

УДК 577

Зайцев А.В., Ваценко А.В., Улановская-Цыба Н.А.,
Передерий Н.А., Силкова Е.В.

**ВОЗМОЖНАЯ ФУНКЦИЯ ЗУБА В ФИЛОГЕНЕЗЕ
ПОЗВОНОЧНЫХ**

**ВГУЗУ «Украинская медицинская стоматологическая
академия»**

Работа является фрагментом НИР кафедры терапевтической стоматологии ВГУЗУ «УМСА» «Розробка нових підходів до діагностики, лікування та профілактики стоматологічних захворювань у пацієнтів із порушенням опорно-рухового апарату» (государственный регистрационный № 0112U004469), кафедры медицинской биологии ВГУЗУ «УМСА» «Структура та тривимірна організація екзогенних залоз і органів травного тракту людини в нормі та патології» (государственный регистрационный № 0111U004878) и кафедры медицинской информатики и медицинской и биологической физики (по договору с кафедрой пропедевтики терапевтической стоматологии ВГУЗУ «УМСА» «Морфофункціональні особливості тканин ротової порожнини і їх вплив на проведення лікувальних заходів і вибір лікувальних матеріалів» (государственный регистрационный № 0115U001112).

Введение. История зуба, как полагают представители биологических наук, представляет большой исторический интерес и одновременно является необходимым руководством для правильной трактовки физиологических и патологических процессов, происходящих как в нем, так и в окружающих его тканях [5].

Актуальность. Однако зубы примечательны тем, что за время своего полумиллиардного существования меняли свое местоположение, обзаводились дополнительными структурами и,

вероятнее всего, изменяли свое функциональное назначение [4, 5, 20]. Так, возникновение костного скелета неразрывно связано с появлением зуба, что делает вопрос рассмотрения эволюции зуба еще более важным. Очевидно, что решение ряда задач, связанных с появлением и метаморфозами дентальных органов, проливает свет не только на стоматологические проблемы, связанные с этими образованиями, но также и на биологические, палеонтологические, антропологические, археологические и исторические. Вполне вероятно, что это может коснуться и ряда других отраслей науки.

Целью написания этой статьи явилось не только напоминание эволюции зуба позвоночных, но также попытка показать неординарное значение одонтологических структур в виде выполнения ими функций, более древних и отличных от первичной механической переработки пищи.

Материалами послужили доступные нам литературные источники, касающиеся эволюции, морфологии и других аспектов, связанных с дентальными органами. **Методом** служил анализ этих источников и синтез вычлененных знаний со знаниями других дисциплин в качественно новые умозаключения.

Основная часть. Считается, что мультифункциональность органов живых существ служит основной предпосылкой для преобразования вида в том или ином направлении [11]. Такое положение вызывает интерес рассмотрения различных структур организма сквозь призму эволюции. Касательно твердотканых образований организмов, вызывает внимание вопрос: с чего вдруг природа начала так расточительно создавать неорганические структуры в царстве органики? Ответов существует несколько: 1) защитить живой организм; 2) создать опору для размещения и функционирования органов и систем. Указанным целям служат два типа скелета – наружный и внутренний [11, 22]. Всегда также подразумевается,

что появление плотных материй способствовало эволюционному скачку организма, обладающему ими [2]. Однако данные ответы на эти вопросы являются неполными.

Около 600 млн. лет тому назад появились многочисленные группы животных, имевших скелеты. Это событие является началом палеозоя, пришедшего на смену докембрийской эпохе, практически не оставившей окаменелостей. Общей чертой возникновения опорных тканей в раннем кембрийском периоде отдельные авторы считают развитие новых способов жизни на морских мелководьях, т.е. возможность выполнения живым организмом специфических функций, открывающих пути к абсолютно уникальному способу жизни. Для некоторых животных скелет служил опорой, позволяя им иметь более крупную и прочную конструкцию. Так, у губок это послужило предпосылкой к увеличению размеров, позволило занять определенное положение в толще воды и таким образом получить больше пищи. Ранние головоногие, по-видимому, обладали свойством фильтровать воду в раковинной полости, расположенной внутри организма, избегая тем самым внешних помех в виде течений и водоворотов – несомненное преимущество, недоступное для их мягкотелых предков, не имевших раковин. Richard A. Fortey (Великобритания), предполагал, что для трилобитов развитие большого головного щита послужило огромным шагом вперед в «технике» бурения нор, давшее им возможность отбрасывать субстрат, как это делает бульдозер, вместо того, чтобы проползать, извиваясь сквозь него, наподобие червя [12].

