

ВЛИЯНИЕ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩЕЙ ВОДЫ «АРДВИ» НА РЕГЕНЕРАЦИЮ МЯГКИХ ТКАНЕЙ И ДОЛГОСРОЧНУЮ ОСТАВЛЕННУЮ МЫШЕЧНУЮ БОЛЕЗНЕННОСТЬ

О.А. Толмачев¹, В.О. Толмачев¹, С.Л. Тихонов²,
Н.В. Тихонова², В.М. Позняковский^{2,3}

¹Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Троицк, Россия,

²Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург, Россия,

³Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Цель – изучение влияния кремнийсодержащей воды «АРДВИ» на ранозаживление и долгосрочную оставленную мышечную болезненность в эксперименте и натуральных наблюдениях. **Материал и методы.** В качестве источника кремния использовали воду минеральную природную питьевую столовую «АРДВИ» негазированную ТУ 9185-004-37881001-12 из источника водозабора скважины № 988, расположенной в 300 метрах юго-восточнее д. Касарги Челябинской области. Для исследования регенерирующей способности воды сформированы три группы белых крыс-самцов линии Wistar массой 130–160 г по 10 особей в каждой группе. **Результаты.** Дана характеристика кремния – как эссенциального нутриента, принимающего участие в обменных процессах мышечной, соединительной и костной тканей. Изучен химический состав и физико-химические показатели кремнийсодержащей воды «АРДВИ», проведены исследования ее функциональных свойств в эксперименте на крысах-самцах линии Wistar. С этой целью животным в течение 14 суток дополнительно к питьевому режиму вводили через зонд 25 мл минеральной природной воды «АРДВИ». Для оценки ее регенерирующих свойств на выстриженные участки кожи опытной группы крыс наносили резаную рану и рассчитывали ее площадь на протяжении всего эксперимента. На основании изучения динамики площадей раневой поверхности у контрольных и опытных животных сделано заключение о влиянии воды «АРДВИ» на процессы регенерации мягких тканей. Показан эффект воды в отношении восстановления физической активности спортсменов-футболистов и их ферментативного статуса, отмечено снижение остаточного болевого мышечного синдрома, что в целом свидетельствует о положительном влиянии на синдром долгосрочной оставленной мышечной болезненности, подтвержденном индексами утомляемости, повреждения мышечной ткани и коэффициентом де Ригисса. **Заключение.** Применение природной минеральной воды «АРДВИ» имеет важное значение в коррекции обменных процессов мышечной, соединительной и костной тканей, профилактики и комплексном лечении возможных патологий при занятиях физической культурой и спортом. Испытуемая вода может быть использована в качестве основы для разработки других специализированных продуктов спортивного питания с использованием незаменимых нутриентов и природного растительного сырья с однонаправленными функциональными свойствами.

Ключевые слова: кремнийсодержащая вода, регенерация мягких тканей, долгосрочная оставленная мышечная болезненность, эффективность, функциональная направленность.

Введение. Современная система подготовки спортсменов характеризуется исключительно высокими тренировочными и соревновательными нагрузками [11]. Суммарный годовой объем работы в разных видах спорта достигает 1300–1500 часов, в отдельные дни проводятся 2–3 тренировочных занятия с общими временными затратами до 6–8 часов, что в целом составляет значительные трени-

ровочные и соревновательные нагрузки. Например, в спортивных играх количество выстулений достигает 70–85 в год [17].

Такие нагрузки являются мощным фактором мобилизации функциональных резервов организма спортсменов, интенсивной стимуляции адаптационных процессов, направленных на повышение выносливости, силы, скоростных качеств и рост спортивных результа-

тов. С другой стороны, эти нагрузки приводят к большим затратам энергоресурсов, минеральных веществ и витаминов в организме спортсменов и, как следствие, снижению работоспособности, замедлению восстановительных и адаптационных реакций, возможному травматизму и нарушению здоровья.

В ходе тренировочного процесса и соревнований у спортсменов нередко отмечаются повреждения мышц и сухожилий (растяжения, разрывы), иногда болезненность возникает через 1–2 суток после физической нагрузки и носит название феномен долгосрочной оставленной мышечной болезненности (DOMS) (Delayed Onset Muscle Soreness). Поэтому совершенствование системы подготовки спортсменов высшей квалификации в последнее время осуществляется по двум тесно взаимосвязанным направлениям. Первый из них предусматривает оптимизацию применения тренировочных и соревновательных нагрузок, выбор оптимальных тренировочных средств, рационального построения различных структурных компонентов процесса подготовки – тренировочных занятий, микроциклов, периодов, этапов, макроциклов. Второе направление – создание условий, при которых большой объем работы, выполняемый спортсменом, обеспечивает адаптационные перестройки организма, необходимые для достижения высоких спортивных результатов. Эти условия достигаются различными путями: применением широкого круга средств педагогического, медико-биологического и психологического характера, стимулирующие работоспособность спортсменов и восстановительные реакции; планированием подготовки в различных климатических и географических условиях (в первую очередь, в условиях среднегорья и высокогорья), барокамерах и др. Вместе с тем, одним из действенных факторов, который определяет повышение эффективности системы подготовки и спортивные результаты, является рациональное, научно обоснованное питание, в том числе обеспечение организма спортсменов эссенциальными микронутриентами и минорными компонентами пищи, что достигается путем включения в рацион специализированных продуктов, в том числе биологически активных добавок (БАД) [2, 9, 11, 12, 15].

Для восстановления мышечной, соединительной и костной тканей и профилактики их травматизма рекомендуется использовать

различные БАД и фармакологические препараты на их основе, содержащие микроэлемент кремний, учитывая его направленные функциональные свойства [1, 5, 7, 16].

Кремний – один из менее изученных микронутриентов. Относится к числу биогенных микроэлементов, обладает регенерирующей активностью, присутствует в большинстве органов и тканей. Его содержание в организме составляет около 2500 мг, в крови – 0,1–0,6 мг/л, костях – 0,04 %, эмали зубов – 0,03 % от общего количества. Суточная потребность человека – 30 мг [5].

Наибольшее количество соединений кремния находится в соединительной ткани в виде силинолакта, стабилизирующего ее супрамолекулярную структуру. Связанный кремний входит в состав гликозаминогликанов и их белковых комплексов, в частности, коллагена, делая его упругим, эластичным и прочным. Например, содержание оксипролина, входящего в состав проколлагена, зависит от поступления в организм кремния [2, 8, 10, 14].

