

Ефименко Н.В., Абрамцова А.В.

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ АКТИВНОСТИ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ КРОВИ ПОД ВЛИЯНИЕМ КУРСОВОГО ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОЙ НАНОЧАСТИЦАМИ СЕЛЕНА МИНЕРАЛЬНОЙ ВОДЫ ПЯТИГОРСКОГО ИСТОЧНИКА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

ФГБУ «Пятигорский государственный НИИ курортологии» ФМБА России, 357500, г. Пятигорск

Целью работы являлось исследование внутреннего курсового приема воды Пятигорского источника с минерализацией 5,01 г/л (слабоуглекислой сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридной кальциево-натриевой), модифицированной наночастицами селена. У 46 крыс-самцов линии Вистар, распределенных на 6 групп по 8 животных (1-я – контрольная группа, 5 опытных групп; после 21-дневного поения нативной минеральной водой и модифицированной наночастицами селена в двух дозах 40 и 20 мкг/кг и после поения наночастицами селена в тех же дозах, но растворенных в воде), определяли лейкоцитарный профиль крови, уровень глутатионпероксидазы в крови и показатели метаболического напряжения (уровень аминотрансфераз и малонового диальдегида – модифицированных окисленных липопротеинов низкой плотности, общего белка и глюкозы в крови). Содержание малонового диальдегида – модифицированных окисленных липопротеинов низкой плотности не изменялось в опытных группах по сравнению с контрольной, что указывало на устойчивость липидов к свободнорадикальному окислению в условиях курсового поения животных нативной и модифицированной наночастицами селена минеральной водой. Нативная минеральная вода повысила уровень глутатионпероксидазы в крови выше контрольных значений у 50% опытных животных, а модифицированная наночастицами селена минеральная вода в обеих дозах – у 75% опытных животных. Полученные данные свидетельствуют об увеличении емкости антиоксидантной системы, направленной на ограничение образования органических гидропероксидов при добавлении в минеральную воду наночастиц селена в дозах 20 и 40 мкг/кг, что в последующем позволит подобрать оптимальное количество наночастиц для повышения биопотенциала минеральной воды.

Ключевые слова: минеральная вода; глутатионпероксидаза; наночастицы селена; эксперимент.

Для цитирования: Ефименко Н.В., Абрамцова А.В. Специфические изменения активности антиоксидантной системы крови под влиянием курсового применения модифицированной наночастицами селена минеральной воды пятигорского источника в эксперименте. *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*. 2016; 16 (3): 116-120. DOI 10.18821/1681-3456-2016-15-3-116-120

Для корреспонденции: Ефименко Наталья Викторовна, заслуженный врач Российской Федерации, д-р мед. наук, проф., директор ФГБУ ПГНИИК ФМБА России, 357500, г. Пятигорск, E-mail: orgotdel@gniik.ru;

Efimenco N.V., Abramcova A.V.

THE SPECIFIC CHANGES IN THE ACTIVITY OF THE ANTIOXIDATIVE SYSTEM OF BLOOD UNDER THE INFLUENCE OF COURSES OF TREATMENT WITH THE USE OF MINERAL WATER FROM THE PYATIGORSK SOURCE MODIFIED BY NANO-SCALE PARTICLES OF SELENIUM (AN EXPERIMENTAL STUDY)

The FSBI Pyatigorsk state scientific and research institute of balneology, FMBA Russia, 357500, Pyatigorsk, Russia

