

При облучении в дозе 100 Гр параметры, характеризующие производство клетками коллагена IV типа, были в 1,4 раза выше параметра клеток контрольного образца ( $p = 0,0180$  для параметра Iavg Col IV и  $p = 0,0184$  для параметра Iwavg Col IV). Различия между соответствующими параметрами клеток контрольного образца и образца после облучения в дозе 1 Гр статистически не значимы ( $p = 0,4287$  для Iavg Col IV и  $p = 0,4232$  для Iwavg Col IV). (рисунок 3).

В литературе подобные наблюдаемым в нашем эксперименте изменения описаны как характерные для миофибробластической дифференцировки клеток. Однако, выраженность эффекта существенно не меняется при стократном увеличении поглощенной дозы. Вероятно, для полной реализации механизма радиационно-индуцированного изменения фибробластов необходимо присутствие клеточного окружения, которое невозможно воспроизвести в условиях культур изолированных фибробластов.

### **Заключение**

В работе с использованием первичной культуры фибробластов из кожи крысы выявлено, что рентгеновское излучение в дозах 1 и 100 Гр вызывает увеличение размеров клеток и продукции ими коллагена IV типа.

Работа выполнена в рамках задания «Разработать критерии оценки радиационно-индуцированных изменений ткани внутренней среды, основанной на анализе структуры и механических свойств клеточного компонента на моделях *in vitro* и *in vivo*» «Природные ресурсы и окружающая среда 3.01» ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда», подпрограмма 3 «Радиация и биологические системы» на 2021-2025 год.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. TGF-beta and fibrosis in different organs - molecular pathway imprints / D. Pohlers [et al.] // Biochim Biophys Acta. – 2009. – Vol. 1792, № 8. – P. 746–756.
2. Radiation-induced fibrosis: mechanisms and implications for therapy / J. M. Straub [et al.] // Journal of Cancer Research and Clinical Oncology. – 2015. – Vol. 141, № 11. – P. 1985–1994.
3. Usefulness of collagen type IV in the detection of significant liver fibrosis in nonalcoholic fatty liver disease / J.T. Stefano [et al.] // Annals of Hepatology. – 2021. – Vol. 20. – P. 100253.
4. Glanville, R. W. Type IV Collagen / R.W. Glanville // Structure and function of Collagen types / R. Mayne, R. E. Burgeson. – London, 2012. – Ch. 2. – P. 43–80.
5. Юрковский, А. М. Иммуногистохимическая оценка выраженности дистрофических изменений подвздошно-поясничных, задних длинных крестцово-подвздошных и крестцово-бугорных связок: возможности метода / А. М. Юрковский, И. В. Назаренко, С. Л. Ачинович // Проблемы здоровья и экологии. – 2017. – № 2 (52). – С. 26–30.

УДК 611.018.5:[796.42+797.122]

**С. Н. Мельник<sup>1</sup>, Л. А. Белая<sup>1</sup>, Е. С. Хаустова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Учреждение образования

«Гомельский государственный медицинский университет»

<sup>2</sup> Учреждение здравоохранения

«Гомельский областной диспансер спортивной медицины»

г. Гомель, Республика Беларусь

### **ОСОБЕННОСТИ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ У СПОРТСМЕНОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ЛЕГКОЙ АТЛЕТИКОЙ И ГРЕБЛЕЙ**

#### **Введение**

В настоящее время в научной литературе открытым остается вопрос о возможности и границах использования показателей периферической крови для оценки влияния физи-

ческой нагрузки на организм спортсменов [2]. Установлено, что у спортсменов под влиянием систематических тренировок происходят выраженные изменения в системе крови [3]. Изменения со стороны крови носят приспособительный характер, они определяют функциональную устойчивость систем организма и являются показателем адаптационной мобильности. Важное место имеет стаж и характер спортивной деятельности [1].

В связи с вышеизложенным, важным является установление оптимальной динамики гематологических показателей при выполнении нагрузок различной интенсивности для определения эффективности тренировочной деятельности, оценки функционального состояния и физической работоспособности, правильной интерпретации данных биохимического контроля при составлении индивидуальных заключений о подготовленности спортсменов [4].

### ***Цель***

Исследовать особенности биохимических показателей крови у спортсменов, занимающихся легкой атлетикой и греблей.

