УДК 612.176 DOI 10.63874/2218-0311-2026-1-32-43

Галина Евгеньевна Хомич[1], Елена Николаевна Савaневская[2]
[1]канд. биол. наук, доц., доц. каф. медико-биологических дисциплин, технологий оздоровительной и адаптивной физической культуры Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина
[2]канд. биол. наук, доц., доц. каф. физиологии человека и животных Белорусского государственного университета
Halina Khomich[1], Alena Savaneuskaya[2]
[1]Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Medical and Biological Disciplines, Technologies of Health and Adaptive Physical Culture of Brest State A. S. Pushkin University
[2]Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Human and Animal Physiology of Belarusian State University
e-mail: [1]medicine@brsu.by; [2]esavanevskaja@gmail.com

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ КРОВООБРАЩЕНИЯ У МОЛОДЫХ ЛИЦ, ПРОЖИВАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ХРОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ МАЛЫХ ДОЗ РАДИАЦИИ

Исследование посвящено определению функционального состояния сердечно-сосудистой системы и реакций периферического сосудистого тонуса на ортостатические и антиортостатическую нагрузки у девушек, длительно проживавших на территориях с повышенным радиационным фоном. Установлено, что у данной группы при изменении положения тела в пространстве достоверно чаще наблюдались отклонения от нормального тонуса сосудов и ослабленные компенсаторные реакции микрососудистого русла нижних конечностей. Это проявлялось в недостаточной вазоконстрикции при ортостазе и неполной вазодилатационной реакции в положении головой вниз, что свидетельствует о снижении адаптационного резерва системы кровообращения в условиях хронического воздействия малых доз радиации.

Ключевые слова: *гемодинамика, макрососуды, микрососуды, реография, импедансометрия, амплитуда реоволны пальца, амплитуда реоволны голени, радиоактивное загрязнение.*

Functional Status of the Circulatory System in Young Individuals Exposed to Chronic Low-Dose Radiation

This study investigates the functional state of the cardiovascular system and the responses of pe-ripheral vascular tone to orthostatic and anti-orthostatic loads in young women who had been long-term residents of areas with elevated background radiation. In this group, changes in body position elicited significantly more frequent deviations from normal vascular tone and attenuated compensatory responses in the microvascular pool of the lower extremities. These effects manifested as insufficient vasocon-striction during orthostasis and an incomplete vasodilatory reaction in the head-down position. The find-ings indicate a diminished adaptive capacity of the circulatory system under conditions of chronic low-dose radiation exposure.

Key words: *hemodynamics, macrovessels, microvessels, rheography, impedance plethysmography, finger rheo-wave amplitude, leg rheo-wave amplitude, radioactive contamination.*

Введение

Сорокалетний период, истекающий с момента аварии на Чернобыльской АЭС, подводит к необходимости ревизии первоначальных прогнозов, касающихся отдаленных последствий радиоактивного загрязнения для здоровья белорусов.

За прошедшее время ряд предположений относительно воздействия радиации на здоровье населения подтвердился, другие же были опровергнуты.

На современном этапе ключевым фактором, обусловливающим негативные последствия аварии на Чернобыльской АЭС для здоровья населения, являются трансформации в организме, вызываемые продолжительным влиянием низких доз ионизирующего излучения. Как было продемонстрировано в работах белорусских исследователей, у жителей

загрязненных территорий (как детей, так и взрослых) наблюдается рост общей заболеваемости.

Особенно заметно увеличилась доля сердечно-сосудистых патологий [1; 2]. Полученные данные позволяют утверждать, что повреждения системы кровообращения, обусловленные облучением, зарождаются на клеточном уровне в результате сбоев внутриклеточных механизмов регуляции. В многолетней перспективе это ведет к ухудшению гемодинамики, начинающемуся на уровне микроциркуляторного русла.

Установлено, что постоянное облучение малыми дозами радиации провоцирует целый ряд нарушений. Среди них – снижение амплитуды и длительности потенциалов действия в клетках сердечной мышцы, ослабление ее сократительной способности у лабораторных животных, изменение чувствительности сердца и сосудов к стимуляции β- и α-адренорецепторов, снижение эластичности стенок периферических артерий, напряжение компенсаторных систем регуляции сердечной деятельности у новорожденных из загрязненных районов [3; 4]. В модельных экспериментах на животных было показано, что действие малых доз радиации сопровождается нарушением работы центральных и периферических адаптационных систем, следствием чего становится снижение приспособительных возможностей большинства физиологических систем организма, включая кровеносную [7]. Существенную роль в развитии указанных нарушений отводят расстройствам нейрогуморальной регуляции работы миокарда и сосудистого тонуса [6].

Накопление радионуклидов приводит к снижению эластичности стенок периферических сосудов тканей и органов [3], что напрямую влияет на характер гемодинамики. Для комплексного анализа уровня функционирования сердечно-сосудистой системы у людей, ежедневно подвергающихся воздействию малых доз ионизирующего излучения, эффективно применение дозированных физических нагрузок.

Обследования школьников из загрязненных областей России, Украины и Беларуси, проведенные Институтом экологической физиологии Российской академии образования, выявили высокую распространенность кардиологических нарушений, среди которых сбои работы проводящей системы сердца, нарушения проводимости, возбудимости сердечной мышечной ткани, а также дисфункции реполяризации и метаболизма миокарда [8]. Среди этих детей чаще, чем в контрольной выборке, встречаются ненормотонические (как симпатикотонические, так и ваготонические) профили вегетативной регуляции. У них обнаружен комплекс нарушений магистрального и периферического кровотока, выражающихся в снижении сосудистого тонуса мелких артерий предплечья. Выраженность этих отклонений нарастает с увеличением накопленной дозы облучения [8].

