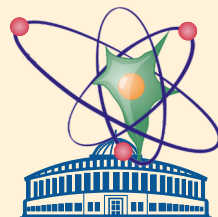


Российская академия наук
Объединенный институт ядерных исследований



АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИАЦИОННОЙ БИОЛОГИИ. МОДИФИКАЦИЯ РАДИАЦИОННО- ИНДУЦИРОВАННЫХ ЭФФЕКТОВ

Международная конференция

Дубна, 16–18 октября 2024 г.

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
РАДИАЦИОННОЙ БИОЛОГИИ.
МОДИФИКАЦИЯ РАДИАЦИОННО-
ИНДУЦИРОВАННЫХ ЭФФЕКТОВ**

Дубна, 16–18 октября 2024 г.

Материалы конференции

Дубна 2024

Организаторы конференции:
Научный совет РАН по радиобиологии
Радиобиологическое общество РАН
Лаборатория радиационной биологии ОИЯИ

Оргкомитет конференции

Сопредседатели:

Красавин Е.А., чл.-корр. РАН, председатель Научного совета РАН по радиобиологии, ЛРБ ОИЯИ

Ушаков И.Б., акад. РАН, президент Радиобиологического общества РАН, ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России

Ответственные секретари:

Найдич В.И., к.х.н., Научный совет РАН по радиобиологии

Кошлань И.В., к.б.н., ЛРБ ОИЯИ

Члены оргкомитета:

Аклев А.В., д.б.н., Уральский НПЦ радиационной медицины ФМБА России

Абдуллаев С.А., д.б.н., ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России

Борейко А.В., д.б.н., ЛРБ ОИЯИ

Бугай А.Н., д.ф.-м.н., ЛРБ ОИЯИ

Васильев С.А., д.б.н., НИИ медицинской генетики Томского НИМЦ

Гераськин С.А., д.б.н., ВНИИ радиологии и агроэкологии

Гребенюк А.Н., д.м.н., Санкт-Петербургский гос. химико-фармацевтический университет

Замулаева И.А., д.б.н., МРНЦ им. А.Ф. Цыба Минздрава РФ

Москалев А.А., чл.-корр. РАН, ИБ Коми НЦ УрО РАН

Рождественский Л.М., д.б.н., ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России

Тахауов Р.М., д.м.н., Северский биофизический НЦ ФМБА России

Филимонова М.В., д.б.н., МРНЦ им. А.Ф. Цыба Минздрава РФ

Штемберг А.С., д.б.н., ИМБП РАН

Черняев А.П., д.ф.-м.н., физический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова

А43 Актуальные проблемы радиационной биологии. Модификация радиационно-индуцированных эффектов: Междунар. конф. (Дубна, 16–18 окт. 2024 г.): Матер. конф. — Дубна: ОИЯИ, 2024. — 244 с.

ISBN 978-5-9530-0628-6

В сборнике представлены материалы международной конференции «Актуальные проблемы радиационной биологии. Модификация радиационно-индуцированных эффектов». Обсуждаются фундаментальные основы модифицирующего влияния факторов физической и химической природы на радиационно-индуцированные эффекты в клетках с различным уровнем организации генома, в радиационной медицине и космической радиобиологии. Обращено внимание на фундаментальные основы поиска противолучевых средств, направленных на снижение уровня повреждающего действия радиации и смягчение медико-биологических последствий облучения; совершенствование лучевой терапии опухолей — модификацию радиационных эффектов облучения с помощью факторов химической, физической и биологической природы; решение проблем радиационной безопасности космических полётов.

Тезисы публикуются в авторской редакции.

© Объединенный институт
ядерных исследований, 2024

ISBN 978-5-9530-0628-6

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ АКТИВНОСТИ АНТИОКСИДАНТНЫХ
ФЕРМЕНТОВ В ПОПУЛЯЦИЯХ *PÍNUS SYLVÉSTRIS* L. ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ
ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ 189

А.С. Смирнова, А.С. Ханова, С.А. Гераськин

МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ДОЗ ПРИ
НЕЙТРОНОЗАХВАТНОЙ ТЕРАПИИ СРЕДСТВАМИ СИСТЕМЫ
ПЛАНИРОВАНИЯ ДИСТАНЦИОННОЙ НЕЙТРОННОЙ ТЕРАПИИ
НА БАЗЕ ГЕНЕРАТОРА НГ-24МТ 191

А.Н. Соловьев, Я.В. Кизилова

ПРОТОННАЯ ТЕРАПИЯ: ВЛИЯНИЕ НА ПОВЕДЕНИЕ И
МИКРОГЛИАЛЬНЫЙ СТАТУС МЫШЕЙ 194

С.С. Сорокина, А.Е. Мальков, А.Е. Шемяков, О.М. Розанова, Е.Н. Смирнова

ЧАСТОТА ДОМИНАНТНЫХ ЛЕТАЛЬНЫХ МУТАЦИЙ У *DROSOPHILA*
MELANOGASTER ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ
ИОНИЗИРУЮЩЕГО И НЕИОНИЗИРУЮЩЕГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ
ИЗЛУЧЕНИЙ 196

