

кадр. урологии

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГЛАВНОЕ ВОЕННО-МЕДИЦИНСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ
ВОЕННО-МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ
(ВМедА)

УДК

Гриф несекретно

№ госрегистрац.

экз. № 2

Инв. №

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель начальника академии
по научной работе
доктор медицинских наук профессор
заслуженный деятель науки РФ
член-корреспондент РАМН
полковник медицинской службы



Ю.В. Лобзин

“ 3 “ июня 2002 г.

О Т Ч Е Т

о научно-исследовательской работе по теме № 3.02.204.п12
шифр «Звук-П»

ВЛИЯНИЕ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
НА ПОЧЕЧНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ГОМЕОСТАТИЧЕСКИЕ
ФУНКЦИИ ПОЧЕК

Начальник кафедры урологии
доктор медицинских наук профессор
полковник медицинской службы

31.05.2002

С.Б. Петров

Научный руководитель
доктор медицинских наук профессор
полковник медицинской службы

31.05.2002

С.Б. Петров

Ответственный исполнитель
доцент кафедры урологии
кандидат медицинских наук доцент

31.05.2002

Н.С. Левковский

Санкт-Петербург
2002

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель -
начальник кафедры урологии
доктор медицинских наук
профессор полковник медицинской
службы

20.05.02



С.Б. Петров
(реферат, введение)

Ответственный исполнитель -
доцент кафедры урологии
кандидат медицинских наук доцент

20.05.02



Н.С. Левковский
(разд. 1, 2, заключение)

Преподаватель кафедры урологии кан-
дидат медицинских наук подполковник
медицинской службы

20.05.02



С.Н. Левковский
(разд. 3, 4)

Соисполнители:

Начальник Центральной клинико-
диагностической лаборатории полков-
ник медицинской службы

20.05.02



Ю.Н. Согрин
(бихимические исследова-
ния)

Заведующая лабораторией клиники
урологии

20.05.02



Э.С. Шамаева
(физические исследования
мочи)

Начальник научно-исследовательского отдела
доктор медицинских наук профессор
полковник медицинской службы



С.А. Матвеев

«28» 05 2002 г.

РЕФЕРАТ

Отчет 64 с., 1 кн., 13 рис., 31 табл., 14 источников.

ВИБРОАКУСТИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ, МИКРОВИБРАЦИЯ, ПОЧЕЧНЫЕ ПРОЦЕССЫ, ПОЧЕЧНЫЕ ФУНКЦИИ, БИОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования были здоровые военнослужащие, подвергшиеся микровибрации, создаваемой аппаратом «Витафон», на область почек (опытная группа) и крестец (контрольная группа).

Цель работы - выяснить направленность и выраженность изменений почечных процессов и почечной экскреции веществ при виброакустическом воздействии на область почек.

В течение месяца проводились ежедневные исследования суточного диуреза и интегральных показателей концентрационной способности почек, фильтрации, реабсорбции и экскреции отдельных веществ у 6 испытуемых до (30 исследований), во время (60 исследований) и после (30 исследований) контактного воздействия микровибрацией звуковой частоты (300Гц–18кГц).

В результате исследования впервые установлено отсутствие повреждающего влияния микровибрации на почечные процессы. Выявленные изменения почечных процессов и гомеостатических функций почек в процессе виброакустического воздействия соответствуют эффекту снижения продукции кортикальных гормонов надпочечника. Отклонения функций почек не нарушают основные параметры гомеостаза и носят временный характер. При виброакустическом воздействии отмечается достоверное увеличение выведения мочевой кислоты с мочой за счет ее секреции в почечных канальцах.

Рекомендуется использование виброакустического воздействия на область почек для снижения гиперурикемии и лечения связанных с ней заболеваний.

Область применения: терапия, урология

Предлагается продолжить исследования влияния микровибрации при хронических заболеваниях почек, сопровождающихся задержкой в организме натрия и воды (отечный синдром, нефрогенная гипертензия).

СОДЕРЖАНИЕ

Перечень сокращений	6
Введение	7
1. Выбор направления исследований	9
1.1. Обоснование выбранного направления исследований	9
1.2. Материалы и методы исследований	11
1.2.1. Физические характеристики виброакустического воздействия	11
1.2.2. Материалы исследования	12
1.2.3. Методы исследования	13
1.2.4. Методика оценки функционального состояния почек	14
1.2.5. Статистическая обработка результатов исследования	17
2. Влияние виброакустического воздействия на мочеобразование	20
2.1. Изменения диуреза и концентраций веществ в моче	20
2.1.1. Суточный диурез	20
2.1.2. Относительная плотность мочи	22
2.1.3. Удельная электропроводность мочи	25
2.2. Процессы мочеобразования	27
2.2.1. Концентрация креатинина мочи и его суточная экскреция	28
2.2.2. Почечные процессы мочеобразования	32
3. Состояние гомеостатических функций почек при виброакустическом воздействии	36
3.1. Выведение продуктов азотистого обмена	36
3.1.1. Мочевина	36
3.1.2. Мочевая кислота	41
3.2. Выведение электролитов	45
3.2.1. Натрий	45
3.2.2. Калий	50
3.2.3. Хлориды	52

3.2.4. Кальций	53
3.2.5. Фосфаты	54
3.2.6. Кислотность мочи	56
4. Обсуждение результатов	57
Заключение	61
Список использованных источников	63

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

ВАВ – виброакустическое воздействие

ЕФ – экскретируемая фракция

К – крестец

КИ – концентрационный индекс

Креатин. – креатинин

мкМ – микромоль

Мочев. – мочевины

П – почки

рт. ст. – ртутного столба

СКФ – скорость клубочковой фильтрации

станд. – стандартная

сут – сутки

экскр. – экскреция

Экскрет. – экскретируемая

ВВЕДЕНИЕ

Вибрация определяется как механическое колебание упругих тел различной формы (Шкаринов Л., 1966). В виде вибромассажа она используется для стимуляции мышц, лечения асептических воспалительных процессов в мышцах и суставах и некоторых нервных заболеваний с конца 19 века. Механизм действия всех методик вибротерапии заключается в усилении кровоснабжения, обменных процессов и стимуляции нервнотрофической функции (Обросов А., 1966).

В то же время (с начала 20 века) стали известны проявления вибрационной болезни при локальном и общем воздействии вибрации на организм человека. Они связывались с амплитудно-частотной характеристикой и продолжительностью воздействия вибрации: чем больше частота, тем при меньшей амплитуде возникают нарушения. Частоты вибраций более 35 Гц являются критическими, способными при определенной амплитуде вызывать патологические изменения. Так, механические вибрации с частотой меньше 1 кГц и амплитудой 2,5 см вызывают повреждения опорно-двигательного аппарата, а в диапазоне частот 2–10 кГц для возникновения нервнотрофических расстройств достаточно амплитуды 0,1–1 мм (Попов А., 1966).

Под микровибрацией понимается вибрация с амплитудой менее 50 мкм, а под виброакустическим воздействием (ВАВ) – контактное воздействие микровибрацией звуковой (20Гц–20кГц) частоты (Федоров В. А., 2001). Несомненным эффектом ВАВ является изменение микроциркуляции крови в локальном участке тела, который подвергается микровибрации, приводящее к терапевтическому эффекту. Вместе с тем, клиническими наблюдениями установлено, что при виброакустическом воздействии на различные участки тела его локальный лечебный эффект значительно усиливается при одновременном воздействии на область почек (Шутко А. Н., 2000). Существуют единичные публикации, указывающие на лечебный эффект ВАВ при хрониче-

ских заболеваниях почек (Мейзельс И.Г., Зиновьева М.Н., 2000; Михайлова Н.В., 2000). Научное обоснование этих фактов отсутствует.

Почкам принадлежат разнообразные функции, среди которых наиболее важными являются:

а) гомеостатическая, обеспечивающая:

- поддержание объема, осмотической концентрации, ионного состава и активной реакции жидкостных секторов организма (внутриклеточного, внутрисосудистого и интерстициального);
- удаление продуктов обмена веществ (мочевина, мочевая кислота, креатинин)
- сохранение или удаление, в зависимости от потребностей организма) необходимых веществ (аминокислоты, глюкоза, дериваты гормонов и др.).

б) эндокринная – выработка веществ, участвующих в регуляции артериального давления, обмена натрия, свертываемости крови, активации витамина Д и др.

в) метаболическая – участие почек в обмене веществ (белков, углеводов, жиров).

Выполнение перечисленных функций обеспечивается внутрпочечными процессами: клубочковой фильтрацией, канальцевой реабсорбцией, канальцевой секрецией и синтезом биологически активных веществ. В настоящее время наиболее исследованы гомеостатические функции и почечные процессы, их обеспечивающие.

Влияние микровибрации звуковой частоты на диурез и гомеостатические показатели считается одним из основных направлений исследований (Федоров В. А., 2000). Поэтому выяснение влияния ВАВ на функциональное состояние почек является весьма актуальным.

Цель исследования: Выяснить направленность и выраженность изменений почечных процессов и почечной экскреции веществ при виброакустическом воздействии на область почек.

Основные задачи работы:

1. Оценить изменения суточного диуреза и концентрационной способности почек при ВАВ.
2. Определить изменения экскреции продуктов метаболизма (мочевина, мочевая кислота, креатинин) при ВАВ на область почек.
3. Уточнить изменения экскреции электролитов (калия, натрия, кальция, хлоридов и фосфатов).
4. Выявить направленность изменений основных почечных процессов, обеспечивающих гомеостатические функции почек, при воздействии ВАВ на область почек.

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1. Обоснование выбранного направления исследований

Почка является уникальным, по кровоснабжению органом. Через нее протекает в норме 20-25% сердечного выброса крови (1200-1500 мл). В то же время при максимальной физической нагрузке почечный кровоток может снизиться до 1% сердечного выброса без нарушения жизнедеятельности почечной ткани. Это обусловлено тем, что основная масса кислорода (примерно $\frac{2}{3}$), приносимого к почкам с кровью, расходуется на обеспечение почечных функций. При снижении артериального давления от 200 до 80 мм рт. ст. артериовенозная разница по кислороду остается неизменной, тогда как в других органах и областях тела снижение давления сопровождается увеличением этого показателя. Лишь при давлении крови менее 80 мм рт. ст. почка ведет себя по артериовенозной разнице кислорода аналогично другим органам и тканям. Это свидетельствует, что снижение почечного кровотока (ишемия) не равноценно снижению потребления кислорода почечными тканями (гипоксия). И второе, увеличение почечного кровотока увеличивает почечную функциональную нагрузку, которая прежде всего состоит в реабсорбции профильтрованного натрия, на которую и тратится избыток кислорода.

Для поддержания гомеостаза функции почек постоянно изменяются в соответствии с внешними и внутренними воздействиями на внутреннюю среду организма (перепады температуры и влажности воздуха, физическая нагрузка, прием пищи и жидкости, уровень легочной вентиляции, колебания обмена веществ и пр.). Направленность изменений каждого из этих воздействий в процессе исследования учитывать трудно, а уровень многих практически невозможно регулировать. В реальных условиях эти трудно учитываемые, или случайные, факторы действуют одновременно с факторами, влияние которых подлежит исследованию. Виброакустическое воздействие на

область почек по этой причине может быть маскировано влиянием случайных факторов, а кратковременные (часовые, суточные) периоды исследований функций и почечных процессов могут не уловить эффект ВАВ. Все это требует проведения рандомизированного исследования с достаточно продолжительными контрольными и опытными периодами.

1.2. Материалы и методы исследований

1.2.1. Физические характеристики виброакустического воздействия

Для ВАВ использовался аппарат «Витафон», предназначенный для применения в медицинской практике с целью локального воздействия. Параметры аппарата «Витафон»:

- Количество частотных диапазонов 2
- Нижняя частота диапазона 1, Гц 30–60
- Нижняя частота диапазона 2, Гц 300–800
- Верхняя частота диапазона 1, кГц 1–3
- Верхняя частота диапазона 2, кГц 9–18
- Период изменения частоты, с 80–160
- Период импульсной модуляции, с 0,5–1,2
- Амплитуда микровибрации (мкм) на самой низкой частоте в режимах:
 - 1 и 3 2,8–5,4
 - 2 и 4 6–12,3

На лицевой панели прибора расположены два переключателя режимов работы (один переключатель управляет амплитудой вибрации, другой – импульсной модуляцией частоты). Каждый из них может находиться в одном из двух положений, что позволяет генерировать четыре виброакустических режима. Непрерывные изменения частоты колебаний в заданных пределах и переход с одного диапазона на другой происходят автоматически по про-

грамме. Создаваемые аппаратом электрические колебания изменяемой в звуковом диапазоне частоты передается на ткани с помощью мембран двух спаренных виброфонов, преобразующих электрические импульсы в механическую микровибрацию.

1.2.2. Материалы исследования

Материалом для последующего анализа служили результаты физико-химического исследования суточной мочи и утренней пробы крови здоровых мужчин в возрасте 28-36 лет. Все они находились на обычном режиме питания без каких-либо ограничений в водно-солевом режиме. Для снижения влияния на диурез и почечные функции колебаний температуры и влажности внешней среды исследование проводилось в наиболее стабильный период года (со середины мая до середины июня). В чистый сосуд с целью предупреждения микробного разложения мочи заранее добавляли консервант (кристаллы тимола), не оказывающий существенного влияния на ее химический состав.

Учитывая предварительный характер исследования, решено ограничиться двумя группами испытуемых по 3 человека в каждой. Одна из групп (контрольная) служит для оценки изменений почечных показателей при виброакустическом воздействии на организм вне области почек, вторая (опытная) – при воздействии на область почек. Распределение испытуемых по группам проводилось случайным образом. Различий между групповыми средними величинами роста, массы и поверхности тела испытуемых не выявлено.

Периоды исследования: 1. Исходный период продолжительностью 5 дней без воздействия исследуемого фактора. В этот период, начинающийся с 7 часов воскресного дня, в течение 24 часов ежедневно на протяжении всей недели (исключая пятницу и субботу) собиралась суточная моча и доставля-

лась в лабораторию к 9 часам утра каждого следующего дня для физико-химических исследований.

2. Период виброакустического воздействия, продолжительностью 14 дней, начинается с 7 часов утра воскресного дня, следующего за исходным периодом, и заканчивается субботним вечером в конце этого периода. Моча собиралась аналогично первому периоду в течение 2 недель по 5 дней еженедельно с утра воскресного дня до утра пятницы. Воздействие «Витафоном» продолжалось в течение всего периода 2 раза в день, в том числе и в дни без сбора мочи.

3. Период последствия, продолжительностью 5 дней, состоял в сборе мочи в ближайшие 5 суток после второго периода (4-я неделя), начиная с воскресного дня и заканчивая утром в пятницу.

Таким образом, каждый испытуемый собирал суточную мочу в течение 5 дней каждой недели (всего 20 проб). Общее количество составило 120 суточных проб мочи. Кроме того, в 9 утра натощак у исследуемых забиралась из вены кровь для биохимического исследования.

Методика виброакустического воздействия. В первой группе в периоде воздействия виброфоны устанавливаются на область подвздошно-крестцовых сочленений (точка E₄). Эта точка достаточно далеко расположена от области почек, чтобы не оказывать непосредственного воздействия на почки. Кроме того, она довольно часто используется в лечебной практике. У второй группы исследуемых виброфоны устанавливались на область почек (точка К). Время и режим воздействия в обеих группах одинаковы – 2 раза в день (утром и вечером) по 20 минут в режиме 2.

1.2.3. Методы исследования

Объем исследований. Для уточнения участия почек в поддержании водно-солевого гомеостаза использованы исследования:

- суточного диуреза;

- относительной плотности мочи;
- электропроводности мочи;
- кислотности мочи (рН);
- суточной экскреции Na, K, Ca, Mg, Cl, неорганического фосфора.

Участие почек в выведении продуктов обмена исследовалось по концентрации в крови и моче и суточной экскреции с мочой креатинина, мочевины, мочевой кислоты. Таким образом, в каждой пробе мочи и крови исследовалось по 9 химических показателей и дополнительно в моче 4 физических показателя.

Для физических исследований мочи использованы стандартные клинические методики: относительная плотность измерялась урмометром, рН мочи – иономером с использованием стеклянных электродов для рН-метрии, электропроводность мочи – кондуктометром ОК 102/1 промартели «Раделкис» (ВНР). Химический анализ мочи и крови выполнялся на автоанализаторе «Spectrum».

1.2.4. Методика оценки функционального состояния почек

Оценка изменений функционального состояния почек проводилась как по прямым измерениям концентрации веществ, так и по расчетным показателям, включающим их суточную экскрецию, отношение концентраций веществ к концентрации креатинина мочи, величине почечных процессов и их участию в фильтрации, реабсорбции и секреции измеренных веществ. Функциональные почечные показатели рассчитывались по общепринятым формулам (Наточин Ю.В., 1974, 1982, 1997).

Суточная экскреция (E) любого вещества (x) определяется произведением концентрации этого вещества в моче (U_x) на величину объема мочи в единицу времени (V). Обычно расчеты ведутся на минуту (при кратковременных периодах сбора мочи) или на сутки (при суточных периодах). В пределах одной формулы все единицы измерения должны быть одинаковыми.

$$E_x = U_x \cdot V, \quad (1)$$

где E_x – экскреция вещества x в сутки, ммоль/сут.;

U_x – концентрация вещества x в моче, ммоль/л;

V – диурез в единицу времени, л/сут.

Измерение общего количества жидкости, поступающей в нефрон на начальном этапе мочеобразования, имеет важное значение для оценки функционального состояния почек. Для расчета объемной скорости клубочковой фильтрации используется понятие клиренса – очищения некоторого объема плазмы крови от определенного вещества в единицу времени. Идеальное вещество, очищение плазмы от которого будет соответствовать скорости клубочковой фильтрации, должно обладать следующими свойствами: хорошо растворяться в воде, не связываться с белком и другими веществами, хорошо фильтроваться через стенку клубочков, не менять свойства фильтрующей мембраны, не разрушаться и не синтезироваться в почке, не реабсорбироваться и не секретироваться в канальцах и, наконец, не обладать токсичностью. В таком случае количество вещества, профильтровавшегося из плазмы в клубочках ($P_x \cdot C_x$), будет равно выделенному с мочой за то же время – ($U_x \cdot V$). Отсюда уравнение для расчета клиренса любого вещества имеет вид:

$$C_x = U_x : P_x \cdot V, \quad (2)$$

где C_x – клиренс вещества x , мл/мин;

U_x – концентрация вещества x в моче, ммоль/л;

P_x – концентрация вещества x в плазме крови, ммоль/л;

V – диурез в единицу времени, мл/мин.

Принято считать, что коэффициент очищения инулина наиболее точно отражает состояние клубочковой фильтрации, так как инулин отвечает приведенным требованиям к веществу, пригодному для ее определения. Практически такие же результаты получаются при определении клиренса эндогенного креатинина, а сама методика исследования по Ребергу–Тарееву значительно проще и физиологичнее, так как не требует постоянной инфузии чужеродного для организма вещества. Это особенно важно при проведении продолжительных исследований. Следовательно, объемная скорость клубочковой фильтрации определяется соотношением:

$$F = C_{Cr} = U_{Cr} : P_{Cr} \cdot V , \quad (3)$$

где F – скорость клубочковой фильтрации, мл/мин.;

C , U , P и V – те же обозначения, что и в (2);

Cr – подстрочный индекс, указывающий на использование креатинина в качестве определяемого в плазме и моче вещества.

Зная объемную скорость клубочковой фильтрации и диурез можно рассчитать абсолютную и относительную реабсорбцию гломерулярного фильтрата. Абсолютная реабсорбция воды (R_{H_2O}) рассчитывается по формуле:

$$R_{H_2O} = C_{Cr} - V , \quad (4)$$

а относительная реабсорбция воды на 100 мл фильтрата (в %):

$$\%R_{H_2O} = (C_{Cr} - V) : C_{Cr} \cdot 100 = (1 - (P_{Cr} : U_{Cr})) \cdot 100 , \quad (5)$$

где R_{H_2O} – абсолютная, а $\%R_{H_2O}$ – относительная реабсорбция фильтрата; остальные обозначения те же, что и в (3).

Отношение концентраций одного и того же вещества в моче и плазме носит название концентрационного индекса этого вещества и отражает способность почки концентрировать исследуемое вещество x :

$$I_x = U_x : P_x , \quad (6)$$

где I_x – концентрационный индекс вещества x ,
остальные обозначения те же, что и в (2).

Отношение концентрационного индекса любого фильтруемого в канальцах вещества к концентрационному индексу креатинина позволяет судить о реабсорбции (если отношение меньше 1) или секреции (отношение больше 1) этого вещества в почечных канальцах. Абсолютные величины канальцевой реабсорбции или секреции веществ, растворенных в плазме и профильтрованных в клубочках, рассчитываются по формуле:

$$T_x = F P_x f_x w - U_x V , \quad (7)$$

где T_x – абсолютная реабсорбция (при положительном знаке) или секреция (при отрицательном) вещества x в почечных канальцах;

f_x – фракция вещества x , не связанная с белками плазмы; для кальция $f_{Ca} = 0,54$, а для магния – 0,68; для других катионов фильтруемая фракция равна 1,0, а для анионов $f_x = 1,09$;

w – фракция воды в плазме ($w = 1,05$);

остальные обозначения приведены в предыдущих формулах.

1.2.5. Статистическая обработка результатов исследования

Анализ материалов проводился путем сравнения изменений каждого исследованного и производных показателей между:

- исходным и опытным периодами в обеих группах для выявления эффекта ВAB независимо от локализации фонирования;
- группами испытуемых для выяснения локального эффекта ВAB на почки по сравнению с другой локализацией фонирования;
- опытным периодом и последствием для уточнения продолжительности эффекта ВAB.

Для статистического анализа использовались методы вариационной статистики и многофакторного дисперсионного анализа (пакет программ Statistica/Win, v. 5.0). Учитывая значительный разброс величин суточного диуреза, концентраций веществ в моче и функциональных почечных показателей при повседневной жизнедеятельности человека, различия между группами считались достоверными при уровне значимости (p) не более 0,05. Для снижения статистической ошибки за счет неучтенных факторов при дисперсионном анализе использовалась математическая модель, учитывающая дисперсию, обусловленную периодами исследований, группами испытуемых и их взаимодействием:

$$\tilde{y}_{i,j} = \mu + A_i + B_j + A_i B_j + \varepsilon_{(ij)}, \quad (8)$$

где: $\tilde{y}_{i,j}$ — расчетное значение показателя;

μ — математическое ожидание средней величины показателя по всем опытам;

A_i — математическое ожидание эффекта, вносимого в изменчивость показателя периодом исследования;

B_j — математическое ожидание эффекта, вносимого в изменчивость показателя группами испытуемых;

$A_i B_j$ — математическое ожидания эффекта, вносимого взаимодействием факторов;

i, j – уровни факторов ($i = 0$ при отсутствии фактора A и $i = 1$ при его включении в модель; j – то же для фактора B);

$\varepsilon_r (ij)$ – ошибка эксперимента со средней величиной 0 и дисперсией σ^2 ;

r – число повторений каждого опыта.

Влияние фактора считалось значимым при $p < 0,05$. Для более наглядного представления о вариабельности рассматриваемых признаков в тексте средние величины приведены вместе с их среднеквадратическим отклонением ($M \pm \sigma$).

2. ВЛИЯНИЕ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА МОЧЕОБРАЗОВАНИЕ

2.1. Изменения диуреза и интегральных показателей концентрирования мочи

2.1.1. Суточный диурез

Исследование суточного диуреза выполнялось на фоне привычного режима питания и приема жидкости. Учитывая значительный разброс величин суточного диуреза в течение различных дней наблюдения у одного и того же пациента, измерения диуреза в обеих группах проводили в течение 5 суток в исходном периоде, два периода продолжительностью 5 суток при виброакустическом воздействии и 5 суток в периоде последействия.

Достоверных различий в величине диуреза, как между группами, так и между периодами исследований, не выявлено (табл. 1). Дисперсионный анализ этого показателя также не выявил влияния учитываемых факторов (табл. 2).

Таблица 1

Изменения суточного диуреза (мл/сут) при воздействии микроволн
($M \pm \sigma$)

Локализация	Исходный период	Период ВАВ		Период последействия микроволн
		1-я неделя	2-я неделя	
ВАВ				
Крестец	1167±361	1136±263	1029±176	1057±283
Почки	1009±388	1131±257	1004±171	1095±354

Таблица 2

Дисперсионный анализ изменений суточного диуреза
в зависимости от групп и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степений свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Группы	42000,2	1	42000,2	0,493	0,484
Периоды	209995,6	3	69998,5	0,821	0,485
Сочетание	161577,3	3	53859,1	0,632	0,596
Ошибка	9543796,7	112	85212,5		

В то же время отмечались выраженные индивидуальные колебания диуреза (рис. 1). При ВАВ диурез увеличивался у лиц с низким исходным диурезом и, напротив, снижался при высоком исходном диурезе, что привело к меньшему разбросу средних величин в период микроволнового воздействия.

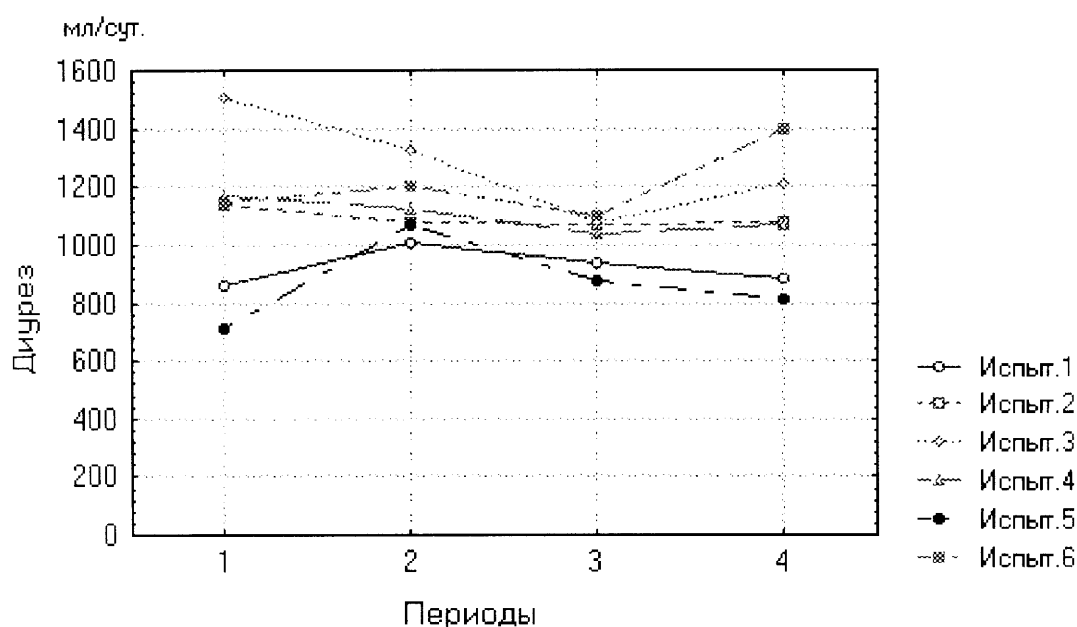


Рис. 1. Индивидуальные изменения суточного диуреза у испытуемых в зависимости от периода исследования

Примечание: Здесь и далее каждая точка на графике представляет среднюю величину из 5 наблюдений.

Дисперсионный анализ показывает достоверное влияние индивидуальной изменчивости показателя ($p < 0,001$) и несущественное влияние периодов исследования и сочетания перечисленных факторов (табл. 3).

Таблица 3

Дисперсионный анализ изменений суточного диуреза в зависимости от индивидуальных особенностей испытуемых и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степень свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Испытуемые	2606966	5	521393	8,154	0,0001
Периоды	209995	3	69998	1,095	0,355
Сочетание	1002308	15	66821	1,045	0,418
Ошибка	6138100	96	63939		

Следовательно, виброакустическое воздействие, как на область почек, так и на отдаленную от них область, не оказывает существенного влияния на диурез. Отмечаемое увеличение диуреза в первую неделю ВАВ на почки (в среднем на 123 мл) оказалось статистически незначимым в связи с выраженными индивидуальными колебаниями этого показателя. Влияние индивидуальных различий при дисперсионном анализе оказалось единственным значимым фактором ($p < 0.001$).

