

УДК 612.72.2+616.12-00.8.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАбельНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА С ПОМОЩЬЮ СТАТИЧЕСКИХ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ*Худякова Л. А., Багатенкова А. И., Гончарова Д. М.**Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорського», г. Киев, Украина**E-mail: luda@phbme.kpi.ua, bogatonkoviv@inbox.ru, dashazz2008@gmail.com*

Заболелания сердца в последние десятилетия вышли на первый план. Наука не стоит на месте, с каждым годом появляются новые методы диагностики и лечения. На смену давно известных методов диагностики и лечения приходят новые. Успешным примером, может служить анализ микроальтернаций ЭКГ, который позволяет предугадать начало сердечнососудистой патологии. Одним из современных методов оценки взаимосвязи сердца и нервной системы является оценка вариабельности сердечного ритма (ВСР).

Анализ вариабельности сердечного ритма дает возможность оценить функциональное состояние человека, кроме того позволяет следить за динамикой и выявлять патологические состояния. Позволяет получить информацию об адаптационных резервах организма, что дает возможность предугадать сбои в работе сердечнососудистой системы.

В статье рассмотрена информационная технология в виде программного обеспечения, используя которую можно обрабатывать результаты исследований вариабельности сердечного ритма, которые получены с помощью специализированного прибора, и сохранены в виде числового массива данных. Программное обеспечение написано при помощи MatLab, и исследует массив данных с помощью статистических и геометрических методов. Также проведен краткий анализ результатов.

Ключевые слова: *вариабельность сердечного ритма, статистические методы, геометрические методы, RR-интервал.*

Введение

Вегетативная сердечно-сосудистая регуляция в настоящее время является объектом пристального внимания нейрофизиологов и кардиологов. Заболелания сердца в последние десятилетия вышли на первый план, с каждым годом появляются новые методы диагностики и лечения, которые помогают бороться с заболеланиями различной этиологии, в частности, с заболеланиями сердечно-сосудистой системы.

Известно, что сердце является своеобразной автономной системой с собственной «электро-станцией» – узлами, в которых образуются нервные импульсы, заставляющие сердечные стенки сокращаться. Однако каким бы самостоятельным не было сердце, на него оказывает влияние нервная система, как симпатическая, так и парасимпатическая, что может привести к сбоям в работе сердца. На смену давно известных методов диагностики и лечения приходят новые. Успешным примером, может служить анализ микроальтернаций ЭКГ, который позволяет предугадать начало сердечно-сосудистой патологии.

По мере появления все большего количества устройств, обеспечивающих автоматическое измерение ВСР, у кардиолога появляется достаточно простой инструмент для решения как исследовательских, так и клинических задач. Однако смысл и значимость многих показателей ВСР более сложны, чем принято считать, а следовательно,

существует потенциальная возможность неверных заключений и необоснованных экстраполяций. Осознание этой проблемы Европейским кардиологическим обществом и Североамериканским обществом стимуляции и электрофизиологии привело к созданию совместной Рабочей группы для разработки соответствующих стандартов. Основными задачами этой Рабочей группы являлись стандартизация номенклатуры и разработка определений терминов, спецификация стандартных методов измерения, определение физиологических и патофизиологических коррелятов, описание клинических показаний к применению и определение областей исследовательского поиска. Для решения этих задач состав Рабочей группы был собран из представителей различных областей математики, проектирования, физиологии и клинической медицины. Стандарты и предложения, приведенные в данном документе, призваны не ограничивать дальнейшее развитие, а наоборот, обеспечивать возможность сравнения и интерпретации результатов и вести к дальнейшему прогрессу в данной области.

Термин "Вариабельность сердечного ритма" стал общепринятым термином при описании изменений, как частоты сердцебиений, так и интервалов RR. Для описания колебаний последовательных сердечных циклов в литературе использовались иные термины, такие как вариабельность длины цикла, вариабельность периодов сердца,

вариабельность RR интервалов и тахограмма RR интервалов. Эти термины позволяли подчеркнуть, что предметом исследования является именно интервал между последовательными сокращениями, а не частота сердечных сокращений. Однако они не получили такого широкого распространения, как BCP, поэтому в данной статье будет использоваться термин BCP.

