

УДК 537.86+616-079

В. В. Бороноев

РАЗРАБОТКА РАДИОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ
ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА ПО ПАРАМЕТРАМ
ПУЛЬСОВОЙ ВОЛНЫ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ
ДЛЯ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ (Часть 2)

Представлен краткий обзор результатов исследований амплитудно-временных и статистических характеристик пульсовой волны в лаборатории пульсовой диагностики Отдела физических проблем Бурятского научного центра (ныне лаборатория волновой диагностики живых систем Института физического материаловедения) Сибирского отделения РАН. Показано, что пульсограмма лучевой артерии по форме принадлежит к группе центральных пульсограмм, а оценка состояния человека по пульсу основана на амплитудно-временных различиях параметров пульсовой волны. Положено начало формированию классов аппаратно фиксируемых пульсовых сигналов (каталога пульсов).

Обсуждается прикладное значение результатов исследований метода диагностики по пульсу. Реализация на практике инструментального метода постановки диагноза показала, что пульсовая диагностика принципиально невычленима из самой системы тибетской медицины, и для решения проблемы ее объективизации и автоматизации необходимо изучить всю систему тибетской медицины – ее язык, философию, теорию, а также, помимо пульсовой диагностики, другие методы обследования пациента. Установлен ряд ограничений в применении метода диагностики по пульсу. Проверены основные правила пульсовой диагностики. Намечена перспектива использования автоматизированного пульсодиагностического комплекса.

Ключевые слова: пульсовая диагностика, тибетская медицина, пульс, пульсограмма, объективизация, автоматизация.

V. V. Boronoev

THE DEVELOPMENT OF RADIOPHYSICAL METHODS
OF FUNCTIONAL DIAGNOSTICS OF HUMAN ORGANISM
ACCORDING TO THE PULSE WAVE PARAMETERS
AND TECHNICAL MEANS
OF THEIR IMPLEMENTATION (Part 2)

This article is a short review of the study results of the pulse diagnostics method obtained in the laboratory of pulse diagnostics of the Department of Physical Problems at the Presidium of the Buryat Scientific Center of the Siberian Division of the Russian Academy of Sciences. It is shown that beam artery pulsogram belongs to the central pulsogram's group, but estimation of a person's condition by pulse is based on the amplitude-temporary difference of the pulse wave parameters. The formation of classes of hardware fixed pulse signals (the catalogue pulse) is begun.

Applied value of research results of the pulse diagnostics method in the laboratory of pulse diagnostics of Department of the Physical Problems at the Presidium of Buryat Scientific Center is discussed. Practical implementation of a tool method of diagnosing has shown that pulse diagnostics is essentially indivisible from the system of Tibetan medicine and for its objectiva-

БОРОНОЕВ Виталий Васильевич – доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией волновой диагностики живых систем Института физического материаловедения СО РАН. E-mail: vboronoev2001@mail.ru.

tion and automation it is necessary to study the entire system of Tibetan medicine: its language, philosophy, theory, methods of patient examination other than the pulse diagnostics. A number of restrictions of the pulse diagnostics method is established. Key rules of the pulse diagnostics are tested. The prospect of the use of an automated complex of Tibetan Pulse Diagnostics is planned.

Key words: pulse diagnostics, Tibetan medicine, pulse, pulsogram, objectivation, automation.

2. Амплитудно-временной и статистический анализ пульсовой волны

2.1. Информативность дифференциальной пульсограммы лучевой артерии при исследовании фазовой (временной) структуры сердечного цикла

В медицинской практике наиболее известен и исследован поликардиографический способ измерения фаз сердечного цикла по синхронной записи электрокардиограммы (ЭКГ), фонокардиограммы (ФКГ) и сфигмограммы сонной артерии (СФГса) [5]. Другим часто используемым на практике способом является измерение фаз сердечного цикла по записям дифференциальных сфигмограмм сонной артерии [4]. Достоинства и недостатки каждого из этих методов приведены в [2]. Там же отмечено, что наиболее приемлемым, удобным и точным является способ измерения фаз сердечного цикла по скоростной кинетокардиограмме (ККГс), записанной синхронно с комплексом опорных кривых: ЭКГ, ФКГ и СФГса [1]. При этом по ККГс измеряются следующие временные интервалы: длительность сердечного цикла (R-R), фаза асинхронного сокращения (AC), фаза изометрического сокращения (IC), фаза быстрого изгнания (Em), фаза медленного изгнания (Er), протодиастола (P), фаза изометрического расслабления (IR), фаза быстрого наполнения (Fr), фаза медленного наполнения (Du) и систола предсердия (Sa). Вышеназванные фазы сердечного цикла показаны на рис. 2.1.1 модельной пульсовой волны.

Упомянутый выше способ измерения фаз сердечного цикла используется

для получения информации о состоянии сердечно-сосудистой системы (а точнее – левого желудочка сердца) по ККГс, регистрируемой в области верхушки сердца. Поэтому с целью упрощения процедуры и повышения комфортности для пациентов была поставлена задача получения адекватной информации с области лучевой артерии руки человека. Это, в свою очередь, позволит обосновать одно из основополагающих положений и правил тибетской медицины [9] – место обследования пульса (*положение 3*).

Правомерность получения адекватной информации о фазах сердечного цикла с использованием СФГ лучевой артерии и ККГс вытекает, во-первых, из их общей зависимости от фаз сердечного цикла; во-вторых, из теории движения крови в режиме повышенной текучести [8]; в-третьих, из результатов экспериментальных исследований свойств сосудистого русла на участке «сонная артерия – лучевая артерия» методами идентификации систем, согласно которой функция когерентности принимает значения, близкие к единице [7] в том интервале частот, где сосредоточена основная мощность пульсового сигнала, а это значит, что канал распространения пульсовой волны является линейным. Этот же вывод следует из приведенных ниже результатов исследований по обоснованию принадлежности пульсограммы лучевой артерии к группе центральных пульсограмм.

Предлагаемый способ прост и безвреден, удобен для пациента, обеспечивает непрерывность исследований в течение длительного периода. Он может быть