2.1.2. Относительная плотность мочи

Плотность мочи является одним из интегральных показателей концентрационной способности почек и отражает массу растворенных в моче плотных веществ. Относительная плотность является отношением плотности мочи к плотности дистиллированной воды. Изменения этого показателя в ходе исследования приведены в табл. 4. Отмечается снижение относительной

плотности мочи по сравнению с исходным периодом при ВАВ на область почек в течение первой недели ($p < 0,05$). Различий с исходным периодом при воздействии на область крестца не выявлено.

Таблица 4

Изменения относительной плотности мочи при воздействии микроволн ($M \pm \sigma$)

Локализация ВАВ	Исходный период	Период ВАВ		Период последствий микроволн
		1-я неделя	2-я неделя	
Крестец	1,0117 \pm 0,0072	1,0121 \pm 0,0060	1,0067 \pm 0,0054	1,0129 \pm 0,0071
Почки	1,0193 \pm 0,0039	1,0163 \pm 0,0040*	1,0183 \pm 0,0043	1,0170 \pm 0,0039

Примечание: Здесь и далее значком * отмечены величины, достоверно отличающиеся ($p < 0,05$) от значений исходного периода.

При дисперсионном анализе (табл. 5) выявлена достоверная связь между изменчивостью относительной плотности мочи и группами обследуемых ($p < 0,001$). Однако эту связь нельзя объяснить локальными особенностями влияния микроволн, так как различия прослеживаются уже в исходном периоде. Кроме того, нет значимого влияния на этот признак взаимодействия периодов исследования и групп испытуемых.

Таблица 5

Дисперсионный анализ изменений относительной плотности мочи в зависимости от групп и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степень свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Группы	1050,21	1	1050,21	36,18	0,0001
Периоды	29,29	3	9,76	0,34	0,799
Сочетание	88,49	3	29,50	1,02	0,388
Ошибка	3250,93	112	29,03		

Выявлена достоверная ($p < 0,0001$) индивидуальная изменчивость этого признака (рис. 2, табл. 6), объясняющая наличие групповых различий.

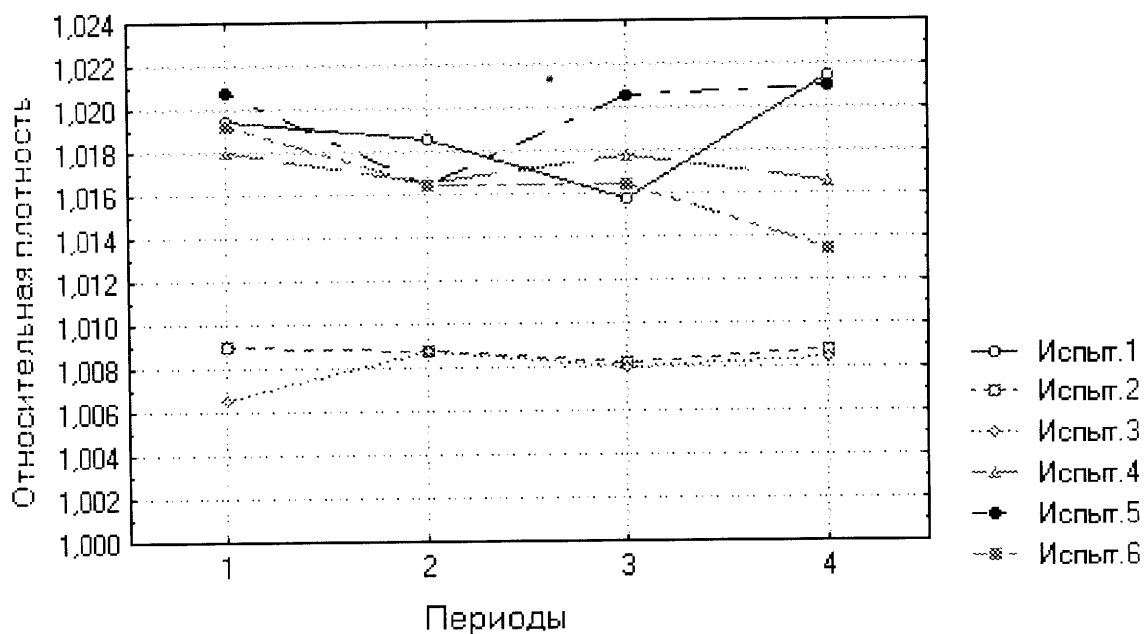


Рис. 2. Индивидуальные изменения относительной плотности мочи в зависимости от периода исследования

Таблица 6

Дисперсионный анализ изменений относительной плотности мочи в зависимости от индивидуальных особенностей испытуемых и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степень свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Испытуемые	0,002651	5	0,00053	33,249	0,0001
Периоды	2,709E-5	3	9,031E-6	0,566	0,638
Сочетание	0,000235	15	1,566E-5	0,982	0,480
Ошибка	0,001531	96	1,595E-5		

Относительная плотность мочи имеет отрицательную корреляцию с диурезом: $r = -0,73$ в исходном периоде, $r = -0,63$ – на первой неделе воз-

действия, $r = -0,37$ – во втором периоде воздействия и $r = -0,55$ – в периоде последствия.

Таким образом, отмечается достоверное снижение относительной плотности мочи при ВАВ на область почек в течение первой недели. На второй неделе воздействия и в течение последующей недели его эффект несущественен и значительно меньше индивидуальной изменчивости признака. В то же время при виброакустическом воздействии ослабляется связь между выводимым количеством плотных веществ и величиной объема мочи.

2.1.3. Удельная электропроводность мочи

Если относительная плотность отражает массу всех растворенных в моче веществ, то удельная электропроводность мочи зависит от содержания в ней заряженных частиц и, соответственно, характеризует количество растворенных в моче электролитов. Средние величины показателя в группах приведены в табл. 7.

Таблица 7

Изменения удельной электропроводности (мС/см) мочи при воздействии микроволн ($M \pm \sigma$)

Локализация ВАВ	Исходный период	Период ВАВ		Период последствия микроволн
		1-я неделя	2-я неделя	
Крестец	14,235±5,734	14,624±5,630	12,634±5,457	16,874±6,623
Почки	21,374±4,315	18,864±3,212*	19,557±3,670	21,287±3,810

Отмечается снижение удельной электропроводности мочи при ВАВ на почки, особенно в первую неделю ($p < 0,07$). Вместе с тем эффект исчезает в периоде последствия и электропроводность практически не отличается от исходных данных. На изменчивость этого показателя достоверное влияние ($p < 0,0001$) оказывают межгрупповые различия (табл. 8). Эти различия не связаны с ВАВ, так как наблюдаются уже в исходном периоде. Кроме того, от-

существует достоверное взаимодействие группового фактора и периода исследования.

Таблица 8

Дисперсионный анализ изменений удельной электропроводности мочи в зависимости от групп и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степень свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Группы	967,446	1	967,446	39,70	0,0001
Периоды	153,496	3	51,165	2,097	0,105
Сочетание	55,132	3	18,377	0,753	0,523
Ошибка	2732,078	112	24,394		

Групповые различия можно объяснить низкими величинами электропроводности мочи 2-го и 3-го испытуемых из первой группы, наблюдаемые в ходе всего исследования (рис. 3 и таб. 9).

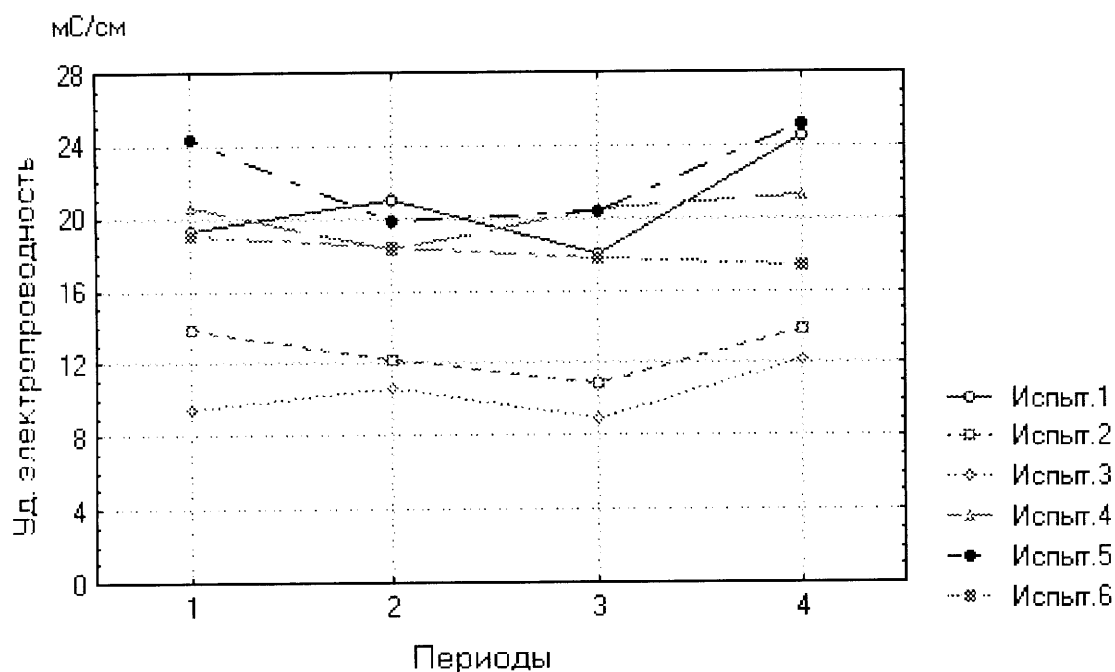


Рис. 3. Индивидуальные изменения удельной электропроводности мочи в зависимости от периода исследования

Таблица 9.

Дисперсионный анализ изменений удельной электропроводности в зависимости от индивидуальных особенностей испытуемых и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степень свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Испытуемые	2341,221	5	468,244	36,226	0,0001
Периоды	153,496	3	51,165	3,958	0,010
Сочетание	172,577	15	11,505	0,890	0,577
Ошибка	1240,858	96	12,926		

Таким образом, при ВAB на область почек удельная электропроводность мочи снижается в течение первой недели воздействия. Это, вероятно, обусловлено увеличением реабсорбции электролитов в канальцах, направленное на поддержание объема внеклеточной жидкости организма. Дисперсионный анализ указывает на существенное влияние на этот показатель как индивидуальных особенностей испытуемых ($p < 0,0001$), так и групповых различий ($p = 0,01$).

2.2. Процессы мочеобразования

Интегральные показатели концентрирования мочи определяются количеством растворенных в ней веществ (относительная плотность) и электролитов (электропроводность). Наибольший массовый вклад приходится на мочевины, а среди электролитов – на натрий, калий и хлориды. Ряд веществ не вносит существенного вклада в относительную плотность мочи, но, в связи с особенностью их транспорта по нефрону, используются в качестве тестовых для оценки почечных процессов. К таким веществам относится креатинин.

2.2.1. Концентрация креатинина мочи и его суточная экскреция

Суточная экскреция креатинина в меньшей степени зависит от характера питания, чем экскреция мочевины и других веществ, а определяется главным образом мышечной массой и практически не зависит от величины диуреза ($r = 0,08$), что указывает на зависимость диуреза от выведения других веществ, обладающих осмотическим диуретическим эффектом. Концентрация креатинина мочи, наоборот, связана обратным отношением с величиной диуреза ($r = -0,51$).

Средняя величина концентрации креатинина мочи в первой группе составляет $9,469 \pm 4,355$ и $12,479 \pm 4,721$ ммоль/л. – во второй группе. Общая средняя величина по всем исследованиям равна $10,974 \pm 4,768$ ммоль/л. Изменения концентрации креатина в группах в ходе исследования приведены в табл. 10.

Таблица 10

Изменения концентрации креатинина мочи (ммоль/л) при
воздействии микроволн ($M \pm \sigma$)

Локализация ВАВ	Исходный период	Период ВАВ		Период последствия микроволн
		1-я неделя	2-я неделя	
Крестец	$10,906 \pm 5,089$	$9,821 \pm 4,166$	$7,672 \pm 3,334^*$	$9,476 \pm 4,443$
Почки	$15,058 \pm 7,598$	$12,036 \pm 3,298$	$11,410 \pm 2,176$	$11,414 \pm 3,288$

Как следует из приведенных данных, концентрация креатинина снижается при воздействии микроволн звуковой частоты как на крестцовую область, так и на поясничную область. Дисперсия этого показателя определяется как влиянием группового фактора, так и периодов исследования (табл. 11). Групповые различия вызваны в основном индивидуальными особенностями испытуемых (рис. 4). Как и по предыдущим показателям, у двух испытуемых исходные показатели концентраций ниже, чем у остальных. Вместе с тем ха-

рактически одинаков для всех испытуемых. Дисперсионный анализ этого показателя свидетельствует о достоверной его зависимости от индивидуальных особенностей испытуемых и периодов исследования (табл. 11).

Таблица 11

Дисперсионный анализ изменений концентрации креатинина в зависимости от групп и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степень свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Группы	271,938	1	271,938	13,747	0,0003
Периоды	191,038	3	63,679	3,219	0,026
Сочетание	27,112	3	9,037	0,457	0,713
Ошибка	2215,560	112	19,782		

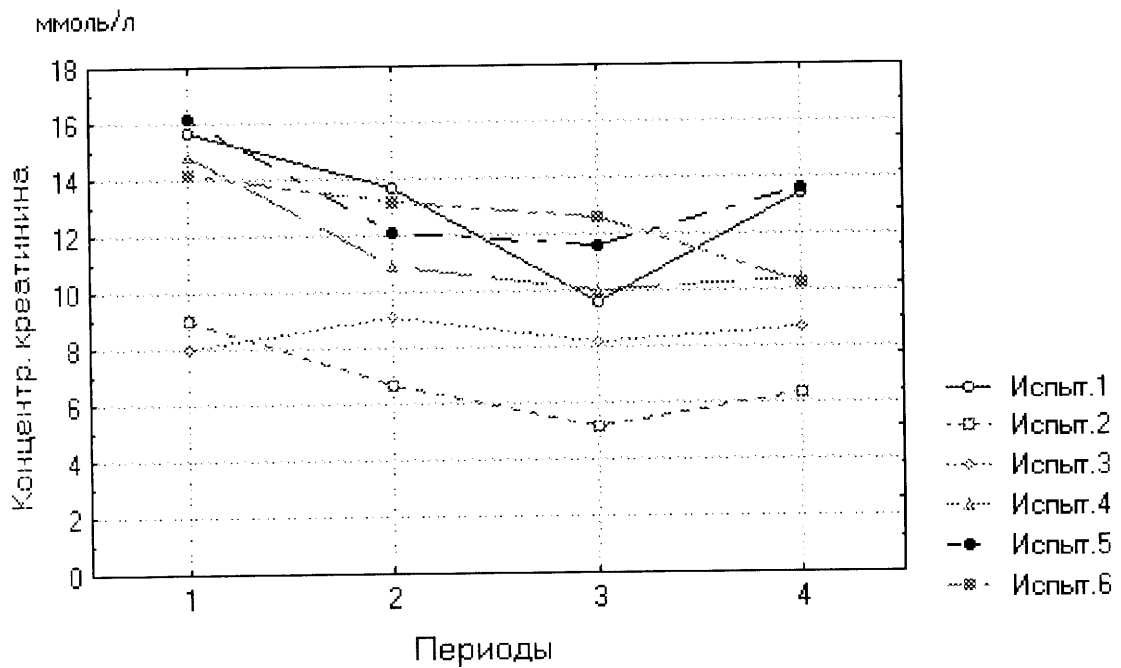


Рис. 4. Индивидуальные изменения концентрации креатинина мочи в зависимости от периодов исследования

Дисперсионный анализ этого показателя свидетельствует о достоверной его зависимости от индивидуальных особенностей испытуемых и периодов исследования (табл. 12).

Таблица 12

Дисперсионный анализ изменений концентрации креатинина мочи в зависимости от индивидуальных особенностей испытуемых и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степеней свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Испытуемые	729,248	5	145,850	8,433	0,0001
Периоды	191,038	3	63,679	3,682	0,015
Сочетание	125,056	15	8,337	0,482	0,945
Ошибка	1660,307	96	17,295		

Следовательно, снижение концентрации креатинина мочи при воздействии микроволн практически не зависит от расположения виброфонов. Полного восстановления этого показателя в периоде последствия не происходит.

Средняя величина экскреции креатинина в первой группе составляет 9.72 ± 3.24 и 12.56 ± 3.95 ммоль/л. – во второй группе. Изменения экскреции креатина в группах в ходе исследования приведены в табл. 13.

Таблица 13

Изменения экскреции креатинина мочи (ммоль/л) при воздействии микроволн ($M \pm \sigma$)

Локализация ВАВ	Исходный период	Период ВАВ		Период последствия микроволн
		1-я неделя	2-я неделя	
Крестец	$11,413 \pm 3,196$	$10,563 \pm 3,012$	$7,595 \pm 2,733^*$	$9,290 \pm 2,958$
Почки	$13,767 \pm 5,842$	$13,107 \pm 2,933$	$11,467 \pm 2,720$	$11,890 \pm 3,463$

Как следует из приведенных данных, экскреция креатинина снижается при воздействии микроволн звуковой частоты только на крестцовую область. Дисперсия этого показателя определяется как влиянием группового фактора, так и периодов исследования (табл. 14).

Таблица 14

Дисперсионный анализ изменений экскреции креатинина мочи в зависимости от групп и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степень свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Группы	242,34	1	242,34	19,86	0,0001
Периоды	164,34	3	54,78	4,49	0,005
Сочетание	10,86	3	3,62	0,30	0,827
Ошибка	1366,65	112	12,20		

Групповые различия вызваны как индивидуальными особенностями испытуемых, так и различной реакцией на ВАВ испытуемых, составляющих группы (рис. 5).

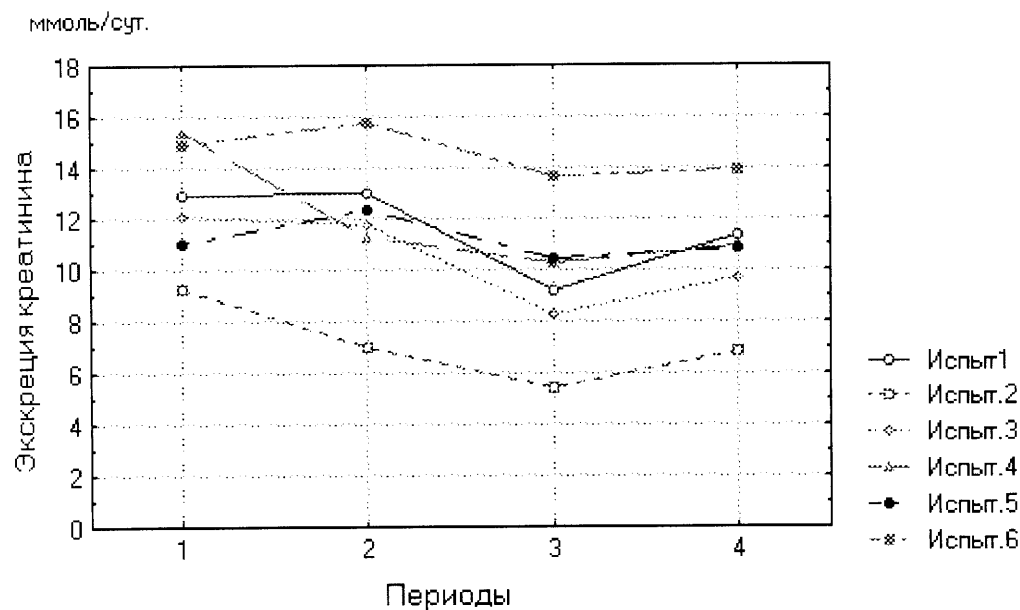


Рис. 5. Индивидуальные изменения суточной экскреции креатинина в зависимости от периодов исследования

Большее снижение экскреции отмечалось у испытуемых 1, 2 и 3, относящихся к группе с микроволновым воздействием на область крестца, и только у одного испытуемого (№ 4) из группы с воздействием на область почек. Дисперсионный анализ этого показателя свидетельствует о достоверной его зависимости от индивидуальных особенностей испытуемых и периодов исследования.

2.2.2. Почечные процессы мочеобразования

Так как креатинин не всасывается и практически не секретировается в канальцах, его экскреция пропорциональна величине клубочковой фильтрации, что позволяет рассчитать основные почечные процессы по формулам 3, 5 и 6, используя измерения концентрации креатинина в крови и моче и величину диуреза. Для снижения влияния индивидуальных различий все почечные показатели, включая величину минутного диуреза, рассчитывались на стандартную поверхность тела (1,73 кв. м).

Концентрация креатина в плазме крови испытуемых находилась в пределах нормальных величин для этого показателя. Некоторое его снижение наблюдалось при микроволновом воздействии на область крестца (табл. 15). При воздействии на область почек изменения показателя колебались в пределах случайной ошибки.

Таблица 15

Изменения концентрации креатинина крови (ммоль/л) при
воздействии микроволн ($M \pm \sigma$)

Локализация ВАВ	Исходный период	Период ВАВ		Период последствия микроволн
		1-я неделя	2-я неделя	
Крестец	0,093± 0,0063	0,087± 0,006 3	0,081±0,0043*	0,095± 0,010
Почки	0,093± 0,0063	0,100± 0,017 3	0,093± 0,0123	0,108±0,0103

Результаты расчета почечных процессов, обеспечивающих мочеобразование, приведены в табл. 16. Как следует из этих данных, при ВАВ изменения стандартного диуреза не выходят за пределы колебаний его величины в исходном периоде и не зависят от клубочковой фильтрации. Объемная скорость клубочковой фильтрации составляла, в среднем, к концу воздействия на область крестца 76,4%, а на область почек – 82,4% от исходных величин. Индивидуальные изменения представлены на рис.6.

Величина диуреза определялась в основном канальцевой реабсорбцией: чем она выше, тем ниже диурез ($r = - 0,65$). Вместе с тем сама относительная канальцевая реабсорбция линейно зависела от СКФ ($r = 0,70$). Это и определяет независимость величины диуреза от величины СКФ как в исходном периоде, так и при воздействии микроволн.

Таблица 16

Изменения стандартного диуреза, концентрационного индекса креатинина, клубочковой фильтрации (мл/мин) и относительной канальцевой реабсорбции (%) при воздействии микроволн

Показатель	Область ВАВ	Исходный период	Период ВАВ		Период последствие
			1-я неделя	2-я неделя	
Диурез (мл/мин)	К	0,768±0,269	0,743±0,189	0,674±0,150	0,694±0,209
	П	0,613±0,244	0,685±0,161	0,609±0,113	0,667±0,230
KI _{cr}	К	117,8±57,5	115,4±55,0	95,8±44,1	98,7±42,6
	П	161,3±82,3	121,6±36,1	122,9±21,5	105,9±29,8*
GFR	К	79,19±21,31	78,36±19,41	60,49±20,0*	62,45±15,21*
	П	90,43±40,79	79,23±13,29	74,48±15,38	66,78±18,89
R%	К	98,94±0,57	98,98±0,41	98,75±0,51	98,83±0,41
	П	99,25±0,32	99,12±0,23	99,16±0,16	98,98±0,31*

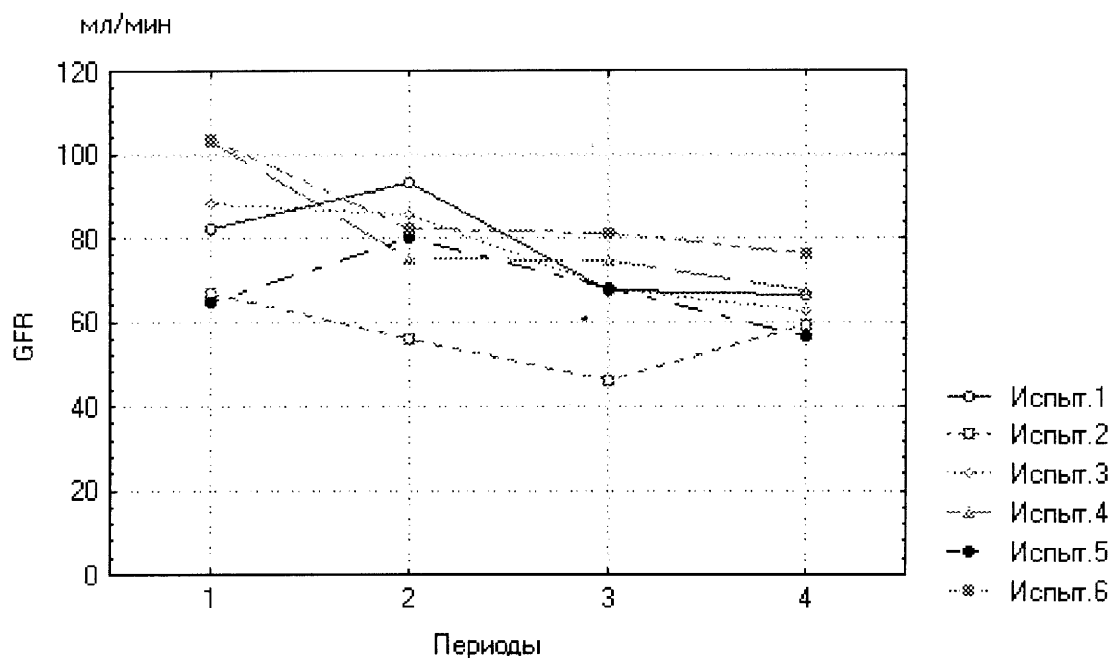


Рис. 6. Индивидуальные изменения клубочковой фильтрации в зависимости от периодов исследования

Таблица 17

Дисперсионный анализ изменений клубочковой фильтрации в зависимости от индивидуальных особенностей испытуемых и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степень свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Испытуемые	10558,4	5	2111,7	4,923	0,0005
Периоды	8109,7	3	2703,2	6,303	0,0006
Сочетание	5372,6	15	358,2	0,835	0,637
Ошибка	41175,5	96	428,9		

Хотя относительная канальцевая реабсорбция клубочкового фильтрата в ходе ВАВ существенно не менялась и оставалась на довольно высоких значениях (около 99%), более тонкий показатель этого процесса – концентрационный индекс креатинина снижался при воздействии микроволн как на об-

ласть крестца, так и на область почек. Его изменения связаны со снижением концентрации креатинина в моче, так как концентрация в крови в ходе исследования не нарастала.

Из рис. 6 и табл. 17 следует, что основной тенденцией при виброакустическом воздействии является снижение клубочковой фильтрации, лишь у 2 испытуемых (по одному в каждой группе) в начале воздействия отмечалось некоторое увеличение этого показателя. Изменчивость величины клубочковой фильтрации определяется индивидуальными особенностями испытуемых и временным фактором, включающим также эффект виброакустического воздействия.

Влияние микроволн на величину клубочковой фильтрации при воздействии на область почек выражено в меньшей степени, чем при воздействии на область крестца. Изменчивость канальцевой реабсорбции обусловлена только индивидуальными особенностями пациентов и не зависит от ВАВ.

3. СОСТОЯНИЕ ГОМЕОСТАТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ПОЧЕК ПРИ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

3.1. Выведение продуктов азотистого обмена

3.1.1. Мочевина

Основные показатели, характеризующие участие почек в выведении мочевины, являющейся основным конечным продуктом белкового обмена, приведены в табл. 18. Образование и выведение мочевины зависит как от характера принимаемой пищи, так и величины суточного диуреза ($r = 0,36$). Колебания этого показателя, связанные с приемом пищи и обусловленные массой испытуемых, несколько нивелируются при его измерении в течение суток и расчетом на стандартную поверхность тела (1,73 кв. м). Это улучшает возможность выявления эффекта ВАВ.

В исходном периоде различия в экскреции мочевины между группами недостоверны. При воздействии микроволн на область крестца отмечается достоверное снижение экскреции этого вещества ($p < 0,05$), тогда как при расположении виброфонов на области почек различий с исходным периодом не было.

