

Подходы к оценке полноты и качества регистров потомков облучённого населения

С.А. Шалагинов^{1,2}, А.В. Аклеев^{1,2}

¹Уральский научно-практический центр радиационной медицины
Федерального медико-биологического агентства России, Челябинск, Россия

²Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия

Неопределенности оценок радиационного риска отдаленных последствий облучения человека в значительной степени определяются полнотой и качеством эпидемиологических данных. Основную значимость для когортных исследований имеет регистр исследуемой когорты. Особые сложности возникают при формировании регистра потомков облученных лиц, которые, в отличие от их родителей, не подвергались радиационному воздействию. Формирование когорты потомков облученных лиц имеет свои особенности и требует оценки ее полноты и качества. Целью работы является изучение показателя соотношения полов как возможного критерия для оценки полноты и качества регистра потомков когорты реки Течи. Регистр потомков облученного населения на конец 2019 г. включал сведения на 25 930 лиц. Формирование регистра потомков облученного на реке Теча населения было начато в середине 1950-х гг. При этом использовались разнообразные документы, подтверждающие факт рождения ребёнка у облученных лиц. В популяции реки Течи доля потомков, зачатых только облученной матерью, составляет 22,2%, только облученным отцом – 13,9%, доля потомков, подвергшихся внутриутробному облучению, составляет 44,6%. В соответствии с общепринятыми данными литературы, в когорте потомков первого поколения следовало ожидать уменьшение рождения мальчиков. Однако по результатам проведенной работы у потомков не отмечено изменения соотношения полов при сравнении с популяционным контролем. Более того, установлено, что соотношение полов в популяции потомков первого поколения облученного на реке Тече населения нельзя рассматривать как вторичное. Не нашло подтверждения предположение о влиянии прекоцептивного облучения родителей, а также внутриутробного облучения на изменение соотношения полов. Показано, что снижение показателя соотношения полов связано с недоучётом потомков первого поколения мужского пола, умерших в детском и молодом возрасте. Величина соотношения полов в группах, сформированных в зависимости от характера и дозы облучения, зависела, главным образом, от источников информации, использованных при формировании регистра потомков.

Ключевые слова: качество и полнота регистров, критерии оценки, потомки облученного населения, река Теча, соотношение полов, акты и свидетельства о рождении.

Введение

В радиационной эпидемиологии большое внимание уделяется не только совершенствованию методологии исследований, но и качеству и полноте данных, в том числе медицинских и дозиметрических. Научный комитет по действию атомной радиации ООН указывает на необходимость учёта не только общих критериев качества, но и специфики отдельно проводимых исследований [1]. В то же время формирование регистров потомков облученных людей может быть сопряжено с методологическими проблемами, не характерными для формирования регистров самих облученных лиц. Как правило, эти регистры начинают создаваться спустя многие годы после формирования когорты облученных лиц, на фоне регулярно происходящих и не всегда учтённых случаев

миграции и смерти потомков. Особенно большие проблемы возникают при создании регистров потомков при хроническом, радиационном воздействии. В этом случае задача усложняется, так как некоторые потомки могут облучаться внутриутробно и постнатально. В зависимости от возраста родителей на время облучения потомки могут быть одновременно отнесены и к первому, и ко второму поколениям.

Одним из критериев качества регистров потомков облученного населения может быть показатель вторичного соотношения полов, определяемого на момент рождения. Являясь стабильным и предельно простым в определении, данный показатель в то же время может служить надёжным индикатором полноты и качества регистра.

Шалагинов Сергей Александрович

Уральский научно-практический центр радиационной медицины; Челябинский государственный университет
Адрес для переписки: 454076, Россия, г. Челябинск, ул. Воровского, д. 68-А; E-mail: shalaginov@urcrfm.ru

Предполагается, что изменение вторичного (на момент рождения) соотношения полов у потомков облучённых лиц может определяться прекоцептивным облучением. При облучении матери следует ожидать уменьшения рождения мальчиков, при облучении отца – уменьшения рождения девочек. Изменение половой пропорции новорожденных может быть связано со сниженной жизнеспособностью эмбрионов и плодов мужского пола, их повышенной радиочувствительностью (по сравнению с эмбрионами и плодами женского пола) к самым разнообразным генетическим изменениям, а также влияниям внешних средовых воздействий, включая внутриутробное облучение [2–5]. D.W. Cox провел обзор литературы и сообщил, что из 12 исследований, касающихся потомства облученных отцов, в 10 соотношение полов было выше, чем в контроле. Из 10 исследований, описывающих потомство облученных матерей, в 9 соотношение полов было понижено [4].

