

# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

Список сокращений и условных обозначений.....	7
Предисловие к изданию на русском языке .....	9
Вступительные замечания.....	10

## **Часть I. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИИ И ПАТТЕРНЫ**

<b>Глава 1.</b> Основополагающие принципы: что такое электрокардиограмма? .....	15
<b>Глава 2.</b> Основы электрокардиографии: зубцы, интервалы и сегменты.....	21
<b>Глава 3.</b> Как оценивать основные параметры электрокардиограммы .....	27
<b>Глава 4.</b> Электрокардиографические отведения .....	39
<b>Глава 5.</b> Нормальная электрокардиограмма.....	51
<b>Глава 6.</b> Электрическая ось сердца и ее отклонение.....	63
<b>Глава 7.</b> Увеличение предсердий и желудочков .....	75
<b>Глава 8.</b> Нарушения внутрижелудочковой проводимости: блокады ножек пучка Гиса и связанные с ними нарушения.....	87
<b>Глава 9.</b> Ишемия и инфаркт миокарда. <i>Раздел I. Синдромы с подъемом сегмента ST и формированием патологического зубца Q</i> .....	101
<b>Глава 10.</b> Ишемия и инфаркт миокарда. <i>Раздел II. Синдромы без подъема сегмента ST и формирования патологического зубца Q</i> .....	121
<b>Глава 11.</b> Изменения на электрокардиограмме под влиянием лекарств, электролитных и метаболических нарушений .....	135
<b>Глава 12.</b> Изменения на электрокардиограмме при перикардите, миокардите и заболеваниях легких .....	147

## **Часть II. НАРУШЕНИЯ РИТМА СЕРДЦА**

<b>Глава 13.</b> Синусовый ритм и выскальзывающие сокращения.....	159
<b>Глава 14.</b> Наджелудочковые аритмии. <i>Раздел I. Экстрасистолы и пароксизмальные наджелудочковые тахикардии</i> .....	169
<b>Глава 15.</b> Наджелудочковые аритмии. <i>Раздел II. Трепетание и фибрилляция предсердий</i> .....	187
<b>Глава 16.</b> Желудочковые аритмии.....	203
<b>Глава 17.</b> Нарушения атриовентрикулярного проведения. <i>Раздел I. Задержки, блоки и диссоциативные синдромы</i> .....	221
<b>Глава 18.</b> Нарушения атриовентрикулярного проведения. <i>Раздел II. Паттерны и синдромы предвозбуждения желудочков (Вольфа–Паркинсона–Уайта)</i> .....	235

## **Часть III. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И КРАТКИЕ ОБЗОРЫ**

<b>Глава 19.</b> Брадикардии и тахикардии: краткий обзор и дифференциальная диагностика .....	249
<b>Глава 20.</b> Интоксикация сердечными гликозидами .....	269

<b>Глава 21.</b> Внезапная остановка сердца и внезапная сердечная смерть .....	277
<b>Глава 22.</b> Электрокардиостимуляторы и имплантируемые кардиовертеры-дефибрилляторы: основные положения для клиницистов.....	287
<b>Глава 23.</b> Интерпретация электрокардиограммы: комплексный подход .....	305
<b>Глава 24.</b> Ограничения и показания к использованию электрокардиографии .....	315
<b>Глава 25.</b> Дифференциальная диагностика в электрокардиографии: быстрое повторение пройденного материала.....	325
 <b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b>	
Приложение к части I .....	335
Краткий обзор глав с вопросами и ответами.....	335
Приложение к части II .....	399
Дополнительные материалы .....	399
Приложение к части III.....	421
Викторина: самоконтроль навыков клинической интерпретации электрокардиограммы .....	421
Предметный указатель.....	449

# Основополагающие принципы: что такое электрокардиограмма?

ЭКГ — это графическая запись электрической активности сердца во времени. В частности, ЭКГ представляет собой график изменения напряжения в зависимости от времени при сокращениях сердца. ЭКГ является ключевым компонентом диагностики и лечения на амбулаторном и стационарном этапе оказания медицинской помощи, поскольку позволяет получить крайне важную информацию. Следовательно, в этой книге основное внимание уделяется распознаванию и пониманию характерных особенностей ЭКГ при жизнеугрожающих состояниях, таких как острая ишемия и острый ИМ, тяжелая гиперкалиемия или гипокалиемия, гипотермия, тампонада сердца, некоторые виды токсических эффектов лекарственных препаратов, которые могут привести к остановке сердечной деятельности.

