исследованиях демонстрируется значение опыта оператора – время работы С-дуги передвижного рентгеновского аппарата и эффективная доза у начинающих врачей были в 2 раза больше [10, 12].

Основным методом снижения лучевой нагрузки, таким образом, является совершенствование техники выполнения вмешательств с переходом, при возможности, на работу в одной проекции. В настоящее время все больше внимания уделяется возможностям использования ультразвуковой навигации, ряд исследований показывают возможности ультразвукового исследования для выполнения блокад межпозвонковых суставов и корешков, сравнимые с рентгеноскопией по точности и однозначно более выгодные по лучевой безопасности [11].

### **Заключение**

Интервенционные методы лечения болевых синдромов являются относительно безопасными технологиями, количество побочных эффектов введения местных анестетиков, контрастных веществ и глюкокортикостероидов невелико. Наиболее актуальны побочные эффекты применения глюкокортикосте-

роидов, особенно при их бесконтрольном и необоснованном назначении, четкое определение показаний к применению с использованием тестовых блокад позволяет снизить количество осложнений. Лучевая нагрузка при интервенционных противоболевых процедурах и минимально-инвазивной хирургии под флюороскопической навигацией невелика по сравнению с рутинными компьютерными томографическими исследованиями, однако превышает рекомендованные годовые пределы. С учетом мировых тенденций к увеличению числа таких вмешательств, равно как и увеличения частоты использования лучевой диагностики, меры по снижению лучевой нагрузки на пациента и персонал крайне актуальны, и внедрение ультразвуковой навигации представляется наиболее перспективным мероприятием.

### Литература

1. Бадюкин В.В. Терапия пролонгированными кристаллическими глюкокортикоидами болевого опорно-двигательного аппарата // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. 2013. № 2. С. 88–92.
2. Валиев А.К., Соколовский А.В., Неред А.С., Мусаев Э.Р. Малоинвазивные хирургические технологии при поражениях позвоночника в онкогематологии // Клинич. онкогематология. Фундамент. исслед. и клинич. практика. 2013. Т. 6, № 2. С. 177–194.
3. Голиков В.Ю., Кальницкий С.А., Сарычева С.С., Братилова А.А. Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований. М.: Роспотребнадзор, 2011. 32 с.
4. Гончаров Д.И., Медведева Л.А., Загоруйко О.И., Гнездилов А.В. Лечебные блокады в ком-  
плексной терапии болей в нижней части спины // Рос. журн. боли. 2011. № 3/4 (32/33). С. 16–19.
5. Коновалов Н.А., Прошутинский С.Д., Назаренко А.Г., Королишин В.А. Радиочастотная денервация межпозвоночных суставов при лечении болевого фасеточного синдрома // Вопр. нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. 2011. Т. 75, № 2. С. 51–55.
6. Лахин Р.Е., Корячкин В.А., Уваров Д.Н. [и др.]. Интенсивная терапия при системной токсичности местными анестетиками (клинич. рекомендации) // Регион. анестезия и лечение острой боли. 2016. Т. 10, № 3. С. 197–204.
7. Мануковский В.А., Антонов Г.И., Иванов И.И. Применение чрескожной транспедикулярной фиксации при заболеваниях и травмах грудного и поясничного отделов позвоночника // Клинич. неврология. 2013. № 3. С. 41–46.
8. Радиационная медицина / под ред. С.С. Алексанина, А.Н. Гребенюка. СПб., 2013. Ч. 3. Основы обеспечения радиационной безопасности / Т.Б. Балтрукова, В.А. Баринов, А.Н. Гребенюк [и др.]. 151 с.
9. Сарычева С.С., Голиков В.Ю., Балонов М.И. Оптимизация радиационной защиты пациентов в интервенционной радиологии: метод. рекомендации. М.: Роспотребнадзор, 2015. 14 с.
10. Choi M.H., Choi B.G., Jung S.E., Byun J.Y. Factors Related to Radiation Exposure during Lumbar Spine Intervention // J. Korean Med. Sci. 2016. Vol. 31, Suppl. 1. P. 55–58.
11. Huntoon M.A., Benzon H.T., Narouze S. Spinal Injections and Peripheral Nerve Blocks. Vol. 4: Interventional and Neuromodulatory Techniques for Pain Management. Philadelphia: Elsevier Saunders, 2012. 243 p.
12. Ipreburg M., Wagner R., Godschalx A., Telfeian A. Patient radiation exposure during transforaminal lumbar endoscopic spine surgery: a prospective study // Neurosurg Focus. 2016. Vol. 40, N 2. P. E7.
13. Manchikanti L. Singh V. Interventional Techniques in Chronic Spinal Pain. Paducah: ASIPP Publishing, 2007. 696 p.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи. Поступила 18.07.2017

**Для цитирования.** Волков И.В., Карабаев И.Ш., Алексанин С.С. Биологическая и радиационная безопасность пациентов при интервенционных и минимально-инвазивных вмешательствах при заболеваниях и травмах позвоночника: опыт отделения нейрохирургии Всероссийского центра экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2017. № 3. С. 38–46. DOI 10.25016/2541-7487-2017-0-3-38-46.

