

# ЭКГ ОТВЕДЕНИЯ И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЬ, ИЛИ ПОЧЕМУ ЗУБЦЫ В ОТВЕДЕНИИ AVR НАПРАВЛЕННЫ ВНИЗ

Клюева И.А.<sup>1</sup>, Козьмин-Соколов Н.Б.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Клюева Инга Александровна - преподаватель;

<sup>2</sup>Козьмин-Соколов Николай Борисович - кандидат медицинских наук, преподаватель,  
Санкт-Петербургский медицинский колледж №2,  
г. Санкт-Петербург

**Аннотация:** в статье обсуждаются основные электрокардиографические отведения, их взаимосвязь, а также особенности регистрации ЭКГ в формате Кабрера.

**Ключевые слова:** электрокардиограмма, ЭКГ отведения, формат Кабрера.

## ECG LEADS AND THEIR RELATIONSHIP, OR WHY THE WAVES IN LEAD AVR ARE DIRECTED DOWNWARD

Klyueva I.A.<sup>1</sup>, Kozmin-Sokolov N.B.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Klyueva Inga Alexandrovna, Lecturer;

<sup>2</sup>Kozmin-Sokolov Nikolay Borisovich - Candidate of Medical Sciences, Lecturer,  
ST. PETERSBURG MEDICAL COLLEGE № 2,  
ST. PETERSBURG

**Abstract:** The article discusses the main electrocardiographic leads, their relationship, as well as the features of ECG recording in the Cabrera format.

**Key words:** electrocardiogram, ECG leads, Cabrera format.

Эпиграф. Введение - это часть книги, которую пишут последней, ставят первой, и которую почти никто не читает.

А. Лотка, 1925 – американский математик

Электрокардиография за последние 70 лет стала важнейшим диагностическим методом, которому посвящены десятки учебников, монографий и статей [1, 2]. Вместе с тем, на некоторые физические основы метода, излагаемые в вводной части, студенты не обращают внимания, хотя их понимание имеет важное значение. В ряде учебников по ЭКГ эти вопросы не освещаются или изложены настолько сложно, что вызывают неприятие у читающего.

ЭКГ представляет собой запись разницы электрических потенциалов с поверхности тела, которая возникает вследствие биоэлектрических процессов, происходящих в сердце. Электрокардиографическое отведение, по сути, - это 2 точки, с которых регистрируется ЭКГ. Очевидно, что подводя электроды к любым 2 точкам тела можно зарегистрировать ЭКГ (кроме точек, имеющих одинаковый потенциал). Однако анализировать такую ЭКГ будет достаточно сложно вследствие отсутствия разработанных критериев. В связи с этим в электрокардиографии договорились о выборе определенных точек, с которых снимается ЭКГ.

В настоящее время считаются общепризнанными 12 отведений. Современные электрокардиографы сконструированы таким образом, что медицинскому работнику не приходится «заморачиваться» с каких точек записывается ЭКГ в том или ином отведении – достаточно правильно расположить электроды (это подробно описано в литературе) и выбрать на панели приборов соответствующее отведение или автоматическую запись. Однако, с каких точек происходит запись ЭКГ в том или ином отведении имеет важное теоретическое значение.

При записи ЭКГ в отведении I регистрируется разность электрических потенциалов между электродом с желтой маркировкой и электродом с красной маркировкой. Учитывая, что электрод с желтой маркировкой устанавливается на левую руку, а электрод с красной маркировкой - на правую, можно записать следующее уравнение:  $I = L - R$ , где L - потенциал левой руки, R - потенциал правой руки.

Соответственно:  $II = F - R$ ;  $III = F - L$ , где F - потенциал левой ноги. Электрод с черной маркировкой, накладываемый на правую ногу, является электродом заземления, с него потенциалы не снимаются. Таким образом:

$$I = L - R; \quad II = F - R; \quad III = F - L.$$

Проведем несложные арифметические действия:

$I + III = L - R + F - L = F - R = II$ . Следовательно, ЭКГ, снятая в II отведении, является суммой ЭКГ, снятой в I и III отведениях, т.е.  $II = I + III$ .

При регистрации усиленных отведений от конечностей два электрода на конечностях соединяются и регистрируется разность потенциалов между оставшейся конечностью и потенциалом объединенных конечностей. По законам физики этот потенциал представляет среднее арифметическое тех точек, которые объединены общим проводником. Таким образом:

$$aVR = R - (L + F)/2 ; aVL = L - (R + F)/2 ; aVF = F - (R + L)/2$$

Усиленные отведения от конечностей жестким (чисто арифметическим) образом связаны со стандартными отведениями. Покажем это на примере отведения aVR.

