

РАЗВИТИЕ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

1. Развитие нервной системы в филогенезе
2. Формирование нервной трубки в онтогенезе
3. Развитие структур спинного и головного мозга

Вопрос_1

Развитие нервной системы в филогенезе

Определение_1:

Филогенез – это процесс исторического развития живой природы и отдельных групп составляющих ее организмов.

Научной основой представлений о филогенезе является созданное Чарльзом Дарвином эволюционное учение. Рассматривая филогенез нервной системы в частности нужно выделить несколько этапов:

- 1-й – образование сетевидной (диффузной) нервной системы
- 2-й – образование узловой (ганглионарной) нервной системы
- 3-й – образование трубчатой нервной системы

Следует отметить, что развитие нервной системы шло в направлении от примитивных животных форм с преимущественно гуморальным способом регуляции – одноклеточные организмы, в направлении нервного способа регуляции – многоклеточные организмы. По мере развития нервной системы нервная регуляция все больше подчиняла себе гуморальную регуляцию, так что образовалась единая нейрогуморальная система регуляции живой системы.



Рисунок 1 – Гидра стебельчатая (*Hydra oligactis*)

Сетевидная (диффузная) нервная система характерна для типа кишечнополостных, к которым относятся представители класса гидроидных полипов, например стебельчатая гидра (*Hydra oligactis*). В такой нервной системе отростки нервных клеток сообщаются между собой, образуют сплетение, которое связывает каждую нервную клетку. Все нервные клетки гидры находятся на наружной поверхности и слабо защищены. Диффузное распределение не позволяет нейронам образовывать группы, поэтому у гидроидных отсутствуют нервные центры. Однако даже отсутствие нервных центров позволяет гидре реагировать на изменения внешней среды и вырабатывать примитивные рефлексy. При раздражении любой точки тела возбуждение разливается по всей поверхности тела животного, и гидра сжимается в комок.

Узловая нервная система появляется на следующем этапе эволюции нервной системы у плоских червей. Она образована крупным мозговым ганглием и отходящими от него стволами, соединенными между собой волокнами. Такая система имеет ортогональную форму, поэтому получила название ортогональной нервной системы. Возникновение сегментарного строения все тела привело к появлению нервных ганглиев (узлов) в каждом сегменте. Каждый узел соединяется в продольном и поперечном направлении.

Благодаря такому распределению нервных клеток, возбуждение, возникающее в какой либо точке тела, не разливается по всему телу животного, а распространяется вначале в границах сегмента, а затем по продольным волокнам поступает к мозговым ганглиям головного сегмента. В результате постоянного соприкосновения головного сегмента с объектами окружающего мира здесь развиваются органы чувств, в результате чего ганглии головных сегментов развиваются сильнее остальных ганглиев тела и в последующем становятся прообразом будущего головного мозга.

Развитие трубчатой нервной системы стало новым этапом эволюции нервной системы, который связан с происхождением хордовых животных. Отличительными особенностями хордовых является:

- билатеральная симметрия,
- хорда или позвоночник,
- центральная нервная система с полостью внутри.

Трубчатое строение нервной системы впервые в эволюции появляется у ланцетника. Это рыбообразные морские животные, очень примитивного строения. Ланцетник был впервые описан в 1774 г. крупным зоологом Палласом, принявшим его за моллюска и назвавшим его «ланцетовидным слизнем» (*Limax lanceolatum*), а в 1834 году Александр Онуфриевич Ковалевский, изучив зародышевое развитие ланцетника, доказал его близость к позвоночным животным. А.О. Ковалевский доказал, что упругий тяж, проходящий через все тело ланцетника, принимаемый учеными за остаток

раковины и сохраняющийся на протяжении всей жизни животного – хорда. Хорда – это спинная струна, эластичная несегментированная скелетная ось у хордовых животных.

Нервная трубка ланцетника является результатом смыкания краев парных сегментарных ганглиев, и также как у беспозвоночных животных имеет сегментарное (метамерное) строение. У ланцетника еще нет деления нервной трубки на головной и спинной мозг, однако головной отдел несколько расширен и называется мозговым пузырем. Полость нервной трубки называется *невроцель*, также несколько расширена и образует желудочек. Повреждение этой области ведет к нарушению координации движения. Вдоль нервной трубки располагаются особые нейроны – клетки Роде, дендриты этих клеток образуют синапсы с чувствительными волокнами спинного корешка, а аксоны связаны между собой. Эти клетки распространяют возбуждение по всей нервной трубке. С каждой стороны от нервной трубки отходят по два корешка – спинной и брюшной, они не соединяются в единый нерв.

