

Оглавление

Введение

1. Понятие регенерации

2. Виды и механизмы регенерации. Регуляция регенерации

Заключение

Список литературы

Введение

Проблема регенерации относится к числу наиболее захватывающих проблем биологии. Неослабевающий интерес к этой области знания определяется многими обстоятельствами и прежде всего ее исключительной важностью в решении целого ряда основополагающих вопросов как биологии, так и медицины. Навряд ли в настоящее время требует специальной аргументации положение о том, что восстановительная способность в той или иной форме проявляется у всех организмов, что это универсальное свойство всего живого. Без этой способности сохранение жизни на Земле было бы невозможно, так как любое незначительное повреждение или заболевание привело бы к гибели животного.

За столь большой промежуток времени накопилось много новых фактов, одни вопросы получили окончательное решение, в другие внесены некоторые коррективы. Технический прогресс (электронная микроскопия, автордиография, цитофотометрия) повысил возможности ученых, дав им в руки более совершенный инструмент для точных исследований.

История развития учения о регенерации, острая полемика 40-50-х годов, упорная борьба против постулата "чем выше организовано животное, тем ниже его регенерационная способность", возглавленная советскими исследователями, - все это осталось в прошлом. Четкая систематизация фактического материала проводится под флагом пропаганды исторического метода в биологии, то есть изучения процессов регенерации в эволюционном аспекте.

Изучение регенерации даже у беспозвоночных животных служит лучшему пониманию закономерностей восстановительного роста у млекопитающих, в том числе у человека. Например, хорошо известно, что истоками многих разделов современной физиологии и иммунологии у млекопитающих были скромные работы на низших позвоночных (лягушках) и беспозвоночных (одноклеточных) организмах.[5]

В данном реферате будут дано понятие и рассмотрены виды, механизмы и значение регенерации.

1. Понятие регенерации

Регенерация (от лат. regeneratio -возрождение) - восстановление (возмещение) структурных элементов ткани взамен погибших. В биологическом смысле

регенерация представляет собой приспособительный процесс, выработанный в ходе эволюции и присущий всему живому. В жизнедеятельности организма каждое функциональное отправление требует затрат материального субстрата и его восстановления. Следовательно, при регенерации происходит самовоспроизведение живой материи, причем это самовоспроизведение живого отражает принцип ауторегуляции и автоматизации жизненных отправлений.[3]

Регенерация обычно происходит в случае повреждения или утраты какого-нибудь органа или части организма. Однако помимо этого в каждом организме на протяжении всей его жизни постоянно идут процессы восстановления и обновления. У человека, например, постоянно обновляется наружный слой кожи. Птицы периодически сбрасывают перья и отращивают новые, а млекопитающие сменяют шерстный покров. У листопадных деревьев листья ежегодно опадают и заменяются свежими. Такую регенерацию, обычно не связанную с повреждениями или утратой, называют физиологической. Регенерацию, происходящую после повреждения или утраты какой-либо части тела, называют репаративной. [4]

Регенераторное восстановление структуры может происходить на разных уровнях - молекулярном, субклеточном, клеточном, тканевом и органном, однако всегда речь идет о возмещении структуры, которая способна выполнять специализированную функцию. Регенерация - это восстановление как структуры, так и функции.[3]

Восстановление структуры и функции может осуществляться с помощью клеточных или внутриклеточных гиперпластических процессов. На этом основании различают клеточную и внутриклеточную формы регенерации.

Для клеточной формы регенерации характерно размножение клеток митотическим и амитотическим путем, для внутриклеточной формы, которая может быть органоидной и внутриорганной, - увеличение числа (гиперплазия) и размеров (гипертрофия) ультраструктур (ядра, ядрышек, митохондрий, рибосом, пластинчатого комплекса и т.д.) и их компонентов.[3]

Внутриклеточная форма регенерации является универсальной, так как она свойственна всем органам и тканям. Однако структурно-функциональная специализация органов и тканей в фило- и онтогенезе «отобрала» для одних преимущественно клеточную форму, для других - преимущественно или исключительно внутриклеточную, для третьих - в равной мере обе формы.[3]

