

СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ И МЕДИЦИНСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ¹

Е. Б. Бабский, В. В. Парин, Е. С. Геллер

Одной из характерных особенностей науки нашего столетия является оформление ряда новых научных дисциплин, пограничных со старыми областями знаний. К числу таких новых дисциплин относится бурно развивающаяся биологическая и медицинская электроника, находящаяся на стыке биологии и медицины с техникой. В последние годы определилась сфера ее действия, конкретизировались ее задачи, пути развития и значение для биологии и медицины.

Задачами биологической и медицинской электроники являются:

1. Разработка новых методов и приборов, построенных на принципах электроники, для сбора информации о структуре и функциях живых организмов.
2. Создание электронных устройств для автоматического анализа и обработки медико-биологической информации.
3. Разработка новых физико-технических методов воздействия на живой организм.
4. Электронное моделирование физиологических процессов.
5. Создание электронных устройств для управления деятельностью организма.
6. Разработка способов автоматизации трудоемких работ и средств связи в научных и практических медицинских учреждениях.

Биологическая и медицинская электроника все шире вклинивается в самые различные биологические и медицинские дисциплины, которые получают существенную помощь от применения электронной техники, ее методов и принципов.

Рассмотрим некоторые новые достижения биологической и медицинской электроники, показывающие характерные особенности современного этапа ее развития.

Прежде всего необходимо указать на стремление к миниатюризации и микроиниатюризации деталей и элементов электронных устройств и широкое внедрение полупроводников в производство биологических и медицинских приборов. Это позволило создать ряд сложных приборов относительно малых размеров, портативных, которые можно применять как в палате у постели больного, непосредственно на дому, так и при оказании скорой помощи. Примером могут служить электрокардиографы и дефибрилляторы весом около 4—6 кг, малогабаритные стимуляторы и др.

Миниатюризация имеет не только чисто техническое, но и принципиальное значение для биологии и медицины, позволяя создать ряд приборов, которые могут имплантироваться в организм, могут быть введены внутрь кровеносных сосудов, в полость сердца, протоки желез и т. д. Возможность вживления и введения в организм различных электронных приборов стала реально осуществимой еще и потому, что разработаны способы их покрытия некоторыми новыми материалами, индифферентными для организма, не вызывающими его реакций. Такими материалами являются силиконовые резины, териленовые пленки и некоторые другие.

При применении вводимых в организм устройств могут использоваться способы как проводной, так и беспроводной связи.

К числу уже не очень новых миниатюрных приборов, вводимых в сосуды или сердце, относятся индуктивные электроманометры, укрепленные на конце тонкого катетера, и датчики для внутрисердечной фонокардиографии. В последнее время разработаны микроманометры с четырьмя миниатюрными, образующими мост Уитстона силиконовыми сопротивлениями, соединенными с мембраной диаметром около 1 мм, укрепленной на конце катетера. Такой микроманометр дает большой выходной сигнал, обладает высокой собственной частотой, температурной стабильностью и дает устой-

¹ Доклад на 3-й Всесоюзной конференции по медицинской электронике в Казани 1 декабря 1964 г.

чивую нулевую линию. Достоинство таких микроманометров, вводимых в сосуды и полости сердца, в том, что при их применении отсутствуют артефакты от колебаний столба жидкости в катетере; кроме того, на записи давления нет временной задержки, зависящей от передачи давления вдоль столба жидкости в катетере. Применение внутрисердечных микрофонов для фонокардиографии в физиологическом эксперименте и в клинических исследованиях показало их преимущества перед старыми способами регистрации акустических проявлений сердечной деятельности.

Новым и интересным достижением является разработка приборов для внутрисердечной оксиметрии. Для этого применяется катетер с миниатюрным фотоэлементом и источником света на конце или прибор, построенный с использованием волоконной оптики. Такой прибор, описанный в 1964 г. выдающимся кардиологом А. Курнаком вместе с сотрудниками, представляет большой интерес. При пользовании этим прибором в сердце вводится фторопластовый катетер диаметром около 2 мм, внутри которого находится пучок из 80 стеклянных волокон. Свет от накаливаемой вольфрамовой нити фокусируется на конец части пучка этих волокон. Два вращающихся оптических фильтра, рассчитанных на длины волн 805 и 660 мкм, пересекают путь падающему свету приблизительно 40 раз в секунду. Отфильтрованный свет проходит вдоль части волокон и диффузно отражается эритроцитами. Отраженный свет по другой части волокон проходит к фотоэлектронному умножителю, подается на осциллограф и фототируется. За время одного оборота фильтров на экране осциллографа появляются последовательно два выброса, амплитуда каждого из них пропорциональна интенсивности отраженного света соответствующей длины волны. Отношение этих амплитуд, получаемое 20 раз в секунду, линейно связано с насыщением крови кислородом. Такой отражательный оксиметр дает возможность производить большое число измерений без потерь крови и позволяет определять небольшие и быстрые изменения насыщения крови кислородом. Можно улавливать эти изменения в течение одного дыхательного цикла. Чувствительность прибора такова, что он позволяет обнаружить различия в насыщении крови кислородом в пределах 0,5—1%. Этот метод был с успехом применен для обнаружения дефектов межпредсердной и межжелудочковой перегородок и установления патологических сбросов крови. В отдельных случаях применение этого метода дало более точные диагностические данные, чем получаемые с помощью аппарата Бекмана. Одновременно с оксиметрией можно производить и определение давления, для чего тонкий катетер с волоконной оптикой вставляется в более толстый катетер, соединенный с электроманометром. Волна давления передается по столбу жидкости между наружной стенкой тонкого катетера и внутренней — толстого.

