



2018



СБОРНИК ТРУДОВ

ШКОЛЫ-КОНФЕРЕНЦИИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ

ИЛЬИНСКИЕ ЧТЕНИЯ

22 МАРТА
МОСКВА



Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственный научный центр Российской
Федерации – Федеральный медицинский
биофизический центр имени А.И. Бурназяна»
Федерального медико-биологического агентства



Германский дом науки и
инноваций в Москве



Германия
страна идей

Федеральное медико-биологическое агентство
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственный научный центр Российской Федерации –
Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна»

Сборник трудов
школы-конференции молодых учёных
с международным участием
«Ильинские чтения»

22 марта 2018 г.
Москва

УДК 614.876+616-001.26/.29+577.34 (063)

ББК 53.6

C232

C232 Сборник трудов школы-конференции молодых учёных с международным участием «Ильинские чтения». – М.: ГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2018. – 158 с.

В сборник трудов вошли работы участников школы-конференции молодых ученых с международным участием «Ильинские чтения». Это научное мероприятие, проводимое для ознакомления молодых исследователей с перспективами и новейшими достижениями в различных областях радиационной безопасности, гигиены, медицинской физики и медицины, радиобиологии и смежных дисциплинах.

Организаторами школы-конференции являются:

- Федеральное медико-биологическое агентство;
- ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России;
- Совет молодых ученых и специалистов ФМБА России;
- Совет молодых ученых и специалистов ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.

ISBN 978-5-905926-41-9

© ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна
ФМБА России, 2018

Содержание

РАЗДЕЛ 1. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ГИГИЕНЫ	14
ОЦЕНКА ВНЕШНЕГО ОБЛУЧЕНИЯ У ПЕРСОНАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ СУДОВ АТОМНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ Д.В. Арефьева, М.А. Дохов, Г.Ф. Ваулин, А.В. Леванчук	14
ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ СХЕМ ЭКСТРАКЦИОННО-ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО ВЫДЕЛЕНИЯ ТОРИЯ, УРАНА, НЕПТУНИЯ, ПЛУТОНИЯ, АМЕРИЦИЯ ИЗ РАСТВОРОВ ПРИ АНАЛИЗЕ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И БИОСУБСТРАТОВ М.В. Астафурова, К.А. Карасева, Л.Э. Карл	16
ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ РЕАБИЛИТАЦИИ ПЛОЩАДОК УРАНОВОГО НАСЛЕДИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И В СТРАНАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ С.В. Ахромеев, Д.В. Исаев, В.А. Серегин, Н.К. Шандала, А.В. Титов, М.П. Семёнова	18
ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ЯДЕРНОГО НАСЛЕДИЯ В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ РЕГИОНЕ РОССИИ НА ЭТАПЕ СТРОИТЕЛЬСТВА РЕГИОНАЛЬНОГО ЦЕНТРА КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И ДОЛГОВРЕМЕННОГО ХРАНЕНИЯ ТВЁРДЫХ РАО С.В. Ахромеев, С.М. Киселев, Т.И. Гимадова, В.Г. Старинский	20
РИСК ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ОСТРЫМ ИНФАРКТОМ МИОКАРДА В КОГОРТЕ РАБОТНИКОВ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ К.В. Брикс, Т.В. Азизова, Е.С. Григорьева	22
ЭВАКУАЦИЯ ТЯЖЕЛОБОЖЖЕННЫХ КАК ЭТАП АКТИВНОЙ ТАКТИКИ ОКАЗАНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ КОМБУСТИОЛОГИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ. ОПЫТ ФГБУЗ ДВОМЦ ФМБА РОССИИ П.А. Грибань, С.А. Сотниченко, С.М. Терехов, В.В. Усов, Д.С. Стопа, Д.В. Бондарчук	24

<p>МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ОПЕРАТОРОВ ОПАСНЫХ ПРОФЕССИЙ</p> <p>А.А. Долгов, И.Н. Терентьев</p>	26
<p>ОЦЕНКА ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ У ПЕРСОНАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ СУДОВ АТОМНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ</p> <p>Д.В. Арефьева, М.А. Дохов, В.Е. Стернин, А.В. Петушок</p>	28
<p>МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ РАДОНА В ДЕТСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ ГОРОДА ЛЕРМОНТОВ</p> <p>А.В. Жукова</p>	30
<p>СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАДИОАНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ДЛЯ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ НА ТЕРРИТОРИЯХ, ОБСЛУЖИВАЕМЫХ ФМБА РОССИИ</p> <p>М.В. Астафурова, К.А. Карасева, Л.Э. Карл</p>	33
<p>ДИСПЕРСНЫЙ СОСТАВ И РАСТВОРИМОСТЬ РАДИОАКТИВНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ НА ПРОИЗВОДСТВЕ СЫРЬЕВОГО UF_6</p> <p>А.Е. Карев</p>	35
<p>МОНИТОРИНГ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ РАДОНА В ОБЩЕСТВЕННЫХ И ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ Г. БАЛЕЙ</p> <p>Л.Э. Карл</p>	37
<p>КОНТРОЛЬ ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ЛИЦ ИЗ ПЕРСОНАЛА ПАО «МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД» (ПАО «МСЗ»)</p> <p>Е.А. Корнева, Б.А. Кухта</p>	40
<p>ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДЕКОМПОЗИЦИИ ВРЕМЕННОГО РЯДА ИНТЕГРАЛА МОЩНОСТИ АМБИЕНТНОГО ЭКВИВАЛЕНТА ДОЗЫ В ЦЕЛЯХ РЕГУЛИРУЮЩЕГО НАДЗОРА НА ОБЪЕКТЕ ЯДЕРНОГО НАСЛЕДИЯ</p> <p>И.К. Теснов, К.А. Чижов, В.П. Крючков</p>	42
<p>РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ДОЛЖНА СТРОИТЬСЯ НА КОРРЕКТНЫХ ДАННЫХ РАДИАЦИОННОЙ ЭПИДЕМИОЛОГИИ</p> <p>А.Р. Туков, А.П. Бирюков, И.Л. Шафранский</p>	45

<p>МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ СПЕКТРОВ ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ ПОЗИТРОНОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАНЦЕРОГЕННОЙ АКТИВНОСТИ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ</p> <p>О.А. Угарова, Л.Ю. Дубов, Ю.А. Акмалова</p>	47
<p>СТАНДАРТИЗОВАННАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СОСТОЯНИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДОРОВЬЯ С ОЦЕНКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СЛУЖБ ОХРАНЫ ЗДОРОВЬЯ РАССМАТРИВАЕМОГО НАСЕЛЕНИЯ</p> <p>В.В. Хитрин, М.А. Круглова</p>	48
<p>ОЦЕНКА РАДОНОВОЙ ОПАСНОСТИ НЕКОТОРЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ШКЛОВСКОГО РАЙОНА МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ МЕТОДОМ КОМПЛЕКСНОГО РАДОНОВОГО ПОКАЗАТЕЛЯ</p> <p>А.Л. Чеховский</p>	51
<p>РАЗДЕЛ 2. ЯДЕРНАЯ МЕДИЦИНА И НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ</p>	54
<p>ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ КАТОДЫ МИНИАТЮРНЫХ ИСТОЧНИКОВ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ</p> <p>А.В. Брацук, А.А. Симонов</p>	54
<p>РАЗРАБОТКА ПРОЦЕДУРЫ ВЫДЕЛЕНИЯ И ОЧИСТКИ ⁸⁹Zr ДЛЯ РФП</p> <p>В.Б. Бубенчиков, А.А. Ларенков</p>	55
<p>ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРСОНИФИЦИРОВАННЫХ КЛЕТОЧНЫХ ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ БИОДЕГРАДИРУЕМЫХ МАТРИКСОВ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ НАРУШЕНИЙ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОВЫШЕННЫХ УРОВНЕЙ ОБЩЕЙ ВИБРАЦИИ И ШУМА</p> <p>А.А. Гостюхина, К.В. Зайцев, О.Б. Жукова, С.С. Гугор, С.А. Межеричкий</p>	56
<p>НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА ПО ПРИГОТОВЛЕНИЮ РАДИОФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ РАДИОНУКЛИДА ЛЮТЕЦИЙ-177, КАК ЭТАП ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ РАЗРАБОТКИ РАДИОФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ НЕЙРОЭНДОКРИННЫХ ОПУХОЛЕЙ</p> <p>С.А. Дороватовский, А.В. Зверев, С.В. Лосева, Г.Э. Дерзский</p>	59

<p>ДОКЛИНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА РАДИОФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО ЛЕКАРСТВЕННОГО ПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ МИКРОСФЕР АЛЬБУМИНА 5-10 МКМ С РЕНИЕМ-188</p> <p>А.С. Красноперова, М.В. Жукова, О.Е. Клементьева</p>	61
<p>СОВРЕМЕННЫЕ ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕЧЕНИИ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ ДИСТРОФИЙ СЕТЧАТКИ У СПОРТСМЕНОВ БОЕВЫХ ВИДОВ</p> <p>В.В. Кацнельсон</p>	63
<p>НАДЛЕЖАЩАЯ ПРАКТИКА ИЗГОТОВЛЕНИЯ РАДИОФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ В МЕДИЦИНСКИХ ОРГАНИЗАЦИЯХ</p> <p>Н.А. Константинов, А.О. Малышева, Г.Е. Кодина</p>	65
<p>СПЕЦИФИЧЕСКАЯ ПЭТ-ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОПУХОЛЕВЫХ ОЧАГОВ, ЭКСПРЕССИРУЮЩИХ HER2-ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ РЕЦЕПТОРЫ</p> <p>А.С. Лунёв, О.Е. Клементьева, К.А. Лунёва, Е.А. Лямцева, Н.А. Таратоненкова, А.О. Малышева</p>	67
<p>МЕТОД АНАЛИЗА РАДИОФАМРПРЕПАРАТОВ С ^{68}Ga С ПОМОЩЬЮ ПТС</p> <p>А.Г. Макичян, А.Я. Марук, А.А. Ларенков</p>	69
<p>ОДНОФОТОННАЯ ЭМИСИОННАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ, СИНХРОНИЗИРОВАННАЯ С ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЕЙ – НОВЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ У ПАЦИЕНТОВ ДО И ПОСЛЕ ТРАНСПЛАНТАЦИИ ПЕЧЕНИ</p> <p>Ю.О. Малиновская</p>	71
<p>ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЧЕНИЯ ТЕХНЕЦИЕМ-99m ПРОИЗВОДНОГО ЭКСЕНДИНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТИПИЧНЫХ СОЛИГАНДОВ</p> <p>Ю.А. Митрофанов, А.Я. Марук</p>	72
<p>СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМЫ С НЕЙТРОФИЛЬНЫМ ФЕНОТИПОМ</p> <p>А.А. Никольский, А.А. Бабахин, И.П. Шиловский, А.Р. Гайсина, М.Р. Хаитов</p>	73
<p>КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ЭЛЮАТА ГЕНЕРАТОРА $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РФП ^{68}Ga</p> <p>М.Г. Рахимов, А.А. Ларенков, Г.Е. Кодина</p>	74

<p>ПЕРФУЗИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОХРАНЕНИЯ ДОНОРСКИХ ОРГАНОВ ДЛЯ ТРАНСПЛАНТАЦИИ: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ</p> <p>В.С. Рудаков, С.Э. Восканян, К.К. Губарев, А.И. Сушков, А.И. Захлевный, И.Ю. Мурашов, Д.С. Светлакова, А.П. Мальцева</p>	75
<p>ОПТИЧЕСКАЯ КОГЕРЕНТНАЯ ТОМОГРАФИЯ В ДИАГНОСТИКЕ РАННЕЙ СТАДИИ НЕЙРОДЕГЕНЕРАЦИИ</p> <p>С.Н. Светозарский</p>	77
<p>РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ФОТОН-ЗАХВАТНОЙ ТЕРАПИИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ ОПУХОЛЕЙ В ФГБУ ГНЦ ФМБЦ ИМ. А.И. БУРНАЗЯНА ФМБА РОССИИ</p> <p>И.А. Конобеев, А.А. Липенгольц, Е.А. Степанова, Ю.А. Федотов, И.Н. Шейно</p>	79
<p>УДАЛЕННЫЙ МОНИТОРИНГ ПАРАМЕТРОВ КОНСЕРВАЦИИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ ДОНОРСКИХ ОРГАНОВ</p> <p>А.И. Сушков, А.А. Байтин, А.В. Шведов</p>	81
<p>БАЛАНС ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ РАДИОЙОДТЕРАПИИ ТИРЕОТОКСИКОЗА. ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ЛЕЧЕНИЯ</p> <p>А.А. Трухин, П.О. Румянцев, Я.И. Сирота, К.Ю. Слащук</p>	83
<p>ОЦЕНКА ДОЗИМЕТРИЧЕСКИХ ПЛАНОВ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ ЭФФЕКТИВНОСТИ</p> <p>И.Н. Шейно Е.С. Сухих, Ю.А. Федотов, Д.Ю. Бобров, А.Е. Артеменкова, Ж.Ж. Галяутдинова</p>	87
<p>ВОЗВРАЩЕНИЕ К РАБОТЕ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ТОТАЛЬНОГО ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА</p> <p>Н.А. Худошин</p>	88
<p>РАЗВИТИЕ ПРОТОННОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ В РОССИИ И МИРЕ</p> <p>Е.А. Степанова, Ю.А. Федотов, А.А. Цишнатти, И.Н. Шейно</p>	89
<p>РЕЗУЛЬТАТЫ ГЛУБОКОЙ БЕЗДРЕНАЖНОЙ ТОННЕЛЬНОЙ СКЛЕРЭКТОМИИ У ПАЦИЕНТОВ С ПЕРВИЧНОЙ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМОЙ</p> <p>А.В. Швайкин</p>	92

РАЗДЕЛ 3. РАДИАЦИОННАЯ БИОЛОГИЯ, ФИЗИКА И ХИМИЯ	94
ПОКАЗАТЕЛИ АПОПТОТИЧЕСКОЙ ГИБЕЛИ ЛИМФОЦИТОВ У ХРОНИЧЕСКИ ОБЛУЧЁННЫХ ЛИЦ В ОТДАЛЁННЫЕ СРОКИ А.А. Аклеев, Е.А. Блинова	94
ИМПУЛЬСНОЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ НЕТЕПЛОВОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ НЕСПЕЦИФИЧЕСКОЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ ОРГАНИЗМА Ю.Е. Ананьева, Е.Г. Рохмистрова, О.А. Захарова, О.М. Лабынцева	96
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ В НЕЙРОНАХ ГИППОКАМПА КРЫС М. Батмунх, А.Н. Бугай, Л. Баярчимэг, О. Лхагва	98
ФИЗИЧЕСКИЕ И ФАРМАКОХИМИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОТ КОРПУСКУЛЯРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ Т.М. Булынина	100
ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕПАРАЦИИ ДНК В КЛЕТКАХ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА ПОСЛЕ ДЕЙСТВИЯ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ ⁶⁰ Co И УФ-ИЗЛУЧЕНИЯ И.А. Варганова, Е.А. Никанорова, В.И. Нагиба, Я.И. Медведев, К.Ю. Иванов.	101
ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СЛУХОВОГО АНАЛИЗАТОРА ПРИ ДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ КВЧ-ДИАПАЗОНА ТЕПЛОВОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА АКУСТИЧЕСКИХ СТЕВЛОВЫХ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ И.А. Веселовский, Д.Б. Комаров, Т.В. Фомина, В.А. Ивашин	102
АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ЗРИТЕЛЬНОМ АНАЛИЗАТОРЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ КВЧ-ДИАПАЗОНА ТЕПЛОВОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ И.А. Веселовский, А.С. Прокофьева, И.А. Дёшин, В.А. Ивашин	103

<p>ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ФОКУСОВ γ-НАУХ В ПРОЛИФЕРИРУЮЩИХ И ПОКОЯЩИХСЯ ФИБРОБЛАСТАХ КОЖИ ЧЕЛОВЕКА ПОСЛЕ ДЕЙСТВИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ДОЗАХ 0-1000 мгр.</p> <p>А.К. Грехова, М.В. Пустовалова, А.Н. Осипов</p>	104
<p>ПЕРВИЧНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДОЗОВОЙ ЗАВИСИМОСТИ ЧАСТОТЫ ТРАНСЛОКАЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРЁХЦВЕТНОГО FISH-МЕТОДА ОКРАШИВАНИЯ ХРОМОСОМ</p> <p>Е.И. Добровольская, В.Ю. Нугис, М.Г. Козлова, В.А. Никитина</p>	105
<p>ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТА РЕКСОД® В КАЧЕСТВЕ РАДИОПРОТЕКТОРНОЙ ЗАЩИТЫ В РАДИАЦИОННОЙ МЕДИЦИНЕ</p> <p>Д.А.Егорова, И.В Чурилова, О.В. Терехов</p>	107
<p>СВЯЗЬ ПОЛИМОРФИЗМОВ ГЕНОВ ИНТЕРЛЕЙКИНОВ С КОЛИЧЕСТВЕННЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ИММУНОКОМПЕТЕНТНЫХ КЛЕТОК У ЛИЦ, ПОДВЕРГШИХСЯ ХРОНИЧЕСКОМУ РАДИАЦИОННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ</p> <p>А.И. Котикова, Е.А. Блинова, А.А. Аклесев</p>	110
<p>ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ С РАЗЛИЧНЫМ НАПРАВЛЕНИЕМ ПЛОСКОСТИ ВРАЩЕНИЯ</p> <p>Н.В. Лопаткина, И.А. Синельникова, Е.П. Лобкаева</p>	112
<p>ДИСРЕГУЛЯТОРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ИММУНИТЕТА ПРИ ЛУЧЕВЫХ ПОВРЕЖДЕНИЯХ ЛЕГКИХ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕМ РЕГУЛЯТОРНЫХ Т-КЛЕТОК</p> <p>Т.Ю. Мушкарина, Е.Г. Кузьмина, Т.В. Константинова, Н.П. Сироткина, В.Г. Курасова</p>	114
<p>СРАВНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ У МЫШЕЙ, ЭКСПОНИРОВАННЫХ НА БИОСПУТНИКЕ «БИОН – М №1», И ПОСЛЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБЛУЧЕНИЯ</p> <p>О.В. Никитенко</p>	116

<p>РАННИЕ И ОТДАЛЕННЫЕ ЭФФЕКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ ДОЗАХ В МЕЗЕНХИМАЛЬНЫХ СТВОЛОВЫХ КЛЕТКАХ КОСТНОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА</p> <p>М.В. Пустовалова, А.К. Грехова, А.Н. Осипов</p>	118
<p>ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КЛЕТОК ПУРКИНЬЕ МОЗЖЕЧКА КРЫС В ОТДАЛЕННЫЙ ПЕРИОД ПОСЛЕ ОБЛУЧЕНИЯ ИОНАМИ УГЛЕРОДА ^{12}C</p> <p>Ю.Н. Северюхин, Н.Н. Буденная, Г.Н. Тимошенко, А.А. Иванов</p>	119
<p>ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НИЗКИХ ДОЗ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЗЕНХИМАЛЬНЫХ СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК ЧЕЛОВЕКА</p> <p><u>Д.Ю. Усупжанова</u>, Т.А. Астрелина, В.А. Никитина, В.Ю. Нугис, Ю.Б. Сучкова, И.В. Кобзева, В.А. Брунчуков, А.А. Расторгуева, В.А. Брумберг, Е.Е. Ломоносова, С.Е. Лаук-Дубицкий, А.Ю. Бушманов, А.С. Самойлов</p>	119
<p>ИЗМЕНЕНИЕ ЧАСТОТЫ РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННЫХ НЕСТАБИЛЬНЫХ ХРОМОСОМНЫХ АБЕРРАЦИЙ И СНА-ГЕНЕТИЧЕСКОГО ЛАНДШАФТА ЛЕЙКОЦИТОВ КРОВИ ЛИЦ ПОСЛЕ ПРЕКРАЩЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБЛУЧЕНИЯ</p> <p>М.В. Халюзова, Н.В. Литвяков, Д.С. Исубакова, Т.В. Усова, Е.В. Брониковская, М.М. Цыганов, Л.Р. Тахауова, А.Б. Карпов, Р.М. Тахауов</p>	121
<p>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В МЕДИЦИНЕ</p> <p>С.С. Шаповалов</p>	123
<p>РАЗДЕЛ 4. НАНОБИОМЕДТЕХНОЛОГИИ, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В БИОЛОГИИ, МЕДИЦИНЕ И ХИМИИ</p>	124

<p>РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДОЗИМЕТРИЧЕСКИХ ПЛАНОВ IMRT ОПУХОЛЕЙ ПРОСТАТЫ, РЕАЛИЗУЮЩИХ МЕТОД «ОДНОВРЕМЕННОГО ИНТЕГРИРОВАННОГО БУСТА»</p> <p>А.Е. Артеменкова, Е.А. Сухих, Ю.А. Федотов, И.Н. Шейно</p>	124
<p>СРАВНИТЕЛЬНЫЙ МЕТАГЕНОМ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ БАЙКАЛЬСКИХ АМФИПОД</p> <p>Д.А. Беспярых, О.А. Гусев</p>	125
<p>МЕТОДИКА ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ЛИЦ ЭКСТРИМАЛЬНЫХ ПРОФЕССИЙ В УСЛОВИЯХ ЖАРКОГО И ВЛАЖНОГО КЛИМАТА</p> <p>М.А. Брагин</p>	127
<p>ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФУНКЦИИ ЛИЦЕВОГО НЕРВА ПРИ ЕГО ПОРАЖЕНИИ С ПОМОЩЬЮ СОНОГРАФИИ И ЭЛЕКТРОНЕЙРОМИОГРАФИИ</p> <p>А.В. Клишкин, В.Б. Войтенков, Н.В. Скрипченко</p>	129
<p>СИНТЕЗ И ТРАНСФЕКЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ КАТИОННЫХ ДЕНДРИМЕРНЫХ ПЕПТИДОВ</p> <p>К.В. Кожихова, И.П. Шиловский, С.М. Андреев, А.В. Тимофеева, А.А. Шатилов, М.Р. Хаитов</p>	131
<p>ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДОЗОВЫХ ЯДЕР ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ФОТОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ</p> <p>В.А. Климанов, А.Н. Моисеев, М.А. Кольванова</p>	133
<p>МЕТОД ДВУХ МИКРОФОНОВ ДЛЯ ИМПЕДАНСОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ АКУСТИЧЕСКОГО РЕФЛЕКСА</p> <p>Е.А. Кондратьева, А.Д. Котляр-Шапиров, С.В. Дроздов</p>	135
<p>МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОКИНЕТИКИ НАНОЧАСТИЦ В ОРГАНИЗМЕ</p> <p>Е.С. Кормазева, В.Ю. Соловьев</p>	138
<p>НАЦИОНАЛЬНЫЙ РЕГИСТР БОЛЬНЫХ МУКОВИСЦИДОЗОМ: ДИНАМИКА 2011-2016 гг.</p> <p>С.А. Красовский, А.В. Черняк, Е.Л. Амелина, Н.Ю. Каширская, А.Ю. Воронкова, Е.И. Кондратьева, А.В. Аверьянов</p>	139

<p>ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ИЗУЧЕНИЯ МАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ ДЛЯ НЕИНВАЗИВНОЙ МРТ ДИАГНОСТИКИ</p> <p>Я.Ю. Марченко, А.А. Агуреева, П.П. Ширинкин, Б.П. Николаев, Л.Ю. Яковлева.</p>	141
<p>АНАЛИЗ УСПЕШНОСТИ ВЫСТУПЛЕНИЯ КОМАНДЫ ИЗ РОССИИ НА ОЛИМПИЙСКИХ ИГРАХ 2018 г.</p> <p>А.Н. Павлова, А.Е. Чиков, Д.С. Медведев</p>	142
<p>ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ТРАНСЛЯЦИОННОЙ МЕДИЦИНЫ В ДИАГНОСТИКЕ ОСТРЫХ ЛЕЙКОЗОВ</p> <p>Е.В. Поляков, В.Г. Никитаев, А.Н. Проничев, С.М. Зайцев, В.В. Дмитриева, В.Ю. Сельчук, Н.Н. Тупицын, М.А. Френкель, А.В. Моженкова.</p>	143
<p>РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ СПОРТСМЕНОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ УГЛУБЛЕННОГО МЕДИЦИНСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ</p> <p>И.А. Прудников, К.Н. Жаркова</p>	146
<p>ПРИМЕНЕНИЕ КОМАНДООБРАЗУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ЦЕЛЕВОМУ НАПРАВЛЕНИЮ (НА ПРИМЕРЕ МНОГОПРОФИЛЬНОГО ЦЕНТРА СИСТЕМЫ ФМБА РОССИИ)</p> <p>А.С. Романов</p>	148
<p>ПРИЛОЖЕНИЕ «RADIOСHEM» ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ РАДИОХИМИИ ТРАНСУРАНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ</p> <p>Р.К. Спиоров</p>	150
<p>ВОДНЫЙ РАСТВОР ФУЛЛЕРЕНА C₆₀ СПОСОБЕН ПРЕПЯТСТВОВАТЬ РАЗВИТИЮ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ВЗРЫВА <i>IN VITRO</i></p> <p>Е.А. Турецкий, С.М. Андреев, Н.Н. Шершакова, В.В. Смирнов, М.Р. Хаитов</p>	152
<p>МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ГОТОВНОСТИ СПОРТСМЕНОВ</p> <p>П.А. Фомкин</p>	154

МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ ОРИЕНТАЦИИ И
АДСОРБЦИИ ЛИЗОЦИМА НА ПОВЕРХНОСТИ
ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТНЫХ ПЛЁНКАХ

Эльхан Х. Хамзин, Холмирзо Т. Холмуродов

156

Раздел 1. Актуальные вопросы радиационной безопасности и гигиены

ОЦЕНКА ВНЕШНЕГО ОБЛУЧЕНИЯ У ПЕРСОНАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ СУДОВ АТОМНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Д.В. Арефьева, М.А. Дохов, Г.Ф. Ваулин, А.В. Леванчук

ФГУП НИИ ПММ, г. Санкт-Петербург, Россия

В нормальных условиях проведения работ по утилизации судов атомного технологического обслуживания (САТО) персонал подвергается пролонгированному облучению в относительно малых дозах. Основным источником ионизирующего излучения на САТО является облученное ядерное топливо, размещенное в виде отработавших тепловыделяющих сборок в хранилище отработанного ядерного топлива.

Оценка степени влияния ионизирующего излучения на конкретного индивидуума из числа лиц персонала основана на величине, полученной эффективной и эквивалентной дозы облучения. Значение дозы устанавливается на основании измерений характеристик поля излучения на рабочем месте (групповой дозиметрический контроль) или индивидуального эквивалента дозы различными методами (групповой или индивидуальный дозиметрический контроль) и техническими средствами (индивидуальные дозиметры, переносные и стационарные приборы для измерения мощности дозы ионизирующих излучений).

В соответствии с новым поколением стандартов безопасности, разработанных МАГАТЭ, предложено изменить подход к нормированию дозы облучения хрусталика (снижение предела дозы в хрусталике глаза до 20 мЗв/год для персонала группы А). В случае внедрения данного норматива в Российской Федерации это потребует дополнительного изучения факторов, влияющих на формирование и контроль доз профессионального облучения в хрусталике глаза.

Целью работы являлась оценка индивидуальных доз внешнего облучения у персонала СРЗ «Нерпа» филиал АО «ЦС «Звездочка», выполняющего работы по утилизации САТО.

В исследовании использовались официальные сведения об эффективных дозах облучения персонала, выполняющего радиационно опасные работы, которые содержатся в формах государственного статистического наблюдения №1-ДОЗ. На основании сведений об индивидуальных дозах проведен анализ доз персонала предприятий, выполняющих работы по утилизации САТО. В ходе

исследования учитывались эффективные дозы облучения как всего организма, так и хрусталика глаза как одного из радиочувствительных органов.

Результаты измерения индивидуальных эффективных доз внешнего облучения персонала СРЗ «Нерпа» филиал АО «ЦС «Звездочка», привлекаемого для работ по утилизации САТО, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Индивидуальные эффективные дозы персонала филиала СРЗ «Нерпа» АО «ЦС «Звездочка» привлекаемого для работ по утилизации САТО

Наименование профессии	Эффективная доза, мЗв	
	Диапазон значений	Среднее значение
Дозиметрист	0,2 – 1,4	2,3
Судокорпусник	0,2 – 5,4	1,6
Газорезчик	0,2 – 5,9	1,9
Электросварщик ручной сварки	0,4 – 3,2	1,4
Стропальщик	0,5 – 1,4	0,9
Судокорпусник-ремонтник	0,6 – 5,2	2,0
Слесарь-монтажник	0,1 – 4,4	1,8
Маляр	0,2 – 1,6	0,8
Слесарь механосборочных работ	0,4 – 1,6	1,2

На основании данных, представленных в таблице 1, диапазон значений индивидуальной эффективной дозы наиболее значителен у персонала специальностей «судокорпусник» и «газорезчик», что определило необходимость проведения дальнейших исследований на их рабочих местах.

Результаты измерения дозы внешнего облучения персонала на рабочем месте, полученные с использованием фантома головы человека, приведены в таблице 2, при этом указаны результаты измерения эквивалентов дозы на глубине 0,07 мм, 3 мм, 10 мм ткани соответственно.

Таблица 2. Результаты измерений дозы внешнего облучения персонала на рабочем месте, полученные с использованием фантома головы человека

Специальность	Результаты измерений, мЗв					
	H _p (0,07)		H _p (3)		H _p (10)	
	диапазон значений	среднее значение	диапазон значений	среднее значение	диапазон значений	среднее значение
Судокорпусник	2,2 – 27,2	14,2	0,2 – 0,8	0,4	0,1 – 0,1	0,1
Газорезчик	1,7 – 19,8	10,8	0,1 – 0,4	0,25	0,1 – 0,1	0,1

Анализ материалов таблицы 2 показал, что в настоящее время отсутствует превышение нормативных значений эквивалентной дозы в хрусталике глаза.

Значения эквивалентной дозы могут быть превышены при снижении нормативов до 20 мЗв/год для персонала, занятого в радиационно опасных работах.

Таким образом, полученные данные позволили установить, что в процессе утилизации САО, может быть, как превышение эффективных доз в целом, так и превышение предельной дозы облучения хрусталика глаза. Это связано с особенностями энергетического спектра фотонного излучения, создающего радиационные поля на рабочих местах.

Результаты исследования могут быть использованы для снижения радиационного воздействия на персонал посредством организационных и технических мероприятий. Представляется необходимым продолжить исследования для определения наличия или отсутствия превышения нормативных пределов дозы облучения хрусталика в условиях утилизационного процесса.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ СХЕМ ЭКСТРАКЦИОННО-ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО ВЫДЕЛЕНИЯ ТОРИЯ, УРАНА, НЕПТУНИЯ, ПЛУТОНИЯ, АМЕРИЦИЯ ИЗ РАСТВОРОВ ПРИ АНАЛИЗЕ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И БИОСУБСТРАТОВ

М.В. Астафурова¹, К.А. Карасева², Л.Э. Карл²
Научный руководитель – В.И. Астафуров²

¹ *Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», г. Москва, Россия*

² *ФГУП Научно-технический центр радиационно-химической
безопасности и гигиены ФМБА России, г. Москва, Россия*

Разработка методов избирательного выделения ультрамалых масс актинидных элементов из проб окружающей среды (ООС) и биосубстратов (БС) является актуальной задачей аналитического контроля.

Одним из наиболее эффективных методов концентрирования, выделения и очистки актинидов при анализе ООС и БС является экстракционная хроматография [1-3]. Этот метод широко используется при определении активности радионуклидов тория, урана, нептуния, плутония, америция и кюрия в объектах сложного состава, включая ООС и БС.

Применение метода экстракционной хроматографии для решения конкретных аналитических задач требует знания коэффициентов распределения определяемых элементов в используемых экстракционных системах: органическая фаза (экстрагент) – водная фаза (раствор пробы, промывной раствор, элюент). Экстрагент наносится в виде тонкой пленки на поверхность инертного носителя (классический вариант экстракционной хроматографии) или включается в пористую полимерную матрицу, в качестве которой обычно используют сополимер стирола и дивинилбензола (вариант экстракционной хроматографии с применением «твердого экстрагента»).

В настоящей работе обобщены и систематизированы данные о коэффициентах распределения актинидных элементов в экстракционных системах, наиболее широко используемых в химико-аналитическом контроле ООС и БС. Обработаны данные из справочных руководств и оригинальных работ, приводимые авторами в обоснование разрабатываемых методик определения элементов в объектах.

Рассмотрены экстракционные системы, включающие органические реагенты: трибутилфосфат (ТБФ), триизоамилфосфат (ТИАФ), триоктилфосфиноксид (ТОФО), ди(2-этилгексил)фосфорная кислота (Д2ЭГФК), бутилизооктилосиметиленфосфовая кислота (БИОМФК), триоктиламин (ТОА), нитрат метилтриоктиламония (ТОМАН), нитрат аллилтриалкил(C₇-C₉) аммония (ТААЛАН).

Сопоставлены величины коэффициентов распределения, измеренные в равновесных статических условиях жидкостной экстракции и в динамических условиях экстракционной хроматографии (в том числе с применением твердых экстрагентов), рассчитанные на основе математической обработки выходных кривых (по оси абсцисс – объем профильтрованного раствора, по оси ординат – концентрация элемента в фильтрате), полученных при фильтровании раствора элемента через слой сорбента.

При анализе экспериментальных данных, полученных с использованием ультрамалых концентраций элементов, применен способ расчета коэффициента распределения элемента по величине его проскоковой концентрации. Представлена методика расчета полноты выделения извлекаемого элемента из раствора заданного объема.

Сопоставлены коэффициенты распределения актинидных элементов в ряду со степенью окисления +4: Th(IV) – U(IV) – Np(IV) – Pu(IV) и в ряду со степенью окисления +6: U(VI) – Np(VI) – Pu(VI).

На основе анализа полученного массива данных предложены оптимальные схемы экстракционно-хроматографического выделения и очистки тория, урана, нептуния, плутония, америция, кюрия из растворов, получаемых после обработки проб ООС и БС. Показаны возможности использования данных схем для решения практических задач контроля содержания (альфа-активности) долгоживущих альфа-излучающих нуклидов актинидных элементов. В частности, представлены рекомендуемые схемы определения ультрамалых масс плутония в пробах с повышенным содержанием высокоактивных изотопов урана и тория; нептуния в пробах с преобладающей альфа-активностью урана и плутония; америция в пробах с преобладающей альфа-активностью плутония.

Показано, что при экстракции U(VI) из 2 М HCl, Np(IV) из 0,5–2 М HNO₃ ТААЛАН имеет преимущества перед ТОМАН и ТОА.

Для выделения урана и тория из азотнокислых растворов рекомендуется использовать экстрагент ТИАФ, который имеет меньшую растворимость в водных средах, чем ТБФ. Замена ТБФ на ТИАФ повышает рабочий ресурс хроматографической колонки и уменьшает влияние примесей в элюате на последующие операции разделения и очистки радионуклидов.

Для экстракционно-хроматографического выделения америция и кюрия из азотнокислых растворов рекомендуется использовать экстрагент БИОМФК. Этот экстрагент, по сравнению с Д2ЭГФК, позволяет проводить процесс выделения и очистки америция и кюрия при более высокой кислотности, что повышает избирательность процесса.

Представленная работа является развитием исследования [4].

Список литературы

1. Экстракционная хроматография / под ред. Т. Брауна и Г. Герсини, пер. с англ. – М.: Мир, 1978. – 632 с.
2. Астафуров В.И. Разрушающие методы аналитического контроля в ядерно-топливном цикле: Лекции для руководящих работников и специалистов предприятий I и III ГУ МСМ. – Желтые воды: ЦИПК, 1988.
3. Карасева К.А., Астафуров В.И., Маренный А.М. Концентрирование долгоживущих альфа-излучающих нуклидов актинидных элементов при анализе объектов окружающей среды: обзор // Молодой ученый. 2016. № 25 (129). С. 133-140.
4. Астафурова М.В., Карл Л.Э., науч. рук. Астафуров В.И. Схемы экстракционно-хроматографического выделения тория, урана, нептуния, плутония, америция из растворов при анализе объектов окружающей среды // Материалы III междунар. научно-технич. конф. «Актуальные проблемы радиохимии и радиэкологии» (15-17 ноября 2017, Екатеринбург). – Екатеринбург: УрФУ, 2017. С. 67-68.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ РЕАБИЛИТАЦИИ ПЛОЩАДОК УРАНОВОГО НАСЛЕДИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И В СТРАНАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

С.В. Ахромеев, Д.В. Исаев, В.А. Серегин,
Н.К. Шандала, А.В. Титов, М.П. Семёнова

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России,
г. Москва, Россия*

Введение

Начиная с 2005 г. и до настоящего времени лаборатория радиационной коммунальной гигиены ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России выполнила и продолжает выполнять научно-исследовательские работы, связанные с оценкой радиационной обстановки на территориях размещения как действующих (Приаргунское горно-химическое объединение в Читинской области), так и выводимых из эксплуатации (рудно-перерабатывающее предприятие «Алмаз» в Ставропольском крае) крупных урановых объектов Российской Федерации, а также на территориях стран Центральной Азии (Таджикистан, Кыргызстан), подвергшихся воздействию уранодобывающих производств бывшего СССР.

Материал и методы исследования

Основными направлениями научных исследований, выполненных, как в экспедиционных исследованиях, так и в условиях лаборатории, являлись следующие:

- Изучение содержания основных дозообразующих радионуклидов методами гамма-спектрометрии и радиохимии (^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{210}Po , ^{210}Pb , ^{238}U , ^{232}Th , ^{222}Rn и др.) в объектах окружающей среды (почва, растительность, вода открытых водоёмов), атмосферном воздухе, питьевой воде и местных пищевых продуктах;
- Проведение радиометрических исследований мощности дозы гамма-излучения на местности;
- Проведение индивидуальной дозиметрии населения и дозиметрия местности путем экспонирования термомюлюминесцентных дозиметров;
- Расчёт и оценка эффективных доз внешнего и внутреннего (с учётом региональной структуры питания) облучения населения за счёт всех воздействующих в регионе источников ионизирующего излучения;
- Разработка регулирующих документов.

Результаты и их обсуждение

Результаты исследований, проведенных на площадках уранового наследия Приаргунского горно-химического комбината, выявили существенное радиоактивное загрязнение на территории пос. Октябрьский, входящего в санитарно-защитную зону комбината, а также весьма высокие значения индивидуальных эффективных доз облучения населения, проживающего поселке Октябрьский, в основном, обусловленные эксхалацией ^{222}Rn . Материалы наших исследований и разработанные регулирующие документы явились основой для принятия решения о переселении жителей (более 4000 человек) в более безопасное в радиационном отношении место – город Краснокаменск.

Результаты радиационно-гигиенических исследований на площадках уранового наследия в Ставропольском крае, в городе Лермонтове, связанные с деятельностью рудо-перерабатывающего предприятия "Алмаз", позволили выявить ряд отягчающих обстоятельств, когда отвалы горных пород и отходы рудного материала использовались для подсыпки городских дорог и в строительстве фундаментов и перекрытий домов.

Участвуя в выполнении межгосударственной целевой программы ЕврАзЭС «Рекультивация территорий государств-членов ЕврАзЭС, подвергшихся воздействию уранодобывающих производств», специалисты ФБЦ осуществили 7 экспедиций в районы расположения объектов уранового наследия в Республике Кыргызстан (поселки Каджи-Сай и Мин-Куш) и Республике Таджикистан (г. Истиклол). В населенных пунктах, расположенных вблизи рекультивируемых объектов уранового наследия Кыргызстана, облучение населения за счет природных источников является повышенным, составляя 6 мЗв/год. В районе же хвостохранилища Табошар в Таджикистане (г. Истиклол) доза за счёт природных компонентов является более высокой – 12.6 мЗв/год. Основным компонентом,

определяющим значительный вклад в эффективную годовую дозу облучения населения на исследуемых территориях, является облучение за счет ингаляционного поступления продуктов распада радона.

Заключение

В ходе проведения вышеуказанных исследований в районах уранового наследия была выявлена недостаточность имеющейся регулирующей базы, в связи с чем, нами был разработан ряд документов системы санитарно-эпидемиологического нормирования. При разработке документов учитывали также полученный опыт в ходе выполнения регулирующего контракта по странам Центральной Азии с Государственным управлением Норвегии по ядерной и радиационной безопасности. Кроме того, наш опыт регулирования защиты населения и окружающей среды, накопленный на площадках уранового наследия, нашел свое отражение в новом техническом документе МАГАТЭ, который включает в себя результаты первых пяти лет (2011-2016) работы Международного Форума МАГАТЭ по регулируемому надзору за объектами наследия.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ЯДЕРНОГО НАСЛЕДИЯ В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ РЕГИОНЕ РОССИИ НА ЭТАПЕ СТРОИТЕЛЬСТВА РЕГИОНАЛЬНОГО ЦЕНТРА КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И ДОЛГОВРЕМЕННОГО ХРАНЕНИЯ ТВЁРДЫХ РАО

С.В. Ахромеев, С.М. Киселев, Т.И. Гимадова, В.Г. Старинский

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России,
г. Москва, Россия*

В 2000 г. бывшие береговые технические базы Военно-Морского Флота (БТБ ВМФ) были переданы в ведение Госкорпорации «Росатом». В этом же году был создан Дальневосточный центр по обращению с радиоактивными отходами (РАО) и отработанным ядерным топливом (ОЯТ) – филиал ФГУП «Предприятие по обращению с радиоактивными отходами «РосРАО». Основной задачей ФГУП «РосРАО» является изоляция отходов, которые накоплены в процессе эксплуатации и утилизации АПЛ, НК с АЭУ и судов АТО, а также реабилитация загрязненных территорий.

Для решения этих задач в настоящее время ФГУП «РосРАО» создает региональные центры кондиционирования и долговременного хранения твёрдых радиоактивных отходов (РЦКДХ) в Северо-Западном регионе отделение «Сайда» и в Приморском крае на площадке отделения Фокино ДВЦ «ДальРАО» в бухте Сысоева. Эти центры строятся для приема, иммобилизации и хранения приведенных в безопасное состояние накопленных и вновь образующихся РАО и ОЯТ.

В связи с интенсификацией деятельности по обращению с ОЯТ и РАО в

этом регионе оптимизация регулирующего надзора за состоянием радиационной безопасности на этих территориях является важной и актуальной. ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, как технически поддерживающая организация ФМБА России, осуществляет государственный санитарно-эпидемиологический надзор за состоянием радиационной безопасности и начиная с 2011 г. проводит на этих объектах исследование и оценку радиоэкологической обстановки.

Перед началом реализации проекта строительства РЦКДХ важным мероприятием является и на этапе строительства, и перед вводом в эксплуатацию РЦКДХ выявление фоновых показателей для всех объектов окружающей среды и оценка состояния здоровья населения. Полученные результаты, в дальнейшем, будут являться основой для расчета контрольных уровней на всех этапах эксплуатации. Целью данной работы является комплексная оценка состояния окружающей среды на объектах ядерного наследия в Приморском крае до начала реализации проекта по строительству РЦКДХ.

Объектами исследования являются территории двух промплощадок и их санитарно-защитные зоны (СЗЗ) на площадке отд. Фокино ДВЦ «ДальРАО» в б. Сысоева в Приморском крае и территория отд. Вилючинск ПВХ б. Крашенинникова в Камчатском крае.

Основные методы и методики

При измерении мощности амбиентной дозы гамма излучения использовался метод пешеходной гамма съемки с помощью портативного спектрометрического комплекса МКС01А «Мультирад-М». Для измерения интегральной дозы внешнего облучения населения и объектов окружающей среды на территории промплощадки, санитарно защитной зоны и зоны наблюдения применялись термолуминесцентные дозиметры на основе фтористого лития, которые размещались на длительный срок. Основные дозообразующие радионуклиды определялись в рамках действующего аттестата аккредитации с помощью гамма-спектрометрического, радиохимического и радиометрического методов.

Результаты исследования

Для формирования требований регулятора по обеспечению радиационной безопасности при проведении оператором запланированных работ ФМБА России организовало экспедиционные обследования по оценке фонового состояния природной среды в районах размещения объектов ДВЦ «ДальРАО». Полученные результаты исследования представлены в данной работе.

Провели оценку состояния окружающей среды на территории объектов исследования и оценили содержание техногенных радионуклидов в почве, поверхностной и морской воде, донных отложениях, а также в водорослях в морской акватории.

Выявили, что на всех площадках ДВЦ «ДальРАО» основными радионуклидами, которых находится в значимых количествах, являются ^{137}Cs и ^{90}Sr . Содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в этих объектах находится на уровне средних региональных значений [1].

При этом выявлены несколько небольших по площади локальных участков загрязнения, которые были детально обследованы. Содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr на одном из участков в поверхностном слое почвы на территории СЗЗ в б. Сысоева превышало предельные значения удельной активностей радионуклидов (ПЗУА), приложение 5 ОСПОРБ-99/2010 каждого радионуклида соответственно [2] на порядок. В настоящее время на этом участке проведены дезактивационные работы путем механической отсыпки грунтом, и далее проводится контроль миграции радионуклидов. На одном из участков на территории б. Крашенинникова выявлено повышенное содержания ^{137}Cs , но оно находится на уровне, при котором допускается неограниченное использование твердых материалов (приложение 3 ОСПОРБ-99/2010).

Получен большой массив данных для всех объектов исследования. Для обработки полученного материала была создана электронная базы данных. Статистическая обработка полученных данных позволила получить средние значения, которым был присвоен статус «фоновые показатели» для каждого объекта исследования.

Выводы

Полученные данные положены в основу разработки контрольных уровней на данной территории, которые легли в основу при разработке методических документов для проведения государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

Список литературы

1. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2015 г. – М, 2016. – 98 с.
2. Нормы и правила. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности: ОСПОРБ-99/2010: утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 26.04.2010 № 40: введ в действие с 17.09.2010 [ред. от 16.09.2013]. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. – 83с.

РИСК ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ОСТРЫМ ИНФАРКТОМ МИОКАРДА В КОГОРТЕ РАБОТНИКОВ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

К.В. Брикс, Т.В. Азизова, Е.С. Григорьева

*ФГУП Южно-Уральский институт биофизики ФМБА России,
г. Озерск, Челябинская область, Россия*

Цель

Оценить риск заболеваемости острым инфарктом миокарда (ОИМ) в когорте работников, подвергшихся профессиональному пролонгированному облучению, с учетом радиационных и нерадиационных факторов.

Материалы и методы

Изучаемая когорта – работники первого в бывшем СССР предприятия атомной промышленности ПО «Маяк», впервые нанятые на один из основных заводов (реакторный, радиохимический и плутониевый) в период 1948 – 1982 гг., и наблюдавшиеся до 31.12.2013 г. (22377 человек). В изучаемой когорте был оценен относительный риск (ОР) заболеваемости острым инфарктом миокарда (ОИМ), используя модуль «AMFIT» программы «EPICURE».

