



**ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКИЙ ЦЕНТР  
ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

# **АПКО-8-РИЦ**

**АНАЛИЗАТОР  
ПАРАМЕТРОВ СЕРДЕЧНОГО ВЫБРОСА  
И АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ  
ОСЦИЛЛОМЕТРИЧЕСКИЙ**

**Методические  
рекомендации**

**2006 г.**

<b>Содержание</b>	
<b>1. Метод объемной компрессионной осциллометрии (ОКО) в измерении параметров центральной гемодинамики</b>	<b>3</b>
1.1. Параметры центральной гемодинамики и методы их измерения	3
1.2. Метод объемной компрессионной осциллометрии (ОКО)	5
1.3. Клинические испытания прибора АПКО-8-РИЦ	8
<b>2. Исследование центральной гемодинамики с помощью программно-аппаратного комплекса АПКО-8-РИЦ.</b>	<b>13</b>
2.1. Материально-техническое обеспечение метода	13
2.2. Показатели гемодинамики, определяемые с помощью АПКО-8-РИЦ	14
2.3. Методика регистрации показателей кровообращения на АПКО-8-РИЦ	19
<b>3. Диагностическое значение результатов объемной компрессионной осциллометрии</b>	<b>21</b>
3.1. Артериальная гипертензия	21
3.2. Изолированная систолическая гипертензия	24
3.3. Ишемическая болезнь сердца	26
3.4. Пароксизмальная тахикардия	28
3.5. Функциональные пробы	29
3.5.1. Ортостатическая нагрузка	31
<b>Литература</b>	<b>34</b>

## **1. Метод объемной компрессионной осциллометрии (ОКО) в измерении параметров центральной гемодинамики**

### **1.1. Параметры центральной гемодинамики и методы их измерения**

#### **1.1.1 Измерение артериального давления**

Артериальное давление является важнейшим гемодинамическим показателем, характеризующим функциональное состояние сердечно-сосудистой системы, и прежде всего состояние центральной гемодинамики. В свою очередь, уровень АД зависит от количества крови, поступающей в сосудистую систему в единицу времени, емкости сосудистой системы, интенсивности оттока крови через прекапиллярное русло, упругого напряжения стенок сосудов, вязкости крови и других факторов.

В современной медицинской практике применяются как прямые (инвазивные), так и косвенные методы измерения различных показателей, характеризующих динамику центрального кровообращения и состояние кровеносных сосудов. Инвазивные методы – прямая манометрия (ПМ) и методы разведения - используются в основном в реанимации и кардиохирургии, для которых необходима катетеризация сосудистой системы. В большинстве ситуаций клинической и амбулаторной практики применяются различные варианты косвенных методов.

В свою очередь, среди косвенных способов измерения АД наибольшее распространение в медицинской практике получили манжеточные методы: аускультативный и осциллографический.

Аускультативный метод (АМ) был впервые предложен русским военным врачом Н.С.Коротковым в 1905 г. Метод основан на выслушивании кратковременных тонов (звуков), возникающих при постепенном снижении давления в манжете. АМ стал основным при измерении АД в практической медицине во всех странах мира. В результате был накоплен огромный материал, который позволил Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) установить стандартные диапазоны уровней АД для здоровых и больных, что явилось основой для классификации стадий артериальной гипертензии (классификации 1993 и 1999 гг.)

При этом следует отметить, что до сих пор нет единого мнения относительно природы и происхождения тонов Короткова, остаются недостаточно изученными механизмы образования шумов при пережатии артерии.

Наряду с общеизвестными достоинствами (простота и доступность), аускультативный метод имеет и ряд недостатков. К основным недостаткам АМ следует отнести невозможность определения артериального давления в некоторых ситуациях. Так, при наличии явления «бесконечного» тона, когда сосуды продолжают звучать вплоть до нулевого давления в манжете, или акустического пробела, когда сосуды не звучат, АД с помощью АМ не определяется. Чаще всего это наблюдается при интенсивной эмоциональной или физической нагрузке, недостаточности аортального клапана, тиреотоксикозе, потере крови, гипотензивных, шоковых состояниях.

Кроме того, метод Короткова не всегда позволяет с достаточной точностью определить давление при возрастных изменениях эластичности стенок сосудов, нарушении ритма. Существенным недостатком является и то, что метод не

позволяет определить весьма важный показатель - среднее артериальное давление, которое несет ценную физиологическую информацию.

Накоплен также большой объем данных о существенных погрешностях АМ при проведении сравнительных измерений с методом прямой манометрии.

### ***1.1.2. Показатели сердечной деятельности и их измерение***

К числу показателей, характеризующих сердечную деятельность относятся сердечный выброс и сердечный индекс, ударный объем крови и ударный индекс, время изгнания крови левым желудочком, время изометрического сокращения, фракция выброса, конечно-систолический объем, конечно-диастолический объем. На основании их изменений строится диагностика нарушений сердечной деятельности в большинстве случаев.

Точность измерений является определяющей для выбора того или иного метода измерения для обследования больного. Наиболее точными методами измерения показателей сердца являются инвазивные методы – коронарография, вентрикулография, методы разведения (красителя, терморазведения, радиоиндикаторов), метод Фика.

В клинической практике для определения сердечного выброса, а также его фракций, обычно используется метод термодилуции. Его преимущество состоит в возможности многократных измерений показателей, в отличие от метода разведения красителя, при котором происходит медленное выведение краски из организма. К недостаткам инвазивных методов следует отнести риск развития тромбозов, возможность эмболизации при проведении катетеризации, а также ряд ограничений, связанных с патологией правых отделов сердца, при которых измерение может быть некорректным.

Среди неинвазивных методов исследования сердечной деятельности наибольшее распространение получили ультразвуковые (метод Допплера, эхокардиография). Названные методы также имеют и свои преимущества – возможность нетравматического определения важных сердечных показателей, и ограничения – точность определения диаметра сосуда зависит от правильной установки угла наклона УЗ-зонда. Кроме того, при УЗ-методе невозможно проведение измерений в положении сидя или стоя.

К неинвазивным методам исследования следует также отнести импедансную кардиографию, метод измерения пульсового контура периферических артерий. С помощью этих методов определяют ударный объем крови. Проблемы и ограничения этих методов заключаются в том, что здесь не учитывается изменяющаяся податливость артерий, по которым производится измерение, и требуется тщательная калибровка в ходе измерения.

Как правило, на практике для измерения показателей сердечной деятельности применяется одновременно или последовательно несколько видов измерительной аппаратуры.

При этом требуются большие затраты времени на достаточно полное обследование каждого пациента.

### ***1.1.3. Сосудистые показатели и их измерение***

Показатели, характеризующие сосудистую систему, должны отражать состояние упруго-вязких свойств отдельных сосудов и системы в целом и своевременно определять изменение их податливости, которая свидетельствует, в свою очередь, об изменении пропускной способности сосудистой системы.

К таким показателям обычно относятся:

- периферическое сопротивление току крови, отражающее тоническое состояние прекапилляров;
- скорость пульсовой волны, отражающая степень жесткости крупных артерий;
- податливость сосуда, отражающая способность сосуда изменять объем под влиянием изменения давления;
- диаметр артерии в систолу и диастолу.

Следует отметить, что для получения ряда сосудистых показателей требуется одновременное использование нескольких методов. Например, для измерения периферического сопротивления необходимо иметь данные по среднему АД и сердечному выбросу, которые можно получить, используя как инвазивные, так и неинвазивные методы измерения (для АД – прямая манометрия, осциллометрия; для сердечного выброса – термодилуция, красочный метод, ультразвуковой и др.). Для определения податливости сосуда необходимо располагать данными о пульсовом давлении и ударном объеме сердца, которые также возможно получить с помощью не менее 2 методов, требующих различного аппаратного обеспечения.

Для определения такого показателя, как скорость пульсовой волны, в обычной практике необходимо измерение пульсовых колебаний с различных участков сосудистой системы (определяется по времени прохождения пульсовой волны и расстоянию между приемниками пульса), либо измерение давления и объема, что также требует использования разных методов и приборов.

Таким образом, для получения удовлетворительной информации о показателях кровообращения оказывается необходимым наличие нескольких измерительных приборов, причем корректность данных существенно зависит от жесткого соблюдения методологических требований, например, синхронизация применяемых методов (одновременность измерений), калибровка сигналов и т.д.

Поэтому возможность одномоментного получения всего набора указанных показателей с одного аппарата представляет значительный интерес.

## 1.2. Метод объемной компрессионной осциллометрии (ОКО)

Осциллометрический метод (ОМ), впервые предложенный в 1878 году Мареем, и в настоящее время используется для измерения артериального давления (АД) у человека на основе различных методических и аппаратных решений. Метод постоянно развивался, о чем свидетельствуют многочисленные публикации в этом направлении. Из них следует выделить работы Реклингаузена и Н.Н.Савицкого, Т.Бринтона, Д.Уолса и Шио-Шин Чио.

В результате развития и усовершенствования осциллометрического метода измерения артериального давления нами получен новый способ регистрации объемных артериальных осциллограмм, отражающий истинные процессы, происходящие в артериальном сосуде под действием изменяющегося давления в пережимной измерительной манжете. Согласно природе регистрируемых сигналов, способ получил название объемной компрессионной осциллографии (ОКО).

Метод ОКО, аппаратно реализованный в приборе АПКО-8-РИЦ (анализатор показателей кровообращения осциллометрический), на основании

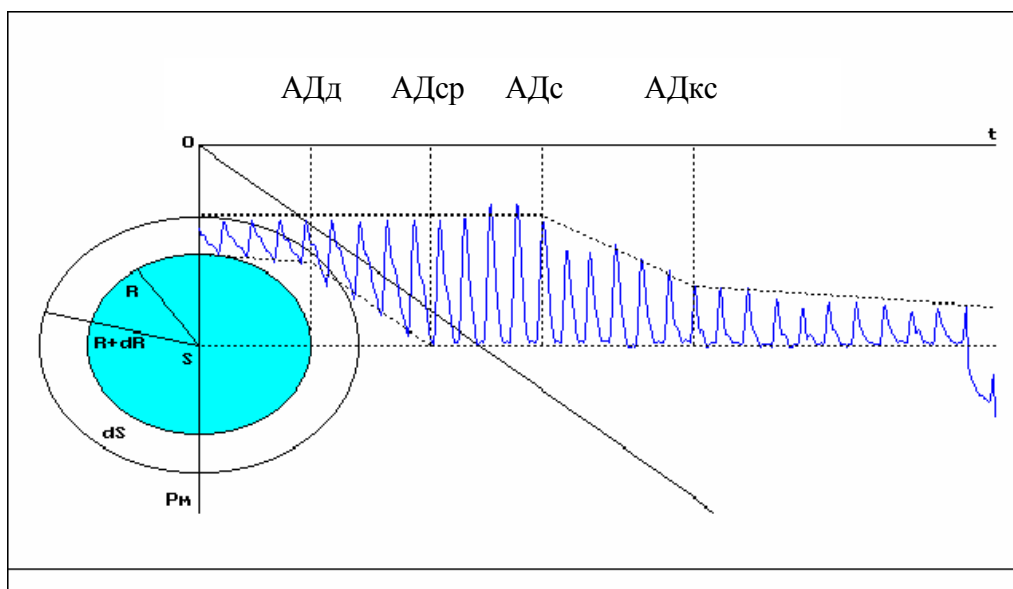
объективного анализа дает возможность одновременно получить информацию о показателях артериального давления (диастолического, среднего, систолического и конечного систолического), величинах минутного и ударного объема крови, а также характеристиках тонического состояния артерий.

Используемые характеристики измерительной системы позволяют регистрировать практически неискаженные процессы, связанные с изменением кровотока и давления в сосуде при взаимодействии с нарастающим давлением в манжете.

