

616
С 137

ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ
ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ
ЗНАНИЙ

КАНДИДАТ МЕДИЦИНСКИХ НАУК
И. И. САВЧЕНКОВ

**ЗВУКОВАЯ РЕНТГЕНОЛОГИЯ
СЕРДЦА**

Серия III
№ 24

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

Москва — 1955

7/1811/4
26

ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

Кандидат медицинских наук

И. И. САВЧЕНКОВ

616.1
C137

ЗВУКОВАЯ РЕНТГЕНОЛОГИЯ
СЕРДЦА

По материалам «Воскресных чтений»
Политехнического музея

БИБЛИОТЕКА

УзСХИ

г.р. Самарканд

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

Москва



1955

ОТ АВТОРА

В этой лекции рассказывается об основных принципах комплексного метода исследования сердечно-сосудистой системы, который разрабатывается автором с 1939 года совместно с коллективом врачей, инженеров и техников.

Основным принципом нового способа исследования является концентрация двух классических методов изучения болезней сердца — рентгенологического и акустического — на базе современной электронной техники.

Новый метод, названный нами «звуковая рентгенология», разрешает проблему одновременного исследования формы и функциональных явлений сердечно-сосудистой системы, что позволяет в каждом конкретном случае раскрыть их взаимосвязь.

В Институте терапии Академии медицинских наук СССР с 1949 года производятся систематические комплексные рентгеноакустические исследования сердечно-сосудистой системы человека при различных заболеваниях. Под руководством профессора А. Л. Мясникова проводятся исследования больных, пораженных ревматизмом. В нашей лаборатории ведутся также физические и физиологические эксперименты на животных. Эти опыты помогают нам совершенствовать методику в клинической практике.

Разработка нового комплексного метода исследования является результатом коллективной творческой работы сотрудников лаборатории Института терапии Академии медицинских наук СССР: инженера Е. Н. Гурьева, рентгентехника З. К. Титовой, радиотехника Л. В. Рыбакова и механика Г. Н. Шимкевича под руководством автора.

Внедрение звуковой рентгенологии в практику здравоохранения в значительной мере зависит от оснащения медицинских учреждений необходимыми приборами.

Наука движется толчками, в зависимости от успехов, делаемых методикой. С каждым шагом методики вперед мы как бы поднимаемся ступенью выше, с которой открывается нам более широкий горизонт, с невидимыми раньше предметами.

И. П. Павлов.

Введение

В развитии науки выдающуюся роль играет постоянное усовершенствование методов исследования.

Наука о распознавании болезни — диагностика — также развивается в зависимости от успехов, даваемых методикой. Опыт показал, что диагностическая наука не может рационально разрешать поставленные перед ней вопросы без совершенного технического вооружения, без новых способов исследования.

Использование медициной великих открытий и изобретений XIX и XX веков позволило коренным образом изменить и усовершенствовать методы диагностики болезней человека, в частности, болезней сердечно-сосудистой системы.

Бурное развитие медицинской техники на базе успехов физических и химических наук стало объективной причиной усиленного расчленения методов исследования. В медицине возникли новые специальности, новые разделы науки. Появились специалисты, детально овладевшие каким-либо одним методом исследования или лечения. Так, например, раньше болезни сердца исследовал и лечил терапевт (специалист по внутренним болезням), который выслушивал и выстукивал сердце. За последние 50 лет в исследовании сердца большую роль стал играть еще и рентгенолог — врач, изучивший методы применения рентгеновых лучей в медицине.

Хорошо известны большие успехи, достигнутые благодаря аналитическому подходу к изучению больного человека. Однако отрицательными сторонами этого направления в развитии медицинской науки являются: раздробленность методик и «чресполосица» в исследовании одного и того же объекта; раздельное изучение морфологии (строения) и функции органа или

всего организма, одновременное наблюдение разными специалистами хода развития патологического (болезненного) состояния больного. Даже изучение функции какого-нибудь органа также подразделяется в зависимости от методики. Например, колебательный процесс сердечно-сосудистой системы — пульсаторные движения и звуковые колебания — изучается изолированно, хотя физическая и физиологическая природа этих колебаний имеет много общих черт. Пульсаторные и звуковые волны находятся в прямой зависимости от анатомического и физиологического состояния сердечно-сосудистой системы.

Дифференциация методик служит причиной того, что в медицинской практике данные исследований больного разными специалистами иногда резко отличаются друг от друга. Так, например, терапевт выслушивает звуки, характерные для порока сердца, а рентгенолог не «видит» изменений конфигурации и объема сердца; или, что бывает реже, рентгенолог обнаруживает изменения, характерные для порока сердца, а терапевт не «слышит» патологических звуков пораженного сердца.

Такое противоречие получается чаще всего из-за того, что терапевт, выслушивая сердечные звуки, не видит самого сердца, а рентгенолог, наблюдая тень сердца на экране, не слышит звуков, возникающих при работе сердца. Подобные случаи, в которых главные признаки болезни маскируются второстепенными, объясняются отсутствием данных, полученных в результате комплексного исследования.

Наши выдающиеся клиницисты С. П. Боткин, Г. А. Захарьин, А. А. Остроумов, Н. Д. Стражеско, Г. Ф. Ланг и другие призывали к комплексному содружеству методов исследования болезненного процесса у человека, видя в этом новый подход к изучению сложных биологических явлений.

И. П. Павлов указывал на необходимость обязательного изучения строения и функции органа по возможности одновременно. Он писал, что такое изучение касается как самой видимой конструкции, так и динамических явлений, в ней происходящих, причем все время, конечно, не должна теряться из виду непременная связь конструкции с динамикой.

Эти принципы советской клинической методологии в изучении болезненного состояния опираются на известное положение марксистско-ленинской философии, которая учит, что форма и содержание взаимно друг друга обуславливают.

В 1939 году мы поставили и в экспериментальных и клинических условиях реализовали задачу одновременного (синхронного) изучения формы и функции сердца с помощью электронной аппаратуры. Было установлено, что правильное понимание формы и функции сердца в каждом конкретном

случае возможно только в результате рентгенофонодиагностического метода исследования, т. е. распознавания болезни с помощью рентгеновых лучей и выслушивания звуков с последующей регистрацией обнаруженных признаков болезни (этот метод часто называют также рентгеноаускультативным).