Влияние радиации на периферическое кровообращение у подростков 10–16 лет характеризуется менее однозначными признаками. Накопленные дозы облучения, отражающие уровень присутствия радионуклидов в организме с момента аварии, находятся у них в низком диапазоне. У таких лиц широко диагностируется вегетососудистая дистония с преобладанием сосудистых расстройств, наблюдается однотипный комплекс дистонических изменений напряжения мышечной стенки мелких артерий. Практически у всех обследованных школьников ведущим проявлением была гипотония [8].

У ликвидаторов последствий аварии нарушения периферического кровотока встречаются в 75 % случаев, занимая важное место среди сосудистых дисфункций и проявляясь разнообразной симптоматикой [13]. У них зафиксировано снижение кровенаполнения сосудов нижних конечностей [9].

Под воздействием ионизирующего излучения в первую очередь повреждается сосудистый эндотелий [14], что неизбежно нарушает регуляцию просвета сосудов и характер гемодинамики [10].

Эти повреждения могут приводить к тромбозу капилляров и увеличивают риск атеросклеротических поражений крупных артерий [15].

У детей ликвидаторов, продолживших проживать в загрязненных регионах, высок процент нарушений регуляции тонуса периферических, мозговых и магистральных сосудов [16].

Изучение сердечно-сосудистой функции у молодых людей, постоянно проживающих в условиях повышенного радиационного фона, крайне важно для понимания механизмов воздействия малых доз ионизирующего излучения на кровообращение. Это позволяет теоретически обосновать и в преспективе внедрить методы профилактики негативных последствий действия малых доз радиации, а также прогнозировать возможные последствия компенсаторных изменений для общего здоровья.

Хотя многочисленными исследованиями доказано отрицательное, а при высоких дозах – прямое поражающее действие ионизирующего излучения на сердце и сосуды, не до конца ясно, какие звенья сердечно-сосудистой системы страдают первыми при многолетнем воздействии малых доз радиации.

Целью статьи стало изучение изменений отдельных гемодинамических показателей в ответ на функциональные нагрузки у девушек, с детства живущих на территории, загрязненной радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

Материалы и методы исследования

Работа была посвящена сравнительной оценке функционального статуса сердечно-сосудистой системы у двух групп испытуемых женского пола в условиях применения нагрузочных тестов. В первую (основную) группу вошли 36 студенток-первокурсниц Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина, которые до поступления в вуз на протяжении свыше 15 лет постоянно проживали в Лунинецком и Столинском районах Брестской области.

Данная территория характеризуется радиоактивным загрязнением цезием-137 в диапазоне от 1 до 5 Ки/км². Контрольную группу составили обучающиеся того же возраста (17–19 лет), не проживавших и не пребывавших на протяжении длительного времени на подконтрольных по радиационному фактору территориях.

Регистрация физиологических показателей осуществлялась с использованием многофункционального диагностического комплекса «Кентавр-1». В соответствии с методикой А. А. Астахова [20] синхронно с каждым сердечным сокращением фиксировались частота сердечных сокращений за прошедшую минуту (ЧСС), систолическое артериальное давление (САД), а также амплитуды реоволн, зарегистрированных с пальца ноги (АРП), голени (АРГ) и легких (АРЛ). На основе первичных данных проводился расчет моды пульсовой волны (Мо) и вариационного размаха кардиоинтервалов (ΔХ).

Испытуемая размещалась на специальном электродном покрытии, закрепленном на поворотной платформе, и фиксировалась ремнями. Данная платформа обеспечивала изменение положения тела относительно горизонтали на угол до 90°. Биполярные электроды накладывались на поверхность спины, грудной клетки, а также на плечевые и бедренные сегменты конечностей, правую голень и большой палец правой стопы.

Прибор Р4-02 измерял импеданс тканей между электродами, после чего сигналы поступали в комплекс «Кентавр-1» для автоматизированной компьютерной обработки. С каждым ударом сердца регистрировались показатели артериального кровенаполнения, тонуса сосудов нижних конечностей и легких различного диаметра, уровень САД и ЧСС в покое и при нагрузке.

В качестве функциональных тестов применялись:

1) ортостатическая проба (нахождение в вертикальном положении в течение 10 мин.);

2) клиностатическая проба (переход из вертикального и нахождение в горизонтальном положении в течение 10 мин.);

3) позиционная нагрузка с наклоном головой вниз под углом 30° к горизонту продолжительностью 1 мин.

Смена положений тела осуществлялась пассивно, путем поворота платформы экспериментатором.

Состояние микроциркуляторного русла оценивалось по величине АРП, а магистральных сосудов – по АРГ [21]. Референсные значения для взрослого человека при нормотонии составляют: АРП – 80–140 мОм, АРГ – 80–120 мОм. Показатели 150–300 мОм для АРП и 120–300 мОм для АРГ соответствуют хронической вазодилатации и гипотонусу сосудов. Умеренная вазоконстрикция характеризуется снижением амплитуд реоволны пальца и голени до 70–30 мОм, а выраженный спазмический тонус сосудов – их падением ниже 30 мОм [22].

Значение моды (Мо) отражает активность гуморальных механизмов управления сердечным ритмом: величина более 0,78 с указывает на доминирование холинергических влияний, менее 0,67 с – адренергических, а диапазон 0,67–0,78 с свидетельствует об их балансе.

Параметр ΔX является индикатором активности парасимпатического звена вегетативной нервной системы: более 0,31 с – преобладающее участие, 0,24 – 0,31 с – адекватное, <0,24 с – слабовыраженное участие в регуляции ЧСС [23; 24].