Кремний – элемент, определяющий свойства гибких структур, соединительной ткани сухожилий, стенок сосудов и желудочно-кишечного тракта, надкостницы, хрящей, синовиальной жидкости суставов. Особо богаты кремнием ногти, волосы, кожа человека. Исходя из этого, имеется информация об участии кремния в обменных процессах соединительной и костной тканей. Отдельные сведения касаются роли микроэлемента в деятельности мышечной ткани, сердца, сосудов, легких, развитии кожных покровов. Принимает участие в сопротивляемости организма к различным неблагоприятным воздействиям внешней среды [5].

Косвенным доказательством значения кремния в формировании соединительной и костной тканей является его роль в адаптивной реакции после перелома кости или разрыва связок, когда концентрация кремния в травмированных тканях возрастает в 50–200 раз с одновременным снижением в крови в 4 раза. Отмечены также уменьшение массы хрящевой ткани, потеря эластичности костей, повышенная ломкость ногтей и волос при дефиците микронутриента. Установлено участие кремния в формировании органической матрицы кости на начальных этапах осификации [5].

Дефицит кремния приводит к нарушению обменных процессов в названных органах и тканях [4, 8, 13, 18].

Недостаток кремния является одной из причин растяжения поперечно-полосатой мышечной и травм хрящевой тканей, обусловленные нарушением синтеза гликозаминогликанов основного вещества хряща и соединительнотканых волокон. Усвоение кремния зависит от формы, в которой он поступает в организм с пищей, наличия других минеральных веществ – синергистов или антогонистов. Целесообразно в этой связи отметить, что значительное количество кремния содержится в растениях: горец птичий, медуница лекарственная, хвощ полевой, пикульник обыкновенный, что открывает перспективы создания новых биологически активных комплексов и продуктов с направленными функциональными свойствами.

Кремниевые кислоты, присутствующие в воде, обладают высокой усвояемостью, быстро всасываются, попадая в кровь, транспортируются к органам и тканям. В жидких средах организма происходит обмен кремния, по мере достижения необходимой концентрации избыток кремния выводится с мочой, его содержание в плазме крови и других биологических жидкостях остается в пределах нормы [4, 8, 13].

Материал и методы. В качестве источника кремния использовали воду минеральную природную питьевую столовую «АРДВИ» негазированную ТУ 9185-004-37881001-12 из источника водозабора скважины № 988, расположенной в 300 метрах юго-восточнее д. Касарги Челябинской области.

Для исследования регенерирующей способности воды сформированы три группы белых крыс-самцов линии Wistar массой 130–160 г по 10 особей в каждой группе. Животные первой группы (контрольной) дополнительно к питьевому режиму получали минеральную воду «АРДВИ». Животным второй опытной группы дополнительно к питьевому режиму вводили внутрь через зонд 25 мл изотонического раствора натрия хлорида ежедневно в течение 14 суток, начиная со второго дня после нанесения раны. Крысам третьей группы – 25 мл воды минеральной природной питьевой столовой «АРДВИ» в аналогичном режиме. Резанную линейную рану длиной 15×15 мм наносили одноразовым скальпелем на выстриженные участки кожи крыс вдоль позвоночника под хлоралгидратным наркозом. Рана оставалась открытой на протяжении всего эксперимента. Каждые два дня расчи-

щивали площадь ран. Животных содержали в клетке по 10 особей в каждой при одинаковых условиях светового, пищевого и температурного режимов. Эксперимент проводили в условиях вивария института ветеринарной медицины Южно-Уральского государственного аграрного университета в соответствии с требованиями нормативных и правовых актов, регламентирующих выполнение исследований по безопасности и эффективности фармакологических веществ в РФ (Приказ МЗ РФ «Об утверждении правил лабораторной практики» № 267 от 19.06.2003 г.) и международных правил правовых и этических норм использования животных. Белые крысы получали общевиварный рацион, рекомендованный Приказом министра здравоохранения СССР № 1179 от 10.10.83 г.

Для исследований влияния воды «АРДВИ» на проявление синдрома долгосрочной оставленной мышечной болезненности сформированы две группы студентов-спортсменов (сборная команда по футболу Южно-Уральского государственного аграрного университета) по 10 человек в каждой. Первая группа – контрольная, студенты которой дополнительно к питьевому режиму принимали питьевую воду в количестве 1 литр ежедневно на протяжении всего эксперимента (21 день), спортсмены второй опытной группы – минеральную воду «АРДВИ» в аналогичном количестве и временном промежутке. Критерием включения спортсменов в исследование являлось их добровольное письменное согласие на участие в эксперименте, предоставление необходимой личной медицинской информации о себе, проживание в общежитии, питание в столовой университета и посещение тренировок по футболу. Критерием исключения – наличие острых инфекционных заболеваний в момент исследования или в течение 30 дней до начала эксперимента, употребление препаратов минеральных веществ. Выбор исследуемых показателей (гормоны: тестостерон, кортизол; активность ферментов: аспартатаминотрансфераза (АСТ), аланинаминотрансфераза (АЛТ) и креатинфосфокиназы (КФК)) основывается на их биологической роли и информативности, позволяющих оценить проявления синдрома долгосрочной оставленной мышечной болезненности.

Исследование показателей проводили по общепринятым методикам. Оценку синдрома мышечной болезненности проводили методом

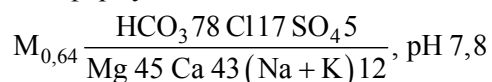
анкетирования. Статистическую обработку экспериментальных данных – с помощью компьютерной программы Statistica 6.0.

Результаты и их обсуждения. Проведены исследования состава кремнийсодержащей воды «АРДВИ».

В табл. 1 представлен химический состав и физико-химические показатели используемого продукта.

Из представленных данных следует, что в ионном составе воды преобладают ионы и катионы магния и кальция, содержание которых характеризуется стабильностью в процессе всего срока годности, величина минерализации изменяется в пределах от 0,51 до 90 г/дм³. Вода идентифицируется как гидрокарбонатная кальциево-магниевая, пресная.