Спинной корешок смешанный, в нем есть и двигательные и чувствительные волокна. Чувствительные волокна образуют сплетения в коже, а двигательные иннервируют мускулатуру внутренних органов. У ланцетника отсутствуют чувствительные ганглии, т.е. первые нейроны любой рефлекторной дуги. Брюшной корешок является двигательным, от него отходят волокна к мышечным клеткам.

Развитие мозга, прежде всего, связывают с развитием органов чувств. Органы чувств ланцетника развиты слабо, что связано с малоподвижным образом жизни. Настоящих глаз у этого животного нет, но имеются светочувствительные глазки Гессе, они расположены по краям неврочеля. Кроме того, у ланцетника есть примитивный орган обоняния ямка Келликера.

Дальнейшая эволюция нервной системы связана с усовершенствованием рецепторного вооружения и более активным поведением животных. Эти явления вызвали обособление переднего конца тела в виде головы, а процесс получил название цефализация.

На первом этапе развития головной мозг состоял из трех отделов (низшие рыбы):

- заднего мозга,
- среднего мозга,
- переднего мозга.

Развитие заднего мозга рыб происходит под влиянием рецепторов акустики и вестибулярного аппарата, имеющих ведущее значение для ориентации в водной среде. В дальнейшем происходит обособление из заднего мозга продолговатого мозга, который, по сути, является переходным отделом между спинным и головным мозгом. Продолговатый мозг принимает на себя функции регуляции жизненно важных процессов, здесь

расположены центры дыхания, кровообращения. Собственно задний мозг разделяется на мост и мозжечок.

Развитие среднего мозга связывают с развитием зрительной анализаторной системы.

Выход животных на сушу усилил значение обонятельной системы, в результате чего получил развитие передний мозг. В задачи обонятельной системы входило восприятие сигналов опасности или добычи. В результате чего каждый из отделов мозга получил некоторую свою специализацию. В дальнейшем передний мозг разрастался и дифференцировался на промежуточный и конечный. Кроме того, происходило как бы передвижение функций к головному концу. Эволюция поступательно решала задачи автономной регуляции внутренних функций организма животного, подчиняя их высшим структурам мозга.

Таким образом, совершенствование анализаторов и объединение всех функций регуляции внутренней среды организма привело к тому, что головной мозг стал главным органом управления всем поведением животного.

Завершающим этапом стало развитие коры, которая возникла у позвоночных животных при переходе от водного к наземному образу жизни. Впервые кора появляется у амфибий и рептилий. В дальнейшем кора головного мозга решает главные задачи выживания и поэтому принимает на себя функцию подчинения всех нижележащих центров (подкорковых центров) – происходит кортиколизация функций организма.

Вопрос_2

Формирование нервной трубки в онтогенезе

Период индивидуального развития человека, онтогенез, делят на два периода: *пренатальный* (внутриутробный) и *постнатальный* (после рождения). Первый продолжается от момента зачатия и формирования зиготы до рождения; второй – от момента рождения и до смерти. Каждый из этих периодов делится на подпериоды, которые отличаются возникновением, развитием или изменением тех или иных структур организма.

Пренатальный период разделяют на:

- начальный период,
- зародышевый период,
- плодный период.

Начальный (предимплантационный) период у человека охватывает первую неделю развития (с момента оплодотворения до имплантации в слизистую оболочку матки).

Зародышевый (эмбриональный) период – от начала второй недели до конца восьмой недели (с момента имплантации до завершения закладки органов).

Плодный (фетальный) период начинается с девятой недели и длится до рождения. В это время происходит усиленный рост организма.

Постнатальный период онтогенеза делят на¹:

- период новорожденности (от момента рождения до 10 дней);
- грудной возраст (от 10 дней до 1 года);
- раннее детство (от 1 года до 3 лет);
- первое детство (от 4 до 7 лет);
- второе детство (мальчики от 8 до 12 лет
девочки от 8 до 11 лет);
- подростки (мальчики от 13 до 16 лет;
девочки от 12 до 15 лет);
- юношеский возраст (от 16 до 21 года);
- зрелый возраст (от 22 до 60 лет);
- пожилой возраст (от 61 до 74 лет);
- старческий возраст (от 75 и старше).

