

## ОПТИМИЗАЦИЯ СЕРДЕЧНОГО РИТМА С ПОМОЩЬЮ ОПИОИДНОЙ СИСТЕМЫ МОЗГА, АКТИВИРОВАННОЙ МЕТОДОМ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ

© Т.Н. Маляренко, Ю.А. Говша, И.М. Воронин, Ю.Е. Маляренко

Maliarenko T.N., Govsha Y.A., Voronin I.M & Maliarenko Y.E. Heart rate optimisation with the help of the brain opioid system activated by transcranial electrostimulation. It is for the first time that the possibility of heart rate variability optimisation with the help of the antinociceptive brain opioid system activated by transcranial electrostimulation is demonstrated.

Еще в 1628 году основоположник физиологической науки и учения о кровообращении У. Гарвей, демонстрируя семье короля Англии юношу с дефектом грудной стенки в области сердца, воскликнул: «Сердце подобно монарху, – оно не повредимо!» Во многом он был прав, однако на пороге третьего тысячелетия можно лишь с сожалением констатировать, что, несмотря на колоссальную надежность этого уникального насоса и огромные достижения медико-биологической науки, она не поспевает за решением тех проблем, которые порождаются самим Человеком. Стресс и нарушенная экология проходят через сердце каждого индивидуума; болезни сердца и сосудов стали во всем мире «убийцей № 1», причем, главным образом, вследствие аритмий сердца. В этих условиях авторы настоящей статьи видят свою задачу в более глубоком изучении фундаментальных основ регуляции ритма сердца и поиска путей его оптимизации.

### РАБОЧАЯ ГИПОТЕЗА

1. Установлено, что на мембранах клеток головного мозга существуют рецепторы, которые специфически связывают морфин [1]. К настоящему времени в центральной нервной системе (ЦНС) и на периферии выделено 5 типов опиоидных рецепторов (ОР): мю-, дельта-, каппа-, эпсилон-, и сигма-рецепторы. Позднее в экстрактах мозга были обнаружены вещества пептидной природы, способные взаимодействовать с этими рецепторами [2], и открыто несколько десятков эндогенных опиоидных пептидов (ОП).

Недавно в мозге обнаружены специфически взаимодействующие с мю-ОР эндогенные пептиды, названные эндоморфинами [3], а также пептид ноцицептин, оказывающий анальгетическое действие через опиоидоподобные рецепторы [4].

Различные подтипы ОР специализируются на регуляции разных физиологических функций. Так, например, мю-ОР ЦНС участвуют преимущественно в модуляции болевой чувствительности, опосредуют угнетение дыхания и развитие брадикардии. ОР дельта-типа в основном регулируют эмоциональную сферу, способны вызывать антидепрессивный эффект [5]. Каппа-ОР опосредуют, кроме прочих, седативное действие [6]. Подобная специализация выявлена и для опиоидов. Мет-энкефалин и другие опиоиды играют существенную роль в функционировании эмоциональных структур мозга [7]. Доказана тесная связь эмоциональной сферы с деятельностью сердечно-сосудистой системы – ССС [8]. Опиоиды ствольных структур мозга также способны регулировать дея-

тельность ССС [9, 10]. Таким образом, опиоиды, взаимодействуя с соответствующими рецепторами, выполняют противоболевую функцию и участвуют в регуляции деятельности сердца.

2. При изучении механизмов анальгетического и сопряженных эффектов транскраниальной электро-стимуляции (ТЭС) было показано, что непосредственная электрическая стимуляция некоторых медиально расположенных структур мозгового ствола (ядер гипоталамуса, среднего мозга, моста и продолговатого мозга) может вызывать выраженную анальгезию [11]. Исследования включающей при этом противоболевой системы показали, что она участвует не только в регуляции болевой чувствительности, но вовлекается также в нормализацию ряда нарушенных функций организма.

В основе отмеченного действия ТЭС лежит селективное возбуждение импульсными токами низкой частоты эндогенной опиоидной системы ствола мозга. Существенная часть противоболевой системы использует эндорфины в качестве нейротрансмиттеров и нейромодуляторов. В.П. Лебедев [11] доказал, что ТЭС усиливает выделения опиоидных пептидов, когда им с помощью ЯМР-томографии впервые были неинвазивно исследованы внутричерепные пути распространения тока. Отмечено, что во время и после ТЭС усиливалось выделение бета-эндорфина в мозге, увеличивалась его концентрация в спинномозговой жидкости и крови. Причем анальгетический эффект ТЭС не возникал у животных и людей с высокой толерантностью к морфину.