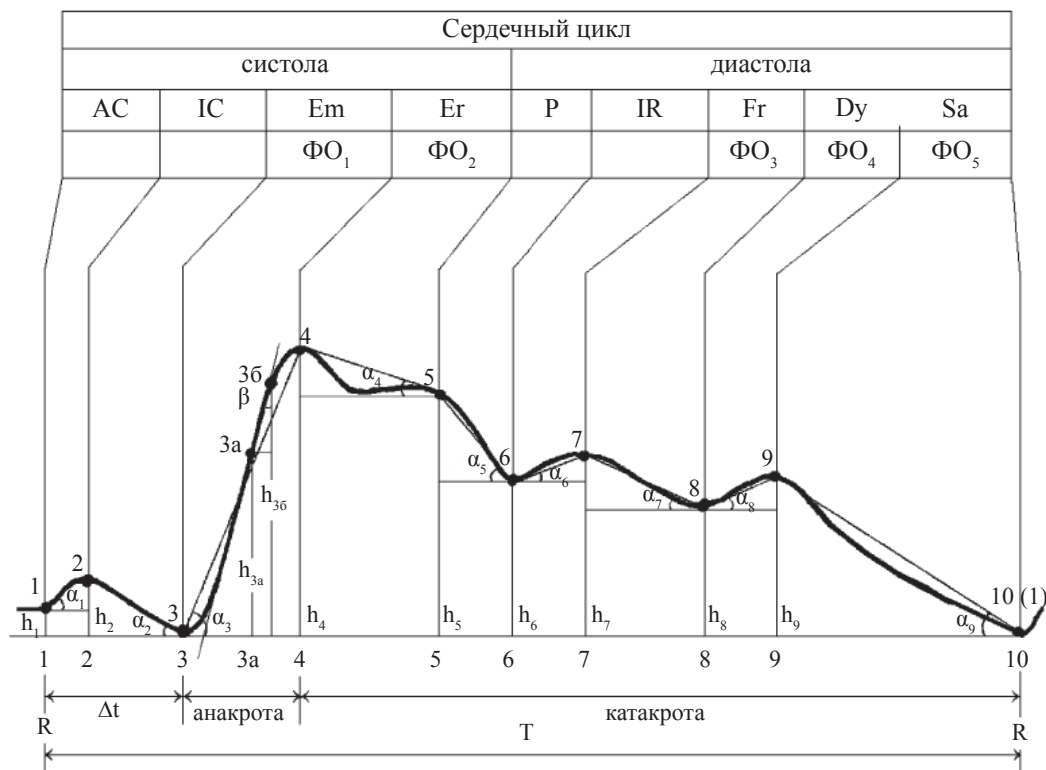


Рис. 2.1.1. Модельная пульсовая волна

использован в качестве дополнительного теста для диагностики заболеваний сердечно-сосудистой системы (ССС) и ее функционального состояния в норме и при патологии. Потенциальные возможности способа достаточно широки, и в ряде случаев диагностику сердечно-сосудистой системы можно проводить только с его помощью.

Далее был проведен сравнительный анализ пульсограмм сонной и лучевой артерий. Это связано с тем, что полисфигмографическим методом в [4] обнаружено наличие тесной связи между формой и отдельными элементами сфигмограмм (СФГ) сонной и лучевой артерий как в состоянии покоя, так и при функциональных пробах, изменяющих условия системной гемодинамики.

Таким образом, в [4] получено качественное доказательство принадлежности сфигмограммы лучевой артерии по форме к группе центральных сфигмограмм. Косвенно этот же вывод можно сделать из результатов работ [7; 8]. Особую актуальность вопрос о соответствии СФГ лучевой артерии по форме группе центральных пульсограмм приобретает при реализации комплексной программы по объективизации и автоматизации пульсовой диагностики тибетской медицины.

Сравнительное исследование формы сфигмограмм сонной и лучевой артерий методом корреляционного анализа, с одной стороны, и сравнение фазовых характеристик кардиоцикла статистическими методами по 10 характерным точкам (рис. 2.1.2), с другой, показало

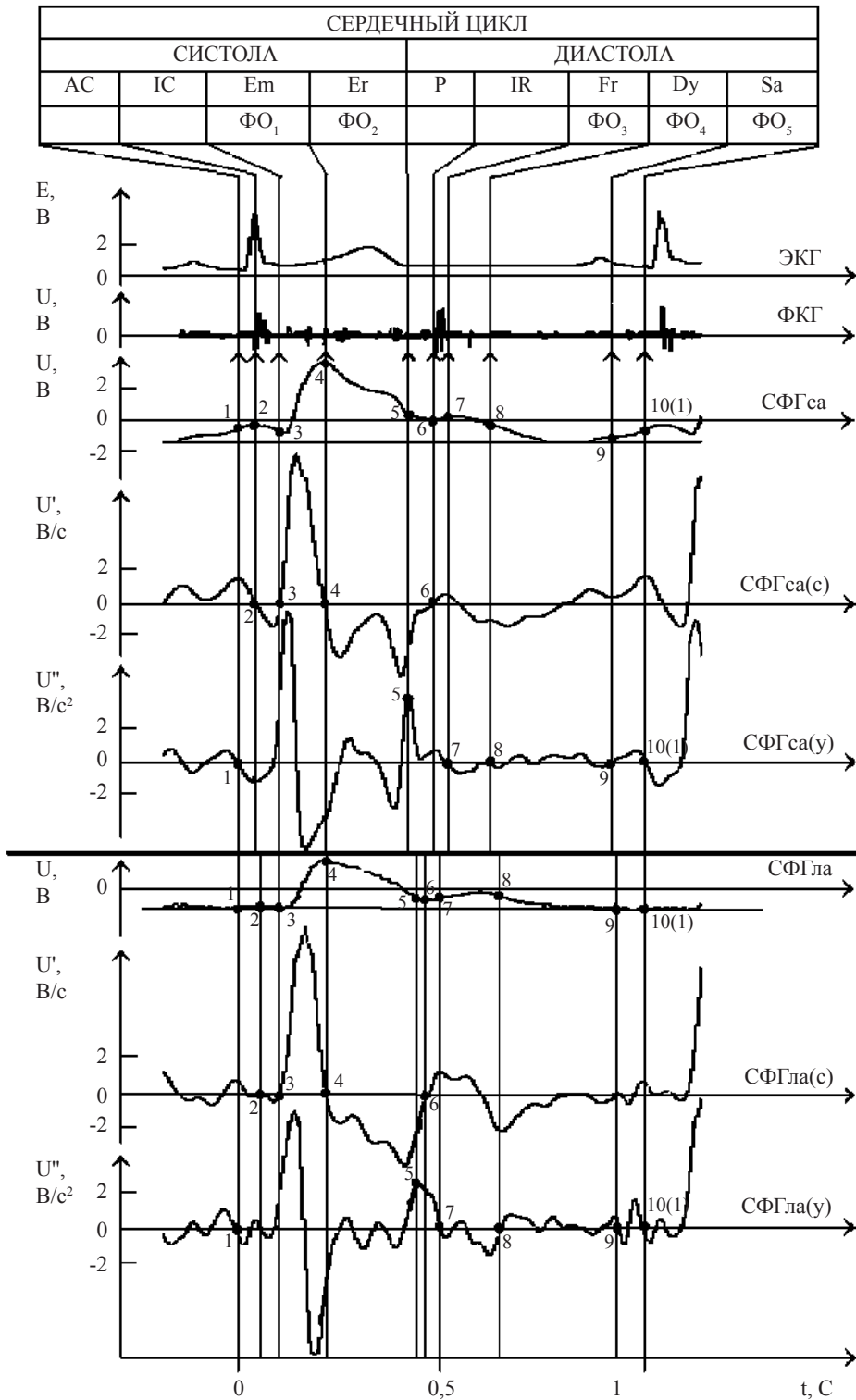


Рис. 2.1.2. Соответствие по форме СФГса и СФГла

высокую степень сходства между собой по форме сфигмограмм сонной и лучевой артерий [10].

Поставленная цель достигается тем, что в известном способе измерения фаз сердечного цикла, заключающемся в определении фазовых интервалов R-R, AС, IС, Em, Eг, P, IR, Fr, Dy, Sa по кривой скоростной кинетокардиограммы, записанной синхронно с ЭКГ, ФКГ и СФГса, дополнительно проводится запись сфигмограммы лучевой артерии (СФГла). Затем проводится вычисление первой (СФГла(с)) и второй (СФГла(у)) производных СФГ лучевой артерии методом сплайн-аппроксимаций (кубический сплайн, В-сплайн) или методом регуляризации А. Н. Тихонова, которые позволяют практически без погрешности выделять характерные точки пульсовой волны при наличии во входном сигнале шума до 6 % относительно его максимальной амплитуды, чего невозможно получить обычными методами дифференцирования. Далее, по временным параметрам экстремальных и нулевых точек обеих производных СФГ лучевой артерии (СФГла(с) и СФГла(у)), представленных на рис. 2.1.2 для здорового пациента, с учетом опорных кривых ЭКГ и ФКГ, проводится расчет фазовой структуры сердечного цикла.