Прежде чем перейти к описанию техники и клинического значения нового комплексного метода исследования, который мы называли звуковой рентгенологией, необходимо вкратце остановиться на характеристике методов, на основе которых он возник.

Применение рентгеновых лучей для определения болезней сердца

Как известно, рентгеновы лучи обладают способностью свободно проходить через вещества, которые непроницаемы для видимого света. Они не воспринимаются невооруженным глазом, но вызывают свечение (флюоресценцию) некоторых химических веществ (платиноцианистого бария, сульфида цинка и других) и подобно белому свету оказывают фотографическое действие. Лучи Рентгена вызывают процессы ионизации и обладают сильным биологическим действием, что широко используется медициной для лечения ряда болезней.

В рентгенодиагностике используется главным образом свойство рентгеновых лучей проникать через вещество, в том числе и через ткани нашего тела. Очень существенно при этом, что не все вещества в одинаковой степени пропускают рентгеновы лучи. С увеличением атомного веса вещества способность поглощать рентгеновы лучи растет. Большую роль в степени прохождения лучей через тела играют также их плотность и объем — чем плотнее или больше по объему тело, тем больше поглощается в нем рентгеновых лучей. Наконец, поглощение рентгеновых лучей зависит от их интенсивности и длины волны.

Различная плотность органов человеческого тела и разный их химический состав вызывают неодинаковое по яркости теневое изображение этих органов на рентгеновском флюоресцирующем экране или на рентгенограмме. Так, например, сердце, состоящее из мышечной ткани и содержащее в своей полости кровь, поглощает рентгеновы лучи гораздо больше, чем легочная ткань, состоящая из отдельных, тонкостенных, эластических пузырьков, наполненных воздухом. Чем больше разница в поглощении рентгеновых лучей рядом расположенными органами, тем контрастнее их светотеневое изображение.

Вскоре после открытия рентгеновых лучей и описания их основных свойств они стали применяться в медицинской практике и уже через немного лет широко использовались почти всеми медицинскими специальностями.

Наиболее трудным объектом изучения для клинической рентгенологии оказалась сердечно-сосудистая система.

На «немом» рентгеновском экране определяют конфигурацию сердца, исследуя его в прямых и косых проекциях. Это позволяет обнаружить патологические изменения отделов сердца.

Клиническая рентгенология сердца достигла значительных успехов в ортометрическом определении размеров сердца и аорты (запись контура сердца прямым лучом). На рентгеновском экране и с помощью записи пульсации сердца (рентгенокимография) мы наблюдаем за изменениями пульсаторной волны сердца, нарушение которой позволяет выявить скрытые признаки поражения мышцы сердца или признаки нарушения кровообращения.

Однако клиническая рентгенодиагностика болезней сердца имеет и ряд существенных недостатков. Они обусловлены в первую очередь тем, что патологические изменения, происходящие в зоне клапанного аппарата или в толще мышцы сердца, лишь косвенно и довольно неясно отображаются на внешнем контуре сердечного силуэта. Потому ранние или незначительно выраженные изменения формы и объема различных отделов сердца или сердца в целом, а также небольшие функциональные нарушения иногда неправильно трактуются как нетипичные, неболезненные отклонения от нормы или вовсе не усматриваются.

Большой клинический опыт показывает, что такие изменения могут быть правильно определены только при одновременном исследовании рентгеновской картины и пульсаторно-звуковых колебаний, обнаруживающем наиболее точные и ранние признаки нарушения нормальной деятельности сердечно-сосудистой системы.

Выслушивание (аускультация) звуков сердца

Остановимся вкратце на истории развития аускультации как самостоятельного и наиболее древнего способа изучения сердечной деятельности.

Полагают, что еще древнегреческие врачи Гиппократ и Аритей знали о существовании звуков сердца и пользовались ими для определения болезней сердца.

В своем сообщении об открытии кровообращения Гарвей (1578—1657) упоминает о наличии звуков сердца, которые он выслушивал в моменты сокращения (систолы) и расслабления (диастолы) сердца. Однако акустические открытия Гарвея были забыты. И только в 1819 году французский ученый-клиницист Лаэннек (1781—1826), изобретший стетоскоп — прибор для более удобного и точного изучения звуков сердца, подроб-

но описал его тоны и шумы. Лаэннек описал звук при сокращении желудочков сердца (так называемый первый тон), а возникновение второго тона в момент расслабления желудочков сердца он объяснил сокращением предсердий.

Хотя и в настоящее время по вопросу о механизме возникновения тонов сердца нет полного единства, большинство ученых считает, что звуки, составляющие первый тон, происходят при сокращении предсердий, напряжении мышцы желудочков сердца, закрытии парусных и открытии полулунных клапанов, сотрясении крупных сосудов.

В комплекс второго тона входят звуковые колебания, возникающие при расслаблении мышцы сердца, закрытии полулунных клапанов, сотрясении крупных сосудов и открытии парусных клапанов.

Через 0,1 секунды после второго тона выслушивается (чаще, как будет показано ниже, записывается) третий тон. Механизм образования третьего тона, по мнению французского врача Потена и русского профессора В. П. Образцова (1851—1920), связан с быстрым впадением крови в полости желудочков со стороны предсердий.

В оценке звуков сердца большую роль играет чуткое ухо врача, тренировка, опыт. Поэтому метод выслушивания крайне субъективен. Нередко бывает так: одному врачу слышится одно, а второму — другое. Бывают случаи, когда даже видные кардиологи у одного и того же больного выслушивают различные звуки, а это, естественно, приводит к ошибке в диагнозе и лечении.

Сердце в начальный момент сокращения и расслабления мышцы излучает в окружающую его среду волны разной частоты и интенсивности.

В колебательный спектр сердца входят: видимые колебания сердца — колебания сердца в целом, т. е. его пульсация; инфразвуковые (невывыслушиваемые) колебания, возникающие, очевидно, в результате медленных и низких вибраций довольно больших, но неизвестно каких участков сердца; звуковые колебания отдельных элементов сердца, например, клапанов.

