

ОЦЕНКА ИНФОРМАТИВНОСТИ ПАРАМЕТРОВ ВАРИАбельНОСТИ РИТМА СЕРДЦА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОБЫ РУФЬЕ

А. Ю. Лебедев, В. И. Ярмолинский

Белорусский государственный университет, г. Минск
la_rb@mail.ru

Статья посвящена оценке информативности параметров variability ритма сердца (ПВРС) при выполнении пробы Руфье и определению места этого метода в учебном процессе по физическому воспитанию студентов.

Our work is devoted to the evaluation of informativeness of the heart rate variability (HRV) parameters in carrying out of the Ruffier test and to definition of the place of this method in the educational process in physical education of students.

К л ю ч е в ы е с л о в а: физическая культура; проба Руфье; variability ритма сердца.

К e y w o r d s: physical education; the Ruffier test; heart rate variability.

Введение. Анализ variability сердечного ритма – современная методология исследования и оценки состояния регуляторных систем организма. Отлично зарекомендовав себя в клинической практике, эта диагностическая технология с успехом продвигается в физическую культуру и спорт для определения резервов системы кровообращения и изучения особенностей адаптации к физическим нагрузкам [1; 2].

Вариability ритма сердца – явление изменчивости интервалов сердечных сокращений. Описывается variability целой группой параметров, среди которых наиболее часто используются статистические показатели временного ряда, параметры частотного распределения, физиологические индексы, спектральные характеристики, реже – показатели фрактального анализа, хаосграммы и др. Те или иные подходы требуют различных интервалов времени накопления ритмокардиограммы (РКГ). Различаются и алгоритмы расчета определенных показателей, что приводит порой к их противоречивому толкованию в публикациях. Американскими кардиологами разработан международный стандарт расчета наиболее востребованных параметров

(maxRR, miniRR, Mo, Med, SDNN, RMSSD, NN50, PNN50, LF/VLF, LF/HF и др.), но большинство их информативны в условиях записи ЭКГ в покое или при стационарной физической нагрузке. При переходных процессах используются нелинейные методы анализа РКГ.

Контроль ЭКГ осуществлялся нами отечественными приборами «Вектор-4» и «Олимп-ТМ» производства предприятия «Медиор» (Беларусь), имеющимися в арсенале средств кафедры. Они дают возможность определить группу параметров variability ритма сердца (ПВРС) непосредственно в ходе эксперимента и записать РКГ в память компьютера в ходе приседаний.

Портативность прибора «Вектор» (рис. 1) позволяет закрепить его на поясе спортсмена и использовать при нагрузочных пробах в спортзале, на стадионе, в домашних условиях. Преимущество приборов «Олимп» заключается в возможности их неограниченного подключения к компьютеру по одному частотному радиоканалу и тестирования всей учебной группы (рис. 2). Тест Руфье в приборе «Олимп» полностью автоматизирован: расчет трех значений ЧСС (покой, нагрузка, восстановление) и ИР производится в ходе выполнения теста. Программные средства приборов позволяют распечатать протоколы тестирования и проводить наложение графиков, полученных на различных этапах исследования, что упрощает анализ и выводы.

В ходе учебного процесса в период 2011–2015 гг. было протестировано более 500 студентов различных курсов и учебных отделений, изучена динамика variability у 45 студентов. При проведении экспериментов мы опирались на прежний опыт и обширный цифровой материал, полученный еще в 2000–2010 гг., по оценке ЧСС, АД и ИР у лиц различных возрастных категорий (от 2 лет до 103), уровня физической подготовки (спортсмены, обыватели, физкультурники), спортивной квалификации (от разрядников до МСМК), состояния здоровья (грипп, ОРВИ, пневмония, бронхиальная астма и др.). Это позволяло вполне объективно интерпретировать физические возможности обследуемых.