Во вживляемых устройствах весьма существенным является использование миниатюрных и высокочувствительных преобразователей. Для этой цели в последние несколько лет начали применять полупроводниковые преобразователи, которые наряду с функцией датчика одновременно выполняют роль первого каскада усилителя и дают возможность создать схемы с высоким входным сопротивлением. Некоторые полупроводниковые преобразователи имеют диаметр всего несколько микрон и позволяют измерять температуру, давая сигнал от 2 до 3,5 мВ на 1°С.

Для измерения температуры в некоторых вводимых в организм устройствах в качестве преобразователей используются миниатюрные температурно-зависимые керамические конденсаторы — вариконды. Такой конденсатор применен в советской радиопилуле, предназначенной для измерения температуры в пищеварительном тракте. Вольфом для этой же цели создан оригинальный датчик температуры, состоящий из тороидальной катушки с сердечником из железо-никелевого сплава, магнитная проницаемость которого изменяется от температуры в пределах от 10 до 45°С. Катушка включена в резонансный контур генератора радиопилулы. Точность измерения достигает 0,05°С.

Полупроводниковые сопротивления весьма удобны для измерения механических величин, будучи в 100 раз чувствительнее проволочных тензометров. По данным Гровале (1963), без усиления эти сопротивления дают сигнал до 50 мВ на 0,1 кг/см² и позволяют измерять давление при следующей чувствительности: 1 дина/см² дает сигнал 63 мВ при сопротивлении 100 ом. Полупроводниковые датчики из арсената галлия дают возможность определять линейные перемещения, равные 0,8 мк, из силиконата галлия — 1,2 мк, из германия — 1,5 мк, из сернистого свинца — 2,5 мк.

Вживляемые преобразователи использованы для определения давления в сосудах в опытах на животных. Такие датчики представляют собой силиконовые пленки, укрепляемые вокруг периферической артерии, или силиконовые пластинки, укрепленные на металлической раме, прилегающей к артерии.

Вживленные преобразователи с успехом применялись для регистрации двигательной функции некоторых внутренних органов. Так, еще в 1959 г. З. В. Кобахидзе демонстрировал на Всесоюзном съезде физиологов применение проволочных датчиков сопротивления для записи кишечных движений у собак. Аналогичная методика в 1963 г. была описана в США Якоби и др.

Нильсен для этих же целей предложил силиконовые тензометры, которые обладают большой чувствительностью, дают возможность в эксперименте на животном регистрировать тонус, относительную силу и частоту сокращений кишечника и перистальтическую активность нескольких участков пищеварительного тракта.

К числу вводимых в организм электронных устройств относятся интенсивно разрабатываемые с 1957 г. эндорадиозонды, или радиопилюлы для радиотелометрического исследования функций пищеварительного тракта. Эти устройства представляют собой радиопередатчики, позволяющие определять и измерять различные процессы, происходящие в органах пищеварения. Применяемые в настоящее время эндорадиозонды разделяются на две группы: активные и пассивные. Первые снабжены автономным источником питания — обычно миниатюрным окисно-ртутным элементом, обеспечивающим работу передатчика в течение 100 часов. Одной из особенностей эндорадиозондов для измерения температуры и давления является то, что в них отдельные элементы схемы совмещают разные функции, что позволяет создать более компактную конструкцию. Например, вариконд, включенный в контур генератора в качестве емкости, является одновременно датчиком. Равным образом катушка индуктивности эндорадиозонда является одновременно элементом и датчика, и резонансного контура.