Дисперсионный анализ подтверждает зависимость изменений этого показателя от точки приложения ВАВ ($p < 0,01$). Стандартная экскреция мочевины существенно зависит от индивидуальных и временных различий. Групповые различия обусловлены неодинаковым эффектом ВАВ в зависимости от места его приложения. Достоверное снижение стандартной экскреции наблюдается во все периоды воздействия на область крестца ($p < 0,05$) и отсутствует при воздействии на область почек. Отмечаются также выраженные

индивидуальные изменения экскреции мочевины в различные периоды воздействия (рис. 7).

Таблица 18

Изменения концентраций, экскреции, концентрационного индекса, клубочковой фильтрации и относительной экскреции мочевины отношения мочевины/креатинин при воздействии микроволн

Показатель	Область ВАВ	Исходный период	Период ВАВ		Период последствие
			1-я неделя	2-я неделя	
Мочевина крови, ммоль/л	К	3,367±0,244	4,167±0,594*	4,100±0,660*	3,700±0,592*
	П	4,267±0,129	4,133±0,434	5,367±0,688*	4,133±0,195
Мочевина мочи, ммоль/л	К	289,6±93,2	203,7±99,8*	243,4±108,4	234,7±98,8
	П	362,5±124,0	263,1±86,4*	363,0±99,5	318,1±86,4
Станд. экскр., мкМ/мин	К	208,9±66,8	137,9±48,3*	152,5±49,2*	152,2±57,8*
	П	208,2±71,5	172,3±56,1	220,6±64,2	202,1±53,9
КІ мочевины	К	87,0±30,3	47,9±20,5*	59,8±26,1*	62,1±20,8*
	П	85,1±29,5	64,1±22,6	68,8±20,8	77,5±22,8
Фильтрация, мкМ/мин	К	264,5±64,1	329,2±109,6*	244,9±85,5	232,4±74,3
	П	384,1±167,1	328,1±68,1	402,4±106,8	277,2±84,6*
Экскрет. фракция (%)	К	84,97±37,93	44,28±18,62*	66,52±24,14*	68,09±29,06
	П	59,76±23,64	54,93±21,54	55,72±14,04	75,02±17,46
Мочев. Креат.	К	30,62±13,62	21,12±8,33*	33,50±12,45	26,43±11,61
	П	27,40±10,99	22,70±8,46	32,03±7,89*	28,68±6,13

Снижение экскреции мочевины происходит при небольшом увеличении концентрации мочевины в крови ($p < 0,05$). Учитывая отсутствие достоверных изменений величины минутного диуреза, изменения экскреции мочевины могут быть обусловлены соответствующими изменениями ее концентрации в моче. Действительно имеется тесная и достоверная корреляционная связь между этими показателями ($r = 0,76$).

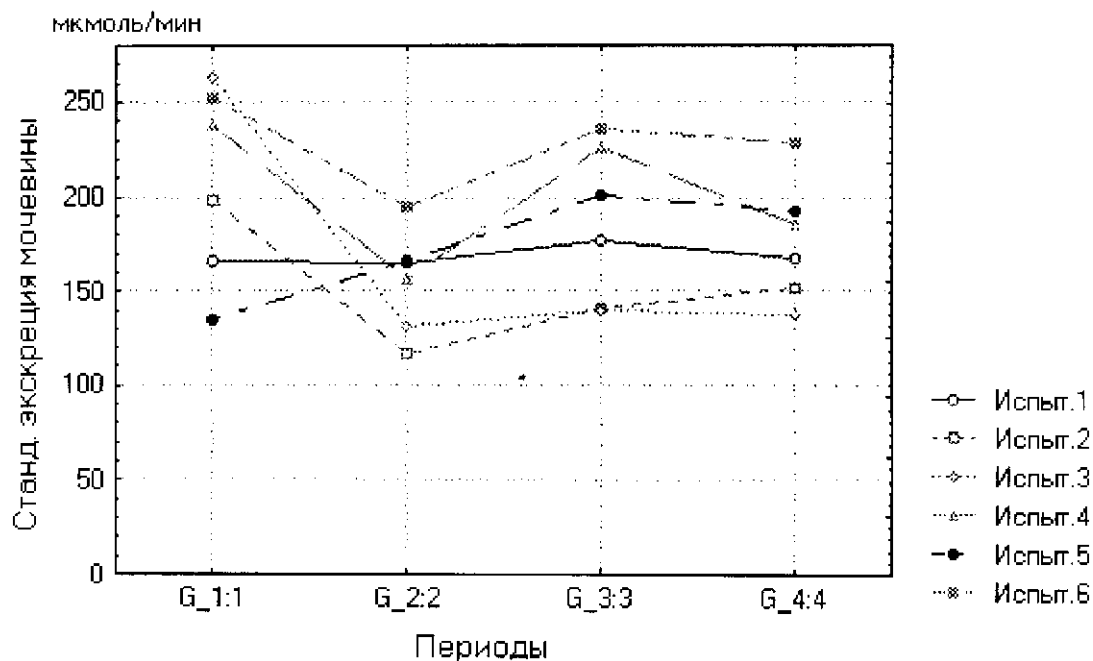


Рис. 7. Индивидуальные изменения экскреции мочевины в зависимости от периода исследования

Средняя величина концентрации мочевины в первой группе составляет $242,87 \pm 102,43$ и $326,66 \pm 106,09$ ммоль/л. – во второй группе. Общая средняя величина по всем исследованиям равна $284,77 \pm 112,04$ ммоль/л. Следовательно, вариабельность признака в группах колеблется от 42,2 до 32,5%.

Отмечается достоверное снижение концентрации мочевины при воздействии витафоном в течение первой недели как на область почек ($p < 0,03$), так и на крестцовую область ($p < 0,01$). Различия с исходным периодом при воздействии на почки на второй неделе и в периоде последействия незначительны. На дисперсию признака основное влияние оказывают групповые и временные факторы ($p < 0,01$).

Учитывая существенные различия исходных групповых величин концентрации мочевины мочи, для уточнения эффекта ВАВ проанализированы индивидуальные изменения признака в ходе эксперимента. Результаты приведены на рис. 8.

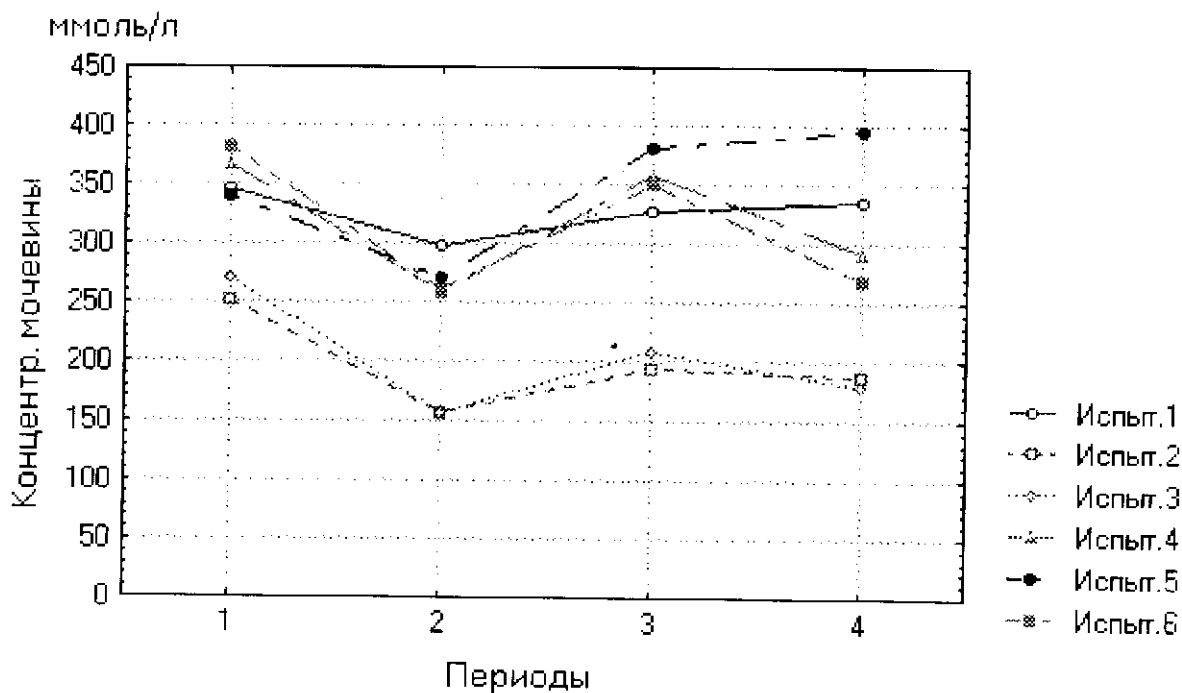


Рис. 8. Индивидуальные изменения концентрации мочевины мочи в зависимости от периода исследования

Изменения индивидуальных средних величин практически повторяются в ходе исследования, что указывает на одинаковый эффект микроволн, независимо от различного расположения микрофонов. Отсутствие взаимодействия группового эффекта и периодов исследования подтверждается также дисперсионным анализом. В то же время, имеется отчетливый параллелизм между индивидуальными изменениями концентраций и экскрецией мочевины.

Таким образом, помимо выраженных индивидуальных колебаний концентраций мочевины, обуславливающих различия между группами, отмечается отчетливое влияние виброакустического воздействия, проявляющееся снижением концентрации мочевины мочи в первую неделю использования «Витафона». Этот эффект не зависит от места приложения микроволнового воздействия.

Так как концентрация мочевины в моче довольно высокая и ее транспорт по нефрону может вызывать осмотический диурез, представляется ин-

интересным исследованием является изменение отношения концентрации мочевины к концентрации креатинина в моче. Средняя величина этого отношения в первой группе составила $27,92 \pm 12,30$, во второй – $27,70 \pm 8,98$. Средняя величина по всем наблюдениям равна $27,81 \pm 10,73$. На первой неделе воздействия микроволн отмечается снижение отношения мочевины/креатинин, которое увеличивается на второй неделе, особенно при приложении ВАВ на область почек (см. табл. 18).

Отношение мочевины/креатинин (рис. 9) изменяется одинаково как при виброакустическом воздействии на почечную область, так и на область крестца. В начале воздействия отмечается снижение этого отношения, а на второй неделе – увеличение. Этот эффект ВАВ исчезает в периоде последствия уже на первой неделе.

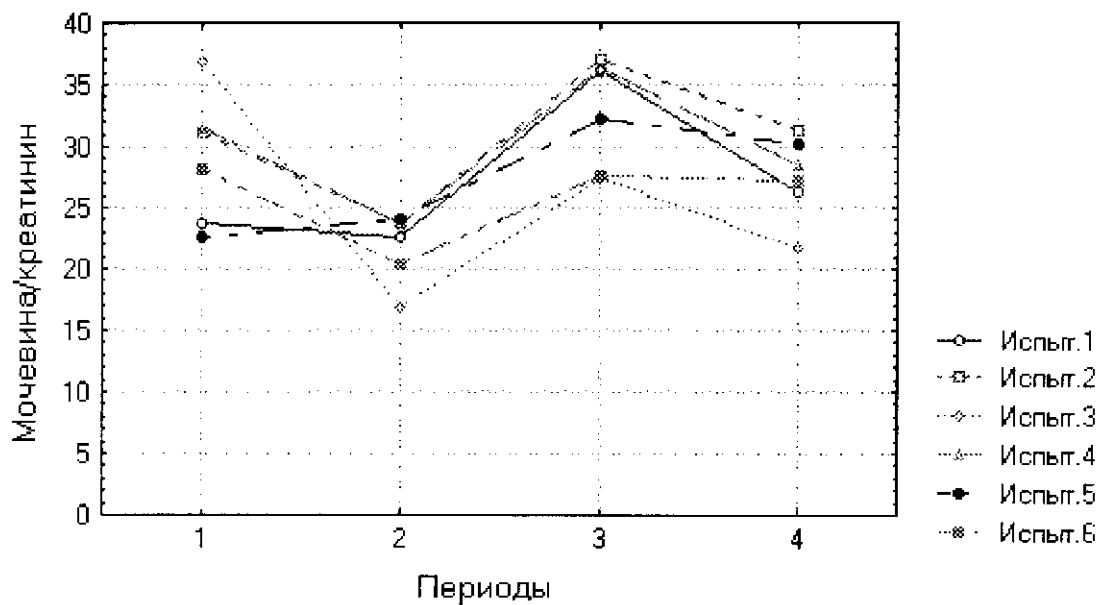


Рис. 9. Индивидуальные изменения отношения концентрации мочевины к креатинину в моче в зависимости от периода исследования

Таким образом, выведение мочевины существенно снижается как в периоды ВАВ на область крестца, так и в последствии. В то же время нет достоверных изменений при ВАВ на область почек. Ведущим механизмом

снижения экскреции мочевины является увеличение ее относительной реабсорбции в почечных канальцах. Это приводит к снижению экскретируемой фракции вещества, профильтровавшегося в клубочках (см. табл. 18), особенно при воздействии на крестцовую область. Общее воздействие микроволн, вероятно, проявляется снижением экскреции мочевины. Этот эффект частично нивелируется при приложении воздействия на область почек.

3.1.2. Мочевая кислота

Мочевая кислота является конечным продуктом пуринового обмена. Ее содержание в крови повышается, с одной стороны, при подагре, лейкозах и других заболеваниях, сопровождающихся распадом тканей и, с другой – при нарушении выведения мочевой кислоты почками. В связи с плохой растворимостью в воде кристаллы мочевой кислоты могут выпадать в хрящах, сухожилиях, в почках и других органах. При повреждающем ткани действии микровибрации следовало бы ожидать повышения концентрации мочевой кислоты в крови или значительное увеличение ее суточной экскреции. Основные показатели, характеризующие выведение мочевой кислоты, приведены в табл. 19.

Концентрация мочевой кислоты в крови существенно не менялась на протяжении исследования, лишь отмечено достоверное ее снижение после воздействия на область крестца. Концентрация мочевой кислоты в моче в периоды ВАВ и после него была выше, чем в исходном периоде, причем основное значение в ее изменчивости принадлежит периодам исследования ($p=0,01$) и, следовательно, влиянию микроволн.

Увеличение экскреции мочевой кислоты наблюдается в большей степени в начальном периоде воздействия микроволн (первая неделя). Дисперсионный анализ подтверждает связь изменений этого признака в основном с периодами исследования, что может быть обусловлено влиянием ВАВ ($p<0,001$). Значимого различия между группами не выявлено (табл. 20). Это

свидетельствует о незначительной зависимости эффекта микроволн от места их приложения. В то же время, отсутствие изменений и некоторое снижение в крови при воздействии на область крестца позволяет предполагать отсутствие повреждающего действия микроволн на ткани.

Таблица 19

Изменения концентраций, стандартной экскреции, концентрационного индекса, клубочковой фильтрации, относительной экскреции мочевой кислоты, отношения мочевая кислота/креатинин при воздействии микроволн

Показатель	Область ВАВ	Исходный период	Период ВАВ		Период последствий
			1-я неделя	2-я неделя	
Мочевая кислота крови	К	0,464±0,032	0,460±0,030	0,490±0,110	0,407±0,061*
	П	0,362±0,119	0,360±0,119	0,403±0,102	0,363±0,085
Мочевая кислота мочи	К	2,744±0,884	3,744±1,171*	2,868±1,218	3,554±1,501
	П	3,357±1,071	3,852±1,090	3,907±1,201*	3,673±1,457
Станд. экскр., мкМ/мин	К	2,053±0,771	2,724±0,884*	1,856±0,648	2,446±1,240
	П	1,909±0,554	2,628±0,909*	1,968±0,771	2,320±0,996
КІ мочевой кислоты	К	6,008±2,049	8,127±2,442*	6,035±2,692	9,033±4,399*
	П	10,189±4,419	11,913±5,067	7,693±4,178*	10,422±4,277
Фильтрация, мкМ/мин	К	36,56±10,59	36,44±10,79	30,58±14,54	25,38±7,08*
	П	30,62±11,56	28,71±11,13	29,79±9,580	23,69±7,16
Экскрет. фракция (%)	К	6,193±3,387	8,207±3,671*	7,660±5,938	9,773±4,412*
	П	7,127±3,668	10,61±3,176*	7,340±3,176	10,15±3,994*
Кислота Креатин.	К	0,294±0,137	0,425±0,167*	0,415±0,222*	0,415±0,190
	П	0,248±0,086	0,343±0,102	0,260±0,102	0,326±0,105

Основным почечным механизмом, обеспечивающим увеличение экскреции мочевой кислоты, является увеличение ее экскретируемой фракции. Это приводит и к увеличению относительной (к креатинину) концентрации мочевой кислоты в моче. Причина изменений экскретируемой фракции – пе-

риоды исследования. Дисперсионный анализ подтверждает основное влияние этого фактора (табл. 21).

Таблица 20

Дисперсионный анализ изменений экскреции мочевой кислоты в зависимости от индивидуальных особенностей испытуемых и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степень свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Группы	0,11408	1	0,11408	0,0602	0,807
Периоды	36,3583	3	12,1194	6,3941	0,0005
Сочетание	0,06225	3	0,02075	0,0109	0,998
Ошибка	212,2853	112	1,89541		

Таблица 21

Дисперсионный анализ изменений экскретируемой фракции мочевой кислоты в зависимости от индивидуальных особенностей испытуемых и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степень свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Группы	0,001068	1	0,001068	0,569	0,452
Периоды	0,025057	3	0,008352	4,454	0,005
Сочетание	0,005317	3	0,001770	0,945	0,422
Ошибка	0,210034	112	0,001875		

Снижение канальцевой реабсорбции приводит и к увеличению относительной (к креатинину) концентрации мочевой кислоты в моче, хотя на этот показатель больше влияют групповые различия, чем периоды эксперимента (табл. 22). Это особенно отчетливо прослеживается при анализе индивиду-

альных изменений относительной концентрации мочевой кислоты (рис. 10).

В то же время имеется отчетливая связь и с воздействием микроволн.

Таблица 22

Дисперсионный анализ изменений относительной концентрации мочевой кислоты в зависимости от индивидуальных особенностей испытуемых и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степень свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Группы	0,2609	1	0,2609	11,676	0,001
Периоды	0,2288	3	0,0763	3,414	0,020
Сочетание	0,0461	3	0,0154	0,688	0,561
Ошибка	2,5022	112	0,0223		

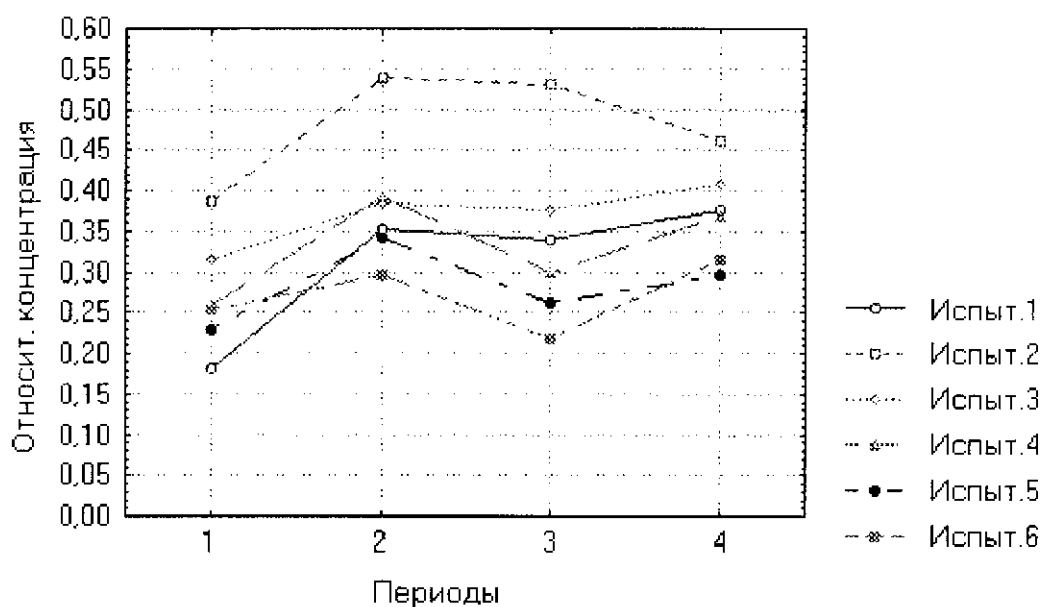


Рис. 10. Индивидуальные изменения отношения концентрации мочевой кислоты к креатинину мочи в зависимости от периода исследования

Таким образом, выведение мочевой кислоты достоверно увеличивается в периоды ВАВ как на область крестца, так и на почки, особенно в первую неделю применения микроволн. В выведении мочевой кислоты, наряду с ее фильтрацией и реабсорбцией, большое значение принадлежит также секреции в канальцах, в отличие от мочевины, в выведении которой участвует лишь фильтрация и пассивная реабсорбция (Вандер А., 2000). Сопоставляя механизмы выведения этих веществ и креатинина при воздействии микроволн, ведущим механизмом увеличения экскреции мочевой кислоты следует считать дополнительную секрецию этого вещества в почечных канальцах. Этот процесс и обеспечивает поддержание мочевой кислоты крови в пределах нормальных величин.

3.2. Выведение электролитов

3.2.1. Натрий

Натрий вместе с калием и хлоридами составляет большую часть электролитов крови и мочи, создавая основной вклад в эффективную осмотическую концентрацию, определяющую распределение жидкости в организме. От их концентрации зависит такой интегральный показатель как ее электропроводность.

На второй неделе ВАВ и в периоде последствий отмечено достоверное ($p < 0,05$) увеличение концентрации натрия в сыворотке крови (табл. 23). Эффект воздействия практически одинаков как при его приложении на область крестца, так и на область почек.

Средняя величина концентрации натрия мочи у испытуемых первой группы составила $114,4 \pm 45,7$ ммоль/л, второй группы – $159,1 \pm 28,6$ и общая средняя величина по всем 120 исследованиям – $136,9 \pm 44,0$ ммоль/л. Следует отметить, что и в исходном периоде концентрация натрия в моче второй группы была достоверно ($p < 0,01$) выше, чем в первой группе (табл. 23).

Таблица 23.

Изменения концентраций, стандартной экскреции, концентрационного индекса, клубочковой фильтрации, относительной экскреции натрия, отношения натрий/креатинин мочи при воздействии микроволн

Показатель	Область ВАВ	Исходный период	Период ВАВ		Период последствия
			1-я неделя	2-я неделя	
Натрий крови, ммоль/л	К	138,33±0,667	140,00±2,082	142,00±0,29*	145,53±1,19*
	П	139,00±1,155	139,67±1,333	144,63±1,42*	144,70±1,64*
Натрий мочи, ммоль/л	К	109,17±42,67	113,47±42,05	99,40±42,29	136,8±51,11*
	П	158,90±32,75	149,55±28,48	160,35±27,30	167,69±25,45
Станд. экскр., мкМ/мин	К	74,66±16,51	79,09±21,34	64,05±24,05	87,56±24,96
	П	93,92±29,17	100,32±21,24	96,45±17,70	107,82±27,07
КІ натрия	К	0,832±0,244	0,857±0,330	0,736±0,312	0,992±0,377
	П	1,203±4,419	1,127±0,217	1,166±0,193	1,218±0,171
Фильтрация, мкМ/мин	К	10404±2796	10424±2579	8160±2700*	8633±2096
	П	11916±5296	10518±1802	10229±2097	9166±2559
Экскрет. фракция (%)	К	0,740±0,177	0,800±0,259	0,823±0,322	1,067±0,322*
	П	0,873±0,363	0,993±0,301	0,947±0,125	1,220±0,267*
Натрий Креатин.	К	10,45±2,29	12,16±3,54	13,70±4,77*	15,52±4,88*
	П	12,52±4,99	13,27±4,35	14,41±2,88	15,47±3,45

Отмечается достоверное ($p < 0,03$) увеличение концентрации натрия мочи после воздействия микроволн на область крестца по сравнению с исходным периодом. Различия средних величин в другие периоды исследования, как и при ВАВ на область почек отсутствуют. При дисперсионном анализе выявлено достоверное влияние на этот показатель групп испытуемых (табл. 24). Учитывая достоверные различия средних величин между группами уже в исходном периоде, нельзя связывать влияние этого фактора с локализацией воздействия микроволн. Об этом свидетельствует также отсутствие досто-

верного влияния взаимодействия группового фактора и периодов исследования.

Таблица 24.

Дисперсионный анализ изменений концентрации натрия мочи
в зависимости от групп и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степень свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Группы	59172,64	1	59172,64	1597,46	<0,0001
Периоды	9661,51	3	3220,50	2,287	0,083
Сочетание	4157,14	3	1385,71	0,984	0,403
Ошибка	157717,40	112	1408,19		

Для уточнения причин групповых различий проведено исследование индивидуальной изменчивости концентрации натрия мочи. Как видно из рис. 11 и табл. 25, основной причиной групповых различий являются значительные индивидуальные колебания концентрации натрия мочи, причем на первой неделе виброакустического воздействия разброс этого показателя у различных испытуемых уменьшается.

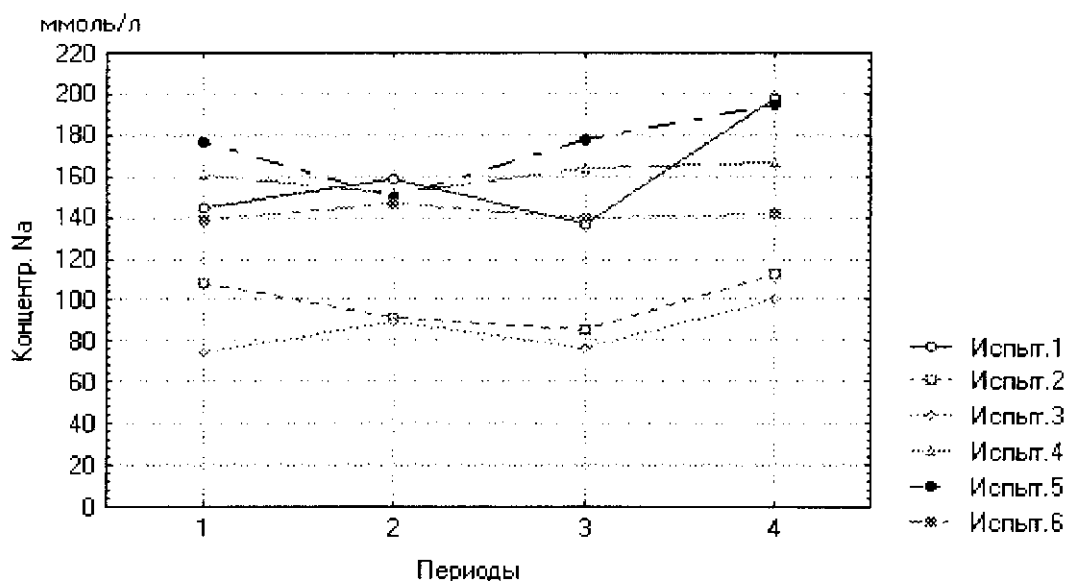


Рис. 11. Индивидуальные изменения концентрации натрия мочи

Таблица 25.

Дисперсионный анализ изменений концентрации натрия мочи в зависимости от индивидуальных особенностей испытуемых и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степень свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Испытуемые	133093,43	5	26618,69	33,584	<0,0001
Периоды	9661,51	3	3220,50	4,063	0,009
Сочетание	11863,10	15	790,87	0,998	0,464
Ошибка	76090,65	96	792,61		

Увеличивается также относительная (к креатинину) концентрация натрия в моче, которая не имеет достоверной связи с локализацией микроволнового воздействия (табл. 26).

Таблица 26.

Дисперсионный анализ изменений относительной концентрации натрия мочи в зависимости от групп испытуемых и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степень свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Группы	27,454	1	27,454	1,712	0,194
Периоды	268,749	3	89,583	5,585	0,001
Сочетание	17,516	3	5,839	0,364	0,779
Ошибка	1796,378	112	16,039		

Таким образом, концентрация натрия мочи достоверно связана с периодами исследований. Различия между группами обусловлены в основном индивидуальными особенностями испытуемых.

Стандартная экскреция натрия при воздействии на область почек нарастает, хотя и недостоверно, в отличие от небольших изменений при воздействии на область крестца. Это происходит при снижении фильтрационной нагрузки нефронов натрием (рис. 12) и, следовательно, обусловлено лишь снижением канальцевой реабсорбции (соответственно, увеличением экскретируемой фракции) этого иона (рис. 13).