Прослеживая модернизацию опорных тканей в процессе их развития, можно отметить следующее: растительная клетка покрыта жесткой целлюлозной оболочкой, которая ее защищает, но ограничивает диапазон взаимодействий окружающей среды с клеточной мембраной и

предоставляет клетке только всасывающий тип питания [12]. У моллюсков преобразования были направлены на создание наружного скелета из углекислой извести без сочленений, что служило хорошей защитой, но не способствовало подвижности. У более прогрессивных – насекомых появился обызвествленный полисахарид хитин. Он являлся основой опять-таки наружной оболочки, но уже с сочленениями. Скелет начал служить еще одной цели – приданию мобильности живым существам. Благодаря сочленениям у насекомых, видимо, развился челюстной аппарат. Позднее появились позвоночные животные (осевой скелет их, вероятно, был представлен хордой, окруженной толстой соединительнотканной оболочкой), у которых первая твердая ткань представляла собой зубы, расположенные на поверхности кожи. В результате срастания аспидинового основания (промежуточной ткани в процессе появления кости) этих зубов произошло образование наружного панциря. Затем возникла кость, и скелет совершенствовался по более прогрессивному пути – в качестве внутреннего остова [9]. Из этого следует, что помимо мобильности, позвоночные могли варьировать размеры, массу и конституциональные особенности. Перемещение зуба с поверхности тела в полость рта способствовало созданию более совершенного челюстного аппарата с дифференцированными орудиями переработки пищи, служившими и инструментом при активном поиске жертвы у хищников. Данные функции также являются назначением использования скелета.

Однако существует и иная версия, предполагающая появление твердых частей, состоящих из углекислого кальция, связанная с изменением солевого состава ранее существовавшего океана, в котором возникла и развивалась жизнь, а также с целью регуляции этого солевого состава. Такого подхода в частности коснулся в своей работе А.С. Монин: «Удаление углекислого газа из атмосферы и гидросферы происходит

главным образом при образовании карбонатов – в результате как химических реакций, так и биологических процессов (образование карбонатных оболочек и скелетов организмов)» [16]. Углекислые образования биогенного происхождения – домики полихет, перисарки гидроидов, скелеты кораллов, раковины моллюсков и плеченогих. Касательно позвоночных, строящих свой скелет из фосфорнокислых солей, подобных предположений не выдвигалось. В связи с этим целесообразно рассмотреть причину появления твердых тканей на основе соединений фосфора у живых организмов с данной точки зрения.

Основатель эволюционной палеонтологии В.О. Ковалевский и его последователь П.П. Сушкин считали, что особенности строения скелета подчинены экологическим условиям [8, 23]. В палеонтологии имеется достаточно данных о том, каким был состав и климат окружающей живые организмы среды (будь-то водная или воздушная) в предыдущие эпохи и как он менялся. Науке известны и данные о том, из каких химических элементов состояли твердые ткани ранее живших организмов.

В начале палеозойской эры (кембрии) отмечался бурный расцвет животного и растительного мира, который был представлен большим количеством разнообразных форм [15]. С ростом биомассы увеличивался удельный вес фосфорных соединений. Жизнь осваивала новые просторы – выходила из воды на сушу, в воздушную среду. Организму просто необходимо было иметь некоторый запас фосфора (P), поскольку в природе он встречается редко [12, 16], а соединения фосфора жизненно важны. Однако естественно предположить, что фосфорсодержащие вещества живых и умерших организмов, находясь в избытке или несвязанной форме, могли переходить в результате химических реакций в несовместимые с жизнью. Ведь в воздушной среде P распространяется в виде ядовитых газов [14, 21]. Природе требовалось хранить их излишки в

неактивной форме. Поэтому вопрос об их инактивации и утилизации был очень актуален.

Косвенным подтверждением связывания Р в водной среде является факт появления плеченогих моллюсков из группы известковорогих. У представителей этой группы раковины состоят преимущественно из рогового вещества и фосфорнокислой извести [12]. Возможно, были и другие существа, имевшие в составе своего скелета фосфорнокислый кальций. По-прежнему использовался кальций, связывающий фосфор в неядовитые вещества. Все это происходило в водной среде.