Доказанный количественным методом факт соответствия по форме сфигмограмм лучевой артерии и центральных сфигмограмм позволяет перенести методики не только контурного, но также и фазового анализа с кривых, измеренных в области сердца и устья аорты, на сфигмограмму лучевой артерии, что делает эти методики более простыми и необременительными для пациента. При этом абсолютные значения фаз кардиоцикла не зависят от точки регистрации пульсовой волны на лучевой артерии. Результаты объясняют один из постулатов пульсовой диагностики заболеваний в тибетской медицине – место обследования пульса в традиционных точках пальпации лучевой артерии руки человека.

Экспериментальные данные о систолических и диастолических фазах кардиоцикла, полученные с помощью сфигмограмм сонной и лучевой артерий и опорных кривых (см. рис. 2.1.2), статистически однородны, подтверждают высокую информативность пульса лучевой артерии и свидетельствуют о достаточности диагностического анализа пульсовых сигналов в рамках пульсодиагностического комплекса. Отсюда становится понятно, почему же исследование пульсаций в восточной медицине проводится именно на лучевой артерии. Причина одна: пульс лучевой артерии несет информацию о состоянии организма человека, адекватную информации центрального пульса.

Рассмотрение результатов анализа другой группы синхронно зарегистрированных пульсовых сигналов в традиционных точках пальпации (рис. 2.1.3) показало, что с вероятностью 5 % различий в абсолютных значениях временных фаз кардиоцикла нет. Из этого следует, что данные о временных характеристиках сердечного цикла статистически однородны, не зависят от точки измерения на лучевой артерии и поэтому не противоречат современным методикам измерения фаз в европейской медицине. Отметим, что это заключение относится только к измерению временных характеристик кардиоцикла.

Далее на рис. 2.1.4 приведены примеры расчета объемных и скоростных параметров гемодинамики по соотношениям, вытекающим из модели движения жидкости в режиме повышенной текучести (модель Г. М. Поединцева) для здорового и больного человека, оценена погрешность измерений. Расчеты подтверждают, что определение фаз сердечного цикла по дифференциальным сфигмограммам лучевой артерии позволят более точно проводить оценку насосной функции сердца и, соответственно, ставить более точный диагноз состояния внутренних органов по традиции тибетской медицины.

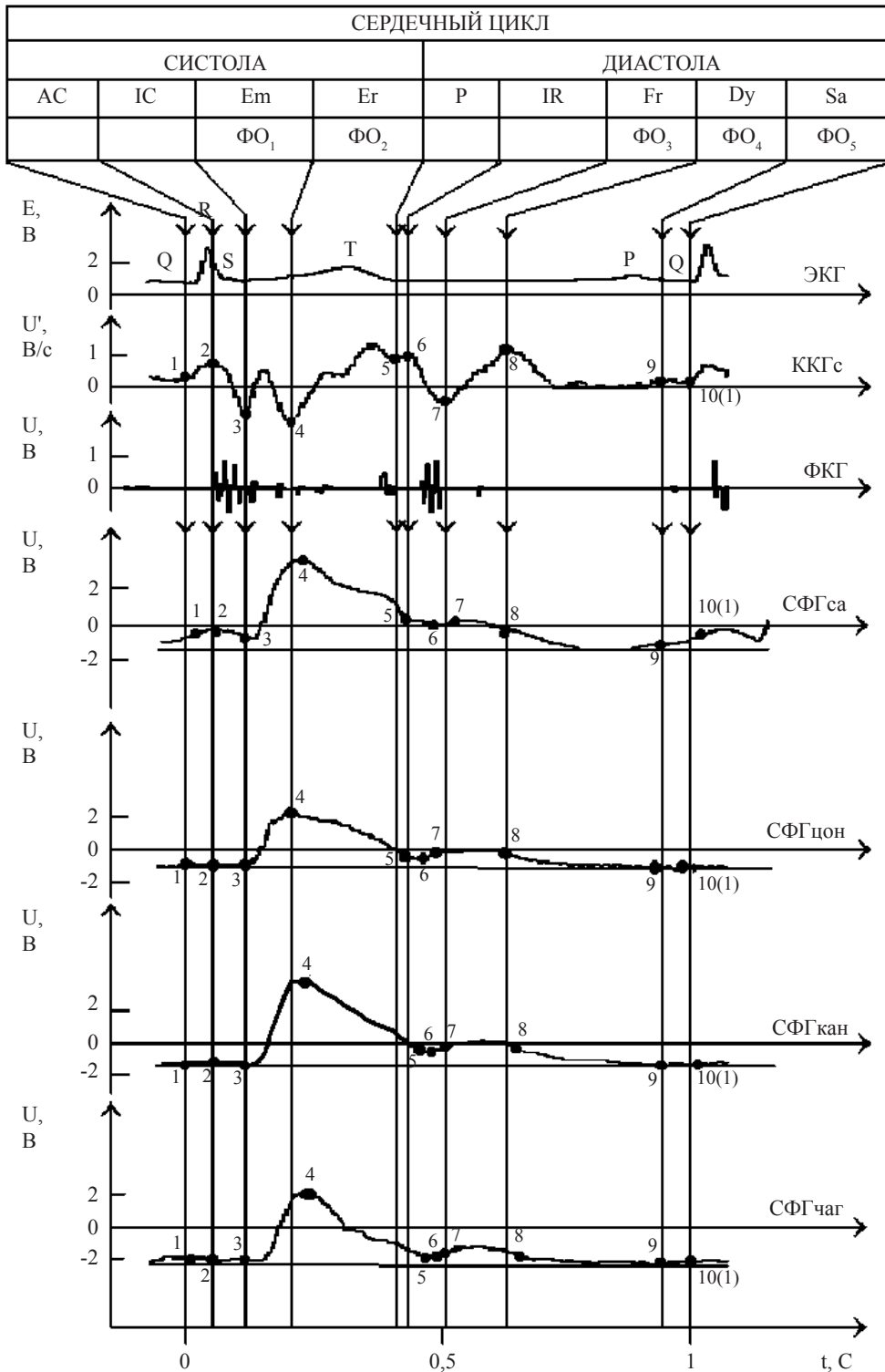


Рис. 2.1.3. Временной (фазовый) анализ кардиоцикла

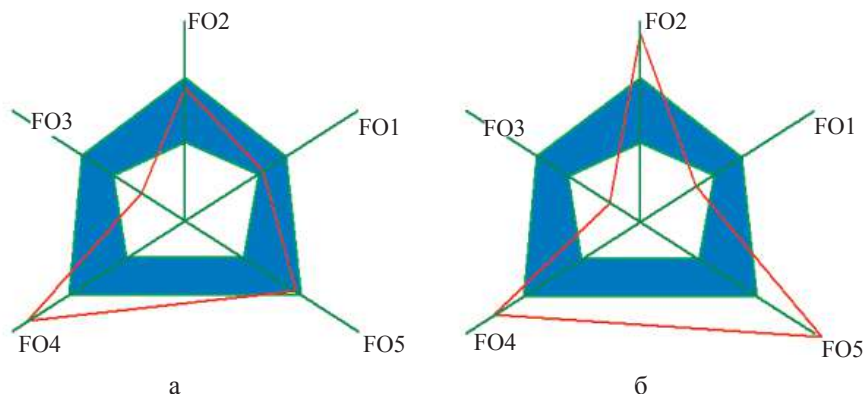


Рис. 2.1.4. Оценка насосной функции миокарда левого желудочка: а – ИБС без нарушения кровообращения; б – ИБС с нарушением кровообращения; $FO1$ и $FO2$, % – систола (объем крови, изгоняемый в фазу быстрого и медленного изгнания); $FO3$, $FO4$, $FO5$, % – диастола (объемы крови, поступающие в желудочек сердца в фазу быстрого и медленного наполнения и систолу предсердий; $FO1 + FO2 = 100\%$; $FO3 + FO4 + FO5 = 100\%$)

2.2. Информативность амплитудных характеристик пульсовой волны

2.2.1. Выбор и обоснование метода контурного анализа пульсограмм

Восстановление формы пульсовой волны по экспериментальной информации предложено проводить с использованием методов регуляризации или сплайн-аппроксимации. При наличии такого математического инструмента становится возможным использование метода контурного анализа пульсограмм, обобщающего известные методы и взявшего все наиболее информативные параметры, предлагаемые их авторами. В качестве прототипа усовершенствованного метода контурного анализа взят метод А. Д. Валтнериса и Я. А. Яуя [4] для центральных пульсограмм.