По результатам исследований основной химический состав воды описывается следующей формулой:



Из биологически активных веществ близкой к фармакологически значимой дозе, содержится кремний в виде метакремниевой кислоты в концентрации от 24,7 до 69,0 мг/дм³. Остальные биологически активные компоненты присутствуют в незначительных количествах, мг/дм³: бром – 0,02; фтор – 0,27–0,35; железо – 0,08–0,1; ортоборная кислота – 0,92–2,7; органические кислоты – 2,3–2,97. Вода «АРДВИ» относится к слабощелочной – рН на уровне 7,8. Содержание токсичных элементов и других регламентируемых компонентов (железо, кобальт, барий, цинк, медь, алюминий, никель, селен, ртуть, хром, марганец, свинец, стронций, мышьяк, литий, кадмий, молибден, сурьма, цианиды, нитриты, нитраты, аммоний, фтор, полифосфаты, перманганатная окисляемость) находятся в концентрациях, допустимых для минеральных природных столовых вод и соответствуют требованиям ГОСТ Р 54316-2011 и ТР ТС 021/2011. Радиологические (общая альфа- и бета-радиоактивность), санитарно-токсикологические и санитарно-микробиологические показатели соответствуют норме.

В результате исследований установлено, что введение внутрь белым крысам с резаными ранами природной минеральной воды «АРДВИ» способствует регенерации мягких тканей. Так, площадь раневой поверхности у животных третьей опытной группы через

8, 10, 12 и 14 суток после нанесения раны была меньше на 12,5; 31,0; 36,0 и 64,7 % в сравнении с контролем и составила 112, 60, 32 и 12 мм² соответственно, в то время как у лабораторных животных контрольной группы 128; 87; 50; и 34 мм² (рис. 1).

Проведены исследования по влиянию воды «АРДВИ» на долгосрочную оставленную мышечную болезненность и биохимические показатели крови сборной команды по футболу Южно-Уральского аграрного университета, подтверждающие эффективность применения воды.

В табл. 2 представлен испытуемый гормональный статус спортсменов.

Из данных табл. 2 следует, что содержание тестостерона у спортсменов второй группы составляет 26,3 нмоль/л, что выше на 8,2 % концентрации тестостерона у спортсменов контрольной группы. Увеличение тестостерона свидетельствует о повышении физической работоспособности и снижении утомляемости, ослаблении долгосрочной оставленной мышечной болезненности, что обеспечивает процессы быстрого восстановления после перенесенных физических нагрузок.

Содержание плазменного кортизола у спортсменов второй группы находилось на уровне 425 нмоль/л, что ниже контроля на 12,4 % и свидетельствует о более высокой адаптации спортсменов к тренировкам. Полученные данные подтверждаются расчетом индекса утомления спортсменов который составил в 1 и 2 группах 5,0 и 6,2.

Таким образом, употребление минеральной воды «АРДВИ» спортсменами-футболистами в количестве 1 литра в день в течение 21 дня положительно влияет на восстановление физической активности, что косвенно свидетельствует об ослаблении синдрома оставленной мышечной болезненности.

Изучена активность ферментов аспартаминотрансферазы, аланинаминотрансферазы и креатинфосфокиназы (табл. 3).

На фоне приема спортсменами минеральной воды «АРДВИ» отмечено снижение активности ферментов АСТ и АЛТ на 26,5 и 22,2 % во второй группе по сравнению с контрольной.

Коэффициент де Ригисса у спортсменов этой группы характеризуется как оптимальный и составил 1,33, в первой – на уровне 1,4, что свидетельствует о нагрузке на сердечную мышцу и возможном повреждении мышечной ткани.

Таблица 1
Table 1Химический состав и физико-химические показатели воды «АРДВИ»
Chemical content and physical and chemical properties of ARDVI water

Наименование показателя Parameter	Фактическое значение Actual value	Величина допустимого уровня Acceptablevalue
Катионы / Cations		
Аммоний, мг/дм ³ / Ammonium, mg/dm ³	менее 0,05 / lessthan 0.05	не нормируется / notdefined
Калий + Натрий, мг/дм ³ Potassium + Sodium, mg/dm ³	23,9 ± 6,0	не более 100 / nomorethan 100
Кальций, мг/дм ³ / Calcium, mg/dm ³	76 ± 19	не более 100 / nomorethan 100
Магний, мг/дм ³ / Magnesium, mg/dm ³	49 ± 12	не более 100 / nomorethan 100
Сумма / Total	148,6	
Анионы / Anions		
Бромид, мг/дм ³ / Bromide, mg/dm ³	менее 0,20 / lessthan 0.20	менее 25 / lessthan 25
Гидрокарбонаты, мг/дм ³ Hydrogencarbonate, mg/dm ³	420 ± 84	350–500
Йодид, мг/дм ³ / Iodide, mg/dm ³	менее 0,20 / lessthan 0.20	менее 5 / lessthan 5
Карбонаты, мг/дм ³ / Carbonate, mg/dm ³	менее 1 / lessthan 1	не нормируется / notdefined
Нитриты, мг/дм ³ / Nitrite, mg/dm ³	менее 0,1 / lessthan 0.1	не более 0,1 / nomorethan 0.1
Полифосфаты, мг/дм ³ Polyphosphate, mg/dm ³	0,14 ± 0,04	не нормируется / notdefined
Сульфаты, мг/дм ³ / Sulfate, mg/dm ³	22,4 ± 2,2	не более 100 / nomorethan 100
Фториды, мг/дм ³ / Fluoride, mg/dm ³	0,28 ± 0,10	не нормируется / notdefined
Хлориды, мг/дм ³ / Chloride, mg/dm ³	53 ± 13	не более 150 / nomorethan 150
Нитраты, мг/дм ³ / Nitrate, mg/dm ³	менее 0,1 / lessthan 0.1	не более 50,0 / nomorethan 50.0
Сумма / Total	495,815	
Минерализация / Mineralization	643,6	500–900
Алюминий, мг/дм ³ Aluminium, mg/dm ³	менее 0,01 / lessthan 0.01	не нормируется / notdefined
Барий, мг/дм ³ / Barium, mg/dm ³	0,022 ± 0,007	не более 5,0 / nomorethan 5.0
Водородный показатель, ед. pH Potential of Hydrogen, pH units	7,80 ± 0,20	не нормируется / notdefined
Железо общее, мг/дм ³ Totalferrum, mg/dm ³	менее 0,04 / lessthan 0.04	менее 10,0 / lessthan 10.0
Железо окисное (Fe ³⁺), мг/дм ³ Ferricoxide (Fe ³⁺), mg/dm ³	менее 0,04 / lessthan 0.04	не нормируется / notdefined
Жесткость, мг-экв/дм ³ Hardness, mg-eq/dm ³	7,8 ± 1,2	не нормируется / notdefined
Кобальт, мг/дм ³ / Cobalt, mg/dm ³	менее 0,001 / lessthan 0.001	не нормируется / notdefined
Литий, мг/дм ³ / Lithium, mg/dm ³	0,0040 ± 0,0012	не нормируется / notdefined
Марганец, мг/дм ³ / Manganese, mg/dm ³	менее 0,001 / lessthan 0.001	не нормируется / notdefined
Метакремниевая кислота, мг/дм ³ Metasilicic acid, mg/dm ³	38,1 ± 9,5	не нормируется / notdefined
Молибден, мг/дм ³ Molybdenum, mg/dm ³	менее 0,001 / lessthan 0.001	не нормируется / notdefined
Окисляемость перманганатная, мгО ₂ /дм ³ Permanganateoxidation, mgO ₂ /dm ³	1,1 ± 0,3	не более 10,0 / nomorethan 10.0
Органический углерод, мг/дм ³ Organiccarbon, mg/dm ³	2,3 ± 0,7	менее 5,0 / lessthan 5.0
Ортоборная кислота, мг/дм ³ Orthoboricacid, mg/dm ³	2,7 ± 0,7	менее 35,0 / lessthan 35.0
Селен, мг/дм ³ / Selenium, mg/dm ³	менее 0,002 / lessthan 0.002	не более 0,05 / nomorethan 0.05
Сероводород, мг/дм ³ Hydrogen sulfide, mg/dm ³	менее 0,8 / lessthan 0.8	не нормируется / notdefined
Стронций, мг/дм ³ / Strontium, mg/dm ³	0,032 ± 0,008	не более 25,0 / nomorethan 25.0

