

Программное обеспечение
"Анализ ригидности артерий Vasotens Office"

Руководство пользователя

BPLab® V.06.04

(редакция 12.2019)

2019 г.

1 Введение

Программное обеспечение "Анализ ригидности артерий Vasotens Office" является составной частью ПО BPLab и предназначено для функциональной диагностики (скрининга) сердечно-сосудистой системы в условиях диагностического кабинета.

Программное обеспечение "Анализ ригидности артерий Vasotens Office" функционально совместимо с расширенной редакцией ПО BPLAB и требует наличие ключа защиты ПО, подключаемого к USB-порту ПК.

Системные требования ПО "Анализ ригидности артерий Vasotens Office" идентичны системным требованиям ПО BPLab.

Работа программы ПО BPLab описана в "Руководстве пользователя ПО BPLab". В данном руководстве будет рассмотрена работа ПО "Анализ ригидности артерий Vasotens Office"

2 Назначение ПО

Программное обеспечение "Анализ ригидности артерий Vasotens Office" в составе ПО BPLab обеспечивает анализ гемодинамических параметров, характеризующих ригидность (жесткость) артерий, с использованием записей давления в манжете, зарегистрированных в процессе измерения АД суточными мониторами АД производства ООО "Петр Телегин"

Программное обеспечение "Анализ ригидности артерий Vasotens Office" обеспечивает расчет значений следующих параметров гемодинамики:

- Индекс аугментации, AIx (%)
- Оценочная скорость пульсовой волны в аорте PWVao (м/с)
- Время распространения отраженной волны, RWTT (мс)
- Ssys (систолический индекс площади, систолический индекс сердечного цикла)
- Sdia (диастолический индекс площади, диастолический индекс сердечного цикла)
- возраст сосудов

3 Активация ПО

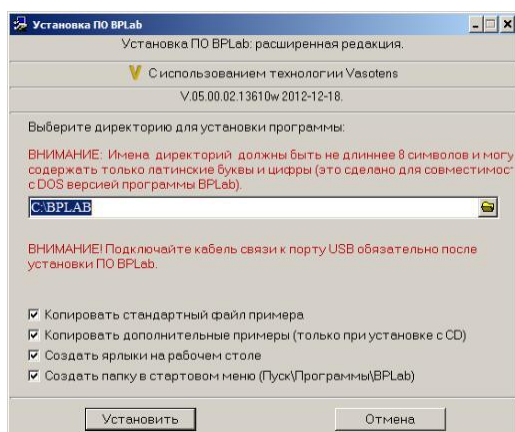
Для активации программного обеспечения "Анализ ригидности артерий Vasotens Office" необходимо установить и зарегистрировать расширенную редакцию ПО BPLab.

3.1 Установка ПО BPLab

Запустите файл Shell.exe, откроется программа-оболочка для установки ПО.

Из оболочки можно вызвать просмотр электронных документов - "Руководства пользователя" и описания методики суточного мониторинга АД.

Из меню программы-оболочки выберите и запустите установку ПО BPLab. Откроется окно программы установки



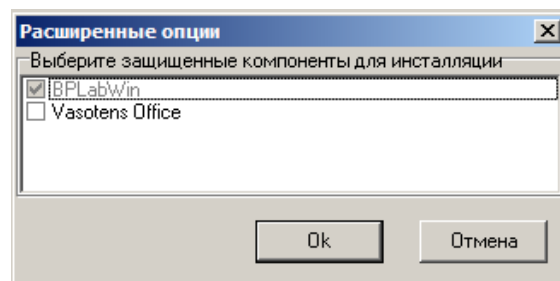
Изменять опции установки, как правило, не требуется.

Нажмите кнопку "Установить".

Выберите защищенные компоненты для инсталляции: Vasotens Office

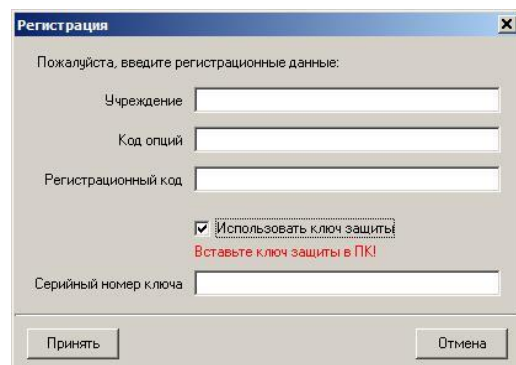
Далее следуйте указаниям на экране.

Если возникнут трудности, то обратитесь к разделу 4.2 "Руководства пользователя ПО BPLab".



