

Неизвестное сердце

Александр ГОНЧАРЕНКО,

кандидат медицинских наук

Для человечества было полной неожиданностью, что его сердце плохо приспособляется к бурному росту цивилизации. Не поспевая за ее развитием, оно стало самым ненадежным органом для выживания. Эпидемия сердечно-сосудистых заболеваний захлестнула весь мир. Только в США от них каждый день умирает более 2500 человек. Страх перед непредсказуемостью сердца породил защиту - мощную кардиоиндустрию, на развитие которой в США в 70-е гг. были выделены средства, превосходящие стоимость программ полетов на Луну. Тогда казалось, что проблемы, связанные с сердцем, можно преодолеть, заменив его более совершенными техническими устройствами: искусственным сердцем, аппаратами кровообращения, механическими клапанами, тысячами компьютерных и электронных приспособлений. Но возлагаемые на них надежды не оправдали ни ожиданий, ни затраченных средств. Как ни странно, но причиной этих неудач оказалось то, что все эти устройства создавались на основе общепринятых представлений о функциях сердца.

В физиологии считается, что движение крови в организме осуществляется только благодаря механической работе сердца, состоящего из двух отдельных "насосов": правого и левого сердца. Правое сердце прокачивает кровь через легкие, а левое - через периферические органы. Каждая из половин сердца, в свою очередь, также состоит из двух последовательно расположенных "насосов": предсердия и желудочка. Кровь, поступающая в них, равномерно смешивается и одномоментным сокращением мышц правого и левого желудочка периодически выталкивается в сосуды. Совокупность физических показателей работы сердца: величины пульсового давления, частоты, объема вытолкнутой крови и скорости ее течения по сосудам, называется гемодинамикой. Согласно академическим утверждениям, она подчиняется законам гидродинамики, действующим в протекающих жидкостях, и описывается известными формулами Д.Бернулли и Ж.Пуазейля, которые были открыты при протекании крови животных по стеклянным трубкам. Потому их действие с полным правом перенесли и на сосудистую систему - так возникла гидродинамическая основа кровообращения (рис. 1).

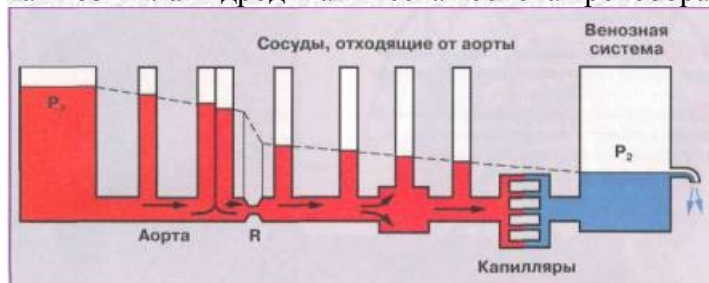


Рис. 1 - Гидродинамическая модель кровообращения с "прекапиллярным" сопротивлением R в сосудистом ложепьезометра, иллюстрирующая действие принципа Бернулли

Но за прошедшие столетия экспериментальная физиология и медицина обнаружили в самой сердечно-сосудистой системе множество гемодинамических явлений, которые не совмещаются с законами гидродинамики. Это различие имеет принципиальное значение для понимания функций сердца. Например, емкость всех кровеносных сосудов организма составляет 25 - 30 л, а объем крови в нем всего лишь 5 - 6 л. Количество крови, находящейся в организме, само по себе недостаточно для того, чтобы все органы нашего тела могли одновременно совершать все свои

действия в полной силе. Поэтому необходимо, чтобы кровь постоянно переходила в большем или меньшем количестве то в те, то в другие органы, смотря по тому, какой орган нуждается в ней в данное время. При этом распределение крови по отдельным органам не зависит от изменения диаметра подводящих сосудов. Когда вместо сердца подключается аппарат искусственного кровообращения, для поддержания адекватного кровоснабжения организма дополнительно вливают от 7 до 15 и более литров крови. Это означает, что сердце умеет как-то изменять и распределять объем крови по телу, что не получается у механических устройств. Кровь может течь по сосудам только в том случае, когда между концами сосуда есть градиент давления, который является движущей силой потока, - так утверждает современная физиология. Но одномоментный замер пульсового давления в аорте и бедренной артерии в положении лежа показывает, что в бедренной артерии оно значительно выше, чем в аорте (рис. 2).

