

ИНФОРМАТИВНОСТЬ ЛАЗЕРНОЙ ДОППЛЕРОВСКОЙ ФЛОУМЕТРИИ В ОЦЕНКЕ И ПРОГНОЗЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАГНИТОТЕРАПИИ У БОЛЬНЫХ С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ

УДК 615-84

¹Кульчицкая Д.Б.: ведущий научный сотрудник отдела физиотерапии, д.м.н, доцент;

¹Кончугова Т.В.: заведующая отделом физиотерапии, д.м.н., профессор;

¹Бобровницкий И.П.: заместитель Директора по научной работе, д.м.н., профессор;

¹Эктова Т.В.: ведущий научный сотрудник отдела физиотерапии, д.м.н.;

²Сидоров В.В.: к.т.н., генеральный директор ООО НПП «ЛАЗМА»;

¹Нагорнев С.Н.: главный научный сотрудник отдела диагностических технологий, д.м.н., профессор;

¹Пузырева Г.А.: старший научный сотрудник биомедицинских исследований, к.б.н.

¹ФГБУ «Российский научный центр медицинской реабилитации и курортологии» Минздравсоцразвития России, г. Москва, Россия

²ООО НПП «ЛАЗМА», г. Москва, Россия

Введение

По современным представлениям, важным звеном патогенеза сердечно-сосудистых заболеваний и соответственно, мишенью их патогенетически обусловленной терапии являются нарушения процессов гемомикроциркуляции. Экспериментальными и клиническими исследованиями показано, что коррекция таких негативных изменений является неотъемлемым условием осуществления патогенетической терапии больных с этой патологией, в том числе с использованием различных по своим характеристикам физических факторов [1].

В последние годы в практике физиотерапии широкое распространение получила магнитотерапия, включающая применение импульсных и переменных низкочастотных магнитных полей различных параметров [2]. Исследованиями установлено, что такие поля индуцируют в биологических тканях вихревые токи низкой частоты, благодаря которым активируются микроциркуляторные и обменные процессы в организме без выраженного теплообразования в месте воздействия [3]. Показано, что при применении импульсного режима магнитотерапевтических процедур значительно снижается энергетическая нагрузка на пациента при сохранении выраженности физиологических эффектов за счет генетически обусловленного реагирования организма на ритмические воздействия. В свою очередь высокая магнитная проницаемость биологических тканей, обладающих диамагнитными свойствами, обеспечивает проникновение импульсных магнитных полей в ткани без существенных потерь на любую глубину, что позволяет оптимизировать магнитотерапевтическое воздействие при необходимой его локализации [4].

Вместе с тем следует признать, что существующие на сегодняшний день данные литературы, свидетельствующие о возможности использования отдельных разновидностей магнитных полей при сердечно-сосудистых заболеваниях, недостаточно учитывают характер и степень нарушения гемомикроциркуляции при данной патологии. Известно, что дополнить необходимые для этого данные возможно путем использования высокоинформативной технологии исследования микроциркуляции крови на основе лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) [5,6]. Этот метод позволяет изучить

состояние микроциркуляторного звена гемодинамики и оценить его значение в формировании ответной реакции организма на лечебные воздействия магнитными полями, а также установить характер этого влияния на состояние центральной гемодинамики, выяснить особенности механизмов лечебного действия магнитных полей в зависимости от локализации и режимов. Кроме того, применение ЛДФ позволяет оценить эффективность использования оптимизированных по различным параметрам магнитотерапевтических воздействий и на этой основе разработать эффективные физиотерапевтические технологии при сердечно-сосудистой патологии, в том числе на ранних этапах ее развития, а также для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний у лиц групп риска, имеющих начальные проявления микроциркуляторных нарушений [7]. Актуальность настоящей работы только увеличивается с учетом известных преимуществ нелекарственной терапии [8,9] и развитием персонализированных подходов к применению комплексных программ медицинской реабилитации больных распространенными заболеваниями [10,11,12].

Все вышеизложенное определило цель и задачи настоящей работы.

Цель исследования

Выявление предикторов эффективности магнитотерапии у больных с артериальной гипертензией I и II степени.

Для достижения цели и решения поставленных в работе задач нами проведено исследование у 130 больных с артериальной гипертензией (АГ) первой и второй степени, среди которых 78 пациентов были с АГ I и 52 с АГ II степени.

