

ОСОБЕННОСТИ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СТАТУСА ПОДРОСТКОВ Г. МАГАДАНА С РАЗНЫМ ТИПОМ САМОРЕГУЛЯЦИИ КРОВООБРАЩЕНИЯ

© Карандашева В.О., Луговая Е.А.

Научно-исследовательский центр «Арктика» Дальневосточного отделения Российской академии наук (НИЦ «Арктика» ДВО РАН)

Россия, 685000, Магаданская область, г. Магадан, пр. Карла Маркса, д. 24

Цель – установление взаимосвязей между содержанием макро- и микроэлементов и параметрами сердечно-сосудистой системы с разными типами саморегуляции кровообращения системы у лиц мужского пола г. Магадана.

Материалы и методы. Методом случайной выборки обследовано 57 подростков (средний возраст $16,2 \pm 0,75$ лет) студентов Магаданского политехнического техникума и на базе детско-юношеской спортивной школы г. Магадана в 2019 году. У подростков в сидячем положении в состоянии покоя измеряли показатели кардиогемодинамики с помощью метода объемной компрессионной осциллометрии. Для этого использовали комплекс аппаратно-программного оборудования для неинвазивного изучения центральной гемодинамики. Для оценки микроэlementного статуса организма использовали пробы волос с затылочной части головы. Было определено содержание 25 химических элементов.

Результаты. Установлено, что наибольшие значения таких функциональных показателей сердечно-сосудистой системы, как САД, ДАД, УО, УИ, ОСВ, МСЛЖ, ПСС, характерны для лиц с сосудистым ТСК. Наименьшие значения характерны для лиц с сердечным ТСК. Подростки с сердечно-сосудистым ТСК по значению показателей занимают промежуточное положение. Исследование средних значений содержания макро- и микроэлементов в волосах подростков показало значимые различия таких эссенциальных и условно эссенциальных химических элементов, как калий (К), натрий (Na), медь (Cu), хром (Cr), ванадий (V). Наибольшее содержание этих элементов отмечается в группе с сердечно-сосудистым ТСК, в то время как в группе с сосудистым ТСК их концентрация минимальна. Корреляционный анализ микроэlementного состава выявил у лиц с сосудистым типом ТСК 17 достоверных связей между показателями, у лиц с сердечно-сосудистым типом ТСК – 14 связей. В группе с сердечным типом ТСК значимые корреляционные зависимости не зафиксированы.

Заключение. По итогам проведенной работы были установлены значимые прямые и обратные корреляционные связи между содержанием макро-, микроэлементов и типами саморегуляции кровообращения у подростков г. Магадана. Общее число корреляционных связей свидетельствует о большой чувствительности сердечно-сосудистой системы сосудистого ТСК к дисбалансу макро- и микроэлементов, что свидетельствует о наиболее устойчивом функционировании сердечно-сосудистой системы у подростков с данным типом ТСК.

Ключевые слова: подростки; север; тип саморегуляции кровообращения; макро- и микроэлементы; волосы.

Карандашева Виктория Олеговна – мл. науч. сотрудник, НИЦ «Арктика» ДВО РАН, г. Магадан. ORCID ID: 0000-0001-5367-6600. E-mail: Karan-dasheva@yandex.ru (автор, ответственный за переписку)

Луговая Елена Александровна – канд. биол. наук, доцент, директор, НИЦ «Арктика» ДВО РАН, г. Магадан. ORCID ID: 0000-0002-6583-4175. E-mail: elena_plant@mail.ru

Одним из основных критериев оценки здоровья и адаптивно-приспособительных реакций организма человека является функциональность сердечно-сосудистой системы [1]. Система кровообращения человека – это сложная и хорошо организованная система, которая обеспечивает движение крови по организму и поддерживает работу всех органов и тканей [2-4]. В этом контексте важную роль играют микро- и макроэлементы, необходимые для нормального функционирования организма в определенных количествах [5]. Они участвуют в различных биохимических процессах, касающихся как сердца, так и сосудов. В последнее время значительно увеличился интерес к исследованию влияния химических элементов на развитие различных заболеваний, включая сердечно-сосудистые. Микро- и макроэлементы могут выступать в качестве биологических катализаторов, входя в состав ферментов и обеспечивая стабильность молекул белков. Однако, если их концентрация превы-

шает допустимые нормы, элементы могут накапливаться в организме, что приводит к нежелательным последствиям [6-7]. Таким образом, как дефицит, так и избыток элементов могут вызвать нарушения в работе организма. Учитывая сложный и многофакторный характер патогенеза сердечно-сосудистых заболеваний, можно предположить, что существует связь между уровнем микроэлементов в организме и вероятностью их возникновения [8-9]. Большинство исследований подчеркивает потребность в изучении и установлении связи между микроэlementным составом и развитием сердечно-сосудистых патологий в связи с высоким уровнем заболеваемости и смертности от болезней сердечно-сосудистой системы [10-13].

Научные данные показывают, что микроэлементы могут выступать в качестве значимых факторов риска развития таких серьезных заболеваний, как: коронарная болезнь сердца, инфаркт миокарда [11-13]. Более того, различные

химические элементы могут быть использованы не только в лечении сердечно-сосудистых заболеваний, но и при заболеваниях, тесно связанных с их осложнениями. Негативные факторы внешней среды оказывают существенное влияние на механизмы дизадаптации организма и развитие патологических процессов. Дисбаланс химических элементов в экосистеме, включая дефицит, избыток и токсическое воздействие, является критическим фактором в этиологии и патогенезе различных заболеваний. Проблема микроэлементозов широко распространена в России, особенно в промышленных районах и зонах экологического бедствия. Некоторые территории, включая районы Европейского Севера, характеризуются неравномерным содержанием химических элементов в природной среде [14, 15]. Например, недостаток селена и магния, встречающийся в некоторых регионах России, ассоциируется с повышенным риском развития сердечно-сосудистых заболеваний. Эти элементы играют жизненно важную роль в антиоксидантной защите клеток, что, в свою очередь, защищает сосудистую стенку от повреждений и воспалительных процессов. Кальций и магний играют ключевую роль в поддержании артериального давления, и их недостаток или дисбаланс могут способствовать развитию сердечно-сосудистых заболеваний, включая гипертонию [15-17]. Калий, например, способствует регуляции сердечного ритма, предотвращая аритмии, тогда как магний отвечает за расслабление мышц, включая сердечную, улучшая кровообращение. Железо, являющееся основным компонентом гемоглобина, критически важно для осуществления кислородного обмена, а цинк и медь вовлечены в антиоксидантные процессы, защищая сердечно-сосудистую систему от окислительного стресса. Медь является одним из важнейших микроэлементов, необходимых для нормального функционирования организма человека. Она широко распространена в природе и является кофактором для более 30 различных ферментов. Особенно важно отметить, что недостаток меди является актуальной проблемой для жителей многих регионов России, включая Крайний Север. При нарушении баланса меди в организме возникают различные заболевания, такие как анемия, артрит, диабет и др. Недостаток меди может привести к систолической и диастолической дисфункции, а также к гистопатологическим изменениям. Уровень меди в крови напрямую связан с частотой сердечных сокращений. У пациентов с хронической сердечной недостаточностью концентрация меди в крови выше при более тяжелом течении болезни [18]. Исследования показывают связь между уровнем артериального давления и концентрацией меди и магния, а также их соот-

ношением в организме. При более высоком систолическом давлении отмечается снижение уровня меди. Восполнение недостатка меди в питании может способствовать улучшению состояния сердечной недостаточности при кардиомиопатии [15, 17, 19, 20].