Широкую известность получила гипотеза [2, 4], согласно которой распределение летальных мутаций, сцепленных с полом, среди потомков облучённых лиц будет различным в зависимости от того, был облучен отец или мать. Согласно данной гипотезе, при облучении отцов следует ожидать сдвига соотношения полов в сторону относительного увеличения мальчиков, так как индуцированные радиацией летальные мутации в X-хромосоме отцов будут передаваться только дочерям. При облучении только матерей будет наблюдаться уменьшение рождения мальчиков, т.к. возникшие X-сцепленные летальные мутации чаще будут проявляться у них, нежели у потомков женского пола. Если облучались оба родителя и если эффекты родительского облучения однонаправлены, пусть и не равны, следует ожидать уменьшения частоты рождения мальчиков, но не столь выраженного, как при облучении только матерей.

Вторичное соотношение полов, измеряемое как простая пропорция родившихся мальчиков к родившимся девочкам, у населения различных стран является достаточно стабильной характеристикой, изменяясь в интервале от 1,04 до 1,10. Более выраженные колебания данного показателя возникают сравнительно редко, и, как правило, их связывают с масштабным изменением численности и состава родительских популяций, реже – с неблагоприятными экологическими воздействиями [2, 6, 7].

Вопрос влияния ионизирующего излучения на соотношение полов обсуждается в литературе в течение длительного времени и не нашёл однозначного решения [2–5, 8–13]. Открытым остаётся вопрос о том, каким образом и в какой степени показатель соотношения полов связан с генетическими причинами и можно ли его использовать в качестве индикатора радиационно-индуцированных генетических повреждений. Недостаточно изучено соотношение полов у антенатально облучённых лиц.

В ранее проведенных исследованиях по анализу вторичного соотношения полов у потомков первого поколения облучённого на реке Тече населения были зафиксированы показатели несколько ниже предела, установленного для нормальных значений по данным литературы [5, 8, 9], что могло указывать на возможность влияния облучения гонад родителей на изменение данного показателя [9]. Однако в данном исследовании не было учтено влияние антенатального облучения, а также не было критически оценено качество источников инфор-

мации для формирования регистра потомков, способных повлиять на соотношение полов.

Цель исследования – изучение показателя соотношения полов как возможного критерия для оценки полноты и качества регистра потомков облучённого населения.

Материалы и методы

К потомкам облученного на реке Тече населения отнесены лица, имеющие одного или двух родителей, которые проживали в период с 1 января 1950 г. по 31 декабря 1960 г. в прибрежных селах. В группу антенатально облучённых лиц были включены потомки членов Когорты Реки Течи, рожденные в вышеуказанный период и имеющие расчётную дозу антенатального облучения по системе TRDS-2016 [14–16]. Начиная с 1954 г., проводилось систематическое отслеживание рождения детей у облучённых на реке Тече лиц. На территории компактного проживания облучённого населения регулярно производилась выкопировка похозяйственных книг, направлялись запросы в областные отделы ЗАГСа, адресные столы и медицинские учреждения. Информацию о потомках, родившихся за пределами пунктов компактного расселения облучённых лиц, получали из документов, удостоверяющих личность, а также путем опросов как облученных родителей, так и самих потомков, а также их родственников в клинике ФГБУН «Уральский научно-практический центр радиационной медицины ФМБА России». На основе вышеуказанных источников информации был сформирован и постоянно поддерживался регистр потомков. Помимо сведений о половой принадлежности, регистр содержит информацию о дате и месте рождения, национальной принадлежности, сведения о родителях, информацию о местах проживания и дозиметрические данные. Средняя доза на гонады родителей составляла 0,154 Гр (максимальная 1,169 Гр), средняя доза внутриутробного облучения – 30,133 мГр (максимальная 1052,946 мГр) [15, 16].

Контрольная группа в настоящем исследовании представлена лицами, родившимися от необлучённых родителей, проживающих в момент рождения на «чистой» территории административных районов Челябинской области, территория которых только частично подверглась радиоактивному загрязнению в результате деятельности ПО «Маяк». Сведения по соотношению полов на этих лиц получены из ЦСУ Челябинской области.

С учётом нормального распределения численности потомков мужского и женского пола во всех сопоставляемых в ходе работы выборках, для статистической обработки использовался критерий соответствия Пирсона χ^2 [17]. Уровень статистической значимости оценивали при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Динамика и соотношение полов в отдельных группах потомков облучённого на реке Тече населения

Можно видеть (табл. 1), что в целом среди потомков облучённого на реке Тече населения соотношение полов составило 1,03, в то время как в контроле 1,05, $p > 0,05$. В группах с одним облучённым родителем (мать или отец) и в группе с двумя облучёнными родителями соотношение полов находилось в интервале от 1,01 в группе с облучённым отцом до 1,07 в группе с облучённой матерью, не обна-

Соотношение полов среди потомков облученного населения с двумя или одним облучённым родителем

Таблица 1

[Table 1

Sex ratio among the offspring whose either one or both parents were exposed]

Группа потомков [Group of offspring]	Число потомков [Amount of offspring]	Число потомков мужского пола [Amount of male offspring]	Число потомков женского пола [Amount of female offspring]	Соотношение полов [Sex ratio]
Облучались оба родителя [Both parents were exposed]	16 575	8373	8202	1,02
Облучался только отец [Only father was exposed]	3595	1804	1791	1,01
Облучалась только мать [Only mother was exposed]	5760	2974	2786	1,07
Всего потомков облучённых [Total amount of offspring]	25 930	13 151	12 779	1,03
Контроль [Control group]	120 843	61 872	58 971	1,05

руживая достоверных различий. Полученные данные, таким образом, не соответствуют гипотезе [2, 4], согласно которой при облучении матерей соотношение полов должно смещаться в сторону относительного уменьшения мальчиков, а при облучении отца – в сторону уменьшения девочек.