Область изучения электрокардиографии охватывает общие вопросы, включая ее клиническое применение, технические аспекты и фундаментальные основы. Устройство для регистрации и отображения традиционной ЭКГ в 12 отведениях называется *электрокардиографом* и регистрирует электрическую активность сердца (напряжение и электрический потенциал) с помощью датчиков, которые называют *электродами* и рас-

полагают на поверхности тела определенным образом<sup>1</sup>. Врачи и студенты часто путаются в базовых терминах, которые используются для обозначения графической записи, т.е. ЭКГ и регистрирующего устройства, т.е. электрокардиографа. По мере обсуждения мы будем подчеркивать потенциально сложные значения других терминов ЭКГ, которые могут привести к путанице.

В настоящее время для регистрации ЭКГ обычно используются одноразовые клеящиеся серебряные/хлорсеребряные электроды. При записи стандартной ЭКГ электроды накладываются на запястья, лодыжки и грудную клетку (в прекардиальную область). В условиях отделений неотложной помощи, отделений кардиологической реанимации и отделений интенсивной терапии может проводиться регистрация только одного или двух отведений с целью контроля сердечного ритма, обычно для этого используется несколько электродов, наложенных на грудную или брюшную стенку.

<sup>1</sup> Как обсуждается в главе 3, ЭКГ регистрирует разность потенциалов между двумя электродами или конфигурацией электродов. Дополнительные онлайн-материалы для этой главы представлены на сайте [expertconsult.inkling.com](http://expertconsult.inkling.com)

## ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИИ СЕРДЦА

Перед тем как обсудить основные изменения ЭКГ, мы рассмотрим простые для понимания, но важные принципы электрофизиологии сердца. К счастью, клиническая оценка ЭКГ требует знания лишь нескольких простых положений.

Сердце выполняет насосную функцию и в результате ритмичных сокращений перекачивает кровь к легким (в легочный кровоток), где она насыщается кислородом, а затем выбрасывает ее в общий (системный) кровоток. Кроме того, количество перекачиваемой крови должно соответствовать меняющимся метаболическим потребностям организма. В период физической активности потребность миокарда и других тканей в кислороде и питательных веществах выше, чем во время отдыха. Во многом такое *саморегулирующееся* приспособление к меняющимся потребностям организма в кислороде достигается за счет изменения ЧСС, которая, как будет описано ниже, в основном регулируется вегетативной (автономной) нервной системой.

Сигналом для сокращения сердца является синхронное распространение электрического возбуж-

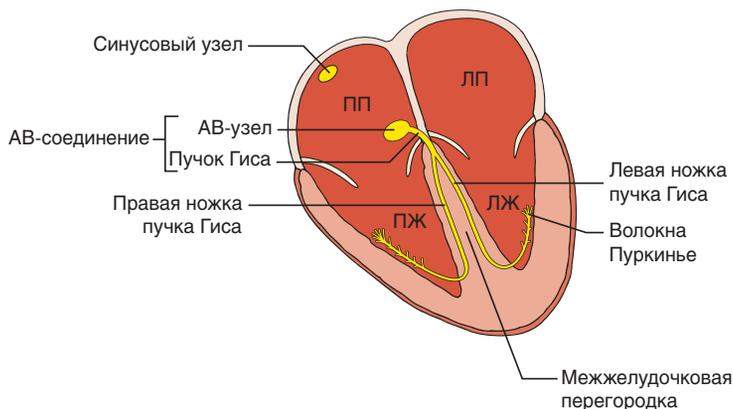
дения от клеток — водителей ритма (*пейсмейкеров*) к рабочим кардиомиоцитам по специализированной проводящей системе сердца.

Клетки — водители ритма похожи на крошечные генераторы импульсов (являющиеся источниками колебаний с технической точки зрения), которые автоматически вырабатывают повторяющиеся электрические сигналы. Другие клетки сердца, как клетки проводящей системы, так и рабочие кардиомиоциты, играют роль проводов, передающих этот электрический сигнал<sup>2</sup>.

### РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ИМПУЛЬСА В СЕРДЦЕ

Говоря простым языком, сердце — насос, управляемый электричеством. Передача электрических импульсов в сердце показана на рис. 1.1.