Таким образом, своевременное поступление этих микроэлементов в организм через сбалансированное питание способствует поддержанию здоровья сердца и сосудов, предупреждая развитие различных заболеваний, таких как гипертония и атеросклероз. Это подчеркивает необходимость регулярного контроля за уровнем микроэлементов в рационе для улучшения качества жизни. Научные исследования демонстрируют, что оптимизация уровня микроэлементов может служить не только профилактической мерой, но и дополнением к основным методам лечения сердечно-сосудистых заболеваний. Введение в рацион питания продуктов, богатых необходимыми элементами, а также использование биодобавок с учетом индивидуальных особенностей организма могут оказать позитивное влияние на здоровье сердечно-сосудистой системы [21, 22].

Необходимо также акцентировать внимание на важности экологического мониторинга. Учитывая негативное влияние загрязнения окружающей среды на баланс микроэлементов, создание программ по контролю за качеством воздуха и воды может способствовать улучшению здоровья населения и снижению заболеваемости. Таким образом, комплексный подход к исследованию и коррекции микроэлементного состава организма станет залогом успешной борьбы с сердечно-сосудистыми заболеваниями.

В связи с этим целью и задачей настоящей работы явилось установление взаимосвязей между содержанием макро- и микроэлементов и параметрами сердечно-сосудистой системы с разными типами саморегуляции кровообращения системы у лиц мужского пола г. Магадана.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Одномоментное исследование состояния кардиогемодинамики и микроэлементного статуса проведено у практически здоровых лиц мужского пола – студентов Магаданского политехнического техникума и на базе детско-юношеской спортивной школы г. Магадана в 2019 году. Исследование проводилось в первой половине дня в помещении с благоприятными температурными условиями. В общей сложности было обследовано 57 юношей, средний возраст которых составил 16,2±0,75 года.

В ходе исследования у подростков измеряли длину тела (ДТ, см) и массу тела (МТ, кг) с по-

мощью стандартных методов. Показатели работы сердечно-сосудистой системы определяли у подростков в состоянии покоя, когда они сидели. Для этого использовали метод объемной компрессионной осциллометрии с применением комплекса аппаратно-программного неинвазивного исследования центральной гемодинамики (КАП ЦГосм «Глобус», г. Белгород). Уровни артериального давления у подростков оценивали с учетом пола, возраста и семи ростовых перцентильных категорий в соответствии с рекомендациями экспертов ВНОК и Ассоциации детских кардиологов РФ (2003 г.) [23]. В ходе исследования были зафиксированы прямые и расчетные показатели, характеризующие работу центральной и периферической гемодинамики. Среди них: систолическое артериальное давление (САД) и диастолическое артериальное давление (ДАД) в миллиметрах ртутного столба; частота сердечных сокращений (ЧСС) в ударах в минуту; сердечный выброс (СВ) в литрах в минуту; ударный объем (УО) в миллилитрах; мощность сокращения левого желудочка (МСЛЖ) в ваттах; расход энергии на перемещение одного литра сердечного выброса в минуту (РЭ) в ваттах; общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС) в дин. с см⁻⁵; удельное периферическое сопротивление сосудов (УПСС) в условных единицах; скорость пульсовой волны (СПВ) в сантиметрах в секунду; податливость сосудистой системы (ПСС) в миллилитрах на миллиметр ртутного столба; сердечный индекс (СИ) в литрах в минуту на квадратный метр; объемная скорость выброса (ОСВ) в миллилитрах в секунду; ударный индекс (УИ) в миллилитрах на квадратный метр; скорость кровотока линейная (СКЛИН) в сантиметрах в секунду; тип саморегуляции кровообращения (ТСК) в условных единицах. Индекс ТСК от 90 до 110 указывает на сердечно-сосудистый тип саморегуляции кровообращения. Если ТСК больше 110, это сосудистый тип, если меньше 90 – сердечный. На основе полученных данных был рассчитан вегетативный индекс Кердо (ВИК) по формуле: $\text{ВИК} = (1 - \text{ДАД} / \text{ЧСС}) \times 100$.

Для оценки микроэлементного статуса организма использовали пробы волос с затылочной части головы непосредственно от корня волос, которые состригали в нескольких местах. Волосы, как важный биологический субстрат, служат интегральным индикатором метаболических процессов и минерального обмена в организме человека. В этом контексте исследование микроэлементного состава волос представляет собой значимый дополнительный метод диагностики, позволяющий оценить состояние внутренней среды организма, а также выявить потенциальные воздействия внешней экологической обстановки.

Анализ волос предоставляет ценную информацию о накоплении и распределении эссенциальных и токсичных микроэлементов, что способствует более глубокому пониманию патофизиологических процессов и экологических факторов, влияющих на здоровье человека [24-25]. Пробы волос помещали в бумажные конверты и сопровождали анкетой обследуемого лица с указанием всех индивидуальных данных. В волосах подростков определяли содержание 25 макро- и микроэлементов: алюминия (Al), мышьяка (As), бора (B), бериллия (Be), кальция (Ca), кадмия (Cd), кобальта (Co), хрома (Cr), меди (Cu), железа (Fe), ртути (Hg), йода (I), калия (K), лития (Li), магния (Mg), марганца (Mn), натрия (Na), никеля (Ni), фосфора (P), свинца (Pb), селена (Se), кремния (Si), олова (Sn), ванадия (V), цинка (Zn). Лабораторную часть исследования выполняли в ООО «Микронутриенты» (г. Москва) с использованием методов атомной эмиссионной спектроскопии (АЭС-ИСП) и масс-спектрометрии (МС-ИСП) с индуктивно связанной аргонной плазмой согласно МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03 «Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрией» на приборах Optima 2000 DV, ELAN 9000 (Perkin Elmer Corp., США), Agilent 8900 ICP-MS, с анализом и интерпретацией данных по «Методу доктора Скального®» (метод зарегистрирован в РАО, свидетельство № 2471 от 06 ноября 1997 г.).

Показатель степени адаптированности элементной системы организма к условиям окружающей среды (А) на фоне низко-нормального и высоко-нормального уровня сыровоточного тиреотропного гормона рассчитывали на основе значений коэффициентов корреляции, определенных с помощью ранговой корреляции Спирмена, с использованием формулы:

$$A = \frac{n \cdot \sum K_k}{N}$$

где А – степень адаптированности в усл. ед., n – количество корреляционных связей между элементами с коэффициентом корреляции 0,5 и более, $\sum K_k$ – сумма коэффициентов корреляции без учета знака, N – число микроэлементов, объединенных в плеяды [26].

