



УДК 612.172.4

МЕДИКО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФА

П.В. Кременской, С.И. Зайтов, В.Н. Радченко

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова,
г. Новочеркасск

В данной статье проводится медико-техническое обоснование электрокардиографа. Электрокардиограф предназначен для регистрации электрических импульсов, возникающих при работе сердца, и вывода их в виде графика. Выводимая как результат измерений кардиограмма включает в себя процессы, возникающие в миокарде: деполяризацию и реполяризацию клеток миокарда. Эти процессы, при здоровой работе сердца, отражают сокращение и расслабление мышечной клетки. Для получения полноценной картины распространения возбуждений в миокарде желудочков снимается процесс работы сердца, разделенный на характерные интервалы, разделенные зубцом. Получить эту картину возможно благодаря регистрации импульсов датчиками, расположенными на разных участках тела и именуемыми отведениями. В статье описаны различные отведения по их общему количеству и местоположению, а также по характеру считывания электрического потенциала

Ключевые слова: электрокардиограф, кардиограмма, отведения, электропотенциал желудочков

MEDICAL AND TECHNICAL SUBSTANTIATION OF ELECTROCARDIOGRAPH

P.V. Kremenskoy, S.I. Zaitov, V.N. Radchenko

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

This article provides a medical and technical rationale for the electrocardiograph. The electrocardiograph is designed to register electrical impulses that occur during the work of the heart, and display them in the form of a graph. The cardiogram displayed as a result of measurements includes the processes occurring in the myocardium: depolarization and re-polarization of myocardial cells. These processes, with a healthy heart, reflect the contraction and relaxation of the muscle cell. To obtain a complete picture of the spread of excitations in the ventricular myocardium, the process of the heart is removed, divided into characteristic intervals, separated by a tooth. It is possible to get this picture due to the registration of impulses by sensors located on different parts of the body and called leads. The article describes various leads by their total number and location, as well as by the nature of the electric potential reading.

Keywords: electrocardiograph, cardiogram, leads, electrical potential of the ventricles.

Сердце - центральный орган кровообращения, благодаря его работе кровь непрерывно циркулирует внутри организма. Сердце начинает свою работу с первым вздохом новорожденного животного и заканчивает лишь с его смертью.

Система кровообращения основана на работе сердца, перекачивающего кровь, и на сложном переплетении сосудов: артерий, доставляющих обогащенную кислородом кровь от сердца к различным органам; вен, несущих небогащенную кровь в обратном направлении; капилляров, маленьких сосудов, через которые проходят питательные вещества, плазма крови и продукты распада.

Сердце представляет собой мышечный мешок разбитый двумя перегородками на четыре части. Правую (содержащую венозную кровь) и левую (содержащую артериальную кровь), и на предсердия, к которым кровь подтекает из соответствующих магистралей; и желудочков, которые выталкивают кровь. Между предсердиями и желудочками в левой и правой половинах сердца находятся ат-



риовентрикулярные отверстия снабженные Двух- и трехстворчатым клапанами, предназначенными для свободного перехода крови из предсердий в желудочки и препятствующих оттоку крови в обратную сторону.

Сердечная стенка состоит из трех слоёв. Эндокард выстилает его полости изнутри, образует клапаны. Средний слой, миокард, состоит из особой мышечной ткани.

Перикард, наружный слой, иногда называемый сердечной сорочкой, уменьшает трение сердца при работе и защищает его от внешних воздействий.

Сердечная мышца образована поперечно-полосатой мышечной тканью. Отдельные клетки этой ткани обладают следующими свойствами:

- возбудимость, т.е. мышечные клетки способны генерировать электрический ток в ответ на приходящие сюда нервные импульсы;
- мышечные клетки обладают свойством проводимости. Они могут проводить мышечный ток от места его возникновения до всех мышц;
- сократимость, т.е. мышечные клетки, обладают способностью изменять свою длину;
- автоматия (автоматизм). Это свойство присуще отдельным мышечным волокнам, располагающимся локально в месте впадения полых вен (конец кругов кровообращения), в предсердно-желудочной перегородке и во внутреннем слое мышц обоих желудочков, и в межжелудочковой перегородке. Из этих элементов складывается проводящая система сердца. Проводящая система сердца самопроизвольно генерирует электросигнал с примерной частотой 60-80 раз в минуту. Последовательность и ритмичность сокращений обусловлены проводящей системой сердца.