В основу метода ОКО положен способ определения изменения объема магистрального артериального сосуда, который осуществляется оригинальной измерительной системой. Способ и система его реализации в программно-аппаратном комплексе АПКО-8-РИЦ дает возможность определить не только показатели АД, но и геометрические размеры сосуда, изменяющегося под действием пульсирующего тока крови. Это, в свою очередь, позволяет с высокой достоверностью определить расчетным путем целый ряд параметров сердечной деятельности и показателей состояния сосудистой системы.

Принцип определения показателей гемодинамики основан на сравнении изменений мгновенных значений давления в измеряемом сосуде с нарастающим давлением в измерительной манжете, абсолютные значения которого регистрируются одновременно с осциллометрической кривой артериального пульса. На рис 1 представлено формирование осциллометрической кривой артериального сосуда при нарастании давления в манжете.

Взаимодействие давлений в сосуде и в манжете приводит к формированию объемной осциллометрической кривой артериального пульса, закономерность появления признаков артериального давления на которой непосредственно связана с изменением объема измеряемого сосуда



**Рис 1. Формирование осциллограммы при нарастании давления в манжете**

Объемная компрессионная осциллограмма имеет общий характерный рисунок и закономерное развитие. Наряду с этим на кривой могут быть зафиксированы и индивидуальные визуальные признаки изменяющегося состояния обследуемого.

Как видно из рис. 1, амплитуда пульсовых волн кривых давления на осциллометрической кривой пропорциональна изменяющейся площади поперечного сечения сосуда (S).

Диастолическая часть ОКО по мере нарастания давления в манжете смещается вниз. В точке начала ухода кривой вниз давление в пережимной манжете (Рм) уравнивается с диастолическим (АДд) в сосуде и при каждом очередном сокращении сердца превосходит его на все большую величину, уменьшая просвет артерии во время диастолы.

При каждой очередной систоле давление в артерии вновь становится выше давления в манжете и просвет артерии полностью восстанавливается. Начиная с точки, совпадающей со средним динамическим (АДср) давлением, ее просвет в диастоле полностью закрывается. Закрытие просвета в артерии совпадает с истинным систолическим (АДс) давлением.

У лиц с нормальным или близким к нему АД, АДс соответствует последняя максимальная осцилляция, после которой начинается уменьшение их амплитуды во время систолы. Дополнительными признаками АДс является максимальная скорость раскрытия просвета после поступления в нее очередной порции крови и ее закрытие при прохождении крови на периферию.

Конечному систолическому давлению (АДкс) соответствует точка выраженного замедления снижения амплитуды осцилляций. С этого момента они уже не отражают изменения просвета артерии под действием нарастающего давления в пережимной манжете, и являются результатом бокового удара каждой очередной порции крови в сосуде о проксимальный край манжеты.

АД систолическое есть истинное систолическое давление, которое действует на боковую стенку сосуда в момент систолы, тогда как конечное систолическое давление - есть величина суммарная, состоящая из потенциальной и кинетической энергии струи крови, и представляет собой АД истинное систолическое плюс ударное давление, которое создается при внезапном появлении препятствия перед движущимся потоком крови, когда сосуд пережат.

В сущности, конечное систолическое давление, которое измеряется при пережатии сосуда - это величина, созданная методом, и представляет собой сумму АДс и давления гемодинамического удара, которое является результатом действия прироста давления при каждой пульсации уже сжатого сосуда.

Таким образом, метод ОКО позволяет надежно разделить указанные понятия и определить АД систолическое и давление гемодинамического удара или АД ударное (АДуд). Кроме этого, располагая систолическим давлением, мы имеем возможность получить реальное пульсовое давление (АДп).

Следует подчеркнуть, что метод ОКО позволяет измерять (а не вычислять) АДср, что является ценным преимуществом перед многими другими методами. Международный комитет по инструментальным методам измерения рекомендует разработчикам методов измерения АД указывать возможности приборов по части измерения АДср.

Далее, по величинам амплитудных значений пульсовых волн осциллометрической кривой определяется площадь S поперечного сечения сосуда в фазе систолы и в фазе диастолы. Для определения приращения dS площади поперечного сечения этого сосуда в фазе систолы измеряется амплитуда ("a") пульсовой кривой в точке диастолического давления. Для определения суммарной площади поперечного сечения в фазе систолы и диастолы (S+dS) измеряется амплитуда ("A") осцилляции в точке среднего давления. Таким образом, амплитуда "a" пропорциональна площади поперечного сечения сосуда в фазе систолы, а амплитуда "A" - сумме площадей в фазах систолы и диастолы.

Любая осциллометрическая кривая развивается по описанной выше закономерности, связанной с пульсирующим потоком крови и линейно изменяющимся давлением в манжете.

По основным показателям кровообращения – среднему и пульсовому давлению, просвету сосуда и скорости кровотока – программным обеспечением прибора АПКО-8-РИЦ рассчитываются показатели гемодинамики: сердечный выброс, ударный объем крови, периферическое сопротивление сосудов току крови.

### **1.3. Клинические испытания прибора АПКО-8-РИЦ**

Задачей испытаний было получение статистически достоверных данных о соотношении результатов измерения параметров АД, характеристик сердечной деятельности и сосудистых показателей осциллометрическим методом, реализованным в приборе АПКО-8-РИЦ и рядом стандартных методов. В первую очередь, необходимо было показать наличие систематического соответствия между результатами измерений АД на АПКО-8-РИЦ и результатами измерений АД по аускультативному методу.

Что касается расходных характеристик, то, по мнению Дж.Конвея, неинвазивные методы определения сердечного выброса (Допплеровский, радионуклидный, импедансный, эхокардиографический, анализ контура пульсовой волны) могут быть рекомендованы для клинической практики в том случае, если они проверены параллельным измерением со стандартными инвазивными техниками – методами Фика и разведения. Очень важно, отмечает автор, что для сравнения необходимо использовать те методы, которые измеряют одинаковые величины, например, сердечный выброс, а применение для сравнения метода, измеряющего ударный объем для верификации сердечного выброса другого метода не совсем корректно. так как между ними возможно существование ложной корреляции, поскольку сердечный выброс линейно связан с частотой сердечных сокращений.

Таким образом, для процедуры оценки ОКО как метода измерения параметров центральной гемодинамики является существенным требованием сопоставлять его как с методами, измеряющими те или иные виды АД, так и с методами, определяющими именно минутный объем или расход крови. Поэтому в качестве основного референтного метода выбран метод термодиллюции, так как он, во-первых измеряет расход крови, а во-вторых, время формирования кривой разведения термоинъектата совпадает со временем формирования основных признаков на осциллометрической кривой по методу ОКО, и таким образом соблюдается методологическая корректность сопоставления.

#### ***1.3.1. Результаты одновременного измерения сердечного выброса (СВ) методами ОКО и термодиллюции (МТ)***

Для верификации сердечного выброса сердца, измеренного неинвазивным способом на аппарате АПКО, использовался метод термодиллюции (МТ). Манжета устанавливалась на плече обследуемого на уровне средней подмышечной линии. Термодиллюция проводилась общепринятым методом – охлажденный раствор вводился в правое предсердие, термистор находился в легочной артерии. Кривая разведения обрабатывалась автоматически. Регистрация осциллограмм проводилась одновременно с измерением минутного объема по термодиллюции.

Сравнительные измерения проводились в процессе плановых обследований в отделениях кардиологической реанимации ГВКГ им. Бурденко,



рентгено-функциональной диагностики НИИ трансплантологии и искусственных органов МЗ РФ и неотложной кардиологии Городской клинической больницы №59 г.Москвы. Всего было обследовано 58 больных в возрасте от 18 до 81 года. Обследованные больные имели различную сердечно-сосудистую патологию: инфаркты миокарда, постинфарктный кардиосклероз, гипертоническая болезнь. Получено 368 параллельных регистраций. По возрасту больные распределились: до 35 лет – 13%, от 36 до 54 лет – 42%, от 55 и выше – 45%.

На рис.2А и 2Б представлены результаты сравнения СВ, определенного по ОКО и МТ. Различия составляли в среднем 0,22 л/мин. при коэффициенте корреляции 0,88.

### ***1.3.2. Результаты одновременного измерения АД по ОКО и прямой манометрии (ПМ)***

Сопоставление данных, измеренных по указанным методам, выполнено в отделении рентгено-функциональной диагностики НИИ трансплантологии и искусственных органов МЗ РФ под руководством Честухина В.В. Объем материала и его обработка соответствовали рекомендациям Американского стандарта (ANSI/AAMI, 1987) по медицинским инструментальным методам измерения.

Катетеризация проводилась общепринятым методом (по Селдингеру) путем чрескожной пункции бедренной артерии, введения катетера в участки дуги аорты и продвижения его в плечевую артерию; катетер устанавливался на 2-3 см выше проксимального края плечевой пережимной манжеты. ОАО и кривая давления в артерии регистрировались одновременно.

Одновременная регистрация ОКО и кривых давления по ПМ проведена у 32 пациентов в возрасте от 23 до 55 лет. Проведено 157 параллельных измерений АД – диастолического, среднего и систолического. Распределение обследуемых по возрасту было следующим: до 35 лет – 7%, от 35 до 54 лет – 35%, старше 54 лет – 58%. Результаты сопоставления показателей АД этими методами представлены на рис.3. Как видно из рисунков, средняя разница составила:

- по величине АДд – 2.23 мм рт.ст. при коэффициенте корреляции 0,94;
- по величине АДср – 1.58 мм рт.ст, коэффициент корреляции 0,95;
- по величине АДс – 2.13 мм рт.ст, коэффициент корреляции 0,96;

### ***1.3.3. Результаты сравнения измерений АД методом ОКО и аускультативным методом (АМ)***

Работа проводилась на базе городской клинической больницы №61 г.Москвы. Тоны Короткова выслушивались одновременно двумя врачами с помощью сдвоенного фонендоскопа. До начала исследования врачи прошли аудиометрию, подтвердившую отсутствие у них нарушений слуха. Данные по методу ОКО на аппаратуре АПКО регистрировал и расшифровывал третий специалист, сопоставление велось двойным слепым методом.

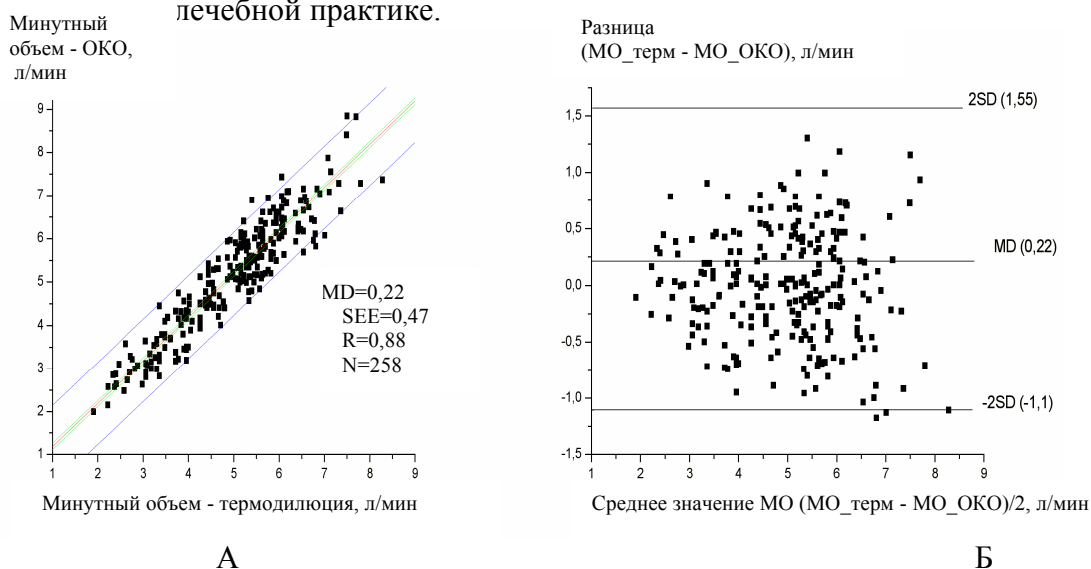
Всего проведено 865 сравнительных измерений методом ОКО и АМ у 170 пациентов в возрасте от 16 до 84 лет. Как показали результаты, АДд по АМ оказалось в среднем выше на 15 мм рт.ст., а АДс, напротив, ниже на 7 мм рт.ст. (см. рис. 6 и рис. 7), что соответствует литературным данным о соотношении указанных методов.