### ***Материал и методы исследования***

Исследование приводилось на базе УЗ «Гомельского областного диспансера спортивной медицины» было обследовано 166 спортсменов (86 мужчин, 80 женщин) находящихся в состоянии практического здоровья, средний возраст которых составил 20 лет. Спортсмены были разделены на две группы по видам спорта с разной спецификой повседневной двигательной активности: 1 группа — легкая атлетика (47 мужчин, 37 женщин); 2 группа — гребля на байдарках и каноэ (39 мужчин, 43 женщины). Биохимические параметры крови измерялись с помощью автоматического биохимического анализатора Erba XL-200 (Чехия). В сыворотке крови спортсменов, определяли следующие биохимические показатели (в скобках приведены нормы для данного анализатора): белок (65–80 г/л), мочева кислота (мужчины 210–432 ммоль/л, женщины 150–360 ммоль/л), билирубин общий (8,55–20,52 ммоль/л), мочевины (2,5–8,3 ммоль/л), АсАТ (мужчины до 37 ед/л, женщины до 31 ед/л), АлАТ (мужчины до 42 ед/л, женщины до 32 ед/л), креатинин (мужчины 53–115 ммоль/л, женщины 44–97 ммоль/л), ЛПВП (0,95–2,05 ммоль/л), ЛПНП (мужчины 0,50–2,60 ммоль/л, женщины 0,41–2,50 ммоль/л), ЩФ (мужчины до 128 ед/л, женщины до 98 ед/л), глюкоза (3,5–6,2 ммоль/л), холестерин (3,1–5,2 ммоль/л), Ca<sup>2+</sup> (2,1–2,6 ммоль/л), креатинкиназа (мужчины 25–200 ед/л, женщины 25–175 ед/л). Обследование спортсменов проводилось в восстановительный период тренировочного цикла, который характеризовался физическими упражнениями низкой интенсивности, направленными на повышение аэробной работоспособности. Образцы крови были взяты в начале недели (в понедельник) утром (с 8.00 до 10.00 утра) после ночного голодания и перед физическими упражнениями.

Статистическую обработку полученного материала осуществляли с использованием пакета прикладных программ «Statistica 10.0». Так как данные не подчинялись закону нормального распределения по критерию Колмогорова-Смирнова, они были представлены в формате Me (25%;75%), где Me — медиана, 25 % – нижний перцентиль, 75 % — верхний перцентиль, а при сравнении 2-х зависимых групп использовали непараметрический метод — U-критерий Манна — Уитни. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

### ***Результаты исследования и их обсуждение***

В результате проведенных исследований было установлено, что все исследуемые биохимические показатели крови находились в пределах нормы, как у мужчин, так и у

женщин. Однако, имелись особенности биохимических показателей крови у спортсменов данных видов спорта.

Так, у мужчин, занимающихся легкой атлетикой, уровень креатинина был значительно выше 92,45 (84,75 ÷ 106,32) ммоль/л ( $p < 0,01$ ), а количество  $Ca^{2+}$  значительно ниже 2,36 (2,29 ÷ 2,51) ммоль/л ( $p = 0,03$ ) по сравнению с мужчинами занимающимися греблей у которых данные показатели были соответственно равны 81,67 (74,97 ÷ 92,45) ммоль/л и 2,41 (2,36 ÷ 2,54) ммоль/л.

Анализируя полученные данные у спортсменок, занимающихся легкой атлетикой и греблей, наблюдались сходные особенности биохимических показателей, как и у мужчин. Так, уровень креатинина у женщин-легкоатлеток также был статистически значительно выше 90,53 (79,93 ÷ 98,62) ммоль/л ( $p < 0,01$ ), а содержание  $Ca^{2+}$  — значительно ниже 2,35 (2,28 ÷ 2,41) ммоль/л ( $p = 0,02$ ), чем у женщин занимающихся греблей у которых данные показатели соответственно составили 80,13 (75,50 ÷ 87,28) ммоль/л и 2,42 (2,35 ÷ 2,69) ммоль/л. Однако, у спортсменок-легкоатлеток, выявлялась особенность по сравнению с мужчинами, выражающаяся в значимом снижении ЛПВП 1,64 (1,48 ÷ 1,85) ммоль/л, по сравнению с женщинами, занимающимися греблей 1,90 (1,65 ÷ 2,15) ммоль/л ( $p = 0,02$ ).

Значительно более высокий уровень креатинина у спортсменов-легкоатлетов можно объяснить тем, что креатинин является метаболическим продуктом распада креатина и его уровень в крови зависит в основном от мышечной массы спортсменов [5].

Содержание кальция в плазме может повышаться в ответ на физическую нагрузку из-за метаболического ацидоза или снижения концентрации альбумина, поскольку часть кальция в сыворотке крови связана с альбумином.

Снижение уровня ЛПВП может быть связано с влиянием эстрогенов на уровень ЛПВП. Снижение уровня ЛПВП у спортсменок-легкоатлеток может быть связано со снижением уровня эстрогенов вследствие интенсивных физических упражнений и относительного энергодифицита, что, по данным литературы, может влиять на секрецию гонадотропин-рилизинг-фактора гипоталамусом [5].

