

# Митохондриальное окисление и морфологические изменения в семенниках после однократного низкодозового $\gamma$ -излучения крыс

М.А. Аль Меселмани

*Учреждение образования «Гомельский государственный медицинский университет»*

*Установлено, что после однократного общего  $\gamma$ -облучения крыс в дозе 1,0 Гр в семенниках изменяются процессы митохондриального окисления, что проявляется активацией тканевого дыхания сперматоцитов, но сопровождается разобщением окисления и фосфорилирования. Морфологические исследования, выполненные в разные сроки после облучения, позволили обнаружить элементы деструкции канальцевого аппарата семенников и признаки последующего восстановления их структуры.*

**Ключевые слова:** семенники, митохондрии, окисление, малые дозы  $\gamma$ -излучения, семенные канальцы, сперматогенный эпителий, крыса.

## Mitochondrial oxidation and morphological transformations in testis after single low-dose $\gamma$ -irradiation of rats

M.A. Almeselmani

*Educational establishment «Gomel State Medical University»*

*Researches have shown some changes in mitochondrion oxidation in rat testis even after a single external irradiation at a dose of 1.0 Gr that lead to the development of a proof high-energy condition in testis tissue with uncoupling of oxidative and phosphorylation reactions. Morphological studies performed in different periods of investigation show destructive changes in tubule apparatus of testis after irradiation and subsequent compensatory-adaptive processes.*

**Key words:** testis, mitochondria, oxidation, low-dose  $\gamma$ -radiation, seminal ducts, spermatogenic epithelium, rat.

Проблема последствий воздействия малых доз  $\gamma$ -излучения на организм человека в целом и на состояние половых желез в частности остается актуальной, т.к. риск низкодозового облучения по мере развития современного производства не только не снижается, но, напротив, непрерывно растет [4, 7, 17].

Побочные эффекты радиации нередко выявляются на различных этапах лечения заболеваний, требующих применения лучевой терапии. Установлено, что после сеансов облучения у мужчин может существенно снижаться функциональная активность клеток Лейдига, которые, как известно, продуцируют около 75% тестостерона [10, 16, 18]. Так, например, тотальное облучение больных, страдавших острой лимфобластной лейкемией, всегда осложнялось нарушением функции этих клеток [14]. Установлено, что помимо клеток Лейдига высокой чувствительностью к радиации отличаются клетки Сертоли [15]. Есть сведения, что количество этих клеток в ткани яичка существенно уменьшается даже после использования ничтожно малых доз  $\gamma$ -излучения (0,1 Гр), но при условии многократного воздействия [17, 18].

Согласно имеющимся данным, митохондрии сперматоцитов крайне чувствительны к воздействию проникающей радиации [9], что не исключает вероятности повреждения гонад в случае получения малых доз облучения. Результаты многочисленных исследований детально характеризуют роль процессов митохондриального окисления в физиологических реакциях, контролирующих состояние мужской репродуктивной системы, так же, как и нежелательные эффекты радиационного воздействия на семенники [4, 8, 15, 19]. Тем не менее, сведения об особенностях течения процессов митохондриального окисления в сперматоцитах после воздействия на организм малых доз  $\gamma$ -излучения в литературе практически отсутствуют.

Целью настоящего исследования явилось изучение процессов митохондриального окисления в семенниках крыс и особенностей их морфологии в разные сроки после общего однократного низкодозового  $\gamma$ -облучения.

**Материал и методы.** Опыты выполнены на 96 белых крысах-самцах линии Wistar массой 200–220 г. в соответствии с требованиями нормативных актов международной практики про-

ведения лабораторного эксперимента. Предварительно крыс делили на 6 групп по 16 животных. Контрольная группа облучению не подвергалась. Животных опытных групп облучали с помощью установки «ИГУР-1» однократно. Доза облучения составляла 1,0 Гр, что соответствовало мощности 0,92 Гр/мин. Опытные группы обозначали как 3 с, 10 с, 40 с, 60 с, 90 с. Числовое значение соответствовало суткам наблюдения. Таким образом, забой животных группы 3 с проводили по истечении 3-х суток с момента облучения, группы 10 с – через 10 суток и т.д. Выделенные семенники промывали в физиологическом растворе хлорида натрия, освобождали от соединительной ткани и продавливали через плунжер с диаметром отверстий 0,5 мм. В полученных образцах ткани полярографическим методом изучали параметры митохондриального окисления с использованием электрода Кларка в ячейке термостата объемом 2 мл при температуре 25С° [22]. Содержание белка в образцах определяли биуретовым методом [4].

