

тятся днем. Какой в этом смысл? Кому они подают световые сигналы и зачем? Зачем часы примитивному грибу нейроспоре? Явно, им часы очень нужны – иначе они не сохранились бы при естественном отборе. А зачем? Не знаем.

Что мы знаем о природе биологических часов? Откуда следует, что их ход не определяется каким-то внешним периодическим процессом, что они "эндогенны"?

В естественном состоянии ход биологических часов подстраивается внешними периодическими процессами под 24-часовой период земных суток. Но этот суточный ритм может быть изменен. Поэтому его называют "циркадный" – околосуточный – период. В искусственных условиях этот циркадный период можно растянуть до 28 часов или, наоборот, сжать до 16 часов. Это делают, когда изучают поведение растений, животных и человека в условиях, имитирующих условия длительного космического полета или подводного плавания.

Де Мэран показал, что дело не в периодической смене дня и ночи. Дюмель – что дело не в периодических изменениях температуры. Может быть, дело в других физических факторах – атмосферном давлении, электромагнитных, трудно экранируемых излучениях или, вообще, в каких-то еще неизвестных излучениях Солнца? Жизни многих исследователей были посвящены этой проблеме.

Ход часов не должен зависеть от температуры. У очень непостоянна температура среды обитания. Независимость от температуры – очень трудное условие, все химические процессы и большинство физико-химических процессов сильно зависят от температуры. А ход биологических часов – не зависит. Почему?

Известно, что пчелы и птицы вносят поправки на движение Солнца или вращение звездного неба, вращение Земли, с точностью порядка минут. Как происходит регулировка и подстройка часов относительно внешних периодических процессов, под "сигналы точного времени"? Какие "сигналы точного времени" получают живые организмы, и чем они их воспринимают?

Остается еще много важных вопросов и среди них такой: как осуществляется "временная организация" – согласование всех внутриклеточных часов многоклеточного организма? Такое согласование предполагает какую-то систему сигнализации между клетками.

А тогда возникают новые вопросы: что за сигналы посылают они друг другу?

Как достигается иерархия – подчинение часов одних клеток сигналам часов других, "руководящих", клеток?

Где в клетке находятся часы? Что за процессы идут в них?

Где в многоклеточном организме со сложной анатомией находятся главные часы?

Исследованием природы биологических часов заняты лаборатории в разных странах. Здесь работали и работают выдающиеся исследователи – "классики" Фриш, Бюннинг, Питендрич, Хастингс, Халберг и много новых, относительно молодых биологов, физиков, математиков.

Однако, далеко не на все вопросы получены ответы.

ВНУТРИКЛЕТОЧНЫЕ ЧАСЫ

Охлаждаются и цепенеют при температуре, близкой к "нулю", повисшие вниз головой в темных пещерах летучие мыши. Проходит много месяцев до теплых летних ночей, и все это время у них правильно идут часы! И в нужное время они вылетают на ловлю ночных насекомых.

Оставалось "немногое" – найти биологические часы в клетках живых организмов, определить их точное местоположение.

Сообщения об открытии биохимических колебательных процессов начали появляться с конца 50-х. Однако первый бесспорно периодический биохимический процесс открыл выдающийся американский биохимик Бриттен Чанс.

Синтез АТФ (аденозинтрифосфат – носитель энергии в живом организме) должен был осуществляться с колебаниями скорости, то быстрее, то медленнее. И колебания были "вполне подходящие", с периодом порядка минуты, вполне годились на роль маятника биологических внутриклеточных часов.

Казалось, что механизм биологических часов – их маятник – найден. Однако вскоре наступило разочарование. Эти колебания идут лишь в особых условиях и, кроме того, они сильно зависят от температуры. А часы от температуры зависеть не должны.

В разных лабораториях продолжали поиск. Найдены были колебания в митохондриях – М. Н. Кондрашовой и Ю. В. Евтодиенко в лабораториях Института биофизики в Пущино. Это было замечательно. В ходе этих колебаний в митохондриях то входят потоки ионов калия, кальция или водорода, то выходят. Скорость поглощения кислорода митохондриями также периодически изменяется.

Ну, теперь найден механизм, точнее маятник, часов!

К сожалению, нет. Все еще было не ясно – происходят ли эти колебания, как должно быть в часах, всегда, или только в определенных создаваемых в эксперименте условиях. И, опять же, выяснилось, что они сильно зависят от температуры.

Пришлось задуматься, следует ли искать механизм часов в процессах, обеспечивающих клетки энергией. Все больше данных свидетельствовали в пользу того, что часы идут в полном покое, когда энергия почти не расходуется, также, как и при активной жизнедеятельности.

