

Список литературы

1. Пачес А.И., Таболинская Т.Д. Опухоли слюнных желез. М., 2009.
2. Базык-Новикова О.М, Ажгирей М.Д., Бурлакова Т.В и др. // Матер. сателлитной дистанционной научн.-практ. конф. молодых ученых «Фундаментальная наука в современной медицине». Москва, 2015. С. 10–15.
3. Богатов В.В. // Стоматология. 2009. № 5. С. 37–39.
4. Минаев В.П., Жилин К.М. Современные лазерные аппараты для хирургии и силовой терапии на основе полупроводниковых и волоконных лазеров: рекомендации по выбору и применению. М., 2009.
5. Ляндрес И.Г. Лазерные технологии в стоматологии. М., 2007.

УДК 616.471:612.833]-085.84

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ПОИСКА ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА
СИНОКАРОТИДНЫЕ РЕФЛЕКСОГЕННЫЕ ЗОНЫ**

А.Г. МРОЧЕК, А.Н. ОСИПОВ*, И.Д. КОЗЛОВ, А.В. ФРОЛОВ, В.С. ШЕКУНОВ*

РНПЦ «Кардиология»

Р. Люксембург, 110, 220036, Минск, Беларусь

**Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровки 6, 220013, Минск, Беларусь*

Поступила в редакцию 22 ноября 2016

Разработана медицинская методология и создан аппаратно-программный комплекс для поиска параметров электрического воздействия на синокаротидные рефлексогенные зоны. Воздействие представляет поток электрических импульсов, чрезкожно влияющих на рефлексогенные зоны с целью оптимизации режима гемодинамики, в частности снижения артериального давления.

Ключевые слова: электрическая стимуляция, синокаротидные барорецепторы, артериальная гипертензия, артериальное давление, гипотензивный эффект.

Введение

Артериальная гипертензия (АГ) является широко распространенным заболеванием, вызывающим многочисленные сердечно-сосудистые осложнения, такие как мозговой инсульт, инфаркт миокарда, ишемическая болезнь сердца, хроническая сердечная недостаточность, гипертоническая энцефалопатия, значительно снижающим качество жизни и ее продолжительность. По данным ВОЗ она стоит на первом месте среди факторов ущерба для здоровья населения, всего мира [1]. В то же время повышенное артериальное давление на всех этапах становления, независимо от пола и возраста, является мощным, но потенциально устранимым фактором риска. Традиционным подходом к контролю артериального давления является пожизненная комбинированная, индивидуально подобранная фармакотерапия на фоне коррекции образа жизни [2]. Существуют, однако, многочисленные проблемы, снижающие эффективность данного подхода: побочные действия медикаментов, эффекты ускользания от действия препаратов, дороговизна медикаментов, нежелание пациентов строго следовать назначенному режиму лечения, предполагающему, как правило, пожизненный прием двух-трех препаратов, резистентные формы артериальной гипертензии [3]. Все это делает актуальным поиск альтернативных форм контроля артериального давления. Цель исследования – разработка медицинской методологии и создание аппаратно-программного комплекса для наружной стимуляции синокаротидной рефлексогенной зоны и поиска параметров электрического чрезкожного (неинвазивного) воздействия на эти зоны, дающих максимальный гипотензивный эффект.

Методический подход

В последнее десятилетие резко возрос интерес к стимулирующим воздействиям на синокаротидные барорецепторы, как дополнительным методам лечения резистентной артериальной гипертонии. Синокаротидные барорецепторы представляют собой разветвленные нервные окончания, расположенные во внешней оболочке и в поверхностных слоях средней оболочки каротидного синуса, месте расширения внутренней сонной артерии после отхождения ее от общей сонной артерии. Барорецепторы реагируют на степень растяжения стенки сосуда пульсовыми или нарастающими колебаниями кровяного давления. Чем выше давление крови, и чем быстрее оно нарастает, тем сильнее раздражаются барорецепторы, и частота импульсов, посылаемых в сосудодвигательный центр, возрастает. Импульсы от барорецепторов по синокаротидному нерву (нерв Геринга), и далее по языкоглоточному нерву и пучку одиночного тракта поступают непосредственно в депрессорный отдел сосудистого центра, увеличивая его активность и угнетая активность его прессорного отдела, возбуждая так же кардиоингибирующий центр. В результате расширяются артериолы, уменьшается общее периферическое сопротивление, снижается частота сердечных сокращений и, как следствие этих изменений, снижается артериальное давление. Снижение артериального давления до величины менее 60 мм рт. ст. временно выключает барорецепторный механизм.

