

АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

Поморова Юлия Геннадьевна

**МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ
БИОМЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАГИСТРАЛЬНЫХ
АРТЕРИЙ ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА ПО
СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПУЛЬСОВОЙ
ВОЛНЫ**

Специальность 03.00.13 – физиология

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель –
доктор медицинских наук,
профессор **Киселев
Владимир Дмитриевич**

Барнаул, 2005

Список использованных сокращений:

СРПВ – скорость распространения пульсовой волны

АД – артериальное давление

СД – систолическое давление

ДД – диастолическое давление

гД – гидростатическое давление

ЭКГ – электрокардиограмма

ЧСС – частота сердечных сокращений

Е – модуль упругости Юнга

h – толщина сосудистой стенки

d – диаметр сосудистой стенки

ЛПХ – леспромхозы

ИТР – инженерно-технические работники

р.п. – рабочий поселок

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. СТЕНКА СОСУДА КАК СЛОЖНОЕ МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ	10
1.1. Морфология сосудистой стенки.....	10
1.2. Биомеханические свойства стенок кровеносного сосуда	11
1.3. Факторы, изменяющие свойства сосудистой стенки	15
1.4. СРПВ как показатель упругих свойств сосудистой стенки.....	19
1.5. Факторы риска развития болезней сердечно- сосудистой системы.....	26
ГЛАВА 2. КОНТИНГЕНТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	33
ГЛАВА 3. ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	43
3.1. СРПВ–метрическая кривая.....	43
3.2. Возраст.....	45
3.3. Пол.....	50
3.4. Территория проживания	55
3.5. Уровень артериального давления.....	71
3.5. Характер трудовой деятельности.....	77

ГЛАВА 4. ИНДИВИДУАЛЬНАЯ СРПВ–МЕТРИЯ.....	83
4.1. Формы кривых.....	83
4.2. Гистерезис.....	88
4.3. Поцикловая СРПВ–метрия.....	91
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	103
ВЫВОДЫ.....	113
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	
ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	115
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	146

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования.

Неинвазивная и корректная оценка биомеханических свойств сосудистой стенки требуется при различных заболеваниях, к числу которых относится атеросклероз и его осложнения, который в структуре заболеваний сердечно-сосудистой системы стоит на первом месте [Ганджа, 1978]. Многие годы внимание исследователей было сосредоточено на изучении механизмов и условий атеросклеротического поражения крупных сосудов эластического типа, таких как аорта, сонные и коронарные артерии, артерии головного мозга [Пуриня и др., 1980; Каро и др., 1981; Габриелян и др., 1987]. В то же время атеросклероз, являясь системным заболеванием, поражает всю сосудистую систему. Относительно процессов, развивающихся в магистральных артериях мышечного типа, например, сосудах верхних конечностей, существуют противоречивые суждения [Столбун, 1980; Бисярина и др., 1986; Мажбич, 1990; Hasegawa et al., 1997].

В 60-е годы широкое распространение получил метод определения скорости распространения пульсовой волны (СРПВ) [Валтнерис, 1966]. В его основу положено уравнение Моенса–Кортвейга [McDonald, 1974], которое описывает связь СРПВ с модулем упругости Юнга, характеризующим упругие свойства сосудистой стенки. Возможность неинвазивного получения СРПВ побудили исследователей к широкому использованию данного метода для оценки упругих свойств сосудистой стенки в клинической практике [Савицкий, 1974; Коркушко, 1983; Бисярина и др., 1986; Липовецкий и др., 1988; Koji Seki, 1988; Мажбич, 1990; Ting et al., 1990; Breithaupt et al., 1995; Hasegawa, 1997; Wilkinson et al., 1998]. Однако в процессе применения СРПВ–

метрии было отмечено, что получаемые у человека значения СРПВ могли сильно варьировать в пределах нескольких сердечных циклов [Валтнерис, 1966; Hofstra et al., 1994], по этой причине полученные результаты плохо воспроизводились, часто были противоречивыми и не соотносились с клиническими наблюдениями. Накопившиеся противоречия предопределили снижение интереса к данному методу [Столбун, 1980; Asmar et al., 1995]. Появились сомнения в информативности показателя СРПВ при оценке истинной величины упругости сосудистой стенки [Taylor, 1973].

Вместе с тем, при эпидемиологических обследованиях выявляются статистически значимые корреляции СРПВ с показателями общей и сердечно-сосудистой выживаемостью [Blacher et al., 1999, Кобалава, 2001]. Можно предположить, что большой статистический материал позволяет преодолеть какие-то ошибки случайного рода, связанные с СРПВ–метрической методикой.

Анализ противоречий, накопившихся при попытках индивидуальной диагностики свойств сосудов по СРПВ, на наш взгляд, может быть обусловлен тем, что СРПВ–метрия не учитывает тот факт, что стенка артериального сосуда является не однородной, не изотропной и не подчиняется закону Гука. Упругие свойства сосуда как целого определяются волокнами трех типов – эластином, коллагеном и гладкой мышцей, имеют нелинейные свойства, и охарактеризовать их только одним значением модуля упругости Юнга, измеренном при одном значении диастолического давления (ДД), нельзя [Bergel, 1972; Dobrin, 1969; Каро и др., 1981; Филатова и др., 2003]. Кроме этого, данная методика не обращает внимание на разницу ДД в сравниваемых выборках, что может обуславливать разногласия,

встреченные в литературе, так как часто сравниваются между собой значения СРПВ в группах с различным уровнем ДД артериального [Бисярина и др., 1986; Липовецкий и др., 1988; Asmar et al., 1995; Blacher et al., 1999].

По этой причине, для корректной оценки биомеханических свойств сосудистой стенки требуется измерение СРПВ при нескольких значениях артериального кровяного давления (АД) в возможно более широком диапазоне АД.

В связи с этим **целью** настоящей работы явилась разработка метода оценки биомеханических свойств магистральных артерий верхних конечностей человека по скорости распространения пульсовой волны при контролируемых значениях внутрисосудистого артериального давления.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

1. Разработать и применить в массовом обследовании способ неинвазивного управления внутрисосудистым артериальным давлением, сочетающий ортостатическое и компрессионное воздействие.

2. Подобрать адекватные критерии анализа СРПВ–метрических кривых.

3. Оценить возможности метода в выявлении возрастных, половых, экологических и других различий.

4. Изучить возможности СРПВ–метрии в оценке свойств магистральных артерий верхних конечностей у индивида.

Научная новизна работы.

Впервые разработан и применен в массовом обследовании способ неинвазивного управления внутрисосудистым давлением для получения кривых зависимостей СРПВ от давления. Предложены СРПВ–метрические показатели, адекватно

характеризующие нелинейную зависимость биомеханических свойств сосудистой стенки от давления. Установлена чувствительность метода к выявлению различий, связанных с возрастом, полом, уровнем артериального давления и условиями проживания человека. Обнаружено смещение вниз СРПВ–метрических кривых у лиц старших возрастных групп и правый сдвиг кривых у лиц с артериальной гипертензией. Массовая неинвазивная СРПВ–метрия выявляет зависимости СРПВ от давления, соответствующие биомеханическим закономерностям, получаемым в эксперименте, тогда как для индивидуальной СРПВ–метрии характерен полиморфизм кривых и плохая воспроизводимость полученных результатов. Установлено, что причиной этого являются высокоамплитудные (до 45 %), спонтанные, нерегулярные колебания тонуса активного элемента сосудистой стенки. Предложены способы оценки и интерпретации полученных данных.

Теоретическая и практическая значимость работы.

В работе показана природа высокой вариабельности СРПВ магистральных артерий верхних конечностей и вскрыты причины, затрудняющие использование СРПВ–метрических методик в оценке упругих свойств сосудов у индивида. Полученные результаты расширяют теоретические представления о физиологии сосудистой стенки. Предложены способы анализа СРПВ–метрических данных, позволяющих проводить клинически пригодную, дифференцированную оценку свойств сосудов у индивида. Проведенные исследования расширяют представления о формах реагирования сосудов мышечного типа на воздействие ряда эндогенных и экзогенных (экологических) факторов.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Противоречия, накопившиеся в области практической СРПВ–метрии, обусловлены неадекватностью традиционного метода, не учитывающего нелинейную природу связи СРПВ с давлением. Предложенный метод позволяет получать комплекс показателей корректно характеризующих биомеханические свойства магистральных артерий.

2. Новый метод обнаруживает чувствительность к выявлению различий, связанных с возрастом, полом, уровнем артериального давления и условиями проживания человека.

3. Ведущая причина рассогласования СРПВ–метрических показателей и клинической картины объясняется нестационарными свойствами сосудистой стенки. Для оценки свойств сосудов у индивида требуются иные подходы, адекватные нелинейной и нестационарной природе исследуемого объекта.

Апробация работы. Основные результаты исследований докладывались на III съезде физиологов Сибири и Дальнего Востока (Новосибирск, 1997), на XVII съезде физиологов России (Ростов-на-Дону, 1998), на XVIII съезде физиологов России (Казань, 2001), на IV съезде физиологов Сибири (Новосибирск, 2002).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 13 научных работ, в том числе 5 статей.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 153 страницах, состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка использованной литературы, содержащего 137 отечественных и 121 иностранных источников и приложений. Работа иллюстрирована 25 рисунками и 21 таблицей.

ГЛАВА 1. СТЕНКА СОСУДА КАК СЛОЖНОЕ МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

1.1. Морфология сосудистой стенки

Морфология сосудистой стенки достаточно хорошо исследована. Стенки сосудов во всех сосудистых регионах имеют общий план строения, образованы из одних и тех же материалов, хотя соотношения между компонентами у различных сосудов неодинаковы [Габриелян и др., 1987]. Артериальная стенка состоит из трех оболочек: внутренней (интима), средней (медия) и наружной (адвентиция).

Внутренняя оболочка состоит из двух слоев: эндотелия и внутренней эластической мембраны.

По современным представлениям эндотелий – не столько выстилка сердечно-сосудистой системы, соприкасающаяся с кровью. Это активный эндокринный орган, самый большой в теле, диффузно рассеянный по всем тканям и выполняющий множество важнейших функций [Гомазков, 2000]. Он синтезирует субстанции, важные для регуляции свертывания крови, сосудистого тонуса, артериального давления. Эндотелий секретирует различные факторы, влияющие на сократимость гладких мышц сосудистых клеток, проницаемость тканей и т.д. Морфологическая и биохимическая специфичность клеток сосудистого эндотелия определяет микроорганную гетерогенность сосудистого ложа, а его дисфункция расценивается как один из факторов, запускающих развитие патологических процессов в сосудистой стенке [Lind et al., 1999; Ma et al., 2000; Гомазков, 2000].

Медия – самый толстый слой стенки, строение и свойства которого в наибольшей степени различается у разных сосудов. Соответственно этим различиям артерии делят на артерии эластического (aortae, a. Pulmonalis и ее ветви, a. Carotis communis и др.), смешанного (a. Carotis interna, a. Carotis externa, a femoralis и др.) и мышечного (a. Brachialis, a. Radialis, a. Ulnaris) типов [Габриелян и др., 1987; Б.А. Пурия и др., 1980; Мажбич, 1990] или на артерии эластического и мышечного типа [Минкин, 1994].

В состав средней оболочки входят концентрические слои эластической ткани, спирально расположенные гладкие мышцы, прикрепленные к эластическим мембранам, разделенные тонкими слоями соединительной ткани и оплетенные тончайшими коллагеновыми волокнами. Мышечные клетки сосудов прикреплены к эластическим мембранам под некоторым углом, что вместе с резиноподобными свойствами эластина придает упругие свойства сосуду и является основным механизмом, обеспечивающим возврат сосудистой стенки к исходному состоянию после растяжения ее пульсовой волной крови.

Адвентиция может быть столь же толстой, как и медия, но она менее заметна, т.к. состоит из рыхлой соединительной ткани с редкими эластическими и коллагеновыми волокнами, расположенными в основном продольно, и ее граница постепенно сливается с окружающими тканями [Бисярина и др., 1986; Габриелян и др., 1987].

1.2. Биомеханические свойства стенок кровеносного сосуда

Упругие свойства стенки сосуда обеспечиваются волокнами трех типов – эластическими, коллагеновыми и гладкомышечными.

Эластин – резиноподобный материал, модуль Юнга которого равен примерно $3 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}^{-2}$. Коллаген более жесткий материал, его модуль Юнга равен примерно $10^8 \text{ Н} \cdot \text{м}^{-2}$. Модуль Юнга для гладких мышц зависит от уровня их физиологической активности и может меняться в пределах от $10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}^{-2}$ (полностью расслабленные гладкие мышцы) до $2 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{м}^{-2}$ (в активном состоянии). Значение модуля Юнга гладких мышц *in vivo* трудно определить, так как степень активности их обычно неизвестна [Б.А. Пурия и др., 1980; Каро и др., 1981; Бранков, 1981; Габриелян и др., 1987].

Пассивные свойства сосудистой стенки обеспечивает эластино-коллагеновый каркас. Резкое увеличение жесткости стенок кровеносного сосуда при растяжении связано с различиями в организации входящих в их состав волокон коллагена и эластина. При малых деформациях большая часть волокон коллагена расслаблена и не вытянута по прямой, все напряжение при этом создается волокнами эластина. С увеличением растяжения волокна коллагена выпрямляются, и все в большей мере противодействуют растяжению сосуда. Так как они гораздо более жесткие, чем волокна эластина, то вся стенка становится более жесткой [Каро К., 1981]. Свойства пассивных элементов изменяются очень медленно. Полупериод обмена эластина и коллагена составляет 3 –4 дня [Каро К., 1981]. Более быстрые изменения растяжимости сосуда имеют место только за счет активного гладкомышечного компонента, состояние которого определяется базальным тонусом сосудов, нервными и гуморальными воздействиями, а также эндотелий-зависимой поток-чувствительной регуляцией [Хаютин В.М., 1971].

Стенка кровеносного сосуда неоднородна по составу и не является изотропной, поэтому к ней нельзя применить классическую теорию упругости и определить единственный

модуль Юнга. Для описания реакции стенки на различные прикладываемые напряжения используют эффективный модуль Юнга или касательный модуль Юнга [Каро и др., 1981].

Упругие свойства артерий нелинейны, при растяжении они становятся более жесткими, и описать их поведение можно только путем построения графиков зависимости «Напряжение – Деформация» [Bergel, 1961, 1972; Байер, 1962; Савицкий, 1974; Б.А. Пурия и др., 1980; Каро и др., 1981].

Для крупных артерий существует четкая связь между свойствами эластина и коллагена и упругим поведением их стенки как целой структуры. Вопрос о вкладе гладких мышц в свойства крупных артерий, является предметом споров по причине возможного искажения результатов, получаемых преимущественно *in vitro* и *in situ*.

Длительное время преобладали исследования определения механических характеристик различных кровеносных сосудов проводимых в лабораторных условиях на образцах, удаленных из организма (*in vitro*). При этом функционирование действующей гладкой мышцы было нарушено [Б.А. Пурия и др., 1980; Каро и др., 1981; Бранков, 1981; Габриелян и др., 1987]. По этой причине полученные характеристики сосудов были связаны в большей степени с пассивным механическим поведением стенки и характеризовали в основном механические свойства эластина и коллагена входящие в ее состав.

Эксперименты *in situ* и *in vitro*, с обработкой сосудов активными веществами, которые различным образом меняли активность гладкой мышцы, выявили значительный вклад ее в механические характеристики сосуда [Dobrin et al., 1969; Doyle et al., 1971; Филатова, 1992, 1993, 2003].

Н.Н. Савицкий (1974) отмечает, что, несмотря на огромное число работ, до настоящего времени остается неясным вопрос, как меняются биомеханические свойства сосудов *in vivo* в ходе активации их гладкой мышцы. О более сложных, чем в простой эластической трубке взаимозависимостях сообщает Ramsey et al. (1995). Согласно ряду исследований [Савицкий, 1974; Гуревич, Бернштейн, 1979], сокращение гладких мышц приводит к увеличению модуля упругости. Согласно результатам Cox (1979), модуль упругости при активации гладкой мышцы снижается. Bank, Kaiser (1998) сообщают, что релаксация гладкой мышцы может быть представлена как два отдельных шага, связанных с изменением геометрических параметров сосуда и с изменениями жесткости стенки и вклад этих эффектов может приводить к противоречивым данным.

По мнению Шендерова, Рогоза (1979), Zanchi Anne et al. (1998) полученные данные о механических свойствах сосудов зависят от условий, при которых проводится эксперимент. Противоречия могут быть связаны с различиями в методиках: при исследованиях в условиях постоянного диаметра – чаще наблюдается увеличение, а в условиях постоянного давления – снижение жесткости сосудистой стенки [Шендеров и др., 1979]. Подобные выводы встречаются у авторов [Каро и др., 1981; Габриелян и др., 1987]: если во время сокращения этих мышц диаметр сосуда не меняется, то его стенка становится более жесткой; если это приводит к сужению сосуда, то модуль упругости ее может снизиться.

Как и для большинства биологических материалов, в кровеносных сосудах наблюдается значительный разброс механических свойств (для разных индивидов) от установленных средних значений, т.е. наблюдается высокое рассеяние величин

механических характеристик, что препятствует выделению некоторых «нормальных» величин [Б.А. Пурия и др., 1980; Бранков, 1981].

Поведение кровеносного сосуда как целого определяется не только упругими свойствами его составляющих, но и геометрическими параметрами. Наиболее важные из них – внутренний диаметр сосуда (**d**) и толщина стенки (**h**), которые у разных сосудов различны. Высокое соотношение **h/d** в мелких артериях мышечного типа обеспечивает сильное уменьшение просвета, вызываемое укорочением гладкой мышцы. По данным К. Каро и др. (1981), Н.Н. Савицкого (1974) диаметр аорты за счет изменения активности гладких мышц может снижаться на 5%, а диаметр бедренной артерии – на 20 – 25%.

С точки зрения биомеханики хорошо изученными являются аорта и крупные артерии эластического типа. Магистральные артерии конечностей человека (плечевая, лучевая) изучены мало.

1.3. Факторы, изменяющие свойства сосудистой стенки

Изменения в структуре сосудистой стенка претерпевает в результате онтогенетических и патологических преобразований.

Возрастные преобразования сосудистой стенки достаточно хорошо изучены и описаны многими авторами [Б.А. Пурия, Касьянов, 1980; Каро и др., 1981; Бисярина и др., 1986]. В первые два десятилетия жизни человека преобразования сосудистой стенки связаны с увеличением ее длины, площади просвета. В растущем организме **h** (толщина стенок) и **d** (внутренний диаметр)

сосуда постепенно увеличивается за счет утолщения и разрастания эластических пластин меди, заканчивающихся в период зрелости. В средней и наружной оболочках с возрастом изменяется количество и соотношение объема эластиновых, коллагеновых волокон и гладкомышечных клеток [Бисярина и др., 1986].

Далее процесс гистологической перестройки сосудистой стенки сливается с изменениями дегенеративного типа, затрагивающими все оболочки и все структуры сосуда. Н.М. Фрунташ (1982) выделяет три основных стадии возрастной перестройки сосудистой стенки: эволюционную, т.е. период нарастания всех тканевых элементов сосудистой стенки (до 35 лет); этап стабильного состояния (до 45 лет) и период инволютивных изменений (с 50 лет). Исследования на гистологическом материале выявили, что с возрастом для крупных артерий характерна тенденция, как к увеличению просвета, так и к утолщению стенки, тогда как для артерий меньшего диаметра – только к утолщению стенки [Каро и др., 1981]. Б.А. Б.А. Пурия, В.А. Касьянов (1980) сообщали в своих исследованиях о возрастном снижении диаметра артерий. Б.И. Мажбич (1990) в неинвазивных исследованиях на сосудах верхних и нижних конечностей получил возрастное снижение радиуса артерий, особенно выраженное после 50 лет. Все эти показатели приводят к увеличению с возрастом соотношения h/d .

Сосуды в различных сосудистых регионах «стареют» с различной скоростью. М. Burger, G. Novelke (1955) показали, что в местах усиления обмена сосуды подвержены более быстрому возрастному склерозу. Сосуды нижних конечностей поражаются значительно раньше, чем верхних. Индивидуумы с преобладающей функцией правой руки, характеризуются более быстрым отложением продуктов обмена в стенке сосуда правой стороны,

чем левой [Бисярина и др., 1986]. Мозговые сосуды претерпевают существенные инволютивные изменения после 36 лет, коронарные – после 40, ткани брюшного отдела аорты стареют быстрее, чем грудного и т.д. [Габриелян и др., 1987].

Сосуды мышечного типа стареют гораздо медленнее [Б.А. Пурия, Касьянов, 1980; Т. Страссер, 1988], типичные атеросклеротические изменения в них встречаются гораздо реже [Бисярина и др., 1986]. Б.И. Мажбич (1990) в неинвазивных исследованиях изменений в механических свойствах плечевых артерий у практически здоровых людей до 55-65 лет не выявил. У людей старше 75 лет показатели упругих свойств были снижены, что объяснялось естественной селекцией попавших в данную возрастную группу. В группе больных атеросклерозом (диагноз был поставлен на основе клинического обследования), несмотря на выявленное достоверное увеличение показателей АД, модуль объемной упругости интактного сосуда был достоверно ниже при сравнении с группой практически здоровых людей. То есть, были получены данные о снижении жесткости интактных сосудов плеча у больных атеросклерозом. Объяснить подобное явление в рамках однослойной модели сосудистой стенки оказалось невозможным. На возможность снижения с возрастом модуля упругости Юнга (E) более мелких, чем грудная аорта, артерий сообщали К. Каро и др. (1981).

Показано нарастающее изменение функций эндотелия у здоровых пожилых людей [Deng et al., 1999; Lind et al., 1999; Гомазков, 2000].

Возрастные изменения эластических волокон крупных артерий связывают с высокой склонностью к кальцификации. Архитектура их может модифицироваться тремя реакциями: эластолиозом, эластокальцинозом и продукцией новых

эластиновых волокон [Atkinson, 1998]. То есть заметного снижения количества эластина не наблюдается, а снижение эластических свойств связано с возрастными деструктивными изменениями эластической ткани. С возрастом эти процессы прогрессируют. Количество коллагеновых волокон нарастает, и они частично замещают гладкомышечные клетки.

Гладкомышечная ткань подвергается возрастным изменениям в большей степени, чем остальные тканевые элементы. Нарушается взаиморасположение гладкомышечных клеток и эластических мембран. Изменяется биохимический состав стенки – увеличивается ее минерализация, уровень холестерина и прочие процессы [Анестиади и др., 1983].

Часто изменения, происходящие с возрастом, очень трудно разграничить с атеросклеротическими поражениями, поэтому, по мнению Э.С. Габриеляна и др. (1987) их нужно считать едиными (до появления клинических признаков атеросклероза) для двух состояний: для обычной инволютивной стадии возрастной перестройки сосуда и для болезни. По мнению И.М. Ганджа, Н.К. Фуркало (1978), К. Каро и др. (1981), Д.Ф. Чеботарева (1982) возрастные изменения сосудистой стенки не идентичны атеросклеротическим. Наиболее резкие проявления атеросклероза встречаются в возрасте 50 – 70 лет [Ганджа И.М. и др., 1978].

Атеросклероз часто поражает аорту и крупные артерии, в структуре которых эластические волокна занимают видное место. Эластические ткани артерий в начале развития атеросклероза в своем химическом субстрате претерпевают ряд тонких изменений. Нарастает повреждение эластической ткани, сопровождающееся образованием холестерина и других липидов, которые могут служить «материальной основой» атеросклероза. Коллагеновые

волокна утолщаются, становятся грубыми, иногда приходят в состояние распада [Анезиади и др., 1983].

Процесс атеросклероза ранее всего начинается и локализуется в аорте, венечных артериях, в артериях мозга [Пуриня Б.А. и др., 1980; Страссер Т., 1988]. В меньшей степени подвержены атеросклерозу сосуды мышечного типа [Пуриня Б.А. и др., 1980; Бисярина В.П. и др., 1986; Страссер Т., 1988].

Несмотря на длительное изучение проблемы атеросклероза, до настоящего времени отсутствуют строгие границы, разграничивающие возрастные изменения от явлений атеросклеротического процесса в стенках артериальных сосудов [Пуриня Б.А. и др., 1980]. До настоящего времени не полностью выяснены процессы, развивающиеся при атеросклерозе в сосудах мышечного типа. Остается до конца не ясным вопрос о факторах риска, способствующих развитию этого процесса.

1.4. СРПВ как показатель упругих свойств сосудистой стенки

Первая работа, связывающая скорость распространения пульсовой волны (СРПВ) и упругость, была проделана Юнгом [Young, 1809]. В результате многочисленных экспериментов Моенс в 1878 г. получает эмпирическую зависимость, определяющую СРПВ в трубках с податливыми стенками [Байер, 1962; Рашевски, 1966; Глазер, 1988]. Впоследствии экспериментальная формула Моенса была теоретически выведена Кортвейгом, и новая

зависимость стала известна как зависимость Моенса–Кортвейга [McDonald, 1974]:

$$C_0 = (E \cdot h / 2 \rho \cdot r)^{1/2} \quad (1)$$

где: C_0 – СРПВ; E – модуль упругости Юнга; h – толщина эластической трубки; ρ – плотность крови; r – внутренний радиус эластической трубки.

Формула Моенса–Кортвейга в достаточной мере точна, однако модуль упругости Юнга, толщина стенки и диаметр сосуда не легко измеримы. Поэтому для приблизительной оценки упругости сосудистой стенки часто используется упрощенная формула, связанная с некоторыми упрощениями модели артерий [Каро и др., 1981; Шмидт и др., 1996]:

$$C_0 = (\rho \cdot E)^{-1/2} \quad (2)$$

где: C_0 – СРПВ; ρ – плотность крови; E – модуль упругости Юнга.

Многочисленные исследования на моделях и изолированных сосудах с последующими математическими расчетами показали, что СРПВ действительно характеризует упругость артериальных сосудов. Это подтвердилось и в опытах на животных [McDonald, 1974; Каро и др., 1981; Шмидт и др., 1996; Рачев, 1978; Амбарцумян и др., 1978].

Большой интерес к исследованиям, связанным с СРПВ, обуславливается фактом возможности измерения этого показателя *in vivo*. При неинвазивной оценке упругого состояния сосудистой стенки у человека пользуются формулой (2), которая не дает возможности точной количественной характеристики некоторых параметров, но все же позволяет косвенно оценивать ее.

С разработкой и обоснованием методики, позволяющей получать значения СРПВ у человека, начинается период активного использования этого показателя для неинвазивной оценки

состояния стенки сосуда [Валтнерис, 1966; Виноградова, 1986; Витрук, 1990]. Методика определения СРПВ проста в применении, доступна и дает возможность массовых, скрининговых обследований.

СРПВ как наиболее доступная опорная характеристика для оценки упругих свойств аорты и крупных магистральных сосудов используется многими авторами [Зборовский, 1973; Савицкий, 1974; Farrar et al., 1978; Столбун, 1980; Коркушко, 1983; Бисярина и др., 1986; Липовецкий и др., 1988; Koji Seki, 1988; Мажбич, 1990; Ting et al., 1990; Breithaupt et al., 1992; Lehmann, 1993; Beltz, Breithaupt et al., 1995; Hasegawa, 1997; Wilkinson et al., 1998].

Многие исследования в этой области были направлены на получение некоторых “нормативных” характеристик, связанных с возрастом и полом обследуемых [Валтнерис, 1966; Савицкий, 1974; Столбун, 1980; Коркушко, 1983; Бисярина и др., 1986; Липовецкий и др., 1988; Takemura et al., 1989; Щуров и др., 1993; Vaitkevicius et al., 1993; Hasegawa et al., 1997].

Предлагались формулы расчета «должной» СРПВ, исходя из возраста обследуемых, обсуждались границы приемлемых отклонений от «нормы» [Валтнерис, 1966; Савицкий, 1974; Коркушко, 1983; Липовецкий и др., 1988; Asmar et al., 1995; Blacher et al., 1999].

«Должные» величины сравнивались со значениями СРПВ при развитии каких-либо заболеваний, выявлялись факторы риска [Зборовский, 1973; Farrar et al., 1978; Blankenhorn David, 1985; Ting et al., 1990; Hickler, 1990; Гудкова и др., 1991; Dart et al., 1991; Коркушко, 1983; Cameron et al., 1996; Martyn et al., 1996].

Оценивались изменения СРПВ при воздействии на организм лекарственных препаратов или различных биологических веществ

[Кравцов, 1971; Breithaupt et al., 1992; Beltz et al., 1997; Kahonen et al., 1998]. В то же время, Potocka-Plazak K. et al. (1998) статистически достоверных корреляций между СРПВ и уровнем адреналина, норадреналина, альдостерона и ренина в крови здоровых и больных людей не выявили.

Много исследований было посвящено изучению влияния на СРПВ различного вида физических нагрузок [Маркман и др., 1987; Гудкова и др., 1991; Vaitkevicius et al., 1993; Брожайтене и др., 1994; Карпман и др., 1994; Okada et al., 1996].

Сведения об абсолютных значениях СРПВ по возрастам и основным сосудистым регионам у разных авторов весьма разнообразны [Валтнерис, 1966; Савицкий, 1974; Коркушко, 1983; Липовецкий и др., 1988; Мажбич, 1990; Asmar et al., 1995; Blacher et al., 1999].

Анализ этих материалов выявляет значительную неоднородность и часто противоречивость полученных данных. Так, например, согласно данным большей части исследователей, получено увеличение с возрастом показателей СРПВ по сосудам как эластического, так и мышечного типов [Савицкий, 1974; Коркушко, 1983; Okai Osamu et al., 1985; Бисярина и др., 1986; Takemura et al., 1989; Asmar, Venetos et al., 1995; Hasegawa, Nagao et al., 1997].

Однако встречаются другие данные. Р.Ш. Эпштейн (1963) отметил снижение СРПВ на участке «сонная – бедренная артерии» у лиц 80 – 92-летнего возраста. Наблюдаемый факт автором не объяснялся [цит. по Валтнерис А.Д., 1966, С. 49]. В.А. Щуров и др. (1993) сообщают, что возрастное увеличение упругости стенок проксимальных артерий может сопровождаться снижением упругости стенок дистальных артерий. Б.М. Липовецкий и др. (1988) отмечают, что, несмотря на достоверное повышение как

систолического, так и диастолического давления с возрастом у женщин, достоверного увеличения СРПВ в сосудах верхних конечностей у них не выявлено. Б.М. Столбун (1980) исследуя возрастную динамику СРПВ на сосудах верхних конечностей, сообщает о снижении СРПВ, при этом, на других сосудистых регионах – увеличение данного показателя. Не выявил возрастного прироста СРПВ по сосудам мышечного типа у больных гипертонической болезнью в сравнении со здоровыми людьми в своих исследованиях Э.И. Зборовский (1973), что соотносится с данными о возможности снижения с возрастом модуля Юнга в более мелких артериях, чем аорта [Капо К. и др., 1981].

Однако, по мнению М. Yoshigi et al. (1997) не следует забывать, что значения СРПВ зависят не только от упругих свойств стенки сосуда, но также от изменений его геометрических параметров (h/r), связанных с изменением давления в нем, а давление у разных испытуемых может значительно различаться.

Результаты инвазивных экспериментов О.В. Филатовой (1993, 2003) выявляют в диапазоне давлений от 0 до 220 мм рт. ст. немонотонный нелинейный двойной S-образный характер зависимости модуля упругости Юнга от давления, отражающий вклад различных компонентов сосудистой стенки. Эти данные показывают, что упругие свойства сосудов в различных диапазонах давления обусловлены упругими характеристиками различных структурных элементов, входящих в ее состав. В диапазоне давлений от 0 до 60 мм рт. ст. упругие свойства сосуда обеспечиваются эластическими волокнами. В диапазоне выше 60 мм рт. ст. в противодействие деформациям включается гладкая мышца сосудистой стенки. Резкое увеличение упругих свойств стенки сосуда в диапазоне давлений выше 180 мм рт. ст. обусловлено включением коллагеновых волокон, материала,

жесткость которого на два, три порядка выше, чем жесткость других составляющих стенки.

Эти данные показывают, что для суждения об упругих свойствах сосудистой стенки недостаточно определять СРПВ при одном значении давления, т.е. находить одну точку на кривой зависимости упругих свойств от давления, необходимо оценивать ее изменения в определенном диапазоне давления, т.е. строить кривые, отражающие эту зависимость [Фолков Б. и др., 1976; Пурия Б.А. и др., 1980].

Возникла проблема высокой нестабильности показателя СРПВ. А.Д. Валтнерис (1966), В.Г. Шершнева и др. (1969), В.Г. Маркман и др. (1987), М. Kool et al. (1991), L. Hofstra et al. (1994), А.А. Кондыков (2002) выявили изменения этой величины в широких пределах в течение короткого промежутка времени у одного и того же человека. П.П. Буховцев (1962) предлагал считать соотношение крайних величин колебания СРПВ в пределах одного исследования, выраженное в процентах, объективной мерой лабильности сосудистого тонуса, но данный подход не нашел широкого применения.

Высказываются сомнения в информативности показателя СРПВ при оценке истинной величины упругости сосудистой стенки [Taylor, 1973]. По данным А.Д. Валтнериса (1966) СРПВ характеризует не только пассивные свойства сосудистой стенки, на этот показатель также может оказывать влияние функциональное состояние гладкой мускулатуры сосудистой стенки, а также величина АД (в большей степени ДД), вязкость крови и различные экстраартериальные факторы.

В то же время Н. Shimazu et al. (1986), Koji Seki (1988), В.Д. Bolster et al. (1998) используют его как критерий, оценивающий правильность данных, полученных новыми разработанными ими

методами неинвазивной оценки эластических свойств артерий человека.

Анализ работ последних лет, связанных с использованием показателя СРПВ, показывает, что большая часть исследований в этой области направлена на применение точных, современных приборов и методов, на устранение методических погрешностей и усовершенствование способов обработки полученного материала, с целью получения наиболее точных результатов [Карпман и др., 1995; Asmar et al., 1995;. Ramsey et al., 1995; Hardy et al., 1996; Hsieh et al., 1996; Намаура, 1997]. С другой стороны, все больше авторов [Asmar et al., 1995; Намаура, 1997; Potocka-Plazak et al., 1998] отмечают тот факт, что, несмотря на устранение методических недостатков предыдущих исследований, получить воспроизводимых, хорошо объяснимых результатов не удастся. Все это приводит к мысли о более сложных взаимосвязях и недостаточности наших знаний о характере зависимости и связи между показателем СРПВ и различными факторами его обуславливающими [Biopac Systems, 1997; Намаура, 1997; Кондыков, 2002].

Несмотря на противоречивость данных, полученных разными авторами, методику определения СРПВ продолжают использовать как наиболее информативную и доступную при оценке состояния сосудистой стенки [Farrar et al., 1978; Blankenhorn David, 1985; Ting et al., 1990; Vaitkevicius et al., 1993; Hardy et al., 1994; Giller et al., 1994; Asmar et al., 1995; Tanokuchi et al., 1995; Hardy et al., 1996; Groenink et al., 1998; Bolster et al., 1998; Nagai et al., 1999; Koobi T. et al., 2003]. Результаты недавних популяционных исследований [Кобалава, 2001] выявляют высокую корреляцию этого показателя с показателями общей и сердечно-

сосудистой «выживаемости» как среди мужского, так и среди женского населения.

1.5. Факторы риска развития болезней сердечно-сосудистой системы

По данным «Государственного доклада о состоянии здоровья населения РФ ...» (2004) на болезни системы кровообращения приходится 55,3 %. Наблюдается динамика увеличения этого показателя (в 1995 – 52,8 %). Алтайский край в этом отношении не является исключением. На болезни системы кровообращения в структуре смертности населения в Алтайском крае приходится 54,3 % [Доклад о санитарно-эпидемиологической обстановке в Алтайском крае, 2004]. Атеросклеротические изменения структуры сосудистой стенки являются морфологической основой многих сердечно-сосудистых заболеваний [Мамедов и др., 2000]. Атеросклеротический процесс модифицирует сосудистую стенку, приводит к изменениям ее биомеханических и физиологических характеристик [Анестиади и др., 1983]. По данным И.М. Ганджа и др. (1978) люди, умершие от атеросклероза и его осложнений составляют 70 %. По этой причине остается актуальным выявление основных факторов риска заболевания и выяснения их вклада в этот процесс.

