УДК 57.08 : 612.17 : 611.1

О НЕКОТОРЫХ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДАХ К ОЦЕНКЕ АДАПТИВНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗМА

Маликов Н.В., к.б.н., доцент

Запорожский государственный университет

Проблема изучения адаптационных возможностей организма при действии различных факторов внешней и внутренней природы является одной из наиболее актуальных в современной биологии и медицине. Очевидно, что знание особенностей адаптации организма человека в возрастном, региональном, социальном и других аспектах имеет не только важное общетеоретическое значение, но и несомненное прикладное в связи с возможностью создания на этой основе эффективных профилактических и оздоровительных программ.

К настоящему времени собран достаточно обширный экспериментальный материал относительно особенностей формирования адаптационного процесса к различным факторам окружающей среды и выделения в ходе этого процесса периодов, связанных со значительным снижением адаптивных ресурсов организма. Это и особенности приспособления к условиям Крайнего Севера, Антарктиды, аридной зоны, к гипоксии, мышечным нагрузкам и т.п. Отличительной чертой данных исследований является то, что в них, несмотря на обилие экспериментального материала, дается лишь качественное описание периодов снижения адаптивных возможностей организма, в рамках которых анализируется характер изменения ведущих физиологических, психофизиологических, биохимических и других показателей. Совершенно очевидно, что в данном вопросе возникла настоятельная потребность качественного прорыва, разработки новых, достаточно точных в количественном отношении способов определения адаптационных возможностей организма на том или ином этапе его функционирования.

В связи с общепризнанным мнением относительно высоких индикационных свойств системы кровообращения при оценке адаптационных возможностей целостного организма, выбор сердечно-сосудистой системы для решения задач, связанных с данной проблемой, вполне очевиден и оправдан.

Одним из первых подходов в вопросе количественной оценки адаптационных возможностей организма необходимо признать работы Р.М. Баевского [1], впервые предложившего методику количественной оценки адаптационных возможностей на основе расчета индекса напряжения сердечно-сосудистой системы организма (ИНссс). Применение данного показателя, основанного на математическом анализе данных электрокардиограммы, позволило регистрировать реальные периоды функционального напряжения в системе регуляции сердечного ритма и, тем самым, давало необходимую информацию для разработки и применения соответствующих средств реабилитации.

Вместе с тем анализ значительного экспериментального материала, полученного рядом авторов при обследовании различных контингентов населения с использованием метода математического анализа сердечного ритма, позволил говорить и о некоторых негативных особенностях данной методики. Известно, например, что величина ЧСС (частоты сердечных сокращений), представляющая основу для расчета ИНссс, является, пожалуй, одним из самых лабильных функциональных показателей и может легко изменяться в ту или другую сторону даже при самых незначительных внешних воздействиях: изменении атмосферного давления, температуры окружающей среды, положения тела, воздействии психологических факторов и т. п. В связи с этим использование только данного параметра (ИНссс) в качестве критерия оценки адаптационных возможностей организма вызывает определенные сомнения и может быть причиной определенных погрешностей при проведении исследований, связанных с диагностикой текущего функционального состояния. Вместе с тем, выявленная в ходе подобных исследований высокая степень корреляции результатов математического анализа сердечного ритма с выраженностью сердечно-сосудистых заболеваний дает основание для дальнейшего совершенствования данного методологического подхода в системе массовых донозологических обследований.

Очень интересными в этом отношении представляются работы Р.М.Баевского [2] и А.А. Айдаралиева [3], предложивших конкретную формулу расчета адаптационного потенциала (АП) в зависимости от величины ЧСС, артериального давления, возраста, росто-весовых данных обследуемых. Смущает при этом опять же использование ЧСС, несмотря на его высокую лабильность, а также результаты последних экспериментальных исследований, не позволивших установить высокую корреляционную зависимость между предложенной формой расчета АП, уровнем функционального состояния и физического здоровья организма [4,5,6].

В связи с вышеизложенным, а также учитывая данные классической физиологии, согласно которым степень надежности любой физиологической системы определяется соотношением между уровнями ее

функционирования и функционального напряжения, нами был предложен несколько иной подход для оценки адаптивных возможностей сердечно-сосудистой системы, учитывающий соотношение между уровнем функционирования системы (оценивается по предложенной нами величине ПЭРС) и степенью функционального напряжения в ней (оценивается по величине ИНссс) [7,8,9].