Обоснование метода

Вариабельность сердечного ритма - это естественные изменения интервалов между сердечными сокращениями (длительности кардиоциклов) нормального синусового ритма сердца. Этими интервалами и являются выше описанные RR-интервалы, или по-другому NN-интервалы (Norman to Norman). Термин «вариабельность» означает такое свойство биологических процессов, которое связано с необходимостью приспособления организма к изменяющимся условиям окружающей среды. Иначе говоря, вариабельность — это изменчивость различных параметров, в том числе и ритма сердца, в ответ на воздействие каких-либо факторов. Следовательно, вариабельность сердечного ритма отражает работу сердечно-сосудистой системы и работу механизмов регуляции целостного организма.

Учеными была обнаружена взаимосвязь между вегетативной нервной системой и смертностью от сердечно-сосудистых заболеваний, включая внезапную смерть.

Вариабельность сердечного ритма представляет собой наиболее удобный показатель, благодаря которому можно оценить эффективность взаимодействия сердечнососудистой и других систем организма. Данный анализ становится популярным благодаря своей простоте, так как является неинвазивным, то есть без проникновения через естественные внешние барьеры организма (кожа, слизистые оболочки). Это обследование начинают активно использовать в функциональной диагностике, так как показатель вариабельности сердечного ритма позволяет дать общую оценку о состоянии пациента, так как отражают жизненно важные показатели управления физиологическими функциями организма. К ним относят функциональные резервы механизмов его управления и вегетативный баланс.

Можно условно выделить четыре направления применения методов анализа BCP:

- 1) Оценка функционального состояния организма и его изменений на основе определения параметров вегетативного баланса и нейрогуморальной регуляции.
- 2) Оценка выраженности адаптационного ответа организма при воздействии различных стрессов.
- 3) Оценка состояния отдельных звеньев вегетативной регуляции кровообращения.

4) Разработка прогностических заключений на основе оценки текущего функционального состояния организма, выраженности его адаптационных ответов и состояния отдельных звеньев регуляторного механизма.

Практическая реализация указанных направлений открывает широкое поле деятельности, как для ученых, так и для практиков. Далее предлагается ориентировочный и весьма неполный перечень областей использования методов анализа BCP и показаний к их применению, составленный на основе анализа современных отечественных и зарубежных публикаций. Характеристики BCP могут быть определены с помощью множества различных способов, каждый из которых отражает одну из сторон исследуемого явления. Обычно выделяют такие группы методов:

- 1) временной области (статистические и геометрические);
- 2) частотной области;
- 3) автокорреляционный анализ;
- 4) нелинейные;
- 5) независимых компонентов;
- 6) математическое моделирование.

В исследовании, которое рассматривается в данной статье, использовались методы временной области (статистические и геометрические). Эти методы наиболее распространены в современной медицинской практике, так как имеют хорошие прогностические свойства и корректно реализуются с помощью программных алгоритмов, которые и использовались для получения результатов, которые показаны в этой статье. Ниже дается характеристика каждого из этих типов.

Статистические методы применяются для количественной оценки BCP в исследуемый промежуток времени. При их использовании кардиоинтервалограмма рассматривается как совокупность последовательных временных промежутков (численных значений продолжительности R-R интервалов). Основные показатели статистического анализа:

- 1) Математическое ожидание (M, Mean, RRNN) - среднее значение всех R-R интервалов в выборке. Полностью коррелирует с показателем ЧСС.
- 2) Мах – значение самого продолжительного интервала R-R. При отсутствии нарушений ритма, проводимости и артефактов записи отражает активность парасимпатической нервной системы.
- 3) Мин – значение самого короткого интервала R-R. При отсутствии нарушений ритма и проводимости и артефактов записи отражает активность симпатической регуляции сердечного ритма.
- 4) Доверительный интервал – величина, показывающая доверительные границы средней арифметической величины, выход за пределы которых имеет незначительную вероятность.

5) Дисперсія – середнее из отклонений индивидуальных значений признака, возведённых в квадрат, от средней величины, т. е. это квадрат среднеквадратического отклонения. Отражает суммарную мощность всех периодических и непериодических колебаний.

6) ЧСС (частота сердечных сокращений, HR) – отражает суммарный эффект регуляции ритма сердца. Полностью коррелирует с показателем RRNN.

7) RMSSD (квадратный корень суммы разностей последовательных R-R интервалов) - отражает способность синусового узла к концентрации сердечного ритма.

8) PNN50 – процентное представление эпизодов различия последовательных интервалов более, чем на 50 мс.