В настоящее время обнаружено более 200 факторов - средовых, наследственных, метаболических, которые в той или иной степени способствуют развитию атеросклероза, называемых «факторами риска», действие которых увеличивает риск

возникновения и развития атеросклероза и его осложнений [Мамедов и др., 2000].

По классификации Steptoe F. et al. (1999) все факторы риска болезней системы кровообращения можно разделить на: а) *факторы среды обитания человека*, к которым относятся социально-экономические и климатические особенности проживания человека, его психо-эмоциональный статус и поведенческие особенности (вредные привычки, питание, образ жизни и пр.); б) *биологические факторы*, являющиеся генетически детерминированной формой реагирования организма на действие средовых факторов (пол, возраст, уровень АД и пр.).

Определяющее значение Steptoe F. et al. (1999) отводит социальным условиям жизни и трудовой деятельности, а также характеру и привычкам человека, которые формируют его образ жизни, включающий профессиональную деятельность, физическую активность, культуру питания и т.д.

Ряд исследователей обратили внимание на различия в распространении атеросклероза среди жителей различных городов, среди жителей городской и сельской местности, среди работников занимающихся физическим и умственным трудом.

По данным И.М. Ганджа и др. (1978) высокая встречаемость этого заболевания выявляется в крупных, промышленных городах. Так, например, среди сельского населения показатели заболеваемости выявляются в 2-3 раза ниже, чем среди городских жителей. Причина подобных различий может быть связана со многими отличиями по условиям проживания горожан от сельских жителей, выявляемых разными авторами. Под условиями проживания человека подразумевается сложный комплекс климато – географических, экологических и социально – экономических факторов.

Уровень загрязнения окружающей среды в крупных промышленных центрах очень высокий. Описана четкая взаимосвязь между уровнем тонкодисперсных частиц (источник – выхлопные газы) с уровнями заболеваемости и смертности населения от сердечно-сосудистых и дыхательных расстройств [Anthony, 2001]. Поскольку в Алтайском крае промышленные предприятия размещены преимущественно в городах, то наиболее загрязненным является воздух городских поселений. Наиболее грязным оказывается воздух в городе Барнауле, на втором месте оказывается Бийск, на третьем – Рубцовск [Доклад о санитарно-эпидемиологической обстановке в Алтайском крае..., 2003]. На каждого жителя г. Барнаула в год в среднем приходится до 450 кг пыли, сажи, окиси углерода, азота, серы и других вредных примесей [Александров, 1992].

Городская среда и городское население испытывает помимо сильного химического загрязнения, обусловленного выбросами загрязняющих веществ и накоплением отходов, воздействие и других видов загрязнений, таких как шум, вибрация, электромагнитные и инфразвуковые излучения, тепловое загрязнение и многие другие. С увеличением транспортных потоков, наблюдается тенденция увеличения шума в городах [Карагодина и др., 1989]. Исследования, проведенные в г. Барнауле, выявили, что около 60 % горожан подвергаются воздействию шума, превышающего нормальные уровни [Александров, 1992]. Постоянное шумовое воздействие не только оказывает неприятный раздражающий эффект, но и вызывает повышенную заболеваемость людей [Филатов и др., 2002].

По данным П.С. Хомуло (1982), В.В. Константинова и др. (1997), Н.Н. Филатова и др. (2002) жители города в большей степени подвержены состоянию хронического стресса по причине

более высокой плотности населения, более интенсивного ритма жизни, многоконтактности в транспорте и общественных заведениях, ограничение зон рекреации.

Кроме этого, у большинства взрослого населения горожан выявляется более низкая физическая активность в сравнении с сельскими жителями [Ebrahim et al., 2000; Sherwood et al., 2000]. По результатам L. Steffen-Batey и др. (2000), вклад гиподинамии в смертность от сердечно-сосудистых заболеваний составляет до 20%.

Значение психоэмоционального напряжения в возникновении атеросклеротического процесса многие ученые и исследователи оценивают как наиважнейший; ставят его на первое место как достоверный фактор, влияющий на атерогенез. Многими исследователями установлено, что атеросклероз особенно часто развивается у лиц, профессиональная деятельность которых связана с постоянным нервно-психическим напряжением и малой физической активностью [Ганджа и др., 1978; Минкин, 1994; Абина и др., 1997; Гнедов, 2000; Иванова, 2001].

У городских жителей чаще выявляется избыточная масса тела [Lerman-Garber et al., 1999; Martikainen et al., 1999, Филатов, 2002]. По результатам исследований Т.В. Ивановой (2001) среди жителей г. Барнаула распространенность нерационального питания среди взрослого населения составляет 60,5 %. С возрастом распространенность этого фактора риска снижается. Установлена зависимость характера питания от социального статуса. Менее подвержены этому фактору риска лица, занимающиеся неквалифицированным физическим трудом, наиболее подвержены – творческие работники и руководители [Амиров, 1979; Салханов и др., 1989; Иванова, 2001].

Клинические наблюдения свидетельствуют о том, что при целом ряде эндокринных заболеваний наблюдается усиление развития атеросклероза. Известно более раннее и тяжелое развитие болезни при сахарном диабете, гипотиреозе [Ганджа, Фуркало, 1978]. По данным «Материалов к государственному докладу о состоянии окружающей природной среды Алтайского края в 2001 году» край относится к наиболее неблагоприятным территориям по недостатку йода. Это обуславливает высокий уровень эндокринных заболеваний, выявляемых у жителей Алтайского края.

Известно, что до 50-60 лет половые различия сказываются наиболее интенсивно и заболеваемость атеросклерозом резко преобладает в мужской популяции. До пятидесяти лет атеросклероз в 2 – 3 раза чаще встречается у мужчин, после 50 лет эта разница стирается, а к шестидесяти годам разница исчезает [Константинов и др., 1989]. Это привлекло внимание исследователей к роли половых гормонов в патогенезе атеросклеротического процесса. Получено немало данных, что женские половые гормоны - эстрогены задерживают развитие атеросклероза (что связано с увеличением содержания липопротеидов высокой плотности в плазме крови, оказывающих, как известно, антиатерогенное действие). В период менопаузы риск развития атеросклероза у женщин увеличивается [Jjang et al., 1992; Доценко и др., 1999].

В последние годы проблема атеросклероза стала рассматриваться с позиций профессиональных патологий. Имеется ряд наблюдений о высокой встречаемости этого заболевания у лиц, чья деятельность связана с переработкой большого объема информации, принятием быстрых решений в условиях значительного дефицита времени и низкой двигательной

активностью (руководящие работники, операторы пультов управления, диспетчеры, водители городского транспорта, пилоты и пр.), с некоторыми токсическими веществами (например: свинцом, серо – углеродом, окисью углерода и пр.) [Справочник по проф. патологии, 1981, С. 145-146; Вайсман, 1998]. По мнению Nakim A.A. et al. (1999), Wannamethee S.G. et al. (2000) наиболее неблагоприятными факторами трудовой деятельности, приводящими к развитию атеросклероза, считаются постоянное нервно-психическое напряжение и малая физическая активность человека.

По данным Т.П. Яковлева и др. (1993) продолжительность жизни человека, при относительно равных социально-экономических условиях, существенно зависит от его условий труда. С другой стороны существуют другие данные. Н.А. Фадеева (1979), исследуя условия труда ИТР и рабочих, пришла к выводу, что наиболее частое выявление заболеваний у этих групп обусловлены факторами не связанными с их производственной деятельностью.

Выявлены различия в течении атеросклероза у лиц одной и той же этнической группы, в зависимости от места проживания [Вихерт и др., 1976]. Жуковский Г.С. и др. (1996), Константинов В.В. и др. (1997) связывают региональные и этнические особенности формирования эпидемиологической ситуации по сердечно-сосудистым болезням с такими экологическими факторами, как особенность климата, состояние воздушного бассейна, качеством питьевой воды, особенностями питания, характером труда и быта и т.п.

Таким образом, прогрессирующее нарастание развития атеросклероза во всем мире, его эпидемические масштабы настоятельно требуют понимания роли различных факторов,

способствующих его распространению и своевременного его выявления доступными методами.

ГЛАВА 2. КОНТИНГЕНТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа выполнена на базе кафедры физиологии человека и животных АГУ. Обследовано 444 жителя Алтайского края, в том числе 274 мужчины и 170 женщин в возрасте от 19 до 76 лет. 184 человека – жители сельской местности, рабочие и служащие двух леспромхозов (ЛПХ) Троицкого района Алтайского края: ЛПХ «Боровлянка» и ЛПХ «Заводское». 136 человек – рабочие и служащие ремонтного завода рабочего поселка Павловск и 124 человека – рабочие и служащие автотранспортных предприятий, жители крупного промышленного города Барнаула.

В таблице 1 представлен количественный состав обследованных людей в каждой группе, в зависимости от пола и возраста.

Таблица 1

Возрастной и половой состав обследованных групп,
количество человек

Возрастн ые группы	Жители г. Барнаула		Жители р. п. Павловск		Сельские жители Троицкого р-на	
	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины
19-30 лет	7	7	33	5	32	20
31-40 лет	13	17	44	6	23	22
41-50 лет	13	11	15	13	17	24
51-60 лет	21	17	17	3	27	19
61-76 лет	12	6	-	-	-	-

По возрастам выборки были представлены практически одинаково, исключением явилась группа жителей г. Барнаула. Пятнадцать процентов от всей выборки здесь составили люди после пенсионного возраста, т.е. 61 - 76 лет (среди них – 6

женщин и 12 мужчин). В остальных группах возраст испытуемых ограничивался 60-тью годами.

Поло - возрастной состав в выборках у жителей г. Барнаула и сельских жителей Троицкого района был представлен практически равномерно. В выборке жителей р.п. Павловск преобладали мужчины в возрасте 19-40 лет.

Обследование каждого испытуемого проводилось однократно при добровольном согласии в условиях физического и психического комфорта в середине рабочего дня, и было приурочено к летнему периоду. Перед началом обследования и после него методом Короткова измерялось артериальное давление. Группа жителей г. Барнаула в составе 21 человек обследовалась повторно спустя 14 дней.

Для оценки упругих свойств магистральных сосудов мышечного типа вычислялись значения скорости распространения пульсовой волны (СРПВ) на сосудистой трассе «верхняя часть плеча – палец» по методике, предложенной и обоснованной А.Д. Валтнерисом (1966) – по начальной части крутого фронта волны («от подножия до подножия»), т.е. при диастолическом давлении. По мнению McDonald (1974), К. Каро и др. (1981), отраженные волны не искажают форму этой части волны. Кроме этого, по мнению А.Д. Валтнериса (1966) и большинства других исследователей [Geddes et al., 1981; Nanaura, 1990] СРПВ лучше коррелирует с величиной диастолического давления.

Датчики ЭКГ накладывались на правую руку и левую ногу, тетраполярной реограммы – на верхнюю часть плеча, фотооптический датчик инфракрасного диапазона – на палец. Расстояние между реографическим и фотооптическим датчиками измерялось сантиметровой лентой.

Регистрировались: II отведение ЭКГ электрокардиографическим блоком (ЭК-блок) многоканального регистратора «Полиграф П6Ч-01»; тетраполярная реограмма с области верхней части плеча – реографическим блоком (Р-блок); фотоплетизмограмма с пальца руки – ритмокардиовазометрическим блоком (РКВ-блок) многоканального регистратора «Полиграф П6Ч-01».

Синхронная запись пульсовых кривых и ЭКГ в момент задержки дыхания осуществлялась на каналах самописца Н 3031-6. Скорость лентопротяжки составляла 100 мм/с.

Пример записи приведен на рис.1.

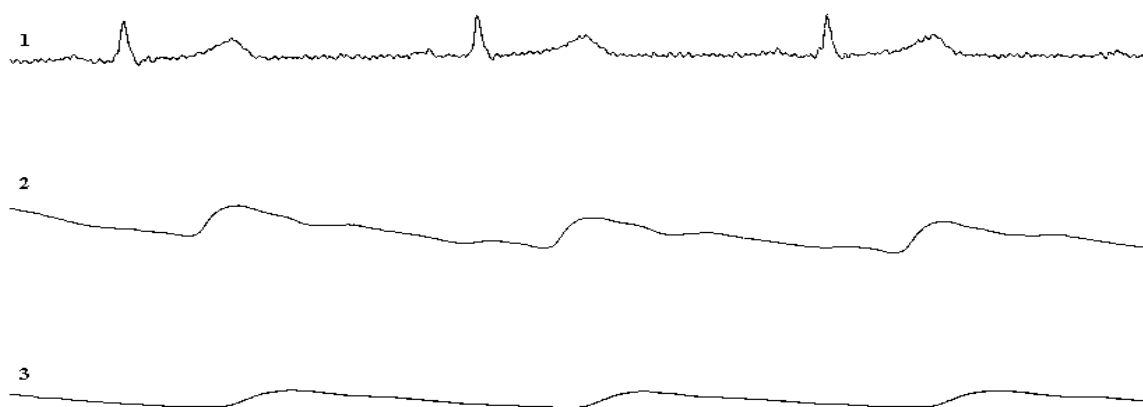


Рис.1. Синхронная запись ЭКГ (1) и пульсовых кривых: с верхней части плеча (2), с пальца (3). Испытуемый А.С., 37 лет

По пульсовым кривым, полученным с датчиков тетраполярной реограммы (верхняя часть плеча) и фотооптического датчика (палец), циркулем по нониусной шкале определялось запаздывание пульсовых волн относительно друг друга в миллиметрах.

Зная скорость лентопротяжки, и запаздывание пульсовых кривых в миллиметрах, рассчитывалось время запаздывания (t) в секундах (рис.2): $t = (1/V) \cdot t_0$, где t – время запаздывания, сек; t_0 – запаздывание, мм; V – скорость лентопротяжки, мм/с.

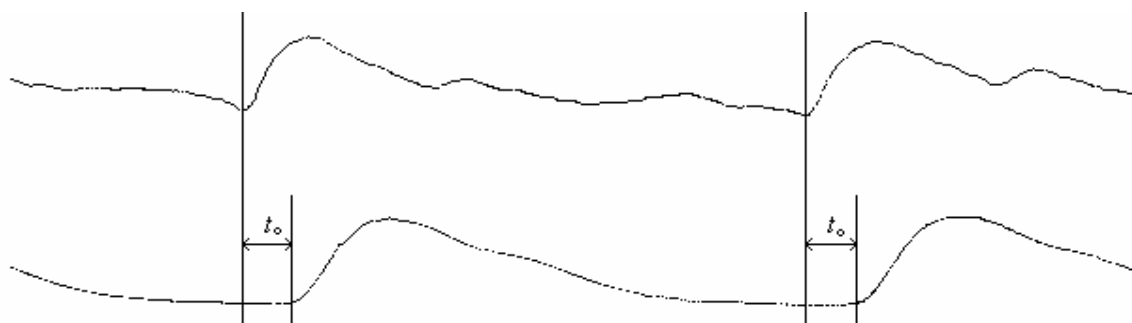


Рис.2. Пример определения запаздывания пульсовых кривых с различных точек артерий

Зная расстояние между датчиками и время запаздывания, рассчитывалась СРПВ (м/с) на трассе «верхняя часть руки – палец»: $СРПВ = L / t$, где L - расстояние между датчиками, м; t - время запаздывания, сек.

При расчете СРПВ могли возникать случайные погрешности в результате ошибок, связанных с точностью измерений расстояний между наложенными электродами и при определении расстояния запаздывания пульсовых волн относительно друг друга при записи на миллиметровой бумаге. Кроме этого, некоторую погрешность вносит чернильнопишущий регистратор.

При среднем расстоянии между электродами 63 см ошибка измерений сантиметровой лентой, составляющая $\pm 0,5$ см, дает относительную погрешность $\pm 0,8$ %.

Расстояние запаздывания пульсовых волн в среднем составляло 10 мм. Использование нониусной шкалы обеспечивает замер с точностью до $\pm 0,1$ мм и дает ошибку ± 1 %.

Погрешность движения диаграммной ленты самописца Н 3031-6 составляет $\pm (0,01 \cdot L \pm 1)$ мм *, где L – длина диаграммной ленты.

* Полиграф электронный П6Ч-01. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Часть I. (мЕ2.893.106 ТО).

То есть погрешность, создаваемая самописцем составляет 2 %.

Суммарная случайная погрешность, возникающая при измерении СРПВ рассчитывалась нами по формуле [Васильев, 1988]:

$$\Delta_{np.} = \pm \sqrt{\Delta_{np.1}^2 + \Delta_{np.2}^2 + \Delta_{np.3}^2};$$

где $\Delta_{np.}$ - суммарная предельная погрешность измерений; $\Delta_{np.1}$ - погрешность измерений, создаваемая регистратором; $\Delta_{np.2}$ - погрешность измерений, возникающая при измерений расстояний между наложенными электродами; $\Delta_{np.3}$ - погрешность измерений, возникающая при определении расстояния запаздывания пульсовых волн относительно друг друга.

Суммарная предельная погрешность измерений СРПВ составила ± 2 %.

Массовые исследования выявили чрезвычайную вариабельность формы пульсовых кривых, часто затрудняющих определение начальной части крутого фронта волны. Физиологические аритмии и наложение дикротических волн также сказывалось на форме пульсовой волны, и осложняли определение времени запаздывания. Чтобы снизить влияние этих факторов, мы использовали следующий прием: проводили касательные для крутой части волны и подножия. Точка пересечения касательных являлась базовой для расчета времени запаздывания (рис.3).

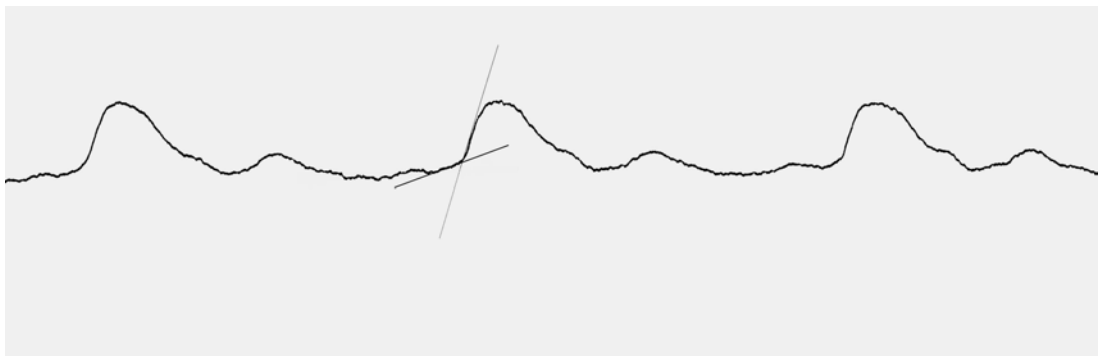


Рис.3. Пример выявления точки для расчета времени запаздывания

Метод, обоснованный А.Д. Валтнерисом (1966), позволяет получать СРПВ при одном значении давления у испытуемого – диастолическом. По данным Б. Фолкова и др. (1976), Б.А. Пуриня и др. (1980), Megerman Joseph et al. (1986), О.В. Филатовой (1993, 2003) зависимость упругих свойств сосуда от давления в широком диапазоне давлений носит нелинейный характер, обусловленный сложным строением сосудистой стенки, состоящей из волокон трех типов – эластина, коллагена и гладкой мышцы. Биомеханические исследования сосудов показали, что к ним нельзя применить классическую теорию упругости и определить единственный модуль Юнга [Каро и др., 1981]. По этой причине суждение об упругих характеристиках сосуда по одной точке на этой кривой имеет ограниченную ценность. Для адекватной характеристики биомеханических свойств исследуемых сосудов необходимо получать несколько значений СРПВ при различных уровнях давления и строить кривые зависимости СРПВ от давления в полученном диапазоне давлений.

Для неинвазивного управления внутрисосудистым артериальным давлением был использован эффект ортостаза.

Положение верхней конечности испытуемого варьировалось относительно уровня сердца, что приводило к изменению давления в этом сосудистом регионе («локальный» ортостаз). У испытуемых перед каждой регистрацией пульсовых кривых пассивно, т.е. с помощью экспериментатора, изменялось и фиксировалось положение руки, с которой производилась последующая запись. Первая регистрация пульсовых кривых производилась при горизонтальном положении руки. В этих условиях регистрировались пульсовые кривые, и рассчитывалась СРПВ при естественной величине ДД, поскольку конечность располагалась

на уровне сердца. Затем рука пассивно поднималась вертикально вверх. В этой позиции величина ДД уменьшалась на величину гидростатического давления (ДД–гД). При последующем опускание руки вниз до вертикального положения величина ДД на эту же величину возрастала (ДД+гД). После поднятия и опускания рука возвращалась в горизонтальное положение. На каждом этапе производилась регистрация в среднем пяти – семи устойчивых пульсовых колебаний, по которым рассчитывались соответствующие величины СРПВ и ее средние значения.

Вклад гидростатического давления на участке между датчиками тетраполярной реограммы и фотооптическим датчиком на сосудистой трассе «верхняя часть плеча – палец» рассчитывался по следующей формуле: $гД = 0,0735 \cdot h$, где $гД$ – гидростатическое давление, мм рт. ст.; $0,0735$ – коэффициент перевода мм вод. ст. в мм рт. ст.; h – половина расстояния исследуемого участка, мм.

В среднем гидростатическая прибавка составляла 20-25 мм рт. ст.

Для расширения диапазона давлений на заключительном этапе обследования регистрировалась СРПВ при минимально возможном давлении (давлении, близком к нулевым значениям – D_0). Для этого в горизонтальном положении руки на плечо испытуемого накладывалась манжета, в которую нагнетался воздух до исчезновения пульсации лучевой артерии. После чего воздух из манжеты медленно выпускался. По первой пульсовой волне, возникающей ниже манжеты, рассчитывалась СРПВ, полученная при декомпрессии (рис.4).

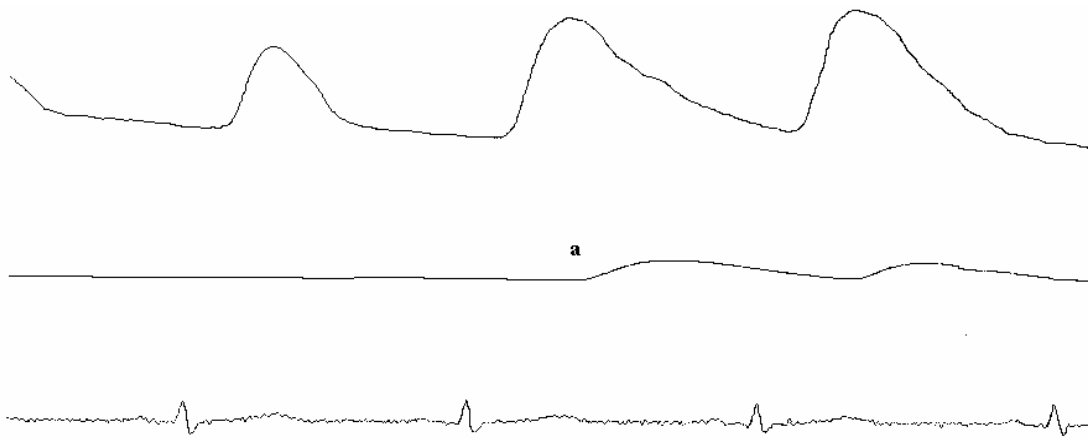


Рис. 4. Первая пульсовая волна (а), возникающая ниже манжеты

При манжеточной компрессии на участке дистальнее места пережатия артерии и вены оказываются изолированными от системного кровообращения. Артерии и вены по свойствам различаются между собой: диаметр системных вен больше диаметра соответствующих ветвей артерий; вены в значительно большей степени, чем артерии могут изменять свою емкость, особенно в ситуациях, когда давление в них близко к нулевому (в положении руки на уровне сердца) [Труды Международного симпозиума..., 1977; Фолков и др., 1976; Рашмер, 1981; Запускалов, 1994]. В силу различий свойств между артериями и венами при компрессии дистальнее манжеты давление между ними выравнивается и оказывается несколько выше нормального физиологического венозного давления, составляющего около 10 мм рт. ст. [Каро и др., 1981; Blank et al., 1993].

В целом время проведения исследования занимало 3 – 7 минуты на человека.

Применение «локального» ортостаза и манжеточной компрессии позволило неинвазивно варьировать внутрисосудистое давление и для каждого испытуемого получать значения СРПВ при

четырёх разных значениях давления и строить по полученным данным СРПВ–метрические кривые.

За исходную, первую точку кривой принималась величина СРПВ, полученная при декомпрессии (СРПВ₀ и Д₀). Вторая точка соответствовала средним значениям СРПВ, полученным при поднятии руки вверх, когда давление оказывалось ниже диастолического на величину гидростатического давления (СРПВ_{вверх} и ДД – гД). Третья точка соответствовала усредненной величине СРПВ в горизонтальном положении руки, вычисленной по результатам измерений в начале эксперимента, а также после возвращения конечности в горизонтальное положение после пассивного перемещения ее вверх и вниз (СРПВ_{гор} и ДД). Четвертая точка кривой соответствовала средним значениям СРПВ, полученным при опускании конечности вертикально вниз, когда давление оказывалось выше диастолического на величину гидростатического давления (СРПВ_{вниз} и ДД + гД).

Если 2 и 4-ая точки индивидуальных кривых были получены путем усреднения ~ 5-7 поцикловых значений СРПВ в одинаковых условиях эксперимента, то 3-я точка – в результате усреднения ~ 15-21 поцикловых значений СРПВ, полученных в трех вариантах положения руки на горизонтальной опоре.

Сравнение между собой кривых проводилось по значениям СРПВ и по коэффициентам углов наклона **b** каждого участка кривой. Подобный анализ позволял оценивать кривые в заданном диапазоне давлений, выявлять их смещение относительно друг друга, сравнивать СРПВ при одинаковом давлении и оценивать форму кривых.

Проводился СРПВ–метрический анализ в группах с учетом возраста, пола, территории проживания, уровня артериального давления и характера трудовой деятельности человека. Кроме

этого, анализировались индивидуальные кривые. Дополнительно проводился анализ индивидуальных кривых с учетом трех значений СРПВ, полученных в горизонтальном положении руки.

Результаты измерений подвергались статистической обработке с использованием пакета Microsoft Excel 2002 в среде Windows. Рассчитывались средние значения и ошибка среднего ($M \pm m$). При сопоставлении результатов использовался параметрический t -критерий Стьюдента [Лакин, 1990; Гмурман, 1999] и непараметрические критерии статистики: критерий U (Вилкоксона – Манна – Уитни) при $n_1, n_2 \leq 60$; критерий знаков ($K3$) и Q -критерий (Розенбаума) – при $n_1, n_2 > 60$ [Гублер и др., 1973].

Различия принимались существенными при $P < 0,05$.

ГЛАВА 3. ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. СРПВ–метрическая кривая

На рисунке 5 представлена СРПВ–метрическая кривая, построенная по средним значениям данных, полученным для всей выборки испытуемых.

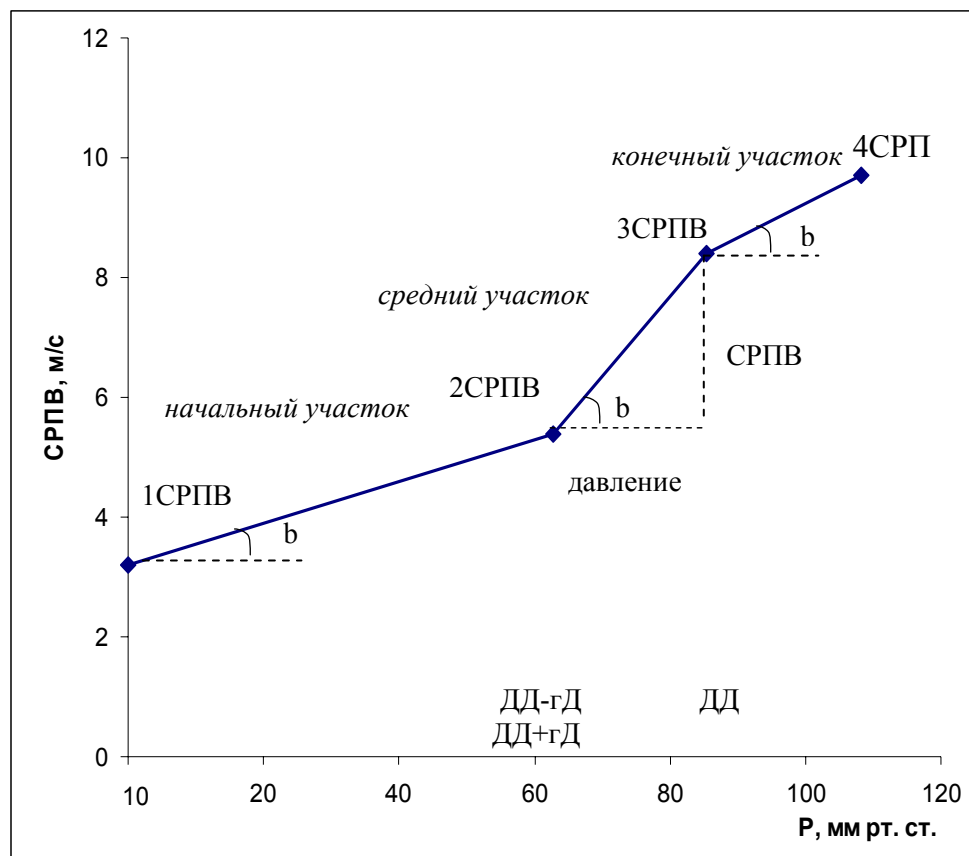


Рис. 5. СРПВ–метрическая кривая для всей выборки испытуемых ($n = 444$)

Из рисунка видно, что зависимость СРПВ от давления нелинейная и в диапазоне давлений от 10 до $108,3 \pm 11,5$ мм рт. ст. имеет S-образный характер. На представленной кривой отчетливо выявляются три участка – начальный, средний и конечный

(правый), характеризующие соответствующие изменения величины СРПВ в различных диапазонах давления. Хорошо заметно, что обозначенные участки отличаются значениями СРПВ и величиной угла наклона (коэффициент b), который рассчитывался, как отношение изменения СРПВ в данном диапазоне давления к изменению давления.

S-образный характер зависимости модуля упругости Юнга от давления получали в острых экспериментах Р.В. Dobrin et al. (1969), О.В. Филатова (1993, 2003), А.В. Требухов (2002). Схожую форму зависимости между СРПВ и давлением в модельных экспериментах описывал А.А. Кондыков (2002).

О.В. Филатова (1993, 2003), применяя для анализа подобных данных трехкомпонентную модель строения сосудистой стенки [Фолков, 1976], приходит к выводу о том, что S-образность обусловлена различными свойствами входящих в ее структуру элементов: эластина, гладкой мышцы и коллагена. В области малых давлений (от 0 до ~ 60 мм рт. ст.) упругие свойства сосуда в большей степени определяются эластиновыми волокнами. В диапазоне давлений выше 60 мм рт. ст. упругие свойства сосудистой стенки определяются свойствами эластина и функционированием активной гладкой мускулатуры. Вовлечение коллагена происходит при более высоких значениях давления (более 160 мм рт. ст.).

Анализ полученной СРПВ-метрической кривой показывает, что ее начальный участок совпадает с диапазоном давлений, где по результатам инвазивных экспериментов упругие характеристики сосуда определяются преимущественно свойствами эластинового компонента сосудистой стенки. Диапазон давлений, приходящийся на средний и конечный (правый) участок,

обусловлен свойствами эластина и гладкой мускулатуры сосудистой стенки.

Численные расчеты с использованием формулы 2, по минимальному и максимальному значению СРПВ, которые встречались в наших исследованиях, выявили диапазон значений E в пределах от $0,03 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$ до $5 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$, что соответствовало значениям модуля упругости Юнга для эластина и гладкой мышцы. То есть, в затрагиваемом нашими исследованиями диапазоне давлений коллаген в противодействие давлению не вступал, а СРПВ–метрическая кривая дает возможность судить о биомеханических характеристиках сосудов с учетом изменения свойств эластинового и гладкомышечного компонентов сосудистой стенки.

Анализ полученного материала показывает, что угол наклона b , характеризующий каждый участок кривой, является показателем, приближающимся по своему значению к касательному или дифференциальному модулю упругости Юнга, который используется для характеристики небольших деформаций от некоторого равновесного состояния в случаях, когда зависимость напряжение от деформации материала нелинейная.

3.2. Возраст

Все обследованные нами жители Алтайского края были разделены по возрасту на следующие группы: 19-30, 31-40, 41-50, 51-60 и 61-76 лет. Подобное деление наиболее часто используется при массовых исследованиях такого рода [Бисярина и др., 1986, Липовецкий и др., 1988; Кобалава, 2001].

Средние значения систолического и диастолического давления для каждой возрастной группы и результаты сравнения средних

показателей со значениями в группе 19-30 лет, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Систолическое и диастолическое давление ($M \pm m$)
в различных возрастных группах

Возрастные группы	СД	ДД
19-30 лет, n=104	123,9 ± 1,4	80,2 ± 1,0
31-40 лет, n=125	128,2 ± 1,6*	85,0 ± 1,0*
41-50 лет, n=93	134,0 ± 2,1*	88,5 ± 1,2*
51-60 лет, n=102	137,1 ± 1,8*	88,9 ± 1,1*
61-76 лет, n=20	137,8 ± 3,6*	86,5 ± 1,6*

Примечание: * – различия достоверны относительно группы 19-30 лет

Как видно из представленных данных, уровень СД достоверно увеличивался по сравнению с самой молодой в выборке возрастной группой, начиная с 31-40 лет, и оказывался максимальным в группе 61-76 лет. Значения ДД с возрастом также достоверно увеличивались, начиная с возраста 31-40 лет. Но показатели его претерпевали несколько иную динамику: ДД стабилизировалось в возрасте 51-60 лет, а затем в группе 61-76 лет наблюдалась тенденция к некоторому снижению его значений в сравнении с предшествующей группой, тем не менее, оставаясь достоверно ($P < 0,05$) выше при сравнении со значениями у молодых людей.

Возрастные динамики СД и ДД в нашем исследовании подтвердили описанные ранее J. Stokes, W. Kannel, P. Wolf et al. (1989), S. Franklin, W. Gustin et al. (1997), Т. Страссер (1988), Ж.Д.

Кобалава (2001) тенденции изменения АД, полученные в результате эпидемиологических исследований.

Для выявления возрастных особенностей СРПВ–метрии артерий верхних конечностей, в таблице 3 для каждой группы представлены средние значения СРПВ и ошибка среднего, а также коэффициенты углов наклона (**b**), полученные на различных участках СРПВ–метрических кривых.

Несмотря на достоверное увеличение уровня СД и ДД с возрастом (табл. 2), в обследованной выборке, у испытуемых, начиная с 41-50 лет, выявлялось снижение ($P < 0,05$) значений СРПВ (табл. 3).

Таблица 3

Скорость распространения пульсовой волны ($M \pm m$) и коэффициент угла наклона отдельных участков СРПВ–метрических кривых в различных возрастных группах

Возр. группы, кол-во	начальная часть кривой		средняя часть кривой		конечная часть кривой		
	1.СРПВ	b	2.СРПВ	b	3.СРПВ	b	4.СРПВ
19-30 лет, n=104	3,5±0,07	0,035	5,5±0,13	0,152	9,0±0,16	0,037	9,9±0,18
31-40 лет, n=125	3,4±0,06	0,036	5,6±0,13	0,132	8,6±0,14	0,049	9,8±0,17
41-50 лет, n=93	3,2±0,08 *	0,037	5,6±0,16	0,123	8,4±0,16 *	0,078	10,1±0,23
51-60 лет, n=102	2,8±0,06 *	0,034	5,1±0,12 *	0,112	7,7±0,14 *	0,070	9,2±0,17 *
61-76 лет, n=20	2,8±0,11 *	0,032	4,9±0,34 *	0,098	7,0±0,36 *	0,068	8,6±0,33 *

Примечание: * – различия достоверны относительно группы 19-30 лет

В группах 51-60 лет и 61-76 лет показатели СРПВ были самыми низкими. При сравнении значений СРПВ в этих группах со значениями в группе 19-30 лет во всех точках СРПВ–метрической кривой, т.е. во всех диапазонах давления, были получены достоверно более низкие показатели.