Результаты исследования

По состоянию на 31.12.2013 г. в изучаемой когорте было верифицировано 2007 случаев острого инфаркта миокарда. Заболеваемость ОИМ была статистически значимо ниже у женщин по сравнению с мужчинами изучаемой когорты. С увеличением достигнутого возраста заболеваемость ОИМ возрастала как у мужчин, так и у женщин. В изучаемой когорте работников был обнаружен пониженный риск заболеваемости ОИМ у некурящих мужчин и женщин по сравнению с курящими работниками. ОР заболеваемости ОИМ был статистически значимо выше у мужчин и женщин изучаемой когорты, чей ИМТ за 10 лет до даты выхода из исследования был выше нормы, по сравнению с работниками с нормальной массой тела. В ходе проведения исследования было выявлено, что ОР заболеваемости ОИМ был ниже у работников, имевших в анамнезе АГ 1 степени, по сравнению с работниками, у которых регистрировались нормальные значения АД. У мужчин изучаемой когорты риск заболеваемости ОИМ статистически значимо зависел также от календарного периода установления диагноза, продолжительности работы на одном из основных заводов, наличия высшего образования и отягощенной по ССЗ наследственности, а у женщин – возраста найма на предприятие, статуса употребления алкоголя и наличия сахарного диабета в анамнезе. Не выявлено статистически значимой линейной зависимости заболеваемости ОИМ от суммарной поглощенной в печени дозы внешнего гамма- и внутреннего альфа-излучения.

Заключение

Заболеваемость ОИМ в когорте работников атомной промышленности зависела от нерадикационных факторов (пол, достигнутый возраст, статус курения, повышенный ИМТ, наличие АГ, у мужчин – от календарного периода установления диагноза, продолжительности работы, наличия высшего образования, отягощенной по ССЗ наследственности, у женщин – от возраста найма на предприятие, статуса употребления алкоголя и наличия сахарного диабета) и не зависела от профессионального пролонгированного внешнего гамма- и внутреннего альфа-излучения.

ЭВАКУАЦИЯ ТЯЖЕЛООБОЖЖЕННЫХ КАК ЭТАП АКТИВНОЙ ТАКТИКИ
ОКАЗАНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ КОМБУСТИОЛОГИЧЕСКОЙ
ПОМОЩИ. ОПЫТ ФГБУЗ ДВОМЦ ФМБА РОССИИ

П.А. Грибань¹, С.А. Сотниченко¹, С.М. Терехов¹,
В.В. Усов¹, Д.С. Стопа¹, Д.В. Бондарчук²

¹*Дальневосточный окружной медицинский центр ФМБА России,
г. Владивосток, Россия*

²*КГКУЗ «Территориальный центр медицины катастроф»,
г. Владивосток, Россия*

Термическая травма остается одной из сложных проблем современной клинической медицины. Несмотря на некоторое снижение количества ожоговых поражений среди населения в последнее десятилетие, они продолжают занимать видное место в структуре бытового и производственного травматизма. Особую сложность представляет лечение пациентов с глубокими и обширными ожогами, у которых развиваются явления ожоговой болезни. Лечение данной категории пациентов – это комплексный и непрерывный процесс, включающий в себя реанимационное пособие и интенсивную терапию в острый период термической травмы, а также активное оперативное лечение, направленное на скорейшее очищение пораженных участков от некротических тканей и восстановление кожного покрова. Проведение такого многокомпонентного общего и местного лечения возможно только в условиях специализированного ожогового отделения или центра, которое имеет соответствующую материально-техническую базу и высококвалифицированный медицинский персонал. Населенные пункты центральных, восточных и северных районов Приморского края мало населены, находятся на значительном расстоянии друг от друга, около них слабо развита транспортная инфраструктура. В связи с этим становится актуальной проблема эвакуации тяжелообожженных из отдаленных районов Приморского края в ожоговое отделение Дальневосточного окружного медицинского центра Федерального медико-биологического агентства России (ДВОМЦ). Эту задачу непосредственно осуществляет Приморский территориальный центр медицины катастроф (ТЦМК).

В структуре обращений в ТЦМК Приморского края от 9 до 12% составляют вызовы из медицинских организаций Приморского края по поводу ожоговой травмы. Большая часть вызовов поступает по поводу пациентов с обширными и глубокими ожогами.

За последние 15 лет специалистами ДВОМЦ и ТЦМК в Приморском крае успешно внедрена и функционирует этапная система оказания хирургической и реанимационной помощи тяжелообожженным:

1 Этап – оказание квалифицированной помощи в ближайшей медицинской организации, чаще всего в центральной районной больнице. В реанимационных отделениях проводится первичная диагностика площади и глубины поражения, начинаются неотложные противошоковые мероприятия. Одновременно

информация поступает в ТЦМК, где при необходимости проводится консультация врачом-реаниматологом ТЦМК и комбустиологом ожогового отделения ДВОМЦ. Наличие в ДВОМЦ и медицинских организациях края телемедицинских коммуникаций позволяет в ряде случаев проводить консультацию в онлайн-режиме.

После консультации пострадавший ставится на учет в ТЦМК, определяется объем и состав противошоковой терапии с последующим ежедневным информированием специалистов ожогового отделения о динамике состояния больного. В ходе проведения противошоковых мероприятий оценивается возможность эвакуации пострадавшего на этап специализированной помощи в ожоговое отделение ДВОМЦ. Как правило, эвакуация осуществляется на первые – третьи сутки после получения травмы транспортом ТЦМК с обязательным проведением анальгезии, седации, инфузионной терапии, при необходимости ИВЛ во время транспортировки.

2 Этап – оказание специализированной помощи в ожоговом отделении ДВОМЦ. При поступлении больного в реанимационную палату ожогового отделения продолжаются лечебно-диагностические мероприятия: проводится коррекция инфузионной терапии, в первые часы после поступления выполняется хирургическая обработка ран с их перевязкой, в ходе которой уточняется площадь и глубина поражения, устанавливаются показания к проведению раннего хирургического вмешательства.

За пять лет (с 2013 по 2017 г.) бригадой врачей в составе: комбустиолога и реаниматолога было совершено 223 выезда в районные медицинские организации, в ожоговое отделение были доставлены 193 пациента (мужчин – 105 чел. – 54,4% и женщин – 88 чел. – 45,6%, из них детей – 94 чел. – 48,7%). Наземным транспортом было эвакуировано 149 чел. (77,2%), воздушным (вертолетом) – 44 чел. (22,8%). (табл 1).

Таблица 1. Количество выездов специализированной бригады к пострадавшим с тяжелой термической травмой и количество транспортированных службой ТЦМК пациентов в ожоговое отделение ДВОМЦ в зависимости от вида транспорта в 2013-2017 гг.

	Годы					Всего за 2013-2017 гг.
	2013	2014	2015	2016	2017	
Общее количество выездов специалистов-комбустиологов ожогового отделения транспортом ТЦМК к пациентам с термической травмой	41	45	45	52	40	223
Количество пациентов, транспортированных в ожоговое отделение ДВОМЦ наземным транспортом	32	30	30	31	26	149
Количество пациентов, транспортированных в ожоговое отделение ДВОМЦ воздушным транспортом (вертолетом)	6	6	8	12	12	44

Принятая в Приморском крае схема эвакуации тяжелообожженных позволяет в ранние сроки начать оказание специализированной помощи, проводить активное хирургическое лечение ожоговых ран, уменьшить число осложнений ожоговой болезни, улучшить результаты лечения.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ОПЕРАТОРОВ ОПАСНЫХ ПРОФЕССИЙ

А.А. Долгов, И.Н. Терентьев

ЦНИИ ВВС Минобороны России, г. Москва, Россия

Приоритетным направлением повышения надёжности эксплуатации эргатических систем, эксплуатируемых в условиях высокого риска жизни и здоровью операторов, является реализация технологий динамического контроля функциональных состояний (ФС) операторов для своевременного распознавания и коррекции развития опасных ФС [1-3]. Однако, как показывает опыт, при решении таких задач не в полной мере используются возможности современных методов обработки информации и современных информационных технологий, что, в конечном счёте, не позволяет решить проблемы надёжного распознавания ранних стадий развития опасных ФС и обеспечить принятие прогностических решений, направленных на обеспечение должной функциональной и профессиональной надёжности деятельности операторов [4, 5].

По результатам системного анализа способов описания состояния; постановок задач, исходных данных и показателей качества диагностики состояния концепция математического обеспечения диагностики ФС оператора, которая обеспечивает выбор математического метода, адекватного постановке практической задачи, используемому способу описания ФС и ограничениям математического подхода [6, 7]. Разработанной концепцией предусматривается, что повысить качество диагностики ФС можно за счёт использования адекватных математических методов диагностики ФС [6].

Для решения важных для практики задач определения периодичности, глубины диагностики ФС и выявления симптоматики, свидетельствующей о наличии (или существенной вероятности возникновения) конкретных неблагоприятных ФС, и механизмов, их порождающих, необходимо использовать системы диагностики риска нарушения ФС, основу математического обеспечения которых должны составлять методы синтеза адаптивных опросников на основе нечёткой логики и обработки результатов, получаемых с их помощью.

При решении задач идентификации ФС по значению интегрального показателя математическое обеспечение синтеза интегрального показателя должно строиться на основе представлений о мощности множества возможных структур интегрального показателя и предположении о классе функциональной зависимости, объединяющей характеристики ФС в интегральный показатель.

Универсальным подходом к построению интегральных показателей ФС является использование генетических алгоритмов, однако, если можно считать, что функциональная зависимость, объединяющая характеристики ФС в интегральный показатель, находится среди конечного множества структур класса рациональных функций, более эффективным является использование технологии нелинейной диагностики параметров зависимости известной структуры.

При описании ФС наборами параметров выбор математического метода его диагностики производится в зависимости от особенностей конкретной задачи диагностики. При описании ФС автоассоциативными наборами показателей и индексов для диагностики ФС необходимо применять технологию разведочного анализа, позволяющего обеспечить корректное выделение должного числа классов ФС, проведение интерпретации выделенных классов и построение классифицирующих правил. При описании ФС гетероассоциативными выборками показателей и индексов выбор математического метода диагностики производится в зависимости от особенностей постановки конкретной задачи диагностики [6].

Для обеспечения корректности математического обеспечения диагностики ФС оператора при сборе исходных данных необходимо гарантировать их однородность, репрезентативность, достаточность и отсутствие аномальных наблюдений, а выбор показателей качества созданного математического обеспечения диагностики ФС человека следует производить исходя из того, к какому типу: экстенсивных или интенсивных - относится исследуемое ФС.

При апробации математического метода диагностики экстенсивных ФС в качестве характеристик качества следует использовать: чувствительность; специфичность; прогностическую ценность положительного и отрицательного результата; отношение правдоподобия положительного и отрицательного результата, а при апробации математического метода диагностики интенсивных ФС – число допущенных гиподиагностических (первого рода) и гипердиагностических (второго рода) ошибок.

Экспериментальная проверка разработанных теоретических положений при обработке фактографической информации о ФС операторов опасных профессий авиационного профиля в инженерно-психологических и эргономических исследованиях показала их эффективность и практическую значимость [6, 7].

Приоритетным направлением развития теоретических основ методического обеспечения обработки информации о ФС операторов является формирование единого комплекса моделей, методов и алгоритмов обработки психофизиологической информации в интересах динамического контроля ФС и распознавания опасных ФС с привязкой к циклограмме профессиональной деятельности и к ее этапам, а также формулировка рекомендации по использованию разрабатываемых математических методов специалистами в области психофизиологии труда и эргономики.

Список литературы

1. Ильин Л.А. Системные подходы к оценке состояния здоровья человека в условиях неблагоприятного радиационного окружения // Russian Journal of Rehabilitation Medicine. 2016. № 3. С. 3-15.
2. Ушаков И.Б., Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В. Физиология труда и надежность деятельности человека М.: Наука, 2008. 318 с.
3. Пономаренко В.А. Психология человеческого фактора в опасной профессии. Красноярск: издательство Поликом, 2006. 629 с.
4. Бодров В.А. К проблеме функциональной надежности субъекта труда // Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики. 2011. № 3. С. 4-8.
5. Ушаков И.Б., Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А. Паттерны функциональных состояний оператора М.: Наука, 2010. 390 с.
6. Богомолов А.В., Гридин Л.А., Кукушкин Ю.А., Ушаков И.Б. Диагностика состояния человека: математические подходы. М.: Медицина, 2003. 464 с.
7. Ушаков И.Б., Пономаренко В.А., Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В. Автоматизированные системы для контроля состояния специалистов опасных профессий. М.: Новые технологии, 2005. 24 с.
8. Ломов Б.Ф. Человек и техника (очерки инженерной психологии). Л., 1963. 266 с.

ОЦЕНКА ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ У ПЕРСОНАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ СУДОВ АТОМНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Д.В. Арэфьева, М.А. Дохов, В.Е. Стернин, А.В. Петушок

ФГУП НИИ ПММ, г. Санкт-Петербург, Россия

Система дозиметрического контроля применительно к персоналу предприятий, выполняющих работы по утилизации судов атомного технологического обслуживания (далее – САТО), включает в себя организационные и технические мероприятия, направленные на получение достоверных сведений об уровнях облучения работников с целью подтверждения соблюдения требований нормативных документов. Оценка степени влияния ионизирующего излучения на конкретного индивидуума из персонала базируется на величине полученной эффективной дозы облучения.

Существующий на настоящее время уровень обеспечения радиационной безопасности персонала предприятий обуславливает, в основном, низкие уровни эффективных доз внешнего облучения. Однако, при выполнении радиационно опасных работ возможно формирование относительно больших доз внешнего облучения, а также внутреннего облучения.

Актуальность исследования обусловлена тем что, на предприятиях

атомного судостроения и судоремонта не всегда соблюдается регулярность проведения дозиметрического контроля внутреннего облучения. В то же время регистрация уровня инкорпорированных радионуклидов у лиц из персонала позволяет оценить достаточность мер по контролю за выполнением требований нормативно-методических документов по обеспечению радиационной безопасности работ при утилизации САТО.

Целью исследования является оценка внутреннего облучения персонала, подвергающегося воздействию факторов радиационной природы в процессе производственной деятельности на предприятиях атомного судостроения и судоремонта на примере группы персонала СРЗ «Нерпа» филиала АО «ЦС «Звездочка» при выполнении работ по резке носовой части ПТБ «Лепсе».

В 2015 году специалистами ФГУП НИИ ПММ была выполнена оценка содержания радионуклидов в организме персонала СРЗ «Нерпа» (филиал АО «ЦС «Звездочка»). Для выполнения измерений использовался один из наиболее точных методов определения инкорпорированной активности - метод прямого измерения содержания радионуклидов в организме или органе с применением спектрометра излучения человека СИЧ-10П-02 путем регистрации фотонного излучения, исходящего из тела человека. Измерения проводились во всем теле (в положении сидя в кресле, применение двух сцинтилляционных блоков детектирования на основе кристаллов NaI(Tl) диаметром 80 мм и высотой 80 мм, размещенных в коллимирующем устройстве, расположенных непосредственно перед телом обследуемого). Время измерения составило 20 мин. Для обследования был выбран персонал специальностей «судокорпусники» и «газорезчики».

Проведённое обследование показало наличие в организме радионуклида ^{137}Cs (во всем теле) у двоих обследуемых (максимальное значение содержания в организме – 1350 Бк). Изотопы ^{60}Co и ^{131}I в количествах, превышающих минимально измеряемые активности для использованной геометрии и времени измерений, не обнаружены.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что у сотрудников не выявлено инкорпорированных радионуклидов в количествах, превышающих минимально измеряемые активности. Однако, без учета длительности поступления радионуклида невозможно рассчитать точную дозу внутреннего облучения в связи с тем, что период полувыведения ^{137}Cs при однократном поступлении составляет 5 суток, а при повторных поступлениях – 14 суток, а у ^{60}Co – 9,5 суток. Также для оценки дозы внутреннего облучения необходимо исследование распределения инкорпорированных радионуклидов по критическим органам на спектрометрах излучения человека.

По результатам обследования можно сделать следующие выводы:

1. Необходимо проводить регулярное обследование персонала, выполняющего радиационно опасные работы при утилизации САТО, на предмет наличия радионуклидов в организме с помощью спектрометров излучения человека. В качестве меры по дальнейшему совершенствованию системы

радиационной безопасности необходима разработка и внедрение методик измерения и расчета индивидуальной эффективной дозы внутреннего облучения с обоснованием кратности и периодичности.

2. В связи с тем, что в штатных ситуациях в процессе утилизации САО радионуклиды не должны попадать в организм человека, контроль внутреннего облучения является важным показателем наличия внештатных ситуаций на предприятии, и может рассматриваться как элемент совершенствования системы радиационной безопасности.

МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ РАДОНА В ДЕТСКИХ УЧРЕЖДЕНИЯХ ГОРОДА ЛЕРМОНТОВ

А.В. Жукова

*Студент 1 курса магистратуры экологического
факультета РУДН, г. Москва, Россия*

На данный момент времени самый большой вклад в суммарную дозу облучения населения вносят природные источники излучения, основным из них является природный газ радон (^{222}Rn) и продукты его распада, такие как торон (^{220}Rn) и другие.

В данной работе представлены результаты исследований, которые проводились на базе ФГУП НТЦ РХБГ ФМБА России на территории, которая изначально являлась потенциально радоноопасной. Одной из таких территорий является территория компактного проживания населения города Лермонтов Ставропольского края, которая расположена вплотную к бывшему горнодобывающему предприятию Лермонтовское производственное объединение «Алмаз», осуществлявшего деятельность по добыче урана с 1950 по 1990 гг.

Дети являются критической группой населения на любой территории, поэтому контроль содержания ^{222}Rn в детских учреждениях является важной и актуальной задачей, которая и решалась в данной работе. **Целью данной работы** является мониторинг содержания газа ^{222}Rn в помещениях детских учреждений города Лермонтова интегральным методом.

Методы исследования и оценки

Для определения среднегодовой объемной активности радона в качестве основного метода применяли интегральный метод измерения объемной активности радона с помощью комплекта аппаратуры «ТРЕК-РЭИ-1М». Отбор проб проводили с помощью экспозиметров, при использовании которых происходит пассивный отбор пробы воздуха в пробоотборную камеру, с расположенным внутри неё диэлектрическим трековым детектором. Оценка индивидуальных годовых эффективных доз облучения населения за счет ^{222}Rn осуществлялась по методике [1].

В качестве критериев оценки состояния помещений использовались следующие показатели: в соответствии с НРБ-99/2009 ограничения для природных радионуклидов по среднегодовой эквивалентной равновесной объемной активности дочерних продуктов радона и торона (ЭРОА_{Rn}) в воздухе помещений (200 Бк/м^3) и по годовой эффективной дозе (5 мЗв/год) [2].

Результаты исследования и выводы

Известно, что в почве на данной территории повышенное содержанием урана и радия, а соответственно повышенное выделение ^{222}Rn , которое может поступать в помещения. В данной работе представлены результаты исследования 291 помещения в 7 детских учреждений города Лермонтова интегральным методом, в которых проводилось измерение объемной активности радона (ОА_{Rn}).

Все обследованные здания являются кирпичными, с центральным отоплением и естественной вентиляцией, но построенные в разные годы, начиная с 1954. Во всех помещениях этих зданий размещались экспозиметры на срок не менее 3 месяцев в соответствии с требованиями методики [3]. Измерения проводились в зимние и летние периоды времени. Далее детекторы собирались, и проводилась их подготовка к измерениям, затем измерение ОА_{Rn} . После этого проводился расчет нормируемого показателя ЭРОА_{Rn} . Полученные результаты систематизировались, проводилась статистическая обработка массива данных в программе StatSoft STATISTICA.

Анализ данных показал, что большого разброса данных не наблюдалось, среднегодовые значения ЭРОА_{Rn} соответствуют летним значениям и составляют величину $156 \pm 52 \text{ Бк/м}^3$, этот результат свидетельствуют, что в целом радиационная безопасность населения обеспечена. Но при этом выявили, что все полученные среднее значение по ЭРОА_{Rn} в зимние месяцы устойчиво выше, чем в летние месяцы, и составляют $313 \pm 104 \text{ Бк/м}^3$, которые превышение 200 Бк/м^3 . Полученные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1. Значения ЭРОА_{Rn} в зимний и летний периоды в помещениях 7 детских учреждений г. Лермонтов, n= 291 шт.

Время года	Кол-во проб, шт.	ЭРОА_{Rn} , Бк/м^3			ЭРОА_{Rn} , которое превышает 200 Бк/м^3	
		Мин	Макс	Ср.	Ср. ЭРОА_{Rn} , раз	Превышения от общего числа проб, %
Зима	147	8	1980	313	1,5	54
Лето	144	12	1217	156	0,8	22

Превышение 200 Бк/м^3 в зимние месяцы до 1,5 раза составляют в 54 % от общего числа измерений. При этом анализ данных показал, что в нескольких помещениях встречаются существенные превышения ЭРОА_{Rn} и зимой, и летом, и максимальные значения превышают нормируемый показатель от 6 летом до 10 зимой раз. Все эти превышения сосредоточены в помещениях, которые компактно расположенных рядом в одном районе, что может говорить об особенностях

именно этого небольшого района. Для оценки опасности нахождения детей в этих помещениях, где наблюдалось максимальное превышение ЭРОА_{Rn}, провели расчет годовой эффективной дозы. Полученные данные привели в таблице 2.

Таблица 2. Оценка величины годовой эффективной дозы за счет ²²²Rn

Объект	Эффективная годовая доза, мЗв/год	Превышение ограничения 5 мЗв/год, раз
Детский сад №4	3,73	0,75
Детский сад №5	4,68	0,94
Детский сад №11	5,41	1,08
Школа №5, корпус 1	4,42	0,88
Школа №1	3,51	0,70
Школа №5	5,89	1,18
Школа №2	3,18	0,64
Мин	3,18	0,64
Макс	5,89	1,18

Как показано в таблице 2, годовая эффективная доза за счет ²²²Rn, находится на уровне или немного превышает ограничение для природных радионуклидов (5 мЗв/год) в двух зданиях до 1,18 раз. Это превышение незначительное, не требует принятия срочных мероприятий, направленные на понижение уровня радона. Но в данных детских учреждениях необходимо контролировать содержания ²²²Rn, и выявлять источники скачкообразного поступления ²²²Rn в помещения.

Выводы

Мониторинг ²²²Rn в помещениях детских учреждений города Лермонтова Ставропольского края позволил оценить его реальное содержание, которое в среднем и в летний период составляет 156±52 Бк/м³, в зимний период 313±104 Бк/м³, среднегодовая эффективная доза при этом в большинстве зданий не превышает 5 мЗв/год. Мониторинг помещений интегральным методом позволил выявить в 2 зданиях помещения, в которых имеется повышенное скачкообразное поступление ²²²Rn выше ограничений по ЭРОА_{Rn} до 10 раз. Это требует проведения мониторинга по ²²²Rn и комплекса мероприятий по выявлению источника для уменьшения нагрузки на здоровье детского населения.

Автор выражает огромную благодарность Маренному А.М. за предоставленную возможность участвовать в данной работе в рамках бакалаврской дипломной работы, и научному руководителю по диплому Лащеновой Т.Н. за полученные знания.

Список литературы

1. Нормы и правила. Нормы радиационной безопасности: НРБ-99/2009: утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от

07.07.2009 № 47: ввод в действие с 01.09.2009. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009, – 100 с.

2. МУК 2.6.1.1088-02. Методические указания. Оценка индивидуальных эффективных доз облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения. – Москва, 2002.

3. МИ «Радон. Измерение объемной активности интегральным трековым методом в воздухе производственных, жилых и общественных помещений», Методика аттестована ФГУП ВНИИФТРИ (Свидетельство № 40090.2И385 от 16 июля 2012 года).

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАДИОАНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ДЛЯ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ НА ТЕРРИТОРИЯХ, ОБСЛУЖИВАЕМЫХ ФМБА РОССИИ

М.В. Астафурова¹, К.А. Карасева², Л.Э. Карл²
Научный руководитель – В.И.Астафуров²

*¹ Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», г. Москва, Россия*

*² ФГУП Научно-технический центр радиационно-химической
безопасности и гигиены ФМБА России, г. Москва, Россия*

При проведении инженерно-экологических изысканий нередко приходится сталкиваться со случаями радиоактивных загрязнений на площадках под новое строительство и участках для рекреационных целей. При дозиметрическом и радиометрическом обследовании таких участков обнаруживаются локальные источники и зоны радиоактивного загрязнения различной природы.

В соответствии с действующими нормативными документами все радиоактивные загрязнения должны быть выявлены, классифицированы и удалены с участка до начала его освоения. Для загрязнений, обусловленных гамма-излучающими нуклидами, их выявление и классификация не представляют труда и осуществляются с использованием рутинных радиометрических и спектрометрических измерений. Тогда как поиск и идентификация альфа- и бета-излучающих нуклидов является, как правило, трудоемкой и дорогостоящей аналитической операцией. Аналитикам приходится иметь дело с материалами сложного состава, содержащими целый ряд компонентов и примесей, мешающих измерению определяемых радионуклидов. Это обстоятельство приводит к необходимости использования трудоемких процессов, связанных с предварительным концентрированием, выделением и очисткой определяемых элементов пробы. В этой связи создание высокоизбирательных и экспрессных методов радиоаналитического контроля является актуальной задачей.

В настоящем докладе представлены результаты совершенствования методов определения долгоживущих альфа-излучающих нуклидов и технеция в

объектах, подлежащих обследованию в ходе проведения инженерно-экологических изысканий. В основу положены методы анализа, используемые на предприятиях ядерно-топливного цикла.

Совершенствование методов выделения и очистки радионуклидов для их последующего радиометрического определения

Для концентрирования, выделения и очистки определяемых радионуклидов из анализируемых проб рекомендуется использовать метод экстракционной хроматографии, позволяющий проводить глубокую очистку определяемого компонента пробы и получать счетные образцы, практически не содержащие мешающих примесей [1, 2].

Совершенствование методов выделения радионуклидов заключалось в выборе и исследовании наиболее эффективных экстрагентов и определении оптимальных условий избирательного выделения и очистки радионуклидов для их последующего радиометрического определения [3, 4].

Определены оптимальные условия сорбции и элюирования альфа-излучающих нуклидов и технеция из азотнокислых и солянокислых растворов с использованием наиболее эффективных и доступных экстрагентов: нитрата метилтриоктиламмония (ТОМАН), нитрата аллилтриалкил(С₇-С₉)аммония (ТААЛАН), ди(2-этилгексил)фосфорной кислоты (Д2ЭГФК), триоктилфосфиноксида (ТОФО), тризоамилфосфата (ТИАФ). Изучены аналитические свойства сорбента на основе ТОФО в матрице из сополимера стирола и дивинилбензола (ТОФО-твэкс). ТОФО является твердым веществом при комнатной температуре, поэтому при его использовании требуется проводить процесс при повышенной температуре.

Совершенствование методов определения долгоживущих альфа-излучающих нуклидов и технеция

Совершенствование методов определения заключалось в уточнении процедур химической обработки проб и условий стабилизации требуемых валентных форм плутония и нептуния.

Торий выделяют из солянокислого раствора в хроматографической колонке с Д2ЭГФК на фторопласте-4. Сорбированный торий элюируют раствором шавелевой кислоты.

Уран выделяют из 4-6 М раствора HNO₃ в хроматографической колонке с ТИАФ на фторопласте-4. Сорбированный уран элюируют 0,1-0,2 М раствором HNO₃. В альтернативном методе для выделения урана используется экстрагент Д2ЭГФК.

Нептуний стабилизируют в степени окисления +4 и выделяют из 1,5-2 М раствора HNO₃ в хроматографической колонке с ТОМАН или ТААЛАН на фторопласте-4. Сорбированный нептуний элюируют раствором шавелевой кислоты или оксалата аммония. В альтернативном методе для выделения нептуния используется экстрагент Д2ЭГФК.

При определении плутония пробу предварительно обрабатывают для разрушения его полимерных и коллоидных форм. Затем плутоний стабилизируют в степени окисления +4 и выделяют из 1,5-2 М раствора HNO_3 в хроматографической колонке с ТОМАН или ТААЛАН на фторопласте-4. Сорбированный плутоний элюируют раствором комплексообразователя (щавелевая кислота, оксалат аммония) или проводят восстановительное элюирование.

Технеций выделяют из 0,05-0,1 М раствора HNO_3 в хроматографической колонке с ТОМАН на фторопласте-4. Сорбированный технеций элюируют 9 М раствором HNO_3 .

Список литературы

1. Экстракционная хроматография / под ред. Т. Брауна и Г. Герсини, пер. с англ. – М.: Мир, 1978. – 632 с.
2. Астафуров В.И. Разрушающие методы аналитического контроля в ядерно-топливном цикле: Лекции для руководящих работников и специалистов предприятий I и III ГУ МСМ. – Желтые воды: ЦИПК, 1988.
3. Карасева К.А., Астафуров В.И., Маренный А.М. Концентрирование долгоживущих альфа-излучающих нуклидов актинидных элементов при анализе объектов окружающей среды: обзор // Молодой ученый. 2016. № 25 (129). С. 133-140.
4. Астафурова М.В., Карл Л.Э., науч. руков. Астафуров В.И. Схемы экстракционно-хроматографического выделения тория, урана, нептуния, плутония, амерция из растворов при анализе объектов окружающей среды // Материалы III междунар. научно-технич. конф. «Актуальные проблемы радиохимии и радиоэкологии» (15-17 ноября 2017, Екатеринбург). – Екатеринбург: УрФУ, 2017. С. 67-68.

ДИСПЕРСНЫЙ СОСТАВ И РАСТВОРИМОСТЬ РАДИОАКТИВНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ НА ПРОИЗВОДСТВЕ СЫРЬЕВОГО UF_6

А.Е. Карев

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России,
г. Москва, Россия*

В докладе представлены результаты работ по исследованию физико-химических характеристик радиоактивных аэрозолей на производстве сырьевого гексафторида урана. Для оценки дисперсного состава отбор проб проводился на каскадные импакторы (три модели отечественного производства: АИП-2, ФРТЧ, ИРАМ-2-4И, а также SKC Sioutas), для определения типа при ингаляции радиоактивных аэрозолей – на фильтры АФА-РСР-20.

Для большинства проб характерно бимодальное распределение активности по размерам со средним значением АМАД 2,8 мкм $\beta_g = 2,7$ (вклад 52%) и с АМАД более 20 мкм (вклад 48%).

Наибольшие значения АМАД были обнаружены на узле выгрузки огарков из пламенного реактора: в разные дни значение АМАД варьировалось от 5,9 мкм до 22 мкм при среднем значении $\beta_g = 4,2$.

Наибольший вклад торакальной фракции частиц с аэродинамическим диаметром менее 10 мкм, проникающих при дыхании за пределы гортани и формирующих дозу внутреннего облучения при ингаляции, зафиксирован на отметке +11,3 м (у стола для снятия крышек контейнеров, рис.1) и на нулевой отметке, в отделении десублимации UF_6 (рис.2) и составил 80% и 75% соответственно.

Растворимость аэрозолей определяли методом диализа в имитаторе легочной жидкости через мембранные фильтры с размером пор 0,25 мкм. Установленные в ходе эксперимента характеристики растворения проб аэрозолей показывают, что до 74% и более приходится на соединения с типом Б (рис.3).

Доля газообразного гексафторида урана, определенная с помощью химического реактора с аммиачно-спиртовым раствором в качестве реагента, варьируется от 0,6% до 5,2%.

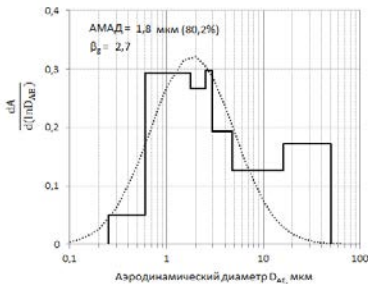


Рис.1 Распределение активности U-238 по аэродинамическим диаметрам частиц у стола для снятия крышек контейнеров, отметка +11,3 м (по результатам альфа-спектрометрии)

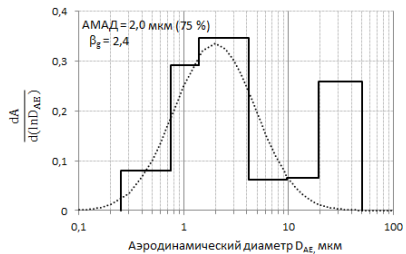


Рис.2 Распределение активности U-238 по аэродинамическим диаметрам частиц в отделении десублимации UF_6 , отметка 0 м (по результатам гамма-спектрометрии)

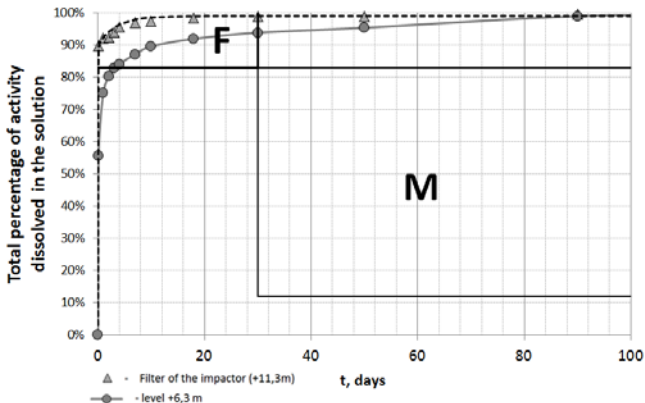


Рис. 3 Кинетика диализа проб аэрозолей в имитаторе легочной жидкости

МОНИТОРИНГ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ РАДОНА В ОБЩЕСТВЕННЫХ И ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ Г. БАЛЕЙ

Л.Э. Карл

ФГУП НТЦ РХБГ ФМБА России, г. Москва, Россия

Природные источники ионизирующего излучения (ПИИИ) вносят наибольший вклад в суммарную дозу облучения населения. Основным из них является радиоактивный газ радон (^{222}Rn) и продукты его распада. Уровни содержания радона в помещениях жилых, общественных и производственных зданий и сооружений колеблются в широких пределах, и могут достигать больших величин [1].

В данной работе представлены результаты мониторинга в общественных и жилых помещениях г. Балей Забайкальского края, который расположен на территории спотенциально повышенной радоноопасности. Работа проводилась на базе ФГУП НТЦ РХБГ ФМБА России.

Методы исследования и оценки

В качестве основного средства измерения использовались пассивные экспозиметры РЭИ-4 из комплекта аппаратуры «ТРЕК-РЭИ-1М», размещаемые в обследуемых помещениях на 2 – 4 месяца в разные сезоны года. Измеряемой величиной являлась объемная активность (ОА) радона, по значениям которой рассчитывалась значение эквивалентной равновесной объемной активности радона (ЭРОА_{Rn}). В соответствии с [2] в жилых и общественных помещениях среднегодовое значение ЭРОА_{Rn} не должно превышать значение 200 Бк/м^3 . В ОСПОРБ-99/2010 ограничения для природных радионуклидов по годовой

эффективной дозе составляет 5 мЗв/год, от 5 до 10 является повышенным, более 10 мЗв/год – высокое. [3]

Целью данной работы является выявление помещений на территории г. Балей, в которых имеется повышенное содержание ^{222}Rn .

Результаты исследования

В работе представлены результаты обследования 416 помещений в 102 жилых и общественных зданий г. Балей. Полученные результаты систематизировались, производилась статистическая обработка, в результате выяснено, что разброс значений большой, следовательно, в качестве среднего показателя использовалась медиана. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Объёмная активность радона в помещениях общественных и жилых зданий г. Балей, n=416 шт.

Количество помещений, шт.	416	n	σ	V	Значения ЭРОА _{Rn} , Бк/м ³			
					Мин	Макс	Ср. ариф.	Медиа.
С превышением 200 Бк/м ³ , шт.	157	416	259	1,3	4	2713	197	118
% от общего числа	38							
n - общее количество исследуемых помещений; σ - среднее квадратичное отклонение; V - коэффициент вариации								

Выявили, что медиана равна 118 Бк/м³, среднее значение которой не превышает ограничение по ЭРОА_{Rn} 200 Бк/м³. Результаты измерения показали, что ЭРОА_{Rn} превышает 200 Бк/м³ только в 38 % от общего числа обследованных помещений. При этом максимальное значение равное 2713 Бк/м³ превышает норматив в 13,5 раз. Для понимания, в каких именно помещениях имеется такое превышения ^{222}Rn , проводилась оценка в зависимости от типа строительных материалов. В таблице 2 приведены данные по ЭРОА_{Rn} в деревянных, кирпичных и шлакоблочных зданиях. Средние значения ЭРОА_{Rn} в деревянных и кирпичных зданиях имеют практически одинаковое значение, составляют 106 и 102 Бк/м³, что ниже допустимого значения 200 Бк/м³.

Таблица 2. Зависимость объёмной активности ^{222}Rn от типа строительных материалов, n = 416 помещений

ЭРОА _{Rn} , Бк/м ³	Дерево	Кирпич	Шлакоблок
Медиана	106	102	234
Максимальное	1919	849	2713
Помещения, в которых ЭРОА _{Rn} больше 200 Бк/м ³ , %	29	57	60

Анализ данных показал, что превышения норматива по ЭРОА_{Rn} в некоторых помещениях существенное.

В деревянных домах превышением ²²²Rn достигало до 9,5 раз. Все эти превышения сосредоточены в помещениях 9 домов, которые находятся на нескольких улицах, которые оказались одноэтажными зданиями с печным отоплением, годом постройки с 1946 по 1999. Причиной превышений может быть недостаточная изоляция подполья, и решение проблемы на первом этапе заключается в изоляции подвалов. А затем надо проводить повторную оценку для оценки эффективности этих мероприятий. Существенные превышения выявлены для 4 кирпичных зданий и для 6 зданий из шлакоблока, при этом для шлакоблока наблюдали максимальное превышение ЭРОА_{Rn} более чем в 10 раз.

Для оценки опасности нахождения населения в этих помещениях, где наблюдалось максимальное значение ЭРОА_{Rn}, провели расчет годовой эффективной дозы, полученные результаты привели в таблице 3.

Таблица 3. Эффективные дозы для средних и максимальных значений объёмной активности ²²²Rn для разных типов строительных материалов

Эффективная доза, мЗв/год	Тип строительного материала			
	Для ЭРОА _{Rn} , значение	Дерево	Кирпич	Шлакоблок
Среднее		13	7	16
Максимальное		23	15	32

Средние значения доз во всех зданиях с максимальными значениями ЭРОА_{Rn} превышают ограничение годовой эффективной дозы 5 мЗв/год «приемлемый уровень облучения», часть помещений – более 10 мЗв/год, это облучение населения попадает под категорию «высокое» и нуждается в срочном принятии решения о проведении защитных мероприятий.

Выводы

Мониторинг в помещениях г. Балей Забайкальского края интегральным методом объёмной активности ²²²Rn показал, что среднее значение ЭРОА_{Rn} во всех помещениях составляет 118 Бк/м³, что не превышает допустимый норматив. Также выявлены помещения, в которых имеется существенное превышение ²²²Rn, которые находятся в 9 деревянных домах, 4 кирпичных и 6 зданиях из шлакоблока, где обнаружено превышение до 10 раз. Максимальная годовая эффективная доза превышает 10 мЗв/год, это облучение населения попадает под категорию «высокое» и нуждается в срочном принятии решения о проведении защитных мероприятий администрацией.

Автор выражает особую благодарность научному руководителю Лашенковой Т.Н. за полученные знания при написании диплома, Маренному А.М. и Нефедову Н.А. за предоставление возможности проведения измерений и оказанную помощь в обработке результатов.

Список литературы

1. Цапалов А.А., Маренный А.М. Принципы радонового контроля в помещениях зданий // АНРИ, №1, 2014, с. 6-15.
2. Нормы и правила. Нормы радиационной безопасности: НРБ-99/2009: утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 07.07.2009 № 47: введ. в действие с 01.09.2009. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009, – 100 с.
3. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010) Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2612-10

КОНТРОЛЬ ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ЛИЦ ИЗ ПЕРСОНАЛА ПАО «МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД» (ПАО «МСЗ»)

Е.А. Корнева, Б.А. Кухта

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России,
г. Москва, Россия*

Введение

Контроль внутреннего облучения отдельных лиц из персонала ПАО «Машиностроительный завод» (ПАО «МСЗ») в 2016 г. в соответствии с Договором «Проведение выборочных измерений содержания урана в биосубстратах персонала и расчет ожидаемых эффективных доз внутреннего облучения, сравнение с дозовыми нагрузками, определенными специалистами ПАО «МСЗ» осуществлялся согласно требованиям действующих нормативно-методических документов.

Согласно МУК 2.6.5.13-07 «Порядок проведения радиационного контроля на ОАО «Машиностроительный завод» основным методом получения оценок ОЭД внутреннего облучения работников является дозиметрический контроль рабочих мест (ДКРМ) – на основании результатов измерений активности урансодержащих аэрозолей в воздухе рабочей зоны. В связи с этим актуальным является регулярное подтверждение правомочности принятой ПАО «МСЗ» модели ДКРМ, что и было целью работы, проведенной с участием специалистов ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.

Материалы и методы

С целью оценки дозовых нагрузок на основании результатов биофизических обследований персонала в течение 2016 г. проводилась совместная работа Службы ядерной и радиационной безопасности (СЯРБ) ПАО «МСЗ» и Лаборатории дозиметрии инкорпорированных радионуклидов (лаборатории № 21) ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.

В рамках выполнения договора были проведены радиохимический анализ проб мочи специально отобранных для участия в этом исследовании работников ПАО «МСЗ» и оценка для них ожидаемых эффективных доз (ОЭД) внутреннего облучения. Выбор лиц из персонала ПАО «МСЗ», подлежащих обследованию, осуществляло руководство СЯРБ предприятия. Были отобраны лица (всего 20 работников), для которых по результатам ИДК могут ожидать значимые уровни ОЭД. Радиохимический анализ проб мочи на содержание α -излучающих изотопов урана проводился согласно методическим указаниям:

МУК 2.6.1.011-14. «Методика измерений активности урана спектрометрическим методом после экстракционно-хроматографического выделения из проб мочи» (утверждены Заместителем руководителя Федерального медико-биологического агентства, Главным государственным санитарным врачом по обслуживаемым организациям и обслуживаемым территориям В.В. Романовым 17.03.2014 г.; свидетельство № 3-4/21.01.00087-2011 от 08.11.2011 г., ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России).

Методические указания устанавливают методику выполнения измерений активности урана в моче персонала предприятий радиохимических производств и населения, проживающего на прилегающих к предприятиям территориях, с целью обеспечения индивидуального дозиметрического контроля поступления радионуклидов в организм человека и дозы облучения при нормальных условиях эксплуатации источников излучения. Методика предусматривает измерение активности урана с помощью спектрометрического метода в диапазоне до 10,0 Бк после экстракционно-хроматографического выделения и дополнительной очистки. Минимальная измеряемая активность согласно МВИ – 2-3 мБк (измерение активности на более низких уровнях возможно, – с погрешностью не менее 50-100%, и при существенно более длительных временах измерения). Образцы урана для измерений готовятся посредством электролитического осаждения радионуклидов на стальную подложку (мишень).

Расчёты были проведены с использованием лицензированной для использования в лаборатории № 21 ФМБЦ им. А.И. Бурназяна специализированной компьютерной программы ММК-02. ПО ММК-02 разработано согласно метрологически аттестованной методике радиационного контроля. Дозовые коэффициенты, используемые в данном ПО, согласованы с соответствующей базой данных дозовых коэффициентов МКРЗ [ICRP, 2001]. При расчётах возможен учёт реальных данных о транспортабельности урансодержащих аэрозолей, полученных в исследованиях, выполненных в прошлые годы на ПАО «МСЗ» специалистами ФМБЦ им. А.И. Бурназяна [Отчёт..., 2000]. Предполагались следующие условия облучения: логарифмически-нормальное распределение частиц по активности при медианном по активности аэродинамическом диаметре 5 мкм – экспертная оценка – и стандартном геометрическом отклонении, равном 2,5 (п. 8.4. НРБ-99/2009). Соотношение типов химического соединения при ингаляции П и М принималось (ингалируемое вещество – UO_2) – экспертная оценка равным 0,2;0,8.

Результаты измерений

Результаты измерений содержания α -излучающих радионуклидов урана в представленных СЯРБ ПАО «МСЗ» пробах мочи работников предприятия свидетельствуют о поступлении, как правило, весьма незначительном, радиоактивных веществ в организм вследствие контакта с открытыми урансодержащими источниками.

Выводы

Полученные результаты в целом свидетельствуют в пользу правомочности подходов, реализованных в принятой на предприятии модели ДКРМ. При этом, исходя из систематического смещения результатов биофизических обследований относительно результатов, полученных в ходе проведения ДКРМ, отмеченных за все годы проведения данных исследований, требуется дальнейшая работа по её верификации и усовершенствованию с использованием метрологически аттестованных методик выполнения расчётов ОЭД внутреннего облучения по результатам измерения объёмной активности на рабочих местах.

Список литературы

1. Отчёт о научно-исследовательской работе «Исследование радиационной обстановки и физико-химических характеристик аэрозолей для целей обеспечения дозиметрического контроля внутреннего облучения персонала при работах с обогащённым, естественным, обеднённым и рециклированным ураном на предприятиях ОАО «ТВЭЛ»: ОАО «МСЗ» и ОАО «ЧМЗ» (дополнительно к договору № 010299). – М., 2000.
2. ICRP, 2001. ICRP Database of Dose Coefficients: Workers and the Members of the Public. Version 2.0.1. – Elsevier Science, Oxford, 2001.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДЕКОМПОЗИЦИИ ВРЕМЕННОГО РЯДА ИНТЕГРАЛА МОЩНОСТИ АМБИЕНТНОГО ЭКВИВАЛЕНТА ДОЗЫ В ЦЕЛЯХ РЕГУЛИРУЮЩЕГО НАДЗОРА НА ОБЪЕКТЕ ЯДЕРНОГО НАСЛЕДИЯ

И.К. Теснов, К.А. Чижов, В.П. Крючков

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России,
г. Москва, Россия*

В данной работе приведена оценка снижения интеграла мощности амбиентного эквивалента дозы (МАЭД) на технической территории пункта временного хранения отработавшего ядерного топлива и радиоактивных отходов в губе Андреева за 2002-2016 годы, выполненная методом декомпозиции временных рядов интеграла МАЭД.

Для проведения исследования были собраны данные радиометрического контроля за период с 1 июля 2002 года по 6 февраля 2016 года, в общей сложности 4970 актов радиометрического обследования [1]. Каждый акт содержал

измерения МАЭД в контрольных точках за текущий день. По каждому акту были созданы карты радиационной обстановки с использованием метода нелинейной интерполяции: логарифмический кригинг [2]. Интеграл МАЭД рассчитывался с помощью функции «grid volume» в программном обеспечении Surfer v.12 как объем под двумерной поверхностью карты радиационной обстановки для выбранного дня.

Полученный массив данных был обработан процедурой декомпозиции временного ряда методом сезонно-трендовой декомпозиции (STL) на основе метода локальных регрессий (LOESS), для чего была написана компьютерная программа на языке статистической обработки данных R и выделены три компонента временного ряда: тренд, сезонная составляющая и остаточная компонента.

В результате анализа было получено, что тренд интеграла МАЭД по технической территории за период с 1 июля 2002 года по 6 февраля 2016 года является монотонной спадающей функцией, начальное и конечное значения тренда отличаются в 10 раз (рис.1b). С одной стороны, такое отличие обусловлено радиоактивным распадом радионуклидов и их миграцией (вымыванием) за пределы территории, с другой стороны – с антропогенным воздействием. Учитывая, что основным радионуклидом, формирующим радиационную обстановку на технической территории, является ^{137}Cs , сделан вывод о том, что из-за распада радионуклидов интеграл МАЭД уменьшился в 1,4 раза.

Только небольшая часть ^{137}Cs была вымыта за пределы технической территории, следовательно, семикратное снижение интеграла МАЭД связано с действиями персонала отделения губа Андреева СЗЦ «СевРАО» по обращению с РАО и работой по созданию инфраструктуры. Значительное сокращение интеграла МАЭД на технической территории достигнуто персоналом отделения, который получил при этом незначительные индивидуальные и коллективные дозы [3].