3.2 Регистрация программного обеспечения

Для регистрации вставьте ключ защиты ПО в свободный USB-порт компьютера. Запустите ПО Vasotens Office, в открывшуюся форму введите регистрационные данные и серийный номер ключа защиты ПО



4 Методы анализа ригидности артерий

Физические свойства крупных артерий и, в частности, аорты в последние годы стали предметом интенсивного изучения в клинико-физиологических исследованиях. Это связано с тем, что при основных кардиологических заболеваниях вследствие снижения эластичности (повышения жесткости, или "ригидности") магистральные сосуды утрачивают одну из ключевых функций – демпфирования пульсовых колебаний АД, связанных с циклической деятельностью сердца.

Наиболее признанный инструментальный метод определения ригидности сосудов – измерение скорости распространения пульсовой волны в аорте (PWV, CRPW) по методике с двумя датчиками пульсовой волны [1]

Исследования последних лет показывают, что повышение ригидности аорты, оцениваемое по степени увеличения в ней CRPW, является независимым предиктором риска сердечно-сосудистых осложнений [2], [3]

В то же время, как показано в работе [4] традиционное измерение CRPW (по двум точкам) имеет ряд недостатков. В частности:

- процедура проведения исследования трудоемка и требует достаточного опыта работы.
- эластичность артерии и, следовательно, измеренное значение CRPW, существенно зависят от величины АД в момент измерения. Мгновенное измерение CRPW поэтому действительно только для давления, при котором это измерение было выполнено, что ограничивает его применение при сравнении субъектов и при оценке динамики изменений для конкретного пациента

Для упрощения процедуры измерения рядом авторов были предложены альтернативные показатели ригидности, которые достаточно хорошо коррелируют с традиционно измеренной CRPW, но легче в использовании. К таким показателям, например, относятся:

- QKD (QRS Korotkoff Diastolic pressure delay) [4]
- Время распространения отраженной волны (RWTT) [5]
- Скорость пульсовой волны в аорте, определенная по времени распространения отраженной волны, PWV_{ao} [6]

Кроме, имеется ряд показателей, которые имеют самостоятельное значение, но существенно зависят и от ригидности магистральных артерий. К таким показателям, в частности, относятся:

- Индекс аугментации (AIx) [7] – показатель, который, в первую очередь, характеризует выраженность отраженной волны и ее вклад в увеличение пульсового АД
- Максимальная скорость нарастания артериального давления $(dP/dt)_{\max}$ [8] - показатель, который, в первую очередь, характеризует сократимость миокарда

Все эти показатели, кроме QKD, могут быть вычислены в ПО "Анализ ригидности артерий Vasotens Office"

Корригированные и вторичные показатели.

Как отмечено выше, значения показателей ригидности сосудов, включая CRPW, существенно зависят от текущего значения АД, а также от ЧСС [9]. Для исключения этой зависимости при оценке ригидности артерий авторы [4] в этой и ряде других работ обосновали подход, основанный на многократном измерении показателей ригидности при суточном мониторинге АД.

При этом удается выделить регрессионную зависимость показателей ригидности от АД и ЧСС и вычислить их нормированные значения. Поскольку в [4] качестве показателя ри-

гидности использовался QKD, то был введен "приведенный" показатель QKD_{100-60} , пересчитанный для САД=100 мм рт.ст. и ЧСС=60 уд/мин. следующим образом:

$$QKD_{100,60} = QKD - a \cdot (САД - 100) - b \cdot (ЧСС - 60),$$

где a и b – наклоны соответствующих регрессионных прямых.

В ПО ВРLab также предусмотрен расчет величин, приведенных к САД=100 мм рт.ст. и ЧСС=60 уд/мин: RWT_{100-60} , $PWV_{a0100-60}$

В [10], [11] показана сильная зависимость индекса аугментации от ЧСС.

Для унификации с оборудованием других изготовителей целесообразно ввести "приведенный" показатель $AIx@75$, пересчитанный для ЧСС=75 уд/мин:

$$AIx@75 = AIx - a \cdot (ЧСС - 75),$$

где a – наклон соответствующей регрессионной прямой

При использовании нормативных значений для скорости пульсовой волны приходится учитывать, что значения PWV , измеренные различным оборудованием, существенно различаются. В Рекомендациях [2] увеличенная СРПВ > 12 м/с добавлена в список факторов, влияющих на прогноз, как ранний показатель увеличения жесткости крупных артерий. Указанная величина 12 м/с относится к методу определения расстояния пробега пульсовой волны, который в [12] обозначается, как (car-fem). В ПО ВРLab используется нормировка СРПВ в соответствии с согласительным документом [9]. Для этого метода расстояние пробега пульсовой волны определяется, как 80% от (car-fem), а граничное значение составляет 10 м/с (Табл. 1):