Для оценки состояния тканевого дыхания и окислительного фосфорилирования (далее ТД и ОФ) определяли скорость поглощения кислорода тканью семенников на эндогенных ( $V_{энд}$ ) и экзогенных субстратах, а также в присутствии разбавителя процессов ОФ – 2,4-динитрофенола 100 мкМ ( $V_{днф}$ ). В качестве экзогенных субстратов использовали сукцинат – 5,0 мМ ( $V_{як}$ ) и глутамат – 5,0 мМ ( $V_{глу}$ ). В ходе опыта осуществляли ингибиторный анализ с помощью блокаторов электронно-транспортной цепи митохондрий: ингибитора I-го комплекса дыхательной цепи амитала натрия 1,0 мМ ( $V_{ам}$ ) и ингибитора сукцинатдегидрогеназы – малоната натрия 1,0 мМ ( $V_{мал}$ ). Скорость потребления кислорода в образцах измеряли в нмоль  $O_2$ /мин/мг белка [1]. Наряду с этим рассчитывали параметры стимулирующего действия (СД) янтарной кислоты –  $СД_{як} = V_{як}/V_{энд}$ , глутамата –  $СД_{глу} = V_{глу}/V_{энд}$  и 2,4-динитрофенола –  $СД_{днф} = V_{днф}/V_{глу}$ , а также коэффициенты амиталрезистентного (АРД= $V_{ам}/V_{энд}$ ) и малонатрезистентного дыхания (МРД= $V_{мал}/V_{ам}$ ). Показатели АРД и МРД характеризовали интенсивность окисления флавопротеидзависимых субстратов, позволяя оценить энергетический вклад жирных кислот (ЖК) [11, 12].

Для морфологических исследований семенники животных фиксировали в 10% растворе нейтрального формалина и заливали парафином. Далее готовили гистологические срезы толщиной 6–7 мкм, которые окрашивали гема-

токсилин-эозином. В срезах подсчитывали количество извитых семенных канальцев, определяли типы канальцев. Количественную оценку состояния сперматогенеза проводили в 100 поперечно срезанных извитых канальцах семенников крыс контрольной группы и трех опытных групп – 3 с, 10 с, 90 с, т.е. через 3, 10 и 90 суток после облучения. Извитые семенные канальцы по степени деструкции сперматогенного эпителия подразделяли на 5 типов [Е.Ф. Конопля, О.Л. Федосенко, 2008]. К I типу были отнесены извитые канальцы с нормальным строением, содержащие клетки разной степени дифференцировки, располагавшиеся концентрически в соответствии со стадиями развития. Ко II типу – канальцы с признаками легких нарушений структуры сперматогенного эпителия. К III типу – канальцы, имеющие выраженные повреждения сперматогенного эпителия. К IV типу извитых канальцев были отнесены опустошенные канальцы. V тип представлял собой канальцы с незавершенным сперматогенезом, но без признаков дегенерации половых клеток [4].

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью компьютерной программы Statistica for Windows 5.0.

**Результаты и их обсуждение.** Как было установлено, ткань семенников крыс отличалась высоким уровнем дыхательной активности митохондрий и повышенной чувствительностью к воздействию  $\gamma$ -излучения в дозе 1,0 Гр.

Через 3-е суток (группа 3 с) после облучения наблюдали достоверное снижение интенсивности дыхания митохондрий в семенниках на эн-

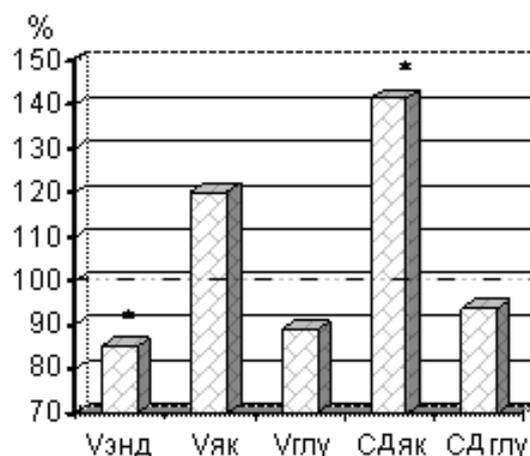


Рис. 1. Показатели митохондриального дыхания в ткани семенников через 3-е суток после однократного  $\gamma$ -облучения (1,0 Гр).

догенных субстратах с  $3,19 \pm 0,02$  нмоль  $O_2$ /мин/мг в контроле до  $2,72 \pm 0,07$  (на 15%). После добавления в среду инкубации экзогенных субстратов наблюдали тенденцию к увеличению скорости дыхания митохондрий (рис. 1). Также отмечали статистически значимое снижение уровня содержания внутримитохондриального сукцината, что подтверждено ростом коэффициента  $СД_{як}$  на 42%. Полученные на этом этапе исследования данные позволили выявить наличие разобщения процессов окисления и фосфорилирования в митохондриях ткани семенников, что проявилось значимым снижением коэффициента  $СД_{днф}$  с  $1,33 \pm 0,08$  до  $1,18 \pm 0,04$  (на 11%). Следует отметить, что феномен разобщения процессов ОФ в изолированных митохондриях, отмеченный в опытах с применением общего радиоактивного воздействия, принято относить к признакам наступления раннего пострадиационного периода [1, 10, 19].

Применение специфических ингибиторов ОФ, таких, как амитал натрия и малонат натрия, позволило к концу 3-х суток наблюдения выявить снижение скорости ТД в семенниках при окислении эндогенных субстратов. Так, отмечали достоверное снижение  $V_{ам}$  и  $V_{мал}$  с  $2,53 \pm 0,15$  и  $2,15 \pm 0,31$  нмоль  $O_2$ /мин/мг в контроле соответственно до  $1,94 \pm 0,03$  и  $1,15 \pm 0,12$  нмоль  $O_2$ /мин/мг, т.е. на 23 и 47%.

