

## 8. Энергетические характеристики ЭКГ

### 8.1 Спектральные составляющие ЭКГ

ЭКГ является сложным составным сигналом. Как и любой другой сигнал, он состоит из суммы гармоник, каждая из которых есть простой синусоидальный сигнал. Теория спектрального анализа широко используется в технике, особенно в изучении информационных сигналов, регистрируемых от сложных неоднородных объектов. ЭКГ является таким объектом. На рисунке 116 представлена ЭКГ и её спектр.



Рис. 116. ЭКГ и её спектральная характеристика

Из рисунка видно, что количество гармоник составляет около 24 штук. Приблизительно интервал частот между ними составляет 1 Гц. Амплитуда гармоник различная между собой. Если геометрически сложить гармоники, то в результате получим ЭКГ, представленную на рисунке.

Более подробное представление формы гармоник представлено на рисунке 117. В диапазоне выше 15 Гц рядом с основными гармониками фиксируются меньшие по амплитуде. Они располагаются в начале и в конце каждой

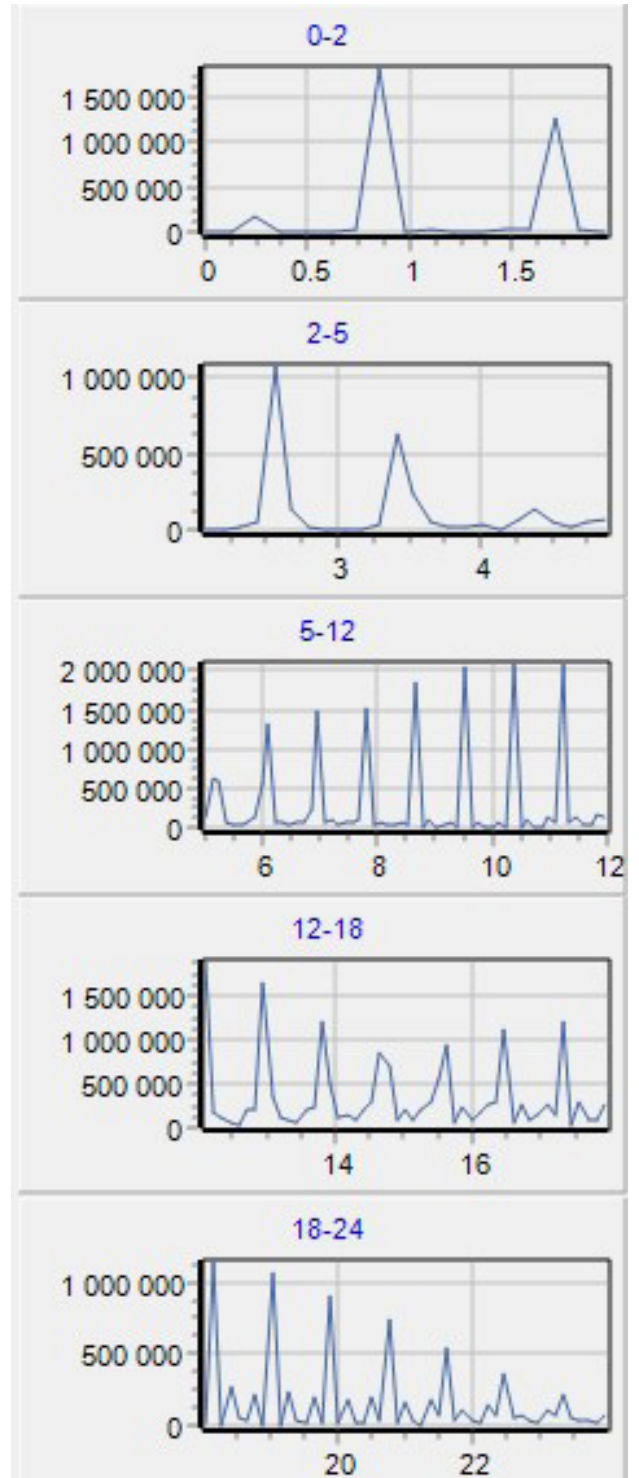


Рис. 117. Подробное представление формы гармоник ЭКГ

гармоники. Эти импульсы соответствуют импульсам действия симпатической и парасимпатической нервной системы. Они также вносят вклад в форму ЭКГ.