Для статистической обработки данных, полученных в ходе исследования, были использованы специализированные программные инструменты. В частности, применялись стандартные функции Microsoft Excel 2007, а также пакет прикладных статистических программ StatSoft Statistica 6.0, который позволяет проводить комплексный анализ данных с высокой

степенью точности. В процессе обработки были вычислены ключевые статистические показатели, включая средние значения (M), стандартные ошибки ($\pm m$) и стандартные отклонения ($\pm \sigma$), что позволило получить объективную оценку исследуемых параметров. Для определения статистической значимости различий между выборками применялся t -критерий Стьюдента для независимых выборок. Данный метод является классическим инструментом в статистическом анализе и позволяет оценить достоверность различий между средними значениями двух выборок при условии их нормального распределения. Это обеспечило высокую надежность и достоверность полученных результатов, что является критически важным для интерпретации данных и формирования выводов исследования. Статистически значимым принимали уровень различий при $p < 0,05$. Для определения тесноты связи (0,7-0,9) между изучаемыми признаками проводили вычисление коэффициента корреляции Пирсона (r). Степень значимости корреляции вычисляли по значению коэффициента Стьюдента $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Тип саморегуляции кровообращения является одним из наиболее информативных интегральных показателей, объективно отражающих адаптационные возможности организма в ответ на различные неблагоприятные воздействия внутренней и внешней среды. В рамках нормальной физиологии существуют три основных типа саморегуляции кровообращения (ТСК): сердечный, сосудистый и сердечно-сосудистый. Эти типы позволяют количественно оценить уровень регуляторного напряжения сердечно-сосудистой системы (ССС), что является ключевым для диагностики и прогнозирования функциональных резервов организма.

В ходе исследования мы обнаружили значительные различия в антропометрических и гемодинамических показателях у подростков Магадана с разными типами саморегуляции кровообращения. Было установлено, что подростки с сосудистым типом саморегуляции кровообращения имеют наиболее высокие значения таких показателей сердечно-сосудистой системы, как систолическое артериальное давление (САД), диастолическое артериальное давление (ДАД), ударный объем (УО), ударный индекс (УИ), объемная скорость кровотока (ОСВ), минутный сердечный выброс (МСЛЖ) и периферическое сосудистое сопротивление (ПСС). Подростки с сердечным типом саморегуляции кровообращения имеют наиболее низкие значения этих показателей. Подростки с сердечно-сосудистым

типом саморегуляции кровообращения занимают промежуточное положение по значениям этих показателей. В то же время подростки с сердечным типом саморегуляции кровообращения имеют наиболее высокие значения частоты сердечных сокращений (ЧСС), скорости пульсовой волны (СПВ) и вегетативного индекса Кердо (ВИК), а подростки с сосудистым типом саморегуляции — наиболее низкие значения этих показателей. Статистически значимые различия между подростками с разными типами саморегуляции кровообращения по исследуемым показателям представлены в таблице 1.

Были определены среднегрупповые показатели содержания макро- и микроэлементов в волосах подростков исследуемых групп с разными типами кровообращения. Анализ показал значимые различия таких эссенциальных и условно эссенциальных химических элементов, как калий (K), натрий (Na), медь (Cu), хром (Cr), ванадий (V). Как видно из таблицы 2, наибольшая концентрация этих микроэлементов наблюдается у лиц с сердечно-сосудистым ТСК. Наименьшая концентрация характерна для лиц с сосудистым ТСК.

На рисунке 1 показано количество лиц в исследуемых группах, имеющих дефицит или избыток данных химических элементов в организме. В целом, нами выявлен дисбаланс, характерный для жителей Магаданской области [27, 28]. Пониженное содержание меди, калия и натрия обнаружено у подростков с сердечным ТСК. У лиц с сердечнососудистым и сосудистым типами ТСК наблюдается избыток рассматриваемых элементов.

Дефицит эссенциальных элементов в организме может быть обусловлен рядом причин. К причинам дефицита меди относят недоедание, различные диеты, анорексия, нарушения усвоения в ЖКТ, генетические заболевания, стрессовые ситуации, большие физические нагрузки. Избыток меди возможен при поступлении металла в организм из окружающей среды [29]. Калий, натрий и хлор являются электролитами в организме, обеспечивающие нервную проводимость, сокращение мышц, баланс жидкости, кислотно-щелочного баланса, и изменения этого баланса в ту или иную сторону приводят к дефициту или избытку электролитов. Известно, что избыток ванадия ингибирует образование холестерина, а также некоторых аминокислот и белков. Ванадий можно обнаружить в воде, воздухе, почве, песках, растениях и живых организмах. В производственной среде он проникает в организм человека в виде пыли или паров, главным образом через дыхательные пути. Возможно также его проникновение через кожу и слизистую оболочку глаз. Также не стоит забывать, что избытку или дефициту тех

Таблица 1

Table 1

Морфофункциональные показатели у юношей г. Магадана с разным типом саморегуляции кровообращения (M±m)

Morphofunctional parameters in Magadan young men with different types of circulatory self-regulation (M ± m)

Показатели Indicators	Тип саморегуляции кровообращения Type of self-regulation of blood circulation			p<0,05
	Сердечно-сосудистый cardiovascular	сердечный cordial	сосудистый vascular	
	n=20	n=20	n=17	
ДТ, см DT, cm	169.67±2.77	165.75±2.13	177.50±1.67	1-2, 1-3, 2-3
МТ, кг MT, kg	59.89±2.41	54.86±2.12	76.50±1.64	1-2, 1-3, 2-3
САД, мм рт. ст. SBP, mm.Hg	114.67±3.02	105.77±2.01	111.5±2.99	1-2
ДАД, мм рт.ст. DBP, mm.Hg	67.78±2.48	59.27±1.13	64.50±2.40	1-2
ЧСС, уд/мин. HR, bpm	68.33±2.10	82.18±1.75	56.75±2.02	1-2, 1-3, 2-3
СВ, л/мин. SW, l/min	5.22±0.48	4.94±0.21	5.73±0.38	-
СИ, л/мин. кв. м SI, l/min sq.m	3.07±0.17	3.07±0.08	2.95±0.19	-
УО, мл UO, ml	77.67±4.99	60.95±2.75	101.75±5.23	1-2, 1-3, 2-3
УИ, мл/кв. м UI, ml/sq.m	45.89±3.51	37.93±1.19	52.75±4.74	1-2, 2-3
ОСВ, мл/с OSV, ml/s	265.56±15.14	221.57±8.63	331.5±10.56	1-2, 1-3, 2-3
МСЛЖ, Вт MLZH, W	2.80±0.29	2.22±0.12	3.43±0.37	2-3
РЭ, Вт RE, W	10.43±0.36	9.88±0.28	10.33±0.53	-
СКЛИН, см/с SKLIN, cm/s	36.67±1.27	39.14±0.72	36.25±2.32	-
СПВ, см/с SPV, cm/s	890.0±20.93	861.68±18.62	914.25±21.34	-
ПСС, мл/мм рт. ст. PSS, ml/mm.Hg	1.64±0.12	1.25±0.04	2.12±0.11	-
ОПСС, дин. *с*см ⁻⁵ OPSS, dyne *s*cm ⁻⁵	1309.0±52.26	1292.18±64.63	1092.25±63.37	1-3, 2-3
УПСС, усл.ед. UPSS, rel. un.	26.22±1.28	24.52±0.67	26,5±1.66	-
ВИК, усл.ед. VIK, rel. un.	0.39±1.92	27.14±1.50	-13.65±0.99	1-2, 1-3, 2-3