Тоны сердца представляют собой периодически прерывающиеся сложные звуковые колебания. С физической стороны они характеризуются низкой частотой (20—150 герц¹) и незначительной интенсивностью, а в физиологическом отношении — незначительной громкостью, зависящей от частоты колебаний и в меньшей степени от их амплитуды.

Как известно, слуховой анализатор человека имеет резко выраженные физиологические особенности при восприятии звуков частотой от 20 до 20 тыс. герц. Он избирательно чувствителен к звуковым колебаниям в диапазоне 1—2 тыс. герц. По-

¹ Один герц — единица частоты, равная одному колебанию в секунду

добный уровень чувствительности слухового анализатора в указанной области частот недоступен самым совершенным электроакустическим приборам. Однако в полосе низких частот (20—100 герц) слуховой анализатор человека обладает исключительно малой чувствительностью. Так, например, для того чтобы звуковые колебания частотой 1 тыс. герц и 60 герц казались одинаково громкими, необходимо звук частотой 60 герц усилить в 25 млн. раз.

Так как звуки сердца обладают низкой частотой колебаний, плохо воспринимаемых человеческим ухом, то усиление сердечных звуков необходимо для расширения пределов восприятия акустических явлений сердца как для опытного, так и для мало тренированного нормального уха. На восприятии звуковых колебаний ухом сказывается также их продолжительность. Чем больше длится звук, тем громче он кажется.

Такой простой акустический прибор, как обыкновенный врачебный стетоскоп, неравномерно усиливающий низкие частоты, только частично разрешил проблему восприятия трудно уловимых ухом медленных колебаний сердца.

В связи с особой физической природой звуковых колебаний сердца и физиологическими особенностями слухового анализатора (уха) мы не можем в полной мере воспринять все звуки, исходящие от разных участков сердца.

Это объясняется тем, что более громкие звуки маскируют, заглушают звуки малой интенсивности. Кроме того, в колебательном спектре сердца имеются такие звуки, которые в силу незначительной амплитуды и частоты, даже не будучи заглушены другими звуками, не могут быть восприняты невооруженным или элементарно вооруженным (стетоскоп) ухом.

Следовательно, на основании данных о физической природе звуков сердца и физиологической особенности восприятия их ухом человека можно сделать вывод, что даже выслушивание звуков обычным стетоскопом не может быть признано удовлетворительным способом исследования звуковых явлений сердечно-сосудистой системы.

Звуковая рентгенология сердца

Из всего рассказанного следует, что ни рентгеновский, ни звуковой методы, применяемые отдельно друг от друга, не могут дать полного, синтетического представления о соотношении анатомической картины и физиологической функции органа. Эти разрозненные методы, углубляясь в изучение деталей работы сердца, не дают возможности составить целостного представления о форме и колебательном процессе сердца в каждом конкретном случае.

Одностороннее исследование морфологической картины или функционального состояния органа приводит к искусственному

противоречию между врачами смежных дисциплин в установлении объективного диагноза, без которого, как известно, не может быть правильного лечения.

Назрела необходимость в комплексировании, концентрации методик, с помощью которых можно было бы, наряду с развитием аналитических исследований, получать объективные данные для синтетического представления о конструкции органа и его функции.

Одной из форм концентрации методик является объединение рентгенологического и акустического (звукового) способа исследований в единый комплексный метод синхронного изучения структуры и функционального состояния органа. Естественно, что это объединение методик могло произойти, с одной стороны, на базе высокоразвитой рентгеновской и электроакустической техники и, с другой стороны, на основе высокого уровня знаний в области физиологии и клиники сердечно-сосудистой системы.

Одновременное, синхронное изучение рентгено-анатомической картины органа и физиологических его признаков (пульсации и звуков) раскрывает внутреннюю связь между формой сердца и пульсаторно-звуковой функцией сердечно-сосудистой системы.

Одной из причин, побудившей нас заняться разработкой метода одновременного исследования формы и функции органа, послужило несоответствие данных, получаемых лечащим врачом при выслушивании сердца, той форме и размерам сердца, которые мы находили в процессе рентгенологических исследований на рентгенограммах и на рентгенокимограммах (запись пульсации сердца на фотопленке с помощью рентгеновых лучей).

Комплексный подход к изучению формы и функции базируется на физиолого-физической сущности пульсаторных и звуковых колебаний как единого биофизического процесса целостной сердечно-сосудистой системы.

Механизм образования как пульсации, так и звуков зависит от анатомического и физиологического состояния сердечно-сосудистой системы. Связывая воедино рентгено-анатомическую картину сердца (данные о форме и размерах) и физиологические признаки (т. е. наблюдаемую на рентгеновском экране пульсацию сердца и выслушиваемые звуки), мы можем судить одновременно о внешнем и внутреннем контурах сердца, так как пульсаторные и звуковые колебания в той или иной степени связаны и с анатомической картиной внутреннего рельефа сердца — клапанного аппарата, сосочковых мышц.

Преимущество комплексного изучения пульсации и звуков сердца перед одним лишь морфологическим анализом рентгеновской картины выявляется особенно ярко в тех случаях,

когда анатомические признаки болезни мало выражены и на обычном, «немом» рентгеновском экране трактуются как отклонения в пределах нормы. Одновременное изучение рентгеновской картины и звуков сердца дает возможность устанавливать раннюю стадию поражения мышцы сердца или его клапанного аппарата.

Наша рентгенофонодиагностическая установка, или, как мы ее будем в дальнейшем называть, установка для звуковой рентгенологии, позволяет воспринимать мало интенсивные звуки сердца, усиливать их, воспроизводить для прослушивания и записывать без искажения в виде кривой (фонограммы).

Установка для звуковой рентгенологии состоит из двух основных блоков — рентгеновского и электроакустического. Электроакустические приборы специальной конструкции используются для звукового сопровождения рентгенологического «видения» сердца и для объективной документации. Электроакустический блок нашей системы состоит из звукоприемников (датчиков) разных образцов, высококачественных усилителей, динамиков, воспроизводящих звук, и звукозаписывающих аппаратов. Система электроакустических приборов электрически связана с пультом управления рентгеновской установки. Для озвучения рентгеновского экрана мы не могли использовать существующие приборы, например стетоскоп. Весь звуковой блок пришлось изготавливать заново от начала до конца.