Табл. 1 Граничные значения для PWV_{a0}

PWV_{a0} , м/с	
< 10	в норме
10 и выше	повышенная

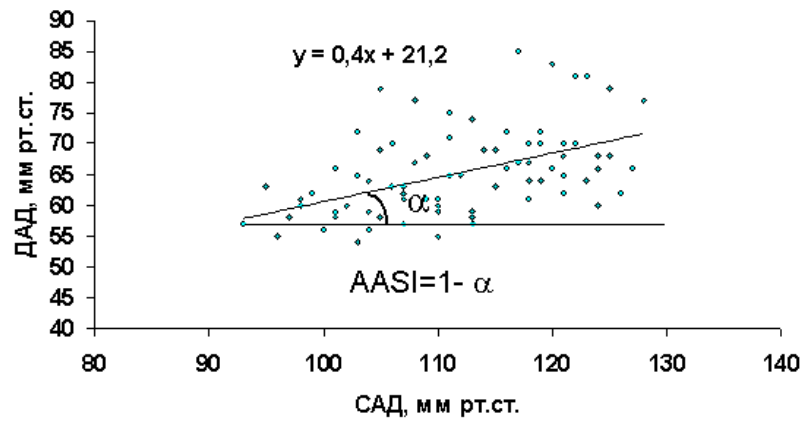
Нормативы для индекса аугментации, измеренного в плечевой артерии [13]:

Табл. 2 Граничные значения для $AIx@75$

$AIx@75$, %	
< -30	оптимально
-30 ÷ -10	в норме
-10 ÷ 10	повышенное
10 и выше	патология

В 2006 г. в работе [14] был введен показатель ригидности AASI (Ambulatory Arterial Stiffness Index, Амбулаторный индекс жесткости артерий):

$$AASI = 1 - (\text{наклон ДАД-САД})$$



Как видно из рисунка, параметр AASI использует регрессионный подход:

Показано, что AASI коррелирует с аортальной СРПВ, пульсовым АД, индексом augmentation AIx.

Согласно [14], "нормальные" значения AASI зависят от возраста и для индивидуумов до 20 лет должны быть ориентировочно менее 0,5, а для старшей возрастной группы – менее 0,7.

5 Реализация методов анализа ригидности артерий в ПО "Анализ ригидности артерий Vasotens Office"

5.1 Индекс аугментации AIx (индекс прироста пульсовой волны, **Augmentation index**).

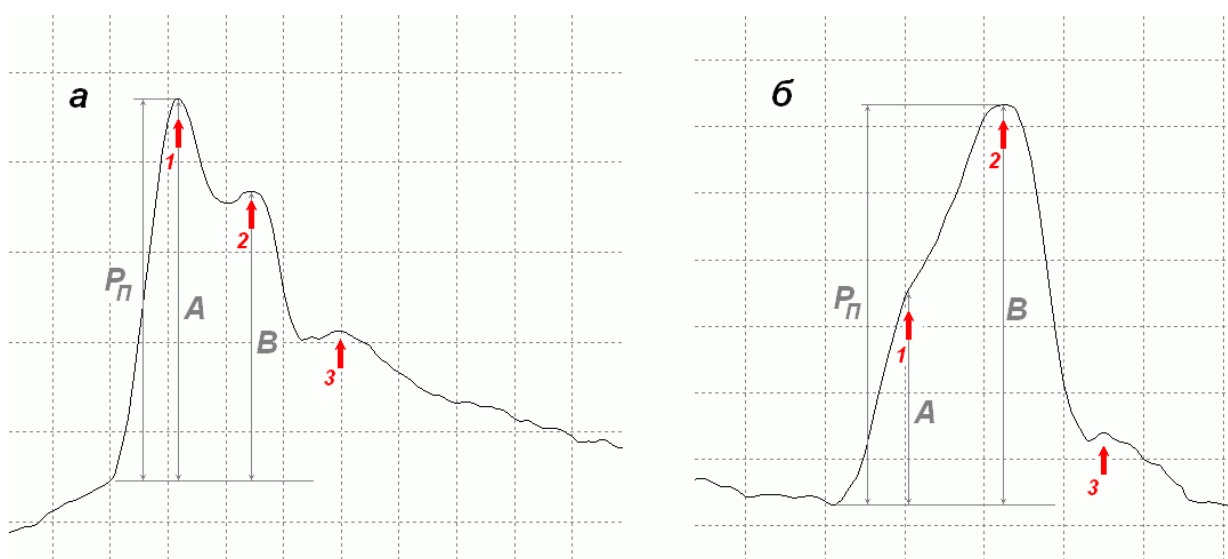
Характеризует соотношение амплитуд прямой и отраженной от бифуркации аорты составляющих пульсовой волны. Измеряется в процентах. Как правило, определяется соотношением [7]:

$$AIx = (P_A / P_{\Pi}) * 100\%, \text{ где:}$$

A – амплитуда, определяемая прямой волной;

B – амплитуда в момент максимальной суммации прямой и отраженной волн;

$P_A = (B - A)$ – давление аугментации; P_{Π} – амплитуда пульсовой волны.