В этих условиях импульсные токи изменяют биоэлектрическую активность головного мозга: уменьшается спектральная плотность  $\gamma$ -волн, что свидетельствует об усилении седативного эффекта. Снижается также амплитуда медленных волн с периодом 2–20 с ( $\epsilon$  и  $\tau$ -волны), присутствующих в спектре электроэнцефалограммы при болевом синдроме.

При рассмотрении вопроса об оптимизации сердечного ритма (СР) и формулировании гипотезы указанные факты могли иметь принципиальное значение, поскольку высокий уровень бета-эндорфинов и энкефалинов обладает антиаритмическим действием, улучшает сократимость миокарда и скорость репаративных процессов в сердечной мышце [12]. Кроме того, учитывалось, что опиоидные нейропептиды способны активировать парасимпатическую нервную систему или снижать тонус симпатической нервной системы. В частности, показано, что антиаритмическое действие активации центральных  $\mu$  и  $\delta$ -опиоидных рецепторов обусловлено повышением

тонуса блуждающего нерва, поскольку введение атропина предупреждает возникновение опиатергической брадикардии.

Неанальгетические эффекты ТЭС связаны с тем, что импульсные токи устраняют активирующие влияния ретикулярной формации на корковые центры и стабилизируют альфа-ритм ЭЭГ. ТЭС приводит к повышению резистентности организма и его устойчивости к стрессорным факторам. Импульсные токи действуют также на сосудодвигательный центр, вызывая нормализацию системной гемодинамики за счет энкефалинов.

3. Спектральный анализ частоты сокращений сердца (ЧСС) есть метод, позволяющий выявлять в сложном колебательном процессе относительно регулярные компоненты и оценивать их мощность. Этот метод все шире используется для количественной оценки состояния нервной регуляции сердца в норме, в условиях разного функционального состояния человека [13–16], при медикаментозном лечении, а также для прогноза, например, для предсказания исхода инфаркта миокарда. Такие применения анализа спектра сердечного ритма (ССР) подготовлены физиологическими исследованиями, в которых разграничены высоко-, низко- и сверхнизкочастотная полосы спектра и начат поиск источников колебаний в этих трех частотных диапазонах [17]. В последние годы появляется все больше данных о значительном потенциале метода оценки ССР и вариабельности ритма сердца (ВРС) для определения роли колебаний активности вегетативной нервной системы, синоаортального узла, влияний гуморальных факторов и коры больших полушарий [18]. Чувствительность метода, его информативность, значимость для оценки функционального состояния ССС и организма в целом (и сложность его) ассоциируются с соответствующими характеристиками электроэнцефалограмм.

Все изложенное относительно возможностей ТЭС и опиоидной системы, анализа ССР и ВРС позволило нам высказать предположение, что нарушение ССР у молодых людей с нейроциркуляторной дистонией может быть нормализовано с помощью пролонгированной противоболевой ТЭС. Цель настоящей работы состояла в проверке данной гипотезы.

#### МЕТОДИКА

В исследовании с пролонгированной ТЭС участвовало 17 человек. Сердечный ритм регистрировали на аппаратно-программном комплексе съема и обработки электрокардиограмм типа «Кард» (Объединение «Медицинские компьютерные системы», Москва).

Регистрация ЭКГ проводилась в ортогональных отведениях по Франку после 10 мин отдыха, в условиях комфортной температуры (с целью исключения «помех» со стороны щитовидной железы и активации других приспособительных механизмов), через 2 часа после приема пищи. У женщин регистрация ССР осуществлялась в период, когда отсутствовали влияния *menstris*-синдрома.

Для анализа ВРС использовали показатели, рекомендуемые Европейским обществом Кардиологов и Северо-Американским обществом электростимуляции и электрофизиологии. Для статистического анализа ВРС за 5-минутный период вычисляли: М – среднее значение RR интервалов, SDNN – стандарт-

ное отклонение величин интервалов NN (интегральный показатель, характеризующий вариабельность ритма в целом), RMSSD – квадратный корень из средней суммы разностей последовательных пар интервалов (этот показатель наиболее адекватно оценивает вклад в ВРС дыхательной аритмии, то есть быстрых колебаний RR интервалов).

