

В. Б. МАТЮШИЧЕВ, В. Р. ТАРАТУХИН, В. Г. ШАМРАТОВА

К ОЦЕНКЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ВНЕШНЕГО β -ОБЛУЧЕНИЯ
ОРГАНИЗМА В УСЛОВИЯХ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ

Изучено действие внешнего β -облучения и тепловой нагрузки раздельно и в комбинациях на АТФазную активность головного мозга и печени крыс. Показана тканевая специфичность действия применявшихся влияний. Стойкие и достоверные эффекты вызывало как раздельное, так и комбинированное облучение. Существенное влияние на радиочувствительность АТФазы оказывал термический фактор, он в целом усиливал действие радиации на ферментативную активность печени и ослаблял его применительно к ткани мозга.

В практике эксплуатации ядерных энергетических установок достаточно реальна такая обстановка, когда на организм человека одновременно будут действовать повышенная температура среды и β -излучение радиоактивных газов, поступающих в воздух производственных и обитаемых помещений. Биологическая эффективность комбинированного β -облучения не изучена, недостаточно исследованы и эффекты раздельного внешнего β -облучения [3]. Между тем, несмотря на малую проникающую способность β -частиц, риск от таких воздействий достаточно велик [2], особенно в замкнутом пространстве, где могут создаваться весьма значительные концентрации β -излучателей.

Задача настоящей работы состояла в непосредственной оценке влияний β - и комбинированных нагрузок по биохимическим показателям—наиболее чувствительным индикаторам радиационного поражения. Источником β -излучения служил $^{85}\text{Kг}$, представляющий среди изотопов реакторного происхождения (наряду с C^{14} и тритием) главную радиационную β -опасность [4]. В качестве тест-критерия была избрана АТФазная активность (АТА) тканей. АТФаза как ключевой фермент энергетического обмена участвует в процессах постлучевой репарации.

Материал и методы

Эксперименты проведены на 204 беспородных белых крысах-самцах весом 160—180 г: 60 интактных животных служили контролем, остальные 144 составили 9 подопытных групп (по 16 крыс в каждой). Животные 4 групп испытывали на себе комбинированное действие гипертермии и радиации. Крыс с эпилированным на площади около 35 см^2 участком спины выдерживали 4 часа в герметичной тепловой каме-

ре при температуре воздуха 36° и относительной влажности 80—90%. Одновременно с тепловой нагрузкой животные подвергались внешнему β -облучению от $^{85}\text{Kг}$ в дозах 2,5; 3,05; 4,45 и 7,4 крад. Контроль эффектов комбинированных влияний осуществляли с помощью собственно тепловой нагрузки (I группа) и отдельного β -облучения в дозах 2,5; 3,05; 4,45 и 7,4 крад (4 группы).

Через 5, 12, 19 и 26 суток после воздействий по 3 крысы из каждой подопытной группы, а также 15 интактных животных декапитировали и определяли АТА [1] водных экстрактов печени и больших полушарий головного мозга. Ферментативную активность, выраженную в *мкмоль/мин* прироста неорганического фосфора в инкубационной пробе, пересчитывали на 1 мг экстрагированного белка. Для статистической обработки данных использовали дисперсионный анализ.

Результаты и обсуждение

Уже при самой грубой оценке влияний выявляется тканевая специфичность ответных реакций. Сопоставление средних относительных отклонений активности от принятого за 100% уровня нормы (таблица) показывает, что наиболее значительные пострадиационные сдвиги АТА печени вызывают облучение в дозе 4,45 крад, активность изменяется по сравнению с интактным контролем на 112%. Дозы в 7,4 и 3,05 крад гораздо менее эффективны и почти равноценны (73 и 76%), еще слабее выражено действие дозы 2,5 крад (62%). Закономерность совершенно иного рода обнаруживается при анализе дисперсионного комплекса АТА мозга. Здесь, напротив, максимальные отклонения активности индуцирует нагрузка в 2,5 крад (75%), тогда как увеличение дозы сопровождается ослаблением эффекта (44, 22 и 25% для доз 3,05; 4,45 и 7,4 крад).

Конкретные изменения АТА, возникающие в печени под влиянием доз 2,5 и 3,05 крад, в целом однотипны. На 5-е сутки наблюдения активность фермента повышается соответственно на 17 и 81%, а к 2-й неделе она в обоих случаях падает (на 66 и 44%) и остается сниженной до конца исследования, однако ни один из сдвигов не является статистически достоверным. Под воздействием нагрузки в 4,45 крад АТА, не отличаясь существенно от нормы в первые 2 недели опыта, к 3-й снижается почти в 4 раза, а на 26-е сутки более чем вдвое превышает физиологические значения. При облучении в дозе 7,4 крад спад активности регистрируется значительно раньше, уже на 5-е сутки наблюдения АТА становится меньше контрольной в два раза; далее активность постепенно увеличивается, достигая максимума на 19-е сутки (202%), но снова снижается к концу рассматриваемого срока. Как видно из приведенных данных, динамика сдвигов АТА печени в градациях отдельного облучения имеет свои особенности.