Суть метода заключается в том, что предлагается проводить измерения амплитудно-временных параметров 10 информативных точек пульсовой волны, характеризующих не только фазы (временные интервалы) кардиоцикла, но и форму волны согласно рис. 2.1.1, а именно: 9 временных интервалов кардиоцикла,

соответствующих проекциям на временную ось этих точек. Дополнительно к временным интервалам предлагается определять абсолютные значения ординат всех информативных точек пульсограммы и 9 углов, характеризующих амплитудно-временные соотношения парных точек – (1) и (2), (2) и (3), (3) и (4)... (9) и (10). Период единичной пульсовой волны, или период кардиоцикла T , равный $(R-R)$ интервалу, определяется точками 1 и 10. При этом точка 10, соответствующая окончанию периода текущей пульсовой волны, является одновременно начальной точкой 1-й следующей пульсовой волны. Отметим, что выбранные амплитудно-временные параметры пульсового сигнала имеют конкретный физиологический смысл.

Рассмотрим некоторые особенности формы пульсовой волны. Так, графическая запись пульсовой волны здорового человека имеет наиболее четко выраженный контур, и определение координат ее характерных точек, как правило, не представляет затруднений. В свою очередь, знание амплитудно-временных характеристик этих точек позволяет рассчи-

тывать, в частности, гемодинамические параметры ССС человека, оценивать его физиологическое состояние.

Таким образом, амплитудно-временной анализ реальной пульсовой волны возможен лишь в том случае, когда характерные точки кривой однозначно определяются. Решение этой задачи возможно, в частности, с помощью предложенного ранее алгоритма определения амплитудно-временных характеристик пульсового сигнала, включающего в себя вычислительную процедуру выделения единичных волн из их временной последовательности с последующим применением к ним модели разметки единичной пульсовой волны.

2.2.2. Амплитудно-временные характеристики пульсовой волны

Для клинической практики важно количественно оценить форму пульсовой волны по ряду показателей. Для этой цели необходима единая стандартизованная методика регистрации и анализа пульсограмм лучевой артерии, аналогичная стандартам измерений и анализа variability сердечного ритма, предложенным Европейским обществом кардиологии и Североамериканским электрофизическим обществом [12]. Только в этом случае возможно корректное сравнение между собой информативных параметров пульсовой волны, получаемых разными авторами.

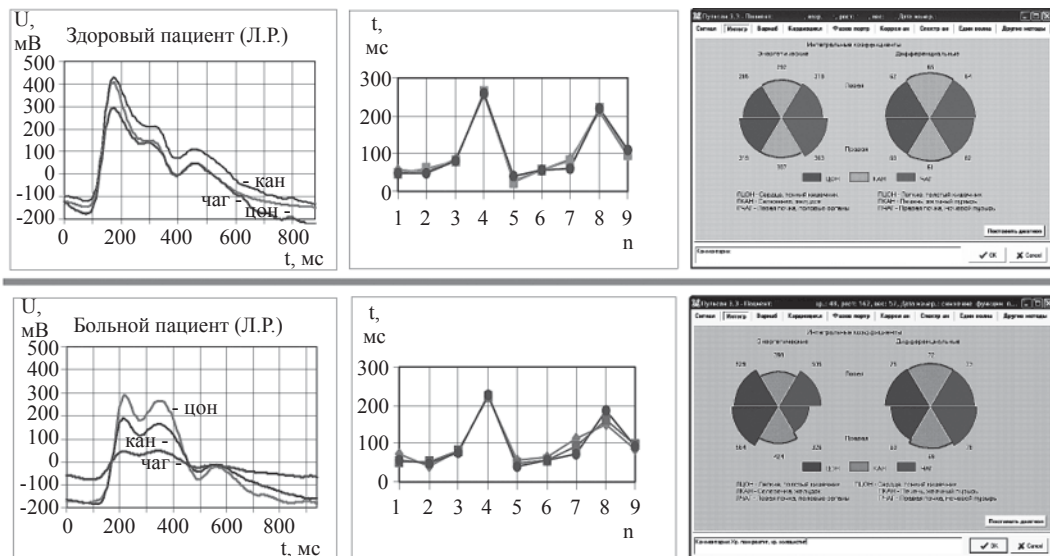
Это особенно актуально при выполнении работ по объективизации пульсовой диагностики восточной медицины. При анализе пульса тибетский врач в первую очередь концентрирует внимание на амплитудных и временных характеристиках, при этом временные параметры служат в основном для установления взаимного соответствия пульсов, а по амплитудным производится оценка состояния внутренних органов и систем. Такая процедура позволяет минимизировать объемы обрабатываемой информации без существенного влияния на точность

постановки диагноза, в то же время дает возможность описывать каждую пульсовую волну набором устойчивых признаков, связанных с параметрами характерных точек пульсовой волны, определяемых в результате выполнения некоторой формализованной процедуры с последующим установлением соответствия ее формы и других параметров физиологической норме или патологии.

Из сказанного следует, что наибольший интерес с точки зрения диагностики заболеваний представляют элементы пульсового сигнала, имеющие устойчивый характер, связанный с протеканием физиологических процессов. При этом подобие по форме и равенство по амплитуде пульсовых сигналов в шести традиционных точках пальпации обеих рук одного человека (рис. 2.2.1а – *здоровый пациент*) указывает на соответствие состояния человека в целом, а также его внутренних органов и функциональных систем физиологической норме и может интерпретироваться как здоровое состояние. Отличие пульсовых сигналов между собой по форме и амплитуде (см. рис. 2.2.1б – *больной пациент*) при практически равных временных интервалах у всех шести пульсовых сигналов свидетельствует об отклонении от нормы и о том, что дифференцирование их по нозологическим формам возможно в основном по амплитудным характеристикам. Это согласуется с тибетской традицией врачевания, в которой временные параметры, как правило, служат для временной привязки процессов и установления взаимного соответствия пульсов, а по амплитудным параметрам производится их дифференцирование по нозологическим формам. На этом же рисунке (правая сторона) показана процедура оценки функционального состояния человека в целом и 12 внутренних органов по параметрам пульсовой волны – энергетическому и дифференциальному коэффициентам.

Итак, проведенные исследования амплитудно-временных параметров пуль-

а



б

Рис. 2.2.1. Оценка функционального состояния внутренних органов по параметрам пульсовой волны: а – здоровый человек; б – больной хроническим панкреатитом, хроническим холециститом

совой волны позволили приступить к расшифровке словесного описания типов пульса на примере пульсов болезней *жара* (рис. 2.2.2а) и болезней *холода* (рис. 2.2.2б), связанных соответственно с гипер- и гипофункциями внутренних органов.