$aVR = R/2 + R/2 - L/2 - F/2 = (R - F)/2 + (R - L)/2$ , R - F – это «перевернутое» отведение II, а R - L – «перевернутое» отведение I; т.е.  $aVR = (-II)/2 + (-I)/2$  или  $aVR = -(I + II)/2$ . Таким образом, фактически aVR – это «перевернутая» полусумма отведений I и II. Становится понятным почему в норме в aVR зубцы ЭКГ направлены в основном вниз. Аналогичным образом можно вывести связь aVL и aVF и стандартных отведений:

$$aVL = (I - III)/2 ; aVF = (II + III)/2$$

Взаимосвязь отведений от конечностей чисто математическая, она не зависит от того, болен или здоров человек, худой или полный, взрослый или ребенок и т.д. Она легко проверяется на любой пленке.

Так, на рис. 1 приведена ЭКГ, зарегистрированная в 6 отведениях от конечностей. В отведении I алгебраическая сумма зубцов комплекса QRS равна +2 мм (зубец Q отсутствует, R 3 мм, S -1мм). В отведении II эта сумма равна +8 мм (зубцы Q и S отсутствуют, зубец R 8 мм).

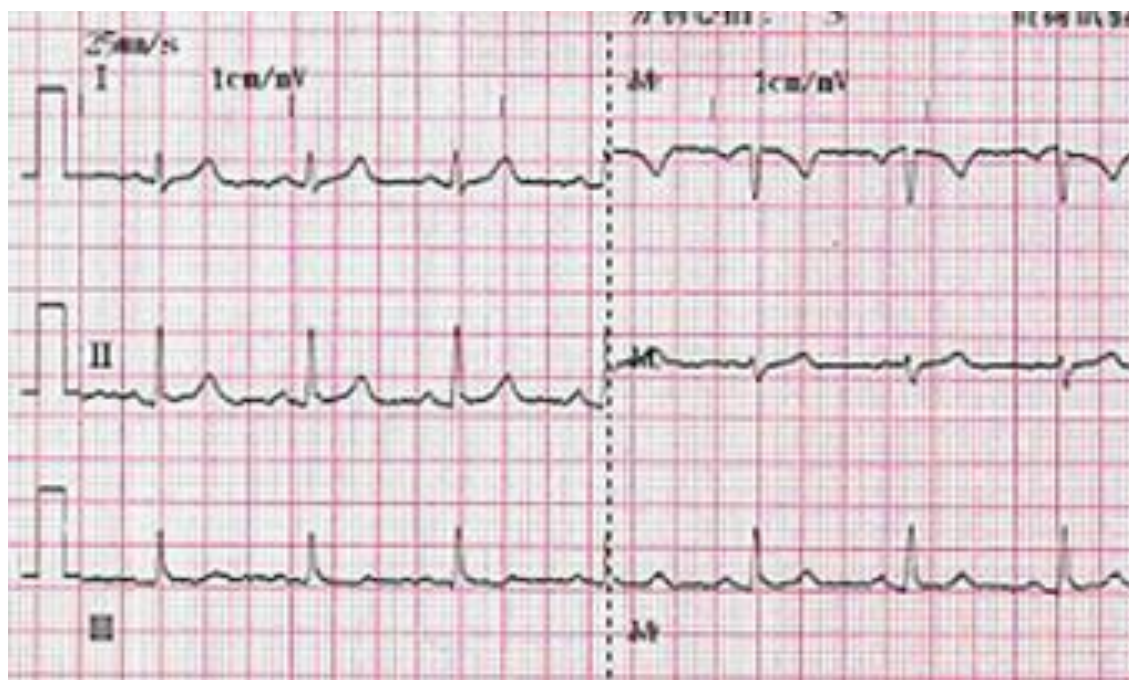


Рис. 1. Пример нормальной ЭКГ, зарегистрированной на 3-х канальном электрокардиографе. Объяснение в тексте.