Последовательность синусовых сокращений сердца по методу быстрого преобразования Фурье трансформировалась в спектр мощностей колебаний длительности интервалов RR ЭКГ. Оценивали площадь под кривой спектральной мощности, которая соответствует следующим диапазонам частот (мс<sup>2</sup>):

1. Высокие частоты (*High Frequency* – HF) – 0,15–0,40 Гц. Мощность в этом диапазоне частот соответствует колебаниям парасимпатического тонуса вегетативной нервной системы, преимущественно при дыхании.

2. Низкие частоты (*Low Frequency* – LF) – 0,04–0,15 Гц. На мощность в этом диапазоне частот оказывают влияние изменения тонуса как симпатического, так и парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, происходящие в основном под влиянием механизмов регуляции сосудистого тонуса (через барорефлекс).

3. Очень низкие частоты (*Very Low Frequency* – VLF) – 0,003–0,04 Гц. Физиологические значения и факторы, влияющие на их мощность, не вполне ясны. Предполагают, что они могут зависеть от активности надсегментарных симпатических или эрготропных структур, а также от гуморальных факторов регуляции ВРС (уровень тироксина, адреналина, активности ренин-ангиотензин-альдостероновой системы).

Процент вклада мощности каждого диапазона частот оценивали по отношению к сумме мощностей на всех перечисленных диапазонах (VLF + LF + HF).

Всем испытуемым в утренние часы проводили противоболевую ТЭС в течение 30 минут на протяжении 10 дней. Вариабельность ритма сердца (ВРС) и характер ССР оценивали до и после 10-дневной ТЭС. Для оценки степени устойчивости отмеченных изменений ССР его запись осуществляли еще через две недели после прекращения ТЭС.

Использовали электростимулятор типа Анестим-ПФ (ВНИИМП) с лобно-затылочным расположением электродов. Только при таком расположении электродов, обеспечивающем сагитальное направление тока, отмечается доступ тока к основным структурам противоболевой системы.

Режим ТЭС: форма импульсов – монополярная, частота импульсов – 77,5 Гц при длительности импульса 0,3 мс.

В качестве функциональной нагрузки была использована ортостатическая проба. При проведении пробы первые 10 минут испытуемый находился в горизонтальном положении (лежа на спине) с приподнятой головой, после чего проводили регистрацию ЭКГ покоя (и всех параметров СР) и определяли величину артериального давления (АД). Далее по команде испытуемый без задержек принимал вертикальное положение и спокойно стоял в течение 10 минут. В положении испытуемого стоя вновь проводили регистрацию СР и измеряли АД на 1-й, 3-й, 5-й, 10-й минутах. Затем испытуемый возвращался в горизонтальное положение.

Ортостатическая проба провоцирует активацию симпатических нервов, что позволяет судить о харак-

тере вегетативной регуляции СР [19, 20] и определить ее тип – симпатотонический, ваго- или нормотонический – в условиях срочной адаптации ССС.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

**Поиск оптимума СР.** Понятие нормы в биологии, физиологии и медицине, несмотря на актуальность, по сей день остается предметом острой дискуссии. Особенно это касается таких «узкоспециализированных» вопросов, каким является спектр сердечного ритма. В 1984 году Т.Н. Маляренко и Ю.Е. Маляренко свой доклад на Европейском конгрессе кардиологов назвали «На пути от норматива к норме» [21]; три года спустя *Bjerregaard* опубликовал работу о суточном мониторинге ЭКГ «*What is normal...*». Исследователи продолжают продвигаться вперед в изучении этого непростого вопроса.

В настоящее время принято считать, что норма есть динамическое понятие. При этом различают норму покоя и нагрузки, норму индивидуальную и популяционную. Перспектива, очевидно, за индивидуальной нормой.

Анализируя механизмы изменений ССР, мы столкнулись с необходимостью в ряде случаев установления его индивидуальной нормы, которая зависит от многих факторов:

- пол, возраст, тип телосложения (конституция);
- уровень физической тренированности, что ассоциируется с преобладанием парасимпатического тонуса;
- баланс активности симпатической и парасимпатической нервной системы;
- уровень энергетического обмена (проведение исследования в условиях основного обмена или близких к нему);
- фаза *mensis* у женщин;
- получены доказательства необходимости перехода от медицины, основанной на измерениях в случайное («судобное») время, к медицине, которая базируется на сериях наблюдений, отнесенных к определенному времени;
- если АД на протяжении суток варьирует слишком сильно, а ЧСС слишком мало, это указывает на высокий риск катастрофических заболеваний; степень риска при этом больше, чем при наличии чрезмерно повышенного АД;
- стрессорная устойчивость;
- доминантность одного из полушарий;
- исходный уровень функции (закон Вильдера);
- степень изменений погодных условий (последнее, в частности, сопровождается изменением температуры воздуха и активности щитовидной железы и соответствующими изменениями ССР).