Химический состав и физико-химические показатели воды «АРДВИ»
Chemical content and physical and chemical properties of ARDVI water

Наименование показателя Parameter	Фактическое значение Actual value	Величина допустимого уровня Acceptable value
Сурьма, мг/дм ³ / Antimony, mg/dm ³	менее 0,005 / less than 0.005	не более 0,005 / no more than 0.005
Сухой остаток при 180 °С, г/дм ³ Dry residue at 180 °C, g/dm ³	0,45 ± 0,05	не нормируется / not defined
Цианиды, мг/дм ³ / Cyanide, mg/dm ³	менее 0,01 / less than 0.01	не более 0,07 / no more than 0.07
Свинец, мг/дм ³ / Lead, mg/dm ³	менее 0,001 / less than 0.001	не более 0,1 / no more than 0.1
Мышьяк, мг/дм ³ / Arsenic, mg/dm ³	менее 0,005 / less than 0.005	не более 0,05 / no more than 0.05
Кадмий, мг/дм ³ / Cadmium, mg/dm ³	менее 0,0001 / less than 0.0001	не более 0,01 / no more than 0.01
Ртуть, мг/дм ³ / Mercury, mg/dm ³	менее 0,0001 / less than 0.0001	не более 0,005 / no more than 0.005
Медь, мг/дм ³ / Copper, mg/dm ³	0,0012 ± 0,0005	не более 1,0 / no more than 1.0
Никель, мг/дм ³ / Nickel, mg/dm ³	менее 0,001 / less than 0.001	не более 0,02 / no more than 0.02
Хром общий, мг/дм ³ Total chromium, mg/dm ³	менее 0,001 / less than 0.001	не более 0,05 / no more than 0.05
Цинк, мг/дм ³ / Zinc, mg/dm ³	менее 0,001 / less than 0.001	не нормируется / not defined
Двуокись углерода, мг/дм ³ Carbondioxide, mg/dm ³	7,0 ± 2,1	менее 500 / less than 500

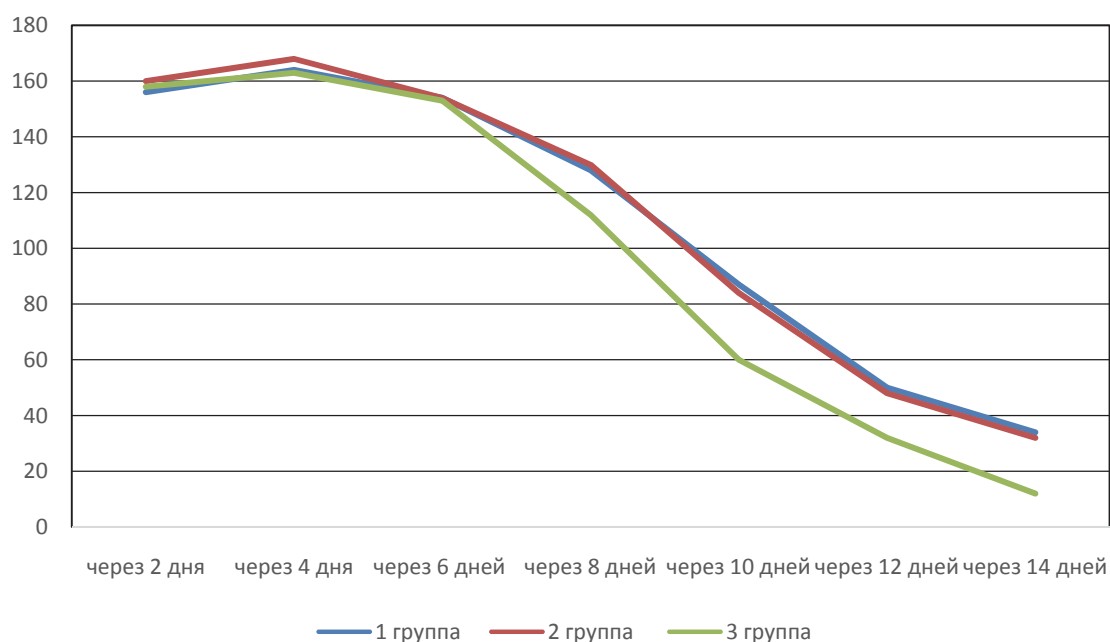


Рис. 1. Динамика площади раневой поверхности у контрольных и опытных групп белых крыс при введении per os минеральной воды «АРДВИ», мм²
Fig. 1. Dynamics of wound area in the control and experimental group of white rats after the oral administration of ARDVI mineral water

Отношение аспаратаминотрансферазы к креатинфосфокиназы (индекс повреждения мышечной ткани) составляет в первой (контрольной) группе 12, во второй – 11. Увеличение этого показателя происходит за счет повышения количества внутриклеточного фермента скелетной ткани КФК135 (ед./л) в контрольной группе спортсменов и является

информацией о повреждении поперечно-полосатой мышечной ткани и наличии болевых симптомов.