Через 10 суток (группа 10 с) после облучения метаболическая ситуация в ткани семенников существенно изменялась (рис. 2). Первично наблюдаемое ослабление процессов ТД и ОФ сменялось их активацией. Так, интенсивность дыхания митохондрий в препаратах семенников на эндогенных субстратах возросла

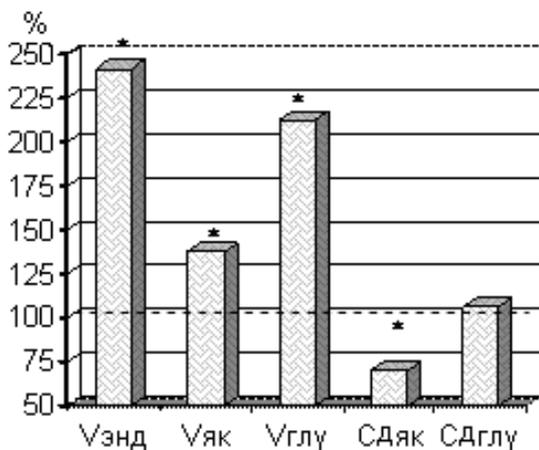


Рис. 2. Показатели митохондриального дыхания в ткани семенников через 10 суток после однократного  $\gamma$ -облучения (1,0 Гр).

с  $3,19 \pm 0,02$  нмоль  $O_2$ /мин/мг в контроле до  $7,72 \pm 0,24$  (на 142%). В присутствии экзогенных субстратов также отмечали усиление дыхательной активности митохондрий – на 38% для сукцината и на 112% для глутамата. Также наблюдали увеличение скорости ТД в присутствии разобщителя ОФ 2,4-динитрофенола на 87% с сохранением достоверности феномена разобщения, что подтверждалось коэффициентом  $СД_{днф}$ .

В период с 40-х по 60-е сутки наблюдения (группы 40 с и 60 с) ТД в семенниках продолжало сохранять повышенный уровень активности (рис. 3), достигая к 60-м суткам на эндогенных субстратах  $10,92 \pm 1,19$  нмоль  $O_2$ /мин/мг (выше исходного на 94%), а на экзогенных –  $18,12 \pm 3,04$  ( $V_{як}$ ) и  $14,54 \pm 0,62$  ( $V_{глу}$ ) нмоль  $O_2$ /мин/мг, т.е. активность митохондрий превышала контрольные значения этих показателей на 82 и 80%.

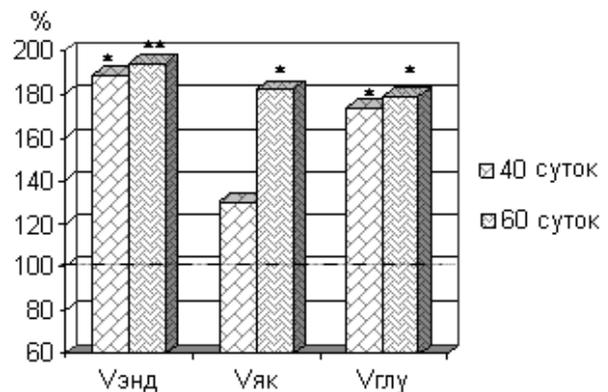
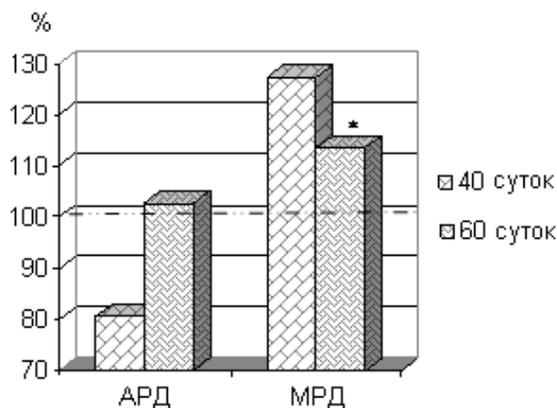


Рис. 3. Показатели митохондриального дыхания в ткани семенников через 40 и 60 суток после однократного  $\gamma$ -облучения (1,0 Гр).

Результаты ингибиторного анализа, выполненного через 40 и 60 суток после облучения животных, с одной стороны, позволили обнаружить достоверное увеличение интенсивности процессов ТД в семенниках после однократного низкодозового облучения (увеличение  $V_{ам}$  и  $V_{мал}$ ), что подтвердило феномен стимулирующего влияния малых доз радиации на работу митохондрий. С другой стороны, было отмечено снижение резервов ЖК в изученных препаратах, что проявлялось в достоверном уменьшении коэффициента АРД с  $0,72 \pm 0,04$  в контроле до  $0,58 \pm 0,06$ , т.е. на 19% (рис. 4).