В целом, статистические показатели достаточно полно характеризуют формирование кардиоинтервалов под влиянием случайных факторов. Однако, в отличие от показателей спектрального анализа, они не отражают внутреннюю структуру ряда кардиоинтервалов и не позволяют судить о механизмах, обеспечивающих наблюдаемый конечный эффект регуляторных воздействий.

Геометрические методы подвергаются меньшему влиянию со стороны качества записанных данных и могут считаться альтернативой статистическим параметрам, которые не так легко получаются. Однако время продолжительности записи должно быть как минимум 20 минут, то есть это означает, что кратковременные записи не могут оцениваться при помощи геометрических методов.

Методы вариационной пульсометрии также относятся к группе геометрических методов, и именно показатели этой группы методов были получены в результате эксперимента.

Метод был разработан в начале 60-х годов для использования в космической медицине. Сущность метода состоит в изучении закона распределения кардиоинтервалов как случайных величин в исследуемом ряду их значений с помощью специфических показателей статистического анализа. Основная разработка физиологической интерпретации показателей вариационной пульсометрии принадлежит школе Р. М. Баевского.

Анализ основан на интерпретации показателей, получаемых с помощью специального графика – интервальной гистограммы. Для построения графика кардиоинтервалы группируются по своему значению с шириной разряда (с шагом) 0,05 сек., в промежутке времени от 0,3 сек. до 1,7 сек., формируя 30 диапазонов. Значения кардиоинтервалов ниже 0,3 и выше 1,7 секунд не учитываются. Каждый диапазон значений отображается в виде столбика с высотой, соответствующей числу кардиоинтервалов, попавших в данный диапазон.

Визуально различают пять вариантов гистограмм:

- a) Нормальная гистограмма – столбец, соответствующий моде, расположен около центра.
- b) Ассиметричная гистограмма – столбец, соответствующий моде, расположен ближе к правому или левому краю изображения. Такой график указывает на нарушение стационарности процесса регуляции сердечного ритма.
- c) Эксцессивная гистограмма характеризуется очень узким основанием и заострённой вершиной. Регистрируется при стрессе или нарушении сердечного ритма (монофокусный эктопический водитель ритма).
- d) Амодальная гистограмма имеет хаотичное расположение столбцов, не позволяя выделить моду. Такой график встречается при фибрилляции предсердий, частой политопной экстрасистолии и множественных артефактах записи. Характеризуется высокой изменчивостью.
- e) Полимодальная гистограмма. Кардиоинтервалы распределяются таким образом, что формируют несколько выраженных столбцов, значение каждого из которых по своей величине близко к значению моды. Такая гистограмма встречается при аллоритмии.

Числовыми характеристиками гистограмм являются следующие показатели:

- 1) Мо (мода) – начальное значение диапазона наиболее часто встречающихся R-R интервалов. Величина моды при стационарных процессах близка к значению $X_{ср}$ (математического ожидания).
- 2) АМо (амплитуда моды, вероятность моды в процентах, максимальная относительная частота гистограммы) – количество кардиоинтервалов, соответствующих диапазону моды, которое выражено в процентах от общего количества кардиоинтервалов.
- 3) ВР (вариационный размах, ΔX , $M \times DM_n$) – разница значений максимального и минимального кардиоинтервала (указывает на максимальную амплитуду колебаний R-R интервалов).
- 4) ВПР (вегетативный показатель ритма) – отражает вегетативный баланс с точки зрения оценки активности автономного контура регуляции.
- 5) ИВР (индекс вегетативного равновесия) – отношение амплитуды моды к вариационному размаху.
- 6) ПАПР (показатель адекватности процессов регуляции) – отношение амплитуды моды к моде. Отражает соответствие между активностью симпатического отдела ВНС и ведущим уровнем функционирования синусового узла.
- 7) ИН (индекс напряжения регуляторных систем, стресс-индекс) – важнейший показатель вариационной пульсометрии, который характеризует состояние центрального контура регуляции.

Некоторые показатели вариационной пульсометрии устойчивы к эпизодам нарушений ритма, проводимости и артефактам записи. Именно поэтому метод применим в случаях, когда многие другие методы анализа ВСП (например, спектральный анализ) проводить не рекомендуется.

Практическая реализация

Для проверки действия методов на практике был поставлен эксперимент с участием пятидесяти человек, которым непосредственно на тело был установлен прибор Firstbeat Bodyguard, который регистрирует R-R интервалы. Сам прибор изображен на рисунке 1.