В следующем за кембрийским периодом ордовике, появились первые наземные живые формы – это были растения [1], которые не накапливают фосфор в своих структурах. Они используют целлюлозу при построении опорных тканей. Освоившие сушу вслед за растениями насекомые, плотную оболочку создавали из обызвествленного хитина, что не способствовало обсуждаемой трансформации. А существовавшие в то время некоторые разновидности мягкотелых, обладавшие скелетом из солей фосфора, не могли благоприятно себя чувствовать на суше: «Моллюски благодаря мягкому слизистому телу, недостаточно защищенному от высыхания, с трудом могли приспособиться к наземному образу жизни. Лишь немногие представители этого типа, всего из одного только класса брюхоногих, дали начало наземным формам. Однако и для живущих в водной среде раковина сыграла роль фактора, ограничивающего направление эволюционного процесса. Наивысшего развития в данном типе достигли, те формы, у которых раковина получила облегченное строение или подверглась значительной редукции, вплоть до полного исчезновения у головоногих» [1].

Проведя аналогию с беспозвоночными, можно предположить, что способ связывания соединений фосфора в твердое вещество и у позвоночных шел путем, аналогичным агрегации кальция с углекислотой.

Чем является углекислота для аэробного организма? Ядом. У всех гетеротрофных организмов, в том числе животных и людей, CO_2 является конечным продуктом обмена веществ. Он не поддерживает горения и дыхания, является ангидридом угольной кислоты [21]. А это значит, что данное химическое соединение не содействует протеканию окислительно-восстановительных реакций в организме, которые ему жизненно необходимы для поддержания биологических функций. Также углекислый газ, при соединении с водой превращается в угольную кислоту. Для организмов живущих в воде это означает гибель.

Поэтому вначале животные избавлялись от этого соединения превращением его в известь. Углекислота связывается с кальцием (Ca), так как он является активным металлом, легко взаимодействующим с другими химическими веществами [21]. При этом данное соединение нетоксично для живого (Ca имеется в каждом организме). Однако увеличение концентрации углекислого газа в организме в виде бикарбонатов металлов может привести к алкалозу (понижению кислотности).

Сделаем предположение, что у некоторых представителей живого твердые неактивные соединения углекислоты накапливались вблизи организма, не оказывая им вреда, а иногда может быть, принося пользу. Например, выделение извести в форме слизи могло в начале помогать движению [2]. Затем это полезное приобретение закрепилось эволюцией. Вероятно, таким образом, и возник наружный скелет большинства беспозвоночных.

Углекислый газ все же используется живыми существами в очень малых концентрациях для синтеза некоторых аминокислот, пуриновых и пиримидиновых оснований, жирных кислот и сахаров [7].

В свою очередь, в живой клетке фосфорные соединения являются источником энергии (АТФ), входят в состав клеточных мембран (фосфолипиды), активизируют или ингибируют деятельность различных клеточных ферментов и передают сигнал из внеклеточной среды внутрь клетки (пиридоксальфосфат, циклоаденозинмонофосфат) [19].

Работоспособность биологически активных веществ в организме весьма сильно зависит от рН среды. Ферменты почти полностью теряют свою каталитическую активность при небольших колебаниях водородного показателя. Поэтому в процессе эволюции живые системы научились использовать соединения с большой буферной емкостью, препятствующие изменениям рН. Данные соединения также содержат рассматриваемые вещества – главным внутриклеточным буфером является фосфатная система $\text{H}_2\text{PO}_4^- - \text{HPO}_4^{2-}$ главным внеклеточным буфером (в крови и тканевых жидкостях) служит карбонатная буферная система $\text{H}_2\text{CO}_3 - \text{HCO}_3^-$ [18].

В то же время, сам фосфор является ферментным ядом, тормозящим внутриклеточные окислительные процессы [17]. Его соединения с водой — фосфиды, также ядовиты [13]. Да и многие другие соединения фосфора пагубно воздействуют как на флору, так и на фауну. Поэтому человечество применяет их для борьбы с различными вредными ему формами жизни, воздействуя на них инсектицидами, гербицидами и многими другими ядохимикатами [3], а также для уничтожения себе подобных, используя боевые отравляющие вещества на основе фосфора [6]. Причем почти все ядовитые соединения применяются в виде газов или аэрозолей, то есть особенно опасны в воздушной среде [13].