Е.В. Стяжкина, Ю.Р. Ахмадуллина, Ю.В. Гайнетдинова, Е.А. Пряхин

ВОЗДЕЙСТВИЕ ОБЛУЧЕНИЯ ИОНАМИ УГЛЕРОДА ^{12}C
НА ЗРИТЕЛЬНОМОТОРНОЕ ПОВЕДЕНИЕ ОБЕЗЬЯН 199

Л.В. Терещенко, Ю.В. Бородачева, Л.С. Жиганов, Э.Р. Иمامеев,
А.В. Латанов

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ 3D-ПЕЧАТНЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ФОРМ
ГЕНИСТЕИНА КАК ПОТЕНЦИАЛЬНОГО РАДИОЗАЩИТНОГО
СРЕДСТВА 201

В.В. Тихонова, О.Ю. Стрелова, А.Н. Гребенюк

ВЫЖИВАЕМОСТЬ И ИНДУКЦИЯ АБЕРРАЦИЙ ХРОМОСОМ В КЛЕТКАХ
КИТАЙСКОГО ХОМЯЧКА ПРИ ОДНОКРАТНОМ И СОЧЕТАННОМ
ВОЗДЕЙСТВИИ ИОНАМИ УГЛЕРОДА И ПРОТОНАМИ 203

М.В. Трощина, Е.В. Корякина, В.И. Потетня, В.О. Сабуров, А.Н. Соловьев,
В.А. Пикалов, С.Н. Корякин

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И ДРУГИХ
НЕРАДИАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА СОСТОЯНИЕ КРОВЕТВОРЕНИЯ
В ГОЛОВНОЙ ПОЧКЕ У ПЛОТВЫ (*RUTILUS RUTILUS*)
В ЭКСПЕРИМЕНТЕ *IN SITU* 205

М.В. Тюхай, Г.А. Тряпицына, Е.А. Пряхин

ХИМИЧЕСКИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ 5-АНДРОСТЕНДИОЛА КАК ПУТЬ
СОЗДАНИЯ СРЕДСТВ ПРОТИВОЛУЧЕВОЙ ЗАЩИТЫ НОВОГО
ПОКОЛЕНИЯ 208

М.Е. Успенская, М.Н. Соколов, В.В. Рожков, А.Н. Усенко, Т.А. Федотчева,
Н.Л. Шимановский, В.М. Ржезников

ВОЗДЕЙСТВИЕ ОБЛУЧЕНИЯ ИОНАМИ УГЛЕРОДА ^{12}C НА ЗРИТЕЛЬНОМОТОРНОЕ ПОВЕДЕНИЕ ОБЕЗЬЯН

Л.В. Терещенко¹, Ю.В. Бородачева^{1,2}, Л.С. Жиганов^{1,2}, Э.Р. Иمامев¹,
А.В. Латанов¹

¹ Биологический факультет, МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

² Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Москва, Россия
e-mail: lter@mail.ru

Резюме. Исследовали выполнение зрительно-моторного инструментального условного рефлекса, латентные периоды саккад и мануальных реакций до и после краниального облучения ядрами углерода ^{12}C (400 МэВ, 2 Гр) на трёх обезьянах (самцы *Macaca mulatta*). Результаты свидетельствуют об устойчивости системных механизмов инструментальной деятельности к радиационному воздействию ядрами ^{12}C . Однако у двух обезьян выявлено незначительное замедление инициации движений глаз, что, предположительно, свидетельствует о ранних нарушениях процессов зрительно-моторной интеграции и исполнительного контроля.

Ключевые слова: обезьяны, инструментальное поведение, радиационное излучение, ионы углерода ^{12}C , саккады, мануальные реакции, внимание

IMPACT OF CARBON ^{12}C IONS ON VISUOMOTOR PERFORMANCE IN NONHUMAN PRIMATES

L.V. Tereshchenko¹, Yu.V. Borodachyova^{1,2}, L.S. Zhiganov^{1,2}, E.R. Imameev¹,
A.V. Latanov¹

¹ Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

² Institute for Higher Nervous Activity and Neurophysiology of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
e-mail: lter@mail.ru

Summary. Instrumental conditioned task performance accuracy, saccadic and manual latencies before and after cranial irradiation with carbon ^{12}C ions (400 MeV, 2 Gy) were studied in three male monkeys (*Macaca mulatta*). The results demonstrated the stability of the systemic mechanisms that control the instrumental performance to radiation exposure to carbon ^{12}C ions. However, a slowing in the initiation of saccadic eye movements in two monkeys, presumably, indicates early disorders in the processes of visuomotor integration and executive control.