Были проанализированы результаты пятидесяти человек, которые вели свой обычный способ жизни. Для каждого из испытуемых взято одно исследование, которое проводилось в пределах от 7-ми часов до 3-х дней. Длительность записи зависела от самого испытуемого и особенностей его деятельности, а также от того, как он соблюдал предписания для исследования. Исследования проводились на базе Международного научно-технического Центра информационных технологий и систем НАН и МОН Украины.

Результаты эксперимента были записаны в текстовые файлы в виде числовой последовательности RR интервалов, выраженных в миллисекундах.



Рис. 1. Прибор для измерения RR-интервалов Firstbeat bodyguard

После записи результаты обрабатывались в программе MatLab. Программа работает следующим образом: считывает данные с текстового документа с зарегистрированными интервалами RR, после обрабатывает результаты с помощью формул анализа и других средств программы MatLab, и результат записывает в отдельные папки каждого испытуемого.

Графический материал был получен с помощью средств данной программы, а также при помощи программного обеспечения компании "Firstbeat". Представлено графическое представление результатов каждого из испытуемых, и приведена сведенная таблица результатов исследования.

В таблицах 1 и 2 представлены стандартные значения исследуемых параметров и их краткий анализ.

Таблица 1. Стандартные значения параметров при статистическом анализе

Параметры	Среднее значение здоровых людей			Краткий анализ
1	2			3
M [ms]	Мужчины – 0,94±0,03 с, женщины – 0,77±0,06 с.			Повышение – вероятно, отражает преобладание тонуса ПСНС и указывает на высокие функциональные возможности ССС. Снижение – характеризует активизацию более высоких уровней регуляции СР, что бывает во время физической нагрузки, при стрессе или заболеваниях ССС.
sigma=195 [ms]	До 25 лет: 70±10мс.	26-40 лет: мужчины – 60±6мс, женщины – 60±5мс.	Старше 40 лет: мужчины – 60±8мс, женщины – 50±4 мс.	Снижение свидетельствует о смещении вегетативного равновесия в сторону преобладания СНС.
HR [1/min]	60-90 ударов в 1 минуту			Повышение – означает мобилизацию ССС для обеспечения работы в неблагоприятных условиях (физическая нагрузка, стресс, болезнь), что указывает на повышение тонуса СНС. Снижение – указывает на повышение тонуса ПСНС.

Продовження табл. 1

1	2			3
RMSSD [ms]	До 25 лет: 27±12мс			Способность синусоидального узла к концентрации сердечного ритма.
CV [%]	До 25 лет: мужчины – 7,1±1,1%, женщины – 7±0,4 %.	26-40 лет: мужчины – 5,6±0,5%, женщины – 6,1±0,4 %.	Старше 40 лет: мужчины – 6,4±0,7%, женщины – 6,1±0,4 %.	Повышение свидетельствует о смещении вегетативного равновесия в сторону преобладания ПНС.
PNN50[%]	18±13%			Показатель степени преобладания парасимпатического звена регуляции над симпатическим (относительное значение).

Таблица 2. Стандартные значения параметров при геометрическом анализе

Параметры	Среднее значение здоровых людей			Краткий анализ
1	2			3
MxDMn [ms]	До 25 лет: мужчины – 0,38±0,07с, женщины – 0,29±0,02с	26-40 лет: мужчины – 0,29±0,03с, женщины – 0,29±0,03с	Старше 40 лет: мужчины – 0,28±0,06с, женщины – 0,29±0,03с	В норме отражает уровень вагусной регуляции ритма сердца.
MxRMn []	-			Коррелирует с предыдущим.
Mo=700 [ms]	Мужчины – 0,9±0,03 с, женщины – 0,76±0,05 с			Начальное значение диапазона наиболее часто встречающихся R-R интервалов
AMo [%]	До 25 лет: мужчины – 35±3%, женщины – 38,5±1,5%.	26-40 лет: мужчины – 47±3%, женщины – 43±2,1%.	Старше 40 лет: мужчины – 32±3%, женщины – 43±2,1%.	Повышение – указывает на повышение активности СНС и высокую мобилизацию органов системы кровообращения. Снижение – указывает на повышение активности ПНС и относительно слабую централизацию управления сердечным ритмом.
VPR [-]	0,75±0,14			Отражает вегетативный баланс с точки зрения оценки активности автономного контура регуляции. Чем меньше ВПР, тем выше эта активность и тем в большей мере вегетативный баланс смещён в сторону преобладания ПНС.
IVR [-]	11,1±0,34			Отражает соотношение между активностью симпатического и парасимпатического отделов ВНС.
PAPR [-]	43,25±5,5			Отражает соответствие между активностью симпатического отдела ВНС и ведущим уровнем функционирования синусового узла.
IN [-]	12,5±3,8			Отличается очень высокой чувствительностью к усилению тонуса СНС: при стрессе или физической нагрузке значение ИН увеличивается в несколько раз. В норме в покое ИН колеблется в пределах 80-150 у.е.

