

ТЕПЛОВОЙ СТРЕСС И РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ
НЕКОТОРЫХ ФЕРМЕНТНЫХ СИСТЕМ ОРГАНИЗМА

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

Изучалось влияние тепловой нагрузки и сочетанного бета (^{85}Kr)-рентгеновского облучения крыс в различных дозах отдельно и комбинировано на АТФазную и креатинкиназную активность кожи—через 5, 12, 19 и 26 суток после воздействий. Выявлено, что по избранным тестам состояние теплового стресса стимулирует увеличение ферментативной активности, но ослабляет последствия облучения животных.

В последние годы все большее внимание привлекает изучение последствий пребывания организма в условиях повышенной тепловой нагрузки. С одной стороны, это вызвано тем, что в круг жизненных ситуаций такого типа вовлекаются все новые сферы человеческой деятельности. Люди могут оказаться в состоянии теплового стресса не только в зонах жаркого климата, на горячем производстве и т. п., но даже при нормальной температуре окружающей среды, если не обеспечивается эффективный теплосъем с поверхности тела [1]. К таким результатам, в частности, приводит длительная работа в индивидуальном снаряжении с теплоизолирующими свойствами. Другая причина повышенного интереса к сопряженным проблемам кроется в том неблагоприятном влиянии, которое оказывает на организм перегревание [2]. При нарушениях терморегуляции ряд физиологических систем и компенсаторных механизмов испытывает огромное напряжение, что, в свою очередь, сопровождается изменением общей реактивности и устойчивости организма к действию других экстремальных факторов.

Нами преследовалась цель получить представление о модифицирующем влиянии интенсивной тепловой нагрузки на радиочувствительность тканевых энзимов при бета-рентгеновском облучении. Комбинированные радиационно-термические воздействия встречаются в практике эксплуатации современных ядерных установок. Информация о сопутствующих сдвигах ферментативной активности необходима для оценки общей картины пострадиационных нарушений. В литературе соответствующие сведения отсутствуют.

Материал и методика. Эксперименты проводились на 248 беспородных белых крысах-самцах весом 160—180 г: 72 интактных животных служили контролем, остальные 176 составили 11 подопытных групп (по 16 крыс в каждой). Животные 5 групп испытывали на себе комбинированное действие гипертермии и радиации. Крыс с эпюлированным участком спины площадью около 35 см² выдерживали 4 час. в герметичной тепловой камере при температуре воздуха 36° (по тесту выживаемости—максимально перено-

симая в данных условиях температура) и относительной влажности 80--90%. Одновременно с тепловой нагрузкой животные подвергались воздействию бета-излучения ^{60}Co в дозах 2,5; 3,05; 4,45 или 7,4 крад. После извлечения из камеры проводили общее рентгеновское облучение крыс в дозах 25 (для дозы β -облучения 2,5 крад), 50 (2,5), 100 (3,05), 250 (4,45) и 400 р (7,4 крад). Технические условия: аппарат РУМ-3, напряжение 180 кв, сила тока 15 ма, фильтр 0,1 мм Си+1,0 мм Аи, фокусное расстояние 60 см, мощность дозы 26 р/мин. Контроль эффектов комбинированных влияний осуществляли с помощью собственно тепловой нагрузки (1 группа) и отдельного сочетанного бета-рентгеновского облучения в дозах 2,5 крад+25 р; 2,5 крад+50 р; 3,05 крад+100 р; 4,45 крад+250 р; 7,4 крад+400 р (5 групп).

Через 5, 12, 19 и 26 суток после воздействий по 3 крысы из каждой подопытной группы, а также 18 интактных животных декапитировали и определяли АТФазную (АТА) и креатинкиназную (ККА) активности водных экстрактов кожи, взятой с эпилированных участков на спине. Ферментативную активность, выраженную в мкмоль/мин прироста соответственно неорганического фосфора [3] и креатина [4] в инкубационной пробе, пересчитывали на 1 мг экстрагированного белка. Для статистической обработки данных использовали дисперсионный анализ.