Описанный физиологический механизм рефлекторной регуляции артериального давления явился основанием для воздействия на синокаротидные зоны диадинамическими токами и синусоидально модулированными токами при физиотерапевтическом лечении АГ [4]. Однако статистически значимого снижения уровня артериального давления при применении этих методов не было зарегистрировано. В результате эти методы позиционировались как методы нервно-трофического регуляторного воздействия на вегетативную нервную систему и были отнесены к вегетокорректирующим методам физиотерапевтического лечения АГ [5].

Возврат интереса к стимулирующим воздействиям на барорецепторы синокаротидной зоны, как методу снижения артериального давления, связан с прогрессом в области микроэлектродной техники и нейро-, кардио- и сосудистой хирургии, позволившим проводить прямую электрическую стимуляцию в области каротидного синуса сонных артерий. Для электрической стимуляции проводилась операция, при которой электроды стимулятора каротидного синуса Rheos (CVRx, Minneapolis, MN, USA) подводились к сонным артериям, а затем соединялись с генератором, который вшивался под кожу передней грудной стенки. Имплантация стимулятора проводилась сосудистым хирургом, кардио- или нейрохирургом. Перед внедрением электрода в толщу стенки сонной артерии проводился выбор наиболее чувствительной к стимуляции зоны каротидного синуса: генератор подавал на электрод небольшой ток под напряжением 1–6 вольт; через 30 с после воздействия на данный участок каротидного синуса измерялось АД. Электрод оставлялся в том месте, где снижение АД в ответ на разряд заданной силы максимально. В исследовании двойным слепым плацебо контролируемым методом, на материале 265 пациентов с резистентной артериальной гипертонией, была показана эффективность этого метода: при контроле через год снижение систолического АД составило в среднем 35 мм рт.ст. [6]. Были отмечены такие осложнения, как инфицирование операционной раны и повреждение нерва.

Даже при дальнейшем успешном развитии и совершенствовании этот метод потенциально ограничен довольно узким контингентом пациентов с резистентной артериальной гипертонией. Наиболее важным научным и практическим результатом клинических испытаний данной методики, по мнению авторов, является доказательство принципиальной возможности длительного эффективного контроля АД методом прямой стимуляции барорецепторов синокаротидной зоны. В свете вышеизложенного особенно актуальным представляется вопрос поиска эффективного неинвазивного метода стимуляции барорецепторного синокаротидного рефлекса.

Методика исследования

Был создан аппаратно программный комплекс для подбора параметров воздействия таких, как: форма импульса, длительность импульса, напряжение, сила тока, частота, несущая частота, частота и глубина модуляции, непрерывность/прерывистость, длительность паузы, длительность цикла и разработан протокол, позволяющий оценивать непосредственный эффект чрескожного (неинвазивного) воздействия на рефлексогенные синокаротидные зоны по характеру и величине изменения артериального давления и частоты пульса до, во время и после воздействия. Протокол включал измерение артериального давления на плечевой артерии методом Короткова и определение частоты пульса. Измерения проводились в семи временных точках каждого исследования: исходная – сразу после наложения электродов, базовая – через пять минут после наложения электродов и нахождения в состоянии физического и психического покоя, и далее: на первой, третьей и пятой минутах воздействия и через 1 и 3 мин после прекращения воздействия.

Исследование проводилось на добровольцах, после получения информированного согласия. Каждое исследование проводилось в виде серии из трех воздействий на каждом испытуемом, в которой от одного воздействия к другому изменялись такие параметры как длительность импульса и частота при воздействии импульсным током, а также глубина и частота модуляции при воздействии синусоидально модулированным током. Для воздействия импульсным током, близким по параметрам к диадинамическим, использовался авторский оригинальный аппаратно-программный комплекс, генерирующий однополярные прямоугольные импульсы. Воздействие осуществлялось в непрерывном режиме импульсами длительностью от 0,2 мс до 1,5 мс с частотами 30, 80 и 100 Гц, напряжением 8–16 В, силой тока 5–6 мА.