Форма пульсации для пациентов с эластичными (а) и ригидными (б) артериями.

1 – прямая компонента, 2 – отражение от бифуркации аорты, 3 – эхо от закрытия клапана аорты.

В норме AIx для пульсаций, определяемых в плечевой артерии, отрицательный. В случае высокой ригидности и/или повышенной амплитуды отраженной волны величина AIx становится положительной.

5.2 Оценочная скорость пульсовой волны в аорте PWV_{ao}

Определяется по времени распространения отраженной волны. Измеряется в (м/с).

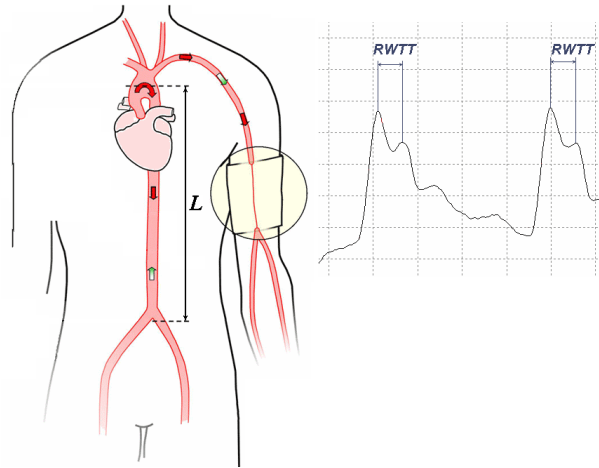
Как показано в [6], для оценки PWV_{ao} можно использовать время распространения отраженной волны $RWTT$. В ПО BPLab для определения PWV_{ao} используется соотношение:

$$PWV_{ao} = K * (2 * L) / RWTT, \text{ где:}$$

$RWTT$ - время распространения отраженной волны

L - длина ствола аорты. В ПО BPLab за длину аорты принимается расстояние от верхнего края грудины (sternum incisura jugularis) до лонной кости (symphysis pubica)

K – масштабный коэффициент для нормирования полученного значения PWV таким образом, чтобы оно приблизительно совпадало с PWV_{cons}

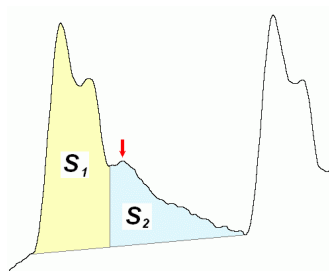


5.3 Время распространения отраженной волны RWTT (Reflected Wave Transit Time, Return Time, Travel Time of the Reflected Wave, Δt_p , T_r , PTT_2).

Метод определения данного параметра основан на идентификации отражения от бифуркации аорты в записи сфигмограммы. За время распространения отраженной волны принимают запаздывание отраженной волны относительно прямой волны (обозначенное на рисунке, как RWTT). Длина пути прямой и отраженной волны равна удвоенной длине ствола аорты L .

5.4 S_{sys} (систолический индекс площади, систолический индекс сердечного цикла)

Измеряется в процентах. Определяется, как площади под кривой пульсации давления в плечевой артерии, соответствующей сосудистой систоле (период, когда клапан аорты открыт), к полной площади сердечного цикла (см. рисунок).



Систолическая (S_1) и диастолическая (S_2) площади. Стрелкой отмечено эхо от закрытия клапана аорты.

5.5 Диастолический индекс площади S_{dia} (диастолический индекс сердечного цикла, DAI).

Измеряется в процентах. Определяется, как отношение площади под кривой пульсации давления в плечевой артерии, соответствующей сосудистой диастоле (период, когда клапан аорты закрыт), к полной площади сердечного цикла (см. рисунок выше).

$$S_{sys} = S_1 / (S_1 + S_2) * 100\%$$

$$S_{dia} = S_2 / (S_1 + S_2) * 100\% = 100\% - S_{sys}$$

5.6 Оценка возраста сосудов

"Возраст сосудов" представляет собой относительно новую концепцию. Согласно [15], *"Наиболее рациональным определением этой сравнительной категории следует считать возраст условного некурящего пациента с целевыми уровнями модифицируемых факторов риска (уровни холестерина и глюкозы крови, систолического АД), с таким же риском ССО, который, однако, зависит у него только от немодифицируемых факторов (возраст и пол)".* Оценка "возраста сосудов" позволяет привлечь внимание пациента к имеющимся у него факторам повышения сердечно-сосудистого риска. Поэтому данная оценка имеет смысл, прежде всего, при скрининговых обследованиях.

Подробный обзор имеющихся подходов к оценке возраста сосудов приведен в [15]. Ограничением большинства методик является то, что они не учитывают параметры ригидности сосудов.