Остановимся более подробно на описании звукового блока, так как создание его потребовало наибольшего времени и усилий. Кроме того, вопросы, связанные с работой этой части установки, менее всего освещены в соответствующей литературе.

Электрическая аускультация звуков сердца

Принципиальными отличиями электрического метода усиления звуковых колебаний от иных способов, в частности акустического, являются: наличие лишь незначительных искажений, возможность выделить любую полосу частот и возможность производить точное измерение интенсивности и частоты звуковых колебаний.

Усиление полученных в микрофоне электрических колебаний происходит с помощью электронных ламп, которые, увеличивая амплитуду, не изменяют частоту воспринятых колебаний.

Развитие и распространение метода электрического выслушивания затруднено сложностью серийного изготовления высокочастотных электроакустических приборов, характеристика которых (частотная и амплитудная) позволила бы без заметных искажений воспринять звуки сердца, усилить их до 60—80 децибел и воспроизвести.

Различают три формы усиления звуков сердца: линейную,

логарифмическую и стетоакустическую. При линейной форме усиления все звуковые колебания усиливаются одинаково; при логарифмической — усиление происходит по типу восприятия звуков человеческим ухом; при стетоакустической — прием звука производится как стетоскопом, а дальнейшее усиление совершается в электронном усилителе с линейной характеристикой.

Отчетливость восприятия звуков сердца при их электрическом усилении значительно повышается. Так, первый тон при обычном выслушивании воспринимается как одинаковый, однородный звук, а при выслушивании первого тона, усиленного электроакустическим прибором, выявляются отдельные составляющие. Это полностью согласуется с современным физиологическим представлением о возникновении первого тона, как сложного комплекса звуков, исходящих одновременно от различных участков сердца и сосудов.

Воспроизведение усиленных сердечных звуков позволяет проводить коллективное их выслушивание, что является более объективным методом изучения, чем индивидуальная аускультация, при которой нередко имеют место субъективные восприятия и оценка. При поочередном выслушивании больного с помощью стетоскопа сказывается как изменчивость самого исследуемого объекта, так и состояния органов слуха врачей. Следует также упомянуть, что индивидуальное, поочередное выслушивание больного утомляет его и отнимает много времени.

Коллективное выслушивание представляет собой одну из форм проверки и уточнения установленных акустических признаков той или иной болезни. Имеется ряд интересных и поучительных примеров, когда коллективное выслушивание звуков сердца на лекции или в кабинете позволяло получить новые данные о состоянии и динамике патологического процесса сердца.

Как известно из акустики, основным тоном называется собственный тон с наименьшим числом колебаний в секунду. Тоны, наслаивающиеся на основной тон и частоты которых составляют целые кратные частоты к основному тону, называются обертонами, гармониками. Шум есть совокупность многих кратковременных, разнообразных звуков.

При любой форме усиления человеческое ухо наиболее чувствительно к звуковым колебаниям вполне определенной области частот, т. е. к высшим гармоникам, в то время как основной низкочастотный тон остается в «звуковой тени».

Поэтому коллективное прослушивание звуков сердца проводится вместе с оптическим контролем (фоноскопия), т. е. на экране аппарата, записывающего звук, наблюдают за бегущей кривой, которая соответствует звуковым колебаниям. Оптиче-

ский контроль во время электрического выслушивания позволяет сочетать восприятие звуков сердца более высокой частоты (гармоник) с наблюдением основных тонов и низких обертонов звуковых колебаний в виде кривой на экране осциллографа. Таким образом, фоноскопия существенно дополняет аускультацию.

При коллективной аускультации, когда уровень громкости звуков оптимален, слушатели без напряжения воспринимают усиленные звуки сердца, распространяющиеся от динамиков

Звукозапись (фонография) сердца

Фонография сердечных звуков имеет свою собственную историю, которую можно разделить на два этапа.

Первый этап характеризуется применением в основном пневматического и электрического методов регистраций.

Пневматический метод заключается в том, что звуковые волны из раструба стетоскопа, приложенного к стенке грудной клетки, поступают через резиновые трубки в капсулу Франка и вызывают колебания зеркальца. Отраженный световой пучок записывает на фотопленке колебательные движения (преимущественно низкочастотные и даже некоторые инфразвуковые).

Аппаратура электрического метода на первом этапе развития фонографии состояла только из микрофона и записывающего прибора — гальванометра. Чувствительность микрофонов была очень низкой, а гальванометр по своей частотной характеристике (около 50 герц) был мало восприимчив к колебаниям с частотой более 50 герц. Такой электрический метод применялся в основном для определения связи между временем возникновения звуков сердца и другими его функциями.

Второй этап развития записи звуков сердца характеризуется применением более чувствительных микрофонов, электронных усилителей, осциллографов и динамиков. Они составляют скелетную схему фонографа, продолжающую применяться и по настоящее время почти всеми, работающими в области фонографии и электрического выслушивания звуков сердца.

В 1894 году впервые были записаны тоны сердца с помощью микрофона, включенного в цепь электрометра. В это же время сердечные звуки были зарегистрированы оптическим осциллографом. До 1925 года наиболее популярным методом звукозаписи сердца был так называемый метод Эйнтховена. Техника этого метода заключается в следующем. Звуки воспринимаются с поверхности грудной клетки раструбом стетоскопа и попадают на подключенный к стетоскопу микрофон, в котором звуковые колебания превращаются в электрические. Возникающий ток подводится к первичной обмотке трансфор-

матора, а со вторичной обмотки электрические колебания поступают на струнный гальванометр.

Чтобы анализ звука, записанного осциллографом, был понятен читателю, необходимо определить значение некоторых терминов, принятых врачебной практикой. Под термином «физиологические тоны сердца» следует понимать все звуковые колебания, которые излучает нормальная сердечно-сосудистая система. Тоны сердца состоят из различных по амплитуде и частоте звуков, и так как эти тоны имеют непериодический характер, то по физической природе их приравнивают к шумам. В болезненном состоянии сердца появляются так называемые «шумы», выслушиваемые между тонами сердца. Эти шумы по своей физической природе (одинаковая амплитуда и постоянная частота) приближаются к тонам в физическом понимании. Следовательно, понятие «физиологические тоны и шумы» противоположно физическому понятию о тонах и шумах.

