

ПЕРСПЕКТИВЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АППАРАТУРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ КРОВИ В ПЕРЕДНИХ ЦИЛИАРНЫХ СОСУДАХ ГЛАЗА

И. А. Гндоян, В. И. Квочкин

*Волгоградский государственный медицинский университет,
кафедра офтальмологии,
Волгоградский государственный университет*

Разработана модификация цифрового вазотонометра для измерения давления крови в передних цилиарных сосудах (артериях и венах) глаза, отвечающего требованиям, предъявляемым к современной диагностической аппаратуре. Преимуществами предлагаемой модели являются широкий диапазон измеряемых значений давления (от 0 до 120 мм рт. ст.) и высокая точность измерения (погрешность ± 1 мм рт. ст.). Вазотонометр коммутирован с персональным компьютером, имеет удобный интерфейс пользователя и встроенную базу данных пациентов.

Ключевые слова: передние цилиарные сосуды глаза, вазотонометрия, давление крови.

PROSPECTS OF IMPROVING A DEVICE FOR BLOOD PRESSURE MEASUREMENT IN THE ANTERIOR CILIARY VESSELS OF THE HUMAN EYEBALL

I. A. Gndoyan, V. I. Kvochkin

A vasotonometer for blood pressure measurement in the anterior ciliary ocular vessels (arteries and veins) was developed. All the requirements for contemporary diagnostic equipment were observed. The advantages of the proposed device are the wide range of the measuring values (from 0 to 120 mm Hg) and high precision (error range ± 1 mm Hg). The device is gated to PC, which allows a convenient user interface and patients data base.

Key words: eyeball anterior ciliary vessels, vasotonometry, blood pressure.

При изучении сосудистых механизмов развития псевдоэкзофалиативного синдрома, первичной открытоугольной глаукомы, миопии, катаракты вопрос о состоянии кровообращения переднего сегмента глаза (ПСГ) представляется весьма актуальным, поскольку структуры-мишени при данных заболеваниях (дренажная система, радужка, цилиарное тело, хрусталик) находятся в этом отделе глаза. Одним из основных количественных параметров, характеризующих степень гемомикроциркуляторных нарушений в ПСГ, является давление крови в передних цилиарных сосудах (ПЦС). Однако в настоящее время приборы для измерения данного показателя не выпускаются серийно, а имеющиеся авторские модификации вазотонометров имеют серьезные недостатки, приводящие к значительным погрешностям при измерении, и неудобны для пользователя. Отсутствие современной аппаратуры для вазотонометрии, с одной стороны, создает определенные методические проблемы в научных исследованиях. С другой стороны, данная информация представляет безусловный практический интерес, так как в клинической офтальмологической практике давление крови в ПЦС может являться критерием эффективности проводимого консервативного лечения [3, 5, 8], а также выступать в качестве прогностического критерия перед различными оперативными вмешательствами [9]. Таким образом, создание прибора для измерения давления в ПЦС, удобного в применении как для исследователя, так и для практического врача-офтальмолога, представляет насущную проблему.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка цифрового прибора для измерения давления в ПЦС, отвечающего требованиям, предъявляемым к современной диагностической аппаратуре в отношении точности измеряемых величин, обработки и накопления данных.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве прототипа для усовершенствования нам послужил автоматизированный компьютерный вазотонометр, созданный на кафедре офтальмологии Волгоградского государственного медицинского университета [4], который был модификацией приборов 60-х годов прошлого столетия — улучшенной и более удобной в применении и регистрации значения давления в ПЦС. Несмотря на ряд преимуществ (более высокая точность, регистрация значений в мм рт. ст. без использования калибровочных таблиц, отсутствие необходимости привлечения к исследованию ассистента, возможность измерения давления локально в любой интересующей точке), данный вазотонометр был не лишен существенных недостатков. К ним относились: 1) разброс результатов значений из-за произвольного дрожания руки исследователя, которой удерживался датчик при измерении; 2) разброс значений в одной серии измерений из-за наличия внешних и собственных шумов; 3) отсутствие фиксированного «нуля» у прибора, что ощутимо снижало точность значений.

В модифицированном нами вазотонометре данные недостатки были в значительной степени устранены. Измерение давления в ПЦС глаза в предлагаемой

модификации прибора производится с помощью индуктивного датчика (рис. 1) линейного дифференциального трансформатора (ЛДТ) [1, 6], который преобразует положение сердечника в электрический сигнал с амплитудой, пропорциональной приложенному давлению. Его чувствительным элементом является пружина, преобразующая измеряемую величину — давление — в другую величину — перемещение. Пружина связана со штоком, в центре которого находится ферритовый сердечник. При сжатии пружины происходит перемещение штока и сердечника трансформатора, что приводит к изменению выходного сигнала ЛДТ [10]. На конце штока закреплена микролинза, с помощью которой происходит одновременно компрессия сосуда и слежение за кровотоком в нем. Структурная схема с обозначением основных узлов вазотонометра представлена на рис. 2.

