

## **ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ РАДИОНУКЛИДАМИ ЙОДА ВНУТРИУТРОБНО И В ВОЗРАСТЕ ОТ 0 ДО 1,5 ЛЕТ НА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ДЕТЕЙ, ПОСТРАДАВШИХ ОТ АВАРИИ НА ЧАЭС**

**С. В. Базыльчик<sup>1</sup>, В. М. Дрозд<sup>1</sup>, Х. Райнерс<sup>2</sup>, Ю. И. Гаврилин<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup>Научно-исследовательский клинический институт радиационной  
медицины и эндокринологии, Минск, Беларусь;*

*<sup>2</sup>Клиника и поликлиника радиационной медицины университета  
г. Вюртсбурга, Германия;*

*<sup>3</sup>Институт биофизики РАН, Москва, Россия*

Интерес к изучению влияния радиоактивного облучения на развивающийся головной мозг был индуцирован, в первую очередь, работами американских и японских ученых. Согласно их исследованиям, после атомных бомбардировок в Хиросиме и Нагасаки регистрировались существенные отклонения в интеллектуальном развитии детей, облученных внутриутробно. Было установлено, что в период 8–15 недель внутриутробного развития пороговая доза облучения для умственной отсталости составляет 0,06–0,31 гр (7). Облучение в этот период дозой 1 гр, по данным авторов, приводит к умственной отсталости в 45% случаев (8). По данным М. Otake и соавт. (6), 1 гр облучения на 8–15 неделе беременности приводит к уменьшению IQ на 21,2 единицы.

По мнению W.J.Schull и соавт. (8), периодом максимальной чувствительности к радиации, вероятно, является время приблизительно от начала 8-й до 15-й недели после оплодотворения, то есть тот период, когда происходит наибольшая пролиферация нейронов и их миграция в кору головного мозга. Период меньшей чувствительности приходится на следующую стадию развития, начиная с 16-й по 25-ю неделю после оплодотворения.

Сложность оценки постчернобыльских последствий обусловлена, с одной стороны, низким диапазоном доз облучения, с другой стороны, значительными трудностями в подборе адекватной группы сравнения. В группе сравнения, как правило, сложно исключить факторы, сопоставимые по степени поражающего воздействия с малыми дозами радиации (социально-экономические и экологические факторы, состояние здоровья и степень алкоголизации населения и т.п.). Наиболее адекватным методологическим подходом, в данном случае, бу-

дет проведение популяционных исследований с дозиметрической поддержкой, однако число таких исследований минимально, так как многие пострадавшие в результате Чернобыльской катастрофы не проходили дозиметрический контроль.

Нам известны лишь единичные работы, в которых анализируется зависимость интеллектуального развития от индивидуальных доз облучения у пострадавших от Чернобыльской катастрофы. В работе Я.И. Коломинского с соавт. (4) доза облучения щитовидной железы (ЩЖ) была установлена у 138 детей и составляла в среднем  $0,4 \pm 0,5$  гр. Исследование интеллекта проводилось с использованием теста Векслера. Авторами не выявлено достоверного увеличения частоты детей с умственной отсталостью ( $IQ < 70$ ) в группе облученных внутриутробно, а также не установлено зависимости уровня интеллекта от дозы облучения ЩЖ.

В работе А.И. Нягу с соавт. (5) проведен анализ зависимости интеллекта от дозы облучения у 50 детей, облученных внутриутробно. Средняя доза общего облучения составила  $7 \pm 2$  мЗв (почти в 10 раз ниже пороговой дозы для нарушения интеллекта, установленной после атомных бомбардировок в Хиросиме и Нагасаки), индивидуальные дозы облучения ЩЖ составляли 100–1200 мЗв. Невербальный интеллект, оцениваемый с помощью теста «Drow-a-man» был достоверно ниже у детей с дозой облучения ЩЖ выше 0,3 Зв, по сравнению с детьми, у которых доза облучения была меньше указанного уровня ( $p < 0,05$ ).

