

УДК 61. 616-71

ВОЗМОЖНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ГЕМОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ПОМОЩЬЮ ГИДРОМАНЖЕТНОГО ТОНОМЕТРА

Родина О.П., Моисеева И.Я., Геращенко С.И., Геращенко М.С., Водопьянова О.А.
ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет», Пенза, e-mail: mpo@list.ru

В статье обозначена значимость состояния сосудистого русла при артериальной гипертензии и других сердечно-сосудистых заболеваниях. Особо отмечено значение артериальной ригидности и способа ее изучения с помощью измерения скорости пульсовой волны. Приведены методы измерения данного показателя, обозначены проблемы, существующие при использовании современных методик. В качестве способа решения данных проблем рассмотрена новая отечественная разработка, совмещающая в себе возможность измерения уровня артериального давления и скорости пульсовой волны. Гидроманжетный тонометр, обладающий большей чувствительностью по сравнению с пневмоманжетой, позволит локально и технически просто измерить скорость пульсовой волны на периферических артериях в амбулаторных и стационарных условиях. Данный тонометр может быть использован для диагностики и контроля за уровнем артериального давления и скоростью пульсовой волны при оценке эффективности антигипертензивной терапии.

Ключевые слова: артериальная гипертензия, артериальное давление, артериальная ригидность, скорость пульсовой волны, гидроманжетный тонометр

POSSIBILITIES OF MODELLING OF SOME HAEMODYNAMIC PROCESSES BY HYDROCUFF TONOMETER USING

Rodina O.P., Moiseeva I.Y., Geraschenko S.I., Geraschenko M.S., Vodopyanova O.A.
FSGFE «Penza State University» Penza, e-mail: mpo@list.ru

This article is designating the importance of a vascular channel condition at an arterial hypertension and other cardiovascular diseases. The value of arterial rigiding and a way of its studying by pulse waves speed measurement are especially noted. Methods of measurement of the given indicator are resulted and problems existing at use of modern techniques are designated. The new domestic research which combining the possibility of arterial pressure level and pulse wave speed measurements is considered as a way of given problems decision. The hydrocuff tonometer possess with wider sensitivity in comparison to a pneumocuff. This will allow to simple measurement of pulse waves speed as locally and technically on peripheral arteries in out-patient and stationary conditions. The given tonometer can be used for diagnostics and control of arterial pressure level and pulse waves speed control at an antihypertensia therapies efficiency estimation.

Keywords: arterial hypertension, arterial pressure, arterial rigiding, pulse wave speed, hydrocuff tonometer

В последние годы у пациентов с артериальной гипертензией (АГ) при оценке степени сердечно-сосудистого риска (ССР) наряду с традиционным контролем уровня артериального давления (АД) широко используются показатели, отражающие состояние магистральных сосудов. При данном заболевании эндотелиальный дисбаланс инициирует процесс ремоделирования сосудов, приводит к увеличению жесткости сосудистой стенки и ухудшает ее демпфирующие свойства. С этим ассоциируется риск повреждения эндотелиальной выстилки артерий, что в свою очередь провоцирует запуск механизмов развития атеросклероза [9, 13].

К показателям, характеризующим свойства сосудистой системы в целом и отдельных сосудов в частности, относятся:

- периферическое сопротивление току крови;
- скорость пульсовой волны (СПВ);
- податливость сосуда;
- диаметр артерии в систолу и диастолу [2].

С практической точки зрения наиболее востребованным критерием оказалась СПВ, отражающая степень артериальной ригидности (АР). Скорость каротидно-фemorальной пульсовой волны – это «золотой стандарт» измерения аортальной жесткости. Результаты многочисленных исследований продемонстрировали тесную зависимость между частотой развития сердечно-сосудистых осложнений и состоянием магистральных сосудов у больных АГ [5, 8, 10]. Имеются сведения о том, что АР является более сильным прогностическим фактором риска у пациентов с АГ, чем каждый из «классических» факторов риска. АР рассматривается как целесообразный тест для оценки ССР, в первую очередь для пациентов, у которых поражение органов-мишеней не выявлено при обычных исследованиях, что отражено в Рекомендациях Европейского Общества по изучению АГ [1].

Установлено, что феномен жесткости крупных артерий и отражения пульсовой волны являются самыми важными пато-

физиологическими детерминантами изолированной систолической АГ и возрастания пульсового давления при старении. По результатам измерения жесткости артерий значительная часть больных из группы среднего риска может быть реклассифицирована в группы более высокого или более низкого ССР [12].

По-видимому, важное значение может иметь анализ динамики показателей АР у здоровых людей как фактора риска АГ в будущем и на фоне АГТ у страдающих данным заболеванием как критерий эффективности лечения [1].