Рассмотрим основные этапы формирования структур нервной системы относительно начальных периодов онтогенеза.

На начальном, предимплантационном периоде в течение 3-4 дней происходит активное деление зиготы, которая опускается в матку по трубке яйцевода. В результате этого деления образуется многоклеточный полый пузырек, который называется *бластула*. Стенка этого пузырька образована двумя видами клеток – мелкие клетки – образуют стенку пузырька (трофобласт), а крупные, их называют бластомеры, образуют зачаток зародыша (эмбриобласт). На 6-7 день беременности бластула внедряется в слизистую оболочку матки – происходит имплантация и начинается зародышевый период.

Внутри бластулы зачаток зародыша, будем называть его эмбриобласт, разделяется на две пластинки – наружная – эктодерма, внутренняя – энтодерма. Из наружного слоя эмбриобласта эктодермы развивается нервная система. Процесс формирования нервной системы называется *нейруляция*, а зачаток нервной системы – нервная трубка или *нейрула*.

На третьей недели эмбрионального развития в двухслойном эмбриобласте появляется третий зародышевый листок – мезодерма, который дает начало спинной хорде, выше которой, начинает развиваться нервная трубка. Образование нервной трубки начинается у 18-ти дневного эмбриона с появления нервной пластинки, боковые края которой образуют возвышения – нервные валики. Между валиками образуется желоб, который в последствие

¹ - классификация Сапин М.Р., Сивоглазов В.И. 2002, С.12-14

станет полостью нервной трубки. К 24-му дню нервные валики начинают смыкаться. Передний отдел нервной трубки расширяется, начинают формироваться мозговые пузыри, остальная часть превращается в спинной мозг.

По обе стороны нервных валиков обособливаются клетки ганглиозной пластинки. Из этих клеток, в последствие, образуются спинномозговые ганглии (узлы) и ганглии вегетативной нервной системы. У зародыша спинномозговые ганглии отчетливо видны уже на 6-8-й неделе развития. Из ганглиозной пластинки нейроны мигрируют в ганглии симпатического ствола, к стенке кишечной трубки и мозговому слою надпочечников.

Нервная трубка делится на три слоя:

- внутренний слой – эпендимный (эпендимоглия);
- промежуточный слой – мантийный;
- наружный слой – краевая вуаль.

Эпендимный слой дает начало нейронам и глиоцитам центральной нервной системы. Часть нейронов эпендимы мигрирует на периферию, где формируют мантийный слой, а часть оставшихся клеток (спонгиобластов) развивается в клетки глии – эпендимоциты и астроциты. Эпендимоциты формируют внутреннюю стенку нервной трубки, в последствие – это центральный спинномозговой канал и стенка желудочков головного мозга. Мантийный слой образуется клетками мигрантами – это нейробласты, предшественники нейронов, не утратившие способность к делению и астроциты, развивающиеся из астроцитобластов эпендимного слоя. Краевая вуаль не содержит клеток, она состоит из отростков клеток мантийного слоя и кровеносных сосудов.

Окончательное смыкание нервной трубки происходит в период 5-8 недели (35-56 день). В этот период идет активное развитие органов и тканей организма. Происходит закладка сердца, легких, усложняется строение нервной трубки, происходит закладка органов чувств. На 5-й неделе происходит закладка рук, на 6 неделе закладка ног. Размер эмбриона не превышает 8 см. На 6 неделе заметна закладка наружного уха, а в конце 6-7 недели заметны пальцы на руках и ногах. На 7-й неделе начинают формироваться веки, благодаря чему появляется привычный контур глаз. На 8-й неделе развития заканчивается закладка органов и начинается плодный период.

Вопрос_3

Развитие структур спинного и головного мозга

После деления нервной трубки на три слоя происходит закладка основных структур спинного мозга. На 5-6-й неделе развития в мантийном слое нервной трубки по всей длине образуются четыре колонки нервных

клеток, из которых образуются рога спинного мозга. Две верхние колонки дают начало задним (чувствительным) рогам спинного мозга, а две нижние колонки – передним (двигательным) рогам спинного мозга. В связи с ростом зачатков рук и ног (5-6 неделя) на уровне шейных и поясничных сегментов образуются утолщения спинного мозга.