Из рисунка можно видеть, что динамика соотношения полов среди потомков облучённого населения и в контроле имеет сходные черты. Периоды увеличения и уменьшения показателя в одной группе, в основном, соответствуют периодам увеличения и уменьшения в другой.

Наличие сходной динамики изменения соотношения полов указывает на единство происхождения, генетическое родство и социально-экономическое сходство двух изучаемых выборок. Однако по мере перехода к потом-

кам, родившимся в отдалённых от 1950–1954 гг. периодах, различия между основной и контрольной группами становятся более выраженными, что, по нашему мнению, не связано с влиянием радиационного фактора. Родители потомков 1950–1954 годов рождения имели максимальную мощность дозы на гонады, которая в последующие годы неуклонно снижалась. В период с 1950 по 1954 г. сформировано более 90% накопленной гонадной дозы. В этой же группе потомков зафиксированы наибольшие дозы внутриутробного облучения, в десятки раз превышающие дозы для лиц, рожденных в 1955–1960 гг., а родившиеся после 1960 г. внутриутробно практически не облучались. Исходя из вышесказанного, наибольшего снижения соотношения полов по сравнению с контролем, предположительно обусловленного радиационным фактором, следовало ожидать в группе лиц, родившихся в период с 1950 по 1954 г., с последующим повышением среди лиц, родившихся в 1955–1960 гг. и после 1960 г. В реальности (см. рис.) мы наблюдаем иную тенденцию: за весь период с 1950 по 1960 г. соотношение полов практически не меняется, снижение доли родившихся мальчиков отмечается только в период после 1969 г., что противоречит предположению о влиянии радиационного фактора на соотношение полов у потомков облучённого на реке Тече населения.

Как следует из таблицы 2, в группах потомков облучённого населения, не подвергшихся внутриутробному

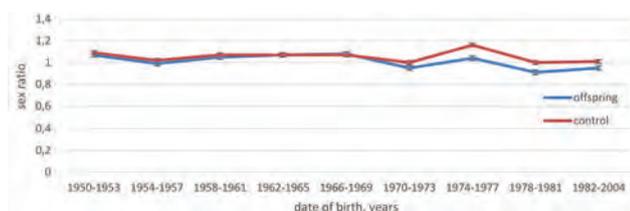


Рис. Повозрастная динамика вторичного соотношения полов среди потомков первого поколения населения, облучившегося на реке Тече, и в контроле

[Fig. Age-specific dynamics of secondary sex ratio among the first-generation offspring of the exposed Techa River population and in the control group]

Соотношение полов в группах потомков первого поколения с учётом антенатального облучения

Таблица 2

[Table 2

Sex ratio in the groups of the first generation offspring with due account of prenatal exposure]

Группы потомков [Groups of offspring]	Число мальчиков [Boys]	Число девочек [Girls]	Соотношение полов [Sex ratio]
Антенатально облучённые потомки [Prenatally exposed offspring]	5860	5714	1,03
Потомки без антенатального облучения [Offspring without prenatal exposure]	7291	7065	1,03
Всего потомков [Total amount of offspring]	13 151	12 779	1,03

радиационному воздействию, так же, как и среди антенатально облучённых потомков, зафиксированы идентичные показатели соотношения полов – 1,03. Согласно представленным данным, антенатальное облучение не внесло какого-либо вклада в изменение соотношения полов.

Ожидаемым эффектом антенатального радиационного воздействия является более высокая внутриутробная гибель представителей мужского пола, однако, как можно видеть из таблицы 3, зависимости соотношения полов от дозы не наблюдается – по мере увеличения дозы антенатального облучения мы не видим последовательного увеличения рождения потомков женского пола. Значение соотношения полов в дозовых группах 1,0–9,9 мГр, 50 мГр и более составляет 1,00 и 1,02, что несколько ниже считающегося нормальным диапазона значений (1,04–1,10). Однако следует учитывать небольшие размеры дозовых групп.

Из таблицы 4 можно видеть, что в группе потомков, родившихся в 1950–1969 гг., соотношение полов составило 1,05, а в идентичной по периоду рождения контрольной группе – 1,06 ($p > 0,05$). Для лиц 1970 года рождения и моложе соотношение полов среди потомков облучённых

составило 0,97, в то время как в контроле 1,04 ($p < 0,025$).

