

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ РИТМА СЕРДЦА: ПЕРИОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О МОДУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

СИВАКОВ В.П.

*УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет»,
кафедра поликлинической терапии*

Резюме. В статье рассматриваются вопросы формирования представлений о вариабельности ритма сердца. Приведены исторические данные по пульсовой диагностике как отправной точке в становлении взглядов на рассматриваемую проблему.

Выделен период первых упоминаний о феномене вариабельности ритма сердца (XVIII век), начиная от открытия факта «дыхательной аритмии» до выявления «волн Траубе-Геринга» и «волн Майера».

В хронологическом порядке проанализированы этапы изучения волновой структуры колебаний артериального давления и сердечного ритма. Выделены четыре основных исторических периода в изучении вариабельности ритма сердца. Приведены перспективные направления в исследовании вариабельности ритма сердца.

Ключевые слова: *вариабельность ритма сердца, формирование представлений, перспективы.*

Abstract. In this article questions concerning the formation of conceptions about heart rate variability are considered. Historical data on pulse diagnosis as a starting point in the formation of views about the considered problem are presented.

The period of the first references to the phenomenon of heart rate variability (XVIII century) has been distinguished, beginning from the discovery of the fact of «respiratory arrhythmia» to the revealing of «Traube-Hering waves» and «Mayer's waves».

In the chronological order the stages of studying wave structure fluctuations of blood pressure and heart rate have been analysed. Four basic historical periods in the studying of heart rate variability have been distinguished. Promising directions in the study of cardiac rhythm variability have also been shown.

Большое внимание исследованию пульса, частоты и регулярности сердечного ритма уделяется у различных народов с древних времён. Это получило своё отражение в дошедших до нас литературных памятниках по искусству врачевания.

Современная медицина, в сравнении с представлениями древних врачей, располага-

ет гораздо большим багажом знаний, но, несмотря на отличия от современной терминологии, различия в подходах и философии медицины, древние и современные врачеватели едины в том, что сердечно-сосудистая система является системой интегральной и реагирует на всё происходящее в организме как в норме, так и при развитии патологических процессов.

В подтверждение вышесказанному наиболее точно подойдёт изречение известного врачевателя XV века Уильяма Гарвея: «Волею природы животное является творением сердца».

Адрес для корреспонденции: 210023, г. Витебск, пр-т Фрунзе, 27, Витебский государственный медицинский университет, кафедра поликлинической терапии, тел. 8 (0212) 25-68-59, e-mail: VPS2007@rambler.ru — Сиваков В.П.

Целью настоящего исследования является исторический анализ формирования взглядов на модуляцию сердечного ритма и определение перспективных направлений дальнейших исследований в данном направлении.

Становление и развитие субъективной пульсовой диагностики

Пульсовая диагностика начала свое развитие в древней Индии и Китае, откуда распространилась в другие страны. Со своих истоков и до сегодняшнего дня пульсовая диагностика не ограничивается исследованием только сердечно-сосудистой системы: по характеру пульса древние врачеватели составляли представление об организме как целостной системе (литературный памятник Древнего Китая «Канон о пульсе», датируется III в. н.э.).

По свойствам пульса проводили диагностику различных заболеваний и состояний, так как, согласно древним трактатам, опытный врач был способен различать 380 типов пульса, которые в сочетании с другими признаками имели определённое диагностическое значение.

Основателем пульсовой диагностики в Древнем Китае является философ и врач Бянь Цяо (VI век до н.э.), который применял данный метод в комплексном обследовании пациентов. В более поздний период (VI-VII вв. н.э.) необходимо отметить китайского алхимика и врача Сун Сымяо, автора тридцатитомного руководства по медицине, в том числе и по пульсовой диагностике. Долгое время труды Сун Сымяо были эталонными наставлениями по врачебному искусству для китайских врачей и врачевателей стран данного региона.

В одном из древних китайских трактатов по пульсовой диагностике, который имеет название «Ней-цзин» («Трактат о внутреннем», датируемый III веком до н.э.), указывается на важное значение исследования пульса: «Высшее искусство врача — познание причины болезни по внешнему виду больного. Ремесленник выяснит её, расспросив больного. А мастерской определит её по пульсу.» (цитируется по [13]).