В СССР и за рубежом уже освоено производство эндорадиозондов для измерения температуры, давления и pH. В настоящее время ведутся разработки эндорадиозондов для измерения и некоторых других параметров. Для клинической медицины большой практический интерес представляют эндорадиозонды для определения наличия крови в полости желудка и кишечника. Японские специалисты Кимото, Ватануки, Хора и др. разработали для этой цели эндорадиозонд, принцип конструкции которого состоит в следующем: датчик температуры миниатюрного эндорадиозонда погружен в маленькую камеру, заполненную 0,1 г пербората натрия ($\text{NaBO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). Под влиянием каталазы крови перборат при расщеплении освобождает кислород, причем на каждую молекулу пербората освобождается 23,1 калории тепла. По изменению температуры судят о наличии крови. Чувствительность такой капсулы относительно невелика: введение в пищевод собаки 5 мл крови приводило к повышению температуры в капсуле, находящейся в пищеварительном тракте, на $0,2^\circ\text{C}$.

Начиная с 1960 г. разработан ряд конструкций пассивных эндорадиозондов, источник питания которых находится вне организма. Идея подобных эндорадиозондов была высказана еще в 1956 г. М. М. и М. Т. Маршаллами. Принцип их конструкции может быть различен; практическое применение нашли схемы с так называемым «звеном» контуром. Такой пассивный эндорадиозонд включает датчик и резонансный контур, настроенный на частоту колебаний внешнего импульсного генератора. Регистрируется частота излучаемых резонансным контуром колебаний в перерывах между импульсами внешнего генератора. Частота генератора модулируется датчиком соответственно изменениям температуры, давления или pH. Преимуществом пассивных эндорадиозондов является непрерывный срок их работы, определяемый только старением элементов схемы. Такие пассивные эндорадиозонды разработаны различными группами авторов.

Зворыкиным и его сотрудниками, а также рядом других исследователей разработаны имплантируемые приборы для усиления и телометрической передачи ЭКГ. Разработаны также имплантируемые приборы для радиотелометрической передачи ЭЭГ, электромиограммы и АД. Преимуществом подобного способа регистрации является отсутствие проводов от электродов или датчиков, выходящих из тела и идущих к регистрирующему устройству. Этим устраняется опасность распространения инфекции по ходу проводов с поверхности в глубь организма. Мощность излучаемых передатчиков относительно невелика, вследствие чего антенна должна быть расположена или на самом животном, или на очень близком расстоянии.

Возможно создание ретрансляционных устройств, помещаемых на поверхности тела и передающих сигналы на расстояние в сотни метров. Разработка подобных приборов в дальнейшем сделает возможным проведение физиологического эксперимента в условиях совершенно свободных движений животного, находящегося в естественной среде обитания. Системы ретрансляции сигналов эндорадиозондов, находящихся в пищеварительном тракте, целесообразно разработать и для исследований, проводимых на человеке. В этом случае регистрация различных физиологических процессов может проводиться у человека, не стесненного в своих движениях, на расстоянии от приемно-анализирующего устройства.

Существенно важной стороной применения эндорадиозондов является разработка всенаправленных антенн, для чего используются антенны с электронной коммутацией, расположенные в трех взаимноперпендикулярных плоскостях. Такие антенны необходимы потому, что при приеме показаний эндорадиозонда односторонней антенной регистрируется много артефактов, зависящих от перемещения эндорадиозонда в пищеварительном тракте.

Говоря об эндорадиозондах, необходимо указать на разработанные в последние годы в СССР А. М. Соринным, Ю. С. Жуковым с сотрудниками и в Швеции Б. Якобсоном системы радиопеленгирования эндорадиозондов. Эти системы позволяют определить местоположение и скорость перемещения эндорадиозонда в пищеварительном тракте. Получаемые данные регистрируются на диаграммном листе бумаги, показывая путь следования эндорадиозонда в желудке и кишечнике. Уже первые результаты применения этого метода дали Якобсону и нам некоторые ценные физиологические сведения.

Новым в применении эндорадиозондов является разработка так называемого эндомоторзонда. Этот прибор представляет собой капсулу с чувствительной к давлению мембраной и двумя металлическими электродами для регистрации pH. Внутри капсулы

находится электрический микромотор, который через редуктор вращает зубчатое колесо, передвигающее капсулу вдоль «рельса» — тонкой нейлоновой нити диаметром 0,26 мм с углублениями, соответствующими выступам на зубчатом колесе. Капсула в зависимости от полярности тока, питающего мотор, может двигаться в одну или другую сторону вдоль нити. Капсула соединена с регистрирующим устройством и источником питания проводами, проходящими в тонкой трубке диаметром около 1 мм. За несколько часов до применения капсулы испытуемому человеку вводят нейлоновую нить с грузиком на одном конце. После того как нить проходит определенное расстояние вдоль кишечника, конец нити, обрезанный у рта, пропускается через капсулу и закрепляется. Включается мотор, и капсула вдоль нити проходит через пищевод в желудок и кишечник. По окончании исследования изменения полярности тока, питающего мотор, и капсула возвращается в рот. Вес капсулы 2,2 г, диаметр 8 мм, длина 21 мм. Эндомоторзонд в принципе может быть применен для извлечения содержимого из определенных отделов кишечника, для введения в него небольших эндоскопов, устройств для биопсии, а также для введения в кишечник лекарственных веществ.