Несмотря на довольно широкий арсенал отечественных и зарубежных методик анализа сердечного ритма, мировое научное сообщество признает первенство отечественной школы изучения ПВРС, созданной космическим физиологом Р.М. Баевским и его многочисленными учениками. Индекс Баевского, он же индекс напряжения систем регуляции (ИН), он же стресс-индекс (СИ, SI), а также такие показатели, как ВПР, ПАПР, ИВР и др., широко используются в медицинской и научной литературе для описания патологии вегетативных процессов, явлений адаптации и дезадаптации к различным факторам внешней среды, описания преморбидных состояний и хронических болезней [3].

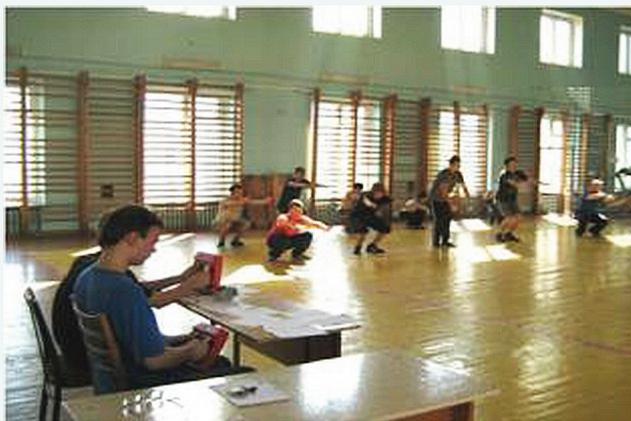


Рис. 1. Использование прибора «Вектор-4» для изучения ПВРС при нагрузочных пробах



Рис. 2. Использование приборов «Олимп» для контроля ПВРС при выполнении пробы Руфье

Считается, что снижение ПВРС свидетельствует о нарушении вегетативного контроля сердечной деятельности и усилении влияний центральной нервной системы. Эта ситуация дает неблагоприятный прогноз, особенно если обнаруживаются тенденция к дальнейшему снижению вариационного размаха (ВР) и увеличению ИН при относительно стабильной ЧСС. Наивысшие ПВРС регистрируются у здоровых лиц молодого возраста, спортсменов, промежуточные – у людей с различными заболеваниями сердца, самые низкие – у лиц, перенесших эпизоды фибрилляции желудочков, инфаркт миокарда [4].

Острый стресс и физическая нагрузка также вызывают резкое снижение ПВРС, что открывает путь к количественной оценке воздействия этих факторов на организм. Известно также, что длительное нахождение в состоянии хронического стресса приводит к серьезным

психологическим и физиологическим изменениям в организме, фиксируемым на уровне ритма сердца. Поэтому в системе образования метод контроля ПВРС может стать незаменимым инструментом для изучения вредных факторов, вызывающих соматические и психические заболевания [5].

Среди них – экологические факторы (эффект «плохих зданий», некачественное питание, бытовые условия), нарушение режима дня, злоупотребление работой за компьютером, отказ от здорового образа жизни, спортивные перегрузки и др. Зачетно-экзаменационная сессия для многих студентов остается главным источником стрессов, поэтому поиск мер противодействия вышеперечисленным факторам и последствиям стресса может осуществляться на основе непрерывной регистрации регуляторных процессов в организме, обеспечиваемой носимой электроникой и путем контроля динамики физической подготовленности на основе двигательных тестов и проб с дозированной нагрузкой, к которым относится проба Руфье.

На рис. 3 показано распределение исходной ЧСС у обследованных студентов перед выполнением нагрузочной пробы, а на рис. 4 – распределение значений ИР после приседаний.

Рисунок 5, а иллюстрирует графическую запись кардио-интервалов при выполнении пробы Руфье, а рис. 5, б – тот же процесс, представленный в виде динамики ЧСС, когда каждый кардиоинтервал пересчитывается в эквивалентное значение пульса.

