**Сердце и сердечный цикл**

На 18-й день после зачатия в крохотном, не больше горошины комочке клеток, человеческом зародыше сердце начинает биться и уже не останавливается до самой нашей смерти. Это, пожалуй, единственный орган, который даже у самых отъявленных лентяев не увиливает от работы и трудится в хорошем темпе. Подумать только, у такого крохотули, как трехнедельный человеческий эмбрион, у которого еще даже нет настоящей крови, сердце делает по одному сокращению каждую секунду. Позже, когда ребенок уже родится, пульс еще больше учащается, доходя до 140 сокращений в минуту. К счастью, это кульминация, постепенно пульс становится реже, и у взрослого человека его частота в покое в среднем равняется 76 в минуту, возрастая при усиленной работе в два с половиной раза. В итоге за 100 лет человеческой жизни сердце успевает сделать около 5 миллиардов сокращений! Когда вдумаешься в эту цифру, прежде всего поражает, что сердце не устает, и, пока здорово, легко справляется со своей работой, ни на секунду (буквально ни на секунду!) ее не прекращая.

У человека обмен веществ стоит не на очень высоком уровне. У мелких теплокровных животных он значительно выше. Дело в том, что с уменьшением размера тела площадь его сокращается гораздо медленнее. Поэтому мелким организмам приходится вырабатывать на каждый грамм их тела значительно больше тепла, чем крупным. Интенсивность обмена веществ у них выше, а следовательно, и сердце должно работать более энергично, чем у человека. Действительно, чем животное меньше, тем сердце у него бьется быстрее. У кита, например, при весе тела 150 тонн сердце делает семь сокращений в минуту; у слона, вес которого 3 тонны, - 46; у кошки (вес 1,3 килограмма) - 240; а у синицы московки (весит она 8 граммов) - 1200.

Чем же объясняется, что сердце может работать в таком темпе? Прежде всего само представление о том, что сердце трудится без передышки, не совсем верно. Сердечная мышца тоже отдыхает и даже довольно часто, но только очень маленькими порциями. Сокращение сердца длится примерно 0,49 секунды, и если человек в этот момент находится в покое, то после каждого сокращения на 0,31 секунды наступает перерыв. На самом деле время отдыха еще больше, так как не все отделы сердца работают одновременно.

Сердечный цикл начинается с сокращения предсердий, желудочки в это время отдыхают. Сокращение предсердий сменяется сокращением желудочков; в это время отдыхают предсердия. Предсердия тратят на свое сокращение примерно 0,11-0,14 секунды, и после каждого сокращения их отдых длится 0,66 секунды, что составляет в сутки всего 3,5-4 часа работы и около 20 часов отдыха. Сокращение желудочков продолжается несколько дольше, около 0,27-0,35 секунды, а отдых 0,45-0,53 секунды. Следовательно, в сутки желудочки сердца работают 8,5-10,5 и отдыхают 13,5-15,5 часа. Сердце умудряется отдыхать и у маленьких птичек. У них оно сокращается гораздо чаще, зато чаще и отдыхает. У синичек лазоревок при частоте сокращения сердца 1000 раз в минуту время одиночного сокращения предсердий равняется 0,014, последующего отдыха 0,046, сокращения желудочков занимают 0,024, а их отдых длится 0,036 секунды. Таким образом, предсердия работают всего 5 часов 40 минут и отдыхают 18 часов 20 минут, а работа желудочков длится 9 часов 36 минут и отдых - 14 часов 24 минуты. Ничуть не хуже, чем у человека.

Впрочем, человек в состоянии значительно улучшить условия работы своего сердца, намного увеличив продолжительность его покоя. Как показывают медицинские исследования, у хорошо тренированных спортсменов частота сокращений сердца в покое значительно меньше, чем у всего остального человечества, и может падать до 40 и даже 28 ударов в минуту.