Оценка достоверности межгрупповых различий проводилась с использованием t-критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждение

Сравнительный анализ сосудистого тонуса нижних конечностей у участниц из загрязненных и условно чистых районов позволил оценить уровень функционирования ключевых регуляторных механизмов. Основное влияние на тонус артериол и периферический кровоток оказывают эластические свойства сосудистых стенок, локальные метаболические вазодилататоры, а также симпатическая вазоконстрикция, опосредованная через α-адренорецепторы.

Наибольшей отзывчивостью к внешним, в т. ч. компрессионным, воздействиям отличаются вены, диаметр которых напрямую определяет объем депонированной крови в тканях [25–27].

В ходе исследования были идентифицированы несколько паттернов тонуса как микроциркуляторного, так и магистрального сосудистого русла. Ключевым наблюдением стала неоднотипность динамики амплитуд реографических волн (АРП, АРГ, АРЛ) в ответ на нагрузку, связанная с диаметром сосудов в контроле. В состоянии покоя у испытуемых зафиксировано 6 комбинаций функционального состояния сосудов:

1) нормальный тонус микрососудов и магистральных сосудов;

2) вазоконстрикция микрососудов при нормотонусе магистральных;

3) констрикция обоих типов сосудов;

4) спазмический тонус микрососудов при констрикции магистральных;

5) спазмический тонус микрососудов и магистральных сосудов;

6) дилатация (гипотония) обоих типов сосудов.

Встречаемость этих комбинаций статистически значимо различалась между группами. В контрольной группе распределение было следующим: нормотонус – 51,28 %; констрикция микрососудов при норме магистральных – 25,64 %; констрикция обоих типов сосудов – 12,82 %; спазм микрососудов при констрикции магистральных – 5,14 %; спазм обоих типов сосудов – 2,56 %; дилатация – 2,56 %.

В основной группе картина отличалась: нормотонус – 32,14 %; констрикция микрососудов при нормальном тонусе магистральных – 10,71 %; констрикция обоих типов

сосудов – 10,71 %; спазм микрососудов при констрикции магистральных – 14,29 %; спазм обоих типов – 17,86 %; дилатация – 14,29 %.

Таким образом, у проживавших в зоне загрязнения девушек отклонения от нормального сосудистого тонуса встречались достоверно чаще (67,86 % случаев против 48,72 % в контроле). Ранние постчернобыльские исследования чаще отмечали вазоконстрикторные реакции [28]. Однако в последние годы [9] стали преобладать описания феномена вазодилатации.

Анализ исходного тонуса показал, что диаметр сосудов и, следовательно, объем периферического депо крови наиболее чувствительны к симпатическим влияниям, изменениям внутрисосудистого давления и внешней компрессии [25–27].

Учитывая, что воздействие низкоинтенсивной радиации повышает реактивность сосудов при стимуляции α-адренорецепторов и снижает восприимчивость к агонистам β-адренорецепторов [6], нами было проведено исследование периферического тонуса у данной группы испытуемых.

Исходный тонус микрососудов в горизонтальном положении варьировал внутри обеих групп, что может быть связано с индивидуальными особенностями развития сердечно-сосудистой системы и уровнем тренированности.

Согласно критериям [21; 22], нормальный тонус (АРП 80–140 мОм) в исследуемой группе наблюдался реже, чем в контроле. Распределение показателей представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение обследованных по тонусу микрососудов нижних конечностей в покое (горизонтальное положение)

Контингент обследованных	Всего	С нормальным тонусом		С тонусом выше нормы		С тонусом ниже нормы	
		кол-во	%	кол-во	%	кол-во	%
Обследуемая группа (горизонтальное положение, фон)	36	12	33,3	10	27,8	14	38,9
Контрольная группа (горизонтальное положение, фон)	30	18	60,0	7	23,3	5	16,7

Так, в основной группе нормотонус был зафиксирован лишь у 33,3 % участниц, тогда как отклонения (гипо- или гипертензивный статус) – у 66,7 %. В контрольной группе соотношение было обратным: 60,0 % с нормотонией и 40,0 % с отклонениями от нормального сосудистого тонуса ($p < 0,05$).

Между представительницами обеих когорт, имеющими исходно нормальный сосудистый тонус, были выявлены различия в характере реакции на гравитационные пробы (таблица 2).

В покое среднее значение АРП в контрольной группе составило 104,7 ± 0,9 мОм, в основной – 96,8 ± 1,2 мОм. Переход в вертикальное положение (пассивная ортопроба) вызывал выраженную вазоконстрикцию. Однако степень снижения АРП различалась: в контроле – на 75,5 % (до 25,6 ± 1,3 мОм), в основной группе – лишь на 55,1 % (до 43,5 ± 1,7 мОм).

Значения АРП около 43,5 мОм указывают на относительно широкий просвет микрососудов и значительную способность их к депонированию крови, что может сопровождаться снижением венозного возврата и провоцировать недостаточность кровообращения в верхней половине тела.

Более адекватной можно считать антигравитационную реакцию контрольной группы (АРП около 25,6 мОм), где сильная вазоконстрикция препятствует избыточному

оттоку крови в нижние конечности и способствует быстрому венозному возврату, что снижает риск ортостатических нарушений и гравитационного коллапса [29; 30].