или иных элементов могут способствовать минералы или витамины – антагонисты. [30-31]. Анализ взаимосвязи между параметрами работы сердечно-сосудистой системы и различными моделями саморегуляции кровообращения с учетом содержания макро- и микроэлементов в волосах подростков показал следующие результаты (табл. 3). Для Си выявлена высокая достоверная обратная корреляционная связь между систолическим артериальным давлением у лиц с сердечно-сосудистым ТСК ($r=-0,77$) и диасто-

лическим артериальным давлением у лиц с сосудистым ТСК ($r=-0,93$). Функциональная значимость меди в регуляции АД заключается в ее способности влиять на синтез оксида азота и укрепление сосудистой системы [16-17]. Медь демонстрирует высокую корреляцию с параметрами сердечной (СВ, СИ, УО, УИ, ОСВ, МСЛЖ, РЭ) и сосудистой (СПВ, ПСС, ОПСС, УПСС) систем у подростков с сердечно-сосудистым типом системного кровообращения (ТСК).

Таблица 2

Table 2

Содержание химических элементов в волосах (мкг/г) подростков г. Магадана с разным типом саморегуляции кровообращения ($M \pm m$)

The content of chemical elements in the hair (mcg/g) of Magadan adolescents with different types of circulatory self-regulation ($M \pm m$)

Элемент Element	Тип саморегуляции кровообращения Type of self-regulation of blood circulation			p<0,05
	Сердечно-сосудистый cardiovascular	сердечный cordial	сосудистый vascular	
	n = 20	n = 20	n = 17	
Калий (K)	586.68±82.07	282.51±54.10	93.18±29.83	1-2, 1-3, 2-3
Натрий (Na)	719.78±88.81	340.16±53.09	175.50±32.18	1-2, 1-3, 2-3
Медь (Cu)	22.70±3.24	21.16±1.01	9.91±0.62	1-3, 2-3
Хром (Cr)	0.38±0.02	0.36±0.01	0.33±0.01	1-3, 2-3
Ванадий (V)	0.13±0.01	0.12±0.01	0.09±0.01	1-3, 2-3

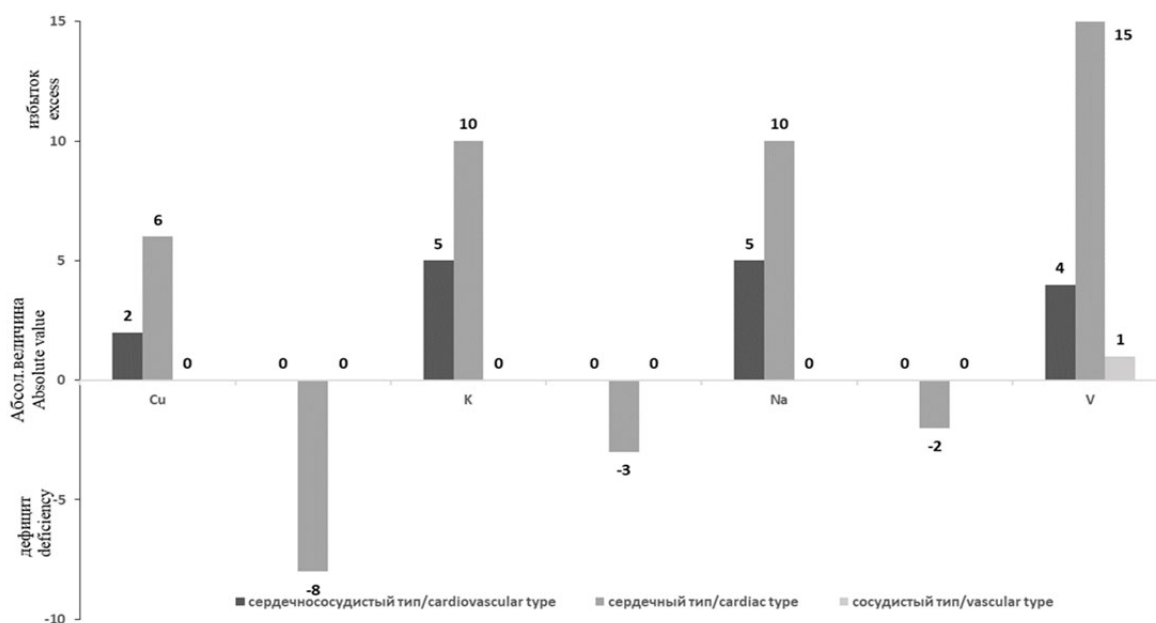


Рис. 1. Избыток и недостаток макро- и микроэлементов у подростков г. Магадана с разными типами саморегуляции кровообращения.

Fig. 1. Excess and lack of macro- and microelements in Magadan adolescents with different types of circulatory self-regulation.

Аналогичная корреляция отмечается у подростков с сосудистым ТСК в отношении показателей сосудистой системы (СКЛИН, ПСС).

Это может свидетельствовать о значительном влиянии меди на параметры сердечно-сосудистой деятельности, в частности на поддержание нормального функционирования сосудистой системы.

В рамках исследования было обнаружено значительное количество корреляционных связей между концентрациями калия и натрия в группе субъектов с сосудистым типом саморегуляции кровообращения. Данная закономерность свидетельствует о сложной и многогранной взаимосвязи электролитных компонентов и механизмов сосудистой регуляции, что имеет важное значение для понимания патофизиологических процессов и разработки эффективных терапевтических стратегий в кардиологии. Ис-

следования показывают, что высокий уровень K и Na в организме может влиять на сосудистый тип регуляции кровообращения, делая сосуды более эластичными, что способствует эффективной работе сердца и кровеносной системы [32].

