

- Отношение кальция к фосфору достоверно повышается после пломбирования с использованием материала «Рутсила» и составляет 2,24 (1,91; 2,86), что свидетельствует о повышении прочности и дентина корня зуба.
- Определены корреляционные связи между химическими элементами, что может служить дополнительной информацией при изучении микроэлементного состава твердых тканей зубов.
- Заключение. Результаты микрорентгеноспектрального анализа выявили положительное влияние отечественного портландцемента «Рутсил» на химический состав дентина и его структуру. Данные положения являются доказательствами биоактивности «Рутсила».

Литература

1. Гресь Н.А., Скальный А.В. Биоэлементный статус населения Беларуси: экологические, физиологические и патологические аспекты. – Мн., 2011. – 352 с.
2. Манак, Т. Н. Комплексная диагностика и лечение заболеваний пульпы и апикального периодонта (клинико-экспериментальное исследование) / Т.Н. Манак // Автореф. дисс. д. м. н. – Минск, 2015. – 42 с.
3. Okiji, T. Uptake of calcium and silicon released from calcium silicate – based endodontic materials into root canal dentine / T. Okiji, L. Han // International Endodontic Journal. 2011. P. 7-16.

ЭЛЕКТРОГЕННЫЕ МЕТАЛЛЫ В КЛЕТКАХ ЭПИДЕРМИСА: СИНХРОНИЗАЦИЯ (КРИТИЧНОСТЬ) РАБОТЫ МЕМБРАННЫХ АТРаз

**Петухов В.И.¹, Дмитриев Е.В.², Баумане Л.Х.³, Скальный А.В.⁴,
Лобанова Ю.Н.⁴**

¹*Балтийская международная академия, Рига, Латвия: vip-val@yandex.ru*

²*Институт вычислительной математики РАН, Москва, Россия*

³*Латвийский институт органического синтеза, Рига, Латвия*

⁴*Центр биотической медицины, Москва, Россия*

С помощью методов математической статистики были проанализированы результаты атомно-эмиссионной спектроскопии волос на содер-

жание электрогенных металлов (ЭМ) Na, K, Ca, полученные в Центре биотической медицины (Москва), у 10297 здоровых лиц, жителей Москвы и Риги (5160 мужчин и 5137 женщин) в возрасте от 2 до 85 лет.

Проведенный нами ранее корреляционный анализ уровней K и Na в эпидермисе (атомно-эмиссионная спектрометрия) выявил отчётливую линейную зависимость (Pearson) между этими параметрами ($r_{K-Zn} = 0,6-0,8$). Исследования проводили у здоровых лиц ($n=947$) и у ликвидаторов Чернобыльской аварии ($n=954$), у которых были выявлены признаки окислительного/нитрозативного стресса. Наличие достоверной K-Na корреляции свидетельствует о синхронной работе мембранных Na^+/K^+ -АТФаз, которые в условиях окислительного/нитрозативного стресса «трудятся», по-видимому, с заметно большей интенсивностью. Прямым подтверждением такой возможности служит обнаруженное нами достоверное увеличение уровня Na и K в эпидермисе чернобыльцев по сравнению с контрольной группой. Косвенным доказательством интенсификации работы Na^+/K^+ -АТФаз на фоне окислительного/нитрозативного стресса является одновременное и достоверное снижение уровня Ca в эпидермисе у чернобыльцев, что, скорее всего, связано с активизацией работы Na/Ca-обменника (NCX), антипорта для Ca^{2+} .

Чтобы убедиться в том, что синхронизация работы мембранных помп распространяется на всё суперсемейство мембранных АТФаз (P-type), мы исследовали тесноту связи (Pearson) между концентрационными значениями K и Zn.

Было интересно выяснить, существуют ли корреляционные взаимоотношения между K и Zn и каков их характер у «чернобыльцев» и здоровых лиц. Полученные результаты не только подтвердили существование K-Zn связи, но и обнаружили различия в её проявлении в сравниваемых группах.

У абсолютного большинства ликвидаторов аварии (88%) K-Zn корреляция была негативной и значимой (у 205 чел. $r_{K-Zn} = -0,62$; $p < 0,05$; у 634 чел. $r_{K-Zn} = -0,41$; $p < 0,05$). У 12% чернобыльцев (115 чел.) она не выявлялась ($r = -0,03$). K-Zn связь отсутствовала ($r = -0,01$) у 253 здоровых лиц (26,7%), у 523 чел. (55,2%) была слабо выраженной ($r_{K-Zn} = -0,22$; $p < 0,05$) и отчётливо выявлялась ($r_{K-Zn} = -0,43$; $p < 0,05$) лишь у 171 чел. (18,1%). При этом K-Zn связь при наибольшем $|r|$ (как у чернобыльцев, так и у здоровых лиц) сочеталась с достоверно более высоким уровнем K и Na и более низким – Zn, чем у лиц с отсутствием K-Zn корреляции.