Продовження табл. 2

1	2	3
X_min [ms]	-	Значение самого короткого кардиоинтервала в выборке.
X_max [ms]	-	Значение самого продолжительного кардиоинтервала в выборке.

Анализ полученных результатов

Проведя эксперимент с участием 50 человек, и проанализировав результаты, можно сделать следующие выводы:

1. Параметр HR (частота сердечных сокращений) повышен у 6 человек, принимавших участие в исследовании, у 1 человека – понижен. У всех остальных в норме. Повышение – означает мобилизацию ССС для обеспечения работы в неблагоприятных условиях (физическая нагрузка, стресс, болезнь), что указывает на повышение тонуса СНС. Снижение – указывает на повышение тонуса ПСНС.

2. Параметр M (математическое ожидание) понижен у 28 человек, повышен у 10 человек и в норме у 12 человек. Повышение – вероятно, отражает преобладание тонуса ПСНС и указывает на высокие функциональные возможности ССС. Снижение – характеризует активизацию более высоких уровней регуляции сердечного ритма, что бывает во время физической нагрузки, при стрессе или заболеваниях ССС.

3. Повышенные показатели Sigma и CV свидетельствуют о смещении вегетативного равновесия в сторону преобладания ПСНС.

4. Параметр АМо у большинства испытуемых понижен, что указывает на повышение активности ПСНС и относительно слабую централизацию управления сердечным ритмом.

Результаты статического и геометрического анализа ВСР приведены ниже в табл. 3.

Проанализировав полученные гистограммы 50 человек, участвовавших в исследовании, оказалось, что нормальная гистограмма наблюдается у 5 человек, ассиметричная – у 12 человек, амодальная – у 2 человек, полимодальная – 8 человек. Гистограмма нормотоника – у 7 человек. У 2 испытуемых гистограммы, на которых видно преобладание парасимпатической нервной системы. Гистограммы 4 человек – с преобладанием симпатической нервной системы, 12 гистограмм испытуемых с желудочной и суправентрикулярной экстрасистолией.

Выводы

Эксперимент является успешным, показания получены корректно. Эти исследования дали возможность продвинуться вперед в методологии и в анализе результатов ВСР, и, что крайне важно,

получена почва для исследований сердечно-сосудистой системы человека в стрессе, которая может быть получена лишь в результате большого количества реальных экспериментов для сбора статистики различных показателей с привязкой к окончательному диагнозу. Диагноз же может быть получен лишь после исследования методами, которые дают точную картину для постановки диагноза. На основе анализа ВСР нельзя дать точного диагноза, но он крайне важен для выявления патологий на ранних стадиях, а также в скрытых формах протекания.

ВСР не выдаёт точный диагноз, только показывает заблаговременно существующие неспецифические факторы риска для здоровья в процентах (до момента развития патологического процесса), так как ВСР даёт качественный и количественный анализ уровня стресса и физической подготовленности – самых основных факторов риска. На основании изученных данных можно сказать, что ВСР демонстрирует регуляторные возможности организма. Ухудшение регуляторных качеств, выявляемое данными ВСР, снижает устойчивость механизмов регуляции к воздействию внешних нагрузок как физических, так и психоэмоциональных.

При выраженной депрессии вегетативной регуляции любая значимая нагрузка выводит систему регуляции в зону неустойчивости, то есть за пределы адаптационных возможностей человека. Чем выше вариабельность, тем устойчивей системы регуляции к воздействию внешних факторов, воздействующих на организм.

При резком снижении вариабельности ухудшается качество регуляторных механизмов и, как следствие, повышается риск нарушений. Постоянное увеличение уровня риска для здоровья человека (во временном периоде свыше нескольких месяцев) может привести к развитию серьёзных нарушений в организме.