<sup>2</sup> Все типы кардиомиоцитов обладают еще одним важным свойством — рефрактерностью. Этим термином обозначается тот факт, что в течение короткого периода времени после возникновения стимула или стимуляции (деполяризации) клетки не могут сразу же разряжаться вновь, поскольку в них должна произойти реполяризация.



**Рис. 1.1.** В норме электрический импульс (сигнал) в сердце автоматически генерируется в синусовом узле, расположенном в правом предсердии (ПП). Затем импульс распространяется по правому и левому предсердиям (ЛП). Далее он проходит через атриовентрикулярный узел и пучок Гиса, образующие атриовентрикулярное соединение. После этого возбуждение распространяется на левый (ЛЖ) и правый (ПЖ) желудочки по левой и правой ножкам пучка Гиса соответственно. Электрический импульс быстро и одновременно распространяется к миоцитам правого и левого желудочков по волокнам Пуркинье. Электрическая активация предсердий и желудочков приводит к их последовательному сокращению (электромеханическое сопряжение)

В норме электрическое возбуждение сердца начинается в пейсмейкерных клетках *синусового*, или *синоатриального* (СА) узла, который расположен в правом предсердии (ПП) около устья верхней полой вены. Синусовый узел представляет собой небольшое (размером примерно 2×1 см) овальное скопление специализированных клеток, способных автоматически вырабатывать электрический импульс. От синусового узла импульс распространяется на ПП, а затем на левое предсердие (ЛП). Таким образом, синусовый узел — *водитель ритма* сердца в норме.

Первая стадия активации сердечной мышцы — электрическое возбуждение ПП и ЛП, которое, в свою очередь, является сигналом для их сокращения. Это обеспечивает одновременное поступление крови через трехстворчатый и митральный клапаны в правый желудочек (ПЖ) и левый желудочек (ЛЖ) соответственно. Далее электрический импульс распространяется по предсердиям, и часть этой волны активации проникает в специализированную проводящую ткань в *АВ-соединении*<sup>3</sup>.

АВ-соединение — своеобразный электрический мост, соединяющий предсердия и желудочки. Он расположен вблизи нижней части *межпредсердной* перегородки и распространяется на *межжелудочковую перегородку* (см. рис. 1.1)<sup>4</sup>.

Верхняя (проксимальная) часть АВ-соединения — АВ-узел (иногда термины «*атриовентрикулярный узел*» и «*атриовентрикулярное соединение*» используют как синонимы). Нижнюю (дистальную) часть АВ-соединения называют *пучком Гиса* по имени описавшего его физиолога. Пучок Гиса делится на две основные части: правую ножку, по которой импульсы поступают к ПЖ<sup>5</sup>, и левую ножку (см. рис. 1.1).

Электрический импульс быстро и одновременно распространяется по левой ножке пучка Гиса (ЛНПГ) и правой ножке пучка Гиса (ПНПГ) на *миокард желудочков* с помощью специализированных проводящих клеток, которые образуют волокна *Пуркинье* и расположены в субэндокардиальном слое (вблизи эндокарда или в толщине миокарда) желудочков.

От конечной части волокон Пуркинье электрический импульс распространяется по сердечной мышце в сторону эпикарда (кнаружи).

Пучок Гиса, его ветви и отходящие от них волокна в совокупности *составляют систему Гиса–Пуркинье*. В норме АВ-узел и система Гиса–Пуркинье представляют собой единственный путь, по которому электрический импульс проходит от предсердий к желудочкам, за исключением случаев, когда имеется аномальная структура, называемая дополнительным путем проведения. Такая патология и ее проявления описаны в главе 12 в рамках преждевременного возбуждения желудочков, или синдрома Вольфа–Паркинсона–Уайта (ВПУ).

В противоположность этому нарушение проведения импульса по АВ-соединению приводит к АВ-блокаде различной степени (глава 17). При наиболее тяжелой ее форме, АВ-блокаде III степени, или полной АВ-блокаде, проведение электрического импульса от предсердий к желудочкам полностью нарушено. Обычно это приводит к медленному замещающему ритму, что сопровождается слабостью, головокружением, потерей сознания или даже внезапной остановкой сердечной

<sup>3</sup> Распространение электрического импульса по предсердиям в целом можно представить в виде веерообразно распространяющейся волны возбуждения, которая возникает в СА-узле и напоминает круги на поверхности водоема, образующиеся от брошенного в воду камня. Распространению волн активации между СА- и АВ-узлами также могут способствовать так называемые межузловые пучки. Тем не менее анатомия и электрофизиология этих селективных межузловых пучков, которые по своей функции напоминают «скоростные полосы» в проводящих путях предсердий, остаются предметом исследований и споров среди экспертов и не влияют напрямую на клиническую оценку.