С появлением рогов серого вещества появляются и нервные волокна, прежде всего это восходящие чувствительные волокна, связывающие задние рога с мозжечком и нисходящие двигательные волокна, связывающие кору с передними рогами спинного мозга. Эти волокна передают импульсы от рецепторов формирующейся опорно-двигательной системы в мозг и к мышечным волокнам эмбриона. Поэтому для внутри утробного развития эмбриона характерны спонтанные движения. Двигательная активность эмбриона не скоординирована и спонтанна, что говорит о поэтапном созревании рефлекторных дуг мышечных рефлексов.

В процессе созревания проводящих путей происходит их миелинизация. Для процесса миелинизации характерны две закономерности:

– первая: филогенетически более древние пути начинают миелинизацию раньше, чем молодые (например, волокна вестибулярного нерва);

– вторая: миелинизацию раньше начинают те проводящие пути, которые участвуют в реализации жизненно важных функций (например, волокна тройничного и блуждающего нерва, участвующие в акте глотания и сосательном рефлексе).

В постнатальном периоде спинной мозг новорожденного вполне дифференцированная структура, обеспечивающая необходимый уровень рефлекторной деятельности ребенка. Его масса составляет 3-4 грамма (у взрослого 30 г.) Рост спинного мозга продолжается приблизительно до 20 лет, его масса увеличивается примерно в 8 раз и достигает своих окончательных размеров к 5-6 годам.

Эмбриогенез головного мозга начинается с развития в передней части мозговой трубки двух первичных мозговых пузырей, возникающих в результате неравномерного роста стенок нервной трубки. Эти пузыри названы архэнцефалон и дейтерэнцефалон. В начале 4-й недели у зародыша формируются три мозговых пузыря. Архэнцефалон превращается в передний мозговой пузырь (*prosencephalon*), а дейтерэнцефалон делится на средний (*mesencephalon*) и ромбовидный (*rhombencephalon*) пузыри.

Производные архэнцефалона создают подкорковые структуры и кору. В нижней части переднего мозга выпячиваются обонятельные лопасти (из них развиваются обонятельный эпителий носовой полости, обонятельные луковицы и тракты). Передний пузырь – *конечный мозг* – разделяется продольной щелью на два полушария. Полость также делится, образуя боковые желудочки. Мозговое вещество увеличивается неравномерно, и на

поверхности полушарий образуются многочисленные складки – извилины, отделенные друг от друга более или менее глубокими бороздами и щелями. Каждое полушарие разделяется на четыре доли. Из мезенхимы, окружающей мозг зародыша, развиваются оболочки мозга. Серое вещество головного мозга располагается на периферии, образует кору больших полушарий, а в основании полушарий формируются подкорковые ядра. Задняя часть переднего пузыря остается неразделенной и называется *промежуточным мозгом*. Функционально и морфологически он связан с органом зрения. Наибольшей толщины достигают боковые стенки промежуточного мозга, которые преобразуются в зрительные бугры, или таламус. В нижней области которого, она называется гипоталамус, образуется выпячивание – воронка, из нижнего конца которой развивается задняя доля гипофиза – нейрогипофиз.

Средний мозговой пузырь не разделяется, его стенки равномерно утолщаются, а полость превращается в узкий канал – Сильвиев водопровод, соединяющий III и IV желудочки. Из его верхней стенки развивается четверохолмие, а из нижней – ножки среднего мозга.

На 6-й неделе эмбрионального развития передний и ромбовидный пузыри делятся каждый на два. Передний на конечный и промежуточный мозг, а ромбовидный мозг на задний и добавочный мозг. Из заднего мозга формируется мозжечок, добавочный мозг превращается в продолговатый мозг. Полость ромбовидного мозга превращается в IV желудочек, который сообщается с Сильвиевым водопроводом и с центральным каналом спинного мозга.

Таким образом, к 2-му месяцу выражены пять отделов головного мозга:

- продолговатый мозг,
- задний мозг,
- средний мозг,
- промежуточный мозг,
- конечный мозг.

Начиная с 3-го месяца внутриутробного развития интенсивный рост коры мозжечка и больших полушарий конечного мозга. С 5-го месяца в коре больших полушарий формируются клеточные слои, которые становятся различимы к 6-му месяцу. В это же время образуется филогенетически молодая кора (*neocortex*). К моменту рождения головной мозг новорожденного весит 300-400 г. Вскоре после рождения прекращается образование из нейробластов новых нейронов, сами нейроны не делятся. Однако уже к восьмому месяцу после рождения масса мозга удваивается, а к 4-5 годам утраивается. Масса мозга растет в основном за счет увеличения количества отростков и их миелинизации.