Фосфор, который растворен в морской воде, распространяется иначе, чем в воздухе, ведь присутствует он там, в виде ионов или связан в остатках химических соединений. Это обуславливает его медленный и нетоксичный круговорот. Его усваивают морские растения (простейшие водоросли), обитающие в поверхностных слоях мирового океана. Эти водоросли служат пищей планктону и другим морским животным и птицам. Морские течения приносят с глубин новые запасы растворенного фосфора (явление апвеллинга). Остатки организмов, активно потреблявших этот элемент, скапливаются на дне. Дальше начинается сложный ряд геохимических превращений. Природные течения и волны уносят органические остатки. Частицы минерала собираются в сгустки и зерна, которые тоже претерпевают ряд сложных изменений, постепенно все более твердея. Весь этот сложный процесс образует месторождения фосфоритов. Он зависит от множества внешних факторов и назван «эффектом Батурина», по имени одного из российских геологов, раскрывших эту геологическую тайну [10]. В воздушной среде преобразования и перемещения фосфора и его соединений происходят иначе. Связано это с иным агрегатным состоянием атмосферы.

Вполне вероятно появление первых позвоночных в связи с обсуждаемой темой. Ведь их тело не имело никаких твердых образований кроме кожных зубов. Но эти зубы представляли собой именно образования из соединений фосфора. Причем эти соединения представляют собой апатиты, которые относятся к ряду плохо растворимых комплексных химических соединений [21]. Первые позвоночные также появились в водной среде, но данный тип живых существ довольно быстро развивался и совершенствовался благодаря наличию этого и некоторых других перспективных новшеств (хорда, появление сердца, высокая

дифференцировка всех органов и систем и др.) [15]. В каменноугольном периоде они уже освоили сушу и начали адаптацию в воздухе [1, 12].

Резюмируя вышенаписанное, можно сделать следующий **вывод**: вполне вероятно, что дентальный орган стал надежным, легкодоступным хранилищем для соединений фосфорного типа. Таким образом, благодаря возникновению зуба, пошел дальнейший прогресс создания твердых тканей позвоночных на новой основе, вследствие чего природа решала несколько задач сразу – недопущение образования ядовитых агрегаций фосфора, создание его депо в организме, придание большей мобильности и разнообразия форм живых существ.

Перспектива дальнейших исследований. Результаты работы не только расширяют кругозор, но и могут служить прототипом в исследованиях подобного типа, либо базой для построения дальнейших умозаключений.

Литература:

1. Аверинцев С.В. Зоология беспозвоночных / С.В. Аверинцев. – М.: Советская наука, 1952. – 463 с.
2. Беклемишев В.Н. Основы сравнительной анатомии беспозвоночных / В.Н. Беклемишев. – М.: Наука, 1964. – Т. 2. – 446 с.
3. Бобков Ю.Г. Первая помощь при лекарственных и бытовых отравлениях / Ю.Г. Бобков, Г.П. Лебедев, О.Ю. Урюпов, С.Ф. Фролов – Л.: Медицина, 1979. – 168 с.
4. Быстров А.П. Прошлое, настоящее, будущее человека / А.П. Быстров. – Л., Медгиз, 1957. – 314 с
5. Виллер И.Б. Эволюция зубов и взаимоотношение дентина и кости, образующих зубы и покровные окостенения позвоночных / И.Б. Виллер. – М.: Медицина, 1966 – 219 с. – (География кариеса зубов: Труды

VI расширенного пленума Всесоюзного общества стоматологов; с. 192-201).

6. Градосельский В.В. Ядерное, химическое и бактериологическое оружие и защита от него / В.В. Градосельский. – М.: Издательство ДОСААФ, 1970. – 109 с.

7. Гулій М. Вуглекислий газ і життя / М. Гулій // Наука и культура. Украина, 1972. – К., 1972. – С. 154-159.

8. Давиташвили Л.Ш. История эволюционной палеонтологии от Дарвина до наших дней / Л.Ш. Давиташвили. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1948. – 575 с.