Пульсовой диагностике заболеваний посвящены более поздние трактаты древних врачевателей, например китайские трактаты

«Наньцзин» [10], «Су Вэнь» [22], «Сома-раджа» [21], а также индийский трактат «Аштанга-хридая-самхита» [8].

Одним из важнейших наблюдений древних китайских врачей является определение «кругового движения крови», о котором врачеватели могут иметь представление при исследовании пульса. Время для исследования пульса приблизительно равнялось десяти минутам, нередко характеристики пульса «привязывали» к частоте дыхания пациента или лица, которое проводит исследование пульса.

Под влиянием индийской и китайской школ пульсовой диагностики формировалось и развивалось данное направление в Тибете. Наиболее значительным литературным памятником тибетской медицинской школы является четырёхтомный трактат «Чжуд-ши» (Четыре тантры) XII века, автором которого является врач Ютонг Йондан Гонпо-младший (1112-1203 гг.) [26]. Этот труд является ключевым медицинским трактатом тибетской школы, который представляет собой синтез индийской (аюрведической) и китайской медицинской традиции, где пульсовая диагностика заняла важное место. Это классический трактат тибетской медицинской традиции, полное название которого: «Сердце амриты — восьмичленная тантра тайных устных наставлений». Четыре тома «Чжуд-ши» имеют следующие названия: «Тантра основ», «Тантра объяснений», «Тантра наставлений» и «Последняя тантра».

Кроме того, необходимо отметить более поздние работы: в XVII веке «Вайдурья-онбо» (Лазурит синий) тибетского ученого-богослова Дэсрида Санчжайя-Чжамцо (1653-1705 гг.) [6] и тибетский медицинский трактат начала XX века (1921-1922 гг.) «Онцар гадон дэр дзод» (автор - врач Чойжамц) [7], которые сохранили и развили классические традиции «Чжуд-ши» в дальнейшем.

Ряд авторов после детального изучения концепции тибетской пульсовой диагностики отметили тот факт, что по многим специфическим терминам можно провести достаточно чёткую аналогию с современными представлениями, а именно: с центральной нервной системой, симпатическим и парасимпатическим отделами вегетативной нервной

системы и их влиянием на организм [1, 25].

В Древней Греции представителем александрийской школы Герофилом, который являлся учеником известного анатома Проксатора из Коса, было развито учение о пульсе и его свойствах: частоте, ритмичности, силе и наполнении [9, 14].

Данное учение получило дальнейшее развитие в Древнем Риме в работах Галена. Ибн Сина (Авиценна) в своих трудах соединил традиции античной пульсовой диагностики с традициями китайских врачей и пропагандировал данный метод в странах Ближнего и Среднего Востока, а также в Европе [11].

Для точного подсчёта частоты пульса и оценки его регулярности английский врач Джон Флойер (1649-1734 гг.) решил использовать часы с секундной стрелкой (которые заказал часовому мастеру), что гораздо упростило его работу с пациентами. Свои практические рекомендации и результаты исследования пульса он изложил в научной книге «The Physician's Pulse Watch» (Врачебные часы для исследования пульса), которая была опубликована в 1707 году [14].

В настоящее время многие врачи начинают осмотр пациента с пальпации пульса и определения его частоты и регулярности, что является традиционным и важным с клинической точки зрения. Однако в бытность Джона Флойера (начало XVIII века) разработанная им методика не получила должного внимания со стороны врачей. Лишь в середине XIX века исследование пульса закрепилось во врачебной практике и стало рутинной медицинской манипуляцией.

Открытие и осмысление феномена периодических колебаний артериального давления и вариабельности ритма сердца

Традиционно считается, что первое упоминание о вариабельности сердечного ритма относится к XVIII веку. Открытие данного феномена принадлежит английскому физиологу S. Hales, который в 1733 году опубликовал книгу, посвящённую изучению кровообращения лошади [33, 49]. В одном из разделов своей научной работы он описал влияние дыхания

на частоту пульса и кровяное давление.