Распределение ЧСС у студентов 1-го курса БГУ (№ 512)

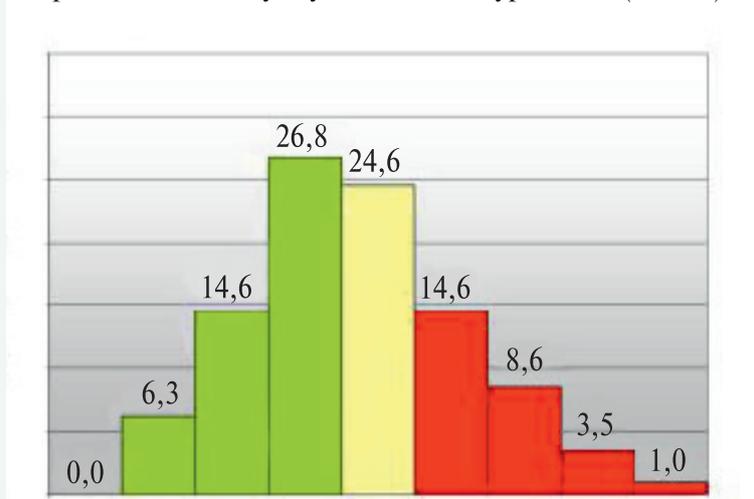


Рис. 3. Распределение исходной ЧСС у студентов перед выполнением пробы Руфье

Распределение ИНДЕКСА РУФЬЕ
у студентов 1-го курса БГУ (№ 496)

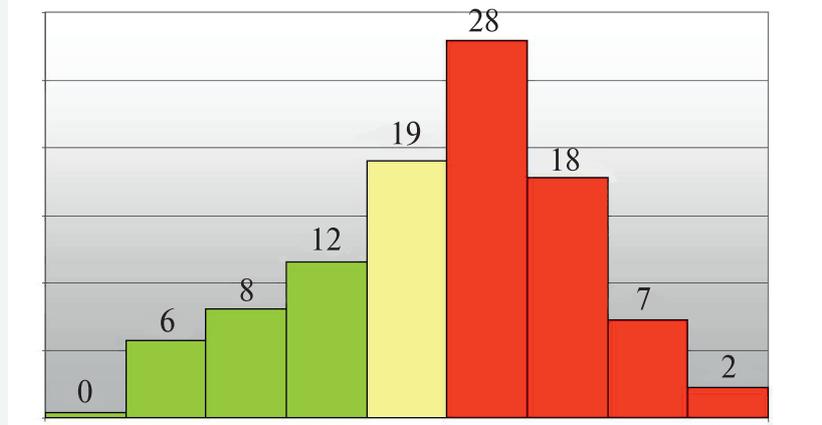


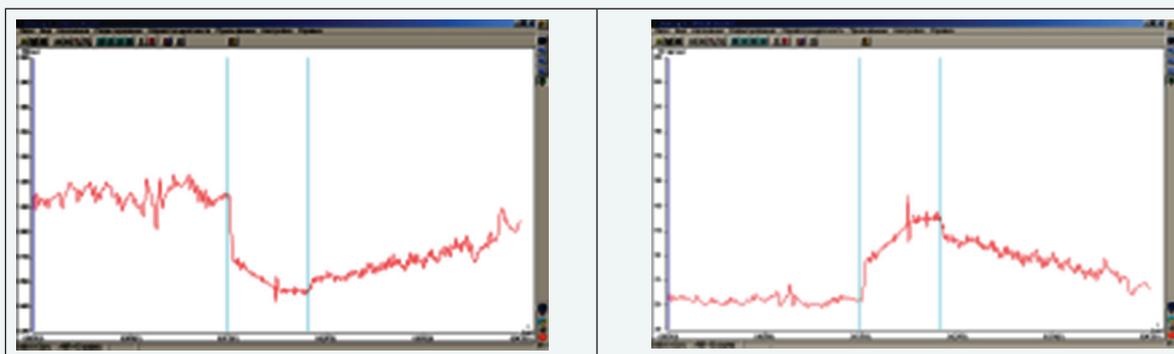
Рис. 4. Распределение значений индекса Руфье у обследованных студентов