Результаты и обсуждение. Как следует из таблицы, температурный стресс оказывает на избранные энзиматические системы стимулирующее воздействие, хотя и по-разному отражается на их состоянии.

Таблица

Ферментативная активность кожи крыс при бета-рентгеновском облучении организма в различных температурных условиях, % к контролю

Энзим	Сутки после воздействия	Нормотермия					Гипертермия						
		радиационная нагрузка, крад + р											
		0	2,5+25	2,5+50	3,05+100	4,45+250	7,4+400	0	2,5+25	2,5+50	3,05+100	4,45+250	7,4+400
АТ Фаза	5	100	188*	128	240*	216*	264*	229*	327*	92	111	127	180*
	12	100	176*	263*	206*	258*	129	90	186*	275*	160*	183*	199*
	19	100	174*	151*	148*	118	186*	133	162*	149*	148*	133	149*
	26	100	177*	87	130	164*	228*	99	140	125	121	65	96
	СОО	0	79	64	81	89	102	44	104	65	35	49	58
Креатинкиназа	5	100	155*	205*	130	157*	109	150	95	121	170*	83	74
	12	100	192*	186*	187*	62	51*	142	161*	98	96	136	80
	19	100	142*	142*	153*	78	40*	171*	123	168*	111	59	59
	26	100	231*	131	118	62	65	150*	84	146*	136	60	63
	СОО	0	80	66	47	52	77	53	27	34	30	48	47

СОО—средние относительные отклонения от принятого за 100% уровня у интактных животных.

*— $P < 0,05$.

В среднем за 4 срока наблюдения ККА отклоняется от значений в контроле на 53%, АТА—на 44% (без учета знака отклонения). Еще более существенными различиями характеризуется динамика происходящих изменений: если наибольший сдвиг АТА отмечен на 5-е сутки, а в дальнейшем прослеживается тенденция к нормализации активности, то ККА

во все периоды опыта сохраняется практически на одном и том же уровне превышения физиологических величин.

Тем больший интерес представляют данные о влиянии тепловой нагрузки на радиобиологические эффекты. Не трудно установить, что перегревание организма влечет за собой снижение биохимической эффективности действия радиации. В самом деле, в целом по всей совокупности использованных градаций раздельное облучение сопровождается изменением АТА на 83 и ККА на 64%, соответственно при комбинированных радиационно-термических воздействиях 62 и 37%. Еще контрастнее выглядит сопоставление числа производимых отдельными типами облучения достоверных эффектов: на долю АТА приходится соответственно 15 и 11 значимых отклонений, тогда как ККА обнаруживает 12 существенных пострadiационных сдвигов после раздельного облучения и только 4—при комбинированном.

Другой примечательный момент выявляется при анализе частных средних. Оказывается, не существует строгой пропорциональности между величиной дозы и результатом воздействия. Так, хотя облучение животных в условиях нормотермии приводит к наибольшим изменениям АТА после использования максимальной дозы, 4 другие варианта по своей биохимической эффективности вполне сопоставимы. Что же касается дисперсионного комплекса ККА, то здесь вообще самой действенной градацией является сочетание «2,5 крад+25 р». Сходную картину дает и сопоставление отношений, применявшихся в эксперименте комбинаций: для ККА линейность зависимости «доза—эффект» соблюдается только на грани вариантов «t+3,05 крад+100 р» и «t+4,45 крад+250 р», в комплексе АТА доминирующее положение занимает воздействие «t+2,5 крад+25 р».

Это обстоятельство, а именно то, что конечный биохимический эффект не определяется однозначно величиной лучевой или радиационно-термической нагрузки, облегчает интерпретацию полученных данных. Имеющийся в нашем распоряжении материал не дает, правда, информации для суждений о конкретном механизме искажающего влияния теплового стресса, но общие черты можно обозначить достаточно уверенно. Сам факт корректирующего действия пребывания крыс в тепловой камере представляется естественным, поскольку радиочувствительность априори есть функция физиологического состояния организма в момент облучения. Затруднения возникают при попытке понять, почему сопряженная термическая нагрузка ослабляет радиационный эффект. Рациональное объяснение подобному явлению удастся найти, допустив, что влияния радиации и тепла на биохимические показатели в значительной мере опосредуются [5]. Это допущение отнюдь не выглядит бездоказательным, в пользу справедливости такой гипотезы со всей убедительностью говорит отмеченная выше неупорядоченность дозовых зависимостей, отсутствие аддитивности частных эффектов членов комбинаций, особенности постэкспозиционного поведения АТА и ККА.