Область использования СПВ намного шире, ведь ее повышение можно рассматривать как фактор риска при хронической сердечной недостаточности (ХСН), создающих неблагоприятные условия для реализации систолической функции сердца [14]. Ряд авторов рассматривает увеличение данного показателя как признак субклинического коронарного атеросклероза и считает обоснованным использовать этот признак (биомаркер) как независимый фактор риска ИБС, обнаружение которого особенно важно для пациентов, у которых заболевание протекает бессимптомно [4].

Методы оценки СПВ и эндотелиальной функции базируются на ультразвуковых и пульсовых методиках. Отметим, что ультразвуковые методики основаны на измерении толщины и относительного приращения диаметра артерии на локальном участке, которое составляет всего несколько процентов от исходного, что налагает ограничения и ухудшает точность и воспроизводимость данной методики. Участие врача в процессе обследования и стоимость аппаратуры обуславливают к тому же высокую себестоимость технологии. Поэтому оценка эластичности сосудов на основе пульсовых методик по ряду методических и экономических особенностей более предпочтительна [13].

Однако и данный способ не лишен недостатков, и ряд вопросов требует решения. В частности, при сопоставлении результатов измерения СПВ в одной и той же группе пациентов известными приборами Complior, Arteriograph, Sphygmocor разбежка результатов измерения достигает 24,7% [13]. По мнению некоторых авторов, на это влияет субъективная ошибка, сопряженная с распознаванием размытой точки на кривой, принимаемой за «начало волны». Кроме того, все исследователи косвенно измеряют длину артериального сосуда по поверхности тела [13]. Это создает определенные трудности и привносит ошибку в расчеты. Так, например, в недавно вышедшем согласительном заявлении поро-

говое значение СПВ было скорректировано до 10 м/с, с учетом непосредственного расстояния от сонных до бедренных артерий и принимая во внимание на 20% более короткое истинное анатомическое расстояние, которое проходит волна давления (т.е., $0,8 \times 12$ м/с или 10 м/с) [12].

Как известно, в современной практике самыми распространенными приборами для измерения АД являются осциллометрические тонометры. Анализ осциллометрической кривой, наряду с определением показателей АД, позволяет получить ценную дополнительную информацию в отношении жесткости сосудистой стенки. Не менее важным является возможность объединения в одном приборе двух методик, что облегчает диагностический процесс и оценку эффекта терапии у пациентов с АГ [1].

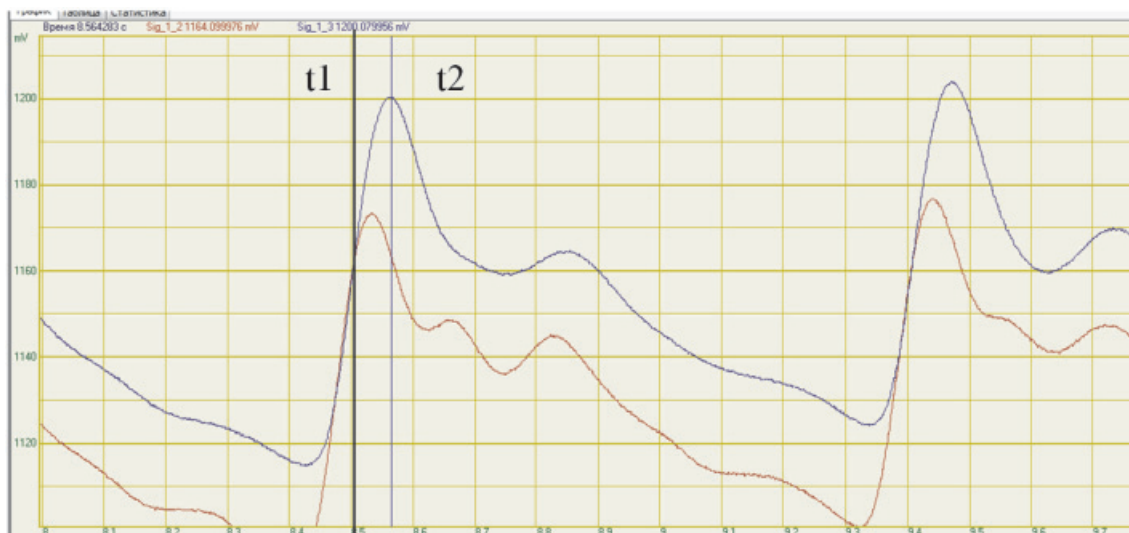
Вышеперечисленным требованиям соответствует новая отечественная разработка, представляющая собой электронный осциллометрический тонометр, содержащий компрессионную манжету, датчик давления, блоки регистрации и индикации, источник давления пульса, блок управления источника давления, дифференциальный усилитель, отличающийся тем, что в него введены второй датчик давления, второй блок управления источника давления. В приборе компрессионная манжета выполнена двухкамерной, а в качестве рабочей тела введена жидкость, причем датчики давления входами связаны с первой и второй камерами компрессионной манжеты и выходами блоков управления источника давления соответственно, а выходами – с дифференциальным усилителем, выход которого соединен со входом блока регистрации, который в свою очередь связан с блоком индикации, при этом источник давления пульса содержит резервуар с заданным объемом жидкости и грушу для подачи давления [3].