Сезонная компонента (рис. 1c) показывает, что из-за выпадения снега интеграл МАЭД в течение года варьирует в 2 раза. Остаточная компонента (рис. 1d) отражает неопределенность вычисления интеграла МАЭД, а пики на графике отмечают фазы активного обращения с ОЯТ и РАО.

Результаты показали, что применение метода STL позволяет выявить влияние антропогенных (защитных мер) и естественных (формирование снежного покрова) факторов. Разработанный метод используется для регулирующего надзора за радиационной безопасностью персонала отделения губа Андреева СЗЦ «СевРАО» в соответствии с [4]. Применение STL метода для анализа радиационной обстановки позволило выявить трендовую, сезонную и остаточную компоненты временного ряда интеграла МАЭД для подробной характеристики динамики радиационной обстановки на выбранной территории.

Метод может быть использован для анализа проведенных работ по реабилитации и для прогнозирования радиационной обстановки в будущих работах, в свете начала активной фазы работ по реабилитации - вывозу ОТВС с территории объекта.

Работа выполнена в рамках проекта международного сотрудничества между Государственным управлением Норвегии по ядерной и радиационной безопасности (NRPA), ФМБА России и ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России. Авторы благодарят NRPA за поддержку.

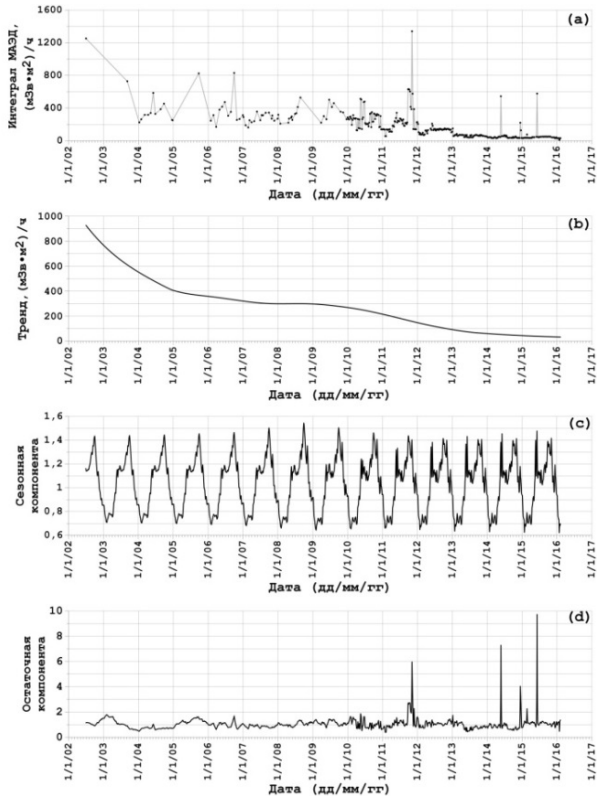


Рис. 1 Декомпозиция временного ряда интеграла МАЭД по технической территории в губе Андреева в период 2002-2016 гг. (а) – исходный временной ряд, (б) – трендовая, (с) – сезонная, (д) – остаточная компоненты исходного временного ряда

Список литературы

1. K. Chizhov et al, “3D simulation as a tool for improving the safety culture during remediation work at Andreeva Bay”, *Journal of Radiological Protection*, 34, 4 (2014): 755–773; doi: 10.1088/0952-4746/34/4/755.

2. V. Kryuchkov et al. "Radru method for reconstruction of external photon doses to Chernobyl liquidators in epidemiological studies", Health physics, 97, 4 (2009): 275; doi: 10.1097/HP.0b013e3181ac9306.

3. M. K. Sneve et al, "Radiation safety during remediation of the SevRAO facilities: 10 years of regulatory experience", Journal of Radiological Protection, 35, 3 (2015): 571; doi:10.1088/0952-4746/35/3/571.

4. M. K. Sneve, M. Kiselev, O. Kochetkov "Regulatory improvements related to the radiation and environmental protection during remediation of the nuclear legacy sites in North West Russia", Norwegian Radiation Protection Authority, Osteres (2008).

РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ДОЛЖНА СТРОИТЬСЯ НА КОРРЕКТНЫХ ДАННЫХ РАДИАЦИОННОЙ ЭПИДЕМИОЛОГИИ

А.Р. Туков, А.П. Бирюков, И.Л. Шафранский

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России,
г. Москва, Россия*

Суммарная доза радиационного облучения, согласно руководящим документам (НРБ-99/2009, Федеральный закон «ЯДЕРНАЯ И РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ» от 9 января 1996 г. № 3-ФЗ) является основой для расчёта риска возникновения радиационно-индуцированных заболеваний, на базе которого строится радиационная безопасность. Однако отсутствие регистров, отвечающих этим требованиям, приводит к получению некорректных эпидемиологических результатов.

Цель исследования: оценка риска заболевания злокачественными новообразованиями при использовании доз различных видов воздействия ионизирующего излучения на человека.

Материалы и методы

В исследовании были использованы персональные данные информационной базы Отраслевого регистра лиц, подвергшихся воздействию радиации в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

Всего в работу включена информация о 12689 ликвидаторах последствий аварии на ЧАЭС, имеющих данные о дозах, полученных во время работы в 30-км зоне. По предварительным данным профессиональному облучению подвергались 20-25% работников предприятий и организаций атомной промышленности, принимавших участие в ликвидации последствий аварии на ЧАЭС. Дозу профессионального облучения удалось собрать у 1333 человека (10,5%).

У ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, работников предприятий и организаций Госкорпорации "Росатом" за период наблюдения было выявлено 805 солидных злокачественных новообразований.

В структуре злокачественных новообразований у ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС преобладают рак бронхов и лёгкого – 20,3% и рак желудка – 14,9%. В исследование включены только солидные раки.

Для расчёта риска были использованы:

- дозы внешнего облучения, полученные ликвидаторами последствий аварии на ЧАЭС при работе в 30-км зоне;
- дозы профессионального внешнего облучения работников основного производства лиц, состоящих (состоявших) на индивидуальном дозиметрическом контроле (ИДК), участвовавших в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

Средняя доза внешнего облучения, полученная ликвидаторами при работе в 30-км зоне ЧАЭС, составила 54,0 мЗв, доза профессионального облучения – 171,3 мЗв и суммарная – 147,9 мЗв.

В работе использованы данные о мужчинах, их средний возраст в 2013 г. составил $61,5 \pm 0,1$ года.

Для оценок риска по группированным данным, объединённым в возрастные, дозовые и другие группы, использован пакет прикладных статистических программ EPICURE (модуль AMFIT), широко применяемым в современной радиационно-эпидемиологической практике.

Результаты и обсуждения

В исследовании показано, что использование доз облучения, полученных при работе ликвидаторов в 30-км зоне ЧАЭС, результат ERR на 1 Зв составил 1,127, а при суммарной дозе – 0,13 на 1 Зв, то есть различие в 8,6 раза.

Таким образом, результаты проведённого исследования показали, что использование только отдельных компонент дозовой нагрузки человека приводит к получению некорректных результатов в оценке риска возникновения радиационно-индуцированных злокачественных новообразований.

Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование в области обеспечения радиационной безопасности регламентирует ограничения облучений граждан в форме гигиенических нормативов и (или) уровней вмешательства раздельно для каждого из видов облучения:

- облучение от техногенных ИИИ при их нормальной эксплуатации;
- облучение от природных ИИИ;
- медицинское облучение пациентов;
- аварийное облучение.

Такой подход к нормированию, по нашему мнению, некорректен, сумма отдельных нормативов, может превысить порог минимального воздействия радиации на организм человека.

Выводы

1. Используя какую-либо часть общей дозы облучения человека для расчёта риска возникновения дозово-индуцированных заболеваний, мы будем получать некорректные результаты неизвестно насколько далёких от истины.

2. При построении корректной радиационной безопасности первостепенной задачей радиационной медицины и гигиены в настоящее время необходимо считать сбор и формирование дозы ИИ на человека от всех видов облучения.

Перспективой дальнейшего исследования на следующем этапе работы следует считать:

1. Продолжение сбора данных о профессиональных дозах облучения ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, работников всех предприятий и учреждений Госкорпорации "Росатом", для увеличения мощности исследования.

2. Организацию сбора данных о дозах медицинского и природного облучения ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, работников всех предприятий и учреждений Госкорпорации "Росатом".

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ СПЕКТРОВ ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ ПОЗИТРОНОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАНЦЕРОГЕННОЙ АКТИВНОСТИ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

О.А. Угарова¹, Л.Ю. Дубов^{1,2}, Ю.А. Акмалова¹

*¹Национальный исследовательский ядерный университет
«МИФИ», г. Москва, Россия*

*²Институт теоретической и экспериментальной физики,
г. Москва, Россия*

В мире постоянно разрабатывается множество химических веществ, о канцерогенной активности которых нет сведений. Они могут попадать в организм человека с пищей, с косметическими средствами, вдыхаться с воздухом и др., могут растворяться в водной или липидной среде клеток. Если эти вещества способны проникать внутрь клетки и разрывать связи в цепочках ДНК, они могут стать причиной возникновения опасных мутаций и онкологических заболеваний.

Для исследований на канцерогенность различных веществ в настоящее время используются эпидемиологические исследования, эксперименты на животных, краткосрочные тесты на бактериях (тест Эймса), компьютерный прогноз биологической активности по структуре молекул и физико-химические методы (проверка на люминесцентность органических молекул, определение их электрофильности) [1]. Наиболее надёжными являются данные, полученные в экспериментах на животных, но они дороги и достаточно продолжительны. Физико-химические методы являются самыми быстрыми, но не столь достоверными. Однако при комплексном применении совместно с другими методиками можно существенно повысить их надёжность, а также существенно ускорить и удешевить процесс выявления канцерогенных соединений.

В нашей работе развивается метод быстрой диагностики химических соединений на канцерогенность, использующий спектроскопию времени жизни позитронов. Основывается этот метод на том факте, что канцерогенные вещества обладают, как правило, сильной электрофильностью [2]. Позитрон (e^+), при

попадании в конденсированную среду, может образовать атом позитрония (Ps) с одним из квазисвободных электронов, образовавшихся при торможении e^+ . Наличие в среде сильных акцепторов электронов снижает вероятность образования атомов Ps. Измеряя эту вероятность можно судить о канцерогенной опасности исследуемых веществ.

Методика оценки канцерогенности методом позитронной аннигиляционной спектроскопии состоит в следующем: сначала измеряется вероятность образования атомов ортопозитрония $P_{Ps}(0)$ в чистом растворителе (в воде эта вероятность составляет ~25%). Затем измеряется вероятность образования ортопозитрония $P_{Ps}(C_S)$ в водном растворе тестируемого канцерогенного вещества S с концентрацией C_S . Из отношения

$$\frac{P_{Ps}(C_S)}{P_{Ps}(0)} = \frac{1}{1 + q_s \times C_S}$$

вычисляется коэффициент ингибирования образования позитрония – q_s , который определяет степень электрофильности вещества S и служит мерой его канцерогенной опасности [3].

Характерное время набора спектра на изотопном спектрометре времени жизни позитронов 4 - 8 часов. Для проведения широкого скрининга химических соединений необходимо максимально сократить время экспозиции.

В настоящей работе мы определяли оптимальную геометрию эксперимента для измерения $P_{Ps}(C_S)$, при которой достигается максимальная скорость измерения спектра времени жизни позитронов. Наибольшая эффективность поглощения позитронов достигается при размещении источника e^+ непосредственно в исследуемом растворе, но это может привести к химическому повреждению источника. Источник e^+ представляет собой соль $^{22}\text{NaCl}$, выпаренную в виде пятна с радиусом 5 мм и запечатанную между двумя 8 мкм плёнками из каптона. Хотя каптон имеет хорошую химическую стойкость по отношению к широко используемым органическим растворителям и маслам (углеводороды, сложные эфиры, эфиры, спирты и фреоны), его не рекомендуется использовать в средах, содержащих щелочи и неорганические кислоты. Поэтому желательно избегать его непосредственного контакта с раствором исследуемого вещества.

С учетом всех имеющихся ограничений, предложена геометрия проведения эксперимента с размещением источника на подложке из олова над поверхностью исследуемого раствора (рис. 1). Для данной геометрии с помощью системы моделирования Gate/Geant4 были рассчитаны вклады источника, подложки, стенок пробирки и воздуха в измеряемый спектр, что позволило с использованием программы LT10 определять вероятность образования о-Ps в исследуемом растворе. Полученные результаты показали, что предложенная геометрия позволяет с достаточной точностью оценивать коэффициент ингибирования образования Ps в растворах с концентрацией 0.5 – 1 М/л при времени измерения спектра 3 часа.

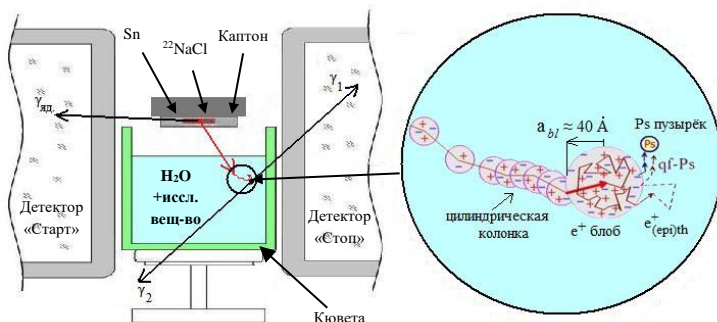


Рис. 1 Геометрия проведения измерений

Список литературы

1. Ободовский И.М. Основы радиационной и химической безопасности / И.М. Ободовский – 2-е изд. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2015. – 304 с.
2. Miller J.A., Miller E.C. J. Nat. Cancer Inst. 47 v-xiv (1971).
3. Byakov V.M., Stepanov S.V., Stepanova O.P. PAL spectroscopy and testing for potential carcinogens, Physica Status Solidi © Current Topics in Solid State Physics, v.6(11), p. 2503, 2009.

СТАНДАРТИЗОВАННАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СОСТОЯНИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДОРОВЬЯ С ОЦЕНКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СЛУЖБ ОХРАНЫ ЗДОРОВЬЯ РАССМАТРИВАЕМОГО НАСЕЛЕНИЯ

В.В. Хитрин, М.А. Круглова

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России,
г. Москва, Россия*

В последние десятилетия для оценки эффективности работы медицинских учреждений по обеспечению организационных, лечебных, демографических характеристик используют стандартизованные показатели (прямой, косвенный и обратный методы стандартизации), которые хорошо отработаны, ограничиваются в основном сравнительными характеристиками оцениваемых групп с разделением по полу, возрасту, диагнозам, заболеваемости, смертности и другим показателям обычно используемыми в повседневной клинической практике. Однако все эти варианты стандартизации предназначены для сравнения исследуемого контингента по выбранным показателям относительно выбранного стандарта. Такими стандартами чаще всего оказываются, либо одна из сравниваемых групп, либо их суммарная величина по выбранным характеристикам, либо при

отсутствии одного или двух показателей, например, структуры населения по одному из показателей используют условный расчет «ожидаемого» населения (как в обратном методе стандартизации), либо, наконец, в качестве стандарта используют показатели вышестоящего иерархического уровня и, в частности, показатели для всей страны. При этом сложно учесть разные условия ресурсного обеспечения сравниваемых территорий, особенности и специфичность социальных, географических, производственных условий жизни, работы и уникальность получения профессиональной медицинской помощи.

Цель работы

Показать возможность комплексной оценки качества состояния общественного здоровья ограниченного контингента населения в стандартизованном варианте с оценкой эффективности работы служб охраны здоровья для этого населения.

Материалы и методы

Материалы для общей демографической характеристики взяты из отчетных данных с выделением отдельно детей (до 17 лет) и взрослых (от 18 лет) по градации возраста по отчетным формам, представленных по России в целом, а также отдельно лиц мужского и женского пола по группам инвалидности (1, 2, 3 группы и инвалиды-детства) и их сумма по каждой возрастной группе. Поскольку эти данные не только результат работы медицинских учреждений, но и организаций социальной службы, то сводные данные расценивались как общественное здоровье населения на соответствующей территории. Для сохранения методического подхода, используемого в здравоохранении, мы полностью сохраняем алгоритм проведения расчетов и стандартов в исследуемых группах. Для демонстрации стандартизованной оценки качества состояния общественного здоровья населения были использованы две географически изолированные территории населения Московской области и Пермского края, а в качестве стандартной характеристики качества состояния здоровья населения использованы показатели (при тех же исходных характеристиках) для населения всей России в сопоставимые временные интервалы.

Результаты

Для демонстрации результатов в докладе приведены только наиболее широко используемый в здравоохранении прямой метод стандартизации по алгоритму расчетов, широко и многократно описанные в специальной медицинской литературе, учебниках и пособиях и потому здесь их не представлены. Качественная характеристика стандартизации связана с тем, что в оценку показателей общественного здоровья населения кроме эффекта работы медицинских учреждений по показателям первичной, острой, хронической и выявленной при профилактических, диспансерных и специальных обследований состояния здоровья населения (здесь они для демонстрации в докладе опущены как хорошо известные из специальной медицинской литературы и «Рамочной модели» ВОЗ, разработанной в 2005 году) представлены только как ранее не

публиковавшиеся с позиций возможности получения стандартизованных оценок качества состояния общественного здоровья населения. Общественное здоровье зависит кроме медицинской помощи от активности и эффективности работы различных служб (хозяйственной, коммунальной, транспортной и других социальных служб) оценку по показателям групп инвалидности занимают службы соцобеспечения. Поэтому в докладе представлены стандартизованные показатели только по группам инвалидов-детства и для взрослого населения по трем группам инвалидности, принятым в России.

Выводы

1. Для оценки качества состояния общественного здоровья населения вполне применимы известные методы стандартизации количественных показателей работы медицинских учреждений, показавшие свою эффективность последние десятилетия по результатам их использования в здравоохранении.

2. При оценке общественного здоровья населения необходимо медицинские данные о населении дополнять социальными, промышленными, хозяйственными, коммунальными и другими характеристиками жизни исследуемого населения и тогда все виды стандартизации здоровья населения можно использовать и оценивать набором известных в здравоохранении статистических видов стандартизации.

3. Качественная оценка состояния общественного здоровья населения обеспечивает комплексную характеристику работы всех служб, обеспечивающих охрану здоровья рассматриваемого населения.

4. Качественная оценка состояния общественного здоровья населения является зеркалом, отражающим эффективность работы каждой службы из обеспечивающих охрану здоровья населения по своему направлению деятельности.

5. Сопоставление состояния общественного здоровья населения соответствующей территории с активностью деятельности работы служб, обеспечивающих охрану здоровья на этой же территории, высвечивает недоработки на каждом участке работ и способствует соревновательности, конкурентности, инновационности и эффективности работы каждой службы в отдельности и их результатов вместе.

ОЦЕНКА РАДОНОВОЙ ОПАСНОСТИ НЕКОТОРЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ШКЛОВСКОГО РАЙОНА МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ МЕТОДОМ КОМПЛЕКСНОГО РАДОНОВОГО ПОКАЗАТЕЛЯ

А.Л. Чеховский

*УО «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины»,
г. Гомель, Республика Беларусь*

Природный радиоактивный газ радон поступает из почвы в жилые помещения и является источником облучения населения. Определение объемной

активности радона является трудоемкой задачей, требующей значительных временных и финансовых затрат. Необходимо отметить, что распределение радона по территории носит неравномерный характер. В связи с этим имеется потребность проведения приоритетных исследований на территориях с неблагоприятной радоновой обстановкой, где значения объемной активности радона больше, чем в среднем по стране. Подчеркивается необходимость оптимизации радоновых исследований и разработки модельных методов оценки радоновой опасности.

При проведении инструментальных измерений объемной активности радона в жилых зданиях на территории Республики Беларусь показаны потенциальные критические зоны радоноопасности [1, 2]. В данной работе рассмотрена оценка радоновой опасности Шкловского района Могилевской области, где отмечены достаточно высокие объемные активности радона в жилых зданиях.

Целью работы являлась оценка радоновой опасности некоторых населенных пунктов Шкловского района Могилевской области методом комплексного радонового показателя.

Материалами являлись картосхемы косвенных показателей, оказывающих влияние на объемную активность радона в жилых зданиях: мощность дозы дочернебальского фона, концентрация урана в почвах, коэффициент фильтрации почвы, глубина залегания водоносного горизонта. С применением указанных картосхем по методу комплексного радонового показателя, который представлен в работах [3, 4] была проведена оценка радоновой опасности некоторых населенных пунктов Шкловского района Могилевской области.

Также проведены контрольные измерения объемной активности радона в жилых зданиях. Для измерения объемной активности радона применялась метрологически аттестованная методика, разработанная в ГНУ «ОИЭЯИ – Сосны». Согласно методике, проводился подсчет треков альфа-частиц от радона и его дочерних продуктов распада, образовавшихся на пленочном детекторе. В качестве детектора применялась нитроцеллюлозная пленка Kodak LR-115 Type 2. Время экспозиции составляло 3 месяца. Для каждого исследуемого населенного пункта было проведено не менее 20 измерений с учетом равномерного распределения объектов по территории и специфики жилищного фонда. После проведения измерений пленочные детекторы обрабатывались травящим реагентом – щелочью NaOH. Подсчет треков проводился автоматическим искровым счетчиком треков АИСТ-2В. Дальнейший расчет объемной активности радона проводился в соответствии с методическим руководством: «Методика определения объемной активности радона в воздухе жилых и производственных помещений с использованием интегральных радонометров на основе твердотельных трековых детекторов альфа-частиц».

Оценки средних годовых эффективных доз облучения населения от радона и его дочерних продуктов распада проводился по модели НКДАР ООН. Для расчета объемной активности в модели используется объемная активность радона. Дозовый коэффициент составляет $0,028 \text{ мЗв/Бк}\cdot\text{м}^{-3}$ объемной активности радона

или $9 \text{ нЗв}\cdot\text{ч}^{-1}/\text{Бк}\cdot\text{м}^{-3}$ эквивалентной равновесной объемной активности радона на стандартное число часов в году.

Оценка радоновой опасности в Шкловском районе проводилась в населенных пунктах: Шклов, Забродье, Староселье, Говяды, Толкачи, Заречье. Для представленных населенных пунктов по соответствующим картосхемам определены абсолютные величины косвенных показателей радона, которые были нормированы на их максимальные значения. Данные значения использованы для определения комплексного радонового показателя, по которому рассчитана объемная активность радона. Значения измеренной и модельной объемной активности радона составили: Шклов – $142 \text{ Бк}/\text{м}^3$ и $143 \text{ Бк}/\text{м}^3$, Забродье – $225 \text{ Бк}/\text{м}^3$ и $192 \text{ Бк}/\text{м}^3$, Староселье – $200 \text{ Бк}/\text{м}^3$ и $192 \text{ Бк}/\text{м}^3$, Говяды – $205 \text{ Бк}/\text{м}^3$ и $192 \text{ Бк}/\text{м}^3$, Толкачи – $105 \text{ Бк}/\text{м}^3$ и $143 \text{ Бк}/\text{м}^3$, Заречье – $150 \text{ Бк}/\text{м}^3$ и $143 \text{ Бк}/\text{м}^3$ соответственно. Достоверные различия между измеренными и модельными результатами отсутствуют ($F_{\text{эм}} = 0,047 < F_{\text{крит}} = 4,96$ при $p > 0,05$). Значение средней годовой эффективной дозы облучения населения от радона и его дочерних продуктов распада для Шкловского района, рассчитанное по методу комплексного радонового показателя и с использованием модели НКДАР ООН, составило $4,86 \text{ мЗв}$.

Оценка радоновой опасности по комплексному радоновому показателю позволяет сконцентрировать внимание на проблемных территориях без проведения длительных и дорогостоящих исследований. Определение степени радоноопасности территории по представленному методу учитывает ряд фундаментальных радиозоологических и геологических факторов, оказывающих влияние на объемную активность радона, что способствует выявлению закономерностей дозоформирования. Представленный методический подход способствует определению географического положения критических зон радоноопасности и дает основу для проведения небольших по масштабу и затратам эффективных противорадоновым мероприятиям на территориях с неблагоприятной радоновой обстановкой.

Список литературы

1. Карта радонового риска Беларуси / А.К. Карабанов, Л.А. Чунихин, Д.Н. Дроздов, А.Л. Чеховский, И.В. Жук, О.И. Ярошевич, М.И. Конопелько // Природные ресурсы. – Минск: РУП «НПП по геологии», 2015. – № 2. – С. 73-78.
2. Чеховский, А.Л. Картирование территории Гомельской, Могилевской и Витебской областей по комплексному радоновому показателю и объемной активности радона в жилых зданиях / А.Л. Чеховский, Д.Н. Дроздов // Радиация и риск. – М.: МРНЦ им. А.Ф. Цыба, 2016. – Т. 25. – № 4. – С. 126-136.
3. Чеховский, А.Л. Определение критических зон радоноопасности по методу комплексного радонового показателя и картированию радонового риска / А.Л. Чеховский // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2015. – № 6 (93). – С. 46-52.
4. Чунихин, Л.А. Методический подход по оценке радоновой опасности территории / Л.А. Чунихин, А.Л. Чеховский, Д.Н. Дроздов // АНРИ. – М.: НПП «Доза», 2017. – № 1 (88). – С. 50-54.

Раздел 2. Ядерная медицина и новые технологии медицинского назначения

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ КАТОДЫ МИНИАТЮРНЫХ ИСТОЧНИКОВ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

А.В. Брацук, А.А. Симонов

ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ», г. Подольск, МО, Россия

Рентгеновская аппаратура занимает одно из ведущих мест в ряду средств, применяемых для диагностики и терапии в медицине, изучения строения веществ, неразрушающего контроля качества изделий, радиационной технологии, исследования быстротекающих процессов и решения других научных и технических задач. Функциональные возможности и технический уровень рентгеновской аппаратуры в значительной мере определяется параметрами используемых в ней источников излучения – рентгеновских трубок.

Одним из направлений медицинской науки является применение миниатюрных источников рентгеновского излучения, которые представлены на рисунке 1. Достоинством данных устройств является глубина проникновения рентгеновского излучения в ткани, которую можно регулировать величиной напряжения, подаваемого на рентгеновскую микротрубку. Это уменьшает повреждение здоровой ткани, находящейся в непосредственной близости от опухоли.



Рис.1 Миниатюрный источник рентгеновского излучения [1]

Рентгеновское излучение создается при напряжении от 10 до 60 кВ и токе 2 мА. Микротрубки могут быть размещены на месте многими методами: хирургической имплантацией, вставкой через естественное отверстие в теле, хирургический разрез и другие.

Высокие требования к качеству получаемой информации обуславливают высокие требования к используемым технологиям и материалам. Одним из определяющих конструктивных узлов миниатюрных трубок является катод. Для обеспечения необходимых эмиссионных характеристик катод должен обладать такими свойствами, как низкая работа выхода электронов, высокая температура плавления, низкая скорость испарения и хорошая обезгаживаемость. Также катод рентгеновской трубки должен обладать набором механических свойств, таких как высокая прочность, высокая пластичность и низкая ползучесть.

В миниатюрных источниках рентгеновского излучения можно использовать как традиционные термоэмиссионные катоды, так и катоды с холодной эмиссией.

В работе проведен выбор материалов для термоэмиссионных и автоэмиссионных катодов миниатюрных источников рентгеновского излучения. Для термоэмиссионных катодов в качестве объектов исследования выбраны следующие конструктивные исполнения материалов: W, Ta-W-Ta, NbC-Nb-NbC, а для автоэмиссионных катодов – W и Nb с углеродными нанотрубками, синтезированными методом термохимического разложения паров этилового спирта с применением катализатора (никеля). Катоды с УНТ подверглись химической очистке для удаления металлических частиц, а также следов аморфного углерода – сажи.

Проведены измерения эквивалентных доз рентгеновского излучения исследуемых материалов на установке с направленным анодом. Проведен анализ и сравнение полученных данных относительно выбранных материалов.

Список литературы

1. Малогабаритный рентгеновский источник для диагностики и терапии [Электронный ресурс] / Официальный сайт ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ», 2018. – Режим доступа <http://sialuch.com/product-detail/xray/> свободный. – Загл. с экрана.

РАЗРАБОТКА ПРОЦЕДУРЫ ВЫДЕЛЕНИЯ И ОЧИСТКИ ⁸⁹Zr ДЛЯ РФП

В.Б. Бубенщиков, А.А. Ларенков

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России,
г. Москва, Россия*

Позитрон-излучающий изотоп ⁸⁹Zr, благодаря своему длительному периоду полураспада ($T_{1/2} = 78,42$ ч.), является весьма привлекательным радионуклидом для исследования биологических процессов с медленной кинетикой. Одно из наиболее популярных направлений применения ⁸⁹Zr в ядерной медицине – создание радиофармпрепаратов (РФП) на основе антител (mAb). Однако из-за

неопределённости поведения Zr в водных растворах и неэффективных методов выделения из облучённой мишени ^{89}Zr -РФП пока не получили широкого распространения.

Целью данной работы является изучение различных способов выделения ^{89}Zr и разработка метода получения ^{89}Zr оксалата, пригодного для синтеза радиофармацевтических препаратов, а также метода получения раствора ^{89}Zr -оксалата как активной фармацевтической субстанции с параметрами, наиболее близкими к физиологическим.

По совокупности ранее полученных данных, было решено использовать методы ионной хроматографии. В качестве смол использовали Dowex 1x8, Chelex-100 (Sigma-Aldrich), ZR-resin (Triskem), Chromafix PS-HCO₃⁻ (Macherey-Nagel). Гидроксаматно-модифицированная смола ZR-resin позволяет получать раствор ^{89}Zr -оксалата с самым низким содержанием примесей металлов и выходом от 90 до 99% в зависимости от состава элюента. Несмотря на это, раствор ^{89}Zr -оксалата, полученный при применении смолы ZR-resin, не может быть использован для синтеза РФП.

Смолы Chelex-100, Chromafix PS-HCO₃⁻ так же продемонстрировали высокую селективность по отношению ^{89}Zr . Использование смолы Chelex-100 позволило разработать процедуру получения рН-нейтрального изотонического раствора ^{89}Zr -оксалата с высокой чистотой и удельной активностью. Радиохимический выход процедуры подготовки и очистки составляет $\geq 90\%$.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРСОНИФИЦИРОВАННЫХ КЛЕТОЧНЫХ ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ БИОДЕГРАДИРУЕМЫХ МАТРИКСОВ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ НАРУШЕНИЙ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОВЫШЕННЫХ УРОВНЕЙ ОБЩЕЙ ВИБРАЦИИ И ШУМА

А.А. Гостюхина, К.В. Зайцев, О.Б. Жукова,
С.С. Гутор, С.А. Межеричкий

*ФГБУ «Сибирский федеральный научно-клинический центр
федерального медико-биологического агентства», г. Северск, Россия*

Актуальность

Неблагоприятное воздействие факторов рабочей среды наиболее выражено на предприятиях угольной промышленности, цветной и черной металлургии, энергетического и тяжелого машиностроения (Беско В.А., 2012). В структуре профессиональной заболеваемости работников этих отраслей стабильно ведущее место занимают заболевания, связанные с воздействием физических факторов – 38,6%, на долю вибрационной патологии приходится 17%. Ведущими механизмами в патогенезе вибрационной болезни признаются нарушения функционального состояния сосудистого русла и периферической нервной

системы (Бабанов С.А., Воробьева Е.В., 2011). Современный подход в лечении данной болезни представляет широкий комплекс лечебно-профилактических мероприятий (медикаментозные, физические и бальнеологические). Данный комплекс в большинстве случаев справляется только с симптоматикой и приводит заболевание в состояние короткой ремиссии. На сегодняшний день в России и за рубежом клеточная терапия апробируется при различных патологических состояниях (Павлович Е.Р., 2013). Целью работы являлось, дать экспериментальное обоснование применения метода имплантации мезенхимальных стволовых клеток (МСК) для профилактики нарушений при длительном воздействии повышенных уровней общей вибрации и шума.

Материалы и методы

Экспериментальное исследование было выполнено на 40 половозрелых крысах-самцах породы «Wistar» массой 230-350 г, содержащихся в стандартных условиях вивария. Все процедуры с животными выполняли в соответствии с международными правилами и нормами (РФ ГОСТ Р-53434-2009). Животные были разделены на 4 группы: контрольная группа №1 – крысы, которые находились в клетках, установленных на неработающей виброплатформе «Clear Fit G-PLATE Compact 101»; контрольная группа №2 – крысы, которых подвергали воздействию общей вертикальной вибрации (частота 35-40 Гц) и шума (94 Дба) с помощью виброплатформы; опытная группа №1 – крысы, которых подвергали воздействию общей вертикальной вибрации (частота 35-40 Гц) и шума (94 Дба) с помощью виброплатформы и проводили манипуляции по формированию «кармана» под кожей в правой подмышечной области без введения скеффолда; опытная группа №2 – крысы, которых подвергали воздействию общей вертикальной вибрации (частота 35-40 Гц) и шума (94 Дба) с помощью виброплатформы и которым в правую подмышечную область был имплантирован скеффолд с культивированными на нем аутологичными мезенхимальными стволовыми клетками (МСК) костного мозга.

Культуру МСК получали из костного мозга крыс в условиях *in vitro*. Для приготовления скеффолда с МСК в концентрации 4×10^4 жизнеспособных клеток культивировали со стерильным полилактидным матриксом в полной культуральной среде при 37°C и 5% CO₂ в течение 120 ч. Трехмерный нетканый матрикс (скеффолд) был изготовлен из раствора полимолочной кислоты в Национальном исследовательском Томском политехническом университете методом аэродинамического формования в турбулентном газовом потоке.

Процедуру вибрационно-шумового воздействия выполняли ежедневно по 1 часу в течение 30 дней. После формирования модели патологического состояния, крысам проводили хирургические манипуляции. Показатели психо-эмоционального статуса животного исследовали при помощи установок «Открытое поле» и "Приподнятый крестообразный лабиринт", а также в тесте принудительного плавания до начала эксперимента и через 30 дней. Через 14 суток после введения скеффолда с МСК всех животных выводили из

эксперимента путем одномоментной декапитации под CO₂-наркозом. В сыворотке крови определяли активность АЛТ и АСТ, содержания глюкозы и креатинина стандартными биохимическими методами. Для оценки содержания нейронспецифической енолазы и кортикостерона использовали твердофазный неконкурентный иммуоферментный метод согласно инструкции, предлагаемой производителями соответствующих тест-систем. Приготовление гистологических препаратов осуществляли стандартным способом.

Результаты работы

После 1 месяца вибрационно-шумового воздействия полученные результаты параметров поведенческой активности животных в «Открытом поле» и «Приподнятом крестообразном лабиринте» свидетельствовали о стресс-индуцирующем действии повышенных уровней общей вибрации и шума, что подтверждено повышением содержания в сыворотке крови кортикостерона и нейронспецифической енолазы. Испытания животных в тесте принудительного плавания позволили зафиксировать двукратное снижение уровня физической работоспособности, что может быть обусловлено структурно-функциональными нарушениями в нервно-мышечном аппарате.

Гистологическая оценка состояния внутренних органов крыс при моделировании длительного вибрационно-шумового воздействия показала, что структура миокарда у всех крыс контрольной и опытной групп не отличалась от нормы. В корковом веществе надпочечников у животных при действии вибрации и шума наблюдалась мелкоочаговая делипоидизация цитоплазмы клеток. Кровенаполнение варьировало от участков слабо-умеренного кровенаполнения до очагов резко выраженного капиллярно-венозного полнокровия с эритростазами. Микроциркуляторные расстройства были значительно выражены в глубоких частях пучковой зоны и сетчатой зоне. В мышечной ткани выявлено венозно-капиллярное полнокровие с «монетными столбиками» эритроцитов в капиллярах. В молекулярном и зернистом слоях мозжечка сосуды были выражено полнокровны и резко расширены.

По данным биохимического теста при моделировании вибрационно-шумового воздействия у крыс не отмечалось изменений активности АЛТ, АСТ и уровня глюкозы в сыворотке крови. Однако содержание креатинина в сыворотке крови у экспериментальных животных было снижено на 38,5%, что может быть признаком мышечной дистрофии или атрофии.

При коррекции клеточными продуктами на основе биодegradуемых матриц сравнительный анализ продемонстрировал положительную динамику показателей психо-эмоционального статуса, улучшение физической работоспособности, нормализацию уровней кортикостерона и нейронспецифической енолазы сыворотки крови и тенденцию к восстановлению гистологической структуры органов-мишеней у крыс с моделью вибрационно-шумового воздействия при имплантации скеффолдов, несущих мезенхимальные стволовые клетки.

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА ПО ПРИГОТОВЛЕНИЮ
РАДИОФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ
РАДИОНУКЛИДА ЛЮТЕЦИЙ-177, КАК ЭТАП ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ
РАЗРАБОТКИ РАДИОФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ
НЕЙРОЭНДОКРИННЫХ ОПУХОЛЕЙ

С.А. Дороватовский, А.В. Зверев, С.В. Лосева, Г.Э. Дерзский

Завод «Медрадиопрепарат» филиал ФГУП «Федеральный центр по проектированию и развитию объектов ядерной медицины» ФМБА России, г. Москва, Россия

Согласно официальным данным Росстата за 2017 год, ежегодная заболеваемость населения России злокачественными новообразованиями различной локализации увеличилась на 15-20% за последние 7 лет, однако смертность населения практически не изменилась. Эти данные позволяют сделать вывод об улучшении качества, эффективности и доступности диагностики и последующего разнопланового лечения обнаруженных образований.

Социально-значимыми, при этом достаточно редкими, заболеваниями являются нейроэндокринные опухоли (НЭО), представляющие собой гетерогенные эпителиальные образования различной локализации (в большей степени желудок, кишечник, бронхо-легочная система). Наличие НЭО в организме можно установить по уровню различных онко-маркеров в крови. Однако этот метод абсолютно неинформативен при определении локализации злокачественных клеток. Для визуализации распределения и определения местонахождения НЭО эффективно зарекомендовали себя таргетные диагностические радиофармацевтические препараты (РФП) на основе пептидов – аналогов соматостатина в комплексе с γ или β^+ эмиттирующими радионуклидами.

Одним из возможных направлений лечения нерезектабельных опухолей различной локализации является тераностический подход – комбинирование последовательного использования диагностических радионуклидов с терапевтическими, входящими в состав РФП с одинаковыми туморотропными транспортными агентами. Примерами таких тераностических пар служат: $^{99m}\text{Tc}/^{188}\text{Re}$, $^{111}\text{In}/^{177}\text{Lu}$, $^{68}\text{Ga}/^{177}\text{Lu}$, $^{68}\text{Ga}/^{90}\text{Y}$, $^{123}\text{I}/^{131}\text{I}$ и т.д. Наблюдение за накоплением и распределением диагностического РФП, например, на основе пептидов – аналогов соматостатина в комплексе с ^{68}Ga , методом позитронно-эмиссионной томографии позволяет прогнозировать поведение терапевтического РФП на основе такого же пептида в теле пациента, а также оценить отношение польза/вред для последующей пептид-рецепторной радионуклидной терапии (ПРТ). Появляется возможность подобрать оптимальный по ядерно-физическим характеристикам терапевтический нуклид (^{177}Lu или ^{90}Y), в зависимости от размеров и локализации опухоли. Таким образом, работы по созданию терапевтических РФП для тераностики НЭО на основе радионуклидов ^{177}Lu и ^{90}Y

являются многообещающим направлением научных изысканий с целью дальнейшего прикладного применения.

На заводе «Медрадиопрепарат» проводится разработка РФП на основе пептида - аналога соматостатина DOTA-TATE (Тур(3)-Octreotate с ковалентно связанным бифункциональным хелатирующим агентом DOTA)¹. В качестве терапевтического радионуклида в составе РФП был выбран ¹⁷⁷Lu ($E_{\beta\text{max}} = 498$ кэВ, $E_{\gamma} = 208$ кэВ, $T_{1/2} = 6,65$ сут., $R_{\text{max}} = 2$ мм.), ¹⁷⁷Lu использовали в виде 0,4 М раствора трихлорида лютеция в хлористоводородной кислоте.

В задачи исследования входило:

1. Сравнение показателей качества радиоактивного сырья с ¹⁷⁷Lu двух типов: с носителем и без носителя.
2. Изучение и анализ результатов мечения пептида двумя фармацевтическими субстанциями хлорида лютеция-177, приготовленными из сырья с носителем ($A_{\text{уд}} = 30$ Ки/мг на время поставки) и без носителя ($A_{\text{уд}} = 102$ Ки/мг на время поставки).
3. Сравнение выходов мечения для каждого типа сырья при условии неизменной величины объемной активности фармацевтических субстанций, а также количества пептида.
4. Расчёт оптимальных мольных отношений $\nu(^{177}\text{Lu})$: $\nu(\text{пептид})$ для достижения выхода реакции мечения не менее 95%.
5. Разработка методов анализа показателей качества готовой радиофармацевтической композиции ¹⁷⁷Lu-DOTA-TATE

Результаты:

- изучен механизм мечения пептидов – аналогов соматостатина, на примере DOTA-TATE, катионами трехвалентных металлов, на примере радионуклида ¹⁷⁷Lu;
- разработана методика мечения с учетом типа радиоактивного сырья ¹⁷⁷LuCl₃, пригодного для дальнейшего использования в качестве фармацевтической субстанции при приготовлении РФП в медицинских учреждениях;
- разработана методика анализа радиохимической чистоты готовой радиофармацевтической композиции ¹⁷⁷Lu-DOTA-TATE методом Radio-PLC в нескольких хроматографических системах.

Проведенные исследовательские работы послужат перспективным заданием для продолжения работ в целях фармацевтической разработки инновационного РФП для терапии НЭО с потенциалом на проведение лабораторных исследований на животных, с последующим клиническим применением.

¹ Пептид был предоставлен ООО «Фарм-Синтез Лаб».

ДОКЛИНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА
РАДИОФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО ЛЕКАРСТВЕННОГО ПРЕПАРАТА НА
ОСНОВЕ МИКРОСФЕР АЛЬБУМИНА 5-10 МКМ С РЕНИЕМ-188

А.С. Красноперова, М.В. Жукова, О.Е. Клементьева
*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России,
г. Москва, Россия*

Цель работы

Доклиническое изучение терапевтического действия радиофармацевтического лекарственного препарата (РФЛП), предназначенного для лечения воспалительных заболеваний суставов методом радиосиновиэктомии.

Материалы и методы

Лекарственный радиофармацевтический препарат (РФЛП «МСА 5 – 10 мкм, ¹⁸⁸Re» производства ФГУП «Федеральный центр по проектированию и развитию объектов ядерной медицины» ФМБА России) представляет собой суспензию на основе микросфер альбумина 5–10 мкм, меченых рением-188 для внутрисуставного введения с целью выполнения процедуры радиосиновиэктомии при лечении резистентных синовитов. Изучение терапевтического потенциала выполнено на крысах линии Wistar и кроликах породы шиншилла с моделью острого асептического синовита коленного сустава. Для исследования терапевтического потенциала в пораженный сустав животных вводили РФЛП «МСА 5 – 10 мкм, ¹⁸⁸Re». Крысам 0,05 мл препарата с объемной активностью 70,8 МБк/мл, кроликам 0,1 мл препарата с объемной активностью 192,0 МБк/мл, т.е. 3,6 и 19,2 МБк на животное соответственно. Критериями, по которым оценивали проявление терапевтического действия РФЛП, являлись уменьшение боли и степень восстановления опорной функции пораженной конечности. Степень выраженности болевого синдрома у крыс оценивали с помощью прибора «Тест инвалидности» (Panlab Harvard Apparatus). Этот тест является основным для изучения болевой чувствительности у грызунов в отсутствии внешнего болевого стимула, например, при воспалении или повреждении нервов одной из задних лап. Тестер инвалидности имеет два датчика веса и позволяет дать количественную оценку спонтанных изменений положения тела животного, отражающих степень испытываемой боли, путем измерения веса, который животное переносит на каждую из задних лап. Для проведения исследования были сформированы три группы крыс. В первую группу вошли интактные животные, во вторую – крысы с моделью острого асептического синовита, не получавшие лечения, а в третью – крысы с синовитом, проходящие лечение РФЛП «МСА 5 – 10 мкм, ¹⁸⁸Re». Исследования проводили в течение 7 дней после введения РФЛП. Для оценки терапевтического действия был рассчитан «индекс терапевтического действия» (ИТД), отражающий долю участия пораженной конечности в реализации опорной функции. Степень выраженности болевого синдрома у кроликов определяли по результатам исследования свободной

пробежки с наблюдением двигательной активности, интенсивности движений конечностью с воспаленным суставом, пробегаемой дистанции на протяжении семи дней после введения препарата. Исследование двигательной активности выполняли путем наблюдения за свободными передвижениями животных на протяжении 30 минут. За этот период времени регистрировали количество пробежек (серий непрерывных прыжков) и дистанцию, преодоленную за каждую пробежку с дискретностью 0,05 м. Также ежедневно проводили пальпацию области воспаления с наблюдением за ответной реакцией животного. Наблюдение за животными осуществляли на протяжении 7 дней после инъекции, что соответствует ~10 периодам полураспада радионуклида.

Результаты исследования

Данные, полученные при исследованиях крыс, демонстрируют достоверные различия в значениях, полученных для правой задней лапы у животных с моделью патологии и контрольных животных, а также между группами леченых и не леченых животных. Динамика изменения ИТД наглядно демонстрирует увеличение доли опорной функции пораженной конечности у животных, получавших лечение радиофармпрепаратом от практически полного отказа от пользования лапой до введения РФЛП до результатов, достоверно не отличающихся от контрольных цифр на седьмые сутки наблюдения (от 0,09 до 0,50). При визуальном контроле отмечалось, что если в начале эксперимента животные практически не опирались на большую конечность, то на седьмые сутки после введения РФЛП они могли полноценно опираться на обе конечности. В группе не леченых животных нарушенная функция полностью не восстанавливалась, что подтверждается изменением индекса терапевтического действия от 0,012 до 0,29. У интактных животных этот индекс составлял ~0,50 на все сроки наблюдения. Изучение терапевтического действия РФЛП у кроликов также показало достоверный эффект обезболивания. В течение семи дней после введения РФЛП у животных пальпаторно оценивали степень выраженности болевой реакции и интенсивность хромоты. В первые двое суток уровень боли у леченых и не леченых кроликов был одинаковым, наблюдалась хромота опорного типа с ярко выраженным укорочением шага в заднем отрезке и практически отсутствующей опорой на большую лапу. На четвертые сутки, при пальпации и гибании тазовой конечности в коленном суставе, кролики, которым внутрисуставно вводили препарат, не выказывали болевой реакции. Хромота опорного типа была практически не выражена, животные практически полноценно опирались на пораженную конечность. Кролики, не получавшие лечения, выдавали сильную болевую реакцию на пальпацию пораженного сустава, опоры на большую конечность практически не было, шаг в заднем отрезке был укорочен. На седьмые сутки у кроликов, получавших лечение, при пальпации не отмечалось признаков болезненности вообще, хромота так же не отмечалась. Также увеличилось количество пробежек (от 1,33 м до 8,33 м) и дистанция (от 0,40 м до 7,13 м). У кроликов, не получавших лечение, болевая реакция при пальпаторном исследовании сустава продолжала проявляться, хотя и

с существенно меньшей интенсивностью. Так же животные начали использовать пораженную конечность для осуществления опорной функции, однако доля ее участия была существенно снижена, так как кролики продолжали ее беречь. Также изменилось количество пробежек (от 1,00 м до 4,00 м) и дистанция (от 0,08 м до 2,47 м). Данные наглядно демонстрируют прогрессирующее улучшение двигательной активности леченых животных по сравнению с группой, не получавших лечения. Характерно не только увеличение количества пробежек и преодолеваемой дистанции, но и длины одной пробежки, что говорит о существенном улучшении самочувствия животных.