### **Выводы**

В результате исследований установлены особенности биохимических показателей крови у спортсменов и спортсменок, занимающихся легкой атлетикой и греблей, выражающиеся в повышении уровня креатинина и снижении содержания ионов кальция у легкоатлетов обоих полов по сравнению со спортсменами, занимающимися греблей ( $p < 0,05$ ), а также в значимом снижении содержания ЛПВП в крови у женщин-легкоатлетов по сравнению с женщинами, занимающимися греблей ( $p = 0,02$ ).

Динамика биохимических показателей крови может служить информативным критерием функционального состояния организма спортсменов, тренирующихся в данных видах спорта. Объективность проводимых исследований значительно повышается при анализе взаимосвязей основных гематологических параметров.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Александров, Н. П. Изменения в системе красной крови человека (эритроциты) при адаптации к новым условиям / Н. П. Александров // Здоровье. – 2010. – № 1. – С. 16.
2. Бочкарева, А. А. Влияние физических нагрузок на изменения суточной динамики клеток крови / А. А. Бочкарева, И. М. Лисова, Т. И. Джандарова. – БМИК, 2011. – № 7. – С. 18.
3. Дроздов, Д. Н. Влияние физической нагрузки на показатели периферической крови человека / Д. Н. Дроздов, А. В. Кравцов // Вестник Мозырского государственного педагогического университета им. И. П. Шамякина. – 2015. – № 45. – С. 23–28.

4. Калинин, А. Н. Особенности морфологического и белкового состава крови у высококвалифицированных спортсменов, специализирующихся в гребле на байдарках и каноэ: дис. канд. биол. наук: 03.00.13 / А. Н. Калинин. – Краснодар, 2008. – 115 с.

5. Melnik, S. N. Blood biochemical parameters in athletes of different types of sports / S. N. Melnik, L. A. Belaya, Yu. I. Brel [et al.] // Opera Medica et Physiologica. – 2022. – Vol. 9. – No 2. – P. 35–41. – DOI 10.24412/2500-2295-2022-2-35-41. – EDN HRNKPJ.

УДК 547.461.4:616.341]:544.54

**Н. С. Мышковец**  
Учреждение образования  
«Гомельский государственный медицинский университет»  
г. Гомель, Республика Беларусь

## **РОЛЬ ЯНТАРНОЙ КИСЛОТЫ В ЭНЕРГЕТИКЕ ТОНКОГО КИШЕЧНИКА В НОРМЕ И ПОСЛЕ РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

### **Введение**

Янтарная кислота или сукцинат занимает центральное место в энергетическом обмене многих тканей нашего организма, поскольку мощность процесса синтеза АТФ при окислении сукцината значительно выше в сравнении с другими субстратами. Известно, что окисление НАД-зависимых субстратов даёт на одну молекулу АТФ больше, чем окисление ФАД-зависимых, но более высокая скорость расщепления янтарной кислоты позволяет получить больше АТФ в единицу времени, обеспечивая основные энергетические потребности ткани. Соответственно многие энергозависимые процессы даже в изолированных клетках или митохондриях могут идти лишь при интенсивном окислении янтарной кислоты. Данный энергетический субстрат необходим здоровому человеку при мышечной работе и в период восстановления после нагрузок, когда воспроизводить АТФ нужно быстро, также сукцинат, являясь субстратом «аварийной регуляции», обеспечивает сохранность митохондрий вовремя и после гипоксии [1]. Поскольку слизистая тонкого кишечника относится к тканям с высоким уровнем пролиферации и характеризуется интенсивным кровоснабжением, оксигенацией, отличается высокой активностью и эффективной работой всех точек энергетического сопряжения митохондриальной дыхательной цепи, можно предположить повышенную потребность данной ткани в обеспеченности сукцинатом, как в физиологических условиях, так и особенно после радиационного воздействия. Существенные нарушения самого процесса энергообразования в клетках слизистой тонкого кишечника и соотношения окисляющихся субстратов после воздействия  $\gamma$ -облучения в малых дозах являются, по нашему мнению, одной из причин развития патологии, приводящей к нарушению основных функций кишечной слизистой.

### **Цель**

Оценить роль янтарной кислоты в энергетике клеток слизистой тонкого кишечника в физиологических условиях, а также на третьи, десятые и девятые сутки после однократного воздействия  $\gamma$ -облучения в дозе 0,5 Гр.

### **Материал и методы исследования**

В эксперименте использовались две группы белых крыс-самцов массой 150–180 г. Опытную группу однократно облучили на установке «ИГУР-1», источник  $^{137}\text{Cs}$  в дозе