Большинство из указанных факторов в настоящем исследовании учитывалось.

Общее согласие достигнуто лишь для колебаний в высокочастотной полосе – это отображение дыхательной аритмии. Их мощность определяется как частотой и глубиной дыхания, так и степенью его регуляции, а также восприимчивостью клеток синоатриального узла к парасимпатическому воздействию. Заметим, что к трактовке результатов ССР следует относиться предельно ответственно, так как изучение механизмов, определяющих мощность колебаний ЧСС в области высоких частот, далеко не завер-

шено. Жесткая фиксация нижней частотной границы этой полосы (обычно 0,15 Гц) может приводить к неверным суждениям. К ним приводит пренебрежение индивидуальными особенностями дыхания [17]. Обычно изучаются спектрограммы амплитуд последовательных QRS-комплексов.

**Ортостатическая реакция.** Почему среди многих функциональных проб мы выбрали именно ортостатическую пробу? Потому что она может вызвать подобие вегетативной бури, особенно в случае наличия нейроциркуляторной дистонии (НЦД). Кроме того, для человека вертикальное положение тела более характерно, чем горизонтальное. По этим причинам ортостатическая проба широко используется для оценки функциональных возможностей аппарата регуляции сердечно-сосудистой системы в медицине, физиологии труда и спорта, военной физиологии.

Повышенное при вертикальном положении тела гидростатическое (кровяное) давление в нижних отделах сосудистой системы создает условия для скопления крови в сосудах нижних конечностей. Это приводит к существенному уменьшению объема циркулирующей крови. Аккумуляция крови происходит главным образом в венах, так как их емкостные возможности превышают таковые для артериальных сосудов почти в 20 раз. При проведении ортостатической пробы происходит перераспределение крови: в нижнюю половину тела переходит почти 500 мл крови из грудной полости, создавая угрозу уменьшения сердечного выброса. Неизбежное следствие этого перераспределения крови – рефлекторное повышение периферического сосудистого сопротивления и частоты сердечных сокращений (ЧСС).

Повышение ЧСС, составляющее, по данным различных исследователей, 10–30 уд/мин, лишь частично компенсирует уменьшение ударного объема, в результате чего минутный объем крови все же снижается на 20–40 % (по сравнению с горизонтальным положением).

Изменения деятельности сердца при ортостазе наряду с описанной хронотропной реакцией заключаются в характерных сдвигах фаз сердечного цикла: удлиняется фаза изометрического сопротивления, укорачиваются период изгнания крови из желудочка, механическая и общая систола. Все это указывает на отрицательную инотропную реакцию сердца, обусловленную «недогрузкой объемом».

С другой стороны, переход в вертикальное положение тела ведет к увеличению скорости сокращения и расслабления миокарда, что является результатом влияния симпатической активности на сердце. Вертикальное положение тела всегда вызывает именно такой сдвиг активности вегетативной нервной системы, который должен сопровождаться соответствующими изменениями ВРС.

При использованной нами активной ортостатической пробе рефлекторное учащение сердечного ритма в первые секунды обусловлено тем, что активное вставание помимо прочего сопровождается сокращением мускулатуры живота и нижних конечностей. Последующее изменение СР связано с барорефлекторным механизмом. Хронотропная реакция сердца (тахикардия) в первые секунды активного ортостаза блокируется введением атропина, а прирост ЧСС в ходе дальнейшего развития ортостатической реакции (на 1-й – 5-й минуте) уменьшается после введения

$\beta$ -адреноблокаторов [22]. Это указывает на парасимпатическую природу первоначальных сдвигов ЧСС и на увеличение симпатической активности в процессе дальнейшего развития ортостатической реакции. Поэтому активная ортостатическая проба используется как метод исследования парасимпатической регуляции СР и может характеризовать функциональные резервы ССС [23].

Описанное указывает на существенные изменения в балансе вегетативных влияний на сердце. Об этом свидетельствуют и результаты нашего исследования.