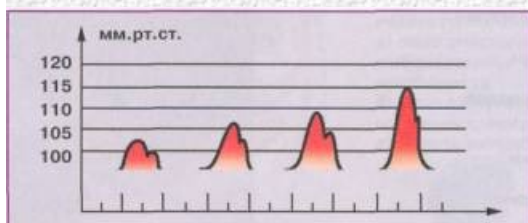


Рис. 2 - Увеличение давления пульсовой волны крови в артериях по ходу их удаления от сердца

По законам гидродинамики в этом случае кровь не должна течь от меньшего давления к большему, но она течет. Всем хорошо известно, что при физических нагрузках повышается давление крови в периферических артериях. Но мало кто знает, что это повышение не влияет на изменение давления в средней части аорты, где оно остается постоянным. Сердце каким-то образом организует этот островок стабильности и удерживает его в пульсирующем потоке крови. Иногда на этом месте по непонятным причинам возникает сужение (или коарктация) аорты, диаметр ее уменьшается с 15 - 20 мм до 4 - 6 мм, и тогда давление крови до сужения значительно возрастает и превосходит давление после сужения. Хирурги восстанавливают прежний диаметр аорты, но повышенное давление на этом участке остается неизменным. Это локально "зависшее" давление в потоке крови по центру крупного сосуда выглядит совершенным абсурдом по логике законов гидродинамики (рис. 3).

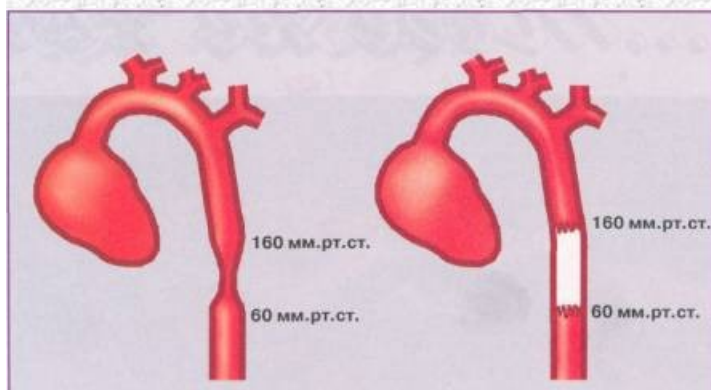


Рис. 3 - Слева - вид схемы сужения (коарктации) аорты, справа - аорта после восстановления

Несмотря на эти известные факты, каждое новое издание по физиологии повторяет утверждение, что уравнение гидродинамики применимо не только в случае единичной трубы, но и к целой сосудистой системе. Поток крови через головной мозг определяется разницей давления между мозговыми артериями и венами, деленной на общее сопротивление всего сосудистого ложа мозга. Но, как показали исследования, особенность регуляции кровотока мозга состоит в том, что количество крови в нем определяется не сопротивлением подводящих сосудов, а уровнем электрической активности его центров. Эта загадка кровоснабжения мозга не разрешается с помощью уравнения Пуазейля, т.к. его применение приводит к ошибкам почти на два порядка. На данном примере видно, как явления кровообращения отождествляются с неадекватными, но зато понятными законами гидродинамики. Это происходит потому, что в противном случае фундаментальные представления о законах движения крови потеряют свою единственную физическую опору. Врачам известны эти теоретические неувязки, и потому при лечении

пациентов они не принимают их во внимание, а полагаются исключительно на свой опыт и интуицию. В этом проявляется одна из причин раздвоения медицины: несовпадение теории и практики, в разрыве которой находят себе место всевозможные целители.