В 1760 году вышло научное издание в восьми томах, автором которого являлся физиолог из Швейцарии А. Haller. Во втором томе данного труда указывалось на тот факт, что сердечный ритм здорового человека непостоянен и в норме подвержен некоторой вариабельности [34].

Почти через девяносто лет, в 1846 году, немецкий физиолог С. Ludwig выявил феномен возрастания частоты сердечных сокращений при вдохе и её снижения при выдохе, данная зависимость позднее получила название «дыхательная синусовая аритмия» [38]. Кроме того, он выявил зависимость давления крови от фаз дыхания и назвал эту закономерность «волнами кровяного давления». Вопросам изучения дыхательной аритмии были посвящены работы немецкого физиолога Е. Hering (1871), который изучал возрастную зависимость данного феномена [35].

Недыхательные волны колебаний артериального давления с периодикой около 10 секунд открыл немецкий врач L. Traube в 1865 году [46], данные волны были названы «волнами Траубе», а периодика колебания артериального давления, синхронная с дыханием, получила название «волны Геринга»; волны колебания артериального давления с периодикой, превышающей дыхательную, получили название по фамилии немецкого физиолога S. Mayer, который их обнаружил и описал, «волны Майера» (1876) [40]. Вышеперечисленная периодика волн не только прослеживается при изучении артериального давления, но и выявляется при анализе сердечного ритма.

Физиологом Н.Е. Hering в 1910 году было доказано, что «дыхательный феномен сердечного ритма», а именно: увеличение частоты сердечных сокращений во время вдоха и её замедление при выдохе (дыхательная аритмия) являются отражением деятельности блуждающего нерва [36]. Далее, в 1927 году, Н.Е. Hering предположил ассоциацию учащённого сердечного ритма на вдохе с рефлекторным снижением тонуса блуждающего нерва при механическом раздражении его нервных окончаний в лёгочной ткани [37].

При исследовании кардиоинтервалограмм физиологи A. Fleisen и R. Backman в 1932 году наблюдали «недыхательные» колебательные процессы, которые превышают дыхательные колебания (30 с и более) [32]. Кроме того, эти авторы с целью математического описания общей вариабельности сердечного ритма предложили вычислять показатель математического ожидания (стандартное отклонение интервалов R-R всего исследуемого участка записи электрокардиограммы).

Считается, что наличие «недыхательных» волн обусловлено функционированием вазомоторных центров, а также колебаниями артериального давления [30, 41]. Данные периодические составляющие сердечного ритма всесторонне изучались [42], однако до настоящего времени их физиологическая интерпретация уточняется.

В дальнейшем различными исследователями проводилась работа по объяснению происхождения периодических составляющих сердечного ритма и их «привязке» к конкретным анатомическим структурам организма, уточнялась роль блуждающего нерва [17, 28, 29].

Американские физиологи A. Rosenbluth и A.F. Simeone в 1934 году выдвинули предположение, что медленные колебания сердечного ритма являются проявлением модулирующего влияния симпатического отдела вегетативной нервной системы, а быстрые дыхательные волны – проявлением модулирующего влияния на сердечный ритм парасимпатического отдела вегетативной нервной системы [44], что было подтверждено дальнейшими исследованиями в данном направлении [27, 43].

При дальнейшем изучении волновой структуры по данным плетизмографии была создана рабочая классификация, которая применима и при исследовании сердечного ритма [15, 12]:

1. Волны I порядка.
2. Волны II порядка – дыхательные.
3. Волны III порядка, или α -волны (частота 3-6 в минуту).
4. Волны IV порядка, или β -волны (частота 1-2 в минуту).
5. Волны V порядка, или γ -волны (частота 1-8 в час).

Данная классификация для практического применения несколько упрощена, и в ней выделяют три периодические составляющие, по которым определяются модулирующие влияния на деятельность сердца.

