

## ЧРЕСКОЖНЫЙ ФОТОФОРЕЗ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ЛИНЕЙЧАТОГО СПЕКТРА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Е.М.Рукин\*, М.С.Извольская, С.Н.Воронова, М.М.Шарипова

*Институт биологии развития им. Н.К.Кольцова РАН; \*ФГУП Всероссийский НИИ оптико-физических измерений, Москва*

Локальное световое воздействие лампой полого катода, излучающей линейчатый спектр, характерный для марганца, меди, калия, натрия, кальция и магния, усиливает миграцию этих элементов из растворов их солей, нанесенных на кожу, в кровь крыс. В наибольшей степени этот эффект выражен при исходно низком уровне ионов марганца в крови. Его концентрация увеличивалась в сыворотке в 17 раз после воздействия солями марганца и лампой полого катода, излучающей спектр марганца.

Ключевые слова: *линейчатый спектр излучения, макро- и микроэлементы, марганец, сыворотка крови, крысы*

Микроэлементы являются необходимым звеном регуляции всех метаболических процессов, а следовательно, и всех вегетативных систем организма. Нарушения микроэлементного гомеостаза организма рассматриваются как важнейшие этиопатогенетические факторы широкого спектра заболеваний и патологических состояний [1,10,14]. Активация ферментативных систем различными микро- и макроэлементами приводит к коррекции нарушенных процессов и поддержанию гомеостаза организма [11,13]. Коррекция недостаточности микроэлементов в организме традиционно решается путем их приема *per os*, реже — парентерального введения [2]. При этом для достижения их эффективной концентрации в органах-мишенях требуются большие дозы препаратов, что может быть связано с развитием негативных побочных эффектов. В связи с этим предпринимаются исследования, направленные на поиск альтернативных путей введения микроэлементов, например, с помощью фотофореза. В качестве природного прототипа этого метода можно рассматривать комплекс климатических факторов курортов Мертвого моря — действие уникального химического состава его воды в сочетании с солнечной инсоляцией. Сочетание

этих двух факторов позволяет добиться весьма существенного повышения содержания микроэлементов в крови, обеспечивающего выраженные лечебно-оздоровительные эффекты. Данное обстоятельство побуждает к исследованию возможности использования указанных факторов в преформированном виде в целях разработки физиотерапевтических процедур, эффективно повышающих уровень дефицитных микроэлементов.

Подчеркивая биологическую активность малых и сверхмалых доз веществ в организме, введен термин "атомовиты" — атомы жизни, и производный термин "атомовитозы" [2]. В соответствии с современными тенденциями преимущественного использования факторов малой и сверхмалой интенсивности во Всероссийском научно-исследовательском институте оптико-физических измерений разработаны лампы полого катода (ЛПК), излучающие низкоэнергетические линейчатые спектры различных химических элементов [3]. Результаты предварительных исследований позволили предположить, что воздействие ЛПК с линейчатым спектром марганца и меди может увеличивать их транзит из нанесенных на кожу растворов солей [6]. В данной работе представлены результаты исследования влияния трех типов ЛПК на уровень марганца, меди, калия, натрия, кальция и магния в сыворотке крови крыс.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование выполнено на крысах-самцах Вистар массой 150-200 г (Столбовая, РАН). Животных содержали в стандартных условиях по 4 особи в клетке с контролируемыми режимами температуры и освещения (24°C, 12:12 ч свет-темнота) при свободном доступе к воде и пище. Экспериментальные животные были разделены на 7 групп в соответствии с режимом воздействия изучаемых факторов. Растворы определенных солей в объеме 0.5 мл наносили на кожу (площадь воздействия — 25 мм<sup>2</sup>) в межлопаточной области в проекции шейно-грудного отдела позвоночника. Животных 1-й группы обрабатывали 1% раствором MnCl<sub>2</sub> и 0.3% раствором CuCl<sub>2</sub>, смешанными с глицерином в соотношении 1:4. Животных 2-й группы обрабатывали этим же раствором, смешанным в равных количествах с водой Мертвого моря, содержащей широкий спектр макро- и микроэлементов, в том числе Mn, K, Na, Ca и Mg [9]. Животных 3-й группы подвергали воздействию ЛПК ("Кортек"), излучающей спектр Mn и Cu (ЛПК-Mn, Cu), с экспозицией 30 с. Кожу животных 4-й группы сначала обрабатывали раствором солей Mn и Cu, а затем подвергали воздействию той же ЛПК с той же экспозицией. Животных 5-й группы обрабатывали раствором солей Mn и Cu, смешанным с водой Мертвого моря, после чего сначала воздействовали ЛПК-Mn, Cu, а затем ЛПК, излучающей спектр K, Na, Ca, Mg, по 30 с каждой. Животных 6-й группы обрабатывали этими же растворами, после чего воздействовали ЛПК, излучающей спектр Al и K, Na, Ca, Mg. Животных 7-й группы обрабатывали водой Мертвого моря и воздействовали ЛПК, излучающей спектры K, Na, Ca, Mg. У всех крыс забирали кровь из хвостовой вены (1 мл крови смешивали с 1 мл дистиллированной воды) до и через 2, 15 и 30 мин после облучения или нанесения растворов солей и измеряли в ней уровень Mg, Cu, K, Na, Ca, Mg. Каждая группа включала 3-6 крыс. Все манипуляции осуществляли с животными, находящимися под нембуталовым наркозом (50 мг/кг массы тела). Концентрацию исследуемых химических элементов в крови измеряли с помощью атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией "Квант-З.ЭТА" [5,15]. Статистическую обработку результатов проводили с помощью непараметрического критерия Вилкоксона.

