

5. *Меерсон, Ф. З.* Адаптационная медицина: механизмы и защитные эффекты адаптации / Ф. З. Меерсон. — М. : Нурохиа Medical LTD, 1993. — 334 с.
6. *Меерсон, Ф. З.* Адаптация к стрессовым ситуациям и физическим нагрузкам / Ф. З. Меерсон, М. Г. Пшенникова. — М. : Медицина, 1988. — 256 с.
7. *Судаков, К. В.* Новые акценты классической концепции стресса / К. В. Судаков // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. — 1997. — № 2. — С. 124–130.
8. *Боброва, Н. А.* Влияние регуляторных пептидов на экспрессию маннозосодержащих мембранных структур лейкоцитов при остром стрессе / Н. А. Боброва, Е. М. Важничая, И. П. Кайдашев // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. — 2000. — № 4. — С. 11–13.
9. *Копина, О. С.* Популяционное исследование психосоциального стресса как фактора риска сердечно-сосудистых заболеваний / О. С. Копина, Е. А. Сулова, Е. В. Заикин // Кардиология. — 1996. — № 3. — С. 53–56.
10. Нарушения в системе крови при воздействии ионизирующей радиации в низкой дозе в зависимости от длительности эмоционального стресса / Ю. Б. Дешевой [и др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2002. — Т. 42, № 4. — С. 383–389.
11. *Зиматкина, О. С.* Неспецифическая адаптационная реакция организма и некоторые биологические показатели белых крыс при пролонгированном гамма-облучении / О. С. Зиматкина // Современная медицина и фармация: материалы конференции студентов и молодых ученых ВГМУ. — Витебск, 2001. — С. 10–11.
12. *Суриков, Б. П.* Постстрессорные состояния и коммуникативные нарушения иммунитета и крови / Б. П. Суриков [и др.] // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. — 2000. — № 4. — С. 9–11
13. Лабораторные животные: разведение, содержание, использование в эксперименте / И. П. Западнюк [и др.]. — Киев: Вища шк., 1983. — 383 с.
14. *Камышников, В.* Справочник по клинико-биохимической лабораторной диагностике: в 2 т. / В. Камышников. — Мн. : Беларусь, 2000. — Т. 2.
15. *Пшенникова, М. Г.* Феномен стресса. Эмоциональный стресс и его роль в патологии / М. Г. Пшенникова // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. — 2000. — № 2. — С. 24–26.

Поступила 14.05.2007

УДК: 616.127:614.875

## ВЛИЯНИЕ ИНКОРПОРИРОВАННОГО $^{137}\text{Cs}$ НА СТРУКТУРНЫЕ КОМПОНЕНТЫ МИОКАРДА

Н. Г. Мальцева

Гомельский государственный медицинский университет

В работе проведен морфометрический анализ ткани миокарда опытных животных, подвергшихся воздействию инкорпорированных радионуклидов. Данный стрессорный фактор вызывает адаптационную реакцию, проявляющуюся в комплексе биохимических и морфофункциональных изменений. Выявленные структурные нарушения сводятся к снижению мышечной массы сердечной ткани, уменьшению количества кардиомиоцитов на фоне гипертрофии их ядер. Происходит коллагенизация и разрастание соединительнотканной стромы, массовое расширение коронарной капиллярной сети.

Возникшие структурные нарушения могут служить предпосылкой развития патологии.

**Ключевые слова:** миокард, инкорпорированные радионуклиды, морфометрическая характеристика, стресс, адаптация.

## THE INFLUENCE OF INCORPORATED $^{137}\text{Cs}$ ON STRUCTURAL COMPONENTS OF THE MYOCARDIUM

N. G. Maltseva

Gomel State Medical University

In the work the morphometric analysis of a myocardium tissue of the experimental animals, undergone impact of incorporated radionuclides has been carried out. The given stress factor

causes the adaptable reaction demonstrated in a complex biochemical and morphofunctional changes. The revealed structural infringements are the following: decrease in muscular mass of myocardium tissue and cardiomyocytes quantity reduction on a background of a hypertrophy of their nuclei. Reduced to collagenazin and growth of connective tissues strom and mass dilation of a coronary capillary network.