Проведено анкетирование спортсменов для оценки синдрома долгосрочной оставленной мышечной болезненности по 10-балльной шкале.

Установлено, что 78 % спортсменов, при-

нимавших воду «АРДВИ» отмечают снижение остаточного болевого мышечного синдрома (с 7 до 3 баллов). Полученные данные согласуются с оценкой биохимических показателей организма спортсменов второй опытной группы. Ослабление оставленной мышечной болезненности в контрольной группе спортсменов не отмечено.

Таким образом, введение белым крысам внутрь через зонд 25 мл воды минеральной природной питьевой столовой «АРДВИ» ежедневно в течение 14 суток, начиная со второго дня после нанесения резаной раны способствует регенерации мышечной ткани и сокращает заживление ран, что свидетельствует о положительном влиянии кремнийсодержащей воды «АРДВИ» на коррекцию обменных процессов. Употребление спортсменами минеральной воды «АРДВИ» в количестве 1 литра ежедневно в течение 21 дня повышает содержание тестостерона на 8,2 %, снижает концентрацию плазменного кортизола на 12,4 %, что является показателем ослабления долгосрочной оставленной мышечной болезненности о более высокой адаптации к тренировкам

и подтверждается расчетом индекса утомления – 6,2. Коэффициент де Ригисса у спортсменов, принимавших воду «АРДВИ», составил 1,33, индекс повреждения мышечной ткани – 11. Полученные результаты свидетельствуют о снижении повреждений поперечно-полосатой мышечной ткани в период тренировок и ослаблении болевых симптомов. Эти данные согласуются с материалами анкетирования: 78 % спортсменов, принимавших воду «АРДВИ» отмечали снижение остаточного болевого мышечного синдрома.

На основании имеющихся литературных данных [3, 5, 6, 16] и полученных нами результатов представлен возможный механизм участия кремния в обменных процессах мышечной, соединительной и костной тканей (рис. 2).

Показано, что кремний может использоваться в качестве конкурентного ингибитора при лечении мышечных дистрофий, блокируя активность ацетилхолинэстеразы, катализирующую реакцию гидролиза ацетилхолина до холина и уксусной кислоты. При этом концентрация субстрата (ацетилхолина) увеличи-

Таблица 2
Table 2

Содержание гормонов плазменного кортизола и тестостерона
в крови спортсменов контрольной и опытных групп через 21 дней с начала проведения эксперимента
Cortisol and testosterone content in the blood samples of athletes from the control and experimental group
after 21 days from the beginning of the experiment

Наименование гормона Hormone	Группа / Group	
	1 (контрольная) 1 (control)	2 (опытная) 2 (experimental)
Тестостерон, нмоль/л / Testosterone, nmol/l	24,3 ± 0,2	26,3 ± 0,1*
Кортизол, нмоль/л / Cortisol, nmol/l	485 ± 4	425 ± 7*
Индекс утомления спортсмена / Fatigueindex	5,0	6,2

Примечание: здесь и далее $p < 0,05$ изменения достоверны относительно лиц, принимавших питьевую воду.

Note: here and further $p < 0,05$ changes are significant in relation to persons receiving drinking water.

Таблица 3
Table 3

Активность ферментов АСТ, АЛТ и КФК, ед/л
Enzyme activity of AST, ALT, CPK, units/l

Наименование показателя Parameter	Группа / Group	
	1 (контрольная) 1 (control)	2 (опытная) 2 (experiment)
АСТ / AST	11,3 ± 0,2	8,3 ± 0,3*
АЛТ / ALT	8,1 ± 0,2	6,3 ± 0,1*
КФК / СРК	135 ± 4	92 ± 6
Коэффициент де Ригиса / AST/ALT ratio (De Ritisratio)	1,4	1,33
КФК/АСТ (индекс повреждения мышечной ткани) СРК/АСТ (muscle tissue damage index)	12	11

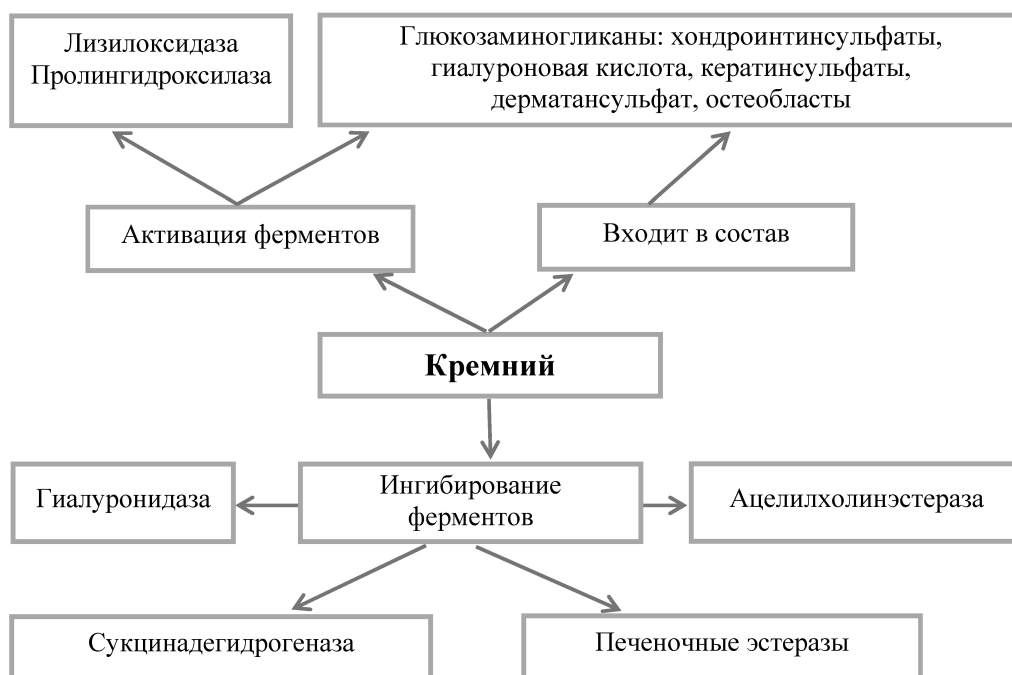


Рис. 2. Возможный механизм участия кремния в обменных процессах мышечной, соединительной и костной тканей
Fig. 2. Possible mechanism of silicon participation in the metabolic processes of muscle, connective and bone tissue