Таблица 2 – АРП у лиц с исходным нормотонусом при различных функциональных пробах

№ серии	Серия опытов	Кол-во опытов	Кол-во измерений	АРП (мОм)	
				$x \pm S_{\bar{x}}$	P
1	Горизонтальное положение в покое	72	8182	104,7 ± 0,9	
2	Горизонтальное положение в покое (обследуемая группа)	36	4748	96,8 ± 1,6	<0,001**
3	Ортостатическая проба (контрольная группа)	36	14642	25,6 ± 1,3	<0,001*
4	Ортостатическая проба (обследуемая группа)	24	9122	43,5 ± 1,7	<0,001* <0,001*
5	Клиностатическая проба (контрольная группа)	36	8524	102,4 ± 1,2	>0,05*
6	Клиностатическая проба (обследуемая группа)	24	6424	107,3 ± 1,8	<0,001* <0,001*
7	Положение вниз головой (контрольная группа)	36	2462	179,6 ± 1,7	<0,001*
8	Положение вниз головой (обследуемая группа)	24	1648	131,2 ± 2,1	<0,001* <0,001*

Примечание – Различия по отношению к покою обозначены одной звездочкой, по отношению к аналогичной серии контрольной группы – двумя звездочками.

Возврат в горизонтальное положение (клиностатическая проба) приводил к быстрой нормализации АРП в контрольной группе (на 2-й минуте – 102,4 ± 1,2 мОм, $p > 0,05$ к покою). В основной группе восстановление шло медленнее (на 2-й минуте – 107,3 ± 1,8 мОм, $p < 0,001$ к покою), что может свидетельствовать о дисфункции регуляторных механизмов.

Перевод в положение головой вниз сопровождался вазодилатацией. Однако ее выраженность в основной группе (увеличение АРП на 54,7 %, до 131,2 ± 2,1 мОм) была меньше, чем в контроле (увеличение на 77,3 %, до 179,6 ± 1,7 мОм).

Это указывает на сниженние способности микрососудов к депонированию крови, необходимой для противодействия гравитационному перераспределению крови, у лиц, проживавших в зоне загрязнения.

У лиц с гипотонией в горизонтальном положении (таблица 3) значения АРП в покое были выше, особенно в основной группе (197,9 ± 1,2 мОм против 178,5 ± 1,3 мОм в контроле, $p < 0,001$), что подтверждает более выраженную вазодилатацию.

Ортопроба вызывала констрикцию, но ее эффекты были менее заметны в основной группе (снижение АРП на 61,4 % (до 96,1 ± 1,7 мОм) против 70,1 % (до 53,4 ± 1,5 мОм) в контроле).

Значения АРП около 96 мОм указывают на сохранение широкого просвета сосудов, что может сопровождаться падением систолического давления и свидетельствует о неудовлетворительной компенсаторной реакции.

Таблица 3 – АРП у лиц с исходным пониженным тонусом микрососудов

№ серии	Серия опытов	Кол-во опытов	Кол-во измерений	АРП (мОм)	
				x ± Sx	P
1	Горизонтальное положение в покое (контрольная группа)	36	4642	178,5 ± 1,3	
2	Горизонтальное положение в покое	42	5532	197,9 ± 1,2	<0,001**
3	Ортостатическая проба	18	7456	53,4 ± 1,5	<0,001*
4	Ортостатическая проба	28	9144	96,1 ± 1,7	<0,001*
5	Клиностатическая проба	18	3824	176,7 ± 2,0	>0,05*
6	Клиностатическая проба	28	7228	167,9 ± 2,3	<0,001*
7	Положение головой вниз	18	1172	162,5 ± 1,7	<0,001*
8	Положение головой вниз	28	1828	99,2 ± 2,8	<0,001*

Примечание – Различия по отношению к покою обозначены одной звездочкой, по отношению к аналогичной серии контрольной группы – двумя звездочками.

В положении головой вниз у гипотоников наблюдалось снижение АРП, более выраженное в основной группе (падение на 49,9 % до 99,2 ± 2,8 мОм против снижения на 9,0 % до 162,5 ± 1,7 мОм в контроле). Это свидетельствует об отсутствии компенсаторной емкости сосудов для депонирования крови и способности их к активной вазоконстрикции на фоне исходной дилатации.

У лиц с исходным спастическим тонусом (АРП < 30 мОм) межгрупповых различий в покое не выявлено (таблица 4). Ортопроба вызывала дальнейшее незначительное сужение сосудов. Учитывая исходно малый объем депо, даже эта слабая констрикция, вероятно, препятствовала гравитационному застою крови. Положение головой вниз вызывало незначительное увеличение АРП в контроле (+17,6 %), но не в основной группе, где микрососуды практически не участвовали в компенсаторных реакциях.

Таблица 4 – АРП у лиц с исходным высоким (спастическим) тонусом микрососудов

№ серии	Серия опытов	Кол-во опытов	Кол-во измерений	АРП (мОм)	
				x ± Sx	P
1	Горизонтальное положение в покое (контрольная группа)	30	4212	26,2 ± 0,9	
2	Горизонтальное положение в покое (обследуемая группа)	30	4247	24,9 ± 1,2	>0,05**
3	Ортостатическая проба (контрольная группа)	15	5421	19,7 ± 1,2	<0,01*
4	Ортостатическая проба (обследуемая группа)	20	7151	20,2 ± 1,3	<0,05* >0,05**
5	Клиностатическая проба (контрольная группа)	15	3965	28,9 ± 1,4	>0,05*
6	Клиностатическая проба (обследуемая группа)	20	5292	25,7±1,5	>0,05* 0,05**
7	Положение головой вниз (контрольная группа)	15	1016	30,8 ± 1,5	<0,05*
8	Положение головой вниз (обследуемая группа)	20	1376	26,3 ± 1,6	>0,05* <0,05**

Примечание – Различия по отношению к покою обозначены одной звездочкой, по отношению к аналогичной серии контрольной группы – двумя звездочками.

Следовательно, можно сделать вывод, что длительное проживание в условиях хронического низкоинтенсивного радиационного воздействия приводит к существенным изменениям в регуляции периферического сосудистого тонуса. У обследованных лиц наблюдалась дисфункция микрососудистого звена, проявляющаяся в ослаблении адекватных компенсаторных реакций на ортостатический и антиортостатический стресс. Это выражалось в недостаточной вазоконстрикции при переходе в вертикальное положение и неполноценной вазодилатации в положении головой вниз.