По данным А.М. Лягинской с соавт. (1), у детей 1986–1987 года рождения, получивших в связи с Чернобыльской катастрофой дозу облучения ЩЖ свыше 1 гр, отставание в физическом и психическом развитии, а также запаздывание созревания

ЦНС регистрировались чаще, чем в необлученной контрольной группе.

Таким образом, в литературе, посвященной последствиям Чернобыльской аварии, есть указания как на зависимость интеллекта от радиации, так и на отсутствие связи между ними.

Основными задачами настоящего исследования были:

1) Оценка невербального интеллекта детей, подвергшихся воздействию радиоизотопов йода внутриутробно и в младенческом возрасте в связи с аварией на ЧАЭС.

2) Оценка влияния дозы облучения ЩЖ на интеллектуальное развитие.

### Объект и методы исследований

В 1998–2000 гг. нами проведено исследование интеллектуального развития 356 детей из г. Хойники, Гомельская область. Были обследованы практически все дети, проживающие в данном населенном пункте, родившиеся в период с 1.01.1985 по 28.02.1986 год и посещающие школьные учреждения. Распределение обследованных детей было следующим: 135 детей, облученных внутриутробно (I гр.) и 221 ребенок, облученный в возрасте от 0 до 1,5 лет (II гр.). На момент обследования возраст детей в I и во II группе составлял 12–14 лет.

Исследование интеллекта проводилось с помощью теста Wechsler Intelligence Scale for Children – WISC-III UK (9). Использовалась невербальная шкала данной методики. Выбор невербальной шкалы был обусловлен тем, что функции интеллекта, определяемые с ее помощью, менее подвержены влиянию социально-экономических факторов и менее зависимы от уровня обучения в школе, по сравнению с показателями вербального интеллекта.

С целью статистического анализа и упрощения изложения данных, полученных в ходе исследования, были выделены следующие диапазоны невербального интеллекта (уровня IQ): высокий уровень ( $IQ \geq 110$ ), средний ( $90 < IQ < 110$ ) и низкий ( $IQ < 90$ ).

Для уточнения анамнестических данных проводилось анкетирование родителей. В анкету были включены вопросы, отражающие сведения о семье, особенностях воспитания и развития ребенка, патологии беременности и родов, а также о перенесенных заболеваниях и травмах.

Оценка тиреоидной функции проводилась на основе определения уровня тиреотропного гормона (ТТГ), свободного трийодтиронина (свТ3), свободного тироксина (свТ4) и тиреоглобулина (ТГ) в сыворотке крови. Использовались наборы «RIA-kits by BRAHMS, DEMEDITEC and MEDIPAN DIAGNOSTICA» (Германия). Оценка содержания антител (АТ) проводилась наборами «RIA-kits for Ab-TPO and Ab-Tg» (MEDIPAN DIAGNOSTICA).

Оценка дозы облучения ЩЖ проводилась на основании эпидемиологического исследования и интервью родителей обследованных детей. Опросник содержал информацию о миграции семьи, особен-

ностях питания, употребления молока и йодной профилактике. Для детей, облученных внутриутробно, доза облучения реконструировалась на основе дозы облучения ЩЖ матери ребенка. Соответственно, доза облучения ЩЖ матери оценивалась с учетом результатов дозиметрии, проводившейся в мае-июне 1986 года. В случае отсутствия данных измерений, доза оценивалась как средняя для взрослых, проживающих на момент аварии в той же местности, что и мать ребенка. В случае отсутствия такой «паспортной дозы» для матери, использовалась полуструктурированная модель оценки дозы внутриутробного облучения (3). Полученные в ходе исследования данные были подвергнуты статистическому анализу. Уровень значимости определялся с использованием t-критерия и  $\chi^2$ . Статистические данные представлены в виде:  $M \pm \sigma$ .

### Результаты исследования

Распределение детей с высоким ( $IQ \geq 110$ ), средним ( $90 < IQ < 110$ ) и низким ( $IQ < 90$ ) невербальным интеллектом в I и во II группах было практически одинаковым, и каких-либо значимых различий между группами не установлено (табл. 1). В то же время распределение детей по указанным уровням интеллекта в обеих группах существенно отличалось от нормального распределения, приведенного в руководстве WISC-III UK для европейской популяции. Так, согласно руководству WISC-III, число детей с IQ выше 110 и ниже 90 баллов должно быть одинаковым и составлять 25% (9).