Преобладание той или иной формы регенерации в определенных органах и тканях определяется их функциональным назначением, структурно-функциональной специализацией. Необходимость сохранения целостности покровов тела объясняет, например, преобладание клеточной формы регенерации эпителия как кожи, так и слизистых оболочек. Специализированная функция пирамидной клетки головного мозга, как и мышечной клетки сердца, исключает возможность деления этих клеток и позволяет понять необходимость отбора в фило- и онтогенезе внутриклеточной регенерации как единственной формы восстановления данного субстрата.[3]

Регенерация у животных и человека - образование новых структур взамен удалённых либо погибших в результате повреждения (репаративная регенерация) или утраченных в процессе нормальной жизнедеятельности (физиологическая

регенерация); вторичное развитие, вызванное утратой развившегося ранее органа. Регенерировавший орган может иметь такое же строение, как удалённый, отличаться от него или совсем не походить на него (атипичная регенерация). У многих беспозвоночных возможна регенерация целого организма из кусочка тела. У высокоорганизованных животных это невозможно -- регенерируют лишь отдельные органы или их части. Регенерация может происходить путём роста тканей на раневой поверхности, перестройки оставшейся части органа в новый или путём роста остатка органа без изменения его формы. Представление об ослаблении способности к регенерации по мере повышения организации животных ошибочно, т.к. процесс регенерации зависит не только от уровня организации животного, но и от многих других факторов и характеризуется значительной изменчивостью. Неправильно также утверждение, что способность к регенерации закономерно падает с возрастом; она может и повышаться в процессе онтогенеза, но в период старости часто наблюдают её снижение. За последнюю четверть века показано (в т. ч. советскими учёными), что, хотя у млекопитающих и человека целые наружные органы не регенерируют, внутренние их органы, а также мышцы, скелет, кожа способны к регенерации, которую изучают на органном, тканевом, клеточном и субклеточном уровнях.[4]

Способность к регенерации широко распространена среди животных. Вообще говоря, низшие животные чаще способны к регенерации, чем более сложные высокоорганизованные формы. Так, среди беспозвоночных гораздо больше видов, способных восстанавливать утраченные органы, чем среди позвоночных, но только у некоторых из них возможна регенерация целой особи из небольшого ее фрагмента. Тем не менее, общее правило о снижении способности к регенерации с повышением сложности организма нельзя считать абсолютным. Такие примитивные животные, как гребневики и коловратки, практически не способны к регенерации, а у гораздо более сложных ракообразных и амфибий эта способность хорошо выражена; известны и другие исключения. Некоторые близкородственные животные сильно различаются в этом отношении. Так, у дождевого червя из небольшого кусочка тела может полностью регенерировать новая особь, тогда как пиявки неспособны восстановить один утраченный орган.

У хвостатых амфибий на месте ампутированной конечности образуется новая, а у лягушки культия просто заживает и никакого нового роста не происходит. Многие беспозвоночные способны к регенерации значительной части тела. У губок, гидроидных полипов, плоских, ленточных и кольчатых червей, мшанок, иглокожих и оболочников из небольшого фрагмента тела может регенерировать целый организм. Особенно примечательна способность к регенерации у губок. Если тело взрослой губки продавить через сетчатую ткань, то все клетки отделятся друг от друга, как просеянные сквозь сито. Если затем поместить все эти отдельные клетки в воду и осторожно, тщательно перемешать, полностью разрушив все связи между ними, то спустя некоторое время они начинают постепенно сближаться и воссоединяются, образуя целую губку, сходную с прежней.

В этом участвует своего рода "узнавание" на клеточном уровне, о чем

свидетельствует следующий эксперимент. Губки трех разных видов разделяли описанным способом на отдельные клетки и как следует перемешивали. При этом обнаружилось, что клетки каждого вида способны "узнавать" в общей массе клетки своего вида и воссоединяются только с ними, так что в результате образовалась не одна, а три новых губки, подобные трем исходным. Один из видов плоских червей - планария способна полностью регенерировать новую особь из любого участка своего тела. Как показано на рисунке 1, планарии свойственна передне-задняя полярность, т.е. голова всегда развивается у нее на переднем конце фрагмента тела.[4]

Рис.1. Планария

Ленточный червь, длина которого во много раз превышает его ширину, способен воссоздать целую особь из любого участка своего тела. Теоретически возможно, разрезав одного червя на 200 000 кусочков, получить из него в результате регенерации 200 000 новых червей. Из одного луча морской звезды может регенерировать целая звезда. Ленточный червь способен полностью регенерировать новую особь из любого участка своего длинного тела.[4]