Заключение

Полученные данные указывают на снижение адаптационного резерва сердечно-сосудистой системы, что может являться одним из ранних маркеров негативного влияния малых доз ионизирующего излучения. Нарушение тонких механизмов нейрогуморальной регуляции сосудистого тонуса, в первую очередь затрагивающее симпатоадреналовые и барорецепторные рефлексы, создает предпосылки для развития ортостатической неустойчивости и ухудшения перфузии органов при изменении положения тела.

Таким образом, проведенное исследование подтверждает гипотезу о том, что длительное проживание на радиационно загрязненных территориях даже с низким уровнем загрязнения модифицирует функциональное состояние системы кровообращения.

Выявленные сдвиги носят функциональный характер и заключаются в снижении адекватности и скорости сосудодвигательных реакций, обеспечивающих гемодинамическое равновесие.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гофман, Дж. Чернобыльская авария: радиационные последствия для настоящего и будущего поколений / Дж. Гофман. – Мн. : Высш. шк., 2014. – 574 с.

2. Лобанок, Л. М. Модификация механизмов нейрогуморальной регуляции сердечно-сосудистой системы под воздействием низкоинтенсивных ионизирующих излучений / Л. М. Лобанок // X съезд Белорусского общества физиологов : сб. науч. тр., Минск, 27 окт. 2011 г. / Бел. гос. ун-т ; редкол.: В. В. Лысак (гл. ред.) [и др.]. – Мн. : Бизнесофсет, 2001. – С. 92–93.

3. Баевский, Р. М. Ритмы сердца у спортсменов / Р. Е. Мотылянская, Р. М. Баевский. – М., 2016. – 143 с.

4. Соловьева, Н. Г. Эффекты острого и пролонгированного гамма-облучения в малых дозах на функциональные характеристики кровеносных сосудов неполовозрелых крыс / Н. Г. Соловьева // Фундаментальные и прикладные аспекты радиобиологии : материалы науч. конф., Минск, 15–16 окт. 2018 г. / Ин-т радиобиологии НАН Беларуси ; редкол.: И. А. Чешик (гл. ред.) [и др.]. – Гомель, 2018. – С. 231.

5. Саваневский, Н. К. Регуляция ритма сердечных сокращений при статическом усилии и ортоклиностатической пробе у студенток, длительно находившихся и не находившихся в радиоактивно загрязненных районах / Н. К. Саваневский, Г. Е. Хомич, И. Г. Роменко [и др.] // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Серыя 5, Хімія. Біялогія. Навукі аб Зямлі. – 2000. – № 4. – С. 85–93.

6. Основные проблемы и тенденции здоровья детей и подростков, состоящих на учете в Госрегистре / Л. Н. Ломать, Г. Н. Гальбурт, В. В. Кулинкина [и др.] // Экология человека в постчернобыльский период : материалы 6-й междунар. науч.-практ. конф. Минск, 3–5 дек. 1999 г. / Ин-т истории НАН Беларуси ; редкол.: А. А. Коваленя (гл. ред.) [и др.]. – Мн., 1999. – С. 63.

7. Хвисковец, Г. Е. Особенности периферической гемодинамики у детей и подростков, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях Республики Беларусь / Г. Е. Хвисковец // Здоровье детей Белорусского Полесья: постчернобыльский аспект : сб. науч. тр. / Ин-т физиологии НАН Беларуси ; редкол.: В. А. Кульчицкий [и др.]. – Мн., 2003. – С. 103–105.

8. Савчук, Т. Ф. Изменение функций щитовидной железы и функциональное состояние сердечно-сосудистой системы у детей и подростков, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях / Т. Ф. Савчук // Здоровье детей Белорусского Полесья: постчернобыльский

аспект : сб. науч. тр. / Ин-т физиологии НАН Беларуси ; редкол.: В. А. Кульчицкий [и др.]. – Мн., 2003. – С. 88–92.

9. Сычик, С. И. Основные схемы диспансерного наблюдения за пренатально облученными детьми, продолжающими проживать в условиях действия радиации / С. И. Сычик // Международная конференция, посвященная 100-летию со дня рождения Н. В. Тимофеева-Ресовского, Минск, 17–18 окт. 2000 г. / Ин-т цитологии и генетики НАН Беларуси ; под общ. ред. А. А. Милютина, И. Б. Моссэ. – Мн., 2000. – С. 212–213.

10. Комплексная оценка состояния здоровья детского населения, постоянно проживающего на радиационно загрязненных территориях Красногорского района Брянской области / С. И. Тарасова, В. М. Чернов, В. М. Буянкин [и др.] // Педиатрия. – 1999. – № 2. – С. 99–104.

11. Физическое развитие сельских детей Гомельского района в постчернобыльский период / А. И. Киеня, В. А. Мельник, Э. М. Заика [и др.] // Морфология. – 2001. – Т. 119, № 2. – С. 7–10.

12. Парамонова, Н. С. Некоторые показатели иммунитета у клинически здоровых детей с повышенным титром антител к тироглобулину, проживающих в районах с низким уровнем радиоактивного загрязнения / Н. С. Парамонова // Международная конференция, посвященная 100-летию со дня рождения Н. В.Тимофеева-Ресовского, Минск, 17–18 окт. 2000 г. / Ин-т цитологии и генетики НАН Беларуси ; под общ. ред. А. А. Милютина, И. Б. Моссэ. – Мн., 2000. – С. 154–156.