Разработаны миниатюрные приборы, состоящие из небольшого постоянного магнита, заключенного в химически инертный корпус диаметром около 1 мм и длиной около 4 мм. Такой прибор, укрепленный на конце нейлоновой нити, может вводиться в кровеносные сосуды или пищеварительный тракт. Управление движением прибора, как поступательным, так и вращательным, осуществляется с помощью внешнего магнитного поля. С помощью прибора можно вводить небольшое количество концентрированного лекарства в необходимое место, получать образцы жидкостей или тканей из различных внутренних органов. Такого типа приборы пока весьма примитивны, но, возможно, при дальнейшем усовершенствовании они могут быть полезны для различных, в том числе хирургических операций.

Применение имплантируемых устройств в последние годы приобрело практическое значение в клинике и в физиологическом эксперименте для целей электрической стимуляции. Здесь в первую очередь необходимо указать на применение кардиостимуляторов. В СССР и за рубежом разработаны и выпускаются промышленностью кардиостимуляторы для постоянной в течение нескольких лет стимуляции сердца и нормализации его ритма при атриовентрикулярных блокадах, а также для предупреждения опасных для жизни приступов Эдемс-Стокса.

Большинство выпускаемых промышленностью кардиостимуляторов выдают импульсы постоянной частоты 60—70 в минуту, однако разработаны способы управления частотой вживленного стимулятора внешним устройством. Для этого Кантровичем в США предложена сложная радиочастотная схема. Советскими специалистами А. А. Рихтером и В. Е. Бельговым создан стимулятор, частота которого регулируется наружным источником света, действующим на вживленное под кожу фотосопротивление, включенное в схему блокинг-генератора.

Стимуляция желудочков сердца при полной атриовентрикулярной блокаде позволяет нормализовать ритм сердечной деятельности. Однако при этом не достигается полной синхронизации работы предсердий и желудочков и отсутствует контроль сердечной деятельности со стороны нервных и гуморальных регуляторных механизмов. Восстановление такого контроля над сокращением желудочков и синхронизация их работы с работой предсердий являются реально достижимыми. Для этой цели уже несколько лет назад предложено вживлять усилители импульсов предсердий, передающие эти импульсы с соответствующей задержкой для стимуляции желудочков (Фолькмен и Уэткинс, Е. Б. Бабский с сотр.). В настоящее время разработаны устройства (Нэтэн и др.), в которых усиленный потенциал предсердий запускает кардиостимулятор, соединенный электродами с желудочком. Подобные приборы уже применяются в клинической практике.

Стимуляция сердца, нервов, мозга, скелетных и гладких мышц может производиться и с помощью радиочастотных стимуляторов (Гленн и Мауро, Е. Б. Бабский, А. Л. Барановский и др.). В этом случае вживляется в тело приемная катушка с выпрямительным диодом на выходе. Передача стимулов осуществляется антенной (передающей катушкой), приложенной к телу или расположенной на расстоянии. В последнем случае требуется значительно большая мощность передатчика. Такой способ может получить практическое применение в клинике для целей управления функциями мочевого пузыря при его параличе, вызванном спинальной травмой. В этом случае к поверхности мочевого пузыря подшивают несколько электродов и периодически стимуляцией вызывают сокращение гладкой мускулатуры и опорожнение мочевого пузыря.

В последнее время описаны эксперименты, в которых достигалось снижение уровня АД при искусственно созданной гипертонии у собак электрической стимуляцией рецепторов каротидного синуса от вживленного стимулятора.

Таким образом, применение вживляемых устройств позволяет создать искусственные системы управления различными функциями организма.