Через 60 суток опыта выявленные изменения метаболизма янтарной кислоты в ткани семенников подтвердили инициацию восстановительных реакций в митохондриальном компартменте, что также прослеживалось достоверной



**Рис. 4. Влияние специфических ингибиторов на митохондриальное дыхание в ткани семенников через 40 и 60 суток после однократного  $\gamma$ -облучения (1,0 Гр).**

активацией процессов окисления ЖК, т.е. увеличением показателей  $V_{ам}$  и  $V_{мал}$ . Рост коэффициентов АРД к 60-м суткам, а МРД к 40-м суткам после облучения до  $0,74 \pm 0,14$  и  $0,84 \pm 0,05$  соответственно по сравнению с  $0,72 \pm 0,04$  и  $0,66 \pm 0,02$  в контроле, в свою очередь, свидетельствовал о формировании позитивных сдвигов в системе ФАД-зависимого дыхания. Однако более заметное увеличение МРД подчеркнуло особую значимость жирных кислот для энергетических превращений в семенниках в этот период наблюдения (рис. 4). Принимая во внимание последнее, следует отметить, что повышение АРД и МРД зачастую может сопровождаться спадом эффективности энергетического обмена.

В соответствии с полученными данными, на 40-е и 60-е сутки после облучения происходило достоверное снижение показателя  $СД_{днф}$  с  $1,21 \pm 0,08$  (контроль) соответственно до  $1,09 \pm 0,02$  (на 10%) и  $1,06 \pm 0,12$  (12%), что все еще позволяло констатировать присутствие разобщения в системе окисления и фосфорилирования.

Спустя 90 суток после облучения (группа 90 с) активность дыхания в митохондриях ткани семенников по сравнению с периодом «40–60 суток» по большинству параметров начинала возвращаться к исходному уровню, выявлялись отчетливые признаки восстановительных реакций. В частности, отмечали достоверное снижение скорости эндогенного дыхания до  $6,94 \pm 0,20$  нмоль  $O_2$ /мин/мг (отличие от контроля составляет 23%). В присутствии экзогенных субстратов, а также 2,4-динитрофенола ско-

рость дыхания митохондрий практически не отличалась от контрольных показателей. И хотя коэффициент стимулирующего действия  $СД_{як}$  все еще оставался высоким, коэффициент  $СД_{глу}$  достоверно снижался на 20%, что могло быть связано с увеличением внутримитохондриального пула глутамата. В свою очередь, повышение  $СД_{днф}$  до  $1,31 \pm 0,08$  свидетельствовало в пользу полного восстановления сопряжения между процессами окисления и фосфорилирования в митохондриях семенников. Следует отметить, что показатели АРД и МРД через 90 суток после облучения также возвращались к своим исходным величинам.

Как было установлено в ходе морфологической части работы, выявленные в ответ на однократное  $\gamma$ -облучение в дозе 1,0 Гр изменения активности процессов митохондриального окисления в семенниках крыс сопровождались характерными нарушениями их строения (табл., рис. 5). Так, в ходе исследования срезов семенников было обнаружено не только достоверное уменьшение в них количества извитых канальцев, но также изменение соотношений между канальцами I–IV типов.

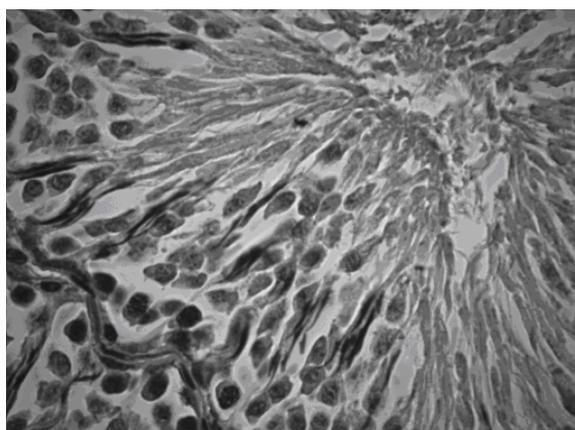
Исследования показали, что через 3 и 10 суток с момента облучения (группы 3 с и 10 с) количество извитых канальцев в семенниках крыс уменьшалось приблизительно на 30% (табл.). Однако, через 90 суток после облучения (группа 90 с) количество семенных канальцев практически не отличалось от исходного значения. Снижение количества канальцев в группах животных 3 с и 10 с, по-видимому, было обусловлено развитием отека межканальцевой стромы. Наблюдения показали, что в ходе формирования отека извитые канальцы отделялись друг от друга, а сосуды семенников заметно расширились.

Существенные изменения структуры сперматогенного эпителия канальцев были выявлены уже спустя 3 суток после облучения крыс. Как видно из табл., в семенниках крыс группы 3 с присутствовали извитые канальцы II, III и IV типов, но практически не наблюдалось канальцев с нормальным строением, т.е. канальцев типа I. Наибольший процент извитых канальцев в семенниках крыс групп 3 с и 10 с был представлен канальцами III типа с выраженными признаками повреждения сперматогенного эпителия. Канальцы III типа у животных группы 3 с составили 93,8%, а у животных группы 10 с – 82,3%, против 1,9% в контроле (рис. 5-А).