Выводы. Исследования терапевтического потенциала РФЛП «МСА 5 – 10 мкм, ¹⁸⁸Re», выполненные на двух видах лабораторных животных, с острым асептическим синовитом коленного сустава, показали эффективность его внутрисуставного введения по критериям снижения болевой чувствительности пораженной конечности у крыс и положительной динамики восстановления двигательной активности у кроликов.

СОВРЕМЕННЫЕ ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕЧЕНИИ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ ДИСТРОФИЙ СЕТЧАТКИ У СПОРТСМЕНОВ БОЕВЫХ ВИДОВ

В.В. Кацнельсон

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России,
г. Москва, Россия*

Актуальность

Важной задачей Российского здравоохранения в настоящее время является разработка немедикаментозных технологий, в том числе с использованием инновационных методов физиотерапии, направленных на повышение функциональных и адаптивных резервов организма и уровня здоровья в целом. Особо остро эта проблема проявляется при сохранении здоровья профессиональных спортсменов, так как соревновательная и тренировочная деятельность в современном спорте сопряжена с всё увеличивающимся объемом и интенсивностью тренировочной работы, возрастанием физических и нервных нагрузок.

В связи с этим в последние годы все больший интерес у спортивных врачей, тренеров и спортсменов вызывают вопросы применения различных естественных и преформированных физических факторов не только для повышения функциональных резервов, но и для коррекции различных нарушений. Это в полной мере относится к периферическим дистрофиям сетчатки, которые встречаются в 7-12% случаев у спортсменов боевых видов.

Одним из приоритетных направлений современной физиотерапии, являются сочетанные технологии, которые позволяют осуществлять воздействие

2-3 факторами одновременно, что приводит к взаимопотенцированию действия каждого из факторов и значимому повышению терапевтической эффективности лечения. Наиболее оптимальными физиотерапевтическими факторами для сочетанного транскраниального воздействия при различных заболеваниях глаз являются офтальмохромотерапия и низкочастотная импульсная магнитотерапия.

Цель исследования: разработка и научное обоснование сочетанного применения транскраниальной магнитотерапии бегущим реверсивным магнитным полем и синхронизированной офтальмохромотерапии для улучшения когнитивных способностей у спортсменов боевых видов с периферическими дистрофиями сетчатки.

Материалы и методы

В исследование были включены 120 мужчин боевых видов спорта, имеющих спортивный разряд не ниже I взрослого, регулярно участвующих в соревнованиях, средний возраст $21,2 \pm 2,5$ года, которые были разделены на 3 сопоставимые по клинико-функциональным характеристикам группы: основная группа – 40 пациентов, которые получали курс транскраниальной магнитотерапии бегущим реверсивным магнитным полем в сочетании с синхронизированной офтальмохромотерапией; группа сравнения – 40 пациентов, которым применялся курс транскраниальной магнитотерапии бегущим реверсивным магнитным полем низкой частоты и контрольная группа – 40 больных, которые получали процедуры магнитотерапии «плацебо». Кроме того, в исследование были включены 20 добровольцев - практически здоровых лиц аналогичного пола и возраста, не занимающихся профессионально спортом.

Результаты

В проведенных исследованиях было доказано, что сочетанное применение транскраниальных магнитных воздействий и синхронизированной офтальмохромотерапии вызывает достоверно более быстрое и выраженное по сравнению с транскраниальной магнитотерапией, купирование всех астенопических проявлений и рефракционных нарушений, улучшение зрительных функций в виде повышения остроты зрения на 12%, расширения полей зрения и улучшения показателей периметрических индексов по данным визиометрического обследования и компьютерной периметрии у спортсменов боевых видов с периферическими дистрофиями сетчатки. Также было установлено, что включение в лечебный комплекс транскраниальной магнитотерапии и синхронизированной офтальмохромотерапии вызывает более выраженный вегетокорригирующий и психокорригирующий эффекты, а также коррекцию функциональных расстройств и улучшение когнитивных функций у спортсменов боевых видов с периферическими дистрофиями сетчатки, по сравнению с применением транскраниальной магнитотерапии в качестве монометода.

Выводы

Сравнительная оценка эффективности применения различных методов коррекции при периферических дистрофиях сетчатки у спортсменов боевых видов выявила значительное преимущество сочетанных транскраниальных магнитных воздействий и синхронизированной офтальмохромотерапии (90%), с сохранением полученных результатов у всех спортсменов в течение 1 года по сравнению с транскраниальной магнитомотерапией, при которой непосредственные результаты составили 77,5%, с сохранением их до 1 года у 75% и, особенно, с «плацебо» - воздействиями, которые вызывают терапевтический эффект в 57,5% случаев, который сохраняется у половины больных в течение года.

НАДЛЕЖАЩАЯ ПРАКТИКА ИЗГОТОВЛЕНИЯ РАДИОФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ В МЕДИЦИНСКИХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

Н.А. Константинов, А.О. Малышева, Г.Е. Кодина

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России,
г. Москва, Россия*

Вступление в силу новых законодательных актов в области обращения лекарственных средств, а именно в области изготовления радиофармацевтических лекарственных средств (РФЛП) непосредственно в медицинских организациях, диктует новые современные подходы к контролю качества РФЛП, направленные на гарантированное высокое качество и безопасность процедур ядерной медицины.

В соответствии с Федеральным законом от 12.04.2010 г. «Об обращении лекарственных средств» № 61ФЗ (статья 13, п.5, пп.5), государственной регистрации не подлежат препараты, изготовленные непосредственно в медицинских организациях в порядке, установленном уполномоченным федеральным органом исполнительной власти. Указанный Порядок утвержден Приказом Минздрава России № 211н от 27.04.2015 г. «Об утверждении порядка изготовления радиофармацевтических лекарственных препаратов непосредственно в медицинских организациях». 01 января 2016 г. этот Приказ вступил в силу. Согласно данному Приказу медицинская организация должна создать и утвердить документацию по изготовлению и контролю качества РФЛП.

Основным показателем качества любого РФЛП является радиохимическая чистота (РХЧ). Это отношение активности радионуклида, который присутствует в препарате в устойчивой химической форме основного вещества, к общей активности радионуклида в этом препарате, выраженное в процентах. То есть, это содержание нужного нам меченого соединения, которое определяет в клинике требуемую фармакокинетику препарата, достоверность получаемой информации

и диагностическую или терапевтическую эффективность, а также безопасность соответствующей медицинской процедуры (то есть отсутствие нежелательного накопления радионуклида в интактных органах, что связано с необоснованными лучевыми нагрузками). Процедура определения радиохимической чистоты (РХЧ) радиофармацевтического препарата, изготовленного в медицинской организации, перед введением пациенту является обязательной во всех развитых странах мира еще с середины 1980-х годов. В нашей стране фактически аналогичная процедура стала обязательной с начала 2016 г. наряду с другими мероприятиями, выполнение которых должно гарантировать высокое качество и безопасность процедур ядерной медицины в соответствии с Приказом Минздрава РФ от 27.04.2015 г. № 211н.

Изготовление РФЛП на основе генераторных радионуклидов обычно входит в служебные обязанности среднего медицинского персонала лабораторий (отделений) радионуклидной диагностики. Для изготовления препарата в медицинском учреждении во флакон, содержащий стерильный реагент (лиофилизат) – лиофилизированную смесь нерадиоактивных компонентов лекарственной формы препарата, вводят определенное количество стерильного раствора натрия пертехнетата, ^{99m}Tc , полученного из генератора $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$.

Разработанные ранее и применяемые в аккредитованной лаборатории методики контроля качества лиофилизатов, используемых для изготовления РФЛП, не всегда могут быть применены в медицинских организациях из-за их длительности, условий выполнения анализа, используемых растворителей и оборудования. При отсутствии специального оборудования и реактивов определить истинное положение образующегося комплекса, а, следовательно, значение РХЧ, невозможно. В тоже время в процессе изготовления РФЛП могут образовываться следующие радиохимические примеси (РХП): пертехнетат-ионы (TcO_4^-), не восстановленные двухвалентным оловом и не вступившие в реакцию комплексообразования, и гидролизованный восстановленный технеций- ^{99m}Tc (ГВТ). Эти примеси могут исказить диагностическую картину, что приводит к повторным исследованиям. Определить количество этих примесей в медицинских организациях можно более простыми и быстрыми методами анализа.

С 2016 г. в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России проводится разработка экспресс-методов контроля РФЛП, которые позволят провести анализ препаратов до их введения пациенту, что способствует качественному выполнению диагностического исследования. В настоящее время разработаны макеты документации, состоящие из методики изготовления и методики контроля качества следующих РФЛП, которые используются в радиологических отделениях медицинских учреждений: «Технефор, ^{99m}Tc », «Пирфотех, ^{99m}Tc », «Фосфотех, ^{99m}Tc », «Резоскан, ^{99m}Tc », «Технефит, ^{99m}Tc », «Бромезида, ^{99m}Tc », «Технетрил, ^{99m}Tc ». Экспресс-методики для других РФЛП в настоящее время находятся в стадии разработки.

СПЕЦИФИЧЕСКАЯ ПЭТ-ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОПУХОЛЕВЫХ ОЧАГОВ, ЭКСПРЕССИРУЮЩИХ HER2-ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ РЕЦЕПТОРЫ

А.С. Лунёв, О.Е. Клементьева, К.А. Лунёва,
Е.А. Лямцева, Н.А. Таратоненкова, А.О. Мальшева

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России,
г. Москва, Россия*

Введение

В последние годы всё больший интерес в радиофармацевтике и неинвазивной визуализации получают исследования специфического накопления того или иного радиофармпрепарата (РФП), основывающегося на реакции антиген – моноклональное антитело (МАТ). Однако эффективности накопления меченых МАТ препятствует их медленный клиренс, что приводит к высокому уровню фона при диагностическом сканировании и излишнему облучению пациента. Достижения в области синтеза антител методами молекулярной инженерии способствовали получению новых соединений на основе активных фрагментов антител с физическими и фармакокинетическими свойствами, подходящими для их применения в качестве РФП. Одним из таких синтезированных фрагментов является анти-HER2 фрагмент Fv (ScFv) на основе ди-антител, названных diabody C6.5 (C6.5db, получены из ИБХ РАН, Москва). На основании убедительных биологических данных рецепторы HER2 были признаны перспективной мишенью для онкодиагностики: их сверхэкспрессия на мембранах опухолевых клеток может послужить основой для высокоспецифичной визуализации HER2-позитивных опухолей.

Материалы и методы

¹²⁴I-меченные антитела C6.5db получали методом радиойодирования димерных антител с использованием Йодогена, с их последующим выделением из раствора на колонке с сорбентом Сефадекс G-50. РХЧ лекарственного средства определяли на полосках ИТLC в 0,9%-ном растворе NaCl. Исследование выполнено на самках мышей линии BALB c/ Nude с подкожными ксенографтами HER2-позитивных линий опухолевых клеток (BT-474 и SKOV3) и HER2-негативной линии (MCF7). Через 1, 4, 24 и 48 ч после внутривенной инъекции 2,0 МБк ¹²⁴I-меченных C6.5db выполняли процедуру сканирования на ПЭТ-сканере для лабораторных животных PET/X-RAY Genisys4 (Sofie Bioscience, США) с последующей реконструкцией и количественным анализом изображений. Время сканирования 10 минут.

Результаты

Выход реакции мечения димерных антител C6.5db составил ~18%. Значение РХЧ составляло более 95%. В ходе исследования были получены ПЭТ-изображения животных с экспериментальными моделями опухолевого роста (рис.

1-3). Представленные на рис. 1 и 2 изображения подтверждают специфичность накопления ^{124}I -меченных C6.5db к HER2-позитивным опухолям (SUV $3,9\pm 0,2$; 48 ч), однако также четко удалось проследить ЦЖ (SUV $3,7\pm 0,3$; 48 ч). Представленные на рис. 3 изображения и значения SUV наглядно показывают основные области неспецифического накопления ^{124}I -меченных C6.5db: при анатомическом наличии опухолевого очага, на изображениях он не визуализирован. Четко визуализируются ткани и органы, с наличием натрий-йодных симпортеров (SUV $4,2\pm 0,3$; 48 ч): щитовидная железа (ЩЖ), желудок, сердце и печень. Это накопление является неспецифическим и обусловлено метаболическими путями йода в организме.

Выводы

По результатам проведенных экспериментов удалось подтвердить специфичность ди-антител C6.5db к HER2-позитивным рецепторам опухолевых клеток. Следует отметить, что в данном исследовании блокаду ЦЖ не проводили в целях выяснения путей распределения как самого РФП, так и степени его биodeградации. В результате были получены данные для обоснования абсолютной необходимости блокады ЦЖ при клиническом изучении данного РФП.

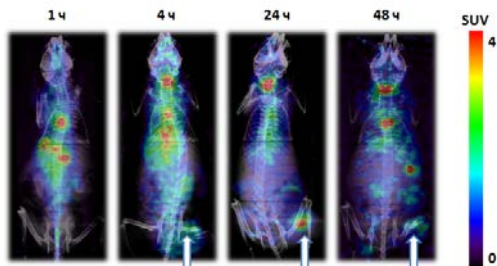


Рис. 1 ПЭТ изображения мышей с имплантированной HER2-позитивной BT-474 после введения ^{124}I -меченных C6.5db

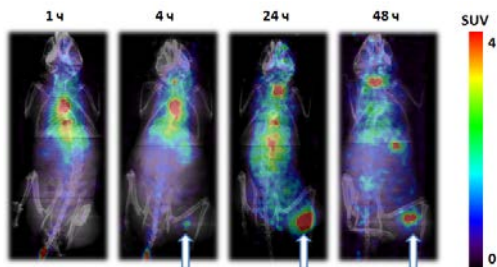


Рис. 2 ПЭТ изображения мышей с имплантированной HER2-позитивной SKOV3 после введения ^{124}I -меченных C6.5db

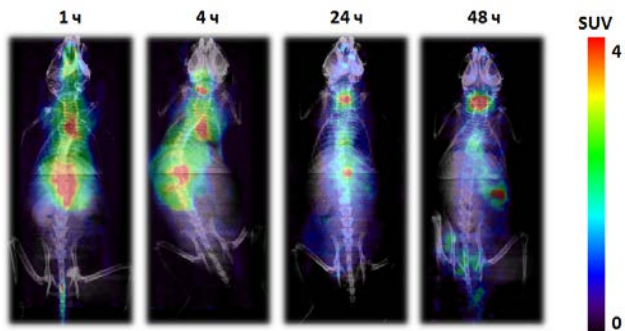


Рис. 3 ПЭТ изображения мышей с имплантированной HER2-негативной MCF7 после введения ^{124}I -меченных C6.5db

МЕТОД АНАЛИЗА РАДИОФАРМПРЕПАРАТОВ С ^{68}Ga С ПОМОЩЬЮ ТЛС

А.Г. Макичян, А.Я. Марук, А.А. Ларенков

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России,
г. Москва, Россия*

Введение

При разработке радиофармпрепаратов на основе ^{68}Ga необходимо проводить многочисленные тесты для подбора наиболее оптимальных условий меченя, оценки стабильности и др. При этом важно не только определить показатель радиохимической чистоты, но также получить сведения о содержании каждого вида радиохимической примеси. Без сомнений, проведение анализа с помощью ТСХ является наиболее удобным методом для определения содержания различных радиохимических компонентов, получаемое при применении подходящей ТСХ системы.

Ранее был разработан метод для определения радиохимической чистоты радиофармпрепаратов на основе ^{68}Ga . [1] Метод является доступным, быстрым и информативным, при этом имеет высокую корреляцию с фармакопейным методом и другими наиболее часто применяемыми. Метод позволяет определить содержание ^{68}Ga в коллоидной, несвязанной и меченой формах с помощью всего одной полоски. Метод может быть применяем для рутинной практики при анализе таких радиофармпрепаратов, как ^{68}Ga -PSMA-617, ^{68}Ga -DOTA/NODAGA-RGD/TOC/TATE. К сожалению данный метод имеет следующий недостаток: не всегда возможно получить хорошее разделение работая с ациклическими

хелаторами. Так же наблюдается влияние молекулярной массы комплекса на значение Rf (смещение основного пика может быть в интервале $\pm 0,3$ Rf).

Цель данного исследования разработать новый метод, который не будет иметь вышеупомянутых недостатков.

Материалы и методы

Применяли генератор $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$ (ЗАО «Циклотрон», Обнинск, Россия). Все использованные химикаты и растворители были высокой чистоты или фарм качества и выпущены такими компаниями, как Sigma-Aldrich или Panreac. Препараты (PSMA-617, DOTA/NODAGA-RGD/TOC/-TATE и другие) были произведены компанией ABX. Полоски Itc-sg в зависимости от периода производства применяли Pall/Varian/Thermo. Для анализа распределения радиоактивности применяли сканнер PET-MiniGita (Raytest).

Результаты

Было принято решение разработать метод, который позволит добиться следующих значений коэффициента удерживания: для ^{68}Ga в коллоидной форме Rf=0.0-0.1, для несвязанного ^{68}Ga Rf=0.5-0.6 и для меченных молекул Rf=0.9-1.0. Вышеуказанные значения коэффициента удерживания для упомянутых соединений были достигнуты при смешивании в:о=1:1 или 1:3 (где в-вода, физиологический раствор; о-ацетонитрил/этанол/метанол). При этом также необходимо небольшое содержание в элюенте кислоты (ТФУ, соляная кислота, азотная кислота и др.). Количество добавляемой кислоты должно быть точным, чтобы рН данной смеси был $1,6 \pm 0,4$.

Наиболее информативное разделение было получено при применении смеси физиологический раствор: ацетонитрил (1:1÷1:3) при содержании 0,06-0,08 % ТФУ. Детали эксперимента и особенности будут представлены. Данная система применима для большинства исследуемых радиофармпрепаратов на основе ^{68}Ga .

Так же было выявлено, что значения коэффициента удерживания для исследуемых соединений разнятся при применении хроматографических полосок iTLC-SG в зависимости от даты производства. Данный фактор следует учитывать.

Заключение

В результате работы был разработан новый высокоэффективный метод анализа меченных соединений ^{68}Ga . Данный метод подходит для применения при разработке радиофармпрепаратов и в рутинной клинической практике.

Список литературы

1. Larenkov A.A., Maruk A.Ya. [2016] WASET International Journal of Chemical, Molecular, Nuclear, Materials and Metallurgical Engineering 10:1120-1127.

ОДНОФОТОННАЯ ЭМИСИОННАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ, СИНХРОНИЗИРОВАННАЯ С ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЕЙ – НОВЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ У ПАЦИЕНТОВ ДО И ПОСЛЕ ТРАНСПЛАНТАЦИИ ПЕЧЕНИ

Ю.О. Малиновская

*ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского,
г. Москва, Россия*

Для больных циррозом печени характерно развитие функциональных изменений в работе сердечно-сосудистой системы при отсутствии сердечно-сосудистых заболеваний: неадекватный ответ на нагрузку, нарушение расслабления миокарда, удлинение интервала QT. Эти нарушения объединили под термином «цирротическая кардиомиопатия» (ЦКМП). По данным VanWagner и соавт смертность пациентов в раннем периоде после трансплантации печени в 40% случаев обусловлена сердечно-сосудистыми причинами. Однофотонная эмиссионная компьютерная томография миокарда, синхронизированная с ЭКГ (ОФЭКТ с ЭКГ) позволяет оценить перфузию миокарда ЛЖ, систолическую и диастолическую функцию миокарда ЛЖ.

Целью данной работы явилась оценка изменения перфузии и функции миокарда у взрослых пациентов с циррозом печени в динамике после трансплантации печени (ТП).

Материалы и методы

24 пациента были включены в исследование. Все больные страдали циррозом печени различной этиологии с синдромом портальной гипертензии и печеночноклеточной недостаточности. MELD варьировал от 12 до 34 баллов (медиана 19,5 баллов). ОФЭКТ с ЭКГ выполняли по стандартной методике после внутривенного введения ^{99m}Tc -технеция в дозе 740 МБк перед трансплантацией и повторно через 1 месяц после операции. По **результатам** исследования в динамике выявлено увеличение конечного систолического объема левого желудочка (ЛЖ) с 21 мл до 29 мл ($p = 0,005$), при этом конечный диастолический объем ЛЖ статистически значимо не изменился (77 мл до ОТП, 69 мл после; $p=0,42$). Отмечено относительное снижение (в пределах нормы) фракции выброса ЛЖ (с 75% до 60 %; $p = 0,0004$). Снизился сердечный индекс с 4919 до 3066 мл/мин*м² $p = 0,001$). Также снизилась максимальная скорость изгнания (с 3,7 КДО/сек до 3 КДО/сек; $p=0,002$). При анализе параметров диастолической функции выявлено снижение скоростных показателей через 1 месяц после трансплантации по сравнению с дооперационными: максимальной скорости наполнения (с 3,5 до 2,5 КДО/сек; $p=0,003$), средней скорости наполнения в первую 1/3 диастолы (с 1,48 до 0,97 КДО/сек; $p=0,01$). У большинства больных не было выявлено региональных нарушений перфузии ни на этапе обследования в листе ожидания, ни после трансплантации печени. Изменения перфузии миокарда

верхушки ЛЖ, выявленные у двух пациентов, были обусловлены эффектом «истончения» при высокоамплитудном движении.

Выводы

После трансплантации печени в раннем послеоперационном периоде (1 месяц) отмечается регресс гипердинамического синдрома: уменьшение фракции выброса и сердечного индекса при одновременном усугублении диастолической дисфункции. Несмотря на наличие ЦКМП, у пациентов без сопутствующей ишемической болезни сердца, подвергающихся трансплантации печени, не определяется нарушение кровоснабжения миокарда как при обследовании в листе ожидания, так и в послеоперационном периоде.

Таким образом, ЦКМП не приводит к развитию сердечно-сосудистых осложнений в течение одного года после трансплантации печени. ОФЭКТ с ЭКГ может быть рекомендована в качестве дополнительного диагностического исследования для исключения нарушения кровоснабжения миокарда и определения выраженности диастолической дисфункции у пациентов вне зависимости от наличия признаков ЦКМП.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЧЕНИЯ ТЕХНЕЦИЕМ-99m ПРОИЗВОДНОГО ЭКСЕНДИНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТИПИЧНЫХ СОЛИГАНДОВ

Ю.А. Митрофанов¹, А.Я. Марук²

¹РХТУ им. Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия

²ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва, Россия

Эксендин – аналог глюкогоноподобного пептида, имеющего высокое сродство к рецепторам, экспрессируемым на поверхности инсулином – нейроэндокринных новообразований.

Целью работы является поиск оптимальных условий для мечения пептида – производного эксендина, содержащего 6-гидразинникотиновую кислоту (HYNIC), с помощью ^{99m}Tc. Использование HYNIC в качестве бифункционального хелатирующего агента является современным и эффективным подходом к введению ^{99m}Tc в пептидные молекулы, однако для образования стабильного комплекса при использовании данного подхода обязательно присутствие дополнительных лигандов (солигандов). Для этого в данной работе были использованы трицин (N-[трис(гидроксиэтил)этил]глицин) и ЭДДА (этилендиаминдиуксусная кислота). Так как технеций образует комплексные соединения только в катионной форме, а из генератора ⁹⁹Mo/^{99m}Tc он элюируется в форме пертехнетат-иона (TcO₄⁻), необходимо его восстановление. Для этого использовался хлорид олова (II).

В ходе настоящей работы было изучено влияние различных факторов на эффективность мечения HYNIC-эксендина технецием-99m (кислотность реакционной среды, концентрации пептида и солиганда, температура проведения

процесса). Найдены условия, позволяющие получать меченый пептид с радиохимической чистотой около 95%.

Изучено хроматографическое поведение исходного пептида и полученных меченых соединений методом ВЭЖХ (время удерживания Exendin и ^{99m}Tc -НУНС-ЭДДА/трицин-составило 5,72 мин и 5,83 мин соответственно).

Исследована устойчивость получаемых комплексов в водном растворе и сыворотке телячьей крови: РХС остается на уровне 92% в течение 4-х часов.

Изученные комплексы являются многообещающими агентами для создания новых радиофармацевтических препаратов для визуализации нейроэндокринных опухолей с использованием однофотонной эмиссионной компьютерной томографии.

СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМЫ С НЕЙТРОФИЛЬНЫМ ФЕНОТИПОМ

А.А. Никольский, А.А. Бабахин,
И.П. Шиловский, А.Р. Гайсина, М.Р. Хаитов

*ФГБУ «Государственный научный центр «Институт иммунологии»
Федерального медико-биологического агентства, г. Москва, Россия*

Введение

Бронхиальная астма (БА) - это хроническое воспалительное заболевание дыхательных путей. В 80% случаев БА имеет аллергическую природу и сопряжена с инфильтрацией в ткань легких провоспалительных клеток - эозинофилов. В то же время при незозинофильном воспалении происходит инфильтрация других провоспалительных клеток - нейтрофилов. Пациенты с нейтрофильной БА плохо поддаются традиционному лечению кортикостероидами, поэтому актуальна задача создания и испытания новых лекарственных препаратов для её лечения. Испытание новых препаратов невозможно без создания адекватных экспериментальных моделей патологии. Поэтому целью данного исследования было создание модели нейтрофильной БА у мышей.

Материалы и методы

Исследования проводили на мышках-самках BALB/c весом 18-20 г, возрастом 6-8 недель. Для моделирования эозинофильной БА мышей в дни 0 и 14 иммунизировали 20 мкг аллергена овальбумина (OVA), эмульгированного в адьюванте $\text{Al}(\text{OH})_3$, а на 28 день 10 мкг OVA в том же адьюванте. Для моделирования нейтрофильной БА мышей аналогично иммунизировали OVA, но в первый раз в смеси с полным адьювантом Фрейнда (ПАФ), а остальные 2 раза с неполным адьювантом Фрейнда (НАФ). Обоим группам мышей в дни 41-43 проводили интраназальные введения 10% раствора OVA по 50 мкл/особь. В группе с нейтрофильной БА OVA вводился мышам в смеси с липополисахаридом (ЛПС), полученным из *Pseudomonas aeruginosa*. Группа 3 состояла из интактных

животных. На 44 день измерялись уровни IgE, IgG1, IgG2a антител методом ИФА. Гиперреактивность бронхов (ГРБ) измерялась с помощью неинвазивной плетизмографии. На 45 день был собран бронхоальвеолярный лаваж (БАЛ) для подсчета клеток методом световой микроскопии.

Результаты

У иммунизированных мышей ГРБ была в 1,5 раза выше, чем в контрольной группе. У этих же животных уровни аллерген-специфических антител классов IgE, IgG1, IgG2a были значительно выше по сравнению с интактной группой. Изучение клеточного состава БАЛ показало, что у мышей, получавших интраназальные аппликации OVA в смеси с ЛПС происходила инфильтрация преимущественно нейтрофилов; их относительное количество составило 48% против 1% в контрольной группе. В то же время группа мышей, иммунизированная с использованием Al(OH)₃ ожидаемо демонстрировала эозинофильный тип воспаления; относительное количество эозинофилов составило 64% против 3% в контрольной группе. Стоит также отметить, что у мышей, иммунизированных аллергеном в смеси с адьювантом Фрейнда не отмечено инфильтрации эозинофилов (менее 1%), а у мышей иммунизированных с использованием Al(OH)₃ относительное количество нейтрофилов не превышало 5%. Проведенные гистологические исследования ткани лёгких в целом подтвердили результаты, полученные при анализе БАЛ.

Заключение

Предложенная схема иммунизации мышей аллергеном в смеси с адьювантом Фрейнда с последующим введением ЛПС в дыхательные пути позволяет индуцировать у мышей признаки нейтрофильной БА. Созданная модель может быть использована для изучения эффективности новых противоастматических препаратов.

КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ЭЛЮАТА ГЕНЕРАТОРА 68Ge/68Ga ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РФП 68Ga

М.Г. Рахимов, А.А. Ларенков, Г.Е. Кодина

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России,
г. Москва, Россия*

Самым информативным методом радионуклидной диагностики на сегодняшний день является позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ). Получение изотопов (¹¹C, ¹³N, ¹⁵O, ¹⁸F), применяемых в ПЭТ требует наличие циклотрона в медицинском учреждении, что в свою очередь существенно увеличивает стоимость организации и эксплуатации ПЭТ-центра. Использование генераторных систем для получения радионуклидов для ПЭТ (⁶⁸Ge/⁶⁸Ga, ⁸²Sr/⁸²Rb) снимает необходимость в циклотронном комплексе, делая ПЭТ-исследование намного более доступным. Генераторная система ⁶⁸Ga, обладающая

исключительными ядерно-физическими характеристиками является наиболее перспективной для синтеза радиофармацевтических препаратов (РФП) для ПЭТ.

Наиболее перспективными РФП нового поколения являются пептиды, меченные радиоизотопом металла через бифункциональные хелатирующие агенты (БХА) посредством образования комплекса. Для проведения реакции мечения БХА на основе пептидов исходный раствор радионуклида должен отвечать ряду требований: высокая радионуклидная чистота, высокая объемная активность, низкое содержание химических примесей.

На сегодняшний день применяется метод кондиционирования элюата генератора $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$ с использованием ионообменных картриджей Chromafix HR-XC и Chromafix HR-XA (Macherey-Nagel). Кондиционированный данным способом раствор ^{68}Ga позволяет получать РФП на основе пептидных БХА с высокой радиохимической частотой и объемной активностью.

В настоящей работе в существующий метод было внесено изменение: вместо анионообменного картриджа Chromafix HR-XA (Macherey-Nagel, Германия) использовался картридж Chromafix PS- HCO_3^- (Macherey-Nagel, Германия), что позволило повысить радиохимический выход кондиционированного раствора ^{68}Ga в среднем на 15 %.

В ходе работ была выполнена оценка рабочих характеристик ионообменного картриджа при проведении 10 последовательных циклов кондиционирования, а также эффективность очистки элюата генератора $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$ от химических примесей (Fe^{3+} , Al^{3+} , Zn^{2+} , Cu^{2+}), серьезно препятствующих комплексообразованию ^{68}Ga . Проскок материнского радионуклида ^{68}Ge в кондиционированном растворе ^{68}Ga был снижен более чем в 10 раз. С использованием кондиционированного раствора ^{68}Ga был получен препарат Ga-68-DOTA-PSMA(617) и Ga-68-NODAGA-PSMA с радиохимической чистотой более 98%.

Данный метод кондиционирования элюата генератора $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$ был применен при получении ^{68}Ga -DOTA-PSMA(617) на автоматизированном модуле синтеза «GeGa» (Позитом-ПРО, Москва). Радиохимический выход с коррекцией на распад составил более 70 %, радиохимическая чистота препарата – более 95 %.

ПЕРФУЗИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОХРАНЕНИЯ ДОНОРСКИХ ОРГАНОВ ДЛЯ ТРАНСПЛАНТАЦИИ: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

В.С. Рудаков, С.Э. Восканян, К.К. Губарев, А.И. Сушков,
А.И. Захлевный, И.Ю. Мурашов, Д.С. Светлакова, А.П. Мальцева

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России
г. Москва, Россия*

Первые попытки по созданию перфузионной машины, которая позволила бы поддерживать метаболическую функцию органов были предприняты в 1930-х годах. В 1960-х Belzer и соавт. впервые пересадили почку человеку после 17 часов гипотермической машинной перфузии, тогда же Starzl и соавт. выполнили семь

трансплантаций печени, полученных от посмертных доноров с применением машинной перфузии. С появлением в 1980-х годах консервирующих растворов отпала необходимость в улучшении данных машин, в связи с простотой в применении, эффективностью, доступностью и безопасностью растворов. Именно такой метод – гипотермическая статическая консервация в растворе, в подавляющем большинстве случаев применяется сегодня для сохранения жизнеспособности донорских органов.

В связи с успехами в области клинической трансплантации органов, существенно расширились показания к выполнению пересадки почки, печени, сердца, поджелудочной железы и, как следствие, еще более возросла потребность в донорских органах. Одним из направлений преодоления дефицита донорских органов является расширение критериев их пригодности для трансплантации. Такой подход позволяет увеличить количество операций, сократить летальность в период ожидания трансплантации, однако достоверно увеличивает риск плохой начальной функции пересаженного органа и сокращает выживаемость реципиентов.

Сложившаяся ситуация сделала актуальными две задачи: (1) объективная оценка функционального состояния органа и прогнозирование его начальной функции; (2) реабилитация органа исходно не пригодного для трансплантации, восстановление его функциональных параметров и обоснованное использование для пересадки.

Для решения обеих задач перспективным является использование перфузионных машин. Многие из предложенных сегодня образцов представляют собой модернизированные аппараты экстракорпоральной мембранной оксигенации или искусственного кровообращения.

Ряд экспериментальных и клинических исследований показал улучшение функции органов и исходов трансплантации при использовании перфузионных машин [1-6]. Описанные эффекты включают в себя:

- продление времени консервации без увеличения частоты плохой начальной функции трансплантата;
- восстановление уровня кислорода в митохондриях (при оксигенации перфузионного раствора);
- улучшение микроциркуляции;
- уменьшение степени стеатоза (при консервации печени);
- уменьшение выраженности неспецифических воспалительных изменений.

Несмотря на имеющиеся результаты исследований, главные вопросы нельзя считать решенными: оптимальный состав консервирующего раствора, его температура, скоростные и объемные параметры перфузии – не определены.

Кроме того к перспективным направлениям следует отнести использование перфузионных машин для элиминации из донорского органа вируса гепатита С и других инфекционных агентов, улучшения качества и функционального резерва органа за счет применения клеточных продуктов, генной терапии, для облегчения выполнения сплит резекции органа, а так же ауто трансплантации печени при

обширном опухолевом или альвеококковом поражении, проведения таргетной химиотерапии, возможности их использования для создания искусственных органов и т.д.

Таким образом, необходимы дополнительные исследования для разработки оптимального аппарата для машинной перфузии, изучения оптимальных условий для кондиционирования органов и применения машин в тканевой инженерии.

Список литературы

1. Detelich D., Markmann J.F. The dawn of liver perfusion machines. Liver transplantation. 2018 г., 1-11.
2. Laing R.W., Mergental H., Yap C. et al. Viability testing and transplantation of marginal livers (VITTAL) using normothermic machine perfusion: study protocol for an open-label, nonrandomised, prospective, single-arm trial. BMJ Open. 2017. г., 1-15.
3. Reich D.J., Mulligan D.C., Abt P.L. et al. ASTS recommended practice guidelines for controlled donation after cardiac death organ procurement and transplantation. Am. J. Transplant. 2009. г., 9., 2004-11.
4. Van Rijn R., Karimian N., Matton A.P.M. et al. Dual Hypothermic Oxygenated Machine Perfusion In Liver Transplants Donated After Circulatory Arrest. British Journal of Surgery. 2017 г., 104., 907-17.
5. Chew Y.V., Matthews R., Yuen G.O.L. et al. Extra-corporeal normothermic machine perfusion of the porcine kidney: working towards future utilization in Australasia. Royal Australasian College of Surgeons. 2017 г., 1-6.
6. Vogel T., Brockmann J.G, Pigott D. et al. Successful transplantation of porcine liver grafts following 48-hour normothermic preservation. PLOS ONE. 2017 г., 1-15.

ОПТИЧЕСКАЯ КОГЕРЕНТНАЯ ТОМОГРАФИЯ В ДИАГНОСТИКЕ РАННЕЙ СТАДИИ НЕЙРОДЕГЕНЕРАЦИИ

С.Н. Светозарский

*ФБУЗ "Приволжский окружной медицинский центр"
ФМБА России, г. Нижний Новгород, Россия*

Увеличение распространенности нейродегенеративных заболеваний, высокий уровень инвалидизации и смертности в данной нозологической группе делает все более актуальным поиск новых биомаркеров ранней стадии нейродегенеративного процесса. Моногенный характер наследования, высокая пенетрантность и исключительная возможность наблюдения за пациентом на бессимптомной стадии заболевания позволяют рассматривать болезнь Гентингтона как «модельное» заболевание для изучения ранних стадий развития спорадических нейродегенеративных заболеваний, таких как болезнь Альцгеймера и болезнь Паркинсона. Болезнь Гентингтона – наследственное нейродегенеративное заболевание с аутосомно-доминантным механизмом

наследования и полной пенетрантностью мутантного гена. Клиническая картина заболевания включает развитие моторных, когнитивных и психиатрических нарушений.

Оптическая когерентная томография (ОКТ) широко используется в офтальмологии для оценки состояния зрительного нерва и сетчатки. Снижение толщины слоя перипапиллярных волокон, по данным ОКТ, описано при демиелинизирующих заболеваниях центральной нервной системы, в частности рассеянного склероза, а также при болезни Альцгеймера и болезни Паркинсона [1]. Состояния сетчатки при болезни Гентингтона ранее не изучались.

Цель исследования – создание нового способа диагностики ранней стадии нейродегенерации на примере болезни Гентингтона

Материалы и методы

Предлагаемый способ осуществляют следующим образом [2]. Пациенту с подозрением на болезнь Гентингтона выполняют исследование области диска зрительного нерва и сетчатки глаза методом ОКТ с использованием стандартной программы анализа изображений «RNFL Thickness analysis». Определяют толщину слоя перипапиллярных нервных волокон в 12 секторах условного циферблата.

Результаты

Разработанный способ диагностики болезни Гентингтона заключается в следующем. При значении толщины слоя перипапиллярных нервных волокон в одном из секторов с четвертого по восьмой менее 35 мкм в 4 секторе, менее 49 мкм в 5 секторе, менее 68 мкм в 6 секторе, менее 67 мкм в 7 секторе, менее 33 мкм в 8 секторе диагностируют болезнь Гентингтона. При толщине слоя перипапиллярных нервных волокон большей или равной названным значениям диагностируют отсутствие у обследуемого болезни Гентингтона [3].

Примеры конкретного исполнения нового способа диагностики представлены в виде клинических наблюдений.

Больной Р., 46 лет. Клинически установлен предварительный диагноз: синдром когнитивных нарушений, хорея неясной этиологии. Произведено исследование области диска зрительного нерва и сетчатки методом ОКТ. В пятом секторе толщина слоя перипапиллярных нервных волокон составила 41 мкм, что ниже установленных значений. На основании полученных данных предположен диагноз: болезнь Гентингтона. Генетическое тестирование подтвердило наличие характерной для болезни Гентингтона мутации ДНК.

Случай 2. Больной М., 60 лет. Клинически установлен предварительный диагноз хореоатетоз неясной этиологии. Произведено исследование области диска зрительного нерва и сетчатки методом ОКТ. В ходе исследования определили толщину слоя перипапиллярных нервных волокон с 4 по 8 сектор условного циферблата. Во всех секторах толщина слоя перипапиллярных нервных волокон превышала установленные значения. На основании полученных данных диагноз

болезни Гентингтона был отвергнут. Генетическое тестирование подтвердило отсутствие характерной для болезни Гентингтона мутации ДНК.

Заключение

Представленный способ может дополнить комплекс исследований, применяемых для диагностики ранней стадии нейродегенеративных заболеваний. Требуется дальнейшее изучение возможностей ОКТ-диагностики в проспективных исследованиях.

Список литературы

1. Светозарский С.Н., Копишинская С.В. Оптическая когерентная томография сетчатки при нейродегенеративных заболеваниях (обзор). *Современные технологии в медицине*. 2015. Т. 7. № 1. С. 116-123.
2. Копишинская С.В., Антонова В.А., Густов А.В., Светозарский С.Н. Способ диагностики болезни Гентингтона. Патент РФ №2 552 913. Опубликовано: 10.06.2015 Бюл. № 16. Заявка: 2014111407/14, от 25.03.2014

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ФОТОН-ЗАХВАТНОЙ ТЕРАПИИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ ОПУХОЛЕЙ В ФГБУ ГНЦ ФМБЦ ИМ. А.И. БУРНАЗЯНА ФМБА РОССИИ

И.А. Конобеев¹, А.А. Липенгольц^{1,2},
Е.А. Степанова², Ю.А. Федотов¹, И.Н. Шейно¹

¹*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва, Россия*
²*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
кафедра «Медицинская физика», г. Москва, Россия*

В большинстве случаев отсутствие положительных результатов лучевой терапии (ЛТ) опухолей является невозможность подведения к ней опухолевой дозы без лучевых осложнений в здоровых тканях. В первую очередь, это относится к радиорезистентным опухолям, с близкорасположенными критическими структурами, например, мультиформная глиобластома. Для создания необходимого градиента дозы между опухолевой и здоровой тканью производители медицинского оборудования идут по пути физического нацеливания излучения на объем опухоли, но, несмотря на увеличение себестоимости внедряемых терапевтических установок, эффективность ЛТ опухолей возрастает незначительно.

Одним из новых направлений в лучевой терапии является бинарная лучевая терапия, когда дополнительное энерговыделение в опухолевой ткани при облучении обеспечивается за счет присутствия в ней специальных препаратов, содержащих элементы с высоким сечением взаимодействия излучения с веществом препарата.[1] Фотон-захватная терапия (ФЗТ), наряду с нейтрон-захватной терапией и фотодинамической терапией - один из видов бинарной

лучевой терапии и новый метод ЛТ, основанный на введении в ткани опухоли препаратов, содержащих в своем составе атомы элементов с высоким зарядовым числом Z . [3] Сечения взаимодействия фотонов с веществом зависят от Z атомов вещества. Особенно сильно при использовании рентгеновского излучения в энергетическом диапазоне от нескольких до нескольких сотен кэВ, где преобладающим взаимодействием является фотоэффект. Свое название данная терапия получила по аналогии с процессами, протекающими при нейтрон-захватной терапии. [2] Преимущества методов бинарной лучевой терапии наглядно показаны на рисунке 1. Доза, выделяемая в опухолевой области при введении препарата, значительно увеличивается.

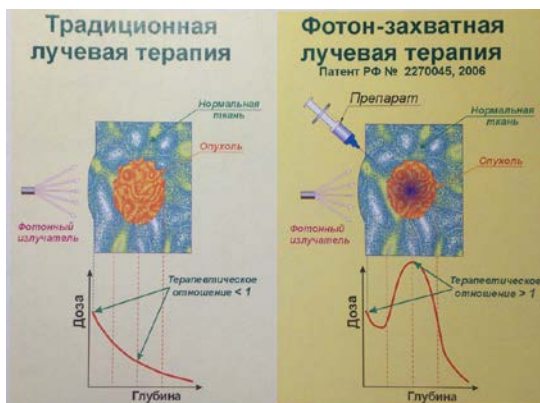


Рис.1 Сравнение основных принципов традиционной фотонной терапии и фотон-захватной терапии

Экспериментально показана эффективность ФЗТ на мелких лабораторных животных при введении препаратов, содержащих гадолиний[4] и висмут, и расчетным путём моделирования локального увеличения дозы в зависимости от концентрации использованного препарата в биологических тканях в программном пакете Geant 4.

Как ожидается, при достижении оптимального соотношения концентраций препарата, содержащего тяжелые элементы, в опухоли и в нормальной ткани и при облучении фотонами оптимального спектра возможно создать в облучаемой мишени дозу, губительную для опухоли и в то же время толерантную для нормальных тканей. К достоинствам фотон-захватной терапии, в сравнении с традиционными методами лучевой терапии, относится то, что подведение необходимой терапевтической дозы к биологической мишени (опухоль) осуществляется созданием определенной концентрации препарата, а не нацеливанием и фокусировкой пучка излучений.

Интерес к такому новому виду лучевой терапии как фотон-захватная терапия обусловлен необходимостью разработки новых и эффективных методов лучевой терапии со сравнительно низкой стоимостью облучательной аппаратуры, и возможностью ее массового применения в медицинских учреждениях.

Список литературы

1. И.В. Щегольков, И.Н. Шейно, В.Ф. Хохлов, А.А. Липенгольд. Моделирование распределений методом Монте-Карло в технологии фотон-захватной терапии. Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна, Москва. Медицинская физика.-2010.-№ 4.-С.12-16
2. В.Ф. Хохлов, В.Н. Кулаков, И.Н. Шейно, П.В. Ижевский, А.Н. Липенгольд. Фотон-захватная терапия опухолей. Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва. Сибирский онкологический журнал. 2009. Приложение № 2
3. И.Н. Шейно, П. В. Ижевский, А. А. Липенгольд. Обоснование принципа фотон-захватной терапии злокачественных новообразований. Саратовский научно-медицинский журнал. 2013. Т. 9, № 4. С. 878–881.
4. О.А. Добрынина, К.Н. Зайцев, В.Н. Кулаков, Т.А. Насонова, В.Ф. Хохлов, И.Н. Шейно. Фотон-захватная терапия рака с использованием гадолиниевых препаратов. НАУЧНАЯ СЕССИЯ МИФИ.-2006-ТОМ 5

УДАЛЕННЫЙ МОНИТОРИНГ ПАРАМЕТРОВ КОНСЕРВАЦИИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ ДОНОРСКИХ ОРГАНОВ

А.И. Сушков¹, А.А. Байтин², А.В. Шведов³

¹ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва, Россия

*²ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт
(государственный университет)», г. Долгопрудный, Россия*

*³ФГБОУ ВО «Московский технический университет связи и информатики»,
г. Москва, Россия*

Каждая операция по трансплантации донорского органа сопряжена с решением задачи сохранения его жизнеспособности вне тела человека. Для этого на этапе изъятия сосудистое русло органа отмывают кровью и заполняют специальным консервирующим раствором, охлаждая его до 4 - 6°С и сохраняют в том же растворе вплоть до имплантации пациенту. Консервирующие растворы включают в себя три обязательных компонента: коллоид, буферную систему и антиоксидант, которые предназначены для предотвращения отека клеток, ацидоза и продукции активных форм кислорода, соответственно. Такой подход позволяет эффективно сохранять трансплантаты почки до 24 – 36 часов, печени до 12 – 16, часов, сердца и поджелудочной железы до 8 – 10 часов, а в некоторых случаях и дольше. За это время проводят иммунологические тесты, определяют оптимального кандидата на трансплантацию, готовят его к операции, иногда

выполняют гистологическое исследование донорского органа и осуществляют его транспортировку в трансплантационный центр.

Ключевыми факторами, определяющими жизнеспособность органа и его начальную функцию после трансплантации, являются **длительность ишемии и температурный режим хранения**. Сокращение длительности ишемии достигается главным образом за счет координации действий между хирургическими бригадами донорской службы и трансплантационного центра, а также оптимизации пути транспортировки органа в центр трансплантации.

Температура хранения донорского органа при бесперфузионном методе консервации поддерживается помещением в транспортный контейнер пакетов с замороженным физиологическим раствором. В России и зарубежом сложилась многолетняя практика использования для транспортировки донорских органов бытовых изотермических контейнеров, представляющих собой пластмассовую емкость объемом от 10 до 30 литров, где в качестве термоизоляции используются пластины пенопласта, помещенные между внешней и внутренней стенкой контейнера. Очевидно, что такое изделие не позволяет долговременно поддерживать требуемую температуру хранения органа, требует регулярного контроля и замены хладоносителя сопровождающим лицом. Однако, результаты трансплантаций органов при таком способе их хранения являются приемлемыми, что говорит о возможности его использования.