13. Парфеевец, А. П. Анализ особенностей сердечно-сосудистых заболеваний у детей Пинского района / А. П. Парфеевец // Здоровье детей Белорусского Полесья: постчернобыльский аспект : сб. науч. тр. / Ин-т физиологии НАН Беларуси ; редкол.: В. А. Кульчицкий [и др.]. – Мн., 2003. – С. 78–81.

14. Киеня, А. И. Возрастно-половые особенности сенсомоторной реактивности детей, проживающих в различных районах г. Гомеля / А. И. Киеня, О. В. Кириченко // Медицинские новости. – 1998. – № 10. – С. 49–51.

15. Киеня, А. И. Сенсомоторная реактивность детей, проживающих на территории, загрязненной радионуклидами / А. И. Киеня, О. В. Кириченко, Э. М. Заика // Медико-биологические аспекты аварии на Чернобыльской АЭС. – 1998. – № 2. – С. 8.

16. Ярмоненко, С. П. Радиобиология человека и животных / С. П. Ярмоненко. – М. : Высш. шк., 1988. – 424 с.

17. Структурно-функциональные эффекты инкорпорированных в организм радионуклидов / Ю. И. Бандажевский [и др.]. – Гомель : ГГМУ, 2017. – 156 с.

18. Возрастная характеристика развития силовых качеств школьников, проживающих на территории, загрязненной радионуклидами / Э. М. Заика, А. И. Киеня, Н. М. Ермолицкий [и др.] // Чернобыль : Экология и здоровье. – 1996. – № 3. – С. 21–24.

19. Состояние артериального кровяного давления у детей с различным уровнем инкорпорированного цезия-137 / А. И. Киеня, Н. М. Ермолицкий, Э. М. Заика [и др.] // Чернобыль – Висельде – VII : материалы междунар. научн. конгр., Гомель, 14 апр. 1997 г. – Гомель, 1997. – С. 60–61.

20. Бандажевский, Ю. И. Структурно-функциональные эффекты инкорпорированных в организм радионуклидов / Ю. И. Бандажевский. – Гомель, 1997. – 156 с.

21. Гумега, М. Д. Особенности тиреоидного статуса жителей радиационно контролируемых территорий, прибывших на курорт Трускавец / М. Д. Гумега // Диагностика и профилактика негативных последствий радиации : материалы 3-го симпозиума, Киев, 16–17 дек. 1997 г. / Ин-т проблем онкологии им. Р. Е. Кавецкого. – Киев, 1997. – С. 86–87.

22. Колпаков, И. Е. Функциональное состояние системы дыхания детей, проживающих в зоне жестокого радиационного контроля / И. Е. Колпаков // Диагностика и профилактика негативных последствий радиации : материалы 3-го симпозиума, Киев, 16–17 дек. 1997 г. / Ин-т проблем онкологии им. Р. Е. Кавецкого. – Киев, 1997. – С. 137–139.

23. Федирко, П. А. Характеристика гемодинамики глаза у участников аварийных работ на ЧАЭС и обоснование лечебных подходов / П. А. Федирко // Диагностика и профилактика негативных последствий радиации : материалы 3-го симпозиума, Киев, 16–17 дек. 1997 г. / Ин-т проблем онкологии им. Р. Е. Кавецкого. – Киев, 1997. – С. 257–258.

24. Характеристика некоторых иммунологических показателей в динамике у детей, родившихся у женщин, эвакуированных из 30-км зоны радиационного загрязнения / Ю. Г. Антипкин, В. П. Чернышев, О. М. Васюк [и др.] // Диагностика и профилактика негативных последствий радиации : материалы 3-го симпозиума, Киев, 16–17 дек. 1997 г. / Ин-т проблем онкологии им. Р. Е. Кавецкого. – Киев, 1997. – С. 12.

25. Алгоритмический подход в определении риска развития эндокринной недостаточности детей, пострадавших вследствие аварии на ЧАЭС / О. Я. Боярська, О. В. Копилова, Д. Е. Афанасьев [и др.] // Диагностика и профилактика негативных последствий радиации : материалы 3-го симпозиума, Киев, 16–17 дек. 1997 г. / Ин-т проблем онкологии им. Р. Е. Кавецкого. – Киев, 1997. – С. 42–46.

26. Клинические последствия внутриутробного облучения детей / Е. Л. Степанова, В. Г. Кондрашова, Т. Я. Галичанска // Диагностика и профилактика негативных последствий радиации : материалы 3-го симпозиума, Киев, 16–17 дек. 1997 г. / Ин-т проблем онкологии им. Р. Е. Кавецкого. – Киев, 1997. – С. 248–249.

27. Кубергер, М. Б. Руководство по клинической электрокардиографии детского возраста / М. Б. Кубергер. – Л., 1983. – 156 с.

28. Астахов, А. А. Многофункциональный импедансный мониторинг сердечно-сосудистой системы и легких / А. А. Астахов. – Челябинск, 1989. – 18 с.

29. Виноградова, Т. С. Инструментальные методы исследования сердечно-сосудистой системы / Т. С. Виноградова. – М. : Медицина, 1986. – 416 с.

30. Баевский, Р. М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р. М. Баевский, О. И. Кириллов, С. М. Клецкин. – М. : Медицина, 1984. – 218 с.

REFERENCES

1. Gofman, Dzh. Chernobyl’skaya avariya: radiatsionnyye posledstviya dlya nastoyashchego i budushchego pokoleniy / Dzh. Gofman. – Mn. : Vyssh. shk., 2014. – 574 s.