Прежде чем продолжить объяснение этого рисунка, напомним, что в тибетской медицине процедура постановки диагноза состоит из нескольких этапов. Первый этап заключается в определении врожденного типа пульса – мужской, женский или средний, определяемый не полом, а конституцией человека. Второй – в установлении класса болезни: *жар* или *холод*, связанных с гипер- и гипофункцией органа. Третий – в определении отклонений трех физиологических начал – *ветра*, *желчи*, *слизи*, ответственных за гомеостаз (равновесное состояние) внутренних органов и организма человека в целом. Поскольку определение врожденного типа

пульса представляет собой сложную задачу даже для опытных врачей-экспертов по пульсовой диагностике, поэтому процедура постановки диагноза начинается со второго этапа, принимая равенство по амплитуде и подобие по форме пульсовых кривых за соответствие внутренних органов физиологической норме.

В качестве основного параметра, позволяющего судить о пульсовом сигнале как о пульсе *жара*, *нормы* либо *холода*, выбрано отношение (в процентах) амплитуд точки отрыва 3б в фазе быстрого изгнания *Em* и соседней точки экстремума 4 (рис. 2.2.1б), характеризующей ее окончание.

Обследован контингент в 47 человек, включая 27 мужчин и 20 женщин различного возраста. Выяснилось, что показатели *нормы*, подтвержденные заключениями врачей-экспертов, различны для мужчин и женщин (табл.).

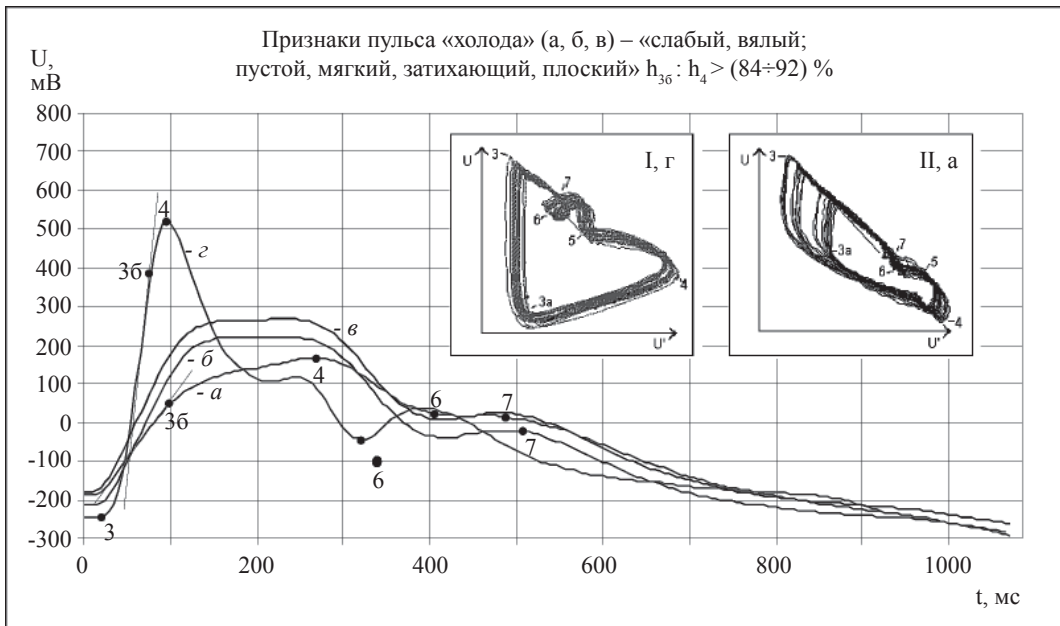
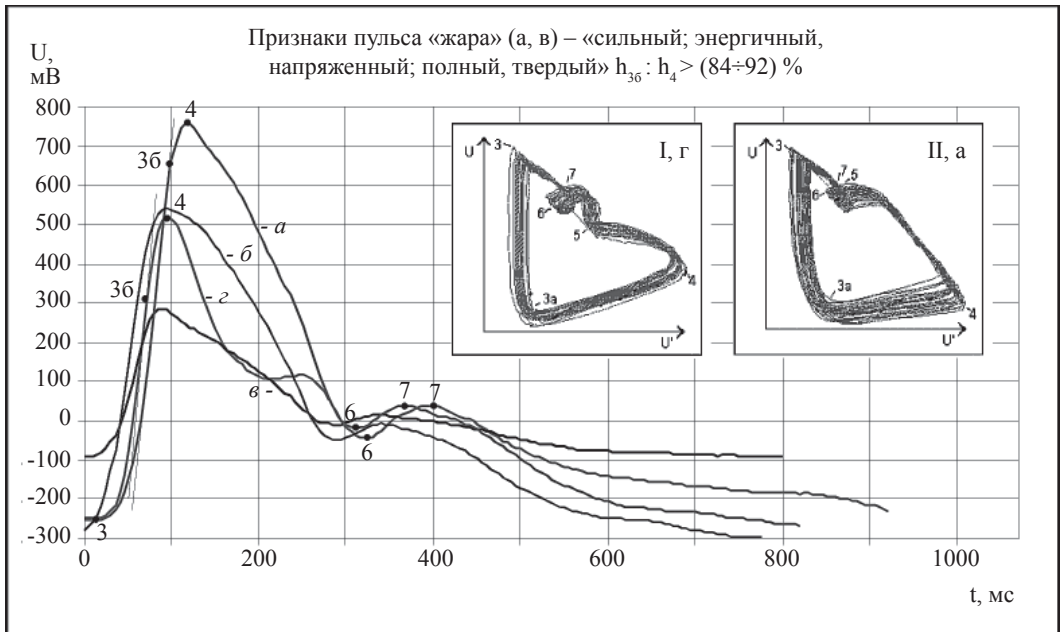


Рис. 2.2.2. Классификация пульсовой волны по классам болезней: болезни *жара* и болезни *холода*: а) пациент 1: а – болезнь *жара* (цон_д), в – болезнь *жара* (чаг_д), ЭК < 800, ДК < 50; пациент 2: з – норма (цон_д), ЭК = 920, ДК = 84; I – фазовый портрет кривой з; II – фазовый портрет кривой а
 б) пациент 3: а – болезнь *холода* (цон_д), б – болезнь *холода* (кан_д), в – болезнь *холода* (чаг_д), ЭК > 1200, ДК < 90; Пациент 2: з – норма (цон_д), ЭК = 920, ДК = 84; I – фазовый портрет кривой з; II – фазовый портрет кривой а

Таблица

Критерии оценки функционального состояния человека по параметрам пульсовой волны

Пол	Холод	Норма	Жар
Мужчины	Ниже	84÷92 %	Выше
Женщины	Ниже	79÷89 %	Выше

Для качественной оценки по пульсу болезни *жара* и болезни *холода* предложено использовать «фазовый портрет» пульсовой волны на фазовой плоскости U, U' , форма контура которого отличается от контура «фазового портрета» пульса здорового органа (см. рис. 2.2.2а, б) и поэтому может использоваться для оперативной оценки их функционального состояния.

2.2.3. Статистический анализ пульсовой волны

С учетом вероятностного характера физиологических проявлений у обследуемых рассмотрены статистические характеристики длинных реализаций пульсового сигнала и динамических рядов его характерных точек в шести традиционных зонах пальпации, что позволило выявить наиболее вариабельные участки пульса и оценить диагностическую значимость анализируемых параметров. Такой подход связан с необходимостью получения достаточной физиологической информации не за счет мультипараметрического сбора данных, а за счет увеличения ее объема, извлекаемого из каждого измеряемого пульсового сигнала.