Создание транспортной системы, поддерживающей заданную температуру хранения донорского органа, представляется одним из возможных вариантов улучшения непосредственных результатов трансплантаций, особенно при необходимости длительной транспортировки. Однако сопряжено с существенным техническим усложнением конструкции, увеличением габаритов и массы контейнера, потребностью в специальном инженерном обслуживании. Целесообразность разработки такого устройства должна быть подробно изучена. Также отдельного анализа требует процесс транспортировки донорского органа, который позволит идентифицировать этапы необоснованной пролонгации времени консервации.

Нами предлагается концепция системы удаленного мониторинга параметров консервации и транспортировки донорского органа, состоящая из следующих основных компонентов: 1) устройство сбора и передачи данных, встраиваемое в транспортный контейнер (аппаратный комплекс мониторинга – АКМ), 2) информационно-аналитическая система для сбора, хранения и анализа данных, полученных от АКМ.

АКМ представляет собой набор датчиков (температура, географическая координата, атмосферное давление, уровень вибрации и т.д.), микроконтроллер, GSM-модем, накопитель данных и элемент питания. Информационно-аналитическая система разработана на основе мониторинговой платформы отечественной разработки Zont, на базе которой созданы и успешно апробированы решения в области мониторинга транспорта и сетей станций спутниковой связи.

Практическое использование системы мониторинга параметров консервации и транспортировки донорских органов позволит решать как фундаментальные, так и прикладные и организационные задачи. Создание описанной системы представляется особенно важной задачей в свете актуального тренда информатизации отечественного здравоохранения, развития высокотехнологичной медицины и производства.

БАЛАНС ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ РАДИОЙОДТЕРАПИИ ТИРЕОТОКСИКОЗА. ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ЛЕЧЕНИЯ

А.А. Трухин^{1,2}, П.О. Румянцев², Я.И. Сирота², К.Ю. Слащук²

¹ФГАОУ Высшего образования НИЯУ "МИФИ", г. Москва, Россия

²ФГБУ «НМИЦ Эндокринологии» Минздрава РФ, г. Москва, Россия

Аннотация

Применение радиоактивных веществ в ядерной медицине требует пристального внимания с точки зрения оказываемого ими эффекта на организм. Радиойодтерапия тиреотоксикоза требует фундаментального рассмотрения. Целью терапии тиреотоксикоза ¹³¹йодом являются достижение стойкого гипотиреоза. К тиреотоксическим заболеваниям, при которых проводится радиойодтерапии, относятся диффузный токсический зоб, одноузловой зоб, многоузловой зоб, эктопия тиреоидной ткани, с кодами заболеваний E05.0, E05.1, E05.2, E05.3 соответственно. Подход, реализованный в ФГБУ «НМИЦ Эндокринологии» Минздрава РФ, диктует соблюдение баланса эффективности и безопасности. В работе рассматриваются: клинический протокол дозиметрического планирования радиойодтерапии тиреотоксикоза; фармакокинетика ¹³¹йода; случаи эффективной минимальной терапевтической активности и максимально допустимой терапевтической активности с оценкой эффекта воздействия. Доступная статистика насчитывает 636 случаев тиреотоксикоза. Значимые параметры при лечении радиоактивным йодом: целевой объём ткани щитовидной железы, максимальный захват ¹³¹йода целевым объёмом (максимальный захват), отношение количества претерпевших распад атомов ¹³¹йода ко всем распавшимся ионам за первые 48 часов после введения (интегральный захват за 48 часов), эффективное время полувыведения ¹³¹йода из организма.

Материалы и методы

В работе представлены данные 636 пациентов больных тиреотоксикозом. Все пациенты проходили дозиметрическое планирование перед радиойодтерапией. В ходе дозиметрического планирования, посредством обработки данных фармакокинетики выделены три терапевтически значимых величины: максимальный захват, интегральный захват за 48 часов и эффективное

время полувыведения. Общий план распределений параметров пациента представлен на рис.1.

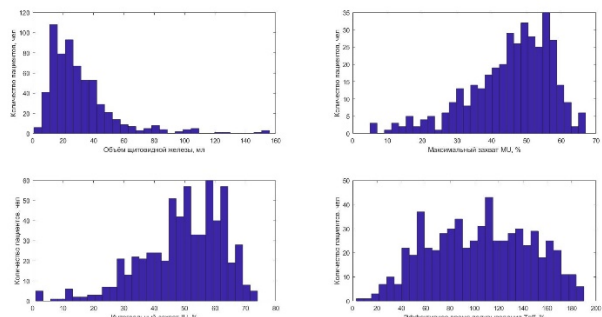


Рис.1 Общий план распределения параметров пациента перед поступлением на радиодтерапию.

Обработка и результаты

Обработка данных включала в себя подбор выборки объёмов щитовидной железы, при которых фармакокинетику можно считать типичной для конкретного объёма. На рис.2 представлено поведение среднего значения и медианы выборок исследуемых параметров в зависимости от объёма с 30% окном объёма. Основная часть (92%) объёмов щитовидной железы сосредоточены до отметки в 60 мл. С ростом объёма наблюдается рост среднего максимального захвата, эффективного времени полувыведения. Средний интегральный захват остаётся на одном уровне и не зависит от объёма щитовидной железы.

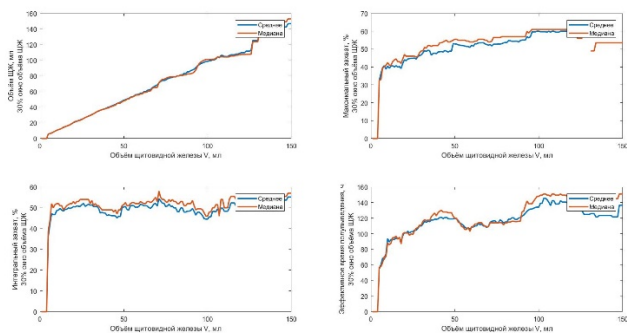


Рис.2 Поведение среднего значения и медианы выборок исследуемых параметров в зависимости от объёма с 30% окном объёма.

Ретроспективный анализ эффекта лечения пациентов показал, что критерием эффективности является мощность дозы в максимуме накопления и доза за первые 48 часов. Идею в основе данных критериев подтверждает работа [1]: критерий эффективности - мощность дозы в максимуме накопления не менее 2.2 Гр/ч. При назначении соответствующих терапевтических активностей у пациентов стали наблюдаться болевые синдромы в области шеи на протяжении 1-2 недель. Гистограммы эффективности радиойодтерапии представлены на рис.3.

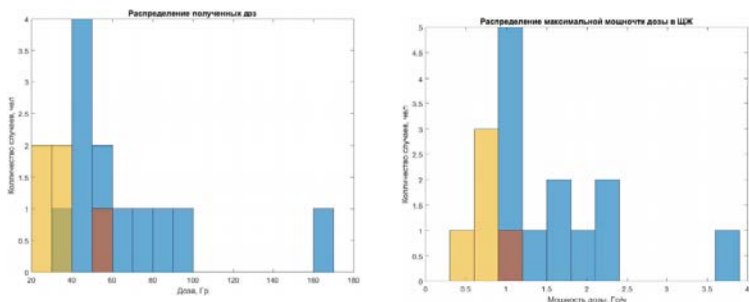


Рис. 3 Гистограммы эффективности в зависимости от терапевтических критериев: слева – доза за 48 часов, справа – мощность дозы в максимуме накопления. Синим отмечен гипотиреоз, желтым гипертиреоз, коричневым эутиреоз.

Критерий эффективности смешенного кода (E05.0, E05.1, E05.2, E05.3) заболевания на данный момент: мощность дозы в максимуме накопления – 1.6 Гр/ч; доза за первые 48 часов после введения – 44 Гр. При таком значении критериев эффективности терапии болевые синдромы встречаются крайне редко.

Практическая значимость результата

Совмещение статистики, полученной в результате проведения дозиметрического планирования, и эффективности радиойодтерапии позволяет оценить вероятность положительного результата у вновь поступившего пациента без проведения дозиметрического планирования по результатам УЗИ щитовидной железы. Метод строится на анализе распределения параметров фармакокинетики ранее поступавших пациентов. Программно строится кривая поведение количества достигших случаев критериев эффективности в зависимости от назначаемой активности. На рис.4 представлена кривые эффективности DR и D48 для 25 мл щитовидной железы, в выборке 127 человек, ширина окна по объёму 30%.

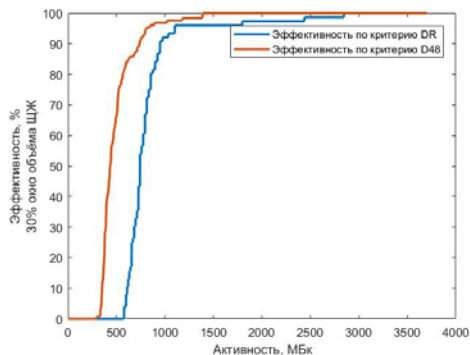


Рис.4 Кривые эффективности DR и B48 для объема 25 мл в зависимости от назначаемой терапевтической активности

В результате выполнения программы получаем: минимальная эффективная (90%) терапевтическая активность равняется 740 МБк для объема 25 мл. Среднее время госпитализации 2.8 дня.

Зависимость минимальной эффективной терапевтической активности от объема щитовидной железы представлена на рис.5. Данная зависимость позволяет определить эффективную терапевтическую активность для 90% случаев с объемом железы V.

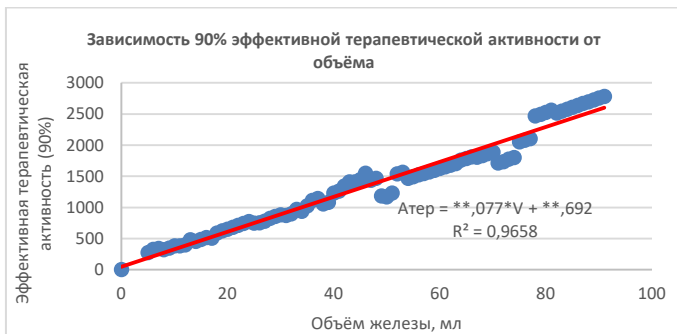


Рис.5 Зависимость минимальной эффективной терапевтической активности от объема щитовидной железы.

Представленная на рис.5 зависимость не позволяет одновременно с эффективностью учесть принципы радиационной безопасности при проведении радиодотерапии. Для целей обеспечения радиационной безопасности необходимо персонализированное уточнение параметров фармакинетики.

Заключение

В данной научной работе представлены фундаментальные основы радиойодтерапии тиреотоксикоза. Сделаны выводы о возможности назначения терапевтической активности на базе фармакокинетики выделенного диапазона объемов вокруг целевого объема. Таким образом посредством обработки данных фармакокинетики возможно разработать инструмент назначения эффективной терапевтической активности, но нехватка персонализированной информации может привлечь к необоснованному облучению.

Список литературы

1. Krohn T., Hänscheid H., Müller B., Behrendt F.F., Heinzel A., Mottaghy F.M., & Verburg F.A. (2014). Maximum dose rate is a determinant of hypothyroidism after 131I therapy of Graves' disease but the total thyroid absorbed dose is not. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 99(11), 4109–4115. <https://doi.org/10.1210/jc.2014-1347>

ОЦЕНКА ДОЗИМЕТРИЧЕСКИХ ПЛАНОВ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ ЭФФЕКТИВНОСТИ

И.Н. Шейно¹, Е.С. Сухих², Ю.А. Федотов¹,
Д.Ю. Бобров¹, А.Е. Артеменкова³, Ж.Ж. Галаяудинова¹

¹ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва, Россия

²Томский областной онкологический диспансер, г. Томск, Россия

³Национальный исследовательский ядерный университет
«МИФИ», г. Москва, Россия

В мировой практике радиотерапии для контроля качества и оптимизации находят всё большее применение макроскопические радиобиологические критерии: вероятность контроля опухоли (Tumor Control Probability – TCP) и вероятность осложнения нормальных тканей (Normal Tissue Complication Probability – NTCP), позволяющие количественно оценить исход лучевой терапии и выбрать оптимальную схему проведения лучевой терапии пациента [1,2].

В настоящее время оценка качества дозиметрических планов определяется физическими критериями, определяемыми рассчитанными значениями дозовых распределений по опухоли и органам риска пациента, представляемых в виде дозообъемных гистограмм (DVH), и часто не дает однозначных рецептов по выбору наилучших планов.

Целью работы является исследование возможностей радиобиологических методов оценки дозиметрических планов облучения пациентов на медицинских ускорителях Varian Trilogy и Elekta, генерируемых системами планирования ECLIPSE (Varian Medical Systems, Palo Alto, CA) и MONACO (CMS/Elekta, St. Louis, MO) соответственно.

Для этой цели организован автоматизированный импорт данных из указанных систем планирования, преобразование расчетных кумулятивных дозообъемных гистограмм - cDVH для PTV и органов риска в дифференциальные распределения - dDVH, необходимых для расчета TCP/NTCP и их вычисление.

Для сравнительного анализа рассмотрены модели TCP: Niemierko, Warkentin-Stavrev, Webb-Nahum; модели NTCP: Niemierko, Lyman-Kutcher-Burman (LKB), Kehwar-Sharma, Kallman, Walsh. Некоторые из указанных моделей расчета TCP включают:

- тип, стадии и объем опухоли, плотность клоногенов;
- параметры радиочувствительности опухоли по LQ модели (α , α/β);
- параметры, определяющие скорость пролиферации и оксигенации и другие параметры, позволяющие реализовывать принцип персонализированной медицины.

Представлены результаты расчетов биологических критериев для реальных дозиметрических планов лучевой терапии рака простаты и молочной железы. Приведена структура базы данных параметров моделей, проведена оценка варибельности полученных результатов из-за неопределенности исходных данных. Получена оценка достоверности полученных результатов.

Разработка и использование указанных методов медицинской практике позволит повысить качество лечения злокачественных новообразований традиционными методами лучевой терапии. Может служить в качестве вспомогательного инструмента при выборе схемы дозиметрического планирования лучевой терапии злокачественных новообразований.

Список литературы

1. Allen Li X, Alber M, Deasy JO, Jackson A, Ken Jee KW, Marks LB, Martel MK, Mayo C, Moiseenko V, Nahum AE, Niemierko A, Semenenko VA, Yorke ED. The use and QA of biologically related models for treatment planning: short report of the TG-166 of the therapy physics committee of the AAPM. //Med Phys. 2012 March; 39(3):1386-409.
2. J. Donald Chapman, Alan E. Nahum. Radiotherapy Treatment Planning: Linear-Quadratic Radiobiology. CRC Press, Taylor & Francis Group 2016 г. – 190 p.

ВОЗВРАЩЕНИЕ К РАБОТЕ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ТОТАЛЬНОГО ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА

Н.А. Худошин

ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России, г. Нижний Новгород, Россия

Артроз тазобедренного сустава наиболее распространенным заболеванием суставов, является источником хронического болевого синдрома и снижения двигательной активности, способным в 60% случаев снижать работоспособность, в 11,5% приводить к инвалидизации и почти в 80% - к необходимости проведения первичной артропластики сустава. Количество имплантаций эндопротезов

тазобедренного сустава с каждым годом увеличивается. Это связано с развитием и совершенствованием методик оперативного вмешательства, увеличение числа хирургов владеющих данной методикой и поддержки крупных федеральных центров программой высокотехнологичной медицинской помощи.

В ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России КБ № 4 отделение травматологии ортопедии в период с 2010 по 2018 года было выполнено 3541 имплантаций тотального эндопротеза тазобедренного сустава.

Из группы оперированных пациентов в период с 2016 по 2018 года отбирались пациенты трудоспособного возраста. В исследование были включены 58 пациентов (средний возраст составил 53,4 года). Учитывался возраст, пол, уровень образования, тип работы, анамнез заболевания, двигательная активность, боль. В день госпитализации пациента проводился осмотр, сбор данных в виде оценочных шкал, регистрация наличия факта нетрудоспособности и оценка трудоспособности. Использовались оценочные шкалы: Харриса, шкала оценки качества жизни sf-36 и краткий опросник ВОЗ для оценки качества жизни (WHOQOL)-BREF.

После выполнения тотальной артропластики пациент отслеживался в 3 визита: по истечению 3, 6 и 12 месяцев. На каждом повторном визите проводился осмотр, заполнение оценочных шкал и опросников, определялись общие сроки временной нетрудоспособности на момент визита или дата возвращения к труду.

Наше исследование показывает, что большинство пациентов возвращаются к работе (83,7%) после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава, но при этом около 34,1% вернувшихся к труду отмечает дискомфорт или остаточные явления вследствие перенесенной операции. Остаются важными факторами благополучия клинического результата социальные аспекты жизни, проведенные в послеоперационном периоде в полном объеме реабилитационные мероприятия. Необходим дальнейший набор пациентов в исследование.

РАЗВИТИЕ ПРОТОННОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ В РОССИИ И МИРЕ

Е.А. Степанова¹, Ю.А. Федотов², А.А. Цишнатги¹, И.Н. Шейно²

¹Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
кафедра «Медицинская физика», г. Москва, Россия

²ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва, Россия

Протонная лучевая терапия – метод, позволяющий осуществлять подведение более высокой поглощённой дозы ионизирующего излучения за счет значительного повышения энергывыделения протонов в конце их пробега в веществе (пик Брэгга), по сравнению с фотонным излучением, используемым в современной лучевой терапии (см. рис.1).

За счет изменения величины энергии пучка протонов имеется возможность лечения на различных глубинах залегания опухолей (см. рис.2). Точность

подведения дозы методом сканирующего пучка может достигать величин порядка 1 мм.

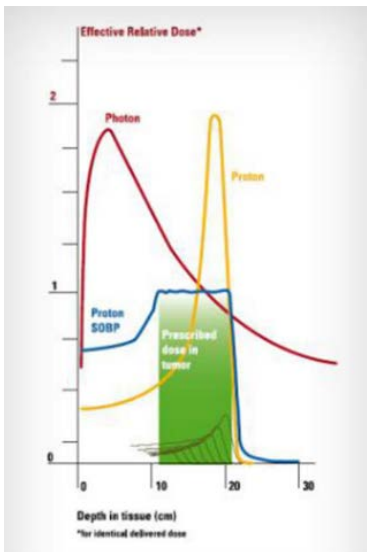


Рис.1 Глубинное распределение дозы для протонов и гамма-излучения

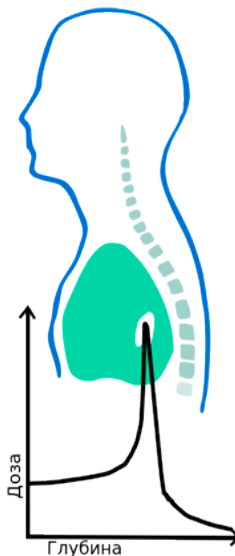


Рис. 2 Глубинное дозовое распределение

На данный момент в мире имеется около 50 центров протонной терапии, расположенных в основном в США, Японии и странах Европы, большая часть из которых являются научно-исследовательскими и менее половины из которых удовлетворяют современным требованиям к качеству лучевого лечения.

В России до 2015 года протонная лучевая терапия проводилась только в научно-исследовательских целях в ИТЭФ (г. Москва), ОИЯИ (г. Дубна), РНЦРХТ в сотрудничестве с ПИЯФ (г. Гатчина), ИЯИ (г. Троицк) и ещё нескольких центрах.

В ноябре 2015 года первых пациентов принял первый клинический центр протонной терапии в г. Протвино, ещё ровно через год для лечения пациентов открылся аналогичный центр в г. Обнинск, с декабря 2017 года начался приём пациентов в г. Санкт-Петербург. Планируется постройка клинического протонного центра в СибНЦ ФМБА России (г. Красноярск), ГКБ им. С.П. Боткина (г. Москва), в 2018 году планируется открытие протонного клинического центра в г. Дмитровград.



Рис. 3 Протонный центр в г. Дмитровграде

Полномасштабных аналогов ФВЦМР ФВЦМР (Федеральный Высокотехнологичный Центр Медицинской Радиологии) в России не существует. Уникальный протонный центр в составе ФВЦМР ФМБА России будет первым в России специализированным медицинским комплексом. Совместно разработанный ОИЯИ (Дубна) и ИВА (Бельгия) для протонного центра ФВЦМР ФМБА России циклотрон нового поколения С235-V3 превосходит по своим характеристикам аналоги, установленные в 15-ти онкологических центрах различных стран мира.

По данным ФМБА, в России ежегодно выявляют около 50 тыс. новых случаев рака. Статистика ухудшается: в первом полугодии 2016 года число пациентов, умерших от злокачественных опухолей, увеличилось на 0,3% по сравнению с прошлым годом. В Москве и Московской области рост больных раком составил почти 4%, в Калужской области – 15%, а в Чукотском автономном округе – почти 80%.

По оценкам специалистов потребность в этом виде лучевого лечения для России составляет около 40000 пациентов в год. Существующие на данный момент центры совокупно обслуживают менее 5% пациентов от требуемого количества.

Сегодня протонная лучевая терапия является одной из самых сбалансированных методик лечения онкологических заболеваний.

Подобные центры должны быть в каждом городе-миллионнике, считает директор представительства ИВА в России Кирилл Макаренко.

Список литературы

1. В.А. Климанов. РАДИОБИОЛОГИЧЕСКОЕ И ДОЗИМЕТРИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ЛУЧЕВОЙ И РАДИОНУКЛИДНОЙ ТЕРАПИИ Часть 2: Лучевая терапия пучками протонов, ионов, нейтронов и пучками с модулированной интенсивностью, стереотаксис, брахиотерапия, радионуклидная терапия, оптимизация, гарантия качества.
2. <http://mtk.jinr.ru/> Дубна. Медико-технический комплекс

3. <https://protonnayaterapiya.ru/centry-protonnoj-terapii-v-rossii/>
4. Сайт ЗАО Протом. <http://www.protom.ru/>
5. <https://www.varian.com/news/varian-and-russian-proton-therapy-center-achieve-milestone-cyclotron-installation>

РЕЗУЛЬТАТЫ ГЛУБОКОЙ БЕЗДРЕНАЖНОЙ ТОННЕЛЬНОЙ СКЛЕРЭКТОМИИ У ПАЦИЕНТОВ С ПЕРВИЧНОЙ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМОЙ

А.В. Швайкин

ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России, г. Нижний Новгород, Россия

Актуальность

Глаукома занимает первое место в структуре причин необратимой слепоты. В России число больных глаукомой ежегодно увеличивается примерно на 60 тыс. человек.

По данным ВОЗ статистика заболеваемости среди населения показывает рост частоты ПОУГ: в 2014 г. численность больных глаукомой составляла около 64 млн., а к 2020 г. она достигнет почти 80 млн. человек. В России глаукома занимает первое место в нозологической структуре причин инвалидности вследствие офтальмопатологии. Прогрессирование первичной открытоугольной глаукомы отмечено в 65,6% случаев у больных с длительностью заболевания 10 и более лет, в результате недостаточной эффективности системы диспансерного наблюдения и поликлинического этапа лечения.

Большое количество разработанных хирургических методов лечения глаукомы свидетельствует об актуальности проблемы. Несмотря на очевидные успехи медикаментозной и лазерной коррекции офтальмотонуса общепризнано, что наиболее эффективным методом лечения ПОУГ является хирургическое вмешательство.

Оптимизация хирургического лечения открытоугольной глаукомы остается актуальной задачей в офтальмохирургии. Предложено множество модификаций, хирургических техник компенсации внутриглазного давления. Цель настоящего исследования – оценка результатов глубокой бездренажной тоннельной склерэктомии у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой.

Материал и методы

В исследование включены 41 факичный глаз 41 пациента в возрасте от 46 до 78 лет с декомпенсированной на медикаментозном режиме ПОУГ. Уровень внутриглазного давления, измеренный тонометром Маклакова, превышающий 21 мм рт. ст., отрицательную динамику в полях зрения за последние 6 месяцев, принимали за декомпенсацию. Критериями исключения из исследования были зрелая катаракта, артерия, оперированная глаукома. В предоперационном периоде всем пациентам измеряли остроту зрения, проводили гониоскопию, биомикроскопию, контроль внутриглазного давления тонометром Маклакова, компьютерную периметрию.

В послеоперационном периоде контроль данных исследований производили на 1, 7-14 день и через 1, 3, 6 и 12 мес. Нами были выявлены следующие отклонения в раннем послеоперационном периоде: мелкая передняя камера, гипотония, наружная фильтрация, гифема, отслойка сосудистой оболочки. Фильтрационную подушку классифицировали по распространенности, высоте, васкуляризации. Швы с конъюнктивы в области фильтрационной подушки снимали в среднем через 7 – 14 дней от момента операции, под контролем отрицательной флюоресцеиновой пробы. После операции всем пациентам назначали инстилляцию антибиотика широкого спектра действия на 14 дней и НПВС в инстилляциях на 3-5 недель. После отмены антибактериальной терапии в схему лечения включали дексаметазон в инстилляциях. Критерием достижения компенсации внутриглазного давления считали уровень ВГД ниже 19 мм рт. ст. по методу Маклакова без инстилляций гипотензивных препаратов. При росте внутриглазного давления более 20 мм рт. ст. в период 2- 4 мес. после операции проводили лазерную десцеметогониопунктуру в зоне оперативного вмешательства с использованием YAG - лазера.

Результаты

Послеоперационное внутриглазное давление в период наблюдения до 12 мес. было ниже исходного в 37 из 41 случаев и составило $13,7 \pm 2,6$ мм рт. ст. В период от 3 до 6 мес. после хирургического лечения ВГД снизилось на 65%, что говорит об относительной стабильности внутриглазного давления в послеоперационном периоде. Через 12 мес. после операции ВГД составляло $15,5 \pm 3,6$ мм рт. ст. Через 12 мес. после операции трем пациентам 3 глаза потребовалось назначение одного гипотензивного препарата в связи с ростом ВГД более 21 мм рт. ст. Еще двум пациентам потребовалось проведение реоперации в связи с декомпенсацией ВГД через 8 мес. после первичного вмешательства.

Обсуждение

Как показали результаты, глубокая бездренажная тоннельная склерэктомия позволяет добиться выраженного гипотензивного эффекта в 90- 94% случаев через год после вмешательства. Анализируя характер осложнений, возникших в ходе операции или в раннем послеоперационном периоде после представленной антиглаукоматозной операции, выявлено, что их суммарное количество минимально и едва достигает 2%, практически не влияя на отдаленный гипотензивный эффект. Основной причиной неудачи операций остается процесс гиперрубцевания, который в хирургии глаукомы, по литературным данным, достигает до 30%.

Заключение

Таким образом, представленная методика хирургического лечения глаукомы достоверно снижает уровень внутриглазного давления, предотвращает распад зрительных функций, обладает рядом преимуществ, в сравнении с другими хирургическими операциями при глаукоме, повышает качество жизни пациента. Предлагаемая операция может быть использована как операция выбора при первичной открытоугольной глаукоме.

Раздел 3. Радиационная биология, физика и химия

ПОКАЗАТЕЛИ АПОПТОТИЧЕСКОЙ ГИБЕЛИ ЛИМФОЦИТОВ У ХРОНИЧЕСКИ ОБЛУЧЁННЫХ ЛИЦ В ОТДАЛЁННЫЕ СРОКИ

А.А. Аксеев^{1,3}, Е.А. Блинова^{1,2}

¹ФГБУН «Уральский научно-практический центр радиационной медицины»

ФМБА России, г. Челябинск, Россия

²ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет», г. Челябинск, Россия

³ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Челябинск, Россия

В результате сбросов жидких радиоактивных отходов в реку Течу в первые годы (1949-1956 гг.) эксплуатации ядерно-промышленного комплекса «Маяк» на территории Южного Урала хроническому радиационному воздействию подверглись более 30000 человек. Характер облучения определялся поступлением в организм с речной водой и продуктами питания местного производства основного дозообразующего радионуклида – остеотропного ⁹⁰Sr, в результате чего происходило облучение преимущественно красного костного мозга (ККМ) – центрального органа гемо- и иммунопоэза. Несмотря на то, что с 1985 года мощность дозы радиационного воздействия в когорте реки Течи не превышала фоновую, у облучённых лиц до сих пор регистрируются клеточные и тканевые эффекты облучения. Одной из вероятных причин перечисленных эффектов хронического радиационного воздействия могут являться сублетальные мутации, возникшие вследствие неадекватной репарации повреждённой ДНК в гемопоэтических стволовых клетках ККМ в период максимальных сбросов (1949-1956 гг.). Известно, что одним из основных механизмов поддержания постоянства генома является апоптоз, поскольку он способствует элиминации клеток, несущих разнообразные генетические повреждения. Нарушения регуляции процесса апоптоза в сторону его угнетения могут сопровождаться сохранением в организме повреждённых клеток и возможностью их дальнейшей злокачественной трансформации. Действительно, по данным эпидемиологических исследований, проведённых спустя 60-65 лет после начала облучения, у жителей прибрежных сёл реки Течи регистрируется повышенный радиационный риск развития лейкозов и солидных новообразований.

Целью нашей работы была оценка интенсивности апоптоза лимфоцитов у жителей прибрежных сёл реки Течи в период реализации отдалённых соматикостохастических эффектов облучения (спустя 60-65 лет после начала радиационного воздействия).

В основную группу было включено 145 пациентов, проживавших в прибрежных сёлах реки Течи и подвергшихся многолетнему низкоинтенсивному радиационному воздействию. Индивидуальные дозы облучения КKM были оценены при помощи дозиметрической системы реки Течи (TRDS-2009). Среднее значение дозы облучения КKM в этой группе составило $1,12 \pm 0,07$ Гр (диапазон variability: $0,08-4,23$ Гр), а средний возраст на момент обследования – $69 \pm 0,5$ лет (возрастной диапазон: 56-88 лет). Группу сравнения составили 109 лиц, проживавших в тех же административных районах, что и облучённые, но доза их облучения не превышала установленных норм для населения Российской Федерации. Обе группы были сопоставимы по полу, возрасту и этническому составу. На момент обследования средний возраст людей в группе сравнения составил $69 \pm 0,6$ лет (возрастной диапазон: 58-83 лет).

Критериями исключения из исследования служили патологические состояния, которые могли повлиять на интенсивность апоптоза лимфоцитов: острые или хронические (период обострения) воспалительные заболевания, болезни системы крови, злокачественные новообразования, аутоиммунные заболевания, почечная и печёночная недостаточность, острое нарушение мозгового кровообращения, острый и промежуточный периоды черепно-мозговой травмы. Кроме того, противопоказаниями к исследованию являлись: наличие факта рентгенологического обследования в течение последних 6 месяцев, приём пациентами антибиотиков, глюкокортикоидов и цитостатиков в течение 6 месяцев до исследования и отсутствие индивидуальных дозиметрических данных. Исследование интенсивности апоптоза и экспрессии рецептора «клеточной смерти» (CD95) проводилось на лимфоцитах периферической крови методом проточной цитометрии. Определение уровней ФНО α в сыворотке крови осуществлялось методом ИФА в твёрдофазном «сэндвич» – варианте. Статистическая обработка полученных данных проводилась при помощи табличного редактора Excel и пакета прикладных программ Statistica 10.0.

В группе облучённых лиц было отмечено статистически значимое ($p=0,01$) повышение уровней сывороточного ФНО α относительно представителей группы сравнения. При этом, различий в интенсивности апоптоза лимфоцитов по критерию фрагментации ДНК и в количестве клеток, экспрессирующих рецептор CD95, между обследованными группами не наблюдалось. Проведение корреляционного анализа не позволило выявить зависимости количества CD95⁺-лимфоцитов и клеток с фрагментацией ДНК от величины кумулятивной дозы облучения КKM.

Таким образом, полученные результаты не позволили установить отличий в интенсивности апоптоза лимфоцитов по критерию фрагментации ДНК и количеству клеток, имеющих «готовность» к апоптозу согласно экспрессии CD95 между лицами сравниваемых групп. На основании этого можно предположить, что в отдалённые сроки у облучённых лиц клетки, несущие сублетальные повреждения, элиминируются не посредством апоптоза, а благодаря цитотоксическому действию факторов иммунной системы. В то же время, повышение уровней сывороточного ФНО α может являться одним из маркеров

развития у облучённых людей в отдалённые сроки хронического радиационно-индуцированного воспаления. Отсутствие корреляционной зависимости интенсивности апоптоза лимфоцитов и экспрессии ими рецептора CD95 от дозы облучения ККМ свидетельствуют о том, что в отдалённые сроки после радиационного воздействия большее влияние на интенсивность апоптоза лимфоцитов, по-видимому, оказывают факторы нерадиационной природы.

ИМПУЛЬСНОЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ НЕТЕПЛОВОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ НЕСПЕЦИФИЧЕСКОЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ ОРГАНИЗМА

Ю.Е. Ананьева, Е.Г. Рохмирова, О.А. Захарова, О.М. Лабынцева

ФГУП "РФЯЦ - ВНИИЭФ", г. Саров, Россия

Поиск средств и методов повышения резистентности организма к стрессовым воздействиям по-прежнему актуален. В качестве протекторов негативных последствий стресса возможно использование электромагнитных полей (ЭМП), преимуществом которых является неинвазивность, пролонгированное, сенсебилизирующее действие [1], отсутствие токсичности [2], снижения работоспособности [3].

Цель данного исследования состояла в изучении действия ЭМП нетепловой интенсивности на организм лабораторных животных после моделирования краткосрочного иммобилизационного стресса.

Объектом исследования являлись белые беспородные крысы – самцы массой 200 – 240 г. На животных воздействовали ЭМП с синусоидальной формой модуляции (частота 1 ГГц, интенсивность 19 мкВт/см²) в течение 30 минут. Во время воздействия ЭМП животных располагали в спецконтейнере. Моделирование стрессового состояния осуществляли путем однократной иммобилизации животных на спине в течение 30 минут с фиксацией конечностей на иммобилизационных планшетах [4].

Животные были разделены на 4 группы по 14 голов в каждой: 1 группа – интакт; 2 группа - моделирование краткосрочного иммобилизационного стресса; 3 группа – воздействие ЭМП; 4 группа – моделирование стресса, с последующим воздействием ЭМП. Забор крови у наркотизированных крыс проводили путем декапитации спустя час после окончания воздействия.

Для оценки воздействия ЭМП был использован комплексный метод оценки степени развития стресс-реакции организма при действии на него различных факторов. Электрофоретическую подвижность эритроцитов (ЭФПЭ) определяли методом микроэлектрофореза [5]. Концентрацию малонового диальдегида (МДА) в эритроцитах определяли спектрофотометрическим методом [6]. Дифференциальный подсчет лейкоцитарной формулы проводили методом микроскопии [7]. По лейкоцитарной формуле крови исследовали общую

неспецифическую резистентность организма, которая отражает системные неспецифические адаптационные реакции организма [8].

В результате проведенного исследования получено, что моделирование краткосрочной иммобилизации приводило к снижению ЭФПЭ (в 2 раза, $p \leq 0,001$) и повышению концентрации МДА в эритроцитах (на 40 %, $p \leq 0,05$) относительно интакта. Эти изменения свидетельствуют о развитии стереотипной реакции клеток на стресс [9]. Формирование стрессовой реакции подтверждается снижением относительного количества лимфоцитов (на 48 %, $p \leq 0,001$) в лейкоцитарной формуле [8]. По совокупности исследуемых показателей необходимо отметить, что ЭМП при воздействии на организм животных не оказывало стрессогенного действия.

Результаты, полученные после воздействия ЭМП на организм стрессированных животных, свидетельствуют о развитии эффективных адаптационно – компенсаторных процессов, обусловленных, вероятно, увеличением в крови стресс-реализующих гормонов. Активация гипоталамо-надпочечниковой системы при действии ЭМП на стрессированных животных подтверждается увеличением ЭФПЭ (на 38 %, $p \leq 0,01$), относительно группы животных, подвергнутых острому стрессу. Так же ЭМП оказывает антиоксидантный эффект, об этом свидетельствует снижение концентрации МДА до уровня нормы. Тип системной неспецифической адаптационной реакции организма, указывает, что ЭМП в течение исследуемого времени воздействия является антистрессовым агентом, вызывающим развитие реакции тренировки, при которой повышается противовоспалительный потенциал [10].

Анализ изменений неспецифических показателей организма позволил обосновать эффективность применения ЭМП как одного из способов коррекции состояния стресса. Это даст возможность целенаправленно воздействовать на механизмы компенсации, способные повысить неспецифическую устойчивость организма.

Список литературы

1. Кудряшов Л.В. Использование методики расчета магнитного поля при исследовании радиопротекторного эффекта действия импульсного вихревого магнитного поля / Л.В. Кудряшов, Е.П. Лобкаева, Р.С. Александров, Н.С. Девяткова // Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине. Материалы IV Международного Конгресса. Санкт- Петербург, 2006.- С.115.
2. Ушаков И.Б. и др. Методические подходы к повышению радио- и неспецифической резистентности работников экологически неблагоприятных производств на основе нормобарической интервальной гипоксии и импульсного магнитного поля // Медицина труда и промышленная экология.- № 2. – С. 11-15.
3. Зуев В.Г. Эргономические рекомендации и справочные данные по защите экипажа от неионизирующих электромагнитных излучений, радиочастот и микроволн / В.Г. Зуев, А.М. Окунев, Е.П. Лобкаева, Н.С. Девяткова // Руководство по эргонометрическому обеспечению создания и эксплуатации военной

авиационной техники (РЭО – 2000 – ВАТ - СММ). – М., 2005- кн.2, часть 1. – С.407 - 424.

4. Сирота Т.В., Захарченко М.В., Кондрашова М.Н. Активность цитоплазматической супероксиддисмутазы - чувствительный показатель состояния антиоксидантной системы печени и мозга крыс. Биомедицинская химия, Т. 60, вып. 1, 2014. С. 63-71.

5. Харамоненко С.С., Ракитянская А.А. Электрофорез клеток крови в норме и патологии. Минск: Беларусь, 1974. 144 с.

6. Владимиров Ю.А., Арчаков А.И. Перекисное окисление липидов в биологических мембранах. М.: Наука, 1972. 252 с.

7. Справочник по клиническим лабораторным методам исследования // Под ред. проф. Е.А. Кост. – М., 1975. – 384 с.

8. Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Уколова М.А. Адаптационные реакции и резистентность организма. Ростов – на – Дону. – 1977. – 119 с.

9. Крылов В.Н., Дерюгина А.В. Типовые изменения электрофоретической подвижности эритроцитов при стрессовых воздействиях // Бюлл. эксп. биол. и мед. 2005, № 4, 364-366.

10. Гаркави Л.Х. Активационная терапия. Ростов-на-Дону: Изд-во Рост. ун-та, 2006. 256 с.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ В НЕЙРОНАХ ГИППОКАМПА КРЫС

М. Батмунх¹, А.Н. Бугай¹, Л. Баярчимэг¹, О. Лхагва²

¹*Лаборатория радиационной биологии, ОИЯИ, г. Дубна, МО, Россия*

²*Национальный университет Монголии, г. Улан-Батор, Монголия*

В последние годы развитие радиационной терапии опухолей головного мозга, а также опасность для дальних космических полетов, возникающая от потока галактического космического излучения (ГКИ) из тяжелых частиц, привели к пересмотру устоявшихся положений о радиорезистентности центральной нервной системы (ЦНС) [1]. В экспериментальных условиях были выявлены изменения в ЦНС на различных уровнях, начиная с субклеточного и заканчивая поведенческими реакциями. Согласно современным данным [1-3] гиппокамп представляет собой одну из наиболее чувствительных областей ЦНС при действии ионизирующей радиации. С учетом этого разработка модельного подхода нейронных популяций и структур, входящих в эту область ЦНС, представляется крайне важной задачей при анализе нейрорадиобиологических эффектов ускоренных заряженных частиц, чему и посвящена настоящая работа.

В целях оценки начальных радиационно-индуцированных эффектов в ЦНС нами разработаны реалистичные и упрощенные модели нейронов гиппокампа для применения в микродозиметрических расчетах [4, 5]. Предложен расчётный метод, позволяющий моделировать физические, физико-химические и

химические процессы в различных типах нервных клеток, оценивать поглощенную дозу и выход продуктов радиолиза при облучении тяжёлыми заряженными частицами. В данной работе с применением упрощенных моделей нейронов смоделированы популяции нейронов в различных областях гиппокампа крыс и рассчитаны ключевые типы радиационных повреждений в чувствительных структурах нейронов при облучении. Гиппокамп крысы включал 1.84 миллиона основных типов клеток и гетерогенную популяцию интернейронов. В примере на Рис. 1 изображены процессы энерговыделения в треках заряженных частиц, попадающих в популяцию нервных клеток (2.1×10^4) гиппокампа крыс. Разработанный метод применён к описанию воздействия пучков протонов и тяжелых ионов высоких энергий с реальными потоками ГКИ. По результатам вычислений, моделирующих облучение различными заряженными частицами, выявлено большее количество поврежденных нейронов в зубчатой извилине, чем в CA1/CA2/CA3-областях гиппокампа крысы.

В итоге, выполнена теоретическая оценка первичных повреждений при энерговыделении и оксидации в критических структурах нервных клеток гиппокампа (отвечающей за функции пространственного обучения и памяти), что критически важно для оценки радиационных рисков.

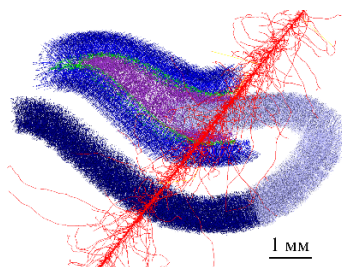


Рис. 1 Моделирование энерговыделения в популяции нервных клеток гиппокампа крыс при облучении. Нейроны в зубчатой извилине – выделены синим, в субгранулярной зоне – зеленым, в хилусе – фиолетовым, в CA1-области – темно синим и в CA2/CA3-областях – светло синим. Структура трека ионов ^{56}Fe (600 МэВ/нук) выделена красным.

Список литературы

1. Григорьев А.И., Красавин Е.А., Островский М.А. К оценке риска биологического действия галактических тяжёлых ионов в условиях межпланетного полёта // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова 99, 2013, 273-280.
2. Machida M., Lonart G., Britten R.A. Doses of ^{56}Fe HZE-Particle Radiation Lead to a Persistent Reduction in the Glutamatergic Readily Releasable Pool in Rat Hippocampal Synaptosomes // Radiation Research 174, 2010, 618-623.
3. Sokolova I.V. et al. Proton radiation alters intrinsic and synaptic properties of CA1 pyramidal neurons of the mouse hippocampus // Radiation Research 183, 2015, 208-218.
4. M. Batmunkh, O.V. Belov, L. Bayarchimeg, O. Lhagva, N.H. Sweilam, Estimation of the spatial energy deposition in CA1 pyramidal neurons under exposure to

12C and 56Fe ion beams, // J Radiat Res Appl Sci 8, 2015, 498-507. doi: 10.1016/j.jrras.2015.05.008

5. М. Batmunkh, А.Н. Bugay, L. Bayarchimeg, O. Lkhagva, "Radiation damage to nervous system: Designing of optimal models for realistic neuron morphology in hippocampus" // European Physics Journal-WoC, 173, 2017, 05004. doi: 10.1051/epjconf/201817305004.

ФИЗИЧЕСКИЕ И ФАРМАКОХИМИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОТ КОРПУСКУЛЯРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Т.М. Бульнина

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва, Россия
ГНЦ РФ - ИМБП РАН, г. Москва, Россия*

Одной из задач радиобиологии является поиск средств защиты организма от воздействия ионизирующего излучения. Перед нами была поставлена цель провести комплексную, с помощью физических и биологических экспериментов, оценку возможной модификации радиобиологического действия протонного пучка высоких энергий с помощью элементов радиационной защиты космического корабля и фармакологическими препаратами. При межпланетных космических полетах радиационная обстановка в дальнем космосе существенно сложнее, чем при орбитальных полетах, поэтому необходимо совершенствовать как физическую, так и биологическую защиту, разработать методы профилактики и лечения повреждений, вызываемых корпускулярными ионизирующими излучениями с различными значениями линейной передачи энергии. Существующие противолучевые средства предназначены для применения непосредственно перед кратковременным электромагнитным облучением (гамма и рентгеновскими лучами), либо в течение первых суток после радиационного воздействия, и практически непригодны, в частности, для оказания медицинской помощи при длительном облучении корпускулярным излучением с низкой мощностью дозы в условиях полета, что особенно актуально для космической медицины. В настоящее время нет систематизированных данных о влиянии протонного излучения на организм млекопитающих после прохождения через элементы физической защиты космического корабля, что также является чрезвычайно актуальным вопросом.

Были проведены исследования с использованием физической защиты в виде гребчатого фильтра, устанавливаемого на пути протонного пучка, а также элементов физической защиты, используемой в настоящее время на РС МКС изделие «Шторка защитная». Использование физической преграды в виде изделия «Шторка защитная», изготовленного из влажных гигиенических салфеток, и стеклянной пластины, имитирующей иллюминатор МКС установленная на пути протонов с энергией 171 МэВ повышает их ЛПЭ, что приводит к увеличению поглощенной дозы и усилению радиобиологического эффекта. Полученные данные указывают на исключительную актуальность всесторонней оценки

физической защиты от корпускулярного излучения, и для полной уверенности в выводах, основанных на математических расчётах. Необходимо проведение физических измерений и радиобиологических экспериментов на животных при анализе защитных свойств материалов и конструкций физической защиты. В таких экспериментах следует испытать реальные элементы оболочки проектируемых космических кораблей на их способность защищать животных от корпускулярного излучения, в частности, протонов различных энергий и тяжёлых заряженных частиц, с учётом вторичного излучения. Очевидно, что при длительных космических полетах необходима не только физическая защита экипажа, но также и фармакологическая с помощью специальных противолучевых лекарственных средств.

Установлена позитивная фармакологическая коррекция лучевого поражения при использовании вакцины «Гриппол» и антиоксидантов: водорастворимого фитомеланина в виде раствора в дистиллированной воде и рекомбинантной формы марганец содержащей супероксиддисмутазы. Вакцина «Гриппол» показала защитный эффект по показателю 30 суточной выживаемости при введении за 10 суток до воздействия протонного облучения в дозах 7–8,5 Гр. Водорастворимый фитомеланин обладает лечебным действием при остром и фракционированном гамма–рентгеновском и протонном излучении в дозах 2,5 – 7,5 Гр. Рекомбинантная форма марганец содержащая супероксиддисмутазы оказала лечебное действие при костномозговой форме ОЛБ протонного излучения в дозе 4 Гр. Полученные нами результаты позволяют рассматривать вакцину «Гриппол», гMnSOD и фитомеланин как перспективные средства профилактики и лечения поражений при радиационных инцидентах на космических аппаратах.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕПАРАЦИИ ДНК В КЛЕТКАХ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА ПОСЛЕ ДЕЙСТВИЯ ГАММА- ИЗЛУЧЕНИЯ ⁶⁰Co И УФ-ИЗЛУЧЕНИЯ

И.А. Варганова, Е.А. Никанорова, В.И. Нагиба,
Я.И. Медведев, К.Ю. Иванов.

ФГУП "РФЯЦ - ВНИИЭФ", г. Саров, Россия

Геном живых организмов подвергается постоянной атаке как различных физических (ультрафиолетовая и ионизирующая радиация) и химических (генотоксические и канцерогенные вещества) факторов окружающей среды, так и продуктов собственного метаболизма (свободные радикалы), которые могут повреждать ДНК клеток. Не будучи репарированными, повреждения ДНК могут инициировать каскад биологических реакций на клеточном, органном, организменном и популяционном уровне.

Одним из современных и весьма чувствительных методов регистрации повреждений ДНК и изучения репарации ДНК на уровне одиночных клеток является метод ДНК-комет (“Comet assay”). Использование щелочного варианта метода ДНК-комет позволяет оценивать, главным образом, выход одностранных разрывов и щелочнолабильных сайтов.