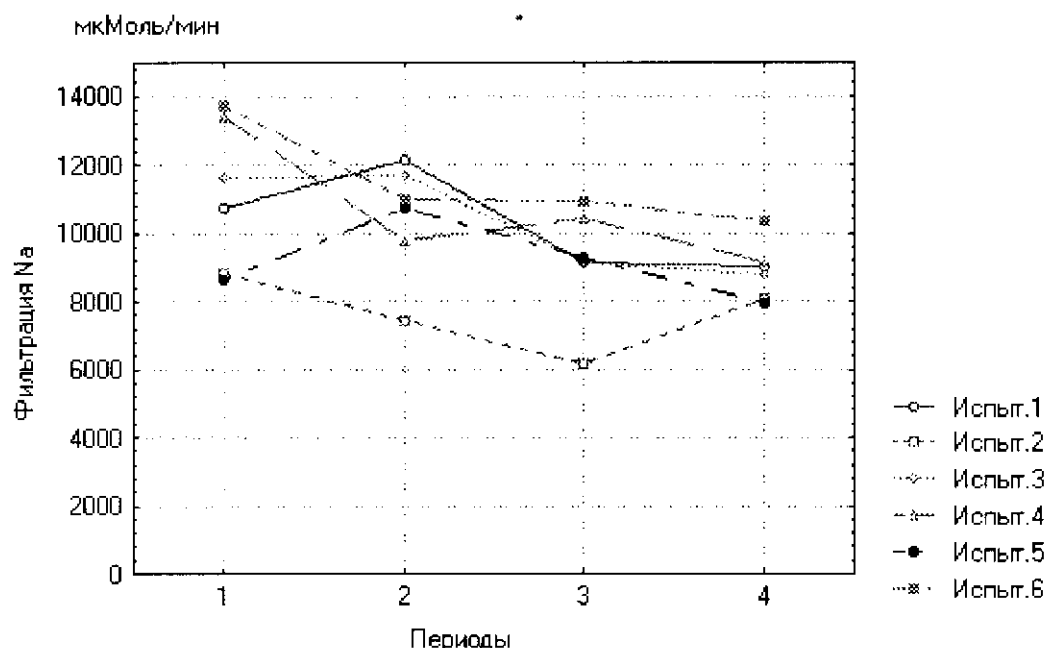


Рис. 12. Индивидуальные изменения клубочковой фильтрации натрия

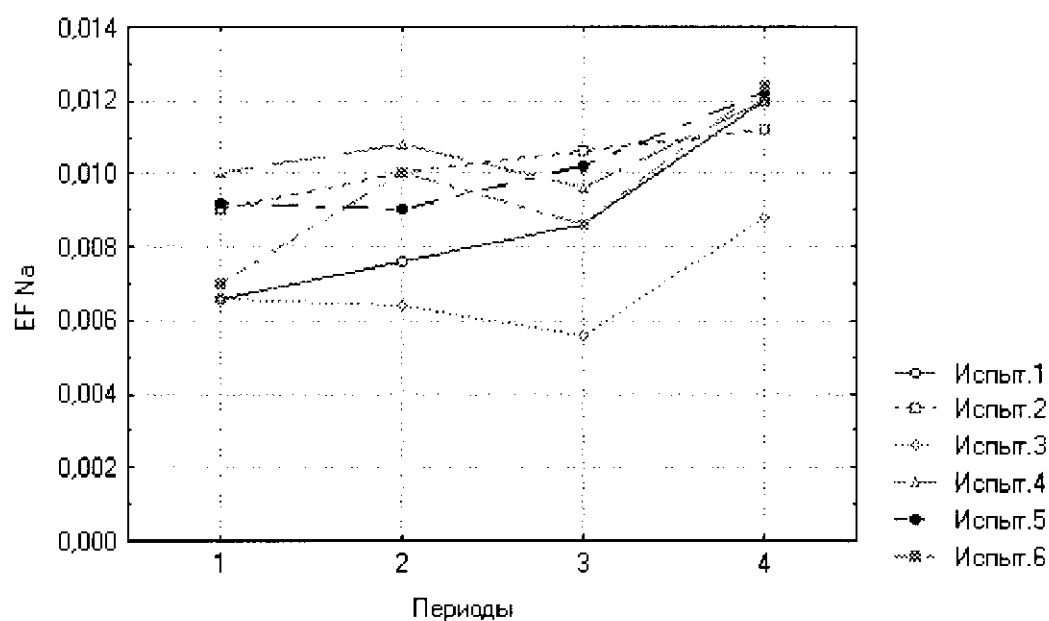


Рис. 13. Индивидуальные изменения экскретируемой фракции натрия

Дисперсионный анализ изменений клубочковой фильтрации натрия подтверждает отсутствие групповых различий и достоверную ($p < 0,01$) зависимость изменений признака от периодов исследования. Экскретируемая фракция определяется как групповым и индивидуальным факторами, так и периодами исследований ($p < 0,005$).

Отмечается слабая прямая корреляционная связь между стандартной экскрецией и клубочковой фильтрацией ($r < 0,4$), но эта связь достоверно возрастает при воздействии микровибрации на почки (вторая неделя) и после него ($r > 0,6$). Имеется также умеренная корреляционная связь между стандартной экскрецией и экскретируемой фракцией натрия ($r > 0,5$), которая теряется при воздействии на почки (вторая неделя) и после него. Следовательно, при ВАВ на почки изменения экскреции натрия зависят в большей степени от изменений его клубочковой фильтрации, чем от изменений экскретируемой фракции. При воздействии на область крестца такая связь не прослеживается.

3.2.2. Калий

Концентрация калия в крови при ВАВ нарастает, однако это увеличение статистически недостоверно. Его концентрация в моче, напротив, снижается, причем при ВАВ на область почек снижение более выражено и достоверно (табл. 27). Однако концентрация калия в моче нарастает при микроволновом воздействии и после него больше, чем концентрация креатинина. Об этом свидетельствует отношение их концентраций, достоверно увеличивающееся при воздействии на область крестца. При воздействии на область почек это отношение изменяется без какой-либо закономерности и недостоверно.

Таблица 27.

Изменения концентраций, стандартной экскреции, концентрационного индекса, клубочковой фильтрации, относительной экскреции калия, отношения калий/креатинин мочи при воздействии микроволн

Показатель	Область ВАВ	Исходный период	Период ВАВ		Период последствий
			1-я неделя	2-я неделя	
Калий крови, ммоль/л	К	4,400±0,458	4,667±0,551	4,457±0,333	4,123±0,612
	П	4,267±0,289	4,433±0,351	4,423±0,605	4,643±0,430
Калий мочи, ммоль/л	К	36,38±19,75	34,26±15,47	33,16±15,88	39,32±23,96
	П	50,82±14,47	36,18±12,07*	49,14±9,87	38,93±9,24*
Станд. экскр., мкМ/мин	К	23,61±5,75	22,98±6,39	21,17±8,47	23,99±10,21
	П	29,07±8,11	23,75±6,37	30,02±8,42	25,27±9,37
КІ калия	К	8,452±4,033	8,087±4,311	7,728±3,496	10,042±5,762
	П	12,606±3,805	8,498±2,465*	11,740±2,132	8,944±2,531*
Фильтрация, мкМ/мин	К	329,6±86,6	345,7±85,1	254,3±80,5*	245,6±69,8
	П	368,6±167,1	334,2±63,1	315,4±80,7	297,2±95,9
Экскрет. фракция (%)	К	7,407±1,984	7,247±2,903	8,720±3,422	9,973±3,168*
	П	9,040±3,324	7,227±2,018	9,633±1,311	8,820±2,927
Калий Креатин.	К	3,342±1,015	3,635±1,366	4,607±1,902*	4,067±1,246*
	П	3,885±1,333	3,105±0,955	4,336±0,488	3,588±1,109

Стандартная экскреция калия в процессе исследования не претерпевала достоверных изменений. Хотя и отмечается некоторое увеличение экскретируемой фракции калия, однако оно недостаточно, чтобы компенсировать снижение фильтрационной нагрузки нефрона калием.

Следовательно, при виброакустическом воздействии участие почек в регуляции содержания калия в организме существенных изменений не претерпевает.

3.2.3. Хлориды

Концентрация хлоридов в крови при ВАВ существенно не меняется, а их концентрация в моче несколько снижается, причем при ВАВ на область почек снижение более выражено и достоверно (табл. 28). Можно предположить, что это снижение обусловлено канальцевыми процессами, так как отмечается увеличение отношения хлоридов к креатинину при микроволновом воздействии и после него. При воздействии на область почек это отношение увеличивается недостоверно.

Таблица 28

Изменения концентраций, стандартной экскреции, концентрационного индекса, клубочковой фильтрации, относительной экскреции хлоридов, отношения хлориды/креатинин мочи при воздействии микроволн

Показатель	Область ВАВ	Исходный период	Период ВАВ		Период последствия
			1-я неделя	2-я неделя	
Хлориды крови, ммоль/л	К	104,67±3,06	105,33±2,31	104,00±1,41	105,10±0,40
	П	105,67±5,03	103,33±2,52	106,53±1,88	108,77±1,31
Хлориды мочи, ммоль/л	К	110,11±54,89	109,19±61,22	94,50±45,06	125,25±63,30
	П	183,56±51,55	151,67±33,7*	177,84±37,96	176,89±46,29
Станд. экскр., мкМ/мин	К	72,93±19,58	74,14±32,56	60,46±24,75	77,49±25,39
	П	107,22±34,06	102,41±28,43	106,89±24,89	111,23±28,69
К/хлоридов	К	1,051±0,521	1,041±0,593	0,908±0,434	1,191±0,598
	П	1,730±0,450	1,468±0,328	1,669±0,355	1,625±0,418
Фильтрация, мкМ/мин	К	8266±2129	8224±1932	6280±2042*	6564±1603*
	П	9485±4177	8186±1377	7935±1635	7259±2047
Экскрет. фракция (%)	К	0,920±0,240	0,927±0,373	1,007±0,413	1,233±0,478*
	П	1,273±0,554	1,300±0,471	1,360±0,232	1,573±0,345
Хлориды Креатин.	К	10,18±2,54	11,34±4,76	13,01±4,98*	13,73±4,99*
	П	14,48±6,40	13,65±5,45	15,98±3,77	15,97±3,76

Стандартная экскреция хлорида в процессе исследования не претерпевала достоверных изменений. Вместе с тем отмечается снижение фильтрационной нагрузки нефрона хлоридами, которое при воздействии на крестцовую область достигает достоверных величин на второй неделе и после микроволнового облучения. Неизменность экскреции в этих условиях обусловлена сниженной канальцевой реабсорбцией (увеличенной экскретируемой фракцией) хлоридов. Воздействие на область почек несколько снижает эффект микровибрации на обмен хлоридов.

3.2.4. Кальций

Концентрация кальция в крови при ВАВ на область почек нарастает достоверно ($p < 0,01$) и больше, чем при воздействии на область крестца. Его концентрация в моче, напротив, существенных изменений не претерпевает при любой локализации ВАВ (табл. 29). Однако концентрация кальция в моче нарастает при микроволновом воздействии и после него больше, чем концентрация креатинина. Об этом свидетельствует отношение их концентраций.

Стандартная экскреция кальция в первую неделю исследования увеличивалась, но на второй неделе заметно снижалась. Это снижение обусловлено меньшей фильтрационной нагрузкой нефрона кальцием, которое при воздействии на крестцовую область достигает достоверных величин на второй неделе и после микроволнового облучения. Воздействие на область почек также снижает фильтрацию кальция. Неизменность экскреции в этих условиях обусловлена сниженной канальцевой реабсорбцией (увеличенной экскретируемой фракцией) кальция.

Таблица 29

Изменения концентраций, стандартной экскреции, концентрационного индекса, клубочковой фильтрации, относительной экскреции кальция, отношения кальций/креатинин мочи при воздействии микроволн

Показатель	Область ВАВ	Исходный период	Период ВАВ		Период последствий
			1-я неделя	2-я неделя	
Кальций крови, ммоль/л	К	2,183±0,024	2,217±0,064	2,167±0,024	2,207±0,293
	П	2,083±0,025	2,200±0,042*	2,250±0,042*	2,303±0,051*
Кальций мочи, ммоль/л	К	3,039±1,179	3,306±0,859	2,627±0,744	3,215±1,186
	П	3,487±1,120	3,600±0,681	3,066±0,688	3,696±0,990
Станд. экскр., мкМ/мин	К	2,107±0,449	2,387±0,715	1,736±0,486*	2,061±0,494
	П	2,089±0,850	2,424±0,570	1,866±0,513	2,488±1,015
К ₁ кальция	К	1,861±0,741	1,984±0,494	1,617±0,460	1,939±0,617
	П	2,234±0,720	2,183±0,416	1,818±0,408	2,145±0,591
Фильтрация, мкМ/мин	К	129,6±34,8	130,7 ±34,0	98,4±32,8*	103,8±29,9*
	П	141,1±62,9	130,8±22,6	125,8±26,4	115,2±32,4
Экскрет. фракция (%)	К	1,688±0,422	1,888±0,472	1,927±0,825	2,107±0,680
	П	1,620±0,706	1,907±0,546	1,507±0,352	2,207±0,972*
<u>Кальций</u> Креатин.	К	0,297±0,076	0,359±0,079*	0,384±0,155*	0,364±0,111
	П	0,272±0,120	0,317±0,092	0,276±0,072	0,351±0,151

3.2.5. Фосфаты

Концентрация фосфатов в крови при ВАВ как на область крестца, так и на область почек меняется недостоверно. Их концентрация в моче не меняется при ВАВ на область крестца и достоверно снижается при воздействии на область почек (табл. 30). Стандартная экскреция фосфатов на второй неделе ВАВ заметно снижалась при любой локализации ($p < 0,05$). Это снижение обусловлено меньшей фильтрационной нагрузкой нефрона фосфатами. Неиз-

менность экскреции в этих условиях обусловлена сниженной канальцевой реабсорбцией (увеличенной экскретируемой фракцией) фосфатов.

Таблица 30

Изменения концентраций, стандартной экскреции, концентрационного индекса, клубочковой фильтрации, относительной экскреции фосфатов, отношения фосфаты/креатинин мочи при воздействии микроволн

Показатель	Область ВАВ	Исходный период	Период ВАВ		Период последствие
			1-я неделя	2-я неделя	
Фосфаты крови, ммоль/л	К	0,933±0,208	0,933±0,208	1,060±0,147	1,080±0,187
	П	1,333±0,115	1,334±0,115	1,287±0,208	1,113±0,127*
Фосфаты мочи, ммоль/л	К	9,990±2,334	9,751±1,934	9,136±2,434	9,851±1,241
	П	12,290±2,917	11,092±1,134	10,247±0,97*	11,307±1,146
Станд. экскр., мкм/мин	К	7,223±1,833	7,047±1,591	5,890±0,973*	6,747±1,938
	П	7,324±2,691	7,507±1,426	6,236±1,228*	7,575±3,097
КІ фосфатов	К	13,657±3,510	13,461±3,607	10,955±3,427	11,604±2,104
	П	11,583±3,119	10,416±1,004	10,127±1,663	12,784±1,600
Фильтрация, мкм/мин	К	60,20±22,71	60,68±23,66	50,51±15,43	54,03±15,32
	П	95,78±40,35	84,72±16,64	77,38±20,51	60,01±20,11*
Экскрет. фракция (%)	К	0,136±0,060	0,140±0,076	0,123±0,028	0,132±0,041
	П	0,081±0,023	0,091±0,021	0,084±0,014	0,128±0,034*
Фосфаты Креатин.	К	1,023±0,273	1,097±0,354	1,288±0,314*	1,197±0,382
	П	0,920±0,273	0,977±0,234	0,919±0,130	1,064±0,309

Экскреция фосфатов на второй неделе ВАВ на область почек приобретает сильную корреляционную связь со скоростью клубочковой фильтрации ($r=0,82$), тогда как в исходном периоде не превышает 0,64. Возрастает в периоде воздействия также обратная корреляционная связь между скоростью клубочковой фильтрации и экскретируемой фракцией фосфатов при любой локализации ВАВ.

3.2.6. Кислотность мочи

Концентрация в моче свободных водородных ионов в моче оценивалась по водородному показателю (рН). Отмечается тенденция к увеличению рН мочи при воздействии микроволн как на область крестца, так и на область почек (табл. 31).

Таблица 31

Изменения рН мочи, стандартной экскреции двух- и одновалентного фосфатного аниона (мкмоль/мин) при воздействии микроволн

Показатель	Область ВАВ	Исходный период	Период ВАВ		Период последствия
			1-я неделя	2-я неделя	
рН мочи	К	5,947±0,360	5,993±0,418	6,007±0,464	6,253±0,569
	П	5,907±0,361	6,033±0,320	5,973±0,331	5,853±0,295
Экскреция HPO_4^{2-}	К	1,011	1,099	0,948	1,916
	П	0,937	1,284	0,879	0,856
Экскреция H_2PO_4^-	К	6,212	5,948	4,942	4,831
	П	6,387	6,223	5,357	6,719
Отношение ионов	К	0,140	0,156	0,161	0,284
	П	0,128	0,171	0,141	0,113

Это увеличение рН не может привести к существенному снижению экскреции водородных ионов. Однако при таком изменении рН заметно возрастает отношение доли двухвалентных ионов к моновалентным. Следовательно, выведение кислых продуктов при ВАВ имеет тенденцию к снижению как в относительных, так и в абсолютных величинах.

4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Основными задачами проведенного исследования процессов мочеобразования и состояния гомеостатических функций почек была оценка направленности их изменений при виброакустическом воздействии. При этом желательно было выяснить особенности этого воздействия при непосредственном приложении на область почек и его отличия от воздействия микроволн на отдаленные участки.

Изменения процессов мочеобразования при ВАВ характеризуются снижением объемной скорости клубочковой фильтрации и снижением канальцевой реабсорбции натрия и воды. Из физиологии почек (Наточин Ю.В., 1982; Вандер А., 2000) известно, что эти переменные величины регулируются преимущественно ренин-ангиотензин-альдостероновой гормональной системой, симпатическими нервами почек, воздействием на почки системного артериального давления, предсердным натрийуретическим фактором и рядом других веществ, влияющих на почечные сосуды и каналы. В условиях, когда снижение СКФ обусловлено первичным снижением артериального давления или объема внеклеточной жидкости, относительная реабсорбция фильтрата обычно увеличивается, что приводит к восстановлению исходного состояния. То есть в конечном итоге регуляция клубочково-канальцевого баланса, механизмы которого локализованы исключительно в почках и не требуют внешнего нервного или гуморального воздействия, нивелирует влияние изменения СКФ на экскрецию натрия и воды.

При воздействии микроволн на область крестца эта закономерность не наблюдается: относительная реабсорбция фильтрата имеет сильную прямую корреляционную связь с клубочковой фильтрацией, то есть при снижении фильтрации снижается и относительная канальцевая реабсорбция фильтрата. То же относится и к транспорту натрия. Несмотря на снижение его фильтра-

ции в канальцах, отмечается увеличение его абсолютной и относительной экскреции.

Как же объяснить рассогласование механизма гломерулярно-канальцевой обратной связи при ВАВ? Рядом авторов отмечается снижение артериального давления на протяжении 6 часов у больных гипертонической болезнью после ВАВ, особенно при локализации виброфонов в проекции почек (Новосельский П.А., Чепенко В.В., 2000). Небольшое снижение артериального давления наблюдалось и нами у отдельных испытуемых. Этим фактом можно было бы объяснить снижение скорости клубочковой фильтрации, но не снижение канальцевой реабсорбции натрия и воды при ВАВ.

Если учесть, что СКФ и канальцевая реабсорбция при воздействии в проекции почек изменяется в большей степени, чем при воздействии на крестец, можно предположить дополнительное к системному давлению влияние почечных или гормональных факторов. Так как направленность изменений при различной локализации ВАВ принципиально одинакова, предполагать повреждение канальцевых структур вряд ли возможно, тем более что восстановление канальцевых процессов наступает в ближайшем периоде последствия. Сопоставление изменений различных почечных показателей позволяет выделить два гормональных фактора, приводящих к натрийурезу при небольших изменениях гломерулярной фильтрации – влияние предсердного натрийуретического фактора или гормонов надпочечника.

Главным стимулом увеличения в крови предсердного натрийуретического фактора является растяжение предсердия при увеличении объема плазмы. Этот пептидный гормон тормозит реабсорбцию натрия, влияя непосредственно на канальцы, а также тормозя секрецию ренина и, соответственно, образование альдостерона. Сведений об увеличении притока крови к сердцу при ВАВ на отдаленные от почек области мы не имеем, в связи с чем этот механизм натрийуреза является гипотетическим.

Более вероятно влияние на натрийурез снижения гормонов коркового слоя надпочечника. А.Н. Шутко (2000) доказал снижение до 28% от исходно-

го уровня концентрации кортизола в сыворотке крови в первые 2 часа после виброакустического воздействия в проекции почек. По его мнению, это может быть следствием либо подавления функции надпочечников, либо ускоренной утилизации кортизола в тканях. Признаками снижения продукции кортизола может быть снижение артериального давления, сосудистого тонуса, брадикардия.

В то же время известно, что кортизол увеличивает реабсорбцию натрия, а снижение его концентрации в сыворотке крови ведет к снижению реабсорбции и увеличению выведения натрия с мочой. Еще более выраженный эффект на натрийурез оказывают минералкортикоиды, вырабатываемые клубочковой зоной коры надпочечника. Фактически альдостерон является наиболее важным регулятором реабсорбции натрия. На изменения секреции альдостерона оказывают прямое влияние секреция АКТГ, ангиотензин II, концентрация калия в сыворотке крови. Его секреция тормозится увеличением концентрации натрийуретического фактора. Вполне резонно предположить возможность угнетения секреции альдостерона одновременно со снижением продукции кортизола при ВАВ. Снижение экскреции калия, более выраженное в первую неделю воздействия на область почек, также соответствует предположению о снижении продукции гормонов коры надпочечника. Это происходит даже при незначительном повышении концентрации калия в сыворотке крови, что не должно повлиять на изменение секреции альдостерона.

Таким образом, наиболее вероятным механизмом изменения почечных процессов при ВАВ на область почек является первичное снижение продукции глюкокортикоидов и минералкортикоидов. Это наиболее полно соответствует наблюдаемым изменениям скорости клубочковой фильтрации, канальцевых процессов выведения мочи, натрия, калия, а также ионов водорода. Результаты исследования не дают оснований предполагать прямое воздействие микроволн на структурные элементы почек и их функциональное состояние. Об этом свидетельствует довольно быстрое восстановление исходного уровня почечных показателей после отмены ВАВ. Обмен таких

электролитов как хлориды фосфаты и кальций определяется изменениями основных почечных процессов: снижением фильтрационной загрузки нефрона вследствие сниженной СКФ и снижением канальцевой реабсорбции, обусловленной натриурезом. В итоге экскреция этих электролитов при ВАВ не претерпевает существенных изменений.

Что касается других гомеостатических функций почек, то их состояние вполне вкладывается в изменения почечных процессов, обусловленных приведенными выше функциональными сдвигами. Так, отмечается небольшое снижение экскреции мочевины, обусловленное снижением фильтрационной загрузки нефрона. В то же время экскреция мочевой кислоты возрастает вследствие дополнительной канальцевой секреции этого вещества, что также свидетельствует об отсутствии повреждающего виброакустического влияния на почечную паренхиму.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведено комплексное исследование процессов мочеобразования и состояния гомеостатических функций почек при виброакустическом воздействии на область почек в сравнении с воздействием на отдаленную область (крестец). Получены новые данные, свидетельствующие о функциональном характере изменений процессов мочеобразования, обусловленных преимущественно снижением продукции кортикальных гормонов надпочечника. Изменения носят преходящий характер и существенно не нарушают гомеостатические функции почек.

На основании полученных данных целесообразно использование микровибрации для усиления экскреции мочевой кислоты при ее повышенной концентрации в сыворотке крови. Так как одновременно происходит небольшое ощелачивание мочи (увеличение рН) не следует опасаться увеличения опасности камнеобразования при увеличении концентрации мочевой кислоты в моче.

Учитывая снижение реабсорбции натрия при сниженной фильтрационной нагрузке нефрона в условиях виброакустического воздействия, показано проведение исследований его эффекта при ренальной форме гипертензии.

Цели и задачи исследования выполнены полностью.

Выводы

1. Виброакустическое воздействие в диапазоне 300 – 18000 Гц и при амплитуде микровибрации до 12,3 мкм на проекцию почек не оказывает повреждающего влияния на их функциональное состояние.
2. Отклонения почечных процессов (снижение скорости гломерулярной фильтрации, абсолютной и относительной канальцевой реабсорбции фильтрата и натрия) не нарушают основные параметры гомеостаза, носят временный характер и возвращаются к исходному состоянию в ближайшую неделю после завершения виброакустического воздействия.
3. Увеличение экскреции мочевой кислоты при неизменном диурезе обусловлено ее канальцевой секрецией и наблюдается при виброакустическом воздействии как на область почек (точка К), так и на область подвздошно-крестцового сочленения (точка Е4).

Предложения

1. Использовать виброакустическое воздействие на область почек для снижения гиперурикемии и лечения связанных с ней заболеваний.
2. Продолжить исследования влияния микровибрации при хронических заболеваниях почек, сопровождающихся задержкой в организме натрия и воды (отечный синдром, нефрогенная гипертензия).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вандер А. Физиология почек /Пер. с англ. под ред. акад. Ю.В. Наточина. – СПб.: Питер, 2000. – 252 с.
2. Мейзельс И. Г., Зиновьева М. Н. Виброакустический метод в детской нефрологии // Виброакустика в медицине (Материалы I Всерос. науч.-практ. конф.). – СПб.: Вита Нова, 2000. – С. 87-91.
3. Михайлова Н. В. Применение виброакустического аппарата «Витафон» в лечении больных хроническими заболеваниями почек // Виброакустика в медицине (Материалы I Всерос. науч.-практ. конф.). – СПб.: Вита Нова, 2000. – С. 94-95.
4. Наточин Ю. В. Физиология почки: формулы и расчеты. – Л.: Наука, 1974. – 60 с.
5. Наточин Ю. В. Основы физиологии почки. – Л.: Медицина, 1982. – 208 с.
6. Наточин Ю. В. Почка. Справочник врача. – СПб.: Изд-во С.-Петербургского ун-та, 1997. – 208 с.
7. Новосельский П. А., Челенко В. В. Влияние виброакустической терапии на показатели гемодинамики у больных гипертонической болезнью // Виброакустика в медицине (Материалы I Всерос. науч.-практ. конф.). – СПб.: Вита Нова, 2000. – С. 101-105.
8. Обросов А. Вибротерапия // Малая медицинская энциклопедия. – М.: Изд-во «Сов. энциклопедия», 1966. – Т. 2, с. 238-239.
9. Попов А. Вибротравма // Малая медицинская энциклопедия. – М.: Изд-во «Сов. энциклопедия», 1966. – Т. 2, с. 239-240.

10. Федоров В. А. Направления фундаментальных исследований // Виброакустика в медицине (Материалы I Всерос. науч.-практ. конф.). – СПб.: Вита Нова, 2000. – С. 144-145.
11. Федоров В. А. Витафон: Лечение и профилактика заболеваний. – СПб.: Вита Нова, 2001. – 250 с.
12. Шкаринов Л. Вибрация // Малая медицинская энциклопедия. – М.: Изд-во «Сов. энциклопедия», 1966. – Т. 2, с. 235-237.
13. Шутко А. Н. Показатели некоторых систем гомеостаза после виброакустического воздействия на поверхностную зону проекции почек // Виброакустика в медицине (Материалы I Всерос. науч.-практ. конф.). – СПб.: Вита Нова, 2000. – С. 134-139.
14. Шутко А. Н. Итоги конференции // Виброакустика в медицине (Материалы I Всерос. науч.-практ. конф.). – СПб.: Вита Нова, 2000. – С. 140-143.