Электрокардиограмма отражает только электрические процессы в миокарде: деполяризацию (возбуждение) и реполяризацию (восстановление) клеток миокарда.

В норме деполяризация приводит к сокращению мышечной клетки, а реполяризация — к расслаблению.

Прежде, чем перейти к расшифровке ЭКГ, нужно разобраться, из каких элементов она состоит. На рисунке 1 показаны зубцы и интервалы на ЭКГ.

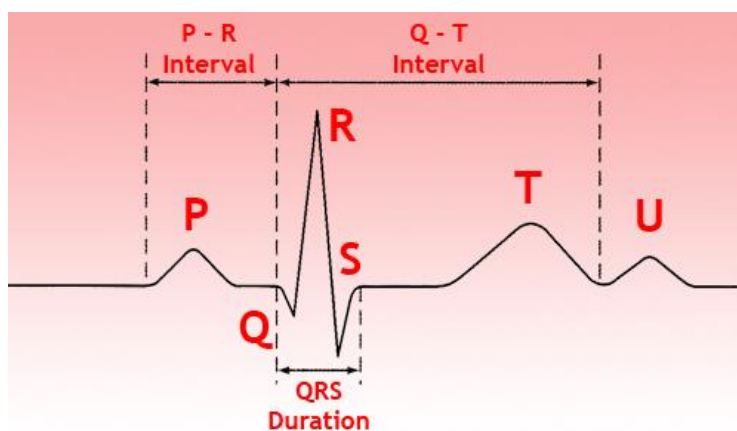


Рис. 1 – Зубцы и интервалы на ЭКГ

Любая ЭКГ состоит из зубцов, сегментов и интервалов.



Зубцы - это выпуклости и вогнутости на электрокардиограмме.

На ЭКГ выделяют следующие зубцы:

- *P* - сокращение предсердий;
- *Q*, *R*, *S* - все 3 зубца характеризуют сокращение желудочков;
- *T* - расслабление желудочков;
- *U* - непостоянный зубец, регистрируется редко.

Сегментом на ЭКГ называют отрезок прямой линии (изолинии) между двумя соседними зубцами. Наибольшее значение имеют сегменты *P-Q* и *S-T*. Например, сегмент *P-Q* образуется по причине задержки проведения возбуждения в предсердно-желудочковом (*AV*-) узле.

Интервал состоит из зубца (комплекса зубцов) и сегмента. Таким образом, интервал = зубец + сегмент. Самыми важными являются интервалы *P-Q* и *Q-T*. На рисунке 2 показаны зубцы, сегменты и интервалы на ЭКГ.

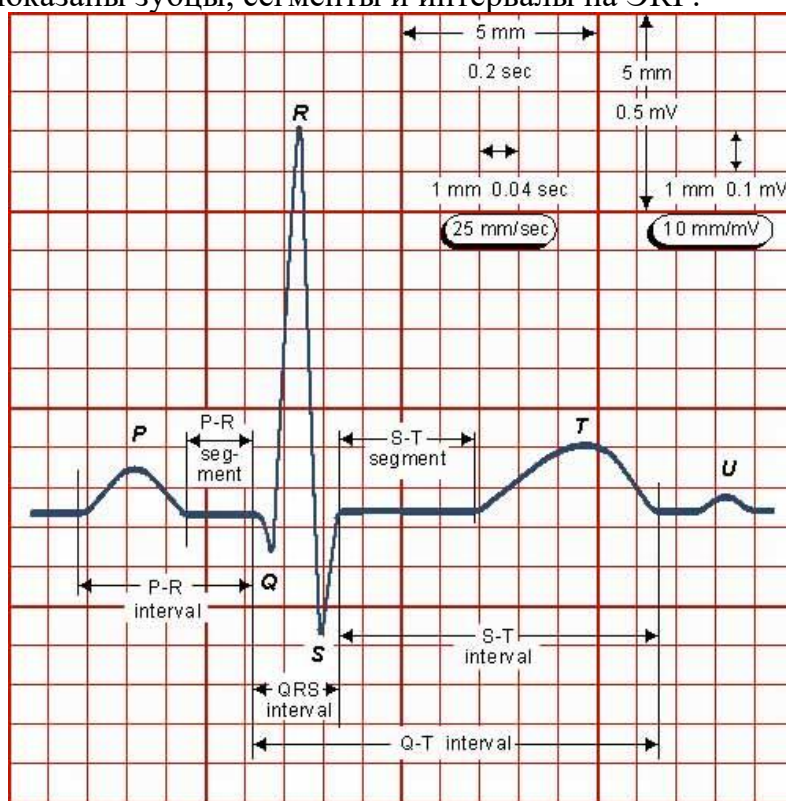


Рис. 2 - Зубцы, сегменты и интервалы на ЭКГ

Поскольку миокард желудочков массивнее миокарда предсердий и имеет не только стенки, но и массивную межжелудочковую перегородку, то распространение возбуждения в нем характеризуется появлением сложного комплекса *QRS* на ЭКГ.

