

# СДВИГИ В МЕТАЛЛО-ЛИГАНДНОМ ГОМЕОСТАЗЕ КЛЕТОК ЭПИДЕРМИСА В КАЧЕСТВЕ ДИСКРИМИНАТОРОВ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО/НИТРОЗАТИВНОГО СТРЕССА

<sup>1,2</sup>Петухов В.И., <sup>3</sup>Баумане Л.Х., <sup>4</sup>Дмитриев Е.В., <sup>5</sup>Рестэ Е.Д.,  
<sup>5</sup>Звагуле Т.Я., <sup>1</sup>Романова М.А., <sup>1</sup>Шушкевич Н.И., <sup>1</sup>Скавронский С.В.,  
<sup>1</sup>Щуков А.Н.

<sup>1</sup>*Владимирский гос. университет, Владимир, Россия, vip-val@yandex.ru*

<sup>2</sup>*Балтийский институт психологии, Рига, Латвия*

<sup>3</sup>*Латвийский институт органического синтеза, Рига, Латвия*

<sup>4</sup>*Институт вычислительной математики РАН, Москва, Россия,*

<sup>5</sup>*Рижский университет Стадыня, Рига, Латвия*

Вызывала интерес возможность выявления признаков нитрозативного стресса в деривате эпидермиса (волосы) у ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) с добавлением «ловушки» для нитроксильных радикалов - диэтилдитиокарбамата (ДЭТК) *in vitro* [1]. В ходе исследований удалось подтвердить, что ЭПР-анализ эпидермиса не только позволяет измерить в его клетках степень продукции оксида азота (NO), но и способен дать количественную характеристику некоторых металлов, присутствующих в виде радикалов, например, железа (Fe).

Под наблюдением находилось 115 человек. Из них: 45 ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС (44 мужчины и 1 женщина) в возрасте 42-70 лет (медиана 54 года); 30 сотрудников радиологических учреждений, имеющих контакт с радиацией (10 мужчин и 20 женщин), в возрасте 27-69 лет (медиана 55 лет). Контрольная группа состояла из 40 практически здоровых лиц (25 мужчин и 15 женщин) в возрасте 41-78 лет (медиана 57 лет). Данные ЭПР-анализа у чернобыльцев и работников радиационных служб представлены в таблице.

Как следует из табл. 1, интенсивность ЭПР-сигнала NO и Fe-радикалов ( $g=2,3$ ;  $g=4,2$ ) в эпидермисе чернобыльцев достоверно увеличена по сравнению с нормой. У работников радиационных служб ни один из этих показателей не отличался от нормы. Однако связь радиационного воздействия с данными спектроскопии можно было выявить с помощью корреляционного анализа (Pearson): интенсивность NO-сигнала положительно коррелировала с дозой радиации (в mSv) по показаниям индивидуальных дозиметров ( $r=0,58$ ;  $p<0,05$ ).

Таблица – Интенсивность ЭПР-сигналов нитроксида и Fe-радикалов в клетках эпидермиса у ликвидаторов Чернобыльской аварии

Исследуемые Радикалы	Величина ЭПР-сигнала в условных единицах (u)		
	Ликвидаторы Чернобыльской аварии (n=45) $M \pm m$	Работники радиационных служб (n=30) $M \pm m$	Контрольная группа (n=40) $M \pm m$
NO-радикал	$25,9 \pm 1,8^*$	$19,2 \pm 2,2$	$20,7 \pm 2,5$
Fe <sub>2,3</sub> -радикал (g=2,3)	$1,3 \pm 0,2^*$	$0,66 \pm 0,1$	$0,71 \pm 0,07$
Fe <sub>4,2</sub> -радикал (g=4,2)	$0,11 \pm 0,01^*$	$0,08 \pm 0,007$	$0,07 \pm 0,004$

Примечание: \*) различие достоверно (p<0,05)