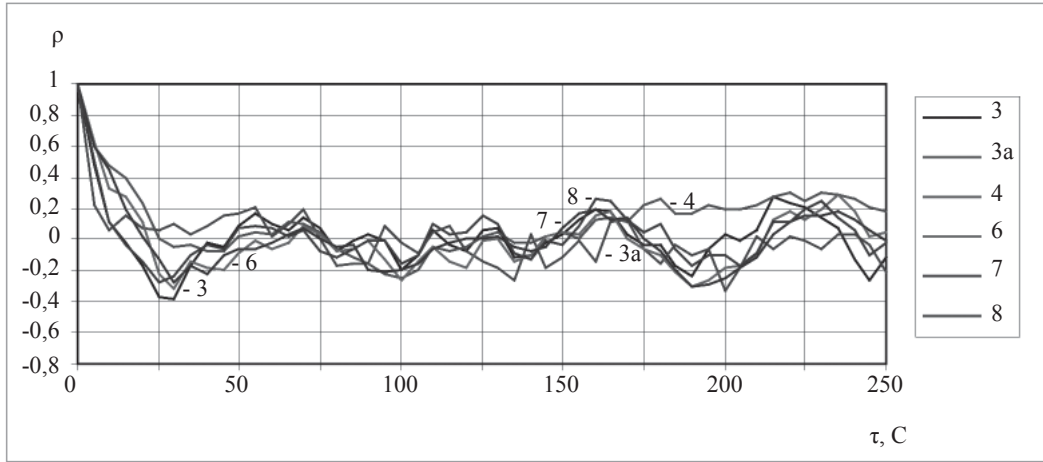
Расчеты показали, что наиболее информативными являются статистические характеристики случайных динамических рядов (функции от номера периода) характерных точек пульсовой волны. К ним относятся автокорреляционные функции (АКФ) (рис. 2.2.3а), коэффициент асимметрии (рис. 2.2.3б) и эксцесс (рис. 2.2.3в). Показано, что закон распределения амплитуд динамических рядов (рис. 2.2.3г) не соответствует известным

законам распределения случайных величин (нормальному, логнормальному, биномиальному, Бернулли, γ -распределению). Случайность этих рядов обусловлена флуктуациями параметров характерных точек единичных пульсовых волн.

Окончательное решение о выборе статистических параметров информативных точек пульсовой волны в качестве диагностических признаков и соотнесение их количественных значений с нозологическими формами по классификации тибетской медицины будет принято совместно с врачами и физиологами на завершающем этапе исследований.

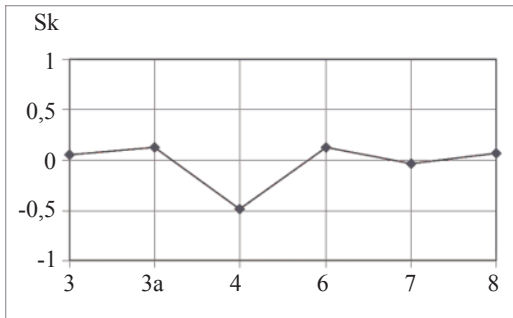
Таким образом, на последней группе рисунков рассмотрены статистические характеристики пульсовой волны и предложены некоторые диагностические признаки, которые можно использовать в медицинской практике.

Реализация на практике инструментального метода постановки диагноза показала, что пульсовая диагностика принципиально невычленима из самой системы тибетской медицины, и для решения проблемы ее объективизации и автоматизации необходимо изучить всю систему тибетской медицины – ее язык, философию, теорию, другие, кроме пульсовой диагностики, методы обследования пациента. Поэтому работа проводится (рис. 2.2.4) по трем направлениям: 1) информационные и экспертные системы, 2) объективизация и автоматизация пульсовой диагностики, 3) объективизация биологически активных точек (БАТ) тибетско-монгольской медицины и разработка на их основе электропунктурного метода диагностики. Конечная



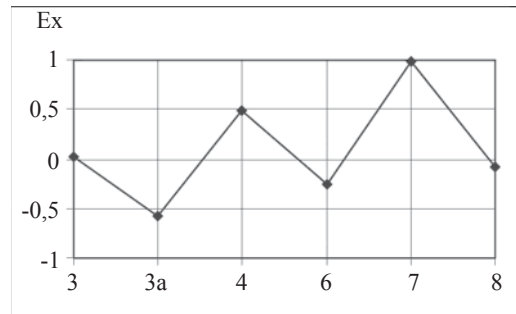
а

Коэффициент асимметрии



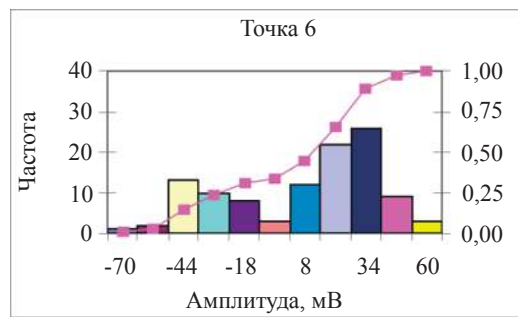
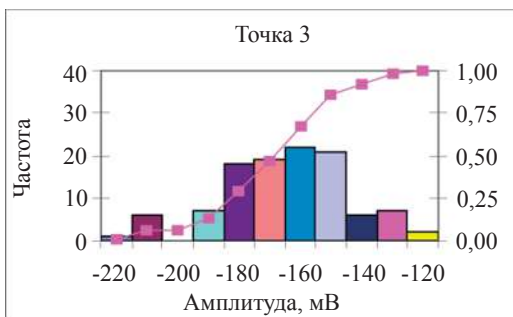
б

Экссесс



в

Закон распределения амплитуд ПВ



г

Рис. 2.2.3. Статистические характеристики динамических рядов информативных точек пульсовой волны: а – автокорреляционные функции динамических рядов информационных точек (3, 3а, 4, 6, 7, 8) пульсовой волны; б – коэффициент асимметрии; в – эксцесс; г – закон распределения амплитуд ПВ