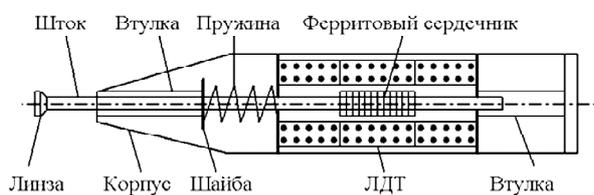


Рис. 1. Конструкция датчика давления

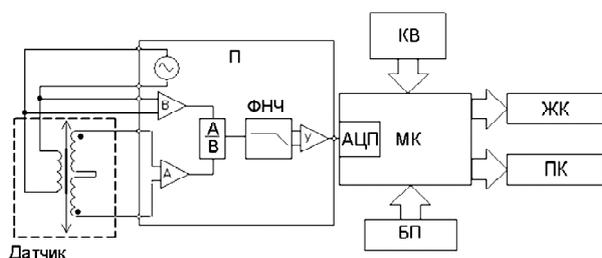


Рис. 2. Структурная схема прибора

Сигнал с ЛДТ поступает на микросхему-преобразователь (П) AD698APZ [11], которая работает с 4-проводным интерфейсом и использует метод синхронной демодуляции. Каждый из двух ее каналов А и В состоит из устройства выделения абсолютной величины и фильтра. Далее значение выходного сигнала канала А делится на значение выходного сигнала канала В, для того чтобы конечный выходной сигнал был относительным и не зависел от амплитуды сигнала возбуждения.

Пропущенный через фильтр нижних частот (ФНЧ) сигнал подается на усилитель У, а затем — на 24-битный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и обрабатывается микроконтроллером (МК). В МК происходит пересчет полученного значения напряжения в давление в соответствии с калибровочной характеристикой, а значение давления отображается на жидкокристаллическом индикаторе (ЖК) и через преобразователь UART-USB передается на персональный компьютер (ПК), где отображается процесс измерения давления в виде графика в режиме реального времени. Управление прибором осуществляется с помощью клавиатуры (КВ). Питается прибор от сети переменного напряжения 220В через понижающий стабилизированный блок питания БП.

Измерение давления в ПЦС глаза при помощи вазотонометра данной модификации осуществляется по классической методике, описанной в литературе [2]. Значения давления крови в ПЦА определялись нами как в одной серии измерения (15 значений для одного случая), так и для группы. Основная группа была составлена из 16 здоровых лиц (16 глаз) в возрасте 41—50 лет без признаков офтальмопатологии, которым давление в ПЦА определялось при помощи модифицированного нами вазотонометра. В качестве группы сравнения выступили те же 16 человек (16 глаз), которым давление в ПЦА измерялось при помощи вазотонометра-прототипа через 2 часа после первого исследования. Статистическая обработка полученных результатов проводилась при помощи стандартного пакета программ Microsoft Office 2007 (EXCEL) и BIostat.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В разработанной модификации вазотонометра нам удалось повысить точность измерения давления крови в ПЦС за счет изменения калибровки прибора. Калибровка прибора-прототипа [4] осуществлялась косвенным методом с помощью эталонного набора грузиков от 0 до 3,5 г. В результате погрешность такого метода составила 1—3% от измеряемого диапазона давления.

Для калибровки новой модификации вазотонометра нами была разработана и изготовлена специальная установка, представляющая собой водяной манометр. В этом случае процесс калибровки основан на методе сравнения измеряемой величины и величины, воспроизводимой мерой — водяным манометром [7], то есть прямым методом путем сравнения с известным давлением, создаваемым столбом жидкости, что соответствует ГОСТ 8.271-77 [12].

С физической точки зрения, установка представляет собой гидравлический пресс, на одном конце которого закреплен открытый резервуар с водой, а на другом — мембрана, изготовленная из тонкого полиэтилена. Оба элемента соединены между собой резиновой трубкой. Мембрана одновременно играет две роли: является поршнем, который перемещается в зависимости от высоты столба жидкости, и эквивалентом кровеносного сосуда глаза, в котором необходимо измерить давление. Давление в эквиваленте сосуда (ЭС) задается путем перемещения резервуара с водой по вертикали. Коэффициент преобразования мм водного столба в мм ртутного столба составляет 13,6:1.