В данной публикации представлен анализ вариабельности сердечного ритма, полученного при наблюдении на людях. Для анализа использовалась запись последовательности RR-интервалов человека во время вождения автомобиля.

Анализ результатов показал, что почти все рассчитанные параметры вышли за пределы нормы, но в основном не превысили пороги патологий.

Таблиця 3. Приклади обробки результатів

Статистичний метод	Геометричний метод	Гістограма
<p>M=1010 [ms] σ=245 [ms] HR=59.1 [1/min] CV=24.2 [%] RMSSD=69.8 [ms] PNN50=40 [%]</p>	<p>MxDMn=450 [ms] MxRMn=0.727 [-] Mo=1200 [ms] AMo=10.3 [%] VPR=0.821 [-] IVR=10.1 [-] PAPR=8.55 [-] IN=4.21 [-] X_{min}=301 [ms] X_{max}=1690 [ms]</p>	
<p>M=674 [ms] σ =144 [ms] HR=89 [1/min] CV=21.4 [%] RMSSD=44 [ms] PNN50=7.3 [%]</p>	<p>MxDMn=950 [ms] MxRMn=0.406 [-] Mo=650 [ms] AMo=13.5 [%] VPR=2.28 [-] IVR=20.1 [-] PAPR=20.8 [-] IN=15.4 [-] X_{min}=301 [ms] X_{max}=1700 [ms]</p>	
<p>M=778 [ms] σ =207 [ms] HR=77.1 [1/min] CV=26.6 [%] RMSSD=144 [ms] PNN50=22.4 [%]</p>	<p>MxDMn=950 [ms] MxRMn=0.424 [-] Mo=700 [ms] AMo=13 [%] VPR=1.84 [-] IVR=16.7 [-] PAPR=18.6 [-] IN=11.9 [-] X_{min}=301 [ms] X_{max}=1700 [ms]</p>	

На современном этапе практического использования методов анализа ВСР в прикладной физиологии и клинической медицине, подходы к физиологической и клинической интерпретации данных позволяют эффективно решать многие задачи диагностического и прогностического профиля, оценки функциональных состояний, контроля эффективности лечебно-профилактических воздействий и т.п. Возможности этой методологии далеко не исчерпаны, и ее развитие продолжается.

Литература

1. Баевский Р. М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р. М. Баевский, О. И. Кириллов, С. З. Клецкин. – М.: Наука, 1984. – 220 с.
2. Баевский Р. М. Ритм сердца у спортсменов. / Р. М. Баевский, Р. Е. Мотылянская. – М.: Физкультура и спорт, 1986. – 142 с.
3. Баевский Р. М. Спектральный анализ функции сердечного автоматизма / Р. М. Баевский, И. К. Нидеккер // Статистическая электрофизиология. – Вильнюс, 1968. – 751 с.
4. Баевский Р. М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. – М.: Медицина, 1979. – 295 с.
5. Баевский Р. М. Применение вариационной пульсометрии в оценке суточной динамики сердечного ритма у больных ишемической болезнью сердца и функциональными нарушениями сердечнососудистой системы / Р. М. Баевский, Т. М. Смирнова // Кардиология. – 1978. – 18(4). – С. 44 -50.

УДК 612.72.2+616.12-00.8.3

Л. О. Худякова, А. І. Багатенкова, Д. М. Гончарова

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ ЗА ДОПОМОГОЮ СТАТИСТИЧНИХ І ГЕОМЕТРИЧНИХ МЕТОДІВ

Захворювання серця в останні десятиріччя вийшли на перший план, з кожним роком з'являються нові методи діагностики і лікування. Успішним прикладом може бути аналіз мікроальтернацій ЕКГ, який дозволяє передбачати початок серцево-судинної патології.

Одним із сучасних методів оцінки взаємозв'язку серця і нервової системи є оцінка варіабельності серцевого ритму. Аналіз варіабельності серцевого ритму дає можливість оцінити функціональний стан людини, крім того дозволяє стежити за динамікою та виявляти патологічні стани, дозволяє отримати інформацію про адаптивні резерви організму, що дає можливість передбачати збої в роботі серцево-судинної системи.

В статті розглянута інформаційна технологія у вигляді програмного забезпечення, використовуючи яке можна оброблювати результати досліджень варіабельності серцевого ритму, отриманих за допомогою спеціалізованого інструменту та збережених у вигляді числового масиву даних.

Програмне забезпечення написано за допомогою MatLab і досліджує масив даних із застосуванням статистичних і геометричних методів. Також проведений стислий аналіз результатів.