The objective of the present study was to evaluate the influence of the courses of intake of Pyatigorsk spring water characterized by the level of mineralization up to 5.01 g/l (weakly acidic, containing sulfates, bicarbonates, chlorides, calcium, and sodium) modified by nano-scale particles of selenium. The experiments were carried out on 46 male Wistar rats allocated into 6 groups of 8 animals each (1 control group and 5 experimental groups). The animals of the former group were given native drinking mineral water during 21 days while those of the latter ones drank the same water modified by nano-scale particles of selenium added at two doses, either 40 mg/kg or 20 mg/kg. Some animals received water containing dissolved nanoparticles of selenium at the same doses. The parameters measured included the leukocyte blood profile, the level of glutathione peroxidase, and indicators of metabolic stress (aminotransferase and malone dialdehyde levels, i.e. modified oxidized low-density lipoproteins, total protein and glucose levels in blood). It was shown that the levels of malone dialdehyde and modified oxidized low-density lipoproteins did not change in the animals of experimental groups compared with those in the control group. It suggested resistance of lipids to free radical oxidation under the conditions of the course drinking of natural water and the water modified by nano-scale particles of selenium. Native mineral water proved to increase the level of glutathione in blood to above the control values in 50% of the test animals whereas mineral water modified by selenium nanoparticles caused a similar increase in 75% of the experimental animals regardless of the selenium concentration. It is concluded that the enhancement of the activity of the antioxidative system under effect of addition of the selenium nanoparticles into mineral water at the doses of 20mg/kg and 40mg/kg limits the production of organic hydroperoxides. The data obtained can be used to choose the optimal amount of selenium nanoparticles for the introduction into mineral water for the purpose of increasing its biological potential.

Key words: mineral water; glutathione peroxidase; selenium nanoparticles; experiment.

For citation: Efimenko N.V., Abramtsova A.V. The specific changes in the activity of the antioxidative system of blood under the influence of courses of treatment with the use of mineral water from the Pyatigorsk source modified by nano-scale particles of selenium (an experimental study). *Fizioterapiya, Bal'ntologiyai Reabilitatsiya (Russian Journal of the Physical Therapy, Balneotherapy and Rehabilitation)* 2016; 15 (3): 116-120. (In Russ.). DOI 10.18821/1681-3456-2016-15-3-116-120

For correspondence: Efimenko Natalia, Honored doctor of the Russian Federation, doctor of medicine, professor, the director of The FSBI For correspondence: PSSRIB, FMBA Russia, Pyatigorsk, 357500, Russian Federation, E-mail: orgotdel@gniik.ru.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study had no sponsorship.

Received 12 January 2016

Accepted 03 March 2016

В последние годы все большее внимание специалистов привлекают вопросы комплексного применения природных лечебных факторов для оптимизации физиотерапевтических воздействий, фитотерапии и медикаментозного лечения хронических заболеваний и разработки на их основе новых высокоэффективных медицинских технологий, направленных на коррекцию протекающих в организме метаболических процессов [1–3]. Сочетание медикаментозной терапии и внутреннего приема минеральных вод (МВ) с физиотерапевтическими процедурами позволяет проводить санаторно-курортное лечение пациентов с разными стадиями активности эрозивно-язвенного поражения верхних отделов пищеварительного тракта [4, 5].

В зависимости от минерализации и физико-химического состава МВ обладает потенциальными свойствами повышать активность специфических систем организма и уменьшать негативное влияние неспецифических защитных реакций, что позволяет обоснованно использовать различные природные источники Кавказских Минеральных Вод в превентивной курортологии [6]. МВ, являясь носителем макро- и микроэлементов, применяется в коррекции дисэлементозов, связанных с недостаточностью поступления в организм эссенциальных микроэлементов, в том числе при нарушении их усвоения, вследствие патологических процессов желудочно-кишечного тракта [7]. Сохраняется актуальность профилактики патологий, ухудшающих качество и продолжительность жизни взрослого населения при ишемической болезни сердца, бронхолегочной патологии и раке, развитие которых связывают с рядом факторов, включающих селенодефицитные состояния [8, 9]. Роль селена ассоциируется с поддержанием высокого антиоксидантного потенциала плазмы, определяющего активность глутатионпероксидазы и уменьшающего вероятность развития атеросклероза и связанных с ним заболеваний [10].

В современных работах, посвященных исследованию состава МВ, показано, что микроэлементы в природных водах присутствуют в виде наноструктур и в зависимости от их размеров характеризуются дисперсным моно- и полимодальным распределением [11]. Переход от «микро» к «нано» представляет в науке новую отрасль, касающуюся разработки и внедрения наноматериалов в биологии и медицине. Поэтому обогащение наночастицами селена МВ, в которой этот микроэлемент практически не определяется, является перспективным направлением в исследовании природных вод, модифицированных наноструктурами биогенных металлов, необходимых в профилактике социально значимых заболеваний [12, 13].