2. Lobanok, L. M. Modifikatsiya mekhanizmov neyrogumoral’noi regulyatsii serdechno-sosudistoi sistemy pod vozdeystviyem nizkointensivnykh ioniziruyushchikh izlucheniy / L. M. Lobanok // X s’yezd Belorusskogo obshchestva fiziologov : sb. nauch. tr., Minsk, 27 okt. 2011 g. / Belorus. gos. un-t ; redkol.: V. V. Lysak (gl. red.) [i dr.]. – Mn. : Biznesofset, 2001. – S. 92–93.

3. Bayevskii, R. M. Ritmy serdtsa u sportsmenov / R. M. Bayevskiy, R. Ye. Motylianskaya. – M., 2016. – 143 s.

4. Solov’ieva, N. G. Effekty ostrogo i prolongirovannogo gamma-oblucheniya v malykh dozakh na funktsional’nyye kharakteristiki krovonosnykh sosudov nepolovozrelykh krys / N. G. Solov’iva // Fundamental’nyye i prikladnyye aspekty radiobiologii : materialy nauch. konf., Minsk, 15–16 okt. 2018 g. / In-t radiobiologii NAN Belarusi ; redkol.: I. A. Cheshik (gl. red.) [i dr.]. – Gomel’, 2018. – S. 231.

5. Regulyatsiya ritma serdechnykh sokrashcheniy pri staticheskom usilii i ortoklinostaticheskoi probe u studentok, dolgo nakhodivshikhsia i ne nakhodivshikhsia v radioaktivno zagryaznennykh raionakh / N. K. Savanevskii, G. Ye. Khomich, I. G. Romenko [i dr.] // Vesnik Brestskaga universiteta. Seryya 5, Khimia. Biyalogiya. Navuki ab Ziamli. – 2000. – № 4. – S. 85–93.

6. Osnovnyye problemy i tendentsii zdorov’ya detei i podrostkov, sostoyashchikh na uchete v Gosregistre / L. N. Lomat’, G. N. Gal’burt, V. V. Kulinkina [i dr.] // Ekologiya cheloveka v postchernobyl’skiy period : materialy 6-i mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Minsk, 3–5 dek. 1999 g. / In-t istorii NAN Belarusi ; redkol.: A. A. Kovalena (gl. red.) [i dr.]. – Mn., 1999. – S. 63.

7. Khviskovets, G. Ye. Osobennosti perifericheskoi gemodinamiki u detei i podrostkov, prozhivayushchikh na zagryaznennykh radionuklidami territoriyakh Respubliki Belarus’ / G. Ye. Khviskovets // Zdorov’ye detei Belorusskogo Poles’ya: postchernobyl’skii aspekt : sb. nauch. tr. / In-t fiziologii NAN Belarusi ; redkol.: V. A. Kul’chitskii [i dr.]. – Mn., 2003. – S. 103–105.

8. Savchuk, T. F. Izmeneniye funktsii shchitovidnoi zhelezy i funktsional’noye sostoyaniye serdechno-sosudistoi sistemy u detei i podrostkov, prozhivayushchikh na zagryaznennykh radionuklidami territoriyakh / T. F. Savchuk // Zdorov’ye detei Belorusskogo Poles’ya: postchernobyl’skii aspekt : sb. nauch. tr. / In-t fiziologii NAN Belarusi ; redkol.: V. A. Kul’chitskii [i dr.]. – Mn., 2003. – S. 88–92.

9. Sychik, S. I. Osnovnyye skhemy dispansernogo nablyudeniya za prenatal'no obluchennymi det'mi, prodolzhayushchimi prozhivat' v usloviyakh deistviya radiatsii / S. I. Sychik // Mezhdunar. konf., posvyashch. 100-letiyu so dnia rozhdeniya N. V. Timofeyeva-Resovskogo, Minsk, 17–18 okt. 2000 g. / In-t tsitologii i genetiki NAN Belarusi ; pod obshch. red. A. A. Miliutina, I. B. Mosse. – Mn., 2000. – S. 212–213.

10. Kompleksnaya otsenka sostoyaniya zdorov'ya detskogo naseleniya, postoianno prozhivayushchego na radiatsionno zagryaznennykh territoriyakh Krasnogorskogo rayona Brianskoy oblasti / S. I. Tarasova, V. M. Chernov, V. M. Buyankin [i dr.] // Pediatriya. – 1999. – № 2. – S. 99–104.

11. Fizicheskoye razvitiye sel'skikh detei Gomel'skogo raiona v postchernobyl'skiy period / A. I. Kienya, V. A. Mel'nik, Ye. M. Zaika [i dr.] // Morfologiya. – 2001. – T. 119, № 2. – S. 7–10.

12. Paramonova, N. S. Nekotoryye pokazateli immuniteta u klinicheski zdorovykh detei s povyshennym titrom antitel k tiroglobulinu, prozhivayushchikh v rayonakh s nizkim urovnem radioaktivnogo zagryazneniya / N. S. Paramonova // Mezhdunar. konf., posvyashch. 100-letiyu so dnia rozhdeniya N. V. Timofeyeva-Resovskogo, Minsk, 17–18 okt. 2000 g. / In-t tsitologii i genetiki NAN Belarusi ; pod obshch. red. A. A. Miliutina, I. B. Mosse. – Mn., 2000. – S. 154–156.

13. Parfeyevets, A. P. Analiz osobennostey serdechno-sosudistykh zabolevaniy u detei Pinskogo raiona / A. P. Parfeyevets // Zdorov'ye detei Belorusskogo Poles'ya: postchernobyl'skii aspekt : sb. nauch. tr. / In-t fiziologii NAN Belarusi ; redkol.: V. A. Kul'chitskii [i dr.]. – Mn., 2003. – S. 78–81.

14. Kienia, A. I. Vozrastno-polovyye osobennosti sensomotornoy reaktivnosti detei, prozhivayushchikh v razlichnykh rayonakh g. Gomelia / A. I. Kienia, O. V. Kirichenko // Meditsinskiye novosti. – 1998. – № 10. – S. 49–51.