Процесс калибровки осуществлялся следующим образом. После установки датчика на подвижную площадку прибором фиксировали показание ноля, а затем резервуар с водой устанавливали на отметку по шкале в 10 мм рт. ст. С помощью микрометрического винта датчик перемещали до того момента, пока поверхность микролинзы не сравнивалась с поверхностью ЭС, после чего фиксировали показание прибора. Именно в этот момент сила поверхностного натяжения ЭС, перпендикулярно направленная к микролинзе датчика, становится равной нолю. Следовательно, можно судить о равенстве давления, со-

здающегося столбом жидкости и давления, с которым упругий элемент датчика воздействует на ЭС. Затем резервуар с водой устанавливали на отметку 20 мм рт. ст. и датчик перемещали до уравнивания сил. Процесс повторяли с шагом 10 мм рт. ст. до уровня 120 мм рт. ст. По полученным данным выстраивали калибровочную зависимость и аппроксимирующую ее кривую, коэффициент которой вводили в программу микроконтроллера.

С целью проверки достоверности показаний нового прибора после его калибровки была произведена серия из 10 измерений давления в диапазоне от 0 до 110 мм рт. ст. По полученным данным была построена зависимость давления, измеренного вазотонометром, от давления, установленного на жидкостном манометре. Результаты проведенного тестирования свидетельствовали о том, что погрешность калибровки не превышала 1 % по всему рабочему диапазону прибора. Модифицированный вазотонометр в отличие от прибора-прототипа обладает рядом с высокой точностью измерения (погрешность прибора ± 1 мм рт. ст.) широким динамическим диапазоном измеряемого давления (от 0 до 120 мм рт. ст.). Увеличение диапазона без потери чувствительности на отрезке малых значений давления позволило измерять давление также и в передних цилиарных венах, что весьма актуально при оценке состояния кровообращения ПСГ при глаукоме. Процесс вазотонометрии у различных пациентов показал хорошую повторяемость результатов измерения давления в ПЦС — как в артериях, так и в венах.

Клинические исследования, проведенные у здоровых лиц без офтальмопатологии, показали высокие точностные характеристики модифицированного нами вазотонометра как в серии измерения на одном глазу, так и для групповых показателей (табл.).

Полученные статистические показатели продемонстрировали меньший разброс значений, зарегистрированных при помощи модифицированного вазотонометра. Коэффициент вариальности C был также ниже как для индивидуальных, так и групповых данных, зафиксированных при работе с цифровым вазотонометром, что свидетельствует о более высокой точности воспроизведения и повторяемости данных исследования.

Предлагаемый прибор помимо высоких точностных характеристик имеет ряд пользовательских преимуществ. Процесс измерения давления можно наблюдать как на ЖК-индикаторе, так и на мониторе персонального компьютера. С помощью специального программного обеспечения реализована возможность наблюдения полной картины процесса вазотонометрии. Программное обеспечение обеспечивает удобный для пользователя интерфейс и встроенную базу данных пациентов. Датчик прибора заключен в легкий эргономичный корпус, который не ограничивает степени свободы руки исследователя. Вазотонометр прост в управлении, портативен и может быть расположен на любой модификации целевой лампы.

Сравнительная характеристика показателей модифицированного вазотонометра и вазотонометра-прототипа

Статистические параметры (давление в ПЦА, мм рт. ст.)	Одна серия измерений (15 значений)		Группа обследованных (16 глаз)	
	Модифицированный вазотонометр	Прототип	Модифицированный вазотонометр	Прототип
M	67,30	66,20	67,53	68,33
δ	1,91	3,73	3,73	8,55
m	0,51	1,00	0,99	2,21
Max	72	—	74	—
Min	65	—	60	—
C	2,8	5,6	6,5	12,6

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цифровой вазотонометр для измерения давления крови в ПЦС глаза, а также установка для его калибровки позволяют производить измерение показателей с высокой точностью. Дальнейшая доработка прибора предполагает усовершенствование системы подачи датчика давления к сосуду с целью полного исключения субъективных факторов, которые могут привести к возникновению погрешностей в ходе исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бриндли К. Измерительные преобразователи: Справочное пособие / Пер. с англ. — М.: Электроатомиздат, 1991. — 144 с.
2. Бунин А. Я. Гемодинамика глаза и методы ее исследования. — М.: Медицина, 1971. — 196 с.
3. Гндоян И. А. // Глаукома. — 2006. — № 1. — С. 58—63.
4. Гндоян И. А., Никитин А. В., Овчинников Л. Г., Шинкаренко Т. Н. Автоматизированный компьютерный вазотонометр для измерения давления крови в передних цилиарных сосудах глаза. — Патент РФ № 2345700 от 10.02.2009, приоритет от 07.03.2007.
5. Гндоян И. А., Петраевский А. В., Карадже М. // Вестник ВолгМУ. — 2009. — № 4 (32) — С. 93—95.
6. Датчики положения и перемещения: http://www.autex.spb.ru/cgi-bin/download.cgi?sensor99_6_rus.
7. Основы метрологии и электрические измерения: Учебник для вузов / Б. Я. Авдеев, Е. М. Антонюк, Е. М. Душин и др.; Под ред. Е. М. Душина. — Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отделение, 1987. — 480 с.
8. Петраевский А. В., Гндоян И. А. Перфузионное давление в переднем сегменте глаза как критерий эффективности лазерного хирургического лечения больных первичной открытоугольной глаукомой / Материа-

лы I научно-практич. конференции офтальмологов Южного Федер. округа «Актуальные вопросы офтальмологии». — Ростов н/Д, 2005. — С. 93—96.