Теоретической и методической основой для разработки показателя, характеризующего эффективность работы сердца и системы кровообращения в целом, послужил проведенный нами анализ имеющихся по данному вопросу литературных источников. По мнению большинства специалистов в этой области знаний [1,2,3,10,11,12], выбор обобщенного показателя, отражающего уровень функционирования системы кровообращения, величина которого оставалась бы достаточно стабильной при изменении других параметров, является очень нелегкой задачей. В этом отношении вполне уместным будет привести высказывание А.А.Айдаралиева [3], согласно которому, "…если рассматривать обобщенный показатель функционирования миокардиально-гемодинамического гомеостаза, то им является минутный объем кровообращения (МОК), хотя не менее важна его " энергетическая цена", под которой понимается расход энергии на изгнание крови или уровень внешней работы сердца…". Принимая во внимание это, безусловно справедливое утверждение, и учитывая реально существующую прямую зависимость величины МОК от такого лабильного показателя как частота сердечных сокращений (ЧСС), следует признать, что наиболее объективно эффективность работы системы кровообращения будет отражать, прежде всего, величина энергетических затрат сердца на совершение внешней работы, стабильность поддержания дискретной величины данных энергозатрат, которые и можно рассматривать в качестве эффекторного интеграла уровня функционирования сердечно-сосудистой системы. В связи с вышеизложенным возникает вопрос относительно практического определения энергетических затрат сердца или поиска функционального показателя, косвенно отражающего величину совершаемой им внешней работы.

В общем виде всю совокупность энергетических затрат сердечной мышцы при выполнении внешней работы можно представить следующим образом: 1) обеспечение функционирования Na-K- насоса для поддержания физиологически обоснованного градиента концентраций Na и K по обе стороны клеточной мембраны; 2) обеспечение процесса скольжения актино-миозиновых нитей при мышечном сокращении; 3) обеспечение работы Ca- насоса для восстановления концентрации ионов Ca, изменившейся под влиянием возникшего в клетках-водителях сердечного ритма потенциала действия (ПД) и обеспечившей процесс сокращения миокарда. Необходимо отметить, что основным источником энергии для данных процессов являются АТФ и креатинфосфат, причем ресинтез АТФ осуществляется за тысячные доли секунды как за счет креатинфосфата, так и в результате процессов гликолиза и аэробных механизмов энергообеспечения.

Анализ приведенных теоретических сведений, а также общеизвестные данные классической физиологии позволили нам придти к выводу, что объем энергозатрат сердца в значительной степени зависит от величины возникшего в клетках-водителях сердечного ритма потенциала действия, который, в свою очередь, определяет значение градиента концентраций Na, K, Ca и, следовательно, те затраты энергии, которые необходимы для восстановления физиологически детерминированных концентраций данных ионов. С достаточной долей уверенности можно говорить о том, что между объемом общих энергозатрат сердечной мышцы (Е об.), а, следовательно, величиной совершаемой ею внешней работы (А вн.), и значением сформировавшегося потенциала действия (ПД) существует прямая зависимость, которая выражается следующими соотношениями: Е об. = k (ПД) или А вн. = k (ПД).

Таким образом, можно констатировать, что в качестве критерия оценки уровня функционирования системы кровообращения возможно использование не достаточно изменчивой величины МОК, а значения потенциала действия (ПД), возникающего в клетках водителей сердечного ритма и обеспечивающего процессы возбуждения и сокращения в сердце. Вместе с тем, известно, что величина ПД в клетках миокарда в 4-5 раз превышает необходимый порог деполяризации, обеспечивая тем самым надежность процессов возникновения и проведения возбуждения в сердце. В связи с этим, при анализе возможности использования потенциала действия (ПД) в качестве критерия оценки функционирования сердечно-сосудистой системы более объективно будет говорить не столько о величине (амплитуде) ПД, сколько о его стабильности, отражающей, в конечном итоге, величину и стабильность энергозатрат миокарда на выполнение внешней работы.