<sup>4</sup> Обратите внимание на схожесть некоторых терминов: мышечная стенка, разделяющая желудочки, называется межжелудочковой перегородкой, при этом термин «замедление внутрижелудочковой проводимости» используется для описания блокады ножек пучка Гиса и связанных с ней нарушений распространения

электрического сигнала в сердце, что рассматривается в главе 8.

<sup>5</sup> ЛНПГ состоит из двух частей, которые называют ветвями (эти пути проведения также обсуждаются в главе 8 вместе с нарушениями, которые называются блокадой ветвей или ножек пучка Гиса).

деятельности или внезапной сердечной смертью (глава 21).

Распространение электрических импульсов по предсердиям вызывает сокращение предсердий, а распространение по желудочкам — сокращение желудочков, в результате которого кровь поступает к легким и в системный кровоток. Процесс электрического возбуждения с последующим сокращением сердца можно рассматривать как *электромеханическое сопряжение*. В основе этого механизма лежит поступление ионов кальция в миоциты предсердий и желудочков при распространении электрического импульса. Процесс высвобождения ионов кальция — связующее звено между электрической и механической функцией сердца (см. источники литературы).

Электрокардиография регистрирует только достаточно мощные электрические импульсы, генерируемые большим количеством клеток миокарда. Сигналы меньшей амплитуды, подаваемые синусовым и АВ-узлами, не видны на поверхностной ЭКГ. Процесс деполяризации области пучка Гиса можно зарегистрировать только внутрисердечно с помощью специального *электрофизиологического исследования* (ЭФИ) сердца.

## СОКРАТИМОСТЬ И АВТОМАТИЗМ СЕРДЦА: «ГЕНЕРАТОРЫ ИМПУЛЬСОВ» И «ПРОВОДА»

*Автоматизм* — это способность определенных клеток сердца выполнять функцию *пейсмейкеров*, т.е. самопроизвольно вырабатывать электрические сигналы, как маленькие генераторы импульсов. Как упоминалось ранее, в норме первичным (доминантным) водителем ритма является синусовый узел из-за свойственного ему автоматизма. Однако в некоторых случаях функцию независимого (вторичного/дополнительного) водителя ритма могут выполнять другие клетки, расположенные вне синусового узла (в предсердиях, АВ-соединении или в желудочках). Например, при угнетении автоматизма синусового узла АВ-соединение может действовать как резервный

(замещающий) источник ритма. Замещающие ритмы, вырабатываемые вторичными пейсмейкерами, обеспечивают необходимую физиологическую избыточность (механизм безопасности) для жизненно важной функции сердцебиения, как описано в главе 13.

В норме относительно более быстрый ритм возбуждения СА-узла подавляет автоматизм этих вторичных (*эктопических*) водителей ритма, расположенных вне синусового узла. Тем не менее в некоторых случаях избыточное возрастание автоматизма водителей вне синусового узла приводит к тому, что они становятся способны конкурировать с синусовым узлом и даже подавлять его в контроле над сердечным ритмом. Например, быстрая пробежка эктопических предсердных импульсов приводит к ПТ (глава 14). После пробежки эктопических желудочковых импульсов возможно развитие желудочковой тахикардии (ЖТ) (глава 16), которая относится к жизнеугрожающим нарушениям ритма и может привести к фибрилляции желудочков (ФЖ) и остановке сердца (глава 21).

Помимо автоматизма, еще одним важным электрическим свойством сердца является *проводимость*. Скорость проведения электрических импульсов по различным участкам сердца неодинакова. *Наименьшая* скорость проведения — через АВ-узел, *наибольшая* — через волокна Пуркинье. Относительно медленное проведение через АВ-узел позволяет желудочкам заполниться кровью до начала их возбуждения и последующего сокращения. Быстрое проведение по системе Гиса–Пуркинье обеспечивает синхронное сокращение обоих желудочков.