Важной проблемой при использовании вживляемых стимуляторов или радиопередатчиков для телеметрической регистрации функций является создание малогабаритного и надежно работающего источника питания с большим сроком службы. Эта проблема до настоящего времени не решена полностью. В этой связи большой интерес представляют устройства, работающие за счет энергии живого организма. Уже

проведены успешные эксперименты по применению электронного стимулятора сердца, работающего за счет части энергии выброса крови из сердца. Для этой цели к аорте подшивают пьезокристаллы из титаната бария, преобразующие энергию растяжения стенок аорты в период изгнания крови из желудочков в электрическую энергию, которая используется для питания генератора, стимулирующего желудочки сердца. В другом устройстве биологическим источником питания служит мышца диафрагмы, механическая энергия сокращения которой при вдохе преобразуется в электрическую и накапливается в конденсаторе. Следует отметить, что, кроме механической энергии работы мышц, в качестве источников питания могут быть использованы химическая энергия процессов, происходящих в организме, и разность температур между тканями с разной энергетической активностью.

Использование биологических источников питания различных устройств, вживляемых в организм, открывает и для физиологии и для медицинской электроники совершенно новые перспективы.

Одной из важных задач, которые позволяет решить современная электроника, является разработка приборов, с помощью которых без непосредственного контакта с организмом можно регистрировать его функции. Это дает возможность проводить исследования, совершенно не нарушая состояния пациента, что особенно важно при психо-физиологических экспериментах. Уже относительно давно разработан ряд приборов с воспринимающими устройствами, вмонтированными в кровать, на которой лежит пациент, или в стул, на котором он сидит. Таким образом, возможно регистрировать некоторые механические проявления сердечной деятельности и дыхательные движения. В последние годы предложено применять для физиологических и медицинских целей датчики, находящиеся на расстоянии от человека (бесконтактные датчики). Так, температура может быть определена на расстоянии приборами инфракрасной техники или другими болометрическими методами. Дыхание можно контролировать по отраженному от грудной клетки ультразвуковому сигналу, частота которого модулируется благодаря эффекту Допплера. Кожно-гальванический рефлекс можно регистрировать по измерению слоя пота на поверхности кожи посредством сверхвысоко-частотных волн, поглощаемых водой. Биопотенциалы сердца в принципе можно регистрировать с помощью катушки индуктивности, расположенной вблизи от пациента. Венный пульс регистрируют посредством специального емкостного датчика, не требующего соприкосновения с кожным покровом; таков, например, дистантный флебограф А. Ковача. Подобные методы должны получить широкое применение для различных физиологических и медицинских целей.

Выше мы уже упомянули о некоторых новых методах биорадиотелеметрии, а именно, о применении вживляемых радиопередатчиков. Крупным достижением в этой области является создание малогабаритных телеметрических устройств, укрепляемых на человеке. В этом отношении достигнуты значительные успехи рядом исследователей, в частности Свердловской группой специалистов, возглавляемой В. В. Розенблатом. В последние 2—3 года они сконструировали и усовершенствовали ряд приборов для исследования ЭКГ, пульса и дыхания, что позволило им регистрировать сердечную деятельность во время конькобежных соревнований, при прыжках с трамплина и т. д. Благодаря этим достижениям медицинской электроники удалось реализовать давнишнее желание физиологов изучать функции организма в самых различных условиях деятельности человека не только в лаборатории, но и на заводе, стадионе и т. д. Малогабаритные радиотелеметрические устройства, укрепленные на животных, позволили провести такие физиологические исследования, сама возможность которых еще недавно казалась недостижимой. Так, радиотелеметрический передатчик весом (вместе с источником питания) около 35 г и дальностью действия до 800 м укреплялся на спине голубя и позволял регистрировать при свободном полете ЭКГ, ЭЭГ и дыхание.

Мы не останавливаемся на применении радиотелеметрии в космической медицине, где достигнуты общеизвестные выдающиеся успехи.

В последние годы продолжалась успешная разработка новых методов исследования различных функций. В этой связи заслуживают быть отмеченными новые методы исследования скорости кровотока и размеров сердца.

В. С. Синяковым разработан метод исследования размеров сердца с помощью ультразвука. К сердцу подшивают два пьезокристалла, из которых один (передающий) осуществляет преобразование электрических колебаний в ультразвуковые, а второй (приемный) осуществляет преобразование ультразвуковых колебаний в электрические. Сигнал с приемного пьезокристалла-датчика усиливается, детектируется и подается на триггер, который запускается импульсом передатчика и управляет работой генератора пилообразного напряжения. Длительность последнего соответствует времени прохождения ультразвуковой волны от передающего к приемному пьезокристаллу. Чувствительность прибора такова, что выходной сигнал в 1 в соответствует расстоянию между кристаллами в 1 мм. Этим методом можно регистрировать продольные или поперечные размеры левого желудочка сердца.