**Возможное участие коры больших полушарий мозга в регуляции ВРС.** Как видно из рис. 1г, в исходном состоянии, в условиях покоя имела место выраженная активность надсегментарных структур мозга в регуляции ВРС (см. представительство VLF). Этот факт нарушает установившиеся каноны: долгосрочная регуляция ССС в покое осуществляется ренин-ангиотензин-альдостероновой системой, а также спинальными, бульбарными и гипоталамическими структурами. Было бы в высшей степени нецелесообразным и неэкономичным, если бы кора больших полушарий в условиях покоя в норме активно участвовала в регуляции многочисленных висцеральных функций. Как трактовать полученный факт – возможностями новой технологии или наличием у наших испытуемых нейроциркуляторной дистонии – покажут будущие исследования.

**Роль пролонгированной ТЭС в оптимизации ритма сердца.** Сопоставление рис. 1 (фон, покой) и рис. 3 (покой, после ТЭС), а также рис. 2 (реакция на нагрузку до ТЭС) с рис. 4 (реакция на нагрузку после ТЭС) демонстрирует следующее.

После 10-дневных сеансов ТЭС у большинства испытуемых, особенно юношей, в условиях покоя выявлено урежение ЧСС, увеличение общей вариабельности ритма сердца (у юношей в среднем на 99,5 %), усиление дыхательной аритмии, повышение чувствительности сино-атриального узла к парасимпатическим влияниям. На фоне увеличения общей мощности колебаний значительно уменьшился вклад гуморального и центрального компонентов в регуляцию ритма сердца, причем в большей степени также у юношей. Выраженное влияние этих компонентов до ТЭС (относительная мощность колебаний в диапазоне VLF доходила у некоторых девушек до 77 %), возможно, связано с тем, что у большинства испытуемых была предварительно диагностирована нейроциркуляторная дистония. Следовательно, большая мощность VLF в покое может служить дополнительным критерием наличия НЦД. Соотношение мощности низко- и высокочастотных колебаний стало отражать более сбалансированное влияние симпатического и парасимпатического отделов ВНС на сердечный ритм.

Если в исходном состоянии при ортостатической пробе на фоне закономерного учащения пульса отмечалось уменьшение ВРС и дыхательной аритмии, то после сеансов ТЭС при несколько большем нарастании ЧСС общая ВРС, хотя и снизилась, но оставалась большей, чем в этих же условиях до ТЭС (в среднем на 16,6 % у девушек и 12,6 % у юношей). После ТЭС в ответ на ортостатическую пробу прирост симпатических влияний и депрессия парасимпатического воздействия на СР стали более выраженными.

Таким образом, позитивное влияние ТЭС на регуляцию СР выявлено не только в условиях покоя, но и

при функциональной пробе; расширение резервных возможностей регуляции сердца способствовало более адекватной реакции его на изменение положения тела.

Представленные данные в определенной степени согласуются с приводимыми в ряде работ [24, 11, 14]. ТЭС оказывает на ССС как центральные, так и периферические эффекты. Она способствует нормализации вазомоторной регуляции, используется при лечении гипер- и гипотонии, острого инфаркта миокарда, а также вегетососудистой дистонии.

Вместе с тем, в литературе отсутствуют данные об оптимизации ССР с помощью ТЭС.

Подведем итоги. Впервые нами были использованы возможности пролонгированной транскраниальной электроанальгезии, активирующей опиоидную систему мозга и способной вызвать положительную динамику спектра сердечного ритма как в условиях покоя, так и при функциональной нагрузке. В условиях покоя пролонгированные воздействия ТЭС вызвали усиление влияний парасимпатической регуляции на ССР, увеличение вариабельности ритма сердца, что особенно проявлялось в резком увеличении площади колец Лоуренса, удлинении RR-интервалов, значительном ослаблении центральных влияний. Следовательно, отмеченные изменения ССР были направлены на повышение экономичности в деятельности сердца (и мозга), то есть на повышение качества регуляторных процессов и расширения резервных возможностей системы управления сердечно-сосудистой системы.

Ортостатическая проба как в исходном состоянии, так и после пролонгированного противоболевого воздействия (рис. 2 и 4) сопровождалась увеличением симпатических влияний на ВРС и почти полным торможением парасимпатических влияний, что отвечает принципу биологической целесообразности реакций в ответ на возмущающие воздействия. В период соответствующей мобилизации ресурсов при проведении нагрузочной пробы в исходном состоянии площадь кольца Лоуренса уменьшилась вдвое, а после ТЭС – в 5–6 раз, что свидетельствует о возросших возможностях краткосрочной симпатической регуляции сердца и его оперативной адаптации к изменяющимся условиям.