Несмотря на то, что механизмы повреждения ДНК гамма-квантами и УФ-лучами отличаются, механизмы репарации одонитевых разрывов ДНК имеют много общего, кроме того, механизмы неспецифической резистентности организма должны работать с одинаковой интенсивностью независимо от природы действующего фактора.

Исследования проводили на клетках крови 6 здоровых доноров-добровольцев (средний возраст 25 лет), не имеющих профессионального контакта с вредными факторами. Уровень повреждений ДНК определяли методом электрофореза единичных клеток в геле (метод ДНК-комет). Для тестирующего гамма-облучения крови использовали аттестованный гамма-источник ^{60}Co с мощностью дозы 1 Гр/мин. Рассчитывали индекс репарации ДНК, показывающий скорость репарации радиационно-индуцированных повреждений ДНК в течение 30 и 60 минут.

УФ-облучение клеток крови проводили с помощью УФ-облучателя «Филиппс» ($\lambda = 254$ нм) при мощности дозы 15 Дж/м²×с. Измеряли спонтанный уровень повреждений ДНК и остаточный уровень повреждений ДНК через 0, 30 и 60 минут после облучения.

В ходе проведённого анализа были выявлены сильные положительные корреляционные связи между индексами репарации повреждений ДНК, индуцированных гамма-излучением, и уровнем повреждений ДНК, вызванных эксцизией циклобутановых димеров нуклеиновых кислот после УФ-облучения.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что по максимальной величине эксцизии через 30-60 минут после действия УФ-излучения можно судить об активности ферментативной системы репарации радиационно-индуцированных повреждений ДНК в целом.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СЛУХОВОГО АНАЛИЗАТОРА ПРИ ДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ КВЧ-ДИАПАЗОНА ТЕПЛОВОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА АКУСТИЧЕСКИХ СТВОЛОВЫХ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ

И.А. Веселовский, Д.Б. Комаров, Т.В. Фомина, В.А. Ивашин

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России,
г. Москва, Россия*

Особенностью действия микроволнового излучения тепловой интенсивности на биообъекты является превращение электромагнитной энергии в тепло, что влечёт за собой нарушение терморегуляции. Одним из критических органов, подвергающихся неблагоприятному воздействию электромагнитного поля тепловой интенсивности, является головной мозг. В результате такого воздействия на ткани мозга может происходить неравномерный нагрев, за счёт различной насыщенности структур жидкостью. Таким образом, можно предположить развитие метаболических и даже органических нарушений в ткани

мозга. Одним из способов оценки функционального состояния структур головного мозга является анализ параметров акустических стволовых вызванных потенциалов (АСВП).

Целью исследования являлось определение состояния ЦНС биообъекта при воздействии электромагнитного поля (ЭМП) КВЧ-диапазона теплового уровня, используя метод АСВП. Исследование проводилось с использованием кроликов породы Советская шиншилла массой 2,5-3 кг ($n = 20$: 10 – опытных, 10 – контроль). Объект воздействия размещался на расстоянии 60 см от источника. Воздействие осуществлялось при интенсивности в $12,3 \text{ мВт/см}^2$ (с учетом погрешности измерений) в течение 5 минут.

Регистрация состояния ЦНС методом АСВП осуществлялась до воздействия, сразу после воздействия, на первые, третьи и седьмые сутки.

Анализ записи АСВП выявил изменения структуры вызванного потенциала с исчезновением некоторых пиков у трех кроликов сразу после воздействия по сравнению с контрольными данными. Через сутки после воздействия изменения наблюдались ещё у трёх кроликов. В дальнейшем у них отмечалась тенденция к дальнейшему ухудшению состояния, что свидетельствует о возможных изменениях в проводящих путях в стволе мозга. Следует отметить, что к концу наблюдения (7-е сутки) у трёх кроликов отмечалась тенденция к восстановлению.

Патологоморфологическое исследование не выявило никаких макроскопических изменений внутренних органов.

Результаты, полученные с использованием метода АСВП, показывают возможность влияния ЭМП тепловой интенсивности КВЧ-диапазона на функциональное состояние ЦНС.

АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ЗРИТЕЛЬНОМ АНАЛИЗАТОРЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ КВЧ-ДИАПАЗОНА ТЕПЛОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

И.А. Веселовский, А.С. Прокофьева, И.А. Дёшин, В.А. Ивашин

ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва, Россия

Анализ данных литературы показывает, что эффекты неблагоприятного воздействия электромагнитного поля (ЭМП) КВЧ-диапазона тепловой интенсивности определяются поглощением энергии в зависимости от содержания жидкости в органах. Таким образом, головной мозг и глаз, в первую очередь хрусталик, могут быть одними из критических органов при воздействии такого рода.

Цель данного исследования – определить последствия воздействия ЭМП теплового уровня на состояние глаза и зрительной системы.

Исследование проводилось на кроликах породы Советская шиншилла массой 2,5-3 кг ($n = 20$: 10 – опытных, 10 – контроль). Оценку глаза проводили при офтальмологическом обследовании и патологоморфологическом обследовании после эвтаназии. Оценка состояния зрительной системы

производилась методом регистрации зрительных вызванных потенциалов (ЗВП) с шахматным паттерном в качестве стимула. Офтальмологическое обследование и регистрацию ЗВП осуществляли до воздействия, сразу после воздействия, на первые, третьи и седьмые сутки. На восьмые сутки осуществляли патологоморфологическое исследование.

Животные находились на расстоянии 60 см от источника. Время облучения для каждого животного составляло 5 минут. Значение интенсивности, с учетом погрешности измерений, составляло 12,3 мВт/см². Облучение объектов проводили индивидуально.

По данным клинического осмотра, сразу после воздействия внешних изменений (эритемы, повреждения кожи век, повреждения слизистой оболочки) не было обнаружено. Изменения ЗВП имели динамику, при которой на первые сутки наблюдали снижение амплитуды пиков при сохранении их латентности.

Достоверные отличия по амплитуде между пиками наблюдали для N75-P100: 5,93±0,75 мкВ (фон: 11,68±2,54 мкВ), P100-N145: 5,68±1,13 мкВ (фон: 14,55±3,74 мкВ) на третьи и седьмые сутки, а для P100-N145 – на первые сутки после воздействия 5,99±0,69 мкВ.

Патологоморфологическое исследование не выявило никаких изменений в паренхиматозных органах. Изучение структуры глаза не выявило изменений роговицы, сетчатки, стекловидного тела. В тоже время, у 20% особей из опытной группы отмечалось выраженное помутнение хрусталика.

Таким образом, показана определенная опасность возникновения нарушений зрительной системы, связанная, в первую очередь, с изменением структуры хрусталика. Можно предположить, что при больших уровнях или с увеличением времени воздействия эффекты могли быть более выражены.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ФОКУСОВ γ H2AX В ПРОЛИФЕРИРУЮЩИХ И ПОКОЯЩИХСЯ ФИБРОБЛАСТАХ КОЖИ ЧЕЛОВЕКА ПОСЛЕ ДЕЙСТВИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ДОЗАХ 0-1000 мГр.

А.К. Грехова^{1,2}, М.В. Пустовалова², А.Н. Осипов²

¹Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, г. Москва, Россия

²ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва, Россия

Ионизирующее излучение (ИИ) вызывает множество разнообразных повреждений ДНК, среди которых наиболее критическими для дальнейшей судьбы клетки являются двунитевые разрывы. Известно, что клетки становятся более уязвимыми для радиационного воздействия во время деления. В связи с чем, целью данной работы являлось изучение закономерностей изменения количества фокусов γ H2AX (маркера двунитевых разрывов ДНК) в пролиферирующих и покоящихся фибробластах кожи человека в первые 24 часа после облучения в дозах 0-1000 мГр. Показано, что кинетика изменений количества фокусов γ H2AX в асинхронных фибробластах после воздействия

рентгеновского излучения в диапазоне малых доз (до 100 мГр) отличается от кинетики, наблюдаемой после облучения в средних дозах (100 - 1000 мГр). При воздействии радиации в средних дозах максимальное значение фокусов γ H2AX наблюдалось через 0,5 ч, затем их количество снижалось практически по экспоненциальной зависимости до контрольного уровня. При радиационном воздействии в малых дозах количество фокусов γ H2AX также достигало максимальных значений через 0,5 ч и оставалось на этом уровне в течение 2 ч, а к 24 ч после облучения их количество уменьшалось на ~ 47% от наблюдавшихся в точке максимума (0,5 ч). Для изучения кинетики изменения количества фокусов γ H2AX в пролиферирующих и покоящихся клетках использовали белок-маркер клеточной пролиферации – Ki-67. В ходе исследования было обнаружено, что **во всем изученном диапазоне доз** в пролиферирующих клетках **количество фокусов γ H2AX было выше, чем в покоящихся**. При более детальном исследовании пролиферирующих фибробластов с использованием белка маркера клеток в S/G2-фазе - CENPF было установлено, что количество фокусов γ H2AX было выше в субпопуляции CENPF+ клеток по сравнению с субпопуляцией CENPF- клеток. При этом необходимо отметить, что даже в контрольных (необлученных) CENPF+ клетках количество фокусов γ H2AX ~ в 6 раз ($p < 0.001$) превышало уровень фокусов γ H2AX в CENPF- клетках (14.24 ± 0.72 и 2.24 ± 0.22 , соответственно). Для облученных клеток количество фокусов γ H2AX в CENPF+ клетках было выше, чем в CENPF- клетках в ~1,9 раз, ~2,7 раза и ~3,7 раза для доз 1000 мГр, 250 мГр и 80 мГр, соответственно, независимо от времени после облучения. Таким образом, в ходе исследований показаны различия в кинетике изменения количества фокусов γ H2AX в пролиферирующих и покоящихся фибробластах кожи человека после облучения в диапазоне малых и средних доз.

ПЕРВИЧНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДОЗОВОЙ ЗАВИСИМОСТИ ЧАСТОТЫ ТРАНСЛОКАЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРЁХЦВЕТНОГО FISH-МЕТОДА ОКРАШИВАНИЯ ХРОСОМ

Е.И. Добровольская, В.Ю. Нугис, М.Г. Козлова, В.А. Никитина

ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва, Россия

Подсчёт аберраций хромосом с помощью их классической окраски в культурах лимфоцитов периферической крови является общепринятым методом биологической индикации дозы в ближайшие сроки после острого внешнего облучения в дозах, вызывающих развитие ОЛБ, и основан на определении частоты дицентриков, которая имеет тенденцию к снижению с течением времени. Для ретроспективной оценки дозы или её индикации при пролонгированном/хроническом облучении рекомендуется использовать FISH-окрашивание хромосом, которое позволяет выявлять реципрокные транслокации, не представляющие механического препятствия для протекания митоза и относящиеся поэтому к стабильному (во времени) типу перестроек хромосом. Для оценки дозы по средней частоте дицентриков обычно используют кривые доза-

эффект, полученные по результатам облучения крови здоровых доноров *in vitro*. Аналогичным образом было предложено поступать и для ретроспективной оценки дозы по частотам реципрокных транслокаций с помощью FISH-метода. В то же время долговременное цитогенетическое наблюдение за лицами, пострадавшими в результате реальных радиационных аварий на Чернобыльской АЭС (1986 г.) и в г. Гойянии, Бразилия (1987 г.) показало, что первоначальное предположение о сохранности индуцированных частот стабильных перестроек с течением времени после облучения оказалось соответствующим действительности только до уровня доз 0,8-2 Гр, хотя на практике, по-видимому, в подавляющем большинстве случаев необходимости осуществления ретроспективной оценки дозы этого вполне достаточно. Следует отметить, что до настоящего времени основным для цитогенетической ретроспективной оценки дозы является одноцветный вариант FISH-методики с использованием комплементарных к ДНК хромосом ДНК-зондов с присоединённым каким-то одним флуорохромным красителем. При этом обычно выбирают хромосомы из групп А, В и С, так как они являются наиболее крупными в кариотипе человека. С другой стороны, исследователи, по-видимому, не хотят ограничиваться наибольшими хромосомами только из группы А, хотя в целом большинство исходит из гипотезы о зависимости вероятности вовлечения каждой данной хромосомы в перестройку только от количества содержащееся в ней ДНК. Однако было бы интересно и полезно узнать, насколько может повлиять на чувствительность FISH-метода регистрация обменов не только между тремя выбранными FISH-окрашенными и контрокрашенными хромосомами, но и между самими этими FISH-окрашенными хромосомами. Для этого необходимо использовать трёхцветный вариант данной методики.

Материалом для данного первичного цитогенетического исследования послужила полученная из кубитальной вены кровь одного здорового донора мужского пола (возраст: 41 год). Радиационное воздействие производилось *in vitro* при комнатной температуре гамма-лучами ^{60}Co на терапевтической установке «Луч» в дозах 0,10; 0,15; 0,25; 0,35; 0,50; 0,75; 1,00; 1,50; 2,00 и 3,00 Гр (мощность дозы равнялась 0,5 Гр/мин). Также одна проба осталась необлучённой для регистрации контрольного уровня aberrаций хромосом. Облучённая и необлучённая кровь была использована для постановки в стерильных условиях 50-часовых культур лимфоцитов периферической крови в соответствии с принятой в лаборатории методикой, которая в целом аналогична подходу, представленному в рекомендациях МАГАТЭ (2011 г.). Препараты хромосом также готовили стандартным способом. При выполнении трёхцветного FISH-метода окрашивания хромосом использовали готовые наборы ДНК-зондов к парам целых хромосом №№ 1, 4, 12 и №№ 2, 3, 8 (контркраситель – DAPI) фирмы «MetaSystems». Следует отметить, что по суммарному относительному содержанию ДНК оба эти набора близки друг к другу. Доля ДНК в них по отношению к диплоидному набору хромосом у мужчин равняется 0,1917 и 0,1966 соответственно. При обработке и окраске препаратов хромосом руководствовались прилагаемой к набору фирменной инструкцией.

При FISH-цитогенетическом анализе различали стабильные и нестабильные клетки, что связано с упомянутым выше снижением уровней реципрокных транслокаций при реальном наблюдении за облучёнными лицами для доз больше 0,8-2 Гр по сравнению с ожидаемыми по результатам исходного определения частоты дицентриков в ближайшие сроки после облучения. Данный эффект обусловлен совместным нахождением стабильных и нестабильных aberrаций в одних и тех же клетках и их совместной элиминацией при репродуктивной гибели клеток из-за наличия нестабильных перестроек хромосом. Поэтому ряд авторов предложили при ретроспективной оценке по FISH-методу подсчитывать перестройки хромосом только в стабильных клетках. Сравнение между собой частот транслокаций в стабильных и нестабильных клетках и при использовании разных наборов ДНК-зондов с использованием G-критерия знаков для двух связанных выборок позволило сделать следующие выводы.

1. При применении любого из двух наборов ДНК-зондов частоты FISH-регистрируемых транслокаций во всех (стабильных и нестабильных) клетках существенно не отличались от аналогичной величины только в стабильных клетках: $p = 0,724$ и $0,131$ для 1, 4 и 12 и для 2, 3 и 8 пар хромосом соответственно.

2. При объединении всех данных независимо от выбранного набора ДНК-проб в диапазоне всех доз радиационного воздействия от 0,1 до 3,0 Гр частоты транслокаций во всех и стабильных клетках также значимо не различались друг от друга с $p = 0,628$. Однако при сужении диапазона доз (0,75-3,0 Гр) уровень значимости снижался до $p = 0,114$.

3. При сравнении частот транслокаций, выявляемых с помощью разных наборов ДНК зондов для 1, 4 и 12 и для 2, 3 и 8 пар хромосом, статистически существенные различия также отсутствовали во всех и стабильных клетках: $p = 0,343$ и $0,114$ соответственно.

Для получения надёжных статистически значимых результатов и построения кривых доза-эффект для ретроспективной дозовой оценки с помощью трёхцветной FISH-методики в дальнейшем планируется продолжить данное исследование с использованием крови других здоровых доноров.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТА РЕКСОД® В КАЧЕСТВЕ РАДИОПРОТЕКТОРНОЙ ЗАЩИТЫ В РАДИАЦИОННОЙ МЕДИЦИНЕ

Д.А. Егорова¹, И.В. Чурилова¹, О.В. Терехов²

¹ФГУП «Гос НИИ ОЧБ» ФМБА России, г. Санкт-Петербург, Россия

²ООО «Центр Реабилитации», г. Обнинск, Россия

Сегодня невозможно представить современную медицину без применения высокоэффективных методов диагностики и лечения с использованием радиоактивных изотопов. Применение ионизированного облучения как для процедуры диагностического сканирования, так и в практике лечения

онкологических заболеваний чревато возникновением ряда побочных эффектов различной степени выраженности.

В группе риска находятся не только пациенты, но также и лица, профессиональная деятельность которых связана с источниками ионизирующих излучений.

В патогенезе возникающего таким образом радиационного стресса, согласно литературным данным, решающую роль играют генерация активных форм кислородных радикалов (АФК) при разложении воды, повреждение тканей и клеточных структур при свободнорадикальном окислении, нарастающий антиоксидантный дефицит, нейроэндокринная и иммунная дисрегуляция. При участии фагоцитирующих клеток образуется дополнительный пул АФК.

При применении лучевой терапии в ходе лечения злокачественных новообразований лучевые повреждения здоровых тканей вблизи опухоли считаются одним из наиболее тяжелых побочных эффектов.

При невозможности снизить или избежать высоких доз ионизирующего излучения, актуальны вопросы минимизации токсических эффектов и усиление компенсаторно-репаративных механизмов адаптации. Как было отмечено на 36-ой ежегодной научной встрече Общества интервенционной радиологии, проходившей в Чикаго, в результате предварительного приема ряда антиоксидантов (АО) перед диагностическим сканированием было показано заметное дозозависимое сокращение повреждения ДНК. Учитывая роль АФК в патогенезе радиационного стресса, применение АО вполне обосновано. В первую очередь представляется логичным использование ферментных АО, нейтрализующих первичные АФК, что позволит блокировать дальнейшее развитие патологии. Фермент супероксиддисмутазы (СОД) нейтрализует супероксид-анион радикал, который играет решающую роль в усилении первоначального радиационного воздействия.

Согласно данным иммунохимических исследований, степень радиорезистентности органов тесно связана с содержанием в них СОД. Установлено также, что при облучении даже очень высокими дозами гамма лучей в присутствии СОД, резко снижается количество морфологически измененных клеток и увеличивается их выживаемость. По мнению ряда исследователей, радиозащитный эффект СОД связан с предотвращением поврежденных сульфгидрильных групп и липидных структур биомембран и замедлением развития цепных реакций.

Первым радиопротекторным препаратом на основе СОД, зарегистрирован препарат Пероксинорм (Германия). Получены данные о применении препарата для уменьшения нежелательных последствий радиотерапии при злокачественных новообразованиях у больных с опухолями мочевого пузыря.

В ФГУП «Гос.НИИ ОЧБ» ФМБА России разработан отечественный лекарственный препарат Рексод® – лиофилизат для приготовления раствора для инъекций (ЛСР-007164/09-100909), основным действующим веществом которого является рекомбинантная супероксиддисмутазы человека.

Результаты проведения оценки радиозащитных свойств препарата Рексод® на двух видах лабораторных животных, подвергавшихся воздействию ионизирующей радиации в 2-х дозовых диапазонах (средне- и абсолютно летальные дозы) убедительно свидетельствуют о наличии выраженных противолучевых свойств у препарата Рексод®. В лабораторных условиях определялись следующие интегральные характеристики: выживаемость, средняя продолжительность жизни погибших животных, основные показатели состояния периферической крови и костного мозга. Доза введения препарата за 1 час до облучения - 0,195 мг/кг, доза введения препарата за 1 час после облучения - 0,065 мг/кг, внутривенно. Наиболее эффективной во всех дозовых диапазонах оказалась схема двойного введения препарата – за 1 час до и через 1 час после облучения. Введение Рексод® продемонстрировало достоверное повышение количества эритроцитов и лейкоцитов в периферической крови по сравнению с облученным контролем. Полученные результаты дали основание полагать, что радиозащитное действие препарата Рексод® реализуется при модификации основных синдромов лучевой болезни – кишечного и костномозгового.

Оценку эффективности препарата Рексод® в качестве профилактики развития лучевых реакций и поздних лучевых повреждений у больных во время и после проведения лучевой терапии проводили в различных отделениях МРНЦ РАМН. Были обследованы 55 пациентов со злокачественными заболеваниями различных областей (рак тела и шейки матки, рак вульвы, рак мочевого пузыря и предстательной железы, рак молочной железы, центральный и периферический рак лёгкого, саркома мягких тканей, опухоли головы и шеи). Рексод® вводили ежедневно внутривенно в физиологическом растворе в дозе 16 мг (1 группа) или в дозе 32 мг (2 группа). Препарат использовали в последние пять дней проведения лучевой терапии, либо в любой период проведения лучевой терапии при появлении первых признаков лучевых реакций. Была показана хорошая переносимость препарата, применение Рексод® привело к снижению числа ранних лучевых реакций более чем у 73 % больных во время проведения лучевой терапии. Наиболее эффективной показана разовая доза 32 мг. Данная дозировка препарата статистически достоверно предотвращает развитие ранних лучевых реакций.

Конкурентными преимуществами Рексод® является то, что препарат, являясь очевидным радиопротектором, не снижает основной цитолитический и цитостатический эффект от ионизирующего излучения, и, таким образом, не воздействует на основной противоопухолевый эффект лучевой терапии.

Обнаруженные в результате проведенных исследований противолучевые эффекты препарата Рексод® соответствуют требованиям, предъявляемым к радиопрофилактическим и радиотерапевтическим препаратам, которые применяются для купирования побочных эффектов лучевой терапии. Относительно невысокие эффективные дозы, длительность действия, отсутствие токсичности и побочных эффектов, выраженные гемостимулирующие свойства дают существенные основания для включения препарата Рексод® в схемы сопроводительной терапии при облучении онкологических больных, а также

других ситуаций, связанных с воздействием продолжительного низкоинтенсивного облучения, где целесообразно применение данного препарата.

СВЯЗЬ ПОЛИМОРФИЗМОВ ГЕНОВ ИНТЕРЛЕЙКИНОВ С КОЛИЧЕСТВЕННЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ИММУНОКОМПЕТЕНТНЫХ КЛЕТОК У ЛИЦ, ПОДВЕРГШИХСЯ ХРОНИЧЕСКОМУ РАДИАЦИОННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

А.И. Котикова^{1,2}, Е.А. Блинова^{1,2}, А.А. Аклеев^{1,3}

¹*Уральский научно-практический центр радиационной медицины,
г. Челябинск, Россия*

²*Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия*

³*Южно-Уральский государственный медицинский университет,
г. Челябинск, Россия*

Длительное радиационное воздействие в диапазоне малых доз и низких мощностей доз может вызывать развитие отдаленных медицинских эффектов облучения. У жителей прибрежных сел реки Теча, подвергшихся хроническому низкоинтенсивному радиационному воздействию, в отдаленные сроки регистрируется повышенный риск развития солидных опухолей и лейкозов, повышение частоты хромосомных aberrаций, числа клеток с блоком клеточного цикла, мутаций в гене Т-клеточного рецептора, а также нарушения со стороны иммунной системы, выражающиеся в снижении числа нейтрофилов в крови и повышении уровней сывороточных провоспалительных цитокинов, в частности, TNF α .

Чувствительность клеток к генотоксическому действию ионизирующего излучения определяется работой защитных систем, включающих в себя процессы репарации ДНК, апоптотическую гибель клеток, работу антиоксидантной и иммунной систем. Факторы иммунной системы распознают и элиминируют из организма трансформированные клетки, экспрессирующие продукты изменённых (мутировавших) или чужеродных генов. Вариабельность иммунологической активности может быть обусловлена генным полиморфизмом, что, в свою очередь, определяет индивидуальную радиочувствительность человека.

Целью данной работы являлось исследование связи полиморфных участков генов, кодирующих регуляторные цитокины, с количественными показателями иммунокомпетентных клеток.

В работе был проведён анализ связи полиморфных участков генов иммунной системы: IL1b rs1143634, IL2 rs2069762, IL4 rs2070874, IL6 rs1800795, IL8 rs4073, IL10 rs1800871, IL10 rs1800872, TNF α rs361525 с показателями иммунитета. В качестве иммунологических показателей были выбраны: численность популяций моноцитов, нейтрофилов, Т-клеток (CD3+-лимфоцитов), Т-хелперов (CD3+CD4+-лимфоцитов), Т-киллеров (CD3+CD8+-лимфоцитов), NK-клеток (CD3-CD16+56+-лимфоцитов), NKT-клеток (CD3+CD16+56+-лимфоцитов), В-клеток (CD19+-лимфоцитов) в периферической крови.

Характеристика обследованных лиц

Исследование проводилось у лиц, подвергавшихся хроническому низкоинтенсивному радиационному воздействию в результате загрязнения радиоактивными отходами реки Теча производственным объединением «Маяк». В группу исследования были включены люди, проживавшие в одном из 38 прибрежных сел реки Теча с 1950 по 1960 годы и родившиеся до 1949 года включительно. В эту группу вошли 224 человека, имеющие рассчитанные индивидуальные дозы облучения на красный костный мозг (средняя поглощенная доза составила $1 \pm 0,05$ Гр, диапазон доз от 0,001 Гр до 4,2 Гр). В группу исследования не были включены люди, имевшие контакт с опасными химическими веществами в процессе профессиональной деятельности, а также лица с аутоиммунными заболеваниями, сахарным диабетом, онкопатологиями и продолжительно принимающие антибиотики и гормональные препараты. Все лица, вошедшие в исследование, прошли наблюдение и лечение в клиническом отделении УНПЦ РМ в разные годы.

Образцы ДНК

Для генотипирования использовались замороженные при -80°C образцы ДНК, полученные из банка тканей ФБГУН УНПЦ РМ, которые ранее были выделены из крови методом фенол-хлороформной экстракции. Генотипирование образцов и детекция результатов проводились методом ПЦР в реальном времени на приборе «Applied Biosystems StepOnePlus» (США) с использованием наборов реагентов «ФЛЭШ» производства фирмы «Test-Gen» (Россия). Смесь реагентов для амплификации готовилась согласно инструкции производителя к конкретному набору. Данные генотипирования анализировались с помощью программы StepOne Software (Applied Biosystems, США) и были представлены в виде графика аллельной дискриминации.

Статистический анализ

Статистическую обработку результатов проводили с использованием веб-инструмента SNPstats с рассмотрением доминантной и рецессивной моделей. Корреляционный анализ по методу Спирмана был проведен в программе SigmaPlot.

Результаты исследования

Корреляционный анализ не выявил зависимости исследуемых иммунологических показателей, а именно численности популяций моноцитов, нейтрофилов, Т-клеток (CD3+-лимфоцитов), Т-хелперов (CD3+CD4+-лимфоцитов), Т-киллеров (CD3+CD8+-лимфоцитов), НК-клеток (CD3-CD16+56+-лимфоцитов), НКТ-клеток (CD3+CD16+56+-лимфоцитов), В-клеток (CD19+-лимфоцитов) в периферической крови от кумулятивной дозы облучения на красный костный мозг.

При анализе связи полиморфизмов с исследуемыми показателями было выявлено, что у носителей аллеля С (генотип С/С) полиморфизма rs2069762 гена IL2 наблюдается повышение относительного (2,68 (95% ДИ 0,90-4,46), $p=0,003$) и

абсолютного (0,07 (95% ДИ 0,03-0,12), $p=0,002$) количества CD3+CD16+CD56+ клеток, а также относительного количества CD3+-лимфоцитов (4,16 (95% ДИ 0,46-7,87), $p=0,029$) по сравнению с гомозиготами и гетерозиготами по условно нормальным аллелям (генотипы A/A и A/C). IL-2 является провоспалительным цитокином, мишенями его регуляторного действия являются, прежде всего, различные субпопуляции Т-лимфоцитов, для которых он служит фактором роста, а также В-клетки и натуральные киллеры.

Для полиморфизма IL6 rs1800795 установлено повышение относительного количества CD4+-лимфоцитов (2,89 (95% ДИ 0,26-5,53), $p=0,033$) в доминантной модели (генотипы G/C–C/C) и абсолютного числа этих клеток (0,17 (95% ДИ 0,01-0,33), $p=0,045$) в рецессивной модели (генотипы C/C).

У носителей аллеля С (генотип C/C) полиморфизма rs3212227 гена IL12 наблюдается увеличение количества В-лимфоцитов (CD19+-лимфоциты) (2,75 (95% ДИ 0,20-5,29), $p=0,036$) по сравнению с гомозиготами и гетерозиготами (генотипы A/A и A/C).

Таким образом, по результатам проведенного исследования можно сделать вывод о том, что полиморфные участки генов, кодирующих цитокины, могут опосредованно влиять на количественные показатели клеток иммунной системы.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ С РАЗЛИЧНЫМ НАПРАВЛЕНИЕМ ПЛОСКОСТИ ВРАЩЕНИЯ

Н.В. Лопаткина, И.А. Синельникова, Е.П. Лобкаева

ФГУП «РФЯЦ ВНИИЭФ», г. Саров, Россия

Электромагнитное поле (ЭМП) с вращающейся плоскостью поляризации стало частью жизни современного человека, особенно, групп профессионального риска. Имеются данные о том, что эффективность по-разному поляризованного поля неодинакова. Это наблюдается на всех уровнях организации, от биохимических процессов до клинических явлений. В некоторых работах приводятся свидетельства того, что поляризация электромагнитного поля дециметрового диапазона приводит к модификации биологических эффектов ЭМП у экспериментальных животных со стороны высшей нервной деятельности, прежде всего на уровне поведенческого ответа. Имеются примеры зависимости направленности влияния на когнитивные функции ЭМП с различным направлением вращения плоскости поляризации [1-3].

Целью данной работы являлось исследование влияния электромагнитного поля с круговой поляризацией (левой и правой) на поведение лабораторных животных.

Объектом исследования являлись белые беспородные крысы-самцы. Воздействие оказывали немодулированным электромагнитным полем частотой 1 ГГц. Среднее значение плотности потока энергии составляло 19,0 мкВт/см². Поведение крыс изучали с помощью методики «Открытое поле» [4].

Показали, что воздействие ЭМП с правой поляризацией (R) привело к увеличению продолжительность латентного периода адаптации на 75 % относительно контроля, после воздействия ЭМП с левой поляризацией (L) латентный период адаптации уменьшился на 15 %. При том, что отклонения от контрольного уровня не были статистически значимыми, разница между показателями опытных групп (R и L) достигла уровня статистической достоверности ($p \leq 0,05$).

В обеих опытных группах было статистически значимое увеличение количества вертикальных амбуляций, составившее 63 % и 72 % соответственно ($p \leq 0,05$).

Исследование активности животных в центре арены «открытого поля» показало, что воздействие ЭМП с левой поляризацией (L), привело к увеличению количества горизонтальных амбуляций во внутренних секторах в 2,5 раза, сочетающееся, однако, с увеличением на 42 % продолжительности латентного периода возвращения во внутреннюю область.

При исследовании эмоциональной сферы зарегистрировали уменьшение длительности реакции пассивно-оборонительного поведения, составившее после воздействия ЭМП с правой поляризацией (R) 20 %, а после воздействия ЭМП с левой поляризацией (L) 45 % ($p \leq 0,05$). Причём, если в группе (R) изменения были обусловлены уменьшением на 38 % длительности пассивного поведения, то в группе (L) столь значимый эффект был предопределён как уменьшением длительности пассивного поведения на 32 %, так и уменьшением (вдвое) времени полного замирания. Также после воздействия ЭМП с левой поляризацией (L) отмечали снижение интенсивности реакции дефекации на 26 %.

При исследовании особенностей реализации грумингового поведения у животных в опытных группах наблюдали увеличение общей продолжительности реакции груминг относительно контроля на 19 % (R) и 58 % (L), соответственно.

Воздействие ЭМП с правой поляризацией (R) привело к увеличению на 42 % частоты актов шорт-груминга, количества встряхиваний на 28 %, а также числа чиханий на 39 %. После воздействия ЭМП с левой поляризацией (L) зарегистрировали увеличение на 39 % количества чиханий.

Таким образом, установили, что воздействие кругового ЭМП с право- и левосторонним направлением вращения плоскости поляризации приводит к смещению баланса поведенческой активности и пассивности в сторону уменьшения доли пассивно-оборонительных паттернов и повышения психомоторной реактивности, активной форме проявления тревожности. Более заметные эффекты получены при использовании ЭМП с левой поляризацией.

Список литературы

1. Андреев С.С. Влияние электромагнитного излучения радиочастотного диапазона на когнитивную функцию у крыс / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. - Челябинск, 2009. – 24 с.
2. Темурьянц Н.А. Некоторые причины невоспроизводимости результатов исследований биологической эффективности слабых ПЕМП СНЧ / Темурьянц

Н.А., Грабовская Е.Ю., Нагаева Е.И. / Геополитика и экогеодинамика регионов, 2007. - Т.3. № 1. - С. 46 – 58.

3. Дзензерский В.А. Методология и аппаратная реализация магнитомиллиметровой терапии / Дзензерский В.А., Деньга О.В., Плаксин С.В., Соколовский И.И., Соколовская Л.В. / Актуальные проблемы транспортной медицины, 2010. - № 1 (19). - С. 87 – 102.

4. Буреш Я. Методики и основные эксперименты по изучению мозга и поведения: Пер. с англ. Е.Н. Живописцевой / Буреш Я.и др. – М, 1991. – 399 с.

ДИСРЕГУЛЯТОРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ИММУНИТЕТА ПРИ ЛУЧЕВЫХ ПОВРЕЖДЕНИЯХ ЛЕГКИХ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕМ РЕГУЛЯТОРНЫХ Т-КЛЕТОК

Т.Ю. Мушкарина, Е.Г. Кузьмина, Т.В. Константинова,
Н.П. Сироткина, В.Г. Курасова

*МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии»
Минздрава России, г. Обнинск, Россия*

Введение

После проведения лучевой терапии, применяемой как в самостоятельном виде, так и в комбинированном варианте лечения злокачественных новообразований, могут формироваться лучевые повреждения. Частота их развития колеблется от 5 до 30%. Патогенез лучевых повреждений имеет мультифакторную природу и зависит от схемы планирования, условий проведения лучевой терапии, индивидуальной радиочувствительности, сопутствующих заболеваний. Молекулярные и клеточные изменения при их возникновении, в частности связанные с отклонениями в работе иммунной системы, изучены недостаточно. Ключевая роль в поддержании гомеостаза иммунных реакций принадлежит регуляторным Т-клеткам, супрессирующим избыточный иммунный ответ. Поэтому выяснение характера основных нарушений иммунитета в сочетании с величиной популяции регуляторных Т-клеток при лучевых повреждениях является остроактуальной задачей.

Цель данной работы - выполнить многомерный анализ состояния иммунной системы при лучевых повреждениях легких и оценить участие регуляторных Т-клеток в проявления иммунной дисрегуляции.

Для достижения цели сформулированы и решены следующие задачи:

1. Имунокомпетентные клетки кооперированы по типу и степени их вклада в функционирование иммунной системы при лучевых повреждениях легких методом главных компонент.

2. Оценено действие регуляторных Т-лимфоцитов на клетки иммунитета и их функциональную активность методом корреляционного анализа.

Материалы и методы

В исследование включены иммунограммы 45 пациентов до лечения лучевого пневмофиброза легких. Повреждения развились в среднем через 7 лет после комбинированного лечения рака легкого, молочной железы и лимфомы Ходжкина (суммарная очаговая доза 30-70Гр). В анализ взяты 52 иммунологических показателя: относительное и абсолютное количество Т-, В-, НК-лимфоцитов (CD3+, CD19+, CD16+56+); хелперная и цитотоксическая субпопуляции Т-клеток (CD4+, CD8+); активированные лимфоциты и Т-клетки (HLA-DR+, CD3+HLA-DR+); регуляторные Т-клетки (CD45+CD4+CD25+CD127-); активация апоптоза лимфоцитов и Т-хелперов (CD3+CD95+, CD4+CD95+); соотношение наивных и клеток памяти среди лимфоцитов и хелперной субпопуляции (CD45RA+CD45RO-, CD45RA-CD45RO+, CD4+CD45RA+CD45RO-, CD4+CD45RA-CD45RO+); пролиферация лимфоцитов, индуцированная ФГА (РБТЛ); иммуноглобулины М, G, А классов сыворотки крови и функция фагоцитов. Контрольная группа - 100 практически здоровых людей по клинико-лабораторным данным. Статистическая обработка данных выполнена в программе «STATISTICA 8.0».

Основные результаты

Массив значений по 52 параметрам после статистического анализа был разбит на главные компоненты. В описание включены первые семь, показывающие основные существенные взаимодействия между клетками. Первая компонента составляет 12% от общей дисперсии. Она содержит абсолютные значения Т-, В-, НК-лимфоцитов; показатели функционального состояния Т-клеток (абсолютные значения наивных и клеток памяти, регуляторных Т-лимфоцитов и лимфоцитов, активированных маркером апоптоза). Значимость соотношения Т-хелперных и Т-цитотоксических лимфоцитов, а также процентное число Т-хелперов с инициацией клеточной гибели выявляется во второй компоненте (6,4%). Совместный вклад в общую дисперсию (10,9%) третьей и четвертой компоненты определяется процессами активациями Т-клеток. Последующие три фактора (вес каждого по 4%) характеризуют, соответственно, связь клеточной гибели лимфоцитов и фагоцитоза; уровня В-клеток и спонтанной пролиферации в реакции бласттрансформации лимфоцитов; роли НК-лимфоцитов, активации, гибели Т-клеток и фагоцитоза.

С помощью корреляционной матрицы установлена разнонаправленность взаимосвязей, оказываемых относительным и абсолютным уровнем регуляторной Т-популяции на другие типы клеток. Показано, что с возрастанием процента регуляторных Т-лимфоцитов супрессируются реакции Т-клеточного иммунитета: Т-хелперы; пролиферация в реакции бласттрансформации лимфоцитов; Т-клетки, меченные доменом смерти; снижается соотношение наивных лимфоцитов и клеток памяти. Также снижается уровень В-клеток и концентрация иммуноглобулинов М и G классов. Уменьшение процента наивных Т-клеток и повышение уровня Т-клеток памяти отражают сокращение регенеративного потенциала организма и увеличение объема информации о встречах с агентами

аллергенной, инфекционной и опухолевой природы. Прямая корреляция отмечена между относительным числом регуляторных Т-клеток и процентом цитотоксических Т-лимфоцитов, поздней активацией лимфоцитов и Т-клеток, что характеризует высоту иммунного ответа на вирусную, бактериальную инфекцию и компоненты опухолевых антигенов. Абсолютное число регуляторных Т-клеток обратно коррелирует с процентным количеством активированных, наивных клеток лимфоцитарного пула и NK-лимфоцитов, отражая широкий диапазон угнетающего воздействия регуляторов. Прямая зависимость связывает абсолютное значение регуляторных Т-клеток с числом общих Т-клеток, Т-хелперов и Т-цитотоксических лимфоцитов, что, возможно, отражает параллельную генерацию разных типов клеток иммунитета. Прямая связь также присутствует между регуляторными Т-клетками, числом лимфоцитов памяти и Т-хелперов памяти.

Заключение

Лучевые повреждения легких развиваются на фоне повышения процентного содержания регуляторных Т-лимфоцитов, который коррелирует со значительным дефицитом лимфоцитов Т-клеточного звена иммунитета. Повышенная гибель и снижение популяции Т-клеток не компенсируются ростом пула В- и NK-лимфоцитов, отмечается лишь их относительное повышение. Сокращение пула Т-хелперов при сохранении числа Т-цитотоксических лимфоцитов нарушает важный механизм, регулирующий соотношение клеточного и гуморального типов реакций иммунной системы, снижая их нормальный баланс. Отмеченные изменения в нормальном балансе наивных и клеток памяти Т-хелперных лимфоцитов, со значительным преобладанием Т-клеток памяти, свидетельствуют о преобладании процессов истощения регенеративных возможностей организма, накопления объема информации о встречах с агентами аллергенной, инфекционной и опухолевой природы.

СРАВНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ У МЫШЕЙ, ЭКСПОНИРОВАННЫХ НА БИОСПУТНИКЕ «БИОН – М №1», И ПОСЛЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБЛУЧЕНИЯ

О.В. Никитенко

ГНЦ РФ – ИМП РАН, г. Москва, Россия

ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва, Россия

Радиационное излучение является одним из главных факторов космического полета, способным оказать негативное воздействие на организм космонавта. Одновременно с началом космических полетов возникла задача оценки опасности хромосомных повреждений, так как доза, способная вызвать цитогенетические нарушения, не имеет порога. Данные о биомедицинских

эффектах малых доз облучения многочисленны, в том числе на ЦНС, и, в ряде случаев, противоречивы. Целью нашей работы стало исследование биологических эффектов у мышей, экспонированных на биоспутнике «БИОН-М1», и после экспериментального облучения.

Полет космического аппарата «БИОН-М» №1 проходил по околокруговой орбите высотой 575 км в течение 30 суток. Наш фрагмент работы осуществлялся на самцах мышей C57/BL6N, полученных из питомника ФИБХ РАН (г. Пушино), в возрасте на момент начала эксперимента 19-20 недель.

Наземные исследования осуществлялись на аутбредных мышах ICR (CD-1) – SPF категории, а также конвенциональных F1(CBA×C57Bl) самцах и самках в возрасте от 1,5 до 4 месяцев с массой тела от 20 до 35 грамм. Экспериментальные животные были подвергнуты тотальному одностороннему облучению ^{60}Co на установке «Рокус-М» МТК ОИЯИ в дозах 5, 10, 15, 25, 50, 75, 100, 200 мГр, с мощностью дозы 6,9 мГр/мин. Облучение в дозах 25, 50, 100, 200, 250 и 400 сГр также проводили на установке «Рокус-М» со средней мощностью дозы порядка 100 сГр/мин. Эвтаназию животных осуществляли путем цервикальной дислокации через 21-22 часа после облучения.

В ходе космического полета на биоспутнике «БИОН-М» №1 произошло снижение пролиферативной активности клеток костного мозга мышей и увеличение числа aberrантных митозов в них.

В экспериментах с гамма-облучением в диапазоне доз до 20 сГр имеет место достоверное дозозависимое снижение числа кариоцитов в костном мозге. В большинстве групп мышей, облученных в дозах от 20 сГр до 400 сГр, отмечено статистически достоверное дозозависимое снижение числа кариоцитов в костном мозге в сравнении с биоконтролем.

Митотическая активность клеток костного мозга либо не менялась, либо даже повышалась при дозах 7,5 и 20 сГр. При дальнейшем увеличении дозы облучения имеет место дозозависимое снижение митотического индекса.

В диапазоне доз от 1 сГр до 7,5 сГр отмечается дозозависимое повышение выхода aberrантных митозов, однако при дальнейшем увеличении дозы до 20-25 сГр выход aberrаций несколько снижается. В последующем, начиная с дозы 50 сГр и до 400 сГр, зарегистрировано дозозависимое увеличение выхода aberrантных клеток.

Таким образом установлено, что при облучении экспериментальных животных в области малых и очень малых доз отмечено дозозависимое снижение числа кариоцитов в костном мозге, увеличение митотического индекса и aberrантных митозов клеток костного мозга. У экспериментальных животных, подвергнутых воздействию γ -излучения в средних и больших дозах, отмечено дозозависимое снижение числа кариоцитов в костном мозге, снижение митотического индекса и увеличение числа aberrантных митозов. Полученные нами данные могут быть использованы для расширения представлений о радиационном гормезисе, ускоренном старении, онкотрансформации, регламентировании допустимых доз облучения и др.

РАННИЕ И ОТДАЛЕННЫЕ ЭФФЕКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ ДОЗАХ В МЕЗЕНХИМАЛЬНЫХ СТВОЛОВЫХ КЛЕТКАХ КОСТНОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА

М.В. Пустовалова^{1,2}, А.К. Грехова^{1,2,3}, А.Н. Осипов^{1,2}

¹ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва, Россия

²ФГБУ науки Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, г. Москва, Россия

³ФГБУ науки Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, г. Москва, Россия

Мезенхимальные стволовые клетки человека (МСК) играют важную роль в репарации различных повреждений органов и тканей взрослого организма. Способность дифференцироваться в различных направлениях, сильные иммуномодулирующие свойства, а также секреция противовоспалительных молекул позволяют МСК быть эффективным инструментом для лечения различных патологий, в т.ч. для устранения последствий лучевой терапии. В то же время, в клинической практике клеточная терапия нередко сопровождается различными рентгеновскими диагностическими процедурами, во время которых происходит облучение тканей в малых дозах (до 100 мГр). Образующиеся в результате воздействия ионизирующего излучения (ИИ) двунитевые разрывы ДНК (ДР ДНК) являются наиболее критичными повреждениями для дальнейшей судьбы клетки, поскольку в дальнейшем они могут привести к преждевременному старению, гибели клеток, инактивации генов супрессоров опухолей или активации онкогенов. В свою очередь, МСК, обладающие высоким пролиферативным потенциалом, могут накапливать нарушения и мутации с последующей их передачей более высокодифференцированным клеточным потомкам. В ходе настоящей работы с помощью иммуноцитохимических методов и анализа старение-ассоциированной β -галактозидазы (SA- β -gal) было проведено сравнительное исследование как ранних (до 24 ч), так и отдаленных (до 11 пассажей) эффектов воздействия рентгеновского излучения в малой (80 мГр) и средней (1000 мГр) дозах в культивируемых МСК костного мозга человека. Было показано, что в отличие от облучения в средней дозе, когда через 24 ч наблюдалось снижение фокусов γ H2AX (маркер ДР ДНК) и pATM практически до контрольных значений, облучение в малой дозе вызывает феномен длительного (до 24 ч) поддержания повышенного количества фокусов γ H2AX. Однако эти фокусы не были солокализированы с фокусами pATM и наблюдались только в пролиферирующих (Ki67+) клетках. При анализе отдаленных эффектов было показано, что облучение в дозе 1000 мГр приводит к статистически достоверному ($p < 0.05$) увеличению количества фокусов γ H2AX на 8 и 11 пассажах, а также статистически достоверному снижению доли Ki67+ и увеличению доли SA- β -gal позитивных клеток на 11 пассаже ($p = 0.043$ и $p = 0.047$, соответственно). Облучение в дозе 80 мГр не приводило к статистически достоверным изменениям исследуемых показателей (фокусы γ H2AX, % Ki67+ и

SA- β -gal клеток) в потомках облученных клеток в течение 11 пассажей после облучения. В целом, проведенные исследования свидетельствуют о том, что индуцированные рентгеновским излучением в дозе 80 мГр в культивируемых МСК костного мозга человека АТМ-независимые длительно существующие фокусы γ H2AX не приводят к отдаленным последствиям облучения, ассоциированных с клеточным старением.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КЛЕТОК ПУРКИНЬЕ МОЗЖЕЧКА КРЫС В ОТДАЛЕННЫЙ ПЕРИОД ПОСЛЕ ОБЛУЧЕНИЯ ИОНАМИ УГЛЕРОДА ^{12}C

Ю.С. Северюхин^{1,3}, Н.Н. Буденная¹, Г.Н. Тимошенко¹, А.А. Иванов^{1,2,3}

¹Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна, МО, Россия

²Государственный научный центр Российской Федерации -
Институт Медико-Биологических проблем РАН, г. Москва, Россия

³ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва, Россия

Исследование воздействия тяжелых заряженных частиц, входящих в состав галактического космического излучения, на центральную нервную систему космонавтов является важной задачей при оценке радиационного риска межпланетных полетов. В рамках модельного эксперимента, проведенного на базе Объединенного Института Ядерных Исследований (ОИЯИ), были изучены цитологические эффекты, возникающие в мозжечке крыс под действием тяжелых ионов углерода ^{12}C с энергией 500 МэВ/нуклон. Воздействие тяжелыми заряженными частицами на организм животного привело к существенному увеличению относительного числа деструктивно измененных нейронов в коре мозжечка. Динамика формирования морфологических изменений указывает на наличие более выраженных радиационных эффектов в ЦНС при облучении тяжелыми ионами.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НИЗКИХ ДОЗ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЗЕНХИМАЛЬНЫХ СТЕВЛОВЫХ КЛЕТОК ЧЕЛОВЕКА

Д.Ю. Усупжанова, Т.А. Астрелина, В.А. Никитина, В.Ю. Нугис, Ю.Б. Сучкова,
И.В. Кобзева, В.А. Брунчуков, А.А. Расторгуева, В.А. Брумберг, Е.Е. Ломоносова,
С.Е. Лаук-Дубицкий, А.Ю. Бушманов, А.С. Самойлов

ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва, Россия

Введение

На протяжении всей жизни человек постоянно подвергается воздействию низких доз радиационного облучения, как фонового, так и в рамках медицинской

диагностики и при лечении. Однако не смотря на распространенность и серьезность последствий действия радиации на организм, на сегодняшний день остаётся не изученным ее воздействие на некоторые аспекты жизнедеятельности человека, в частности на стволовые клетки из различных источников, которые являются неотъемлемой и важной частью организма - регенеративным резервом, нарушения жизнедеятельности которых напрямую влияют на организм в целом. Исходя из этого данное исследование является актуальным.