Прежде всего, оценивают амплитуду (размеры) отдельных зубцов комплекса *QRS*. Если амплитуда превышает 5 мм, зубец обозначают заглавной (большой) буквой *Q*, *R* или *S*; если же амплитуда меньше 5 мм, то строчной (маленькой): *q*, *r* или *s*.

Зубцом *R* (*r*) называют любой положительный (направленный вверх) зубец, который входит в комплекс *QRS*. Если зубцов несколько, последующие зубцы обозначают штрихами: *R*, *R'*, *R''* и т. д. Отрицательный (направленный вниз)



зубец комплекса *QRS*, находящийся перед зубцом *R*, обозначается как *Q* (*q*), а после — как *S* (*s*). Если же в комплексе *QRS* совсем нет положительных зубцов, то желудочковый комплекс обозначают как *QS*.

Участок (точка) поверхности тела, на которую накладывается электрод, называется позицией электрода. Отведение - это способ выявления разности потенциалов между 2-я участками тела.

Отведения классифицируют на однополюсные и двухполюсные. Двухполюсные регистрируют изменение разности потенциалов между 2-я точками тела, однополюсные отражают разность потенциалов какого-либо участка тела и потенциала, постоянного по величине, условно принятого за нуль. Для создания нулевого потенциала применяют объединенный электрод Вильсона (индифферентный), образуемый при соединении (через сопротивления) трех конечностей - правая и левая рука, и левая нога.

Обычно регистрируют 12 отведений: три стандартных конечностных (*I*, *II*, *III*), три усиленных конечностных (*aVR*, *aVL*, *aVF*) и шесть грудных однополюсных отведений (*V1*, *V2*, *V3*, *V4*, *V5*, *V6*).

Шесть отведений от конечностей дают возможность регистрировать ЭДС во фронтальной плоскости (рисунок 3).



Рис. 3 - Схема размещения электродов для взятия 12-ти стандартных общепринятых отведений изображена

Схема наложения грудных электродов (рисунок 4):

- *V1* - накладывается электрод *C1* окрашенный обычно бело-красным;
- *V2* - накладывается электрод *C2* окрашенный бело-желтым;
- *V3* - накладывается электрод *C3* окрашенный бело-зеленым;
- *V4* - накладывается электрод *C4* окрашенный бело-коричневым;
- *V5* - накладывается электрод *C5* окрашенный бело-черный.

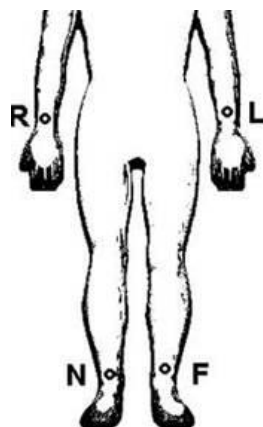


Рис. 4 - Схема наложения конечностных электродов

Следует указать, что помимо общепринятых стандартных отведений для специальных методик обследования возможно и другое взятие отведений.

Подобные взятия обычно названы по именам авторов, например взятие отведений по Нэбу, методика Франка, система отведений по И.Т. Акулиничеву (пятиплоскостная прекордиальная) подобного рода взятие отведений применяется, например, для целей векторэлектрокардиографии.

В случае необходимости используются отведения со спины, шеи, дополнительные грудные (V7, V8, V9...).

В клинической практике общее число систем взятия отведений (и вариантов медицинских методик) превышает 40 вариантов.

Все подобные электрографические системы могут быть разбиты на 3-и группы:

- системы, основанные на принципах построения двухполюсных грудных отведений
- системы, основанные на принципах ортогональных отведений
- модифицированные системы, основанные на принципах формирования 12-ти общепризнанных стандартных отведений

Из числа наиболее известных и имеющих практическое применение назовем следующие:

- двухполюсные грудные отведения *A*(Anterior), *D*(Dorsalis), *I*(Inferior) по Нэбу
- отведения по Л. А. Бутченко
- отведения по А.Т. Воробьеву