В ПО VPLab используется собственный метод оценки "возраста сосудов", который применим для пациентов от 20 лет и старше и учитывает следующие параметры:

- Систолическое АД
- Пульсовое АД
- Паспортный возраст
- Периферический индекс аугментации Aix

6 Использование ПО

При работе с программой Vasotens Office монитор АД подключен к ПК постоянно. При этом монитор АД выполняет измерения по команде от ПК.

Для запуска программы Vasotens Office:

На **Рабочем столе** Windows сделайте двойной щелчок мышью по ярлычку:

или

Нажмите кнопку **Пуск** на панели задач Windows. В меню Программы выберите раздел **VPLab** и в нем пункт **Vasotens Office**



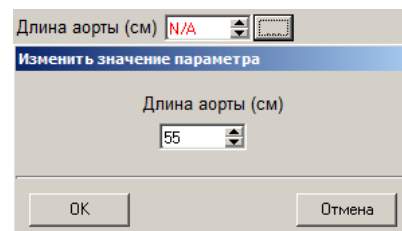
После запуска программы выполняйте исследования в следующем порядке:

1. **Введите данные для нового пациента.** Поля "Фамилия И.О." и "Возраст" являются обязательными.

Данные вводятся, в основном, однотипно (непосредственно в поля, используя "прокрутку" с помощью кнопок со стрелками, либо выбором из списка).

Исключение составляет ввод **длины аорты** (она используется для расчета скорости пульсовой волны в аорте PWV_{ao}). Нажмите на кнопку рядом с полем "Длина аорты"

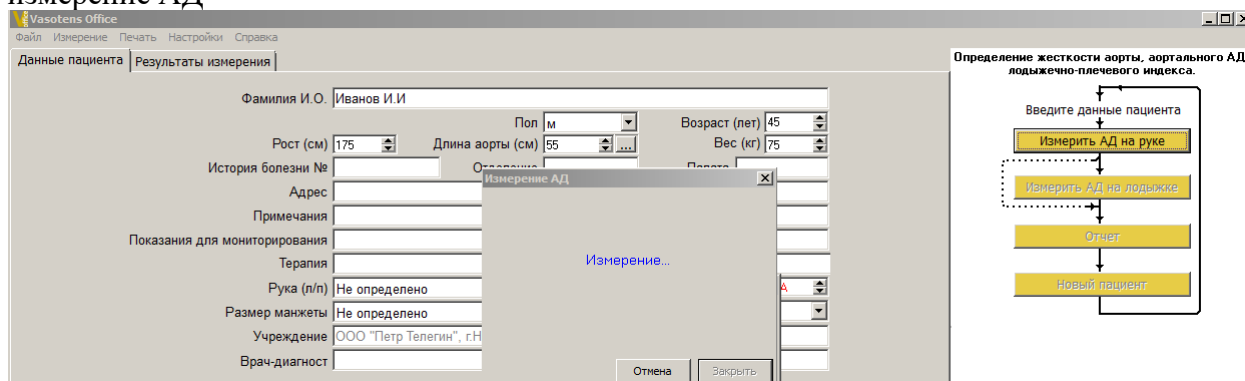
В качестве длины аорты введите расстояние в сантиметрах от верхнего края грудины (sternum incisura jugularis) до лонной кости (symphysis pubica). Нажмите "ОК". Форма закрывается и будет рассчитана скорость пульсовой волны¹.



2. Выполните измерение АД на руке пациента

Измерения проводятся в положении пациента лежа на спине. Подберите манжету, соответствующую охвату руки пациента, и подключите ее к монитору АД. Наложите манжету на плечо пациента (на руке, на которой наблюдается более высокое АД, а при отсутствии асимметрии - на недоминантной руке). Нажмите кнопку "Измерить АД на руке".

Откроется форма "Параметры связи с монитором" (см. раздел 6.2 Руководства пользователя ПО VPLab). На ней следует выбрать конкретный способ связи - USB (если используется беспроводной ИК интерфейс) или Bluetooth. После настройки параметров связи нажмите кнопку "ОК". Форма "Параметры связи с монитором" закроется и прибор выполнит измерение АД



Примечание

При последующих попытках измерения с тем же самым монитором форма "Параметры связи с монитором" не вызывается. Но при ошибках связи, или если нужно выполнить измерение с другим прибором, следует выбрать пункт меню "Настройки | Параметры связи с монитором" и в открывшейся форме заново произвести настройку параметров связи.

После завершения первого измерения происходит автоматический переход на закладку "Результаты измерений".

¹ Если Вы забыли ввести длину аорты до начала измерения, то это можно сделать и после измерения, когда данные (за исключением PWV_{ao} уже рассчитаны). В этом случае после нажатия "ОК" на форме ввода длины аорты будет выполнен пересчет результатов измерения, и значение PWV_{ao} будет рассчитано.