Итоговые оценки по отдельным субтестам, а также итоговый невербальный коэффициент интеллектуальности не имели каких-либо различий у детей, облученных внутриутробно и на первом году жизни (табл. 2). Однако итоговые оценки по субтестам в обеих группах в среднем были на 0,9 балла ниже, чем нормативные значения, приведенные в руководстве WISC-III UK (9). Снижение же итогового невербального коэффициента интеллектуальности составило около 6 баллов, что является довольно высоким отклонением (согласно руководству WISC-III UK средняя оценка невербального IQ составляет  $100 \pm 15,0$  балла).

Достоверных корреляционных зависимостей между показателями невербального интеллекта и данными гормонального исследования функции

Таблица 1

**Распределение детей относительно возраста на момент аварии на ЧАЭС и уровня интеллектуального развития**

Уровень невербального IQ (в баллах)	Дети, облученные внутриутробно (n=135)		Дети, облученные в возрасте 0–1,5 лет (n=221)		$\chi^2$ -анализ
	Абс.	%	Абс.	%	
$\geq 110$	21	15,56	28	12,67	$\chi^2=0,634$
$90 < IQ < 110$	67	49,63	111	50,23	df=2
$< 90$	47	34,81	82	37,1	p>0,05

Результаты теста Векслера у детей г. Хойники в зависимости от сроков облучения (в баллах)

Субтест/шкала теста Векслера	Дети, облученные внутриутробно (n=135)		Дети, облученные в возрасте 0–1,5 лет (n=221)	
	М	σ	М	σ
Завершение картинок	8,39	2,54	8,25	2,49
Кодирование	9,4	3,03	9,57	3,10
Установление последовательности картинок	9,56	3,7	9,86	3,83
Составление орнаментов из кубиков	9,36	2,8	9,14	2,82
Составление фигур из разрозненных деталей	9,3	3,11	8,97	2,66
Невербальный коэффициент интеллектуальности	94,23	14,84	93,86	14,39

ЩЖ не установлено (табл. 3). Уровень гормонов ЩЖ в целом, не зависел от уровня невербального интеллекта. Небольшие колебания уровня ТТГ не имели какой-либо однонаправленной закономерности. У детей с высоким IQ уровень ТТГ был несколько ниже, по сравнению с детьми со средним IQ:  $2,09 \pm 0,79$  ммоль/л и  $2,61 \pm 1,16$  ммоль/л, соответственно ( $p < 0,01$ ), и не отличался от такового у детей с низким IQ ( $2,36 \pm 1,2$  ммоль/л,  $p > 0,05$ ). Уровень ТТГ в группах детей с дозой до 50 сГр и свыше 50 сГр был практически одинаковым:  $2,37 \pm 1,08$  ммоль/л и  $2,48 \pm 1,16$  ммоль/л, соответственно ( $p > 0,05$ ).

Доза облучения ЩЖ в группе детей, облученных внутриутробно, составила  $36,04 \pm 95,98$  сГр и была значительно ниже, чем у детей, облученных на первом году жизни:  $102,97 \pm 97,73$  сГр,  $p < 0,001$ .

Невербальный IQ был достоверно выше у детей, получивших дозу облучения ЩЖ менее 50 сГр ( $n=88$ ) по сравнению с детьми, у которых доза облучения ЩЖ была выше 50 сГр ( $n=123$ ):  $98,16 \pm 16,27$  и  $93,34 \pm 13,58$  баллов, соответственно ( $p < 0,05$ ).