Еще в 1880 г. немецкий физиолог Иоганн Догиль использовал аппарат, заполненный водой, изучая влияние музыки на кровяное давление [7]. Преимущество конструкции состоит в том, что для увеличения уровня сигнала пульсовых колебаний (и, как следствие, повышения точности измерения АД) пульсовые колебания артерии воспринимаются датчиком через полость, заполненную жидкостью. В отличие от пневматических манжет жидкость в данной манжете является несжимаемой средой и лучшим проводником осцилляций. Особенности конструкции обуславливают более высокий уровень выходного сигнала датчика пульсаций давления.

Нахождение значения скорости пульсовой волны с помощью гидроманжеты

основано на определении разности времени формирования пиков осцилляций в камерах манжеты. На рисунке показано совмещение кривых давления в верхней и нижней камерах гидроманжеты при прохождении пульсовой волны. В верхней ка-

мере пик амплитуды наступает в момент времени t_1 , в нижней в момент t_2 . Наличие временной задержки $t_2 - t_1$ позволяет находить значение скорости пульсовой волны при известном межцентровом расстоянии камер манжеты.



Совмещение кривых давления в верхней и нижней камерах гидроманжеты при прохождении пульсовой волны

Учитывая наиболее частую локализацию атеросклеротических поражений, особое диагностическое значение имеет измерение АД и СПВ на нижних конечностях. Обнаружение разницы в величине пульсовых волн на правой и левой ногах является неспецифическим признаком поражения аорты и ее ветвей, в частности бедренной артерии [6].

Таким образом, несмотря на определенный прогресс в развитии рассматриваемой медицинской аппаратуры, существует острая потребность в ее дальнейшем совершенствовании в направлении повышения быстродействия, снижения стоимости, улучшения других метрологических характеристик и прежде всего – снижения погрешности от искажения естественных процессов в организме в результате воздействия на него средства измерения. Существование большого числа методов и устройств, предназначенных для измерения АД (как показывает анализ патентной литературы, каждый год к ним добавляются в среднем около 30 новых технических решений), означает, что в настоящее время в мире не существует не только идеального неинвазивного автоматического измерителя АД, но даже просто хорошего универсального прибора, применимого в широком клиническом диапазоне [11].

В качестве перспективной универсальной отечественной разработки можно рассмотреть тонометр с гидроманжетой, позволяющий контролировать не только АД в амбулаторных и стационарных условиях, но и СПВ. К преимуществам данного тонометра относятся: высокая чувствительность гидроманжеты, отсутствие необходимости определения длины пути прохождения пульсовой волны при расчете СПВ, удобство и доступность устройства. Данный тонометр может быть использован для диагностики и контроля за уровнем АД и СПВ при оценке эффективности антигипертензивной терапии.

Список литературы

1. Абирова Э.С. Использование комплексного осциллометрического мониторинга артериального давления и показателей артериальной ригидности для оценки эффекта антигипертензивной терапии: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 2011. – 26 с.
2. АПКО-8-РИЦ. Анализатор параметров сердечного выброса и артериального давления осциллометрический: метод. рекомендации. – ВЕЦИТ, 2006. – 35 с.
3. Герашенко М.С. Тонометр Герашенко // Патент на полезную модель № :104437. – 2011. [Электронный ресурс]. URL: <http://bankpatentov.ru/node/78436> (дата обращения 7.05.2014).
4. Гурфинкель Ю.И. Исследование скорости распространения пульсовой волны и эндотелиальной функции у здоровых и пациентов с сердечно-сосудистой патологией // Российский кардиологический журнал. – 2009. – № 2.

[Электронный ресурс]. URL: <http://www.ckb-rzd.ru/php/content.php?id=1636> (дата обращения 17.08.2014).