Все больные с АГ в зависимости от применявшегося метода лечения были разделены на четыре сопоставимых по клинико-функциональным характеристикам группы:

1 группа (n-33) – пациентам осуществлялись воздействия низкочастотным переменным магнитным полем (НЧ ПемП) по лобной локализации; 2 группа (n-33) – проводились воздействия переменным магнитным полем в непрерывном режиме на воротниковую область; 3 группа (n-32) – воздействовали импульсным магнитным полем на воротниковую область; 4 группа (n-32) – осуществляли воздействия «плацебо».

Материалы и методы исследования

Для решения поставленных задач, кроме общеклинического обследования, были проведены специальные методы исследования:

– оценка центральной гемодинамики осуществлялась методом эхокардиографии (ЭХОКГ) на ультразвуковом аппарате «Combison-5» с доплер-приставкой «Doppler-300», производства фирмы «Kretz-technic» (Австрия). При изучении гемодинамики нами оценивались следующие показатели сердечного выброса: ударный объем крови (УОК), ударный индекс (УИ), минутный объем крови (МОК), сердечный индекс (СИ), частота сердечных сокращений (ЧСС). Также оценивались показатели сосудистого сопротивления – общее периферическое сосудистое сопротивление (ОПСС). Тип центральной гемодинамики определялся в соответствии с критериями ВКНЦ (1983);

– для оценки состояния микроциркуляторного русла (МЦР) проводили изучение капиллярного кровотока методом лазерной доплеровской флоуметрии с помощью аппарата ЛАКК (НПП «Лазма», Россия). Изучались следующие показатели ЛДФ сигнала: среднее значение показателя микроциркуляции (ПМ) и его среднеквадратичное отклонение (СКО), а также его ритмические составляющие: низкочастотные (медленные) колебания (ALF) или вазомоции, связанные с активностью собственных компонентов МЦР, высокочастотные (быстрые) колебания (АНФ), связанные с дыхательными экскурсиями и пульсовые колебания (АСФ). Проводилось нормирование показателей амплитуды каждого ритма по уровню ЛДФ сигнала (ПМ): А ритма / ПМ * 100% и к величине его максимального разброса (СКО): А ритма / СКО * 100%, которое характеризует состояние активных и пассивных механизмов микроциркуляции;

Статистическую обработку материала проводили на персональном компьютере с применением пакета программ «Microsoft Excel» и «Statistical v. 6.0».

Результаты и их обсуждение

Для изучения гемодинамических особенностей формирования гипотензивного эффекта при магнитотерапии было проведено исследование центральной гемодинамики методом ЭХОКГ, что позволило выявить у 55% больных АГ гиперкинетический вариант кровообращения, преимущественно у пациентов АГ I степени, у 35% больных – гипокинетический тип, который преобладал у пациентов АГ II степени и у 10% пациентов определялся эукинетический тип гемодинамики.

На основании проведенных исследований установлено, что оптимальные изменения центральной гемодинамики в формировании гипотензивного эффекта у больных артериальной гипертензией под влиянием переменного низкочастотного магнитного поля наиболее выражены при исходном гиперкинетическом типе кровообращения при всех видах локализации и режимах. При исходном гипокинетическом варианте кровообращения формирование гипотензивного эффекта происходило за счет достоверного изменения ОПСС при трансцеребральной локализации и при применении НЧ ПеМП в импульсном режиме. При воздействии на воротниковую зону в непрерывном режиме и в группе «плацебо» у больных с гипокинетическим типом кровообращения не происходило существенных достоверных изменений показателей центральной гемодинамики.

При изучении состояния микроциркуляции, которой в настоящее время придается большое значение как одному из важных предикторов ремоделирования

органов «мишеней» при АГ, у большинства больных были выявлены различные нарушения микроциркуляции (МЦ). Это дало основание разделить всех больных на три группы по классификации, предложенной В.И. Маколкиным и соавт. 1999 г.: первая группа (А) – больные с гиперемическим гемодинамическим типом микроциркуляции (ГТМ); вторая группа (В) – больные со спастическим ГТМ; третья группа (С) – больные с нормоциркуляторным ГТМ.

Таким образом, по данным ЛДФ установлена гетерогенность микроциркуляторных нарушений у пациентов с артериальной гипертензией.

Так, у больных АГ I степени чаще встречался гиперемический ГТМ – 51%, спастический – наблюдался у 30%, и у 19% больных был выявлен нормоциркуляторный ГТМ. Среди пациентов АГ II степени отмечалось другое соотношение: у 37% больных наблюдался гиперемический ГТМ, у 52% – спастический ГТМ, и у 11% больных – нормоциркуляторный ГТМ.