Цель исследования – изучить влияние модифицированной наночастицами (НЧ) селена МВ Пятигорского источника на состояние антиоксидантной системы у животных в эксперименте.

Материал и методы

В исследование включено 46 крыс-самцов линии Вистар 3-месячного возраста. Все животные находились в условиях вивария на стандартном рационе со

свободным доступом к воде. МВ Пятигорского источника с минерализацией 5,01 г/л (слабоуглекислую сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридную кальциево-натриевую) модифицировали НЧ селена непосредственно перед поением животных в двух дозах – 40 и 20 мкг/кг. Использовали НЧ селена диаметром не более 35 нм (по данным фотокорреляционной спектроскопии), предоставленные наноцентром Северо-Кавказского федерального университета (Ставрополь). МВ назначали из расчета 1–1,5 мл на 100 г массы тела животного. Животные распределены по 6 группам: в 1-ю (контрольную) группу ($n = 6$) включены животные, которые находились на свободном поении водопроводной водой (ВВ); 2-я группа ($n = 8$) получала курс МВ, 3-я ($n = 8$) – курс МВ с НЧ селена в дозе 40 мкг/кг, 4-я ($n = 8$) – курс МВ с НЧ селена в дозе 20 мкг/кг, 5-я ($n = 8$) – курс ВВ с НЧ селена в дозе 40 мкг/кг, 6-я ($n = 8$) – курс ВВ с НЧ селена в дозе 20 мкг/кг. Курсовое поение проводили в течение 21 дня и на 22-й день животных декапитировали под легким эфирным наркозом. Исследовали клинические показатели крови животных унифицированными методами: проводили подсчет лейкоцитов в счетной камере Горяева и определяли лейкоцитарную формулу посредством морфологической оценки форменных элементов крови. В сыворотке крови животных определяли уровень глутатионпероксидазы – Gpx1 (производитель «Abfrontier»), модифицированных малонового диальдегидом (МДА) окисленных липопротеинов низкой плотности (ЛПНП) (MDA-oxLDL, «Biomedica Gruppe»), аминотрансфераз (аланинаминотрансферазы (АЛТ), аспартатаминотрансферазы (АСТ)), общего белка и глюкозы. Статистический анализ результатов выполняли с использованием критерия Ньюмана–Кьюлса для множественных межгрупповых сравнений (различия считали достоверными при $p < 0,05$, средние величины представлены медианами (Me) и процентилями 25–75).

Результаты и обсуждение

В оценке активации адаптационных систем лейкоцитарный профиль крови – наиболее доступный и информативный индикатор внешнесредовых воздействий. Изменения общего содержания лейкоцитов крови наблюдались в некоторых опытных группах в сравнении с контрольной (табл. 1). Прослеживалась умеренная лейкоцитарная реакция периферической крови у животных, получавших нативную МВ и ВВ с НЧ селена в дозе 40 мкг/кг, по сравнению с контрольными, однако статистически достоверных различий не выявлено. Во всех группах определялся лимфоцитарный профиль лейкоцитов крови, который соответствовал гематологическим показателям крови у крыс Вистар в возрасте 3–4 мес [14].

В результате ранее проводимых работ определены некоторые механизмы действия МВ на мобилизацию адаптационных систем, сопровождающегося интенсификацией метаболических процессов, изменением уровня субстратов окисления, ферментов как в крови, так и в тканях [15].