В противоположность этому колебания АТА мозга характеризуются в основном общими для всех вариантов отдельного облучения чер-

Таблица

АТФазная активность тканей крыс при β -облучении организма в различных температурных условиях, % к контролю

Ткань	Сутки после воздействия	Тепловой режим									
		нормотермия					гипертермия				
		доза облучения, крад									
	0	2,5	3,05	4,45	7,4	0	2,5	3,05	4,45	7,4	
Печень	5	100	117	181	108	45	116	125	285*	109	41
	12	100	34	56	122	125	47	30	107	56	83
	19	100	98	45	26*	202*	79	99	29*	23*	252*
	26	100	75	81	233*	70	19*	175*	48	323*	16*
	СОО	0	62	76	112	73	145	84	136	162	221
Мозг	5	100	90	168*	84	122	103	74	98	106	102
	12	100	84	109	91	81	105	99	97	96	92
	19	100	153*	143*	87	147*	92	172*	149*	74	173*
	26	100	316*	154*	142*	106	92	133*	102	197*	92
	СОО	0	75	44	22	25	7	35	14	36	23

Примечание. $p < 0,05$; СОО—средние относительные отклонения от принятого за 100% уровня нормы.

тами. В первые две недели пострадиационного периода, как правило, не удастся обнаружить заметных сдвигов в активности фермента. Исключение составляет доза в 3,05 крад, для которой на 5-е сутки установлено достоверное увеличение АТА (168%). На 3—4-й неделях для всех доз отмечается резкое нарастание активности, причем в случае нагрузок в 2,5 и 3,05 крад оно прогрессирует во времени (отклонения средних на 3-й неделе составляют 53 и 43%, а на 4-й—216 и 54%).

Существенным образом отражается на постлучевом поведении АТА перегревание крыс. Тепловая нагрузка в целом усиливает радиационный эффект в печени и ослабляет его в мозге. На постлучевой АТА печени термический фактор больше всего сказывается в сочетании с дозой 7,4 крад, эффективность облучения в этих условиях возрастает в 3 раза. Для остальных градаций усиление радиационного эффекта проявляется не столь заметно и в случае дозы в 2,5 крад выражено совсем слабо. Степень нарушений, вызванных совместным действием радиации и гипертермии, таким образом, определяется величиной дозы β -облучения. Кроме того, от дозы зависит и скорость ответной реакции. Так, при облучении в дозе 2,5 крад на протяжении почти всего периода регистрации активности в «параллельных» градациях отдельной и комбинированной нагрузки АТА печени претерпевает синхронные изменения, и лишь к концу наблюдения отмечается значительное расхождение, выражающееся в стимулировании АТА под влиянием тепловой нагрузки. Что касается остальных доз, то здесь сдвиги, связанные с сопряженным действием термического фактора, возникают довольно рано (на 5-е сутки после облучения в дозе 3,05 крад, на 12-е сутки при дозах 4,45 и 7,4 крад) и постепенно нарастают. Особенно ярко эта тенденция выражена для высоких доз: по относительной шкале к 4-й неде-

ле АТА отличается от уровня, достигнутого в тот же срок при раздельном облучении, на 90% (4,45 крад) и 524% (7,4 крад).

Аналогичен ход изменений АТА печени, сопровождающих собственно гипертермию: по мере увеличения срока посттермальной экспозиции животных действие перегревания организма усиливается, наблюдается все более выраженное угнетение активности. Постепенность подавления АТА в данном случае согласуется с особенностями проявления влияний комбинированных нагрузок.