Более высокие значения АДд, измеренные по АМ, предположительно объясняются тем, что для появления тонов необходимо выраженное сужение

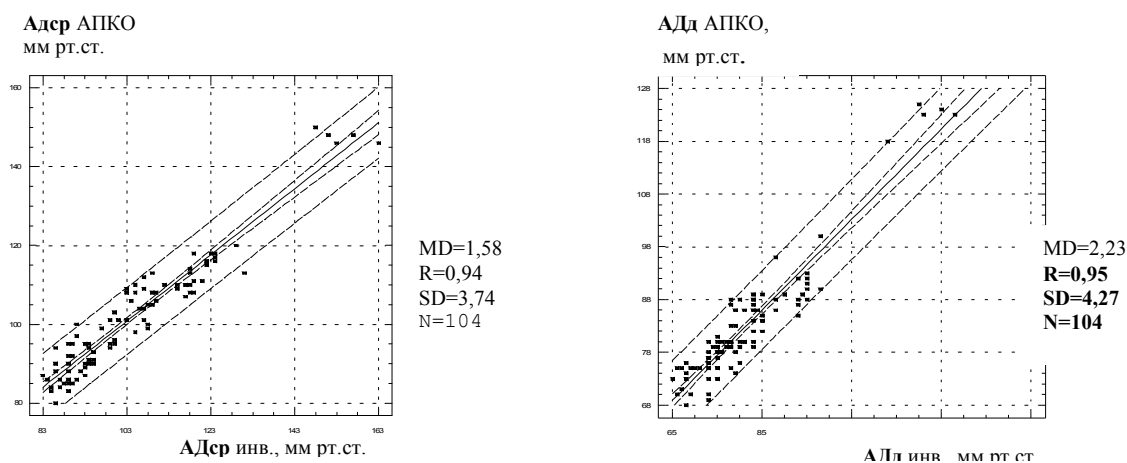
просвета артерии. Оно способствует ускорению тока крови на участке артерии, сдавленной манжетой, и превращению ламинарного течения в турбулентное, сопровождающееся шумовыми эффектами ниже манжеты.

Сопоставление результатов измерения АД методами ОКО и АМ позволило определить уровни АДд и АДс (по ОКО), соответствующие классификации ВОЗ уровней АД по аускультативному методу. Кроме этого, расширенные возможности ОКО по определению других показателей АД позволяют аналогичным образом классифицировать категории уровней АД и по АДср, АДп и АДуд. (см.таблицу 1.)

Таким образом, гемодинамические параметры, полученные методом ОКО, являются достоверными и могут быть использованы врачом при оценке состояния сердечно-сосудистой системы как при экстренных ситуациях, так и в лечебной практике.



**Рис.2. Результаты одновременного сравнения сердечного выброса (минутного объема) кровообращения методами объемной компрессионной осциллометрии и инвазивным (термодилуция) методами (А - линии регрессии между методами, Б – Bland@Altman метод оценки согласия данных).**



**Рис.3. Результаты сравнения диастолического АД (АДд) и среднего АД (АДср) неинвазивным осциллометрическим (АПКО-8-РИЦ) и инвазивным методами.**

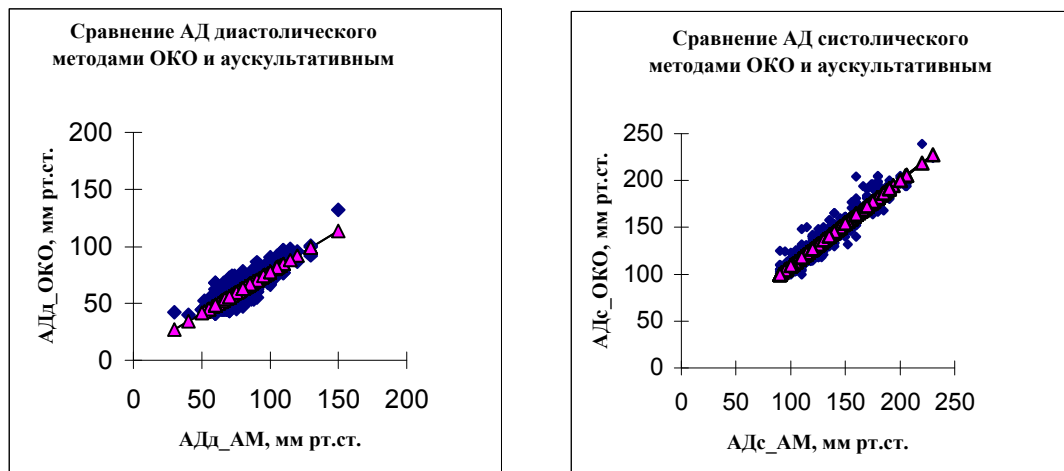


Рис. 4. Результаты сравнения измерений АД методом ОКО и аускультативным методом

\* Если уровень систолического и диастолического давления попадают в различные классификационные категории, то необходимо выбрать более высокую категорию

Категория*		АД по аускультативному методу (ВОЗ,1999)		АД по методу ОКО (АПКО-8-РИЦ)					
		Систолич., мм рт. ст.	Диастолич., мм рт.ст.	конечное систолич., мм рт.ст.	Систолич., мм рт.ст.	Среднее, мм рт.ст.	Диастолич., мм рт.ст.	Пульсовое, мм рт.ст.	Ударное, мм рт.ст.
Норма	Оптимальная	<120	<80	<126	<91	<82	<57	<34	<35
	Нормальная	<130	<85	<142	<101	<90	<67	<36	<38
	Повышенная нормальная	130-139	85-89	142-153	101-109	90-97	67-71	36-40	38-44
Гипертензия	1 степень гипертензии (мягкая)	140-159	90-99	154-169	110-121	98-107	72-79	41-43	45-48
	2 степень гипертензии (умеренная)	160-179	100-109	170-189	122-137	108-114	80-87	44-50	49-52
	3 степень гипертензии (тяжелая)	>=180	>=110	>=190	>=138	>=115	>=88	>50	>52
	Изолированная Систолическая гипертензия	>=140	<90	>=154	>=110	<98	<72	>38	>44

## **2. Исследование центральной гемодинамики с помощью программно-аппаратного комплекса АПКО-8-РИЦ.**

### **2.1. Материально-техническое обеспечение метода**

Анализатор показателей кровообращения осциллометрический (АПКО-8-РИЦ) дает возможность проводить комплексное неинвазивное исследование сердечно-сосудистой системы на основе метода ОКО.

Анализатор АПКО-8-РИЦ состоит из измерительного блока, который через последовательный интерфейс подключается к IBM-совместимому компьютеру, измерительной манжеты и программного обеспечения. Измерительная система анализатора состоит из пневматических и электронных узлов: компрессионного устройства с системой управления набором и сбросом давления, преобразователя пневматических сигналов в электрические, канала усиления осциллографических сигналов и сигналов величины давления в измерительной манжете. Питание измерительного блока осуществляется от сети переменного блока  $220\pm 22\text{В}$ , 50Гц, пределы основной допускаемой погрешности при измерении давления в компрессионной манжете в диапазоне от 10 до 300 мм рт.ст. равны  $\pm 3$  мм рт.ст., время компрессии манжеты зависит от артериального давления пациента и равно 20...60с.

АПКО-8-РИЦ обеспечивает: управление работой в диалоговом режиме, работу в автоматическом и полуавтоматическом режимах, документирование результатов обследования и создание Базы Данных пациентов.

Анализатор позволяет регистрировать практически неискаженные объемные сигналы пульсовых волн в магистральных артериях, преобразуемые измерительной системой в сигналы давления в сосуде, изменяющегося под действием линейного нарастания давления в пережимной манжете. Это дает возможность, используя только один метод измерения, с высокой точностью определить не только все показатели артериального давления, но и впервые осциллометрическим методом получить величины сердечного выброса и ударного объема крови, а также характеристики состояния стенок магистрального сосуда (просвет сосуда, периферическое сопротивление, податливость).

Использование измерительной системы с прямолинейной амплитудно-частотной характеристикой канала осциллографических сигналов позволило воспроизвести истинные объемные сигналы пульсации артерии при прохождении через нее крови при каждом сокращении сердца. Получаемая осциллограмма дает информацию не только об артериальном давлении, но и о площади поперечного сечения сосуда в фазе систолы и диастолы, что позволяет определить осциллометрическим методом расход крови.

Метод ОКО, реализованный в аппаратуре АПКО-8-РИЦ, прошел клиническую апробацию на практически здоровых лицах, на пациентах с различной патологией сердечно-сосудистой системы во время амбулаторного наблюдения, во время фармакологической коррекции, во время реанимационных мероприятий.

На полученной осциллометрической кривой автоматически определяются признаки четырех параметров артериального давления: диастолического (ДАД), среднего (СрАД), систолического (САД) и конечного систолического (САДк). По величинам амплитуд пульсовых волн на осциллометрической кривой определяется просвет магистрального сосуда конечности в фазе систолы и диастолы нагруженного и ненагруженного сосуда. К достоинствам метода

следует отнести: полную безопасность, простоту съема информации, информативность, наглядность, возможность автоматизированного анализа осциллометрической кривой.

АПКО-8-РИЦ предназначен для использования в медицинской практике и успешно применяется в отделениях клиник:

- кардиологических - для диагностики, лечения и профилактики сердечно-сосудистых заболеваний и оценки эффективности лечебных мероприятий
- реанимационных и интенсивной терапии - для контроля за действием лекарственных препаратов и доз их введения
- терапевтических - для правильного выбора лекарственных препаратов при лечении артериальной гипертензии и ряда других заболеваний
- функциональной диагностики

## 2.2. Показатели гемодинамики, определяемые с помощью АПКО-8-РИЦ

### 2.2.1 Показатели артериального давления

**Диастолическое давление (ДАД)** – наиболее низкое давление, установившееся в артериальной системе к концу диастолы. Его высота зависит от степени проходимости и величины оттока крови через систему капилляров, от частоты сердечных сокращений. В норме ДАД составляет 50-71 мм рт.ст.

Повышение ДАД более неблагоприятный признак, чем повышение САД.

**Среднее давление (СрАД)** – интегральная величина всех видов давления, отражает их средний уровень в течение полного сердечного цикла. Это движущая сила кровотока. Величина СрАД довольно устойчива.

. Более резкие колебания свидетельствуют о нарушении регуляции или об органическом заболевании сердечно-сосудистой системы. В отличие от здоровых при артериальной гипертензии при ригидных сосудах АД<sub>ср</sub> чаще ближе к АД<sub>д</sub>, чем к САД. При более эластичных сосудах АД<sub>ср</sub> ближе к САД. Этот показатель широко используется для дифференциации НЦД гипертензивного типа от гипертонической болезни.

У здоровых людей оно колеблется в пределах 75-97 мм рт.ст. В норме его отклонения не превышают  $\pm 10$  мм рт.ст

**Систолическое давление (САД)** – давление, которое растягивает внутреннюю поверхность сосудистой стенки во время систолы. Оно соответствует моменту, когда в сжимаемый сосуд проникает максимально возможный объем крови, изгоняемый при наибольшей скорости. Среди неинвазивных методов определения его величины существуют всего два - тахоосциллографический метод Савицкого и ОКО.

Клиническое значение АД<sub>с</sub> заключается в том, что по его уровню можно определить истинное значение пульсового давления, являющимся важным индикатором для оценки кровообращения и, в частности, сердечного выброса.

В норме САД равно 86 – 109 мм рт.ст.

**Конечное систолическое давление (КСАД)** – наибольшая величина артериального давления во время систолы, это величина суммарная, состоящая из потенциальной и кинетической энергии струи крови, и представляет собой АД систолическое и ударное давление, которое создается при внезапном появлении препятствия перед движущимся потоком крови, когда сосуд пережат.