Чтобы справиться с такой колоссальной нагрузкой, какая выпала на долю сердца, одного отдыха мало, нужно еще хорошо питаться, получать достаточно кислорода. Поэтому у высших животных сердце имеет свою очень мощную кровеносную систему. Низшие животные искали свои пути снабжения сердца. Природа на миллиарды лет предвосхитила афоризм Наполеона о том, что путь к сердцу солдата лежит через желудок. Создавая пластинчатожаберных (двустворчатых) моллюсков, она решила насквозь пронзить их сердце, но не стрелой амура, а всего лишь задней кишкой. Зачем кишке понадобилось пройти сквозь желудочек сердца моллюска, неизвестно. Конечно, это самый простой способ снабдить кровь пищевыми веществами; не исключено, что значительнее всего улучшается питание самой сердечной мышцы.

Основная задача сердечно сосудистой системы - транспорт всего необходимого во все уголки организма. Одни вещества плывут в крови сами по себе, другие, главным образом газы, путешествуют на спинах эритроцитов. В каждом кубическом миллиметре крови 4,5-5 миллионов носильщиков. А всего их 35 000 000 000 000, самый большой караван на свете. Размер эритроцитов ничтожен, всего 8 микрон, но если их построить цепочкой, как ходят по пустыням верблюды, получилась был ленточка, которой можно семь раз опоясать по экватору земной шар - profreglament.ru. А из эритроцитов кита, самого большого существа на Земле, вероятно, можно было бы составить несколько караванов, каждый из которых протянулся бы до солнца. Транспортная система животных развилась не сразу. Когда частички живого вещества впервые слиплись в самостоятельный одноклеточный организм и отгородились от океана оболочкой, природе пришлось подумать о том, как организовать транспорт внутри одноклеточного организма. Решение было найдено скоро. Природа строила клетку как микроскопический океан и создала в нем свои течения. Эта низшая по рангу внутриклеточная транспортная система сохранилась и у многоклеточных животных, есть она и у нас. Протоплазма любой клеточки нашего тела подвижна, протоплазматические токи существуют даже в нервных клетках.

Многоклеточным животным пришлось организовывать более сложную систему. Самые примитивные из них, например губки, используют для этого воду, в которой обитают. Океанские течения показались им ненадежными, и на них губки решили не полагаться. Вместо этого с помощью ресничек они заставляют морскую воду течь по каналам и порам своего тела, доставляя во все уголки пищу и кислород.

Высшие животные полностью отгородились от океана, а для транспортных нужд обзавелись собственным аквариумом. Самые большие аквариумы имеют в наши дни брюхоногие моллюски, объем их крови равняется 90 процентам от объема тела. Это, видимо, оказалось слишком роскошно. У личинок насекомых аквариум уже не превышает 40 процентов веса тела, а у взрослых насекомых 25, у птиц и млекопитающих аквариум еще меньше, всего 7-10, и, наконец, самый миниатюрный водоем у рыб, он составляет всего 1,5-3 процента от веса тела.

Чем меньшим аквариумом владеет животное, тем интенсивнее его приходится использовать, тем более быстрые течения необходимы в нем, чтобы одну и ту же жидкость можно было использовать многократно. Не удивительно, что насекомые могут позволить себе роскошь иметь в своем аквариуме очень медленное течение, которое совершает полный кругооборот нередко за 30-35 минут. Мы с вами позволить себе этого не можем. Кровь нашего внутреннего аквариума совершает полный круг всего за 23 секунды, делая за сутки свыше 3700 оборотов, и это еще не предел. У собаки на полный кругооборот затрачивается 16, у кролика 7,5 секунды, а у мелких животных и того меньше. У позвоночных животных дело осложняется еще тем, что сам аквариум очень большой, а воды в нем мало. Она не может заполнить его целиком. У человека общая протяженность всех сосудов около 100 тысяч километров. Обычно большая часть их пуста. 7-10 литров крови для этого явно недостаточно, и интенсивно снабжаются только усиленно работающие органы. Поэтому одновременная напряженная работа многих систем невозможна. После сытного обеда наиболее энергично функционируют органы пищеварения, к ним и направляется значительная часть крови, для нормальной работы головного мозга ее начинает не хватать, и мы испытываем сонливость.