кадр. урологии

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГЛАВНОЕ ВОЕННО-МЕДИЦИНСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ
ВОЕННО-МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ
(ВМедА)

УДК

Гриф несекретно

№ госрегистрац.

экз. № 2

Инв. №

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель начальника академии
по научной работе
доктор медицинских наук профессор
заслуженный деятель науки РФ
член-корреспондент РАМН
полковник медицинской службы



Ю.В. Лобзин

“ 3 “ июня 2002 г.

О Т Ч Е Т

о научно-исследовательской работе по теме № 3.02.204.п12
шифр «Звук-П»

ВЛИЯНИЕ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
НА ПОЧЕЧНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ГОМЕОСТАТИЧЕСКИЕ
ФУНКЦИИ ПОЧЕК

Начальник кафедры урологии
доктор медицинских наук профессор
полковник медицинской службы

31.05.2002



С.Б. Петров

Научный руководитель
доктор медицинских наук профессор
полковник медицинской службы

31.05.2002

С.Б. Петров

Ответственный исполнитель
доцент кафедры урологии
кандидат медицинских наук доцент



31.05.2002

Н.С. Левковский

Санкт-Петербург
2002

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель -
начальник кафедры урологии
доктор медицинских наук
профессор полковник медицинской
службы

20.05.02



С.Б. Петров
(реферат, введение)

Ответственный исполнитель -
доцент кафедры урологии
кандидат медицинских наук доцент

20.05.02



Н.С. Левковский
(разд. 1, 2, заключение)

Преподаватель кафедры урологии кан-
дидат медицинских наук подполковник
медицинской службы

20.05.02



С.Н. Левковский
(разд. 3, 4)

Соисполнители:

Начальник Центральной клинико-
диагностической лаборатории полков-
ник медицинской службы

20.05.02



Ю.Н. Согрин
(биохимические исследова-
ния)

Заведующая лабораторией клиники
урологии

20.05.02



Э.С. Шамаева
(физические исследования
мочи)

Начальник научно-исследовательского отдела
доктор медицинских наук профессор
полковник медицинской службы



С.А. Матвеев

«28» 05 2002 г.

РЕФЕРАТ

Отчет 64 с., 1 кн., 13 рис., 31 табл., 14 источников.

ВИБРОАКУСТИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ, МИКРОВИБРАЦИЯ, ПОЧЕЧНЫЕ ПРОЦЕССЫ, ПОЧЕЧНЫЕ ФУНКЦИИ, БИОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования были здоровые военнослужащие, подвергшиеся микровибрации, создаваемой аппаратом «Витафон», на область почек (опытная группа) и крестец (контрольная группа).

Цель работы - выяснить направленность и выраженность изменений почечных процессов и почечной экскреции веществ при виброакустическом воздействии на область почек.

В течение месяца проводились ежедневные исследования суточного диуреза и интегральных показателей концентрационной способности почек, фильтрации, реабсорбции и экскреции отдельных веществ у 6 испытуемых до (30 исследований), во время (60 исследований) и после (30 исследований) контактного воздействия микровибрацией звуковой частоты (300Гц–18кГц).

В результате исследования впервые установлено отсутствие повреждающего влияния микровибрации на почечные процессы. Выявленные изменения почечных процессов и гомеостатических функций почек в процессе виброакустического воздействия соответствуют эффекту снижения продукции кортикальных гормонов надпочечника. Отклонения функций почек не нарушают основные параметры гомеостаза и носят временный характер. При виброакустическом воздействии отмечается достоверное увеличение выведения мочевой кислоты с мочой за счет ее секреции в почечных канальцах.

Рекомендуется использование виброакустического воздействия на область почек для снижения гиперурикемии и лечения связанных с ней заболеваний.

Область применения: терапия, урология

Предлагается продолжить исследования влияния микровибрации при хронических заболеваниях почек, сопровождающихся задержкой в организме натрия и воды (отечный синдром, нефрогенная гипертензия).

СОДЕРЖАНИЕ

Перечень сокращений	6
Введение	7
1. Выбор направления исследований	9
1.1. Обоснование выбранного направления исследований	9
1.2. Материалы и методы исследований	11
1.2.1. Физические характеристики виброакустического воздействия	11
1.2.2. Материалы исследования	12
1.2.3. Методы исследования	13
1.2.4. Методика оценки функционального состояния почек	14
1.2.5. Статистическая обработка результатов исследования	17
2. Влияние виброакустического воздействия на мочеобразование	20
2.1. Изменения диуреза и концентраций веществ в моче	20
2.1.1. Суточный диурез	20
2.1.2. Относительная плотность мочи	22
2.1.3. Удельная электропроводность мочи	25
2.2. Процессы мочеобразования	27
2.2.1. Концентрация креатинина мочи и его суточная экскреция	28
2.2.2. Почечные процессы мочеобразования	32
3. Состояние гомеостатических функций почек при виброакустическом воздействии	36
3.1. Выведение продуктов азотистого обмена	36
3.1.1. Мочевина	36
3.1.2. Мочевая кислота	41
3.2. Выведение электролитов	45
3.2.1. Натрий	45
3.2.2. Калий	50
3.2.3. Хлориды	52

3.2.4. Кальций	53
3.2.5. Фосфаты	54
3.2.6. Кислотность мочи	56
4. Обсуждение результатов	57
Заключение	61
Список использованных источников	63

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

ВАВ – виброакустическое воздействие

ЕФ – экскретируемая фракция

К – крестец

КИ – концентрационный индекс

Креатин. – креатинин

мкМ – микромоль

Мочев. – мочевины

П – почки

рт. ст. – ртутного столба

СКФ – скорость клубочковой фильтрации

станд. – стандартная

сут – сутки

экскр. – экскреция

Эксрет. – экскретируемая

ВВЕДЕНИЕ

Вибрация определяется как механическое колебание упругих тел различной формы (Шкаринов Л., 1966). В виде вибромассажа она используется для стимуляции мышц, лечения асептических воспалительных процессов в мышцах и суставах и некоторых нервных заболеваний с конца 19 века. Механизм действия всех методик вибротерапии заключается в усилении кровоснабжения, обменных процессов и стимуляции нервотрофической функции (Обросов А., 1966).

В то же время (с начала 20 века) стали известны проявления вибрационной болезни при локальном и общем воздействии вибрации на организм человека. Они связывались с амплитудно-частотной характеристикой и продолжительностью воздействия вибрации: чем больше частота, тем при меньшей амплитуде возникают нарушения. Частоты вибраций более 35 Гц являются критическими, способными при определенной амплитуде вызывать патологические изменения. Так, механические вибрации с частотой меньше 1 кГц и амплитудой 2,5 см вызывают повреждения опорно-двигательного аппарата, а в диапазоне частот 2–10 кГц для возникновения нервотрофических расстройств достаточно амплитуды 0,1–1 мм (Попов А., 1966).

Под микровибрацией понимается вибрация с амплитудой менее 50 мкм, а под виброакустическим воздействием (ВАВ) – контактное воздействие микровибрацией звуковой (20Гц–20кГц) частоты (Федоров В. А., 2001). Несомненным эффектом ВАВ является изменение микроциркуляции крови в локальном участке тела, который подвергается микровибрации, приводящее к терапевтическому эффекту. Вместе с тем, клиническими наблюдениями установлено, что при виброакустическом воздействии на различные участки тела его локальный лечебный эффект значительно усиливается при одновременном воздействии на область почек (Шутко А. Н., 2000). Существуют единичные публикации, указывающие на лечебный эффект ВАВ при хрониче-

ских заболеваниях почек (Мейзельс И.Г., Зиновьева М.Н., 2000; Михайлова Н.В., 2000). Научное обоснование этих фактов отсутствует.

Почкам принадлежат разнообразные функции, среди которых наиболее важными являются:

а) гомеостатическая, обеспечивающая:

- поддержание объема, осмотической концентрации, ионного состава и активной реакции жидкостных секторов организма (внутриклеточного, внутрисосудистого и интерстициального);
- удаление продуктов обмена веществ (мочевина, мочевая кислота, креатинин)
- сохранение или удаление, в зависимости от потребностей организма) необходимых веществ (аминокислоты, глюкоза, дериваты гормонов и др.).

б) эндокринная – выработка веществ, участвующих в регуляции артериального давления, обмена натрия, свертываемости крови, активации витамина Д и др.

в) метаболическая – участие почек в обмене веществ (белков, углеводов, жиров).

Выполнение перечисленных функций обеспечивается внутрпочечными процессами: клубочковой фильтрацией, канальцевой реабсорбцией, канальцевой секрецией и синтезом биологически активных веществ. В настоящее время наиболее исследованы гомеостатические функции и почечные процессы, их обеспечивающие.

Влияние микровибрации звуковой частоты на диурез и гомеостатические показатели считается одним из основных направлений исследований (Федоров В. А., 2000). Поэтому выяснение влияния ВАВ на функциональное состояние почек является весьма актуальным.

Цель исследования: Выяснить направленность и выраженность изменений почечных процессов и почечной экскреции веществ при виброакустическом воздействии на область почек.

Основные задачи работы:

1. Оценить изменения суточного диуреза и концентрационной способности почек при ВАВ.
2. Определить изменения экскреции продуктов метаболизма (мочевина, мочевая кислота, креатинин) при ВАВ на область почек.
3. Уточнить изменения экскреции электролитов (калия, натрия, кальция, хлоридов и фосфатов).
4. Выявить направленность изменений основных почечных процессов, обеспечивающих гомеостатические функции почек, при воздействии ВАВ на область почек.

1. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1. Обоснование выбранного направления исследований

Почка является уникальным, по кровоснабжению органом. Через нее протекает в норме 20-25% сердечного выброса крови (1200-1500 мл). В то же время при максимальной физической нагрузке почечный кровоток может снизиться до 1% сердечного выброса без нарушения жизнедеятельности почечной ткани. Это обусловлено тем, что основная масса кислорода (примерно $\frac{2}{3}$), приносимого к почкам с кровью, расходуется на обеспечение почечных функций. При снижении артериального давления от 200 до 80 мм рт. ст. артериовенозная разница по кислороду остается неизменной, тогда как в других органах и областях тела снижение давления сопровождается увеличением этого показателя. Лишь при давлении крови менее 80 мм рт. ст. почка ведет себя по артериовенозной разнице кислорода аналогично другим органам и тканям. Это свидетельствует, что снижение почечного кровотока (ишемия) не равноценно снижению потребления кислорода почечными тканями (гипоксия). И второе, увеличение почечного кровотока увеличивает почечную функциональную нагрузку, которая прежде всего состоит в реабсорбции профильтрованного натрия, на которую и тратится избыток кислорода.

Для поддержания гомеостаза функции почек постоянно изменяются в соответствии с внешними и внутренними воздействиями на внутреннюю среду организма (перепады температуры и влажности воздуха, физическая нагрузка, прием пищи и жидкости, уровень легочной вентиляции, колебания обмена веществ и пр.). Направленность изменений каждого из этих воздействий в процессе исследования учитывать трудно, а уровень многих практически невозможно регулировать. В реальных условиях эти трудно учитываемые, или случайные, факторы действуют одновременно с факторами, влияние которых подлежит исследованию. Виброакустическое воздействие на

область почек по этой причине может быть маскировано влиянием случайных факторов, а кратковременные (часовые, суточные) периоды исследований функций и почечных процессов могут не уловить эффект ВАВ. Все это требует проведения рандомизированного исследования с достаточно продолжительными контрольными и опытными периодами.

1.2. Материалы и методы исследований

1.2.1. Физические характеристики виброакустического воздействия

Для ВАВ использовался аппарат «Витафон», предназначенный для применения в медицинской практике с целью локального воздействия. Параметры аппарата «Витафон»:

- Количество частотных диапазонов 2
- Нижняя частота диапазона 1, Гц 30–60
- Нижняя частота диапазона 2, Гц 300–800
- Верхняя частота диапазона 1, кГц 1–3
- Верхняя частота диапазона 2, кГц 9–18
- Период изменения частоты, с 80–160
- Период импульсной модуляции, с 0,5–1,2
- Амплитуда микровибрации (мкм) на самой низкой частоте в режимах:
 - 1 и 3 2,8–5,4
 - 2 и 4 6–12,3

На лицевой панели прибора расположены два переключателя режимов работы (один переключатель управляет амплитудой вибрации, другой – импульсной модуляцией частоты). Каждый из них может находиться в одном из двух положений, что позволяет генерировать четыре виброакустических режима. Непрерывные изменения частоты колебаний в заданных пределах и переход с одного диапазона на другой происходят автоматически по про-

грамме. Создаваемые аппаратом электрические колебания изменяемой в звуковом диапазоне частоты передается на ткани с помощью мембран двух спаренных виброфонов, преобразующих электрические импульсы в механическую микровибрацию.

1.2.2. Материалы исследования

Материалом для последующего анализа служили результаты физико-химического исследования суточной мочи и утренней пробы крови здоровых мужчин в возрасте 28-36 лет. Все они находились на обычном режиме питания без каких-либо ограничений в водно-солевом режиме. Для снижения влияния на диурез и почечные функции колебаний температуры и влажности внешней среды исследование проводилось в наиболее стабильный период года (со середины мая до середины июня). В чистый сосуд с целью предупреждения микробного разложения мочи заранее добавляли консервант (кристаллы тимола), не оказывающий существенного влияния на ее химический состав.

Учитывая предварительный характер исследования, решено ограничиться двумя группами испытуемых по 3 человека в каждой. Одна из групп (контрольная) служит для оценки изменений почечных показателей при виброакустическом воздействии на организм вне области почек, вторая (опытная) – при воздействии на область почек. Распределение испытуемых по группам проводилось случайным образом. Различий между групповыми средними величинами роста, массы и поверхности тела испытуемых не выявлено.

Периоды исследования: 1. Исходный период продолжительностью 5 дней без воздействия исследуемого фактора. В этот период, начинающийся с 7 часов воскресного дня, в течение 24 часов ежедневно на протяжении всей недели (исключая пятницу и субботу) собиралась суточная моча и доставля-

лась в лабораторию к 9 часам утра каждого следующего дня для физико-химических исследований.

2. Период виброакустического воздействия, продолжительностью 14 дней, начинается с 7 часов утра воскресного дня, следующего за исходным периодом, и заканчивается субботним вечером в конце этого периода. Моча собиралась аналогично первому периоду в течение 2 недель по 5 дней еженедельно с утра воскресного дня до утра пятницы. Воздействие «Витафоном» продолжалось в течение всего периода 2 раза в день, в том числе и в дни без сбора мочи.

3. Период последствия, продолжительностью 5 дней, состоял в сборе мочи в ближайшие 5 суток после второго периода (4-я неделя), начиная с воскресного дня и заканчивая утром в пятницу.

Таким образом, каждый испытуемый собирал суточную мочу в течение 5 дней каждой недели (всего 20 проб). Общее количество составило 120 суточных проб мочи. Кроме того, в 9 утра натощак у исследуемых забиралась из вены кровь для биохимического исследования.

Методика виброакустического воздействия. В первой группе в периоде воздействия виброфоны устанавливаются на область подвздошно-крестцовых сочленений (точка E₄). Эта точка достаточно далеко расположена от области почек, чтобы не оказывать непосредственного воздействия на почки. Кроме того, она довольно часто используется в лечебной практике. У второй группы исследуемых виброфоны устанавливались на область почек (точка К). Время и режим воздействия в обеих группах одинаковы – 2 раза в день (утром и вечером) по 20 минут в режиме 2.

1.2.3. Методы исследования

Объем исследований. Для уточнения участия почек в поддержании водно-солевого гомеостаза использованы исследования:

- суточного диуреза;

- относительной плотности мочи;
- электропроводности мочи;
- кислотности мочи (рН);
- суточной экскреции Na, K, Ca, Mg, Cl, неорганического фосфора.

Участие почек в выведении продуктов обмена исследовалось по концентрации в крови и моче и суточной экскреции с мочой креатинина, мочевины, мочевой кислоты. Таким образом, в каждой пробе мочи и крови исследовалось по 9 химических показателей и дополнительно в моче 4 физических показателя.

Для физических исследований мочи использованы стандартные клинические методики: относительная плотность измерялась урмометром, рН мочи – иономером с использованием стеклянных электродов для рН-метрии, электропроводность мочи – кондуктометром ОК 102/1 промартели «Раделкис» (ВНР). Химический анализ мочи и крови выполнялся на автоанализаторе «Spectrum».

1.2.4. Методика оценки функционального состояния почек

Оценка изменений функционального состояния почек проводилась как по прямым измерениям концентрации веществ, так и по расчетным показателям, включающим их суточную экскрецию, отношение концентраций веществ к концентрации креатинина мочи, величине почечных процессов и их участию в фильтрации, реабсорбции и секреции измеренных веществ. Функциональные почечные показатели рассчитывались по общепринятым формулам (Наточин Ю.В., 1974, 1982, 1997).

Суточная экскреция (E) любого вещества (x) определяется произведением концентрации этого вещества в моче (U_x) на величину объема мочи в единицу времени (V). Обычно расчеты ведутся на минуту (при кратковременных периодах сбора мочи) или на сутки (при суточных периодах). В пределах одной формулы все единицы измерения должны быть одинаковыми.

$$E_x = U_x \cdot V, \quad (1)$$

где E_x – экскреция вещества x в сутки, ммоль/сут.;

U_x – концентрация вещества x в моче, ммоль/л;

V – диурез в единицу времени, л/сут.

Измерение общего количества жидкости, поступающей в нефрон на начальном этапе мочеобразования, имеет важное значение для оценки функционального состояния почек. Для расчета объемной скорости клубочковой фильтрации используется понятие клиренса – очищения некоторого объема плазмы крови от определенного вещества в единицу времени. Идеальное вещество, очищение плазмы от которого будет соответствовать скорости клубочковой фильтрации, должно обладать следующими свойствами: хорошо растворяться в воде, не связываться с белком и другими веществами, хорошо фильтроваться через стенку клубочков, не менять свойства фильтрующей мембраны, не разрушаться и не синтезироваться в почке, не реабсорбироваться и не секретироваться в канальцах и, наконец, не обладать токсичностью. В таком случае количество вещества, профильтровавшегося из плазмы в клубочках ($P_x \cdot C_x$), будет равно выделенному с мочой за то же время – ($U_x \cdot V$). Отсюда уравнение для расчета клиренса любого вещества имеет вид:

$$C_x = U_x : P_x \cdot V, \quad (2)$$

где C_x – клиренс вещества x , мл/мин;

U_x – концентрация вещества x в моче, ммоль/л;

P_x – концентрация вещества x в плазме крови, ммоль/л;

V – диурез в единицу времени, мл/мин.

Принято считать, что коэффициент очищения инулина наиболее точно отражает состояние клубочковой фильтрации, так как инулин отвечает приведенным требованиям к веществу, пригодному для ее определения. Практически такие же результаты получаются при определении клиренса эндогенного креатинина, а сама методика исследования по Ребергу–Тарееву значительно проще и физиологичнее, так как не требует постоянной инфузии чужеродного для организма вещества. Это особенно важно при проведении продолжительных исследований. Следовательно, объемная скорость клубочковой фильтрации определяется соотношением:

$$F = C_{Cr} = U_{Cr} : P_{Cr} \cdot V , \quad (3)$$

где F – скорость клубочковой фильтрации, мл/мин.;

C , U , P и V – те же обозначения, что и в (2);

Cr – подстрочный индекс, указывающий на использование креатинина в качестве определяемого в плазме и моче вещества.

Зная объемную скорость клубочковой фильтрации и диурез можно рассчитать абсолютную и относительную реабсорбцию гломерулярного фильтрата. Абсолютная реабсорбция воды (R_{H_2O}) рассчитывается по формуле:

$$R_{H_2O} = C_{Cr} - V , \quad (4)$$

а относительная реабсорбция воды на 100 мл фильтрата (в %):

$$\%R_{H_2O} = (C_{Cr} - V) : C_{Cr} \cdot 100 = (1 - (P_{Cr} : U_{Cr})) \cdot 100 , \quad (5)$$

где R_{H_2O} – абсолютная, а $\%R_{H_2O}$ – относительная реабсорбция фильтрата; остальные обозначения те же, что и в (3).

Отношение концентраций одного и того же вещества в моче и плазме носит название концентрационного индекса этого вещества и отражает способность почки концентрировать исследуемое вещество x :

$$I_x = U_x : P_x , \quad (6)$$

где I_x – концентрационный индекс вещества x ,
остальные обозначения те же, что и в (2).

Отношение концентрационного индекса любого фильтруемого в канальцах вещества к концентрационному индексу креатинина позволяет судить о реабсорбции (если отношение меньше 1) или секреции (отношение больше 1) этого вещества в почечных канальцах. Абсолютные величины канальцевой реабсорбции или секреции веществ, растворенных в плазме и профильтрованных в клубочках, рассчитываются по формуле:

$$T_x = F P_x f_x w - U_x V , \quad (7)$$

где T_x – абсолютная реабсорбция (при положительном знаке) или секреция (при отрицательном) вещества x в почечных канальцах;

f_x – фракция вещества x , не связанная с белками плазмы; для кальция $f_{Ca} = 0,54$, а для магния – 0,68; для других катионов фильтруемая фракция равна 1,0, а для анионов $f_x = 1,09$;

w – фракция воды в плазме ($w = 1,05$);

остальные обозначения приведены в предыдущих формулах.

1.2.5. Статистическая обработка результатов исследования

Анализ материалов проводился путем сравнения изменений каждого исследованного и производных показателей между:

- исходным и опытным периодами в обеих группах для выявления эффекта ВAB независимо от локализации фонирования;
- группами испытуемых для выяснения локального эффекта ВAB на почки по сравнению с другой локализацией фонирования;
- опытным периодом и последствием для уточнения продолжительности эффекта ВAB.

Для статистического анализа использовались методы вариационной статистики и многофакторного дисперсионного анализа (пакет программ Statistica/Win, v. 5.0). Учитывая значительный разброс величин суточного диуреза, концентраций веществ в моче и функциональных почечных показателей при повседневной жизнедеятельности человека, различия между группами считались достоверными при уровне значимости (p) не более 0,05. Для снижения статистической ошибки за счет неучтенных факторов при дисперсионном анализе использовалась математическая модель, учитывающая дисперсию, обусловленную периодами исследований, группами испытуемых и их взаимодействием:

$$\tilde{y}_{i,j} = \mu + A_i + B_j + A_i B_j + \varepsilon_{(ij)}, \quad (8)$$

где: $\tilde{y}_{i,j}$ — расчетное значение показателя;

μ — математическое ожидание средней величины показателя по всем опытам;

A_i — математическое ожидание эффекта, вносимого в изменчивость показателя периодом исследования;

B_j — математическое ожидание эффекта, вносимого в изменчивость показателя группами испытуемых;

$A_i B_j$ — математическое ожидания эффекта, вносимого взаимодействием факторов;

i, j – уровни факторов ($i = 0$ при отсутствии фактора A и $i = 1$ при его включении в модель; j – то же для фактора B);

$\varepsilon_r (ij)$ – ошибка эксперимента со средней величиной 0 и дисперсией σ^2 ;

r – число повторений каждого опыта.

Влияние фактора считалось значимым при $p < 0,05$. Для более наглядного представления о вариабельности рассматриваемых признаков в тексте средние величины приведены вместе с их среднеквадратическим отклонением ($M \pm \sigma$).

2. ВЛИЯНИЕ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА МОЧЕОБРАЗОВАНИЕ

2.1. Изменения диуреза и интегральных показателей концентрирования мочи

2.1.1. Суточный диурез

Исследование суточного диуреза выполнялось на фоне привычного режима питания и приема жидкости. Учитывая значительный разброс величин суточного диуреза в течение различных дней наблюдения у одного и того же пациента, измерения диуреза в обеих группах проводили в течение 5 суток в исходном периоде, два периода продолжительностью 5 суток при виброакустическом воздействии и 5 суток в периоде последействия.

Достоверных различий в величине диуреза, как между группами, так и между периодами исследований, не выявлено (табл. 1). Дисперсионный анализ этого показателя также не выявил влияния учитываемых факторов (табл. 2).

Таблица 1

Изменения суточного диуреза (мл/сут) при воздействии микроволн
($M \pm \sigma$)

Локализация	Исходный период	Период ВАВ		Период последействия микроволн
		1-я неделя	2-я неделя	
ВАВ				
Крестец	1167±361	1136±263	1029±176	1057±283
Почки	1009±388	1131±257	1004±171	1095±354

Таблица 2

Дисперсионный анализ изменений суточного диуреза
в зависимости от групп и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степеней свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Группы	42000,2	1	42000,2	0,493	0,484
Периоды	209995,6	3	69998,5	0,821	0,485
Сочетание	161577,3	3	53859,1	0,632	0,596
Ошибка	9543796,7	112	85212,5		

В то же время отмечались выраженные индивидуальные колебания диуреза (рис. 1). При ВАВ диурез увеличивался у лиц с низким исходным диурезом и, напротив, снижался при высоком исходном диурезе, что привело к меньшему разбросу средних величин в период микроволнового воздействия.

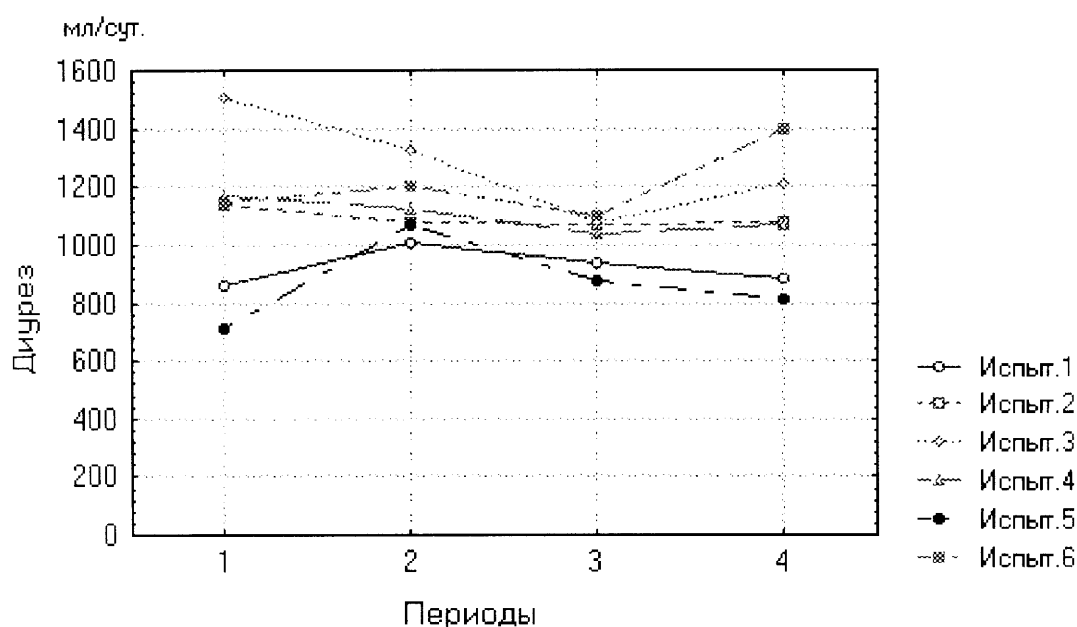


Рис.1. Индивидуальные изменения суточного диуреза у испытуемых в зависимости от периода исследования

Примечание: Здесь и далее каждая точка на графике представляет среднюю величину из 5 наблюдений.

Дисперсионный анализ показывает достоверное влияние индивидуальной изменчивости показателя ($p < 0,001$) и несущественное влияние периодов исследования и сочетания перечисленных факторов (табл. 3).

Таблица 3

Дисперсионный анализ изменений суточного диуреза в зависимости от индивидуальных особенностей испытуемых и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степень свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Испытуемые	2606966	5	521393	8,154	0,0001
Периоды	209995	3	69998	1,095	0,355
Сочетание	1002308	15	66821	1,045	0,418
Ошибка	6138100	96	63939		

Следовательно, виброакустическое воздействие, как на область почек, так и на отдаленную от них область, не оказывает существенного влияния на диурез. Отмечаемое увеличение диуреза в первую неделю ВАВ на почки (в среднем на 123 мл) оказалось статистически незначимым в связи с выраженными индивидуальными колебаниями этого показателя. Влияние индивидуальных различий при дисперсионном анализе оказалось единственным значимым фактором ($p < 0.001$).