Как следует из таблицы 5, среди потомков, рожденных в 1950–1969 гг., в группе с облучённой матерью имеется тенденция к увеличению девочек по сравнению с группами с облучённым отцом и обоими облучёнными родителями ($p > 0,05$). В группе потомков, родившихся в период с 1970 г. и позже, отмечена аналогичная, но менее выраженная тенденция.

Оценка основных причин изменения соотношения полов у потомков облучённого на реке Тече населения не связанных с влиянием облучения

Отсутствие доказательств влияния радиационного фактора на изменение соотношения полов у потомков облучённого на реке Тече населения может определяться не только и не столько действием радиации, сколько методологическими причинами. Регистр потомков первого поколения облучённого на реке Тече населения, по-видимому, не является полным. Причиной неполноты регистра может быть неконтролируемая миграция облучённого населения (в особенности лиц трудоспособного, репродуктивно активного возраста), усилившаяся среди жителей реки Течи в 1960–1970-е гг. [8,

Таблица 3
Распределение соотношения полов среди антенатально облучённых лиц в зависимости от дозы на эмбрион и плод

[Table 3]

Distribution of the sex ratio among prenatally exposed persons depending on the dose to embryo and fetus

Дозовые группы, мГр [Dose groups, mGy]	Число мальчиков [Boys]	Число девочек [Girls]	Соотношение полов [Sex ratio]
Менее 1,0 [< 1.0]	1747	1656	1,05
1–9,9 [1.0-9.9]	2422	2423	1,00
10,0–49,9 [10.0-49.9]	835	795	1,05
50 и более [≥50]	856	840	1,02
Всего [Total]	5860	5714	1,03

Таблица 4
Соотношение полов у потомков облучённого на реке Тече населения, родившихся в периоды 1950–1969 гг., а также 1970 г. и позже

[Table 4]

Sex ratio of the exposed Techa River population offspring born in 1950-1969, and in 1970 and later

Возрастные группы потомков [Age groups of offspring]	Основные [Main group]			Контроль [Control group]		
	Число мужчин [Men]	Число женщин [Women]	Соотношение полов [Sex ratio]	Число мужчин [Men]	Число женщин [Women]	Соотношение полов [Sex ratio]
1950–1969	10 153	9688	1,05	27 686	26 028	1,06
1970 и моложе [1970 and younger]	2998	3091	0,97*	34 186	32 943	1,04

* $p < 0,025$ при сравнении с соответствующим по возрасту контролем.
[* $p < 0.025$ when compared to the control group corresponding in age].

Соотношение полов для родившихся в период с 1950 по 1969 г. и в период 1970 г. и позже в зависимости от факта облучения одного из родителей

Таблица 5

[Table 5]

Sex ratio of those born in 1950–1969 and in 1970 and later depending on the exposure of the parents

Группы потомков облучённых [Groups of the exposed persons offspring]	Родившиеся в 1950–1969 гг. [1950-1969]			Родившиеся в 1970 г. и позже [1970 and later]		
	Число мужчин [Men]	Число женщин [Women]	Соотношение полов [Sex ratio]	Число мужчин [Men]	Число женщин [Women]	Соотношение полов [Sex ratio]
Облучились оба родителя [Both parents were exposed]	7214	6979	1,03	1159	1223	0,95
Облучился только отец [Only father was exposed]	889	844	1,05	915	947	0,97
Облучилась только мать [Only mother was exposed]	2050	1865	1,10	924	921	1,00
Контроль [Control group]	27 686	26 028	1,06	34 186	32 943	1,04

18]. Как видно из таблицы 6, регистр потомков облучённого на реке Тече населения формировался из разных источников. Основными источниками являлись акты и свидетельства о рождении. В ряде случаев источником информации служили лично предъявленные потомками

и их родителями в различные периоды жизни потомков документы, удостоверяющие личность. Реже внесение в регистр потомков осуществлялось только на основе свидетельских показаний потомков облучённых лиц и их родственников.

Распределения соотношения полов в группах потомков облучённого населения в зависимости от источника получения информации

Таблица 6

[Table 6]

Distribution of the sex ratio in the groups of the exposed population offspring depending on the source of information

Источник получения информации [Source of information]	Число мальчиков [Boys]	Число девочек [Girls]	Соотношение полов [Sex ratio]
Акт о рождении (ЗАГС) [Entry of birth (ZAGS)]	5508	5294	1,04*
Свидетельство о рождении [Birth certificate]	2885	2950	0,98
Паспорт [Passport]	777	881	0,88
Документ, кроме паспорта и свидетельства о рождении [Other document of identification]	1894	1558	1,22**
Похозяйственная книга [Household register]	410	359	1,14
Свидетельские показания без документов [Statements of evidence without documents that prove birth of a person]	1508	1515	0,99
Личное свидетельство без документов [Appearance in person without documents of identification]	169	222	0,76
Всего [Total]	13 151	12 779	1,03

* p<0,05 при сравнении с группой, установленной по паспорту;
**p<0,001 при сравнении с группой, установленной по паспорту.
[* p<0.05 when compared to the group, identified by passport;
**p<0.001 when compared to the group, identified by passport].