Чтобы приводить в движение воды внутреннего аквариума, потребовались устройства, принципиально отличные от реснитчатого аппарата губок. Гораздо надежнее оказались мышечные насосы. Поначалу это был всего лишь пульсирующий сосуд, наиболее просто устроенное сердце, которым гемолимфа перегонялась в более мелкие сосуды, а оттуда в межтканевые и межклеточные пространства. Омыв их, она вновь возвращалась в пульсирующий сосуд. При такой незамкнутой системе очень трудно организовать правильную циркуляцию, поэтому у насекомых, самых высших представителей беспозвоночных, возникли насосы, которые могут не только нагнетать, но и засасывать. Для этого их сердце свободно подвешено на специальных крыловидных мышцах, которые растягивают его, создавая отрицательное давление, засасывающее прошедшую через ткани жидкость.

Пульсирующий сосуд - маломощный агрегат, поэтому низшие животные обычно имеют множество насосных устройств. У дождевого червя главный пульсирующий сосуд, протянувшийся через все тело, гонит кровь от заднего конца к переднему, а по пути она растекается в боковые сосуды, которые сами являются сердцами, проталкивающими кровь в более мелкие артерии. Все эти многочисленные сердца работают как кому вздумается, в лучшем случае они согласуют свою работу с партнером по сегменту. Дальше этого организация не идет.

Высшим животным показалось целесообразно отгородиться не только от внешнего, но и от внутреннего океана, создав замкнутую циркулирующую систему. Впрочем, полностью эта задача до сих пор еще не решена. Главное русло внутренней реки - сердечно сосудистая система млекопитающих замкнута, но в нее впадает множество ручьев - лимфатических сосудов, по которым течет жидкость из межтканевых и межклеточных пространств. Таким образом, получилось, что ткани и органы полностью отгородились от непосредственного проникновения в них вод внутреннего океана, но сохранили за собой право сливать в этот подвижный резервуар свои воды. Конечно, обособленность внутреннего океана очень относительна. В артериальной части капилляров, стенка которых достаточно тонка, а давление крови еще высоко, определенное количество жидкости просачивается в межклеточные пространства. Выход жидкости был бы еще более высок, так как сами берега не в состоянии надежно ее удерживать, если бы не высокое онкотическое давление крови (оно обусловлено растворенными в ней белками - profreglament.ru), которое не дает воде покидать растворенные в ней белки. Во время покоя в ткани просачивается небольшое количество воды, и она вся возвращается обратно в венозной части капилляра, где кровяное давление оказывается ниже онкотического давления плазмы и жидкость начинает активно привлекаться в плазму растворенными в ней белками. Сила, которая в венозной части капилляра заставляет жидкость возвращаться в кровяное русло, примерно в два раза больше той, которая в артериальной части вынудила ее уйти в межтканевые пространства, поэтому она вся без остатка возвращается назад.

Совершенно иная картина наблюдается во время работы. В этом случае кровяное давление в артериальной части капилляра будет столь высоко, что их стенки не смогут удерживать не только воду, но и белки. В венозной части капилляра кровяное давление будет оставаться еще достаточно высоким, а онкотическое давление из за потери белков снизится, и у жидкости не будет ни стимула, ни возможности вернуться назад в кровяное русло. Для нее останется один путь - лимфатическая система. Таким образом, лимфатическая система выполняет в организме ту же функцию, что и ливневая система наших городов, предохраняющая улицы и площади от затопления во время больших ливней и гроз.

Может показаться, что появление строго замкнутой системы облегчило работу сердца. Ничуть не бывало! Чтобы протолкнуть кровь через капилляры и мельчайшие артериолы, нужна немалая сила. Хотя по мере ветвления артерий их общая суммарная площадь сечения возрастает, становясь в конечном итоге в 800 раз больше сечения аорты, по которой кровь вытекает из сердца, сопротивление от этого только увеличивается. Ведь у нас 100-160 миллиардов капилляров, а их общая длина равняется 60-80 тысячам километров. Известный русский физиолог И.Ф. Цион подсчитал, что в течение человеческой жизни наше сердце успевает совершить работу, равную усилию, которого было бы достаточно, чтобы на высочайшую вершину Европы Монблан, на высоту 4810 метров, поднять железнодорожный состав!