2.1.2. Относительная плотность мочи

Плотность мочи является одним из интегральных показателей концентрационной способности почек и отражает массу растворенных в моче плотных веществ. Относительная плотность является отношением плотности мочи к плотности дистиллированной воды. Изменения этого показателя в ходе исследования приведены в табл. 4. Отмечается снижение относительной

плотности мочи по сравнению с исходным периодом при ВАВ на область почек в течение первой недели ($p < 0,05$). Различий с исходным периодом при воздействии на область крестца не выявлено.

Таблица 4

Изменения относительной плотности мочи при воздействии микроволн ($M \pm \sigma$)

Локализация ВАВ	Исходный период	Период ВАВ		Период последствий микроволн
		1-я неделя	2-я неделя	
Крестец	1,0117 \pm 0,0072	1,0121 \pm 0,0060	1,0067 \pm 0,0054	1,0129 \pm 0,0071
Почки	1,0193 \pm 0,0039	1,0163 \pm 0,0040*	1,0183 \pm 0,0043	1,0170 \pm 0,0039

Примечание: Здесь и далее значком * отмечены величины, достоверно отличающиеся ($p < 0,05$) от значений исходного периода.

При дисперсионном анализе (табл. 5) выявлена достоверная связь между изменчивостью относительной плотности мочи и группами обследуемых ($p < 0,001$). Однако эту связь нельзя объяснить локальными особенностями влияния микроволн, так как различия прослеживаются уже в исходном периоде. Кроме того, нет значимого влияния на этот признак взаимодействия периодов исследования и групп испытуемых.

Таблица 5

Дисперсионный анализ изменений относительной плотности мочи в зависимости от групп и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степений свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Группы	1050,21	1	1050,21	36,18	0,0001
Периоды	29,29	3	9,76	0,34	0,799
Сочетание	88,49	3	29,50	1,02	0,388
Ошибка	3250,93	112	29,03		

Выявлена достоверная ($p < 0,0001$) индивидуальная изменчивость этого признака (рис. 2, табл. 6), объясняющая наличие групповых различий.

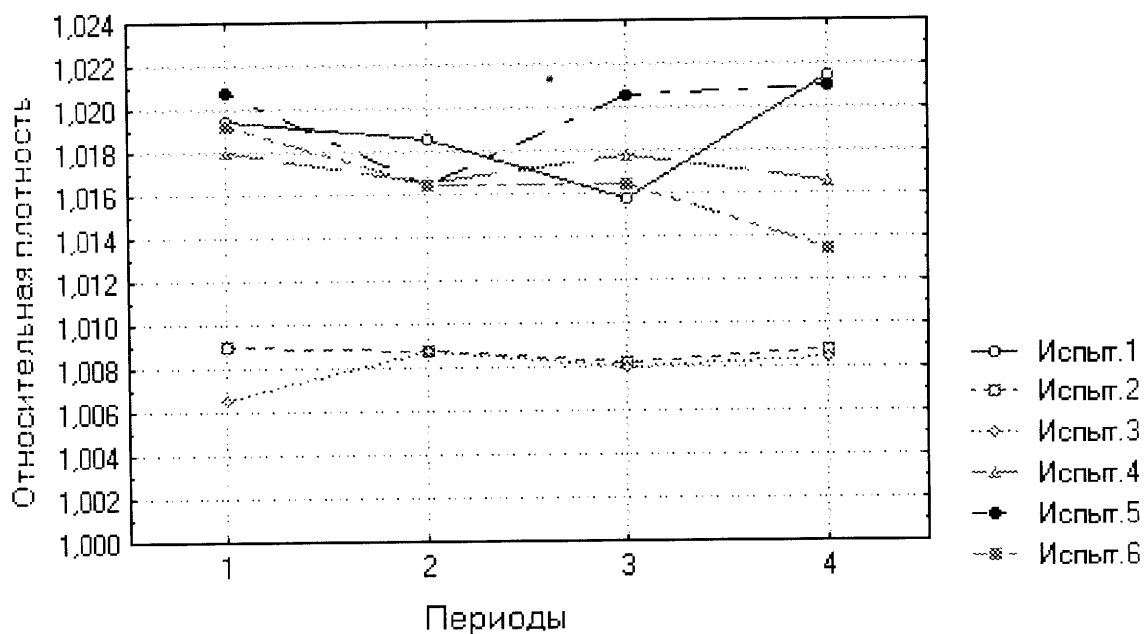


Рис. 2. Индивидуальные изменения относительной плотности мочи в зависимости от периода исследования

Таблица 6

Дисперсионный анализ изменений относительной плотности мочи в зависимости от индивидуальных особенностей испытуемых и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степень свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Испытуемые	0,002651	5	0,00053	33,249	0,0001
Периоды	2,709E-5	3	9,031E-6	0,566	0,638
Сочетание	0,000235	15	1,566E-5	0,982	0,480
Ошибка	0,001531	96	1,595E-5		

Относительная плотность мочи имеет отрицательную корреляцию с диурезом: $r = -0,73$ в исходном периоде, $r = -0,63$ – на первой неделе воз-

действия, $r = -0,37$ – во втором периоде воздействия и $r = -0,55$ – в периоде последствия.

Таким образом, отмечается достоверное снижение относительной плотности мочи при ВАВ на область почек в течение первой недели. На второй неделе воздействия и в течение последующей недели его эффект несущественен и значительно меньше индивидуальной изменчивости признака. В то же время при виброакустическом воздействии ослабляется связь между выводимым количеством плотных веществ и величиной объема мочи.

2.1.3. Удельная электропроводность мочи

Если относительная плотность отражает массу всех растворенных в моче веществ, то удельная электропроводность мочи зависит от содержания в ней заряженных частиц и, соответственно, характеризует количество растворенных в моче электролитов. Средние величины показателя в группах приведены в табл. 7.

Таблица 7

Изменения удельной электропроводности (мС/см) мочи при воздействии микроволн ($M \pm \sigma$)

Локализация ВАВ	Исходный период	Период ВАВ		Период последствия микроволн
		1-я неделя	2-я неделя	
Крестец	14,235±5,734	14,624±5,630	12,634±5,457	16,874±6,623
Почки	21,374±4,315	18,864±3,212*	19,557±3,670	21,287±3,810

Отмечается снижение удельной электропроводности мочи при ВАВ на почки, особенно в первую неделю ($p < 0,07$). Вместе с тем эффект исчезает в периоде последствия и электропроводность практически не отличается от исходных данных. На изменчивость этого показателя достоверное влияние ($p < 0,0001$) оказывают межгрупповые различия (табл. 8). Эти различия не связаны с ВАВ, так как наблюдаются уже в исходном периоде. Кроме того, от-

существует достоверное взаимодействие группового фактора и периода исследования.

Таблица 8

Дисперсионный анализ изменений удельной электропроводности мочи в зависимости от групп и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степень свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Группы	967,446	1	967,446	39,70	0,0001
Периоды	153,496	3	51,165	2,097	0,105
Сочетание	55,132	3	18,377	0,753	0,523
Ошибка	2732,078	112	24,394		

Групповые различия можно объяснить низкими величинами электропроводности мочи 2-го и 3-го испытуемых из первой группы, наблюдаемые в ходе всего исследования (рис. 3 и таб. 9).

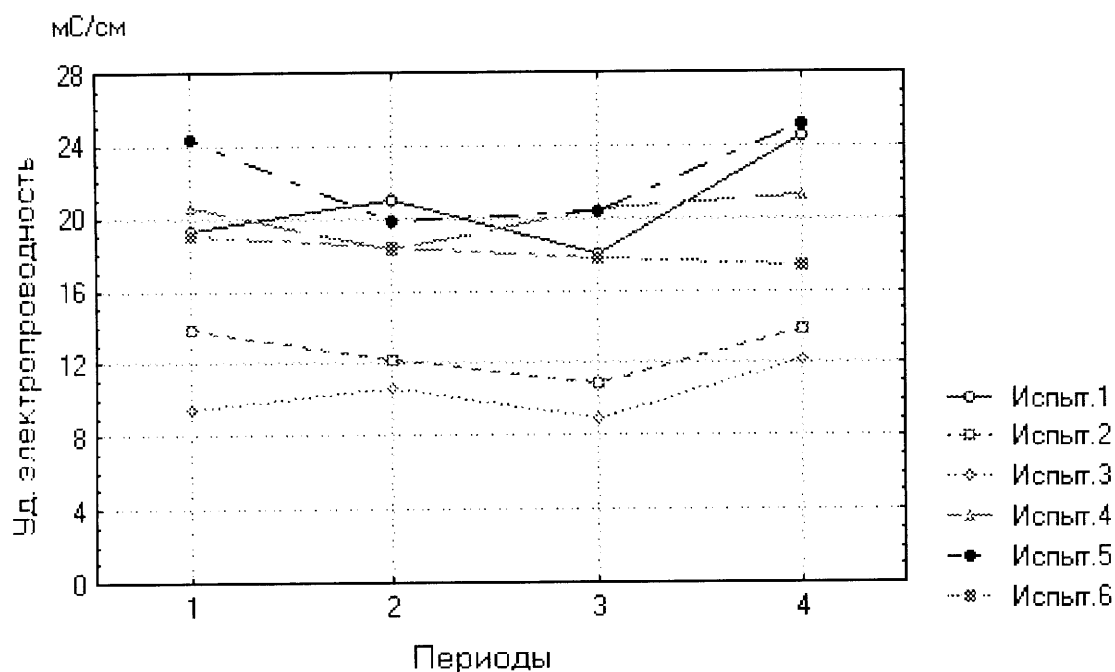


Рис. 3. Индивидуальные изменения удельной электропроводности мочи в зависимости от периода исследования

Таблица 9.

Дисперсионный анализ изменений удельной электропроводности в зависимости от индивидуальных особенностей испытуемых и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степень свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Испытуемые	2341,221	5	468,244	36,226	0,0001
Периоды	153,496	3	51,165	3,958	0,010
Сочетание	172,577	15	11,505	0,890	0,577
Ошибка	1240,858	96	12,926		

Таким образом, при ВAB на область почек удельная электропроводность мочи снижается в течение первой недели воздействия. Это, вероятно, обусловлено увеличением реабсорбции электролитов в канальцах, направленное на поддержание объема внеклеточной жидкости организма. Дисперсионный анализ указывает на существенное влияние на этот показатель как индивидуальных особенностей испытуемых ($p < 0,0001$), так и групповых различий ($p = 0,01$).

2.2. Процессы мочеобразования

Интегральные показатели концентрирования мочи определяются количеством растворенных в ней веществ (относительная плотность) и электролитов (электропроводность). Наибольший массовый вклад приходится на мочевины, а среди электролитов – на натрий, калий и хлориды. Ряд веществ не вносит существенного вклада в относительную плотность мочи, но, в связи с особенностью их транспорта по нефрону, используются в качестве тестовых для оценки почечных процессов. К таким веществам относится креатинин.

2.2.1. Концентрация креатинина мочи и его суточная экскреция

Суточная экскреция креатинина в меньшей степени зависит от характера питания, чем экскреция мочевины и других веществ, а определяется главным образом мышечной массой и практически не зависит от величины диуреза ($r = 0,08$), что указывает на зависимость диуреза от выведения других веществ, обладающих осмотическим диуретическим эффектом. Концентрация креатинина мочи, наоборот, связана обратным отношением с величиной диуреза ($r = -0,51$).

Средняя величина концентрации креатинина мочи в первой группе составляет $9,469 \pm 4,355$ и $12,479 \pm 4,721$ ммоль/л. – во второй группе. Общая средняя величина по всем исследованиям равна $10,974 \pm 4,768$ ммоль/л. Изменения концентрации креатина в группах в ходе исследования приведены в табл. 10.

Таблица 10

Изменения концентрации креатинина мочи (ммоль/л) при
воздействии микроволн ($M \pm \sigma$)

Локализация ВAB	Исходный период	Период ВAB		Период последствия микроволн
		1-я неделя	2-я неделя	
Крестец	$10,906 \pm 5,089$	$9,821 \pm 4,166$	$7,672 \pm 3,334^*$	$9,476 \pm 4,443$
Почки	$15,058 \pm 7,598$	$12,036 \pm 3,298$	$11,410 \pm 2,176$	$11,414 \pm 3,288$

Как следует из приведенных данных, концентрация креатинина снижается при воздействии микроволн звуковой частоты как на крестцовую область, так и на поясничную область. Дисперсия этого показателя определяется как влиянием группового фактора, так и периодов исследования (табл. 11). Групповые различия вызваны в основном индивидуальными особенностями испытуемых (рис. 4). Как и по предыдущим показателям, у двух испытуемых исходные показатели концентраций ниже, чем у остальных. Вместе с тем ха-

рактер изменений концентрации креатинина при ВАВ практически одинаков для всех испытуемых. Дисперсионный анализ этого показателя свидетельствует о достоверной его зависимости от индивидуальных особенностей испытуемых и периодов исследования (табл. 11).

Таблица 11

Дисперсионный анализ изменений концентрации креатинина мочи в зависимости от групп и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степень свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Группы	271,938	1	271,938	13,747	0,0003
Периоды	191,038	3	63,679	3,219	0,026
Сочетание	27,112	3	9,037	0,457	0,713
Ошибка	2215,560	112	19,782		

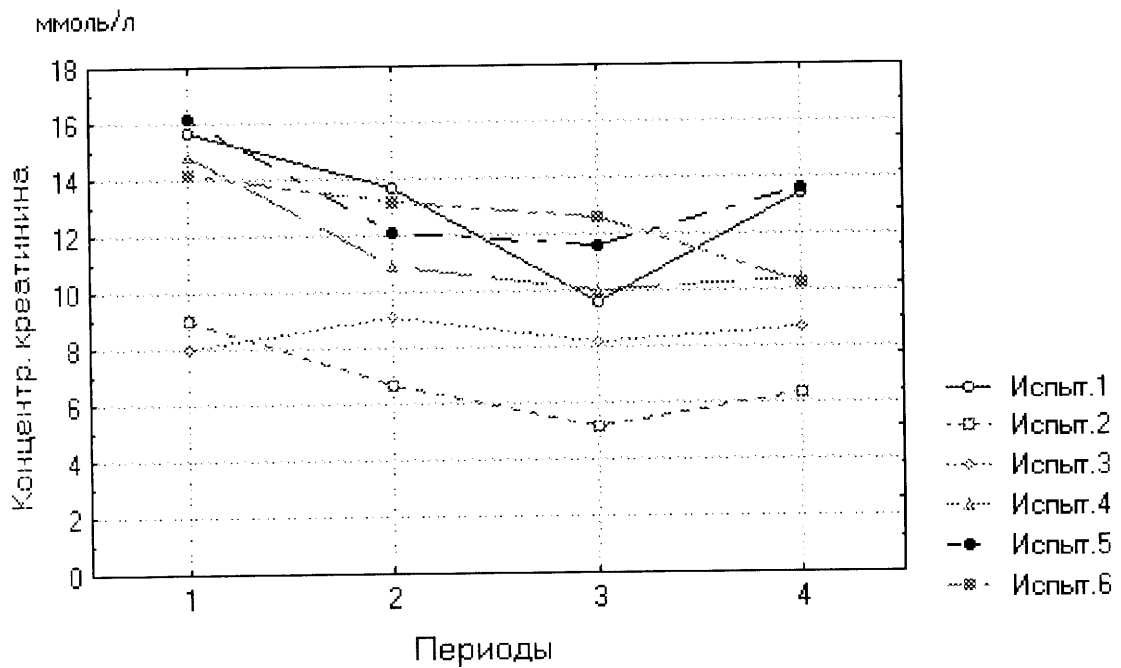


Рис. 4. Индивидуальные изменения концентрации креатинина мочи в зависимости от периодов исследования

Дисперсионный анализ этого показателя свидетельствует о достоверной его зависимости от индивидуальных особенностей испытуемых и периодов исследования (табл. 12).

Таблица 12

Дисперсионный анализ изменений концентрации креатинина мочи в зависимости от индивидуальных особенностей испытуемых и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степень свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Испытуемые	729,248	5	145,850	8,433	0,0001
Периоды	191,038	3	63,679	3,682	0,015
Сочетание	125,056	15	8,337	0,482	0,945
Ошибка	1660,307	96	17,295		

Следовательно, снижение концентрации креатинина мочи при воздействии микроволн практически не зависит от расположения виброфонов. Полного восстановления этого показателя в периоде последствия не происходит.

Средняя величина экскреции креатинина в первой группе составляет 9.72 ± 3.24 и 12.56 ± 3.95 ммоль/л. – во второй группе. Изменения экскреции креатина в группах в ходе исследования приведены в табл. 13.

Таблица 13

Изменения экскреции креатинина мочи (ммоль/л) при воздействии микроволн ($M \pm \sigma$)

Локализация ВAB	Исходный период	Период ВAB		Период последствия микроволн
		1-я неделя	2-я неделя	
Крестец	$11,413 \pm 3,196$	$10,563 \pm 3,012$	$7,595 \pm 2,733^*$	$9,290 \pm 2,958$
Почки	$13,767 \pm 5,842$	$13,107 \pm 2,933$	$11,467 \pm 2,720$	$11,890 \pm 3,463$

Как следует из приведенных данных, экскреция креатинина снижается при воздействии микроволн звуковой частоты только на крестцовую область. Дисперсия этого показателя определяется как влиянием группового фактора, так и периодов исследования (табл. 14).

Таблица 14

Дисперсионный анализ изменений экскреции креатинина мочи в зависимости от групп и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степень свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Группы	242,34	1	242,34	19,86	0,0001
Периоды	164,34	3	54,78	4,49	0,005
Сочетание	10,86	3	3,62	0,30	0,827
Ошибка	1366,65	112	12,20		

Групповые различия вызваны как индивидуальными особенностями испытуемых, так и различной реакцией на ВАВ испытуемых, составляющих группы (рис. 5).

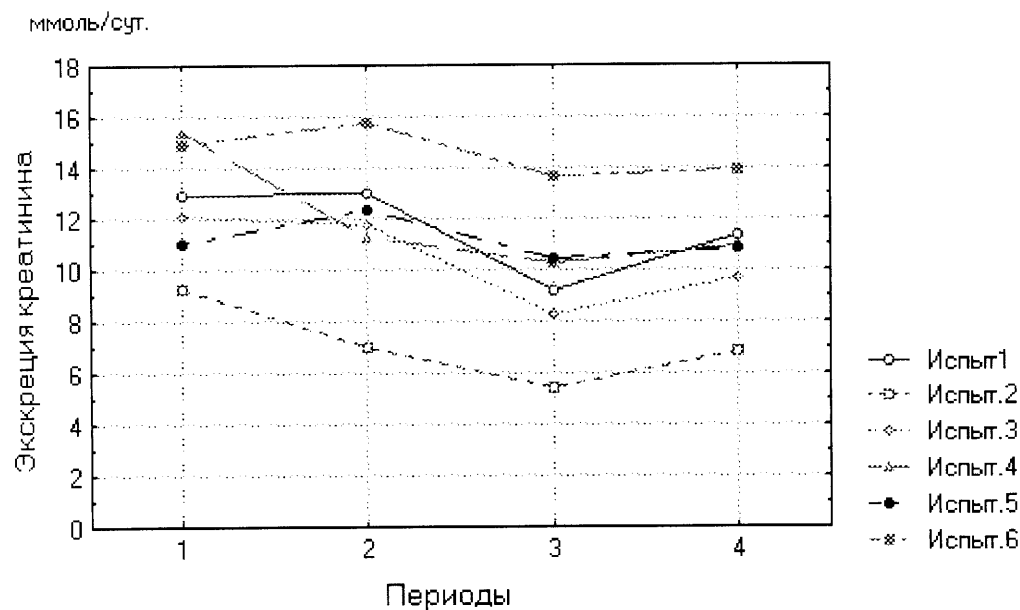


Рис. 5. Индивидуальные изменения суточной экскреции креатинина в зависимости от периодов исследования

Большее снижение экскреции отмечалось у испытуемых 1, 2 и 3, относящихся к группе с микроволновым воздействием на область крестца, и только у одного испытуемого (№ 4) из группы с воздействием на область почек. Дисперсионный анализ этого показателя свидетельствует о достоверной его зависимости от индивидуальных особенностей испытуемых и периодов исследования.

2.2.2. Почечные процессы мочеобразования

Так как креатинин не всасывается и практически не секретуруется в канальцах, его экскреция пропорциональна величине клубочковой фильтрации, что позволяет рассчитать основные почечные процессы по формулам 3, 5 и 6, используя измерения концентрации креатинина в крови и моче и величину диуреза. Для снижения влияния индивидуальных различий все почечные показатели, включая величину минутного диуреза, рассчитывались на стандартную поверхность тела (1,73 кв. м).

Концентрация креатина в плазме крови испытуемых находилась в пределах нормальных величин для этого показателя. Некоторое его снижение наблюдалось при микроволновом воздействии на область крестца (табл. 15). При воздействии на область почек изменения показателя колебались в пределах случайной ошибки.

Таблица 15

Изменения концентрации креатинина крови (ммоль/л) при
воздействии микроволн ($M \pm \sigma$)

Локализация ВАВ	Исходный период	Период ВАВ		Период последствия микроволн
		1-я неделя	2-я неделя	
Крестец	0,093± 0,0063	0,087± 0,006 3	0,081±0,0043*	0,095± 0,010
Почки	0,093± 0,0063	0,100± 0,017 3	0,093± 0,0123	0,108±0,0103

Результаты расчета почечных процессов, обеспечивающих мочеобразование, приведены в табл. 16. Как следует из этих данных, при ВАВ изменения стандартного диуреза не выходят за пределы колебаний его величины в исходном периоде и не зависят от клубочковой фильтрации. Объемная скорость клубочковой фильтрации составляла, в среднем, к концу воздействия на область крестца 76,4%, а на область почек – 82,4% от исходных величин. Индивидуальные изменения представлены на рис.6.

Величина диуреза определялась в основном канальцевой реабсорбцией: чем она выше, тем ниже диурез ($r = - 0,65$). Вместе с тем сама относительная канальцевая реабсорбция линейно зависела от СКФ ($r = 0,70$). Это и определяет независимость величины диуреза от величины СКФ как в исходном периоде, так и при воздействии микроволн.

Таблица 16

Изменения стандартного диуреза, концентрационного индекса креатинина, клубочковой фильтрации (мл/мин) и относительной канальцевой реабсорбции (%) при воздействии микроволн

Показатель	Область ВАВ	Исходный период	Период ВАВ		Период последствие
			1-я неделя	2-я неделя	
Диурез (мл/мин)	К	0,768±0,269	0,743±0,189	0,674±0,150	0,694±0,209
	П	0,613±0,244	0,685±0,161	0,609±0,113	0,667±0,230
К _{кр}	К	117,8±57,5	115,4±55,0	95,8±44,1	98,7±42,6
	П	161,3±82,3	121,6±36,1	122,9±21,5	105,9±29,8*
GFR	К	79,19±21,31	78,36±19,41	60,49±20,0*	62,45±15,21*
	П	90,43±40,79	79,23±13,29	74,48±15,38	66,78±18,89
R%	К	98,94±0,57	98,98±0,41	98,75±0,51	98,83±0,41
	П	99,25±0,32	99,12±0,23	99,16±0,16	98,98±0,31*

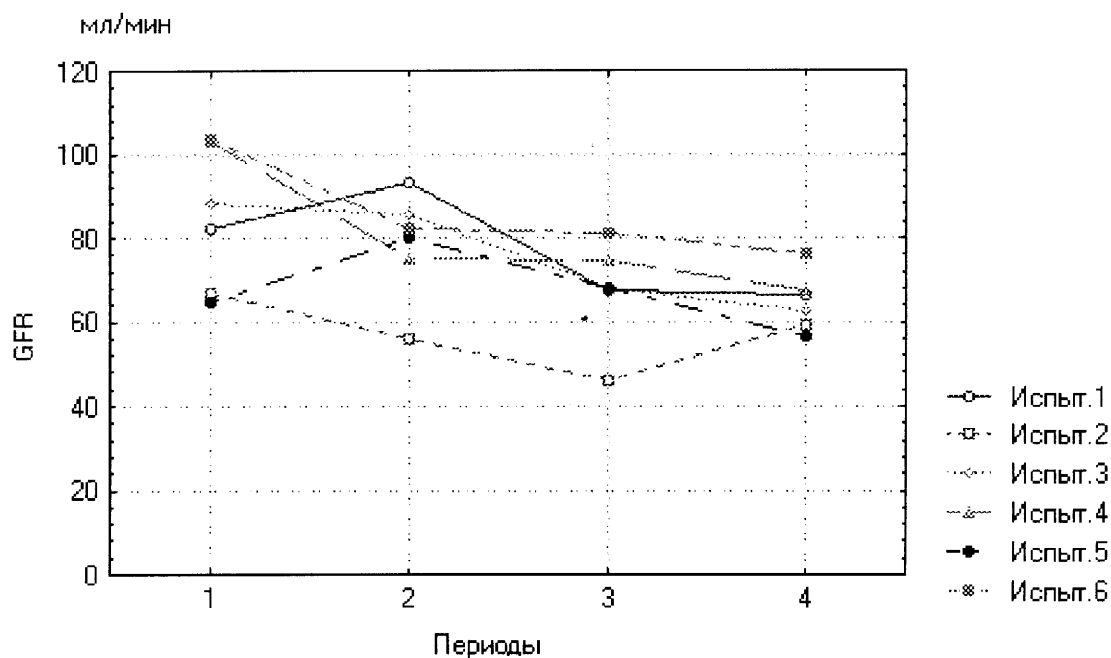


Рис. 6. Индивидуальные изменения клубочковой фильтрации в зависимости от периодов исследования

Таблица 17

Дисперсионный анализ изменений клубочковой фильтрации в зависимости от индивидуальных особенностей испытуемых и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степень свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Испытуемые	10558,4	5	2111,7	4,923	0,0005
Периоды	8109,7	3	2703,2	6,303	0,0006
Сочетание	5372,6	15	358,2	0,835	0,637
Ошибка	41175,5	96	428,9		

Хотя относительная канальцевая реабсорбция клубочкового фильтрата в ходе ВАВ существенно не менялась и оставалась на довольно высоких значениях (около 99%), более тонкий показатель этого процесса – концентрационный индекс креатинина снижался при воздействии микроволн как на об-

ласть крестца, так и на область почек. Его изменения связаны со снижением концентрации креатинина в моче, так как концентрация в крови в ходе исследования не нарастала.

Из рис. 6 и табл. 17 следует, что основной тенденцией при виброакустическом воздействии является снижение клубочковой фильтрации, лишь у 2 испытуемых (по одному в каждой группе) в начале воздействия отмечалось некоторое увеличение этого показателя. Изменчивость величины клубочковой фильтрации определяется индивидуальными особенностями испытуемых и временным фактором, включающим также эффект виброакустического воздействия.

Влияние микроволн на величину клубочковой фильтрации при воздействии на область почек выражено в меньшей степени, чем при воздействии на область крестца. Изменчивость канальцевой реабсорбции обусловлена только индивидуальными особенностями пациентов и не зависит от ВАВ.

3. СОСТОЯНИЕ ГОМЕОСТАТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ПОЧЕК ПРИ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

3.1. Выведение продуктов азотистого обмена

3.1.1. Мочевина

Основные показатели, характеризующие участие почек в выведении мочевины, являющейся основным конечным продуктом белкового обмена, приведены в табл. 18. Образование и выведение мочевины зависит как от характера принимаемой пищи, так и величины суточного диуреза ($r = 0,36$). Колебания этого показателя, связанные с приемом пищи и обусловленные массой испытуемых, несколько нивелируются при его измерении в течение суток и расчетом на стандартную поверхность тела (1,73 кв. м). Это улучшает возможность выявления эффекта ВАВ.

В исходном периоде различия в экскреции мочевины между группами недостоверны. При воздействии микроволн на область крестца отмечается достоверное снижение экскреции этого вещества ($p < 0,05$), тогда как при расположении виброфонов на области почек различий с исходным периодом не было.