Рядом авторов предлагались математические модели деятельности сердечно-сосудистой системы, которые помогли пониманию процессов её регуляции. Так, B. Sayers в 1973 году предложил модель регуляции артериального давления [45], Van der Pol, B. и Van der Mark, J. в 1927 году представили электрическую модель сердечных сокращений [47], Warner, H.R. и Cox, A. в 1962 году создали математическую модель управления сердечным ритмом посредством эфферентной информации симпатических и парасимпатических нервов [48].

Кибернетическую компьютерную модель функционирования синусового узла (опираясь на феномен дыхательной аритмии) предложил M. Clynes в 1960 году. Данная модель была разработана на основе расчёта комплекса «дыхание - вагусное торможение» [31].

На территории стран СНГ метод исследования вариабельности ритма сердца развивается достаточно давно, а с 60-х годов прошлого века данный метод начал интенсивно развиваться в области космической медицины [19, 18]. Приобретён огромный теоретический и практический опыт, который с успехом применяется в клинической практике.

В работах Р.М. Баевского разрабатывалась модель регуляции сердечного ритма, основанная на двух контурах регуляции: центральном (подкорковые и высшие вегетативные центры, корковые механизмы регуляции) и автономном (синусовый узел, блуждающие нервы, ядра блуждающего нерва в продолговатом мозге) [4, 5]. Данная теория в дальнейшем разрабатывалась и дополнялась различными авторами.

В 1999 году А.Н. Флейшман, опираясь на теорию Р.М. Баевского, предложил модель нервной регуляции ритма сердца, которая основана на четырёх уровнях регуляции: сегментарном (автономный), стволовом, гипоталамическом, полушарном [23, 24].

Основным математическим направлением изучения вариабельности ритма сердца

был анализ статистических и графических характеристик отрезка кардиоинтервалограммы, а именно: частота сердечных сокращений, среднее значение интервала R-R, стандартное отклонение интервалов R-R (математическое ожидание), вариационный размах, коэффициент вариации, показатель моды, показатель амплитуда моды, коэффициент асимметрии, коэффициент эксцесса. По вышеперечисленным характеристикам рядом авторов были предложены интегральные показатели, на основании которых можно судить о модулирующем влиянии на сердечный ритм [4, 20]. Использовались следующие интегральные показатели: индекс вегетативного равновесия, вегетативный показатель ритма, показатель адекватности процессов регуляции и индекс напряжения регуляторных систем.

В Советском Союзе в одной из работ И.Г. Нидеккера в 1968 году был предложен для анализа variability ритма сердца спектральный метод оценки ритмограммы, что дало новый толчок исследованиям в данном направлении [16]. Этот метод получил дальнейшее развитие и клиническое применение при оценке variability ритма сердца как в норме, так и при патологии различных органов и систем.

У зарубежных ученых также наблюдается интерес к проблеме variability ритма сердца, особенно после выхода статьи S. Akselrod [27]. Данная работа была посвящена применению спектрального анализа сердечного ритма, однако это произошло только в 1981 году.

Постепенно развивались методики, анализирующие нелинейные компоненты колебаний сердечного ритма, которые являются дополнительными к традиционным методам исследования variability ритма сердца во временной и частотной областях.

В 1996 году в ряде зарубежных медицинских журналов вышли международные стандарты по исследованию variability ритма сердца [39], которые, к сожалению, не учитывают огромный опыт, приобретённый в данном научном направлении в странах СНГ.

В 2001 году из печати вышло несколько важных обобщающих работ Р.М. Баевского и

соавт., которые посвящены проблемам исследования variability ритма сердца в плане методологической стандартизации и интерпретации полученных данных. В журнале «Ультразвуковая и функциональная диагностика» вышла статья «Variability сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения» [3], а в журнале «Вестник аритмологии» вышли методические рекомендации «Анализ variability ритма при использовании различных электрокардиологических систем», которые обобщают опыт отечественных исследователей и опыт зарубежных коллег [2].