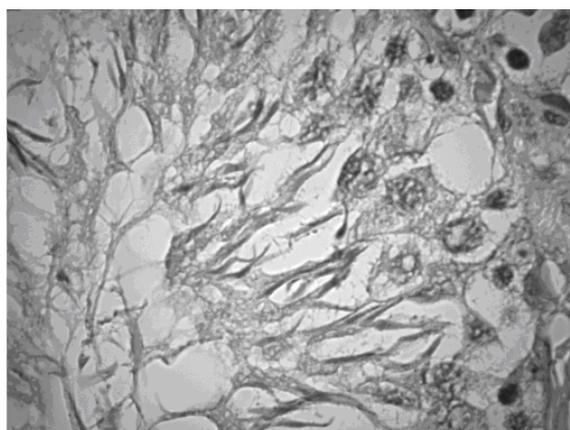
**Процентное содержание извитых канальцев с различной степенью нарушения сперматогенеза в семенниках через 3, 10 и 90 суток после однократного  $\gamma$ -облучения (1,0 Гр)**

№ группы	Количество канальцев в п/з (ув. 10×10)	Количество канальцев I типа (%)	Количество канальцев II типа (%)	Количество канальцев III типа (%)	Количество канальцев IV типа (%)	Количество канальцев V типа (%)
К	40,50±0,55	77,00±2,87	20,50±0,98	1,90±0,36	0,60±1,10	0
3 с	28,3 ±0,27	0	2,25±0,09*	93,83±1,46*	3,80±0,49	0
10 с	29,3±0,62*	1,56±0,38*	3,3±0,42*	82,30±3,85*	12,74±1,27*	0
90 с	40,50±0,54	38,25±1,85*	39,75±1,93*	11,25±1,58*	9,00±0,12*	1,75±0,06

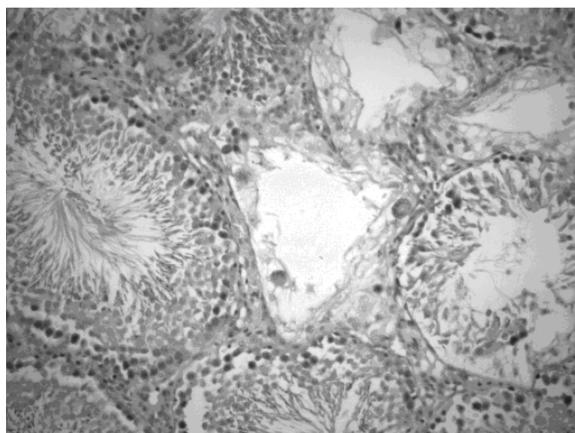
К – контроль; 3 с, 10 с, 90 с – опытные группы; \* – достоверно по отношению к контролю ( $p \leq 0,05$ ).



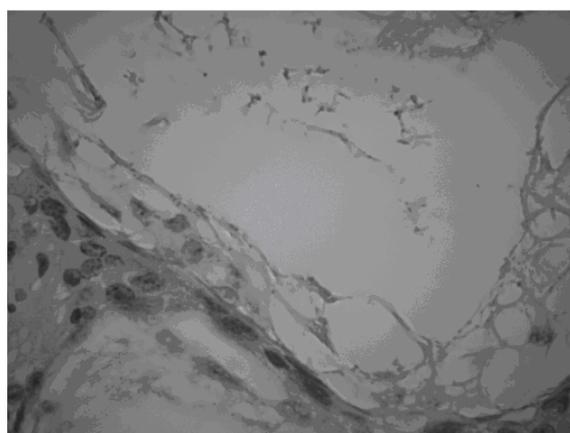
А



Б



В



Г

**Рис. 5. Ткань семенников после однократного  $\gamma$ -облучения крыс в дозе 1,0 Гр:**

- А – стенка извитого канальца с нормальным строением – I тип (ув. 15×40);  
 Б – сперматогенный эпителий с признаками дегенерации – каналец III типа (ув. 15×40);  
 В – через 10 суток после облучения. Семенные канальцы I, III и IV типов (ув. 15×10);  
 Г – опустошенный семенной каналец IV типа (ув. 15×40).

Морфологически в канальцах III типа в основной массе сперматид и сперматоцитов присутствовали различные признаки дегенерации (рис. 5-Б). Эти клетки, как правило, имели множественную вакуолизацию цитоплазмы. В отдельных половых клетках удавалось наблюдать

гиперхромность ядра, но в большинстве случаев отмечали признаки ядерного лизиса. Границы между клетками сперматогенного эпителия становились нечеткими. Многие из них, утратив связь с поддерживающими клетками, sustentоцитами, выпадали в просвет канальцев, где

вследствие лизиса полностью теряли ядерный аппарат. Такие изменения, предположительно, могли быть обусловлены прямым влиянием радиации на межклеточные контакты сперматогенного эпителия [8]. В эпителии канальцев на месте погибших сперматоцитов нередко возникали полости округлой формы. В ряде случаев происходило заполнение просветов извитых канальцев III типа клеточным детритом, состоящим из погибших сперматозоидов, сперматогоний и сперматоцитов. В некоторых канальцах отмечали появление семенных шаров – крупных структур с множественными, часто пикнотичными ядрами или их фрагментами и интенсивно окрашенной цитоплазмой. Семенные шары, как известно, образуются за счет слияния сперматид в сперматогенном эпителии и последующего их отторжения в просвет канальцев [6].