Изменение АД<sub>кс</sub> зависит от сократительной функции миокарда, систолического объема крови, состояния эластичности сосудистой стенки, ЧСС, величины гемодинамического удара.

В сущности конечное систолическое давление, которое измеряется при пережатии сосуда - это величина созданная методом и представляет собой сумму САД и давления гемодинамического удара, которое является результатом действия прироста давления при каждой пульсации, когда сосуд закрыт. Метод ОКО позволяет надежно разделить понятия и определить АД систолическое и давление гемодинамического удара или АД ударное (АДуд). В норме КСАД составляет 116-153 мм рт.ст.

**Ударное давление (АДуд)** – разница между КСАД и САД. Под АДуд понимают прирост давления крови, протекающей в сосуде в момент быстрого закрытия его просвета, при этом кинетическая энергия движущейся массы жидкости превращается в энергию давления. Величину АДуд определяют объем движущейся крови, состояние стенок артериальных сосудов, скорость движения крови, функциональное состояние прекапиллярного русла. Прирост давления будет тем больше, чем более ригидна сосудистая стенка и тем выше скорость распространения пульсовой волны. Резкое его повышение свидетельствует о серьезном нарушении тонического состояния сосудистого русла.

В покое у здоровых людей АДуд равно 30-44 мм рт.ст.

**Пульсовое давление (АДп)** – разница между САД и ДАД. По величине АДп судят о состоянии сократительной способности сердца. Чем больше крови выбрасывается в сосудистое русло, тем выше АДп. Увеличение его в большинстве случаев рассматривается как признак неблагоприятный. Наблюдается это при гипертонии; при понижении ДАД, обусловленном недостаточностью клапанов аорты, и при гипертиреозе; полной атриовентрикулярной блокаде. Уменьшение АДп происходит чаще всего при снижении САД – при недостаточности кровообращения, инфаркте миокарда, стенозе устья аорты, перикардите.

В норме оно равно 25-40 мм рт.ст.

### **2.2.2 Показатели, характеризующие сердечную деятельность**

**Сердечный выброс (СВ)** или минутный объем (МО) – количество крови, выбрасываемое сердцем в аорту в течение одной минуты. СВ прямо пропорционален массе циркулирующей крови и скорости кровотока. Сердечный выброс зависит от ударного объема крови, частоты сердечных сокращений, а также от возраста, пола, веса тела, степени физического напряжения, температуры окружающей среды.

Увеличение СВ наблюдается при физических нагрузках, эмоциональном напряжении, обильном приеме жидкости, высокой температуре окружающего воздуха, а также при ряде патологических состояний – эмфиземе легких, анемиях, базедовой болезни, нейроциркуляторной дистонии.

Снижение СВ отмечается при массивной кровопотере, кровопускании, шоке, инфаркте миокарда, миокардите, левожелудочковой недостаточности.

В норме СВ составляет  $5,0 \pm 1,5$  л/мин.

Величина его оценивается по отклонению от диапазона индивидуальной нормы для каждого обследуемого

**Сердечный индекс (СИ)** – величина сердечного выброса, отнесенная к поверхности тела. СИ индивидуально характеризует состояние кровообращения, это нормированная к росту и весу обследуемого величина сердечного выброса.

В норме СИ составляет  $3,0 \pm 1,0$  л/мин/м<sup>2</sup>.

Величина его оценивается по отклонению от диапазона индивидуальной нормы для каждого обследуемого.

**Ударный объем (УО)** – количество крови, выбрасываемое при каждом сердечном сокращении. Величина УО формируется силой сердечных сокращений, частотой сердечных сокращений, величиной венозного возврата, податливостью сосудистой системы.

В норме он равен  $70 \pm 20$  мл.

Величина его оценивается по отклонению от диапазона индивидуальной нормы для каждого обследуемого

**Ударный индекс (УИ)** – УО, отнесенный к единице поверхности тела, это нормированная к росту и весу обследуемого величина ударного выброса.

В норме УИ равен  $40 \pm 10$  мл/м<sup>2</sup>.

Величина его оценивается по отклонению от диапазона индивидуальной нормы для каждого обследуемого

**Частота сердечных сокращений (ЧСС)** – показатель сердечного ритма.

В норме ЧСС колеблется в пределах 60 –90 уд./мин. Однако наблюдается более редкий ритм (брадикардия), когда ЧСС меньше 60 уд./мин, и более частый ритм (тахикардия), когда ЧСС превышает 90 уд./мин. Ритм сердечных сокращений обычно правильный (синусный). Изменения его могут наблюдаться при некоторых патологических состояниях сердца (экстрасистолия, мерцательная аритмия, блокада). Они могут быть обусловлены наличием очагов раздражения в самом миокарде, в области предсердного или желудочкового водителей ритма.

### 2.2.3 Сосудистые показатели

**Диаметр плечевой артерии (Дарт)** – диаметр просвета сосуда в фазе диастолы.

Величина просвета влияет на скорость кровотока. Служит индикатором изменения податливости сосуда при ишемических и фармакологических пробах

В норме составляет 0,3 –0,6 см.

**Податливость плечевой артерии (Парт)** – характеристика эластических свойств артериальной стенки, ее способности изменять объем под действием изменяющегося давления. Определяется как величина, обратная модулю упругости измеряемого сосуда:  $\text{Парт} = 1/E$ , где E – модуль упругости сосудистой стенки.

Податливость зависит от уровня АД среднего и систолического, возраста обследуемого. При артериальной гипертензии и у лиц пожилого возраста



отмечается снижение податливости сосудистой стенки. С другой стороны, само увеличение АД может быть результатом структурных изменений в сосудистой стенке (гипертензия, атеросклероз, гипертрофия гладкой мышечной стенки сосуда), ведущих к увеличению жесткости или потере податливости.

Пределы колебаний составляют 0,03-0,3 мл/мм рт.ст.

**Линейная скорость кровотока (СКлин)** - скорость продвижения крови по сосуду с определенным просветом. Зависит от ударного объема крови, величины пульсового давления, растяжимости сосудистой стенки, сердечного выброса, диаметра сосуда.

В норме СКлин составляет  $90 \pm 30$  см/сек.

**Скорость пульсовой волны (СПВ)** – характеристика упруго-вязкого состояния сосуда и его тонуса. СПВ зависит от растяжимости сосудов и от соотношения толщины сосудистой стенки к его радиусу. Чем ригиднее сосуд, тем больше СПВ. Увеличение ее отмечают при гипертонической болезни, атеросклерозе, уменьшении растяжимости сосудистой стенки. С возрастом эластичность сосудов снижается и СПВ возрастает. Резкое падение СПВ может наблюдаться при снижении тонуса сосудистой стенки, аортальной недостаточности.

В норме ее величина лежит в пределах от 500 до 900 см/сек.

Величина ее оценивается по отклонению от диапазона индивидуальной нормы для каждого обследуемого

**Податливость сосудистой системы (ПСС) или системная податливость** – ответная, согласованная с артериальным давлением пропускная способность артериального русла крупных артерий. Это податливость центральных артерий сосудистой системы (компрессионной камеры) Определяется как отношение изменения объема к изменению давления –  $PCC = UO/ADп$ , где  $UO$  = ударный объем крови в см<sup>3</sup>,  $ADп$  – пульсовое давление в мм рт.ст. ПСС функционально согласована с АД и ударным выбросом, а также с изменением эластичности сосудов.

Пределы колебаний ПСС – 0,3-3,0 мл/мм рт.ст.

Величина ее оценивается по отклонению от диапазона индивидуальной нормы для каждого обследуемого

**Общее сопротивление периферических сосудов (ОСПС)** – сопротивление артериол (резистивных сосудов) току крови, его величина определяется степенью проходимости прекапиллярного русла. ОСПС во взаимосвязи с уровнем СВ поддерживает относительное постоянство СрАД. ОСПС при физических нагрузках понижается при практически неизменном СрАД, при артериальной гипертензии оно значительно повышается.

Пределы колебаний ОСПС достаточно широки -  $1100-2100$  дин\*с\*см<sup>-5</sup>.

Для индивидуальной оценки состояния сопротивления прекапиллярного русла целесообразно использовать удельное периферическое сопротивление.

**Удельное сопротивление периферических сосудов фактическое (УСПСф)** – это сопротивление резистивных сосудов, отнесенное к поверхности тела, которое устанавливается в условиях покоя, т.е. при фактических СрАД и СИ, и рассчитывается по формуле:

$$УСПСф = СрАД / СИ$$

В норме УСПСф составляет 35-45 условных единиц.

**Удельное сопротивление периферических сосудов рабочее (УСПСр)** – сопротивление резистивных сосудов, которое должно было бы быть при фактическом СИ, при сохранении должной величины СрАД. УПСр отражает оптимальное состояние сопротивления, которое соответствовало бы данному сердечному индексу при сохранении должных величин АДср, и рассчитывается по формуле:

$$\text{УСПСр} = \text{СрАД} / \text{СИ}, \text{ где } \text{СрАД} = 72,4 + 0,36 * \text{возраст}$$

**Оценка проходимости периферических сосудов (ОППС)** – величина, отражающая уровень соответствия сопротивления периферических сосудов сердечному выбросу, и определяется как  $\text{УСПСф} / \text{УСПСр} * 100\%$ . Позволяет судить об особенностях ответной реакции периферических сосудов на изменение сердечного выброса.

В норме  $\text{УСПСф} / \text{УСПСр}$  должно находиться в пределах 85-115%, превышение или снижение этого диапазона свидетельствует о констрикторной или дилататорной реакции периферических сосудов, соответственно.

### 2.3. Методика регистрации показателей кровообращения на АПКО-8-РИЦ

Исследования кровообращения на АПКО могут проводиться в условиях покоя, после функциональных нагрузочных проб, при определении эффективности действия фармакологических препаратов, подборе их индивидуальной дозировки и т.д.

Требования к условиям проведения измерений в целом совпадают со стандартными требованиями, предъявляемыми к условиям регистрации по другим методам – в частности, по АМ.

При регистрации в условиях покоя, не связанной с проведением нагрузочных проб, обследуемый перед началом регистрации должен находиться в полном покое в положении лежа или сидя не менее 10 минут. В течение 1 часа перед измерением АД обследуемый не должен курить, употреблять тонизирующие напитки, принимать препараты быстрого и кратковременного действия (за исключением тех случаев, когда специальным предметом исследования является фармакодинамика).

На левое плечо обследуемого накладывается соединенная с измерительным блоком пережимная измерительная манжета, поставляемая в комплекте с прибором АПКО-8-РИЦ. Особое внимание следует обратить при этом на правильный выбор типоразмера манжеты - в соответствии с окружностью плеча. Допускается наложение манжеты поверх легкой одежды (рубашка, тонкий свитер). Середина манжеты должна находиться на уровне 4-го межреберья, а середина приемной камеры манжеты – над проекцией плечевой артерии. Нижний край манжеты должен быть на 2,5 см выше локтевой ямки. Положение руки обследуемого должно обеспечивать нахождение манжеты на уровне сердца, рука должна опираться на твердую поверхность, лежать спокойно и без напряжения.

Далее проводят регистрацию (согласно Инструкции по применению) от 1 до 3 осциллограмм, с интервалом между измерениями не менее 2 минут. Во время измерения с помощью программного обеспечения прибора в течение 30-50 секунд встроенным компрессором создается линейно нарастающее давление в диапазоне приблизительно от 0 до 300 мм рт.ст. (в зависимости от уровня АД у конкретного пациента), далее в определенный момент (также зависящий от величины артериального давления обследуемого) происходит автоматическое прекращение компрессии.

Важно, чтобы в течение всего периода измерения (30-60 секунд) пациент не делал резких движений и не разговаривал – возникающие при этом посторонние колебания, особенно в первые 10-15 секунд, могут внести искажения в общий характер осциллографической кривой, так что для уточнения результатов потребуется повторное измерение.