Перспективные направления исследования variability ритма сердца

До настоящего времени методы исследования variability ритма сердца совершенствуются, и появляются всё новые предложения по применению различных математических способов анализа модуляции сердечного ритма, а именно:

- экспонента Херста,
- анализ $1/f$ наклона масштабированного спектра Фурье,
- корреляционная размерность,
- график Пуанкаре-Лоренца,
- энтропия Колмогорова-Смирнова,
- гистограмма числа событий и фактор Фано,
- приближённая энтропия $ApEn$,
- фрактальная размерность,
- кластерный спектральный анализ,
- экспонента Ляпунова,
- вэйвлет Хаара,
- стандартное отклонение вэйвлет-преобразования $\sigma_{wav}(m)$, связь вэйвлет-измерений $\sigma_{wav}(m)$ и спектральных измерений $S_i(f)$,
- фактор Аллана $A(T)$,
- анализ отклонений с исключённым трендом $DFA(m)$,
- показатель степени (α_p) анализа отклонений с исключённым спектром, показатель степени (α_w) вэйвлет-преобразования,
- критерий перенормированной энтропии,
- метод масштабного индекса,

- детрендный анализ флуктуаций,
- тонально-энтропийный анализ,
- информационная энтропия,
- критерий бинарной энтропии,
- анализ информационных областей и другие математические методы.

Перечисленные новые математические методы чаще применяются для описания непериодических составляющих сердечного ритма, что представляет собой важную, но сложную задачу. Результаты использования вышеприведённых методов являются неоднозначными и требуют дальнейшего изучения.

Заключение

На протяжении долгого времени анализ variability ритма сердца являлся актуальной проблемой кардиологии. Интерес к данной проблеме остаётся, а методы, позволяющие более глубоко изучить различные модуляции сердечного ритма, совершенствуются.

Таким образом, при анализе формирования представлений о variability ритма сердца, на наш взгляд, можно выделить четыре основных периода:

I. Период становления и развития методов субъективной пульсовой диагностики.

II. Период открытия и осмысления феномена периодических колебаний артериального давления и variability ритма.

III. Период анатомо-физиологической «привязки» выявленного феномена.

IV. Разработка методологических стандартов исследования variability ритма сердца, клиническое применение данного метода при норме и при патологии. Данный этап продолжается до настоящего времени.

Литература

1. Бадмаев, П.А. Главное руководство по врачебной науке Тибета «Чжуд-ши» / П.А. Бадмаев. – СПб., 1903.
2. Анализ variability ритма сердца при использовании различных электрокардиологических систем: методические рекомендации / Р.М. Баевский [и др.] // Вестник аритмологии. – 2001. - № 24. – С. 65-87.
3. Баевский, Р.М. Variability ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2001. - № 3. – С. 108-127.
4. Баевский, Р.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р.М. Баевский, О.И. Кириллов, С.З. Клёцкин. – М.: Наука, 1984. – 221 с.
5. Баевский, Р.М. Синусовая аритмия с точки зрения кибернетики // «Математические методы анализа сердечного ритма» / Тезисы Всесоюз. симпозиума / Р.М. Баевский. – М., 1968. – С. 9-23.
6. Базарон, Э.Г. «Вайдурья-онбо» - трактат индо-тибетской медицины / Э.Г. Базарон, Т.А. Асеева. – Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1984. – 116 с.
7. Базарон, Э.Г. «Онцар гадон дэр дзод» - тибетский медицинский трактат: Пер. с тибетского / Предисл. Э.Г. Базарона, В.Н. Пупышева. – Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1989. – 161 с.
8. Вабхата. Аштанга-хридая-самхита (yan-lag brgyad-ra'i snying-po bsdu-s-pa). – Т. 118 нартанского «Данчжура». – Л. 156-337а. – Ксилограф.
9. Гиляровский, С.А. Пропедевтика внутренних болезней / С.А. Гиляровский. – М., 1965. – С. 9.
10. Дубровин, Д.А. Трудные вопросы классической китайской медицины (Трактат Наньцзин) / Д.А. Дубровин. – Л.: Акта-пресс, 1991. – 227 с.
11. Ибн Сина (Авиценна). Канон врачебной науки / Ибн Сина (Авиценна). – Ташкент, 1954. – Кн. 1. – С. 240-262.
12. Карпенко, А.В. Выделение катехоламинов с мочой и структура сердечного ритма при умственном труде различной напряжённости: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. / А.В. Карпенко. – Киев: Ин-т физиологии АН УССР, 1976. – 18 с.
13. Линде, В.А. Пульсовая диагностика / В.А. Линде. – СПб: Центр гомеопатии, 2006. – 40 с.
14. Марчукова, С. Медицина в зеркале истории / С. Марчукова. – М.: Европейский дом, 2003. – 272 с.
15. Навакатилян, А.О. Возрастная работоспособность лиц умственного труда / А.О. Навакатилян, В.В. Крыжановская. – Киев: Здоровье, 1979. – 206 с.
16. Нидеккер, И.Г. Некоторые проблемы спектрального анализа ритмов сердца // «Применение математических методов для анализа ритма сердечных сокращений». «Математические методы анализа сердечного ритма» / В сб. докладов Симпозиума / И.Г. Нидеккер. – М.: Наука, 1968. – 169 с.
17. Овсяников, Ф.В. Избранные произведения / Ф.В. Овсяников. – М.: Медгиз, 1955. – 400 с.
18. Парин, В.В. Космическая кардиология / В.В. Парин, Р.М. Баевский, Ю.Н. Волков, О.Г. Газенко. – Л.: Медицина, 1967. – 206 с.
19. Парин, В.В. Достижения и проблемы современной космической кардиологии / В.В. Парин, Р.М. Баевский, О.Г. Газенко // Кардиология. – 1965. – Т. 5., № 3. – С. 3-12.
20. Сидоренко, Г.И. Ранняя инструментальная диагностика гипертонической болезни и атеросклероза / Г.И. Сидоренко. – Минск: Беларусь, 1973. – 232 с.
21. Сома-раджа (Sman-dpyad zla-ba'i rgyal-po). – Выходные данные и датировка не определены.