Выбор в качестве критериального показателя уровня функционирования системы кровообращения величины ПД неизбежно ставит вопрос относительно методов его практического определения. По нашему мнению, наиболее адекватным в этом отношении является применение метода электрокардиографии с определенной его модификацией в соответствии с поставленными задачами. В результате теоретических и экспериментальных исследований в этом направлении нами был разработан метод амплитудной пульсометрии, отличительной особенностью которого является то, что при его использовании на ЭКГ анализируются не лабильные величины R-R интервалов в секундах, а более

стабильные значения амплитуд комплекса QRS в мв, характеризующих распространение возбуждения по желудочковой мышце.

Как известно, образование основного зубца данного комплекса (R) на ЭКГ отражает возникновение трансмембранного потенциала действия (ТМПД) в клетках синоатриального узла (водителя ритма 1 порядка), задающего основной ритм сердечных сокращений (рис.1).

Можно предположить, что если величина R-R интервала, а косвенно и ЧСС, характеризует ритмичность работы синоатриального (СА) узла, то амплитуда зубца R – величину ТМПД или электрическую активность клеток основного водителя ритма сердца, отражающего, как было показано выше, объем энергозатрат миокарда на выполнение внешней работы. От того, насколько стабильным будет значение ТМПД, зависит стабильность общего возбуждения сердца, т.к. в момент образования зубца R электродвижущая сила (э.д.с.) сердца достигает максимальных значений, а это, в свою очередь, определяет и стабильность энергозатрат миокарда и величину внешней работы, признанных рядом авторов в качестве обобщенного (интегрального) показателя эффективности функционирования системы кровообращения.

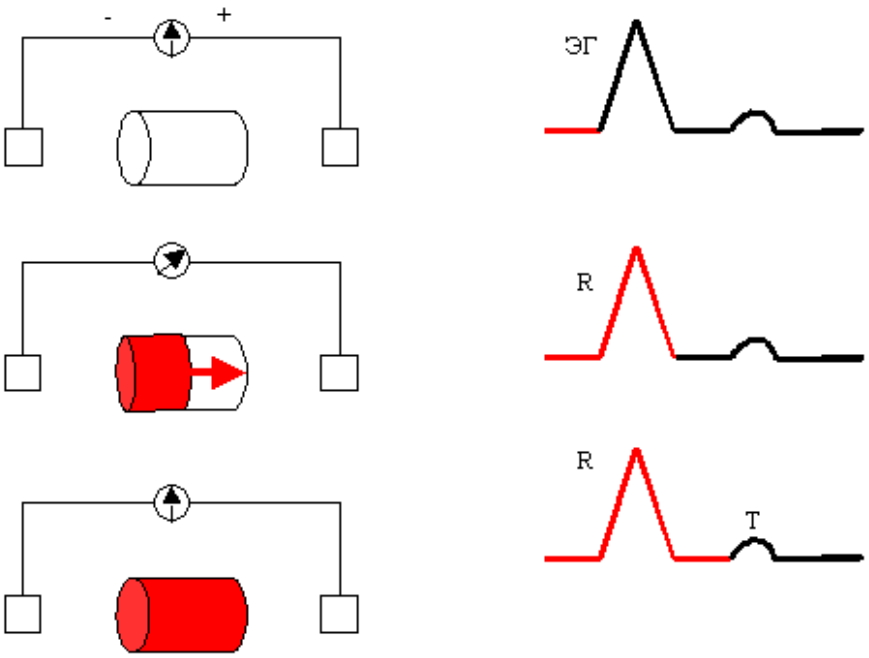

Рис.1. Формирование разности потенциалов на поверхности одиночного мышечного волокна при его деполяризации и реполяризации. *Примечание*: Заштрихованы возбужденные участки, стрелка показывает направление волны деполяризации [13].

Необходимо отметить при этом, что для более полной картины общего возбуждения желудочков целесообразной является регистрация не только величины (амплитуды) зубца R, а и всего комплекса QRS, т.к. зубцы Q и S характеризуют начальную и конечную фазы возбуждения желудочков сердца (рис.2).

Помимо вышеизложенного, важно указать также на тот факт, что по мнению некоторых авторов [14,15], наследуемость параметров ЭКГ существенно выше, чем ЧСС (соответственно 38-87% и 0-50%).

В целом можно констатировать, что в основе нашего метода лежит оценка стабильности процессов возбуждения сердца, которая может служить одной из характеристик эффективности его работы. Отличаясь от метода вариационной пульсометрии по научно-методическому подходу к оценке эффективности работы сердца, предложенный нами метод амплитудной пульсометрии практически идентичен с ним по способу расчета основных показателей.