Наличие тесных связей Cr с показателями сосудистой ТСК указывает на его способность влиять на сосудистый тонус и проходимость кровеносных сосудов, отсюда и регуляцию артериального давления [33]. Одно из основных значений V в организме связано с его способностью улучшать функционирование эндотелия сосудов, тем самым способствуя нормализации артериального давления, улучшает кровообращение и регулирует уровень глюкозы в крови, способен улучшать сосудистую реакцию на различные стрессы [34]. В нашем исследовании больше всего высоких связей ванадия обнару-

Таблица 3

Table 3

Корреляционные связи между показателями сердечно-сосудистой системы с разными типами саморегуляции кровообращения и содержанием макро- и микроэлементов в волосах у подростков г. Магадана

Correlations between cardiovascular parameters with different types of circulatory self-regulation and the content of macro- and micro-elements in the hair of adolescents in Magadan

Показатели Indicators	Cu	K	Na	Cr	V	Cu	K	Na	Cr	V	Cu	K	Na	Cr	V
	Сердечно-сосудистый тип cardiovascular type					сердечный тип cardiac type					сосудистый тип vascular type				
САД	-0.77	-0.34	-0.27	0.14	-0.21	0.05	-0.10	-0.13	0.16	0.06	0.32	0.53	0.22	-0.83	0.46
ДАД	-0.16	0.45	0.47	-0.48	0.40	-0.10	0.18	0.30	0.03	0.35	-0.93	-0.42	-0.08	0.46	-0.54
СВ	-0.96	-0.05	0.03	0.23	-0.05	-0.07	-0.13	-0.16	0.19	-0.16	-0.24	0.63	0.51	-0.55	0.47
СИ	-0.87	-0.34	-0.33	0.13	-0.26	-0.11	-0.17	-0.22	0.20	-0.07	-0.03	0.75	0.58	-0.55	0.63
УО	-0.90	-0.22	-0.16	0.49	-0.17	-0.02	-0.09	-0.17	0.23	-0.12	0.15	0.73	0.51	-0.63	0.64
УИ	-0.68	-0.47	-0.46	0.44	-0.36	-0.04	-0.12	-0.22	0.21	-0.01	0.32	0.77	0.51	-0.61	0.71
ОСВ	-0.91	-0.18	-0.14	0.47	-0.14	-0.06	-0.02	-0.11	0.29	-0.04	-0.05	0.79	0.66	-0.46	0.67
МСЛЖ	-0.94	-0.08	-0.02	0.29	-0.04	-0.06	-0.01	-0.08	0.25	-0.03	-0.46	0.52	0.49	-0.44	0.34
РЭ	-0.65	0.24	0.26	-0.20	0.31	-0.02	-0.04	-0.04	0.05	-0.04	-0.95	-0.28	-0.10	-0.12	-0.48
СКЛИН	-0.19	-0.80	-0.73	-0.05	-0.90	0.16	-0.04	-0.07	-0.02	0.07	0.77	0.53	0.17	-0.64	0.58
СПВ	-0.73	-0.15	-0.15	0.29	0.08	-0.05	-0.18	-0.31	0.24	-0.19	-0.05	0.13	-0.12	-0.94	0.01
ПСС	-0.90	0.18	0.24	0.60	0.18	-0.12	-0.10	-0.12	0.12	-0.18	-0.71	0.40	0.69	0.55	0.28
ОПСС	0.98	0.08	0.03	-0.44	0.04	0.07	0.20	0.29	-0.11	0.23	-0.45	-0.86	-0.61	0.47	-0.83
УПСС	0.71	0.50	0.51	-0.39	0.42	0.06	0.21	0.30	-0.11	0.08	-0.62	-0.85	-0.59	0.37	-0.87
ВИК	0.45	0.04	-0.06	-0.35	-0.06	-0.01	-0.14	-0.12	-0.04	-0.35	0.58	-0.52	-0.56	0.26	-0.33

жено у лиц именно с сосудистым ТСК, что свидетельствует о напряжении в работе сосудистой системы.

При расчете адаптационного потенциала на основе коэффициентов корреляции между изученными параметрами было установлено, что для группы с сердечно-сосудистым ТСК он составил 6,51 усл. ед., а для группы с сосудистым – 9,26 усл. ед., тогда как для сердечного типа он не установлен или равен 0 в связи с отсутствием сильных достоверных связей между параметрами. В работах разных авторов описано мнение, что чем больше связей образует система, тем она устойчивее [35-36]. При воздействии экстремальных факторов Севера и особенной биогеохимической обстановки в регионе сердечно-сосудистая система вынуждена привлекать для своей работы дополнительные ресурсы, в том числе биоэлементные.

Модификация регуляторных механизмов кровообращения, проявляющаяся в доминировании сосудистого компонента, является индикатором оптимизации физиологических процессов и повышения функциональных резервов организма. Данная адаптация свидетельствует о повышении эффективности сосудистой регуляции, что позволяет организму более эффективно адаптироваться к изменяющимся условиям окружающей среды и обеспечивать адекватное кровоснабжение тканей в условиях повышенной метаболической активности [37]. У подростков с сердечно-сосудистым типом система саморегуляции кровообращения наиболее сба-

лансированная [38]. В настоящей работе нами подтверждаются выводы других коллег. Наиболее адаптивным типом сердечно-сосудистого кровообращения можно считать сосудистый тип с оптимальным использованием функциональных резервов организма.

В результате нашего исследования были установлены значимые прямые и обратные корреляционные связи между содержанием макро-, микроэлементов и типами саморегуляции кровообращения у подростков г. Магадана. Общее число корреляционных связей свидетельствует о большой чувствительности сердечно-сосудистой системы сосудистого ТСК к дисбалансу макро- и микроэлементов (17 связей), что свидетельствует о наиболее устойчивом функционировании ССС у подростков с данным типом ТСК. При сердечно-сосудистом ТСК обнаружено 14 связей, у лиц с сердечным ТСК корреляционных связей не обнаружено.

В целом, взаимосвязь между типами саморегуляции кровообращения и уровнем микроэлементов недостаточно изучена и является важным направлением исследований. Полученные результаты предоставляют ценную информацию для углубленного понимания патогенетических механизмов сосудистых заболеваний, включая атеросклероз и гипертонию. Дальнейшие исследования, направленные на детальное изучение роли химических элементов в регуляции гемодинамики и функционировании сердечно-сосудистой системы, имеют первостепенное значение для разработки эффективных

стратегий профилактики и лечения. Анализ функциональной значимости химических элементов в контексте тканевых структур сердца (ТСК) открывает новые перспективы для оптимизации терапевтических подходов и улучшения качества жизни пациентов. Интеграция данных о микроэлементах в комплексную схему лечения может существенно повысить его эффективность и способствовать достижению более благоприятных клинических исходов. Таким образом, углубленное исследование роли химических элементов в патогенезе и регуляции сердечно-сосудистой системы является ключевым аспектом современной медицины, направленным на совершенствование терапевтических стратегий и улучшение прогноза для пациентов с сосудистыми заболеваниями.

СООТВЕТСТВИЕ ПРИНЦИПАМ ЭТИКИ

Исследование выполнено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации с соблюдением требований биомедицинской этики, что сопровождалось добровольно полученным письменным информированным согласием обследуемых лиц и согласием родителей несовершеннолетних детей согласно ФЗ № 323 «Об основах охраны здоровья граждан в РФ» от 21.11.2011 г. и ФЗ № 152 «О персональных данных» от 27.07.2006 г., и одобрено Комиссией по биоэтике Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт биологических проблем Севера Дальневосточного отделения Российской академии наук (протоколы № 003/013 от 28 февраля 2013 г. и 001/019 от 29 марта 2019 г.).