Специалистам известно, что при так называемом коллаптоидном шоке общее давление крови у больного падает до нуля, тогда как в сонных артериях оно сохраняется в пределах 120/70 мм.рт.ст. Похожее явление наблюдается и у всех здоровых людей, когда кровь почему-то периодически не поступает в отдельные крупные артерии, и на их реограммах фиксируются "пустые систолы". Как и в предыдущих примерах, законы гидродинамики не могут дать ответа о причинах возникновения этих физических парадоксов. В медицине для таких случаев приготовлена универсальная, все объясняющая, но ничего не значащая формула: это происходит за счет гомеостатического действия нейрогуморальных механизмов. Противоречия между гемо-и гидродинамикой фиксируются и в самом сердце. Принято считать, что правое и левое сердце сокращаются синхронно и выталкивают одинаковый объем крови. На самом деле, их ритм и количество выбрасываемой крови не совпадают. В замкнутой сосудистой системе это должно было бы привести к дезорганизации кровообращения, к сердечной недостаточности и тяжелейшим отекам (в том случае, если сердце принимается за обычную помпу), но этого не происходит. Из физиологии кровообращения следует, что все элементы крови в желудочках равномерно перемешиваются, и давление во всех местах их полостей при изометрическом напряжении должно быть одинаковым. Но одновременное измерение давления и анализ состава крови, взятый в разных местах левого желудочка, дает их достоверное различие. Выходит, что потоки крови из легких, различающиеся по составу клеточных элементов в полостях сердца, не смешиваются, а как-то локализуются и сохраняют свои свойства, несмотря на сокращения миокарда. Кроме того, в организме постоянно наблюдаются явления регионарного кровотока, которые сами по себе никак не вписываются в действие законов гидродинамики. Независимо от величины общего давления, объем крови, поступающий в сосуды отдельного органа, может неожиданно возрасти или уменьшиться в десятки раз, в то время как кровоток в соседних сосудах остается неизменным. Так, через одну почечную артерию он увеличивается в 14 раз, а в ту же секунду, в находящейся рядом чревной артерии такого же диаметра, кровоток не меняется. При регистрации его величины в отдельных местах мозга, легких, надпочечников, сердца наблюдается "мозаичная циркуляция", когда на одном из их участков движение крови отсутствует, а в других оно интенсивнее, чем в норме. Острая потеря крови приводит к снижению коронарного кровотока значительно позже, чем уменьшается сердечный выброс. В этот момент кровоснабжение почек возрастает, а в скелетных мышцах оно вообще прекращается. Приведенные явления происходят в артериальной системе, но похожее несоответствие наблюдается и в капиллярах.

Стенки капилляров лишены мышечных волокон, они не способны самостоятельно сокращаться, к ним не подходят нервные окончания. Казалось бы, они призваны исполнять роль пассивных проводников крови. Но величина кровяного давления в них достаточно неопределенная: она не зависит ни от объема пульсовой волны, ни от давления в артериях, и может быть даже меньше венозного. Законы гидродинамики запрещают капиллярам, находящимся между сообщающимися сосудами (артерии и вены), вести себя независимо от них. Однако капилляры сердечно-сосудистой системы, не обращая на это внимания, "по своему усмотрению" регулируют величину собственного кровотока и создают для чего-то в его движении непонятный эффект Фареуса - Линдквиста. Он заключается в том, что движение в капиллярах останавливается, когда они заполняются только плазмой крови. Но стоит попасть туда эритроцитам, диаметр которых может даже превосходить просвет капилляров, кровоток возобновляется, и чем больше в капиллярах эритроцитов, тем он интенсивнее. Предлагаемые на этот счет гипотезы, что вязкость крови уменьшается пропорционально сужению просвета сосудов, или чем уже сосуды, тем меньше внутреннее трение в целом, - не добавляют ясности картине. Гидродинамика не объясняет причины спонтанного ускорения кровотока в капиллярах покоящейся мышцы в 5 - 10 раз, в то время как давление крови в подводящих к ним артериолах остается стабильным. Подобные странности поведения крови наблюдаются и в венозной системе.

Вызывает недоумение само ее движение от низкого давления в сторону более высокого. Этот парадокс известен сотни лет и получил название *vis a tergo* - движение против тяжести. У человека