У больных с гиперемическим гемодинамическим типом установлено снижение активных механизмов модуляции кровотока, о чем свидетельствовали низкие амплитуды вазомоций (ALF) $0,17 \pm 0,02$ перф. ед. ($p < 0,01$), низкие показатели флаксомоций (СКО) $0,19 \pm 0,01$ перф. ед. ($p < 0,01$) и снижение тонуса артериол (ALF / СКО $\times 100\%$) $97,9\% \pm 2,4$ ($p < 0,001$). Показатель микроциркуляции (ПМ) превышал нормальные значения $4,5 \pm 0,1$ перф. ед. ($p < 0,05$). Наблюдалось увеличение показателя, характеризующего вклад пульсовых колебаний в модуляции кровотока (АСФ / СКО $\times 100\%$). При проведении дыхательной пробы отмечалось большее, чем в норме снижение ПМ – 35% (при норме – 20%). При проведении окклюзионной пробы выявлялся гиперреактивный тип реакции кровотока на артериальную окклюзию в виде снижения ПМ более, чем на 3,2 перф. ед. ($p < 0,05$), резерв капиллярного кровотока был снижен – $159,2\% \pm 6,1$, при норме $244,7\% \pm 5,9$ ($p < 0,001$).

Следовательно, у больных группы А были установлены изменения в системе микроциркуляции на уровне артериол и капилляров. Нарушения выражались в снижении тонуса артериол и в наличии застойных явлений на уровне резистивных и нутритивных сосудов МЦ русла.

У больных второй группы (В) наблюдались МЦ нарушения спастического типа, что выражалось в увеличении амплитуды вазомоций, повышении тонуса артериол (ALF / СКО - 100%) $280,37\% \pm 6,8$ ($p < 0,001$) и наличии застойных явлений в веноулярном звене микроциркуляторного русла (АНФ / СКО $\times 100\%$) $102,8\% \pm 2,4$ ($p < 0,05$). Установлено достоверное снижение показателя, характеризующего вклад пульсовых колебаний в модуляции кровотока (АСФ / СКО $\times 100\%$). Показатель микроциркуляции (ПМ) был ниже нормальных значений ($p < 0,05$), что указывало на снижение притока крови в микроциркуляторное русло за счет спазма приносящих сосудов. В дыхательной пробе снижение ПМ составляло 17% (при норме 20%). При проведении окклюзионной пробы резерв капиллярного кровотока не отличался от нормы $240,1\% \pm 9,5$.

Под влиянием курсовых воздействий ПеМП НЧ у пациентов с гиперемическим типом микроциркуляции во всех группах наблюдалось снижение изначально увеличенного показателя микроциркуляции, но более значимые изменения этого показателя (до значений нормы) отмечены в группе больных, получавших импульсную магнитотерапию. Было установлено достоверное уве-

личение изначально сниженного тонуса артериол (ALF/СКО × 100%) на 26% ($p < 0,001$), 26% ($p < 0,001$) и 37% ($p < 0,001$) соответственно по группам, что сопровождалось улучшением кровенаполнения в капиллярном русле (ACF/СКО × 100%) на 17% ($p < 0,05$), 21% ($p < 0,1$) и 23% ($p < 0,01$) соответственно по группам. У пациентов 4 группы установлена лишь тенденция в коррекции отдельных показателей ЛДФ.

В качестве примера приводим частотные гистограммы больного Д-ва, 42 лет, с гиперемическим типом микроциркуляции до и после курса импульсной магнитотерапии (рис.1). На частотных гистограммах наблюдается выраженное уменьшение изначально увеличенной амплитуды пульсовых колебаний.

У пациентов со спастическим типом микроциркуляции, получавших магнитные воздействия, было установлено достоверное снижение исходного гипертонуса артериол на 45% ($p < 0,001$), 29% ($p < 0,001$) и 45% ($p < 0,001$) соответственно по группам, а также снижение показателя АНФ/СКО × 100% характеризующего вклад дыхательных колебаний, что свидетельствовало об улучшении оттока в веноулярном отделе микроциркуляторного русла на 35% ($p < 0,05$), 20% ($p < 0,05$) и 28% ($p < 0,01$) соответственно по группам. У пациентов 4 группы установлена лишь тенденция в коррекции отдельных показателей ЛДФ.