Пчел на зиму укрывают от морозов и света, они цепенеют в своих темных ульях. А часы у них "идут" всю зиму, и весной пчелы правильно определяют время суток, что необходимо им для правильного выбора направления полета к цветущим растениям за "взятком".

Охлаждаются и цепенеют при температуре, близкой к "нулю", повисшие вниз головой в темных пещерах летучие мыши. Проходит

много месяцев до теплых летних ночей, и все это время у них правильно идут часы! И в нужное время они вылетают на ловлю ночных насекомых.

Сбиваются с нужной фазы и околосуточные периодические процессы у растений, помещенных на много недель в темноту при постоянной температуре. Внешне нет никаких проявлений хода часов, движения "стрелок" не видно. Но дайте краткую вспышку света, и окажется, что все это время часы правильно отсчитывали время – у фасоли листья будут опускаться или подниматься так же, как и у контрольных растений, бывших при нормальной смене дня и ночи.

Часы идут даже при почти полной остановке метаболизма – процесса обмена веществ в организме. В этих исследованиях важные результаты дает применение различных ядов – ингибиторов (замедлителей, подавителей) биохимических процессов.

Морской одноклеточный организм *Gonyaulax* светится ночью, следуя своим внутриклеточным часам.

Всем известная зеленая эвглена, наоборот, ночью неактивна. Днем она активно плывет в сторону большей освещенности. Ночью, если направить на сосуд с эвгленами узкий луч света, они на него не реагируют.

Наступление дня и ночи зеленая эвглена определяет по своим внутренним часам.

Если добавить в воду, где живут эти организмы, метаболические яды, останавливающие дыхание и гликолиз, жизнедеятельность их замедляет, эвглены перестают двигаться, гониаулаксы не могут генерировать свет.

Если перенести их в свежую среду, отмыть яды, жизнедеятельность восстанавливается.

Но самое замечательное оказывается, что все это время их часы шли вполне правильно, как будто бы клетки и не отравляли, после отмывания ядов они вовремя начинают испускать свет и вовремя проявлять способность к движению в сторону света.

Но если добавить в воду яды, останавливающие процессы считывания генетической информации – часы сбиваются, ход их нарушается.

Однако найти реакции синтеза белка в клетке с колебаниями скорости с периодом порядка секунд не удалось. А именно такие колебания нужны для обеспечения должной точности часов.

И после периода общего увлечения колебательными биохимичес-

кими процессами наступило – как и бывает – "охлаждение чувств".

Но вот в последние годы интерес к этим процессам вновь пробудился. Для самых разных клеток и тканей оказались характерными колебания концентрации ионов кальция с периодами порядка секунд – нескольких минут. Это взволновало исследователей потому, что именно ионы кальция являются универсальными регуляторами внутриклеточных процессов. Изменение их концентрации часто включает или выключает метаболические процессы.

Можно представить себе, что и взаимодействие соседних клеток может осуществляться посредством колебаний концентрации кальция. А взаимодействие отдаленных друг от друга клеток, например, в разных отделах головного мозга, вероятно, осуществляется посредством относительно низкочастотных электромагнитных колебаний, порождаемых колебаниями концентрации ионов кальция в отдельных мозговых структурах.

Но при чем тут синтез белка? Почему яды, останавливающие синтез белка, выключают, останавливают внутриклеточные часы?

Около 50 лет тому назад К. Питендрич начал изучение периодичности в жизни дрозофил. Дрозофилы одного вида активны в утренние часы, другие – в вечерние. Особенно четко суточная периодичность у них проявляется во время массового вылупления взрослых мух из коконов. Было установлено существование у дрозофилы гена биологических часов.

Так, оказалось, что в определенных местах хромосом есть ген PER, определяющий циркадную периодичность. Мутации этого гена приводят к наследуемым изменениям хода часов. Аналогичные гены были обнаружены у низшего гриба – нейроспоры и у крестоцветного растения арабидопсиса.

Скоро мы будем понимать механизмы биологических часов. Залогом этого служат достижения экспериментальной биологии. Примером этих достижений могут служить исследования циркадных часов у резузовидки (арабидопсис) – растения, популярного в последние десятилетия у генетиков. Как узнать, который час на внутренних часах этого крестоцветного? Растет себе и никаких проявлений.

Методами генной инженерии в геном этого растения "врезан", вставлен ген люциферазы системы генерации света из жука светляка (!). Такое растение начинает светиться. А интенсивность свечения

управляется собственными генами – часами арабидопсиса.