Чем лучше вы понимаете особенности нормальной физиологической возбудимости сердца, тем проще вам будет понять нарушения сердечного ритма и проводимости и характерных для них изменений ЭКГ. Например, неспособность синусового узла к эффективной стимуляции предсердий может быть связана с нарушением его автоматизма или с локальным блоком проведения, который препятствует выходу электрического импульса из синусового узла (глава 13). Любой из этих патофизиологических механизмов может привести к явной *дисфункции синусового узла* и в некоторых случаях к *синдрому слабости синусу-*

сового узла с клиническими проявлениями (глава 19). При этом могут возникать ощущение дурноты или даже синкопальные состояния (обмороки) из-за выраженной *брадикардии* (низкой ЧСС).

В противоположность этому патологическое проведение импульса внутри сердца может вызвать различные типы *тахикардии* вследствие механизма *re-entry*, когда импульс проходит по более короткому пути. Этот механизм играет важную роль в развитии некоторых пароксизмальных наджелудочковых тахикардий (НЖТ), включая тахикардии с участием двойного пути проведения через АВ-узел или дополнительного пути проведения, а также многих ЖТ, как описано в части II.

Как уже было отмечено, нарушение распространения импульсов через АВ-соединение или по желудочкам сердца может вызвать АВ-блокаду различной степени (глава 17), иногда с развитием желудочковой брадикардии с клиническими проявлениями или с повышением риска таких угрожающих жизни осложнений, что требует имплантации постоянного ЭКС (глава 22). Нарушение проведения на уровне ножек пучка Гиса может приводить к блокаде ЛНПГ (БЛНПГ) или блокаде ПНПГ (БПНПГ). БЛНПГ является причиной электрической диссинхронии — одного из важных механизмов развития сердечной недостаточности (главы 8 и 22).

## КЛИНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИИ

ЭКГ — одно из самых воспроизводимых и доступных клинических исследований. В тщательных клинических и экспериментальных исследованиях последнего столетия было доказано следующее.

- ЭКГ позволяет диагностировать опасные нарушения электрической активности сердца, ведущие к бради- и тахиаритмиям.
- ЭКГ позволяет быстро получить информацию о клинически значимых нарушениях — например, об ишемии/ИМ, нарушениях обмена электролитов, интоксикации лекарственными препаратами, перегрузке и гипертрофии камер сердца.

- ЭКГ позволяет предупредить развитие серьезной патологии. Так, например, удлинение интервала  $Q-T (U)$ , возникающее под влиянием некоторых лекарственных препаратов или при гипокалиемии, свидетельствует о риске внезапной остановки сердца вследствие ЖТ типа «пируэт».

## КРАТКИЙ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ОБЗОР

*Первая часть* этой книги посвящена основам нормальной ЭКГ, а также основным причинам нарушений деполяризации (зубцы *P*, комплекс *QRS*) и реполяризации (сегмент *ST* и зубцы *T* и *U*).

Во *второй части* описаны различные нарушения ритма и проводимости, которые приводят к чрезмерному увеличению или уменьшению ЧСС (к тахикардии и брадикардии).

В *третьей части* приведен обзор материала и более детальное рассмотрение предыдущих глав, в том числе важных моментов, позволяющих избежать ошибок в интерпретации ЭКГ.

В разделе «Библиография» цитируются отдельные публикации, включая интернет-ресурсы, находящиеся в бесплатном доступе. Кроме того, для книги существует онлайн-приложение, в котором представлены дополнительные материалы, в том числе многочисленные примеры и практические вопросы и ответы.

### Несколько причин того, почему важно уметь читать электрокардиограмму.

- Медицинским работникам, которые непосредственно работают с пациентами, часто необходимо быстро принимать важные решения на основании данных ЭКГ.
- Компьютерная расшифровка ЭКГ зачастую бывает неполной или неправильной.
- Точная интерпретация ЭКГ необходима для ранней диагностики и лечения острого коронарного синдрома, включая ИМ с подъемом сегмента *ST*.
- Обстоятельная расшифровка ЭКГ также позволяет предотвратить серьезные катастрофы и внезапную остановку сердечной деятельности.

сти, например, при приобретенном синдроме удлиненного интервала  $Q-T$  и тахикардии типа «пируэт».

- Неправильная интерпретация ЭКГ (ложноотрицательные и ложноположительные результаты) может привести к серьезным последствиям, как к клиническим, так и к медико-правовым (например, пропу-

щенный или ошибочно поставленный диагноз ФП).

- Внимание к деталям в сочетании со способностью соотносить их с общей картиной (возможность «видеть не только лес, но и деревья») обеспечивает основу для критического мышления, столь необходимого в клинической практике.