Полученная возрастная динамика СРПВ соотносится с результатами Б.М. Столбуна (1980), получавшего на сосудах верхних конечностей снижение СРПВ с возрастом.

При построении СРПВ–метрических кривых возрастное снижение СРПВ выражалось смещением их относительно друг друга вниз (рис. 6).

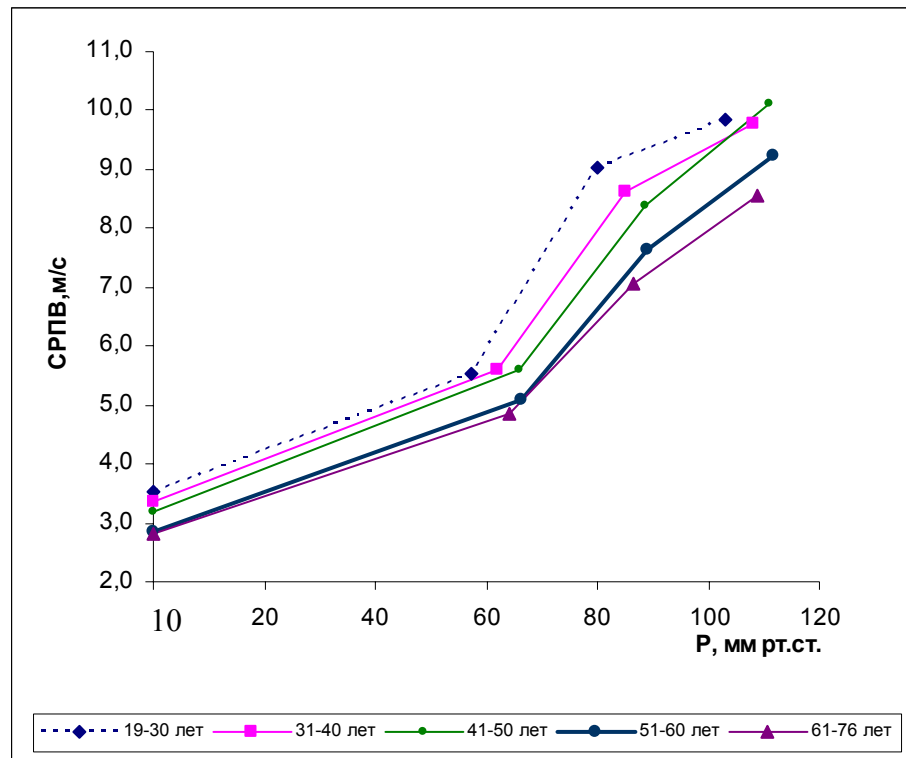


Рис. 6. СРПВ–метрические кривые различных возрастных групп

СРПВ–метрические кривые во всех представленных на рисунке возрастных группах имели S-образный характер зависимости в диапазоне давлений от 10 до $108,3 \pm 11,5$ мм рт. ст.,

что отражалось повышением коэффициента угла наклона в средней части кривых и снижением его на конечном участке (табл. 3).

Кроме выявленного смещения СРПВ–метрических кривых вниз с возрастом прослеживались некоторые закономерности изменения их формы, оцениваемые по углам наклона на различных участках.

Изменения коэффициента **b** начального участка СРПВ–метрических кривых с возрастом выражены незначительно (в среднем на 9 %) (табл. 3). Хорошо прослеживались возрастные динамики изменений углов наклона в средней и правой части кривых. С возрастом наблюдалось снижение угла наклона в средней части кривых и увеличение его на конечном участке. В группе 61-76 лет коэффициент **b** среднего участка оказывался на 36 % меньше, конечного – на 84 % больше, чем в группе 19-30 лет. То есть, с возрастом наблюдалась тенденция приближения формы СРПВ–метрической кривой к восходящей ветви параболы, при этом наибольшие изменения выявлены в диапазоне давлений от $62,7 \pm 11,4$ до $108,3 \pm 11,5$ мм рт. ст.

Выявленные изменения формы кривых, прослеживаемые с возрастом, можно истолковывать, привлекая материал, полученный в экспериментах на изолированных сосудах. Зависимость упругих свойств сосудов от давления, напоминающую ветвь параболы, получали в эксперименте на извлеченных из организма сосудах Bergel D.H. (1961, 1972), К. Каро и др. (1981). В таких сосудах деятельность гладкой мышцы была нарушена. Результаты экспериментов на живых (переживающих) сосудах, описываемые Dobrin (1969), Филатовой (1993, 2003), показали, что с выключением гладкой мышцы сосудистой стенки папаверином или другими релаксантами меняется форма зависимости упругих характеристик сосуда от давления. В сосудах с выключенной гладкой мышцей форма

зависимости напоминала ветвь параболы, а в сосудах с тонизированной гладкой мускулатурой – была S-образной. Наибольшие изменения наблюдались в диапазоне давлений от ~ 60 мм рт. ст. до ~ 150-160 мм рт. ст., что позволило связать данный диапазон давлений преимущественно со свойствами гладкой мышцы сосудистой стенки, а изменение формы кривой в этом диапазоне давлений связывать с изменениями ее активности.

Таким образом, предложенный метод выявляет существенные различия по СРПВ-метрическим показателям между группами 19-30 и старше 50 лет, которые проявляются смещением СРПВ-метрических кривых вниз и изменением углов наклона различных участков кривых у лиц в старших возрастных группах.

3.3. Пол

Анализ систолического и диастолического давления отдельно у мужчин и женщин показал, что уровень СД и ДД у женщин 19-30 и 31-40 лет был ниже ($P < 0,05$), чем у мужчин такого же возраста (табл. 4). С возрастом оба показателя артериального давления увеличивались, и, начиная с группы старше 40 лет, между мужчинами и женщинами существенные различия по уровню СД и ДД не выявлялись ($P > 0,05$).

Возрастное увеличение СД и ДД у женщин было выражено в большей степени при сравнении с мужчинами (на 19-20 % и 18-15% против 7 % и 8-5 %). У женщин повышение уровня СД и ДД продолжалось в группах старше 50-ти лет, у мужчин этих возрастов наблюдалась стабилизация и некоторое его снижение.

Возрастные динамики СД и ДД у мужчин и у женщин повторяли выявленные нами ранее закономерности. Уровень СД с возрастом продолжал расти у женщин, и стабилизировался у

мужчин. Уровень ДД стабилизировался в группе 51-60 лет у женщин, в 41-50 лет – у мужчин, затем его показатели несколько снижались.

Таблица 4

Систолическое и диастолическое давление ($M \pm m$)
у мужчин и женщин

Возрастные группы	СД	%	ДД	%
женщины:				
19-30 лет, n=30	118,2 ± 2,9		76,5 ± 1,8	
31-40 лет, n=42	122,6 ± 3,0	4	82,1 ± 1,7*	7
41-50 лет, n=46	131,3 ± 3,8*	11	87,0 ± 1,6*	14
51-60 лет, n=38	140,2 ± 3,7*	19	90,4 ± 1,8*	18
61-68 лет, n=7	142,1 ± 4,5*	20	87,8 ± 2,7*	15
мужчины:				
19-30 лет, n=69	126,3 ± 1,5 [▲]		81,9 ± 1,2 [▲]	
31-40 лет, n=79	131,2 ± 1,8* [▲]	4	86,4 ± 1,3* [▲]	6
41-50 лет, n=44	136,8 ± 2,8*	8	90,5 ± 1,8*	11
51-60 лет, n=63	135,3 ± 1,9*	7	88,2 ± 1,4*	8
61-76 лет, n=13	135,4 ± 4,9	7	85,8 ± 2,1	5

Примечание: различия достоверны: * – относительно группы 19-30 лет, ▲ – при сравнении одинаковых возрастных групп у мужчин и женщин

Женщины, имея более низкие значения СД и ДД в молодом возрасте, в старших группах «догоняли» сверстников-мужчин, при этом наиболее выраженные изменения у них начинались с возраста около 50-ти лет. У мужчин прирост этих показателей происходил

достаточно равномерно, что согласуется с данными S. Taddei et al. (1996), Т. Страссер (1988).

Оценка СРПВ–метрических кривых выявила следующее: и у мужчин, и у женщин с возрастом наблюдалось снижение СРПВ во всем диапазоне давления, что проявлялось смещением СРПВ–метрических кривых относительно друг друга вниз (рис. 7).

У женщин возрастное снижение выявлялось, начиная с возраста старше 50 лет. У мужчин – с возраста старше 40 лет (табл. 5).

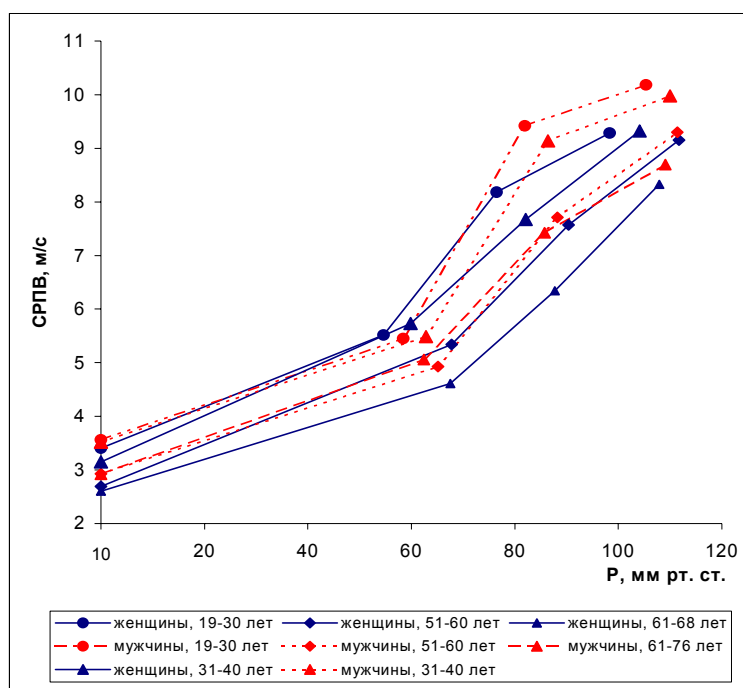


Рис. 7. СРПВ–метрические кривые для мужчин и женщин различных возрастных групп

У мужчин 19-30, 31-40 и 41-50 лет выявлены существенно более высокие значения СРПВ ($P < 0,05$) преимущественно в диапазоне давлений $85,5 \pm 11,3 - 108,3 \pm 11,5$ мм рт. ст. (т.е. в правой части СРПВ–метрических кривых), по сравнению с женщинами этих же возрастов. Начиная с возраста старше 50 лет, достоверных различий по СРПВ между мужчинами и женщинами не обнаружено, $P > 0,05$.

Таблица 5

Скорость распространения пульсовой волны ($M \pm m$) и коэффициент угла наклона отдельных участков СРПВ–метрических кривых у мужчин и женщин

Возрастные группы	начальная часть кривой		средняя часть кривой		конечная часть кривой		
	1.СРПВ	b	2.СРПВ	b	3.СРПВ	b	4.СРПВ
женщины:							
19-30 лет, n=30	3,4±0,15	0,039	5,5±0,31	0,122	8,2±0,33	0,051	9,3±0,31
31-40 лет, n=42	3,1±0,09	0,043	5,7±0,25	0,087	7,7±0,20	0,075	9,3±0,31
41-50 лет, n=46	3,1±0,10	0,040	5,7±0,22	0,114	8,2±0,22	0,072	9,7±0,25
51-60 лет, n=38	2,7±0,08 *	0,039	5,3±0,23	0,099	7,6±0,21	0,074	9,2±0,24
61-68 лет, n=7	2,6±0,22 *	0,030	4,6±0,74	0,086	6,3±0,59 *	0,098	8,3±0,62
мужчины:							
19-30 лет, n=69	3,6±0,08	0,032	5,5±0,13	0,169	9,4±0,17 ▲	0,032	10,2±0,22 ▲
31-40 лет, n=79	3,5±0,08 ▲	0,031	5,5±0,16	0,155	9,1±0,18 ▲	0,036	10,0±0,21 ▲
41-50 лет, n=44	3,3±0,12	0,034	5,6±0,21	0,128	8,6±0,23 *	0,085	10,6±0,41 ▲
51-60 лет, n=63	2,9±0,08 *	0,031	4,9±0,14 *	0,120	7,7±0,18 *	0,069	9,3±0,23*
61-76 лет, n=13	2,9±0,14 *	0,034	5,1±0,28 *	0,101	7,4±0,44 *	0,054	8,7±0,42*

Примечание: различия достоверны: * – относительно группы 19-30 лет, ▲ – при сравнении одинаковых возрастных групп у мужчин и женщин

В группе 19-30 лет кривые у мужчин и женщин имели одинаковую S-образную форму со смещением ее правой части у женщин вниз (рис 8А).

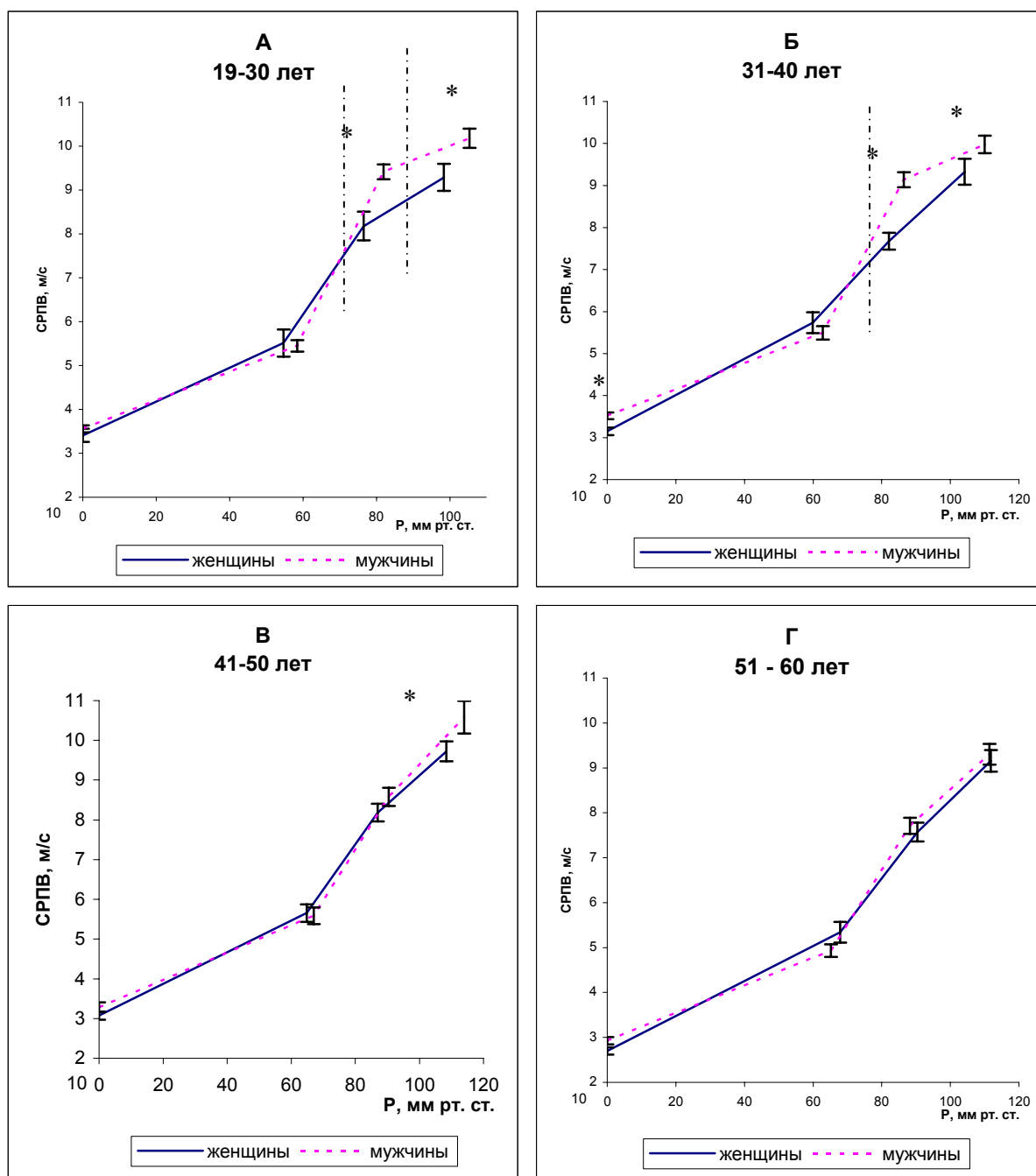


Рис. 8. SRPV–метрические кривые ($M \pm m$) для мужчин и женщин в возрастных группах 19-30 лет (А), 31-40 лет (Б), 41-50 лет (В) и 51-60 лет (Г) (* – достоверные различия)

В группе 31-40 лет у мужчин форма кривой была S-образной, а у женщин – близка к ветви параболы, что проявлялось в более низких

значениях коэффициентов углов наклона на среднем и наиболее высоких значениях на конечном участке кривых (рис. 8Б, табл. 5). В группе 41-50 лет различия сглаживались, а у лиц старше 50 лет полностью отсутствовали (рис. 8В, 8Г).

Так как у мужчин в возрастах 19-30 и 31-40 лет уровень АД был существенно выше, чем у женщин, то выявленные различия по СРПВ могли определяться этой разницей давления. Сравнение СРПВ при одинаковом уровне давления показало, что различия в правой части кривых сохранялись, и, значит, обусловлены другими причинами (рис. 8А, 8Б, пунктир).

Таким образом, предложенный метод выявляет различия СРПВ–метрических кривых у мужчин и женщин. Различия наблюдаются преимущественно в диапазоне давлений $85,5 \pm 11,3$ – $108,3 \pm 11,5$ мм рт. ст., особенно хорошо выражены в возрастах 19-30 и 31-40 лет, сглаживаются в возрастной группе 41-50 лет и полностью исчезают у лиц старше 50 лет.

3.4. Территория проживания

СРПВ–метрический анализ в группах с учетом различных территорий проживания людей показал, что и у сельских жителей Троицкого р-на, и у жителей р.п. Павловск, начиная с возраста старше 30 лет, наблюдалось увеличение артериального давления по сравнению со значениями в группе 19-30 лет. В выборке у жителей крупного промышленного города Барнаула достоверное увеличение как СД, так и ДД выявлялось гораздо позже – начиная с возраста старше 50 лет (табл. 6).

Систолическое и диастолическое давление ($M \pm m$) в различных возрастных группах у сельских жителей Троицкого района, р. п. Павловск и г. Барнаул

Возрастные группы	Троицкий р-н		р.п. Павловск		г. Барнаул	
	СД	ДД	СД	ДД	СД	ДД
19-30 лет	118,4±2,0 n=52	76,4 ± 1,5	131,2±1,9 ▲ n=38	84,4±1,4 ▲	122,5±3,8 n=14	82,7±2,2 ▲
31-40 лет	124,0±2,6 * n=45	80,2±1,6 *	136,3±2,4 ▲ n=50	90,2±1,5 *▲	120,7±2,5 n=30	83,3±1,8
41-50 лет	135,9±3,6 * n=41	88,2±2,1 *	139,3±2,5 * n=28	90,9±2,0 *	124,8±3,1 ▲ n=24	86,0±1,7
51-60 лет	136,3±2,7 * n=46	85,0±1,4 *	146,7±4,6 *▲ n=20	92,9±2,9 *▲	133,0±2,7 * n=38	90,9±1,8 *▲

Примечание: различия достоверны: * – относительно группы 19-30 лет, ▲ – при сравнении данных в одинаковых возрастных группах из разных выборок

При сравнении значений артериального давления в одинаковых возрастных группах между выборками выявлялись различия. Выборка жителей рабочего поселка Павловск выделялась наиболее высокими значениями как СД, так и ДД (исключением явилась возрастная группа 41-50 лет). У городских жителей 19-30 лет и 51-60 лет ДД было выше, а СД в группе 41-50 лет – ниже, чем у сельских жителей (табл. 6).

Значительные различия между выборками были получены и по СРПВ–метрическим показателям (табл. 7).

У жителей р.п. Павловск и сельских жителей Троицкого р-на, начиная с возраста старше 40 лет, выявлялось снижение значений СРПВ с возрастом.

Таблица 7

Скорость распространения пульсовой волны ($M \pm m$) и коэффициент угла наклона отдельных участков СРПВ–метрических кривых у жителей г. Барнаула, р. п. Павловск и Троицкого р-на

Возрастные группы	начальная часть кривой		средняя часть кривой		конечная часть кривой		
	1.СРПВ	b	2.СРПВ	b	3.СРПВ	b	4.СРПВ
Жители г. Барнаула							
19-30 лет, n=14	3,2±0,09	0,020	4,3±0,28	0,130	7,3±0,29	0,084	9,3±0,36
31-40 лет, n=30	3,0±0,10	0,035	5,1±0,24*	0,104	7,5±0,27	0,080	9,3±0,30
41-50 лет, n=24	3,0±0,14	0,037	5,3±0,40*	0,100	7,6±0,30	0,073	9,3±0,26
51-60 лет, n=38	2,8±0,09*	0,030	4,9±0,22	0,098	7,1±0,21	0,106	9,5±0,31
Жители р.п. Павловск							
19-30 лет, n=38	3,5±0,11	0,037	5,8±0,24	0,171	9,9±0,29	0,042	10,9±0,31
31-40 лет, n=50	3,5±0,11	0,034	5,8±0,27	0,148	9,3±0,22	0,054	10,5±0,32
41-50 лет, n=28	3,4±0,17	0,031	5,5±0,29	0,163	9,2±0,27*	0,116	11,8±0,52
51-60 лет, n=20	2,9±0,15*	0,033	5,2±0,35	0,146	8,6±0,34*	0,053	9,8±0,47*
Сельские жители Троицкого р-на							
19-30 лет, n=52	3,6±0,11	0,037	5,6±0,21	0,146	8,9±0,17	0,019	9,3±0,21
31-40 лет, n=45	3,4±0,10	0,040	5,7±0,22	0,135	8,7±0,22	0,024	9,3±0,22
41-50 лет, n=41	3,1±0,11*	0,040	5,8±0,24	0,112	8,3±0,21*	0,053	9,5±0,25
51-60 лет, n=46	2,8±0,08*	0,037	5,2±0,24	0,114	7,7±0,18*	0,042	8,7±0,17*

Примечание: * – различия достоверны относительно группы 19-30 лет

Возрастное снижение в группе у сельских жителей и у жителей рабочего поселка достаточно хорошо прослеживалось на всех участках СРПВ–метрических кривых, т.е. во всех диапазонах давления, что проявлялось смещением кривых в этих группах относительно друг друга вниз (рис. 9Б, 9В).

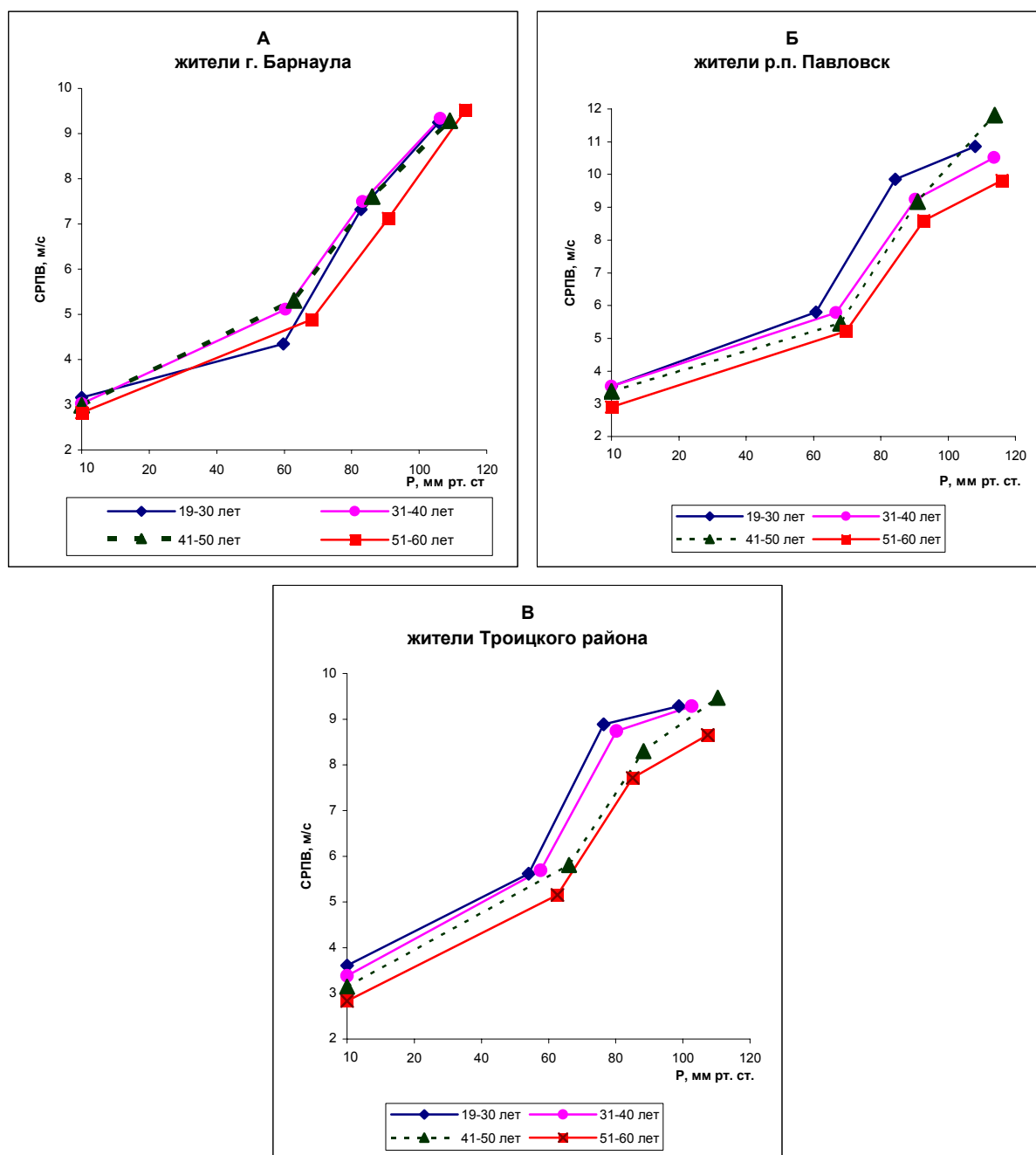


Рис. 9. СРПВ–метрические кривые для различных возрастных групп у жителей г. Барнаула (А), р.п. Павловск (Б), Троицкого района (В)

Во всех возрастах СРПВ–метрические кривые в этих выборках имели S–образную форму зависимости. С возрастом наблюдалось снижение коэффициента угла наклона на среднем и увеличение его на конечном участках кривой. То есть, динамика возрастных изменений СРПВ и формы кривых у сельских жителей и жителей рабочего поселка повторяла закономерности, выявленные в общей выборке.

Выборка городских жителей выделялась среди других представленных групп (табл. 7, рис. 9А).

Возрастной группе 19-30 лет горожан были присущи низкие значения СРПВ по сравнению с другими возрастами в этой выборке. По этой причине у городских жителей с возрастом смещения СРПВ–метрических кривых вниз не наблюдалось. У жителей г. Барнаула в группах 31-40 и 41-50 лет наблюдалось по сравнению с группой 19-30 лет увеличение значений СРПВ в диапазоне давлений, приходящихся на средний участок кривой, и только в возрасте старше 50 лет – снижение значений СРПВ в диапазоне давлений, приходящемся на ее начальный отрезок.

Кроме этих особенностей, у горожан СРПВ–метрические кривые независимо от возраста имели сглаженную, приближенную к ветви параболы, форму, характеризующуюся наиболее низкими в отличие от других территорий значениями коэффициентов углов наклона на среднем участке и наиболее высокими значениями коэффициентов углов наклона в правой части зависимостей.

Таким образом, отличия по форме кривых и особенности возрастной динамики СРПВ у горожан выделяли эту выборку среди других представленных групп.

При анализе СРПВ–метрических кривых одинакового возраста снова выделялась группа городских жителей (рис. 10).

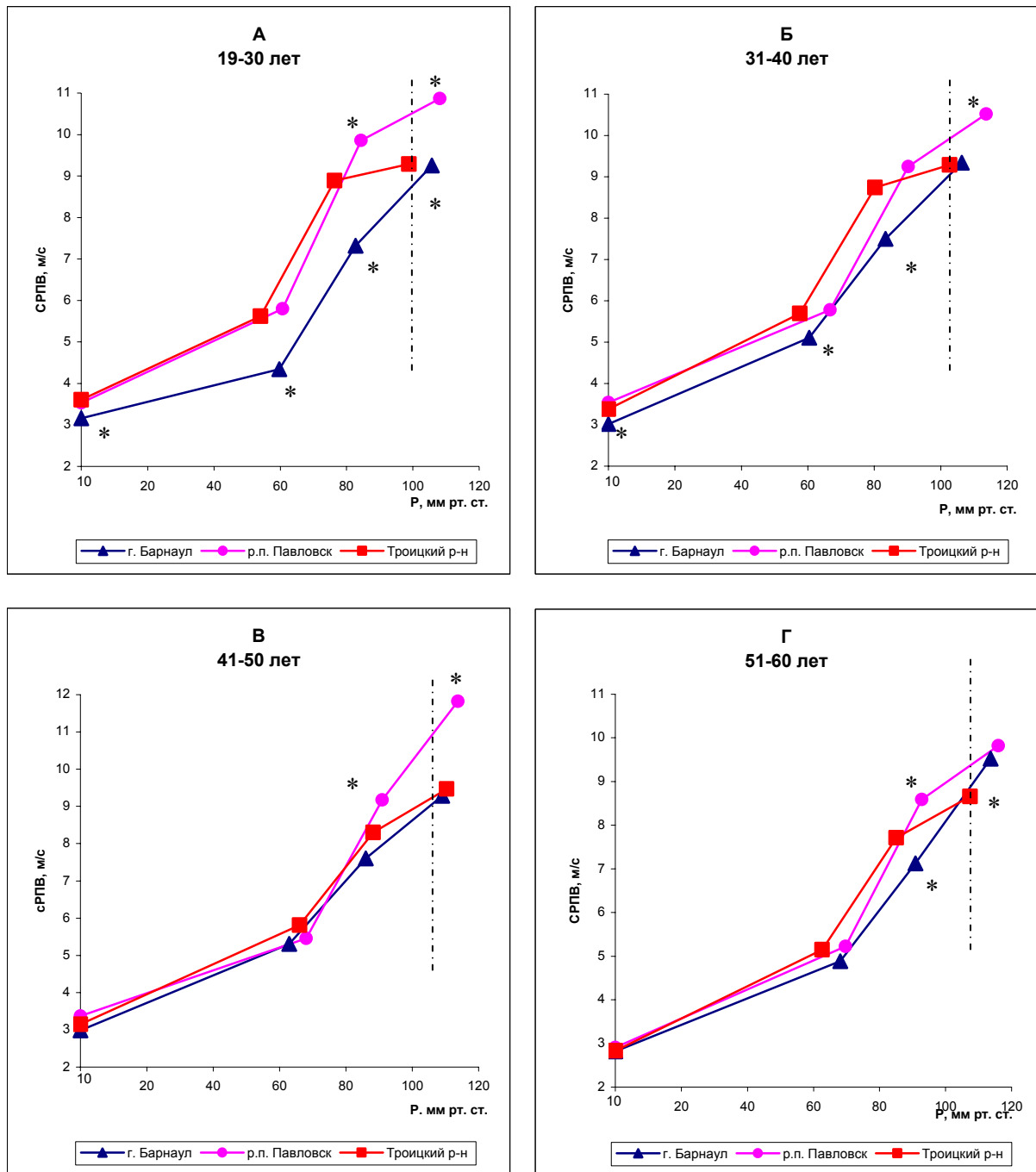


Рис. 10. СРПВ–метрические кривые жителей г. Барнаула, р.п. Павловск и Троицкого района в возрастных группах 19-30 лет (А), 31-40 лет (Б), 41-50 лет (В) и 51-60 лет (Г) (* – достоверные различия)

СРПВ–метрические кривые у городских жителей 19-30 лет были смещены вниз на 10 – 26 %, 31-40 лет – на 10 – 20 % относительно кривых сельских жителей и жителей рабочего

поселка (рис. 10А, 10Б). В большей степени смещение выявлялось в средней и правой части кривых. Городским жителям также была присуща не характерная для молодых людей, наиболее сглаженная, приближенная к ветви параболы форма СРПВ–метрических кривых по сравнению с их сверстниками, проживающими в сельской местности и в рабочем поселке. При этом по значениям АД горожане и сельские жители не отличались между собой (табл. 6).

В группе 41-50 лет, отличия горожан от других групп по СРПВ и по форме кривых становятся не такими выраженными (рис. 10В), тем не менее, отличие по форме кривых у них сохраняется и в возрастной группе 51-60 лет (табл. 7, рис. 10Г).

Результаты СРПВ–метрии отражают значительные отличия свойств артерий верхних конечностей у жителей города Барнаула по сравнению со сверстниками, проживающими в сельской местности и в рабочем поселке. Полученные различия особенно выражены в возрастах 19-30 и 31-40 лет.

Если группа жителей г. Барнаула выделялась низкими значениями СРПВ во всем представленном диапазоне давлений и приближенной к ветви параболы формой кривых во всех возрастах, то группа жителей рабочего поселка Павловск выделялась наиболее высокими значениями СРПВ в правой части кривых во всех представленных возрастах (рис. 10А – 10Г). При этом, ей были присущи наиболее высокие значения как СД, так и ДД по сравнению с другими выборками (табл. 6).

Так как СРПВ зависит от величины давления, действующего на сосуд [Asmar et al., 1995], то желательно проводить оценку СРПВ при одинаковом уровне внутрисосудистого давления, так как повышение значений СРПВ может быть связано именно с

влиянием на сосудистую стенку более высокого давления. СРПВ–метрия позволяет проводить подобный анализ.

Нормализация по давлению (рис. 10, пунктир) показала, что более высокие значения СРПВ в правой части кривой у жителей р.п. Павловск по сравнению с другими территориями сохранялись в возрастных группах 19-30 и 41-50 лет (рис. 10А и 10В). То есть, в этих возрастах различия были обусловлены не только разницей давления в выборках.

Для жителей Троицкого района всех возрастов была характерна S–образная форма СРПВ–метрических кривых (рис. 10А, 10Б и 10Г).

В таблице 8 представлены значения СД и ДД с учетом половых различий. С возрастом и у мужчин и у женщин наблюдалось увеличение как СД, так и ДД. Исключение составила выборка горожан мужчин, у которых возрастного прироста артериального давления не наблюдалось.

Различий по артериальному давлению у женщин, проживающих в сельской местности, рабочем поселке и городе, не выявлялось, исключение составила возрастная группа горожанок старше 50 лет, у которых СД было ниже, чем у сельских жительниц.

У мужчин наиболее высокие значения как СД, так и ДД практически во всех возрастных группах имели жители рабочего поселка. У горожан 19-30 лет СД и ДД были выше, а в группе 41-50 лет – ниже, чем у сельских жителей этих же возрастов.