Дисперсионный анализ подтверждает зависимость изменений этого показателя от точки приложения ВАВ ($p < 0,01$). Стандартная экскреция мочевины существенно зависит от индивидуальных и временных различий. Групповые различия обусловлены неодинаковым эффектом ВАВ в зависимости от места его приложения. Достоверное снижение стандартной экскреции наблюдается во все периоды воздействия на область крестца ($p < 0,05$) и отсутствует при воздействии на область почек. Отмечаются также выраженные

индивидуальные изменения экскреции мочевины в различные периоды воздействия (рис. 7).

Таблица 18

Изменения концентраций, экскреции, концентрационного индекса, клубочковой фильтрации и относительной экскреции мочевины отношения мочевины/креатинин при воздействии микроволн

Показатель	Область ВАВ	Исходный период	Период ВАВ		Период последствие
			1-я неделя	2-я неделя	
Мочевина крови, ммоль/л	К	3,367±0,244	4,167±0,594*	4,100±0,660*	3,700±0,592*
	П	4,267±0,129	4,133±0,434	5,367±0,688*	4,133±0,195
Мочевина мочи, ммоль/л	К	289,6±93,2	203,7±99,8*	243,4±108,4	234,7±98,8
	П	362,5±124,0	263,1±86,4*	363,0±99,5	318,1±86,4
Станд. экскр., мкМ/мин	К	208,9±66,8	137,9±48,3*	152,5±49,2*	152,2±57,8*
	П	208,2±71,5	172,3±56,1	220,6±64,2	202,1±53,9
КІ мочевины	К	87,0±30,3	47,9±20,5*	59,8±26,1*	62,1±20,8*
	П	85,1±29,5	64,1±22,6	68,8±20,8	77,5±22,8
Фильтрация, мкМ/мин	К	264,5±64,1	329,2±109,6*	244,9±85,5	232,4±74,3
	П	384,1±167,1	328,1±68,1	402,4±106,8	277,2±84,6*
Экскрет. фракция (%)	К	84,97±37,93	44,28±18,62*	66,52±24,14*	68,09±29,06
	П	59,76±23,64	54,93±21,54	55,72±14,04	75,02±17,46
Мочев. Креат.	К	30,62±13,62	21,12±8,33*	33,50±12,45	26,43±11,61
	П	27,40±10,99	22,70±8,46	32,03±7,89*	28,68±6,13

Снижение экскреции мочевины происходит при небольшом увеличении концентрации мочевины в крови ($p < 0,05$). Учитывая отсутствие достоверных изменений величины минутного диуреза, изменения экскреции мочевины могут быть обусловлены соответствующими изменениями ее концентрации в моче. Действительно имеется тесная и достоверная корреляционная связь между этими показателями ($r = 0,76$).

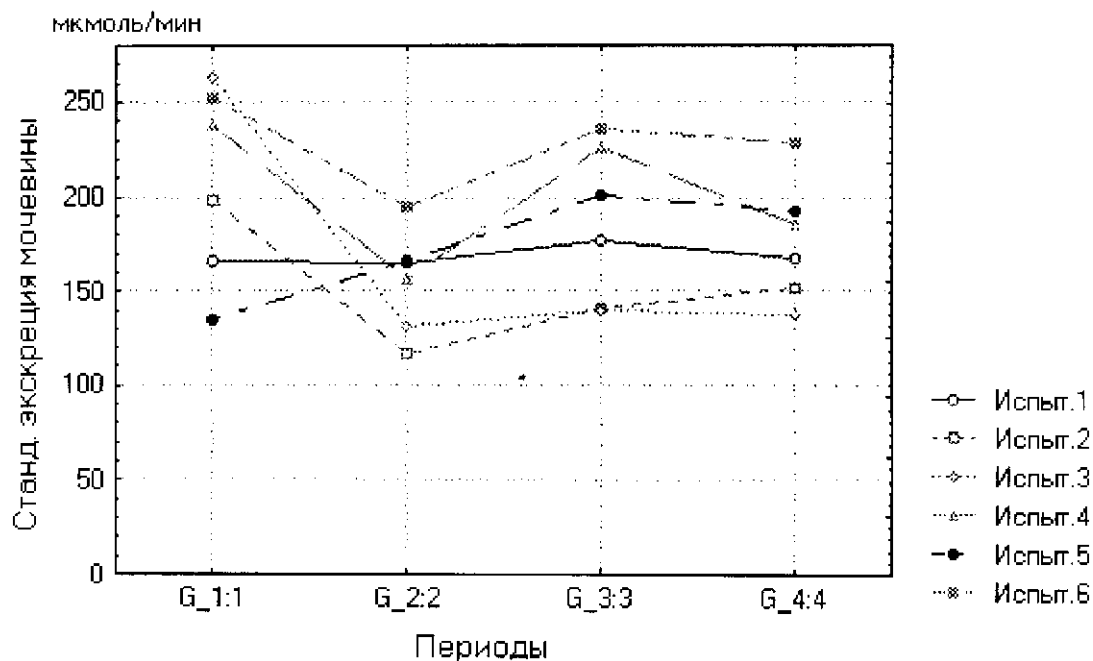


Рис. 7. Индивидуальные изменения экскреции мочевины в зависимости от периода исследования

Средняя величина концентрации мочевины в первой группе составляет $242,87 \pm 102,43$ и $326,66 \pm 106,09$ ммоль/л. – во второй группе. Общая средняя величина по всем исследованиям равна $284,77 \pm 112,04$ ммоль/л. Следовательно, вариабельность признака в группах колеблется от 42,2 до 32,5%.

Отмечается достоверное снижение концентрации мочевины при воздействии витафоном в течение первой недели как на область почек ($p < 0,03$), так и на крестцовую область ($p < 0,01$). Различия с исходным периодом при воздействии на почки на второй неделе и в периоде последействия несущественны. На дисперсию признака основное влияние оказывают групповые и временные факторы ($p < 0,01$).

Учитывая существенные различия исходных групповых величин концентрации мочевины мочи, для уточнения эффекта ВАВ проанализированы индивидуальные изменения признака в ходе эксперимента. Результаты приведены на рис. 8.

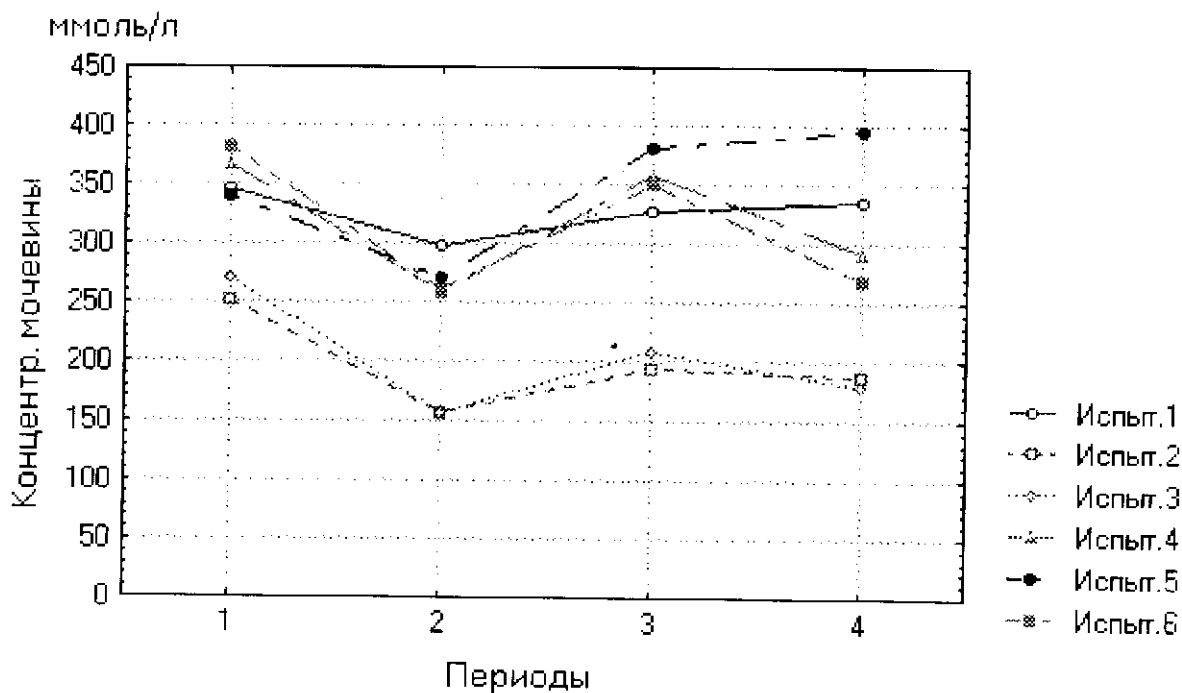


Рис. 8. Индивидуальные изменения концентрации мочевины мочи в зависимости от периода исследования

Изменения индивидуальных средних величин практически повторяются в ходе исследования, что указывает на одинаковый эффект микроволн, независимо от различного расположения микрофонов. Отсутствие взаимодействия группового эффекта и периодов исследования подтверждается также дисперсионным анализом. В то же время, имеется отчетливый параллелизм между индивидуальными изменениями концентраций и экскрецией мочевины.

Таким образом, помимо выраженных индивидуальных колебаний концентраций мочевины, обуславливающих различия между группами, отмечается отчетливое влияние виброакустического воздействия, проявляющееся снижением концентрации мочевины мочи в первую неделю использования «Витафона». Этот эффект не зависит от места приложения микроволнового воздействия.

Так как концентрация мочевины в моче довольно высокая и ее транспорт по нефрону может вызывать осмотический диурез, представляется ин-

интересным исследованием является изменение отношения концентрации мочевины к концентрации креатинина в моче. Средняя величина этого отношения в первой группе составила $27,92 \pm 12,30$, во второй – $27,70 \pm 8,98$. Средняя величина по всем наблюдениям равна $27,81 \pm 10,73$. На первой неделе воздействия микроволн отмечается снижение отношения мочевины/креатинин, которое увеличивается на второй неделе, особенно при приложении ВАВ на область почек (см. табл. 18).

Отношение мочевины/креатинин (рис. 9) изменяется одинаково как при виброакустическом воздействии на почечную область, так и на область крестца. В начале воздействия отмечается снижение этого отношения, а на второй неделе – увеличение. Этот эффект ВАВ исчезает в периоде последствия уже на первой неделе.

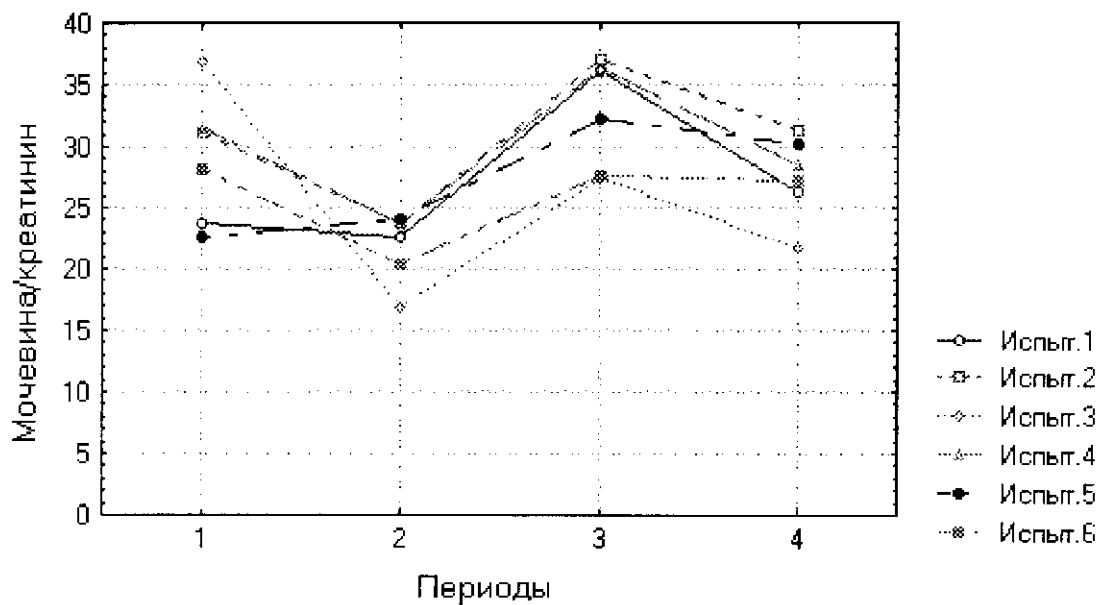


Рис. 9. Индивидуальные изменения отношения концентрации мочевины к креатинину в моче в зависимости от периода исследования

Таким образом, выведение мочевины существенно снижается как в периоды ВАВ на область крестца, так и в последствии. В то же время нет достоверных изменений при ВАВ на область почек. Ведущим механизмом

снижения экскреции мочевины является увеличение ее относительной реабсорбции в почечных канальцах. Это приводит к снижению экскретируемой фракции вещества, профильтровавшегося в клубочках (см. табл. 18), особенно при воздействии на крестцовую область. Общее воздействие микроволн, вероятно, проявляется снижением экскреции мочевины. Этот эффект частично нивелируется при приложении воздействия на область почек.

3.1.2. Мочевая кислота

Мочевая кислота является конечным продуктом пуринового обмена. Ее содержание в крови повышается, с одной стороны, при подагре, лейкозах и других заболеваниях, сопровождающихся распадом тканей и, с другой – при нарушении выведения мочевой кислоты почками. В связи с плохой растворимостью в воде кристаллы мочевой кислоты могут выпадать в хрящах, сухожилиях, в почках и других органах. При повреждающем ткани действии микровибрации следовало бы ожидать повышения концентрации мочевой кислоты в крови или значительное увеличение ее суточной экскреции. Основные показатели, характеризующие выведение мочевой кислоты, приведены в табл. 19.

Концентрация мочевой кислоты в крови существенно не менялась на протяжении исследования, лишь отмечено достоверное ее снижение после воздействия на область крестца. Концентрация мочевой кислоты в моче в периоды ВАВ и после него была выше, чем в исходном периоде, причем основное значение в ее изменчивости принадлежит периодам исследования ($p=0,01$) и, следовательно, влиянию микроволн.

Увеличение экскреции мочевой кислоты наблюдается в большей степени в начальном периоде воздействия микроволн (первая неделя). Дисперсионный анализ подтверждает связь изменений этого признака в основном с периодами исследования, что может быть обусловлено влиянием ВАВ ($p<0,001$). Значимого различия между группами не выявлено (табл. 20). Это

свидетельствует о незначительной зависимости эффекта микроволн от места их приложения. В то же время, отсутствие изменений и некоторое снижение в крови при воздействии на область крестца позволяет предполагать отсутствие повреждающего действия микроволн на ткани.

Таблица 19

Изменения концентраций, стандартной экскреции, концентрационного индекса, клубочковой фильтрации, относительной экскреции мочевой кислоты, отношения мочевая кислота/креатинин при воздействии микроволн

Показатель	Область ВАВ	Исходный период	Период ВАВ		Период последствий
			1-я неделя	2-я неделя	
Мочевая кислота крови	К	0,464±0,032	0,460±0,030	0,490±0,110	0,407±0,061*
	П	0,362±0,119	0,360±0,119	0,403±0,102	0,363±0,085
Мочевая кислота мочи	К	2,744±0,884	3,744±1,171*	2,868±1,218	3,554±1,501
	П	3,357±1,071	3,852±1,090	3,907±1,201*	3,673±1,457
Станд. экскр., мкМ/мин	К	2,053±0,771	2,724±0,884*	1,856±0,648	2,446±1,240
	П	1,909±0,554	2,628±0,909*	1,968±0,771	2,320±0,996
КІ мочевой кислоты	К	6,008±2,049	8,127±2,442*	6,035±2,692	9,033±4,399*
	П	10,189±4,419	11,913±5,067	7,693±4,178*	10,422±4,277
Фильтрация, мкМ/мин	К	36,56±10,59	36,44±10,79	30,58±14,54	25,38±7,08*
	П	30,62±11,56	28,71±11,13	29,79±9,580	23,69±7,16
Экскрет. фракция (%)	К	6,193±3,387	8,207±3,671*	7,660±5,938	9,773±4,412*
	П	7,127±3,668	10,61±3,176*	7,340±3,176	10,15±3,994*
Кислота Креатин.	К	0,294±0,137	0,425±0,167*	0,415±0,222*	0,415±0,190
	П	0,248±0,086	0,343±0,102	0,260±0,102	0,326±0,105

Основным почечным механизмом, обеспечивающим увеличение экскреции мочевой кислоты, является увеличение ее экскретируемой фракции. Это приводит и к увеличению относительной (к креатинину) концентрации мочевой кислоты в моче. Причина изменений экскретируемой фракции – пе-

риоды исследования. Дисперсионный анализ подтверждает основное влияние этого фактора (табл. 21).

Таблица 20

Дисперсионный анализ изменений экскреции мочевой кислоты в зависимости от индивидуальных особенностей испытуемых и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степень свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Группы	0,11408	1	0,11408	0,0602	0,807
Периоды	36,3583	3	12,1194	6,3941	0,0005
Сочетание	0,06225	3	0,02075	0,0109	0,998
Ошибка	212,2853	112	1,89541		

Таблица 21

Дисперсионный анализ изменений экскретируемой фракции мочевой кислоты в зависимости от индивидуальных особенностей испытуемых и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степень свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Группы	0,001068	1	0,001068	0,569	0,452
Периоды	0,025057	3	0,008352	4,454	0,005
Сочетание	0,005317	3	0,001770	0,945	0,422
Ошибка	0,210034	112	0,001875		

Снижение канальцевой реабсорбции приводит и к увеличению относительной (к креатинину) концентрации мочевой кислоты в моче, хотя на этот показатель больше влияют групповые различия, чем периоды эксперимента (табл. 22). Это особенно отчетливо прослеживается при анализе индивиду-

альных изменений относительной концентрации мочевой кислоты (рис. 10).

В то же время имеется отчетливая связь и с воздействием микроволн.

Таблица 22

Дисперсионный анализ изменений относительной концентрации мочевой кислоты в зависимости от индивидуальных особенностей испытуемых и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степень свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Группы	0,2609	1	0,2609	11,676	0,001
Периоды	0,2288	3	0,0763	3,414	0,020
Сочетание	0,0461	3	0,0154	0,688	0,561
Ошибка	2,5022	112	0,0223		

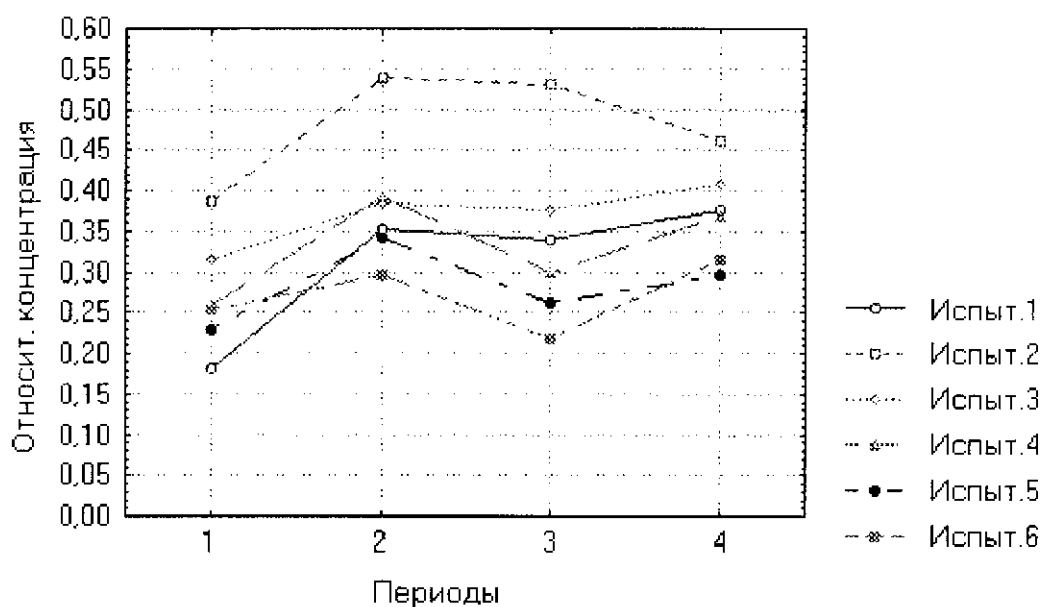


Рис. 10. Индивидуальные изменения отношения концентрации мочевой кислоты к креатинину мочи в зависимости от периода исследования

Таким образом, выведение мочевой кислоты достоверно увеличивается в периоды ВАВ как на область крестца, так и на почки, особенно в первую неделю применения микроволн. В выведении мочевой кислоты, наряду с ее фильтрацией и реабсорбцией, большое значение принадлежит также секреции в канальцах, в отличие от мочевины, в выведении которой участвует лишь фильтрация и пассивная реабсорбция (Вандер А., 2000). Сопоставляя механизмы выведения этих веществ и креатинина при воздействии микроволн, ведущим механизмом увеличения экскреции мочевой кислоты следует считать дополнительную секрецию этого вещества в почечных канальцах. Этот процесс и обеспечивает поддержание мочевой кислоты крови в пределах нормальных величин.

3.2. Выведение электролитов

3.2.1. Натрий

Натрий вместе с калием и хлоридами составляет большую часть электролитов крови и мочи, создавая основной вклад в эффективную осмотическую концентрацию, определяющую распределение жидкости в организме. От их концентрации зависит такой интегральный показатель как ее электропроводность.

На второй неделе ВАВ и в периоде последствий отмечено достоверное ($p < 0,05$) увеличение концентрации натрия в сыворотке крови (табл. 23). Эффект воздействия практически одинаков как при его приложении на область крестца, так и на область почек.

Средняя величина концентрации натрия мочи у испытуемых первой группы составила $114,4 \pm 45,7$ ммоль/л, второй группы – $159,1 \pm 28,6$ и общая средняя величина по всем 120 исследованиям – $136,9 \pm 44,0$ ммоль/л. Следует отметить, что и в исходном периоде концентрация натрия в моче второй группы была достоверно ($p < 0,01$) выше, чем в первой группе (табл. 23).

Таблица 23.

Изменения концентраций, стандартной экскреции, концентрационного индекса, клубочковой фильтрации, относительной экскреции натрия, отношения натрий/креатинин мочи при воздействии микроволн

Показатель	Область ВАВ	Исходный период	Период ВАВ		Период последствия
			1-я неделя	2-я неделя	
Натрий крови, ммоль/л	К	138,33±0,667	140,00±2,082	142,00±0,29*	145,53±1,19*
	П	139,00±1,155	139,67±1,333	144,63±1,42*	144,70±1,64*
Натрий мочи, ммоль/л	К	109,17±42,67	113,47±42,05	99,40±42,29	136,8±51,11*
	П	158,90±32,75	149,55±28,48	160,35±27,30	167,69±25,45
Станд. экскр., мкМ/мин	К	74,66±16,51	79,09±21,34	64,05±24,05	87,56±24,96
	П	93,92±29,17	100,32±21,24	96,45±17,70	107,82±27,07
КІ натрия	К	0,832±0,244	0,857±0,330	0,736±0,312	0,992±0,377
	П	1,203±4,419	1,127±0,217	1,166±0,193	1,218±0,171
Фильтрация, мкМ/мин	К	10404±2796	10424±2579	8160±2700*	8633±2096
	П	11916±5296	10518±1802	10229±2097	9166±2559
Экскрет. фракция (%)	К	0,740±0,177	0,800±0,259	0,823±0,322	1,067±0,322*
	П	0,873±0,363	0,993±0,301	0,947±0,125	1,220±0,267*
Натрий Креатин.	К	10,45±2,29	12,16±3,54	13,70±4,77*	15,52±4,88*
	П	12,52±4,99	13,27±4,35	14,41±2,88	15,47±3,45

Отмечается достоверное ($p < 0,03$) увеличение концентрации натрия мочи после воздействия микроволн на область крестца по сравнению с исходным периодом. Различия средних величин в другие периоды исследования, как и при ВАВ на область почек отсутствуют. При дисперсионном анализе выявлено достоверное влияние на этот показатель групп испытуемых (табл. 24). Учитывая достоверные различия средних величин между группами уже в исходном периоде, нельзя связывать влияние этого фактора с локализацией воздействия микроволн. Об этом свидетельствует также отсутствие досто-

верного влияния взаимодействия группового фактора и периодов исследования.

Таблица 24.

Дисперсионный анализ изменений концентрации натрия мочи
в зависимости от групп и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степень свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Группы	59172,64	1	59172,64	1597,46	<0,0001
Периоды	9661,51	3	3220,50	2,287	0,083
Сочетание	4157,14	3	1385,71	0,984	0,403
Ошибка	157717,40	112	1408,19		

Для уточнения причин групповых различий проведено исследование индивидуальной изменчивости концентрации натрия мочи. Как видно из рис. 11 и табл. 25, основной причиной групповых различий являются значительные индивидуальные колебания концентрации натрия мочи, причем на первой неделе виброакустического воздействия разброс этого показателя у различных испытуемых уменьшается.

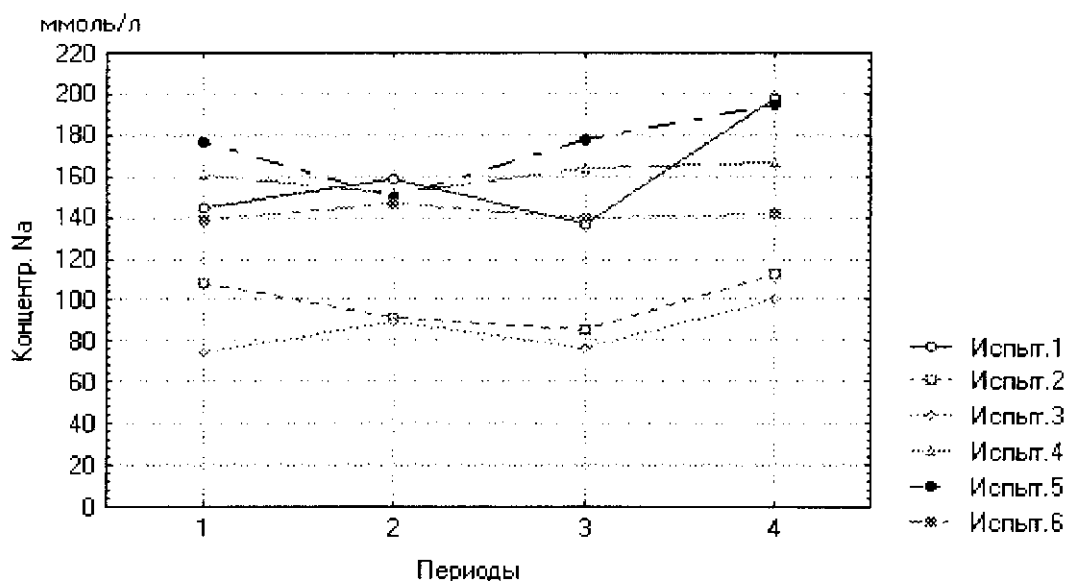


Рис. 11. Индивидуальные изменения концентрации натрия мочи

Таблица 25.

Дисперсионный анализ изменений концентрации натрия мочи в зависимости от индивидуальных особенностей испытуемых и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степень свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Испытуемые	133093,43	5	26618,69	33,584	<0,0001
Периоды	9661,51	3	3220,50	4,063	0,009
Сочетание	11863,10	15	790,87	0,998	0,464
Ошибка	76090,65	96	792,61		

Увеличивается также относительная (к креатинину) концентрация натрия в моче, которая не имеет достоверной связи с локализацией микроволнового воздействия (табл. 26).

Таблица 26.

Дисперсионный анализ изменений относительной концентрации натрия мочи в зависимости от групп испытуемых и периодов исследования

Источник изменчивости	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степень свободы (DF)	Средний квадрат отклонений (MS)	F-критерий	p
Группы	27,454	1	27,454	1,712	0,194
Периоды	268,749	3	89,583	5,585	0,001
Сочетание	17,516	3	5,839	0,364	0,779
Ошибка	1796,378	112	16,039		

Таким образом, концентрация натрия мочи достоверно связана с периодами исследований. Различия между группами обусловлены в основном индивидуальными особенностями испытуемых.