При дозе облучения ЩЖ до 50 сГр уровень невербального IQ ( $98,16 \pm 16,27$  баллов) в наибольшей степени приближался к его нормативному среднему значению (согласно руководству WISC-III UK оно составляет  $100 \pm 15$  баллов). При дальнейшем увеличении дозы облучения ЩЖ IQ начинал снижаться. Так, при дозе от 50 до 100 сГр уровень невербального IQ составил  $94,61 \pm 13,64$  балла ( $n=71$ ), при дозе 100–150 сГр –  $92,28 \pm 12,77$  баллов ( $n=25$ ), а при дозе свыше 150 сГр –  $91,0 \pm 13,74$  балла ( $n=27$ ). На основании этого нами был сделан вывод, что пороговой дозой облучения щитовидной железы для нарушения невербального IQ являлась доза в 50 сГр.

Доза облучения ЩЖ у детей с высоким уровнем IQ была достоверно меньше, чем у детей со средним IQ:  $43,21 \pm 39,74$  сГр против  $89,44 \pm 116,32$  сГр ( $p < 0,001$ ), а также меньше, чем у детей с низким уровнем IQ:  $88,54 \pm 93,1$  сГр ( $p < 0,001$ ).

Анализ зависимости дозы облучения от уровня невербального интеллекта с учетом сроков облучения показал, что в I группе доза облучения ЩЖ у детей с высоким уровнем IQ не отличалась от таковой у детей со средним и низким уровнем IQ (табл. 4). Статистически значимой корреляционной зависимости между дозой облучения и невербальным интеллектом в этой группе также не выявлено ( $n=67$ ,  $r=-0,07$ ,  $p > 0,05$ ). В то же время во II группе доза облучения ЩЖ у детей с высоким уровнем IQ была достоверно ниже, чем у детей со средним ( $p < 0,01$ ) и низким уровнем IQ ( $p < 0,01$ ) (табл. 4). Определялась достоверная отрицательная корреляционная зависимость между дозой облучения ЩЖ и невербальным интеллектом ( $n=144$ ,  $r=-0,19$ ,  $p < 0,02$ ). Таким образом, в нашем исследовании только у детей, облученных в возрасте от 0 до 1,5 лет, отмечалась зависимость невербального интеллекта от дозы облучения ЩЖ. У детей, облученных *in utero*, такой зависимости не выявлено.

Нами была предпринята попытка оценить влияние некоторых социально-экономических факторов на интеллектуальное развитие детей, проживающих в г. Хойники (табл. 5). Для этого проводилось добровольное анкетирование родителей. Процент родителей, добровольно заполнивших и вернувших анкету, составил 44%. Естественно, что родители из социально неблагополучных семей и с низким уровнем образования заполняли анкеты в еще меньшем проценте случаев, что также ограничивало информативность полученных данных. Проведен-

Корреляция между показателями теста Векслера и тиреоидными гормонами у детей, проживающих в г. Хойники, n=222

Субтест/шкала теста Векслера	Св.Т3	Св. Т4	ТТГ	ТГ	АТ-ТГ
Завершение картинок	-0,08	0,106	-0,112	0,053	-0,056
Кодирование	-0,14	-0,084	-0,15	-0,027	0,036
Установление последовательности картинок	0,03	-0,075	-0,073	-0,039	-0,015
Составление орнаментов из кубиков	-0,04	0,01	-0,065	-0,042	-0,01
Составление фигур из разрозненных деталей	-0,04	-0,059	-0,085	0,071	0,071
Невербальный коэффициент интеллектуальности	0,07	-0,1	-0,04	-0,01	-0,04

**Доза облучения ЩЖ (в сГр) в зависимости от уровня интеллектуального развития и возраста на момент аварии на ЧАЭС**

Невербальный IQ (в баллах)	Дети, облученные внутриутробно (n=67)			Дети, облученные в возрасте 0–,5 лет(n=144)		
	n	M	σ	n	M	σ
≥110	14	20,65	20,5	20	59	42,25
≥90<110	34	49,3	130,99	79	106,72	104,77
<90	19	23,66	28,75	45	115,93	97,22

Таблица 5

**Корреляция между социально-экономическими параметрами, анамнестическими данными и уровнем невербального IQ у детей, проживающих в г. Хойники**