Key words: nonhuman primates, instrumental performance, ionizing radiation, carbon ^{12}C ions, saccades, manual reaction, attention

Во время дальних космических полетов радиационные воздействия галактических космических лучей (ГКЛ) на организм человека являются трудно преодолимым фактором, который неизбежно вызывает риск ранних поражений функций мозга. ГКЛ представляют собой высокоэнергетические ускоренные ядра химических элементов, среди которых ядра тяжёлых элементов составляют малую часть, но при этом оказывают наиболее тяжёлое повреждающее воздействие на организм, включая нервную систему. ГКЛ могут вызывать нарушения поведения, когнитивной сферы в целом и, как следствие, операторской деятельности у космонавтов. В обеспечении операторской деятельности центральная роль принадлежит зрительной системе, а также функционально связанными с ней глазодвигательной и экстрапирамидной системам. Эти системы достигли наибольшего развития у приматов, включая человека. Поэтому исследования нарушений зрительно-моторного поведения (включающего также движения глаз), вызванных радиационными воздействиями, необходимо исследовать на обезьянах.

Целью работы является изучение зрительно-моторной и манипулятивной деятельности обезьян после облучения мозга ядрами углерода ^{12}C .

Три обезьяны О1, О2 и О3 (самцы *Macaca mulatta* возраста 10-11 лет) ранее облученные высокоэнергетическими протонами (170 МэВ, 3 Гр) предварительно были обучены выполнять условнорефлекторную инструментальную задачу, включающую совершение зрительно вызванных саккад к периферическим стимулам (ПС) с последующим выполнением мануальных инструментальных реакций в ответ на незначительное приглашение ПС. ПС предъявляли в одном из 34-х положений в прямоугольном зрительном поле 39х26 угловых градусов. После завершения контрольной серии обезьян подвергли краниальному облучению ионами углерода ^{12}C (400 МэВ, 2 Гр) на ускорителе ИФВЭ (г. Протвино, Московская обл.). На протяжении трёх месяцев после облучения в течение каждого экспериментального дня три раза в неделю обезьяны выполняли 900-2000 проб инструментальной задачи с разными комбинациями временных и пространственных параметров предъявления зрительных стимулов. По результатам экспериментов анализировали поведенческие показатели животных при выполнении инструментальной задачи, в т.ч. латентные периоды (ЛП) саккад и мануальных реакций.

После облучения ионами углерода все обезьяны продолжали успешно выполнять инструментальную задачу (90-95%% корректных реакций) на протяжении всего периода наблюдений.

У обезьяны О1 в первые три дня после облучения отмечалось увеличение ЛП саккад на 10-13% с последующим возвратом к контрольным значениям (до облучения). У обезьяны О2 в период 16-35 дни после облучения наблюдались отдельные экспериментальные дни с укороченными на 6-7% ЛП саккад. У обезьяны О3 после облучения наблюдалась тенденция к увеличению ЛП саккад с достижением превышения на 6-8% на 71-77 дни после облучения по сравнению с контролем. ЛП мануальных инструментальных реакций у всех обезьян не претерпели каких-либо значимых изменений.

У обезьян О1 и О2 не наблюдалось достоверных изменений ЛП саккад в зависимости от длительности временной задержки при смене стимулов (фиксационного в центре зрительного поля и ПС) в Гарп-интервале. Обезьяна О3 после облучения демонстрировала увеличение ЛП саккад до 20% для длительностей Гарп-интервала 300-400 мс.

Полученные результаты свидетельствуют об устойчивости выполнения обезьянами инструментальной задачи к облучению ионами углерода ^{12}C . Однако при этом возможны нарушения процессов зрительно-моторной интеграции, переключения зрительного внимания и исполнительного контроля, что отражалось в увеличении ЛП саккад и мануальных реакций. Предположительно, такие эффекты могут проявиться в ухудшении временных параметров операторских действий человека, что может быть критично для сложной и разнообразной деятельности человека в условиях дальних космических экспедиций.

Исследование выполнено при финансовой поддержке в рамках научного проекта государственного задания МГУ №121032500080-8.

Научное издание

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИАЦИОННОЙ БИОЛОГИИ.
МОДИФИКАЦИЯ РАДИАЦИОННО-
ИНДУЦИРОВАННЫХ ЭФФЕКТОВ**

Международная конференция

Материалы конференции

2024-41

Ответственный за подготовку сборника к печати *И. В. Кошлань*

Отпечатано с файлов, предоставленных оргкомитетом

Подписано в печать 08.10.2024.

Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 15,5. Уч.-изд. л. 25,82. Тираж 135 экз. Заказ № 60934

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.

E-mail: publish@jinr.ru

www.jinr.ru/publish/