15. Kienia, A. I. Sensomotornaya reaktivnost' detey, prozhivayushchikh na territorii, zagryaznennoy radionuklidami / A. I. Kienia, O. V. Kirichenko, Ye. M. Zaika // Mediko-biologicheskiye aspekty avarii na Chernobyl'skoy AES. – 1998. – № 2. – S. 8.

16. Yarmonenko, S. P. Radiobiologiya cheloveka i zhivotnykh / S. P. Yarmonenko. – M. : Vyssh. shk., 1988. – 424 s.

17. Strukturno-funktsional'nye effekty inkorporirovannykh v organizm radionuklidov / Yu. I. Bandazhevskii [i dr.] // Gomel' : GGMU, 2017. – 156 s.

18. Vozrastnaya kharakteristika razvitiya silovykh kachestv shkol'nikov, prozhivayushchikh na territorii, zagryaznennoy radionuklidami / Ye. M. Zaika, A. I. Kienya, N. M. Yermolitskii [i dr.] // Chernobyl': Ekologiya i zdorov'ye. – 1996. – № 3. – S. 21–24.

19. Sostoyaniye arterial'nogo krovyanogo davleniya u detei s razlichnym urovnem inkorporirovannogo tseziya-137 / A. I. Kienya, N. M. Yermolitskiy, Ye. M. Zaika [i dr.] // Chernobyl' – Visel'de – VII : materialy mezhdunar. nauchn. kongressa, Gomel', 14 apr. 1997 g. – Gomel', 1997. – S. 60–61.

20. Bandazhevskii, Yu. I. Strukturno-funktsional'nyye effekty inkorporirovannykh v organizm radionuklidov / Yu. I. Bandazhevskii. – Gomel', 1997. – 156 s.

21. Gumega, M. D. Osobennosti tireoidnogo statusa zhitelei radiatsionno kontroliruyemykh territorii, pribyvshikh na kurort Truskavets / M. D. Gumega // Diagnostika i profilaktika negativnykh posledstvii radiatsii : materialy 3-go simpoziuma, Kiev, 16–17 dek. 1997 g. / In-t problem onkologii im. R. Ye. Kavetskogo. – Kiev, 1997. – S. 86–87.

22. Kolpakov, I. Ye. Funktsional'noye sostoyaniye sistemy dykhaniya detei, prozhivayushchikh v zone zhestkogo radiatsionnogo kontrolia / I. Ye. Kolpakov // Diagnostika i profilaktika negativnykh posledstviy radiatsii : materialy 3-go simpoziuma, Kiev, 16–17 dek. 1997 g. / In-t problem onkologii im. R. Ye. Kavetskogo. – Kiev, 1997. – S. 137–139.

23. Fedirko, P. A. Kharakteristika gemodinamiki glaza u uchastnikov avariynykh rabot na ChAES i obosnovaniye lechebnykh podkhodov / P. A. Fedirko // Diagnostika i profilaktika negativnykh posledstvii radiatsii : materialy 3-go simpoziuma, Kiev, 16–17 dek. 1997 g. / In-t problem onkologii im. R. Ye. Kavetskogo. – Kiev, 1997. – S. 257–258.

24. Kharakteristika nekotorykh immunologicheskikh pokazatelei v dinamike u detey, rodivshikhsya u zhenshchin, evakuirovannykh iz 30-km zony radiatsionnogo zagryazneniya / Yu. G. Antipkin, V. P. Chernyshev, O. M. Vasyuk [i dr.] // Diagnostika i profilaktika negativnykh posledstviy radiatsii : materialy 3-go simpoziuma, Kiev, 16–17 dek. 1997 g. / In-t problem onkologii im. R. Ye. Kavetskogo. – Kiev, 1997. – S. 12.

25. Algoritmicheskii podkhod v opredelenii riska razvitiya endokrinnoi nedostatochnosti detei, postradavshikh vsledstviye avarii na ChAES / O. Ya. Boyars'ka, O. V. Kopylova, D. Ye. Afanas'yev [i dr.] // Diagnostika i profilaktika negativnykh posledstviy radiatsii : materialy 3-go simpoziuma, Kiev, 16–17 dek. 1997 g. / In-t problem onkologii im. R. Ye. Kavetskogo. – Kiev, 1997. – S. 42–46.

26. Klinicheskiye posledstviya vnutriutrobnogo oblucheniya detey / Ye. L. Stepanova, V. G. Kondrashova, T. Ya. Galichans'ka [i dr.] // Diagnostika i profilaktika negativnykh posledstviy radiatsii : materialy 3-go simpoziuma, Kiev, 16–17 dek. 1997 g. / In-t problem onkologii im. R. Ye. Kavetskogo. – Kiev, 1997. – S. 248–249.

27. Kuberger, M. B. Rukovodstvo po klinicheskoi elektrokardiografii detskogo vozrasta / M. B. Kuberger. – L., 1983. – 156 s.

28. Astakhov, A. A. Mnogofunktsional'nyi impedansnyi monitoring serdechno-sosudistoi sistemy i liogkikh / A. A. Astakhov. – Chelyabinsk, 1989. – 18 s.

29. Vinogradova, T. S. Instrumental'nyye metody issledovaniya serdechno-sosudistoy sistemy / T. S. Vinogradova. – M. : Meditsina, 1986. – 416 s.

30. Bayevskii, R. M. Matematicheskii analiz izmenenii serdechnogo ritma pri stresse / R. M. Bayevskii, O. I. Kirillov, S. M. Kletskin. – M. : Meditsina, 1984. – 218 s.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 01.06.2026