Систолическое и диастолическое давление ($M \pm m$) у мужчин и женщин Троицкого р-на, р. п. Павловск и г. Барнаул

Возрастные группы	Троицкий р-н		р.п. Павловск		г. Барнаул	
	СД	ДД	СД	ДД	СД	ДД
женщины:						
19-30 лет	118,2±4,3 n=20	75,1 ± 2,8	122,8±7,0 n=5	77,4±3,2	115,0±3,9 n=7	78,6±2,6
31-40 лет	121,8±3,4 n=22	80,5±1,8	144,5±14,7 n=6	94,7±7,8 *	115,9±2,2 n=17	80,6±1,6
41-50 лет	131,1±4,7 * n=24	85,9±2,2*	137,5±6,3 n=13	90,7±3,4 *	124,5±5,6 n=11	85,0±2,2 *
51-60 лет	144,7±5,0 * n=19	86,7±2,3*	166,0±18,1 n=3	103,0±9,6 *	131,2±4,3 * ▲ n=17	90,2±2,6 *
мужчины:						
19-30 лет	118,5±2,0 n=32	77,3 ± 1,6	132,5±1,8 ▲ n=33	85,4±1,4 ▲	130,0±5,4 ▲ n=7	86,9±3,0 ▲
31-40 лет	126,0±3,9 * n=23	80,0±2,7	135,1±2,0 ▲ n=44	89,6±1,3 *▲	126,9±4,4 n=13	86,9±3,3
41-50 лет	142,5±5,4 * n=17	91,5±3,9 *	140,9±3,8 * n=15	91,1±2,2 *	125,0±3,3 ▲ n=13	86,9±2,6
51-60 лет	130,1±2,3 * n=27	83,8±1,7 *	143,2±4,2 *▲ n=17	91,1±2,8 *▲	134,5±3,4 n=21	91,4±2,6

Примечание: различия достоверны: * – относительно группы 19-30 лет, ▲ – при сравнении с Троицким районом

Значения СРПВ и коэффициентов углов наклона отдельных участков СРПВ–метрических кривых для мужчин и женщин г. Барнаул, Троицкого района и р.п. Павловск, представлены в таблицах 9, 10, 11.

Таблица 9

Скорость распространения пульсовой волны ($M \pm m$) и коэффициент угла наклона отдельных участков СРПВ–метрических кривых у мужчин и женщин г. Барнаула

Возрастные группы	начальная часть кривой		средняя часть кривой		конечная часть кривой		
	1.СРПВ	б	2.СРПВ	б	3.СРПВ	б	4.СРПВ
женщины:							
19-30 лет, n=7	3,1±0,08	0,013	3,8±0,29	0,122	6,5±0,27	0,113	9,0±0,61
31-40 лет, n=17	2,7±0,07 *	0,039	5,0±0,31 *	0,086	6,9±0,26	0,092	9,0±0,39
41-50 лет, n=11	2,7±0,17 *	0,042	5,4±0,60 *	0,099	7,5±0,49 *	0,078	9,2±0,38
51-60 лет, n=17	2,6±0,13 *	0,032	4,7±0,34 *	0,099	7,0±0,33	0,103	9,4±0,46
мужчины:							
19-30 лет, n=7	3,3±0,15	0,030	5,1±0,20 ▲	0,126	8,1±0,27 ▲	0,057	9,5±0,39
31-40 лет, n=13	3,5±0,14 ▲	0,030	5,3±0,39	0,124	8,3±0,43 ▲	0,066	9,9±0,44
41-50 лет, n=13	3,2±0,19	0,032	5,3±0,58	0,101	7,7±0,39	0,069	9,3±0,37
51-60 лет, n=21	3,0±0,11 ▲	0,029	5,0±0,27	0,096	7,2±0,29 *	0,107	9,7±0,43

Примечание: * – различия достоверны относительно гр. 19-30 лет, ▲ – при сравнении одинаковых возрастных групп у мужчин и женщин

Скорость распространения пульсовой волны ($M \pm m$) и коэффициент угла наклона отдельных участков СРПВ–метрических кривых у мужчин и женщин рабочего поселка Павловск

Возрастные группы	начальная часть кривой		средняя часть кривой		конечная часть кривой		
	1.СРПВ	b	2.СРПВ	b	3.СРПВ	b	4.СРПВ
женщины:							
19-30 лет, n=5	3,7±0,40	0,042	6,0±0,71	0,169	9,6±1,24	0,042	10,6±0,73
31-40 лет, n=6	3,5±0,32	0,045	6,8±0,85	0,072	8,4±0,51	0,112	10,9±1,62
41-50 лет, n=13	3,3±0,19	0,030	5,3±0,47	0,175	9,2±0,40	0,075	10,8±0,54
51-60 лет, n=6	2,9±0,45	0,046	6,6±0,41	0,121	9,2±0,52	0,013	9,6±0,50
мужчины:							
19-30 лет, n=33	3,5±0,11	0,037	5,8±0,26	0,171	9,9±0,28	0,057	10,9±0,34
31-40 лет, n=44	3,5±0,12	0,031	5,6±0,27	0,161	9,4±0,25	0,047	10,5±0,32
41-50 лет, n=15	3,5±0,28	0,032	5,7±0,31	0,150	9,2±0,38	0,069	12,7±0,79*
51-60 лет, n=17	2,9±0,16*	0,029	4,9±0,35*▲	0,155	8,5±0,39*	0,060	9,9±0,55

Примечание: * – различия достоверны относительно группы 19-30 лет, ▲ – при сравнении одинаковых возрастных групп у мужчин и женщин

Скорость распространения пульсовой волны ($M \pm m$) и коэффициент угла наклона отдельных участков СРПВ–метрических кривых у мужчин и женщин Троицкого района

Возрастные группы	начальная часть кривой		средняя часть кривой		конечная часть кривой		
	1.СРПВ	б	2.СРПВ	б	3.СРПВ	б	4.СРПВ
женщины:							
19-30 лет, n=20	3,5±0,19	0,047	6,0±0,36	0,110	8,4±0,28	0,028	9,0±0,36
31-40 лет, n=22	3,3±0,15	0,046	5,9±0,29	0,110	8,3±0,25	0,052	9,5±0,37
41-50 лет, n=24	3,1±0,15	0,043	5,9±0,29	0,095	7,9±0,25	0,066	9,4±0,31
51-60 лет, n=19	2,8±0,11 *	0,041	5,5±0,37	0,108	7,7±0,25 *	0,049	8,8±0,31
мужчины:							
19-30 лет, n=32	3,7±0,13	0,030	5,3±0,22	0,171	9,2±0,19 ▲	0,012	9,5±0,26
31-40 лет, n=23	3,5±0,12	0,034	5,4±0,32	0,160	9,2±0,34 ▲	0,001	9,1±0,25
41-50 лет, n=17	3,2±0,17 *	0,036	5,7±0,45	0,137	8,8±0,33 ▲	0,035	9,6±0,42
51-60 лет, n=27	2,9±0,11 *	0,033	4,9±0,29	0,122	7,7±0,25 *	0,038	8,6±0,20 *

Примечание: * – различия достоверны относительно группы 19-30 лет, ▲ – при сравнении одинаковых возрастных групп у мужчин и женщин

Анализ полученного материала показывает, что у жителей всех представленных выборок между мужчинами и женщинами выявлялись половые различия по СРПВ–метрическим показателям. У мужчин города Барнаула значения СРПВ в возрастах 19-30 и 31-40 лет были выше, чем у женщин в среднем на 17 - 26 %, $P < 0,05$. В возрасте 51-60 лет – на 13 %, $P < 0,05$ (табл. 9).

У жителей Троицкого района значения СРПВ у мужчин в возрастах 19-30, 31-40 и 41-50 лет были также выше, чем у женщин в среднем на 10 %, $P < 0,05$ (табл. 11).

СРПВ–метрический анализ в молодых и средних группах жителей р.п. Павловск был затруднен, так как количество обследованных женщин оказалось недостаточно для проведения статистического анализа. В возрастной группе 51-60 лет значения СРПВ у мужчин оказались существенно ниже, чем у женщин (26 %), $P < 0,05$ (табл. 10).

Как показывают данные из таблиц 10 и 11, у мужчин и женщин, проживающих в Троицком р-не и р.п. Павловск, выявлялось существенное снижение, $P < 0,05$, значений СРПВ с возрастом во всем диапазоне давлений СРПВ–метрических кривых. У женщин, проживающих в рабочем поселке Павловск, по причине малочисленности выборок, прослеживалась лишь тенденция возрастного снижения этого показателя, $P > 0,05$.

У женщин г. Барнаула с возрастом на различных участках СРПВ–метрических кривых наблюдались противоположные тенденции. В диапазоне давлений, приходящемся на начальный отрезок кривых, с возрастом СРПВ снижалась, а в диапазоне давлений, приходящемся на средний и конечный участок – отмечалось увеличение этого показателя ($P < 0,05$) (табл. 9).

Данный пример хорошо демонстрирует то, что при оценке СРПВ только при диастолическом давлении в подобных случаях выявилось бы достоверное увеличение данного показателя с возрастом, что соотносилось бы с результатами, полученными Takemura et al. (1989), Asmar et al. (1995), Hasegawa et al. (1997).

При сравнительном анализе СРПВ–метрических данных в одинаковых возрастных группах у мужчин и женщин, из различных выборок, выявились следующие особенности. У

жителей г. Барнаула, и у мужчин и у женщин, по сравнению с их сверстниками из других выборок значения СРПВ были самыми низкими во всем диапазоне давлений. Наибольшие различия между выборками наблюдались в группе 19-30 лет (рис. 11А и 12А), особенно у женщин.

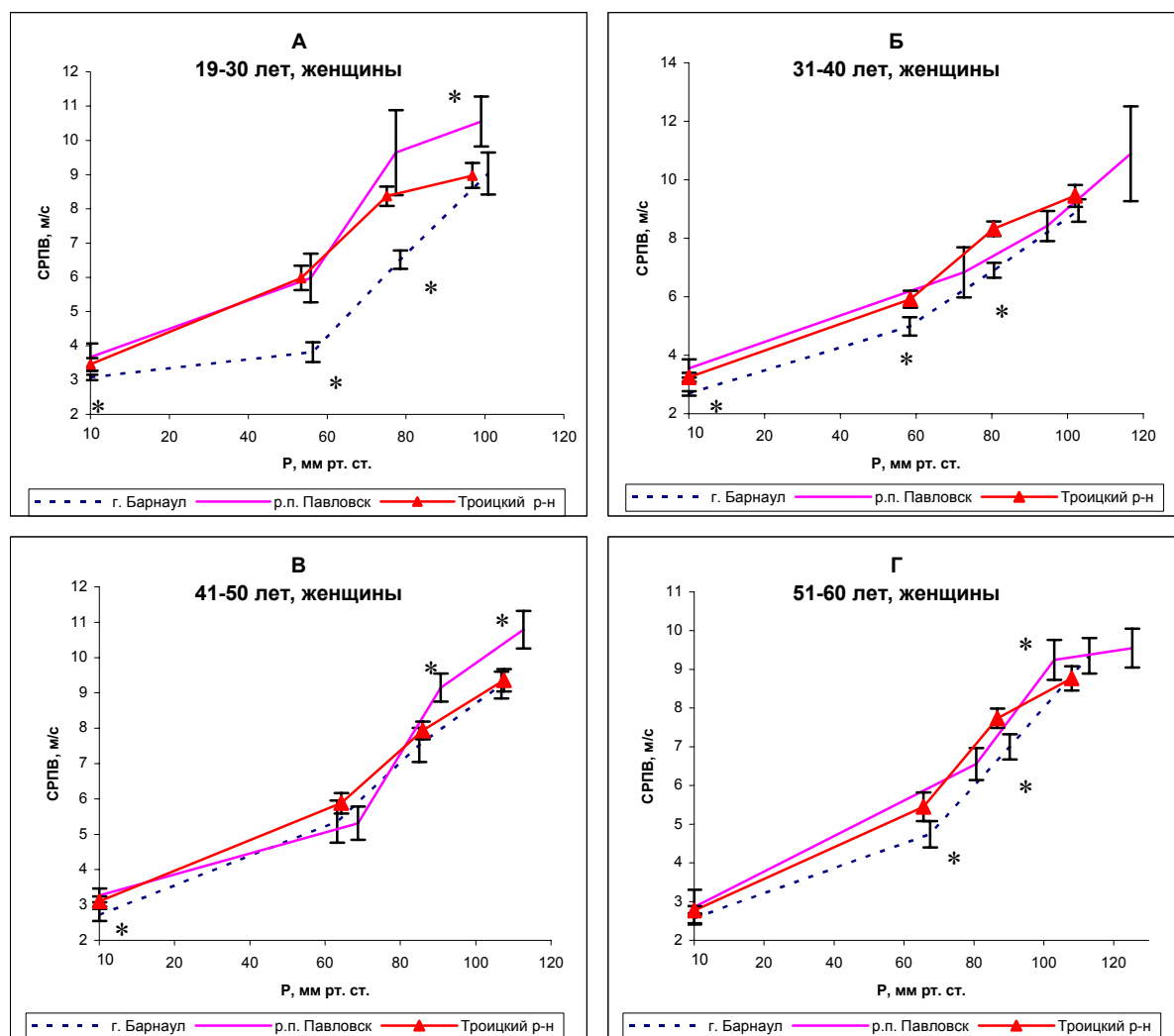


Рис. 11. СРПВ–метрические кривые ($M \pm m$) женщин г. Барнаула, р.п. Павловск и Троицкого района в возрастных группах 19-30 лет (А), 31-40 лет (Б), 41-50 лет (В) и 51-60 лет (Г) (* – достоверные различия)

Кроме этого, СРПВ–метрические кривые и у мужчин, и у женщин жителей города Барнаула отличались от кривых, полученных в других выборках, приближенной к ветви параболы

формой зависимости, характеризующейся более низкими значениями коэффициентов углов наклона \mathbf{b} на среднем участке и его более высокими значениями на конечном отрезке СРПВ–метрических кривых (табл. 9).

Существенно более низкими значениями СРПВ, $P < 0,01$, особенно выделялась группа горожанок в возрасте 19-30 лет. И по значениям СРПВ, и по форме СРПВ–метрической кривой в этой выборке отличия от своих сверстниц, проживающих в рабочем поселке и в сельской местности, были выражены особенно сильно. У горожанок значения СРПВ в средней и правой части кривых были ниже на 32-37 % в сравнении со сверстниками из других территорий, а различия по коэффициентам углов наклона достигали 75 % (табл. 9, рис 11). Достоверно более низкие значения СРПВ, $P < 0,05$, в различных диапазонах давления у женщин, проживающих в Барнауле, сохранялись и в самой старшей представленной возрастной группе (рис. 11Г).

Выборка мужчин города Барнаула также выделялась более низкими значениями СРПВ по сравнению со сверстниками из других выборок. Наиболее выраженные различия наблюдались в группе 19-30 лет (по СРПВ – до 18 %, по коэффициентам углов наклона среднего и конечного участков – до 79 %) (рис. 12).

У жителей р. п. Павловск и у мужчин, и у женщин получены наиболее высокие значения СРПВ в диапазоне давлений, приходящемся на конечный участок кривых. При этом, мужчины, проживающие в Павловске, отличались от своих сверстников наиболее высокими значениями как СД, так и ДД практически во всех представленных возрастных группах. При «нормализации» давления у мужчин различия по СРПВ на третьем участке кривых оставались выраженными (рис. 12, пунктир).

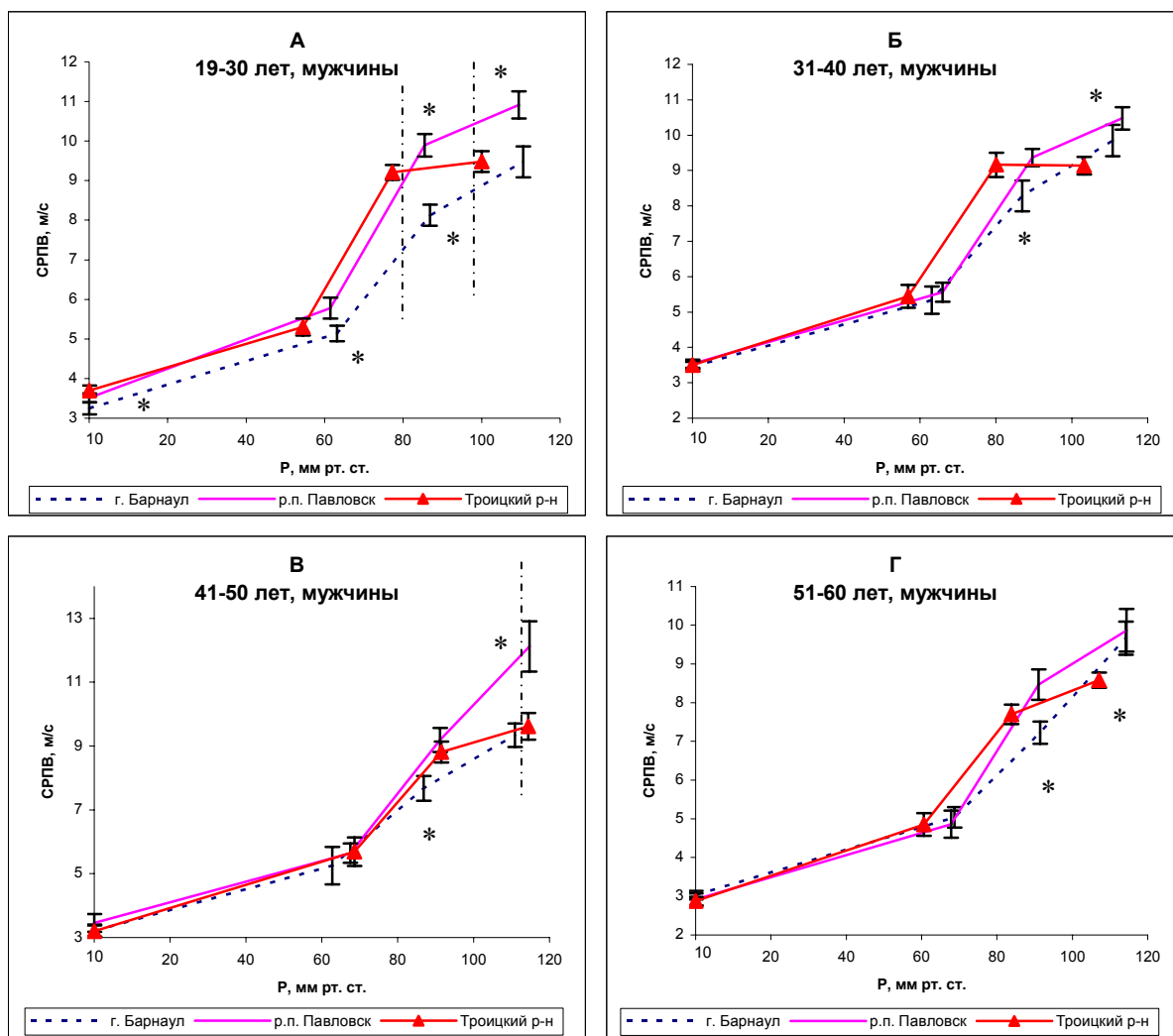


Рис. 12. СРПВ–метрические кривые ($M \pm m$) мужчин г. Барнаула, р.п. Павловск и Троицкого района в возрастных группах 19-30 лет (А), 31-40 лет (Б), 41-50 лет (В) и 51-60 лет (Г) (* – достоверные различия)

У мужчин Троицкого района во всех возрастах сохранялась хорошо выраженная S-образная форма кривых.

Таким образом, как показывают представленные данные, среди групп различных по условиям проживания людей в большей степени отличались результаты, полученные у жителей г. Барнаула. СРПВ–метрические кривые практически во всех половозрастных группах у горожан имели самые низкие значения СРПВ и приближенную к ветви параболы форму кривой. Отличия

от других территорий были наиболее выражены в возрастной группе 19-30 лет. Если у мужчин смещение вниз СРПВ–метрических кривых в этой возрастной группе было выражено умеренно (18 %), то у женщин оно было аномально большим (37 %). Сдвиг кривых вниз преобладал в диапазоне давлений среднего и правого участка СРПВ–метрических кривых.

Во всех поло-возрастных группах жителей Троицкого р-на наблюдалась S–образная форма СРПВ–метрических кривых. Жители р.п. Павловск отличались более высокими значениями СРПВ в правой части кривых.

Выявленные СРПВ–метрическим методом различия в представленных группах показывают, что свойства артерий верхних конечностей человека в значительной степени определяются факторами, связанными с территорией проживания человека.

3.5. Уровень артериального давления

СРПВ–метрический анализ проводился в двух возрастных группах: 19 – 40 лет и старше 40 лет. Выбор представленных возрастов связан с тем, что в группе 19 – 40 лет нами были выявлены различия по СРПВ между мужчинами и женщинами. По этой причине в этой возрастной группе данные анализировались дифференцированно по половому признаку. У людей старше 40 лет разделения с учетом половых отличий не производилось.

В представленных группах были выделены по две выборки: испытуемые с нормальным и с повышенным на момент обследования уровнем артериального давления. Группу с нормальным давлением составили испытуемые с уровнем СД в пределах 110-120 мм рт. ст. и ДД – 70-80 мм рт. ст. Группу с

повышенным давлением составили испытуемые, у которых уровень АД значительно превышал физиологические нормы (СД \geq 160 мм рт. ст. и/или ДД \geq 95 мм рт. ст.). Хотя вопрос о нормах артериального давления остается спорным на сегодняшний день, мы использовали эти границы, исходя из рекомендаций ВОЗ [Сердечно – сосудистые заболевания..., 1988] и исследований авторов [Venetos et al., 1997; Кобалава, 2001].

Количественный состав испытуемых с нормальным и повышенным уровнем артериального давления в выборках у жителей г. Барнаула, р.п. Павловск и Троицкого района показан в таблице 12.

В р.п. Павловск количество нормотоников было самым низким по сравнению с другими группами и составляло 13 % от числа всех испытуемых, в то время как в Барнауле и Троицком районе – по 39 %. В Троицком районе оказалось небольшое число испытуемых с повышенным уровнем артериального давления – 11 % от общего числа, в то время как в Барнауле и Павловске – 23 и 22 % соответственно.

Таблица 12

Количество лиц с нормальным и повышенным на момент обследования давлением у жителей г. Барнаула, р.п. Павловск и Троицкого района

Возрастные группы	Нормотоники			Повышенное давление		
	г. Барнаул	р.п. Павловск	Троицк. Р-н	г. Барнаул	р.п. Павловск	Троицк. Р-н
Женщины, 19-40 лет	19	4	21	0	2	1
Мужчины, 19-40 лет	13	9	31	4	14	1
Группа 41-60 лет	22	7	23	22	13	17

По уровням систолического и диастолического давления сформированные группы различались между собой с высокой степенью значимости ($P < 0,01$) (табл. 13).

Таблица 13

Систолическое и диастолическое давление ($M \pm m$) у лиц с различным уровнем артериального давления

Группы	СД	ДД
Нормотоники		
Группа 19-40 лет:		
<i>женщины, n=44</i>	110,8 ± 1,4	74,4 ± 1,1
<i>мужчины, n=53</i>	114,8 ± 1,0	75,9 ± 1,2
Группа 41-60 лет, n=52	113,9 ± 0,8	78,9 ± 0,8
Лица с повышенным давлением		
Группа 19-40 лет:		
<i>женщины, n=3</i>	172,7 ± 21,7*	109,7 ± 11,2*
<i>мужчины, n=18</i>	151,9 ± 3,1*	103,0 ± 1,6*
Группа 41-60 лет, n=52	157,1 ± 2,4*	103,8 ± 0,9*

Примечание: * – различия достоверны, $P < 0,01$

Оценка СРПВ в различных диапазонах давления показала, что при сравнении СРПВ–метрических данных в одинаковых поло – возрастных группах у лиц с повышенным давлением значения СРПВ оказывались выше, чем у нормотоников (табл. 14).

Выявленные у лиц с повышенным давлением более высокие значения СРПВ по сравнению с нормотониками согласуются с данными L.A. Geddes et al. (1981), T.P. Finnegan et al. (1985), R. Asmar et al. (1995).

На рисунке 13 показаны СРПВ–метрические кривые для лиц с нормальным и повышенным давлением в одинаковых возрастных группах и выявленные достоверные различия между ними.

Таблица 14

Скорость распространения пульсовой волны ($M \pm m$) и коэффициент угла наклона отдельных участков СРПВ–метрических кривых у лиц с различным уровнем артериального давления

Группы	начальная часть кривой		средняя часть кривой		конечная часть кривой		
	1.СРПВ	b	2.СРПВ	b	3.СРПВ	b	4.СРПВ
Нормотоники							
Группа 19-40 лет:							
женщины, <i>n</i> =44	3,1±0,10	0,045	5,5±0,26	0,095	7,6±0,21	0,082	9,4±0,27
мужчины, <i>n</i> =53	3,5±0,08	0,025	5,4±0,19	0,150	8,9±0,19	0,029	9,5±0,21
Группа 41-60 лет, <i>n</i> =52	3,0±0,08	0,034	4,9±0,20	0,113	7,4±0,19	0,078	9,2±0,20
Лица с повышенным давлением							
Группа 19-40 лет:							
женщины, <i>n</i> =3	4,2±0,20 *	0,029	6,7±1,06	0,080	8,6±0,05 *	0,177	12,7±2,80 *
мужчины, <i>n</i> =18	4,0±0,22 *	0,029	6,3±0,46 *	0,141	9,7±0,49	0,046	10,8±0,64 *
Группа 41-60 лет, <i>n</i> =52	3,2±0,10	0,033	5,9±0,25 *	0,114	8,4±0,21 *	0,083	10,3±0,33 *

Примечание: * – различия достоверны относительно нормотоников

Анализ формы СРПВ–метрических кривых у нормотоников и лиц с гипертензией выявил следующее: коэффициенты **b** на различных участках кривых у нормотоников и у лиц с повышенным давлением в молодой группе различались между собой в пределах 30 %. Различия по форме кривых в возрастной

группе старше 40 лет стирались – здесь коэффициенты **b** различались между собой не более чем на 6 % (табл. 14).

По причине существенных различий по давлению в сравниваемых группах, сопоставляемые значения СРПВ у лиц с повышенным давлением оказывались значительно смещенными вправо относительно значений СРПВ у нормотоников (рис. 13).

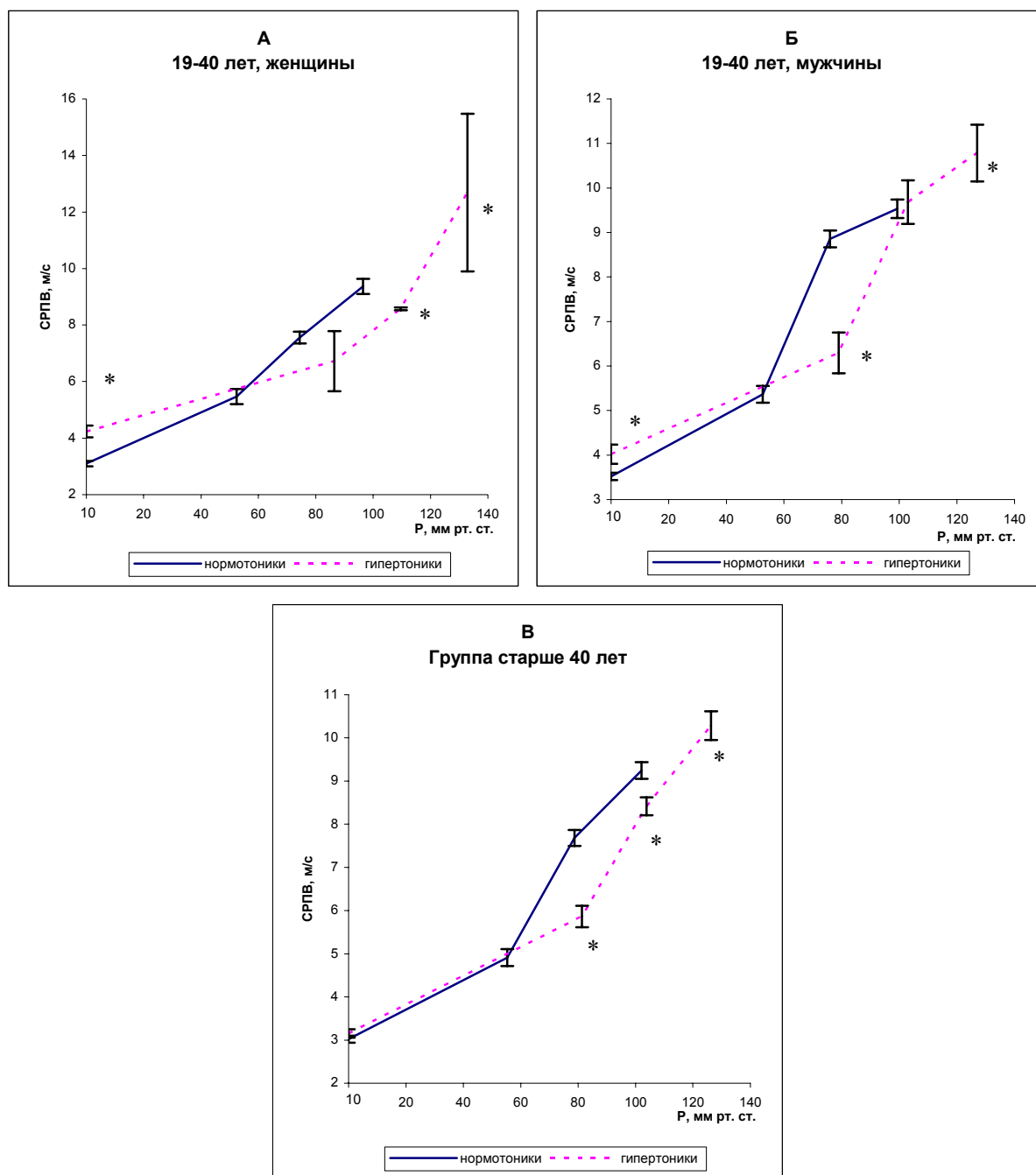


Рис. 13. СРПВ–метрические кривые ($M \pm m$) для лиц с нормальным и повышенным уровнем артериального давления в группе 19-40 лет: у женщин (А), у мужчин (Б) и в группе старше 40 лет (В) (* – достоверные различия)

Построение СРПВ–метрических кривых дает возможность увидеть эту разницу и провести анализ формы кривых и СРПВ в одинаковых диапазонах давления.

Анализ кривых в одинаковом диапазоне давлений, ограниченном 100 – 120 мм рт. ст., показал, что у лиц с нормальным давлением в этом диапазоне выявлялась S–образная форма зависимости СРПВ–метрических кривых, а у гипертоников – близкая к ветви параболы. Выраженная точка перегиба у лиц с гипертензией лежит за пределами указанного диапазона (рис. 13Б).

То есть, у гипертоников выявляется смещение кривой вправо, в зону более высоких давлений, являющихся для них более характерными.

Воздействие на стенку сосудов высокого артериального давления не отражалось на возрастной динамике СРПВ. И у нормотоников, и у лиц с повышенным давлением с возрастом наблюдалось снижение его значений, $P < 0,05$ (табл. 14, рис. 14).

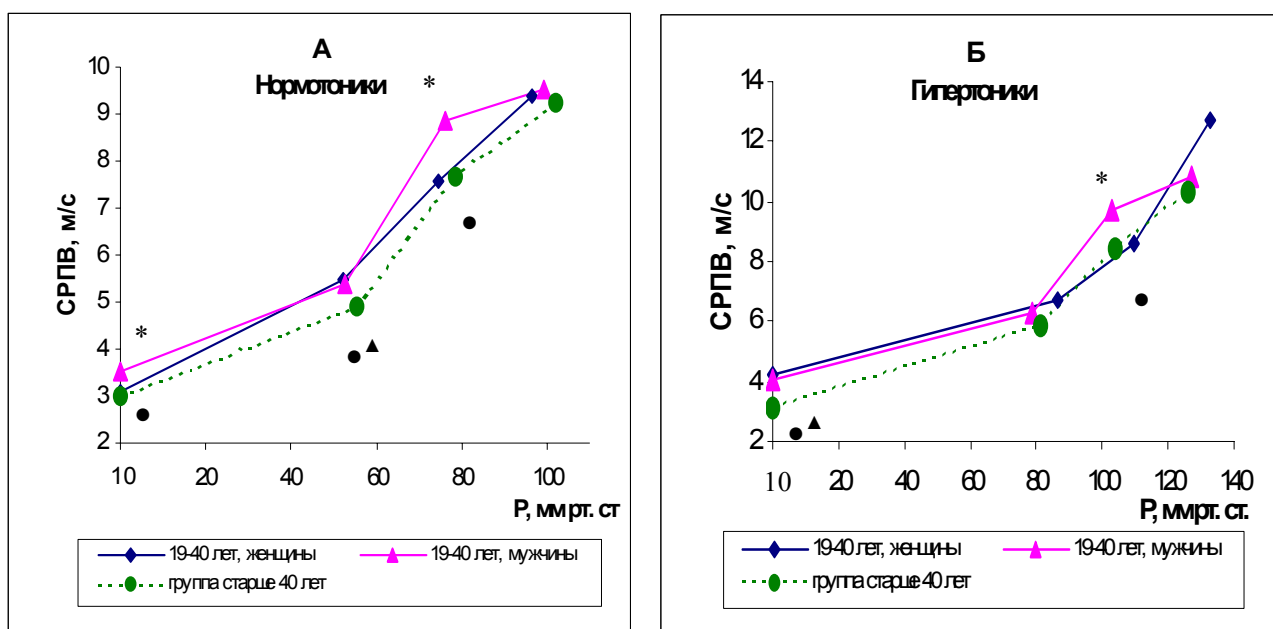


Рис. 14. СРПВ–метрические кривые для нормотоников (А) и лиц с гипертензией (Б) (выявлены различия между: * – мужчинами и женщинами 19-40 лет; ▲ – группой старше 40 лет и женщинами 19-40 лет; ● – группой старше 40 лет и мужчинами 19-40 лет)

Как у лиц с гипертензией, так и у нормотоников в возрасте 19-40 лет между мужчинами и женщинами выявлялись различия по значениям СРПВ и по форме СРПВ–метрических кривых (рис. 14А и 14Б). В возрасте 19-40 лет у мужчин СРПВ в различных диапазонах давления была выше, чем у женщин. В большей степени это было выражено у нормотоников. У лиц с гипертензией сравнение было затруднено по причине малочисленности выборки у женщин этой возрастной группы. Кроме этого, формы СРПВ–метрических кривых у мужчин и женщин в этой возрастной группе значительно различались между собой и у лиц с повышенным давлением, и у нормотоников (табл. 14, рис. 14). У женщин форма зависимости напоминала ветвь параболы, у мужчин выявлялась S–образная форма СРПВ–метрических кривых.

Таким образом, у лиц с гипертензией всех территорий выявлен сдвиг СРПВ–метрической кривой вправо. И у нормотоников, и у лиц с повышенным давлением возрастная динамика и половые особенности СРПВ–метрических кривых соотносились с выявленными ранее результатами.

3.6. Характер трудовой деятельности

Из жителей г. Барнаула было выделено три различающиеся по характеру трудовой деятельности группы мужчин в возрасте старше 40 лет: водители автотранспорта, рабочие и инженерно-технические работники (ИТР).

Анализ характера трудовой деятельности выделенных групп позволяет предположить, что условия работы водителей и ИТР следует отнести к наиболее неблагоприятным так как включают такие факторы, способствующие развитию сердечно – сосудистых

заболеваний, как гиподинамия и постоянное нервно-психическое напряжение. По мнению Николаева и др. (1988), Минкина (1994), Глазырина (1979), Nakim et al. (1999), Wannamethee et al. (2000) данные факторы риска в большей степени, чем другие способствуют развитию атеросклероза и других сердечно – сосудистых патологий.

Значения систолического и диастолического давления для каждой группы представлены в таблице 15.

Таблица 15

Систолическое и диастолическое давление ($M \pm m$) у водителей, рабочих и ИТР г. Барнаула

Группы	СД	ДД
Водители, n=13	128,8 ± 4,2	89,9 ± 2,9
Рабочие, n=10	137,0 ± 5,7	91,5 ± 2,6
ИТР, n=11	125,9 ± 4,1	83,2 ± 2,9*

Примечание: * – различия достоверны относительно группы рабочих

Существенных различий по СД и ДД у водителей и ИТР не было. При сравнении с рабочими у ИТР более низкими оказались значения ДД.

По значениям СРПВ достоверных различий между сформированными группами не было во всем представленном диапазоне давлений (табл. 16, рис. 15).

СРПВ–метрическая кривая инженерно-технических работников несколько отличалась от кривой рабочих и водителей более высоким коэффициентом в начальной и средней части кривой (до 14 %) и более низким его значением на конечном отрезке (до 30%).