Несмотря на высокую устойчивость эпителиальных клеток сперматогенного эпителия к радиации по сравнению с мужскими половыми клетками [11, 13], в некоторых канальцах III типа наблюдали изменения структуры sustentоцитов. Многие из sustentоцитов теряли часть своей цитоплазмы в связи с ее отторжением в просвет канальцев вместе с дегенеративно изменившимися сперматоцитами, сперматидами и сперматозоидами. Часть клеток сперматогенного эпителия оставалась прикрытой цитоплазмой поддерживающих клеток, что, как известно, крайне важно для реализации их барьерной функции [15].

В процессе работы ко II типу канальцев были отнесены канальцы с признаками легкого нарушения сперматогенеза в отдельных клетках. Деструктивные изменения в этих канальцах проявлялись, прежде всего, в изменениях на уровне ядерного аппарата мужских половых клеток (кариорексис, кариопикноз, кариолизис). Процентное содержание канальцев II типа у крыс контрольной группы составило 20,5%. По завершении 3-х суток после облучения животных их количество достоверно снижалось до 2,7%.

Спустя 10 суток с момента облучения крыс в срезах семенников находили канальцы 4-х типов – I, II, III и IV. Однако, как видно из табл., канальцы с нормальным строением (I тип) и с признаками легкого нарушения сперматогенеза (II тип) встречались в группе 10 с гораздо реже, чем в контроле. Канальцы I типа составляли лишь 1,6% против 77,0% в контрольной группе. Процент канальцев II типа у животных группы 10 с составил 3,3%. Таким образом, процент

канальцев с признаками легкого нарушения сперматогенеза у животных через 10 суток превышал таковой для группы 3 с, но был значительно ниже контроля. Следует отметить, что через 10 суток опыта в срезах семенников все же преобладали канальцы III типа (рис. 5-В), что составило 82,3% от общего числа. При этом процент канальцев IV типа возрастал до 12,7 (в контроле – 0,6%).

К IV типу извитых канальцев были отнесены опустошенные извитые семенные канальцы с диаметром в несколько раз меньшим, чем у канальцев других типов (рис. 5-Г). Пристеночно в большинстве канальцев IV типа сохранялись некоторое количество сперматогоний и часть sustentоцитов, но последние были лишены основной части своей цитоплазмы и уплощены.

Спустя 90 суток с момента облучения животных (группа 90 с) морфологическая картина в семенниках заметно улучшалась. Отмечали положительную динамику прироста процентного содержания канальцев с нормальным строением (I тип). Несмотря на то, что процент этих канальцев все еще был в 2 раза ниже, чем в контроле, в сравнении с прочими группами животных показатель становился существенным (38,2%). Канальцы II типа у животных группы 90 с составили примерно такой же процент (39,7%). Обращает на себя внимание факт значительного снижения на момент завершения опыта, т.е. через 90 суток, в семенниках крыс процентного содержания канальцев III типа. Необходимо подчеркнуть, что спустя 3 и 10 суток после облучения канальцы III типа в семенниках составляли абсолютное большинство.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют в пользу повышенной чувствительности ткани семенников крыс к действию малых доз  $\gamma$ -излучения (1,0 Гр), что было подтверждено дестабилизацией большинства показателей, характеризующих процессы ТД и ОФ в клетках сперматогенного эпителия, и изменениями структуры канальцевого аппарата половых желез.

**Заключение.** После однократного общего  $\gamma$ -облучения крыс в дозе 1,0 Гр в период между 10-ми и 60-ми сутками наблюдения процессы тканевого дыхания в семенниках существенно активируются, что подтверждается динамикой изменений большинства показателей дыхательной функции митохондрий ( $V_{\text{энд}}$ ,  $V_{\text{як}}$ ,  $V_{\text{глу}}$ ,  $V_{\text{днф}}$ ), но, согласно динамике изменения коэффициента  $СД_{\text{днф}}$ , эта активация протекает в митохондриях с признаками разобщения процессов окисления и фосфорилирования.

Изменения процессов тканевого дыхания в семенниках крыс, подвергнутых воздействию низкодозового  $\gamma$ -излучения, сопровождаются изменениями микроструктуры гонад. Наиболее отчетливые морфологические изменения в семенниках крыс наблюдаются в период с 3-х по 10-е сутки с момента облучения.