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена за счет бюджетного финансирования НИЦ «Арктика» ДВО РАН в рамках выполнения темы «Изучение межсистемных и внутрисистемных механизмов реакций в формировании функциональных адаптивных резервов организма человека «Северного типа» на разных этапах онтогенеза лиц, проживающих в дискомфортных и экстремальных условиях с определением интегральных информативных индексов здоровья» (рег. номер АААА-А21-121010690002-2).

ЛИЧНЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ

Карандашева В.О. – разработка концепции и дизайна исследования, анализ и интерпретация данных, статистическая обработка данных, написание текста; Луговая Е.А. – разработка концепции и дизайна исследования, анализ и интерпретация данных, написание текста, окончательное утверждение рукописи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Гречкина Л.И. Оценка показателей гемодинамики как маркеров потенциального риска заболеваний сердечнососудистой системы у юношей с разным типом саморегуляции кровообращения.

Анализ риска здоровью. 2019;(1):118–124 [Grechkina L.I. Assessment of hemodynamics indicators as markers of potential risk of cardiovascular system diseases in young men with different types of blood circulation self-regulation. *Health Risk Analysis*. 2019;(1):118–124 (in Russ.)]. EDN: ZCHWUP. DOI: 10.21668/health.risk/2019.1.13.

2. Мельник С.Н., Мельник В.В. Особенности показателей сердечно-сосудистой системы студентов с различными типами саморегуляции кровообращения. *Проблемы здоровья и экологии*. 2019;(2):80-85 [Melnik S.N., Melnik V.V. The Features of the Indices of Cardiovascular System of Students with Different Types of Self-Regulation of Blood Circulation. *Health and Ecology Issues*. 2019;(2):80-85 (in Russ.)]. DOI: 10.51523/2708-6011.2019-16-2-15.
3. Киричук А.А. Взаимосвязи обмена эссенциальных микроэлементов и функционального состояния сердечно-сосудистой системы у студентов-иностранцев. *Микроэлементы в медицине*. 2021;21(3):33–42 [Kirichuk A.A. Relationship between the exchange of essential microelements and the functional state of the cardiovascular system in foreign students. *Trace elements in medicine*. 2021;21(3):33–42 (in Russ.)]. DOI: 10.19112/2413-6174-2020-21-3-33-42. EDN: QCSTJA.
4. Мельник С.Н., Белая Л.А. Влияние физической нагрузки на показатели сердечно-сосудистой системы студентов с различными типами саморегуляции кровообращения. *Проблемы здоровья и экологии*. 2021;18(1):138-145 [Melnik S.N., Belaya L.A. Influence of physical exercise on cardiovascular parameters in students with different types of blood flow autoregulation. *Health and Ecology Issues*. 2021;18(1):138-145 (in Russ.)]. DOI: 10.51523/2708-6011.2021-18-1-18. EDN: OSSJVU.
5. Skalnaya M.G., Skalny A.V. *Essential trace elements in human health: a physician's view*. Tomsk. Publishing House of Tomsk State University, 2018. 224 p. (in Russ.).
6. Donoiu I., Militaru C., Obleagă O., Hunter J.M., Neamțu J., Biță A., Scorei I.R., Rogoveanu O.C. Effects of boron-containing compounds on cardiovascular disease risk factors - A review. *J Trace Elem Med Biol*. 2018;50:47–56. DOI: 10.1016/j.jtemb.2018.06.003.
7. Lima L.F. de, Barbosa F., Simoes M.V., Navarro A.M. Heart failure, micronutrient profile, and its connection with thyroid dysfunction and nutritional status. *Clinical Nutrition*. 2019;38(2):800–805. DOI: 10.1016/j.clnu.2018.02.030.
8. Al-Fartusie F.S., Saja N.M. Essential trace elements and their vital roles in human body. *Indian J Adv Chem Sci*. 2017;5(3):127–136.
9. Akdas S., Turan B., Durak A., Aribal Ayril P., Yazihan N. The relationship between metabolic syndrome development and tissue trace elements status and inflammatory markers. *Biological Trace Element Research*. 2020;198(1):16–24. DOI: 10.1007/s12011-020-02046-6.
10. Рылова Н.В., Жолинский А.В., Середа А.П., Ключников М.С., Рычков Е.Ю., Горский В.Е., Швед С.И. Корреляционный анализ показателей макро- и микроэлементного статуса юных спортсменов.