При графической записи тон (в физическом понимании) регистрируется в виде правильной, периодической кривой линии, а шум — в виде неправильной, аperiodической кривой.

На фонограмме значительно точнее определяются временные отношения между отдельными звуками. Следует напомнить, что человеческое ухо несовершенно в определении времени быстро совершающихся звуковых явлений. Фонограмма позволяет объективно определить форму звуковой волны, а ухо, как известно, не различает форму акустического колебания. Графическое изучение звуков сердца крайне необходимо для анализа частотной и амплитудной характеристики акустических явлений сердечно-сосудистой системы.

При сопоставлении выслушиваемых звуков сердца и записанных на фото пленке необходимо помнить, что на фонограмме (без фильтрации) регистрируются преимущественно низкие звуковые колебания (основные тоны и низкие обертоны), а ухо наиболее чувствительно к высоким звукам сердца (высшие обертоны, гармоники основных тонов). В этом и заключается важная для определения состояния сердца взаимосвязь между выслушиванием звуков сердца и их записью.

Ритм сердечной деятельности, расщепление и раздвоение тонов сердца фонографически определяются гораздо лучше, чем при выслушивании.

Очень важное значение для изучения порока сердца и его осложнений имеет раннее и точное распознавание сердечных шумов, их протяженность и характер звучания. В этом отношении звукозапись представляет собой незаменимый документ.

Для подавления колебаний большой амплитуды, которые мешают выслушивать и записывать звуки малой амплитуды, и для анализа элементов, составляющих акустическую картину сердца, применяется фильтрация. Электрическая фильтрация

разных полос звукового диапазона сердца позволяет выделить важные для диагностики звуковые колебания, а соседние звуки «погасить».

Мы пользуемся фильтром, выделяющим звуки от 20 до 100 герц, а в другом положении — от 100 герц и выше. Так как низкочастотные звуковые колебания сердца, преимущественно его тоны, обладают большой амплитудой и при усилении могут маскировать колебания малой амплитуды, необходимо, наряду с исследованием всего звукового диапазона сердца, производить запись фильтрованных звуков в различных полосах частот.

Среди современных способов звукозаписи наибольшую популярность приобрели фотографический, магнитный и механический.

В нашей методике употребляются два первых способа записи тонов и шумов сердца. На фотографической фонограмме звуковые колебания регистрируются в виде зубцов разной формы и размера. Фонограмма нормального сердца представляет собой графическое изображение тонов в виде неодинаковых по амплитуде и частоте зубцов (рис. 1).

Первый тон состоит из трех групп зубцов. Первая группа зубцов образована небольшими волнами с закругленными

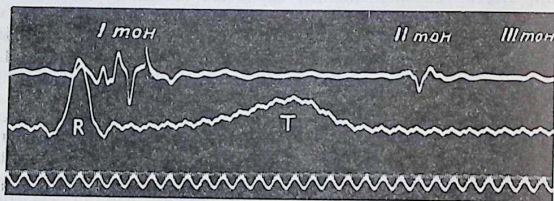


Рис. 1. Одновременная запись звуков сердца (фонограмма) и токов сердца (электрокардиограмма); внизу — отметка времени (расстояние между крупными зубцами — 1/50 секунды, а между штрихами — 1/500).

вершинами, вторая группа характеризуется высокими, остро-конечными зубцами; третья группа — довольно широкими зубцами небольшого размаха. Продолжительность первого тона в среднем 0,1 секунды, частота его 20—200 герц. Первый тон начинается через 0,01—0,04 секунды после зубца R электрокардиограммы¹.

¹ Зубцы электрокардиограммы, как известно, отображают электрические явления в мышце сердца. Зубец R соответствует моменту возбуждения мышцы желудочков сердца, а зубец T — ее расслаблению

Второй тон состоит в основном из одного-двух зубцов. У подножья большого зубца видны мелкие зубчики. После незначительного интервала, где также видны мелкие волны, вновь регистрируется большого размера остроконечный зубец. Длительность второго тона 0,06—0,08 секунды; частота его 50—150 герц. Начинается второй тон через 0,01—0,05 секунды после зубца Т электрокардиограммы.

Иногда через 0,1 секунды после второго тона записывается третий тон в виде широкой низкой волны с овальной вершиной. Длительность третьего тона 0,01—0,02 секунды; частота его 25—30 герц.

Одновременная (синхронная) запись фонограммы и электрокардиограммы облегчает чтение и анализ звуков сердца, указывает на соотношение электрической активности сердечной мышцы и звуков сердца.

Сердечные шумы отличаются от тонов более высокой частотой и длительностью. Частота шумов редко бывает ниже 100 герц, а в среднем она равна 100—3000 герц. Шум может занимать всю фазу сокращения или расслабления мышцы сердца или же возникать только в определенные моменты сердечной деятельности.

При графической записи шум регистрируется в виде довольно правильной, почти периодической кривой линии с острыми вершинами разной амплитуды, но без резких переходов. Встречаются случаи, когда шумы сердца полностью заглушают тоны; они слышны на расстоянии без усиления.

Наиболее простым методом анализа звуковых волн по фонограмме, записанной осциллографом, является установление отношений числа одинаковых по форме и амплитуде зубцов к отсчитываемому по масштабу времени, в течение которого они записались. Так определяется элементарная частотная характеристика звуковых колебаний. Амплитудная характеристика звуков сердца определяется по калибровке на данный уровень усиления.

Установка для звуковой рентгенологии

Как уже указывалось, установка для звуковой рентгенологии состоит из двух основных блоков: рентгеновского и звукового.

Рассмотрим более подробно устройство этих основных частей установки.

Рентгеновский блок включает рентгеновский аппарат, рентгенокимофонограф и электрокимограф.

Звуковой блок представляет собой систему электроакустических приборов, в которую входят: датчик (электромагнитный, пьезокристаллический или конденсаторный), который может

быть использован как для наружного, так и для внутривполостного исследования, например со стороны пищевода; усилители; динамики; звукозаписывающие приборы (осциллографы разных систем, в том числе восьмишлейфный); магнитофоны разных конструкций; электрокардиограф; усилитель для записи сосудистого пульса.