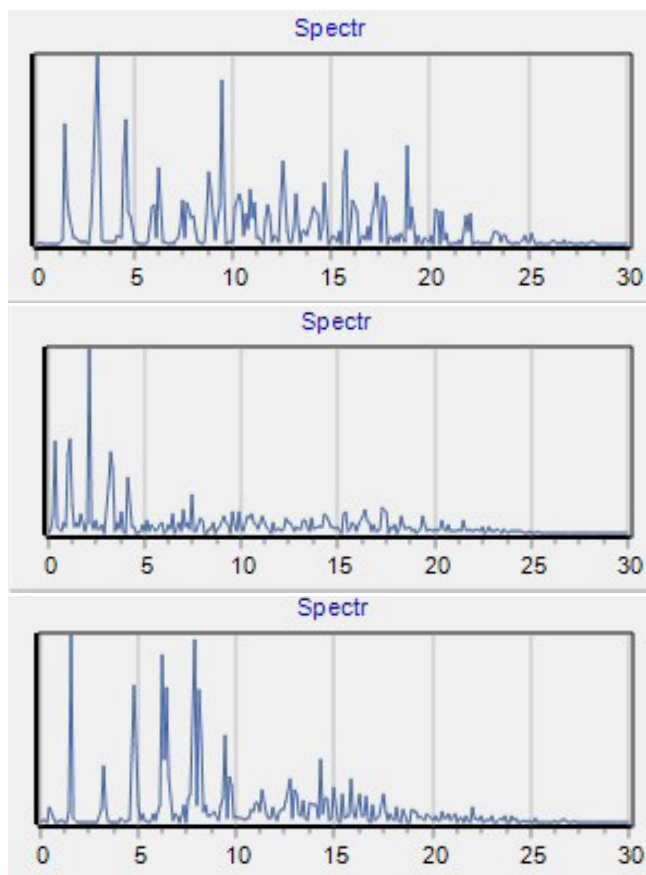


Рис. 118. Примеры спектра различных ЭКГ

## 8.2 Связь спектральных составляющих ЭКГ и центральной нервной системы

Гармоническими составляющими ЭКГ являются импульсы действия. Они характеризуются амплитудой и шириной. При патологических изменениях ширина может значительно увеличиваться, при этом амплитуда уменьшается.

Однако, это же может происходить при значительной концентрации внимания. При этом импульсы симпатической и парасимпатической нервной системы по амплитуде могут быть одинаковы с основным импульсом. На рисунке 119 показаны примеры расширения импульсов действия при различной концентрации внимания. На рисунке 119 а импульс соответствует обычному человеку. Его внимание адекватно переключается, он не сосредоточен на выполнении какого-либо действия. На рисунке 119 б импульс действия зарегистрирован у спортсмена перед выигрышем чемпионата мира и установления мирового рекорда. Он постоянно концентрирует внимание на себе. Это ему помогает концентрировать энергию и не расплывать её на посторонние от деятельности раздражители.

Из отмеченного следует, что ЭКГ формируют 24 импульса действия, генерируемые различными органами. Каждый импульс действия возбуждается другими импульсами действия из симпатической нервной системы, а тормозится импульсом действия из парасимпатической нервной системы. Амплитуда всех импульсов действия может меняться в широком диапазоне. Это наблюдается даже при ортостатической пробе. Однако, количество основных гармоник остается неизменным и равно 24.

На рисунке 118 показаны примеры спектра различных ЭКГ.

На рисунке 119 в импульс действия у человека с психическими расстройствами. Через несколько месяцев он совершил суицид.

Отмеченное показывает на связь формы ЭКГ и центральной нервной системы.