Аналогичным образом, на основе статистического анализа определенной выборки амплитуд комплексов QRS (не менее 100), рассчитываются следующие показатели: Moh (мв) – величина наиболее часто встречающейся амплитуды комплекса; AMoh (%) – отношение числа амплитуд комплексов, соответствующих Mo, к общему числу амплитуд, выраженное в процентах; Δxh (мв) – разница между максимальным и минимальным значениями амплитуд комплексов. На основе указанных параметров рассчитывается показатель эффективности работы сердца (ПЭРС, а.е.): $ПЭРС = AMh \times Moh / 2\,\Delta\,xh$

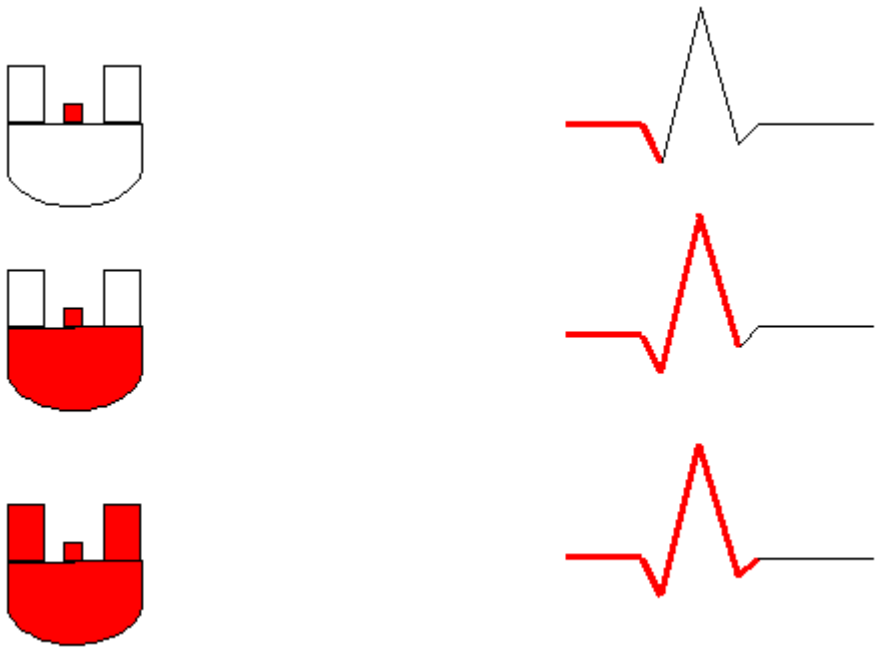

Рис.2. Формирование комплекса QRS при деполяризации желудочков [13]

А – возбуждение межжелудочковой перегородки;

Б – возбуждение правого и левого желудочков с преобладанием ЭДС левого желудочка;

В – возбуждение базальных отделов желудочков и межжелудочковой перегородки.

В соответствии с ранее изложенными теоретическими представлениями о необходимости учета при оценке адаптационных возможностей определенной физиологической системы соотношения между уровнем ее функционирования и степенью функционального напряжения в ней величину адаптационного потенциала данной системы (АП) (в нашем случае сердечно-сосудистой) предлагается рассчитывать по формуле: АП = ПЭРС / ИНссс.

В целях оценки полученной по данной формуле величины АП нами, на основе достаточно большого экпериментального материала, была рассчитана средняя (для возрастного диапазона 7-45 лет) величина АП и произведена его градация на следующее функциональные классы с учетом величины среднеквадратического (δ) отклонения от средней арифметической М:

1. Низкий (менее М - 1δ);
2. Ниже среднего (от М - 1δ до М – 0,5δ);
3. Средний АП (от М - 0,5δ до м + 0,5δ);
4. Выше среднего (от М + 0,5δ до М + 1δ);
5. Высокий (более М + 1δ).

В результате математической обработки экспериментального материала оценку адаптивных возможностей организма предлагается производить в соответствии с данными, представленными в таблице 1.