The arisen structural infringements can serve as the precondition of development of a pathology development.

**Key words:** myocardium, incorporation radionuclide, morph metric characteristic, stress, adaptation.

### **Введение**

В современном обществе с каждым годом увеличивается использование источников ионизирующего излучения в различных сферах деятельности человека, что приводит к глобальному радиоактивному загрязнению биосферы. При инкорпорации радионуклидов в организм происходит их длительное радиационное и токсическое действие.

У населения региона, пострадавшего от аварии на ЧАЭС, отмечается рост заболеваемости болезнями сердечно-сосудистой системы [18, 19] В структуре первичной заболеваемости ликвидаторов аварии на ЧАЭС, проживающих в Беларуси, они составляют 42%.

В 2001 году в Республике Беларусь лица с болезнями системы кровообращения составили 21,8% от общего количества людей, признанных инвалидами в трудоспособном возрасте. Смертность от болезней кровообращения составляет 30,7% в структуре смертности трудоспособного населения Беларуси. Приоритетными проблемами кардиологии являются артериальная гипертензия, атеросклероз и их основные осложнения — ИБС, цереброваскулярные болезни, на долю которых приходится 91% всех смертельных исходов от болезней системы кровообращения [10].

На территории Гомельской области, наиболее пострадавшей от аварии на ЧАЭС, распространенность ИБС возросла в 3,5 и более раз по сравнению с доаварийным 1986 г., причем клинические формы течения ИБС у ликвидаторов аварии на ЧАЭС приобретают отягощенные формы. Сохраняются также негативные тенденции в развитии других форм сердечно-сосудистой патологии [1, 6].

По мнению большинства исследователей, основным источником радиационного воздействия на население, проживающее на постчернобыльском пространстве, является

внутреннее облучение, вызванное инкорпорацией радионуклидов [3, 11]. Главным дообразующим элементом является  $^{137}\text{Cs}$ .

$^{137}\text{Cs}$  поступает в организм человека и животных в основном с пищей. Он полностью всасывается в желудочно-кишечном тракте и быстро проникает в кровь. Будучи хорошо растворимым в воде и имея значительное сходство по основным физико-химическим параметрам с калием,  $^{137}\text{Cs}$  быстро распределяется по организму [4]. Его растворимые соли способны относительно легко проникать через биологические мембраны и накапливаться внутри клеток и их органелл.

Одним из органов-мишеней для радиоцезия является миокард. Под воздействием внутреннего ионизирующего облучения в сердечной мышце развиваются выраженные морфо-функциональные и метаболические изменения [4, 5, 11, 20].

Согласно современным представлениям, действие ионизирующего излучения на организм сопровождается интенсификацией свободнорадикальных реакций в тканях [2, 8, 12]. При этом в свободнорадикальные реакции вовлекаются как водная, так и липидная фаза клетки, нарушается гомеостаз, что может привести к ее гибели [16]. Важную роль в процессах радиационного повреждения играют высокорреакционные продукты, образующиеся в процессе радиолиза воды, вступающие в дальнейшие реакции по цепному механизму, причем наиболее реакционноспособным является гидроксильный радикал. Образование даже в малых количествах АФК и продуктов радиолиза воды играет первостепенную роль в инициации радиационных повреждений тканей облученного организма. Эти продукты при взаимодействии с молекулами образуют новые свободные радикалы, перекиси и токсины.

Накопление АФК в ткани миокарда, вызванное инкорпорацией  $^{137}\text{Cs}$ , способствует повреждению мембранного комплекса кардиомиоцитов и митохондриальной системы. Возникают нарушения процессов сопряжения тканевого дыхания, окислительного фосфорилирования и синтеза АТФ, что приводит к энергетическому дефициту в клетках, гибели отдельных органелл и угнетению сократительной функции [4, 8, 11, 20]. Неповрежденные клеточные структуры будут испытывать значительную перегрузку. Такие изменения могут послужить толчком для включения регенераторно-пластического механизма и возникновения явлений гипертрофии и гиперплазии. Данная проблема широко исследуется, ей посвящен ряд комплексных работ, проводимых на базе нашего университета [4, 11, 20].