вается и сопровождается усилением проведения нервного импульса, способствующего восстановлению поврежденной мышечной ткани, учитывая свойства ацетилхолина как важнейшего возбуждающего нейромедиатора вегетативной нервной системы.

Установлено действие кремния в качестве неконкурентного ингибитора, когда нарушается взаимодействие субстрата с активным центром фермента, что приводит к снижению скорости ферментативной реакции и проявлению вышеуказанного эффекта в отношении восстановления нарушенных процессов.

Еще одной мишенью для ингибирования является сукцинатдегидрогеназа – один из ферментов цикла трикарбоновых кислот, осуществляющий дегидрирование сукцината до фумарата при участии FAD и FADH₂ в качестве протестической группы фермента. Вторым субстратом в сукцинатдегидрогеназной реакции участвует убихинон. Блокирование активности сукцинатдегидрогеназы приводит к изменению освобождения энергии, аккумулированной в ацетил-CoA и возможному сбою в работе «узловой станции» обмена веществ и энергии в метаболическом котле превращений белков, жиров и углеводов.

Кремний способен также блокировать гиалуронидазу – один из ферментов, который

разрушает полисахаридные цепи глюкозаминогликанов до мономеров.

Микронутриент снижает активность эстераз, относящихся к подклассу ферментов гидролаз, к которым относятся липазы, рибонуклеазы, фосфатазы, фосфолипазы, играющие важную роль в метаболизме липидов, нуклеиновых кислот, нуклеозидов, которые действуют на сложные эфиры карбоновых и тиокарбоновых кислот, моноэфиры фосфорных кислот.

Участие пролингидроксилазы в механизме действия кремния реализуется в обменных процессах мышечной и соединительной тканей опосредовано через влияние фермента на формирование структуры коллагена при сборке коллагеновых фибрилл. Кремний, активизируя лизилоксидазу и пролингидроксилазу, обеспечивает образование более прочных, стабильных коллагеновых волокон и улучшение механических свойств связок и сухожилий, способствуя, тем самым, восстановлению травмированных тканей. Следует отметить обязательное присутствие в этих реакциях аскорбиновой кислоты, играющей роль восстанавливающего агента сохранения активной формы железа при гидроксилировании пролина и лизина.

Реализация функциональных свойств

кремния возможна через глюкозаминогликаны и остеобласты, в состав которых он входит в качестве активного компонента. Известно шесть основных классов глюкозаминогликанов: гиалуровая кислота, хондроитин-4-сульфат (хондроитинсульфат А), хондроитин-6-сульфат (хондроитинсульфат С), дерматансульфат, кератансульфат, гепарансульфат. Целесообразно рассмотреть конкретные направления участия отдельных их представителей в обменных процессах соединительной и костной тканей.

Гиалуроновая кислота – в хряще связана с белком, участвуя в образовании протеогликановых агрегатов, в суставной жидкости выполняет роль смазочного материала, уменьшая трение между суставными поверхностями.

Хондроитинсульфаты – содержатся в хряще, коже, сухожилиях, связках, являются важным составным компонентом агрекана – основного протеогликана хрящевого матрикса, через который и реализуют свою функциональную направленность.

Кератансульфаты – обнаружены в хрящевой ткани, костях и межпозвоночных дисках. Входят в состав агрекана и некоторых малых протеогликанов хрящевого матрикса.

Дерматансульфат – также содержится в малых протеогликанах (бигликана и декорина), межклеточном веществе хрящей, межпозвоночных дисков и менисков.

Заключение. Имеющиеся литературные данные и полученные нами результаты свидетельствуют, что кремний занимает одну из ключевых позиций в обменных процессах соединительной и костной тканей. Знание биохимических механизмов этих превращений является научным основанием для разработки новых видов специализированных продуктов спортивного питания, обогащённых кремнием, и его синергическими нутриентами для профилактики и комплексного лечения возможных патологий при занятиях физической культурой и спортом. Особую актуальность фактор питания приобретает в спорте высших достижений, когда сверхвысокие нагрузки и работа на грани возможностей человеческого организма приводит к частому травматизму соединительной, костной и мышечной тканей.

Перспективным направлением в рассматриваемой области спортивного питания может быть использование воды «АРДВИ», других специализированных продуктов на ее основе с добавлением незаменимых нутриентов

и природного растительного сырья с направленными синергическими свойствами.

Статья выполнена при поддержке Правительства РФ (Постановление № 211 от 16.03.2013 г.), соглашение № 02.А03.21.0011.