9. Зайцев А.В. К вопросу об эволюционном значении дентина / А.В. Зайцев, А.В. Артемьев // Археологічний Літопис Лівобережної України. – 2004. – № 1-2 (Ч. 15 -16). – С. 2-4.

10. Как рождаются фосфориты // Наука и жизнь. – 1984. – №8. – С. 157-158.

11. Камшилов М.М. Биотический круговорот / М.М. Камшилов. – М.: Наука, 1970. – 160 с.

12. Коуэн Р. История жизни / Р. Коуэн. – К.: Наук. Думка, 1982. – 220 с.

13. Лудевиг Р. Острые отравления / Р. Лудевиг, К. Лос; пер. с нем. – М.: Медицина, 1983. – 560 с.

14. Лужников Е.А. Острые отравления: [руководство для врачей] / Е.А. Лужников, Л.Г. Костомарова. – М.: Медицина, 1989. – 432 с.

15. Мамонтов С.Г. Биология: [справ. издание] / С.Г. Мамонтов.– М.: Высш. шк., 1992.– 478 с.

16. Монин А.С. Популярная история Земли / А.С. Монин.– М.: Наука, 1980. – 224 с.

17. Неотложная помощь при острых отравлениях: [справочник по токсикологии; под ред. академика АМН СССР С.Н. Голикова]. – М.: Медицина, 1978. – 312 с.
18. Несынов Е.П. Живое глазами химика / Е.П. Несынов. – К.: Наукова думка, 1982. – 152 с.
19. Николаев А.Я. Биологическая химия: [учеб. для мед. спец. вузов] / А.Я. Николаев. – М.: Высш. шк., 1989. – 495 с.
20. Сивовол С.И. Пародонтит как инструмент эволюции / С.И. Сивовол // Стоматолог. – 2003. – № 5. – С. 58-60.
21. Справочник по химии для поступающих в вузы: [под общ. ред. члена-корреспондента АН УССР А.Т. Пилипенко]. – К.: Наукова думка, 1971. – 408 с.
22. Тимченко А.Д. Краткий медико-биологический словарь / А.Д. Тимченко. – Киев: Выща школа, 1988. – 360 с.
23. Чудинов П. От динозавров до великого кольца / П. Чудинов // Наука и жизнь. – 1982. – № 3. – С. 47-49.

УДК 577

МОЖЛИВА ФУНКЦІЯ ЗУБА У ФІЛОГЕНЕЗІ ХРЕБЕТНИХ

Зайцев А.В., Ваценко А.В. Улановська-Циба Н.А., Передерій Н.О.,
Сілкова О.В.

Резюме: Мультифункціональність органів живих істот є основною передумовою для перетворення виду в тому чи іншому напрямку. Таке положення викликає зацікавленість розгляду структур організму крізь призму еволюції. Що до твердотканних утворень організмів, привертає увагу питання: чому раптом природа почала так марнотратно створювати неорганічні структури в царстві органіки? Відповідей може бути декілька: 1) щоб захистити живий організм; 2) створити опору для розміщення та функціонування органів і систем. Зазначеним цілям служать два типи

скелета – зовнішній і внутрішній. Вважають, що утворення щільних матерій сприяло еволюційному стрибку організму. Проте дані відповіді на ці питання є не зовсім вичерпними.

Існує версія, що припускає появу твердих частин, які складаються з вуглекислого кальцію, в зв'язку зі зміною сольового складу раніше існуючого океану, де виникло і розвивалося життя, а також з метою регуляції цього сольового складу. Такого підхід запропонував у своїй роботі А.С. Монін. Вуглекислими утвореннями біогенного походження є будиночки поліхет, перісарки гідроїдів, скелети коралів, раковини молюсків і плечоногих. Відносно хребетних, які будують свій скелет з фосфорнокислих солей, подібних припущень не висувалося. У зв'язку з цим доцільно розглянути причину появи твердих тканин на основі сполук фосфору у живих організмів з цієї точки зору.

В роботі робиться висновок про те, що дентальний орган став надійним, доступним сховищем для сполук фосфорного типу.

Ключові слова: зуб, функціональність органів, еволюція.

УДК 577

ВОЗМОЖНАЯ ФУНКЦИЯ ЗУБА В ФИЛОГЕНЕЗЕ ПОЗВОНОЧНЫХ

Зайцев А.В., Ваценко А.В., Улановская-Цыба Н.А.,
Передерий Н.А., Силкова Е.В.