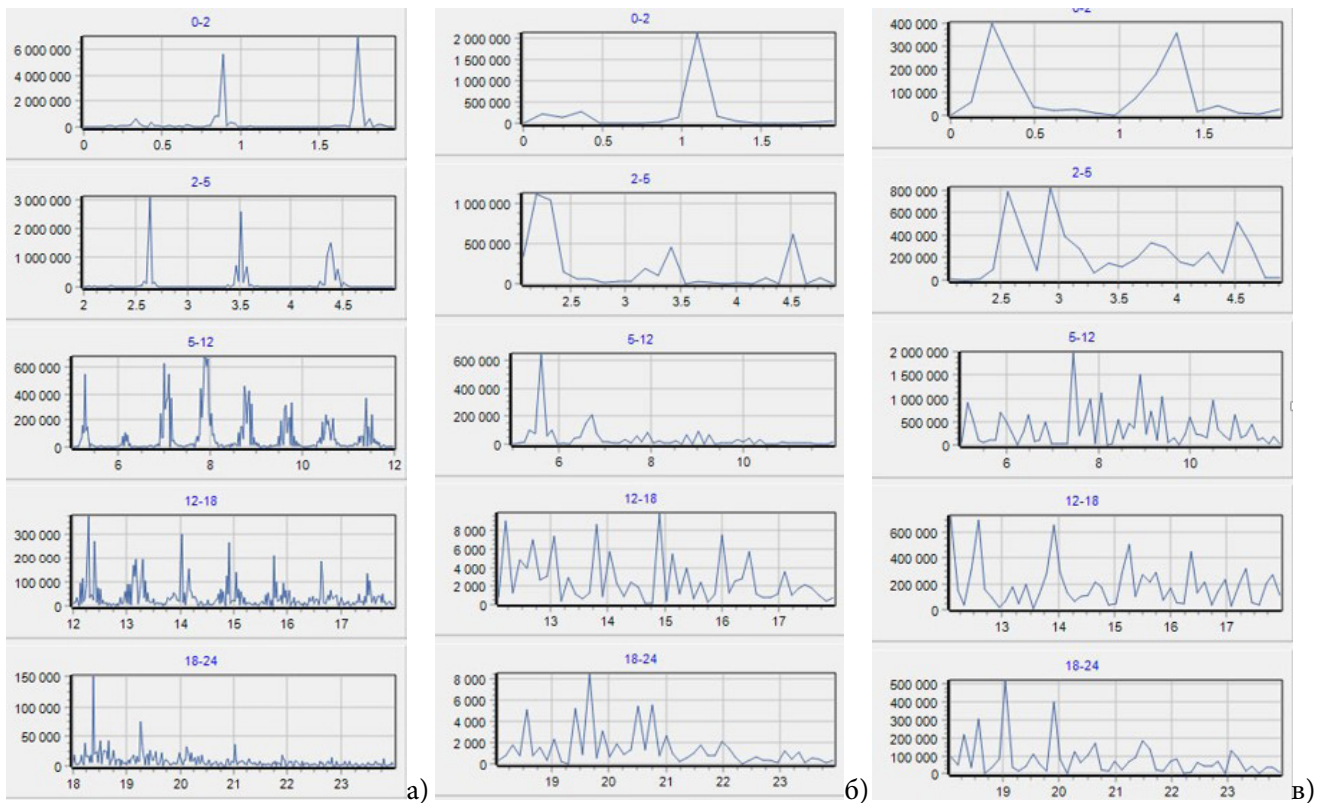
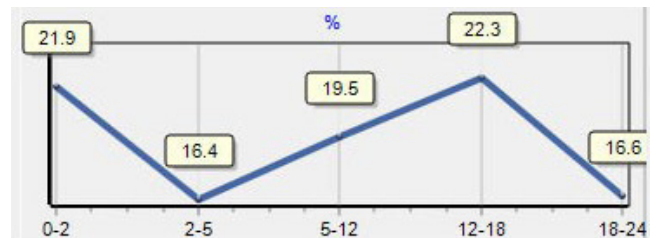