Таблица 16

Скорость распространения пульсовой волны ($M \pm m$) и коэффициент угла наклона отдельных участков СРПВ–метрических кривых у водителей, рабочих и ИТР г. Барнаула

Группы	начальная часть кривой		средняя часть кривой		конечная часть кривой		
	1.СРПВ	b	2.СРПВ	b	3.СРПВ	b	4.СРПВ
Водители, n=13	3,2±0,17	0,027	5,0±0,76	0,096	7,3±0,33	0,089	9,3±0,60
Рабочие, n=10	3,2±0,22	0,028	5,1±0,32	0,097	7,4±0,31	0,096	9,6±0,45
ИТР, n=11	2,8±0,12	0,038	5,1±0,60	0,111	7,7±0,56	0,066	9,2±0,54

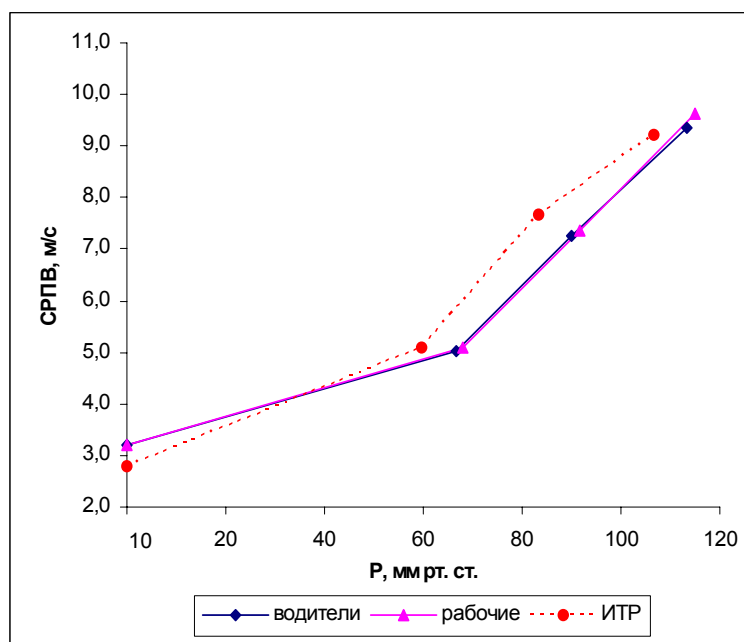


Рис. 15. СРПВ–метрические кривые водителей, рабочих и ИТР города Барнаула

СРПВ–метрические данные не выявляют различий, связанных с факторами трудовой деятельности у горожан. Выявленные особенности формы СРПВ–метрических кривых в представленных

группах повторяют закономерности, обнаруженные у городских жителей.

Были сформированы по две выборки испытуемых при прочих равных условиях (одинаковый возраст, пол, профессия), различающихся между собой местом проживания (г. Барнаул и Троицкий р-н). Первую выборку составили рабочие мужчины в возрасте 40-60 лет. Вторую выборку – ИТР женщины в возрасте 30-50 лет. Сравнения СРПВ–метрических данных проводились в каждой из представленных групп.

Различий по систолическому и диастолическому давлению в группе сельских и городских жителей выявлено не было ни у рабочих, ни у инженерно-технических работников (табл. 17).

Таблица 17

Систолическое и диастолическое давление ($M \pm m$) у рабочих и ИТР жителей Троицкого района и г. Барнаула

Жители	Рабочие, мужчины		ИТР, женщины	
	СД	ДД	СД	ДД
Троицкого р-на	132,1 ± 3,2 n=14	86,1 ± 2,5	126,4 ± 4,1 n=11	82,3 ± 3,0
г. Барнаула	137,0 ± 5,7 n=10	91,5 ± 2,6	120,2 ± 3,3 n=22	82,5 ± 1,7

Анализ СРПВ–метрических данных показал, что, несмотря на одинаковый уровень артериального давления в представленных выборках, между сельскими и городскими работниками при прочих равных условиях (возраст, пол, профессия) по значениям СРПВ и коэффициенту угла наклона различных участков СРПВ–метрических кривых выявлялись отличия (табл. 18).

Скорость распространения пульсовой волны ($M \pm m$) и коэффициент угла наклона отдельных участков СРПВ–метрических кривых у рабочих и ИТР жителей Троицкого района и г. Барнаула

Жители	начальная часть кривой		средняя часть кривой		конечная часть кривой		
	1.СРПВ	b	2.СРПВ	b	3.СРПВ	b	4.СРПВ
<i>рабочие, мужчины</i>							
Троицкого р-на	2,9±0,13	0,043	5,6±0,30	0,117	8,4±0,45	0,014	8,7±0,29
г. Барнаула	3,2±0,22	0,028	5,1±0,32 *	0,097	7,4±0,32 *	0,096	9,6±0,45 *
<i>ИТР, женщины</i>							
Троицкого р-на	3,4±0,20	0,046	6,1±0,28	0,074	7,8±0,45	0,036	8,7±0,41
г. Барнаула	2,7±0,09 *	0,043	5,3±0,32 *	0,094	7,4±0,27	0,086	9,2±0,24

Примечание: * – различия достоверны относительно группы сельских жителей

Достоверно более низкие значения СРПВ, получены у городских рабочих в диапазоне давлений, приходящемся на средний и конечный участок кривых. Кроме этого, различия по коэффициентам углов наклона этих участков, характеризуют значительные различия и по форме кривых у городских и сельских рабочих. У сельских рабочих была хорошо выражена S–образная форма СРПВ–метрической кривой. У городских рабочих – форма кривой была приближена к ветви параболы (рис. 16А).

Очень похожая картина наблюдалась и у женщин ИТР. У ИТР города Барнаула значения СРПВ были достоверно ниже, чем у жительниц Троицкого района. При этом различия у них выявлялись в диапазоне давлений, приходящемся на начальный отрезок кривых. Различия по форме СРПВ–метрических кривых

повторяли те же закономерности, что и у мужчин. У сельских ИТР форма СРПВ–метрической кривой была S–образной. У городских ИТР – форма кривой была приближена к ветви параболы (рис. 16Б).

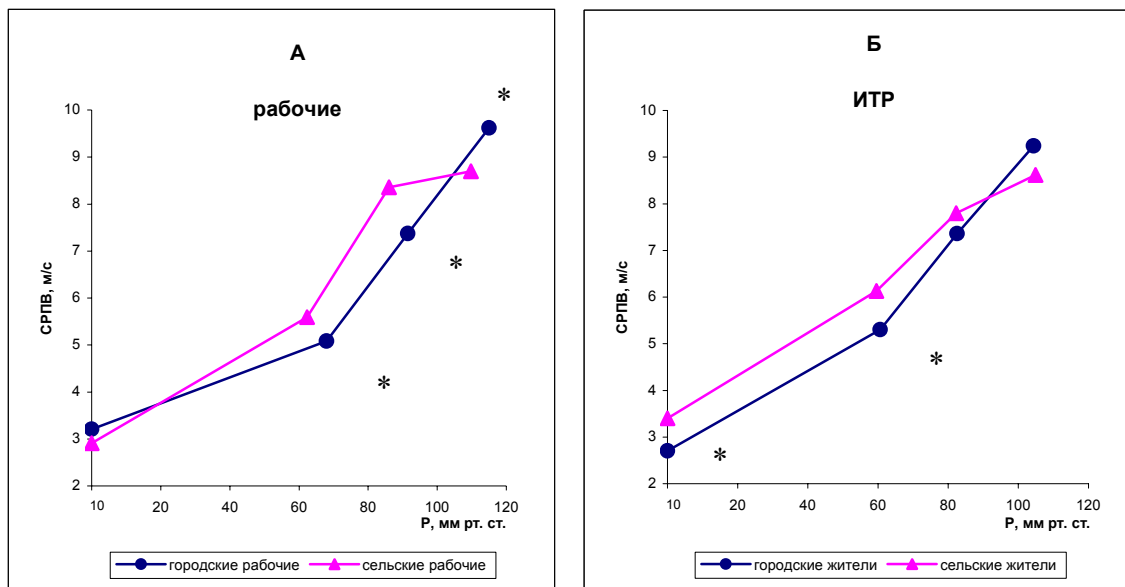


Рис. 16. СРПВ–метрические кривые рабочих (А) и ИТР (Б) жителей Троицкого района и г. Барнаула (* – достоверные различия)

Данные СРПВ–метрии выявляют у жителей города Барнаула (рабочих и ИТР) более низкие значения СРПВ, и кроме этого отличия по форме кривых. Для жителей города Барнаула независимо от профессиональной принадлежности характерны СРПВ–метрические кривые, по форме приближающиеся к ветви параболы.

Анализ представленного материала показывает, что выявляемые особенности СРПВ–метрических показателей обусловлены не различиями характера труда человека, а в большей степени отражают закономерности, присущие различным условиям проживания человека.

ГЛАВА 4. ИНДИВИДУАЛЬНАЯ СРПВ–МЕТРИЯ

4.1. Формы кривых

Полученные для каждого обследованного нами человека СРПВ–метрические кривые по своей форме отличались большим разнообразием. Примеры индивидуальных кривых представлены на рисунке 17.

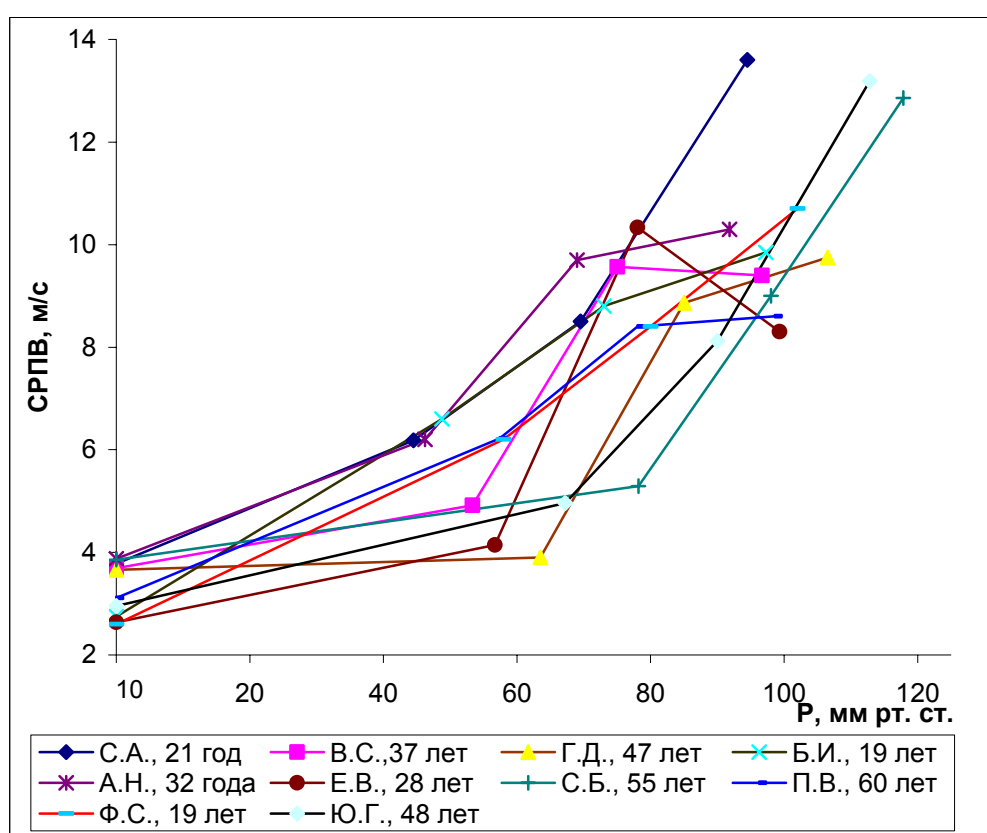


Рис. 17. Индивидуальные СРПВ–метрические кривые

Несмотря на значительные различия, большая часть индивидуальных кривых на начальном и среднем отрезке имела характер зависимости СРПВ от давления, повторяющий закономерности, полученные при групповом анализе. В 97 % случаев на начальном участке индивидуальных кривых и в 98,2 %

случаев на среднем участке наблюдалось увеличение СРПВ с ростом давления. На конечном, третьем участке СРПВ–метрической кривой эта закономерность наблюдалась в 78 % случаев, а у 23 % испытуемых с ростом давления СРПВ или не увеличивалась или даже снижалась.

При этом прослеживались некоторые особенности по количеству подобных кривых в различных группах. В группе 19-30 лет выявлялось 32 % подобных кривых, 31-40 лет – 29 %, в группе 41-50 лет – 14 %, в группе старше 50 лет – 16 %. В группе мужчин – 24 %, у женщин – 22 %; у сельских жителей Троицкого р-на количество подобных кривых составляло 35 %, у жителей р. п. Павловск – 18 %, у жителей г. Барнаула – 10 %.

Анализ формы индивидуальных кривых выявил наличие трех характерных разновидностей. Первая – во всем представленном диапазоне давления, т.е. на всех участках кривой выявлялось увеличение СРПВ с ростом давления (испытуемый Т. С., 41 год, рис. 18). Вторая – в диапазоне давлений, приходящемся на конечный участок кривой, зависимость СРПВ от давления не выявлялась, и кривая выходила на «плато», принимала «S–образный» вид (испытуемый Г.А., 21 год, рис. 18). Третья – в диапазоне давлений, приходящемся на конечный, третий участок кривой, с ростом давления СРПВ снижалась (испытуемый С.Н., 38 лет, рис. 18). Остальные индивидуальные кривые по форме являлись промежуточными среди трех основных вариантов.

Положительную корреляционную связь между СРПВ и давлением во всем исследуемом диапазоне, как у испытуемого Т.С., 41 год, получали в своих исследованиях L.A. Geddes et al. (1981), Terrence P. Finnegan et al. (1985), R. Asmar et al. (1995). Схожую зависимость упругих свойств стенки от давления

получали в инвазивных экспериментах P.V. Dobrin et al. (1969), D.H. Bergel (1972), К. Капо и др. (1981).

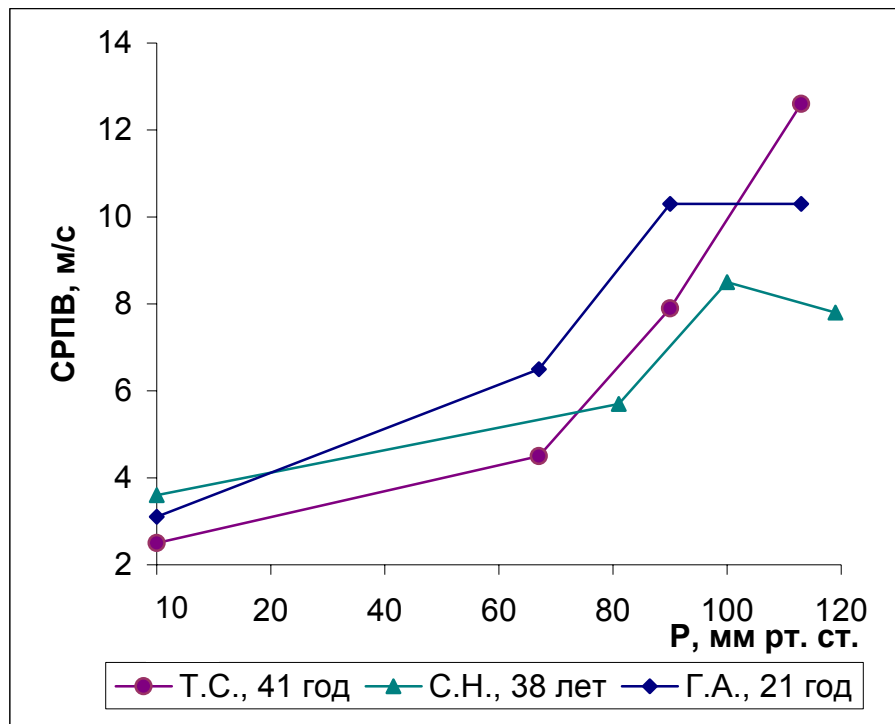


Рис. 18. Индивидуальные СРПВ–метрические кривые испытуемых Т.С., 41 год, С.Н., 38 лет и Г.А., 21 год

«S-образный» характер зависимости СРПВ от давления был получен О.В. Филатовой (1992, 1993), А.В. Требуховым (2002) в эксперименте на сосудах *in situ*, в модельных экспериментах А.А. Кондыковым (2002).

Выявленное нами снижение СРПВ с ростом давления на некоторых участках индивидуальных кривых не проистекает из представлений классической биомеханики о связи СРПВ с давлением [McDonald, 1974]. По этой причине подобные кривые мы назвали «аномальными». В последнее время все чаще встречается мнение, что взаимосвязь АД и СРПВ не так однозначна, как представлялась раньше [Маркман и др., 1987, Takemura et al., 1989; Кондыков и др., 1998, 2001, 2002]. Многочисленные проверки полученных результатов неизменно

приводили к наличию подобной «аномальной» формы индивидуальных кривых.

Выборка численностью в 21 человек обследовалась повторно спустя 14 дней. В данной выборке при первоначальном обследовании у двух испытуемых были получены более низкие значения СРПВ при увеличении давления на конечном отрезке кривой, т.е. данная группа испытуемых воспроизводила закономерности, присущие общей выборке. Повторные результаты показали высокую вариабельность СРПВ у человека. У одних испытуемых СРПВ претерпевало значительные изменения по сравнению с предшествующими данными (П., муж., 29 лет; Д., муж., 34 года; табл. 19). У других это было выражено в меньшей степени (А., жен., 61 год; В., муж., 64 года; табл. 19).

Таблица 19

Систолическое и диастолическое давление и СРПВ ($M \pm m$)
в каждой точке индивидуальных кривых при первичном /
повторном (*) обследовании

Испытуемые	СД	ДД	СРПВ			
			1 точка	2 точка	3 точка	4 точка
К., жен, 36 лет	120 / 105*	80 / 80*	2,4 / 2,9*	5,8 / 4,7*	6,7 / 6,6*	10,2 / 9,4*
П., жен, 27 лет	100 / 100*	70 / 70*	2,9 / 2,8*	4,7 / 2,9*	7,3 / 4,9*	8,4 / 7,9*
П., муж, 29 лет	130 / 120*	80 / 80*	3,1 / 2,7*	5,0 / 5,7*	10,3 / 8,3*	9,8 / 11,4*
К., муж, 63 года	160 / 130*	100 / 80*	3,0 / 2,2*	5,9 / -	12,4 / 6,4*	9,5 / 8,5*
К., муж, 42 года	120 / 130*	80 / 80*	3,5 / 2,9*	8,4 / -	10,9 / 8,2*	12,7 / 9,9*
К., жен, 53 года	140 / 110*	90 / 84*	1,6 / 2,2*	- / -	9,0 / 7,2*	10,5 / 10,8*
К., жен, 54 года	180 / 150*	110 / 100*	3,5 / 2,8*	5,3 / 4,9*	8,2 / 8,1*	9,7 / 12,9*

Испытуемые	СД	ДД	СРПВ			
			1 точка	2 точка	3 точка	4 точка
П., муж, 41 год	140 / 130*	100 / 100*	3,0 / 2,3*	3,7 / 4,6*	7,3 / 7,7*	10,2 / 9,2*
А., жен, 61 год	150 / 140*	100 / 90*	2,0 / 1,9*	- / 4,4*	5,2 / 4,8*	8,5 / 8,1*
А., жен, 47 лет	150 / 140*	90 / 90*	3,5 / 2,8*	- / -	7,9 / 7,6*	11,1 / 9,4*
Г., муж, 28 лет	140 / 140*	90 / 90*	3,7 / 3,3*	- / -	8,6 / 7,3*	9,4 / 9,4*
В., муж, 64 года	120 / 120*	80 / 80*	3,4 / 2,9*	- / -	6,5 / 6,6*	9,3 / 9,2*
Ф., муж, 57 лет	120 / 110*	80 / 70*	2,1 / 2,6*	4,1 / 3,8*	5,6 / 7,5*	12,3 / 8,5*
С., муж, 66 лет	150 / 160*	90 / 80*	2,2 / 3,5*	- / 4,0*	5,8 / 5,7*	8,1 / 6,9*
З., жен, 37 лет	110 / 110*	70 / 80*	2,6 / 2,3*	5,0 / 5,5*	7,8 / 5,5*	10,3 / 8,8*
Ш., муж, 49 лет	150 / 120*	100 / 84*	2,7 / 2,8*	- / -	8,4 / 6,5*	9,5 / 8,6*
П., муж, 54 года	130 / 130*	90 / 80*	3,0 / 2,6*	5,0 / -	7,8 / 5,0*	13,2 / 9,9*
П., муж, 51 год	130 / 120*	90 / 80*	2,5 / 2,8*	- / -	5,3 / 7,4*	8,4 / 7,9*
Б., муж, 21 год	140 / 110*	90 / 78*	3,7 / 3,0*	5,1 / 4,8*	7,3 / 7,8*	9,4 / 8,9*
Д., муж, 34 года	120 / 120*	80 / 80*	3,5 / 3,7*	5,3 / 4,4*	10,5 / 7,3*	12,6 / 8,3*
П., жен, 38 лет	110 / 110*	80 / 70*	3,1 / 2,7*	5,6 / 3,7*	7,4 / 7,4*	8,4 / 8,4*

Анализ формы кривых показал, что ни у одного испытуемого «аномальной» формы кривой при повторном обследовании выявлено не было. При этом, в отличие от СРПВ, артериальное давление проявляло себя как более стабильный показатель (табл. 19).

Таким образом, анализ индивидуальных кривых показал, что в 25 % случаев у испытуемых индивидуальные кривые на различных

участках, т.е. в различных диапазонах давления, имели связь СРПВ с давлением, отличающуюся от закономерностей, следующих из уравнения Моенса–Кортвейга [McDonald, 1974]. В большинстве случаев отклонения встречались в диапазоне давлений ($85,5 \pm 11,3$ – $108,3 \pm 11,5$ мм рт. ст.), приходящемся на конечный отрезок СРПВ–метрической кривой. Повторные обследования свидетельствовали о значительной вариабельности СРПВ у человека, способной приводить к невоспроизводимости формы индивидуальных кривых. Все эти данные указывают на то, что применение усовершенствованной методики в оценке свойств сосудов у индивида выявляет традиционные проблемы СРПВ–метрических методик: значительную вариабельность и плохую воспроизводимость получаемых результатов.

4.2. Гистерезис

Из четырех точек, используемых для построения индивидуальных кривых, вторая и четвертая, полученные при поднятии руки вверх и ее опускании, являлись результатом усреднения данных 5–7 поцикловых значений СРПВ. Третья точка (рука на горизонтальной опоре) была получена в трех вариантах: первое значение было получено перед проведением проб (СРПВ1); второе – при увеличении давления при опускании руки из верхнего положения на горизонтальную опору, т.е. при нагружении (СРПВ2); третье – при снижении давления при поднятии руки из вертикального положения на горизонтальную опору, т.е. при разгрузении (СРПВ3).

Анализ индивидуальных кривых с учетом трех значений СРПВ в горизонтальном положении руки свидетельствовал о значительном разбросе этих показателей у каждого индивида. Знак

отклонения значений СРПВ2 и СРПВ3 относительно исходной записи в начале эксперимента (СРПВ1) не был у разных испытуемых одинаковым или однонаправленным. В некоторых случаях все три значения СРПВ были равными.

Кроме этого, на группе повторно обследованных людей, было выявлено, что полученные реакции при первичном и повторном обследованиях, для одного и того же человека также оказывались разнообразными (табл. 20).

Таблица 20

Значения СРПВ2 и СРПВ3 относительно СРПВ1 при первичном / повторном (*) обследовании

Испытуемые	СРПВ2	СРПВ3
К., жен, 36 лет	↑ / ↑ *	↓ / ↑ *
П., жен, 27 лет	↓ / ↓ *	↓ / ↑ *
П., муж, 29 лет	↓ / ↓ *	↑ / ↓ *
К., муж, 63 года	↓ / ↓ *	↑ / ↑ *
К., муж, 42 года	↑ / 0 *	↑ / ↑ *
К., жен, 53 года	↓ / ↓ *	↓ / ↓ *
К., жен, 54 года	↑ / 0 *	↑ / ↑ *
П., муж, 41 год	0 / 0 *	0 / ↑ *
А., жен, 61 год	↓ / ↑ *	0 / ↓ *
А., жен, 47 лет	↓ / ↓ *	↓ / ↑ *
Г., муж, 28 лет	↓ / ↑ *	↑ / ↓ *
В., муж, 64 года	↓ / ↓ *	↓ / ↓ *
Ф., муж, 57 лет	↓ / ↓ *	↓ / ↓ *
С., муж, 66 лет	↓ / ↓ *	↑ / ↑ *
З., жен, 37 лет	↓ / ↓ *	↓ / ↑ *
Ш., муж, 49 лет	↑ / ↓ *	↓ / ↓ *
П., муж, 54 года	0 / ↑ *	↑ / ↑ *
П., муж, 51 год	↓ / ↓ *	↓ / ↓ *
Б., муж, 21 год	0 / ↓ *	↑ / ↓ *
Д., муж, 34 года	0 / ↑ *	↓ / ↑ *
П., жен, 38 лет	0 / 0 *	↑ / ↓ *

Примечание: ↑ - увеличение значения; ↓ - уменьшение значения; 0 - неизменное значение

В классической биомеханике кривые “напряжение – разгрузка” для вязко-упругого материала не совпадают. Кривая при разгрузке лежит выше кривой при нагружении, образуя петлю гистерезиса [Dobrin et al., 1969; Филатова, 1992, 1993]. Площадь этой петли зависит от состояния гладкой мышцы сосуда – при полной релаксации гладкой мышцы петля практически исчезает. При этом максимальная разница между значениями выявляется в диапазоне давлений, близких к физиологическим значениям. Третья точка СРПВ–метрической кривой как раз попадает в данный диапазон давлений.

При сравнении значений СРПВ2 и СРПВ3 между собой у испытуемых обнаруживались различные варианты: СРПВ2 была и выше и ниже СРПВ3, т.е. вид петель на индивидуальных кривых был разнообразным, также встречались случаи, когда эти показатели были равны между собой.

Методом парного двухвыборочного t-теста для средних были выявлены существенно более высокие значения СРПВ3 относительно СРПВ2 ($P < 0,01$) в целом по всей выборке и в группе 19-30 лет (табл. 21).

Таблица 21

Значения СРПВ2 и СРПВ3 ($M \pm m$) в различных группах

Группы	Кол-во чел.	СРПВ2	СРПВ3	
Общая выборка	421	8,1±0,08	8,4±0,09	$P < 0,01$
19-30 лет	101	8,6±0,14	9,1±0,16	$P < 0,01$
31-40 лет	115	8,3±0,16	8,6±0,14	$P < 0,05$
41-50 лет	87	8,3±0,20	8,3±0,19	$P > 0,05$
старше 50 лет	123	7,5±0,16	7,6±0,20	$P > 0,05$

В группе 31-40 лет также были получены существенные различия между этими показателями ($P < 0,05$). Во всех остальных представленных в таблице группах значимых различий между СРПВ2 и СРПВ3 выявлено не было ($P > 0,05$).

4.3. Поцикловая СРПВ–метрия

Анализ поцикловых значений СРПВ при одинаковых условиях эксперимента (т.е. при одинаковом положении руки) выявил, что даже в пределах 5–7 сердечных циклов значения СРПВ у человека могли значительно варьировать. Размах вариаций СРПВ, рассчитывался нами по формуле:

$$P = ((СРПВ_{\text{макс}} - СРПВ_{\text{мин}}) / СРПВ_{\text{макс}}) \cdot 100 \% \quad (3)$$

где: P – размах вариаций СРПВ; $СРПВ_{\text{макс}}$ – максимальное значение СРПВ за 5–7 сердечных циклов; $СРПВ_{\text{мин}}$ – минимальное значение СРПВ за 5–7 сердечных циклов.

Размах вариаций СРПВ за 5–7 сердечных циклов мог достигать 44,8 % (испытуемый 9, приложение 1). Так как запись производилась при задержке дыхания, влияние дыхательных волн на вариации СРПВ исключалось.

На рисунке 19 представлены примеры колебаний значений СРПВ от цикла к циклу у различных испытуемых во время проведения исследования.

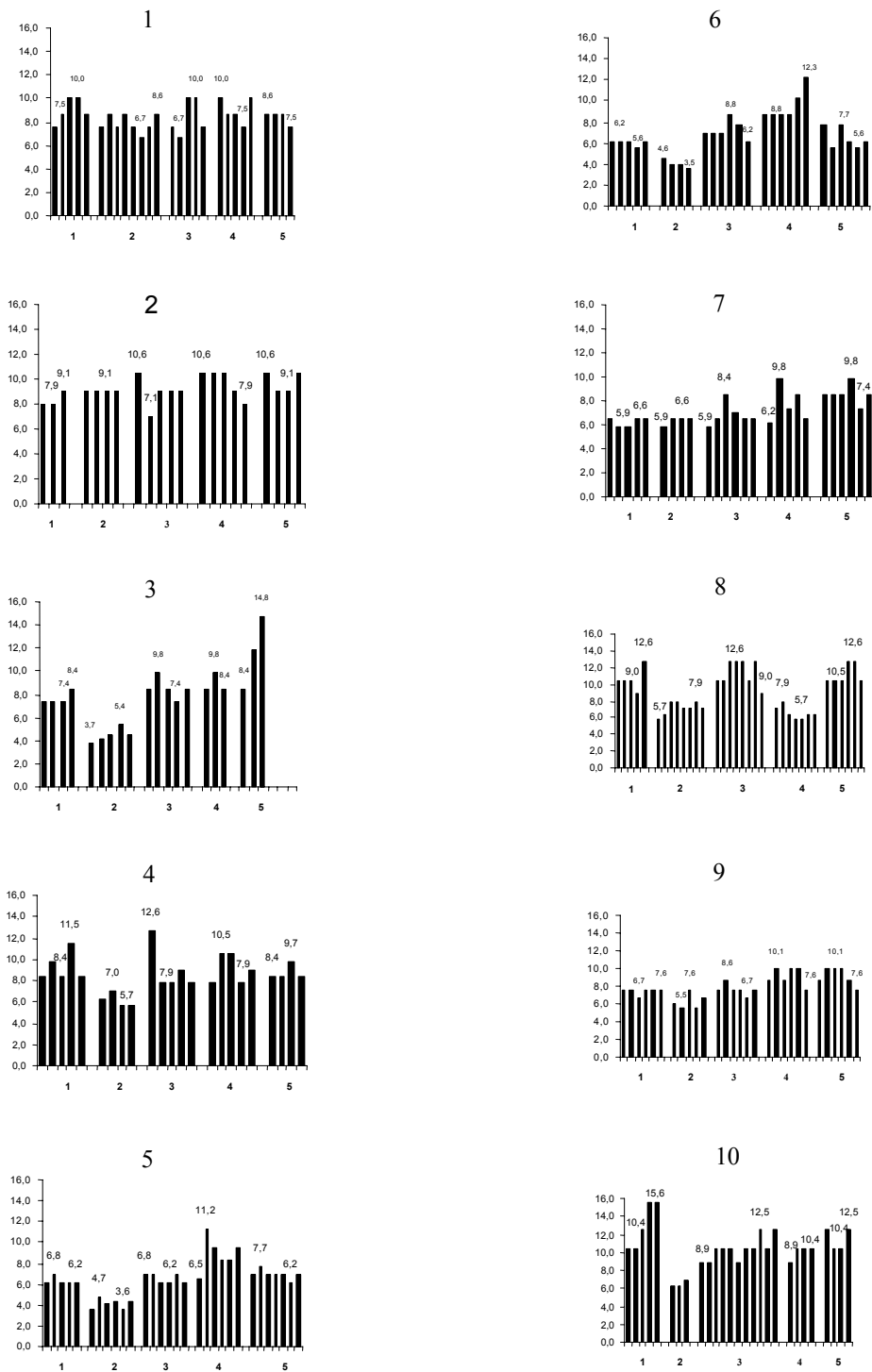


Рис. 19. Примеры изменения СРПВ от цикла к циклу у испытуемых А.Н.(1), С.Б. (2), Ю.В. (3), Ф.С. (4), Т.Г. (5), Л.П. (6), Б.И. (7), Н.Я. (8), П.В. (9), Н.В. (10)

Первую группу поцикловых СРПВ, отмеченных цифрой «1» на рисунке снизу оси абсцисс, составляли значения при горизонтальном положении руки в начале эксперимента. Вторую (цифра «2» снизу оси абсцисс), когда рука испытуемого была поднята. Третью (цифра «3» снизу оси абсцисс) – при опускании руки в горизонтальное положение. Четвертую (цифра «4» снизу оси абсцисс) – когда рука испытуемого была опущена и пятую (цифра «5» снизу оси абсцисс) – при поднятии руки в горизонтальное положение. Промежуток после каждой группы поцикловых СРПВ указывает на прерывание записи, необходимое для изменения положения конечности и стабилизацию нулевых линий сфигмограмм. Максимальные и минимальные значения СРПВ, встреченные в каждой группе поцикловых СРПВ, отмечены сверху.

Исходя из формулы Моенса – Кортвейга (1), СРПВ зависит от геометрических характеристик сосуда (r и h), которые модулируются мгновенными значениями кровяного давления, от вязкости крови и от модуля упругости Юнга (E), который в функционирующем сосуде зависит от свойств материалов, входящих в ее состав и от изменений тонуса гладкой мышцы [Каро К. и др., 1981; Валтнерис А.Д., 1966; Yoshigi et al., 1997].

Период, за который могут произойти перестройки пассивных элементов (эластин, коллаген) сосудистой стенки на много порядков превышает межсистолический интервал, достигая 3-4 суток [Каро К. и др., 1981]. Из этого следует, что вариабельность СРПВ за 5-7 циклов может быть обусловлена или вариациями ДД за это время, или изменением функционального состояния гладкой мускулатуры сосудистой стенки.

Основными факторами, имеющими временную динамику, соизмеримую с межсистолическим интервалом, и способными

влиять на уровень ДД от цикла к циклу, являются сердечный выброс и продолжительность сердечного цикла [Каро К. и др., 1981].

Вариации продолжительности сердечного цикла в ходе проведения исследования оценивались нами по изменениям R–R интервалов кардиограммы, а вариации сердечного выброса оценивались косвенно по изменениям амплитуды пульсовых волн, характеризующих величину пульсового кровенаполнения исследуемого участка [Инструментальные методы ..., 1986; Витрук, 1990]. Анализ изменений этих показателей производился в рандомизированной выборке численностью 60 человек.

За 5-7 сердечных циклов в выделенной группе прослеживались физиологические вариации сердечного ритма в пределах от 0 до 28 % (приложение 1), но у подавляющего большинства (в 92 % случаев) они не превышали 10 %. Изменения R–R интервалов, превышающие 25 %, встретились у 3 испытуемых, при этом вариации СРПВ у этих испытуемых не были максимальными. Например, у испытуемого Е. (муж., 53) года вариации СРПВ были максимальными в данной группе (44,8 %), при этом значения вариаций R–R интервалов у него составили 1,9 %. А у испытуемого О. (муж., 31 год) вариации R–R интервалов были максимальными в данной выборке (26,7 %), при этом вариации СРПВ у него составили 20,5 %.

Примеры синхронной записи поцикловой изменчивости значений СРПВ и R–R интервалов для испытуемых 7, 9, 16 и 28 из приложения 1 представлены на рисунке 20.