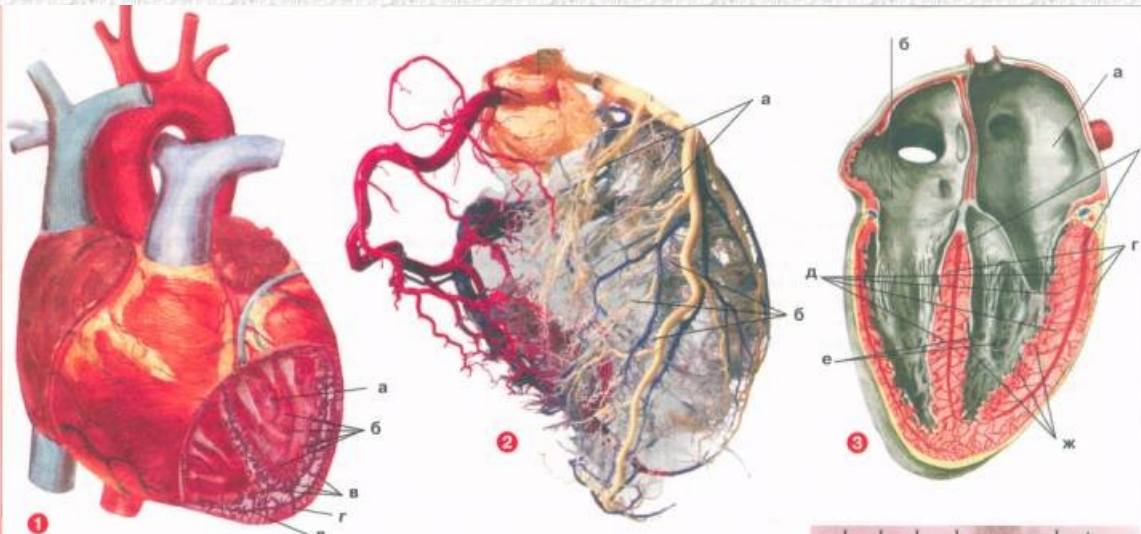
в положении стоя на уровне пупка находится индифферентная точка, в которой давление крови приблизительно равно атмосферному или чуть больше. По формулам Бернулли и Пуазейля выше этой точки кровь не должна подниматься, поскольку над нею в полой вене находится еще до 500 мл крови. Здесь давление продолжает увеличиваться и ко входу в правое предсердие достигает 6 - 10 мм.рт.ст. Казалось бы, что у крови, находящейся под пупком, нет шансов попасть в сердце, но, вопреки расчетам, она ежесекундно наполняет сердце необходимым ему объемом. По поводу этой физической несуразности академик А.А. Богомолец в 1934 г. писал, что если бы кровообращение подчинялось законам гидродинамики, была бы невозможна не только местная регуляция притока крови, но и само движение крови по сосудистым системам должно было бы прекратиться .

Не вероятно, но факт: после остановки сердца, при полной атонии сосудов и наступившей клинической смерти, несколько литров крови из артерий продолжает еще 30 минут перетекать в вены, давление в которых в этот момент почти в 10 раз выше артериального! Такое автономное движение крови свидетельствует о каком-то внутреннем источнике силы, природа которого не зависит от сокращений сердца и, следовательно, свойства самой крови далеко не "ньютоновские".

Совершенно неправдоподобными для традиционных взглядов на кровообращение выглядят факты селективного отбора отдельных клеток из потока крови, протекающей со скоростью 21 см/с в аорте, и распределение их по определенным артериям. Одномоментный анализ крови, взятый из мозговых и бедренных артерий, показывает, что порция крови, направленная из аорты в головной мозг, теплее и содержит больше молодых, мелких эритроцитов с более активными веществами, чем в составе крови, идущий в бедренную артерию. В плазме крови, поступающей в плодоносящую матку, больше белков и других питательных веществ, чем в той, что направляется к органам, окружающим матку. Старые крупные эритроциты из общего потока в аорте как-то избирательно попадают только в селезеночную артерию. Эритроциты интенсивно работающей руки содержат намного больше гемоглобина и кислорода, чем эритроциты неработающей. Каждая клетка крови несет в себе десятки тысяч единиц белковой индивидуальной информации, которые используются для общения между клетками крови в потоке, и адресной информации для одной клетки определенного органа и даже для отдельной ее части. В потоке крови тромбоциты, взаимодействуя друг с другом, управляют очередностью прохождения по сосудам порций эритроцитов, замедляя, ускоряя их, перекрывая или открывая им вход в артерии. Их действия напоминают работу дорожно-патрульной службы. Не менее загадочно в потоке крови ведут себя лейкоциты. По ходу своего движения каждый лейкоцит может "руководить" находящимися перед ним 18 - 20 эритроцитами и как "пастух" разгонять их по отдельным капиллярам. Пройдя через капилляры в вены, лейкоциты вновь выстраивают эритроциты в цепочки, а затем доводят их до определенного сосудистого модуля печени. И поскольку в организме не бывает "ничейной" крови, каждая ее клетка несет генетический набор отличий, свойственных только определенным органам. Эти маркеры и указывают путь к родственным им частям тела. Повторяемость таких фактов у исследователей разных стран на протяжении многих лет убеждает, что явления, нарушающие законы, на самом деле отвечают нормальным функциям сердца и движению крови. Они приводят к выводу, что дозированное распределение объемов крови определенного состава по отдельным органам совершается каким-то неизвестным механизмом в сердце.

В настоящее время морфология сердца исследована до молекул, но функциональное назначение некоторых его образований все еще остается непонятным. Например, для чего предназначены трабекулярные ячейки на эндокарде (внутренней поверхности полостей желудочков), какую роль в кровоснабжении сердца выполняют два типа коронарных артерий: один тип артерий разветвляется в мышцах сердца до капилляров, второй же переходит из артериол сразу в систему синусов (расширений) сосудов Тебезия (см. разворот) и др.