Vasotens Office - #4C01.vas

Файл Измерение Печать Настройки Справка

Данные пациента | Результаты измерения

Фамилия И.О. John Doe

Пол м Возраст (лет) 50

Рост (см) 181 Длина аорты (см) 56 Вес (кг) 80

История болезни № Отделение Палата

Адрес Телефон

Примечания

Показания для мониторингования

Терапия

Рука (л/п) Левая Охват руки > 32

Размер манжеты взрослая плечевая больш; Качество сна Не определено

Учреждение ООО "Петр Телегин", г.Нижний Новгород

Врач-диагност Лечащий врач

Рекомендуется провести еще одно измерение.

Ригидность | Центральное аортальное давление | Оценка возраста сосудов

	Медианное значение
САД, мм рт.ст.	126
ДАД, мм рт.ст.	83
СрАД, мм рт.ст.	92
ПАД, мм рт.ст.	43
ЧСС, уд./мин	78
RWTT, мс	129
PWVao, м/с	11,2
Adx, %	-36
dPdt, мм рт.ст./с	636
Ssys, %	61
Sdia, %	39
CAV1ao	18,73

Оценка возраста сосудов: 48 лет

Пульсовое АД	43, мм рт.ст.	норма (<=45)
PWVao	11,2, м/с	высокая (>=10)
Adx, %, приведенное к HRT=75 уд./мин	-34	оптимально (<=-30)

Определение жесткости аорты, аортального АД, лодыжечно-плечевого индекса.

```

graph TD
    A[Введите данные пациента] --> B[Измерить АД на руке]
    B --> C[Измерить АД на лодыжке]
    C --> D[Отчет]
    D --> E[Новый пациент]
    E --> A
  
```

Первое удачное измерение, которое выполнит прибор, является адаптационным. После него нужно будет выполнить, как минимум, еще одно измерение, которое и будет использоваться для анализа. Конкретное количество измерений будет зависеть от стабильности измеряемых показателей.

Внимание!

После окончания предыдущего измерения до начала следующего выдерживается пауза 30 сек. Это связано с требованиями международных стандартов по безопасности при измерении АД.

Если показания не стабильны, то в окне программы появится сообщение:

Vasotens Office - N4C01.vas

Файл Измерение Печать Настройки Справка

Данные пациента | Результаты измерения

Фамилия И.О. John Doe

Пол м Возраст (лет) 50

Рост (см) 181 Длина аорты (см) 56 Вес (кг) 80

История болезни № Отделение Палата

Адрес Телефон

Примечания

Показания для мониторингирования

Терапия

Рука (л/п) Левая Охват руки > 32

Размер манжеты взрослая плечевая больш. Качество сна Не определено

Учреждение ООО "Петр Телегин", г.Нижний Новгород

Врач-диагност Лечащий врач

Определение жесткости аорты, аортального АД, лодыжечно-плечевого индекса.

Введите данные пациента

Измерить АД на руке

Измерить АД на лодыжке

Отчет

Новый пациент

Показатели не стабильны. Рекомендуется провести еще одно измерение.

Ригидность | Центральное аортальное давление | Оценка возраста сосудов

	Медианное значение
САД, мм рт.ст.	130
ДАД, мм рт.ст.	82
СрАД, мм рт.ст.	95
ПАД, мм рт.ст.	48
ЧСС, уд./мин	78
RWTT, мс	138
PWVao, м/с	10,5
AIx, %	-42
dPdt, мм рт.ст./с	722
Ssys, %	58
Sdia, %	42
CAVla	16,30

Оценка возраста сосудов: 49 лет

Пульсовое АД	48, мм рт.ст.	возм. повышенное (46...52)
PWVao	10,5, м/с	высокая (>=10)
AIx, %, приведенное к HRT=75 уд./мин	-41	оптимально (<-30)

Если показания стабильны, то сообщение не появляется:

Vasotens Office - N4C01.vas

Файл Измерение Печать Настройки Справка

Данные пациента | Результаты измерения

Таблица результатов измерений

№	Рука/Лодыжка	САД	ДАД	СрАД	ПАД	ЧСС
1	Рука	126	83	92	43	78
2	Рука	135 (+7%)	81 (-2%)	98 (+7%)	54 (+26%)	79 (+1%)
3	Рука	136 (+1%)	76 (-6%)	92 (-6%)	60 (+11%)	77 (-3%)

Контроль достоверности

Колокол

Давление

Ригидность | Центральное аортальное давление

	Медианное значение
САД, мм рт.ст.	135
ДАД, мм рт.ст.	81
СрАД, мм рт.ст.	92
ПАД, мм рт.ст.	54
ЧСС, уд./мин	78
RWTT, мс	148
PWVao, м/с	9,8
AIx, %	-49
dPdt, мм рт.ст./с	809
Ssys, %	55
Sdia, %	45
CAVla	13,87

Оценка возраста сосудов: 50 лет

Пульсовое АД	54, мм рт.ст.	высокая (>=53)
PWVao	9,8, м/с	норма (<10)
AIx, %, приведенное к ЧСС=75 уд./мин	-68	оптимально (<-30)

Определение жесткости аорты, аортального АД, лодыжечно-плечевого индекса.