Учитывая, что при приседаниях возможны разные варианты дыхания, у некоторых студентов проба повторялась дважды, с 10-минутным интервалом отдыха, чтобы затем сопоставить графики и найти различия в регуляции пульса. Как известно, дыхание – сильный модулятор ЧСС: на вдохе возрастает, а на выдохе – падает. Поэтому мышечные усилия, развиваемые при подъеме тела, могут по-разному сочетаться с дыхательными влияниями на пульс. Изучаемый феномен имеет практическое значение, так как позволяет узнать, какой вариант дыхания более предпочтителен с позиции экономизации работы сердца. Пример записей показан на рис. 6.

Отметим, что ЧСС в исходном состоянии у студентов находилась в интервале от 58 до 120 уд/мин (в среднем 75 уд/мин – юноши и 78 уд/мин – девушки), вариационный размах (ВР) составил диапазон от 0,26 до 0,04 сек, амплитуда моды сердечного ритма (АМо) была в интервале от 25 до 90 %, ИН в покое составил 42–1000 единиц.

После выполнения нагрузки в 30 приседаний верхнее значение ЧСС находилась в диапазоне 90 – 178 уд/мин, АМо – от 60 до 100 %, ИН – от 1,2 до 9–12 тыс. единиц.

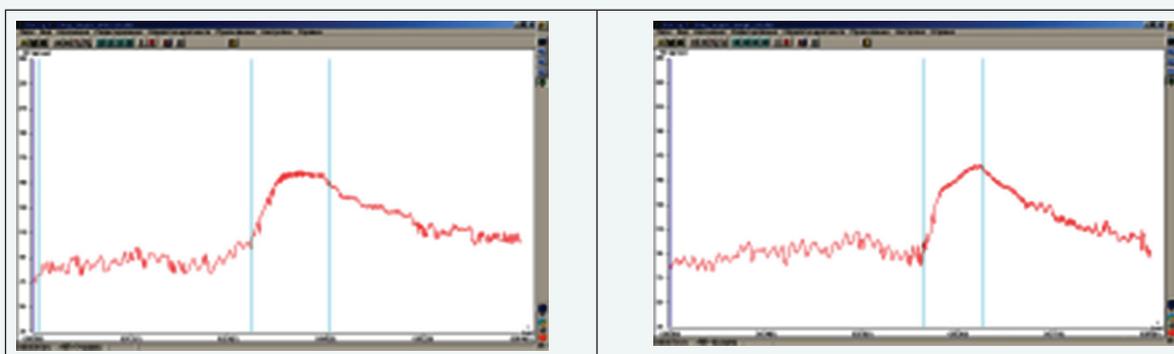
Как следует из графиков, независимо от характера дыхания физическая нагрузка вызывает резкое снижение вариабельности пульса на фоне роста ЧСС, и лишь к моменту завершения приседаний темпы увеличения пульса снижались, а вариационный размах (ВР) немного увеличивался.



a

б

Рис. 5. Экранные формы ритмокардиограммы при выполнении пробы Руфье:
a – график изменения кардиоинтервалов ЭКГ;
б – график изменения мгновенной ЧСС



a

б

Рис. 6. Кардиопульсограмма студента В. при выполнении пробы Руфье с двумя вариантами дыхания:
a – выдох при движении вниз; *б* – выдох при движении вверх

Далее, по мере восстановления ЧСС, вариабельность пульса прогрессивно увеличивалась, появлялись выраженные дыхательные волны и дополнительные перепады пульса. Наиболее стремительно ЧСС нарастает в первые 10–20 приседаний у студентов с низкой физической подготовкой ($ИР > 10$). Более подготовленные студенты ($5 < ИР < 10$) и спортсмены ($ИР < 5$) уже во второй половине нагрузки начинают стабилизировать пульс, и он выходит на определенное плато, иллюстрируя адаптацию.