"Разворот 1"



1 **1** Общий вид сердца с поперечным срезом передней стенки левого желудочка
 а) эндокард — внутренняя поверхность левого желудочка
 б) трабекулярные ячейки
 в) система сосудов Тебезия
 г) ветви коронарных артерий миокарда
 д) «транзитные» ветви коронарных артерий

9 10 Внешние мышцы, раскручивающие объем крови на отдельные потоки

11 Места расположения солитонов крови в полости левого желудочка
 а) устройство сосудов Тебезия

2 Изображение сосудов сердца
 а) ветви коронарных артерий миокарда
 б) транзитные артерии

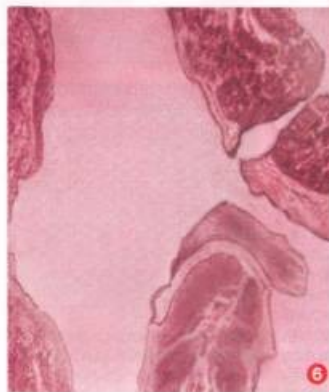
3 Продольный срез сердца
 а) левое сердце
 б) правое сердце
 в) коронарные артерии
 г) артерии миокарда
 д) «транзитные» артерии
 е) сосуды Тебезия
 ж) трабекулярные ячейки

4 Схема системы сосудов Тебезия по И. Коломацкому

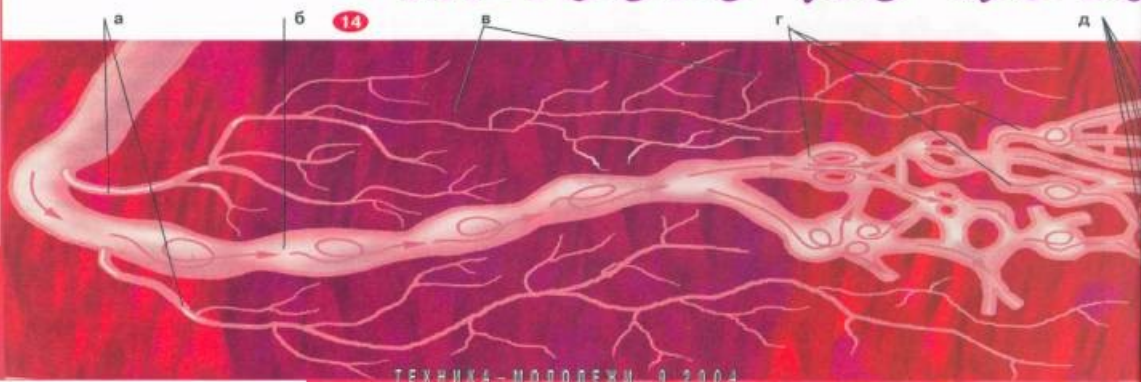
5 Фотография трабекулярных ячеек

6 Фотография синуса сосуда Тебезия

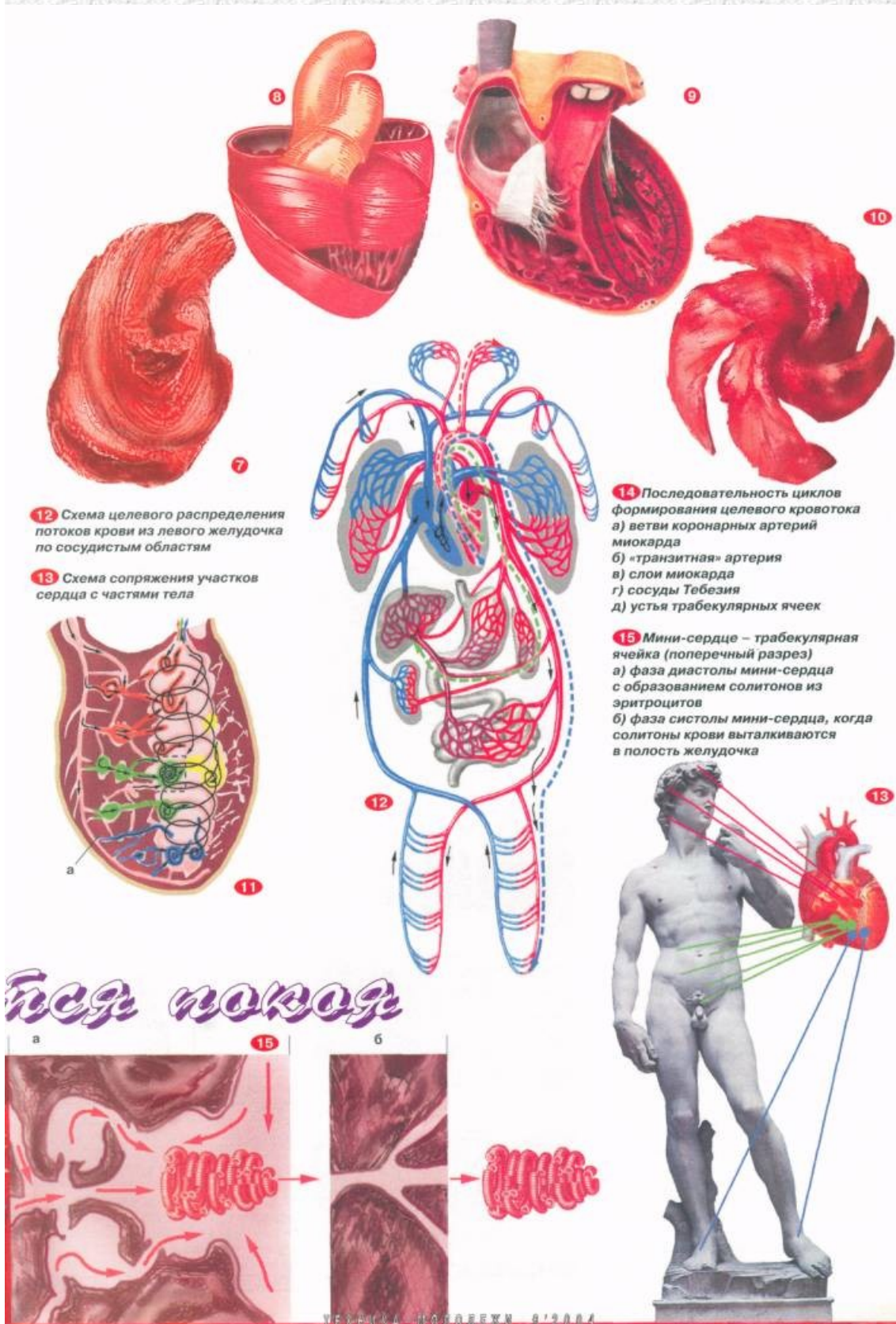
7 8 Мышцы, скручивающие потоки крови



...Мебе не хоте



"Разворот 2"



В экспериментах на животных в 1968 г. было обнаружено еще одно парадоксальное явление: сопряженность кровотока отдельных органов с определенными участками внутренней поверхности сердца. Последующие исследования этого механизма привели к открытию: сердце одновременно совмещает в себе две функции - всем известную насосную и ранее неизвестную