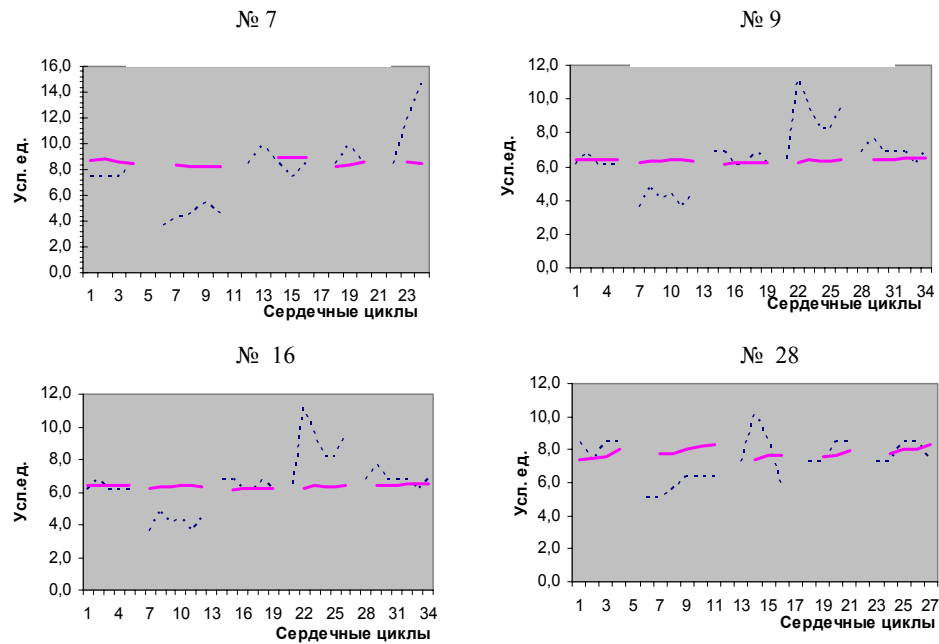


Рис. 20. Примеры изменения СРПВ (пунктир) и R–R (линия) интервалов от цикла к циклу в ходе проведения исследования

Корреляционный анализ между СРПВ и значениями R–R интервалов показал, что у испытуемых коэффициент корреляции мог быть от $-0,83$ до $+0,65$ (приложение 2), а в целом по группе $+0,06$ ($P \gg 0,05$). При этом коэффициент корреляции за 5-7 циклов в различных положениях руки у одного и того же человека мог быть и отрицательным и положительным, и достигать значений от $+1,0$ до $-1,0$ (испытуемый 13, приложение 2).

Так как длительность R–R и межсистолических интервалов влияет на СРПВ, модулируя величину ДД, то при удлинении (увеличении) R–R интервала ДД и СРПВ будет снижаться (уменьшатся). То есть, зависимость длительности R–R и значений СРПВ должна иметь отрицательный знак. Так как у нашего испытуемого значения коэффициентов корреляции между этими показателями за 5-7 циклов в различных положениях руки могли с одинаковой вероятностью иметь и положительный и отрицательный знак, то это свидетельствует о том, что вариации R–R и обусловленные этим изменения ДД не являются ведущими в

выявленной вариабельности СРПВ. То есть, имеет место наложение влияния каких-то других, более сильных факторов.

Аналогичные результаты получены при анализе амплитуды пульсовой волны. Были выявлены вариации данного показателя у испытуемого за 5-7 циклов в пределах от 0 % до 16,7 %. При этом, например, у испытуемого Е. (муж., 53 года) вариабельность амплитуды пульсовой волны составила 2,9 %, в то время как вариабельность СРПВ 44,8 %, а у испытуемой Б. (жен., 59 лет) – 16,7 %, при вариабельности СРПВ равной 0 %. Корреляционный анализ СРПВ и амплитуды пульсовой волны показал, что у испытуемых коэффициент корреляции мог быть от $-0,79$ до $+0,70$ (приложение 3), а в целом по группе $-0,11$ ($P \gg 0,05$). При этом за 5-7 сердечных циклов у одного и того же человека этот показатель мог быть от $+1,0$ до $-0,81$ и $-0,88$ (испытуемые 12 и 16, приложение 3). Повышение амплитуды пульсовой волны, по подножию которой измерялась СРПВ, однозначно является следствием снижения упругих свойств материала сосудистой стенки, что в соответствии с уравнением 2 дает снижение СРПВ, а связь между амплитудой пульсовой волны и СРПВ должна иметь отрицательный знак. Тогда как в данном случае встречались коэффициенты корреляции с положительным и отрицательным знаком. Это подтверждает ранее сделанные выводы относительно влияния длительности сердечного цикла на значения СРПВ.

Ниже представлен анализ отдельных индивидуальных записей испытуемых: К.С. (муж., 26 лет) и Е.М. (муж., 53 года).

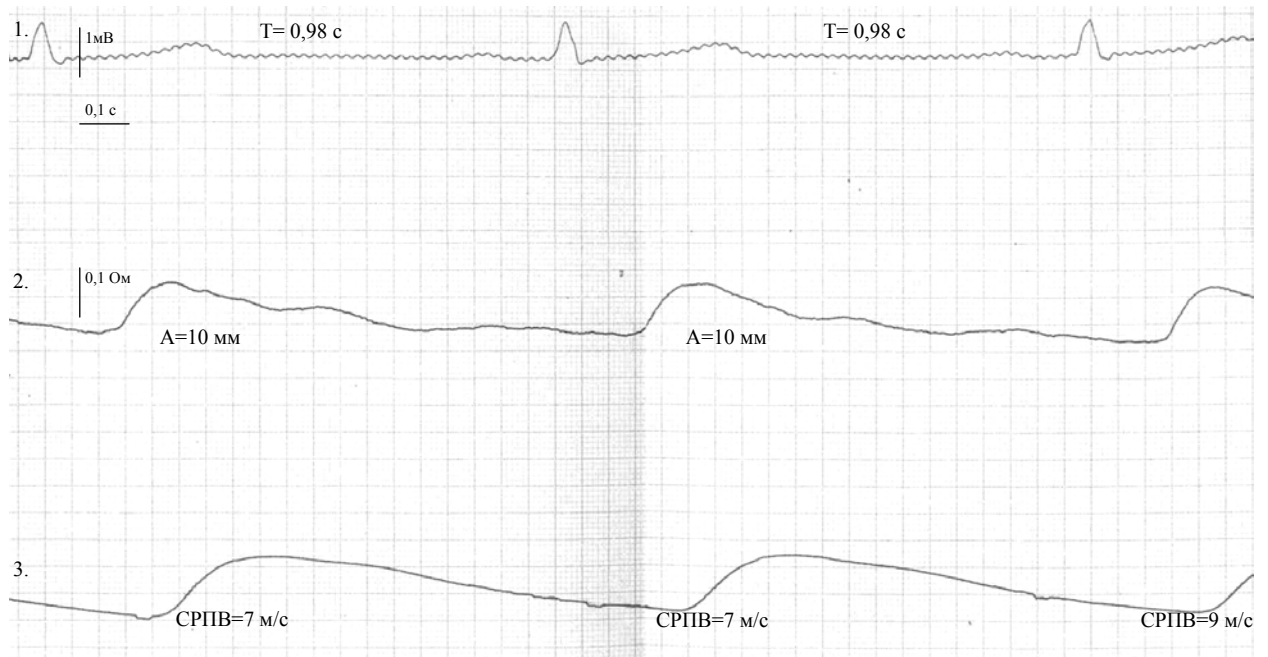


Рис. 21. Пульсовые кривые испытуемого К.С. (муж., 26 лет), расстояние между датчиками 0,63 м (1 – II отведение ЭКГ; 2 – реограмма с верхней части плеча; 3 – фотоплетизмограмма с пальца)

На примере анализа следующих друг за другом двух пульсовых волн испытуемого К.С. (муж., 26 лет) видно, что при неизменной амплитуде соседних пульсовых кривых (10 мм) и одинаковых значениях длительности R–R интервалов (0,98 с) значение СРПВ от цикла к циклу возросло на 29 % (с 7 м/с до 9 м/с) (рис. 21). То есть, выявленное у данного испытуемого изменение СРПВ от цикла к циклу было обусловлено влиянием других, не учтенных нами, факторов.

У испытуемого Е.М. (муж., 53 года), имеющего снижение СРПВ от цикла к циклу на 29 % (с 12,5 м/с до 8,9 м/с), амплитуды соседних пульсовых волн также были неизменными (16 мм), а значение длительности R–R интервалов уменьшилось на 2 % (1,04с и 1,02с) (рис. 22). В данном случае вариативность СРПВ имела место при сочетанной стабильности амплитуды пульсовых волн и

длительности R–R интервалов, что также, как и ранее не может объяснить вариации СРПВ от цикла к циклу.

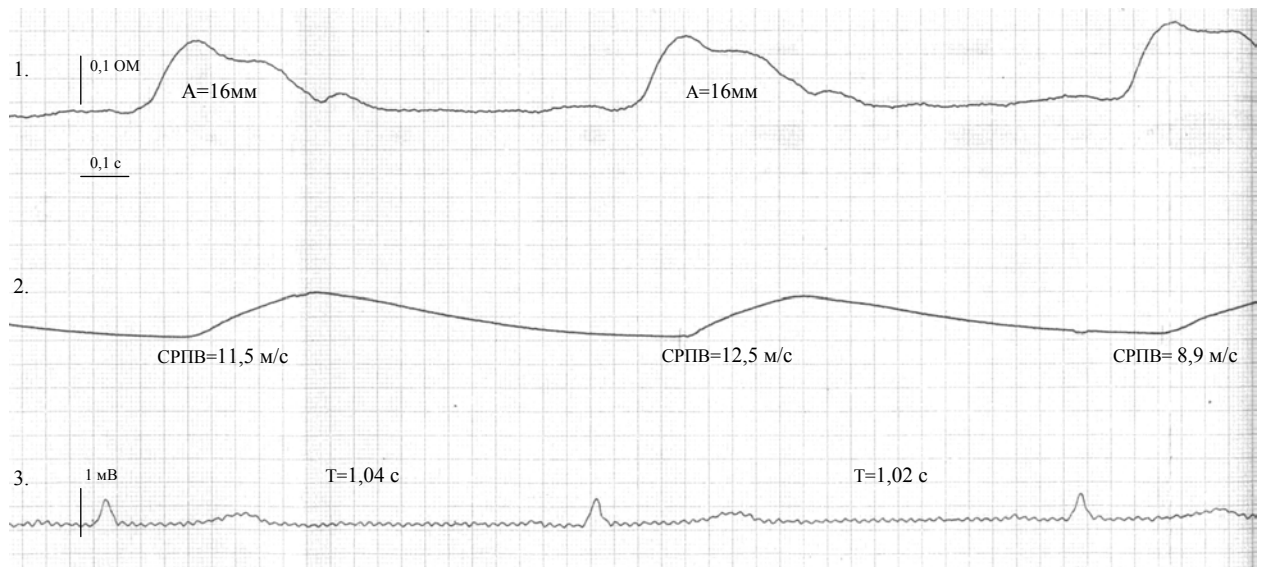


Рис. 22. Пульсовые кривые испытуемого Е.М. (муж., 53 года), расстояние между датчиками 0,63 м (1 – реограмма с верхней части плеча; 2 – фотоплетизмограмма с пальца; 3 – II отведение ЭКГ)

Отсутствие значимых корреляций между амплитудой сфигмограммы и СРПВ выглядит парадоксальным, так как оба показателя характеризуют свойства сосудистой стенки на момент измерения СРПВ. Возможно следующее объяснение. Амплитуда сфигмограммы характеризует радиальные свойства сосуда, и методики, опирающиеся на данный показатель в оценке упругих свойств сосудов, отражают величину относительного приращения объема сосуда на единицу прироста давления [Мажбич Б.И., 1990]. В то же время СРПВ, рассчитываемая по параметрам поперечного сечения сосуда (уравнение 1), отражает процесс распространения пульсовой волны по длине сосуда. Существенно, что уравнение 1, описывая скорость распространения волны давления по эластичной трубке, не учитывает то, что ряд входящих в него

показателей (r , h , E) *in vivo* являются зависимыми от кровяного давления и других факторов. Поэтому, при распространении волны давления в кровеносном сосуде, о чем мы судим по сфигмограмме, следует принять во внимание, что активные и пассивные свойства сосудистой стенки могут модифицировать параметры сфигмограммы и СРПВ. Неодинаковый характер смещения сосудистой стенки в радиальном и продольном направлениях (анизотропия) показаны в недавних ультразвуковых исследованиях М. Pesson и др. (2003).

Основываясь на зависимости СРПВ от давления, полученной в наших исследованиях для выборки численностью 444 человека (рис. 23), было рассчитано, что изменение СРПВ с 7 м/с до 9 м/с, как у испытуемого К.С. (муж., 26 лет), потребовало бы изменений ДД на 21 мм рт. ст., что соизмеримо с ортостатическим возмущением.

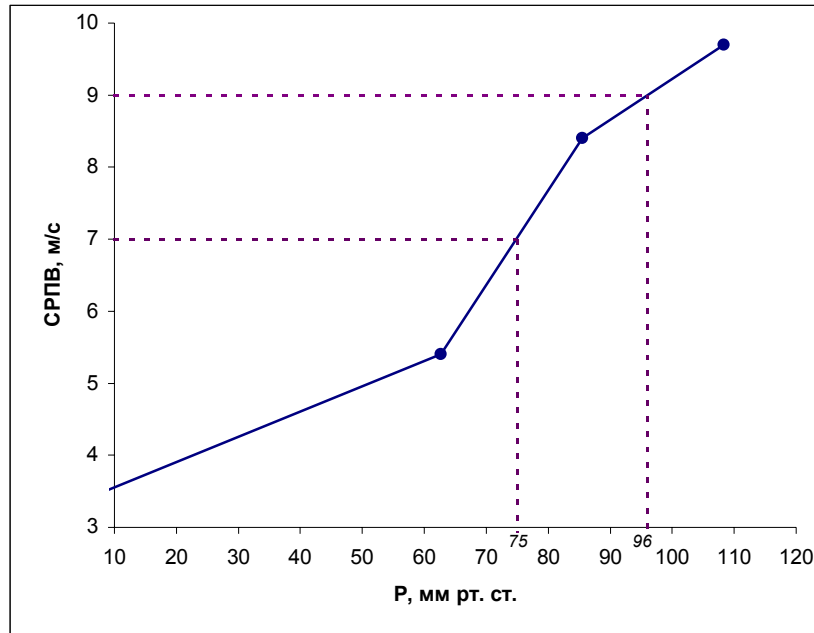


Рис. 23. Пример оценки изменения ДД при изменении СРПВ с 7 м/с до 9 м/с по СРПВ–метрической кривой, полученной для выборки численностью 444 человека

А изменение СРПВ с 12,5 м/с до 8,9 м/с, как у испытуемого Е.М. (муж., 53 года), должны соотноситься с еще большими изменениями ДД. Такие изменения ДД в течение 5-7 циклов не могли быть обусловлены ни волнами второго порядка, поскольку у всех испытуемых дыхание на момент записи задерживалось, ни другими причинами. Индивидуальные записи пульсовых кривых, представленных на рисунке 21 и 22 каких-либо признаков подобных вариаций ДД не обнаруживают.

Представленные данные показывают, что выявленная вариабельность СРПВ за 5-7 циклов не может быть объяснена колебаниями ДД у испытуемого. Соотнесение полученных у испытуемого С.Н. (муж., 34 года) поцикловых значений СРПВ при диастолическом давлении (в горизонтальном положении руки) с пятиминутной мониторинговой кривой, полученной А.А. Кондыковым и др. (2001, 2002) (рис. 24) и отражающей хаотические колебания значений СРПВ, обнаруживает их схожесть и указывает на роль нестационарности гладкомышечного компонента сосудистой стенки в выявленной вариабельности СРПВ.

Время, в течение которого производилась запись пульсовых кривых в нашем исследовании, соотносится со временем записи мониторинговой кривой (в среднем пять–семь минут). Отличия от мониторинговой записи СРПВ в наших исследованиях заключаются в том, что СРПВ в течение данного времени регистрировались не постоянно, а фрагментами ~ по 5-7 значений с промежутками времени, необходимыми для смены положения руки и стабилизации нулевой линии.

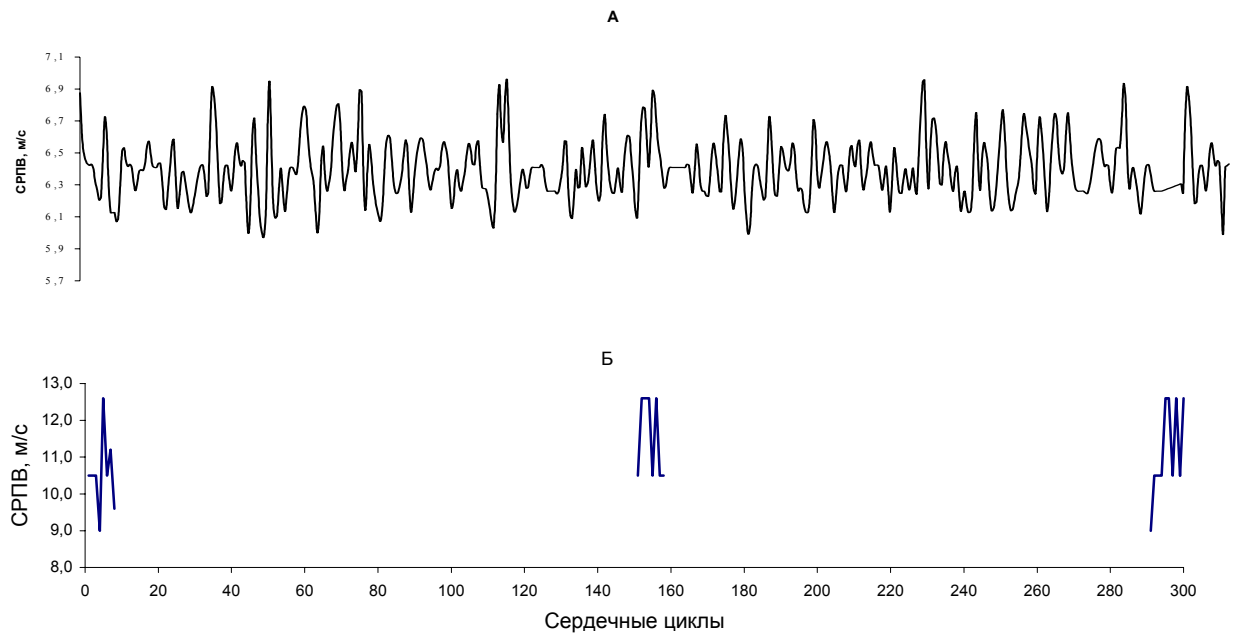


Рис. 24. Пятиминутная мониторинговая кривая СРПВ, полученная А.А. Кондыковым и др. (2001) (А), фрагменты по 5-7 значений СРПВ, полученных при диастолическом давлении у испытуемого С.Н. (муж., 34 года) (Б)

Из рисунка видно, что полученные в наших исследованиях усредненные за 5-7 циклов значения СРПВ будут зависеть от того, в какие моменты времени были проведены замеры СРПВ. Так как каждая точка на СРПВ-метрической кривой получена через определенный промежуток времени, т.е. не одновременно, то изменение свойств сосудистой стенки за это время может даже перекрыть влияние изменения давления за счет ортостаза на сосудистую стенку, что объясняет получение «аномальной» формы зависимости СРПВ от давления. Этим также объясняется получение коэффициентов корреляции между СРПВ и показателями пульса у одного и того же человека за период исследования от +1 до -0,88.

В пользу роли гладкой мышцы в выявленной изменчивости СРПВ свидетельствуют полученные нами результаты.

Максимальное количество «аномалий», когда при увеличении давления СРПВ снижалась, выявлялось в диапазоне давлений $85,5 \pm 11,3 - 108,3 \pm 11,5$ мм рт. ст. Исследования Bergel D.H. (1961, 1972), Dobrin (1969) и О.В. Филатовой и др. (2003) показали, что именно в данном диапазоне давлений активность гладкомышечного компонента в наибольшей мере влияет на свойства сосудистой стенки. Встречаемость «аномальных» по форме кривых в возрастной группе 19-30 лет была самой большой (32 %) в сравнении с другими возрастными (у лиц старше 50 лет – 16 %). Анализ литературы свидетельствует о значительных качественных преобразованиях эластической и гладкомышечной ткани с возрастом, носящих преимущественно деструктивный характер [Пуриня и др., 1980; Анестиади и др., 1983; Каро и др., 1981]. При этом, по данным Б.А. Пуриня и др. (1980), К. Каро и др. (1981), выраженность изменений гладкой мышцы может превышать масштабы изменений остальных тканевых элементов.

То есть, индивидуальные СРПВ–метрические кривые являются искаженными за счет модуляции пассивных характеристик сосуда спонтанными изменениями тонуса активного компонента, которые произошли за время измерений. Эта зашумленность проистекает из свойств исследуемого объекта и носит характер ошибки случайного рода, которая может быть устранена накоплением данных, что решается в случае популяционных исследований (гл.3).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанная уравнением Моенса–Кортвейга (1974) и в дальнейшем подтвержденная в многочисленных опытах связь СРПВ с упругими характеристиками сосудистой стенки, казалась бы, открыла возможность, используя доступную неинвазивную методику определения СРПВ по запаздыванию пульсовых кривых оценивать свойства артериальных сосудов у человека. Однако, высокая вариабельность индивидуальных поцикловых СРПВ, плохая воспроизводимость полученных данных затрудняли анализ, породили противоречия в литературе [Taylor, 1973; Nomaura, 1997; Hasegawa et al., 1997] и стали сдерживать применение данной методики.

Выявление нелинейности связи упругих свойств сосудов с давлением показало, что для более корректной их оценки необходимо получение кривых в достаточно широком диапазоне давлений [Каро и др., 1981].

Предложенный нами способ неинвазивного управления внутрисосудистым артериальным давлением, сочетающий ортостатическое и компрессионное воздействие, расширил диапазон исследуемого давления, дал возможность строить СРПВ–метрические кривые и позволил устранить недостаток методики определения СРПВ по одной точке (при диастолическом давлении), не позволяющий учитывать нелинейность связи упругих характеристик сосуда от давления. Это могло обуславливать разногласия, встреченные в литературе, так как часто сравнивались между собой СРПВ в группах с различным уровнем ДД [Бисярина и др., 1986; Липовецкий и др., 1988; Asmar et al., 1995; Blacher et al., 1999].

Применение предложенного СРПВ–метрического метода в массовых исследованиях позволило получать комплекс СРПВ–метрических показателей, характеризующих свойства магистральных артерии верхних конечностей человека. Появилась возможность оценивать форму полученных кривых, выявлять их смещение относительно друг друга, сравнивать СРПВ при одинаковом давлении и оценивать кривые в заданном диапазоне давлений. Все это приближает возможности неинвазивного метода к данным эксперимента на изолированных сосудах.

Массовая СРПВ–метрия выявила S-образный характер зависимости СРПВ от давления в диапазоне давлений от 10 до $108,3 \pm 11,5$ мм рт. ст. Похожие данные получали в острых экспериментах Р.В. Dobrin et al. (1969), А.В. Требухов (2002), в модельных экспериментах А.А. Кондыков (2002).

Эксперименты на сосудах позволили связать определенные диапазоны давления преимущественно со свойствами отдельных компонентов сосудистой стенки [Bergel, 1972; Dobrin et al., 1969; Филатова, 1993, 2003]. Анализ экспериментальных данных показал, что начальный участок полученных нами СРПВ–метрических кривых совпадает с диапазоном давлений, где упругие характеристики сосуда определяются преимущественно свойствами эластина. Диапазон давлений, приходящийся на средний и правый участок кривых, совпадает с диапазоном давлений, где упругие характеристики сосуда определяются свойствами эластина и в большей степени гладкой мышцы сосудистой стенки.

В эксперименте получено, что изменение функциональной активности гладкой мышцы может значительно изменять форму зависимости упругих характеристик сосуда от давления в диапазоне давлений от 0 до 220 мм рт. ст. Зависимость имела S–

образную форму в сосудах с тонизированной гладкой мускулатурой и напоминала ветвь параболы в сосудах с выключенной гладкой мышцей [Bergel, 1972; Dobrin et al., 1969; Каро и др., 1981; Филатова, 1993, 2003]. При этом наибольшие изменения наблюдались в диапазоне давлений от 60 до 150-160 мм рт. ст. Поэтому изменение формы кривой в этом диапазоне давлений, вероятно, можно связывать с изменением свойств гладкой мышцы сосудистой стенки.

Выявленное смещение СРПВ–метрических кривых у лиц старших возрастных групп вниз, приближение формы кривой к ветви параболы и «схлопывание» петли гистерезиса у лиц старших возрастных групп отражает изменения свойств сосудистой стенки с возрастом, широко описываемые в литературе. Данные изменения могут быть связаны с преобразованием геометрических параметров сосудов с возрастом [Пуриня и др., 1980; Каро и др., 1981; Минкин, 1994], так как СРПВ зависит от показателя h/r из формулы 1. Полученные данные могут отражать изменения свойств самой сосудистой стенки [Пуриня и др., 1980; Анестиади и др., 1983; Каро и др., 1981; Бисярина и др., 1986], что будет влиять на значения модуля упругости Юнга (E) из формулы 1. Кроме этого, с возрастом могут наблюдаться изменения вязкости крови [Валтнерис, 1966], что также будет оказывать влияние на СРПВ.

Анализ литературных данных свидетельствует о значительных качественных преобразованиях и эластической и гладкомышечной ткани с возрастом, носящих преимущественно деструктивный характер, при этом, выраженность изменений гладкой мышцы может превышать масштабы изменений остальных тканевых элементов [Пуриня и др., 1980; Фрунташ, 1982; Анестиади и др., 1983; Каро и др., 1981; Atkinson, 1998]. Отсутствие гистерезиса у

лиц старше 40 лет может отражать как изменения свойств самой гладкой мышцы [Пуриня и др., 1980; Анестиади и др., 1983; Atkinson, 1998], так и изменения функций эндотелия, фактора, оказывающего опосредованное действие на гладкую мышцу [Lind et al., 1999; Ma et al., 2000; Гомазков, 2000; Филатова, 2003].

Обнаруженные различия СРПВ–метрических показателей между мужчинами и женщинами проявляются преимущественно в возрастных группах 19-30 и 31-40 лет и в диапазоне давлений, где активность гладкой мышцы в наибольшей мере обуславливает свойства сосудистой стенки (правый участок кривых) [Bergel, 1972; Dobrin, 1969; Филатова, 2003]. Выявленные отличия могут быть обусловлены конституциональными различиями между мужчинами и женщинами [Анищенко и др., 1998; Демидов и др., 1998]. Кроме этого они могут отражать различия гормонального фона у мужчин и женщин. Известно, что эстрогены способны при различных путях введения вызывать снижение тонуса артерий. [Сергеев и др., 1996; Kawano, 1996; Jjang et al., 1992; Maddox et al., 1987; Raddino et al., 1989; Кобрин и др., 1995; Harder, 1987; Грацианский и др., 1996; Доценко и др., 1999]. Отсутствие различий в постменопаузальный период соотносится с данным предположением.

Предложенный метод выявил наличие своих характерных особенностей в различных территориальных группах. У сельских жителей Троицкого р-на и у мужчин и у женщин во всех возрастных группах преобладали S–образные формы кривых. Данная форма зависимости расценивается нами как свидетельство хорошего функционального состояния активного элемента сосудистой стенки и является, на наш взгляд, более благоприятной. Выявлено повышение правой части кривых практически во всех поло-возрастных группах у жителей р.п.

Павловск и отсутствие отличий на других участках. В большей степени выделяются результаты жителей г. Барнаула, для которых во всех поло-возрастных группах были характерны самые низкие значения СРПВ и приближенные к ветви параболы формы кривых. Аномально большое смещение СРПВ–метрических кривых вниз со сдвигом вправо в диапазоне давлений среднего и правого участка проявлялось в группе 19-30 лет у женщин.

Анализ литературы свидетельствует о том, что жители крупного промышленного города (г. Барнаула) находятся в самых неблагоприятных условиях по сравнению с другими представленными группами (сельскими жителями и жителями рабочего поселка). Гиподинамия [Ebrahim et al., 2000; Sherwood et al., 2000; Steffen-Batey et al., 2000; Rutten A. et al. 2001], уровень загрязнения окружающей среды [Anthony, 2001; Доклад о санитарно-эпидемиологической обстановке в Алтайском крае..., 2003] и постоянное нервно-психическое напряжение [Ганджа и др., 1978; Минкин, 1994; Абина и др., 1997; Гнедов, 2000; Иванова, 2001] отличает данную группу.

Обнаруженные СРПВ–метрическим методом различия в представленных группах показывают, что свойства артерий верхних конечностей человека в значительной степени определяются факторами условий проживания человека. Представляется возможным использование данной методики для оценки экологического благополучия различных регионов.

Предложенным методом выявлен правый сдвиг СРПВ–метрических кривых у лиц с повышенным уровнем давления. В настоящее время установлено, что при гипертонии имеет место структурная перестройка сосудистой стенки, приводящая к изменению ее геометрических параметров [Folkow, 1987] и к изменению чувствительности и выраженности регуляторных

ответов [Тарасова и др., 1998]. Кроме этого, при гипертонии показано снижение выработки эндотелий–зависимого релаксирующего фактора по причине снижения чувствительности эндотелия к напряжению сдвига [Хаютин, 1996; Izzard et al., 1999; Drexler et al., 1999].

СРПВ–метрический анализ в группах водителей автотранспорта, рабочих и ИТР жителей г. Барнаула отличий не выявил. Были показаны различия у людей одинаковых профессий, проживающих на разных территориях. Обнаруженные особенности СРПВ–метрии в большей степени отражали закономерности, присущие той территории, на которой проживал человек.

Индивидуальная СРПВ–метрия выявила высокую вариабельность СРПВ, размах которой за 5–7 сердечных циклов мог достигать порядка 50 %, значительные межиндивидуальные различия по форме СРПВ–метрических кривых у испытуемых, а также плохую воспроизводимость результатов при повторных исследованиях. Коэффициенты корреляции между СРПВ и показателями пульса за период исследования на значимом уровне ($p < 0,05$) менялись от +1 до –0,88.

Соотнесение поцикловых значений СРПВ с пятиминутной мониторинговой кривой А.А. Кондыкова и др. (2001, 2002), отражающей хаотические колебания значений СРПВ, обнаруживает схожесть и указывает на роль нестационарности гладкомышечного компонента сосудистой стенки в выявленной вариабельности СРПВ.

Полученные нами результаты свидетельствуют в пользу роли гладкой мышцы в выявленной изменчивости СРПВ. Максимальное количество случаев, когда при увеличении давления СРПВ снижалась, выявлялось в правой части кривых. Количество «нестандартных» по форме кривых преобладало в возрастной

группе 19-30 лет и у жителей Троицкого района, где показано хорошее состояние гладкой мускулатуры сосудистой стенки. Минимальное их число было в старших возрастных группах и у жителей г. Барнаула, где выявлены дисфункции гладкой мышцы.

Сравнение с мониторинговой кривой показало, что полученные в наших исследованиях усредненные за 5-7 циклов значения СРПВ будут зависеть от того, в какие моменты времени были проведены замеры СРПВ. Так как каждая точка на СРПВ-метрической кривой получена не одновременно, то изменение свойств сосудистой стенки за это время может перекрыть влияние на сосудистую стенку изменения давления за счет ортостаза, что объясняет получение «аномальной» формы зависимости СРПВ от давления.

Таким образом, индивидуальные СРПВ-метрические кривые являются искаженными за счет модуляции пассивных характеристик сосуда спонтанными изменениями тонуса активного компонента, которые произошли за время измерений. Эта зашумленность проистекает из свойств исследуемого объекта и носит характер ошибки случайного рода, которая может быть устранена накоплением данных, что решается в случае популяционных исследований.

Снижение влияния спонтанных изменений свойств сосудистой стенки для оценки пассивных свойств сосудов у индивида требует накопления данных с последующим их усреднением в каждом положении руки. Численные расчеты показали, что для достижения уровня значимости 0,05 необходимо регистрировать не менее 40 поцикловых значений СРПВ в каждом положении руки, усреднять полученные данные, и по ним строить индивидуальные СРПВ-метрические кривые.

Другой способ индивидуальной СРПВ–метрии представлен на рис. 25.

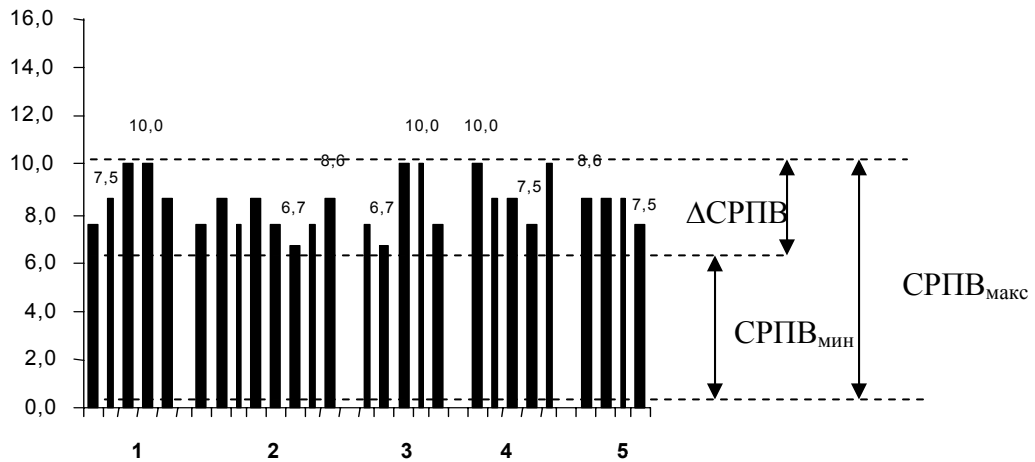


Рис. 25. Поцикловые СРПВ у испытуемого С. (муж., 42 года) за весь период обследования. СРПВ_{макс} – максимальные значения СРПВ, СРПВ_{мин} – минимальные значения СРПВ, ΔСРПВ – разница между максимальным и минимальным значением СРПВ

Первую группу поцикловых СРПВ, отмеченных цифрой «1» на рисунке снизу оси абсцисс, составляли значения при горизонтальном положении руки в начале эксперимента. Вторую (цифра «2» снизу оси абсцисс), когда рука испытуемого была поднята. Третью (цифра «3» снизу оси абсцисс) – при опускании руки в горизонтальное положение. Четвертую (цифра «4» снизу оси абсцисс) – когда рука испытуемого была опущена и пятую (цифра «5» снизу оси абсцисс) – при поднятии руки в горизонтальное положение.

Из суммирования данных экспериментальной биомеханики [Пурина и др., 1980; Каро и др., 1981; Филатова, 1993, 2003] и неинвазивной СРПВ–метрии следует, что минимальные значения СРПВ, встречающиеся у индивида, отражают вклад пассивного компонента сосудистой стенки в интегральный модуль Юнга E ,

который в данном случае складывается из свойств эластина и пассивных эластических свойств релаксированной гладкой мышцы. А максимальные значения СРПВ – или включение коллагена (что может произойти при значительном увеличении внутрисосудистого давления), или изменение функционального состояния гладкой мышцы. Так как в затрагиваемом нашими исследованиями диапазоне давлений коллаген в противодействие давлению не вступал, а, значит, не вносил вклад в биомеханические характеристики сосудистой стенки, за время исследования структурные изменения в эластино–колагеновом каркасе произойти не могли, а возможные изменения давления не в состоянии количественно объяснить выявленную у испытуемого вариабельность СРПВ, из этого следует, что максимальные значения СРПВ определяются свойствами растянутого диастолическим давлением эластина и активностью гладкой мышцы сосудистой стенки. В этом случае разница между максимальным и минимальным значением СРПВ, полученная у испытуемого, отражает свойства наиболее лабильного элемента сосудистой стенки – гладкой мышцы.

Анализ минимальных и максимальных значений СРПВ, обнаруженных у испытуемого за все время исследования может служить для оценки свойств активного и пассивного элементов сосудистой стенки. Параметры вариабельности СРПВ дают оценку функциональности активного компонента сосудистой стенки.

Перспективным методом СРПВ–метрического анализа может быть расширение СРПВ–метрии методом односистолической СРПВ–метрии [Кондыков, 2002], когда получают СРПВ в диапазоне давлений от диастолического до систолического по запаздыванию анакрот сфигмограмм лучевой артерии, зарегистрированных на расстоянии 2 см одна от другой. Такой

способ практически полностью исключает вышеописанную ошибку за счет нестационарности свойств активного элемента и позволяет расширить диапазон исследования на величину пульсового давления. При данном способе становится возможной корректная СРПВ–метрия по максимумам сфигмограмм, поскольку исключается ошибка за счет изменения крутизны анакроты дистально регистрируемой сфигмограммы, а возможности неинвазивной СРПВ–метрии приближаются к информативности острого опыта.