Стандартная экскреция натрия при воздействии на область почек нарастает, хотя и недостоверно, в отличие от небольших изменений при воздействии на область крестца. Это происходит при снижении фильтрационной нагрузки нефронов натрием (рис. 12) и, следовательно, обусловлено лишь снижением канальцевой реабсорбции (соответственно, увеличением экскретируемой фракции) этого иона (рис. 13).

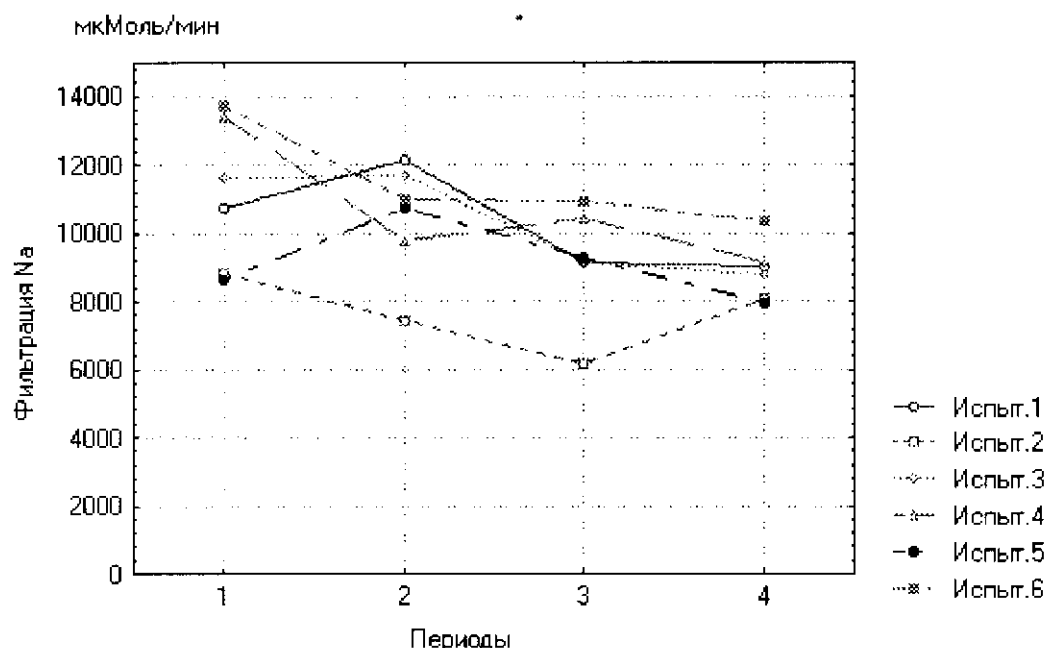


Рис. 12. Индивидуальные изменения клубочковой фильтрации натрия

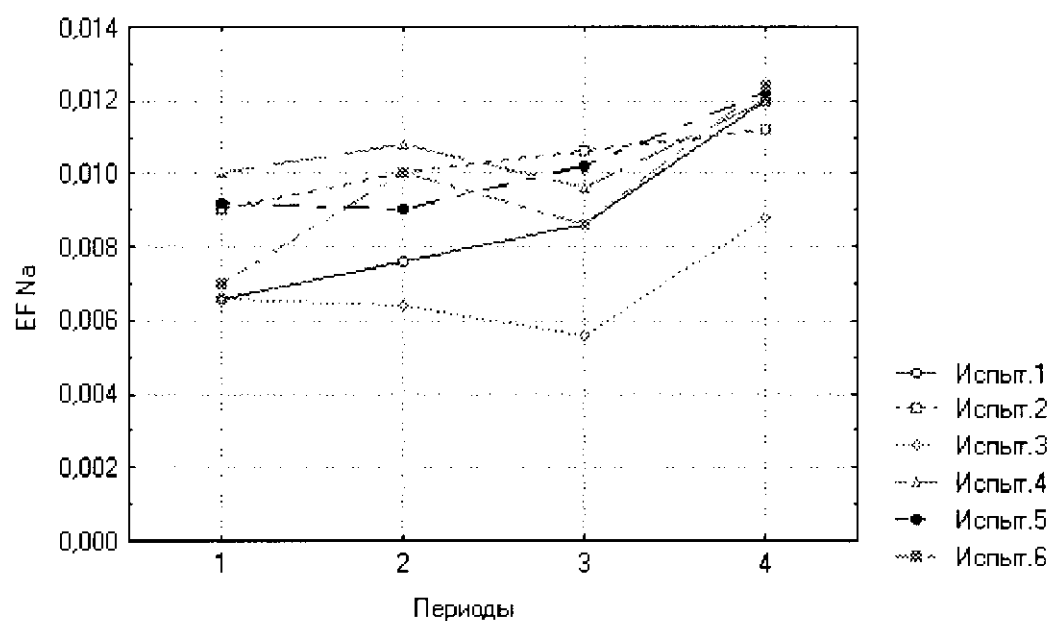


Рис. 13. Индивидуальные изменения экскретируемой фракции натрия

Дисперсионный анализ изменений клубочковой фильтрации натрия подтверждает отсутствие групповых различий и достоверную ($p < 0,01$) зависимость изменений признака от периодов исследования. Экскретируемая фракция определяется как групповым и индивидуальным факторами, так и периодами исследований ($p < 0,005$).

Отмечается слабая прямая корреляционная связь между стандартной экскрецией и клубочковой фильтрацией ($r < 0,4$), но эта связь достоверно возрастает при воздействии микровибрации на почки (вторая неделя) и после него ($r > 0,6$). Имеется также умеренная корреляционная связь между стандартной экскрецией и экскретируемой фракцией натрия ($r > 0,5$), которая теряется при воздействии на почки (вторая неделя) и после него. Следовательно, при ВАВ на почки изменения экскреции натрия зависят в большей степени от изменений его клубочковой фильтрации, чем от изменений экскретируемой фракции. При воздействии на область крестца такая связь не прослеживается.

3.2.2. Калий

Концентрация калия в крови при ВАВ нарастает, однако это увеличение статистически недостоверно. Его концентрация в моче, напротив, снижается, причем при ВАВ на область почек снижение более выражено и достоверно (табл. 27). Однако концентрация калия в моче нарастает при микроволновом воздействии и после него больше, чем концентрация креатинина. Об этом свидетельствует отношение их концентраций, достоверно увеличивающееся при воздействии на область крестца. При воздействии на область почек это отношение изменяется без какой-либо закономерности и недостоверно.

Таблица 27.

Изменения концентраций, стандартной экскреции, концентрационного индекса, клубочковой фильтрации, относительной экскреции калия, отношения калий/креатинин мочи при воздействии микроволн

Показатель	Область ВАВ	Исходный период	Период ВАВ		Период последствий
			1-я неделя	2-я неделя	
Калий крови, ммоль/л	К	4,400±0,458	4,667±0,551	4,457±0,333	4,123±0,612
	П	4,267±0,289	4,433±0,351	4,423±0,605	4,643±0,430
Калий мочи, ммоль/л	К	36,38±19,75	34,26±15,47	33,16±15,88	39,32±23,96
	П	50,82±14,47	36,18±12,07*	49,14±9,87	38,93±9,24*
Станд. экскр., мкМ/мин	К	23,61±5,75	22,98±6,39	21,17±8,47	23,99±10,21
	П	29,07±8,11	23,75±6,37	30,02±8,42	25,27±9,37
КІ калия	К	8,452±4,033	8,087±4,311	7,728±3,496	10,042±5,762
	П	12,606±3,805	8,498±2,465*	11,740±2,132	8,944±2,531*
Фильтрация, мкМ/мин	К	329,6±86,6	345,7±85,1	254,3±80,5*	245,6±69,8
	П	368,6±167,1	334,2±63,1	315,4±80,7	297,2±95,9
Экскрет. фракция (%)	К	7,407±1,984	7,247±2,903	8,720±3,422	9,973±3,168*
	П	9,040±3,324	7,227±2,018	9,633±1,311	8,820±2,927
Калий Креатин.	К	3,342±1,015	3,635±1,366	4,607±1,902*	4,067±1,246*
	П	3,885±1,333	3,105±0,955	4,336±0,488	3,588±1,109

Стандартная экскреция калия в процессе исследования не претерпевала достоверных изменений. Хотя и отмечается некоторое увеличение экскретируемой фракции калия, однако оно недостаточно, чтобы компенсировать снижение фильтрационной нагрузки нефрона калием.

Следовательно, при виброакустическом воздействии участие почек в регуляции содержания калия в организме существенных изменений не претерпевает.

3.2.3. Хлориды

Концентрация хлоридов в крови при ВАВ существенно не меняется, а их концентрация в моче несколько снижается, причем при ВАВ на область почек снижение более выражено и достоверно (табл. 28). Можно предположить, что это снижение обусловлено канальцевыми процессами, так как отмечается увеличение отношения хлоридов к креатинину при микроволновом воздействии и после него. При воздействии на область почек это отношение увеличивается недостоверно.

Таблица 28

Изменения концентраций, стандартной экскреции, концентрационного индекса, клубочковой фильтрации, относительной экскреции хлоридов, отношения хлориды/креатинин мочи при воздействии микроволн

Показатель	Область ВАВ	Исходный период	Период ВАВ		Период последствия
			1-я неделя	2-я неделя	
Хлориды крови, ммоль/л	К	104,67±3,06	105,33±2,31	104,00±1,41	105,10±0,40
	П	105,67±5,03	103,33±2,52	106,53±1,88	108,77±1,31
Хлориды мочи, ммоль/л	К	110,11±54,89	109,19±61,22	94,50±45,06	125,25±63,30
	П	183,56±51,55	151,67±33,7*	177,84±37,96	176,89±46,29
Станд. экскр., мкМ/мин	К	72,93±19,58	74,14±32,56	60,46±24,75	77,49±25,39
	П	107,22±34,06	102,41±28,43	106,89±24,89	111,23±28,69
К/хлоридов	К	1,051±0,521	1,041±0,593	0,908±0,434	1,191±0,598
	П	1,730±0,450	1,468±0,328	1,669±0,355	1,625±0,418
Фильтрация, мкМ/мин	К	8266±2129	8224±1932	6280±2042*	6564±1603*
	П	9485±4177	8186±1377	7935±1635	7259±2047
Экскрет. фракция (%)	К	0,920±0,240	0,927±0,373	1,007±0,413	1,233±0,478*
	П	1,273±0,554	1,300±0,471	1,360±0,232	1,573±0,345
Хлориды Креатин.	К	10,18±2,54	11,34±4,76	13,01±4,98*	13,73±4,99*
	П	14,48±6,40	13,65±5,45	15,98±3,77	15,97±3,76

Стандартная экскреция хлорида в процессе исследования не претерпевала достоверных изменений. Вместе с тем отмечается снижение фильтрационной нагрузки нефрона хлоридами, которое при воздействии на крестцовую область достигает достоверных величин на второй неделе и после микроволнового облучения. Неизменность экскреции в этих условиях обусловлена сниженной канальцевой реабсорбцией (увеличенной экскретируемой фракцией) хлоридов. Воздействие на область почек несколько снижает эффект микровибрации на обмен хлоридов.

3.2.4. Кальций

Концентрация кальция в крови при ВАВ на область почек нарастает достоверно ($p < 0,01$) и больше, чем при воздействии на область крестца. Его концентрация в моче, напротив, существенных изменений не претерпевает при любой локализации ВАВ (табл. 29). Однако концентрация кальция в моче нарастает при микроволновом воздействии и после него больше, чем концентрация креатинина. Об этом свидетельствует отношение их концентраций.

Стандартная экскреция кальция в первую неделю исследования увеличивалась, но на второй неделе заметно снижалась. Это снижение обусловлено меньшей фильтрационной нагрузкой нефрона кальцием, которое при воздействии на крестцовую область достигает достоверных величин на второй неделе и после микроволнового облучения. Воздействие на область почек также снижает фильтрацию кальция. Неизменность экскреции в этих условиях обусловлена сниженной канальцевой реабсорбцией (увеличенной экскретируемой фракцией) кальция.

Таблица 29

Изменения концентраций, стандартной экскреции, концентрационного индекса, клубочковой фильтрации, относительной экскреции кальция, отношения кальций/креатинин мочи при воздействии микроволн

Показатель	Область ВАВ	Исходный период	Период ВАВ		Период последствий
			1-я неделя	2-я неделя	
Кальций крови, ммоль/л	К	2,183±0,024	2,217±0,064	2,167±0,024	2,207±0,293
	П	2,083±0,025	2,200±0,042*	2,250±0,042*	2,303±0,051*
Кальций мочи, ммоль/л	К	3,039±1,179	3,306±0,859	2,627±0,744	3,215±1,186
	П	3,487±1,120	3,600±0,681	3,066±0,688	3,696±0,990
Станд. экскр., мкМ/мин	К	2,107±0,449	2,387±0,715	1,736±0,486*	2,061±0,494
	П	2,089±0,850	2,424±0,570	1,866±0,513	2,488±1,015
К ₁ кальция	К	1,861±0,741	1,984±0,494	1,617±0,460	1,939±0,617
	П	2,234±0,720	2,183±0,416	1,818±0,408	2,145±0,591
Фильтрация, мкМ/мин	К	129,6±34,8	130,7 ±34,0	98,4±32,8*	103,8±29,9*
	П	141,1±62,9	130,8±22,6	125,8±26,4	115,2±32,4
Экскрет. фракция (%)	К	1,688±0,422	1,888±0,472	1,927±0,825	2,107±0,680
	П	1,620±0,706	1,907±0,546	1,507±0,352	2,207±0,972*
<u>Кальций</u> Креатин.	К	0,297±0,076	0,359±0,079*	0,384±0,155*	0,364±0,111
	П	0,272±0,120	0,317±0,092	0,276±0,072	0,351±0,151

3.2.5. Фосфаты

Концентрация фосфатов в крови при ВАВ как на область крестца, так и на область почек меняется недостоверно. Их концентрация в моче не меняется при ВАВ на область крестца и достоверно снижается при воздействии на область почек (табл. 30). Стандартная экскреция фосфатов на второй неделе ВАВ заметно снижалась при любой локализации ($p < 0,05$). Это снижение обусловлено меньшей фильтрационной нагрузкой нефрона фосфатами. Неиз-

менность экскреции в этих условиях обусловлена сниженной канальцевой реабсорбцией (увеличенной экскретируемой фракцией) фосфатов.

Таблица 30

Изменения концентраций, стандартной экскреции, концентрационного индекса, клубочковой фильтрации, относительной экскреции фосфатов, отношения фосфаты/креатинин мочи при воздействии микроволн

Показатель	Область ВАВ	Исходный период	Период ВАВ		Период последствие
			1-я неделя	2-я неделя	
Фосфаты крови, ммоль/л	К	0,933±0,208	0,933±0,208	1,060±0,147	1,080±0,187
	П	1,333±0,115	1,334±0,115	1,287±0,208	1,113±0,127*
Фосфаты мочи, ммоль/л	К	9,990±2,334	9,751±1,934	9,136±2,434	9,851±1,241
	П	12,290±2,917	11,092±1,134	10,247±0,97*	11,307±1,146
Станд. экскр., мкМ/мин	К	7,223±1,833	7,047±1,591	5,890±0,973*	6,747±1,938
	П	7,324±2,691	7,507±1,426	6,236±1,228*	7,575±3,097
КІ фосфатов	К	13,657±3,510	13,461±3,607	10,955±3,427	11,604±2,104
	П	11,583±3,119	10,416±1,004	10,127±1,663	12,784±1,600
Фильтрация, мкМ/мин	К	60,20±22,71	60,68±23,66	50,51±15,43	54,03±15,32
	П	95,78±40,35	84,72±16,64	77,38±20,51	60,01±20,11*
Экскрет. фракция (%)	К	0,136±0,060	0,140±0,076	0,123±0,028	0,132±0,041
	П	0,081±0,023	0,091±0,021	0,084±0,014	0,128±0,034*
Фосфаты Креатин.	К	1,023±0,273	1,097±0,354	1,288±0,314*	1,197±0,382
	П	0,920±0,273	0,977±0,234	0,919±0,130	1,064±0,309

Экскреция фосфатов на второй неделе ВАВ на область почек приобретает сильную корреляционную связь со скоростью клубочковой фильтрации ($r=0,82$), тогда как в исходном периоде не превышает 0,64. Возрастает в периоде воздействия также обратная корреляционная связь между скоростью клубочковой фильтрации и экскретируемой фракцией фосфатов при любой локализации ВАВ.

3.2.6. Кислотность мочи

Концентрация в моче свободных водородных ионов в моче оценивалась по водородному показателю (рН). Отмечается тенденция к увеличению рН мочи при воздействии микроволн как на область крестца, так и на область почек (табл. 31).

Таблица 31

Изменения рН мочи, стандартной экскреции двух- и одновалентного фосфатного аниона (мкмоль/мин) при воздействии микроволн

Показатель	Область ВАВ	Исходный период	Период ВАВ		Период последействия
			1-я неделя	2-я неделя	
рН мочи	К	5,947±0,360	5,993±0,418	6,007±0,464	6,253±0,569
	П	5,907±0,361	6,033±0,320	5,973±0,331	5,853±0,295
Экскреция HPO_4^{2-}	К	1,011	1,099	0,948	1,916
	П	0,937	1,284	0,879	0,856
Экскреция H_2PO_4^-	К	6,212	5,948	4,942	4,831
	П	6,387	6,223	5,357	6,719
Отношение ионов	К	0,140	0,156	0,161	0,284
	П	0,128	0,171	0,141	0,113

Это увеличение рН не может привести к существенному снижению экскреции водородных ионов. Однако при таком изменении рН заметно возрастает отношение доли двухвалентных ионов к моновалентным. Следовательно, выведение кислых продуктов при ВАВ имеет тенденцию к снижению как в относительных, так и в абсолютных величинах.

4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Основными задачами проведенного исследования процессов мочеобразования и состояния гомеостатических функций почек была оценка направленности их изменений при виброакустическом воздействии. При этом желательно было выяснить особенности этого воздействия при непосредственном приложении на область почек и его отличия от воздействия микроволн на отдаленные участки.

Изменения процессов мочеобразования при ВАВ характеризуются снижением объемной скорости клубочковой фильтрации и снижением канальцевой реабсорбции натрия и воды. Из физиологии почек (Наточин Ю.В., 1982; Вандер А., 2000) известно, что эти переменные величины регулируются преимущественно ренин-ангиотензин-альдостероновой гормональной системой, симпатическими нервами почек, воздействием на почки системного артериального давления, предсердным натрийуретическим фактором и рядом других веществ, влияющих на почечные сосуды и каналы. В условиях, когда снижение СКФ обусловлено первичным снижением артериального давления или объема внеклеточной жидкости, относительная реабсорбция фильтрата обычно увеличивается, что приводит к восстановлению исходного состояния. То есть в конечном итоге регуляция клубочково-канальцевого баланса, механизмы которого локализованы исключительно в почках и не требуют внешнего нервного или гуморального воздействия, нивелирует влияние изменения СКФ на экскрецию натрия и воды.

При воздействии микроволн на область крестца эта закономерность не наблюдается: относительная реабсорбция фильтрата имеет сильную прямую корреляционную связь с клубочковой фильтрацией, то есть при снижении фильтрации снижается и относительная канальцевая реабсорбция фильтрата. То же относится и к транспорту натрия. Несмотря на снижение его фильтра-

ции в канальцах, отмечается увеличение его абсолютной и относительной экскреции.

Как же объяснить рассогласование механизма гломерулярно-канальцевой обратной связи при ВАВ? Рядом авторов отмечается снижение артериального давления на протяжении 6 часов у больных гипертонической болезнью после ВАВ, особенно при локализации виброфонов в проекции почек (Новосельский П.А., Чепенко В.В., 2000). Небольшое снижение артериального давления наблюдалось и нами у отдельных испытуемых. Этим фактом можно было бы объяснить снижение скорости клубочковой фильтрации, но не снижение канальцевой реабсорбции натрия и воды при ВАВ.

Если учесть, что СКФ и канальцевая реабсорбция при воздействии в проекции почек изменяется в большей степени, чем при воздействии на крестец, можно предположить дополнительное к системному давлению влияние почечных или гормональных факторов. Так как направленность изменений при различной локализации ВАВ принципиально одинакова, предполагать повреждение канальцевых структур вряд ли возможно, тем более что восстановление канальцевых процессов наступает в ближайшем периоде последствия. Сопоставление изменений различных почечных показателей позволяет выделить два гормональных фактора, приводящих к натрийурезу при небольших изменениях гломерулярной фильтрации – влияние предсердного натрийуретического фактора или гормонов надпочечника.

Главным стимулом увеличения в крови предсердного натрийуретического фактора является растяжение предсердия при увеличении объема плазмы. Этот пептидный гормон тормозит реабсорбцию натрия, влияя непосредственно на канальцы, а также тормозя секрецию ренина и, соответственно, образование альдостерона. Сведений об увеличении притока крови к сердцу при ВАВ на отдаленные от почек области мы не имеем, в связи с чем этот механизм натрийуреза является гипотетическим.

Более вероятно влияние на натрийурез снижения гормонов коркового слоя надпочечника. А.Н. Шутко (2000) доказал снижение до 28% от исходно-

го уровня концентрации кортизола в сыворотке крови в первые 2 часа после виброакустического воздействия в проекции почек. По его мнению, это может быть следствием либо подавления функции надпочечников, либо ускоренной утилизации кортизола в тканях. Признаками снижения продукции кортизола может быть снижение артериального давления, сосудистого тонуса, брадикардия.

В то же время известно, что кортизол увеличивает реабсорбцию натрия, а снижение его концентрации в сыворотке крови ведет к снижению реабсорбции и увеличению выведения натрия с мочой. Еще более выраженный эффект на натрийурез оказывают минералкортикоиды, вырабатываемые клубочковой зоной коры надпочечника. Фактически альдостерон является наиболее важным регулятором реабсорбции натрия. На изменения секреции альдостерона оказывают прямое влияние секреция АКТГ, ангиотензин II, концентрация калия в сыворотке крови. Его секреция тормозится увеличением концентрации натрийуретического фактора. Вполне резонно предположить возможность угнетения секреции альдостерона одновременно со снижением продукции кортизола при ВАВ. Снижение экскреции калия, более выраженное в первую неделю воздействия на область почек, также соответствует предположению о снижении продукции гормонов коры надпочечника. Это происходит даже при незначительном повышении концентрации калия в сыворотке крови, что не должно повлиять на изменение секреции альдостерона.

Таким образом, наиболее вероятным механизмом изменения почечных процессов при ВАВ на область почек является первичное снижение продукции глюкокортикоидов и минералкортикоидов. Это наиболее полно соответствует наблюдаемым изменениям скорости клубочковой фильтрации, канальцевых процессов выведения мочи, натрия, калия, а также ионов водорода. Результаты исследования не дают оснований предполагать прямое воздействие микроволн на структурные элементы почек и их функциональное состояние. Об этом свидетельствует довольно быстрое восстановление исходного уровня почечных показателей после отмены ВАВ. Обмен таких

электролитов как хлориды фосфаты и кальций определяется изменениями основных почечных процессов: снижением фильтрационной загрузки нефрона вследствие сниженной СКФ и снижением канальцевой реабсорбции, обусловленной натриурезом. В итоге экскреция этих электролитов при ВАВ не претерпевает существенных изменений.

Что касается других гомеостатических функций почек, то их состояние вполне вкладывается в изменения почечных процессов, обусловленных приведенными выше функциональными сдвигами. Так, отмечается небольшое снижение экскреции мочевины, обусловленное снижением фильтрационной загрузки нефрона. В то же время экскреция мочевой кислоты возрастает вследствие дополнительной канальцевой секреции этого вещества, что также свидетельствует об отсутствии повреждающего виброакустического влияния на почечную паренхиму.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведено комплексное исследование процессов мочеобразования и состояния гомеостатических функций почек при виброакустическом воздействии на область почек в сравнении с воздействием на отдаленную область (крестец). Получены новые данные, свидетельствующие о функциональном характере изменений процессов мочеобразования, обусловленных преимущественно снижением продукции кортикальных гормонов надпочечника. Изменения носят преходящий характер и существенно не нарушают гомеостатические функции почек.

На основании полученных данных целесообразно использование микровибрации для усиления экскреции мочевой кислоты при ее повышенной концентрации в сыворотке крови. Так как одновременно происходит небольшое ощелачивание мочи (увеличение рН) не следует опасаться увеличения опасности камнеобразования при увеличении концентрации мочевой кислоты в моче.

Учитывая снижение реабсорбции натрия при сниженной фильтрационной нагрузке нефрона в условиях виброакустического воздействия, показано проведение исследований его эффекта при ренальной форме гипертензии.

Цели и задачи исследования выполнены полностью.

В ы в о д ы

1. Виброакустическое воздействие в диапазоне 300 – 18000 Гц и при амплитуде микровибрации до 12,3 мкм на проекцию почек не оказывает повреждающего влияния на их функциональное состояние.
2. Отклонения почечных процессов (снижение скорости гломерулярной фильтрации, абсолютной и относительной канальцевой реабсорбции фильтрата и натрия) не нарушают основные параметры гомеостаза, носят временный характер и возвращаются к исходному состоянию в ближайшую неделю после завершения виброакустического воздействия.
3. Увеличение экскреции мочевой кислоты при неизменном диурезе обусловлено ее канальцевой секрецией и наблюдается при виброакустическом воздействии как на область почек (точка К), так и на область подвздошно-крестцового сочленения (точка Е4).

Предложения

1. Использовать виброакустическое воздействие на область почек для снижения гиперурикемии и лечения связанных с ней заболеваний.
2. Продолжить исследования влияния микровибрации при хронических заболеваниях почек, сопровождающихся задержкой в организме натрия и воды (отечный синдром, нефрогенная гипертензия).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вандер А. Физиология почек /Пер. с англ. под ред. акад. Ю.В. Наточина. – СПб.: Питер, 2000. – 252 с.
2. Мейзельс И. Г., Зиновьева М. Н. Виброакустический метод в детской нефрологии // Виброакустика в медицине (Материалы I Всерос. науч.-практ. конф.). – СПб.: Вита Нова, 2000. – С. 87-91.
3. Михайлова Н. В. Применение виброакустического аппарата «Витафон» в лечении больных хроническими заболеваниями почек // Виброакустика в медицине (Материалы I Всерос. науч.-практ. конф.). – СПб.: Вита Нова, 2000. – С. 94-95.
4. Наточин Ю. В. Физиология почки: формулы и расчеты. – Л.: Наука, 1974. – 60 с.
5. Наточин Ю. В. Основы физиологии почки. – Л.: Медицина, 1982. – 208 с.
6. Наточин Ю. В. Почка. Справочник врача. – СПб.: Изд-во С.-Петербургского ун-та, 1997. – 208 с.
7. Новосельский П. А., Чепенко В. В. Влияние виброакустической терапии на показатели гемодинамики у больных гипертонической болезнью // Виброакустика в медицине (Материалы I Всерос. науч.-практ. конф.). – СПб.: Вита Нова, 2000. – С. 101-105.
8. Обросов А. Вибротерапия // Малая медицинская энциклопедия. – М.: Изд-во «Сов. энциклопедия», 1966. – Т. 2, с. 238-239.
9. Попов А. Вибротравма // Малая медицинская энциклопедия. – М.: Изд-во «Сов. энциклопедия», 1966. – Т. 2, с. 239-240.

10. Федоров В. А. Направления фундаментальных исследований // Виброакустика в медицине (Материалы I Всерос. науч.-практ. конф.). – СПб.: Вита Нова, 2000. – С. 144-145.
11. Федоров В. А. Витафон: Лечение и профилактика заболеваний. – СПб.: Вита Нова, 2001. – 250 с.
12. Шкаринов Л. Вибрация // Малая медицинская энциклопедия. – М.: Изд-во «Сов. энциклопедия», 1966. – Т. 2, с. 235-237.
13. Шутко А. Н. Показатели некоторых систем гомеостаза после виброакустического воздействия на поверхностную зону проекции почек // Виброакустика в медицине (Материалы I Всерос. науч.-практ. конф.). – СПб.: Вита Нова, 2000. – С. 134-139.
14. Шутко А. Н. Итоги конференции // Виброакустика в медицине (Материалы I Всерос. науч.-практ. конф.). – СПб.: Вита Нова, 2000. – С. 140-143.