селективно-регионарную. Суть ее в том, что она организует локальные объемы крови в определенных местах желудочков и целенаправленно распределяет их в сопряженные с этими участками сосудистые области организма. Особенность исполнения этой функции в том, что она обеспечивается кровотоком из второго типа коронарных артерий, который, минуя капилляры миокарда, транзитом проходит в сосуды Тебезия. В фазу диастолы, когда миокард расслаблен, из устьев сосудов Тебезия кровь фонтанирует в трабекулярные ячейки на эндокарде. В них эти транзитные струи сталкиваются со встречными потоками крови из предсердий, происходит скручивание эритроцитов в вихри - образуются солитонные упаковки, вращение которых разделяет весь объем крови в полостях желудочков на отдельные фракции. Положение каждой фракции предопределено местом струйного взаимодействия потоков крови в трабекулярной ячейке. В фазу изометрического напряжения, когда в полости сердца на мгновение падает давление, трабекулярные ячейки сокращаются, и вытолкнутые из них солитоны крови устремляются к центру желудочка, где каждый занимает определенное место. Эта фаза обособления объемов крови в полостях желудочков до сих пор не обозначена в физиологии сердечных циклов. Придание кинетического импульса солитонам для их дальнейшего движения по сосудам тела выполняют уже внешние мышцы миокарда. Они закручивают солитоны внутри желудочков вдоль оси сердца и выбрасывают их по спиралевидным выводным каналам в аорту. В сложившейся очередности каждый солитон крови получает свой силовой импульс и винтовую траекторию движения, которые в разветвлениях сосуда "наводят его на цель" - орган или часть тела. По анатомическому устройству и функциональным признакам трабекулярные ячейки можно представить в виде неких мини-сердец. В левом желудочке их более ста. И каждое мини-сердце организует порцию крови, предназначенную только для того органа, с которым оно имеет гемодинамическую сопряженность. Например, участок основания левого желудочка направляет солитоны крови в головной мозг, верхушка сердца - к тазовым органам и в бедренные артерии, а мини-сердца средней части межжелудочковой перегородки - к внутренним органам и т.д. 1 мм³ содержит 6 млн эритроцитов. Объем левого желудочка равен 80 см³, т.е. его полость заполняется 4,8*10¹⁰ эритроцитов. Каждый эритроцит несет на себе минимум 5 тыс. единиц информации. Перемножив цифры, получим, что за 0,9 - 0,8 с сердце обрабатывает 2,4*10¹⁵ бит информации. Тогда на сортировку одной единицы приходится около половины фемтосекунды (10¹⁵с)! Расстояние между эритроцитами в полостях желудочков составляет от долей миллиметра до 5 - 7 см. Если поделить среднее расстояние между ними на время их информационной сортировки и образования солитонов, то скорость операций внутрисердечной гемоники будет приближаться к скорости света! Становится понятным, что весь узел противоречий кровообращения возник вследствие того, что физиологи прошлых столетий принимали во внимание лишь сократительную функцию внешних мышц миокарда, легко регистрируемую в общих физических показателях гемодинамики. В то время как его внутренняя, селективно-регионарная функция, совершающаяся мгновенно за фемтосекунды, остается невидимой, проявляя себя лишь в калейдоскопе гемодинамических парадоксов. Когда такие факты кровообращения предлагаются для обсуждения физикам, они обычно воспринимают их как артефакты измерений, курьезы экспериментов или фантазии исследователей, нестоящие внимания. И это понятно, потому что свои знания о функциях сердца и механизмах движения крови они получают из фундаментальной физиологии, в которой не обозначены парадоксальные явления гемодинамики и не приводятся свидетельства "разумного" поведения живых клеток крови в структуре потока.

Отсутствие знаний об этой скрытой функции привело к созданию аппаратов искусственного кровообращения, имитирующих только сократительную функцию внешних мышц сердца. Когда такое устройство перекачивает кровь по сосудистой системе, его механизм принудительно вводит в кровоток действие сил, которые исполняют законы гидродинамики, но одновременно производят хаос в структуре гемоники крови. Возникает агрегация (слипание) эритроцитов, многочисленные тромбы сосудов, кровоизлияния, микроинфаркты сердца, мозга и т.д. Клинически хаос кровотока выражается депрессией сознания, изменением поведения, разрушением интеллекта, зрения, ведет к припадкам и инсульту. Это пример того, к чему ведет расчленение функций сердца. Внешние силы аппарата искусственного кровообращения не способны структурировать свой объем крови и поэтому оказываются губительными для целевого запроса элементов крови органами.

Открытие явления гемодинамической сопряженности разрешило фундаментальные противоречия кровообращения, известные сотни лет. Их причиной и была непознанная селективно-регионарная функция сердца. Очевидно, что физическую модель сердца нельзя уподоблять гидравлическому насосу. Чтобы показать, как внутреннее устройство сердца способно распределять потоки крови по отдельным сосудистым областям организма, мы видоизменили модель кровообращения. С ее помощью стало возможно имитировать вращательно-вихревой кровоток. Для этого систему манометрических трубок Пито, которые в фундаментальной физиологии используют в качестве гемодинамической модели, соединили с источником давления воды прозрачным эластичным шлангом. Изгибая его отдельные участки, создавали вихревые струи, которые можно было направлять в заведомо избранную манометрическую трубку. Эти действия парадоксальным образом меняли пологий уклон давления в каждой из трубок Пито, "нарушая" привычные представления о классических законах гидродинамики и демонстрируя реальную возможность управления целенаправленными потоками крови (рис. 4) Теперь можно попытаться сравнить функции сердца с вычислительным устройством, подобным системе струйной пневмогидроавтоматики, применявшейся в управлении полетами ракет. Ее действие и схемы элементов напоминают сосуды Тебезия (рис. 5, 6).