Исследования по данной тематике представляют исключительный научный и практический интерес, так как даже незначительные нарушения функциональной активности и морфологического строения основных структурных составляющих ткани сердца приводят к возникновению и развитию сердечно-сосудистой патологии [7, 9, 14, 17, 20].

**Цель работы:** проанализировать влияние инкорпорированных радионуклидов на морфометрические характеристики структур миокарда.

#### **Материалы и методы исследования**

Объект исследования — беспородные белые крысы-самцы. В ходе эксперимента были сформированы 2 группы по 10 половозрелых особей: контрольная и опытная. Животным подопытной группы в течение 30 суток в рацион кормления были включены радиоактивные корма. Уровень накопления  $^{137}\text{Cs}$  в организме составил 3314 Бк/кг. Радиометрический контроль осуществлялся с помощью гамма-спектрометра LP-4000

(Финляндия). Животные контрольной группы содержались на стандартном рационе вивария.

При проведении экспериментов соблюдались требования Хельсинской Декларации по гуманному обращению с животными.

По истечении 30-дневного срока животных декапитировали, и ткань сердца использовали для проведения морфологических и морфометрических исследований.

Для каждой группы были взяты по 10 образцов миокарда, из которых приготовили парафиновые блоки по стандартной методике. Серийные срезы окрашивались гематоксилин-эозином и галлоцианин-пикрофуксином (модифицированной методикой Ван-Гизона). Морфометрические исследования проводились по микрофотографиям с увеличением в 1000 раз.

Для обработки микрофотографий была использована компьютерная программа для цитофотометрии Photo M 131. Полученные результаты обработаны при помощи пакета программ «Statistica» 6.0.

Определялись следующие параметры:

- 1) количество ядер кардиомиоцитов на единицу площади (за единицу была принята площадь микрофотографии (414720 пкс), отснятой при увеличении в 1000 раз);
- 2) удельная площадь, приходящаяся на кардиомиоциты (в условных единицах);
- 3) оптическая плотность ядер кардиомиоцитов (в условных единицах);
- 4) количество ядер соединительно-тканной стромы;
- 5) удельная площадь, приходящаяся на соединительную ткань (в условных единицах);
- 6) удельная площадь, приходящаяся на ядра кардиомиоцитов (в условных единицах).

#### **Результаты и их обсуждение**

Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Морфометрические показатели структурных компонентов миокарда ( $M \pm m$ )

Параметры	Контроль	Опыт
Количество ядер кардиомиоцитов	$9,3 \pm 0,29$	$7,1 \pm 0,16^*$
Площадь ядер кардиомиоцитов (пкс)	$8824 \pm 212$	$13855 \pm 223^*$
Площадь кардиомиоцитов (пкс)	$380812 \pm 1341$	$374449 \pm 1076^*$
Оптическая плотность ядер кардиомиоцитов	$0,157 \pm 0,004$	$0,086 \pm 0,001^*$
Количество ядер стромы	$24,94 \pm 1,258$	$21,76 \pm 0,4^*$
Площадь ядер стромы (пкс)	$9177 \pm 335$	$12909 \pm 243^*$
Площадь стромы (пкс)	$33908 \pm 1658$	$40270 \pm 795^*$

Примечание: \* — различия в группах статистически значимы ( $p < 0,05$ )