В качестве примера приводим на рисунке частотные гистограммы больного АГ В-на, 49 лет, со спастическим типом микроциркуляции до и после курса трансцеребральной магнитотерапии (рис.2). На частотной гисто-

грамме после лечения видно снижение изначально увеличенной амплитуды медленных и дыхательных колебаний.

В результате анализа взаимосвязей показателей микроциркуляции, по данным ЛДФ и параметров артериального давления АД, у больных АГ была обнаружена положительная связь между САД и ALF/СКО × 100%, т.е. активностью гладкомышечных клеток артериол и прекапиллярных сфинктеров ($r = 0,316$, $p < 0,01$), а также между ДАД и ALF/СКО × 100% ($r = 0,414$, $p < 0,001$).

Выявленные взаимосвязи показателей микроциркуляции, по данным ЛДФ и параметров суточного профиля АД у больных АГ, свидетельствуют о наличии прямой связи механизмов активной регуляции кровотока на микроциркуляторном уровне с САД и ДАД.

Нами получены также данные о тесной корреляционной зависимости показателей микроциркуляции и центральной гемодинамики. Так, наряду с прямыми корреляционными связями между показателями тонуса артериоларных сосудов ALF/СКО × 100% и ОПСС ($r = 0,64$, $p < 0,001$) и между УО и ACF ($r = 0,48$, $p < 0,05$), выявлена тесная обратная зависимость между показателями сердечного выброса УО и амплитудой медленных колебаний кровотока ALF ($r = -0,357$, $p < 0,05$) (рис. 3).

Совокупная оценка регресса клинической симптоматики и динамики объективных методов исследования позволила выявить следующую терапевтическую эффективность у больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Значительное клиническое улучшение отмечено у 19, 10 и 12 больных соответственно по группам. Улучше-

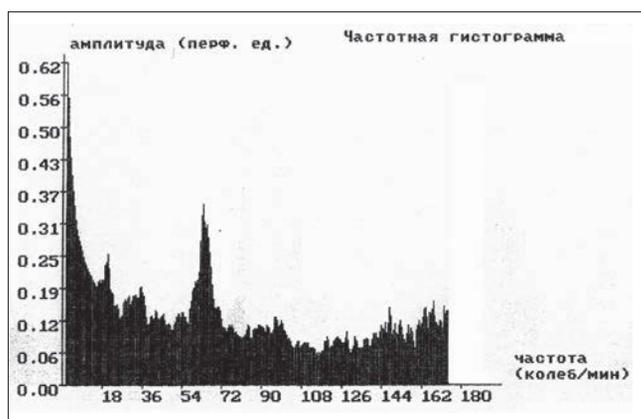


Рис.1. Частотная гистограмма больного АГ Д-ва, 42 лет, с гиперемическим типом микроциркуляции до и после курса импульсной магнитотерапии.