Концентрационные значения металлов в эпидермисе ликвидаторов аварии имели достоверные различия с контрольной группой. Анализ металло-лигандного гомеостаза (МЛГ) в эпидермальных клетках у здоровых

лиц при крайних значениях r_{K-Zn} (-0,01 и -0,43) показал, что сдвиги в МЛГ у здоровых с $r_{K-Zn} = -0,43$, по сравнению с $r_{K-Zn} = -0,01$, по своей направленности (а в ряде случаев и по величине) аналогичны таковым в общей группе ликвидаторов аварии ($n=954$), если сравнивать их с общей контрольной группой ($n=947$).

Другими словами, 18,1% здоровых лиц в этом отношении мало чем отличаются от ликвидаторов аварии.

Вывод, который кажется очевидным, но, тем не менее, требует проверки, это – наличие у здоровых лиц с $r_{K-Zn} = -0,43$ окислительного/нитрозативного стресса (возможно, не лучевой природы).

По нашим наблюдениям, К-На связь отличается постоянством, сравнительно высокими значениями коэффициента r (0,6-0,7) и не зависит от размера выборки. В то же время эта корреляция зависит от вида биосубстрата: обнаруживается в волосах и отсутствует в плазме.

Показательно, что выраженная позитивная корреляция между К и На, которая для всей группы здоровых ($n=947$) составляла ($r_{K-Na}=0,64$), практически не менялась (0,64; 0,71; 0,53; *resp.*) при разных r_{K-Zn} . Это может объясняться стабильной (без сбоев) работой мембранного K^+/Na^+ -насоса у здоровых лиц. Столь же тесной ($r=0,64-0,75$) К-На связь была у абсолютного большинства ликвидаторов аварии (в общей группе $r_{K-Na}=0,71$), но заметно слабее в подгруппе с $r_{K-Zn} = -0,03$ ($r_{K-Na}=0,31$).

Всё сказанное позволяет допустить, что *синхронизация (критичность)* может быть присуща нормальной работе всего суперсемейства АТРаз (P-type).

Синхронизация или *критическое состояние* в терминах теории самоорганизованной критичности (СК) принимает вид прямой линии в двойном логарифмическом масштабе. Это означает, что в пределах интервала численных значений ЭМ, ограниченных прямой, имеется степенная зависимость между уровнем ЭМ (в определенных интервалах значений) и числом индивидов. Существование этой связи и обеспечивает, по-видимому, сопряжённость (синхронность) работы мембранных АТРаз.

Имеющиеся отклонения от прямой, которые для Na и K располагаются в начальной части оси абсцисс, а для Ca в конце, т.к. при увеличении $|r|_{K-Zn}$ происходит снижение уровня Ca в клетке, соответствуют, согласно теории СК, *докритическому* состоянию ($\sigma < 1$).

О переходе в *надкритическое* состояние системы ($\sigma > 1$) можно лишь догадываться по слабо выраженному отклонению от прямой в конечной части оси абсцисс на графиках К и Na и отчетливо видеть у Ca в начале оси абсцисс. Важно подчеркнуть, что пребывание в до- или надкритическом состоянии означает для системы *десинхронизацию* её работы.

Интервалы численных значений ЭМ (данные спектрометрии у 947 здоровых лиц), которые соответствуют асинхронной (*до- и надкритическое состояние* с $r_{K-Zn} = -0,01$) и синхронной работе мембранных насосов (*критическое состояние* с $r_{K-Zn} = -0,43$) аналогичны данным, полученным в десятикратно большей выборке ($n=10297$).

Выводы:

Активизация (с участием АФК/АФА) мембранных АТРаз и их нормальное функционирование предполагает синхронный (критический) характер трансмембранного трафика металлов.

Синхронная работа мембранных помп подтверждается отрицательной K-Zn связью (Pearson) и признаками *самоорганизованной критичности* (СК) по данным математического анализа.

Полученные результаты указывают на возможную принадлежность гомеостаза электрогенных металлов в эпидермисе к СК-явлениям.

МЕЖОРГАНИЗМНЫЙ МЕХАНИЗМ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЙ ПОДДЕРЖАНИЕ БАЛАНСА МЕДИ У МЛЕКОПИТАЮЩИХ

**Пучкова Л.В.^{1,2,3}, Ильичева Е.А.^{1,2,3}, Цымбаленко Н.В.^{2,3},
Скворцов А.Н.¹, Суханова А.С.²**

¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого;

²ИТМО Университет; ³Научно-исследовательский институт экспериментальной медицины, Санкт-Петербург, Россия

Биологическая роль меди как структурного и каталитического кофактора жизненно важных ферментов, с одной стороны, и её потенциальная токсичность как катализатора реакций, продуцирующих супероксидные радикалы [1], с другой – выявила важность систем безопасного транспорта меди, нарушение структуры которых ведет к развитию сердечно-сосудистых, нейродегенеративных и онкологических заболеваний [2]. Белки, осуществляющие транспорт меди в клетке, переносят ее в состоянии окисления Cu(I). Мы предложили использовать редокс-неактивные ионы серебра Ag(I), для изучения маршрутов Cu(I) и влияния Ag(I) на статус меди.

В работе показано, что у крыс (Ag30-крысы), получавших в течение месяца Ag-корм (50 мг AgCl на 1 кг массы тела), концентрация меди в крови падает в 10 раз, а содержание, основной (95%) медь-транспортной-ферроксидазы - холо-церулоплазмина (холо-ЦП), снижается практически