22. Су Вэнь. Ней цзин: трактаты по традиционной китайской медицине на основе древних и современных текстов: пер. с кит. – Кемерово: Серсон, 1994. – 448 с.
23. Флейшман, А.Н. Вариабельность ритма сердца и медленные колебания гемодинамики: нелинейные феномены в клинической практике / А.Н. Флейшман. – Новосибирск: Из-во СО РАН, 2009. – 264 с.
24. Флейшман, А.Н. Концептуальные модели анализа медленных колебаний гемодинамики // «Медленные колебательные процессы в организме человека: теория, практическое применение в клинической медицине и профилактике» / Сб. материалов II Симпозиума / А.Н. Флейшман. – Изд. НИИ КПП ПП СО РАМН: Новокузнецк, 1999. – С. 18-23.
25. Хунданов, Л.Л. Слово о тибетской медицине / Л.Л. Хунданов, Л.Л. Хунданова, Э.Г. Базарон. – Улан-Удэ: Бурят. кн. изд-во, 1979.
26. Чжуд-ши (bdud-rtsi snying-po yan-lag brgyad-pa'i gsanpa man-ngag-gi gnyud) / Ксилограф на тибетском языке. – Изд.: Агинского дацана (конец XIX века). – 401 л.
27. Akselroad, S. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat to beat cardiovascular control / S. Akselroad, D. Gordon, F.A. Ubel, D.C. Shannon, A.C. Barger, R.J. Cohen // Science. – 1981. – Vol. 213. – P. 220-222.
28. Bainbridge, F.A. The relation between respiration and the pulse rate / F.A. Bainbridge // J. Physiol. Lond. – 1920. – № 54. – P. 192-202.
29. Brown, G.L. The action of a single vagal volley on the rhythm of the heart beat / G.L. Brown, J.C. Eccles // J. Physiol. – 1934. – № 82. – P. 211-241.
30. Burinek, P. Relation des oscillation non-respiratoires du rythme cardiaque avec les endes de la pressian du sany ches la Lapin / P. Burinek, J. Penaz // Arch. Intern. Physiol. et biochim. – 1957. – Vol. 65, № 2. – P. 315-323.
31. Clynes, M. Respiratory sinus arrhythmia: laws derived from computer simulation / M. Clynes // J. Appl. Physiol. – 1960. – № 5. – P. 863-874.
32. Fleisen, A. Die raschen Schwankungen der Pulsfrequenzregistrier mit dem Pulsfettsschreiber / A. Fleisen, R. Beckman // Ztschr. Gesamte exp. Med. – 1932. – Bd. 80, № 364. – S487-S510.
33. Hales, S. Statical essays: Containing haemastatics. An account of some hydraulick and hydrostatical experiments made on the blood and blood-vessels of animals / S. Hales. – London: W. Innys, R. Manby, and T. Woodward, 1733. – 361 p.
34. Haller, A. Elementa physiologiae corporis humani / A. Haller. – In 8t. – Lausame: S. D'Arnay, 1760, T. 2. – Lib. 6. – P. 330-332.
35. Hering, E. Über eine reflectorische Beziehung zwischen Lunge und Herz / E. Hering // Sitzber. Akad. Wiss. Wien. – 1871. – № 64. – S. 333-353.