Введите данные пациента

Измерить АД на руке

Измерить АД на лодыжке

Отчет

Новый пациент

В верхней части экрана отображается таблица с результатами отдельных измерений. Их достоверность можно оценить по графикам "Колокола" и давления в манжете. Недостоверные измерения можно исключить из анализа, отключив чекбокс в начале соответствующей строки таблицы.

В нижней части экрана на закладке "Ригидность" отображается итоговая таблица, в которую выводятся медианные значения каждого из измеряемых параметров. Цвет каждой ячейки итоговой таблицы зависит от того, имеется ли достаточное количество результатов измерений для данного параметра (желтый – недостаточно, голубой – достаточно). Также на этой закладке отображается оценочный возраст сосудов.

Если пациент младше 20 лет, то оценка возраста сосудов не проводится

Ригидность		Центральное аортальное давление	
	Медианное значение		
САД, мм рт.ст.	135		
ДАД, мм рт.ст.	81		
СрАД, мм рт.ст.	92		
ПАД, мм рт.ст.	54		
ЧСС, уд./мин	78		
RWTT, мс	148		
PwVao, м/с	9,8		
Alx, %	-49		
dPdt, мм рт.ст./с	809		
Ssys, %	55		
Sdia, %	45		
CAVla	13,87		

Оценка возраста сосудов: Пациент младше 20 лет

Пульсовое АД	54, мм рт.ст.	высокая (>=53)
PwVao	9,8, м/с	норма (<10)
Alx, %, приведенное к ЧСС=75 уд./мин	-68	оптимально (<-30)

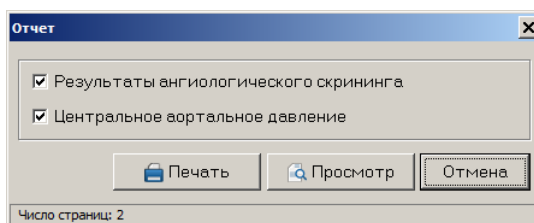
Если Alx@75, SYS или пол пациента не определен, то возраст сосудов не вычисляется

Ригидность			
	Медианное значение		
САД, мм рт.ст.	135		
ДАД, мм рт.ст.	81		
СрАД, мм рт.ст.	92		
ПАД, мм рт.ст.	54		
ЧСС, уд./мин	78		
RWTT, мс	---		
PwVao, м/с	---		
Alx, %	---		
dPdt, мм рт.ст./с	---		
Ssys, %	---		
Sdia, %	---		
CAVla	---		

Оценка возраста сосудов: Необходимо провести повторное измерение.

Пульсовое АД	54, мм рт.ст.	высокая (>=53)
PwVao	---	---
Alx, %, приведенное к ЧСС=75 уд./мин	---	---

3. **Распечатайте отчет** по окончании исследования для данного пациента. Для этого нажмите кнопку "Отчет". Откроется окно установки параметров отчета.



Более подробно возможности печати, включая экспорт отчета, описаны в "Руководстве пользователя ПО BPLab".

4. **Перейдите к исследованию нового пациента.** Нажмите кнопку "Новый пациент". Результаты текущего исследования будут очищены, и можно начинать новое исследование.

7 Возможные ошибки при работе с ПО

Возможные ошибки при работе с ПО и методы их устранения описаны в разделе 11.3 "Руководства пользователя ПО BPLab"

¹ Laurent S, Cockcroft J, Van Bortel L, Boutouyrie P, Giannattasio C, Hayoz D, Pannier B, Vlachopoulos C, Wilkinson I, Struijker-Boudier H. Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications. Eur Heart J. 2006; 27: 2588–2605 <http://eurheartj.oxfordjournals.org/content/27/21/2588.full>

² 2007 Guidelines for the Management of Arterial Hypertension. The Task Force for the Management of Arterial Hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC) // Journal of Hypertension 2007, 25:1105–1187. <http://www.seh-lelha.org/pdf/guia2007seh.pdf>
Перевод на русский язык: <http://novosti.mif-ua.com/archive/issue-3017/article-3033/print.html>