Если эта адаптация достигнута уже в ходе приседаний, то после их завершения пульс быстро восстанавливался и эта зависимость близка к экспоненте. При меньшей физической подготовке восстановление

ЧСС шло почти по линейному закону, и дыхательные волны проявляли себя значительно позже.

У студентов с низким результатом нагрузочной пробы значения ВР в пике нагрузки были существенно меньшими (10–20 мс), чем у сверстников с лучшей подготовкой (20–40 мс). Соответственно значения ИН у них был на порядок выше, чем у подготовленных студентов и составил 6–12 тыс. единиц, тогда как у спортсменов он вписывается в диапазон 1–2 тыс.

Важнейший результат наблюдений выразился в том, что при хорошей физической подготовке изменения ИН по окончании пробы не были столь значительными, как при низкой подготовке. Так, у спортсменов ИН увеличивался максимум в 2–3 раза относительно покоя, а у неспортсменов увеличение достигало 5–10 раз (напомним, что зависимость роста ИН от ЧСС и ВР нелинейная). Это указывает на возможность деления обследуемых как минимум на 2 группы: с хорошей вегетативной регуляцией, когда прирост ЧСС не вызывает значительного напряжения регуляторных систем организма, и с плохо развитыми вегетативными реакциями, когда при умеренно высоком приросте ЧСС регуляторные процессы проходят с высоким и очень высоким напряжением. Время полного восстановления ПВРС после пробы у студентов второй группы составляет 7–15 мин, тогда как хорошо подготовленные студенты восстанавливают свои показатели за 2–3 мин. Таким образом, биологические процессы препятствуют физической перегрузке мало подготовленных студентов, создавая им препятствия к росту ЧСС на уровне центральной нервной системы.

Выявленные закономерности свидетельствуют о необходимости объективизации состояния студентов перед сдачей физических нормативов и соревнованиями в целях снижения рисков ухудшения их самочувствия. Сопровождение пробы Руфье контролем ПВРС повышает вероятность обнаружения студентов с проблемами адаптации к физической нагрузке.

Выводы. 1. Сегодня определение ПВРС признано наиболее информативным неинвазивным методом количественной оценки вегетативной регуляции сердечного ритма в покое. Новое направление – изучение информативности ПВРС при физической нагрузке, и этим занимаются уже многие исследователи: преподаватели физической культуры, тренеры, врачи спортивной медицины, физиологи, кардиологи.

2. Наряду с ЧСС и ИР показатели вариабельности ритма сердца несут дополнительную информацию о степени готовности организма

к выполнению физической нагрузки: чем выше уровни значений ВР, АМО, ИН в ходе и по окончании пробы, тем ниже физическая подготовленность организма.

3. Для значительной части обследованных студентов (их более 50 %) тест в объеме 30 приседаний представляет собой нагрузочный стресс, и к таким студентам нельзя предъявлять высоких требований на учебных занятиях и при сдаче физических нормативов. Их физическая подготовка требует последовательного и постоянного роста нагрузок, а также контроля адекватности реакций на них, что можно осуществлять с помощью теста Руфье, сопровождаемого контролем ПВРС.

Библиографические ссылки

1. *Ярмолинский В. И.* Особенности исследования и интерпретации показателей variability ритма сердца в учебно-тренировочном процессе // Вопросы физического воспитания студентов вузов. Минск : БГУ, 2007. Вып. 6. С. 112–121.

2. *Фролов А. В.* Контроль механизмов адаптации сердечной деятельности в клинике и спорте. Минск : Полипринт, 2011.

3. *Баевский Р. М., Берсенева А. П.* Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. М. : Медицина, 1997.

4. *Михайлов В. М.* Variability ритма сердца: опыт практического применения. Иваново : Изд-во Иванов. гос. мед. акад., 2002.

5. *Доцков Л. Я., Усынин А. М., Тутатчиков А. Т.* Функциональное состояние учащихся 6-х классов в условиях интенсивных учебных нагрузок по данным анализа variability сердечного ритма // Физиология человека. 2003. № 7. С. 180–186.