Морфометрический анализ светооптических препаратов выявил, что при накоплении радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  в сердечной мышечной ткани достоверно происходит снижение количества ядер кардиомиоцитов на 23% (в опытной группе этот показатель равен 7,1, а в контроле — 9,3). При этом средняя площадь, приходящаяся на одно ядро кардиомиоцита, увеличивается более чем в 2 раза (с 950 пкс до 1951 пкс), что свидетельствует о гипертрофии ядер и значительном увеличении их «нагрузки». Это подтверждает снижение оптической плотности этих ядер до 0,086 (в контроле данное значение составляло 0,157 условных единиц). Кроме того, преобладающий в ядрах эухроматин также свидетельствует об увеличении процессов синтеза, необходимых для компенсации пластической недостаточности, возникшей в клетках. При воздействии инкорпорированного  $^{137}\text{Cs}$  наблюдается незначительное уменьшение мышечной массы миокарда, но при этом средний размер кардиомиоцитов возрастает на 22,3% в сравнении с контролем (с 41035 до 52739 пкс). Гипертрофия показывает возросшую функциональную нагрузку мышечных клеток, возникшую в результате уменьшения общего числа кардиомиоцитов. Гибель мышечных клеток могла, как предполагается, быть вызвана апоптозом [4, 11, 20].

Различия в реактивном ответе опытной группы выявлены также и при анализе стромальных компонентов миокарда. Удельная площадь соединительнотканной стромы подопытной группы возросла на 16% по сравнению с контролем. Это отмечается на фоне некоторого снижения количества стромальных ядер. Но увеличение объемов этих ядер и количества продуцируемого ими коллагена свидетельствует о возрастании процессов коллагенизации миокарда. В исследуемых образцах большая доля стромы приходилась на капилляры, что свидетельствует о массовом расширении коронарной капиллярной сети. Различные участки миокарда отличаются высокой неоднородностью. На микрофотографиях вместе с тесно расположенными кардиомиоцитами встречаются участки разволокнения с явлениями отека.

Таким образом, у животных, подвергшихся действию инкорпорированного  $^{137}\text{Cs}$ ,

выявлены структурные проявления компенсаторно-приспособительных реакций миокарда, которые касаются, в первую очередь, капиллярного русла, стромальных компонентов, а также ядерно-цитоплазматического показателя кардиомиоцитов. Это свидетельствует о значительном влиянии на миокард инкорпорированного  $^{137}\text{Cs}$ .

#### **Заключение**

Наблюдаемые сдвиги структурных показателей сердечной мышечной ткани при инкорпорации  $^{137}\text{Cs}$  являются проявлением компенсаторно-приспособительных реакций миокарда. Полученные данные свидетельствуют о значительной функциональной напряженности клеток, что может создать предпосылки для инициации или усугубления сердечно-сосудистой патологии.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Атеросклероз и радиация / А. А. Чиркин [и др.]. — Гомель, 1999. — 128 с.
2. Барабой, В. А. Проблема перекисного окисления в радиобиологии / В. А. Барабой, Е. Е. Чеботарев // Радиобиология. — 1986. — Т. 26, № 5. — С. 591–597.
3. Булдаков, Л. А. Радиоактивные вещества и человек / Л. А. Булдаков. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 160 с.
4. Влияние инкорпорированных радионуклидов цезия на ультраструктуру и процессы тканевого дыхания митохондрий кардиомиоцитов / А. И. Грицук и [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. сер. медыка-біял. навук. — 2002. — № 2. — С. 63–70.
5. Воробьева, Е. И. Очерки радиационной кардиологии / Е. И. Воробьева; под ред. Е. И. Воробьева. — М.: Атомиздат, 1978. — 256 с.
6. Динамика состояния здоровья ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС, проживающих на территории / П. Н. Любченко [и др.] // Здравоохранение Рос. Федерации. — 1997. — № 5. — С. 38–42.
7. Желоба, А. А. Активные формы кислорода при сердечно-сосудистой патологии / А. А. Желоба // Артериальная гипертензия. — 2000. — № 2. — С. 59–67.
8. Коломийцева, И. К. Радиационная биохимия мембранных липидов / И. К. Коломийцева. — М.: Наука, 1989. — 181 с.
9. Ланкин, В. З. Свободнорадикальные процессы при заболевании сердечно-сосудистой системы / В. З. Ланкин, А. К. Тихазе, Ю. Н. Беленков // Кардиология. — 2000. — Т. 40, № 7. — С. 48–61.