Данные, представленные в таблице 6, свидетельствуют в пользу того, что соотношение полов у потомков первого поколения облучённого на реке Тече населения зависит от источников информации для формирования регистра. Так, например, соотношение полов, рассчитанное на основе актов о рождении, достоверно смещено в сторону относительного увеличения девочек при сравнении с соотношением полов для группы детей, сведения для которой получены из удостоверений личности (кроме паспорта и свидетельства о рождении), – 1,04 и 1,22 соответственно, $p < 0,05$. Документы, удостоверяющие личность (кроме паспорта и свидетельства о рождении, это военные билеты, служебные удостоверения, пропуска, водительские удостоверения), заведомо чаще имеют и предъявляют мужчины, нежели женщины.

Необходимо отметить, что когорта потомков первого поколения является усечённой, привязанной, с одной стороны, к периоду радиационного воздействия (1950–1960-е гг.), с другой стороны – к периоду окончания репродукции женщин (для большинства женщин это возраст, близкий к 40 годам). Таким образом, в когорте потомков убыль числа родившихся после 1969 г. будет обусловлена исчерпанием репродуктивного потенциала стареющей и не восполняющейся молодыми родителями из КРТ. Исползованная в настоящем исследовании контрольная группа не является усечённой во времени, и в ней не происходит постарение родителей, так как на место выбывших по возрасту лиц в репродукцию вступают новые молодые родители.

В таблице 7 используется показатель возраста вступления женщин в процесс воспроизводства, равный 22 годам [8]. В основной группе лица, достигшие возраста 22 лет в 1972 г. и далее, – это матери 1950 года рождения

и младше, являющиеся сами потомками первого поколения. В возрастной группе потомков, родившихся в 1972 г. и позднее, в отличие от контрольной группы, закономерно увеличивается средний возраст родителей на момент зачатия и рождения ребёнка, который является фактором, уменьшающим вероятность рождения мальчиков [19, 20]. Таким образом, наиболее адекватную оценку влияния ионизирующего излучения на изменение соотношения полов в группе потомков первого поколения при сравнении с популяционным контролем можно получить для лиц 1950–1969 годов рождения, родившихся от облучённых родителей 1949 года рождения и старше.

Из таблицы 8 можно видеть, что для лиц 1950–1969 годов рождения доля сертификатов и свидетельств о рождении составляет 74,7%, в то время как для лиц 1970 года и младше – только 64,2%. В то же время доля потомков, включённых в регистр на основе свидетельских показаний, увеличивается с 6,6% до 13,1%.

Очевидно, что максимально надёжными, дающими объективное представление о вторичном соотношении полов являются данные, зафиксированные в документах непосредственно на момент рождения (акты о рождении). Все прочие сведения могли быть получены для потомков по достижении ими различного возраста. Например, после 16 лет в случае предъявления паспорта и в любом возрасте – свидетельства о рождении. В этих случаях из анализа исключаются лица, умершие на ранних этапах, среди которых преобладают мальчики и молодые мужчины [2]. Кроме того, в случае непосредственной явки облучённого лица в клинику ФГБУН УНПЦ РМ следует учитывать, что женщины чаще обращаются за медицинской помощью, чем мужчины. С учётом вышеперечисленных фактов, соотношение полов среди потомков облучённо-

Таблица 7

Динамика изменения репродуктивного возраста матерей у потомков 1-го поколения и в контроле

[Table 7

Dynamic pattern of reproductive age of the mothers among the 1st generation offspring and in the control group]

Основные [Main group]		Контроль [Control group]	
Год рождения потомков [Offspring birth year]	Год рождения матерей, вступающих в репродукцию (22 года) [Age at the time of the 1st labor (22 years)]	Год рождения потомков [Offspring birth year]	Год рождения матерей, вступающих в репродукцию (22 года) [Age at the time of the 1st labor (22 years)]
1950–1953	1928–1931	1950–1953	1928–1931
1954–1957	1932–1935	1954–1957	1932–1935
1958–1961	1936–1939	1958–1961	1936–1939
1962–1965	1940–1943	1962–1965	1940–1943
1966–1969	1944–1947	1966–1969	1944–1947
1970–1973	1948–1949	1970–1973	1948–1951
1974–1977	0	1974–1977	1952–1955
1978–1981	0	1978–1981	1956–1959
1982–1985	0	1982–1985	1960–1963
1986–1989	0	1986–1989	1964–1967
1990 и младше [1990 and younger]	0	1990 и младше [1990 and younger]	1968 и младше [1968 and younger]

Вклад различных источников информации о рождении потомков облучённого населения в зависимости от периода их рождения

[Table 8]

Contribution of various sources of information on the birth of the exposed population offspring depending on the period of their birth