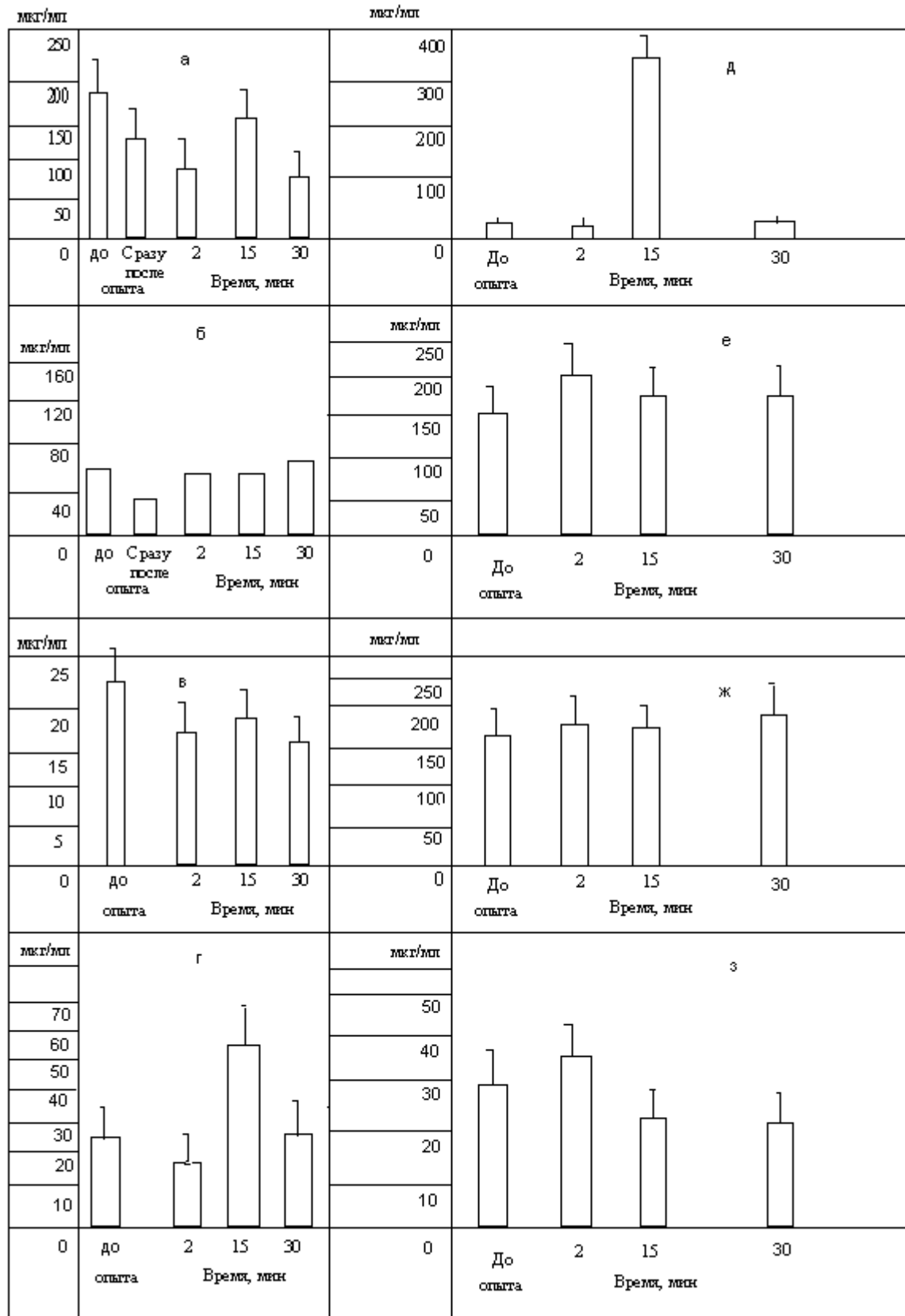
## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Локальное воздействие на кожу ЛПК-Mn, Cu или ЛПК-Mn, Cu совместно с ЛПК-K, Na, Ca, Mn вызы-