10. Манак, Н. А. Четверть века белорусской кардиологии: от периода становления к периоду зрелости / Н. А. Манак, В. Г. Русецкая // Здоровоохранение. — 2003. — № 1. — С. 55–59.
11. Митохондриальное окисление и ультраструктура миокарда при инкорпорации радионуклидов цезия / А. И. Грицук и [и др.] // Авиакосмическая и экологическая медицина. — 2002. — Т. 36. — № 2. — С. 40–44.
12. Москалев, Ю. И. Отдаленные последствия воздействия ионизирующих излучений / Ю. И. Москалев. — М.: Медицина, 1991. — 464 с.
13. Мусиенко, П. И. Действие радиоактивных изотопов на живой организм / П. И. Мусиенко. — Киев, 1991. — 100 с.
14. Оценка состояния сердечно-сосудистой системы у лиц, пострадавших в результате аварии на ЧАЭС, с помощью ультразвуковой диагностики / Ю. В. Забурьянова [и др.] // Врачеб. дело. — 1998. — № 8. — С. 30–33.
15. Постнов, Ю. В. К развитию мембранной концепции патогенеза первичной гипертензии (нарушенная функция митохондрий и энергетический дефицит) / Ю. В. Постнов // Кардиология. — 2000. — Т. 40, № 10. — С. 4–12.
16. Рассела, Р. С. Радиоактивность и пища человека / Р. С. Рассела; под ред. Р. С. Рассела. — М.: Атомиздат, 1971
17. Рыскунова, С. Т. Радиационная биология плазматических мембран / С. Т. Рыскунова. — М., 1986. — 128 с.
18. Симоненко, В. Б. Апоптоз и патология миокарда / В. Б. Симоненко, В. А. Бойцов, А. А. Глухов // Клин. мед. — 2000. — Т. 78, № 8. — С. 12–16.
19. Состояние здоровья населения Беларуси после Чернобыльской катастрофы / И. М. Дробышевская [и др.] // Здоровоохранение. — 1996. — № 5. — С. 3–7.
20. Характеристика митохондрий и ультраструктура миокарда крыс в условиях продолжительной инкорпорации радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  / А. И. Грицук [и др.] // Авиакосмическая и экологическая медицина. — 2002. — Т. 36, № 4. — С. 50–54
21. Чиж, А. С. Радиационное поражение почек (радиационные нефропатии) / А. С. Чиж // Здоровоохранение Беларуси. — 1992. — № 7. — С. 46–50.
22. Bolli, R. Molecular and cellular mechanisms of myocardial stunning / R. Bolli, E. Marban // Physiol. Review. — 1999. — Vol. 79. — P. 609–634.

Поступила 07.05.2007

## ОБЩЕСТВЕННОЕ ЗДОРОВЬЕ И ЗДРАВООХРАНЕНИЕ

УДК 614.777:628.1/3 (476)

### ПРОБЛЕМНЫЙ АНАЛИЗ ГИГИЕНИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ СОСТОЯНИЯ ОЧИСТКИ И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В. И. Ключенович, Т. С. Трешкова

Республиканский научно-практический центр гигиены, г. Минск

Проведен анализ состояния поверхностных водных объектов Республики Беларусь. В связи с развитием туризма актуальным является состояние водных объектов, используемых в рекреационных целях. Основной причиной их неудовлетворительного состояния являются недостаточно очищенные сточные воды. В связи с этим предлагается перспектива применения новых методов очистки и обеззараживания сточных вод Республике Беларусь.

**Ключевые слова:** водные объекты, рекреационное использование, очистка и обеззараживание сточных вод, очистные сооружения

### THE PROBLEM ANALYSIS OF HYGIENIC ASPECTS OF A CONDITION OF WASTEWATER TREATMENT AND DISINFECTION IN THE REPUBLIC OF BELARUS

V. I. Kluchenovich, T. S. Treshkova

Republic search-practical centre of hygiene, Minsk

The analysis of a condition of superficial water bodies of the Republic of Belarus is done. In connection with development of tourism the condition of the water bodies used in the recrea-