Через 90 суток после однократного общего облучения крыс в дозе 1,0 Гр в семенниках выявляются признаки восстановления их структуры и функции. Показатели дыхательной активности митохондрий возвращаются к исходному уровню, исчезают признаки отека стромы семенников, происходит частичное восстановление поврежденного радиацией сперматогенного эпителия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Грицук, А.И. Тканевое дыхание печени крыс при облучении в сверхмалых дозах инкорпорированными радионуклидами цезия / А.И. Грицук [и др.] // *Авиакосм. и экол. медицина*. – 2002. – № 4. – С. 50–55.
2. Кондрашова, М.Н. Руководство по изучению биологического окисления полярографическим методом / М.Н. Кондрашова, А.А. Ананенко. – М., 1973. – С. 106–119.
3. Конопля, Е.Ф. Закономерности радиационного поражения репродуктивной системы самцов при хроническом облучении / Е.Ф. Конопля, Г.Г. Верещако, А.М. Ходосовская // *Радиация и Чернобыль. Ближайшие и отдаленные последствия*. – Гомель, 2007. – С. 105–110.
4. Конопля, Е.Ф. Отдаленные эффекты внешнего облучения репродуктивной системы половозрелых крыс-самцов / Е.Ф. Конопля, О.Л. Федосенко // *Проблемы здоровья и экологии*. – 2008. – № 18. – С. 117–119.
5. Кочетков, Г.А. Практическое руководство по энзимологии / Г.А. Кочетков. – М., 1980. – 220 с.
6. Котовский, Е.Ф., Шатманов, С.Т. // *Бюлл. эксперим. биол. и медицины*. – 1985. – Т. 99, № 5. – С. 626–628.
7. Попов, Е.Г. Роль исходного состояния ткани коры надпочечников в результате действия внешнего облучения на ее структурно-функциональное состояние и андроген-рецепторное взаимодействие / Е.Г. Попов, Е.Ф. Конопля, Н.В. Банцкин // *Радиационная биология и радиозащита*. – 2005. – Т. 45, № 1. – С. 46–50.
8. Троян, Э.И. Воздействие инкорпорированных радионуклидов на становление морфофункциональных свойств семенников потомства белых крыс: автореф. ... дис. канд. биол. наук / Э.И. Троян. – М., 2000. – 20 с.
9. Bezold, G. Accidental radiation exposure and azoospermia / G. Bezold // *J. Androl.* – 2000. – Vol. 21. – P. 403–408.
10. Ceccarelli, C. Testicular function after  $^{131}\text{I}$  therapy for hyperthyroidism / C. Ceccarelli // *Molec. Cell. Biology*. – 2006. – Vol. 26, № 4. – P. 446–452.
11. Esfahani, A.F. Gonadal function in patients with differentiated thyroid cancer treated with  $^{131}\text{I}$  / A.F. Esfahani // *Hell. J. Nucl. Med.* – 2004. – Vol. 7, № 1. – P. 52–55.
12. Ford, W.C. Glycolysis and sperm motility: does a spoonful of sugar help the flagellum go round? / W.C. Ford // *Hum. Reprod. Update*. – 2006. – Vol. 12, № 3. – P. 269–274.
13. Gehlot, P. Alterations in oxidative stress in testes of swiss albino mice by aloe vera leaf extract after gamma irradiation / P. Gehlot, D. Soyal, P.K. Goyal // *Pharmacologyonline*. – 2007. – № 1. – P. 359–370.
14. Kamischke, A. Gonadal protection from radiation by GnRH antagonist or recombinant human FSH: a controlled trial in a male nonhuman primate (*Macaca fascicularis*) / A. Kamischke // *J. Endocrinol.* – 2003. – Vol. 179, № 2. – P. 183–194.
15. Lambrot, R. High radiosensitivity of germ cells in human male fetus / R. Lambrot // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* – 2007. – Vol. 92, № 7. – P. 2632–2639.
16. Liang, C. Cox7a2 mediates steroidogenesis in TM3 mouse Leydig cells / C. Liang // *Asian J. Androl.* – 2006. – Vol. 8, № 5. – P. 589–594.
17. Mauduit, C. Differential expression of growth factors in irradiated mouse testes / C. Mauduit // *International J. of radiation oncology biology physics*. – 2001. – Vol. 50, № 1. – P. 203–212.
18. Ramadoss, S. Radiation exposure impairs luteinizing hormone signal transduction and steroidogenesis in cultured human Leydig cells / S. Ramadoss, N. Sivakumar // *Toxicol. Sci.* – 2006. – Vol. 91, № 2. – P. 550–556.
19. Yukawa, O., Nakajima, T., Yukawa, M. [et. al.] // *Int. J. Radiat. Biol.* – 1999. – Vol. 75. – P. 1189–1199.

Поступила в редакцию 08.10.2010

Адрес для корреспонденции: г. Гомель, ул. Ланге, д. 5, УО «ГТМУ», e-mail: drmouhand78@inbox.ru – Аль Меселмани М.А.