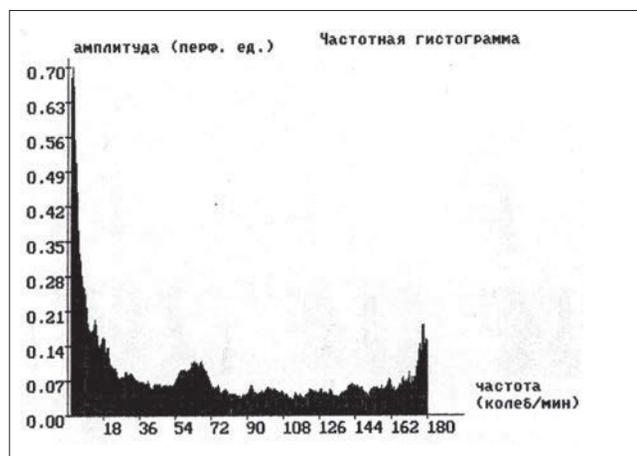
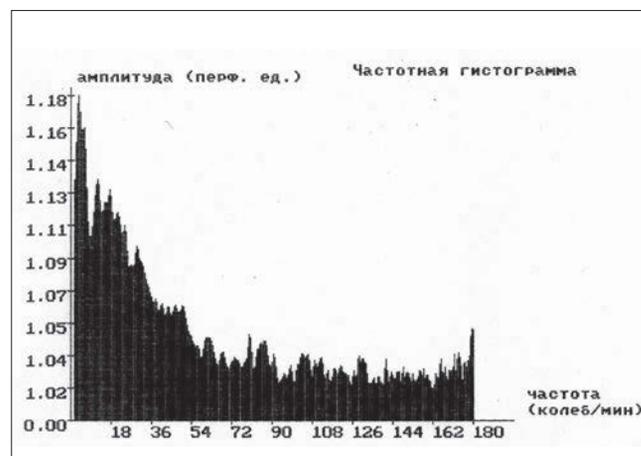
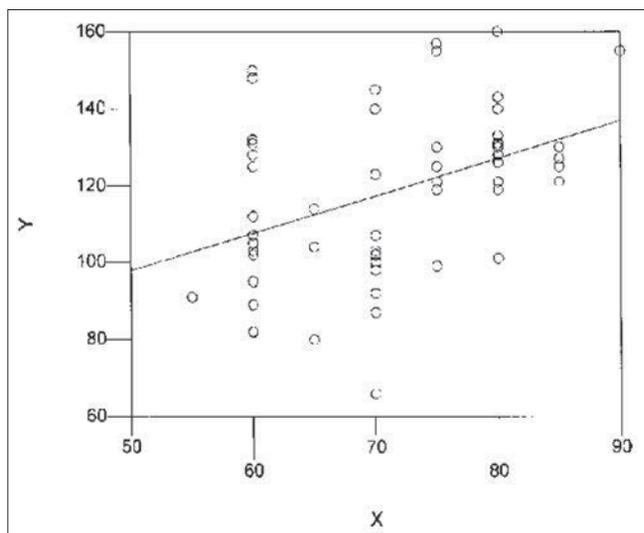
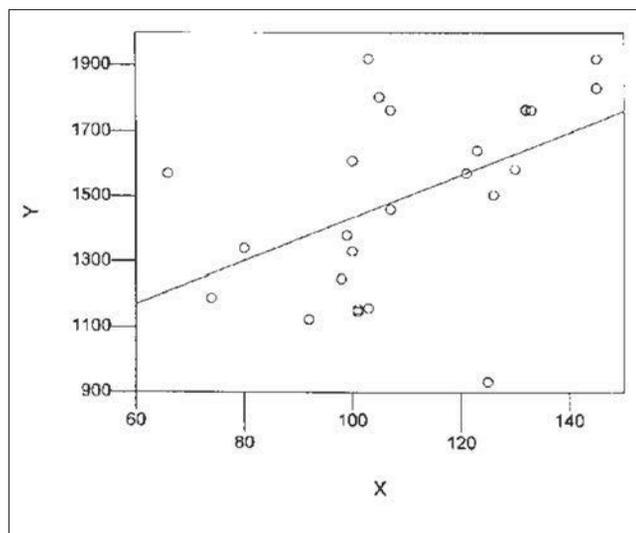


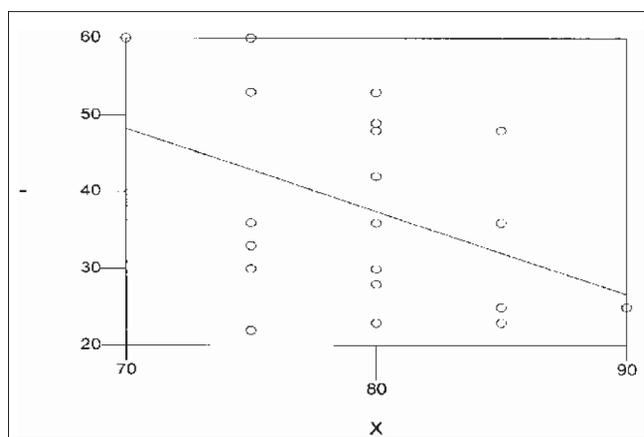
Рис.2. Частотные гистограммы больного АГ В-на, 49 лет, со спастическим типом микроциркуляции до и после курса трансцеребральной магнитотерапии.



ALF/CKO × 100% и ОПСС



YO и ACFr = 0,48r = 0,64



YO и ALF = -0,357

Рис.3. Корреляционные связи между показателями микроциркуляции и центральной гемодинамики

ние – у 11, 16 и 15 больных соответственно по группам. В результате вычислений χ^2 составил 12,67 при $p=0,005$.

Таким образом, большее число случаев со значительным улучшением и улучшением установлено в группе больных, получавших транскраниальную магнитотерапию. В процентном выражении у этих пациентов наблюдались и более значимые положительные изменения параметров ЛДФ, характеризующих тонус артериол, капиллярный кровоток и веноулярный отток.