Таблица 1.- Шкала оценок АП по предложенной нами методике

№ п/п	Уровни адаптивных возможностей	Значение АП
1.	Низкий	< 0,406
2.	Ниже среднего	0,406 – 0,631
3.	Средний	0,632 – 1,084
4.	Выше среднего	1,085 – 1,310
5.	Высокий	> 1,310

Безусловно, эффективность всех предложенных показателей должна подтверждаться дальнейшими экспериментальными исследованиями. Важным направлением при этом следует признать работы, направленные на создание базы данных относительно расчета величин АП для людей различного пола, возраста, социальной, климато-географической принадлежности и т.п. К сожалению, достаточно сформированных сведений по этому вопросу в литературе пока очень мало. Знание же количественной характеристики АП для конкретной микропопуляционной группы позволит достаточно быстро выявлять периоды скрытого функционального напряжения, снижения адаптивных возможностей организма и применения на этих этапах соответствующих реабилитационных мероприятий. В связи с этим разработка современных научно-методических подходов к оценке функционального состояния различных категорий населения, их адаптивных возможностей, представляется одним из наиболее актуальных направлений в ряду работ, исследующих общие проблемы адаптации организма к факторам внешней и внутренней природы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. – М.: Медицина, 1979. – 294с.
2. Баевский Р.М. Состояние и перспективы развития проблемы прогнозирования адаптивных возможностей здорового человека // Проблемы оценки и прогнозирования функционального состояния в прикладной физиологии.: Тезисы докл. Всесоюзн.симп., Фрунзе, 1988. – С.16 – 18.
3. Айдаралиев А.А., Баевский Р.М., Берсенева А.П., Максимов А.Л., Палеев Н.Р., Шаназаров А.С. Комплексная оценка функциональных резервов организма. – Фрунзе: Илим, 1988. – 196с.
4. Лапицкая Е.М., Яцкой Ю.В. Исследование физической работоспособности школьников Кольского Заполярья // Матер. Междун. научно-практич. конференции «Физическая культура, спорт и здоровье нации», Винница, 1998. – С. 26 – 27.
5. Левченко Л.Т. Некоторые аспекты внутрииндивидуального единства и межиндивидуальных различий в локальных конституциях // Актуальные вопросы биомедицинской и клинической антропологии: Тезисы докладов. – Красноярск, 1992. – С.21 – 22.
6. Майоров О.Ю. Некоторые методические и методологические подходы к математическому анализу сердечного ритма в условиях эмоционально напряженной деятельности и эмоционального стресса // В сб.: Диагностика здоровья. – Воронеж, 1990. – С.137 – 145.
7. Маліков М.В., Дьомочка С.М., Кіман В.Я. Регіональні особливості адаптації груп населення до умов навколішнього середовища // Тез. допов. науково-практичної конферен. “Фізична культура, спорт та здоров′я нації. – Винниця, 1994. – Ч.3. – С.359 – 361.
8. Маліков М.В., Дьомочка С.М., Кіман В.Я. Оцінка стану здоров′я організму за допомогою модифікованої варіаційної пульсометрії // У кн.: Валеологічна освіта як шлях до формування здоров′я сучасної людини. – Полтава: 1999. – С.131 – 133.
9. Маликов Н.В. О новых подходах к оценке функциональных возможностей организма // Тез. Докладов 4 Международного конгресса « Олимпийский спорт и спорт для всех. Проблемы здоровья, рекреации, спортивной медицины и реабилитации». – Киев: Олимпийская литература, 2000.
10. Казначеев В.П., Баевский Р.М., Берсенева А.П. Донозологическая диагностика в практике массовых обследований населения. – Л.: Медицина, 1980. – 226с.
11. Казначеев В.П. К вопросу о конституциях человека // Бюлл. СО АМН СССР. – 1983. - №4. – С. 87 – 92.
12. Казначеев В.П., Казначеев С.В. Адаптация и конституция человека. – Новосибирск, 1986. – 120с.
13. Мурашко В.В., Струтынский А.В. Электрокардиография. – М.: Медицина, 1987. – 256с.
14. Сергиенко Л.П. Генетические маркеры в индивидуальном прогнозировании морфологических признаков и двигательных способностей спортсменов // В кн.: Фізичне виховання, спорт і культура здоровя у сучасному суспільстві. – Луцьк, 1999. – С. 1057 – 1063.
15. Шварц В.Б., Хрущев С.В. Медико-биологические аспекты спортивной ориентации и отбора. – М.: ФиС, 1984. – 151с.