- Современные проблемы науки и образования. 2017;3:65–72 [Rylova N.V., Zholinsky A.V., Sereda A.P., Klyuchnikov M.S., Rychkov E.Y., Gorsky V.E., Shved S.I. Correlation Analysis of Macro- and Microelement Indicators of Young Athletes. *Modern Problems of Science and Education*. 2017;3:65–72 (In Russ.)]. EDN: WIBKUG.
11. Ekpenyong C.E. Essential trace element and mineral deficiencies and cardiovascular diseases: facts and controversies. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*. 2017;6(2):53–64. DOI: 10.11648/j.ijnfs.20170602.11.
12. Al-Taesh H., Çelekli A., Sucu M., Taysi S. Trace elements in patients with aortic valve sclerosis. *Therapeutic Advances in Cardiovascular Disease*. 2021;15:1753944720985985. DOI: 10.1177/1753944720985985.
13. Gać P., Czerwińska K., Macek P., Jaremków A., Mazur G., Pawlas K., Poręba R. The importance of selenium and zinc deficiency in cardiovascular disorders. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 2021;82:103553. DOI: 10.1016/j.etap.2020.103553.
14. Громова О.А., Торшин И.Ю., Кобалава Ж.Д., Назаренко А.Г. Систематический анализ ролей микроэлементов в профилактике и терапии хронической сердечной недостаточности. *Кардиология*. 2019;59(6):27–25 [Gromova O. A., Torshin I. Yu., Kobalava Zh. D., Nazarenko A. G. Systematic analysis of the roles of microelements in the prevention and therapy of chronic heart insufficiency. *Cardiology*. 2019;59(6):27–25 (in Russ.)]. DOI: 10.18087/cardio.2019.6.n683. EDN: PDXDFQ.
15. Намиот Е.Д., Морозова Г.Д., Цибулина А.А. Микроэлементы в терапии и профилактике сердечно-сосудистых заболеваний. *Микроэлементы в медицине*. 2023;24(2):36–47 [Namiot E.D., Morozova G.D., Tsiulina A.A. Microelements in therapy and prevention of cardiovascular diseases. *Microelements in medicine*. 2023;24(2):36–47 (in Russ.)]. DOI: 10.19112/2413-6174-2023-24-2-36-47. EDN: DGKHMN.
16. Lee Y.K., Lyu E.S., Oh S.Y., Park H.R., Ro H.K., Heo Y.R., Hyun T., Choi M.K. Daily Copper and Manganese Intakes and Their Relation to Blood Pressure in Normotensive Adults. *Clin Nutr Res*. 2015;4(4):259–266. DOI: 10.7762/cnr.2015.4.4.259.
17. Skalny A.V., Korobeinikova T.V., Zabroda N.N., Chang J.S., Chao J.C., Aschner M., Paoliello M.M.B., Burtseva T.I., et al. Interactive Effects of Obesity and Hypertension on Patterns of Hair Essential Trace Element and Mineral Content in Adult Women. *Biol Trace Elem Res*. 2023;201(10):4677–4687. DOI: 10.1007/s12011-023-03561-y.
18. Kitala K., Tanski D., Godlewski J., Krajewska-Włodarczyk M., Gromadziński L., Majewski M. Copper and Zinc Particles as Regulators of Cardiovascular System Function-A Review. *Nutrients*. 2023;15(13):3040. DOI: 10.3390/nu15133040.
19. Скальный А., Зайцева И., Тиньков А. Микроэлементы и спорт. Персонализированная коррекция элементного статуса спортсменов. Москва: Спорт, 2018. 42 с. [Skalny A., Zaitseva I., Tinkov A. Microelements and sport. Personalized correction of the elemental status of athletes. Moscow: Sport, 2018. 42 p. (in Russ.)].
20. Киричук А.А. Особенности элементного состава волос студентов, прибывших на учебу в московский мегаполис из различных регионов мира. *Микроэлементы в медицине*. 2020;2(1):14–21 [Kirichuk A.A. Features of the elemental composition of the hair of students who arrived to study in the Moscow metropolis from various regions of the world. *Trace elements in medicine*. 2020;2(1):14–21 (in Russ.)]. DOI: 10.19112/2413-6174-2020-21-1-14-21. EDN: LVAMII.
21. Pucheu S., Coudray C., Tresallet N., Favier A., de Leiris J. Effect of dietary antioxidant trace element supply on cardiac tolerance to ischemia-reperfusion in the rat. *J Mol Cell Cardiol*. 1995;27(10):2303–2314. DOI: 10.1016/s0022-2828(95)91839-6.
22. Alissa E.M., Bahijri S.M., Lamb D.J., Ferns G.A. The effects of coadministration of dietary copper and zinc supplements on atherosclerosis, antioxidant enzymes and indices of lipid peroxidation in the cholesterol-fed rabbit. *Int J Exp Pathol*. 2004;85(5):265–275. DOI: 10.1111/j.0959-9673.2004.00392. x.
23. Автандилов А.Г., Александров А.А., Кисляк О.А., Конь И.Я., Ледяев М.Я., Леонтьева И.В., Петеркова В.А. и др. Диагностика, лечение и профилактика артериальной гипертензии у детей и подростков. Рекомендации Ассоциации детских кардиологов России. *Педиатрия*. 2003;2-1:1-31 [Avtandilov A.G., Aleksandrov A.A., Kislyak O.A., Kon' I.Ya., Ledyayev M.Ya., Leont'yeva I.V., Peterkova V.A., Rozanov V.B., et al. Diagnostics, treatment and prophylaxis of arterial hypertension in children and adolescents. Recommendations of the Association of pediatric cardiologists of Russia. *Pediatrics*. 2003;2-1:1-31 (in Russ.)]. EDN: SSERXJ.
24. Радыш И.В., Скальный А.В. *Медицинская элементология: учебник*. Москва: РУДН, 2024. 86с. [Radysh I.V., Skalny A.V. *Medical Elementology: Textbook*. Moscow: RUDN Publ., 2024. 86 p. (In Russ.)].
25. Троегубова Н.А., Рылова Н.В., Гильмутдинов Р.Р., Середа А.П. Особенности содержания биоэлементов в слюне и волосах юных спортсменов. *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. 2016;61(2):84–88. [Troegubova N.A., Rylova N.V., Gilmudinov R.R., Sereda A.P. Features of the content of bioelements in saliva and hair of young athletes. *Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics*. 2016;61(2):84–88 (in Russ.)]. EDN: VTLJFF.
26. Баевский Р.М., Максимов А.Л., Берсенева А.П. *Основы экологической валеологии человека*. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2001. 267 с. [Baevskiy R.M., Maksimov A.L., Berseneva A.P. *Fundamentals of human ecological valeology*. Magadan: SVNTS FEB RAN, 2001. 267 p. (In Russ.)].
27. Степанова Е.М., Луговая Е.А. Оценка содержания макро- и микроэлементов в организме взрослых жителей г. Магадана с применением центильных шкал. *Фундаментальные исследования*. 2014;12(2):338–343 [Stepanova E.M., Lugovaya E.A. Assessment of the content of macro- and microelements in the body of adult residents of Magadan with

- the use of centile scales. *Fundamental research*. 2014;12(2):338-343 (in Russ.).
28. Луговая Е.А., Степанова Е.М. Региональные показатели содержания макро- и микроэлементов в организме жителей г. Магадана: научно-практические рекомендации. НИЦ «Арктика» ДВО РАН. Магадан: Типография «Экспресс-полиграфия»: ИП Чингилян, 2019. 27с. [Lugovaya E.A., Stepanova E.M. *Regional indicators of the content of macro- and microelements in the body of Magadan residents: scientific and practical recommendations*. Research Center "Arctic" FEB RAS. Magadan: Printing house "Express-Poligrafiya": IP Chingilyan, 2019, 27 p. (In Russ.).]
 29. Скальная М.Г. Клиническая микроэлементология. Москва: Практическая медицина, 2024. 280 с. [Skalnaya M.G. *Clinical microelementology*. Moscow: Practical Medicine, 2024. 280 p. (In Russ.).]
 30. Пятиконнова А.М., Поздняков А.М., Саркитов Ш.С. Токсическое действие ванадия и его соединений. *Успехи современного естествознания*. 2013;(9):120. [Pyatikonnova A.M., Pozdnyakov A.M., Sarkitov Sh.S. Toxic action of vanadium and its compounds. *Successes of Modern Natural Science*. 2013;(9):120 (in Russ.).] EDN: QZAFRB.
 31. Уоттс Д.Л. Микроэлементы и другие необходимые питательные вещества: перевод с английского. Москва, 2024. 196 с. [Watts D.L. *Trace Minerals and Other Essential Nutrients*: Translated from English. Moscow, 2024. 196 p. (in Russ.).]
 32. Аверин Е.Е., Никитин А.Э., Поздняк А.О., Федорова Е.Л., Жук В.С., Давыдов С.И., Фридман И.Л., Компаниец О.Г., и др. Резолюция экспертного совета. Практические аспекты диагностики и коррекции калий- и магнийдефицитных состояний. *Кардиология*. 2020;60(2): 155–164 [Averin E.E., Nikitin A.E., Pozdnyak A.O., Fedorova E.L., Zhuk V.S., Davydov S.I., Fridman I.L., Kompaniecz O.G., et al. Rezolyuciya ekspertnogo so-veta. Prakticheskie aspekty diagnostiki i korrekcii kalij- i magnijdeficitnyx sostoyanij. *Cardiology*. 2020;60(2):155–164 (in Russ.).]
 33. Abdel-Hady E.A. Chromium picolinate supplementation improves cardiac performance in hypoxic rats. *Acta Cardiol*. 2024;79(3):387-397. DOI: 10.1080/00015385.2022.2041782.
 34. Zhang Y., Zhang Q., Feng C., Ren X., Li H., He K., Wang F., Zhou D., Lan Y. Influence of vanadium on serum lipid and lipoprotein profiles: a population-based study among vanadium exposed workers. *Lipids Health Dis*. 2014;24:13-39. DOI: 10.1186/1476-511X-13-39.
 35. Черемушникова И.И., Нотова С.В. Оценка адаптивности системы микроэлементного гомеостаза у лиц с агрессивными тенденциями в поведении. *Врач-аспирант*. 2013;57(2):53–59 [Cheremushnikova I.I., Notova S.V. Evaluation adaptive systems microelement homeostasis persons aggressive tendencies in behavior. *Graduate Doctor*. 2013;57(2):53–59 (in Russ.).]
 36. Луговая Е.А., Степанова Е.М. Референсные значения химических элементов в волосах у детей и подростков г. Магадана. *Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского*. 2016;95(2):178–184 [Lugovaya E.A., Stepanova E.M. Reference values of chemical elements in hair in children and adolescents of Magadan. *Journal named after G.N. Speransky*. 2016;95(2):178–184 (in Russ.).] EDN: VOXEGB.
 37. Шаов М.Т., Пшикова О.В. Управление гемодинамикой с помощью моделей электроакустических сигналов оксигенированного нейрона. *Доклады Адыгской (Черкесской) Международной академии наук*. 2021;21(3):43-49 [Shaov M.T., Pshikova O.V. Control of hemodynamics with the help of models of electroacoustic signals of an oxygenated neuron. *Reports of the Adyghe (Cherkess) International Academy of Sciences*. 2021;21(3):43-49 (in Russ.).] DOI: 10.47928/1726-9946-2021-21-3-43-49. EDN: JNSOLL.
 38. Гречкина Л.И. Типологические особенности функционирования сердечно-сосудистой системы у подростков. *Гигиена и санитария*. 2018;97(10):962-966 [Grechkina L.I. Typological features of the functioning of the cardiovascular system in adolescents. *Hygiene and sanitation*. 2018;97(10):962-966 (In Russ.).] EDN: YOCQXR.