Рис. 119. Ширина импульсов действия: а) нормального человека, б) у чемпиона и рекордсмена мира по спорту, в) у человека склонного к суициду

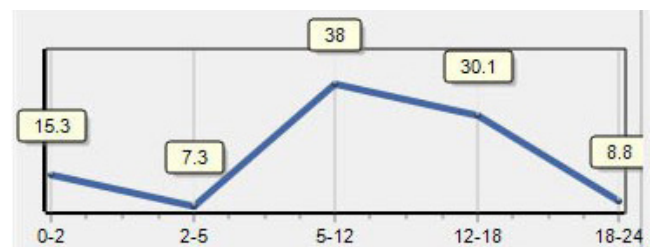
### 8.3 Связь энергетики сердца и физиологических адаптационных реакций

Теория адаптационных реакций, разработанная советским учёным Любовью Хаимовной Гаркави, определяет, что на действие миллионов внешних и внутренних факторов наш организм откликается только пятью реакциями. Эти реакции получили название: стресс, тренировка, спокойная активация, повышенная активация и переактивация [46]. Реакции активизируются за счёт иммунной системы.

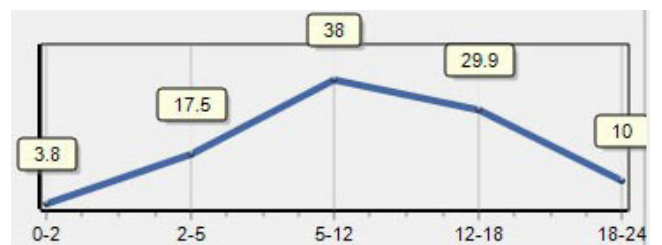
Каждая реакция определяет энергетические затраты организма на своё поддержание. Наиболее энергетически выгодной реакцией является реакция спокойной активации. Исследования показали, что энергетика гармоник ЭКГ также связана с типом адаптационной реакции. Это очень важно, так как очень просто по энергии гармоник определить тип реакции. Было замечено, что все гармоники группируются в пять групп. Сопоставление их энергии относительно друг друга выявляют зависимости, соответствующие определённому типу реакции. На рисунке 120 показаны графики сопоставления мощностей каждой из пяти групп.



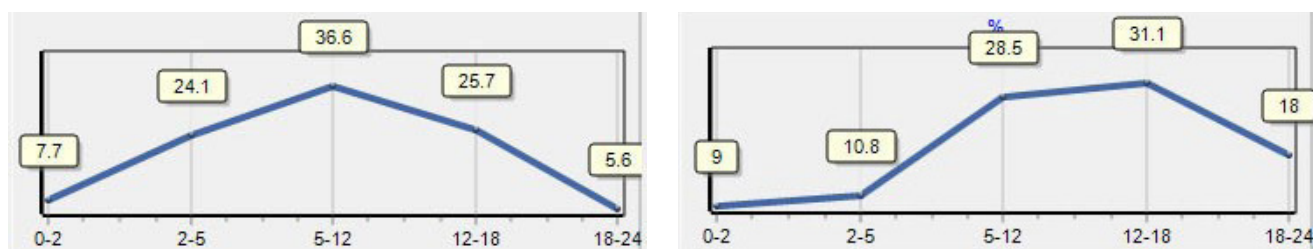
а)



б)



в)



г) д)  
Рис. 120. Графики соотношений мощностей каждой из пяти групп:  
а) стресс, б) тренировки, в) спокойной активации, г) повышенной активации, д) переактивации

## 8.4 Стабильность состояния сердечно-сосудистой системы

Параметр «стабильность состояния» является системным. Его вычисление основано на анализе ритма сердечных сокращений. В основе лежит формула «индекса напряжённости» по Р.М. Баевскому. В неё входят R – R интервалы и на их основе вычисляется число, соответствующее отклонению от среднего значения, величина которого характеризует состояние напряжё-

ности организма. Также рисуется график, на котором определяется плотность облака значений (рис. 121 для R – R). Заменяя в уравнении RR на SV, получаем графики для ударного объёма, при этом квадрат из точек 2x2 указывает на стабильность состояния. Квадрат 3x3 – среднестойчивое состояние. Облако, как для RR интервала, указывает на неустойчивое состояние.