В отведении III алгебраическая сумма зубцов комплекса QRS равна +6 мм (зубец Q -1 мм, зубец R +7 мм). Таким образом,  $2+6=8$ , или  $II = I + III$ . Аналогичным образом можно рассчитать, например, алгебраическую сумму зубцов комплекса QRS в отведении aVF. Расчет по формуле  $aVF = (II + III)/2$  показывает, что она должна составлять 7мм  $[(6+8)/2]$ , что подтверждается на данной ЭКГ - в aVF зубцы Q и S отсутствуют, зубец R 7 мм. Следует отметить, что необходимо учитывать именно алгебраическую сумму зубцов комплекса QRS, т.к. вершины зубцов в разных отведениях по времени могут не совпадать – хотя различия весьма незначительны и составляют десятые доли миллисекунды, но они могут сказываться на конечном результате. При нарушениях внутрисердечной проводимости данные математические формулы также работают, однако при широких комплексах QRS следует учитывать площадь зубцов. Таким образом, зная вид ЭКГ только в каких-либо двух отведениях от конечностей, можно, путём сложения/вычитания, найти вид ЭКГ в остальных четырёх отведениях. Однако этот факт не исключает обязательного анализа ЭКГ во всех 6 отведениях от конечностей.

Отметим также, что термин «усиленные однополюсные отведения от конечностей», применяемый к отведениям aVR, aVL, aVF, по нашему мнению, выбран не совсем удачно – с одной точки зарегистрировать разность потенциалов, т.е. снять ЭКГ, не получится, а амплитуда зубцов ЭКГ в этих отведениях существенно не отличается от амплитуды зубцов в стандартных отведениях.

Формат ЭКГ в aVR заметно отличается от такового в остальных 5 отведениях от конечностей – зубцы R становятся зубцами Q (QS), элевация ST становится депрессией и т.д. Это в некотором смысле затрудняет интерпретацию ЭКГ. Такой подход сложился исторически (усиленные однополюсные отведения от конечностей предложены Гольдбергером в середине 20 века) и применяется в большинстве стран мира, в том числе РФ. Однако, в Швеции свыше 30 лет используется регистрация ЭКГ в формате Кабрера, при

котором вместо отведения aVR записывается отведение -aVR, т.е. перевернутое отведение aVR. В отведении -aVR ЭКГ имеет более привычный вид, что улучшает диагностику ишемии/инфаркта боковой и нижней стенок левого желудочка и делает маловероятным частое пренебрежение aVR. Большинство современных электрокардиографов имеет функцию регистрации ЭКГ как в обычном формате, так и в формате Кабрера. Отметим, что в формате Кабрера изменена также последовательность записи отведений. При классической записи последовательность отображения отведений следующая: I, II, III, aVR, aVL, aVF; при использовании формата Кабрера отведения записываются в следующем порядке: aVL, I, -aVR, II, aVF, III. Это, по мнению некоторых авторов [3, 4], упрощает расчет положения электрической оси сердца и оценку ишемии миокарда боковой и нижней стенок левого желудочка. Однако, скорее, это дело привычки.

ЭКГ, зарегистрированная в грудных отведениях, представляет разность потенциалов между определенной точкой на грудной клетке - обозначается как C (от *chest*, грудь) и общим проводником объединяющим 3 точки на конечностях. Следовательно:  $V = C - (L+R+F)/3$ . ЭКГ в грудных отведениях, естественно, не выводится из ЭКГ, снятой в отведениях от конечностей. Грудные отведения, записанные в классическом формате и формате Кабрера, не различаются.

Для регистрации ЭКГ в отведениях от конечностей электроды накладываются на дистальную часть предплечий или голени (в соответствии с цветовой маркировкой), однако место наложения электродов в пределах конечностей не принципиально – ЭКГ меняться не будет. При регистрации грудных отведений, помимо наложения электродов на конечности, необходимо установить электрод в определенной точке на поверхности грудной клетки. Наложение электродов на грудную клетку должно осуществляться в строго указанные в литературе точки – смещение грудного электрода на 1-2 см приведет к определенному искажению ЭКГ в соответствующем отведении и затруднит анализ ЭКГ.

Помимо 12 общепринятых отведений предложены и ряд других – по Небу, по Франку, пищеводные, внутрисердечные и некоторые другие отведения, которые используются в специальных случаях.

#### **Список литературы / References**

1. Орлов В.Н. Руководство по электрокардиографии / 9-е изд., испр., М.: Медицинское информационное агентство, 2017. 560 с.
2. O'Keefe Jr.J.H. et all The complete guide to ECGs / 4th ed., Burlington: Jones & Bartlett Learning, 2016. 616 p.
3. Lam A. et all The classical versus the Cabrera presentation system for resting electrocardiography. // J. Electrocardiol. 2015; V. 48(4). – p. 476-482.
4. Lindow T. et all Why complicate an important task? An orderly display of the limb leads in the 12-lead electrocardiogram and its implications for recognition of acute coronary syndrome // BMC Cardiovascular Disorders. 2019; V. 19: Article number: 13.