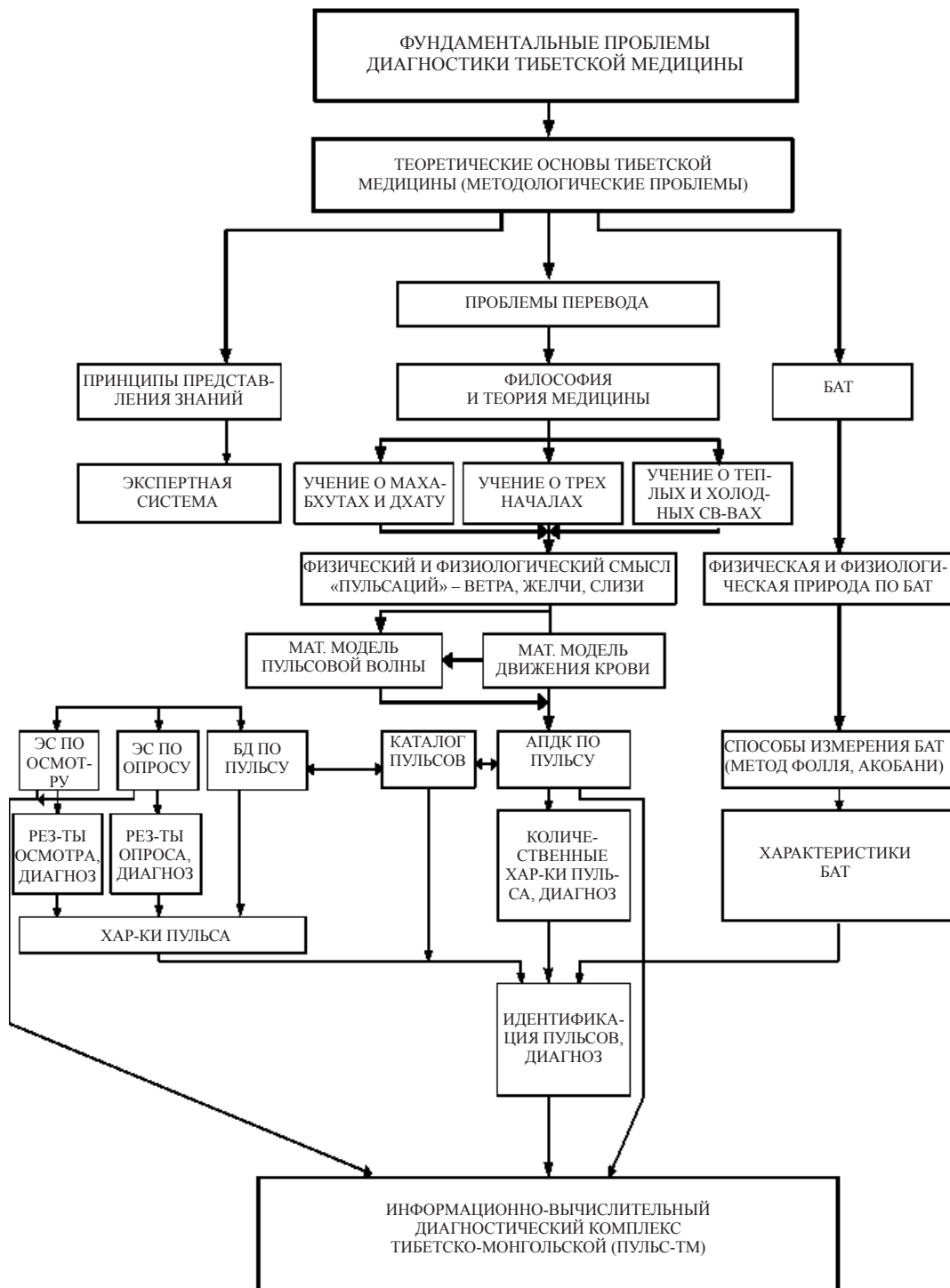


Рис. 2.2.4. Блок-схема способа диагностики

цель исследований – создание информационно-вычислительного диагностического комплекса тибетской медицины, представляющего собой синтез автоматизированного пульсодиагностического комплекса с экспертной диагностической системой. При этом первое направлено на реализацию двух методов постановки диагноза – опроса и осмотра с помощью экспертных диагностических систем. Второе – на реализацию метода диагностики по пульсу – ощупывания. Третье направление для данной работы является вспомогательным.

2.3. Прикладное значение результатов исследований метода диагностики по пульсу

Практическая значимость результатов работы лаборатории пульсовой диагностики Отдела физических проблем Бурятского научного центра (ныне лаборатории волновой диагностики живых систем ИФМ) СО РАН заключается в том, что на базе предложенных математических методов анализа пульсовой волны и устройств съема пульсограмм разработан, изготовлен и апробирован автоматизированный пульсодиагностический комплекс (АПДК, представлен на рис. 2.3.1 и 2.3.2), удовлетворяющий канонам пульсовой диагностики заболеваний в тибетской медицине.

Комплекс предназначен для контроля общего физиологического состояния человека и одновременно двенадцати внутренних органов. Возможность комплекса – доклиническая (ранняя) диагностика функционального состояния внутренних органов в течение 7–10 минут. Выполняемые функции – синхронная регистрация и обработка шести пульсограмм лучевых артерий на обеих руках человека с помощью персонального компьютера. Комплекс разрешен и рекомендован Министерством здравоохранения (МЗ) Республики Бурятия (РБ) для использования в медицинских и научных учреждениях региона и сертифицирован Бурятским сертификационным центром.

С помощью комплекса проведен фазовый (временной) анализ кардиоцикла и контурный (амплитудный) анализ пульсовых волн, который показал, что благодаря использованию разработанных нами алгоритмов обработки входных данных АПДК имеет высокую разрешающую способность, позволяет повысить точность постановки диагноза и дать оценку эффективности различных видов терапии.

Доказанный факт принадлежности по форме пульсограммы лучевой артерии к группе центральных пульсограмм позволяет перенести методики не только контурного, но и фазового анализа кривых, полученных в области сердца и устья аорты, на пульсограмму лучевой артерии. Последнее делает эти методики более простыми и необременительными для пациента. Предложенные дополнительные диагностические признаки пульсовой волны могут быть рекомендованы для применения в клинической практике в качестве интегральных и дифференциальных показателей функционального состояния внутренних органов, функциональных систем или человека в целом, прогнозировать работоспособность человека-оператора. Инструментальный метод диагностики по пульсу может быть использован как самостоятельно (автономно), так и дополнительно к поликардиографическому и полисфигмографическому методам исследования состояния человека.

Испытания АПДК в клинических условиях показали, что неподходящее питание пациента, прием им лекарств, особенно на синтетической основе, а также несоблюдение требований к образу жизни (*правило 1*) существенно искажают картину болезни, что можно откорректировать до некоторой степени опросом. Именно так поступают практикующие тибетские врачи.

Регистрация пульса может проводиться практически в любое время дня (*правило 2*). Ночные исследования не проводились.



Рис. 2.3.1. Автоматизированный пульсодиагностический комплекс



Рис. 2.3.2. Процедура диагностики на АПДК

Конституциональный, или врожденный, пульс (*правило 6*), а также изменения в пульсации в связи со сменой времен года (*правило 7*) не столь существенны для постановки диагноза по пульсу, если принять за норму общие характеристики

пульсаций у пациента, а все отклонения от нее считать показателями заболевания.

Полученные выводы позволили снять ряд ограничений на процедуру постановки диагноза по пульсу, изложен-

ных в каноническом трактате тибетской медицины «Чжуд-ши». Снятие ограничений способствовало широкому применению автоматизированного пульсодиагностического комплекса в клинической практике.

Однако кроме отмеченных положительных моментов клинические испытания выявили ряд существенных ограничений в применении метода постановки диагноза по пульсу в рамках европейской медицины. В частности, не представляется возможным детализировать диагноз, например, в части локализации патологии в пределах одного внутреннего органа (месторасположение язв, камней, уплотненных тканей, их размер и т. п.); невозможна количественная оценка кислотности желудка, а также диагностика заболеваний мозга, уха, горла, носа и т. д.

По результатам экспериментального исследования метода диагностики по пульсу можно сделать вывод о том, что он ориентирован на особенности подхода тибетской медицины к объекту исследования – человеку и направлен, таким образом, прежде всего на установление класса болезней (*жар* или *холод*) и отклонения от равновесия трех физиологических начал (*ветра, желчи, слизи*) двенадцати внутренних органов. Такой подход к постановке диагноза отличается от соответствующего подхода в европейской медицине и не требует детализации диагноза.

Полученные в результате исследований методики и комплекс внедрены в Республиканском клиническом госпитале ветеранов войн МЗ РБ (Улан-Удэ), Московском авиационно-технологическом институте им. К. Э. Циолковского, Дворце здоровья МЗ РФ в Ростове-на-Дону, санатории-профилактории государственного университета «Львовская политехника», ГУЗ «Центр восточной медицины» МЗ РБ (Улан-Удэ) и др.

В учебном процессе госуниверситета «Львовская политехника» комплекс используется для проведения практи-

ческих занятий по специальности «Биотехнические и медицинские аппараты и системы» и является методической базой при ознакомлении студентов с принципами автоматизированного подхода в медицинской диагностике.