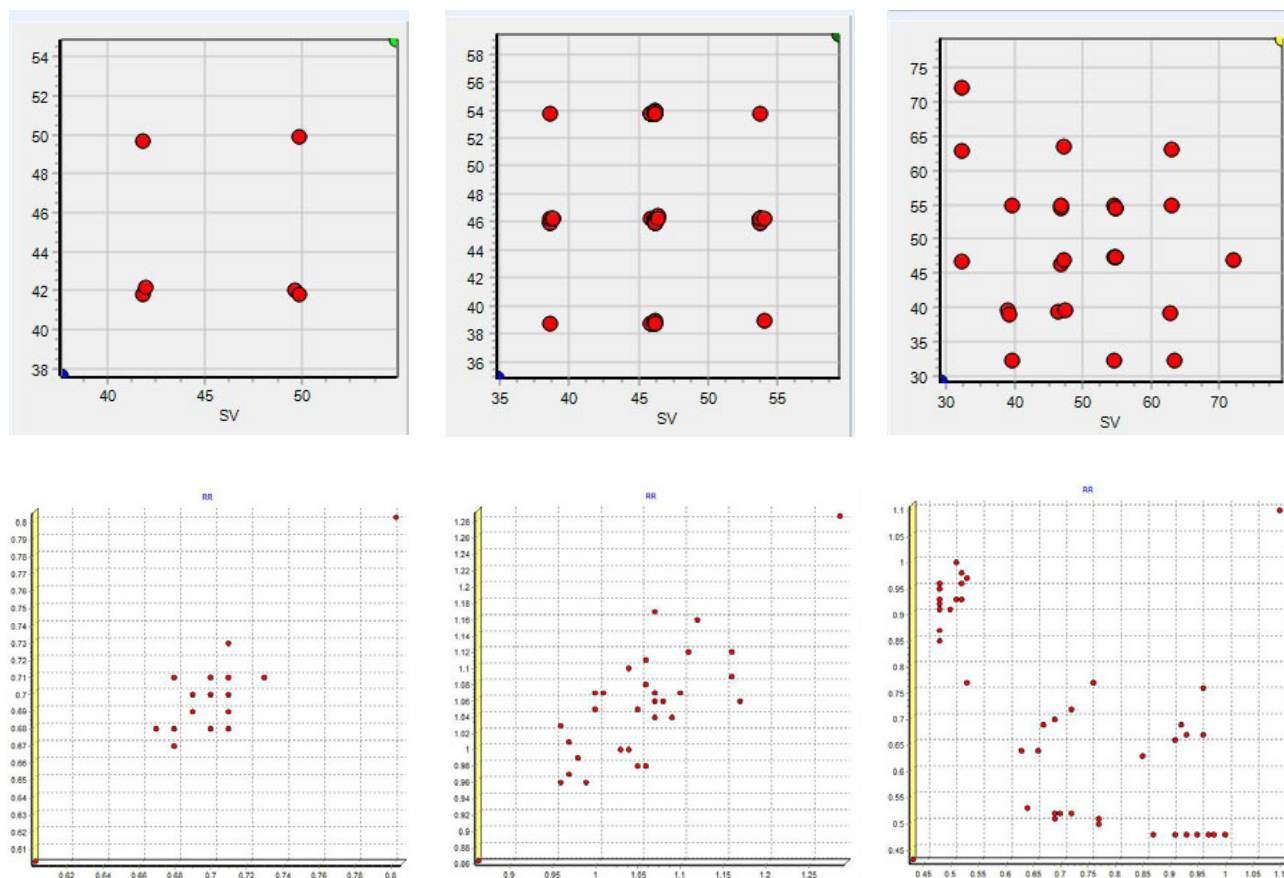


Рис. 121. SV – ударный объём и R – R интервалы