Рентгеновский аппарат. Он должен быть тщательно электрически изолирован. Пульт управления и главный трансформатор, как источники звуковых помех, вынесены из рентгеновского кабинета в соседнее помещение. Во время вклю-

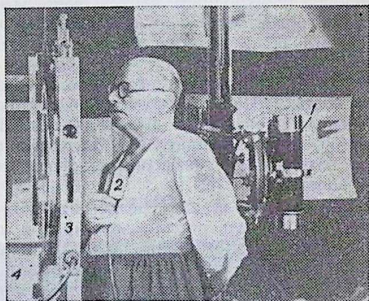


Рис. 2. Одновременная запись пульсации сердца рентгеновыми лучами и звуков сердца (рентгенокимофонография) с помощью электроакустической установки: 1 — рентгеновская трубка для снимков; 2 — больной с наружным датчиком; 3 — кимограф; 4 — осциллограф. Звуки, воспринятые датчиком, после усиления записываются осциллографом, вмонтированным в рентгенокимофонограф.

чения высокого напряжения между электрическими контактами не должно быть искрения, которое пагубно действует на качество воспроизводимого звука и фонографии. Пульт управления рентгеновского аппарата электрически связан с реле включения электроакустических приборов (датчик, усилитель и осциллограф). Это необходимо для одновременного включения высокого напряжения во вторичной сети рентгеновской установки и анодного тока осциллографической трубки, вмонтированной в рентгенокимофонограф.

Рентгенокимофонограф. Этот прибор на одной и той же рентгеновской пленке записывает одновременно пульсацию сердца с помощью рентгеновых лучей, пропускаемых через

щели движущейся свинцовой решетки, и тоны сердца с помощью флюоресцирующего пучка лучей осциллографа, смонтированного на задней поверхности рентгенокимофонографа (рис. 2 и 3). Такая одновременно полученная запись носит название рентгенокимофонограммы.

Скорость решетки рентгенокимофонографа и осциллографа доходит до 48 миллиметров в секунду. При такой ускоренной

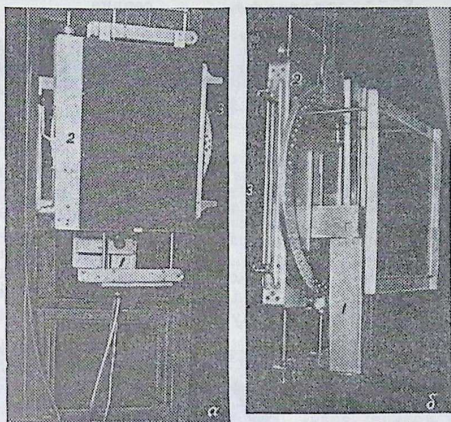


Рис. 3. Рентгенокимофонограф: *a* — вид спереди; *б* — вид сбоку; 1 — осциллограф; 2 — корпус кимографа, внутри которого имеется подвижная, механически связанная с осциллографом свинцовая решетка; 3 — щель для специальной кассеты с рентгеновской пленкой, на которую одновременно записываются звуки сердца и его пульсация.

рентгенокимофонографии зубцы получают значительного размера с более выраженными деталями на их контуре. Запись звука на этой же рентгенопленке, т. е. фонограмме, представляет собой графическое изображение тонов сердца на участке, равном 48 миллиметрам. Эта фонограмма вполне достаточна для анализа соотношения звуков и пульсации сердца (рис. 4).

Электрокимограф. Этот узел установки состоит из фотоэлемента, усилителя и осциллографа. Фотоэлемент, устанавливаемый на рентгеновском экране со стороны больного, имеет собственный маленький флюоресцирующий экран, на ко-

тором отражается светотень пульсирующего сердечного силуэта. Движения светотени превращаются фотоэлементом в электрические колебания, которые после соответствующего усиления подаются на осциллограф для записи так называемой электро-

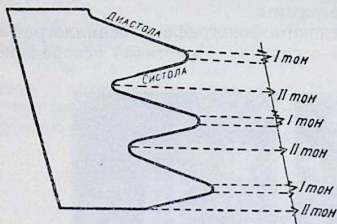


Рис. 4. Отношение рентгенокимозубца к тонам сердца: слева — изображена часть кривой, записанной рентгеновыми лучами в виде зубцов, характеризующих расширение (диастолу) сердца и сокращение (систола); справа — записаны тоны сердца.

кимограммы (рис. 5). Для приема звуков сердца со стороны пищевода, трахеи или желудка мы предложили и впервые применили в клинической практике внутриполостной, малогабаритный акустический зонд-микрофон (рис. 6). На его шнуре (коаксиальный кабель) имеется металлическое кольцо, являющееся одним из электродов электрокардиографа (второй электрод крепится на руке или ноге больного). Это позволяет одновременно с фонограммой записывать электрокардиограмму.

Усилители. Процесс усиления при заданной его величине должен быть стабильным. Это необходимо для того, чтобы данные, получаемые при изучении акустических явлений до лечения, во время и после него, можно было сравнивать. Коэффициент усиления должен быть достаточным для выслушивания звуков сердца в аудитории на 300—500 человек;

Датчики. Функция этих устройств заключается в превращении звуковых колебаний в электрические колебания той же частоты. Для приема звуков с наружного покрова грудной клетки мы пользуемся контактными электромагнитными и пьезокристаллическими датчиками.

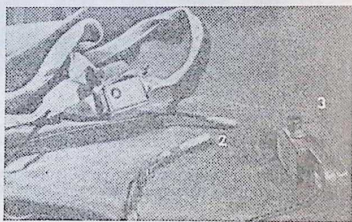


Рис. 5. Внешний вид датчиков разной конструкции: 1 — пьезоэлектрический датчик (с приспособлением для крепления на грудной клетке); 2 — акустические зонд-микрофоны для внутрипищеводного выслушивания; 3 — электромагнитный датчик для наружного выслушивания звуков сердца.

громкость при надобности должна доводиться примерно до 80—90 децибел.