Как сказано выше, растениям часы нужны не только для подстройки к смене дня и ночи, но и для приспособления к смене сезонов. Более того, они не только отличаются весной от осени, но гораздо более тонко приспособляются к определенной длительности дня. Есть растения "короткого дня" и "длинного дня". Короткодневные растения зацветают ранней весной вскоре после весеннего равноденствия, растения длинного дня зацветают в дни, близкие к летнему солнцестоянию. Как они определяют длительность дня и ночи?

Наконец, немного о наших с вами часах.

Многоклеточный сложный организм может нормально существовать только при условии согласованности во времени всех его функций, то есть должны быть "центральные", "главные" часы, управляющие всеми остальными внутриклеточными часами.

Относительно недавно было показано, что эти главные часы расположены в головном мозге в супрахиазмном ядре таламуса. К этим часам подходят нервные волокна от зрительного нерва, и с кровью приносятся различные гормоны и среди них наиболее важный для настройки часов гормон эпифиза – мелатонин. Эпифиз, бывший когда-то третьим глазом у древних рептилий, сохранил свои функции регуляции циркадных ритмов.

В последнее время большой интерес вызывают исследования доктора медицинских наук Л. Я. Глыбина, директора Кардиологического центра Владивостока. Он полагает, что в сутках есть несколько периодов повышенного и пониженного физиологического состояния организма.

Пониженная сопротивляемость болезням, пониженная работоспособность приходится на время 2 - 3, 9 - 10, 14 - 15, 18 - 19, 22 - 23 часа местного времени. Высокая работоспособность и сопротивляемость болезням характерна для времени суток 5 - 6, 11 - 13, 16 - 17, 20 - 21 и 24 - 1 час.

Соответственно этим периодам, желательно начинать день в 5 - 6 часов утра и ложиться спать до 22 часов, соответственно перестроив всю свою общественно-социальную жизнь – отменив работу в ночные смены, вечерние сеансы кино и театральные спектакли. "Совы" отличаются от "жаворонков" только тем, что они используют период 24 - 1 час и пропускают чрезвычайно продуктивный период 5 - 6 часов.

Проблема биологических часов не ограничивается чисто научными задачами. Очевидно принципиальное значение этих вопросов для медицины. Одни и те же лекарства могут давать совершенно различные эффекты в разное время суток, при разных фазах биологических ритмов.

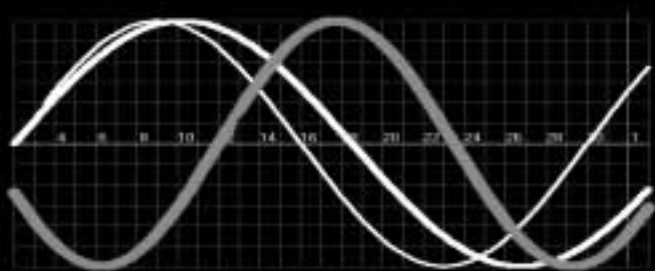
Этим вопросам посвящено большое количество литературы, но они еще далеки от полного выяснения.

А. Клейн
при подготовке статьи
использованы материалы сайта
www.pereplet.ru/obrazovanie



июль 2002

индивидуальный биоритм человека, родившегося осенью 1979 года, рассчитанный на июль 2002 года



— физический ритм
— эмоциональный ритм
— интеллектуальный ритм

Индивидуальные биоритмы

Человек со дня рождения находится в трех биологических ритмах: физическом (Ф), эмоциональном (Э) и интеллектуальном (И). Это не зависит ни от расы, ни от национальности человека, ни от каких-либо других факторов. Физический цикл равен 23 дням. Он определяет энергию человека, его силу, выносливость, координацию движения.

Эмоциональный цикл равен 28 дням и обуславливает состояние нервной системы и настроение. Интеллектуальный цикл (33 дня) определяет творческую способность личности. Любой из циклов состоит из двух полупериодов, положительного (+) и отрицательного (-). В течение

первой половины физического цикла человек энергичен и достигает лучших результатов в своей деятельности; во второй половине цикла энергичность уступает лениости. В первой половине эмоционального цикла человек весел, агрессивен, оптимистичен, переоценивает свои возможности, во второй половине – раздражителен, легко возбудим, недооценивает свои возможности, пессимистичен, все критически анализирует.

Первая половина интеллектуального цикла характеризуется творческой активностью, человеку сопутствуют удача и успех; во второй половине происходит творческий спад.