В том случае, если врач считает необходимым сделать подряд серию замеров на приборе АПКО, следует выдерживать 2-минутный интервал между измерениями (между моментом завершения одного и моментом начала следующего).

В течение всего периода компрессии регистрируется осциллометрическая кривая артериального пульса, имеющая закономерное развитие и отражающая изменение объема сосуда, зависящего от характеристик пульсирующего тока крови.

Измеренные и рассчитанные по методу ОКО показатели состояния системы кровообращения отображаются на мониторе компьютера, а также заносятся в электронную базу данных, где хранится вся информация о зарегистрированных пациентах, и могут быть в любое время распечатаны в виде стандартизованного протокола.

В отдельных нетипичных случаях, предусмотренных инструкцией, допускается ручная корректировка полученной осциллограммы после измерения, с последующим сохранением в базе данных откорректированного результата.

### 3. Диагностическое значение результатов объемной компрессионной осциллометрии

Комплексное исследование кровообращения позволяет более полно представить характер и глубину развивающихся нарушений у больного, а также оценить динамику этих изменений до и во время применяемого лечения.

Предлагаемый метод может использоваться как в диагностических целях, так и при контроле адекватности лечения.

Показана его высокая информативность для оценки эффективности фармакологических средств, при индивидуальном подборе лекарств, их действия и последствии, вместо инвазивного, когда требуется экстренная информация о таких важных показателях, как артериальное давление и сердечный выброс, а проведение катетеризации требует подготовки больного или нежелательно.

Иллюстративным материалом в настоящем разделе служит графическое представление результатов измерений в различных ситуациях на экране компьютера

#### 3.1. Артериальная гипертензия

Какими бы ни были этиология и патогенез артериальной гипертензии, непосредственной причиной повышения АД является несоответствие между объемом крови, поступающей в артериальное русло, и его емкостью. Наиболее часто это связано со спазмом артериол и повышением сопротивления току крови. Критерием несоответствия является разница между величинами УПСф и УПСр, которая не должна превышать  $\pm 15\%$ . Помимо их расчета и сопоставления с текущей величиной СВ, одним из наиболее достоверных и простых критериев эффективности лечения является динамика СрАД.

Комплексное исследование кровообращения на АПКО-8-РИЦ (с сохранением результатов исследования в базе данных) позволяет сравнить динамику показателей во времени, сопоставить эффективность каждого конкретного фармакологического средства или их сочетаний и дозы, и, таким образом, найти оптимальный вариант.

Так, в Городской клинической больнице №50 в терапевтическом отделении применялся программно-аппаратный комплекс АПКО-8-РИЦ при лечении больных с артериальной гипертензией.

У 25 больных в возрасте 25-58 лет в диагнозом артериальная гипертензия (ГБ 2-3 степени) регистрировались гемодинамические показатели на аппаратуре АПКО-8-РИЦ при проведении гипотензивной терапии атеналолом и индивидуальным подключением кордафена и амитриптилина. Влияние препарата наблюдалось в течение 1 месяца.

В результате применяемой терапии у больных произошло снижение давления до нормальных величин. Данные, полученные на аппаратуре АПКО-8-РИЦ, были подтверждены результатами параллельно проводившегося Холтеровского мониторирования АД.

В таблице 1 представлены результаты проведения лечения.

Положительный эффект гипотензивной терапии сопровождался изменением сосудистых параметров, в то время как величины сердечной деятельности практически не изменялись в ходе лечения.

Значительные сдвиги отмечались в показателях, характеризующих упруго-вязкие свойства как сосудов магистральных (уменьшение скорости пульсовой волны, линейной скорости кровотока увеличение податливости артерии), так и сосудов сопротивления - артериол (снижение периферического сопротивления сосудов).

Можно также отметить, что до лечения у наблюдаемой группы больных отмечался резкий спазм мелких сосудов, о чем свидетельствует превышение УПСф над УПСр на 53%, тогда как после лечения отмечается нормализация их тонического состояния.

Показатели кровообращения	До лечения Ср.знач. ± ст.ош.	После лечения Ср.знач. ± ст.ош.
АДд, мм рт.ст.	87±6,2	68±4,8*
АДср, мм рт.ст.	125±7,7	90±6,8*
АДс, мм рт.ст.	137±12	108±7,2*
АДкс, мм рт.ст.	179±21	154±11*
АДп, мм рт.ст.	50±4	40±3,6*
АДуд, мм рт.ст.	42±3,5	46±4
ЧСС, уд/мин	66±6,3	60±8
Сердечный выброс, л/мин	5,4±0,45	4,8±0,4
Сердечный индекс, л/мин/м <sup>2</sup>	2,87±0,26	2,5±0,3
Ударный объем, мл	78±6,3	80±7,2
Ударный индекс, мл/м <sup>2</sup>	42±4,2	43±4,8
Податливость сосудистой системы, мл/мм рт.ст.	1,4±0,03	1,55±0,028*
Диаметр артерии, см	0,44±0,02	0,41±0,018*
Податливость артерии, мл/мм рт.ст.	0,108±0,008	0,15±0,009*
Линейная скорость кровотока, см/с	96±16	73±14*
Скорость пульсовой волны, см/с	709±35	604±36*
Периферическое сопротивление, дин*см <sup>-5</sup> *с	1850±130	1479±88*
УПСф, усл.ед	46±4,3	36±4,2*
УПСр, усл.ед	30±2,8	34±4
УПСф/УПСр, %	153±12	106±8*

\* достоверные различия на уровне  $p < 0.05$

**Таблица 1. Динамика показателей кровообращения, измеряемых осциллометрическим методом на приборе АПКО при проведении гипотензивной терапии у больных с артериальной гипертензией (средние значения ± стандартная ошибка).**

На рис.8 приводятся результаты исследования системы кровообращения при артериальной гипертензии 3 степени.

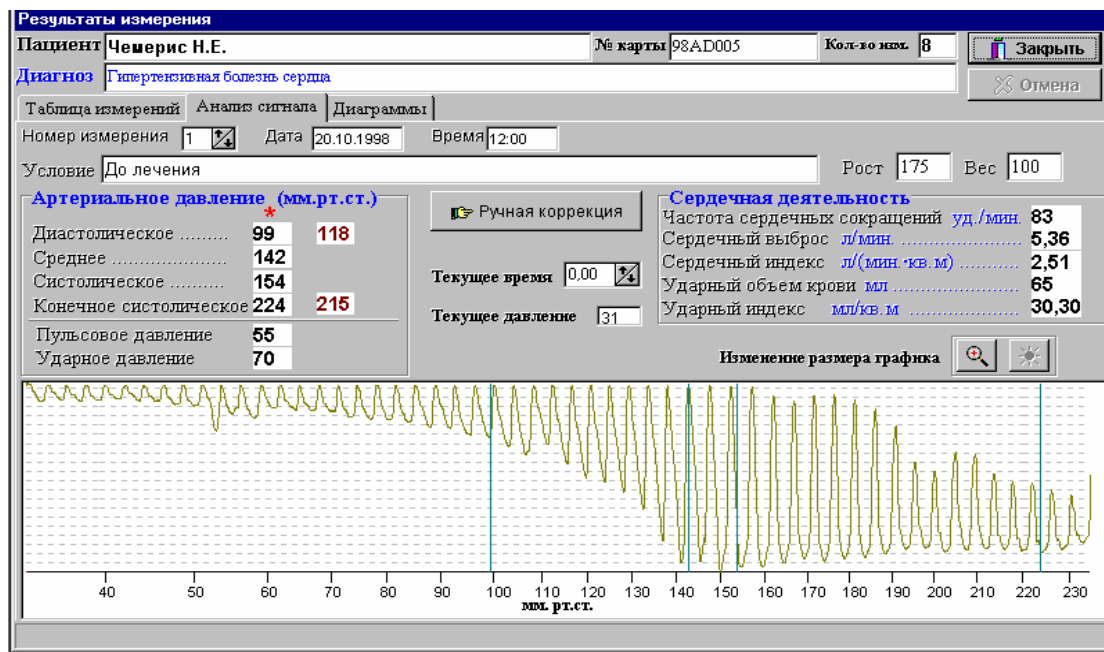
У больного Ч. до лечения гипертензия сопровождалась высокими значениями всех показателей АД, сердечного выброса, периферического сопротивления, причем отмечается существенное (на 50%) превышение удельного периферического сопротивления фактического (УПСф) над рабочим

(УПСр), свидетельствующее о резком спазме сосудов сопротивления (артериол), что и явилось причиной повышения АД.

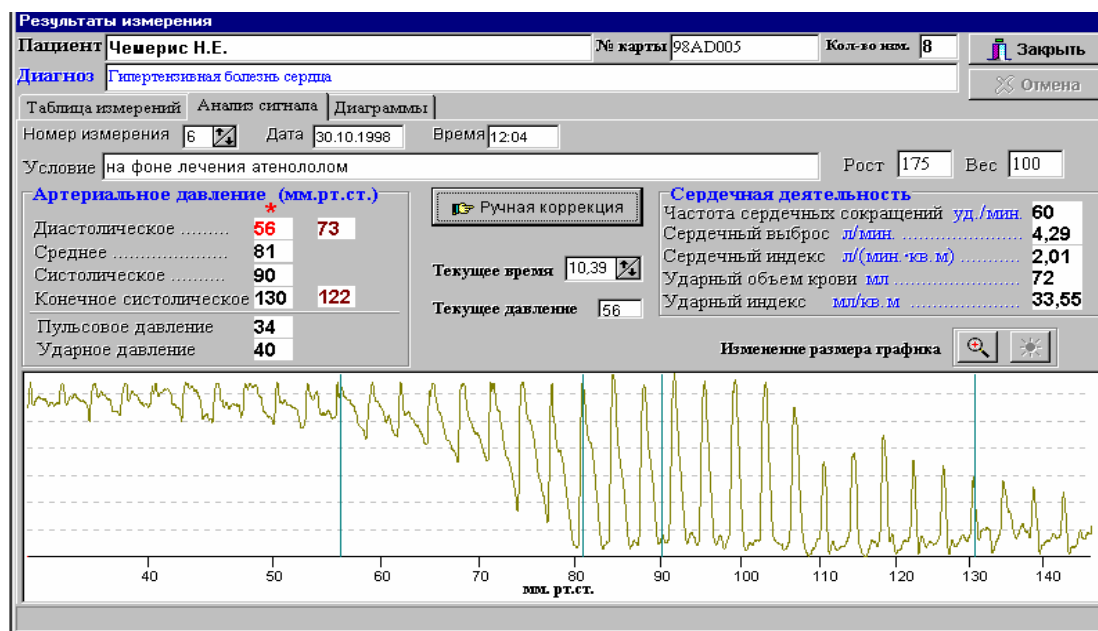
Кроме того, характерными для этого типа гипертензивного состояния являются низкие величины податливости артерии и сосудистой системы, отражающие снижение эластичности и увеличение жесткости сосудистой стенки.

После лечения атеналолом отмечалось выраженное снижение всех показателей АД, сердечного выброса, периферического сопротивления. Снижению АД и сердечного выброса способствовала адекватная реакция прекапиллярного русла, о чем и свидетельствует нормализация отношения УПСф к УПСр, с превышением не более 15%.

Выбранное лечение существенно улучшило показатели податливости сосудов, их увеличение после лечения говорит о повышении растяжимости сосудистой стенки, что также способствовало положительной динамике АД.



8а



86

**Рис.8. Динамика показателей кровообращения у больного Ч. с тяжелой артериальной гипертензией до (а) и после лечения атенололом (б).**

### 3.2. Изолированная систолическая гипертензия

Комплексное исследование кровообращения на аппаратуре АПКО-8-РИЦ подтверждает, что по этиологии и патогенезу изолированная систолическая гипертензия коренным образом отличается от эссенциальной гипертензии. Прежде всего, повышение АД при изолированной систолической гипертензии не связано с повышением тонуса артериол. Кроме того, у этих больных УПСф, как правило, ниже или незначительно превышает УПСр, что свидетельствует, по меньшей мере, о полной адекватности ОПС текущему сердечному выбросу.