Динамики. Они служат для преобразования электрических колебаний в звуковые. Воспроизведение звуков сердца во время рентгенологической телеаускультации (выслушивание на расстоянии) должно быть достаточно интенсивным, что сказывается на повышении чувствительности уха к низкочастотным звукам. Кроме того, для создания одинакового зву-



Рис 6. Акустический зонд-микрофон для внутрипищеводного выслушивания: 1 — собственно зонд; 2 — кольцевой электрод для снятия электрокардиограммы (второй электрод крепится снаружи, например на руке больного).

чания во всех местах аудитории включается одновременно несколько динамиков.

Осциллограф. Высококачественная запись звуков сердца должна отвечать всем требованиям современной техники фотографической фонографии. Мы пользуемся восьмишлейфным осциллографом МПО-2 и катодным осциллографом, который может быть использован в качестве оптического контроля (фоноскопия) во время коллективной аускультации, во время рентгенологической телеаускультации и звукозаписи.

Магнитофон. Для воспроизведения звуков сердца служит магнитофон, включенный в систему электроакустических приборов. Мы записываем на магнитную пленку наиболее интересные звуковые явления. Повторные записи производятся для изучения изменений в звуковой картине сердца до и после лечения теми или иными лекарствами, или после хирургического вмешательства.

Электрокардиограф. К электрокардиографу нашей установки могут быть подключены электроды для снятия обычной электрокардиограммы и электроды, один из которых в виде металлического кольца укреплен на акустическом зонде-микрофоне, а другой — на руке или ноге больного. Электрические колебания с усилителя электрокардиографа подаются на восьмишлейфный осциллограф (этот же усилитель при соответствующем шунтировании может служить усилителем для электрокимографа).

Электросфигмограф. Этот прибор записывает пуль-

совые движения стенки периферического сосуда, например лучевой артерии. Он состоит из пьезокристаллического контактного приемника и усилителя, который непосредственно связан с восьмишлейфным осциллографом.

Методика звуковой рентгенологии

После ознакомления с историей болезни, расспроса, осмотра и исследования больного общепринятыми методами мы приступаем к электрической аускультации звуков сердца со всех классических точек выслушивания и к изучению рентгеновской картины с поочередной регистрацией звука на осциллографе при одном и том же усилении (рис. 7).

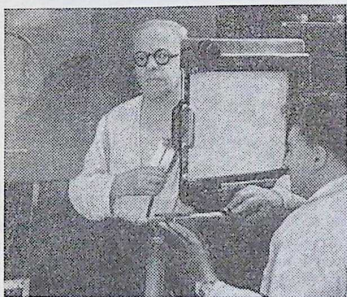


Рис. 7. Одновременное рассматривание рентгеновской картины и выслушивание усиленных звуков сердца. На снимке за рентгеновским экраном стоит больной, который держит наружный электромагнитный датчик. Слева от больного расположен динамик, воспроизводящий усиленные сердечные звуки, воспринятые датчиком.

Проводимые во время исследования и фотографирования сердца (с помощью рентгеновых лучей) выслушивание и регистрация звуков, снятых с наружного покрова грудной клетки, мы называем рентгенологической экзоаускультацией (наружное выслушивание). Выслушивание и регистрация звуков, снятых со стороны просвета пищевода, трахен и желудочно-кишечного тракта, обозначается термином «рентгенологическая эндоаускультация» (внутреннее выслушивание).

Выслушивание сопровождается оптическим контролем (фоно-

скопия). Далее производится обычная рентгенокимография в 2—3 проекциях и ускоренная комплексная рентгенокимография. Затем просматриваются рентгеновские и фонографические снимки. Вслед за этим производится рентгенологическая телеаускультация в прямых и косых проекциях с дополнительной рентгенофонографической записью. В сложных случаях, как правило, производится рентгенологическая эндоаускультация (после предварительного изучения состояния пищевода и желудка).

Перед введением зонда-микрофона в пищевод (под кон-

тролем рентгеновского экрана) производится орошение носоглотки из пульверизатора свежеприготовленным 3-процентным раствором диканна (обезболивающее вещество). Как только больной почувствует «неловкость» при глотании, мы приступаем к рентгенологической эндоаускультации. При введении зонда-микрофона больной должен производить обычные глотательные движения (насильственное введение зонда-микрофона запрещается). Если необходимо ввести зонд-микрофон в трахею, то это должно сопровождаться глубоким дыханием. Зонд-микрофон свободно проходит в просвет гортани, минуя голосовые связки. Опуская зонд-микрофон в просвет пищевода соответственно уровню расположения того или иного отдела сердца или сосудов, мы изучаем рентгеновскую картину и звуки.

Расположение зонда-микрофона в просвете пищевода, чуть выше диафрагмы, соответствует уровню задней стенки левого желудочка сердца. Затем микрофон поднимают до уровня левого предсердия, легочной артерии, затем дуги аорты и наддуговых сосудов. Можно выслушивать сердце и со стороны желудка. Каждый этап выслушивания документируется рентгеновским снимком. Внутривнутрипищеводное выслушивание мы провели более чем у 300 больных без каких-либо осложнений.

Наша методика разрешает проводить выслушивание в рентгеновском кабинете, в операционной или аудитории, в которых звук, воспринятый датчиком, после усиления воспроизводится мощными динамиками. Таким образом, наблюдая больного на рентгеновском экране, можно выслушивать одному или одновременно многим врачам звуки сердца, снятые с наружного покрова грудной клетки или со стороны просвета внутренних органов.

Описанная система электронных аппаратов и электроакустических приборов разрешает проводить рентгенотелеаускультативное исследование и комплексную регистрацию звуков не только больных, находящихся в лаборатории, но и лежащих в палате на расстоянии 50—80 метров от лаборатории. Следовательно, можно изучать звуки и пульсацию сердца непосредственно у кровати, например, тяжело больного, которого нельзя перенести в лабораторию или нежелательно тревожить частыми исследованиями; можно изучать спящего больного, больного после операции на сердце и т. д.

О зрительно-слуховой ассоциации во время рентгеноакустического исследования

Одновременные зрительные восприятия и слуховые ощущения звуков создают так называемую зрительно-слуховую ассоциацию. Известный физик П. П. Лазарев еще в 1904 году

показал, что громкость слышимого нами звука может заметно возрастать при одновременном световом раздражении.