Цель: оценить биологическое воздействие низких доз ионизирующего облучения на биологические характеристики мезенхимальных стволовых клеток (МСК) для оценки отдаленных последствий *in vitro*.

Материалы и методы

Культивирование МСК слизистой десны и лимба глаза человека проводили по стандартной методике. МСК подвергали воздействию ионизирующего облучения мощностью 100 кВ 40 мГр/мин (0,8 мА, 1,5 мм А1-фильтр) с использованием рентгеновской установки РУСТ-М1 (Россия). Облучение проводили МСК слизистой ткани десны на 3 пассаже (P3), а МСК лимба глаза человека на 6-м пассаже (P6) в дозах 80 мГр, 250 мГр и 1000 мГр и проводили культивирование до 13 пассажа (P13). Оценивали влияние низких доз ионизирующего облучения на биологические характеристики жизнедеятельности МСК при длительном культивировании по иммунологическим, цитогенетическим, секреторным маркерам с помощью иммунофенотипирования, иммуноферментного анализа, молекулярных цитогенетических методов.

Результаты

Имунологический фенотип МСК слизистой десны и лимба глаза изменялся при культивировании. Так, при облучении в дозе более 250 мГр МСК слизистой десны отмечалось снижение маркеров CD73 и CD105 в 1,5 раза, а при облучении МСК лимба глаза в этой же дозе отмечалось снижение маркера CD90 по сравнению с контролем. Облучение МСК лимба глаза в дозе 80 мГр вызывало стимуляцию маркеров CD73 и CD105 в 2,7 и 1,2 раза соответственно по сравнению с контролем.

Ионизирующее облучение не оказывало влияние на содержание фактора TGF- β 1 в МСК слизистой десны и лимба глаза, при этом было отмечено, что содержание TGF- β 1 в МСК лимба глаза выше в 2 раза по сравнению с МСК слизистой десны.

Облучение МСК слизистой десны в дозе 80 мГр оказывало влияние на содержание Интерлейкина 8, отмечено его снижение в 1,5 раза по сравнению с контролем.

Уровень хромосомных aberrаций в контроле на первом и десятом пассажах составлял 7,5 и 10%, соответственно. После облучения аналогичные показатели составляли: для дозы 80 мГр - 20,75 и 5%, для дозы 250 мГр - 11,4 и 6%, для дозы

1000 мГр - 12,5 и 8,8%. При кариотипировании выявлены сложные транслокации, дицентрические хромосомы, инсерции.

Заключение

Таким образом, результаты нашего исследования показали, что низкие дозы ионизирующего излучения по-разному оказывают влияние на МСК слизистой десны и лимба глаза человека, что может привести к непредсказуемым последствиям. Поэтому необходимо изучение влияния низких доз ионизирующего излучения на МСК из различных источников.

ИЗМЕНЕНИЕ ЧАСТОТЫ РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННЫХ НЕСТАБИЛЬНЫХ ХРОМОСОМНЫХ АБЕРРАЦИЙ И СНА-ГЕНЕТИЧЕСКОГО ЛАНДШАФТА ЛЕЙКОЦИТОВ КРОВИ ЛИЦ ПОСЛЕ ПРЕКРАЩЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБЛУЧЕНИЯ

М.В. Халюзова¹, Н.В. Литвяков^{1,2,3}, Д.С. Исубакова^{1,2},
Т.В. Усова¹, Е.В. Брониковская¹, М.М. Цыганов²,
Л.Р. Тахауова⁴, А.Б. Карпов^{1,4}, Р.М. Тахауов^{1,4}

¹ *Северский биофизический научный центр ФМБА России, г. Северск, Россия*

² *НИИ онкологии Томского НИМЦ, г. Томск, Россия*

³ *Национальный исследовательский Томский государственный университет,
г. Томск, россия*

⁴ *Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск, Россия*

В 2014 г. в Северском биофизическом научном центре ФМБА России при помощи микроматрицы "CytoScan™ HD Array" было проведено исследование индукции *de novo* мозаичных делеций и амплификаций в ДНК лимфоцитов крови 46 работников одного из крупнейших в недавнем прошлом в мире комплексов предприятий атомной индустрии – Сибирского химического комбината (СХК), подвергавшихся длительному профессиональному облучению. Мозаичные амплификации были идентифицированы у 9 работников, мозаичные делеции – у 2 работников из всего числа обследуемых. Частота нестабильных хромосомных aberrаций (ХА), определяемых рутинным методом, в опытной группе также была повышена по сравнению с контролем. Было показано, что мозаичные делеции и амплификации хромосомных локусов у отдельных работников могут детектироваться уже при дозах внешнего облучения чуть более 100 мЗв. По результатам проведённой работы было высказано предположение о том, что под воздействием радиации, мозаичные делеции и амплификации возникают в митотически активных клетках, например, костного мозга, что приводит к формированию клонов этих клеток, несущих мозаичную делецию и/или амплификацию, потомки которых, размножаясь, накапливаются в крови облучённых лиц. Соответственно, с течением времени, представленность мутантного клона в крови может измениться.

Целью настоящей работы явилась оценка изменений, произошедших в течение 3 лет, в генетическом ландшафте (появление новых CNA (copy number aberrations – aberrации числа копий, делеции и амплификации) и участков потери гетерозиготности – LOH (loss of heterozygosity)), а также в частоте нестабильных ХА в лейкоцитах крови работников, подвергавшихся длительному радиационному воздействию.

В исследование были включены 7 из 11 здоровых работников СХК, которые в процессе своей профессиональной деятельности подвергались длительному воздействию γ -излучения, и у которых по итогам исследований 2014 г. были обнаружены индуцированные *de novo* мозаичные делеции и амплификации. Были получены информированные согласия от всех работников СХК, участвовавших в данном исследовании. Средняя доза облучения 7 обследованных работников в 2014 г. составила 361,63 мЗв и за 3 последующих года не изменилась, в связи с прекращением трудовой деятельности и соответственно контакта с источниками техногенного облучения.

Кровь использовали для стандартного цитогенетического анализа и выделения ДНК для последующего микроматричного анализа. Рутинную окраску хромосом проводили красителем Гимза, приготовленным на фосфатном буфере. Хромосомный анализ осуществляли с помощью микроскопа "Leica DM2500" (Германия). У каждого индивида обследовали не менее 300 метафаз. Анализировали все виды aberrаций хромосом, распознаваемых без кариотипирования. Рассчитывали частоту aberrантных клеток и всех видов ХА в пересчёте на 100 метафаз. ДНК из крови выделяли при помощи набора "QIAamp DNA Blood mini Kit" ("Qiagen", Германия). Микроматричный анализ проводили на микроматрицах (ДНК-чипах) высокой плотности фирмы "Affymetrix" (США) "CytoScan™ HD Array". Процедуры пробоподготовки, гибридизации и сканирования проводили в соответствии с протоколом производителя на системе "Affymetrix GeneChip® SCNAner 3000 7G" ("Affymetrix", США). Для обработки результатов микрочипирования использовали программу "Chromosome Analysis Suite 3.0" ("Affymetrix", США), которая разработана специально для анализа результатов исследований на матрице "CytoScan™ HD Array". Статистический анализ проводили с использованием пакета прикладных программ "STATISTICA 8.0" ("StatSoft Inc", США), для сравнения групп использовали непараметрический критерий Вилкоксона – Манна – Уитни.

В результате проделанной работы было установлено, что при не изменившейся дозе внешнего облучения, частота aberrантных клеток в 2017 г. возросла в 1,7 раза по сравнению с 2014 г. (p -value = 0,0221), частота aberrаций хромосомного типа возросла в 2 раза (p -value = 0,0050), частота парных фрагментов – более чем в 4 раза (p -value = 0,0000) и дицентрических хромосом – почти в 2 раза (p -value = 0,0338). Мозаичные CNA сохранились у 6/7 обследованных работников. Более того, у одного обследованного, имеющего амплификацию 22-й хромосомы (22q13.31, 2044 ± 514 kbp), представленность мутантного клона в 2017 г. увеличилась в 1,5 раза (CN State увеличилась с 26 до 40 %). У одного обследованного мозаичная амплификация короткого плеча 3-й

хромосомы (3p14.2–14.1) спустя 3 года элиминировалась. Других изменений в CNA- и LOH-генетическом ландшафте обнаружено не было.

Полученные данные свидетельствуют о формировании у облучённых лиц костномозговых самоподдерживаемых клонов, потомки которых, размножаясь, формируют популяцию аберрантных клеток в крови. Тем не менее, необходимы дальнейшие исследования механизмов сохранения ХА и CNA и выявления клонов аберрантных клеток в костном мозге.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В МЕДИЦИНЕ

С.С. Шаповалов

ФГБУН ИОНХ РАН, г. Москва, Россия

В последние несколько десятилетий металлорганические комплексы привлекают внимание ученых своей перспективой использования в медицинских целях. Ряд соединений уже прошли клинические испытания, и можно ожидать, что в ближайшие годы появятся новые препараты. Ферроцерон (лат. Ferruginum) является лекарственным препаратом на основе натриевой соли орто-карбоксibenзоилферроцена и показывает хорошие результаты в лечении железо-дефицитной анемии и других заболеваний.

Предполагалось, что элементорганические соединения рутения связываются с ДНК и это является основной причиной их противораковой активности, аналогично производным платины; то есть координация металла с ДНК вызывает структурные изменения, которые в конечном итоге приведут к индукции апоптоза. Однако недавние исследования ряда комплексов рутения показали, что они существенно активнее взаимодействуют с белками, чем с ДНК.117-119.

Металлоорганические соединения рения - еще один очень новый класс перспективных антипролиферативных соединений. До недавнего времени в литературе были описаны лишь некоторое количество примеров цитотоксических комплексов рения.

Карбеновые комплексы переходного металла являются металлоорганическими соединениями, содержащими двухвалентный органический лиганд, который координируется к металлическому центру. N-гетероциклических карбены (NHC), как правило, получают из так называемых устойчивых карбенов, которые являются стабильными производными двухвалентного углерода. Так катионное производное имидазолидина золота показало превосходную активность против роста нескольких видов, например, *Pseudomonas aeruginosa* и *Staphylococcus aureus*.

Таким образом элементорганические соединения находят все большее использование для лечения различных заболеваний.

Раздел 4. Нанобиомедтехнологии, информационные технологии и компьютерное моделирование в биологии, медицине и химии

РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДОЗИМЕТРИЧЕСКИХ ПЛАНОВ IMRT ОПУХОЛЕЙ ПРОСТАТЫ, РЕАЛИЗУЮЩИХ МЕТОД «ОДНОВРЕМЕННОГО ИНТЕГРИРОВАННОГО БУСТА»

А.Е. Артеменкова², Е.А. Сухих², Ю.А. Федотов³, И.Н. Шейно³

¹ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва, Россия

²Томский областной онкологический диспансер, г. Томск, Россия

³Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», кафедра «Медицинская физика», г. Москва, Россия

Онкологические заболевания стоят на втором месте по смертности во всем мире после сердечно-сосудистых заболеваний. Сейчас около половины онкологических пациентов при лечении заболевания проходят курсы лучевой терапии.

Достижение терапевтического эффекта в лучевой терапии достигается за счет проведения компьютерного планирования на основе полученных ранее диагностических данных, в т.ч. и томографических изображений. Для наилучшего результата подведение дозы осуществляется фракционно. Довольно распространённым методом доставки дозы было использование последовательного буста, когда на определенные области-мишени по решению врача-онколога предписывалась дополнительная доза ионизирующего излучения, которая подводилась дополнительными фракциями [1].

Внедрение терапевтических установок, осуществляющих конформную лучевую терапию и лучевую терапию с модуляцией интенсивности, сделало возможным подводить разные значения поглощенной дозы в разные мишенные объемы за одну фракцию облучения. Этот метод доставки дозы получил название одновременный (симультантный) интегрированный буст [2].

Выполнено сравнение планов лучевой терапии с использованием последовательного и одновременного интегрированного буста с использованием биологических целевых функционалов вероятности контроля над опухолью – TCP и вероятности осложнения в нормальных тканях – NTCP [3].

Метод симультантного интегрированного буста показал свою терапевтическую эффективность в исследованиях многих зарубежных физиков, трудящихся в области лучевой терапии. А использование радиобиологических критериев TCP и NTCP для оценки различных дозиметрических планов лечения обещает более качественный, а значит более терапевтически эффективный, выбор плана для осуществления дистанционной лучевой терапии.

Список литературы

1. ICRU. Prescribing, recording and reporting photon beam therapy / Report 50. 1993. Bethesda, Maryland, U.S.A
2. II Петербургский онкологический форум «Белые Ночи – 2016». Сборник тезисов. М., 2016. – 467 с УДК 616-006(043.2) ББК 55.6 © «Конференц Медиа Групп», 2016 ISBN 978-5-9908516-0-3. – 168 с.
3. Emami B., Lyman J., Brown A., Coia L., Goiten M., Munzenrde J.E., Shank B., Solin L.J., Wesson M. Tolerance of normal tissue to therapeutic radiation. // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys., 1991, 21, No. 1, P.109–122.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ МЕТАГЕНОМ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ БАЙКАЛЬСКИХ АМФИПОД

Д.А. Беспятых, О.А. Гусев

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия

Амфиподы (Crustacea, Amphipoda) одна из самых таксономически богатых групп организмов, населяющих Байкал, широко освоивших самые различные биотопы. На сегодняшний день известно, что в озере обитает 272 вида и 76 подвидов бокоплавов, составляющих 6 семейств и 41 род, что составляет 4,3% всей мировой фауны амфипод и 45,3% пресноводных амфипод, населяющих поверхностные водоемы мира. Также амфиподы являются одной из важнейших бентосных групп организмов Байкала. Амфиподы играют существенную роль в функционировании экосистемы озера, а также в кормовой базе рыб. Экстремально высокое разнообразие амфипод в одном водоёме, представляет большой научный интерес. В частности, перспективны исследования их адаптаций к столь олиготрофной среде обитания и выявление роли в этих адаптациях различных факторов, в том числе их микробиоты.

Метагеномика возникла в 1990-х как наука, изучающая генетический материал микробных сообществ в их среде обитания. Критический прорыв в метагеномике произошел в результате недавних инновационных изобретений в профилировании геномов, пиросеквенировании генома, метатранскриптомике, метапротеомике, метаболомике, самой метагеномике, а также новых инструментов в биоинформатике. Метагеномика тесно связана с возможностями высокопроизводительного секвенирования нового поколения во всех его проявлениях. Общее определение метагеномики – это независимый от культивирования анализ генетической информации генома бактериальных сообществ внутри среды их обитания, например, морской воды, почвы, кишечника человека, отдельных тканей или в некоторых случаях целого организма. Она сосредоточена на собирании генетической информации методом секвенирования ДНК и/или РНК.

Метагеномика преследует две главные цели: 1) выяснить какие сообщества микроорганизмов присутствуют в среде (горизонтальная характеристика) и 2) определить какую конкретную роль каждый из организмов выполняет в данной

среде (вертикальная характеристика). Сейчас метагеномика является широко развивающейся отраслью, анализ микробиоты животных как никогда популярен в наши дни, так как она позволяет обнаруживать уникальные и удивительные связи между сообществами микроорганизмов и их хозяевами.

Получение новых данных по микробиотическому составу эндемичных видов байкальских амфипод с использованием современных методов метагеномики дополнит данные об особенностях байкальской фауны, а также позволит поближе познакомиться с взаимодействием микроорганизмов и этих представителей ракообразных.

В этом исследовании были проанализированы различия бактериальных сообществ у эндемичных байкальских амфипод. Полученные профили, созданные из данных анализа ДНК бактериальных сообществ, связанных с средой пищеварительной системы амфипод, показали довольно высокую вариабельность между образцами.

Гидробионты озера Байкал обитают в условиях низких температур и исключительной олиготрофности воды. Из этого можно сделать вывод, что обитающие в озере организмы хорошо приспособлены к довольно экстремальным условиям окружающей их среды. Байкальские амфиподы очень обширная в таксономическом плане группа организмов. Она включает в себя большое количество видов-эндемиков. Бокоплавы обитают практически повсеместно в озере, что делает их довольно интересными и удобными объектами для научных исследований в различных областях.

В данном исследовании были проанализированы различия бактериальных сообществ пищеварительных систем различных видов эндемичных байкальских амфипод. В результате исследования установлено, что основные группы бактерий, обнаруженные у байкальских, амфипод соответствуют таковым у других амфипод и прочих ракообразных. Однако количественный состав этих групп отличается определенным своеобразием.

Обнаружено, что самой распространенной филей является – *Tenericutes* (~45%) и ее представитель – род *C. hepatoplasma* (~96%), интересно то, что больше всего данный род упоминается в исследованиях, посвященных наземными изоподам и норвежскому лобстеру (*Nephrops norvegicus*). Также большую часть сообщества составляет фила *Proteobacteria* (~34), в воде озера Байкал данная группа также представлена довольно широко. Данная фила делится на три крупных класса *Gamma*proteobacteria (~38%), *Beta*proteobacteria (~33%) и *Alpha*proteobacteria (~29%). Внутри класса *Gamma*proteobacteria большая часть бактерий принадлежит родам: *Vibrio* (*Vibrionaceae*) (~23%) и *Thiothrix* (*Thiotrichaceae*) (~42%). Фила *Bacteroidetes* (~12) занимает третье место по количеству последовательностей. В группе *Verrucomicrobia* (~6%) больше всего бактерий, принадлежащих роду *Luteolibacter* (~65%). Меньше всего обнаружено бактерий из группы *Actinobacteria* (~1%).

Все исследованные виды обладают индивидуальным бактериальным профилем, однако виды: *E. suaneus*, *E. verrucosus* и *P. cancelloides* отличаются сильным преобладанием одной группы бактерий в составе. У *E. verrucosus* (~65%) и

P. cancelloides (~95) это группа *Tenericutes*, а у *E. cyaneus* – *Proteobacteria* (~90%). При этом особый интерес вызывает высокий процент бактерий из филы *Tenericutes* у *E. verrucosus* и *P. cancelloides*.

Виды *E. maackii* - *E. vittatus*, а также *E. marituji* – *G. fasciatus* и *P. cancelloides* - *E. verrucosus* обладают наиболее схожими составами бактериальных сообществ.

Было обнаружено содержание в пищеварительных системах бактерий рода *Leptothrix* (*Comamonadaceae*), которых в больших количествах находят в стоках различных производств. Также у амфипод найдены бактерии из рода *Thiothrix* (*Thiitrichaceae*), эти бактерии являются обитателями вод с большим содержанием сульфидов. Содержание этих бактерий у исследованных амфипод может быть признаком загрязнений районов сбора, а, следовательно, дальнейшее исследование бактериальных сообществ, ассоциированных с байкальскими амфиподами, может помочь в определении влияния антропогенных факторов на фауну озера.

В итоге этого исследования было установлено таксономическое разнообразие присутствующее в микробиоме пищеварительных систем эндемичных байкальских амфипод. Дальнейшие исследования, сконцентрированные на специфических органах и на изменчивости микробиома по отношению к параметрам окружающей среды, помогут глубже ознакомиться с особенностями трофизма амфипод и помогут определить биоиндикаторные свойства этих сообществ.

МЕТОДИКА ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ЛИЦ ЭКСТРИМАЛЬНЫХ ПРОФЕССИЙ В УСЛОВИЯХ ЖАРКОГО И ВЛАЖНОГО КЛИМАТА

М.А. Брагин

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России,
г. Москва, Россия*

В последнее время уделяется повышенное внимание оптимизации профессиональной деятельности при воздействии высоких температур [5]. В жарком и влажном климате изменяется тепловое состояние человека, что ожидаемо приводит к снижению производительности труда. Тепловое состояние – это физиологический статус организма, отражающий результат его взаимодействия с климатическими условиями внешней среды и характеризующийся определенными уровнями теплосодержания, напряжения механизмов терморегуляции и теплоощущений [3]. Качественная и точная оценка измененного теплового состояния является одним из важнейших условий при решении практически всех теоретических и прикладных задач, связанных с негативным влиянием экстремальных климатических факторов внешней среды. На основе опыта проведения исследований теплового состояния человека был выбран ряд параметров для включения в интегральный показатель теплового

состояния (ИПТС) [1, 2, 4]. Данный показатель позволит определять уровень теплового дискомфорта лиц экстремальных профессий в баллах.

ИПТС включает в себя следующие показатели: средневзвешенная температура кожи (°C) (по пяти точкам: лоб, грудь, рука, спина, нога), ректальная температура (°C), теплоощущения (ТО, баллы), частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин). Также для расчета используются следующие показатели: вес (кг), рост (см), величина нагрузки (ватт).

В исследовании участвовало 7 испытуемых мужского пола, средний возраст $19,29 \pm 1,80$ лет. Нагрузочная проба выполнялась на беговой дорожке «до отказа» в климатической комнате. Было 3 серии эксперимента: при 22°C, 35% влажности; при 33°C, 75% влажности и при 33°C, 75% влажности с использованием специальной охлаждающей жидкости. Результаты ИПТС представлены на рисунке 1.

ИПТС перед нагрузкой в комфорте составлял 0,3 балла, в условиях ВТ – 0,9 баллов. Во время нагрузки увеличивался в комфортных условиях с 0,4 до 2,9 баллов, что соответствует 3 степени теплового дискомфорта, в процессе восстановления снижался до 0,6 баллов. В условиях высоких температур интегральный показатель увеличивался с 1,4 до 4,1 баллов, 4 степень теплового дискомфорта, и снижался до 2,5 баллов во время восстановления. Интегральный показатель был ниже в комфорте, в среднем, на 1,5 балла. С использованием средства коррекции показатель увеличивался с 0,7 до 3,9 баллов, 4 степень теплового дискомфорта, снижался за время восстановления до 2,1 балла. Следует отметить невысокую разницу показателя, всего в 0,2 балла на отказе в условиях ВТ, что соответствует максимальной 4 степени теплового дискомфорта.

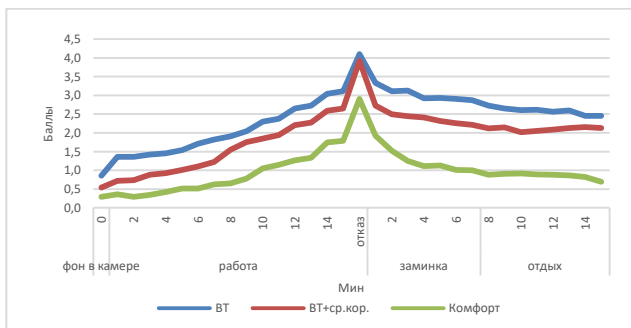


Рис. 1 ИПТС при выполнении нагрузочной пробы в комфорте (синий график) и в условиях высоких температур (красный график), в условиях высоких температур с средством коррекции (зеленый график)

Таким образом, результаты полученных данных, свидетельствуют о высокой информативности ИПТС, который корректно отображает уровень тепловой нагрузки на испытуемых. ИПТС может использоваться для оценки

методов и средств коррекции теплового состояния лиц экстремальных профессий в условиях высоких температур.

Список литературы

1. Брагин М.А., Дворников М.В., Киш А.А., Петрова В.В. Методика интегральной оценки теплового состояния спортсмена в условиях высоких температур // Медицинская наука и образование Урала. – 2017. – № 4. – С. 118–122.
2. Разинкин, С.М., Дворников М.В., Артамонова И.А., Петрова В.В., Киш А.А., Зорин М.Ю., Коновалов Д.П., Брагин М.А. Сравнительный анализ использования специальной охлаждающей жидкости и их влияние на тепловое состояние спортсменов в условиях высоких температур // Медицинская наука и образование Урала. – 2017. – № 2. – С. 172–177.
3. Разинкин С.М., Дворников М.В. Физиология и гигиена легчика в экстремальных условиях. -М.: Научная книга, 2017. – 560 с.
4. Разинкин С.М., Петрова В.В., Коновалов Д.П., Брагин М.А. Специальная охлаждающая жидкость и её применение в практике спортивной медицины // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2016. – № 4. – С. 721–726.
5. Уйба В.В., Мирошникова Ю.В., Разинкин С.М., Самойлов А.С., Петрова В.В., Фомкин П.А., Богомолова М.М. Обоснование системы физиолого-гигиенического обеспечения адаптации спортсменов сборных команд России к условиям Рио-де-Жанейро // Медицина экстремальных ситуаций. – 2015. – № 4. – С. 8 - 21.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФУНКЦИИ ЛИЦЕВОГО НЕРВА ПРИ ЕГО ПОРАЖЕНИИ С ПОМОЩЬЮ СОНОГРАФИИ И ЭЛЕКТРОНЕЙРОМИОГРАФИИ

А.В. Климкин, В.Б. Войтенков, Н.В. Скрипченко

*ФГБУ «Детский научно-клинический центр инфекционных болезней
Федерального медико-биологического агентства»,
г. Санкт-Петербург, Россия*

Нейровизуализация лицевого нерва в клинической практике используется редко, а использование методов нейровизуализации с целью прогноза восстановления функции лицевого нерва при невралгии лицевого нерва (НЛН) не изучено. Экстракраниальную часть лицевого нерва возможно хорошо визуализировать с помощью ультразвукового исследования – нейросонографии (НСГ). НСГ черепно-мозговых нервов – это новый, развивающийся метод диагностики поражения краниальных нервов в режиме реального времени с использованием датчиков высокого разрешения. Для НСГ лицевого нерва доступны 2 зоны сканирования: в зоне шилососцевидного отростка (ШСО) и в

толще околушной слюнной железы (ОСЖ). По данным доступной литературы НСГ лицевого нерва у здоровых детей и детей с НЛН не проводилось.

Цель исследования: провести корреляцию между ЭНМГ и НСГ параметрами лицевого нерва у детей с идиопатической НЛН в остром периоде с благоприятным и неблагоприятным прогнозом восстановления функции лицевого нерва.

Материал и методы

Обследовано 65 детей с НЛН (средний возраст $11,5 \pm 4,9$ лет) и 57 здоровых детей группы сравнения (средний возраст $12,5 \pm 5,2$ лет). Всем детям с НЛН проводилась НСГ с измерением диаметра лицевого нерва в области ШСО и в толще ОСЖ, стимуляционная электронейромиография (ЭНМГ) лицевого нерва с регистрацией М-ответа с *m. orbicularis oculi*, а также оценка степени пареза мимических мышц с использованием 6-бальной шкалы House-Brackmann на 10-15 день после манифестации прозопареза. Дети с НЛН при динамическом клиническом осмотре на 30 день после манифестации прозопареза были разделены на две группы: 1 группа - благоприятное восстановление ($n=54$) и 2 группа - неблагоприятное восстановление ($n=11$) функции нерва. Проводилась корреляция НСГ и ЭНМГ показателей с благоприятным и неблагоприятным прогнозом восстановления функции лицевого нерва.

Результаты и обсуждение

У детей 1-й группы (благоприятное восстановление) наблюдалось полное восстановление функции мимических мышц в течение 1 месяца, тогда как у детей 2-й группы (неблагоприятное восстановление) наблюдался прозопарез различной степени выраженности и длительное восстановление функции мышц лица более 1 месяца. Во 2-ой группе к 1 месяцу после манифестации прозопареза в 9% случаев (1 ребенок) наблюдался парез V степени, в 36% случаев (4 ребенка) наблюдался парез IV степени, в 55% случаев (5 детей) наблюдался парез III степени.

Нами впервые получены нормальные НСГ значения диаметра лицевого нерва в области ШСО и ОСЖ у детей в возрасте от 7 до 18 лет. Диаметр лицевого нерва у детей в области ШСО в среднем составил $1,5 \pm 0,1$ мм, в области ОСЖ $0,5 \pm 0,1$ мм, что не отличается от значений диаметра лицевого нерва у взрослых волонтеров. Проведенный ROC-анализ диаметра нерва в области ШСО и ЭНМГ коэффициент (ЭНМГкф) *m. orbicularis oculi* в отношении развития неблагоприятного прогноза восстановления функции у детей с НЛН показал достоверную связь их значений с неблагоприятным прогнозом. При этом значение диаметра нерва в области ШСО $\geq 1,8$ мм, ЭНМГкф *m. orbicularis oculi* $\leq 21\%$ оказались моделями с очень хорошей предсказательной способностью (AUROC > 0,8). На основании полученных данных выявлена 85% чувствительность и 77% специфичность метода измерения диаметра нерва в области ШСО с помощью НСГ в прогнозе неблагоприятного восстановления функции лицевого нерва у детей с НЛН. Полученные результаты подтверждают,

что НСГ лицевого нерва в области ШСО является дополнительным к ЭНМГ исследованию неинвазивным методом при диагностике тяжести повреждения нервных волокон и прогнозировании исходов при НЛН, а также простым в выполнении методом визуализации лицевого нерва и его окружающих структур.

СИНТЕЗ И ТРАНСФЕКЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ КАТИОННЫХ ДЕНДРИМЕРНЫХ ПЕПТИДОВ

К.В. Кожихова, И.П. Шиловский, С.М. Андреев,
А.В. Тимофеева, А.А. Шатилов, М.Р. Хаитов

ФГБУ "ГНЦ Институт иммунологии" ФМБА России, г. Москва, Россия

Генная терапия в настоящее время привлекает огромное внимание мировой науки [1], благодаря перспективе лечения большого спектра заболеваний, включая генетические, инфекционные, онкологические и иммунные. Однако отсутствие эффективных и безопасных способов доставки генного материала в клетку препятствует ее клиническому применению [2]. В качестве носителей для доставки нуклеотидных последовательностей за последние десятилетия были предложены и изучены различные векторы невирусной природы, среди них катионные полимеры [3], липосомы [4], наночастицы [5] и другие. Тем не менее, разработка векторов, достигающих высокой эффективности трансфекции и безопасных как *in vitro*, так и *in vivo*, остается первостепенной задачей для практического использования генетической терапии. Пептидные дендримеры [6] представляют альтернативный потенциальный вариант решения данной проблемы. Обладая неоспоримыми привлекательными свойствами: универсальностью, точной наноструктурой, контролируемым молекулярным размером, биосовместимостью и растворимостью в воде, такие пептидные структуры уже доказали в научных исследованиях возможность повышать эффективность доставки невирусных генов в клетки-мишени. Несмотря на это, полученные результаты не являются полностью удовлетворительными. Эффективность и безопасность дендримерных пептидов определяется их аминокислотной структурой и степенью разветвления. Поэтому цель настоящей работы: спроектировать и синтезировать ряд катионных дендримерных пептидов, основываясь на литературных данных, и изучить взаимосвязь биосовместимости и трансфекционной активности полученных структур.

Синтез пептидов проводили твердофазным методом, используя протоколы Fmoc-химии и N-гидроксисбензотриазол/дихлорогексилкарбодимидный (ГБТ/ДЦГК) метод активации аминокислот. В синтезе использовали стартовые Fmoc-аминоацил-полимер Rink Amide MBHA (NovaBiochem) с Fmoc-защитой аминогруппы. Контроль над полнотой реакции после каждого цикла осуществляли нингидриновым методом и при необходимости реакцию конденсации повторяли. Конечные пептиды отщепляли от полимера трифторуксусной кислотой в присутствии скавенджеров (тиоанизол, этандитиол,

фенол). Сырой продукт высаждали сухим серным эфиром, экстрагировали водной уксусной кислотой и экстракт лиофилизировали. Первичную его очистку проводили гель-хроматографией с УФ детектором (254 нм) на смоле Тоуреал HW40, используя в качестве подвижной фазы 5% водную уксусную кислоту. Затем полученные фракции очищали с помощью ВЭЖХ на колонке Grace Vydac 218 TP1022 (10 мл/мин, 226 нм). Структуру пептидов подтверждали масс-спектрометрией.

В данной работе для предварительного скрининга проанализирована трансмембранная активность пептидов на донорских эритроцитах путем регистрации их мембранного потенциала. За изменением флуоресценции индикатора Dis-C₃-(5) ($\lambda_{ex} = 620$ нм, $\lambda_{em} = 670$ нм) следили с помощью флуоресцентного спектрофотометра Hitachi-850. Согласно полученным результатам исследованные в работе катионные пептиды при их взаимодействии с мембраной эритроцитов обнаруживали два типа эффектов, качественно различающихся между собой. Первый тип выражался в очень быстрой и значительной диссипации мембранного потенциала, то есть в сильной деполаризации или пермеабилзации мембраны эритроцитов, указывающей на прохождение этими пептидами гидрофобного мембранного барьера. И противоположный, проявляющийся гиперполяризацией эритроцитарной мембраны за счет открытия ионных каналов. Методика позволяет быстро, в течение 10 мин, оценивать мембранотропную активность анализируемых соединений и даже прогнозировать их трансфекционную активность. Все пептиды, вызывающие диссипацию мембранного потенциала обладали и трансфекционной активностью в последующих испытаниях.

Изучение эффективности трансфекции проводилось на клеточной линии 293Т (клетки эмбриональной почки человека). Исследуемые пептиды смешивали с плазмидной НК рGL3, содержащей ген люциферазы, в различных соотношениях пептид/НК в среде ортiMEM. После двухдневного культивирования клеток с полученным раствором трансфекционная активность определялась с помощью люциферазного теста. В качестве образца сравнения использовали коммерческий Lipofectamine 2000.

Таблица 1. Экспериментальные данные катионных дендримерных пептидов.

Шифр	Структура пептида	Мол. Масса	Заряд при pH 7	Трансфекционная активность
NC-780	(K) ₄ (K) ₂ KAC-NH ₂	1090	8	-
NC-811	(R) ₈ (K) ₄ (K) ₂ KAC-NH ₂	2338	16	+++++
NC-803	(RRRKK) ₂ KKKAC-NH ₂	2026	14	++
NC-798	K ₈ K ₄ K ₂ KAC-NH ₂	2114	16	++

Обозначения: – отсутствует трансфекционная активность (ТФА); ++ низкая ТФА (1-10% флуоресцирующих клеток (ФК)); +++ умеренная ТФА (10-25% ФК); ++++ выраженная ТФА (25-50% ФК); высокая ТФА (более 50% ФК).

Таким образом, отработана быстрая методика анализа мембранотропной активности исследуемых пептидов, что целесообразно использовать для

предварительного скрининга стимуляторов трансфекции в последующих работах. Показана возможность достижения высоких уровней трансфекции дендримерного пептида NC-811, правда, данные показатели в среднем на 2 порядка ниже, чем у Lipofectamine 2000, используемого в системах *in vitro*. Однако большое преимущество дендримерных пептидов в отсутствии токсичности, что определяет их потенциал для систем *in vivo*. Расширение спектра пептидов и целенаправленный скрининг стимуляторов трансфекции с большей активностью является актуальной задачей дальнейших исследований.

Список литературы

1. Olefsky JM. Diabetes: gene therapy for rats and mice. *Nature* 2000; 408:420-1.
2. Mintzer MA, Simanek EE. Nonviral vectors for gene delivery. *Chem Rev* 2008; 109:259-302.
3. Lu B, Wu DQ, Zheng H, Quan CY, Zhang XZ, Zhuo RX. Galactosyl conjugated Nsuccinyl-chitosan-graft-polyethylenimine for targeting gene transfer. *Mol BioSyst* 2010; 6:2529-38.
4. Li L, Song H, Luo K, He B, Nie Y, Yang Y, et al. Gene transfer efficacies of serumresistant amino acids-based cationic lipids: dependence on headgroup, lipoplex stability and cellular uptake. *Int J Pharm* 2011; 408:183-90.
5. Park JS, Na K, Woo DG, Yang HN, Kim JM, Kim JH, et al. Non-viral gene delivery of DNA polyplexed with nanoparticles transfected into human mesenchymal stem cells. *Biomaterials* 2010; 31:124-32.
6. Dufès C, Uchegbu IF, Schatzlein AG. Dendrimers in gene delivery. *Adv Drug Deliv Rev* 2005; 57:2177-202.

ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДОЗОВЫХ ЯДЕР ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ФОТОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

В.А. Климанов^{1,2}, А.Н. Моисеев³, М.А. Колыванова²

¹НИЯУ МИФИ, г. Москва, Россия

²ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России,
г. Москва, Россия

³ООО «Медскан», г. Москва, Россия

Основная цель лучевой терапии – максимально точная доставка предписанной дозы к опухоли при минимальном повреждении критических органов. Точность расчета дозы напрямую влияет на качество лечения, а скорость расчета, производимого планирующей системой, влияет на клинический поток. В настоящее время существует ряд полуэмпирических моделей, в которые входят как модельные алгоритмы, так и параметры, определяемые на основе экспериментальных данных. Эти методы значительно упрощают и ускоряют процесс 3-мерных расчетов дозовых распределений. Наибольшее распространение получили следующие модели: 1. модель тонкого луча (ТЛ);

2. Модель дифференциального тонкого луча (ДТЛ) и 3. Модель конечного тонкого луча [1]. В работе изучены два быстрых классических алгоритма расчета 3-мерных дозовых распределений, которые создали авторы работ [2, 3] и назвали «Свертка в конусы» (англ. «Collapsed cone convolution») и «Тонкий луч» (англ. «A pencil beam model»), в основу которых легли аналитические аппроксимации. Ускорение расчетов в них достигается с помощью аналитического интегрирования по пространственной переменной, что стало возможным за счет удобных функциональных форм аппроксимационных выражений для дозовых ядер, введения дискретизации по угловой переменной в методе ДТЛ, триангуляции поля облучения в методе ТЛ и усреднения дозовых ядер по спектру пучков. Параллельно в клиническую практику входит использование метода Монте-Карло для расчета дозы благодаря повышению мощности компьютеров, но несмотря на это, до сих пор не пропал интерес к совершенствованию полумпирических моделей из-за их высокой скорости расчетов. Появление новых методов облучения (IMRT, SBRT и др.) также требует от алгоритмов планирующих систем большей точности расчета.

Развивая модель ТЛ и ДТЛ, в работе [4] была найдена удобная аналитическая аппроксимация (формулы (1) – (6)) для дозовых ядер фотонов и обобщены на случай гетерогенных сред.

Тонкий луч:
 $K(z, r) = K_p(z, r) + K_s(z, r); (1);$
 $K_{ТЛ,p}(z, r) = \sum_{i=1}^{N_p} C_{p,i}(z) e^{-k_{p,i}(z)r} / r (2);$
 $K_{ТЛ,s}(z, r) = \sum_{i=1}^{N_s} C_{s,i}(z) e^{-k_{s,i}(z)r} / r (3),$
 где z – глубина точки расчета;
 r – расстояние от оси луча;
 C и k – эмпирические коэффициенты;
 N_p и N_s – число членов ряда,
 зависящее от спектра фотонов

Дифференциальный тонкий луч:
 $K(\theta, r) = K_p(\theta, r) + K_s(\theta, r); (4);$
 $K_{ТЛ,p}(\theta, r) = \sum_{i=1}^{N_p} C_{p,i}(\theta) e^{-k_{p,i}(\theta)r} / r^2 (5);$
 $K_{ТЛ,s}(\theta, r) = \sum_{i=1}^{N_s} C_{s,i}(\theta) e^{-k_{s,i}(\theta)r} / r^2 (6),$
 где θ – направление распространения;
 r – расстояние от исходной точки ДТЛ;
 C и k – эмпирические коэффициенты; N_p
 и N_s - число членов ряда, зависящее от
 спектра фотонов

Использование аппроксимационной модели такого вида позволило решить некоторые задачи в лучевой терапии:

- В настоящей работе исследовано применение дозовых ядер ТЛ для расчета доз в воде и ткани для пучков с круглым поперечным сечением и предложено использование данной модели для системы независимого расчета дозы.
- Используя данную модель, предложена простая методика дозиметрии пучков фотонов круглого малого поперечного сечения с 6 МВ тормозным спектром, сочетающая абсолютное измерение поглощенной в воде дозы в референсной точке в машинно-специфичной референсной геометрии с расчетом глубинного дозового распределения по простым аналитическим формулам для круглых пучков с произвольным радиусом поперечного сечения.
- Определены поправки на отсутствие поперечного электронного равновесия для узких пучков.

- В работе изучена применимость метода масштабирования данных по пространственным распределениям поглощенной энергии в геометрии ТЛ в воде для фотонов на другие среды [5], в качестве которых рассматривались легкие, кость, алюминий и железо. Оказалось, что для легких и кости эта операция вполне допустима в интервале глубин $z = 1.0 - 20.0$ см, однако для более тяжелых сред (особенно для железа) такие преобразования можно выполнять только в существенно более узких интервалах по радиусу и глубине. Полученные результаты позволяют применить принцип трансляции дозовых ядер для определения поправок на неомогенности, в том числе и для случаев, когда поперечные размеры неомогенностей меньше, чем размеры пучка.

Список литературы

1. Климанов В.А. Радиобиологическое и дозиметрическое планирование лучевой и радионуклидной терапии. Часть 1 / М.: изд. НИЯУ МИФИ. 2011.
2. Ahnesjo A. Collapsed cone convolution of radiant energy for photon dose calculation in heterogeneous medium // Med. Phys. V. 16. 1989. P. 577 – 591.
3. Ahnesjo A., Saxner M., Trepp A. A pencil beam model for photon dose calculation // Med. Phys. V. 19. 1992, P.263 – 273.
4. Климанов В.А., Моисеев А.Н., Кольванова М.А. и др. Дозовые ядра тонкого и дифференциального тонкого лучей фотонов со спектром терапевтического аппарата Рокус с источником Co-60 и их аналитическая аппроксимация // Вестник МГУ. Физика и астрономия. 2016. Т. 71. №4. С. 432–440.
5. Климанов В.А., Моисеев А.Н., Кольванова М.А., Балуева П.А. Масштабирование пространственных распределений поглощенной энергии в воде на другие среды для тонкого луча фотонов со спектром терапевтических гамма-установок серии «Рокус-М» / ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА И ИНЖИНИРИНГ, 2016, том 7, № 2, с. 1–8

МЕТОД ДВУХ МИКРОФОНОВ ДЛЯ ИМПЕДАНСОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ АКУСТИЧЕСКОГО РЕФЛЕКСА

Е.А. Кондратьева, А.Д. Котляр-Шапилов, С.В. Дроздов

ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва, Россия

Актуальность

Одним из наиболее информативных методов исследования барабанной перепонки, применяющийся для объективной диагностики нарушений слуха, является акустическая рефлексометрия (АР).

АР предполагает регистрацию реакции барабанной перепонки (БП) на звуковую стимуляцию, оцененную измерением акустического импеданса в наружном слуховом проходе при звуковой стимуляции двумя тонами: стимулирующим (вызывающим сокращение стремени мышцы) и зондирующим (используемым для фиксации изменений импеданса с помощью электроакустического моста) [1].

Целью исследования являлось изучение возможности применения двухмикрофонного метода для регистрации АР.

Методы

Для исследования акустического рефлекса двухмикрофонным методом было обеспечено распространение звуковой волны в волноводе постоянного сечения, герметично сочлененным с наружным слуховым проходом (НСП) [3-6].

Импеданс БП оценивался в комплексе с НСП и устройством герметичного сочленения. Математической моделью сочленения волновода с НСП и барабанной перепонкой является резонатор Гельмгольца. Волновод заканчивается перфорированной панелью, “горлом” резонатора является узкая трубка, один конец которой соединен с перфорированным отверстием в волноводе, а на другом конце крепилась силиконовая накладка, обеспечивающая герметичное соединение с НСП.

За объем резонатора Гельмгольца принимали объем горла резонатора и НСП, заканчивающегося барабанной перепонкой. При проявлении акустического рефлекса барабанная перепонка натягивалась, изменяя тем самым собственную резонансную частоту резонатора Гельмгольца, на основании чего оценивался порог акустического рефлекса в зависимости от интенсивности стимулирующего сигнала.

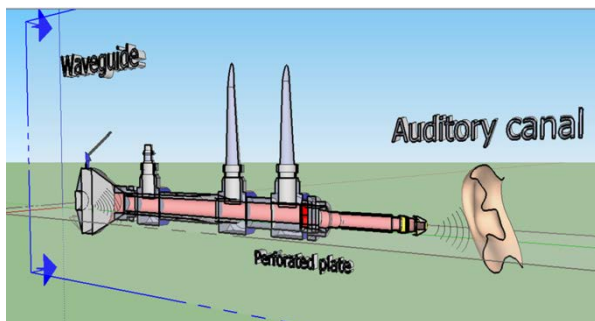


Рис.1 Конструкция прибора регистрации акустического рефлекса методом двух микрофонов (продольное осевое сечение).

Приведено физическое моделирование и экспериментальное исследование метода. При помощи двух микрофонов, установленных стационарно на боковой поверхности волновода, изменялись уровни звукового давления и разность фаз между ними. По этим данным, с учетом падающей и отраженной от перфорированной панели волны, были рассчитаны комплексный коэффициент отражения и компоненты импеданса резонатора, которые и отражали изменение натяжение тонкой резины при физическом моделировании или БП в случае эксперимента [4-5].

Результаты

Была показана возможность производить прямые измерения порога акустического рефлекса и тем самым осуществлять дифференциальную диагностику состояния органа слуха. Отмеченное уменьшение резистанса НСП, может быть объяснено изменением кровенаполнения микроциркуляторного русла БП и НСП, что расширяет возможности для дифференциальной диагностики патологий органа слуха.

При длительном воздействии высокоинтенсивным звуком акустический рефлекс пропадает и восстанавливается только через определенный интервал времени. Результаты измерений, полученные для двух испытуемых-добровольцев свидетельствуют, что при контралатеральной стимуляции обеих ушей, в зависимости от УЗД стимулирующего сигнала, увеличивается резонансная частота (диапазон ее изменения частоты зависит от индивидуальных особенностей) и уменьшается резистанс НСП.

Выводы

1. Разработан аппаратно-программный комплекс измерения параметров акустического рефлекса методом двух микрофонов.
2. Проведены математическое и физическое моделирование биообъекта (БП и НСП в слуховой системе).
3. Проведена экспериментальная апробация метода на испытуемых-добровольцах, которая подтвердила результаты физического и математического моделирования; для определения диагностической информативности предложенного метода регистрации акустического рефлекса необходимы дальнейшие клинические испытания.