Предварительные результаты, касающиеся степени устойчивости полученных изменений в регуляции ССС (контрольные исследования были проведены через 2–3 недели после завершения ТЭС), продемонстрировали значительное снижение надсегментарных влияний на сердце даже в условиях выполнения активной ортостатической пробы. Сердце было переведено на экономичный автономный контур регуляции [25].

Несмотря на достоверность, перспективность и значимость полученных результатов, внедрение их в клиническую практику, разумеется, не является вопросом сегодняшнего дня. Новые факты, как бы привлекательны они не были, требуют проведения дополнительных исследований и обсуждений в среде профессионалов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Terenius L. Stereospecific interaction between narcotic analgesics and synaptic plasma membrane fraction of rat cerebral cortex // Acta Pharmacol Toxicol. 1973. V. 32. № 2. P. 313-316.

2. *Pasternak G.W., Snowman A.M., Snyder S.H.* An endogenous morphine – like factor in mammalian brain // *Life Sci.* 1975. V. 16. № 4. P. 1765-1769.
3. *Zadina J.E., Hackler L., Ge L.J. et al.* A potent and selective endogenous agonist for the mu-opiate receptor // *Nature.* 1997. V. 386. № 7. P. 499-502.
4. *Gumusel B., Hao Q., Hyman A et al.* Nociceptin: an endogenous agonist for central opioid like (ORL1) receptors possesses systemic vasorelaxant properties // *Life Sci.* 1997. V. 60. № 1. P. 141-145.
5. *Baamonde A., Dauge V., Ruiz-Gayo M et al.* Antidepressant type effects of endogenous enkephalins protected by systemic RB-101 are mediated by opioid delta and dopamine DI receptor stimulation // *Eur. J. Pharmacol.* 1992. V. 216. № 6. P. 157-166.
6. *Dhawan B.N. Cesselin P., Raghubir R. et al.* Classification of opioid receptors // *Pharmacol. Rev.* 1996. V. 48. № 2. P. 567-592.
7. *Гомазков О.А.* Физиологически активные пептиды. М.: ИПГМ, 1995. С. 144-160.
8. *Krittayaphong R., Light K.C., Golden R.N. et al* Relationship among depression scores, beta-endorphin, and angina pectoris during exercise in patients with coronary artery disease. *Clin. J. Pain.* 1996. V. 12. № 9. P. 126-133.
9. *Зозуля А.А., Стенура О.Б., Кост Н.В. и др.* Эндогенные опиоиды при заболеваниях сердечно-сосудистой системы // *Кардиология.* 1999. № 7. С. 40-48.
10. *Feldman P.D., Parveen N., Sezen S.* Cardiovascular effects of Leu-enkephalin in the nucleus tractus solitarius of the rat. *Brain Res.* 1996. V. 70. № 9. P. 331-336.
11. *Лебедев В.П.* Транскраниальная электростимуляция: новый подход (экспериментально-клиническое обоснование и аппаратура) // *Медицинская техника.* 1997. № 7. С. 7-13.
12. *Лишманов Ю.Б., Маслов Л.Н., Ласукова Т.В.* Роль опиоидной системы в адаптации организма и защите сердца при стрессе // *Успехи физиологических наук.* 1997. Т. 28. № 1. С. 75-96.
13. *Воронин И.М., Белов А.М., Каллистов Д.Ю., Говши Ю.А., Истомина Т.А.* Коррекция нарушений сердечного ритма у больных с СОАГС: клинические примеры // *Пульмонология.* 1998. № 1. С. 91-93.
14. *Литвинский П.Р., Медведев Ю.М., Аксюк М.А. и др.* Значение сбалансированности симпатических и парасимпатических нейроэффеторных влияний на сердце в условиях обратимой локальной ишемии // *Кровообращение.* 1980. № 3. С. 17-26.
15. *Малыренко Т.Н., Лазарев М.Л., Рымашевский Н.В., Михельсон А.Ф.* Зависимость регуляции ритма сердца плода от сенсорного притока // *Успехи физиологических наук.* 1994. Т. 25. № 4. С. 95.
16. *Компьютерная электрокардиография на рубеже столетий: Тр. Междунар. симпозиума / Под ред. акад. РАМН Н.А. Агаджаняна. М.: Литер., 1999.*
17. *Лукошкова Е.В., Бекбостнова М.С., Голицын С.П., Хаютин В.М.* Отображение регуляции физиологических систем в спектре мощности частоты сокращений сердца // *Интеграция механизмов регуляции висцеральных функций: Матер. симпоз. Краснодар, 1996. С. 47-48.*
18. *Рябыкина Г.В., Соболев А.В.* Вариабельность ритма сердца. М.: Стар К°, 1998. 200 с.
19. *Осадчий Л.И.* Положение тела и регуляция кровообращения. Л.: Наука, 1982. 145 с.
20. *Wieling W., Borst C., Van Brederode J.F* Testing for autonomic neuropathy: heart rate changes after orthostatic manoeuvres and static muscle contractions // *Clinical Science.* 1983. V. 64. № 2. P. 581-593.
21. *Malyarenko T.N., Malyarenko Yu.E.* On the way from normative to individual norm of arterial pressure in children and adolescents // *Europ. Heart J.* 1984. № 5. Suppl. 1244.
22. *Neto M.J.A., Lallo L. et al.* Mechanisms of tachycardia on standing. *Studies in normal individuals and in chronic heart patients // Cardiovas Res.* 1980. V. 14. № 9. P. 541-550.
23. *Жемайтите Д.И.* Связь реакции сердечного ритма на пробу активного ортостаза с характеристиками центральной гемодинамики // *Физиология человека.* 1989. Т. 15. № 2. С. 30-47.
24. *Боголюбов В.М., Пономаренко Г.Н.* Общая физиотерапия. М.: Медицина, 1999. 480 с.
25. *Баевский Р.М.* Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. М.: Медицина, 1979. 295 с.