Результаты работы по созданию АПДК одобрены на региональной ассамблее «Здоровье населения Сибири» (Иркутск, 1995), рабочем совещании Межрегиональной ассоциации «Здравоохранение Сибири» (Улан-Удэ, 1996), заседании Президиума СО РАН (Новосибирск, 1996) и рекомендованы для широкого внедрения в практическое здравоохранение.

Автоматизированный пульсодиагностический комплекс тибетской медицины включен в список «Важнейшие законченные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы институтов Сибирского отделения РАН», представленный Министерством науки и технической политики РФ совместно с СО РАН (Новосибирск, 1996) по разделу «Медицина и здравоохранение», и рекомендован министерствам и ведомствам для инвестирования.

Возможные области применения АПДК – медицина (поликлиники, больницы и пр.; военно-врачебные комиссии, судебная медицина), спорт (отбор спортсменов, контроль тренировочного цикла, оценка общего состояния накануне и после состязания), образование (подготовка студентов мединституты, врачей в институтах усовершенствования). Круг потенциальных потребителей: министерства РФ – здравоохранения, обороны, внутренних дел, природных ресурсов, транспорта; Российское космическое агентство, частные лица.

По результатам исследований защищены 1 докторская и 4 кандидатские диссертации.

Заключение

В рамках второй части обзора основные результаты работы, полученные

в процессе комплексного изучения проблемы объективизации и автоматизации пульсовой диагностики заболеваний в тибетской медицине, можно кратко сформулировать следующим образом.

1. Установлено, что основную информацию о состоянии здоровья человека несут элементы единичной пульсовой волны лучевой артерии, имеющие устойчивый характер, связанный с протеканием физиологических процессов. К ним относятся амплитудно-временные параметры, определяемые формой пульсограммы. Это согласуется с тибетской традицией врачевания, в которой временные параметры, как правило, служат для установления взаимного соответствия пульсов, а по амплитудным параметрам производится их дифференцирование на нозологические формы.

2. Установлена высокая степень сходства формы (контура) пульсограмм сонной и лучевой артерий, а также фазовых (временных) характеристик кардицикла. Это свойство позволяет перенести методики не только контурного, но и фазового анализа с кривых, измеренных в области сердца и устья аорты (кинетокardiограмма, пульсограмма сонной артерии), на пульсограмму лучевой артерии. Процедура обследования становится более простой и необременительной для пациента. Результаты объясняют один из постулатов пульсовой диагностики заболеваний в тибетской медицине – место обследования пульса (*правило 3*).

3. На базе экспертных оценок врачей-пульсодиагностов и математически определяемых диагностических признаков пульсовых волн разработаны статистические модели пульсов *нормы* и *патологии*, пульсов болезней *жара* и *холода*. Положено начало созданию классов аппаратно фиксируемых пульсовых сигналов (каталога пульсов), соответствующих нозологическим формам болезней в тибетской медицине, как основы для объединения с ее базой знаний, которое приведет к созданию единой интеллек-

туальной системы, предназначенной для диагностики заболеваний, выработки рекомендаций по лечению и осуществления его контроля.

4. Реализация на практике инструментального метода постановки диагноза показала, что пульсовая диагностика заболеваний принципиально невычленима из самой системы тибетской медицины и для решения проблемы ее объективизации и автоматизации необходимо изучить всю систему тибетской медицины – ее язык, философию, теорию, а также, помимо пульсовой диагностики, другие методы обследования пациента.

Клинические испытания АПДК указывают на необходимость подготовки больного перед проведением диагностики состояния организма по пульсу согласно требованиям тибетской медицины (*правило 1*). Выбор времени обследования пациента (*правило 2*), определение врожденного пульса (*правило 6*) и изменения пульсаций в связи со сменой времен года (*правило 7*) не столь существенны для постановки диагноза по пульсу, как можно было ожидать. Полученные выводы позволили снять ряд ограничений на процедуру постановки диагноза болезни по пульсу, способствующих широкому применению АПДК в клинической практике.

5. Установлен ряд существенных ограничений в применении метода постановки диагноза по пульсу в рамках европейской медицины: отсутствие возможности детализации диагноза, например, в части локализации патологии в пределах одного внутреннего органа (месторасположение язв, камней, уплотненных тканей и т. п., а также их размер); количественной оценки кислотности желудка; косвенная диагностика заболеваний мозга, уха, горла, носа и т. д. Показано, что метод диагностики заболевания по пульсу «работает» в рамках системного подхода тибетской медицины к объекту исследования – человеку и направлен на установление класса болезни – *жар* или *холод* и

отклонения от равновесия трех физиологических начал – *ветра, желчи, слизи* двенадцати внутренних органов. Такой подход к постановке диагноза отличается от соответствующего подхода в европейской медицине и не требует детализации диагноза. Для повышения точности диагноза по пульсу необходимо дополнить его двумя другими методами – опросом и осмотром, реализованными в экспертных диагностических системах.

6. Намечена перспектива использования АПДК, которая определяется:

а) спектром его возможностей (функциональная диагностика внутренних органов, мониторинг при интенсивной терапии и диспансеризации населения,

входной контроль пациентов в лечебных учреждениях и последующее распределение потока больных по врачам-специалистам, обучение методам диагностики заболеваний согласно традициям тибетской медицины с помощью комплекса и экспертной системы, создание специализированных экспертных систем по тибетской и европейской медицине самими пользователями);

б) областями применения (медицина, эргономика, образование);

в) потенциальными потребителями (министерства – здравоохранения, природных ресурсов, транспорта, частные лица и т. д.).

Литература

1. Андреев Л. Б., Андреева Н. Б. Кинетокардиография. – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 1971. – 308 с.
2. Бороноев В. В. Пульсовая диагностика заболеваний в тибетской медицине: физические и технические аспекты. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2005. – 294 с.
3. Бороноев В. В., Дудин С. А. Критерий оценки функционального состояния внутренних органов по параметрам пульса // Измерительная техника. – 1997. – № 12. – С. 48–50.
4. Валтнерис А. Д., Яуя Я. А. Сфигмография как метод оценки изменений гемодинамики под влиянием физической нагрузки. – Рига: Зинатне, 1988. – 132 с.
5. Каевицер И. М. Дифференциальные кривые каротидного и югулярного пульса у здоровых людей и при некоторых пороках сердца // Кардиология. – 1968. – № 5. – С. 81–89.
6. Карпман В. Л. Фазовый анализ сердечной деятельности. – М.: Медицина, 1965. – 275 с.
7. Оболонкин В. В. Применение методов идентификации систем для анализа пульсовых сигналов: автореф. дис. ... к. т. н. – СПб., 1992. – 16 с.
8. Поединцев Г. М. О режиме движения крови по кровеносным сосудам // Развитие новых неинвазивных методов исследования в кардиологии. – Воронеж, 1983. – С. 16–35.
9. «Чжуд-ши» – канон тибетской медицины / пер. с тиб. Д. Б. Дашиева. – М.: Издательская фирма «Восточная литература» РАН, 2001. – 766 с.
10. Azargaev L. N., Boronoev V. V., Shabanova E. V. Comparative Analysis of Sphygmograms of the Carotid and Radial Arteries // Human Physiology. – 1997. – Vol. 23. № 5. – P. 567–580.
11. Chun T. Lee, Ling G. Wey. Spectrum analysis of Human Pulse // IEEE Transaction on Biomedical Engineering. – 1983. – BME-30. – № 6. – P. 348–352.
12. Ryabykina G. V., Sobolev A. V. Analisis of heart rate variability // Kardiologia. – 1996. – №10. – P. 87–97.