ВЫВОДЫ

1. Предложенный способ неинвазивного управления внутрисосудистым артериальным давлением позволяет получать СРПВ–метрические кривые, характеризующие свойства магистральных артерий верхних конечностей человека, аналогичные полученным в эксперименте на изолированном сосуде.

2. Предложенный метод обнаруживает:

А) Возрастное смещение вниз СРПВ–метрических кривых во всем представленном диапазоне давлений, изменение углов наклона различных участков кривых, «схлопывание» петли гистерезиса у лиц старших возрастных групп.

Б) Наибольшие различия СРПВ–метрических показателей между мужчинами и женщинами выявлялись в диапазоне давлений 75 – 120 мм рт. ст. (правая часть кривых). В возрастной группе 19-30 лет кривые имели одинаковую S–образную форму со смещением правой части вниз у женщин. В группе 31-40 лет у женщин наблюдалось увеличение угла наклона и приближение формы кривой к ветви параболы. В группе 41-50 лет различия сглаживались, а у лиц старше 50 лет отсутствовали.

В) Во всех поло-возрастных группах жителей Троицкого р-на наблюдалась S–образная форма СРПВ–метрических кривых. У жителей р.п. Павловск получены более высокие значения СРПВ в правой части кривых. У жителей г. Барнаула выявлено умеренное смещение вниз СРПВ–метрических кривых во всех поло-возрастных группах и аномально большое в группе 19-30 лет у женщин (на 37 %) и у мужчин (на 18 %). Городским жителям во всех поло-возрастных группах была присуща приближенная к ветви параболы форма СРПВ–метрических кривых

Г) У лиц с гипертензией всех территорий выявлен сдвиг СРПВ–метрической кривой вправо.

Д) Отличий СРПВ–метрических показателей у лиц с разным характером трудовой деятельности не обнаружено.

3. Индивидуальная СРПВ–метрия выявила полиморфность и нестабильность формы кривых. Вариабельность СРПВ за пять–семь сердечных циклов достигала 45 %. Коэффициенты корреляции между СРПВ и показателями пульса за период исследования на значимом уровне ($p < 0,05$) менялись от +1 до –0,88. Причиной выявленной нестабильности СРПВ является 45 % размах спонтанных колебаний тонуса гладкой мышцы сосудистой стенки.

4. Корректная, клинически пригодная оценка свойств сосудистой стенки у индивида на 5 % уровне значимости требует регистрации не менее 40 поцикловых значений СРПВ для каждого положения руки и в совокупности с оценкой минимальных и максимальных значений СРПВ за период всего исследования дает возможность оценки индивидуальных свойств активного и пассивного элементов сосудистой стенки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абина О.И., Волож Э.С., Солодкая Р.И. и др. Динамика распространенности ишемической болезни сердца и основных факторов риска у населения Таллина 30–54 лет с 1984 по 1997 г. // Кардиология. – 1997. – Т. 37, № 6. – С. 13–18.
2. Акимова Е. В., Драчева Л. В. и др. Результаты одномоментного скринингового исследования распространенности ишемической болезни сердца в выборке населения Тюмени // Терапевтический архив – 2001. – № 1. – С. 18–21.
3. Александров В.Н. Основы санитарной экологии. – Барнаул, Санкт–Петербург, 1992. – 53 с.
4. Алексеев В. П., Иванов К. И. и др. Эпидемиология ишемической болезни сердца и особенности атеросклероза у мужчин Якутска // Терапевтический архив – 2001. – № 1. – С. 12–18.
5. Алексеев С.В., Усенко В.Р. Гигиена труда. – М.: Медицина, 1988. – 576 с.
6. Амбарцумян С.А., Мовсисян Л.А. К вопросу распространения пульсовой волны // Механика полимеров. – 1978. – № 4. – С. 696–701.
7. Амиров Н.Х. Социально–физиологические проблемы труда руководителей промышленных предприятий // Научные и практические основы снижения заболеваемости рабочих и ИТР промышленных предприятий: Тез. докл. – Челябинск, 1979. – С. 102.
8. Анализ биомеханических свойств артериальной стенки в зависимости от давления и вектора потока / В.Д. Киселев, А.А. Кондыков, О.В. Филатова, А.В. Требухов и др.// Известия

Алтайского государственного университета. – Барнаул: Изд-во АГУ, 2000. – № 3. – С. 84 – 86.

9. Анестиади В.Х., Нагорнев В.А. Ультраструктурные основы атеросклероза артерий: Атлас электронограмм. – Кишинев: Штиинца, 1983. – 280 с.

10. Анищенко Т.Г., Игошева Н.Б., Якушева Т.А., Хохлова О.Н. Реакции сердечно-сосудистой системы на стрессорные воздействия мужских и женских особей, изученных традиционными методами и методами нелинейной динамики // XVII съезд Всероссийского физиологического общества им. И.П. Павлова: Тез. докл. - Ростов-на-Дону, 1998. - С. 304.

11. Афанасьева В.Д. Некоторые особенности течения гипертонической болезни, атеросклероза и инфаркта миокарда в условиях арктического климата // Климат и сердечно-сосудистая патология: Сб. научн. тр. – Л: Медицина, 1965. – С. 125–132.

12. Байер В. Биофизика. – М.: Изд-во иностран. лит-ры, 1962. – 430 с.

13. Бисярина В.П., Яковлев В.М., Кукса П.Я. Артериальные сосуды и возраст. – М.: Медицина, 1986. – 222 с.

14. Борисенков Е.П. Сбор материалов метеорологических наблюдений и оценка воздействия метеорологических величин на здоровье человека / Климат и здоровье человека: труды международного симпозиума. Т.1. – Л.: Гидрометеоиздат. 1988. – С.16–33.

15. Бранков Г. Основы биомеханики. – М.: Мир, 1981. – 235 с.

16. Брожайтене Ю.И., Пауликас В.В., Жемайтите Д.И. Особенности регуляции сердечного ритма и гемодинамики во время активного ортостаза и дозированной физической нагрузки у больных с недостаточностью коронарного и мозгового

кровообращения // Физиология человека. – 1994 . – Т.20, №3. – С. 74–82.

17. Вайсман А.И. Гигиена труда водителя автомобиля. – М.: Медицина, 1998. – 192 с.

18. Валтнерис А.Д. Метод определения скорости распространения пульсовой волны. – Рига: Зинатне, 1966. – 146 с.

19. Валтнерис А.Д., Яуя Я.А. Сфигмография как метод оценки изменений гемодинамики под влиянием физической нагрузки. – Рига: Зинатне, 1988. – 157 с.

20. Васильев А.С. Основы метрологии и технические измерения. – М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.

21. Вилков В.Г., Новиков В.Т. Реакция артериального давления на ортостаз при артериальной гипертензии. Сообщение 1. Различия реакций АД на ортостатическое воздействие в зависимости от его исходного уровня у больных артериальной гипертензией и здоровых людей // Физиология человека. – 1992. – Т.18, № 3. – С.77.

22. Вилков В.Г., Новиков В.Т. Реакция артериального давления на ортостаз при артериальной гипертензии. Сообщение 2. Диагностика ранних стадий заболевания // Физиология человека. – 1993. – Т.19, №1. – С.70–74.

23. Витолс А. Влияние регионарного артериального давления на тонус магистральных и кожных сосудов: Автореф. дис. ... канд. мед.наук. – Рига, 1968. – 26 с.

24. Витрук С. К. Пособие по функциональным методам исследования сердечно–сосудистой системы. – Киев: Здоровья, 1990. – 224 с.

25. Вихерт А.М., Аптекарь С.Г., Жданов В.С. и др. Некоторые аспекты патогенеза атеросклероза в свете данных географической патологии // Кардиология. – 1976. – Т. 16 № 2. – С. 83–91.

26. Вопросы ранней диагностики и профилактики сосудистых нарушений при вибрационно-шумовой патологии: Методические рекомендации. – Ленинград, 1978. – 22 с.

27. Выявление и профилактика болезней, обусловленных характером работы: Доклад Комитета экспертов ВОЗ. – Женева: ВОЗ, 1987. – 74 с.

28. Габриелян Э.С., Амросян Э.А., Акопов С.Э. Физиология и фармакология сосудистой стенки. – Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1987. – 315 с.

29. Галичий В.А. Ранние признаки снижения устойчивости к пассивному ортостатическому воздействию // Физиология человека. – 1991. – Т.17, № 4. – С.27–34.

30. Ганджа И.М., Фуркало Н.К. Атеросклероз. – Киев: Здоров'я, 1978. – 272 с.

31. Глазер Р. Очерк основ биомеханики. – М.: Мир, 1988. – 126 с.

32. Глазырина В.В. Клинические особенности гипертонической болезни у лиц умственного и физического труда // Научные и практические основы снижения заболеваемости рабочих и ИТР промышленных предприятий: Тез. докл. – Челябинск, 1979. – С. 89–91.

33. Гмурман В.Е. Теория вероятности и математическая статистика. Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 1999. – 479 с.

34. Гнедов Д.А. Клинико - психологические особенности больных стенокардией напряжения и избыточное отложение жира // Терапевтический архив. – 2000. – № 1. – С. 22–25.

35. Гомазков О.А. Молекулярные и физиологические аспекты эндотелиальной дисфункции. Роль эндогенных химических

регуляторов // Успехи физиологических наук. – 2000. – 31, № 4. – С. 48–62.

36. Горшков С.И. О роли частоты звуковых колебаний при оценке воздействия шума на организм человека. Обзор литературы // Вопросы гигиены города и охрана здоровья населения: Сб. научн. тр. – М: Изд-во Московского НИИ гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана, 1989. – С. 81–93.

37. Государственный доклад о здоровье населения в 2001 году // Здравоохранение РФ. – 2002.– № 5. – С.3–19.

38. Грацианский Н.А. Гормональная заместительная терапия эстрогенами как метод профилактики (и лечения) атеросклеротических заболеваний сосудов у женщин в менопаузе // Кардиология. – 1996. – Т. 36, № 6. – С. 4–18.

39. Гублер Е.В., Генкин А.А. Применение непараметрических критериев статистики в медико–биологических исследованиях. – Ленинград: Медицина. – 1973. – 144 с.

40. Гудкова Т.И., Ламм Е.Э., Касьянова И.Н. Особенности реакции сердечно–сосудистой системы на умственную и физическую нагрузки у здоровых и у лиц с пограничной артериальной гипертензией // Физиология человека. – 1991. – Т.17, №3. – С. 54–59.

41. Гуревич Н.И., Бернштейн С.А. Основы гемодинамики. – Киев: Наукова думка. –1979. – 232 с.

42. Гуревич Н.И., Бернштейн С.А. Гладкие мышцы сосудов // Руководство по физиологии: Физиология сосудистой системы. – Л.: Наука, 1984. – С. 141.

43. Дворецкий Д.П., Караченцева О.В., Ярцев В.Н. Контрактильная функция сосудистых миоцитов: зависимость от степени их предстимульного механического растяжения // Рос.

физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 2001. – 87, (10). – С. 1318–1324.

44. Демидов В.А., Волков А.Г., Лучинин М.Ю., Мясников Ю.С. Половые особенности системной организации кардиодинамики при эмоциональном стрессе // XVII съезд Всероссийского физиологического общества им. И.П. Павлова: Тез. докл. - Ростов-на-Дону, 1998. - С. 308.

45. Джонсон Н.Н. Периферическое кровообращение. – М.: Медицина, 1982. – 440 с.

46. Динамика кровообращения при минимальных физических нагрузках / В.Л. Карпман, З.Б. Белоцерковский, Б.Г. Любина и др. // Физиология человека. – 1994. – Т.20, №1. – С. 84–89.

47. Дмитриева Н.В. Симметричный подход к анализу реовазограммы // Физиология человека. – 1993. –Т. 19, № 5. –С. 53–64.

48. Доклад о санитарно–эпидемиологической обстановке в Алтайском крае за 2002. – Барнаул, 2003. – 286 с.

49. Доценко Ю. В., Лякишев А. А., Гончаренко Н. В., Старостина Т. А. Заместительная гормональная терапия у женщин с сердечно–сосудистой патологией. Обзор литературы // http://doktor.ru/doctor/misc/w_gorm.htm

50. Жуковский Г.С., Варламова Т.А., Константинов В.В., Капустина А.В. Закономерности формирования динамики и территориальных различий эпидемиологической ситуации в отношении ишемической болезни сердца // Кардиология. – 1996. – Т. 36, № 3. – С. 8–18.

51. Зависимость между ортостатической устойчивостью гемодинамики и некоторыми показателями кровообращения в покое и при физической нагрузке / В.Г. Вилков, С.В. Поздняков,

В.М. Шамарин, А.С. Русс // Физиология человека. – 1990. – Т.16, № 4. – С. 75–79.

52. Запускалов И.В. Роль венозных сосудов в регуляции периферического кровообращения. – Томск: Изд-во Том. Ун-та, 1994. – 160 с.

53. Зборовский Э.И. Возрастные стандарты скорости распространения пульсовой волны для здоровых лиц и больных ранними стадиями гипертонической болезни // Здоровоохранение Белоруссии. – 1973. – № 8. – С. 29–31.

54. Иванова Т.В. Экологические и генотипические факторы риска болезней системы кровообращения у взрослых городских жителей: Автореф. дис. ...канд. биол. наук. – Барнаул, 2001. – 23 с.

55. Изучение модуля упругости Юнга в зависимости от трансмурального давления в условиях квазистатического гистерезиса / О.В. Филатова, В.Д. Киселев, К.Н. Филатов, А.В. Мезенцев // Актуальные вопросы возрастной, прикладной и экологической физиологии: Сб. ст. – Барнаул: Изд-во АГУ, 1992. – С.63–70.

56. Инструментальные методы исследования сердечно-сосудистой системы: Справочник / Под ред. Т.С. Виноградовой. – М.: Медицина, 1986. – 416 с.

57. Каевицер И.М. Об интегральной и региональной скорости распространения пульсовой волны при клинических исследованиях гемодинамики // Кардиология. – 1969. – Т.9, № 10. – С.129.

58. Калев О.Ф. Типологические свойства биоэлектрической активности сердца у здоровых мужчин с различным характером трудовой деятельности // Научные и практические основы

снижения заболеваемости рабочих и ИТР промышленных предприятий: Тез. докл. – Челябинск, 1979. – С. 87–88.

59. Карагодина И.Л., Орлова Л.Г., Токарев В.А. Гигиеническая оценка шумового режима городов (на основе мониторинга) // Вопросы гигиены города и охрана здоровья населения: Сб. научн. тр. – М: Изд-во Московского НИИ гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана, 1989. – С. 40–45.

60. Карпман В.Л. Фазовый анализ сердечной деятельности. – М.: Медицина, 1965. – 275 с.

61. Карпман В.Л., Орел В.Р. Факторы, влияющие на величину эластического сопротивления аортальной компрессионной камеры // Бюллетень экспер. биолог. и медицины. – 1981. – № 9. – С. 269.

62. Каткова Р.М. Анализ заболеваемости гипертонической болезнью лиц, работающих в условиях современного промышленного производства // Научные и практические основы снижения заболеваемости рабочих и ИТР промышленных предприятий: Тез. докл. – Челябинск, 1979. – С. 95–96.

63. К вопросу о механизмах метеотропных реакций / Н.М. Воронин, К.Е. Мясников, В.Л. Феддер и др. // Климат и сердечно-сосудистая патология: Сб. научн. тр. – Л: Медицина, 1965. – С. 17–23.

64. Кобалава Ж.Д. Изменение подходов к клинической оценке систолического артериального давления. Возможности коррекции с помощью блокаторов ангиотензина II // РМЖ. – 2001. – Т.9, № 1. – С. 38–43.

65. Кобрин В. И., Порман Е. Е. Механизмы действия эстрогенов на сердечно-сосудистую систему // <http://www.cor.neva.ru/vestnic/n19/text15.htm>.

66. Константинов В.В., Жуковский Г.С., Константинова О.С. и др. Сравнительная характеристика распространенности факторов

риска и ишемической болезни сердца у мужчин и женщин 20–69 лет // Кардиология. – 1997. – Т. 37, № 6. – С. 19–23.

67. Константинов В.В., Жуковский Г.С., Жданов В.С. и др. Факторы риска, ишемическая болезнь сердца и атеросклероз среди мужчин коренной и некоренной национальности в городах некоторых регионов // Кардиология. – 1989. – Т. 29, № 9. – С. 38–43.

68. Кондыков А.А. Природа и характер поцикловой variability скорости распространения пульсовой волны артериального русла человека: Автореф. дис. ...канд. биол. наук. – Томск, 2002. – 23 с.

69. Конради Г.П. Регуляция сосудистого тонуса. – Л.: Наука, 1973. – 328 с.

70. Корреляции между кровотоком мозга, скелетных мышц и кожи / В.В. Дементиенко, Л.Г. Коренева, А.Г. Марков и др. // Физиология человека. – 1991. – Т.17, № 4. – С. 13–17.

71. Коркушко О.В. Сердечно–сосудистая система и возраст. – М.: Медицина, 1983. – 175 с.

72. Кравцова А.И. Скорость распространения пульсовой волны в артериях при развитии патологического изменения в сосудах // Здоровоохранение Белоруссии. – 1971. – № 10. – С. 50–52.

73. Крестовников А.Н., Степанов Г.И. О реакции кровеносных сосудов на повышение внутрисосудистого давления // Изв. Петрогр. научн. ин–та им. П.Ф. Лесгафта. – 1923. – № 6. – С. 1–10.

74. Куделькина Н. А., Молоков А. Л. Выявляемость и распространенность факторов риска развития хронических неинфекционных заболеваний в организованной группе населения

Западной Сибири // Терапевтический архив – 2001. – № 1. – С. 8–12.

75. Лакин Г.Ф. Биометрия: Учеб. пособие для биол. спец. вузов. – М.: Высш. школа, 1990. – 352 с.

76. Лиознова Э.А., Лиознов М.В. Структура гемодинамической реакции на изометрическую нагрузку в зависимости от исходного уровня артериального давления // Физиол. чел. – 1994. – 20, № 2. – С. 73–79.

77. Липовецкий Б.М., Плавинская С.И., Ильина Г.Н. Возраст и функция сердечно–сосудистой системы человека. – Л.: Наука, 1988. –91 с.

78. Луговой В.Е. Здоровье населения пожилого возраста // Здравоохран. РФ. – 2002. – № 3. – С. 27–28.

79. Мажбич Б.И. Осциловольтметрия артериальных сосудов конечностей. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд–ние, 1990. – 152 с.

80. Мамедов М. Н., Метельская В. А., Перова Н. В. Метаболический синдром: пути реализации атеротромбогенного потенциала // Кардиология – 2000. – № 2. – С. 83–89.

81. Маркман В.Г., Королева Е.Л. Анализ взаимосвязи СРПВ с изменениями артериального давления у человека при функциональных нагрузках // Физиология человека. –1987. – Т.13, № 2. – С. 259–264.

82. Материалы к Государственному докладу о состоянии окружающей природной среды Алтайского края в 2002 году. – Барнаул, 2003. – 117 с.

83. Меделяновский А.Н. Системные механизмы гомеостаза // Успехи физиологических наук. – 1982. –Т.13 ,№ 3. –С.96.

84. Механика кровообращения / К. Каро, Т. Педли, Р. Шротер, У. Сид. – М.: Мир, 1981. – 624 с.

85. Минкин Р.Б. Болезни сердечно–сосудистой системы. – Санкт–Петербург: Акация, 1994. – 273 с.

86. Михеева О.О. Экологические и генотипические факторы риска у больных облитерирующим тромбангиитом в Алтайском крае: Автореф. дис. ...канд. биол. наук. – Барнаул, 2002. – 16 с.

87. Никитин Ю.П., Спиридонова Г.В., Березовикова И.П., Парух И.Г. Оценка влияния гипокалорийной диеты, обогащенной омега–3 и омега–6 жирными кислотами на некоторые клинко–биохимические показатели // Международный симпозиум «Полиненасыщенные жирные кислоты омега–3 и омега–6 семейств: медико–биологические, биохимические, биотехнологические аспекты»: Тезисы докладов. – Владивосток, 1995. – С. 37–38.

88. Николаева А.А., Майер Э.Н. Научные основы профилактики сердечно–сосудистых заболеваний. – Новосибирск: Наука, 1988. – 168 с.

89. Обеспечение здорового образа жизни в условиях агропромышленной интеграции / В.А. Зубков, Н.Н. Гущина, В.В. Самсонов и др. // Гигиенические аспекты современного сельскохозяйственного производства: Сб. научн. тр. – М: Изд–во Московского НИИ гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана, 1986. – С. 137–142.

90. Ольбинская Л.И., Харитонов С.А. Эналаприл в лечении артериальной гипертензии у женщин в постменопаузе // РМЖ. – 2001. – Т.9, № 9. – С. 366–369.

91. Ортостатическая устойчивость здорового человека при гипогидратации / В.Б. Носков, А.Н. Котов, М.Ю. Волков и др. // Физиология человека. – 1990. – Т.16, № 1. – С. 112–117.

92. Осадчий Л.И., Балужева Т.В., Сергеев И.В. Реактивность артериальной системы при вазодилатации, вызванной

нитропруссидом натрия // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 2001. – 87, (10). – С. 1325–1332.

93. Особенности реакции сердечно–сосудистой системы человека на дозированную физическую нагрузку в зависимости от типа саморегуляции кровообращения / А.А. Бова, В.П. Фекета, Е.В. Капустин, В.Ю. Денещук // Физиология человека. – 1993. – Т.19, № 5. – С. 168–171.

94. О функциональной гетерогенности кровеносных сосудов / В.А. Говырин и др. // Успехи физиологических наук. – 1994. – 25, № 3. – С. 9.

95. Педли Т. Гидродинамика крупных кровеносных сосудов. – М.: Мир, 1983. – 400 с.

96. Плешкова Н.В., Киселев В.Д., Папулова Н.Л. Анализ причин вариабельности амплитуды дигитальной сфигмограммы // Актуальные вопросы возрастной, прикладной и экологической физиологии: Сб. ст. – Барнаул: Изд–во АГУ, 1991. – С.56–62 .

97. Плешкова Н.В. Природа инфрадыхательных модуляций амплитуды дигитального пульса человека Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Томск, 1998. – 24 с.

98. Плешкова Н.В., Киселев В.Д., Кондыков А.А. Проблема асимметрии при косвенном измерении артериального давления // Известия Алтайского государственного университета. – Барнаул: Изд–во АГУ, 1999. – Спец. выпуск – С. 88–91.

99. Погосян Х.П. Особенности климата крупных городов и оздоровление городской среды / Климат – город – человек: сб.ст.– М.: Знание 1975. – С. 10–15.

100. Податливость (compliance) артериальной системы у спортсменов / В.Л. Карпман, С.С. Никитина, Б.Г. Любина, З.Б. Белоцерковский // Физиология человека. – 1995. –Т.21, № 5. – С.144–149.

101. Пурия Б.А., Касьянов В.А. Биомеханика крупных кровеносных сосудов человека. – Рига: Зинатне, 1980. – 255 с.

102. Рачев А.И. Распространение пульсовой волны в артериальных сосудах с учетом предварительных напряжений и мышечной активности // Механика полимеров. – 1978. – № 2. – С. 301–311.

103. Рашевски Н. Некоторые медицинские аспекты математической биологии. – М.: Медицина, 1966. – 242 с.

104. Рашмер Р.Ф. Динамика сердечно–сосудистой системы: Пер. с англ. – М.: Медицина, 1981. – 600 с.

105. Регирер С.А., Руткевич И.М., Ценк Н.И. Модель сосудистого тонуса // Механика полимеров . – 1975. – № 4. – С. 585.

106. Родионов И.М., Тарасова О.С., Кошелев В.Б. Адаптация резистивных сосудов к уровню трансмурального давления // Российский физиологический журнал. – 2001. –Т.87, № 11. – С.1477–1487.

107. Ройфман М.Д., Мажбич Б.И. Упругие свойства крупных артерий и гемодинамика конечностей при работе на велоэргометре руками // Физиология человека. – 1985. – Т.11, №3. –С.793–800.

108. Русанов В.И., Русанова М.И. К вопросу о влиянии погоды на возникновение сердечно–сосудистых катастроф // Климат и сердечно–сосудистая патология: Сб. научн. тр. – Л: Медицина, 1965. – С. 202–207.

109. Савельева Г.М. Брусенко В.Г., Крюченкова М.Е. и др. Заместительная гормонотерапия при ишемической болезни сердца // Практическая гинекология. – 1999. – № 3. – С.47–51.

110. Савицкий Н.Н. Биофизические основы кровообращения и клинические методы изучения гемодинамики. – Л.: Медицина, 1974. – 311 с.

111. Салханов Б.А., Хадырова Р.Х. Роль факторов питания в развитии ожирения среди взрослого населения Казахстана // Вопросы питания. – 1989. – № 4. – С. 32–36.

112. Сергеев П. В., Галенко–Ярошевский П. А., Шимановский Н. Л. Очерки биохимической фармакологии. – М.: Фарммединфо. – 1996. – 384 с.

113. Сердечно–сосудистые заболевания у пожилых / Всемирная организация здравоохранения; Под ред. Т. Страссера. – Женева: ВОЗ, 1988. – 220 с.

114. Скорость распространения пульсовой волны при изменении длины конечности и регионарного артериального давления у обследуемых разного возраста / В.А. Щуров, Т.И. Долганова, Е.Н. Щурова // Физиология человека. – 1993. –Т.19, № 4. – С. 64–69.

115. Сляднев А.Б., Фельдман Н.В. Важнейшие черты климата Алтайского края / Природное районирование Алтайского края: Сб.ст., 1958. – 258 с.

116. Справочник по профессиональной патологии / Под ред. Л.Н. Грацианской, В.Е. Ковшило. – Л.: Медицина, 1981. – 376 с.

117. Столбун Б.М. Упруго–вязкие свойства артерий в юношеском возрасте и влияние умственно–эмоционального напряжения // Возрастная физиология сердечно–сосудистой системы. – М., 1980. –С. 76–83.

118. Тарасова Л.А., Попова Н.Г., Бриттов А.Н. Состояние сердечно–сосудистой системы у типографских рабочих, контактирующих со свинцом // Научные и практические основы снижения заболеваемости рабочих и ИТР промышленных предприятий: Тез. докл. – Челябинск, 1979. – С. 82–83.

119. Тарасова О. С., Власова М.А., Боровик А. С., Тимин Е. Н., Родионов И. М. Исследование реактивности сосудов на

норадреналин при регионарной гипотензии // Методология флоуметрии. – 1998, № 4. – С. 135–148.

120. Труды Международного симпозиума по регуляции емкостных сосудов / Под ред. А.М. Чернуха, Б.И. Ткаченко. – М.: Медицина, 1977. – 342 с.

121. Физиология человека: В 3 т. Т. 2. / Под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. – М: Мир, 1996. – Гл. 20.: Функции сосудистой системы. – С. 498–566.

122. Филатова О.В. Реакция активных и пассивных элементов стенки артериальных кровеносных сосудов в зависимости от давления и потока // Актуальные вопросы возрастной, прикладной и экологической физиологии: Сб. ст. – Барнаул: Изд – во АГУ, 1992. – С. 102–109.

123. Филатова О.В. Взаимодействие давление и потока в эндотелий–зависимой регуляции диаметра артериальных сосудов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Барнаул, 1993. – 24 с.

124. Филатова О.В., Требухов А.В., Киселев В.Д. Взаимодействие давление и потока в регуляции диаметра крупных артериальных сосудов: Монография. – Барнаул: Изд–во Алт. ун–та, 2003. – 137 с.

125. Фолков Б., Нил Э. Кровообращение. – М.: Медицина, 1976. – 463 с.

126. Фрунташ Н.М. Биоморфоз аорты человека. – Кишинев: Штиинца, 1982. – 176 с.

127. Хяютин В. М. Механорецепция эндотелия артериальных сосудов и механизмы защиты от развития гипертонической болезни // Кардиология. – 1996 – № 7. – С. 27–35.

128. Хомуло П.С. Эмоциональное напряжение и атеросклероз. – М., 1982. – 36 с.

129. Цыбенко В.А., Грищенко А.В. Изменение центральной гемодинамики при антиортостатических воздействиях у людей с различными типами кровообращения и уровнем физической подготовленности // Физиология человека. – 1993. –Т.19, № 3. – С.100–105.

130. Чазова Л.В. Калинина А.М. Опыт проведения мероприятий по лечению табакокурения // Кардиология. – 1997. – Т. 37, № 12. – С. 81–84.

131. Чеботарев Д.Ф. Атеросклероз: Руководство по гериатрии. – М.: Медицина, 1982. – 463 с.

132. Человек в городе / Н.Н. Филатов, О.И. Аксенова, И.Ф. Волкова и др. // Здоровье населения и среда обитания. – 2002. – № 5. – С. 10–16.

133. Шендеров С.М., Рогоза А.Н. Миогенный тонус и механика кровеносных сосудов. – В кн.: Физиология человека и животных. Итоги науки и техники ВИНТИ. – М.: ВИНТИ. – 1979. – Т. 23. – С. 4–45.

134. Шершнева В.Г., Зубарев В.В. Влияние некоторых гемодинамических факторов на скорость распространения пульсовой волны // Терапевтический архив. –1969. –Т.41, вып.6. – С.108–110.

135. Шхвацабая И.К., Константинов Е.И., Гундарев И.А. О новом подходе к пониманию гемодинамической нормы // Кардиология. – 1981. –Т.21, № 3. – С.10.

136. Яковлев Г.М. Опыт разработки и исследования количественной реографии для функциональной оценки системы кровообращения: Дис. ... д-ра мед.наук. – Томск, 1983. – 352 с.

137. Яковлева Т.П., Тихонова Г.И., Лескина Л.М. условия труда и продолжительность жизни // Современные проблемы и методологические подходы к изучению влияния факторов

производственной и окружающей среды на здоровье человека: Тез. докл. – Ангарск: Ин-т гигиены труда и профзаболеваний Восточно-Сибирского научного центра СО РАМН, 1993. – С. 296–298.

138. Ярцев В.Н., Караченцева О.В., Дворецкий Д.П. Влияние рН раствора на реактивность изолированного сегмента брыжеечной артерии крысы при различной степени его растяжения // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 1998. – 84, (8). – С. 775–782.

139. Яуя Я.А. Изменения сфигмографических показателей кровообращения человека под влиянием физической нагрузки: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Тарту, 1985. – 18 с.

140. Analog studies of the human systemic arterial tree / N. Westerhof, F. Bosman, C.J. de Vries, A. Noodergraaf // J. Biomechanics. – 1969. – Vol. 2, № 2a. – С. 121–145.

141. Anliker M., Dorfman M. Theoretical model studies of wave transmission in semicircular canal ducts // Ing. Arch. – 1970. – Vol. 39. – С. 390–406.

142. Anthony J. F. Загрязнение воздуха и астма / европейский конгресс по астме. Научные труды. – М., 2001. – Т. 2. – С. 39–41.

143. A one-dimensional velocity technique for NMR measurement of aortic distensibility / C.J. Hardy, B.D. Bolster, E.R. McVeigh et al. // Magn. Reson. Med. – 1994. – Vol. 31. – С. 513–520.

144. Aortic distensibility in normotensive, untreated and treated hypertensive patients / R. Asmar, A. Benetos, G. London, C. Hugue et al. // Blood Press. – 1995. – 4 (1). – С. 48–54.

145. Aortic distensibility in patients with isolated hypercholesterolaemia, coronary artery disease or cardiac transplant / A.M. Dart, F. Lacombe, J.K. Yeoh et al // Lancet. – 1991. – Vol. 338. – С. 270–273.

146. Aortic pulse wave velocity, elasticity and compositor in a nonhuman primate model of atherosclerosis / D.J. Farrar, H.D. Green, M.G. Bond et al. // *Circ. Res.* – 1978. – Vol.43. – Pp. 52–62.

147. Aortic PULSE WAVE velocity as a marker of cardiovascular risk in hypertensive patients / J. Blacher, R. Asmar, S. Djane, G.M. London et al. // *Hypertension.* – 1999. – 33(5). – C. 1111–1117.

148. Assessment of arterial distensibility by automatic pulse wave velocity measurement / R.Asmar, A. Benetos, J. Topouchian et al // *Hypertension.* – 1995. – Vol.26, № 03. – Pp. 485–490.

149. Association between high heart rate and high arterial rigidity in normotensive and hypertensive subjects / R. Sa Cunha, B. Pannier, A. Benetos, J.P. Siche et al // *Hypertens.* – 1997. – 15(12, Pt 1). – C. 1423–30.

150. Atabek H.B. Wave propagation through a viscous liquid contained in a tethered, initially stressed, orthotropic elastic tube // *Biophys. J.* – 1968. – Vol. 8. – Pp. 626–649.

151. Bayliss W.M. On the local reactions of arterial wall to changes of internal pressure // *J. Physiol.* – 1902. – Vol. 28, № 3. – Pp. 220–237.

152. Bank A.J., Kaiser D.R. Smooth muscle relaxation: effects on arterial compliance, distensibility, elastic modulus, and PULSE WAVE velocity // *Hypertension.* – 1998. – Vol.32, № 2. – P. 356–359.

145. Beltz G.G., Breithaupt K., Ling M., Wolf G.K. Influence of longterm garlic intake on pulse wave velocity along the aorta. URL: [http:// www.mistral.co.uk./garlic/influenc.htm](http://www.mistral.co.uk./garlic/influenc.htm). – 21 Dec. 1997.

154. Benetos A., Safar V. et al. Pulse pressure. A predictor of longterm cardiovascular mortality in a French male population // *Hypertension.* – 1997. – Vol. 32. – P. 1410–1415.

155. Bergel D.H. The static elastic properties of the arterial wall // *J. Physiol.* – 1961. – Vol.156. – C. 445–457.

156. Bergel D.H. The properties of blood vessels. – In: *Biomechanics. – Its foundation and objectives.* – New Jersey: Prentice Hall. – 1972. – C. 105–139.

157. Biopac Systems. Pulse transit time and velocity calculation. URL: <http://www.biopac.com/biopac/AppNotes/app117PTT/ptt.html>. – 11 Feb. 1997.

158. Blacher J., Asmar R., Djane S., London G., Safar M. Aortic pulse wave velocity as a marker of cardiovascular risk in hypertensive patients // *Hypertension.* – 1999. – May, 33 (5). – C. 1111-7.

159. Blank S.G., Helsteth G.M., August P. Systemic vascular tone in normotensive and hypertensive pregnancies: sequential assessment with a new noninvasive technique: Abstr. 8th. World Congr. Hypertens. Pregnancy, Buenos Aires, Nov.8–12, 1992 // *Hypertens. Pregnancy.* –1993. – Vol.12, № 2. – C.224.

160. Blankenhorn David H. Noninvasive methods for evaluation of atherosclerosis in man // *Metabolism.* – 1985. – Vol. 34, № 12, Suppl. № 1. – C.78–81.

161. Blood pressure measurement in the elderly: correlation of arterial stiffness with difference between intra-arterial and cuff pressures / Terrence P. Finnegan, David J. Spence, David G. Wong, George A. Wells // *J.Hypertens.* –1985. –Vol.3, № 3. –C.231–235.

162. Bolster B.D., Atalar E., Hardy C.J., McVeigh E.R. Accuracy of arterial pulse-wave velocity measurement using MR // *J. Magn. Reson. Imaging.* – 1998. – Jul–Aug; 8(4). – C. 878–888.

163. Breithaupt K., de Mey C., Belz G.G. Noninvasive methods to assess vascular drug effects in humans // *Int. J. Clin. Pharmacol., Ther. and Toxicol.* – 1992. – Vol. 30, № 11. –C.442–444.

164. Buonocore M.H., Bogren H. Optimized pulse sequences for magnetic resonance measurement of aortic cross sectional areas // *Megn. Reson. Imag.* – 1991. – Vol. 9. – C. 435–447.

165. Cameron J., Dart A. PULSE WAVE velocity as a marker of vascular disease // *Lancet.* – 1996. – 7 (348). – C. 1586–1587.