Номер: **6 (60)** Год: **2010**

Тема выпуска: В Е С Н І К Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта

	Название статьи	Стр.	Цит.
<b>АГУЛЬНЫЯ ПЫТАННІ</b>			
<input type="checkbox"/>	<b>ВИТЕБСКОМУ ГОСУДАРСТВЕННОМУ УНИВЕРСИТЕТУ ИМ. П.М. МАШЕРОВА - 100 ЛЕТ</b> <i>Солодков А.П.</i>	5-10	2
<input type="checkbox"/>	<b>УНИПОТЕНТНОСТЬ ОБРАЗА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ <math>F_2</math> В <math>GL(N, \mathbb{R})</math> ПРИ ОТОБРАЖЕНИИ ПРИМИТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В УНИПОТЕНТНЫЕ МАТРИЦЫ С КЛЕТКАМИ ЖОРДАНА МАЛОЙ РАЗМЕРНОСТИ (II)</b> <i>Тавгень О.И., Синьсун Я., Сщуньянь Л.</i>	11-14	0
<input type="checkbox"/>	<b>ДИАГНОСТИКА НАГРЕТЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ <math>CO_2:N_2</math> С ПОМОЩЬЮ ПЕРЕСТРАИВАЕМОГО <math>CO_2</math>-ЛАЗЕРА</b> <i>Аршинов К.И., Аршинов М.К., Невдах В.В.</i>	15-18	0
<input type="checkbox"/>	<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА ОБОГРЕВАТЕЛЯ-ДЕСТРАТИФИКАТОРА В ПОМЕЩЕНИИ БОЛЬШОГО ОБЪЕМА</b> <i>Буйнов Н.С., Ивановский Д.О., Щелетков В.Н.</i>	19-23	0
<input type="checkbox"/>	<b>НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ КРУГОВОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ КОНЕЧНОЙ ДЛИНЫ, ЛЕЖАЩЕЙ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ, ПОД ДЕЙСТВИЕМ НЕОДНОРОДНОГО ДАВЛЕНИЯ</b> <i>Никонова Т.В.</i>	24-29	0
<b>БІЯЛОГІЯ</b>			
<input type="checkbox"/>	<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВ В ФИЗИОЛОГИЧЕСКОМ ПРАКТИКУМЕ КАК ОСНОВЫ БИОЭТИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ</b> <i>Городецкая И.В., Лазуко С.С., Солодков А.П., Малиновский В.В.</i>	30-34	0
<input type="checkbox"/>	<b>ВЫСШАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ОЗЕРА БОГИНСКОЕ</b> <i>Мартыненко В.П., Бейнар П.Г.</i>	35-38	0
<input type="checkbox"/>	<b>ПЕРВЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРОФИЛЛА "А" И ПРОДУКЦИОННО-ДЕСТРУКЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАНКТОНА ОЗЕР РЕСПУБЛИКАНСКОГО ЛАНДШАФТНОГО ЗАКАЗНИКА "СИНЬША"</b> <i>Становая Ю.Л.</i>	39-43	0
<input type="checkbox"/>	<b>ПУТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВЕДЕНИЯ КИТАЙСКОГО ДУБОВОГО ШЕЛКОПРЯДА (<i>ANTHERAEA PERNYI</i> G.-M.) В БЕЛАРУСИ</b> <i>Литвенков А.А.</i>	44-47	0
<input type="checkbox"/>	<b>АККУМУЛЯЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ХВОЕЙ <i>THUJA OCCIDENTALIS</i> L. В УРБОЭКОСИСТЕМЕ</b> <i>Иванова А.В.</i>	48-52	1
<input type="checkbox"/>	<b>МИТОХОНДРИАЛЬНОЕ ОКИСЛЕНИЕ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В СЕМЕННИКАХ ПОСЛЕ ОДНОКРАТНОГО НИЗКОДОЗОВОГО <math>\gamma</math>-ИЗЛУЧЕНИЯ КРЫС</b> <i>Аль Меселмани М.А.</i>	53-59	0
<input type="checkbox"/>	<b>ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРОСЛИ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ВИЛЕЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА</b> <i>Турская С.А.</i>	60-64	0
<input type="checkbox"/>	<b>РАЗВИТИЕ ДУБОВОГО ШЕЛКОПРЯДА (<i>ANTHERAEA PERNYI</i> G.-M.) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО ОСЛАБЛЕННЫХ КОРМОВЫХ РАСТЕНИЙ</b> <i>Денисова С.И.</i>	65-76	0
<b>ПЕДАГОГІКА</b>			
<input type="checkbox"/>	<b>УЧИТЕЛЬ КАК ОБЪЕКТ И СУБЪЕКТ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ</b> <i>Макрицкий М.В.</i>	77-81	0
<input type="checkbox"/>	<b>ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СКОРОСТНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ У УЧАЩИХСЯ С ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ</b> <i>Новицкий П.И.</i>	82-89	0

	<b>СТРУКТУРНО-СОДЕРЖАТЕЛЬНЫЕ, ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ И ОПЕРАЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЯЗЫКОВОЙ КУЛЬТУРЫ ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА</b> <i>Лауткина С.В.</i>	90-95	4
			
	<b>ПРОБЛЕМЫ ТРУДОВОГО ВОСПИТАНИЯ ШКОЛЬНИКОВ В БЕЛОРУССКОЙ ПЕДАГОГИКЕ 70-80-Х ГОДОВ XX ВЕКА</b> <i>Орлова А.П., Тетерина В.В., Зинькова Н.К.</i>	96-101	1
			
	<b>ПОНЯТИЙНО-ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ АППАРАТ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНОЙ ПЕДАГОГИКИ В БЕЛАРУСИ</b> <i>Андрущенко Н.Ю.</i>	102-106	0
			