Социально-экономические параметры и анамнестические данные	Невербальный коэффициент интеллектуальности		
	n	r	p
Неполная семья	157	0,06	>0,05
Возраст матери	156	-0,04	>0,05
Возраст отца	142	0,02	>0,05
Образование матери	158	0,14	>0,05
Высшее образование матери	158	0,08	>0,05
Образование отца	140	0,167	<0,05
Высшее образование отца	140	0,17	<0,05
Доход семьи	132	0,128	>0,05
Степень семейного благополучия	142	0,03	>0,05
Беременность без осложнений	128	-0,05	>0,05
Период рождения без осложнений	132	0,036	>0,05
Период новорожденности без осложнений	111	-0,02	>0,05

ный корреляционный анализ показал лишь слабую корреляционную зависимость между невербальным интеллектом и уровнем образования отца. Ряд других факторов не обнаруживал достоверной связи с интеллектом (табл. 5).

### Обсуждение

В проведенном нами исследовании мы сравнили невербальное интеллектуальное развитие детей, облученных в связи с Чернобыльской катастрофой *in utero*, и детей, облученных в возрасте от 0 до 1,5 лет. Данное сопоставление в максимальной степени позволило нам исключить влияние посторонних факторов на изучаемую связь между облучением и интеллектом, так как по другим социально-экономическим и экологическим параметрам обе обследованные группы были практически идентичны. В результате проведенного исследования было выявлено, что дети, облученные *in utero*, не обнаруживали зависимости между дозой облучения ЩЖ и невербальным интеллектом. В то же время в группе детей, облученных в возрасте от 0 до 1,5 лет, связь между невербальным интеллектом и дозой облучения ЩЖ статистически достоверна.

Отсутствие связи между невербальным IQ и дозой облучения у детей I группы, возможно, объясняется тем, что у большинства из них (19,4%) доза не достигала порогового уровня облучения ЩЖ (по

нашим данным он составлял 50 сГр). В то же время во второй группе число детей с дозой свыше 50 сГр составляло 76,39%.

Наличие зависимости уровня интеллекта от дозы облучения ЩЖ, казалось, должно было бы привести к снижению уровня IQ у детей, облученных на первом году жизни, по сравнению с детьми, облученными внутриутробно, так как доза облучения ЩЖ у них была в 3 раза выше. Однако в нашем исследовании достоверных различий по уровню интеллекта между I и II группами не установлено. Отсутствие достоверных различий в интеллектуальном развитии между двумя исследованными группами, на наш взгляд, обусловлено низкой корреляционной зависимостью между дозой и IQ ( $n=211$ ,  $r=-0,15$ ,  $p<0,05$ ), а также тем, что облучение ЩЖ привело лишь к снижению числа детей с высоким уровнем IQ во II группе. Но доля детей с высоким интеллектом в обеих группах была низкая (не выше 16%). Поэтому снижение числа детей с высоким уровнем IQ на 3% во II группе, по сравнению с I, не оказало существенного влияния на показатели интеллектуального развития. Однако это снижение на 3% соответствует уменьшению числа детей с высоким уровнем IQ во II группе на 1/5, что представляется значительным.

В нашем исследовании установлена слабая отрицательная корреляционная зависимость между невербальным интеллектом и дозой облучения ЩЖ. В то же время полученные показатели невербального интеллекта значительно отличались от нормативных значений, приведенных в руководстве WISC-III UK. Следовательно, можно предположить, что на невербальный интеллект обследованных детей, наряду с радиационным воздействием, существенное влияние оказали и другие факторы (химические, социальные, экономические, демографические и т.д.). Следует также учитывать, что большинство психических нарушений, в том числе и нарушение интеллектуального развития, имеют многофакторный генез (2).

### Выводы

1) Выявлена зависимость невербального интеллекта от дозы облучения ЩЖ. Данная зависимость была обнаружена только в группе детей, облученных после рождения.

2) Дети, облученные *in utero*, не являлись самой уязвимой возрастной группой по нарушению невербального интеллекта.