Резюме: Мультифункциональность органов живых существ служит основной предпосылкой для преобразования вида в том или ином направлении. Такое положение вызывает интерес рассмотрения различных структур организма сквозь призму эволюции. Касательно твердотканых образований организмов, привлекает внимание вопрос: с чего вдруг природа начала так расточительно создавать неорганические структуры в царстве органики? Ответов существует несколько: 1) защитить живой

организм; 2) создать опору для размещения и функционирования органов и систем. Указанным целям служат два типа скелета – наружный и внутренний. Появление плотных материй способствовало эволюционному скачку организма. Однако данные ответы на эти вопросы являются неполными. Существует версия, предполагающая появление твердых частей, состоящих из углекислого кальция, связанная с изменением солевого состава ранее существовавшего океана, в котором возникла и развивалась жизнь, а также с целью регуляции этого солевого состава. Такого подхода в частности коснулся в своей работе А.С. Монин. Углекислые образования биогенного происхождения – домики полихет, перисарки гидроидов, скелеты кораллов, раковины моллюсков и плеченогих. Касательно позвоночных, строящих свой скелет из фосфорнокислых солей, подобных предположений не выдвигалось. В связи с этим целесообразно рассмотреть причину появления твердых тканей на основе соединений фосфора у живых организмов с данной точки зрения.

Можно сделать вывод о том, что дентальный орган стал надежным, легкодоступным хранилищем для соединений фосфорного типа.

Ключевые слова: зуб, функциональность органов, эволюция.

UDC 577

POSSIBLE FUNCTION OF TOOTH IN VERTEBRATE PHYLOGENY

Zaitsev A.V., Vatsenko A.V., Ulanovskaya-Cyba N.A., Perederiy N.A.,
Silkova E.V.

Summary: The purpose of writing this article - a brief guide into the evolution of the vertebrate tooth paying attention to the extraordinary importance of the odontology structures in performing of their functions, more ancient and different from the primary mechanical processing of food. It is considered that multifunctionality of the organs of living creatures serves as a main precondition

of a transformation of the species in one direction or another. This situation causes interests of consideration of various structures of an organism in the light of evolution. Upon an occasion so important as the question respecting the hard tissue formation: what was the reason that our nature has began to create inorganic structures in organic kingdom so lavishly?

Around 600 million years ago there have been numerous groups of animals with a skeleton. Some authors consider that a common feature of supporting tissues appearance in the early Cambrian period was the ability to perform specific functions of a living organism, opening the way to a completely unique way of life.

By tracing the modernization of supporting tissues in the process of their development, it is possible to note the following: the skeleton began to serve another purpose - giving mobility to living beings. Due to the joints of insects, probably appeared jaw apparatus. Later, in vertebrates (an axial skeleton, probably, was represented by chord, surrounded by a thick connective tissue membrane), the first solid tissue was represented by teeth located on the surface of the skin.

As a result of knitting of aspidin base (intermediate tissue during occurrence of a bone) of these teeth was the formation of the outer shell. Then the bone appeared and skeleton improved by a more progressive way - as an internal skeleton. It follows that, apart from the mobility, vertebrates could vary in their size, weights and constitutional features. Tooth moving from the body to the surface of the mouth helped to create a more perfect jaw apparatus with differentiated tools in processing of food and also to predators as prey finding. These functions are also setting of the skeleton using. However, there is a version, assuming an appearance of the solid parts, consisting of calcium carbonate associated with the change of the salt composition of the pre-existing ocean in which life arose and developed, as well

as regulation of that salt composition. Analogy with invertebrates suggests that the mode of phosphorus compounds binding into the solid structure is the same with vertebrate similar to aggregation of calcium with carbon dioxide.

Drawing a conclusion: it is more likely that the dental organ became as a reliable, easily accessible storage for the phosphorus-type compounds. Due to the appearance of a tooth, further progress for creation of vertebrate hard tissue on a new basis began, as a result the nature solved several problems at once - preventing the formation of toxic aggregates of phosphorus, making its depot in the body, giving greater mobility and diversity of living things.

The prospect of further research is the results the work not only broadens the mind, but also can serve as a prototype in studies of this type or a base for the construction of further reasoning.

Keywords: tooth, functionality of organs, evolution.