Источник получения информации [Source of information]	Возрастные группы, год рождения [Age groups, birth year]					
	1950–1969 [1950-1969]		1970 и младше [1970 and younger]		Всего потомки [Total]	
	Число [Number]	Доля, % [Percentage, %]	Число [Number]	Доля, % [Percentage, %]	Число [Number]	Доля, % [Percentage, %]
Акты и свидетельства о рождении [Birth entries and birth certificates]	14 816	74,7	1821	30,0	16 637	64,2
Документ, удостоверяющий личность, похозяйственная книга [Personal identity document, Household register]	3713	18,7	2166	35,6	5879	22,7
Свидетельские показания, личное свидетельство [Statement of evidence, appearance in person]	1312	6,6	2102	34,5	3 414	13,1
Всего [Total]	19 841	100,0	6089	100,0	25 930	100,0

го на реке Теча населения, включённых в регистр, должно закономерно смещаться в сторону относительного увеличения женщин. Таким образом, показатель соотношения полов, рассчитанный на основе регистра, сформированного при использовании различных источников информации, не может быть корректным. Помимо этого, в подобном случае соотношение полов нельзя рассматривать как вторичное.

Заключение

В результате проведенной работы не выявлено радиационно-индуцированного изменения соотношения полов у потомков первого поколения облучённого на реке Тече населения при сравнении с популяционным контролем, составленным из населения, проживающего на сопредельных территориях. Не нашло подтверждения предположение о влиянии отцовского или материнского облучения на изменение соотношения полов и не установлен вклад внутриутробного облучения. Вместе с тем, было показано, что соотношение полов среди потомков первого поколения облучённого на реке Тече населения по сути не является вторичным соотношением полов, то есть соотношением, зафиксированным на момент рождения. Наиболее значительные отклонения от популяционного контроля выявлены для группы лиц 1969 года рождения и старше, что не соответствует предположению о влиянии гонад родителей на момент зачатия, а также предположению о влиянии внутриутробного облучения.

Получены убедительные доказательства влияния особенностей формирования регистра и методологии сбора данных о рождении на соотношение полов у потомков первого поколения, связанные с использованием различных источников информации. Таким образом, предлагаемая авторами оценка отклонения от популяционных стандартов вторичного соотношения полов может быть

рекомендована в качестве одного из критериев полноты и качества регистра потомков облучённых людей.

Литература

1. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. United Nations, New York, 2018. 194 p.
2. Фогель Ф., Мотульски А. Генетика человека: Пер. с англ. М.: Мир, 1989. Т.1, 308 с.
3. Schull W.J., Neel J.V., Hashizume A. Some further observations on the sex ratio among infants born to survivors of the atomic bombings of Hiroshima and Nagasaki // American Journal of Human Genetics. 1966. V. 18, No. 4. P. 328–338.
4. Cox D.W. An investigation of possible genetic damage in the offspring of women receiving multiple diagnostic pelvic X-rays // American Journal of Human Genetics. 1964. V. 16. P. 214–230.
5. Пастухова Е.И., Шалагинов С.А., Аклеев А.В. Вторичное соотношение полов у населения радиоактивно загрязнённых районов Челябинской области // Вопросы радиационной безопасности. 2011. № 4. С. 28–37.
6. Allan B.B., Brant R., Seidel J.E., Jarrell J.F. Declining sex ratios in Canada // Canadian Medical Association Journal. 1997. V. 156, No. 1. P. 37–41.
7. Biggar R.J., Wohlfahrt J., Westergaard T., et al. // American Journal of Epidemiology. 1999. No. 150. P. 957–962.
8. Аклеев А.В., Новосёлов В.Н., Шалагинов С.А., Буртовая Е.Ю. Под ред. А.В. Аклеева. Теча: До и после атомного проекта. Челябинск, 2015. 345 с.
9. Аклеев А.В., Аклеев А.А., Блинова Е.А., и др. Возможности адаптации к малым дозам радиации. СПб.: СпецЛит, 2019. 111 с.
10. Maconochie N., Roman E., Doyle P., et al. Sex ratio of nuclear industry employees' children // Lancet. 2001. Vol. 357. P. 1589–1591.
11. Reulen R.C., Zeegers M.P.A., Lancashire E., et al. Offspring sex ratio and gonadal irradiation in the British Childhood Cancer Survivor Study // British Journal of Cancer. 2007. Vol. 96, P. 1439–1441.