Характерной для изолированной систолической гипертензии является также высокая величина гемодинамического удара, что обусловлено снижением эластичности магистральных сосудов, уменьшением способности сосудистой стенки к растяжению.

Изолированная систолическая гипертензия встречается чаще всего у пожилых больных, у которых увеличение только систолического давления приводит к существенному повышению пульсового АД, так как величина ДАД у них, как правило, низкая. Для таких больных характерными являются также высокие величины СПВ, низкие величины податливости артерий.

На рис.9 приведены результаты обследования больной С., у которой на фоне нарушения сердечного ритма отмечена изолированная систолическая гипертензия, сопровождающаяся высоким САД и сохраняющимся на низком уровне ДАД, причем УПСф превышало УПСр на 4%. ОПСС находилось в пределах нормы. Характерным для этой больной являются высокие величины АДп и АДуд (73 и 75 мм рт.ст., соответственно), высокие величины СПВ (972 см/с), низкие величины податливости артерии (0,037 мл/мм рт.ст.), что свидетельствует об увеличении жесткости и соответствующим снижением эластичности сосудистой стенки, что, в свою очередь создает дополнительную нагрузку на сердце.



Лечебные мероприятия и подбор фармакологических средств для этих категорий больных должны существенно отличаться от тех, которые применяются при эссенциальной гипертензии. В связи с высокой нагрузкой на сердце у больных с изолированной систолической гипертензией особого внимания требует поддержание на достаточном уровне сократительной функции миокарда.

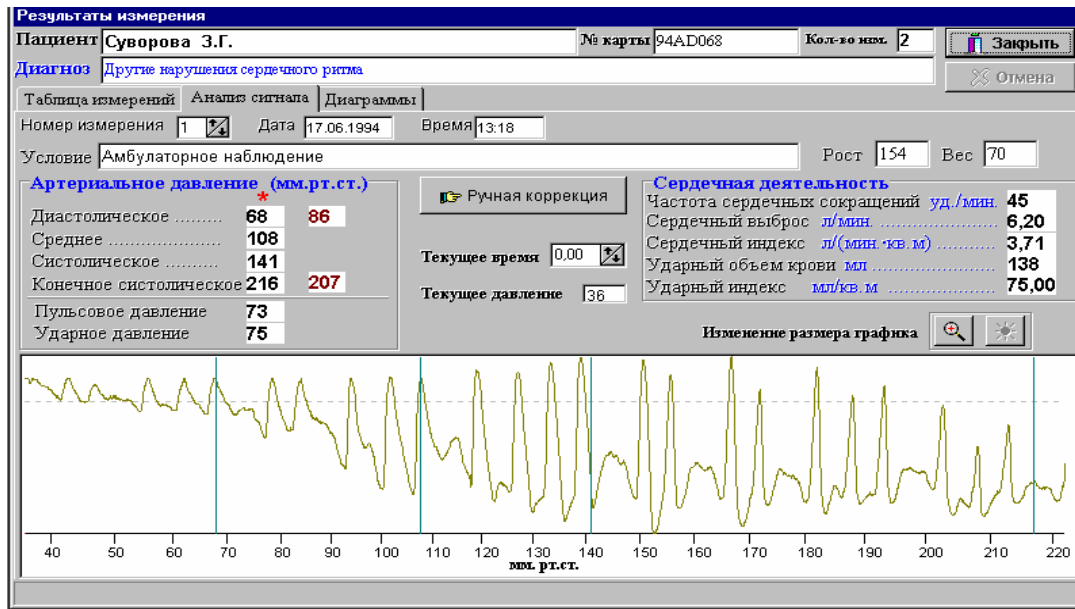


Рис. 9. Объемная компрессионная осциллограмма и показатели кровообращения у больной С. с диагнозом «изолированная систолическая гипертензия с нарушением сердечного ритма».

### 3.3. Ишемическая болезнь сердца

Прогностически неблагоприятным признаком при инфаркте миокарда является снижение АДуд, свидетельствующее о развитии сердечной недостаточности. Падение всех величин АД и МО – признак кардиогенного шока.

На рис.10 приведены данные обследования на аппаратуре АПКО-8-РИЦ у больного Ф. с острым инфарктом миокарда, осложненного кардиогенным шоком, при поступлении в отделение кардиологической реанимации. Артериальное давление по тонам Короткова не определялось. По ОКО у больного при резком падении БАД и САД снижение ДАД и СрАД было не столь значительно, СВ был снижен (3.66 л/мин.), причиной снижения могло быть падение сократительной функции миокарда, что подтверждается и низкими величинами АДп (25мм рт.ст.) и АДуд (19 мм рт.ст.), УПСф снижено относительно УПСр на 31%.

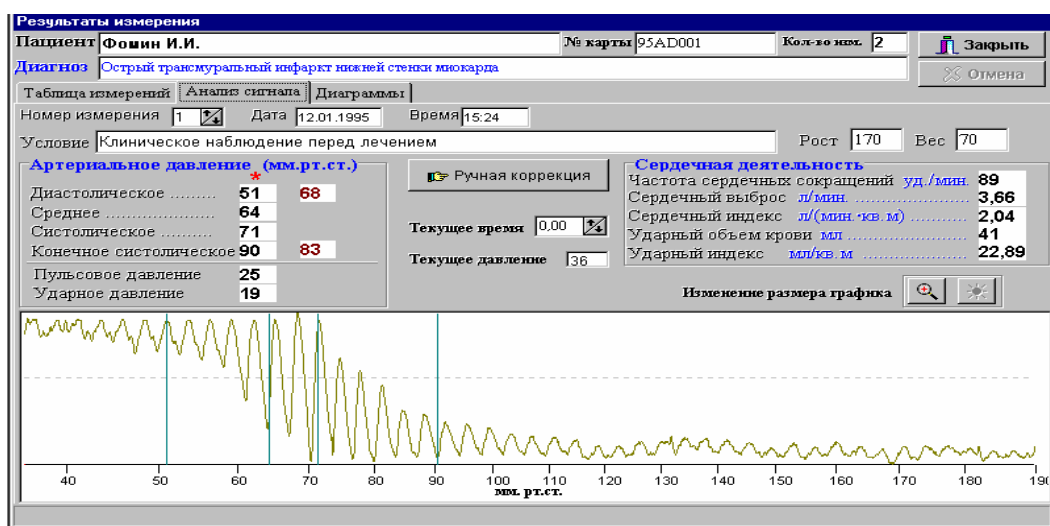
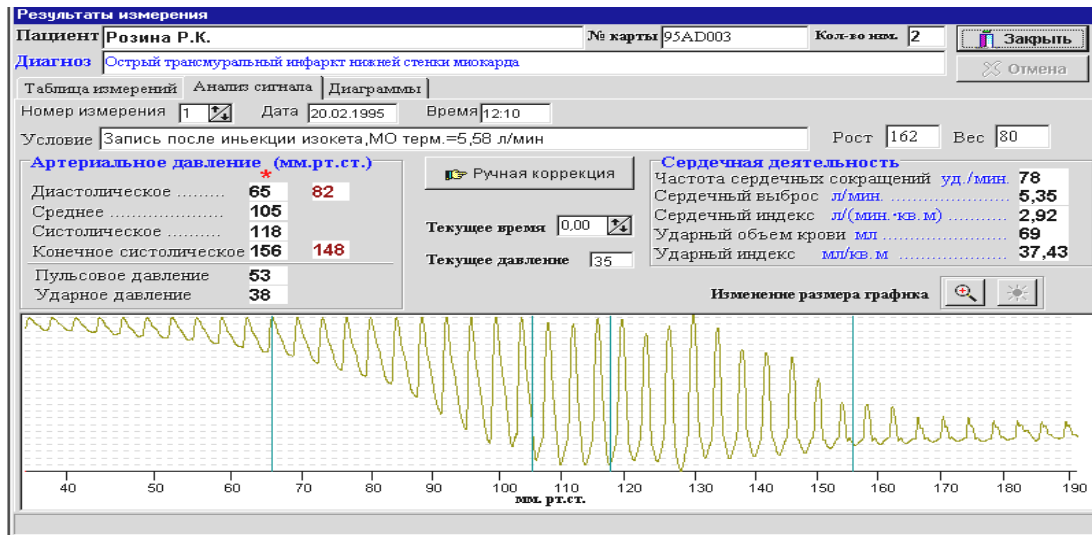
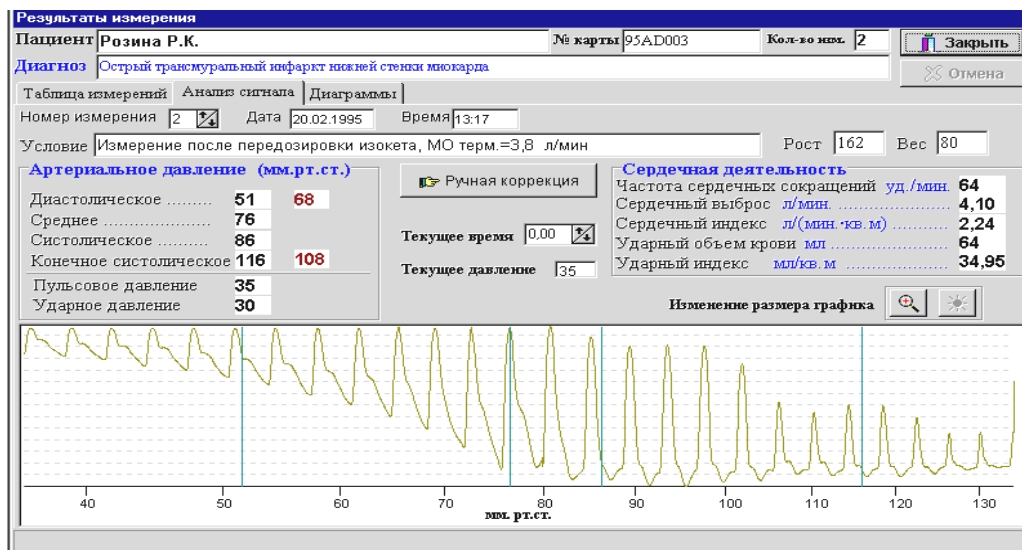


Рис. 10 Объемная компрессионная осциллограмма и показатели кровообращения у больного Ф. с диагнозом «острый трансмуральный инфаркт миокарда, осложненный кардиогенным шоком».