Таблица 1
Содержание лейкоцитов в крови у животных после курсового поения природной и модифицированной МВ с НЧ селена (Ме (25–75%₀₀))

Группа животных	Лейкоциты, $\cdot 10^9/\text{л}$	Палочкоядерные нейтрофилы, отн. %	Сегментоядерные нейтрофилы, отн. %	Лимфоциты, отн. %	Моноциты, отн. %
1-я	10,3 (10,1–11,3)	2 (1–2)	16 (14–17)	82 (81–83)	0 (0–1,0)
2-я	14,7 (11,3–16,8)	1 (0–1,5)	12 (9,5–14)	84 (81,5–88,5)	2,5 (1,5–4)
3-я	12,2 (9,2–16,6)	1,5 (1–3)	13 (10,5–14,5)	84,5 (80–87,5)	1 (0,5–3,5)
4-я	9,4 (7,7–12,1)	1 (0,5–1,5)	15,5 (13,5–16)	83 (82–84)	1 (0,5–2)
5-я	13,7 (11,5–17,2)	1 (0–2,5)	11 (6,5–17,5)	87 (79–93)	1 (0–1)
6-я	10,5 (9,3–17,2)	0,5 (0–1)	10,5 (7,5–15,5)	88,5 (83,5–91,5)	0,5 (0–1)

После курсового поения животных МВ наблюдалось достоверное увеличение уровня глюкозы в крови, при этом он не превышал физиологической нормы (табл. 2). Поение животных ВВ с НЧ селена в дозе 20 мкг/кг, напротив, снижало уровень глюкозы, приближая его к нижним границам нормального содержания в крови. Содержание общего белка в крови практически не различалось между группами, кроме группы животных, получавших ВВ с НЧ селена в дозе 40 мкг/кг.

Реализация механизмов адаптации невозможна без усиления окислительных процессов и влияния на состояние про- и антиоксидантной систем. Уровень аминотрансфераз (АЛТ, АСТ) в крови является одним из признаков целостности клеточных и субклеточных мембран, их оценка входит в систему анализа метаболического напряжения при изучении физиологических механизмов адаптации [16]. В данном исследовании уровни АЛТ и АСТ в крови животных находились в пределах значений видовой нормы для крыс линии Вистар, и достоверные различия между группами отсутствовали. Однако после курса МВ с НЧ селена в дозе 40 мкг/кг у половины опытных крыс в группе наблюдалась тенденция к повышению уровня АЛТ на 10% по сравнению с контрольными животными (см. табл. 2). Увеличение в крови уровня АЛТ определяет меру устойчивости тканей к окислительному стрессу в условиях интенсификации метаболизма. В оценке повреждающего действия свободными радикалами в тканях наиболее информативным является содержание МДА-модифицированных окисленных ЛПНП. Повышение активности в системах, обеспечивающих

окислительные процессы, приводит к увеличению потребности в антиоксидантной защите тканей. Появляются условия для неполного восстановления кислорода и запуска каскада реакций, прерывание которых возможно на ранних этапах перекисного окисления липидов за счет внутриклеточных ферментов [10].

Поступление в организм селена существенно отражается на антиоксидантной системе защиты мембран от повреждающего действия гидроперекисей (ГП). В присутствии перекисей и при увеличении

доступного селена повышается активность ГП. При проведении межгрупповых сравнений достоверных различий по уровню ГП в крови животных не обнаружено (см. табл. 2). Представленные данные указывают на смещение медианы ГП в опытных группах в сторону повышения ее значений (вправо) по сравнению с животными интактной группы, где минимальное значение ГП равно 0,7 нг/мл, а максимальное – 7 нг/мл (см. табл. 2).

В опытных группах у половины животных и более уровень ГП превышал 7 нг/мл: при курсовом поении МВ – у 50%, поении МВ с НЧ селена в дозах 20 и 40 мкг/кг – у 75% животных, после поения ВВ с НЧ селена в дозе 40 мкг/кг – у 62,5% и ВВ с НЧ селена в дозе 20 мкг/кг – у 25% животных. Таким образом, при курсовом поении МВ с добавлением НЧ селена в обеих концентрациях наблюдалось наибольшее увеличение емкости антиоксидантной системы на этапе восстановления ГП в отличие от курсового поения НЧ селена, растворенными в воде, в которой низкая концентрация селена практически не влияла на активность ГП. Содержание МДА-модифицированных окисленных ЛПНП в крови животных сравниваемых групп практически не отличалось от аналогичного показателя у крыс контрольной группы. Отсутствие различий в содержании в плазме крови МДА-модифицированных окисленных ЛПНП вне зависимости от используемых комбинаций МВ с НЧ селена и ВВ с НЧ селена позволяет отнести НЧ селена в дозах от 20 до 40 мкг/кг к физиологическим, а курсовое применение МВ с НЧ селена считать способным влиять на регуляцию уровня ГП в крови.