Нами были проанализированы отдаленные результаты магнитотерапии у больных АГ через 6 месяцев.

В течение 6 месяцев у пациентов с гиперемическим типом микроциркуляции тонус артериол сохранялся на уровне значений в конце курса у 70%, 51% и 60% больных соответственно по группам, а показатель, характеризующий вклад пульсовых колебаний в общий уровень флуксуций, у 71%, 50% и 59% пациентов соответственно по группам (рис.4).

В течение 6 месяцев у пациентов со спастическим типом микроциркуляции тонус артериол сохранялся на уровне значений в конце курса у 61%, 41% и 54% больных соответственно по группам, а показатель, характеризующий вклад дыхательных колебаний в общий уровень флуксуций, у 67%, 52% и 59% пациентов соответственно по группам.

На основании проведенных исследований установлено, что в большем числе случаев клинический

эффект сохранялся в течение 6 месяцев у больных, подвергавшихся воздействию транскраниальной магнитотерапии. В этой группе больных в процентном выражении больше всего пациентов, у которых тонус артериол, капиллярный кровоток и веноулярный отток сохранялись на уровне значения в конце курса.

При проведении корреляционного анализа была установлена тесная корреляционная взаимосвязь показателей терапевтической эффективности с параметрами ЛДФ, характеризующими тонус артериол, капиллярный кровоток и веноулярный отток ($r=0,73$ ($p < 0,05$), $r=0,68$ ($p < 0,01$), $r=0,57$ ($p < 0,05$)), что позволяет нам с определенной долей достоверности рассматривать эти показатели микроциркуляции как предикторы эффективности различных методов магнитотерапии при сердечно-сосудистой патологии.

Таким образом, проведенные исследования позволяют выявить основные предикторы эффективности применения магнитотерапии, которыми являются показатели тонуса артериол, капиллярного кровотока и веноулярного оттока, что необходимо учитывать при разработке и применении физиотерапевтических технологий для лечения больных сердечно-сосудистыми заболеваниями.

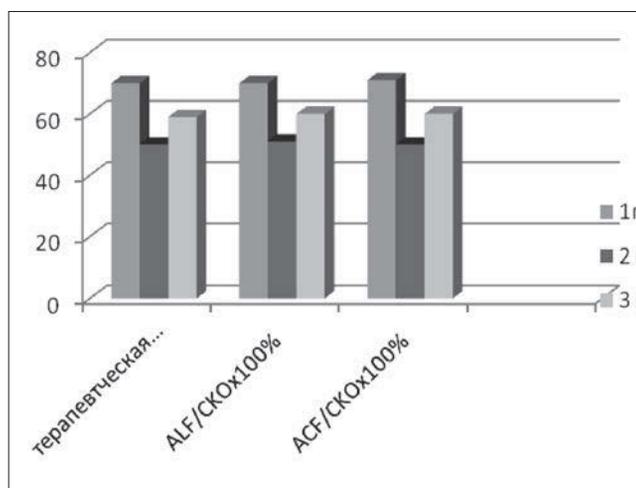


Рис.4. Взаимосвязь динамики показателей ЛДФ и эффективности магнитотерапии у больных с АГ и гиперемическим типом микроциркуляции через 6 месяцев.

Заключение

Полученные нами данные свидетельствуют о том, что ЛДФ является высокоинформативным, неинвазивным методом, который может служить объектив-