Во время первых исследований сердца с помощью рентгенологической телеаускультации мы заметили, что при зеленом свечении рентгеновского экрана громкость тонов и шумов заметно повышается. Это наше наблюдение полностью согласуется с данными профессора С. В. Кравкова, который нашел, что во время слуховых раздражений чувствительность темно-адаптированного глаза к зелено-синим цветам повышается, а чувствительность к оранжево-красным лучам, напротив, падает. Острота зрения улучшается при слуховом раздражении, если речь идет о различении черных объектов на белом фоне (что и соответствует рентгеноскопическому изображению сердца). Наоборот, острота зрения падает при различении белых объектов на черном фоне.

Исходя из наших клинических наблюдений, проводимых в течение ряда лет на большой группе врачей и других лиц, можно высказать положение, что у наблюдателя в течение первых двух часов рентгенологической аускультации происходит раздвоение внимания — оно сосредоточивается то на оптическом изображении, то на выслушиваемых звуках. Только после знакомства с поставленной задачей и показа взаимосвязи и последовательности оптических и звуковых явлений наблюдатель начинает ассоциировать одновременно воспринятые зрительные и слуховые образы.

Значение звуковой рентгенологии сердца

Рентгенофонодиагностика (звуковая рентгенология) есть комплексный метод исследования, позволяющий выслушивать на расстоянии физиологические и патологические звуки сердца, наблюдая рентгеновское изображение сердца, и объективно регистрировать рентгенозвуковую картину с помощью прибора, который на одной и той же рентгенограмме записывает пульсацию и звуки.

Звуковое сопровождение рентгенологического видения усиливает ориентировку исследователя в трактовке данных, полученных одновременно с рентгеновского экрана и от динамика. Чем труднее диагностическая задача, тем больше необходимости в синтетическом изучении формы и функции органа.

В сложных случаях болезни сердца установить объективный диагноз без применения звуковой рентгенологии весьма затруднительно.

Коллективное выслушивание электрически усиленных звуков сердца и одновременное наблюдение тени сердца на рентгеновском экране значительно сузили субъективную оценку данных, получаемых разными специалистами.

С помощью рентгенотелеаускультации определяются фаза, время возникновения и длительность сердечного звука, а также удается отметить, в какую фазу сердечной деятельности возникают те или иные звуковые колебания на сосудистой периферии.

Нашей методикой установлено, что первый тон соответствует максимальному увеличению тени сердца, а второй выслушивается в момент ее максимального уменьшения. Ранее же полагали, что первый тон образуется в период видимого на рентгеновском экране уменьшения тени сердца, а второй выслушивается в момент начального увеличения его тени.

Рентгенологическая телеаускультация позволяет уточнить расположение точек максимального выслушивания сердечных звуков при различных вариантах формы сердца, а также при его смещении в различных плоскостях.

Рентгенологическая эндоаускультация с применением электрического зонда-микрофона впервые разрешена нами. Этот способ внутреннего выслушивания звуков, снимаемых с задней поверхности сердца, со стороны пищевода, прицельно улавливает очень тихие, мало интенсивные звуковые колебания, которые не доходят до наружного покрова грудной клетки. Он позволяет объективно определить начальные стадии развития стеноза венозного отверстия, состояние клапанов сердца, уровень, протяженность и степень сужения аорты, легочной артерии, сложные врожденные пороки и поражения легочной ткани.

Широкие горизонты открываются перед звуковой рентгенологией в области хирургии сердца. Соответствующие исследования сердца до операции и после нее объективно показывают результаты предпринятой конструктивной хирургии. Такие наблюдения проводились на больных, которым была произведена операция сердца в клиниках А. Н. Бакулева, А. А. Вишневого, Б. В. Петровского и других. Звуковой контроль во время оперативного вмешательства непосредственно в зоне клапанного аппарата сердца, надо полагать, станет наиболее объективным способом определения характера кровотока через суженные или расширенные венозные отверстия, через то или иное соустье между сосудами.

Клиническое значение возможности производить за пределами послеоперационной палаты выслушивание звуков и рассматривание на экране осциллографа фонограммы, электрокардиограммы, электрокинограммы и электросфигмограммы у больных, перенесших операцию на сердце, трудно переоценить.

Одновременной записью пульсаторного движения и тонов сердца (рентгенокинофонограмма) объективно выявляется физиологическая закономерность в соотношении тонов и шумов нормального и пораженного болезнью сердца.

Многоканальная (полифонографическая) запись звуков над сердцем и из других зон тела (спина, шея, живот, поясница) позволяет максимально точно установить время возникновения, характер и соотношение звуковых колебаний над сердцем и вне зоны сердца, преимущественно по ходу кровеносных сосудов.

В заключение следует еще раз подчеркнуть, что метод выслушивания сам по себе, без электроакустического усовершенствования, был и остается методом сугубо эмпирическим. Рентгенологический анализ патологического состояния без комплексного изучения колебательного спектра сердца (пульсации, инфразвуков и звуков) как единого биофизического процесса также недостаточен при решении вопросов, касающихся заболеваний сердца.

Звуковая рентгенология, как подтверждает практика, объединяет анализ и синтез в изучении морфологического и функционального состояния органа (системы). В этом большая сила нового метода, помогающего разрешать спорные и сложные теоретические и практические вопросы науки о сердце.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	3
Применение рентгеновых лучей для определения болезней сердца	5
Выслушивание (аускультация) звуков сердца	6
Звуковая рентгенология сердца	8
Электрическая аускультация звуков сердца	10
Звукозапись (фонография) сердца	12
Установка для звуковой рентгенологии	15
Методика звуковой рентгенологии	20
О зрительно-слуховой ассоциации во время рентгеноакустического исследования	21
Значение звуковой рентгенологии сердца	22

Автор
Иван Иванович Савченков.

Редактор С. Е. Кипнис.
Техн. редактор Р. В. Дмитриева.

А 05201. Подписано к печ. 6/IX 1955 г. Тираж 82 000 экз. Изд. № 253.
Бумага 60×92¹/₁₆—0,75 бум. л.—1,5 п. л. Учетно-изд. 1,44 л. Заказ № 2014.

Ордена Ленина типография газеты «Правда» имени И. В. Сталина.
Москва, ул. «Правды», 24.