**Biological and radiation safety for patients during interventional and minimally invasive procedures for spine traumas and diseases: Experience of neurosurgical department of the Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia**

**Volkov I.V.<sup>1,2</sup>, Karabaev I.Sh.<sup>1</sup>, Aleksanin S.S.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia

(Academika Lebedeva Str., 4/2, St. Petersburg, 194044, Russia);

<sup>2</sup> Russian Scientific Research Institute of Traumatology and Orthopedics named after R.R. Vreden

(Academika Baykova Str., 8, St. Petersburg, 195427, Russia)

✉ Ivan Victorovich Volkov – PhD Med. Sci., senior research associate, Russian Scientific Institute of Traumatology and Orthopedics named after R.R. Vreden (Academika Baykova Str., 8, St. Petersburg, 195427, Russia); neurosurgeon, Neurosurgical Department, the Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (Academika Lebedeva Str., 4/2, St. Petersburg, 194044, Russia), e-mail: ivanvolkov@yandex.ru;

Igor' Shamansurovich Karabaev – PhD Med. Sci. Associate Prof., Head of Neurosurgical Department, the Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (Academika Lebedeva Str., 4/2, St. Petersburg, 194044, Russia), e-mail: karabaevigor@yandex.ru;

Sergei Sergeevich Aleksanin – Dr. Med. Sci. Prof., Director, the Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (Academika Lebedeva Str., 4/2, St. Petersburg, 194044, Russia), Honored Doctor of the Russian Federation, e-mail: medicine@arterm.spb.ru.

**Abstract**

**Relevance.** Interventional pain management and minimally invasive surgery are common methods in the treatment of spinal pathology. The use of navigation in these interventions is obligatory and fluoroscopy is the basic method; however, intraoperative radiation exposure is not sufficiently studied. During pain interventions, a number of pharmacological substances are administered closest to neurovascular structures but possible complications are poorly described.

**Intention.** To assess and analyze complications of the pharmacological treatment and radiation exposure during interventional and minimally invasive procedures in patients with various spine pathology.

**Methodology.** 1353 interventions in 849 patients were analyzed, 1033 of them were interventions for pain syndromes (blockades, radiofrequency ablation, disk interventions), 320 – minimally invasive surgeries (endoscopic discectomy, vertebroplasty, percutaneous transpedicular fixation).

**Results and Discussion.** Reactions to the local anesthetics were detected in 4.4 % of patients, 1 patient required intensive therapy. Contrast agents were not associated with complications. Adverse effects of glucocorticosteroids were most frequent (26.3% of patients); unsubstantiated repeated steroid infusions and blockades at the polyclinic stage were associated with an increased risk. The average effective dose ranged from (1.03 ± 0.4) mSv to (3.03 ± 1.9) mSv for interventions, from (1.92 ± 1.2) mSv and to (11.31 ± 4.9) mSv for minimally invasive operations and could exceed the recommended limits of effective doses of ionizing radiation from technogenic sources, especially with repeated interventions and previous diagnostic studies.

**Conclusion.** The obtained data substantiate the necessity of controlling the use of glucocorticosteroids during interventions taking into account their administration at previous stages of treatment, and test blockades to confirm the causes of pain syndrome in unclear clinical situations. Radiation exposure of patients and staff can be reduced by improving intervention procedures, decreasing the number of projections used, as well as introduction of ultrasound-based navigation.

**Keywords:** radiation safety, biosafety, patient safety, neurosurgery, spine pathology, pain, drug toxicity, radiation exposure.

**References**

1. Badokin V.V. Terapiya prolongirovannymi kristallicheskim glyukokortikoidami zabolevanii oporno-dvigatel' nogo apparata [Locomotor therapy with extended-release crystalline glucocorticoids]. *Nevrologiya, neiropsikhiatriya, psikhosomatika* [Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics]. 2013. N 2. Pp. 88–92. (In Russ.)

2. Valiyev A.K., Sokolovskiy A.V., Nered A.S., Musayev E.R. Maloinvazivnye khirurgicheskie tekhnologii pri porazheniyakh pozvonochnika v onkogematologii [Minimally invasive surgical techniques in hematological malignancies with spinal involvement]. *Klinicheskaya onkogematologiya. Fundamental'nye issledovaniya i klinicheskaya praktika* [Clinical oncohematology]. 2013. Vol. 6, N 2. Pp. 177–194. (In Russ.)