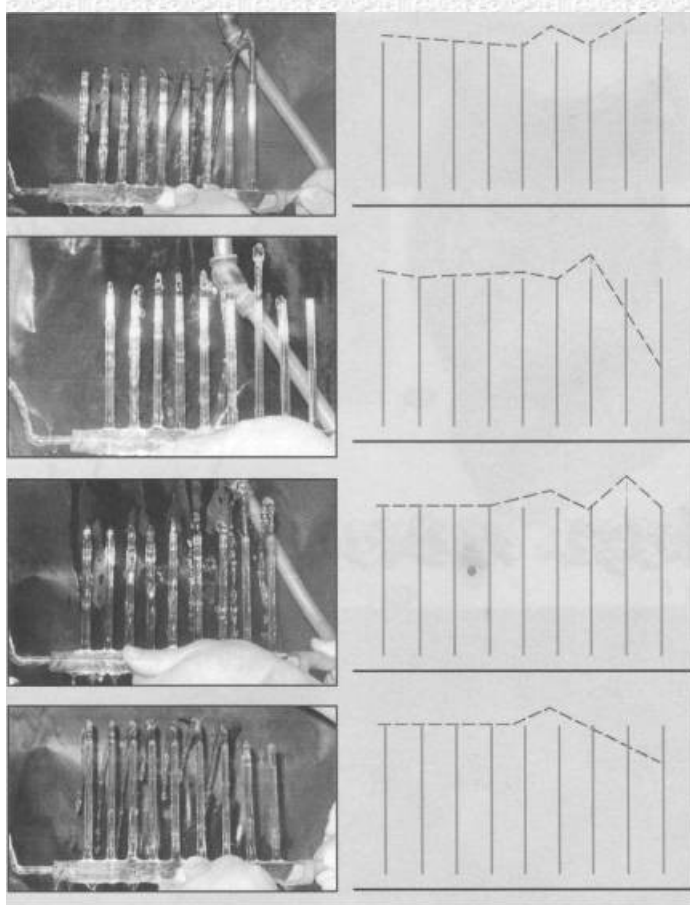


Рис. 4 - Модель кровообращения в системе трубок Пито

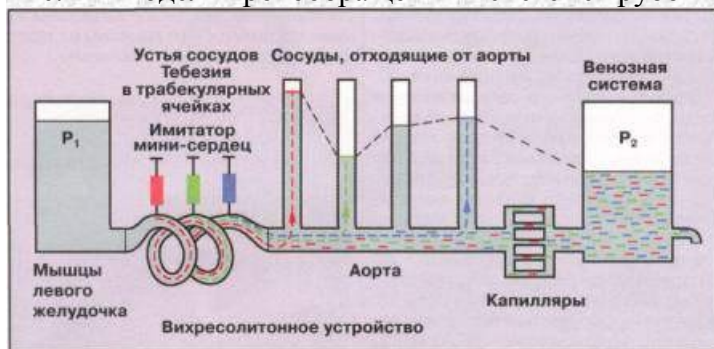


Рис. 5 - Схема вихревой гидродинамической модели селективно-регионарного кровотока

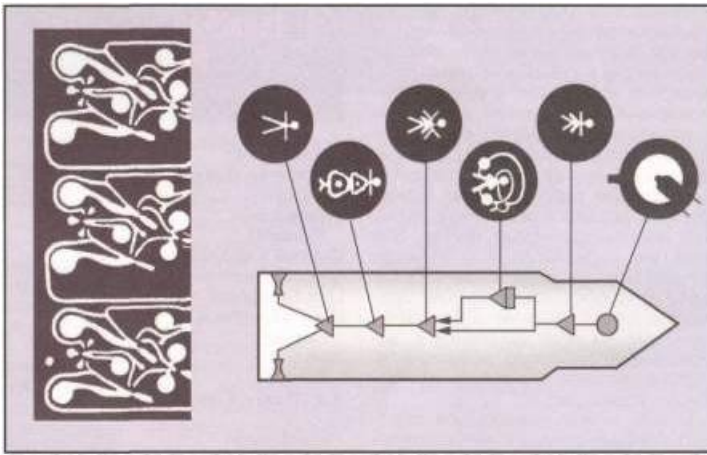


Рис. 6 - Вычислительные элементы ячеек струйной пневмогидроавтоматики, применяющиеся в управлении полетами ракет. Они по принципу действия подобны сосудам Тебезия, которые распределяют солитоны крови (см. рис. 11 разворота)

Итак, селективно-регионарная функция определила назначение ранее непонятных анатомических образований сердца, механизм их работы и выявила до сих пор неизвестную систему силовой и информационной связи между органами и отдельными участками эндокарда, что неизбежно приводит к иному пониманию сердца, патогенезу его заболеваний, новым способам диагностики и лечения. Физики и инженеры получили основу для создания медицинских и физиотерапевтических приборов на принципах локального, адресного управления потоками крови и т.д.