3) Как у детей, облученных *in utero*, так и облученных в возрасте от 0 до 1,5 лет, отмечалось снижение показателей невербального интеллекта, по сравнению с его нормативными значениями, приведенными в руководстве WISC-III UK.

4) В настоящее время нами не выявлено достоверных корреляционных зависимостей между содержанием тироидных гормонов в сыворотке крови и показателями интеллектуального развития.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лягинская А.М., Терещенко Н.Я., Василенко И.Я. Радиобиологические аспекты поражения щитовидной железы у детей после аварии на Чернобыльской АЭС (результаты и перспективы исследования) // Сб. материалов конференции «Чернобыльская катастрофа и медико-психологическая реабилитация пострадавших». – Минск, 1992. – С. 103–105.

2. Сухотина Н.К. Нервно-психическое здоровье детей, проживающих в районах с различным уровнем антропогенного загрязнения. Автореф. дисс. ... докт. мед. наук. – М., 2002. – 37 с.

3. Gavrilin Yu.I., Khrouch V.T., Shinkarev S.M. Achievements, problems, and the ways of resolving them for internal thyroid dose reconstruction as a result of the Chernobyl accident // Proceedings of the second Hiroshima international symposium «Effects of low-level radiation for residents near Semipalatinsk nuclear test site», Hiroshima, Japan, 23–25 July, 1996 / M.Hoshi, J.Takada, R.Kim, Y.Nitta (Eds.). – Hiroshima University, 1996. – P. 85–100.

4. Kolominsky Y., Igumnov S., Drozovitch V. The psychological

development of children from Belarus exposed in the prenatal period to radiation from the Chernobyl atomic power plant // J. Child Psychiatry. – 1999. – Vol. 40, N 2. – P. 299–305.

5. Nyagu A.I., Loganovsky K.N., Loganovskaja T.K. Psychophysiological aftereffects of prenatal irradiation // J. Psychophysiology. – 1998. – Vol. 30. – P. 303–311.

6. Otake M., Schull W.J., Yoshimaru H. Brain damage among the prenatally exposed // J. Rad. Res. (Tokyo). – 1991. – Suppl. 32. – P. 249–264.

7. Otake M., Schull W.J., Lee S. Threshold for radiation-related severe mental retardation in prenatally exposed A-bomb survivors: a re-analysis // J. Radiat. Biol. – 1996. – Vol. 70. – P. 755–763.

8. Schull W.J., Norton S., Jensch R.P. Ionizing radiation and the developing brain // Neurotoxicology and teratology. – 1990. – Vol. 12. – P. 249–260.

9. Wechsler D. Manual for the Wechsler Intelligence Scale for Children (3rd ed.). – London: The Psychological Corporation, 1992.

## IMPACT OF INTRAUTERINE AND EARLY AGE (0–1,5 YEARS) EXPOSURE TO IODINE RADIONUCLIDES DURING THE CHERNOBYL DISASTER ON CHILDREN'S' FURTHER INTELLECTUAL DEVELOPMENT

S. V. Bazył'chik, V. M. Drozd, H. Rainers, Yu. I. Gavrilin

Investigation of non-verbal intellectual ability in 356 children who had been exposed to radioiodine irradiation *in utero* and at the age of 0–1,5 years was conducted in 1998–2000. The study of intelligence was based on using the Performance Scale of Wechsler Intelligence Scale for Children – WISC-III UK. The estimation of a thyroid dose was made on the basis of epidemiological survey and an interview with parents. Both in children irradiated *in utero* as well as in children irradiated at the age of 0–1,5 years, significant decrease in the Performance IQ scores and

subtest scores was found in comparison with normative scores. Non-verbal intelligence of children irradiated *in utero* was not most vulnerable for exposure impact, in comparison with children exposed to radiation after birth. The dependence of Performance IQ on the dose of thyroid gland exposure was found: mean Performance IQ score was significantly higher in children which received a dose less than 50 cGy (n=88), as compared with children which received a dose exceeding 50 cGy (n=123):  $98.16 \pm 16.27$  and  $93.34 \pm 13.58$  points respectively ( $p < 0.05$ ).