Признание косвенного характера реализации использованных воз-

действий позволяет прийти к важному выводу: влияние теплового стресса на радиочувствительность ферментных систем в принципе может быть самым различным. Состояние теплового напряжения способно как усиливать постлучевой эффект или, напротив, смягчать его, так и быть нейтральным. Мы рассматривали частный случай; если взять другие энзимы или ткани, возможен иной тип взаимодействия отдельных эффектов облучения и перегревания организма. Наблюдавшееся в эксперименте «защитное» действие термической нагрузки, разумеется, нельзя экстраполировать на более высокие уровни организации биосистемы, так как патогенетическая значимость направления изменений ферментативной активности тканей не ясна.

Ленинградский государственный университет

Поступило 3.X 1977 г.

**ՕՐԳԱՆԻԶՄԻ ՈՐՈՇ ՖԵՐՄԵՆՏԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ՃԱՌԱԳԱՅԹԱՅԻՆ
ԶԳԱՅՈՂՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ԶԵՐՄԱՅԻՆ ՍՏՐԵՍԸ**

Վ. Բ. ՄԱՏՅՈՒՇԻՉԵՎ, Վ. Բ. ՏԱՐԱՏՈՒԽԻՆ, Վ. Գ. ՇԱՄՐԱՏՈՎԱ

Ուսումնասիրվել է առնետների գերջերմացման (36° , օդի հարաբերական խոնավությունը 80—90%, 4 ժամվա ընթացքում) և β -ճառագայթման (^{85}Kr —25 կրադ+250 ռ, 2,5 կրադ+50 ռ, 3,05 կրադ+100 ռ, 4,45 կրադ+250 ռ, 7,4 կրադ+400 ռ) ազդեցությունը մաշկի ԱՏՖ-ազային և կրեատինկինազային ակտիվության վրա: Հետազոտվել է ինչպես առանձին, այնպես էլ կոմբինացված գերջերմացման և ճառագայթման ազդեցությունը՝ 5, 12, 19 և 26 օր փորձողությունից հետո: Հայտնաբերվել է, որ ընտրված տեստերում ջերմային ստրեսի վիճակը խթանող ազդեցություն ունի ֆերմենտային ակտիվության բարձրացման համար, բայց թուլացնում է կենդանիների ճառագայթման հետևանքը:

THERMAL STRESS AND RADIO-SENSITIVENESS OF SOME ORGANISM ENZYMATIC SYSTEMS

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

The influence of thermal loading (36° , relative air humidity 80—90%, 4 hours) and combined β (^{85}Kr)—X-ray irradiation of rats by the doses of 2,5 Krad+25 p, 2,5 Krad+50 p, 3,5 Krad+100 p, 4,45 Krad+250 p, 7,4 Krad+400 p separately and in combinations on ATP-ase and creatine kinase skin activity 6, 12, 19 and 26 days later after action has been studied.

It is revealed, that by the selected tests the condition of the thermal stress stimulates the increase of enzymatic activity, but reduces the consequences of animal irradiation.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Горюшинский С. М., Бавро Г. В., Перфилова Е. М., Плетенский Ю. Г., Сливан С. Г. Космическая биология и авиакосмическая медицина, 1, 73—81, 1968.

2. *Тилис А. Ю.* Гемодинамика и биохимические сдвиги при солнечно-тепловом перегревании, Ташкент, 1964.
3. *Кононов Е. И.* Автореф. канд. дисс. Архангельск, 1967.
4. *Лызлова С. Н., Тхоржевская Э. С., Аммарин И. П.* В сб.: Ферменты в эволюции животных. 3—9, М., 1969.
5. *Свердлов А. Г.* Опосредованное действие ионизирующего излучения. М., 1968.