Ключові слова: варіабельність серцевого ритму, статистичні методи, геометричні методи, RR-інтервал.

L. O. Khudyakova, A. I. Bahatenkova, D. M. Honcharova

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

STUDY OF HEART RATE VARIABILITY USING STATISTICAL AND GEOMETRICAL METHODS

Cardiac disorders have dominated in recent decades. New methods appear to replace the long familiar diagnostic and therapeutic ones. The analysis of micro-alternations of the ECG allowing prediction of the onset of cardiovascular pathology can serve as a successful example.

One of the up-to-date methods of assessing the heart-nervous system relationship is the assessment of heart rate variability.

The analysis of heart rate variability makes it possible to assess the human functional state and, moreover, allows keeping track of the course and detecting the pathological conditions. It allows receiving information on adaptation reserves of the body, which makes it possible to predict disorders in the cardiovascular system.

This article deals with the information technology in terms of software which can be used to process the results of studies of heart rate variability obtained with the use of a specialized instrument and saved as a numeric array of data.

The software has been written using MatLab and investigates the array of data by applying statistical and geometrical methods. The brief analysis of results has also been carried out.

Keywords: heart rate variability, statistical methods, geometrical methods, RR-interval.

Надійшла до редакції
10 березня 2017 року

Рецензовано
24 березня 2017 року

© Худякова Л. А., Багатенкова А. И., Гончарова Д. М., 2017

УДК 612.171.1+004.852

МОДИФИКАЦИИ ПРОЦЕДУР ОТБОРА ПРИЗНАКОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ИХ РАСПОЗНАВАНИЯ

^{1, 2)}Шачиков А. Д., ²⁾Шелофаст В. А., ²⁾Шуляк А. П.

¹⁾Университет Лотарингии-INRIA-CNRS F-54506 Нанси, Франция,

²⁾Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского", г. Киев, Украина

E-mail: Andrii.shachykov@gmail.com, vitalyshelofast@gmail.com, shulyak.alex@mail.ru

Продуктивным направлением повышения качества распознавания сигналов в системах, обучаемых с учителем, является формальный статистический отбор для использования наиболее информативных признаков. В статье раскрываются формирование модификаций процедур отбора признаков при корреляционном походе к распознаванию сигналов и возможность отыскания среди этих процедур наиболее адекватно обеспечивающих выбор состава признаков в соответствии с особенностями этих сигналов и составом используемого программного инструментария.

Исследования иллюстрируются примерами обработки сигналов для задачи распознавания QRS-комплексов двух типов в записи одного отведения электрокардиограммы пациента, взятой в качестве обучающей выборки из базы данных. Представленные процедуры позволяют вскрыть и реализовать резервы повышения качества распознавания сигналов за счет отбора для использования рационального состава их признаков.

Ключевые слова: медико-биологические сигналы, распознавание, модификации процедур отбора информативных признаков, обучение с учителем.

Введение

Одним из продуктивных направлений повышения качества распознавания сигналов является формальный статистический отбор для использования наиболее информативных признаков по схеме обучения с учителем [1, 2]. В то же время, вопрос о систематизации подходов к формированию модификаций таких процедур отбора признаков и их исследованию можно считать не полностью решенным.

Целью работы является раскрытие возможностей формирования целого ряда модификаций указанных процедур при корреляционном подходе к принятию решений [3 - 7], подтверждению нетождественности получаемых с их помощью результатов, а также возможности отыскания среди них таких модификаций, которые, по фактическим оценкам достигаемого качества распознавания сигналов, наиболее адекватно отвечают особенно-

стям этих сигналов и составу используемых программных инструментов их анализа.

В качестве признаков сигналов для их распознавания рассматриваются характеристики их формы, вводимые специальным образом [6, 7].

Реализуется общий подход к отбору признаков [1, 6, 7], который состоит в том, что на обучающих выборках вскрывается наличие резервов в повышении указанного качества за счет изменения состава используемых признаков и эти резервы реализуются путем использования признаков найденного состава в дальнейшем при распознавании сигналов.

Процедуры отбора признаков – комплексные, составленные из ряда блоков решения отдельных частных задач в общей схеме [6, 7] осуществляемого отбора (рис. 1), а они, в свою очередь, могут быть представлены в некоторых разновидностях, что является предпосылкой к возникновению модификаций процедур отбора признаков.