а

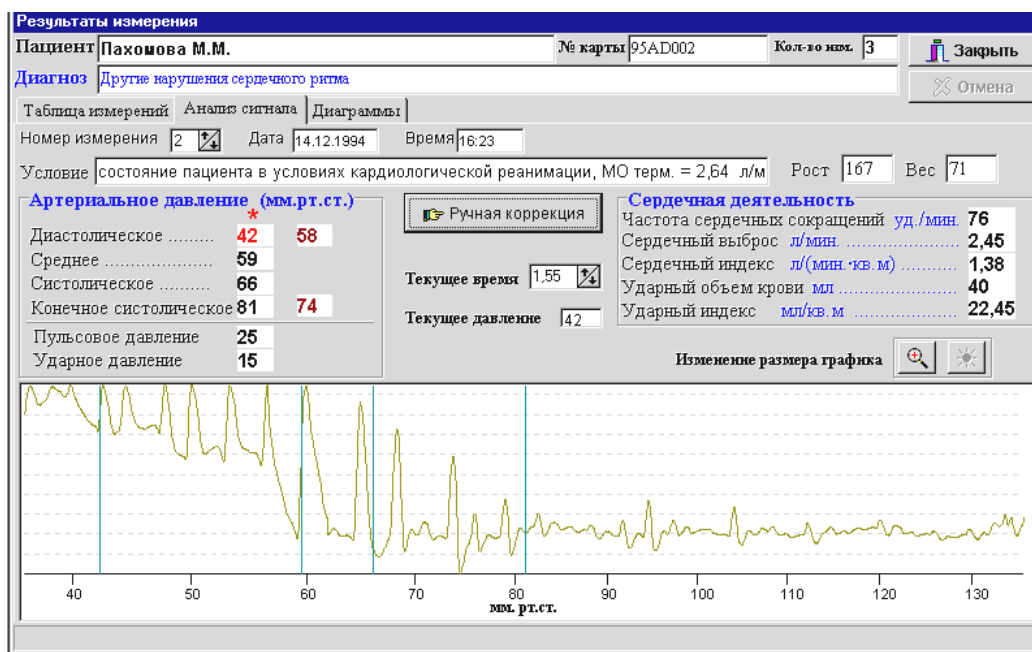


б

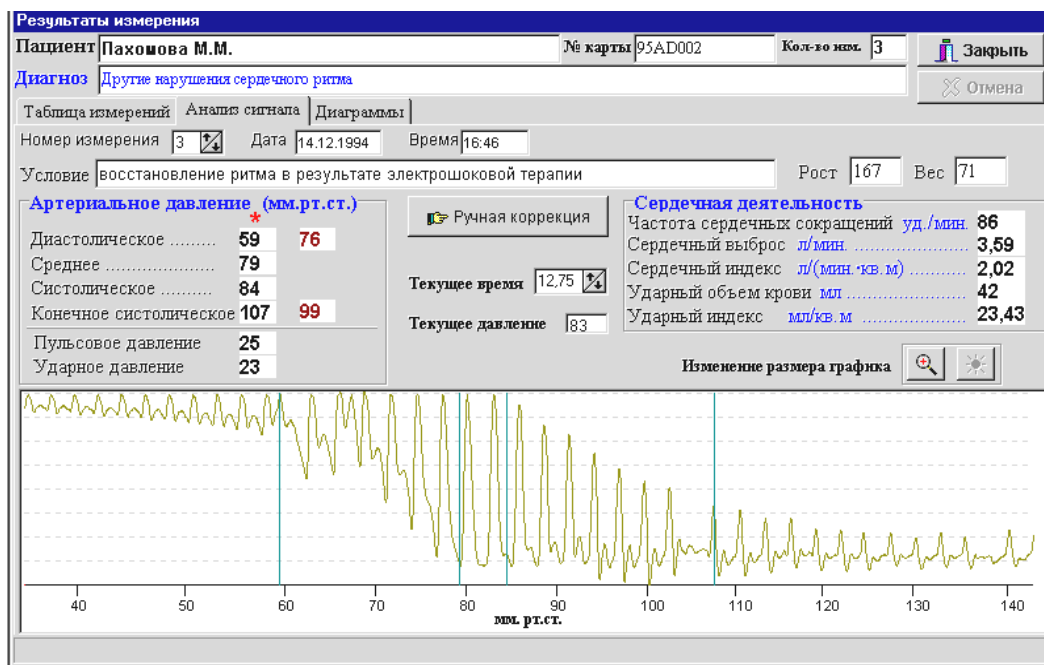
**Рис. 11. Динамика показателей кровообращения у больной Р. при поступлении в отделение кардиологической реанимации с диагнозом острый трансмуральный инфаркт миокарда, артериальная гипертензия, легочная гипертензия до (а) и после (б) капельного введения изокета.**

### 3.4. Пароксизмальная тахикардия

Анализ изменения гемодинамики при пароксизмальной мерцательной аритмии у больной П. (рис.12) с митральным пороком сердца и при восстановлении ритма демонстрирует возможности АПКО при исследовании системы кровообращения у больных с аритмией.



12а



12б

Рис. 12. Динамика показателей кровообращения у больной П. С диагнозом митральный порок сердца, пароксизмальная мерцательная аритмия до (а) и после (б) восстановления ритма.

Как видно из рисунка 12а, при пароксизме мерцательной аритмии значительно снизились все показатели АД, УПСф оказалось ниже УПСр на 40%, что, собственно, и явилось основной причиной снижения АД.

При восстановлении ритма (рис.12б) значительно изменилось соотношение УПСф к УПСр (-20%), возросло АД, СВ увеличился на 1,1 л/мин. Таким образом, результат лечения должен рассматриваться как положительный, но далеко не окончательный, необходимо дальнейшее повышение СВ, АД и сократительной функции миокарда.

### **3.5. Функциональные пробы**

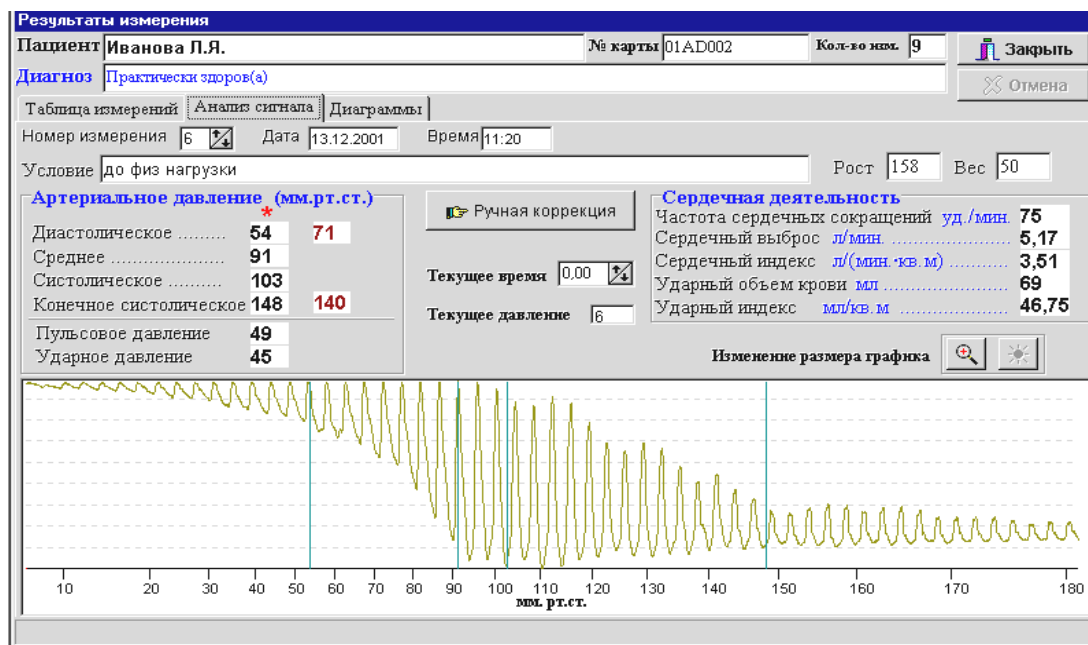
Одновременная регистрация основных показателей кровообращения на аппаратуре АПКО расширяет возможности врача в оценке состояния обследуемого при выполнении функциональных проб.

Появляется возможность системного анализа ответной реакции на дозированное воздействие, которая может быть оптимальной для данного человека, удовлетворительной или неудовлетворительной.

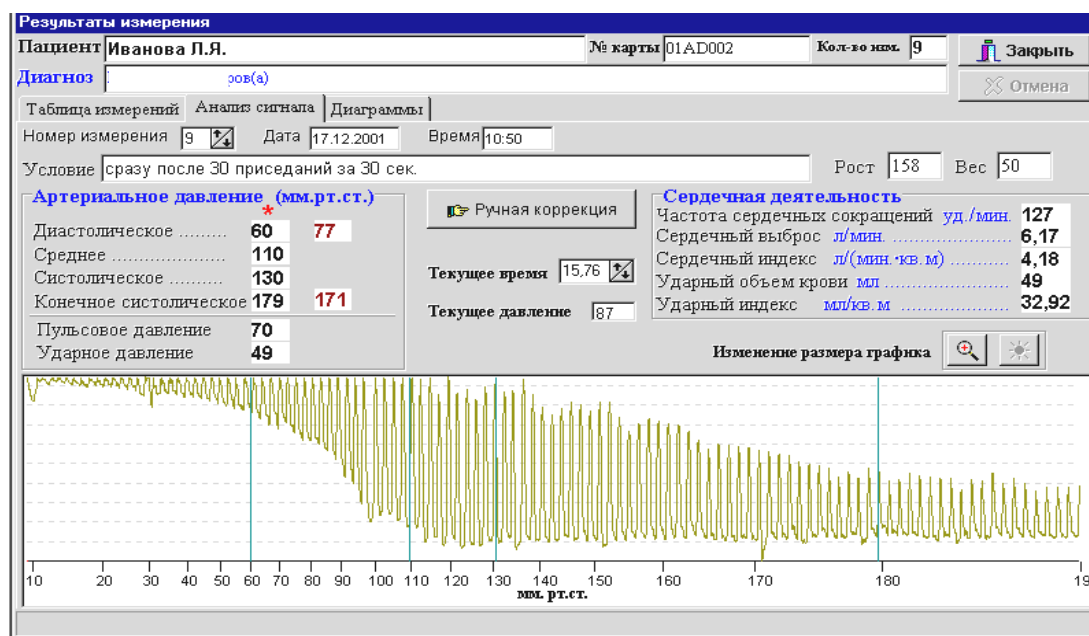
#### **3.5.1. Физическая нагрузка**

Величина изменений кровообращения в ответ на динамическую физическую нагрузку зависит от ее интенсивности, исходного состояния обследуемого, степени его тренированности и ряда других факторов. Оптимальным является увеличение СВ, в большей степени, за счет ударного выброса, а не за счет ЧСС, и соответствие УПСф УПСр. При превышении величины УПСф над УПСр 15% и более будет наблюдаться избыточное увеличение АД. При снижении величины УПСф по сравнению с УПСр более, чем на 15%, реакция АД окажется неадекватно низкой. Естественно, чем более выраженными окажутся эти изменения, тем ниже должна быть оценка переносимости пробы с физической нагрузкой.

На рис.13 приведены результаты исследования гемодинамики на аппаратуре АПКО до и после 30 приседаний за 30 секунд у обследуемой И. Как видно из рисунка 13а, в исходном состоянии все показатели кровообращения находились в пределах нормальных значений.



13а



13б

**Рис. 13. Динамика показателей кровообращения обследуемой И. до (а) и после 30 приседаний (б)**

После физической нагрузки (рис.13б) возросли все величины АД, ЧСС, возросло ОПС, разница между УПСф и УПСр составила 18%. Увеличение СВ (на 1л) произошло за счет резкого увеличения ЧСС (69%) на фоне снижения УО на 29%, АДуд практически не изменилось, АДп увеличилось на 43%. В целом переносимость пробы должна оцениваться как неудовлетворительная, об этом свидетельствует чрезмерное увеличение ЧСС, снижение УО, спазм артериол и снижение силы сердечного сокращения.

### 3.5.1. Ортостатическая нагрузка

Пробы с изменением положения тела используют для изучения регуляции сердечно-сосудистой системы. Переход из горизонтального положения (ГП) в ортостатическое положение (ОП - положение стоя) сопровождается перераспределением крови в нижнюю половину тела, в результате уменьшается венозный возврат крови к сердцу, при этом снижается УО, компенсаторно возрастает ЧСС, умеренно (не более чем на 1 л) снижается СВ, увеличивается ОПС, САД незначительно снижается или не изменяется, диастолическое АД повышается в связи с сокращением коллатералей.