12. Dickinson H.O., Parker L., Binks K., et al. The sex ratio of children in relation to paternal preconceptional radiation dose: a study in Cumbria, northern England // *Journal Epidemiological Community Health*. 1996. Vol. 50. P. 645–652.
13. Scherb H., Voigt K. The human sex odds at birth after the atmospheric atomic bomb tests, after Chernobyl, and in the vicinity of nuclear facilities // *Environmental Science and Pollution Research International*. 2011. № 5. P. 697–707.
14. Силкин С.С., Крестинина Л.Ю., Старцев В.Н., Аклеев А.В. Уральская когорта аварийно-облучённого населения // *Медицина экстремальных ситуаций*. 2019. № 3. С. 61–70.
15. Degteva M.O., Napier B.A., Tolstykh E.I., et al. Enhancements in the Techa River Dosimetry System: TRDS-2016D code for reconstruction of deterministic estimates of dose from environmental exposures // *Health Phys*. 2019. Vol. 117, No 4. P. 378–387.
16. Krestinina L.Yu., Kharyuzov Y.E., Epifanova S.B., et al. Cancer incidence after In Utero Exposure to Ionizing Radiation in Techa River Residents // *Radiat. Res*. 2017. V. 88, No 3. P. 314–324.
17. Гланц С. Медико-биологическая статистика: Пер. с англ. М.: Практика, 1998. 459 с.
18. Шалагинов С.А., Крестинина Л.Ю., Старцев Н.В., Аклеев А.В. Особенности расселения потомков первого поколения облучённого на реке Теча населения // *Радиационная гигиена*. 2017. Т. 10, № 2. С. 6–15.
19. James W.H., Rostron J. Parental age, parity and sex ratio in births in England and Wales 1968–1977 // *Journal of Biosocial Sciences*. 1985. Vol. 17. P. 47–56.
20. Jacobsen R., Moller H., Mouritsen A. Natural variation in the human sex ratio // *Human Reproduction*. 1997. Vol. 14, No 12. P. 3120–3125.

Поступила: 25.06.2020 г.

Шалагинов Сергей Александрович – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник эпидемиологической лаборатории Уральского научно-практического центра радиационной медицины Федерального медико-биологического агентства России; доцент кафедры радиобиологии Челябинского государственного университета. **Адрес для переписки:** 454076, Россия, г. Челябинск, ул. Воровского, д. 68-А; E-mail: shalaginov@urcrm.ru

Аклеев Александр Васильевич – заслуженный деятель науки Российской Федерации, доктор медицинских наук, профессор, директор Уральского научно-практического центра радиационной медицины Федерального медико-биологического агентства России; заведующий кафедрой радиационной биологии Челябинского государственного университета, Челябинск, Россия

Для цитирования: Шалагинов С.А., Аклеев А.В. Подходы к оценке полноты и качества регистров потомков облучённого населения // *Радиационная гигиена*. 2020. Т. 13, № 4. С. 17–25. DOI: 10.21514/1998-426X-2020-13-4-17-25

Approaches to the assessment of completeness and quality of the registry of exposed population offspring

Sergey A. Shalaginov^{1,2}, Alexander V. Akleyev^{1,2}

¹Urals Research Center for Radiation Medicine, Federal Medical-Biological Agency of Russia, Chelyabinsk, Russia

²Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia

Uncertainties of radiation risk of late radiation exposure effects in humans are to a great extent determined by completeness and quality of epidemiological data. The registry of the studied cohort is of fundamental importance for the cohort studies. Particular difficulties appear in the course of development of the exposed population offspring registry as these people in contrast to their parents were not affected by radiation exposure. The formation of the cohort of the exposed population offspring has its peculiarities and requires evaluation of its completeness and quality. The objective of this research is to study the value of the sex ratio as a possible criterion to assess the completeness and quality of the registry of the Techa River Cohort offspring. The register of descendants of the irradiated population at the end of 2019 included information on 25930 persons. The formation of the register of descendants of the population irradiated on the Techa River was started in the mid-1950s. At the same time, various documents were used to confirm the fact of birth of a child in irradiated persons. In the Techa River population the proportion of offspring with exposed mother and unexposed father is 22.2%, those with exposed father and unexposed mother made up 13.9%; the proportion of in utero exposed offspring is 44.6%. In accordance to the widely accepted published data it was to be expected that the number of male 1st-generation offspring in the cohort would be lower. However, the results of the conducted research show no changes in the sex ratio among offspring relative to the population-based control. Moreover,

Sergey A. Shalaginov

Urals Research Center for Radiation Medicine; Chelyabinsk State University

Address for correspondence: Vorovsky str., 68-A, Chelyabinsk, 454076, Russia; E-mail: shalaginov@urcrm.ru

it was stated that the sex ratio in the population of the 1st-generation offspring of the exposed residents of the Techa River settlements should not be viewed as secondary. The assumption about the influence of the pre-conceptional exposure of the parents as well as that of the in utero exposure on changes in the sex ratio was not confirmed. It is shown that the decrease in the value of the sex ratio is associated with misreporting of the male 1st-generation offspring who died in childhood and at young age. The value of the sex ratio in groups formed based on the character and dose of exposure, depended mainly on the source of information used in the course of the offspring registry development.

Key words: quality and completeness of registries, assessment criteria, exposed population offspring, Techa River, sex ratio, birth certificates and birth entries.