Литература

1. Бахарева, А.Е. Первичные результаты лечения язвенного гингивита препаратом силмин / А.Е. Бахарева, Е.В. Бахарева, З.Н. Фокина, М.Г. Воронков // V Всероссийский симпозиум «Строение и реакционная способность кремнийорганических соединений». – Иркутск, 1996. – С. 124.
2. Бельмер, С.В. Микроэлементы и микроэлементозы и их значение в детском возрасте / С.В. Бельмер, Т.В. Гасилина // Вопросы современной педиатрии. – 2008. – Т. 7. – № 6. – С. 91–96.
3. Биохимия / под ред. Е.С. Северина. – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2003. – 784 с.
4. Вапиров, В.В. К вопросу о поведении кремния в природе и его биологической роли / В.В. Вапиров, В.М. Феоктистов, А.А. Венскович, Н.В. Вапиров // Ученые записки Петрозавод. гос. ун-та. Серия «Общественные и гуманитарные науки». – 2017. – № 2. – С. 95–102.
5. Витамины и микроэлементы в клинической фармакологии / под ред. В.А. Тутельяна. – М.: Палея – М., 2001. – 506 с.
6. Жеребцов, Н.А. Биохимия / Н.А. Жеребцов, Т.Н. Попова, В.Г. Артюхов. – Воронеж: Изд. Воронеж. гос. ун-та, 2002. – 696 с.
7. Кизатова, М.Ж. Влияние топинамбура на показатели кремния в продуктах питания / М.Ж. Кизатова, Л.К. Байболова, А.В. Витавская, Ж.С. Набиева и др. // Проблемы современной науки и образования. – 2016. – № 37 (79). – С. 14–19.
8. Климова, Е.В. Анализ биодоступности кремния в продуктах питания (Бельгия) / Е.В. Климова // Экологическая безопасность. – 2011. – № 2. – С. 532.
9. Климова, Е.В. О повышенных потерях макро- и микроэлементов при занятии спортом и целесообразности компенсации биологически активными добавками / Е.В. Климова // Пищевая и перерабатывающая промышленность. – 2010. – № 1. – С. 197.
10. Кролевец, А.А. Кремний – элемент здоровья и молодости // Химия в школе. – 2010. – № 2. – С. 6–9.
11. Латков, Н.Ю. Вопросы питания

в спорте высших достижений: моногр. / Н.Ю. Латков, В.М. Позняковский. – Кемерово: Кемеровский технол. ин-т пищевой пром-сти (ун-т), 2016. – 213 с.

12. Маюрникова, Л.А. Экспертиза специализированных пищевых продуктов. Качество и безопасность / Л.А. Маюрникова, В.М. Позняковский, Б.В. Суханов [и др.]; под общ. ред. В.М. Позняковского. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: ГИОРД, 2016. – 448 с.

13. Патент РФ 2214826 Способ комплексного оздоровления организма / Н.А. Семенова, патентообладатель Н.А. Семенова. – заявл. 27.07.1999.

14. Петченко, В.И. Исследование оценки качества и разработка технологии функционального продукта на мясной основе / В.И. Петченко, А.К. Смагулова, А.А. Айтбаев //

Вестник Алматинского технол. ун-та. – 2016. – № 4. – С. 17–25.

15. Позняковский, В.М. Пищевые ингредиенты и биологически активные добавки / В.М. Позняковский, О.В. Чугунова, М.Ю. Тамова; под общ. ред. проф. В.М. Позняковского. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 143 с.

16. Скальный, А.В. Питание в спорте: макро- и микроэлементы / А.В. Скальный, З.Г. Орджоникидзе, А.Н. Катулин. – М.: Горрод, 2015. – 144 с.

17. Смолянский, Б.Л. Питание спортсменов / Б.Л. Смолянский, Л.С. Шибяева. – М.: Здоровье, 2012. – С. 6.

18. Cheang, K.A. Khor. Bioceramic Powders and coatings by Thermal Spray Techniques / K.A. Cheang // Proceedings of ITSC, Kobe. – 1995. – P. 181–186.

Толмачев Олег Анатольевич, аспирант, Южно-Уральский государственный аграрный университет. 457100, Челябинская область, г. Троицк, ул. Гагарина, 13. E-mail: Vitaly-tolmachev@bk.ru, ORCID: 0000-0003-4532-4375.

Толмачев Виталий Олегович, аспирант, Южно-Уральский государственный аграрный университет. 457100, Челябинская область, г. Троицк, ул. Гагарина, 13. E-mail: Vitaly-tolmachev@bk.ru, ORCID: 0000-0003-5748-4436.

Тихонов Сергей Леонидович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой пищевой инженерии, Уральский государственный экономический университет. 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45. E-mail: tihonov75@bk.ru, ORCID: 0000-0001-8383-1712.

Тихонова Наталья Валерьевна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры пищевой инженерии, Уральский государственный экономический университет». 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45. E-mail: tihonov75@bk.ru, ORCID: 0000-0007-8383-4317.

Позняковский Валерий Михайлович, доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, руководитель научно-образовательного центра пищевых технологий и функционального питания, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. Профессор кафедры технологии питания, Уральский государственный экономический университет. 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45. E-mail: pvm1947@bk.ru, ORCID: 0000-0012-3426-5378.

Поступила в редакцию 15 сентября 2017 г.

INFLUENCE OF SILICON-CONTAINING WATER 'ARDVI' ON WOUND HEALING AND LONG-TERM DELAYED ONSET MUSCLE SORENESS

O.A. Tolmachev¹, Vitaly-tolmachev@bk.ru, ORCID: 0000-0003-4532-4375,
V.O. Tolmachev¹, Vitaly-tolmachev@bk.ru, ORCID: 0000-0003-5748-4436,
S.L. Tichonov², tichonov75@bk.ru, ORCID: 0000-0001-8383-1712,
N.V. Tichonova², tichonov75@bk.ru, ORCID: 0000-0007-8383-4317,
V.M. Poznyakovsky^{2,3}, pvm1947@bk.ru, ORCID: 0000-0012-3426-5378

¹South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russian Federation,

²Ural State Economic University, Ekaterinburg, Russian Federation,

³South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

Aim. The purpose of this study is to investigate the influence of silicon-containing water "ARDVI" on wound healing and long-term delayed onset muscle soreness by means of experiment and on-site observations. **Material and Methods.** As the source of silicon, we used still natural mineral table water "ARDVI", produced according to technical specifications 9185-004-37881001-12 and extracted from well No. 988, located in 300 meters to Southeast from the village of Kasargi in the Chelyabinsk region. In order to study the regenerative capacity of the water we formed three groups of white male rats from Wistar line weighing 130–160 g, each group consisted of 10 animals. **Results.** We gave the characteristic of silicon as an essential nutrient involved in the metabolism of muscle, connective and bone tissues. We studied the chemical composition and physico-chemical parameters of silicon-containing water "ARDVI". The functional properties of this water were studied in experiments on male rats from Wistar line. Animals for 14 days received through the tube 25 ml of mineral natural water "ARDVI" in addition to their drinking regime. To assess the regenerative properties of this water we inflicted cut wound on the shaved skin of rats from the experimental group and calculated its area during the whole experiment. Based on the study of the dynamics of wound surface area in animals from control and experimental groups, we made a conclusion on the influence of "ARDVI" water on the regeneration of soft tissues. We studied water effect on restoration of the physical activity of athletes-football players and their enzymatic status. We registered the reduction of the syndrome of long-term delayed onset muscle soreness, which indicates the positive impact on the syndrome of long-term delayed onset muscle soreness, confirmed by the indexes of fatigue and muscle tissue damage, as well as by De Ritis ratio. **Conclusions.** The use of natural mineral water "ARDVI" is important for the correction of the metabolic processes of muscle, connective and bone tissues, as well as for the prevention and complex treatment of possible pathologies connected with physical culture and sports. The water studied may be used as the basis for the development of other specialized sports nutrition products with essential nutrients and natural plant material with unidirectional functional properties.