*Даже у человека, находящегося в относительном покое, сердце в течение минуты перекачивает 6 литров крови, а за день не меньше 6-10 тонн. В течение жизни через наше сердце пройдет 150-250 тысяч тонн крови. При этом человек похвастаться работой своего сердца не может.*

Так как трудно непосредственно сравнивать работу сердца больших и маленьких животных, ученые обычно высчитывают, какое количество крови в одну минуту перекачивает сердце на каждые 100 граммов веса тела. Анализ показывает, что даже у медлительной улитки сердце работает примерно с такой же нагрузкой, как у человека, а у большинства животных значительно интенсивнее. Сердце собаки перекачивает примерно в два раза больше крови, а сердце кошки даже в 10 раз. При этом в артериях создается довольно высокое давление. Даже у таких маленьких животных, как личинка стрекозы или лягушка, оно достигает 30-38 миллиметров ртутного столба. В большинстве случаев давление еще выше. У осьминога оно 60, у крысы - 75, у человека - 160-180, а у лошади даже 200 миллиметров ртутного столба.

Обычно чем крупнее животное, тем выше у него давление. Это особенно наглядно видно на угрях, акулах и других рыбах, размеры которых сильно варьируют. Чем длиннее угорь или акула, тем выше у них давление крови. Из этого правила, однако, есть немало исключений. Одно из них - петух. В его сосудах такое же давление, как и у лошади. Совершенно ясно, что сердце кита блювала, весящее 600-700 килограммов, даже если будет трудиться совсем плохо, наработает гораздо больше, чем сердце синички московки, весящее почти в 5 миллиардов раз меньше, то есть всего 0,15 грамма. Чтобы сделать правильную оценку, сравнивают работу, которую выполняет 1 грамм сердечной мышцы. И здесь человеку нечем особенно гордиться. Грамм нашего сердца выполняет работу, равную 4000 грамм сантиметров в минуту, примерно такую же работу выполняет сердце улитки. Сердце лягушки трудится в 3 раза интенсивнее, кролика в 5 раз, а белой мыши в 12 раз!

Большинство живущих на земле животных горизонтальные. Головной мозг и сердце - два самых важных органа - находятся у них на одном уровне. Это очень удобно: не нужно дополнительных усилий, чтобы снабжать мозг кровью. Другое дело человек, мозг которого расположен значительно выше сердца, или шестиметровый жираф, сердце которого лежит на 2-3 метра ниже мозга. У всех подобных существ (петух, человек, жираф) высокое давление. Сердце типично горизонтальных животных неспособно обеспечивать кровоснабжение мозга при неестественной позе - profreglament.ru. Если кролику или змее придать вертикальное положение, они очень скоро «потеряют сознание» из за анемии мозга. Не менее тяжело переносится и обратное изменение позы, когда голова оказывается значительно ниже сердца. В этом случае снабжение мозга кровью расстраивается из за нарушения оттока, однако в животном мире немало клоунов виртуозов, вроде летучих мышей, для которых положение тела не имеет существенного значения.

*В работе сердечно сосудистой системы скрыто очень существенное противоречие. С одной стороны, чтобы поддерживать кровоснабжение на нужном уровне, необходимо создать высокое давление. С другой стороны, чем выше давление, тем больше вероятность аварии. В любой момент система может не выдержать. Если прорыв произошел в крупном сосуде, быстрая смерть от массивной потери крови неизбежна.*Чтобы давление в системе не превысило нормы, существуют особые контрольные органы - барорецепторы. Важнейшие из них расположены у млекопитающих в дуге аорты, в каротидных синусах сонных артерий, несущих кровь в мозг, в предсердиях и в окончаниях болевых нервов. О малейшем изменении давления они немедленно сигнализируют в продолговатый мозг. Восстановление нормального давления осуществляется не столько деятельностью сердца, сколько с помощью сосудов. Стенки мелких сосудов - артериол снабжены мышцами и легко изменяют свой просвет. Сужаясь, они создают известные препятствия току крови и вызывают тем повышение давления, но могут расшириться так, что давление снизится до критического уровня и циркуляция крови нарушится.