References

1. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. United Nations, New York; 2018: 194 p.
2. Vogel F, Motulsky AG. Human genetics. Translated from English. Moscow: Mir; 1989. No. 1. 308 p. (In Russian)
3. Schull WJ, Neel JV, Hashizume A. Some further observations on the sex ratio among infants born to survivors of the atomic bombings of Hiroshima and Nagasaki. *American Journal of Human Genetics*. 1966;18(4): 328–338.
4. Cox DW. An investigation of possible genetic damage in the offspring of women receiving multiple diagnostic pelvic X-rays. *American Journal of Human Genetics*. 1964;16: 214–230.
5. Pastukhova EI, Shalaginov SA, Akleyev AV. Secondary sex ratio in population of radioactively contaminated raions of the Chelyabinsk Oblast. *Voprosy radiatsionnoy bezopasnosti = Issues of Radiation Safety*. 2011;4: 28-37 (In Russian)
6. Allan BB, Brant R, Seidel JE, Jarrell JF. Declining sex ratios in Canada. *Canadian Medical Association Journal*. 1997;156(1): 37–41.
7. Biggar RJ, Wohlfahrt J, Westergaard T, Melbye M. Sex Ratios, Family Size, and Birth Order. *American Journal of Epidemiology*. 1999;150: 957–962.
8. Akeyev AV, Novosyolov VN, Shalaginov SA, Burtovaya EYu. Ed. by AV Akleyev. Techa: prior to and after the atomic project. Chelyabinsk; 2015. 345 p. (In Russian)
9. Akeyev AV, Akeyev AA, Blinova EA, Kotikova AI, Tryapitsyna GA, Pryakhin EA, et al. The potential of adaptation to low doses of radiation. Saint-Petersburg: Spetslit; 2019. 111 p. (In Russian)
10. Maconochie N, Roman E, Doyle P, Davies G, Beral V. Sex ratio of nuclear industry employees' children. *Lancet*. 2001;357: 1589–1591.
11. Reulen RC, Zeegers MPA, Lancashire E, Winter DL, Hawkins MM. Offspring sex ratio and gonadal irradiation in the British Childhood Cancer Survivor Study. *British Journal of Cancer*. 2007;96: 1439–1441.
12. Dickinson HO, Parker L, Binks K, Wakeford R, Smith J. The sex ratio of children in relation to paternal preconceptional radiation dose: a study in Cumbria, northern England. *Journal Epidemiological Community Health*. 1996;50: 645–652.
13. Scherb H, Voigt K. The human sex odds at birth after the atmospheric atomic bomb tests, after Chernobyl, and in the vicinity of nuclear facilities. *Environmental Science and Pollution Research International*. 2011;5: 697-707.
14. Silkin SS, Krestinina LYu, Startsev NV, Akleyev AV. South Urals Population Exposed to Radiation cohort. *Meditsina ekstremal'nykh situatsiy = Medicine of Extreme Situations*. 2019;3: 61-70 (In Russian)
15. Degteva MO, Napier BA, Tolstykh EI, Shishkina EA, Shagina NB, Volchkova AYU, et al. Enhancements in the Techa River Dosimetry System: TRDS-2016D code for reconstruction of deterministic estimates of dose from environmental exposures. *Health Physics*. 2019;117(4): 378-387.
16. Krestinina LYu, Kharyuzov YE, Epiphanova SB, Tolstykh EI, Deltour I, Sch z J, et al. Cancer Incidence after In Utero Exposure to Ionizing Radiation in Techa River Residents. *Radiation Research*. 2017;88(3): 314-324.
17. Glantz S. Primer of biostatistics: Translated from English. Moscow: Praktika; 1998. 459 p.
18. Shalaginov SA, Krestinina LYu, Startsev NV, Akleyev AV. Peculiarities of the resettlement of the first generation offspring of the exposed Techa River population. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2017;10(2): 6-15 (In Russian)
19. James WH, Rostron J. Parental age, parity and sex ratio in births in England and Wales 1968–1977. *Journal of Biosocial Sciences*. 1985;17: 47–56.
20. Jacobsen R, Moller H, Mouritsen A. Natural variation in the human sex ratio. *Human Reproduction*. 1997;14(12): 3120–3125.

Received: June 25, 2020

For correspondence: Sergey A. Shalaginov – Candidate of Medical Science, Senior Researcher, Epidemiological Laboratory, Urals Research Center for Radiation Medicine, Federal Medical-Biological Agency; Assistant Professor of Radiobiology Department, Chelyabinsk State University (Vorovsky str., 68-A, Chelyabinsk, 454076, Russia; E-mail: shalaginov@urcrm.ru)

Alexander V. Akleyev – Honored Science Worker of the Russian Federation, Dr. habil. med., Professor, Director of the Urals Research Center for Radiation Medicine, Federal Medical-Biological Agency; Head of the Radiobiology Department, Chelyabinsk State University

For citation: Shalaginov S.A., Akleyev A.V. Approaches to the assessment of completeness and quality of the registry of exposed population offspring. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2020. Vol. 13, No. 4. P. 17-25. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2020-13-4-17-25