Таблица 2

Биохимические показатели крови после курсового поения животных природной и модифицированной МВ с НЧ селена (Ме (25–75%₀₀))

Группа животных	Глюкоза, ммоль/л	Общий белок, г/л	Глутатионпероксидаза, нг/мл	МДА-модифицированные окисленные ЛПНП, нг/мл	АСТ, Ед/л	АЛТ, Ед/л
1-я	4 (4–4,4)	64,2 (62,5–66)	2,4 (2–5,4)	0,9 (0,3–1,5)	231 (223–238)	78 (78–92)
2-я	4,8* (4,6–5)	62,8 (61,9–64,3)	6,8 (2,8–9,7)	0,8 (0,5–1,14)	268,7 (236–301)	82,6 (78,6–96)
3-я	4,7 (4,2–5,2)	65,4 (63,6–67,7)	8,4 (4,7–9,7)	1,1 (0,9–1,4)	235,6 (185–277)	101,1 (81,5–107,6)
4-я	4,4 (3,8–5)	60,8 (52,7–63)	7,1 (4,7–12)	0,95 (0,6–1,4)	247,8 (182,4–270)	95,9 (76,2–112,8)
5-я	4,3 (3,9–4,5)	57,9* (53,3–61,9)	8,1 (2,7–11,3)	1 (0,8–1,4)	220,7 (198–235,7)	78,3 (64,6–84,8)
6-я	3,6* (3,4–3,8)	63,4 (61,3–64,5)	3,6 (2,1–6,8)	1,05 (0,6–2,4)	251 (217–305)	82 (72,7–90,7)

Примечание. * – вероятность различия между контрольной и опытными группами при использовании критерия Ньюмана – Кьюлса при $p < 0,05$.

Особенности взаимодействия систем, ответственных за интенсификацию метаболизма и сопряженных процессов окислительно-восстановительного редокс-потенциала в зависимости от используемых бальнеофакторов, прослеживаются в формировании взаимосвязей между экспрессией селензависимого фермента антиоксидантной системы ГП, содержанием МДА-модифицированных окисленных ЛПНП и неспецифической лейкоцитарной реакцией крови, содержанием субстратов окисления (белка и глюкозы) в крови, показателями аминотрансфераз в крови. При адаптации к природным, в том числе экстремальным, факторам происходит интегрирование систем различных уровней, заинтересованных в жизнеобеспечении организма, таким образом, что появление корреляционных связей между исследуемыми биохимическими параметрами крови может быть результатом ряда реакций, участвующих в формировании функциональных систем под влиянием курсового воздействия исследуемых бальнеофакторов.

У здоровых животных определяется обратная корреляционная связь между уровнями АСТ и АЛТ ($r = -0,9; p = 0,03$), прямая взаимосвязь между АЛТ и МДА-модифицированными окисленными ЛПНП ($r = 0,9; p = 0,03$). Наиболее сильная обратная связь существует между уровнем АЛТ и концентрацией глюкозы в крови ($r = -0,9; p = 0,004$), подтверждая взаимосвязь между сохранением целостности клеточных мембран и обеспечением клеток организма энергетическим субстратом. Взаимосвязь между концентрацией АСТ и количеством лейкоцитов в крови ($r = 0,9; p = 0,03$) может рассматриваться как один из уровней иммунологического контроля за антигенно-структурным гомеостазом организма при нарушении субклеточных структур.