³ Peter M. Nilsson, Empar Lurbe and Stephane Laurent. The early life origins of vascular ageing and cardiovascular risk: the EVA syndrome // Journal of Hypertension. 26(6):1049-1057, June 2008. http://journals.lww.com/jhypertension/Abstract/2008/06000/The_early_life_origins_of_vascular_ageing_and.1.aspx
Перевод на русский язык: Peter M. Nilsson, Empar Lurbe and Stephane Laurent. Синдром раннего старения сердца // «Ліки України» №4(130) / 2009, 44-51. http://www.health-medix.com/articles/liki_ukr/2009-07-01/44-51.pdf

⁴ P. Gosse. Ambulatory monitoring of QKD to access arterial distensibility. 2nd International Congress of Nephrology in Internet: <http://www.uninet.edu/cin2001/html/conf/gosse/gosse.html>

⁵ Mitchell GF, Parise H, Benjamin EJ, Larson MG, Keyes MJ, Vita JA, Vasan RS, Levy D. Changes in arterial stiffness and wave reflection with advancing age in healthy men and women: the Framingham Heart Study // Hypertension. 2004; 43: 1239–1245. <http://hyper.ahajournals.org/cgi/content/full/43/6/1239>

⁶ London G, Guerin A, Pannier B, Marchais S, Benetos A, Safar M: Increased systolic pressure in chronic uremia. Role of arterial wave reflections. Hypertension 1992;20:10–19. <http://hyper.ahajournals.org/cgi/reprint/20/1/10>

⁷ Yasmin and M. J. Brown. Similarities and differences between augmentation index and pulse wave velocity in the assessment of arterial stiffness. Q J Med 1999, v. 92, No 10, pp. 595-600. <http://qjmed.oxfordjournals.org/cgi/content/full/92/10/595>.

⁸ G. Germano, S. Angotti, M. Muscolo, et al. The (dP/dt)max derived from arterial pulse waveforms during 24hr blood pressure oscillometric recording. Blood Pressure Monitoring, 1998, v. 3, No 3, pp. 213-216.

-
- ⁹ Luc M Van Bortel; Stephane Laurent; Pierre Boutouyrie; Phil Chowienczyk; J K Cruickshank; Tine De Backer; Jan Filipovsky; Sofie Huybrechts; Francesco U S Mattace-Raso; Athanase D Protogerou; et al. Expert consensus document on the measurement of aortic stiffness in daily practice using carotid-femoral pulse wave velocity. *J. Hypertens.* 30, 445 (2012).
http://journals.lww.com/jhypertension/Abstract/2012/03000/Expert_consensus_document_on_the_measurement_of_1.aspx
- ¹⁰ Ian B. Wilkinson et al. Heart Rate Dependency of Pulse Pressure Amplification and Arterial Stiffness. *Am J Hypertens* (2002) 15, 24–30. <http://www.nature.com/ajh/journal/v15/n1/full/ajh20025a.html>
- ¹¹ Avolio AP, van Bortel LM, Boutouyrie P, Cockcroft JR, McEniery CM, Protogerou AD, Roman MJ, Safar ME, Segers P, Smulyan H. Role of pulse pressure amplification in arterial hypertension: experts' opinion and review of the data. *Hypertension*. 2009;54:375–383. <http://hyper.ahajournals.org/cgi/content/full/54/2/375>
- ¹² Jun Sugawara, Koichiro Hayashi, Takashi Yokoi, Hirofumi Tanaka. Carotid–femoral pulse wave velocity: Impact of different arterial path length measurements. *Artery Research*. 2010; 4:27-31
http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B8H12-4XVH5CK-1&_user=10&_coverDate=03%2F31%2F2010&_rdoc=7&_fmt=high&_orig=browse&_srch=doc-in-fo%28%23toc%2342510%232010%23999959998%231772118%23FLA%23display%23Volume%29&_cdi=42510&_sort=d&_docanchor=&_ct=7&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=455009f5e6778f6d4d4368531d8d8b86
- ¹³ Nichols W, O'Rourke M, Vlachopoulos C. McDonald's blood flow in arteries, Sixth Edition: Theoretical, Experimental and Clinical Principles. Boca Raton: CRC Press, 2011
- ¹⁴ Dolan E. et al. Ambulatory Arterial Stiffness Index as a Predictor of Cardiovascular Mortality in the Dublin Outcome Study // *Hypertension* 2006;47:365-370. <http://hyper.ahajournals.org/cgi/reprint/47/3/365>
- ¹⁵ Карпов Ю. А., Сорокин Е. В. Оценка риска осложнений при артериальной гипертензии и сосудистый возраст. Новые инструменты для повышения качества лечения и улучшения взаимопонимания врача и больного. *Атмосфера. Новости кардиологии*. 2015;2:18-24. <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-riska-oslozhneniy-pri-arterialnoy-gipertonii-i-sosudisty-vozrast-novye-instrumenty-dlya-povysheniya-kachestva-lecheniya-i>