вает достоверное увеличение концентрации Mn в сыворотке крови, взятой через 15 мин после воздействия у крыс, предварительно обработанных растворами солей (рисунок, г, д). Облучение ЛПК-Mn, Cu после предварительной обработки кожи солями этих элементов вызывает 2-кратное увеличение уровня Mn (рисунок, г). Последовательное облучение ЛПК-Mn, Cu и ЛПК-K, Na, Ca, Mg после обработки крыс растворами солей Mn и Cu и водой Мертвого моря приводит к увеличению концентрации Mn в 17.5 раза (рисунок, д). Значительное увеличение уровня Mn в сыворотке крови крыс 5-й группы может быть связано с его проникновением через кожу под воздействием ЛПК не только из раствора MnCl<sub>2</sub>, но и из воды Мертвого моря, содержащей достаточно высокую концентрацию Mn (4000-7100 мкг/л). Кроме того, исходный уровень Mn в крови был в 5 раз ниже у крыс в зимний период (декабрь; 30 мкг/л; рисунок, в-д, з), чем в весенний (март; 150 мкг/л; рисунок, а, б, е, ж). По-этому, по-видимому, после воздействия теми же ЛПК и растворами солей наблюдалось незначительное увеличение его концентрации в сыворотке (в 1.3 раза) через 2 мин после воздействия (рисунок, е). По данным литературы, в норме уровень Mn в крови крыс составляет порядка 70-100 мкг/л [7,8]. Таким образом, эффект ЛПК более выражен при исходно низком уровне ионов Mn в крови, что свидетельствует об их возможном корректирующем действии.

Незначительное увеличение концентрации Cu (в 1.4 раза) в крови наблюдалось только после воздействия ЛПК-Mn, Cu и растворами этих солей (контроль, без воздействия — 3800±250 мкг/л; опыт, после воздействия — 5310±140 мкг/л). Исходный уровень Cu у этих животных был высоким (в среднем 4000 мкг/л), тогда как, по данным других исследователей, в крови крыс концентрация этого металла составляет 1500-2000 мкг/л и ниже [8,12]. Воздействие на кожу крыс только ЛПК-Mn, Cu (рисунок, в) или солями без облучения (рисунок, а, б) не вызывает увеличения уровня Mn и Cu в сыворотке крови в разные временные периоды. Увеличения уровня Mn не наблюдалось также после локального облучения ЛПК-Al и ЛПК-K, Na, Ca, Mg и предварительной обработки кожи растворами солей Mn и Cu, смешанных с водой Мертвого моря (рисунок, ж, з), что свидетельствует об избирательном действии ЛПК.

В отдельных экспериментах в сыворотке крови крыс оценивали уровень K, Na, Ca, Mg. Увеличение уровня K, Ca и Mg наблюдали только в 5-й и 7-й группах через 2 мин после локального воздействия на кожу ЛПК, излучающей спектры этих микроэлементов, и водой Мертвого моря с высокой



Концентрация Mn в сыворотке: крови крыс до и после воздействия ЛПК.