Список литературы

1. Богомолов А.В., Драган С.П. Автоматизированный мониторинг и технологии обеспечения акустической безопасности персонала // Автоматизация. Современные технологии. 2015. №4. С. 25–30.
2. Богомолов А.В., Драган С.П. Новый подход к исследованию импедансных характеристик барабанной перепонки // Доклады академии наук. Т.454, №1. С. 105.
3. Драган С.П., Лебедева И.В. Определение интенсивности плоской звуковой волны // Акустический журнал. №2. 1992. С.174-178.
4. Жданько И.М., Зинкин В.Н., Солдатов С.К., Богомолов А.В., Шешегов П.М. Фундаментальные и прикладные аспекты профилактики неблагоприятного действия авиационного шума // Авиакосмическая и экологическая медицина. Т. 48, №4. 2014. С. 5-16.
5. Кондратьева Е.А., Котляр-Шапилов А.Д., Драган С.П., Богомолов А.В. Метод импедансометрического измерения акустического рефлекса // Труды XXVI Международной инновационно-ориентированной конференции молодых учёных и студентов МИКМУС-2014. М., 2015. С. 362–366.
6. Лебедева И.В., Драган С.П. Определение акустических характеристик в трубах с помощью двух микрофонов // Измерительная техника. №8. 1988. С. 52.

МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОКИНЕТИКИ НАНОЧАСТИЦ В ОРГАНИЗМЕ

Е.С. Кормазева¹, В.Ю. Соловьев¹

¹ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва, Россия

Объемы производства и потребления продукции, содержащей в своем составе наноматериалы, неуклонно растут с каждым годом, что означает увеличивающиеся риски для организма и биосферы в целом. Различные аспекты безопасности производства и применения наноматериалов объединены в общее направление, получившее название нанобезопасность [1]. Одним из векторов исследований данной проблемы является созданий инструментария по прогнозированию распределения наночастиц в организме при различных путях поступления.

На сегодняшний день существует несколько подходов для моделирования биокинетики веществ в организме, среди которых особое внимание заслуживает РВРК-моделирование (physiologically based pharmacokinetic) [2]. В ее основе лежит компарментная модель, подкрепленная представлениями о кровообращении, процессах пищеварения, дыхания и выделения. Каждый компармент (отсек) представляет из себя орган или его функциональную часть. Дифференциальные уравнения, описывающие процесс распределения вещества в организме в рамках данного моделирования, содержат константы, которые однозначно зависят от свойств самого вещества и физиологических параметров организма. Последнее обстоятельство позволяет использовать найденные константы для прогнозирования распределения вещества в человеческом организме.

В данном исследовании была создана простейшая РВРК-модель биокинетики на 8 органов/тканей: кровь, печень, легкие, почки, мозг, селезенка, каркас и ЖКТ, которая учитывает 3 пути поступления наночастиц: внутривенный, внутрижелудочный, интритрахеальный. Главные допущения модели заключаются в пренебрежении метаболизмом наночастиц [3,4] и независимости констант от времени.

$$\begin{aligned} \frac{dM(1)}{dt} &= \sum_i OUT(i) \times M(i) - M(1) \times \sum_i INT(i) - EXC(1) \times M(1) + F1(D,t) \\ \frac{dM(2)}{dt} &= -OUT(2) \times M(2) + INT(2) \times M(1) - EXC(2) \times M(2) + F2(D,t) \\ \frac{dM(3)}{dt} &= -OUT(3) \times M(3) + INT(3) \times M(1) - \frac{EXC(3)}{1 + e^{\frac{t-T_{exc}}{T_{par}}}} M(2) + F3(D,t) \\ \frac{dM(i)}{dt} &= -OUT(i) \times M(i) + INT(i) \times M(1) \end{aligned} \quad (1)$$

Система ОДУ (1) является математическим описанием модели: INT(i), OUT(i), EXC(i) биокинетические константы i-того органа, Fi(D,t) – функции, моделирующие различные пути и темпы поступления наночастиц в организм.

Для нахождения биокинетических констант была использована программа «НаноБиокинетика-2016» (лицензия ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И.Бурназяна №1141216). Для получения наборов биокинетических констант были использованы экспериментальные данные о биокинетике наночастиц серебра различных размеров [5,6] в организме крыс.

Полученные значения биокинетических констант были применены для расчета на условия поступления наночастиц в собственных экспериментах. Модель удовлетворительно воспроизводит экспериментальные данные для соответствующих по размерам наночастиц.

Список литературы

1. Хамидулина Х.Х., ФБУЗ «Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ» Роспотребнадзора.
2. Clewell H. J. Physiologically based pharmacokinetic modeling, Preclinical Development Handbook: ADME and Biopharmaceutical Properties // John Wiley & Sons, Inc. – 2008. – P.1167-1221.
3. Mingguang Li. Physiologically based pharmacokinetic modeling of nanoparticles // American Chemical Society. – 2010.
4. Kormazeva E.C. PBPK-Model Biodistribution of Gold and Silver Nanoparticles in the Body of Laboratory Animals and Humans at Different Ways of InCOME // Nano Hybrids and Composites. - Vol. 13. – 2017. - P. 301 – 308.
5. Lankveld D.P.K. The kinetic of the tissue distribution of silver nanoparticles of different sizes // Biomaterials. - №31 – 2010. – P.8350-8361.
6. Гмошинский И.В. Наноматериалы и нанотехнологии: методы анализа и контроля // Успехи химиию - №82(1). – 2013.- С. 48-76.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ РЕГИСТР БОЛЬНЫХ МУКОВИСЦИДОЗОМ: ДИНАМИКА 2011-2016 гг.

С.А. Красовский^{1,2}, А.В. Черняк¹, Е.Л. Амелина, Н.Ю. Каширская³,
А.Ю. Воронкова³, Е.И. Кондратьева³, А.В. Аверьянов

¹ФГБУ НИИ Пульмонологии ФМБА России, г. Москва, Россия

²ФБУЗ ГКБ им. Д.Д. Плетнева, г. Москва, Россия

³ФГБНУ МГНЦ, г. Москва, Россия

Создание национального регистра больных муковисцидозом (МВ) – безусловно существенный шаг в улучшение лечебной и диагностической помощи этой категории больных в нашей в нашей стране.

Цель: оценить динамику показателей регистра за 2011-2016 годы.

Материалы и методы

Проанализированы данные национальных Регистров больных МВ за 2011-2016годы. Оценивалась динамика всех анализируемых в Регистре показателей.

Результаты

В 2011году были представлены данные 1026 пациентов, проживающих в 16 регионах РФ и г. Новосибирске, ежегодное увеличение численности пациентов привело к тому что в 2016году в Регистр включено 3049 больных из 81 региона РФ. Средний возраст пациентов за 5 лет варьировал с 11,5лет (2011г) до 12,2лет (2014г), доля взрослых от 24,6% (2015г) до 26,2% (2012г). Медиана возраста установления диагноза снизилась с 1,0г в 2011году до 0,6г в 2015году, а доля пациентов, диагноз которым установлен по неонатальному скринингу выросла с 28,8% (2011г) до 44,7% (2016г). Доля больных с мекониевым илеусом составила от 5,4% (2011г) до 7,3% (2015г).

В 2011 году общее число выявленных мутаций гена *CFTR* было 89, ежегодно увеличиваясь, в 2016 году составив - 184. Доли гомозигот, гетерозигот по F508del и генотипов без F508del на протяжении времени сохранялись стабильными с небольшим снижением в динамике доли гомозигот по F508del (с 32,1 до 27,8%).

За отчетные годы распространенность инфицирования различными микроорганизмами значительно не изменилась, составляя для *S.aureus*: 53,8-58,4%, *P.aeruginosa*: 30,8-32,3%, *B.cepacia complex*: 6,0-7,9%, *S.maltophilia*: 3,3-3,9%.

Мало изменились показатели респираторной функции: средние показатели ОФВ1 варьировали от 73,6 до 74,6% от должного, и нутритивного статуса: ИМТ среди взрослых менялся в пределах 18,8-19,4кг/м², а медиана перцентиля ИМТ среди детей от 24,3 до 31,6.

Минимальные динамические изменения выявлены среди частот тех или иных осложнений заболевания и назначения той или иной терапии. Исключением здесь является ингаляционное применение гипертонического раствора натрия хлорида, значительно увеличившееся с 8,7% в 2011г до 54,5% в 2016г. В 2011году трансплантации легких больным МВ еще не проводились, в 2012году проведено их 2, в последующие годы от 1 до 9.

Заключение

Оценка показателей Регистра в динамике продемонстрировала рост числа пациентов, диагноз которым установлен по неонатальному скринингу, уменьшение медианы возраста диагностики заболевания, увеличение разнообразия мутаций гена *CFTR* и значительное увеличение ингаляционного использования гипертонического раствора натрия хлорида.

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ИЗУЧЕНИЯ МАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ ДЛЯ НЕИНВАЗИВНОЙ МРТ ДИАГНОСТИКИ

Я.Ю. Марченко, А.А. Агуреева, П.П. Ширинкин,
Б.П. Николаев, Л.Ю. Яковлева.

ФГУП «ГосНИИ ОЧБ» ФМБА России, г. Санкт-Петербург, Россия

Среди инструментальных методов высокой информативности, удовлетворяющих потребности человека в области жизнеобеспечения, магнитно-резонансная томография (МРТ) занимает важное место. МРТ позволяет получать неинвазивным способом информацию о строении органов и тканей человека по картине распределения магнитного поля внутри исследуемого объекта путем мониторинга величины сигнала ядерного магнитного резонанса (ЯМР) [1]. Экспертная оценка строения объекта и тем самым вывода о локализации и степени патогенеза зависит от визуального контраста томограмм. Подбор аппаратурной конфигурации и режимов математической обработки данных кривой спада ядерной намагниченности позволяет варьировать визуализируемое изображение по контрасту. Для улучшения контрастности МР-изображений предложено использовать препараты, которые по своей природе являются магнитными наночастицами (МНЧ) оксидов железа. Механизм контрастирующего действия МНЧ обусловлен их сильным влиянием на времена ядерной магнитной релаксации спинов окружающих молекул.

Нами были получены стабильные дисперсии МНЧ оксидов железа. Коллоидную устойчивость дисперсий МНЧ обеспечивали покрытием частиц слоем декстрана, карбоксидекстрана и хитозана, которые были выбраны по соображениям биосовместимости с клетками организма-хозяина. Размер МНЧ оценивали методом доплеровской лазерной спектроскопии и электронной микроскопии. Дисперсии МНЧ с гидродинамическим размером около 40 нм использовали для ЯМР исследования. Магнитные свойства МНЧ изучали методами ЯМР релаксометрии на частоте протонов в магнитных полях 7 и 11 Тл. Были измерены времена спин-решеточной T1 и спин-спиновой T2 релаксации протонов воды в зависимости от концентрации МНЧ. Данные релаксационного исследования дополнены измерениями контраста фантомных образцов гелей агар, содержащих МНЧ, и экспериментальных моделей животных (мыши, крысы), обработанных контрастирующими препаратами. Препараты МНЧ по своему воздействию были отнесены к группе негативных контрастирующих средств. Дальнейшее развитие работы рассматривается на путях конъюгации полученных МНЧ с биолигандами, нацеленными на специфические рецепторы злокачественных клеток, их таргетного введения в экспериментальные животные модели опухолей человека с последующим МРТ сканированием.

Список литературы

1. Ринк П.А. Магнитный резонанс в медицине // П.А. Ринк; пер. с англ. – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2003.

АНАЛИЗ УСПЕШНОСТИ ВЫСТУПЛЕНИЯ КОМАНДЫ ИЗ РОССИИ НА ОЛИМПИЙСКИХ ИГРАХ 2018 г.

А.Н. Павлова, А.Е. Чиков, Д.С. Медведев

ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России, г. Санкт-Петербург, Россия

На Олимпийских Играх 2018 г. (ОИ-2018) приняло участие 2917 спортсменов из 92 стран, разыграно 102 комплектов в 15 видах спорта. По количеству участников состав команды из России за последние три Игры менялся следующим образом: в 2010 году на зимних Олимпийских играх в Ванкувере принимало участие 177 спортсменов, в 2014 году эта цифра увеличилась до 225 атлетов, в 2018 году в Олимпийских играх приняли участие 168 человек [1].

Объём, организация и методы исследования

На первом этапе исследования был проведен анализ медального зачета на ОИ-2018 в сравнении с ОИ-2010 и ОИ-2014.

В дальнейшем, для анализа успешности выступления спортсменов из России на зимних Олимпийских играх были рассчитан коэффициент успешности ($k_{\text{усп}}$), как отношение числа полученных медалей к числу спортсменов, принимавших участие в состязаниях по каждому виду спорта, в %. Данная относительная величина позволяет сравнить, на наш взгляд, результативность выступления на зимних Олимпийских играх разных лет, с учетом весовых коэффициентов (количества спортивных дисциплин и участников соревнований).

Для того, чтобы понять, в каком направлении изменилось количество медалей (увеличилось или уменьшилось), была рассчитана разность ($\Delta k_{\text{рпс}}$, %) между коэффициентами результативности на ОИ-2010, ОИ-2014, ОИ-2018.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ медального зачёта выявил, что на ОИ 2018 было выиграно на 16 медалей меньше, чем на ОИ-2014, и на 2 медали больше, чем на ОИ-2010, что является успешным результатом (табл. 1) [2].

Таблица 1. Медальный зачет на Олимпийских играх 2010, 2014 и 2018 годов

Соревнование	Золото	Серебро	Бронза	Всего
ОИ-2010	3	5	7	15
ОИ-2014	13	11	9	33
ОИ-2018	2	6	9	17

Успешность выступления команды из России на ОИ-2018 существенно выше, чем в Ванкувере, хотя и ниже, чем на ОИ -2014. (рис. 1).

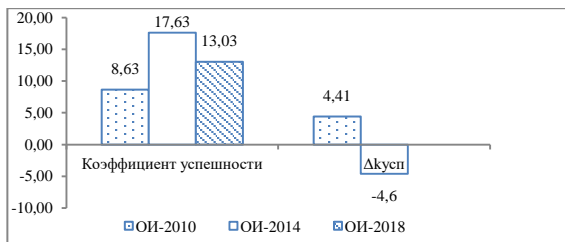


Рис. 1 Коэффициенты успешности на ОИ-2010, ОИ-2014, ОИ-2018 и Δкусп относительно ОИ-2018.

Разница на ОИ-2018 по сравнению с ОИ-2010 составила 4,41%, что свидетельствует о положительной динамике успешности спортсменов. Относительно же ОИ-2014 показатель ниже на 0,1%.

Заключение

Учитывая, что сильнеешие спортсмены из России по некоторым олимпийским видам спорта не были допущены к участию в ОИ-2018, и принимая во внимание значительное психологическое давление на россиян на ОИ-2018, выступление нашей команды можно оценить в целом, как успешное.

Применение коэффициента успешности выступления в комплексе с другими оценочными показателями, принятыми в спортивной метрологии, позволяет более полно и объективно провести анализ соревновательной активности спортсменов.

Список использованных источников

1. Официальный сайт Олимпийских игр 2018 [Электронный ресурс]: информационный сайт - Режим доступа <http://pyeongchang2018.com>, свободный. – Загл. с экрана.
2. Olympтека [Электронный ресурс]: информационный сайт – Режим доступа <http://olympteka.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ТРАНСЛЯЦИОННОЙ МЕДИЦИНЫ В ДИАГНОСТИКЕ ОСТРЫХ ЛЕЙКОЗОВ

Е.В. Поляков¹, В.Г. Никитаев¹, А.Н. Проничев¹, С.М. Зайцев¹, В.В. Дмитриева¹, В.Ю. Сельчук^{1,2}, Н.Н. Тупицын², М.А. Френкель², А.В. Моженкова².

¹*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, Россия*

²*ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России, г. Москва, Россия*

Работа направлена на разработку и исследование методов оценки оптических характеристик структуры ядер клеток крови и костного мозга в

информационно-измерительных системах для объективизации диагностики острых лейкозов.

Острые лейкозы – новообразование кроветворной системы, которое характеризуется значительным разнообразием клеточного состава.

Важным моментом диагностики является установление вариантов острых лейкозов. Она базируется на морфологических особенностях лейкоэмических клеток периферической крови и костного мозга. Констатация наличия лейкоэмических клеток, морфологически сходных с лимфообластами в крови или костном мозге, требует проведения дифференциальной диагностики с другими лимфопролиферативными заболеваниями и с реактивным лимфоцитозом. Однако иногда это представляет трудную диагностическую проблему.

Применение методов, уточняющих морфологическую характеристику лимфоидных элементов, в настоящее время представляет значительный интерес.

Компьютерная микроскопия на базе распознавания образов обладает более широкими возможностями исследования строения ядерных хроматиновых нитей, чем световая микроскопия. Она позволяет объективизировать полученные данные в виде числовых индексов.

Автоматизация микроскопического исследования дает возможность разработки компьютерных анализаторов изображений и алгоритмов распознавания клеток крови для проведения дифференцировки лейкоцитов по типам по следующим направлениям:

- определение патологических клеток на препаратах крови и костного мозга;
- оценка влияния погрешности измерений оптических характеристик ядер клеток крови, артефактов, условий съемки на классификацию гемопоэтических клеток;
- получение независимых объективных критериев для дифференциальной диагностики вариантов острых лейкозов;
- сопоставление структуры бластов и их иммунофенотипического статуса – с клетками периферической крови в норме;
- разработка инструментария для формирования эталонных баз знаний клеток крови с описанием типов клеточных элементов, условий съемки, данных иммунофенотипа для совершенствования и развития процедур компьютерного анализа.

В рамках указанных направлений работы получены следующие результаты.

Предложены методы, модели и программное обеспечение для количественного анализа клеток на препаратах крови и костного мозга, позволяющие определить тип лимфоцитов и лейкоэмических бластов на основе измерения морфологических, текстурных и вейвлет-характеристик при проведении исследований для установления вариантов острого лейкоза.

Применение предложенных методов повышает эффективность диагностики острого лейкоза за счет объективизации микроскопического анализа.

Проведенные экспериментальные исследования в информационно-измерительных системах на базе световой микроскопии показали, что полученные количественные характеристики по цифровым изображениям ядер клеток крови с препаратов крови и костного мозга являются существенным критерием, дающим основание предположить зависимость между направленностью дифференцировки клеток и строением хроматина ядер.

До настоящего времени не удавалось выявить существенных корреляций между структурой бластов и их иммунофенотипическим статусом. При обычной световой микроскопии гетерогенность бластной популяции констатируется в случаях Т- и В- вариантов ОЛЛ.

Впервые показано, что использование метода анализа текстурных характеристик изображений структуры хроматина ядер клеток крови при микроскопическом исследовании аспиратов костного мозга позволяет различить Т-ОЛЛ и В-ОЛЛ варианты острого лимфобластного лейкоза. В качестве референсного метода использовались данные морфоцитохимического и иммунофенотипического исследований, проведенные в лаборатории иммунологии гемопоэза ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина» МЗ РФ (заведующий лабораторией профессор д.м.н. Н.Н. Тупицын).

Список литературы

1. Никитаев В.Г., Нагорнов О.В., Проничев А.Н., Поляков Е.В., Сельчук В.Ю., Чистов К.С., Блиндарь В.Н., Дмитриева В.В., Гордеев В.В. Модель описания лейкоцитов периферической крови на основе оптических особенностей структуры ядер. // Измерительная техника. 2014. № 5. С. 56–58.
2. Никитаев В.Г., Нагорнов О.В., Проничев А.Н., Поляков Е.В., Сельчук В.Ю., Чистов К.С., Блиндарь В.Н., Дмитриева В.В., Гордеев В.В. Способ автоматизированного анализа клеток крови посредством описания лейкоцитов на основе оптических особенностей структуры ядер. // Патент России на изобретение. 01.03.2017. № 2612007.
3. Nikitaev, V. G., Pronichev, A. N., Polyakov, E. V., Mozhenkova, A. V., Tupitsin, N. N., & Frenkel, M. A. Textural characteristics of bone marrow blast nucleus images with different variants of acute lymphoblastic leukemia //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2018. – Т. 945. – №. 1. – С. 012008.
4. Nikitaev, V. G., Pronichev, A. N., Polyakov, E. V., & Dmitrieva, V. V. Approach to building knowledge bases in information-measuring systems diagnostics of acute leukemias //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2018. – Т. 945. – №. 1. – С. 012007.

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ СПОРТСМЕНОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ УГЛУБЛЕННОГО МЕДИЦИНСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ

И.А. Прудников, К.Н. Жаркова

ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва, Россия

Начиная с 2011 года в Центре спортивной медицины и реабилитации проводится углубленное медицинское обследование спортсменов сборных команд Российской Федерации по олимпийским видам спорта в рамках медико-биологического сопровождения [2, 4].

В последнее время особенно важным стало сокращение времени на анализ результатов и оформление проведенных обследований спортсменов. Это связано с тем, что в отдельные даты количество спортсменов, проходящих УМО, может превышать 30 человек в день.

Результатом совместной работы сотрудников Отдела экспериментальной спортивной медицины и Центра спортивной медицины и реабилитации стала разработка автоматически формирующегося заключения по результатам прохождения спортсменом функциональной нагрузочной пробы. Данное заключение представляет собой протокол показателей физической работоспособности, заключение и рекомендации по индивидуальным границам зон интенсивности нагрузки [3, 5].

После выполнения спортсменом нагрузочной пробы полученные данные из системы газоанализа экспортируются в разработанную нами программу, дополняются заключением специалистов функциональной диагностики и, при необходимости, распечатываются в протоколе исследования. Программа позволяет хранить результаты тестирований в собственной базе, с возможностью визуализации и анализа как динамического протокола одного спортсмена на протяжении длительного времени, так и протокола команды для формирования рейтинга среди спортсменов.

Протокол показателей физической работоспособности состоит из нескольких частей. Первая из них включает «паспортную» часть исследования: стадия учебно-тренировочного или соревновательного периода; вид нагрузки; вид протокола тестирования; индекс массы тела [1].

Вторая часть состоит из прямых показателей физической работоспособности и системы обеспечения, получаемых при тестировании: время нагрузки; время аэробного порога; время порога анаэробного обмена; максимальное потребление кислорода; объем кислорода на пороге анаэробного обмена; частота сердечных сокращений покоя; частота сердечных сокращений на аэробном пороге; частота сердечных сокращений на пороге анаэробного обмена; максимальная частота сердечных сокращений; дыхательный коэффициент; частота сердечных сокращений восстановления 3-й минуте.

В следующей части протокола вносятся данные о нагрузке. Для велоэргометра это мощность на уровне порога анаэробного обмена и максимальная мощность. Для тредмила и тредбана – угол наклона и скорость полотна. И для гребного эргометра – дистанция, средняя мощность и максимальная мощность.

Кроме того, специалистами регистрируются изменения ЭКГ в ходе тестирования (ряд наиболее часто встречаемых изменений был внесен в программный модуль и при их наличии специалисту достаточно просто выбрать ту или иную формулировку).

Далее в выходном протоколе следует непосредственно заключение, состоящее из блока состояния спортсмена и оценки его функционального состояния. Блок состояния спортсмена включает в себя: жалобы, субъективную оценку физического и эмоционального состояния, пульса покоя и артериального давления. Блок оценки функционального состояния состоит из автоматически формируемой оценки работоспособности, аэробной производительности, толерантности к физической нагрузке и восстановления. Оценка основывается на полученных данных прямых показателей.

Протокол заканчивается индивидуальными рекомендациями границ зон интенсивности нагрузок: поддерживающая, развивающая и интенсивная.

Программный модуль апробирован на спортсменах и получил высокую оценку у врачей и тренеров сборных команд Российской Федерации.

Выходной протокол является развитием существующему протоколу и существенно его добавляет. Следующим действием планируется внедрение программного модуля на постоянной основе для ежедневного использования.

Таким образом, представленный программный модуль существенно сокращает время на обработку данных и оформление выходного протокола (до нескольких минут), а также позволяет формировать протокол динамического наблюдения и командный протокол для составления рейтинга спортсменов.

Список литературы

1. Разинкин С.М., Дворников М.В. Физиология и гигиена летчика в экстремальных условиях. - М.: Научная книга, 2017. – 560 с.
2. Разинкин С. М. Котенко Н. В. Комплексная скрининг-диагностика оценки психофизиологического и соматического здоровья, функциональных и адаптивных резервов организма // Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. – 2010. – № 11. – С. 21–34.
3. Разинкин С.М., Котенко К.В., Петрова В.В., Фомкин П.А., Киш А.А., Нетребина А.П., Петрова М.С., Иванова И.И. Оценка адаптационных возможностей организма профессиональных спортсменов и лиц, активно занимающихся спортом, к экстремальным климатическим условиям с использованием различных методов // Физиотерапевт. 2013. № 4. С. 28-39.
4. Разинкин С.М., Петрова В.В., Артамонова И.А., Фомкин П.А. Разработка и обоснование критериального аппарата оценки уровня здоровья

спортсмена // Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. 2015. № 2. С. 72-80.

5. Разинкин, С.М., Петрова В.В., Киш А.А., Брагин М.А. Динамика ректальной температуры спортсменов во время суточного эксперимента с выполнением нагрузочных тестов // Медицинская наука и образование Урала. – 2017. – № 1. – С. 76–79.

ПРИМЕНЕНИЕ КОМАНДОБРАЗУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ
ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ЦЕЛЕВОМУ
НАПРАВЛЕНИЮ (НА ПРИМЕРЕ МНОГОПРОФИЛЬНОГО ЦЕНТРА
СИСТЕМЫ ФМБА РОССИИ)

А.С. Романов

ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России, г. Нижний Новгород, Россия

Вопрос кадрового обеспечения современного российского государственного здравоохранения является одним из наиболее актуальных для отрасли. В рамках норм современного законодательства единственной возможностью направления выпускников ВУЗов для работы в конкретные медицинские организации является их обучение по целевому направлению. Однако, если порядок приема таких учащихся четко регламентирован ст. ФЗ «Об образовании в РФ», то нормативно-правовая система регулирующая обязательность последующего трудоустройства до настоящего времени должным образом не проработана. В связи с чем руководство Федерального бюджетного учреждения здравоохранения «Приволжский окружной медицинский центр» Федерального медико-биологического агентства (далее – ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России) пришло к заключению о необходимости применения командобразующих технологий и систематического мониторинга подготовки студентов, обучающихся по целевому направлению. В рамках данной работы были сформулированы следующие задачи: провести анализ мотивации студентов, направленных на обучение по целевому приему от ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России, к дальнейшему обучению и трудовой деятельности; создать систему оценки личных и профессиональных качеств студентов, которая позволит решать вопрос о направлении выпускников в ординатуру и их трудоустройстве.

Материалами исследования стали данные анкетного опроса 55 студентов и документы, полученные из образовательного учреждения высшего профессионального образования об их успеваемости и внеаудиторной активности.

Как показали результаты, пожелания студентов о перспективах карьеры не совпадают с потребностями ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России и отрасли в целом, поскольку приоритетной задачей в настоящее время является комплектация врачебными кадрами первичного звена специалистами терапевтического

профиля. Необходимо отметить слабую мотивацию студентов к изучению терапевтических дисциплин: из 55 учащихся только 4 планируют связать свою профессиональную судьбу с терапией, 2 – с кардиологией. Также по результатам опроса нами отмечена выраженная тенденция стремления выпускников трудоустроиться в стационар: только 14,6±4,7% будущих врачей хотели бы работать в поликлинике.

В связи с вышеизложенным руководством ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России была создана система рейтинговой балльной оценки, предусматривающая анализ таких параметров, как успеваемость студента по данным образовательного учреждения, внеаудиторная работа студента, направленная на получение знаний по медицине (участие в кружках, научных обществах и т.д.), овладение практическими навыками, прочие достижения студентов, участие в жизни ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России (помощь в проведении многочисленных и разнообразных мероприятий в нашей организации). Оценка каждого параметра осуществляется по специально разработанной системе показателей при помощи пятибалльной шкалы. Кроме того, каждому студенту предлагается продемонстрировать свои успехи путем разработки за период обучения собственного электронного портфолио. Оценка проводится комиссией, в которую вошли представители администрации и главные специалисты ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России.

Среди мероприятий, которые, на наш взгляд, должны обязательно проводиться со студентами, обучающимися по целевому направлению, необходимо выделить две наиболее значимых группы: систематическое прохождение практики на базе ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России и участие в проведении мероприятий, организуемых руководством нашего учреждения. Производственная практика представляет собой первый этап взаимной адаптации студента и его будущего работодателя. В связи с чем администрацией ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России были определены ответственные врачи за проведение производственной практики студентов разных курсов и разработаны критерии оценки успешности прохождения практики. Активная научная, образовательная и общественная деятельность ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России предусматривает проведение многочисленных мероприятий самого разнообразного характера. Привлечение студентов к их проведению позволяет оценить их дисциплину, исполнительность, творческие способности, и, главное – наличие мотивации стать частью нашего трудового коллектива. Проект работы со студентами, обучающимися по целевому приему, получил название ПОМЦ next (<http://www.pomc.ru/pomc-next>).

Таким образом, мы считаем, что, применение командообразующих технологий и проведение систематического мониторинга за развитием профессиональных и личных качеств студента, обучающегося по целевому направлению, должно являться неотъемлемой составляющей кадрового планирования медицинской организации.

ПРИЛОЖЕНИЕ «RADIOCHEM» ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ РАДИОХИМИИ ТРАНСУРАНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Р.К. Спиров

*Государственное научное учреждение «Институт радиобиологии
Национальной академии наук Беларуси», г. Гомель, Республика Беларусь*

Актуальность

Радиохимический анализ является одним из основных методов определения активности трансураниевых элементов в почве и биологических объектах. Он включает в себя ряд стадий, в ходе которых лаборанту или специалисту-радиохимику приходится вести журнал с второстепенной информацией и расчетами, необходимыми для перехода к следующей стадии анализа и получению конечного результата. При значительном количестве проб одновременно находящихся на стадии радиохимического анализа возникает большой объем данных, нуждающихся в скорой и точной обработке. В этих целях рационально использовать программный продукт, в возможности которого входила работа с базой данных образцов, вычисление отдельных параметров для анализа каждого образца.

Цель работы: разработать приложение, необходимое для систематизации и обработки данных при определении активности трансураниевых элементов методом радиохимического анализа.

Материалы и методы

Приложение «RadioChem» написано в среде программирования Visual Studio 2015 на языке C# для операционной системы Windows. Данные приложения хранятся в формате XML, что обеспечивает гибкость работы при их обработке.

Результаты

В результате работы разработано приложение для персональных компьютеров с операционной системой Windows. Интерфейс приложения состоит из списка образцов и вкладок, соответствующих этапам определения трансураниевых элементов в выбранном образце согласно методике [1] (рис. 1).

Имеющиеся в базе данных приложения образцы представлены списком в качестве элементов с шифром образца, его названием и статусом (образец на стадии описания, сушки, измерения Cs-137, озонения, на стадии радиохимического анализа или измерения активности трансураниевых элементов). Кнопки «Добавить», «Удалить» и «Сохранить» позволяют добавлять и удалять образцы, а также сохранять внесенные изменения в базу данных. При выделении образца из списка активируются вкладки с данными для выделенного образца.

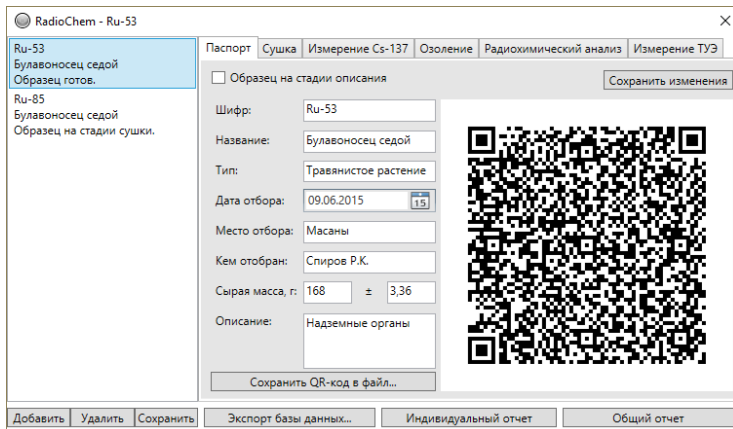


Рис. 1 Интерфейс приложения «RadioChem»

На вкладке «Паспорт» представлены поля с шифром образца, названием, типом (растение, животное, почва и др.), датой отбора, местом отбора, кем отобран образец, сырой массой на момент отбора и описанием. Также имеется возможность закодировать паспортные данные в QR-код для последующей распечатки на самоклеящихся этикетках, чтобы пометить тару, в которой хранится образец.

Вкладка «Сушка» содержит сведения о дате постановки образца на сушку, шифре тары, массы тары, массы тары с сырой пробой, массе тары с сухой пробой, позволяет рассчитать массу сырой пробы, массу сухой пробы, а также коэффициент усушки.

Вкладка «Измерение Cs-137» содержит данные о трех повторностях измерения удельной активности Cs-137 на гамма-спектрометре: дата измерения, масса сухой пробы, удельная активность. Кнопка «Рассчитать» позволяет вычислить среднее значение удельной активности Cs-137 и неопределенности измерения при коэффициенте охвата равным 2.

Вкладка «Озоление» содержит сведения о дате озоления, шифре тигля, массе тигля, массе тигля с сухой пробой, массе тигля с золой, позволяет рассчитать массу сухой пробы, массу золы и коэффициент озоления.

На вкладке «Радиохимический анализ» представлены данные о дате начала радиохимического анализа, массе навески золы, взятой на анализ, данных о используемой метке, и возможность рассчитать необходимый объем ОРР.

Вкладка «Измерение ТУЭ» включает в себя две вкладки: для плутония и для америция. Каждая из вкладок содержит данные о трех повторностях измерения удельной активности соответствующего ТУЭ (для плутония – Pu-238, Pu-239,240, для америция – Am-241), дате измерения, удельной активности используемой метки, а также кнопки «Рассчитать» для вычисления среднего

значения удельной активности и неопределенности измерения определяемого трансуранового элемента.

Базу данных можно экспортировать в формат CSV для работы в Excel, распечатать индивидуальный отчет с подробными сведениями об одном образце, или общий отчет, с итоговыми данными для всех образцов.

Заключение

Таким образом, разработанное приложение позволяет хранить и обрабатывать данные образцов, находящихся в процессе радиохимического анализа определения содержания трансурановых элементов.

Список литературы

1. Методика определения активности стронция-90 и трансурановых элементов в биологических объектах: МВИ.МН 1892-2003. – Введ. 2003-04-30. – Минск: ИРБ НАН Б, 2003. – 17 с.

ВОДНЫЙ РАСТВОР ФУЛЛЕРЕНА C₆₀ СПОСОБЕН ПРЕПЯТСТВОВАТЬ РАЗВИТИЮ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ВЗРЫВА *IN VITRO*

Е.А. Турецкий^{1,2}, С.М. Андреев¹, Н.Н. Шершакова¹,
В.В. Смирнов^{1,2}, М.Р. Хаитов¹

¹ФГБУ ГНЦ «институт иммунологии» ФМБА России, г. Москва, Россия

²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России
(Сеченовский Университет), г. Москва, Россия

Введение

Современные исследования биологической активности фуллерена C₆₀ указывают на его способность оказывать противовоспалительное, антиаллергическое и слабое иммуносупрессивное действие [1, 3]. При этом механизм его действия остаётся невыясненным. Хотя большинство учёных, занятых биологическими испытаниями фуллерена предполагают в своих работах, что биологические эффекты фуллерена связаны с его восстановительными свойствами, позволяющие ему взаимодействовать с реактивными формами кислорода (reactive oxygen species, ROS), такими, как синглетный кислород, гидроксильный радикал, супероксидный радикал, молекулярный кислород и т. д. Роль ROS в патогенезе воспалительных заболеваний отмечается в литературе[4], и их участие в поддержании хронических воспалений и сигнальных путях было установлено, однако на данный момент данные о способности фуллеренов взаимодействовать с ними в биологическом материале отсутствуют. В данном исследовании была оценена способность водного раствора фуллерена C₆₀ снижать интенсивность образования ROS нейтрофилами (т. н. окислительного взрыва) в условиях *in vitro*.

Для оценки способности нейтрофилов возможно использовать тест с нитротетразолием синим (nitro-blue tetrazolium, NBT)[2], применяемый для

диагностики дефекта фермента NADPH оксидазы, а так же являющийся показателем при воспалениях различной этиологии. В данной работе этот тест был адаптирован для определения биологической активности фуллерена в отношении нейтрофилов человека.

Материалы и методы

В пластиковую пробирку объёмом 0,65 мл вносили 120 мкл смеси, содержащей 0,12 мг NBT в среде фосфатно-солевого буфера (рН=7,4) для положительной контрольной группы и 0,12 мг NBT и 0,06 мг фуллерена C₆₀ в среде фосфатно-солевого буфера для экспериментальной группы. Для того, чтобы исключить получение ложноположительного результата, в эксперименте присутствовал отрицательный контроль. В пробирки этой группы вносили 120 мкл фосфатно-солевого буфера. К смеси прибавляли 200 мкл цельной венозной крови. Для экспериментов использовалась кровь здоровых добровольцев, собранная в вакутейнеры, содержащие 20 МЕ гепарина. Пробирки с кровью и реакционной смесью перемешивали и инкубировали 10 минут при температуре 37°C и 10 минут при комнатной температуре. После этого на предметное стекло наносили 20 мкл крови, готовили мазок, высушивали его на воздухе. На предметное стекло наносили 1 мл 0,3% красителя Романовского-Райта, выдерживали 15 секунд, после чего добавляли 1 мл воды дистиллированной и выдерживали ещё 30 секунд. После этого мазок промывали водой, давали высохнуть и изучали микроскопией в иммерсионной системе. Определяли количество нейтрофилов с формазановыми депозитами по отношению к общему числу нейтрофилов.

Результаты и обсуждение

На основании четырёх повторов были получены значения, обобщённые на рисунке 1. Результаты статистической обработки показали наличие достоверных различий между процентным содержанием нейтрофилов с формазановыми депозитами в экспериментальной и контрольной группах при $p < 0,05$.

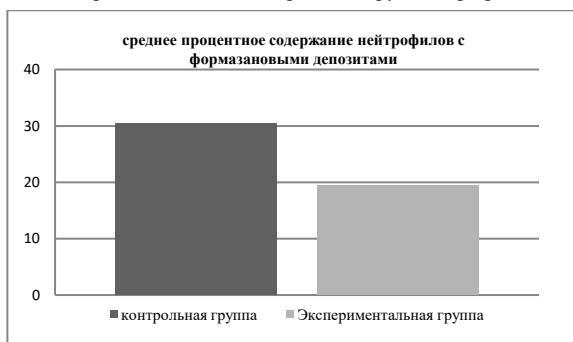


Рис. 1 Среднее процентное содержание нейтрофилов с формазановыми депозитами в контрольной и экспериментальной группах

Не смотря на это, продемонстрированный в этом опыте эффект значительно ниже ожидаемого, что свидетельствует о том, что, хотя способность нейтрализовать свободные формы кислорода несомненно участвует в механизме действия фуллеренов, она не является движущей силой этого действия, что делает необходимым дальнейшего поиска мишени фуллерена C₆₀ в организме.

Список литературы

1. Ilinskaya A.N., Dobrovolskaia M.A. Immunosuppressive and anti-inflammatory properties of engineered nanomaterials // British Journal of Pharmacology. 2014. Т. 171. № 17. 3988–4000 с.
2. Park B.H., Fikrig S.M., Smithwick E.M. INFECTION AND NITROBLUE-TETRAZOLIUM REDUCTION BY NEUTROPHILS // The Lancet. 1968. № 7567 (292). С. 532–534.
3. Shershakova N. [и др.]. Anti-inflammatory effect of fullerene C60 in a mice model of atopic dermatitis. // Journal of nanobiotechnology. 2016. (14). С. 8.
4. Waris G., Ahsan H. Reactive oxygen species: Role in the development of cancer and various chronic conditions // Journal of Carcinogenesis. 2006. Т. 5.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ГОТОВНОСТИ СПОРТСМЕНОВ

П.А. Фомкин

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России,
г. Москва, Россия*

В настоящее время отсутствует четкое определение понятия «функциональная готовность» в спорте и зачастую оно подменяется созвучным, но меж тем несущим иную смысловую нагрузку термином, «функциональная подготовленность».

Впервые о функциональной готовности упомянул В.Л. Карпман в своей монографии «Тестирование в спортивной медицине» (1988 г.). Рассматривая тестирование как способ оценки функционального состояния организма в целом и его *готовность* к соревновательной деятельности, он подразумевал важность комплексной оценки всего множества критериев данных медицинского обследования для ее объективизации. При этом само понятие «функциональной готовности», как некоторой векторной величины в многомерном пространстве состояний спортсмена, было предложено им как альтернатива тренерско-педагогическому термину «тренированность» [1].

Мы рассматриваем функциональную готовность (ФГ) как совокупность физических качеств, психоэмоционального состояния, состояние периферической крови, гормональный и биохимический статус, а также наследственность спортсмена. Функциональная готовность – это готовность функциональных систем организма спортсмена к реализации максимальных спортивных достижений на этапах учебно-тренировочного процесса и соревнованиях [2, 3].

Оценка уровня функциональной готовности спортсмена включает 9 групп методов, для каждого из которых определен и обоснован свой критериальный оптимум [4]:

1) оценка физической работоспособности в ходе выполнения специфических нагрузочных тестов «до отказа» и прямого определения времени и мощности выполнения нагрузки, максимального потребления кислорода, порогов аэробного и анаэробного обмена, дыхательного коэффициента;

2) анализ генотипических особенностей: наследственность и адаптивность организма;

3) определение морфофункциональных характеристик: мышечная и жировая масса, индекс массы тела, фазовый угол.

4) состояние периферической крови: гемоглобин, эритроциты, лейкоциты, лимфоциты – как маркеры состояния тревоги, активности, стресса;

5) состояние гемодинамики: ударный объем, общее периферическое сопротивление сосудов, интегральный показатель функционального состояния – как функционально-приспособительные особенности сердечно-сосудистой системы, зависящие от вида спортивной деятельности;

6) биохимические показатели крови, гормоны: АСТ, АЛТ, тестостерон, соматотропный гормон;

7) профессионально важных качеств: психоэмоциональная устойчивость, любовь к спорту;

8) социально-психологическая адаптация: страх, комплекс вины, стресс, хроническое перенапряжение, психосоматические особенности;

9) степени компенсации отклонений в состоянии здоровья: отсутствие острых и подострых заболеваний, скрытой патологии.

Формулу оценки функциональной готовности спортсмена в самом общем виде можно представить так:

$$\text{Функциональная готовность} = A + B + B,$$

где А = Специфический эргоспирометрический тест на оценку физической работоспособности в зависимости от вида спорта (например, для сборной команды биатлона – бег «до отказа» на лыжероллерах с использованием четко-дозированной нагрузки на тредбане; для сборной команды по академической гребле – четко-дозированная нагрузка «до отказа» на гребной эргометре). Интегральный результирующий показатель – время выполнения нагрузки «до отказа»;

Б = Система обеспечения физической работоспособности: максимальное потребление кислорода, потребление кислорода на пороге анаэробного обмена, частота сердечных сокращений;

В = Система сопровождения: состояние гемодинамики, периферической крови, уровень гормонов, морфофункциональные качества, дифференциальная оценка психоэмоционального и соматического состояния.

Оценка функциональной готовности спортсменов по разработанной формуле была проведена в сборных командах Российской Федерации по биатлону, академической гребле и легкой атлетике. Данный подход к определению адаптационных и функциональных резервов организма получил высокую экспертную оценку тренеров и врачей команды. Процент совпадения полученной оценки и мнения тренера в команде составил 80 - 85%.

Список литературы

1. Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б. Тестирование в спортивной медицине // Москва: Издательство «Физкультура и спорт», 1988. – 208 с.
2. Киш А.А., Разинкин С.М., Фомкин П.А., Богоявленских Н.С. Обоснование использования специфического нагрузочного тестирования в спорте высших достижений на примере циклических видов спорта // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2017. Т. 94. № S2. С. 74-75.
3. Мирошникова Ю.В., Разинкин С.М., Самойлов А.С., Фомкин П.А., Петрова В.В., Киш А.А. Разработка и обоснование унифицированной шкалы оценки уровня функциональных резервов членов сборных команд России // Медицина экстремальных ситуаций. 2015. № 4 (54). С. 38-44.
4. Разинкин С.М., Петрова В.В., Артамонова И.А., Фомкин П.А. Разработка и обоснование критериального аппарата оценки уровня здоровья спортсмена // Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. 2015. № 2. С. 72-80.
5. Разинкин С.М., Самойлов А.С., Фомкин П.А., Петрова В.В., Киш А.А., Артамонова И.А. Методологический подход к оценке функциональных резервов спортсменов циклических видов спорта // Спортивная медицина: наука и практика. 2016. Т. 6. № 1 (22). С. 26-34.

МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ ОРИЕНТАЦИИ И АДСОРБЦИИ ЛИЗОЦИМА НА ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТНЫХ ПЛЁНКАХ

Эльхан Х. Хамзин¹, Холмирзо Т. Холмуродов^{1,2}

*¹Кафедра Химии, новых технологий и материалов,
Факультет естественных и инженерных наук,*

Государственный университет "Дубна", г. Дубна, МО, Россия

*²Лаборатория нейтронной физики им. И.М. Франка
Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна, МО, Россия*

Круг вопросов, затрагивающих поверхностные явления достаточно обширен: от биологического происхождения (белки, липиды) до технологических и производственных задач (электроника, суспензии). Ориентация белков описывает поведение гидрофобных и ионных взаимодействий в адсорбции, эффекты скручивания и раскручивания полимерной цепи белка, возникающие в

поверхностных явлениях. Адсорбция же является одной из наиболее известных разновидностей поверхностных явлений. Процессы адсорбции чрезвычайно распространены в природе и нашли широкое применение в химии и технологии. Теоретические положения адсорбции служат основой развития современных теорий гетерогенного катализа, кинетики гетерогенных процессов, строения двойного электрического слоя и электрохимической кинетики, хроматографии, ионного обмена, агрегативной устойчивости дисперсных систем. Помимо фундаментальной значимости особую роль занимают прикладные исследования ориентационных эффектов и адсорбционных свойств белков на полимерных и электродных материалах. Целью настоящей работы является постановка молекулярно-динамических исследований с целью изучения процессов ориентации и адсорбции белка лизоцима (рис.1) на поверхности полиэтилентерефталатных пленках (рис.2), а также описание физико-химических процессов, способных повлиять на ориентационные и адсорбционные свойства белка.

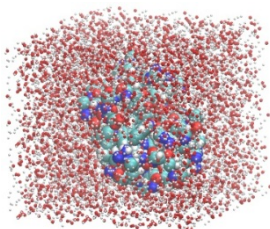


Рис.1 Белок лизоцим в водной оболочке

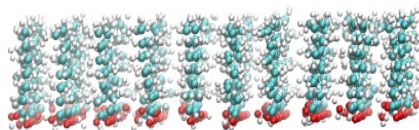


Рис. 2 Поверхность полиэтилентерефталатной пленки

Формат 60x90/16, Объем: 9,875 п.л.,
Бумага 80 г/м² офсетная, Гарнитура Times New Roman,
Тираж 500 экз., Заказ № _____.

Отпечатано в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России
123182 г. Москва, ул. Живописная, д. 46
тел.: 8 (499) 190-94-09, 190-93-90
tatipif@mail.ru, lochin59@mail.ru
www.fmbafmbc.ru