ным критерием результативности физиотерапевтических воздействий и предиктором эффективности нелекарственной терапии больных с артериальной гипертензией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Козлов В.И. Гистофизиология системы микроциркуляции. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2003; 4:79–85.
2. Миненков А.А., Орехова Э.М., Сорокина Е.И., Зубкова С.М. Импульсная магнитотерапия. Здоровье здорового человека. Научные основы восстановительной медицины. Москва. 2007; 419420.
3. Луферова Н.Б., Кончугова Т.В., Гусакова Е.В. Теоретические аспекты современной магнитобиологии и магнитотерапии. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2011; 3: 52–55.
4. Григорян Г.Е. Магнитотерапия и механизмы действия магнитных полей на биосистемы. Ереван. 1999; 8–12.
5. Лукьянов В.Ф. Состояние периферических сосудов и сосудов микроциркуляторного русла при гипертонической болезни: Материалы Второй Международной конференции «Микроциркуляция и гемореология» – Ярославль-Москва, 29–30 августа 1999; 138–140.
6. Маколкин В.И., Подзолков В.И., Ренскова Т.В. Оценка влияния периндоприла на величину АД, ремоделирование сосудов и микроциркуляцию при гипертонической болезни. Кардиология. 2001; 41: 13–17.
7. Кульчицкая Д.Б. Лазерная доплеровская флоуметрия в оценке эффективности магнитных воздействий у больных с хронической венозной недостаточностью нижних конечностей. Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2010; 1: 13–15.
8. Разумов А.Н., Бобровницкий И.П., Шакула А.В. Служба восстановительной медицины и ее роль в охране здоровья населения. Вестник восстановительной медицины. 2003; 4: 3–5.
9. Разумов А.Н., Бобровницкий И.П. Восстановительная медицина: 15 лет новейшей истории – этапы и направления развития. Вестник восстановительной медицины. 2008; 3: 7–13.
10. Яковлев М.Ю., Бобровницкий И.П., Лебедева О.Д. Применение диагностического программного модуля мониторинга функциональных резервов организма для оценки эффективности оздоровительно-реабилитационных мероприятий. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2011; 5: 25–29.
11. Бобровницкий И.П., Лебедева О.Д., Яковлев М.Ю. Оценка функциональных резервов организма и выявление лиц групп риска распространенных заболеваний. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2011; 6: 40–43.
12. Бобровницкий И.П., Нагорнев С.Н., Лебедева О.Д., Яковлев М.Ю., Татаринова Л.В., Бадтиева В.А., Эфендиева М.Т., Полуниин А.А. Персонализация программ медицинской реабилитации больных распространенными соматическими заболеваниями. Курортные ведомости. 2012; 5: 4–5.

РЕЗЮМЕ

Для оценки влияния магнитотерапии на состояние микроциркуляции и выделения предикторов эффективности метода были обследованы 130 больных с артериальной гипертензией I и II степени с помощью лазерной доплеровской флоуметрии.

Выявлены взаимосвязи показателей микроциркуляции, по данным лазерной доплеровской флоуметрии и параметров суточного профиля артериального давления у больных с артериальной гипертензией. Получены данные о тесной корреляционной зависимости показателей микроциркуляции и центральной гемодинамики. Так, наряду с прямыми корреляционными связями между показателями тонуса артериолярных сосудов и общего периферического сопротивления выявлена тесная обратная зависимость между показателями сердечного выброса и амплитудой медленных колебаний кровотока ALF. Проведенные исследования позволили выявить основные предикторы эффективности применения магнитотерапии, которыми являются показатели тонуса артериол, капиллярного кровотока и венолярного оттока, что необходимо учитывать при разработке индивидуальных программ и оценке эффективности применения физиотерапевтических технологий при сердечно-сосудистых заболеваниях.

Ключевые слова: лазерная доплеровская флоуметрия, предикторы эффективности, магнитотерапия, артериальная гипертензия, микроциркуляция крови, персонализированная физиотерапия.

ABSTRACT

For the assessment of magnet therapy impact on the state of microcirculation and distinguishing the effectiveness predictors of the method 130 patients with arterial hypertension of 1st and 2nd degrees were examined. The examination was conducted using laser Doppler flowmetry.

The analysis showed interrelations between the microcirculation (stated by LDF) indicators and the indicators of the daily blood pressure of patients suffering from arterial hypertension. The researchers received data stating the correlation between the indicators of microcirculation and central hemodynamics. Along with the correlation between the parameters of arterial vessels tonus and the general peripheral reluctance the researchers identified the inverse dependence between the parameters of cardiac output and the amplitude of slow blood oscillation ALF. The conducted research permitted to determine the main effectiveness predictors of magnet therapy, which include the indicators of arteriole tonus, capillary bloodflow and venular deflux. This should be taken into account when developing individual programmes and assessing the effectiveness of physical therapy technologies in treating cardiovascular diseases.

Keywords: laser Doppler flowmetry, effectiveness predictors, magnet therapy, arterial hypertension, blood microcirculation, personalization of physical therapy.

Контакты:

Кульчицкая Детелина Борисовна. E-mail: diana_ku@mail.ru

Эктова Татьяна Валерьевна. E-mail: dr-orehova@mail.ru

Сидоров Виктор Васильевич. E-mail: Victor.v.sidorov@gmail.com