166. Campbell J.H., Campbell G.R. Culture Techniques and their applications to studies of vascular smooth muscle // *Clin. Sci.* – 1993. – 85, № 5. – C. 501–513.

167. Carotid arterial stiffness as a surrogate for aortic stiffness: relationship between carotid artery pressure–strain elastic modulus and aortic PULSE WAVE velocity / Y. Nagai, J.L. Fleg, M.K. Kemper, T.M. Rywik et al // *Ultrasound Med. Biol.* – 1999. – Feb;25(2). – C. 181–188.

168. Changes in aortic distensibility and PULSE WAVE velocity assessed with magnetic resonance imaging following beta–blocker therapy in the Marfan syndrome / M. Groenink, A. de Roos, B. J. Mulder, J.A. Spaan et al // *Amer. J Cardiol.* – 1998. – Jul. 15; 82(2). – C. 203–208.

169. Chang, I–Dee Effects of viscosity and constraints on the dispersion and dissipation of waves in large blood vessels // *Biophys. J.* – 1971. – Vol.11. – C. 1121–1134.

170. Chapman C., Morgan L.M., Murphy M.C. Maternal and early dietary fatty acid intake: changes in lipid metabolism and liver enzymes in adult rats // *Journal of Nutrition.* – 2000. – Vol.130. – C. 146–151.

171. Correlation between aortic PULSE WAVE velocity and norepinephrine, epinephrine, aldosterone and plasma renin activity in very elderly subjects and in patients with congestive heart failure / K. Potocka–Plazak, R. Kolasa, T. Poplawski, Kulczycka J. et al // *Aging.* – 1998. – 10(1). – C. 48–52.

172. Cox R.H. Contribution on smooth muscle to arterial wall mechanics // *Basic. Res. Cardiol.* – 1979. – V. 74, № 1. – C. 1–9.

173. Deng Y., Wang Y., Le G et al. Evaluation of endothelial function in hypertensive elderly patients by high – resolution ultrasonography // *Clin. Cardiol.* – 1999. – V.22, № 11. – P.705–710.

174. Differences in the mechanical properties of the rat carotid artery in vivo, in situ and in vitro: Pap. 3rd Workshop Struct. and Funct. Large Arteries, Jan. 23–24, 1998. Pt1 / Zanchi Anne, Stergiopoulos Nikos, Brunner Hans R., Hayoz Daniel // *Hypertension.* – 1998. – 32, № 1. – C. 180–185.

175. Dobrin P.B., Rovik A.A. Influence of vascular smooth muscle on contractile mechanics and elasticity of arteries // *Amer. J. Physiol.* – 1969. – Vol. 217, № 6. – C.1644–1650.

176. Doyle J.M., Dobrin P.B. Finite deformation analysis of the relaxed and contracted dog carotid artery // *Microvascular Research.* – 1971. – V. 3, № 4. – C. 400–415.

177. Drexler H., Homig B. Endothelial dysfunction in human disease // *J. Mol. Cell. Cardiol.* – 1999. – V. 31 (1). – P. 51–60.

178. Ebrahim S., Wannamethee S.G., Whincup P. et al. Locomotor disability in a cohort of British men: the impact of lifestyle and disease // *International Journal of Epidemiology.* – 2000. – Vol. 29. – P. 478–486.

179. Effects of age and aerobic capacity on arterial stiffness in healthy adults / P.V. Vaitkevicius, J.L. Fleg, J.H. Engel et al // *Circulation.* – 1993. – Vol. 88. – C. 1456–1462.

180. Effect of pressure on circumferential order of adventitial collagen in human brain arteries / P.B. Canham, P. Wittaker, S.E. Barwik, M.E. Schwab // *Can. J. Physiol and Pharmacol.* – 1992. – 70, № 2. – C. 296–305.

181. Folkow B. Structure and function of the arteries in hypertension // *Am. Heart J.* – 1987. – Vol. 144. – C. 938–948.

182. Franklin S., Gustin W. et al. Hemodynamic patterns of age-related changes in blood pressure: the Framingham Heart Study // *Circulation.* – 1997. – 96. – C. 308–315.

183. Franklin S., Khan S et al. Is pulse pressure useful in predicting risk of coronary heart-disease? The Framingham Heart Study // *Circulation.* – 1999. – 100. – C. 354–360.

184. Fung Y.C. Biomechanics: A survey of the blood flow problem // *Adv. Appl. Mech.* – 1971. – Vol. 11. – C. 65–130

185. Fung Y.C., Liu S.Q. Determination of the mechanical properties of the different layers of blood vessels in vivo // *Proc. Nat. Acad. Sci. USA.* – 1995. – 92, № 6. – C. 2169–2173.

186. Geddes L.A., Voelz M.H., Babbs C.F., et al. Pulse transit time as an indicator of arterial blood pressure // *Psychophysiology.* – 1981. – V. 18, № 1. – C. 71.

187. Giller C.A., Aaslid R. Estimates of PULSE WAVE velocity and measurement of pulse transit time in the human cerebral circulation // *Ultrasound Med. Biol.* – 1994. – 20(2). – C. 101–105.

188. Hakim A.A., Curb J.D., Petrovitch H. et al. Effects of walking on coronary heart disease in elderly men: the Honolulu Heart Program // *Circulation.* – 1999. – Vol. 100. – C. 9–13.

189. Hamaura N. Pulse to pulse determination of diastolic pressure based on the pulse wave velocity. URL: <http://www.mei.titech.ac.jp/mei/shimizu/research/research.html>. – 28 May 1997.

190. Harder D. R. Pressure-induced miogenic activation of cat cerebral arteries is dependent on intact endothelium // *Circ. Res.* – 1987. – V 60, № 1. – P. 128–131.

191. Hardy C.J., Bolster B.D., McVeigh E.R., Iben I.E.T., Zerhouni E.A. Pencil excitation with interleaved fourier velocity encoding: NMR measurement of aortic distensibility. URL: http://prospero.bme-mri.jhu.edu/papers/chardy_fpaper/fourier.html. – 12 Feb 1996.

192. Hasegawa M. Evaluation of the degree of atherosclerosis by PULSE WAVE velocity // *Nippon Rinsho*. – 1997. – 55, Suppl. 1. – C. 688–690.

193. Hashimoto M, Akishita M, Eto M et al. Modulation of endothelium-dependent flow-mediated dilatation of the brachial artery by sex and menstrual cycle // *Circulation*. – 1995. – V. 92. – C. 3431 – 3435.

194. Hickler R.B. Aortic and large artery stiffness: current methodology and clinical correlations // *Clin. Cardiol*. – 1990. – Vol. 13, № 5. – C. 317–322.

195. Hsieh K.S., Chen P.L., Fu S.E. A simple, noninvasive method to investigate vascular characteristics in children // *Angiology*. – 1996. – Apr; 47(4). – C. 361–367.

196. Hudetz A.G. Incremental elastic modulus for orthotropic incompressible arteries // *J. Biomech*. – 1979. – Vol. 12. – P. 651–655.

197. Increased PULSE WAVE velocity and shortened PULSE WAVE transmission time in hypertension and aging / Hasegawa M., Nagao K., Kinoshita Y., Rodbard D., Asahina A. // *Cardiology*. – 1997. – 88 (2) – C. 147–151.

198. Influence of captopril, propranolol, and verapamil on arterial PULSE WAVE velocity and other cardiovascular parameters in healthy volunteers / M. Kahonen, R. Ylitalo, T. Koobi, V. Turjanmaa et al // *Int. J Clin. Pharmacol. Ther*. – 1998. – 36 (9). – C. 483–489.

199. Izzard A.S., Heagerty A.M. Impaired flow-dependent dilatation in distal mesenteric arteries from the spontaneously hypertensive rat // *The Journal of Physiology*. – 1999. – V. 518, № 1. – P. 239–245.

200. Jiang C., Poole-Wilson P., Sarrel P. et al. Effect of 17 β -estradiol on contraction, Ca²⁺ current and intracellular free Ca²⁺ in guinea-pig isolated cardiac myocytes // *Br J Pharmacol*. – 1992. – Vol. 106. – P. 739–745.

201. Jones E., Anliker M. Effects of viscosity and constraints on the dispersion and dissipation of waves in large blood vessels. 1 // *Biophys. J*. – 1971. – Vol.11. – C. 1085–1120.

202. Jones R.D., Berne R.M. Local regulation of blood flow in skeletal muscle // *Circ. Res*. – 1964. – Vol. 14, Suppl.1. – P. 30–38.

203. Jorde Lynn B., Williams Roger R. Innovative blood pressure measurements yield information not reflected by sitting measurements // *Hypertension*. – 1986. – Vol. 8, № 3. – C.252–257.

204. Kannel W. Risk stratification in hypertension: new insights from the Framingham Study // *Am. J. Hyper*. – 2000. – 13, (Pt. 2). – S3–S10.

205. Kasim-Karakas S.E., Almario R.U., Mueller W.M. et al. Changes in plasma lipoproteins during low-fat, high-carbohydrate diets: effects of energy intake 1–3 // *Am. J. Clin. Nutr*. – 2000. – Vol. 71. – P. 1439–1447.

206. Kawano H., Moloyama T., Kugiyama K. et al. Menstrual cyclic variation of endothelium-dependent vasodilation of the brachial artery possible role of estrogen and nitric oxide // *Proc. Assoc. Am. Physicians*. – 1996. – V. 108. – P.473 – 480.

207. Koji Seki Noninvasive measurement of elastic properties in human finger arteries: Clinical data comparing blood pressure and

fundusoscopic examination // Heart and Vessels. – 1988. – № 4. – P. 221–228.

208. Koobi T., Kahonen M., Iivainen T., Turjanmaa V. Simultaneous non-invasive assessment of arterial stiffness and haemodynamics a validation study // Clin. Physiol. and Funct. Imag. – 2003. – 23, № 1. – C. 31– 36.

209. Lehmann E.D. Elastic properties of the aorta // Lancet. – 1993. – № 884. – C.1417.

210. Lerman-Garber I., Villa A.R., Martinez C.L. The prevalence of obesity and its determinants in urban and rural aging Mexican populations // Obesity Research. – 1999. – Vol. 7. – P. 402–406.

211. Lewi Paul J., Shaper Wolfgang K.A. The estimation of coronary volume elasticity in the beating heart of the dog // Pflugers Arch. – 1971. – Vol. 325, № 3. – P. 191–198.

212. Lichtenstein A.H., Richard J. Stanol/Sterol ester-containing foods and blood cholesterol levels // Circulation. – 2001. – Vol. 103. – P. 11–77.

213. Lind L., Sarabi M., Millgard J. et al. Endothelium – dependent vasodilation and structural and functional changes in the cardiovascular system are dependent on age in healthy subjects // Clin. Physiol. – 1999. – V. 19, № 5. – P. 400–409.

214. Liu S., Lee I., Ajani U. et al. Intake of vegetables rich in carotenoids and risk of coronary heart disease in men: The Physicians' Health Study // International Journal of Epidemiology. – 2001. – Vol. 30. – P. 130–135.

215. Lutz J., Henrich H. Influence of the blood pressure level and mode of contraction on the strength of drug-induced vasoconstriction // Pfluger. Arch. – 1973. – V. 345, № 2. – P. 237–248.

216. Maddox Y. T., Faleon J. G., Ridinger Hю, Cunard C. M., Ramwel P. W. Endothelium-dependent gender differences in the response of the rat aorta // *J. Pharmacol. and Exp. Ther.*, 1987, V 240, N 2, P. 392–395.

217. Ma L.N., Zhao S.P., Gao M. et al. Endothelial dysfunction associated with left ventricular diastolic dysfunction in patients with coronary heart disease // *Int. J. Cardiol.* – 2000. – V. 72, № 3. – P. 275–279.

218. Martikainen P.T., marmot M.C. Socioeconomic differences in weight gain and determinants and consefences of coronary risk phactors // *Amer. J. of Clin. Nutr.* – 1999. – Vol. 69, № 4. – P. 719–726.

219. Martyn C.N., Greenwald S.E. PULSE WAVE velocity as a marker of vascular disease // *Lancet.* – 1996. – 7 (348). – C. 1586–1587.

220. McDonald D.A. Blood flow in arteries. 2–nd Ed. – London: Arnold, 1974. – 496 p.

221. Matsuto T., Inano K., Miida T., Okada M. Assessment of diabetic cardiovascular autonomic neuropathy by heart rate variability and PULSE WAVE velocity // *Rinsho Byori.* – 1998. – Oct; 46(10). – C. 1037–1042.

222. Noninvasive measurement of nonlinear arterial elasticity / Megerman Joseph, Hasson Jonathan E., Warnock David F. et al. // *Amer. J Physiol.* – 1986. – vol. 250, № 2. – H181–H188.

223. Noninvasive measurement of pulsatile vessel diameter change and elastic properties in human arteries: a methodological study / F. Hansen, D Berggvist et al. // *Clin. Physiol.* – 1993. – 13, № 6. – C. 631–643.

224. Okai Osamu, Higuchi Yuzo, Makino Kazumi Кёрин игаккай дзасси / J.Kyorin Med. Soc. – 1985. – Vol. 16, № 1. – С.23–27.

225. Pesson M., Ahlgren A.R., Jansson T., Eriksson A. A new non-invasive ultrasonic method for simultaneous measurements of longitudinal and radial arterial wall movements: First in vivo trial // Clin. Physiol. and Funct. Imag. – 2003. – 23, № 5. – С. 247– 251.

226. Potocka-Plazak K; Kolasa R; Poplawski T; Kulczycka J; Plazak W. Correlation between aortic PULSE WAVE velocity and norepinephrine, epinephrine, aldosterone and plasma renin activity in very elderly subjects and in patients with congestive heart failure // Aging. – 1998. – Feb;10(1). – P. 48-52.

227. Prescott E., Hippe M. Smoking and risk of myocardial infraction in women and men: longitudinal population study // Eur. Heart J. – 1998. – Vol. 316. – P. 1043–1047.

228. Pulse transit time as an indicator arterial blood pressure / L.A. Geddes, M.H. Voelz, C.F. Babbs et al // Psychophysiology. – 1981. – Vol. 18, № 1. – С. 71–74.

229. Pulse wave propagation of the artery / K. Takemura, Y. Nakamura, H. Nitahara, T. Takemura // Res. Repts. Ariake Techn. Coll. – 1989. – Vol.25. – P. 31–41.

230. Quick C.M, Berger D.S., Noordergraaf A. Apparent arterial compliance // Amer J Physiol. – 1998. – Vol. 274, № 4, Pt 2. – С.1393–1403.

231. Rachev A.I. Effects of transmural pressure and muscular activity in pulse waves in arteries // J. Biomech. Enging. – 1980. – Vol.102. – С. 119–123.

232. Rachev A.I. Parametric study of the transmission characteristics of pulse wave in arteries // In: Theoret. and Appl. Proc.

3. Nat. Congress on Theor. and Appl. Mech. – Varna: Bulg. Acad. Sci, 1977. – C. 391–396.

233. Raddino R., Poll E., Pela G., Manca C. Action of sex steroid hormones on the isolated rabbit heart // Pharmacology –1989. –Vol. 38. – p. 185–190.

234. Ramsey M.W., Stewart W.R., Jones C.J. Real-time measurement of PULSE WAVE velocity from arterial pressure waveforms // Med. Biol. Eng. Comput. – 1995. – Sep; 33(5). – C. 636–642.

235. Regional pulse wave velocities in hypertensive and normotensive humans / C. T. Ting, M. S. Chang, S. P. Wang et al // Cardiovasc. Res. – 1990. – Vol.24. – C. 865–872.

236. Reproducibility of PULSE WAVE velocity and augmentation index measured by PULSE WAVE analysis / I.B. Wilkinson, S.A. Fuchs, I.M. Jansen, J.C. Spratt et al. // J Hypertens. – 1998. – 16(12, Pt 2). – C. 2079–2084.

237. Role of PULSE WAVE velocity for assessing autonomic nervous system activities in reference to heart rate variability / M. Okada, T. Matsuto, S. Satoh, S. Igarashi et al. // Med. Inform. – 1996. – 21(1). – C. 81–90.

238. Rutten A., Abel T., Kannas L. et al. Self reported physical activity, public health and perceived environment: results from a comparative European study // J. Epidemiol. Community Health. – 2001. – Vol. 55. – P. 139–146.

239. Sherwood N.E., Jeffery R.W. The behavioral determinants of exercise: Implications for Physical Activity Interventions // Annu. Rev. Nutr. – 2000. – Vol. 20. – P. 21–44.

240. Shimazu H., Yamakoshi K., Kamiya A. Noninvasive measurement of the volume elastic modulus in finger arteries using

photoelectric plethysmography // IEEE Trans. Biomed. Eng. – 1986. – Vol.33, №8. – P.795–798.

241. Short-term variation in the elastic properties of a muscular artery in humans / L. Hofstra, J. M. Willigers, F. C. Huvers et al. // Clin. Sci. – 1994. – 86, № 5. – C. 567–574.

242. Smith C.J., Morgan W.T., Doolittle D.J. et al. Urinary prostacyclin in Nonsmokers living with smokers // Inhalation Toxicology. – 1998. – Vol. 10. – P. 431–441.

243. Steffen-Batey L., Milton Z. Nichaman S. et al. Change in level of physical activity and risk of all-cause mortality or reinfarction // Circulation. – 2000. – Vol. 102. – P. 102–104.

244. Steptoe A., Doherty S., Rink E. Behavioral counseling in general practice for the promotion of healthy behaviour among adults at increased risk of coronary heart disease: randomized trial // BMJ. – 1999. – Vol. 319. – P. 943–948.

245. Stokes J., Kannel W., Wolf P. et al. Blood pressure as a risk factor for cardiovascular disease. The Framingham study: 30 years of follow-up // Hypertension. – 1989. – 13 (suppl. 1). – P. 13–18.

246. Taddei S., Wrdis A., Ghiadoni L. et al. Menopause is associated with endothelial dysfunction in women // Hypertension. – 1996. – 28. – C. 576–582.

247. Tanokuchi S., Okada S., Ota Z. Factors related to aortic pulse-wave velocity in patients with non-insulin-dependent diabetes mellitus // J. Int. Med. Res. – 1995. – Nov–Dec; 23(6). – C. 423–430.

248. Taylor M. G. Hemodynamics // Ann. Rev. Physiol. – 1973. – Vol. 35. – C. 87–116.

249. The background of pressure– diameter hysteresis loop of the arterial wall. In vitro studies of the human umbilical artery / G.I.

Nadasy, E. Mohacsi, E. Monos et al. // *Acta physiol. Acad. sci. hung.*
– 1980. – Vol. 56, № 1. – P. 59.

250. The effects of age and gender on brachial artery endothelium – dependent vasoactivity are stimulus – dependent / Corretti Mary C., Plotnick Gary D., Vogel Robert A. // *Clin. Cardiol.*
– 1995. – 18, № 8. – C. 471–476.

251. Van Egeren L.F. Repeated measurements of ambulatory blood pressure // *J. of Hypertension.* – 1988. – № 6. – C. 753 – 755.

252. Venous occlusion plethysmography reduces arterial diameter and flow velocity / W.R.Hiatt, S.Y.Huang, J.G.Regensteiner et al. // *J. Appl. Physiol.* – 1989. – 66, № 5. – C. 2239–2244.

253. Vessel wall properties of large arteries show a diurnal variation: Clin. Pharmacol. Meet., Utrecht, 40ct., 1991: Abstr. Pap. / M.J.F. Kool, J.A.G. Wijnen, H.A.J. Struyker et. al. // *Pharm. weekbl. sci. ed.* – 1991. – 13, № 6. – C. 5.

254. Vieillissement de l'elastine de la matrice extracellulaire arterielle: Etiologie et consequences / Atkinson S. // *Pathol. Biol.* – 1998. – 46, № 7. – C. 555–559.

255. Wannamethee S.G., Shaper A.G., Walker M. Physical activity and mortality in older men with diagnosed coronary heart disease // *Circulation.* – 2000. – Vol. 102. – P. 1358–1363.

256. Wilkinson I.B.; Cockcroft J.R.; Webb D.J. PULSE WAVE analysis and arterial stiffness // *J Cardiovasc. Pharmacol.* – 1998. – 32, Suppl. 3. – C. 33–37.

257. Yamakoshi K., Shimazu H., Shibata M., Kamiya A. New oscillometric method for indirect measurement of systolic and mean arterial pressure in the human finger. Part 1: Model experiment // *Med. Biol. Eng. Comput.* – 1982. – Vol.20. – P. 307–313.

258. Yamakoshi K., Shimazu H., Shibata M., Kamiya A. New oscillometric method for indirect measurement of systolic and mean

arterial pressure in the human finger. Part2: Correlation study // Med. Biol. Eng. Comput. – 1982. – Vol.20. – P. 314–318.

259. Young T. On the functions of the heart and arteries // Philos. Trans. R. Soc. Lond. –1809. – Vol. 99. – C. 1–31.

260. Yoshigi M., Ettel J.M., Keller B.B. Developmental changes in flow–wave propagation velocity in embryonic chick vascular system // Am. J Physiol. – 1997. – 273 (3, Pt 2). – C. 1523–1529.

Приложение 1

Вариабельность поцикловых значений СРПВ и R–R интервалов
кардиограммы (%) за ~ 5-7 сердечных циклов в выборке
численностью 60 человек

№	Пол	Возраст	Горизонтальное положение руки		Рука вверх		Опускание руки в горизонтальное положение		Рука вниз		Поднятие руки до горизонтального положения	
			СРПВ	R-R	СРПВ	R-R	СРПВ	R-R	СРПВ	R-R	СРПВ	R-R
1	ж	34	25,0	0,0	22,2	6,2	33,3	13,3	25,0	12,9	12,5	2,4
2	м	47	11,1	5,4	16,7	2,7	12,5	3,7	12,5	7,6	11,1	4,0
3	ж	26	25,0	1,4	7,7	21,5	22,2	11,3	0,0	6,3	14,3	1,5
4	ж	30	12,4	1,1	12,2	2,2	13,6	2,4	13,6	5,7	0,0	3,5
5	ж	47	13,2	1,2	0,0	1,4	33,0	3,9	25,5	7,1	14,2	3,8
6	м	55	12,0	1,1	12,8	2,2	12,0	1,1	22,3	1,1	12,0	2,2
7	ж	58	11,9	3,4	31,5	2,4	24,5	1,1	14,3	4,7	43,2	1,2
8	м	31	0,0	1,1	15,2	4,3	22,0	26,2	18,0	3,6	20,5	26,7
9	м	53	25,0	2,9	12,8	2,1	22,5	4,9	28,8	2,9	44,8	1,9
10	ж	50	11,1	1,2	9,7	3,4	29,4	2,4	23,5	1,2	21,2	1,1
11	ж	46	18,8	6,1	16,9	3,1	11,9	8,8	14,3	3,2	21,5	3,1
12	ж	35	13,5	9,8	15,1	3,4	12,0	5,7	14,4	1,1	24,7	2,2
13	ж	49	32,7	4,7	13,7	1,2	29,8	6,1	11,9	1,2	10,8	0,0
14	ж	51	21,4	2,8	26,1	2,9	14,3	6,8	16,9	2,7	10,8	4,2
15	м	40	27,0	8,0	18,6	1,4	37,3	11,8	24,8	2,3	13,4	2,5
16	м	58	8,8	0,0	23,4	3,1	8,8	1,6	42,0	3,1	19,5	1,5
17	м	45	23,4	3,9	18,8	5,1	11,5	2,6	0,0	2,7	12,4	2,6
18	ж	27	9,7	1,5	23,9	4,3	29,5	3,2	28,5	4,5	27,3	4,5
19	ж	28	20,5	1,8	8,5	0,0	17,7	1,7	11,0	1,7	11,0	1,7
20	ж	47	0,0	5,1	7,9	2,1	28,8	4,9	16,9	2,5	21,4	3,6
21	м	53	17,9	2,3	6,9	1,1	0,0	1,2	22,0	0,0	10,3	0,0
22	ж	57	11,8	1,1	14,3	2,3	25,0	9,0	22,1	3,4	11,8	1,1
23	ж	59	20,0	9,5	8,3	2,3	0,0	4,7	12,8	4,7	26,7	18,9
24	ж	28	11,3	6,0	19,0	10,7	24,5	9,8	13,8	8,5	22,2	2,4
25	ж	30	0,0	6,7	25,0	2,8	12,5	10,5	0,0	6,8	14,6	10,5
26	ж	33	24,8	3,2	25,4	4,3	12,3	10,7	24,8	6,1	12,3	7,7
27	ж	33	10,6	1,5	10,6	1,4	29,8	5,8	36,7	4,2	24,5	4,3
28	ж	45	14,1	7,5	20,3	6,0	44,1	3,9	14,1	3,8	14,1	6,0
29	ж	33	9,9	7,7	11,3	7,7	12,1	6,3	15,0	6,0	15,0	5,1
30	ж	33	12,8	1,2	0,0	2,6	26,7	2,6	25,0	7,2	12,8	1,3

Продолжение приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
31	ж	44	24,5	1,1	33,8	2,2	6,0	8,5	32,7	6,3	11,9	6,1
32	ж	34	12,6	1,0	7,3	12,6	14,7	14,4	25,5	4,3	12,6	2,2
34	м	59	12,8	3,0	24,2	6,9	29,8	6,2	24,8	3,3	12,8	3,2
35	ж	51	19,8	4,5	27,2	4,2	11,1	9,3	14,8	4,1	29,3	2,8
36	ж	55	10,3	1,5	12,8	0,0	12,8	2,8	28,4	1,4	25,3	0,0
38	ж	48	30,1	4,1	15,3	2,9	18,1	4,2	19,8	2,8	18,1	4,2
39	ж	54	28,6	1,6	27,8	4,1	28,6	5,8	27,8	7,0	16,7	4,1
40	ж	48	11,4	7,9	20,3	6,4	10,0	2,6	15,9	1,3	10,0	1,4
41	м	37	12,5	12,1	9,5	1,7	22,9	4,8	20,2	7,8	12,5	3,2
42	ж	44	0,0	2,5	18,2	4,7	9,8	4,8	12,8	2,4	26,5	1,2
43	ж	25	24,5	19,8	10,8	10,3	24,5	3,1	14,3	7,8	14,3	5,1
44	м	33	16,7	3,1	9,1	1,0	14,0	6,3	14,0	1,1	25,0	2,1
45	м	52	10,5	11,5	0,0	2,2	25,2	8,5	13,1	1,2	10,5	8,1
47	м	54	27,4	3,0	12,8	0,0	27,4	1,6	20,2	3,1	16,4	3,0
48	м	56	12,0	4,5	26,7	3,5	15,4	6,8	20,5	4,4	24,7	5,7
49	м	54	22,5	5,4	13,0	5,3	22,5	2,7	29,2	9,6	11,5	2,8
50	ж	47	19,7	6,6	9,4	4,9	10,6	8,9	13,6	8,8	22,4	6,5
52	м	41	12,2	7,9	26,4	4,2	28,6	6,2	33,5	3,3	16,7	2,0
53	ж	31	11,8	12,1	27,6	0,0	22,1	3,8	24,8	7,8	24,8	3,2
54	м	30	14,0	11,5	21,8	2,9	14,0	2,8	16,7	7,2	14,0	2,8
55	м	35	13,1	3,0	10,5	4,1	13,1	4,2	28,3	6,3	28,3	0,0
56	м	51	0,0	7,9	17,8	6,4	37,1	5,8	40,0	4,3	28,8	3,0
58	ж	35	12,4	12,1	3,0	1,7	12,4	9,1	12,4	3,3	12,4	2,1
59	м	34	33,3	4,5	8,7	4,7	28,8	12,3	14,4	5,1	16,8	0,9
60	м	24	19,8	15,5	14,0	9,6	22,4	28,2	14,0	5,6	12,2	4,5

Приложение 2

**Коэффициенты корреляции СРПВ – R–R интервалов кардиограммы
в выборке численностью 60 человек**

№	Индивидуальный коэффициент	Значения коэффициентов за 5-7 циклов				
		рука горизонталь но	рука вверх	рука горизонталь но	рука вниз	рука горизонталь но
1	2	3	4	5	6	7
1	0,0	0,0	-0,33	0,13	0,26	-0,87
2	0,40	0,17	0,89	0,0	-0,68	0,76
3	0,25	0,0	-0,62	0,08	0,0	-1,0
4	-0,53	-0,5	0,47	0,0	0,11	0,0
5	0,07	1,0	0,0	0,47	-0,87	0,96
6	0,10	-0,33	0,0	-0,58	0,05	-0,17
7	0,29	-0,77	-0,61	0,50	0,0	-1,0
8	-0,10	0,0	-0,51	0,0	-0,43	0,38
9	0,55	-0,94	-	-0,88	0,90	0,0
10	0,07	-	-	-0,34	0,54	-0,50
11	-0,12	-0,1	0,9	-0,2	0,9	-0,2
12	0,06	-0,9	-1,0	0,2	-0,6	0,3
13	0,41	1,0	0,0	1,0	-1,0	0,0
14	0,43	-1,0	-0,6	-0,7	0,5	0,6
15	0,65	-0,3	-0,5	0,3	-0,8	-1,0
16	0,01	0,0	0,1	-0,6	-0,4	-0,6
17	-0,57	-0,2	0,3	-0,9	0,0	-0,9
18	-0,37	0,6	-0,5	-0,2	0,6	0,1
19	-0,21	-0,9	0,0	0,6	0,6	1,0
20	-0,11	0,0	0,0	0,9	0,6	0,0
21	-0,83	-0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
22	0,27	0,69	-0,5	0,2	0,2	0,3
23	-0,31	-0,9	-0,5	0,0	0,7	-0,2
24	-0,13	0,8	0,4	0,5	-0,3	0,2
25	0,07	0,0	-1,0	0,0	0,0	-0,9
26	0,21	-0,2	-0,7	0,0	-0,6	0,8
27	0,19	0,8	0,0	-0,2	0,9	0,4
28	-0,34	0,3	0,8	-0,8	0,8	-0,1
29	0,57	-0,5	0,7	0,0	-0,2	-0,6
30	0,46	0,5	0,0	0,3	-0,9	0,0

Продолжение приложения 2

1	2	3	4	5	6	7
31	0,04	0,4	-0,9	0,1	-0,7	-0,6
32	0,03	0,5	-0,4	0,0	-1,0	0,3
33	-0,77	-0,6	-0,5	-0,3	-0,8	0,2
34	0,39	0,2	-0,3	0,8	0,0	0,7
35	0,34	-1,0	0,0	0,5	0,4	0,0
36	0,52	0,5	0,0	0,0	0,0	-0,7
37	-0,26	0,1	-0,7	0,2	0,6	0,2
38	-0,08	0,5	-0,1	0,4	-0,3	-0,6
39	0,26	0,4	-0,3	-0,3	0,0	0,3
40	-0,07	0,0	0,1	-0,4	-0,9	-0,5
41	0,57	0,3	0,0	-0,4	-0,2	-0,1
42	0,30	-0,4	-	0,4	-1,0	-0,3
43	-0,72	-0,2	0,0	-0,2	0,0	0,3
44	-0,09	-0,3	-	1,0	0,0	-0,2
45	0,62	-0,7	0,8	-0,2	0,3	0,8
46	-0,07	-0,4	-0,5	0,3	0,4	-0,5
47	0,34	0,0	-0,6	-0,7	-0,2	-0,5
48	0,51	0,5	0,0	0,0	0,0	-0,7
49	-0,32	0,1	-0,7	0,2	0,6	0,2
50	-0,10	0,5	-0,1	0,4	-0,3	-0,6
51	0,07	1,0	0	0,47	-0,87	0,96
52	0,10	-0,33	0	-0,58	0,05	-0,17
53	0,29	-0,77	-0,61	0,50	0	-1,0
54	-0,10	0	-0,51	0	-0,43	0,38
56	-0,81	-0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
57	0,35	0,69	-0,5	0,2	0,2	0,3
58	-0,31	-0,9	-0,5	0,0	0,7	-0,2
59	-0,10	0,8	0,4	0,5	-0,3	0,2
60	0,13	0,0	-1,0	0,0	0,0	-0,9

Коэффициенты корреляции СРПВ – амплитуда пульсовой волны в
выборке численностью 60 человек

№	Индивидуальный коэффициент	Значения коэффициентов за 5-7 циклов				
		рука горизонтально	рука вверх	рука горизонтально	рука вниз	рука горизонтально
1	2	3	4	5	6	7
1	-0,79	0,0	0,05	0,5	0,0	0,0
2	-0,54	-0,5	0,76	-0,5	0,0	1,0
3	0,5	0,87	-0,5	-0,5	0,0	0,0
4	0,003	0,0	-0,5	0,0	0,0	0,0
5	-0,095	-0,55	-0,17	0,69	1,0	-0,87
6	-0,53	0,0	-0,62	-0,5	0,91	0,43
8	-0,29	-0,9	-1,0	0,0	0,58	0,0
9	0,55	0,52	0,0	-0,39	0,0	-1,0
10	0,698	-0,5	0,0	0,0	0,5	0,87
11	-0,64	0,0	-	0,0	0,58	-0,9
12	-0,62	1,0	-0,81	-0,5	0,55	0,0
13	0,41	0,0	-0,24	0,0	-0,71	0,029
14	-0,74	0,0	-	0,17	0,0	0,996
15	0,28	0,5	-	-0,69	0,92	0,58
16	-0,75	0,0	-0,28	0,35	1,0	-0,88
17	0,55	0,058	-0,19	0,71	-0,19	0,39
18	0,47	0,0	0,62	0,0	1,0	0,0
19	-0,09	0,0	-0,75	0,63	0,61	1,0
20	-0,35	-0,54	0,6	0,032	0,82	0,0
21	-0,42	-1,0	-0,19	-0,5	0,98	0,0
22	-0,73	0,64	0,28	-0,1	0,0	0,5
23	0,26	0,82	0,69	-0,33	0,33	0,0
24	-0,09	-0,76	0,0	0,4	0,17	0,3
25	-0,64	-0,19	-0,69	1,0	0,48	0,58
26	-0,29	-0,52	0,9	-0,58	0,5	-1,0
27	0,64	0,0	-0,11	-0,04	0,0	0,83
29	-0,55	-1,0	-0,57	-0,33	0,0	0,58
30	-0,49	0,94	1,0	0,33	0,0	-0,33

Продолжение приложения 3

1	2	3	4	5	6	7
31	-0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,62
32	-0,68	0,0	0,9	-0,9	0,0	0,58
33	-0,04	1,0	-0,48	0,85	0,04	-0,61
34	-0,23	-0,25	-0,2	-0,58	0,0	-0,34
36	-0,3	0,0	0,94	0,45	0,42	0,08
37	0,05	-	-	0,17	-0,2	0,0
38	0,05	-0,94	-	0,07	-0,09	-0,33
39	0,51	0,0	0,95	0,0	0,46	0,67
40	0,47	0,17	-0,99	0,0	0,58	0,33
41	0,6	-0,71	-0,5	-0,68	-0,63	0,0
43	-0,19	0,0	-0,55	0,63	0,4	1,0
44	-0,35	-0,54	0,6	0,032	0,82	0,0
45	-0,4	-1,0	-0,19	-0,5	0,98	0,0
46	-0,7	0,6	0,3	-0,1	0,2	0,5
48	0,36	0,8	0,6	-0,3	0,33	0,0
49	0,01	0,0	-0,5	0,0	0,0	0,4
50	-0,1	-0,55	-0,2	0,6	1,0	-0,8
51	-0,5	0,1	-0,6	-0,5	0,9	0,4
52	-0,3	-0,9	-1,0	0,0	0,5	0,0
53	0,5	0,5	0,0	-0,3	0,0	-1,0
54	0,7	-0,5	0,0	0,0	0,5	0,8
55	0,2	0,5	-	-0,6	0,9	0,5
56	-0,7	0,0	-0,2	0,3	1,0	-0,8
57	0,5	0,1	-0,19	0,7	-0,2	0,3
58	0,47	0,0	0,6	0,0	1,0	0,0
59	-0,1	0,0	-0,75	0,6	0,6	1,0
60	-0,35	-0,5	0,6	0,03	0,8	0,0