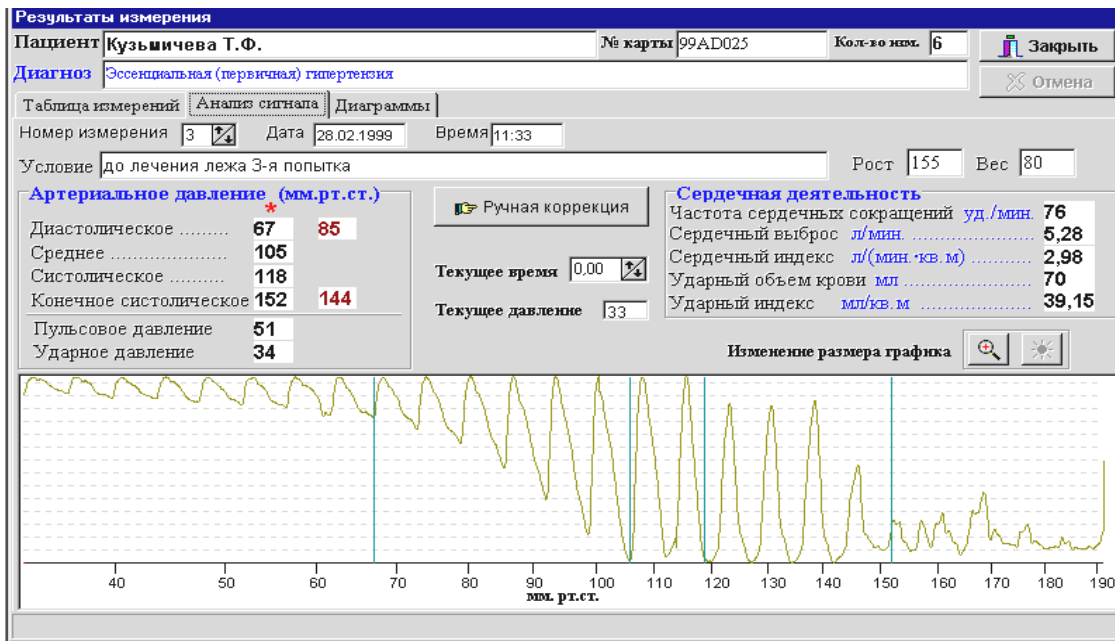
Для изучения влияния гидростатического фактора на кровообращение наиболее адекватна пассивная ортостатическая проба, когда обследуемый переводится в вертикальное положение (от+30° до +60°) с помощью ортостатического стола. В этом случае реакция на перераспределение крови не будет зависеть от мышечных усилий, которые сопровождают активную ортостатическую пробу и которые в большинстве случаев определяют выраженность реакции показателей гемодинамики.

Наиболее выраженные изменения сердечной деятельности при ОП отмечаются в юношеском возрасте, когда еще очень лабильна вегетативная нервная система.

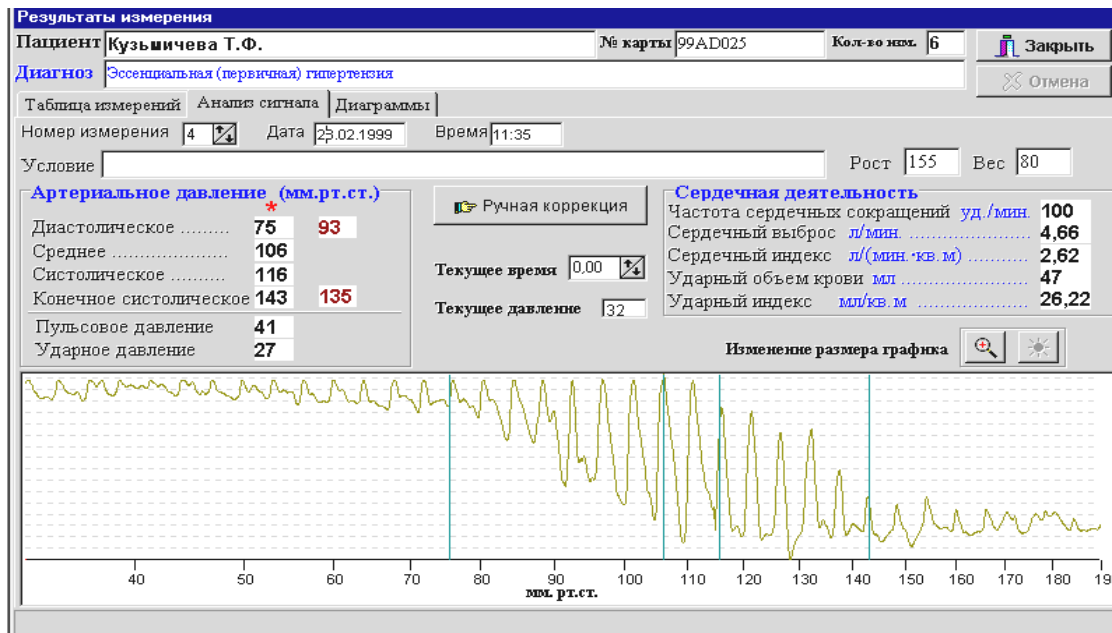
При пониженной переносимости пробы, реакция будет более выраженной. Так как все перечисленные показатели кровообращения, отражающие развитие компенсаторных реакций, регистрируются на аппаратуре АПКО одновременно, то оценка врачом текущего состояния обследуемого и его реакции на ОП не вызывают больших затруднений.

Одним из основных признаков пониженной переносимости пробы и приближения ортостатического обморока является относительное увеличение СВ. Оно направлено на поддержание АД в связи с развивающимся снижением тонуса артериол и падением ОПС.

Как пример анализа реакции кровообращения на ОП с помощью АПКО-8-РИЦ, на рис.14 приводятся результаты больного К. с умеренной гипертензией



14а



14б

**Рис. 14.** Динамика показателей кровообращения у больной К. с умеренной гипертензией до (а) и на первой минуте (б) активной ортостатической пробы.



Как видно из рис. 14, при переходе в вертикальное положение снизился СВ (на 12%), заметно уменьшился УО (на 32%), возросла ЧСС (на 32%).

Адекватно сниженному СВ увеличилось ОПСС, при этом показатели АД изменились незначительно по отношению к исходному уровню.

Разница между УПСф и УПСр составила 8%, что соответствовало изменению уровня ДАД.

Данная реакция со стороны сердечно-сосудистой системы свидетельствует о нормальной переносимости ОП.

Таким образом, значения гемодинамических параметров, полученные методом ОКО с помощью прибора АПКО-8-РИЦ, могут быть успешно использованы врачом при комплексной оценке состояния сердечно-сосудистой системы в отделениях.

## Литература

1. **Гогин Е.Е.** Гипертоническая болезнь. Новое в диагностике и лечении. Клиническая оценка причин и механизмов развития. Москва, 1997, 399с.
2. **Коротков Н.С.** К вопросу о методах исследования артериального давления. Известия ВМА, 1905, т.2, №9, с.365.
3. **Косицкий Г.И.** Звуковой метод исследования артериального давления. Медгиз, Москва, 1959.
4. **Кудряшев В.Э., Иванов С.В., Белецкий Ю.В.** Количественная оценка нарушений кровообращения. Москва, Медицина, 2000, 220с.
5. **Мажбич Б.И.** “Осцилловольтметрия артериальных сосудов конечностей”. г.Новосибирск, 1990.
6. **Маляренко Ю.Е.** Метод Короткова на современном этапе развития кардиологии. “Кардиология”, 1976, №9, 142-146.
7. **Путан Г.А., Большов В.М.** и др. Сравнительное изучение различных неинвазивных методов регистрации артериального давления. “Кардиология”, 1983, № 2, 65-69.
8. **Савицкий Н.Н.** “Биофизические основы кровообращения и клинические методы исследования гемодинамики”. Ленинград, 1974.
9. **Смирнов А.Д., Некласов Ю.Ф.** и др. О корреляции артериального давления на плече с давлением крови в восходящей аорте, 1990.
10. **Физиология человека. Кровь, кровообращение, дыхание.** Под ред. Шмидт Р., Тевс Г. Том 3, Москва, Мир, 1998.
11. **Шпектор А.В., Васильева Е.Ю.** Кардиология: ключи к диагнозу. Москва, Видар, 1998, 334с.
12. **Шустов С.Б., Яковлев В.А.** и др. Артериальные гипертензии. Санкт-Петербург, Специальная литература, 1997, 319с.
13. **Association for the Advancement of Medical Instrumentation. ANSI/AAMI 1987.**
14. **Berglung G.** et al. Monitoring 42-hour blood pressure in a drug trial: evaluation of a noninvasive device. “Hypertension”, 1985, v.7, p.688-694.
15. **Berliner K.** et al. The Accuracy of Blood Pressure Determinations. A comparison of Direct and Indirect Measurements. “Cardiologia 1960; 37: 118-128.
16. **Chalmers J et al.** WHO-ISH Hypertension Guidelines Committee. 1999 World Health Organization - International Society of Hypertension Guidelines for the Management of Hypertension. J Hypertens, 1999, 17:151-185.( про ВОЗ).
17. **Croft P.R., Cruickshank J.K.** Blood pressure measurement in adults: large cuff for all? “J. Of Epidem.and Comm.Health.”, 1990; 44: 170-173.
18. **David A. Paulis** Noninvasive blood pressure measurement. “Medical Instrumentation”, vol.15, N2, 198: 91-94.
19. **Golland W.W., Humerfelt S.** Measurement of Blood Pressure: Comparison of intra-arterial and cuff values. “Brit. Med. J.”, 1954;2:1241-1243.
20. **Gould B.A.** et al. An evaluation of the Avionics Pressurometer III 1978 at home and hospital. “Clin.Cardiol.”, 1986, v.9, p. 335-343.

21. **Gould B.A.** et al. Evaluation of Rember M 200 blood pressure recorder comparison with intraarterial blood pressure recording both at hospital and at home. "Hypertension", 1984, v.6, p.209-215.
22. **Graetinger W.F.** et al. Validation of portable noninvasive blood pressure monitoring devices: comparisons with intra-arterial and sphygmomanometer measurements. "Amer.Heart J.", 1988,v.116, N4, p.1155-1160.
23. **Imai Y. et al.** Clinical evaluation of semiautomatic and automatic for home blood pressure measurement: comparison cuff-oscillometric and microphone methods. "J.Hypertens. 1989, v.7, N12, p.983-990.
24. **Low J.A.** Validity of newborn oscillometric blood pressure. "Clin.Invest.Med.", 1995;18(3): 163-167.
25. **Marey E.** Nouvelles recherches sur la mesure manometrique de la pression du sangre ches l'homme. "Physiol. exp.", 1880, v.46, p.126.
26. **Myra G. Weaver** et al. Differences in blood pressure levels obtained by Auscultatory and Oscillometric Methods. "AJDC", 1990;v.144: p.911-914.
27. **Nielsen P.E.** et al. The accuracy of auscultatory blood pressure measurements in hypertensive and obese subject. "Hypertension", 1983; 5: p.122-127.
28. **Nielsen P.E.** et al. The accuracy of auscultatory blood pressure measurements in elderly. "Acta.Med. Scand.", 1983; 676: 39.
29. **Pessenhofer H. et al.** Single cuff compression of two methods for indirect measurement of arterial blood pressure: standard auscultatory method versus automatic oscillometric method. "Basic.Res.Cardiol.", 1986, v.81, N1, p.101-109.
30. **Rastam L., Sjonell G.** A new device for measuring blood pressure in adults. "The Lancet", 1991; vol.337: p.249-250.
31. **Safar M.E., London G.M., Laurent S.** High blood pressure-1933,vol.2 (suppl. 1), p.9-32.
32. **Schachinger H. et al.** "J. Of Hypertension", 1989, v.7, suppl.3, p.981-984.
33. **Spence J.D.** et al. Pseudohypertension in elderly. "Clin.Sci.Med.", 1978, 55, p.399-402.
34. **Todd J. Brinton, Daniel Walls and Shiu-Shin Chio** Validation of pulse dynamic blood pressure measurement by auscultation. "Blood Pressure Monitoring 1998; 3: p.121-124.
35. **Warenburg A.** et al. The reliableness of blood pressure measurements taken on the forearm corpulent persons. "Clin. and Exp. Hypertens.", 1987; 11:1939.
36. **White W.** et al. Clinical evaluation of the Accytraker II ambulatory blood pressure monitor: assessment of performance in two countries and comparison with sphygmomanometry and intra-arterial blood pressure at rest and during exercises. "J. Of Hypertension", 1989, v.7, N12, p.967-975.