На АТА мозга пребывание крыс в состоянии температурного стресса практически не сказывается. Тем не менее, наличие теплового напряжения в момент облучения не остается без последствий. При комбинированном β -облучении в дозах 2,5 и 3,05 крад отмечается ослабление пострадиационных реакций, при дозе 4,45 крад—некоторое усиление, а доза 7,4 крад в условиях нормо- и гипертермии в целом равноэффективна. Интересные факты обнаруживаются при изучении динамики наблюдающихся сдвигов. В течение первых двух недель после комбинированного облучения в любой из доз АТА находится в пределах значений активности у интактных животных. Выраженные сдвиги активности фермента зафиксированы на 19-е сутки, но они как по величине, так и по направлению в основном подобны тем, которые отмечаются в «параллельных» грациях раздельного облучения. Различия эффектов раздельного и комбинированного облучения для всех доз, кроме максимальной, в наибольшей степени проявляются на 26-е сутки: в этот момент АТА мозга крыс, подвергнутых соответствующим радиационно-термическим нагрузкам, снижена относительно ее значений при раздельном облучении в дозах 2,5 и 3,05 крад (на 183 и 52% соответственно) и повышена в случае дозы 4,45 крад (на 55%).

Как показывают результаты проведенного исследования, характер и глубина изменений, происходящих в различных тканях под влиянием применявшихся воздействий, отличаются избирательностью. Различия в поведении АТА определяются прежде всего неодинаковой устойчивостью АТФазы печени и мозга к раздельному действию как радиационного, так и термического факторов, а также особенностями взаимодействия вызванных ими эффектов при одновременном использовании. Тепловая нагрузка по-разному сказывается на течении ферментативных процессов в печени и мозге, вызывает и противоположные по направлению реакции—усиление эффекта облучения в печени и ослабление его в мозге. Вместе с тем при детальном анализе улавливается обратная зависимость силы искажающего влияния термического фактора от эффективности собственно радиационного воздействия. Оказалось, что чем результативней облучение, тем в большей степени повышенная температура среды отражается на избранных биохимических показателях при одновременном действии этих факторов. Полученные данные позволяют сделать и определенный практический вывод. Поскольку внешнее β -облучение способно как само по себе, так и в совокупности с тепловой нагрузкой вызывать стойкие и отчетливо выраженные изме-

нения ферментативной активности тканей, подобные воздействия, несомненно, представляют собой серьезную опасность, с которой нельзя не считаться.

Ленинградский государственный университет

Поступила 26/IX 1977 г.

Վ. Բ. ՄԱՅՅՈՒՇԵՎԻՉ, Վ. Ռ. ՏԱՐԱՏՈՒԽԻՆ, Վ. Գ. ՇԱՄՐԱՏՈՎԱ

ԶԵՐՄԱՅԻՆ ԲԵՌՆՎԱՄՈՒԹՅԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ ՕՐԳԱՆԻԶՄԻ ԱՐՏԱՔԻՆ β-ՃԱՌԱԳԱՅԹՄԱՆ ՀԵՏԵՎԱՆՔՆԵՐԻ ԳՆԱՀԱՏԱԿԱՆԸ

Ուսումնասիրված է առնետների ճառագայթման (85) (2, 5, 3, 0,5, 4, 45 7, 4 կրադ դոզաներով և ջերմային բեռնվածության (36°, օդի հարաբերական խոնավությունը 80—90%, 4 ժամ) արտաքին ազդեցությունը առանձին վերցրած և զուգակցված գլխուղեղի և լյարդի ԱՏՖազային ակտիվության վրա փոխազդեցությունից 5, 12, 19, 26 օր հետո:

Կայուն և ստույգ արդյունքները առաջ են բերել ինչպես առանձին, այնպես էլ զուգակցվող ճառագայթումը: ԱՏՖազային ռադիոզգայնության վրա զգալի ազդեցություն է ունեցել ջերմային ֆակտորը: Նա ընդհանուր առմամբ ուժեղացրեց ճառագայթման ազդեցությունը լյարդի ֆերմենտատիվ ակտիվության վրա և թուլացրեց այն ուղեղի հյուսվածքում:

V. B. MATYUSHICHEV, V. R. TARATUKHIN, V. G. SHAMRATOVA

ON THE ESTIMATION OF EXTERNAL β-RADIATION OF THE ORGANISM IN CONDITIONS OF THERMAL LOAD

The effect of external β-radiation and thermal load, separately and in combinations, on ATPase activity of brain and liver has been studied in rats. The tissue specificity of the influence of these effects is shown.

Steady and trustworthy effects have been received by separate and combined radiation. The thermal factor has intensified the effect of radiation on fermentative activity of liver and reduced it in brain tissue.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Кононов Е. И. Автореф. канд. дисс. Архангельск, 1967.
2. Москалев Ю. И., Дибобес И. К., Журавлев В. Ф., Рядов В. Г., Моисеев А. А., Терман А. В. Концепция биологического риска воздействия ионизирующего излучения. М., 1973.
3. Себрант Ю. В. Биологическое действие внешнего бета-облучения. М., 1970.
4. Туркин А. Д. Дозиметрия радиоактивных газов. М., 1973.