Курсовое поение растворенными в воде НЧ селена привело к проявлению связей между субстратами пластического и углеводного обмена – между содержанием глюкозы и общего белка в крови при использовании НЧ селена в дозе 20 мкг/кг ($r = 0,6; p = 0,06$) и усилением этой взаимосвязи при использовании НЧ селена в дозе 40 мкг/кг ($r = 0,8; p = 0,02$). Оценка уровней АЛТ, МДА-модифицированных окисленных ЛПНП и ГП в контексте общей метаболической активации и увеличения количества прямых корреляционных связей при курсовом поении животных НЧ селена позволяет судить об их влиянии по крайней мере на процессы субстратного регулирования. При курсовом поении НЧ селена в дозе 20 мкг/кг определяется взаимосвязь между уровнями АЛТ и общего белка ($r = 0,7; p = 0,03$) в крови, при курсовом поении НЧ селена в дозе 40 мкг/кг – между уровнями АЛТ и глюкозы ($r = 0,7; p = 0,03$), МДА-модифицированных окисленных ЛПНП и общего белка ($r = 0,6; p = 0,07$) и ГП и общего белка ($r = 0,7; p = 0,05$).

Неспецифические механизмы интенсификации метаболизма при курсовом поении МВ отражались на корреляционных связях в этой группе. Отмечено наличие обратной связи между уровнями МДА-модифицированных окисленных ЛПНП и глюкозы в крови ($r = -0,7; p = 0,02$). Подобная связь между

МДА-модифицированными окисленными ЛПНП и глюкозой в крови ($r = -0,65; p = 0,03$) наблюдалась в группе животных, получавших МВ с НЧС в дозе 20 мкл/кг. Усиливались связи, характерные для животных, получавших курсы НЧ селена: при курсовом поении МВ с НЧ селена в дозе 20 мкл/кг – между содержанием глюкозы и общего белка в крови ($r = 0,8; p = 0,008$) и между уровнями АЛТ и общего белка ($r = 0,8; p = 0,002$). Курсовое поение МВ с НЧ селена в дозе 40 мкг/кг привело к появлению обратной связи между уровнями ГП и АСТ ($r = -0,7; p = 0,05$), которая может отражать образование функциональных взаимосвязей между различными уровнями регуляции, повышая емкость антиоксидантной системы за счет уровня глутатионпероксидазы в крови, с одной стороны, и обеспечивая стабилизацию субклеточных структур – с другой.

Выводы

1. Интегративная оценка эффективности антиоксидантной защиты по содержанию МДА-модифицированных окисленных ЛПНП крови показала устойчивость липидов к свободнорадикальному окислению в условиях курсового поения животных нативной и модифицированной НЧ селена МВ.

2. Модифицированная НЧ селена МВ в обеих дозах практически одинаково повышала уровень глутатионпероксидазы в крови животных. Полученные данные свидетельствовали, что использование наименьшей дозы НЧ селена (20 мкг/кг) с МВ приводило к увеличению емкости антиоксидантной системы у здоровых животных, как и при дозе 40 мкг/кг НЧ селена с МВ. Это в последующем позволит подобрать оптимальное количество НЧ для повышения биопотенциала МВ.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

ЛИТЕРАТУРА

- Ефименко Н.В., Кайсинова А.С. Система медицинских технологий на этапе санаторно-курортной реабилитации больных с эрозивно-язвенными поражениями верхних отделов пищеварительного тракта. *Курортная медицина*. 2013; (4): 2–5.
- Мамонова М.В. Сочетанное влияние минеральной воды и лекарственных растений на секреторную активность желудка и метаболическую функцию печени лабораторных животных: Дисс. ... канд. биол. наук. Томск; 2004.
- Полушина Н.Д., Кожевников С.А. Гормональные эффекты сочетанного применения минеральных вод с витаминами и фармпрепаратами. Электронная библиотека ИТЦ Ставропольского края. 2003. Режим доступа: <http://www.stavintech.ru/library/menu/biotechnology/polushina.html>
- Ефименко Н.В. Механизмы действия питьевых минеральных вод и их роль в курортной гастроэнтерологии. *Курортная медицина*. 2015; (3): 2–7.
- Кайсинова А.С. Система медицинских технологий санаторно-курортной реабилитации больных с эрозивно-язвенными эзофагогастродуоденальными заболеваниями: Дис. ... д-ра мед. наук. Пятигорск; 2013.
- Ефименко Н.В., Репс В.Ф. Механизмы действия питьевых минеральных вод. *Курортная медицина*. 2013; (3): 106–109.
- Бадретдинова Л.М. Коррекция микробиологического статуса и дисэлементозов в комплексном санаторно-курортном лечении больных остеоартрозом: Дис. ... д-ра мед. наук. М.; 2010.
- Ghodbane S., Amara S., Arnaud J. et al. Effect of selenium pre-treatment on plasma antioxidant vitamins A (retinol) and E (α -tocopherol) in static magnetic field-exposed rats. *Toxicol. Industr. Hlth*. 2011; 27 (10): 949–955.
- Zeng H., Cao J.J., Combs G.F.Jr. Selenium in bone health: roles in antioxidant protection and cell proliferation. *Nutrients*. 2013; 5 (1): 97–110.