Поступила в редакцию 21 ноября 1999 г.

а)	б)	в)	г)
а)	б)	в)	г)
а)	б)	в)	г)
а)	б)	в)	г)
а)	б)	в)	г)

**Рис. 1.** Вариабельность ритма сердца испытуемой Л. в состоянии покоя до ТЭС

а - RR тахограмма (по оси абсцисс - длительность регистрации R-R интервалов, по оси ординат - длительность R-R интервалов).

б - гистограмма (распределение совокупности RR интервалов по частоте встречаемости). По оси абсцисс - длительность RR интервалов (интервал дискретизации гистограммы 7,2 мс); по оси ординат - количество RR интервалов в процентах.

в - скатетогрaмма (плотность распределения RR интервалов). По оси абсцисс - длительность каждого RRn интервала, по оси ординат - каждого RRn+1 интервала.

г - спектр мощности колебаний сердечного ритма в разных частотных диапазонах. По оси абсцисс - частота в Гц (0,003-0,04 Гц - VLF; 0,04-0,15 Гц - LF; 0,15-0,4 Гц - HF). По оси ординат - спектральная мощность дискретной полосы частот в мс<sup>2</sup>.

Рис. 2. Вариабельность ритма сердца у испытуемой Л. при ортостатической пробе до ТЭС.

Обозначения те же, что на рис.1.

Учащение ритма сердца, уменьшение доли высоких и увеличение вклада низких частот в спектре, выраженное уплотнение распределения RR интервалов на скатетогрaмме отражает активацию симпатических влияний в регуляции сердечного ритма.

Рис. 3 Вариабельность ритма сердца у испытуемой Л. после 10-дневных сеансов ТЭС в состоянии покоя.

Обозначения те же, что на рис. 1. По сравнению с данными для условий покоя до ТЭС (рис.1), урежение ритма сердца на 22%, увеличение SDNN на 141%, RMSSD на 213% и HF на 63%, а также уменьшение LF/HF на 30% и VLF на 77% говорит об увеличении общей вариабельности сердечного ритма, усилении тонуса вагуса и уменьшении активности надсегментарных симпатических или эрготропных структур.

Рис. 4. Вариабельность ритма сердца у испытуемой Л. при ортостатической пробе после сеансов ТЭС.

Обозначения те же, что на рис. 1. При сравнении с данными по ортостатической пробе до сеансов ТЭС (рис. 2) обращает на себя внимание меньшая частота и более выраженная вариабельность сердечного ритма, меньшая централизация в его регуляции и лучшее соотношение LF/HF, что свидетельствует о более благоприятной реакции сердца на нагрузочную пробу.