Рашмером, Ван-Ситерсом и Франклином разработан способ исследования скорости кровотока в неповрежденных сосудах с помощью ультразвукового флуометра. Для этой цели по ходу кровеносного сосуда укрепляются два пьезокерамических датчика, передающий и приемный, с помощью которых определяется время прохождения ультразвука по направлению и против направления тока крови. Зная это время, рас-

стояние между датчиками и скорость распространения ультразвука в неподвижной крови, может быть рассчитана средняя скорость кровотока. Франклином с сотр. разработан и другой метод определения скорости кровотока, основанный на эффекте Допплера, т. е. на определении изменения частоты ультразвуковых колебаний при прохождении этих колебаний через движущийся поток жидкости. При этом методе датчики укрепляются по обеим сторонам сосуда напротив друг друга. Изменения частоты пропорциональны скорости кровотока.

Продолжали развиваться ультразвуковые методы визуализации внутренних органов. При этом в серийное производство вошли приборы трехмерного сканирования. Как показали советские и зарубежные исследователи, ультразвуковая визуализация безусловно полезна для диагностики и определения локализации опухолей и инородных тел. Представляют интерес ультразвуковой метод исследования сердечной деятельности (эхозлектрокардиография), позволяющий производить непрерывную регистрацию движений сердца и даже всех четырех сердечных клапанов. Предложен эхоэнцефалограф, дающий возможность определять внутричерепное кровоизлияние.

Заслуживают внимания полярографические исследования содержания кислорода в крови и тканях с помощью платиновых электродов. В настоящее время уже описаны платиновые микроэлектроды со стеклянной изоляцией для исследования содержания кислорода в отдельных клетках.

Одним из новых методов исследования сердечной деятельности является регистрация магнитного поля, возникающего при работе сердца. Вокруг тела человека устанавливается тороидальный соленоид, изолированный силэстиком. Наведенная в соленоиде ЭДС усиливается с помощью усилителя с дифференциальным входом и полосой пропускания от 0,1 до 2000 гц. Форма магнитокардиографической кривой близка к форме первой производной ЭКГ. При этом методе отсутствует непосредственный контакт с телом человека. Методика магнитокардиографии требует глубокого анализа для выяснения генеза колебаний магнитного поля.

В последние годы широко развернуты исследования ЭКГ и ФКГ плода в матке, имеющие несомненное практическое значение. В разработке этого метода большие заслуги имеет С. Ларкс. В СССР ряд интересных фактов получен В. Л. Карпманом, И. В. Ильиным и Г. М. Савельевой.

В практику работы медицинских учреждений в последние годы начало внедряться одно из крупнейших достижений радиоэлектроники — телевизионная техника. С ее помощью разработаны способы непрерывного наблюдения за состоянием больных в условиях даже мало освещенных помещений. Можно производить наблюдения даже при сумеречном свете с помощью специальных приемных трубок. Телевизионная техника позволила создать рентген-телевизоры, телевизионные микроскопы, телевизионные эндоскопические аппараты.

Рентген-телевизоры имеют преимущества перед обычными рентгеновскими аппаратами, позволяя вести наблюдения на значительном расстоянии от рентгеновского кабинета, не требуя затемненных помещений, со значительно большими контрастностью, яркостью и размерами изображения. Осуществлена передача даже на расстоянии в десятки километров. При применении рентген-телевизоров может быть снижена доза облучения пациента. В качестве приемной трубки применяются как ортисконы и видикконы, так и новая трубка — «пламбикон», в которой используется диафрагма с автоматическим выбором размеров поля. Пламбикон обладает наименьшей инерционностью по сравнению с другими трубками. В рентген-телевизорах оптическое усиление и контрастирование дополняются электронными.

Упомянув рентген-телевизоры, укажем также на некоторые другие достижения радиоэлектроники, преобразующие технику рентгенологических исследований. К числу таких уже не новых, но, к сожалению, до сих пор не освоенных нашей промышленностью достижений относятся электронно-оптические преобразователи. Их большое преимущество заключается в возможности резкого уменьшения дозы облучения пациента. По-видимому, перспективные новые способы рентгенографии с заменой фоторегистрации электрографическими или ксерографическими способами.

Телевизионный микроскоп облегчает наблюдение за поведением живых микроорганизмов, причем возможно использование ультрафиолетового микроскопа и цветного телевидения, что позволяет преобразовывать ультрафиолетовое изображение в видимое цветное в соответствии с неодинаковым поглощением разными частями клетки ультрафиолетовых лучей с различной длиной волны. Г. С. Литвиным в Казани разработаны телевизионные капиллярскоп и офтальмоскоп. Большое практическое значение могут иметь телевизионные эндоскопические аппараты, в особенности когда будут разработаны малогабаритные телевизионные передающие трубки.