Keywords: silicon-containing water, soft tissue regeneration, long-term delayed onset muscle soreness, efficiency, functional orientation.

The work was supported by Act 211 Government of the Russian Federation, contract № 02.A03.21.0011.

References

1. Bakhareva A.E., Bakhareva E.V., Fokina Z.N., Voronkov M.G. [Primary Results of Treatment of Ulcerative Gingivitis with Silymin Preparation]. *V Vserossiyskiy simpozium "Stroenie i reaktivnaya sposobnost' kremniy organicheskikh soedineniy"* [V All-Russian Symposium Structure and Reactivity of Silicon Organic Compounds], 1996, p. 124.
2. Bel'mer S.V., Gasilina T.V. [Microelements and Microelements and Their Significance in Childhood]. *Voprosy sovremennoy pediatrii* [Issues of Modern Pediatrics], 2008, vol. 7, no. 6, pp. 91–96. (in Russ.)

3. Severina E.S. *Biokhimiya* [Biochemistry]. Moscow, GEOTAR – MED Publ., 2003. 784 p.
4. Vapirova V.V., Feoktistov V.M., Venskovich A.A., Vdpirova N.V. [On the Behavior of Silicon in Nature and Its Biological Role]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Obshchestvennye i gumanitarnye nauki* [Scientific Notes of Petrozavodsk State University. Ser. Social and Human Sciences], 2017, no. 2, pp. 95–102. (in Russ.)
5. Tutel'yana V.A. *Vitaminy i mikroelementy v klinicheskoy farmakologii* [Vitamins and Microelements in Clinical Pharmacology]. Moscow, Palea Publ., 2001. 506 p.
6. Zherebtsov N.A., Popova T.N., Artyukhov V.G. *Biokhimiya* [Biochemistry]. Voronezh, Voronezh State University Publ., 2002. 696 p.
7. Kizatova M.Zh., Baybolova L.K., Vitavskaya A.V., Nabieva Zh.S. [The Influence of Jerusalem Artichoke on the Parameters of Silicon in Good Products]. *Problemy sovremennoy nauki i obrazovaniya* [Problems of Modern Science and Education], 2016, no. 37 (79), pp. 14–19. (in Russ.)
8. Klimova E.V. [Analysis of the Bioavailability of Silicon in Food (Belgium)]. *Ekologicheskaya bezopasnost'* [Ecological Safety], 2011, no. 2, p. 532. (in Russ.)
9. Klimova E.V. [On the Increased Losses of Macro- and Microelements in Sports and the Expediency of Compensating with Biologically Active Additives]. *Pishchevaya i pererabatyvayushchaya promyshlennost'* [Food and Processing Industry], 2010, no. 1, p. 197. (in Russ.)
10. Krolevets A.A. [Silicon is an Element of Health and Youth]. *Khimiya v shkole* [Chemistry in School], 2010, no. 2, pp. 6–9. (in Russ.)
11. Latkov N.Yu., Poznyakovskiy V.M. *Voprosy pitaniya v sporte vysshikh dostizheniy: monografiya* [Nutrition Issues in the Sport of Higher Achievements. Monograph]. Kemerovo, Kemerovo Technological Institute of Food Industry University Publ., 2016. 213 p.
12. Mayurnikova L.A., Poznyakovskiy V.M., Sukhanov B.V. *Ekspertiza spetsializirovannykh pishchevykh produktov. Kachestvo i bezopasnost'* [Expertise of Specialized Food Products. Quality and Safety]. 2nd ed. St. Petersburg, 2016. 448 p.
13. Semenova N.A. *Sposob kompleksnogo ozdorovleniya organizma* [A Method of Complex Improvement of an Organism]. Patent RF, no. 2214826, 1999.
14. Petchenko V.I., Smagulova A.K., Aytbaev A.A. [A Study of Quality Assessment and the Development of Technology for a Functional Product on a Meat Basis]. *Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Almaty Technological University], 2016, no. 4, pp. 17–25. (in Russ.)
15. Poznyakovskiy V.M., Chugunova O.V., Tamova M.Yu. *Pishchevye ingredienty i biologicheski aktivnye dobavki* [Food Ingredients and Biologically Active Additives]. Moscow, INFRA-M Publ., 2017. 143 p.
16. Skal'nyy A.V., Ordzhonikidze Z.G., Katulin A.N. *Pitanie v sporte: makro- i mikroelementy* [Nutrition in Sports. Macro and Microelements]. Moscow, City Publ., 2015. 144 p.
17. Smolyanskiy B.L., Shibaeva L.S. *Pitanie sportsmenov* [Nutrition Athletes]. Moscow, Health Publ., 2012, p. 6.
18. Cheang K.A. Khor. Bioceramic Powders and Coatings by Thermal Spray Techniques. *Proceedings of ITSC*, Kobe. 1995, pp. 181–186.

Received 15 September 2017

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Влияние кремнийсодержащей воды «АРДВИ» на регенерацию мягких тканей и долгосрочную оставленную мышечную болезненность / О.А. Толмачев, В.О. Толмачев, С.Л. Тихонов и др. // Человек. Спорт. Медицина. – 2017. – Т. 17, № 5. – С. 73–84. DOI: 10.14529/hsm17s08

FOR CITATION

Tolmachev O.A., Tolmachev V.O., Tichonov S.L., Tichonova N.V., Poznyakovskiy V.M. Influence of Silicon-Containing Water 'ARDVI' on Wound Healing and Long-Term Delayed Onset Muscle Soreness. *Human. Sport. Medicine*, 2017, vol. 17, no. 5, pp. 73–84. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm17s08