В предыдущих исследованиях элементного гомеостаза в клетках эпидермиса (волосы) у 954 ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС методом атомно-эмиссионной спектрометрии на приборе Optima 2000 DV (Perkin Elmer Inc., USA) нами было обнаружено повышенное (по сравнению с контролем) содержание таких металлов, как K, Na, Cd, Fe и др., и сниженное - Zn, Cu, Ca и др. [2]. Вместе с тем у абсолютного большинства ликвидаторов аварии (88%) была негативной и значимой линейная корреляция между концентрационными значениями калия (K) и цинка (Zn) ( $r$  от -0,41 до -0,62;  $p<0,05$ ), у 12%  $r = -0,03$ . Заметим, что выделение из общей выборки значимых корреляций стало возможным благодаря разработанной нами ранее специальной методике «стандартного перемешивания» спектрометрических данных [3]. У 947 практически здоровых лиц K-Zn связь распределялась следующим образом: у 45,6% отсутствовала вовсе ( $r = -0,05$ ); у 36,3% она была довольно слабой ( $r = -0,23$ ;  $p<0,05$ ) и отчетливо выявлялась ( $r = -0,43$ ;  $p<0,05$ ) только у 18,1% здоровых лиц. При этом K-Zn связь при наибольшем  $|r|$  сочеталась с достоверно более высоким уровнем K, Na, Cd, Fe и более низким – Cu, Ca и Zn, чем у лиц с отсутствием K-Zn корреляции. Содержание кальция (Ca) в волосах, по нашим данным, зависело от пола и составляло в среднем (в мкг/г) у мужчин: 749,1 [521,1-1125,4], а у женщин: 1537,5[1410,9-1666,4] (в квадратных скобках - границы доверительных интервалов по bootstrap-методу).

Если признать, что наиболее существенные биохимические сдвиги в организме ликвидаторов аварии связаны с редокс-статусом (прооксидантный сдвиг) [4], то выявленные изменения минерального состава эпидермиса могут объясняться участием активных форм кислорода

(АФК) и азота (АФА) в лигандировании и высвобождении металлов, их трансмембранным трафике, активировании (или инактивировании) внутриклеточных энзимов и других проявлениях металло-лигандного гомеостаза.

Примечательно, что сдвиги концентрационных значений металлов у лиц контрольной группы с наиболее заметной негативной K-Zn связью

( $r_{K-Zn}=-0,43$ ), которые, по нашему мнению, могут претендовать на роль дискриминаторов окислительного/нитрозативного стресса, носили тот же характер, что и в общей группе ликвидаторов аварии ( $n=954$ ) при сравнении последней с совокупной контрольной группой ( $n=947$ ) [2]. Этот факт указывает на универсальный (независимо от природы промоторов) характер происходящих изменений в металло-лигандном гомеостазе эпидермиса в ответ на увеличение продукции АФА и АФК.

### **Литература**

1. Петухов В.И., Баумане Л.Х., Калвиныш И.Я., и др. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. –2008. – Т. 146, № 12. – С. 704-706.
2. Петухов В.И., Дмитриев Е.В., Баумане Л.Х. и др. // В сб.: Труды IX Международной науч. конф. «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии», Владимир-Сузdalь, 2010. – С. 112-116.
3. Петухов В.И., Лакарова Е.В.// Микроэлементы в медицине. – 2007. – Т.8(4). – С. 51-53.
4. Kumerova A.O., Lece A.G., Skesters A.P., et al. Biol Trace Element Res. – 2000. – V. 77. – P.1-12.

## **ХЛОРЕЛЛА И ЙОДДАР-КОРМОВЫЕ ДОБАВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПТИЦЕВОДСТВА**

**Пономаренко Ю.А.<sup>1</sup>, Мананкина Е.Е.<sup>2</sup>**

1. Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Минск, Беларусь, *rapamatarenko@tut.by*
2. ГНУ Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Функциональные пищевые продукты, предназначены для систематического употребления в составе пищевых рационов всеми возрастными группами здорового населения, снижающие риск развития заболева-