Медицинская электроника постоянно использует для своих целей все основные достижения радиотехники и электроники. В качестве примера можно указать на применение в физиологических и медицинских приборах параметрических усилителей и магнитной записи. Параметрические усилители низких и инфранизких частот отличаются большой стабильностью, что является их несомненным достоинством. Преимуществом широко внедряемой магнитной записи является возможность воспроизведения исследуемого процесса практически неограниченное число раз и возможность относительно простого преобразования этой записи из аналоговой в дискретную форму для последующего ввода в вычислительную машину.

В самом начале мы указали на применение электронных методов обработки и анализа информации о функциях живого организма. Следует отметить, что эта область применения электроники в медицине особенно быстро развивалась в последние годы, и ей безусловно принадлежит большое будущее.

Из числа электронных методов обработки данных следует отметить такие, как электронное интегрирование, электронное дифференцирование, векторный, частотный и авто- и кросс-корреляционный анализ, способы автоматического построения гистограмм, т. е. графического изображения статистического распределения амплитуд или частот. Для этих целей создано большое количество приборов различной сложности и получен обширный материал. Ряд интересных работ проведен советскими специалистами. Заслуживают внимания работы Л. Н. Мишина и Р. С. Персона по корреляционному анализу электромиограмм, работы С. К. Лисицына по автоматическому гистографическому анализу ЭЭГ и др.

Наряду с приборами для такой относительно простой обработки данных созданы специальные, более сложные устройства для автоматического анализа кривых. К числу таких устройств, использующих методы и принципы электронной вычислительной техники, относятся приборы для автоматического анализа ЭКГ, выдающие в цифровой форме все интересующие врача элементы этой кривой. Разработан прибор для автоматического анализа кривой разведения красителя, который основан на электрическом моделировании эталонной кривой и сравнении с этой моделью исследуемой кривой путем оптического совмещения изображений их обеих на экране электронно-лучевой трубки и регистрации в цифровой форме отклонений последней от первой.

На принципе сопоставления исследуемой кривой с заложенными в память машины стандартами нормы основан специальный экспресс-анализатор ЭКГ, разработанный инженером И. Д. Пупко. Этот прибор в случае, если регистрируемая ЭКГ не дает отклонений от нормальных стандартов, отвечает «да»; это означает, что кривая нормальна. Если же имеются отклонения от нормы, то прибор отвечает «нет», что говорит о наличии какой-то патологии и необходимости проведения дополнительных исследований. Такой экспресс-анализатор может быть полезен для массовых профилактических обследований.

Все большее значение приобретает применение универсальных аналоговых и цифровых вычислительных машин. Им уже сегодня поручают обработку данных с целью выдачи заключений о состоянии больного или о форме заболевания.

На протяжении последних лет в СССР и за рубежом достигнуты большие успехи в применении математических методов и электронных вычислительных машин для диагностики различных заболеваний. Здесь следует отметить работы А. А. Вишневого и М. Л. Быховского, использовавших электронные цифровые вычислительные машины для диагностики врожденных пороков сердца и заболеваний печени. Возможности диагностических машин таковы, что уже сегодня из 200 случаев машинной диагностики врожденных пороков в 90% был поставлен правильный диагноз. Учитывая трудность определения формы порока сердца и малый опыт применения машин для диагностики, полученные результаты нужно считать чрезвычайно обнадеживающими. Заслуживает быть отмеченной быстрота, с которой машина устанавливает диагноз после того, как в нее заложены необходимые сведения.

Если машина не может установить диагноз, она подсказывает врачу, какие дополнительные исследования необходимо провести. Не заменяя врача, электронные вычислительные машины могут стать надежными его помощниками в постановке диагноза, особенно когда врач встречается с так называемыми «запутанными» случаями.

Наряду с диагностикой заболеваний машины могут иметь значение и для диагностики состояний, т. е. для сигнализации врачу об изменении состояния больного, в частности о наступлении угрожающего жизни состояния. К числу новых приборов, предназначенных для этой цели, относятся электронный индикатор стадий наркоза, разработанный Н. И. Рабиновичем во ВНИИМИО, и устройство для диагностики гипоксии, созданное В. Б. Малкиным и Р. С. Дадашевым.

Большой интерес представляют методы и приборы, предназначенные для управления функциями организма. Укажем, что все большее распространение получают способы биоэлектрического управления. В этом отношении заслуживают внимания работы А. Н. Медеянского, И. К. Табаровского, В. С. Гурфинкеля, М. Л. Цетлина и др. Разработанный ими метод биоэлектрического управления приборами от зуба R ЭКГ позволяет наносить раздражения в любую фазу сердечного цикла, регистрировать рентгенограмму в разные моменты систолы и диастолы, вводить в коронарные сосуды различные вещества, например фибринолизин при инфарктах миокарда, и, наконец, замораживать ткань сердца в эксперименте на животном для ее дальнейшего химического исследования с целью изучения динамики химических превращений.