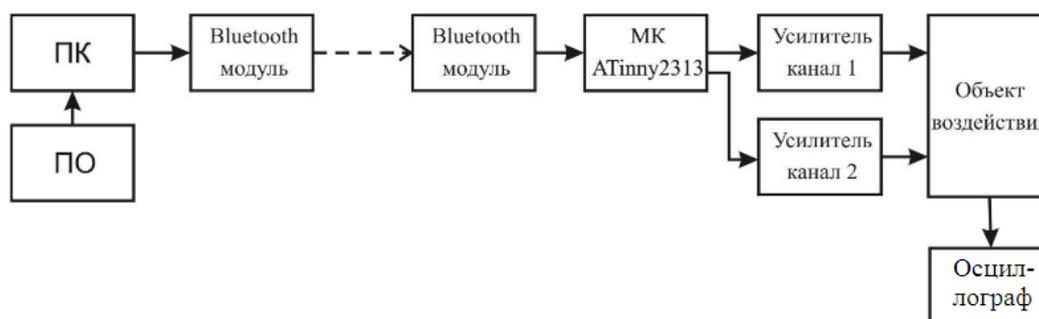


Рис. 1. Структурная схема аппаратно-программного комплекса

Управление аппаратной частью комплекса осуществляется посредством микроконтроллера ATinny2313. Связь с ПК осуществляется по Bluetooth интерфейсу на основе модуля Bluetooth HC-05. В аппаратно-программном комплексе использован преобразователь напряжения DC-DC преобразователь MC33063, а также линейный стабилизатор напряжения LM1117. Генерация стимулирующих сигналов осуществляется с помощью операционных усилителей LM358. Форма, частота и амплитуда стимулирующих токов и напряжений отображаются на цифровом осциллографе. Для воздействия синусоидально модулированными токами использовался физиотерапевтический аппарат «РЕФТОН-01-ФЛС». Воздействие осуществлялось в прерывистом режиме (II PP) в соотношении «1:1,5» с глубиной модуляции 100 %, модулирующей частотой 25, 50 и 100 Гц в каждом последующем воздействии, напряжением 6–10 В, силой тока 2–3 мА.

Результаты и обсуждение

При воздействии прямоугольным однополярным импульсным током в постоянном режиме с длительностью импульсов от 0,2 мс до 1,5 мс с частотами 30, 80 и 100 Гц, отмечалось субъективное ощущение в виде вибрации, переходящей в мышечные

сокращения при дальнейшем повышении напряжения и силы тока, которое лимитировало дальнейшее повышение этих параметров. Других субъективных ощущений не наблюдалось. Статистически значимых изменений артериального давления и частоты пульса при этих режимах стимуляции не отмечено.

При воздействии синусоидально модулированными токами физиотерапевтическим аппаратом «РЕФТОН-01- ФЛС» также отмечалось субъективное ощущение в виде вибрации, переходящей в мышечные сокращения при дальнейшем повышении напряжения и силы тока, которое лимитировало дальнейшее повышение этих параметров. Ни при одном из примененных режимов стимуляции статистически значимых изменений артериального давления и частоты пульса не было отмечено.

Отсутствие прямого непосредственного гипотензивного эффекта указывает на то, что электрическая стимуляция синокаротидных зон, осуществляемая описанными методами с примененными параметрами, не вызывает потока импульсов в синокаротидном нерве и, соответственно, отсутствует стимуляция депрессорной и кардиоингибиторной зон сосудодвигательного центра.

Заключение

Разработанный аппаратно-программный комплекс предоставляет возможность выполнять наружную электрическую стимуляцию рефлексогенных зон. Широкий динамический диапазон программно-управляемого генератора позволяет выполнять исследование по определению оптимальных режимов стимуляции с целью достижения максимального гипотензивного эффекта.

METHODOLOGICAL FOUNDATIONS AND EQUIPMENT SUPPORT TO ADDRESS PARAMETERS OF ELECTRICAL INFLUENCE ON SINOCAROTID REFLEXOGENOUS ZONES

A.G. MROCHEK, A.N. OSIPOV, I.D. KOZLOV, A.V. FROLOV, V.S. SHEKUNOV

Abstract

An approach and hardware-software set to address parameters of electrical influence on sinocarotid reflexogenous zones have been developed. Exposure represents a flow of electrical pulses affecting transcutaneously reflexogenous zones for optimal hemodynamics, and lower blood pressure in particular.

Keywords: electrical stimulation, sinocarotid baroreceptors, carotid artery, arterial hypertension, blood pressure.

Список литературы

1. ВОЗ. Глобальные факторы риска для здоровья. Смертность и бремя болезней, обусловленные некоторыми основными факторами риска [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.who.int/publications/list/2015/global-health-risks/ru/. – Дата доступа 07.11.2016.
2. Mancía G. // Eur. Heart J. 2007. Vol. 28. P. 1462–1536.
3. Calhoun D.A., Jones D., Textor S. et al. // Hypertension. 2008. Vol. 51. P. 1403–1501.
4. Улащик В.С., Лукомский И.В. Общая физиотерапия. Минск, 2008.
5. Пономаренко Г.Н., Турковский И.И. Биофизические основы физиотерапии. М., 2006.
6. Bisognano J.D., Bakris G., Nadim M.K. et al. // JACC. 2011. Vol. 58. P. 765–778.