5. Диагностика и лечение артериальной гипертензии (Рекомендации Российского медицинского общества по артериальной гипертензии и Всероссийского научного общества кардиологов) // Кардиология. – 2010. – № 3. – С. 5–26;

6. Крюков Н.Н., Николаевский Е.Н., Поляков В.П. Ишемическая болезнь сердца (современные аспекты клиники, диагностики, лечения, профилактики, медицинской реабилитации, экспертизы): монография. – 2010. – 651 с.

7. Манвелов Л.С. Артериальное давление измеряйте правильно // Наука и жизнь. – 2007. – № 10. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.nkj.ru/archive/articles/11810/> (дата обращения 17.08.2014).

8. Матросова И.Б., Борисочева Н.В., Олейников В.Э. Сердечно-лодыжечный сосудистый индекс (CAVI) – новый неинвазивный параметр оценки сосудистой ригидности // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2009. – № 2. – С. 90–101.

9. Матросова И.Б., Елисеева И.В., Борисова Н.А., Гусак-овская Л.И., Олейников В.Э. Механизмы сосудистого ремоделирования при гипертензии и метаболическом синдроме // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2008. – № 1. – С. 45–54.

10. Мельникова Л.В. Структурно-функциональные свойства артерий мышечного типа при артериальной гипертензии // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2011. – № 2. – С. 3–10.

11. Писарев А.П. Моделирование взаимодействия объекта и средства измерения для совершенствования тонометров и термометров: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Пенза: Пензенский гос. ун-т, 2004. – 23 с.

12. Рекомендации по лечению артериальной гипертензии. ESH/ESC 2013 // Российский кардиологический журнал. – 2014. – № 1 (105). – С. 5–92.

13. Фролов А.В. Прямая и отраженная пульсовые волны: методы исследования // Кардиология в Беларуси. – 2009. – № 5 (06). – С. 99–108.

14. Яровая Е.С., Кастанаян А.А., Иванов И.В. Влияние сосудистого ремоделирования на прогрессирование хронической сердечной недостаточности ишемического генеза // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 7. – С. 431–436.

References

1. Abirova A.S. The Use of integrated oscillometric ambulatory blood pressure and arterial rigidity to assess the effect of antihypertensive therapy: avtoref. dis. ... kand. med. nauk. Moscow, 2011, 26 p.

2. APCO-8-RIC. Analyzer parameters cardiac output and blood pressure oscillometric: method. recommendations. VECIT, 2006, 35 p.

3. Geraschenko M.S. Tonometr Geraschenko, Patent na poleznuyu model no. 104437, 2011, available at: bankpatentov.ru/node/78436 (accessed 17 August 2014).

4. Gurfinkel S.C. Russian cardiology journal, 2009, no. 2, available at: www.ckb-rzd.ru/php/content.php?id=1636 (accessed 17 August 2014).

5. Diagnostika i lechenie arterialnoy hipertenzii, Kardiologiya, 2010, no. 3, pp. 5–26.

6. Hooks N.N., Nikolaev E.N., Poles V.P. Coronary heart disease (modern aspects of clinic, diagnostics, treatment, prophylaxis, medical examination): monograph, 2010, 651 p.

7. Manvelov P.S. Science and life, 2007, no. 10. available at: www.nkj.ru/archive/articles/11810/ (accessed 17 August 2014).

8. Matrosova I.B., Borisocheva N.V., Olejnikov V.E. News of higher educational institutions. The Volga region. Medical science, 2009, no. 2, pp. 90–101.

9. Matrosova I.B., Eliseeva I. V., Borisova N. A., Guskovskaya L. I., Oleinikov V. E. The Volga region. Medical science, 2008, no. 1, pp. 45–54.

10. Melnikova, L.C. News of higher educational institutions. The Volga region. Medical science, 2011, no. 2, pp. 3–10.

11. Pisarev A.P. Modelirovanie vzaimodeystviya ob'ekta i sredstva izmereniya dlya sovershenstvovaniya tonometrov i termometrov: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk. – Penza: Penzenskiy gos. un-t, 2004. 23 p.

12. Rekomendatsii po lecheniyu arterialnoy hipertonii. ESH/ESC 2013, Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal. 2014, no. 1 (105). pp. 5–92.

13. Frolov A.V. Cardiology in Belarus, 2009, no. 5 (06), pp. 99–108.

14. Yarovov Y.S., Castaman A.A., Ivanov I.V. Fundamental research, 2012, no. 7. pp. 431–436.

Рецензенты:

Иванов А.И., д.т.н., профессор, начальник лаборатории биометрических и нейросетевых технологий, ОАО «Пензенский научно-исследовательский электротехнический институт», г. Пенза;

Инчина В.И., д.м.н., профессор, зав. кафедрой фармакологии с курсом фармацевтической технологии, ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск.

Работа поступила в редакцию 10.10.2014.