По оси ординат — концентрация Mn.

*а* — раствор солей Mn и Cu (n=1); *б* — раствор солей Mn и Cu+вода Мертвого моря (n=3); *в* — ЛПК-Mn, Cu (n=4); *г* — раствор солей Mn и Cu+ЛПК-Mn, Cu (n=4); *д* - раствор солей Mn и Cu+вода Мертвого моря+ЛПК-Mn, Cu+ЛПК-K, Na, Ca, Mg, эксперимент выполнен в декабре (n=4); *е* — раствор солей Mn и Cu+вода Мертвого моря+ЛПК-Mn, Cu+ЛПК-K, Na, Ca, Mg, эксперимент выполнен в марте (n=6); *ж* - раствор солей Mn и Cu+вода Мертвого моря+ЛПК-Al+ЛПК-K, Na, Ca, Mg (n=5); *з* - вода Мертвого моря+ЛПК-K, Na, Ca, Mg (n=5). \*p<0.05 по сравнению с исходным уровнем.

концентрацией этих химических элементов [9]. Наибольшее увеличение (в 2.4 раза) в сыворотке выявлено для Mg (контроль — 0.55 мг/л, опыт — 1.3 мг/л), в 2 раза — для Ca (контроль — 0.5 мг/л, опыт — 1.0 мг/л) и в 1.5 раза — для K (контроль — 3.0 мг/л, опыт - 4.5 мг/л). Уровень Na в этих группах был практически одинаковым и составлял в среднем 11.5 мг/л.

В заключение можно отметить, что локальное световое воздействие линейчатым спектром определенных химических элементов модулирует миграцию ионов металлов из растворов солей через кожу в организм. При этом эффект ЛПК на миграцию макро и микроэлементов зависит, по-видимому, от исходного состояния животных: метаболических процессов, иммунного и нейроэндокринного статуса, состава принимаемой пищи, сезона и ряда других причин. Полученные данные свидетельствуют о перспективности разработки физиотерапевтических методик с использованием ЛПК [6].

Работа выполнена при финансовой поддержке Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Авцын А.Л., Жаворонков А.А., Риш М.А. и др.* Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. М., 1991.
2. *Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А.* Биологическая роль макро и микроэлементов у человека и животных. СПб., 2008.
3. *Рукин Е.М.* // Рефлексотерапия. 2004. Т. 2, № 9. С. 35-37.
4. *Рукин Е.М.* // Бюл. изобр. 2008. № 12. Патент на изобретение № 2322988.
5. *Рукин Е.М., Садагов Ю.М.* // Датчики и системы. 2000. Т. 4. С. 204.
6. *Рукин Е.М., Садагов Ю.М., Мигунов С.А. и др.* // Рефлексотерапия. 2006. Т. 1. № 15. С. 25-27.
7. *Шевцова Н.М., Новицкий В.В., Стеновая Е.А. и др.* // Токсикол. вестн. 2005. № 4. С. 15-19.
8. *Якобсон Г.С., Шмерлинг М.Д., Бузуева И.И. и др.* // Бюл. СО РАМН. 2004. № 2. С. 164-170.
9. *Ben-Yosef R., Yaal-Hahoshen N.* // Isr. Med. Assoc. J. 2007. Vol. 9, N 10. P. 765.
10. *DeMoor J.M., Koropatnick D.J.* // Cell. Mol. Biol. 2000. Vol. 46, N 2. P. 367-381.
11. *Head K.A.* // Altern. Med. Rev. 2006. Vol. 11, N 4. P. 294-329.
12. *Herken E.N., Kocamaz E., Kucukatay M.B. et al.* // Biol. Trace Elem. Res. 2008. Vol. 123, N 1-3. P. 202-210.
13. *Hider R.C., Ejim L, Taylor P.D. et al* // Biochem. Pharmacol. 1990. Vol. 39, N 6. P. 1005-1012.
14. *Porto G., De Sousa M.* // World J. Gastroenterol. 2007. Vol. 13, N 35. P. 4707-4715.
15. *Taylor A., Branch S., Fisher A. et al.* // J. Anal. At. Spectrom. 2001. Vol. 16. P. 421-446.

Получено 28.04.09