3. Golikov V.Yu., Kal'nitskii S.A., Sarycheva S.S., Bratilova A.A. Kontrol' effektivnykh doz oblucheniya patsientov pri provedenii meditsinskikh rentgenologicheskikh issledovaniy [Control of effective radiation doses in patients during medical radiology examinations]. Moskva. 2011. 32 p. (In Russ.)

4. Goncharov D.I., Medvedeva L.A., Zagorul'ko O.I., Gnezdilov A.V. Lechebnye blokady v kompleksnoi terapii bolei v nizhnei chasti spiny [Remedial epidural blocks in complex treatment of low back pain]. *Rossiiskii zhurnal boli* [Russian pain journal]. 2011. N 3/4. Pp. 16–19. (In Russ.)

5. Konovalov N.A., Proshutinskii S.D., Nazarenko A.G., Korolishin V.A. Radiochastotnaya denervatsiya mezhpozvonkovykh sustavov pri lechenii bolevoogo fasetochnogo sindroma [Radiofrequency denervation of intervertebral joints in management of facet pain syndrome]. *Voprosy neirokhirurgii imeni N.N. Burdenko* [Problems of Neurosurgery named after N.N. Burdenko]. 2011. Vol. 75, N 2. Pp. 51–55. (In Russ.)

6. Lakhin R.E., Koryachkin V.A., Uvarov D.N. [et al.]. Intensivnaya terapiya pri sistemnoi toksichnosti mestnymi anestetikami (klinicheskie rekomendatsii) [Intensive therapy for local anesthetics systemic toxicity (clinical guidelines)]. *Regional'naya anesteziya i lechenie ostroi boli* [Regional anesthesia and acute pain management]. 2016. Vol. 10, N 3. Pp. 197–204. (In Russ.)

7. Manukovskii V.A., Antonov G.I., Ivanov I.I. Primenenie chreskozhnoi transpedikulyarnoi fiksatsii pri zabolevaniyakh i travmakh grudnogo i poyasnichnogo otdelov pozvonochnika [Use of percutaneous screw fixation in cases with thoracolumbar pathology]. *Klinicheskaya nevrologiya* [Clinical Neurology]. 2013. N 3. Pp. 41–46. (In Russ.)

8. Radiatsionnaya meditsina [Radiation medicine]. Eds.: S.S. Aleksanin, A.N. Grebenyuk. Sankt-Peterburg. 2013. Pt. 3. Baltrukova T.B., Barinov V.A., Grebenyuk A.N. [et al.]. Osnovy obespecheniya radiatsionnoi bezopasnosti [Fundamentals of radiation safety]. 151 p. (In Russ.)

9. Sarycheva S.S., Golikov V.Yu., Balonov M.I. Optimizatsiya radiatsionnoi zashchity patsientov v interventsionnoi radiologii [Optimization of radiation protection of patients in interventional radiology]. Moskva. 2015. 14 p. (In Russ.)

10. Choi M.H., Choi B.G., Jung S.E., Byun J.Y. Factors Related to Radiation Exposure during Lumbar Spine Intervention. *J. Korean Med. Sci.* 2016. Vol. 31, Suppl. 1. P. 55–58.

11. Huntoon M.A., Benzon H.T., Narouze S. Spinal Injections and Peripheral Nerve Blocks. Vol. 4: Interventional and Neuromodulatory Techniques for Pain Management. Philadelphia : Elsevier Saunders. 2012. 243 p.

12. Ipreburg M., Wagner R., Godschalx A., Telfeian A. Patient radiation exposure during transforaminal lumbar endoscopic spine surgery: a prospective study. *Neurosurg Focus.* 2016. Vol. 40, N 2. Pp. E7.

13. Manchikanti L. Singh V. Interventional Techniques in Chronic Spinal Pain. Paducah : ASIPP Publishing. 2007. 696 p.

Received 18.07.2017

**For citing:** Volkov I.V., Karabaev I.Sh., Aleksanin S.S. Biologicheskaya i radiatsionnaya bezopasnost' patsientov pri interventsionnykh i minimal'no-invazivnykh vmeshatel'stvakh pri zabolevaniyakh i travmakh pozvonochnika: opyt otdeleniya neirokhirurgii Vserossiiskogo tsentra ekstremnoi i radiatsionnoi meditsiny im. A.M. Nikiforova MChS Rossii. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh.* 2017. N 3. Pp. 38-46. **(In Russ.)**

Volkov I.V., Karabaev I.Sh., Aleksanin S.S. Biological and radiation safety for patients during interventional and minimally invasive procedures for spine traumas and diseases: Experience of neurosurgical department of the Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations.* 2017. N 3. Pp. 38–46. DOI 10.25016/2541-7487-2017-0-3-38-46.