Электронные методы получили применение и для радикальных вмешательств в жизнедеятельность организма. Так, разработаны способы ультразвуковых хирургических операций, позволяющие без вскрытия черепа разрушать патологические очаги в головном мозгу. Для этой цели ограниченный участок мозга объемом до 1 мл³ подвергают облучению от нескольких ультразвуковых головок так, чтобы в этом участке фокусировать колебания облучателей. Для этой же цели применяют и новейшее достижение радиоэлектроники — лазеры, с помощью которых уже производят опера-

ции в случае отслойки сетчатки глаза и бескровное удаление опухолей на поверхности кожи и в костях.

Заканчивая краткое изложение некоторых современных достижений медицинской электроники, мы считаем необходимым подчеркнуть, что сегодня нет такой области медицины, которая не могла бы использовать методы электроники. И нет сейчас таких достижений электронной техники, включая одно из последних — квантовую электронику, которые не могли бы быть использованы для гуманных целей медицины.

Поступила 25 декабря 1964 г.

КЛИНИЧЕСКАЯ И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

УДК 616.12—009.72

О НЕКОТОРЫХ СОВРЕМЕННЫХ ПРЕПАРАТАХ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ЛЕЧЕНИИ БОЛЬНЫХ СТЕНОКАРДИЕЙ

Ц. А. Левина

Объединенная кафедра пропедевтики внутренних болезней (зав.— проф. Ц. А. Левина)
Одесского медицинского института им. Н. И. Пирогова

Согласно предложенной В. В. Закусовым (1963) классификации, коронарорасширяющие средства делятся на 4 основные группы: 1) вещества миотропного действия (например, персантин); 2) оказывающие влияние на нервную регуляцию коронарного кровотока — центрального действия (например, нитроанол, эринит-нитропентон), анальгетического и нейроплегического действия; 3) изменяющие обменные процессы в сердце (например, ипразид, беназид) и 4) изменяющие условия гемодинамики.

В. В. Закусов подчеркивает, что коронарорасширяющие вещества улучшают доставку кислорода и энергетических материалов к сердцу, а также обеспечивают удаление метаболитов. Ссылаясь на экспериментальные исследования А. А. Мяздриковой (1960), он полагает, что эти вещества способствуют развитию в сердце коллатералей сосудов и таким образом не только временно улучшают кровообращение в сердце, но могут вызвать и продолжительный эффект.

Н. В. Каверина (1963) считает неправильным отождествление термина «коронарорасширяющие средства» с более широким понятием о веществах, улучшающих коронарное кровообращение. Так, например, устранение спазма, возникающего в результате рефлекторных сосудосуживающих влияний на коронарные сосуды, достигается нитритами или анальгетиками. Устранение нейрогенных влияний на коронарные сосуды может быть достигнуто применением нейроплегических средств (аминазин, мепазин), не обладающих непосредственно миотропным действием. Из изучавшихся нами средств этафен обладает одновременно спазмолитическим и ганглиоблокирующим свойствами, т. е. блокирует эфферентные сосудосуживающие импульсы, распространяющиеся на сосуды сердца.

Нами были изучены и подытожены литературные данные о фармакологическом и клиническом испытании нитроанола, этафена, эринита, ипразида и беназиды, а также обобщены соответствующие материалы нашей клиники, касающиеся 276 больных стенокардией.

Бифосфорный триэтаноламин тринитрит впервые был синтезирован Юнкманном в 1941 г.; в СССР он синтезирован во ВНИХФИ и получил название нитроанол. Синонимами: метамин, ортан, пренитран, нитро-таблетки и др.

Препарат увеличивает отток крови из венечных сосудов и объемную скорость коронарного кровотока в целом организме. Пфейфер (1950) (цит. по В. Н. Кавериной) констатировал, что нитроанол вызывает уменьшение минутного объема и работы сердца, но не приводит к снижению АД и оказывает неодинаковое влияние на сопротивление сосудов различных областей организма. По мнению В. Н. Кавериной, механизм влияния нитроанола нельзя объяснить лишь прямым миотропным действием на сосуды сердца.

Коллективом нашей клиники произведено (1958) разностороннее испытание нитроанола у 63 больных стенокардией, преимущественно атеросклеротического происхождения. Из этих больных 10 перенесли (в срок от 1 месяца до 1,5 лет) инфаркт миокарда. Больные получали нитроанол в постепенно возрастающих суточных дозах — по 1 таблетке (2 мг) 2—4 раза в день в течение 10 дней. У нескольких больных были про-