10. Меньшикова Е.Б., Зенков Н.К., Ланкин В.З. и др. *Окислительный стресс: Патологические состояния и заболевания*. Новосибирск: ARTA; 2008.
11. Сыроешкин А.В. Наночастицы в природных водах. В кн.: *Наночастицы в природных и технологических средах: Методы и средства измерений. Труды ВНИИФТРИ / Под ред. П.А. Красовского*. М.; 2009; вып. 56 (148): 91–106.
12. Расповов Р.В., Арианова Е.А., Трушина Э.Н. и др. Характеристика биодоступности наночастиц нульвалентного селена у крыс. *Вопросы питания*. 2011; (4): 36–41.
13. Бузулуков Ю.П., Гмошинский И.В., Расповов Р.В. и др. Изучение абсорбции и биораспределения наночастиц некоторых неорганических веществ, вводимых в желудочно-кишечный тракт крыс, с использованием метода радиоактивных индикаторов. *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. 2012; 57 (3): 5–12.
14. Мустафина О.К., Трушина Э.Н., Шумакова А.А. Гематологические показатели у крыс Вистар разного возраста, содержащихся на полусинтетическом полноценном виварном рационе. *Вопросы питания*. 2013; (4): 18–21.
15. Репс В.Ф. Метаболические механизмы действия модифицированных бальнеосредств. *Курортная медицина*. 2013; (4): 18–21.
16. Новиков В.С., Горанчук В.В., Шустов Е.Б. *Физиология экстремальных состояний*. СПб.: Наука; 1998.
- their role in resort gastroenterology. *Kurortnaya meditsina*. 2015; (3): 2–7. (in Russian)
5. Kaysinova A.S. The system of medical technologies sanatorium rehabilitation of patients with erosive ulcerative diseases esophagogastrointestinal: Dis. ... Pyatigorsk; 2013. (in Russian)
6. Efimenko N.V., Reps V.F. Action mechanisms of drinking mineral waters. *Kurortnaya meditsina*. 2013; (3): 106–9. (in Russian)
7. Badredinova L.M. *Correction Microecological Status and Deseoarthrosis in Complex Sanatorium Treatment of Patients with Osteoarthritis: Dis. ... Moscow; 2010. (in Russian)*
8. Ghodbane S., Amara S., Arnaud J. et al. Effect of selenium pre-treatment on plasma antioxidant vitamins A (retinol) and E (α -tocopherol) in static magnetic field-exposed rats. *Toxicol. Industr. Hlth*. 2011; 27 (10): 949–55.
9. Zeng H., Cao J.J., Combs G.F.Jr. Selenium in bone health: roles in antioxidant protection and cell proliferation. *Nutrients*. 2013; (1): 97–110.
10. Men'shikova E.B., Zenkov N.K., Lankin V.Z. et al. *Oxidative Stress: Pathological Conditions and Diseases*. Novosibirsk: ARTA; 2008. (in Russian)
11. Syroeshkin A.V. Nanoparticles in natural waters. In: *Nanochastitsy v prirodnykh i tekhnologicheskikh sredakh. Metody i sredstva izmereniy: [Trudy VNIIFTRI] / Ed. P.A. Krasovskiy*. Moscow; 2009; Part. 56 (148): 91–106. (in Russian)
12. Raspopov R.V., Arianova E.A., Trushina E.N. et al. Bioavailability characteristics of nanoparticles of nulvalent selenium with rats. *Voprosy pitaniya*. 2011; (4): 36–41. (in Russian)
13. Buzulukov Yu.P., Gmoshinskiy I.V., Raspopov R.V. et al. Absorption studying and biodistribution of nanoparticles of some inorganic substances entered into a digestive tract of rats with use of a method of radioactive indicators. *Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost'*. 2012; 57 (3): 5–12. (in Russian)
14. Mustafina O.K., Trushina E.N., Shumakova A.A. *Voprosy pitaniya*. Hematologic indicators with rats of Vistar line different age containing on semisynthetic full vivar diet. 2013; (4): 18–21. (in Russian)
15. Reps V.F. Metabolic action mechanisms by modified balneo-preparations. *Kurortnaya meditsina*. 2013; (4): 18–21. (in Russian)
16. Novikov V.S., Goranchuk V.V., Shustov E.B. *Physiology of Extreme States*. St. Petersburg: Nauka; 1998. (in Russian)