9. *Петраевский А. В., Гндоян И. А., Куштарева Л. Б.* // Офтальмохирургия. — 2009. — № 1. — С. 9—13.

10. Проектирование датчиков для измерения механических величин / Под ред. Е. П. Осадчего. — М.: Машиностроение, 1979. — 480 с.

11. Техническое описание микросхемы AD698APZ: http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD698.pdf.

12. Средства измерений давления. Термины и определения / ГОСТ. 8.271-77. — Взамен ГОСТ 15115-69 (Введ.01.01.79). Группа П00. — М.: Изд-во стандартов, 1978. — 8 с.

Контактная информация

Гндоян Ирина Асатуровна — к. м. н., доцент кафедры офтальмологии, Волгоградский государственный медицинский университет, e-mail: volgophthalm@mail.ru

УДК 616.12-008.46

ГЕНДЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КЛИНИЧЕСКОГО ТЕЧЕНИЯ И ПОРАЖЕНИЯ СЕРДЦА У ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ ЗРЕЛОГО ВОЗРАСТА

М. Е. Стаценко, О. И. Колодяжная, С. В. Туркина, А. А. Винникова, М. А. Косивцова

*Волгоградский государственный медицинский университет,
Городская клиническая больница № 3, Волгоград*

Заболеваемость хронической сердечной недостаточностью в России продолжает увеличиваться, как среди мужчин, так и женщин, вызывая раннюю инвалидизацию трудоспособного населения. Поэтому проблема изучения гендерных особенностей поражения сердца остается актуальной в настоящее время.

Ключевые слова: хроническая сердечная недостаточность, сердечно-сосудистая система, гендерные особенности, зрелый возраст.

GENDER-RELATED FEATURES OF A CLINICAL COURSE AND CARDIAC LESION IN PATIENTS WITH CHRONIC HEART FAILURE OF MATURE AGE

M. E. Statsenko, O. I. Kolodyazhnaya, S. V. Turkina, A. A. Vinnikova, M. A. Kosivcova

The rate of chronic heart failure continues to increase in Russia, both among men and women causing early incapacitation of working-age people. Therefore the problem of studying gender-related features of cardiac lesion still remains urgent.

Key words: chronic heart failure, cardiovascular system, gender features, mature age.

По данным эпидемиологических исследований, заболеваемость хронической сердечной недостаточностью (ХСН) в России продолжает расти как у мужчин, так и у женщин. Согласно результатам отечественного исследования ЭПОХА-ХСН, диагноз ХСН выставлен у 7 % всех граждан Российской Федерации, то есть 7,9 млн человек. При этом ХСН наиболее тяжелой степени, то есть III—IV функционального класса (ФК), страдает 2,1 % населения (2,4 млн человек). Проблема ХСН в России имеет четкую гендерную составляющую: 72,5 % всех пациентов с выставленным диагнозом ХСН — женщины, средний возраст которых 69,6 лет [1].

В настоящее время получены убедительные данные о том, что существуют гендерные различия не только в эпидемиологии, но и этиологии, факторах риска, особенностях патогенеза и клинической картины, подходах к терапии и прогнозе пациентов с сердечной недостаточностью. Представлены данные, убедительно демонстрирующие различия в исходах кардиоваскулярной патологии у мужчин и женщин [2]. Установлено,

что после перенесенного острого инфаркта миокарда (ИМ) у женщин, в отличие от мужчин, преобладает сохраненная систолическая функция левого желудочка (ЛЖ). Таким образом, пол пациента является существенным и независимым прогностическим фактором ремоделирования ЛЖ и выраженности левожелудочковой дисфункции [3]. По данным Kaiser Permanente Study, улучшение выживаемости при сердечно-сосудистой патологии в большей степени выражено у мужчин.

Патофизиологическими предпосылками этого, безусловно, могут служить физиологические различия между мужчинами и женщинами. Сердце женщины имеет меньшие размеры [4], а наличие менструальных циклов приводит к широкому колебанию содержания воды в тканях. Повышение уровня эстрадиола ведет к задержке не только воды, но и соли, а гломерулярная фильтрация, как и клиренс креатинина, у женщин ниже, чем у мужчин. В то же время мужской тестостерон ассоциируется с повышенным клиренсом креатинина. В экспериментальных исследованиях убедительно по-