Поступила в редакцию 18.02.2025

Подписана в печать 25.04.2026

Для цитирования: Карандашева В.О., Луговая Е.А. Особенности микроэлементного статуса подростков г. Магадана с разным типом саморегуляции кровообращения. *Человек и его здоровье*. 2026;29(1):18–28. DOI: 10.21626/vestnik/2026-1/03. EDN: DKHGQT.

PECULIARITY OF THE MICROELEMENT STATUS OF MAGADAN ADOLESCENTS WITH DIFFERENT TYPES OF BLOOD CIRCULATION SELF REGULATION

© Karandasheva V.O., Lugovaya E.A.

Scientific Research Center "Arktika", Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences
(SRC «Arktika» FEB RAS)

24, Karl Marx Str. Magadan, Magadan region, 685000, Russian Federation

Objective – to establish the correlations between the content of macro- and microelements and the parameters of the cardiovascular system with different types of self-regulation of the circulatory system in males in Magadan.

Materials and methods. A total of 57 teenagers (average age 16.2 ± 0.75 years) of students of the Magadan Polytechnic College and the Magadan Youth Sports School were randomly sampled in 2019. Cardiohemodynamic parameters were measured in adolescents in a sitting position at rest using the method of volumetric compression oscillometry. The laboratory part of the study was performed at Micronutrients LLC (Moscow) using atomic emission spectrometry and mass spectrometry with inductively coupled argon plasma. Hair samples from the occipital part of the head were used to assess the microelement status of the body. The content of 25 chemical elements was determined.

Results. It has been established that the highest values of such functional indicators of the cardiovascular system as systolic blood pressure, diastolic blood pressure, stroke volume, stroke index, volumetric ejection velocity, left ventricular contraction power and vascular system compliance are typical for people with vascular TSC. The lowest values are typical for people with cardiac TSC. Adolescents with cardiovascular TSC occupy an intermediate position in terms of indicators. The analysis of the average group indicators of the content of macro- and microelements in adolescent hair showed significant differences between such trace chemical elements as potassium (K), sodium (Na), copper (Cu), chromium (Cr), vanadium (V). The highest content of these elements is observed in the group with cardiovascular TSC, while in the group with vascular TSC their concentration is minimal. Correlation analysis of the trace element composition revealed 17 significant relationships between the indicators in individuals with vascular type TSC, and 14 relationships in individuals with cardiovascular type TSC. There were no significant correlations in the group with cardiac type TSC.

Conclusion. As a result of our study, significant direct and inverse correlations were established between the content of macro- and microelements and the types of circulatory self-regulation in adolescents in Magadan. The total number of correlations indicates a high sensitivity of the cardiovascular system of vascular TSC to an imbalance of macro- and microelements, which indicates the most stable functioning of the cardiovascular system in adolescents with this type of TSC.

Keywords: adolescents; north; type of self-regulation of blood circulation; macro- and microelements; hair.

Karandasheva Victoria O. – Junior researcher, SRC «Arktika» FEB RAS, Magadan, Russian Federation. ORCID iD: 0000-0001-5367-6600. E-mail: Karan-dasheva@yandex.ru (corresponding author)

Lugovaya Elena A. – Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor, Director, SRC «Arktika» FEB RAS, Magadan, Russian Federation. ORCID iD: 0000-0002-6583-4175. E-mail: elena_plant@mail.ru

COMPLIANCE WITH PRINCIPLES OF ETHICS

The study was approved at the meeting of the Ethical Committee of Biomedical Research at the SVSC FEB RAS (Protocol No. 003/013 dated 02/28/2013). The informed consent was signed by the subjects.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

SOURCE OF FINANCING

The work was carried out at the expense of budgetary financing of the Scientific Research Center "Arctic" of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences within the framework of the topic "Study of intersystemic and intrasystemic mechanisms of reactions in the formation of functional adap-

tive reserves of the human body of the "Northern type" at different stages of ontogenesis of persons living in uncomfortable and extreme conditions with the determination of integral informative indices of health" (registration number AAAA-A21-121010690002-2).

AUTHORS CONTRIBUTION

Karandasheva V.O. – development of the concept and design of the research, analysis and interpretation of data, statistical processing of data, writing the text; Lugovaya E.A. – development of the concept and design of the study, analysis and interpretation of data, writing the text, final approval of the manuscript.

Received 18.02.2025

Accepted 25.04.2026

For citation: Karandasheva V.O., Lugovaya E.A. Peculiarity of the microelement status of Magadan adolescents with different types of blood circulation self regulation. *Humans and their health*. 2026;29(1):18-28. DOI: 10.21626/vestnik/2026-1/03. EDN: DKHGQT.