REFERENCES

1. Efimenko N.V., Kaysinova A.S. System of medical technologies at sanatorium and rehabilitation stage of patients with erosive and ulcerous lesions of upper division of digestive tract. *Kurortnaya meditsina*. 2013; (4): 2–5. (in Russian)
2. Mamonova M.V. The Combined Influence of Mineral Water and Herbs on Secretory Ventricle Activity and Metabolic Liver Function of Laboratory Animals: Dis. ... Tomsk; 2004. (in Russian)
3. Polushina N.D., Kozhevnikov S.A. Hormonal effects of the combined application of mineral waters with vitamins and pharmaceuticals. *Elektronnaya biblioteka ITs Stavropol'skogo kraja*. 2003. Rezhim dostupa: <http://www.stavintech.ru/library/menu/biotechnology/polushina.html>. (in Russian)
4. Efimenko N.V. Mechanisms of drinking mineral water effects and

Поступила 12 января 2016
Принята в печать 03 марта 2016

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2016

УДК 615.838.03:616.379-008.64-053.2].015.4

Лагунова Н.В.¹, Голубова Т.Ф.², Поленок И.А.¹, Курганова А.В.²

СОСТОЯНИЕ ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ, ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОГЕНЕЗА МЫШЦ, ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ ГЕМОДИНАМИКИ И ИХ ИЗМЕНЕНИЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРОЦЕДУР ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ПЛАНШЕТНОЙ ТЕРАПИИ У ДЕТЕЙ С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 1-ГО ТИПА

¹ Медицинская академия им. С.И. Георгиевского ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», 295006, г. Симферополь; ² ГБУЗРК «НИИ детской курортологии, физиотерапии и медицинской реабилитации», 297407, г. Евпатория

Клинико-неврологические и функциональные исследования у детей с сахарным диабетом (СД) 1-го типа позволили выявить практически у каждого четвертого ребенка жалобы и симптомы, связанные с развитием диабетической полинейропатии, снижение биоэлектрической активности и изменение периферического кровообращения, зависящие в значительной степени от длительности и компенсации заболевания. Под влиянием санаторно-курортного лечения с включением гидродинамической планшетной терапии отмечена положительная динамика изучаемых показателей в виде улучшения состояния углеводного обмена, клинико-неврологической характеристики, эффективности функциональных методов обследования детей с СД 1-го типа.

Ключевые слова: дети; сахарный диабет 1-го типа; электрогенез мышц; гемодинамика; санаторно-курортное лечение.

Для цитирования: Лагунова Н.В., Голубова Т.Ф., Поленок И.А., Курганова А.В. Состояние вегетативной нервной системы, показателей электрогенеза мышц, периферической гемодинамики и их изменение под влиянием процедур гидродинамической планшетной терапии у детей с сахарным диабетом 1-го типа. *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*. 2016; 15 (3): 120–124. DOI 10.18821/1681-3456-2016-15-3-120-124

Для корреспонденции: Поленок Ирина Анатольевна, ассистент кафедры педиатрии с курсом детских инфекционных болезней Медицинская академия имени С.И. Георгиевского ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», 295006, г. Симферополь, E-mail: iryna_gudzh@mail.ru