36. Hering, H.E. A functional test of heart vagi in man / H.E. Hering // Menschen Munchen Medizinische Wochenschrift. – 1910. – № 57. – P. 1931-1933.
37. Hering, H.E. Die Karotisclunusreflexe auf Herz und Gefases / H.E. Hering. – Leipzig, 1927.
38. Ludwig, C. Beitrage zur Kenntnis des Einflusses der Respiration-sbewegungen auf den Blutlauf im Aortensysteme / C. Ludwig // Muller's Archiv fur anatomie. Physiologie und Wissenschaftliche Medicin. – 1847. – № 13. – S. 242-302.
39. Malik, M. Guidelines for heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task force of the European Society of Cardiology and the North American Society of pacing electrophysiology / M. Malik, J.T. Bigge, A.J. Camm, R.E. Kleiger, A. Malliani, A.J. Moss, P.J. Schwartz // European Heart Journal. – 1996. – Vol. 17, № 3. – P. 354-381.
40. Mayer, S. Studien zur Physiologie des Herzens und der Blutgefasse: 5. Abhandlung: uber spontane Blutdruckschwankungen. Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe / S. Mayer // Anatomie. – 1876. – Vol. 3, № 74. – P. 281-307.
41. Penaz, J. Dynamics of the mechanisms controlling the blood pressure and heart rate / J. Penaz // In. Proc. 5th Nat. Congr. Czechosl. Phys. Soc., 1963. – P. 147-149.
42. Penaz, J. Mayer waves: History and methodology / J. Penaz // Automedica. – 1978. – Vol. 2. – P. 135-141.
43. Pomeranz, B. Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis / B. Pomeranz, R.B. MacAulay // Am. J. Physiol. – 1985. – Vol. 258. – P. H151-H153.
44. Rosenblueth, A. The interrelations of vagal and accelerator effects on the cardiac rate / A. Rosenblueth, F.A. Simeone // Am. J. Physiol. – 1934. – № 110. – P. 42-55.
45. Sayers, B.M. Analysis of heart rate variability / B.M. Sayers // Ergonomics. – 1973. – Vol. 16, № 1. – P. 17-32.
46. Traube, L. Über periodische Thatigkeits-Aeusserungen des vasomotorischen und Hemmungs-Nervencentrums / L. Traube // Centralblatt fur die medicinischen Wissenschaften, Berlin. – 1865. – Lg. 3, № 56. – S. 881-885.
47. Van der Pol, B. The heartbeat considered as a relaxation oscillator and an electrical model of the heart / B. Van der Pol, J. Van der Mark // Phil. Mag. – 1928. – № 6. – P. 763-775.
48. Warner, H.R. A. Mathematical model of heart rate control by sympathetic and vagus efferent information / H.R. Warner, A. Cox // J. Appl. Physiol. – 1962. – № 17. – P. 349-355.
49. West, J.B. Stephen Hales: neglected respiratory physiologist / J.B. West // J. Appl. Physiol. – 1984. – Vol. 57, № 3. – P. 635-639.