Рис.2. Ленточный червь

Моллюски, членистоногие и позвоночные не способны регенерировать целую особь из одного фрагмента, однако у многих из них происходит восстановление утраченного органа. Некоторые в случае необходимости прибегают к аутомии. Птицы и млекопитающие как эволюционно наиболее продвинутые животные меньше других способны к регенерации. У птиц возможно замещение перьев и некоторых частей клюва. Млекопитающие могут восстанавливать покров, когти и частично печень; они способны также к заживлению ран, а олени - к отращиванию новых рогов взамен сброшенных.[4]

В регенерации у животных участвуют два процесса: эпиморфоз и морфаллаксис. При эпиморфической регенерации утраченная часть тела восстанавливается за счет активности недифференцированных клеток. Эти клетки, похожие на эмбриональные, накапливаются под пораненным эпидермисом у поверхности разреза, где они образуют зачаток, или бластему. Клетки бластемы постепенно размножаются и превращаются в ткани нового органа или части тела.[4]

При морфаллаксисе другие ткани тела или органа непосредственно преобразуются в структуры недостающей части. У гидроидных полипов регенерация происходит главным образом путем морфаллаксиса, а у планарий в ней одновременно участвуют и эпиморфоз, и морфаллаксис. Регенерация путем образования бластемы широко распространена у беспозвоночных и играет особенно важную роль в регенерации органов у амфибий. Существует две теории происхождения бластемных клеток: [4] в клетки бластемы происходят из "резервных клеток", т.е. клеток, оставшихся неиспользованными в процессе эмбрионального развития и распределенных по разным органам тела;

в ткани, целостность которых была нарушена при ампутации, "дифференцируются" в области разреза, т.е. дезинтегрируются и превращаются в отдельные бластемные клетки.

Таким образом, согласно теории "резервных клеток", бластема образуется из клеток,

оставшихся эмбриональными, которые мигрируют из разных участков тела и скапливаются у поверхности разреза, а согласно теории "дифференцированной ткани", бластные клетки происходят из клеток поврежденных тканей. В подтверждение как одной, так и другой теории имеется достаточно данных. Например, у планарий резервные клетки более чувствительны к рентгеновским лучам, чем клетки дифференцированной ткани; поэтому их можно разрушить, строго дозируя облучение, чтобы не повредить нормальные ткани планарии. Облученные таким образом особи выживают, но утрачивают способность к регенерации. Однако если только переднюю половину тела планарии подвергнуть облучению, а затем разрезать, то регенерация происходит, хотя и с некоторой задержкой. Задержка свидетельствует о том, что бластема образуется из резервных клеток, мигрирующих на поверхность разреза из необлученной половины тела. Миграцию этих резервных клеток по облученной части тела можно наблюдать под микроскопом. Сходные эксперименты показали, что у тритона регенерация конечностей происходит за счет бластных клеток местного происхождения, т.е. за счет дифференцировки поврежденных тканей культи. Если, например, облучить всю личинку тритона, за исключением, скажем, правой передней конечности, а затем ампутировать эту конечность на уровне предплечья, то у животного отрастает новая передняя конечность. Очевидно, что необходимые для этого бластные клетки поступают именно из культи передней конечности, так как все остальное тело подверглось облучению.

Более того, регенерация происходит даже в том случае, если облучают всю личинку, за исключением участка шириной 1 мм на правой передней лапке, а затем последнюю ампутируют, производя разрез через этот необлученный участок. В этом случае совершенно очевидно, что бластные клетки поступают с поверхности разреза, поскольку все тело, включая правую переднюю лапку, было лишено способности к регенерации. Описанные процессы анализировали с применением современных методов. Электронный микроскоп позволяет наблюдать изменения в поврежденных и регенерирующих тканях во всех деталях. Созданы красители, выявляющие определенные химические вещества, содержащиеся в клетках и тканях. Гистохимические методы (с применением красителей) дают возможность судить о биохимических процессах, происходящих при регенерации органов и тканей.[4]

Полярность. Одна из самых загадочных проблем в биологии - происхождение полярности у организмов. Из шаровидного яйца лягушки развивается головастик, у которого с самого начала на одном конце тела находится голова с головным мозгом, глазами и ртом, а на другом - хвост. Подобным же образом, если разрезать тело планарии на отдельные фрагменты, на одном конце каждого фрагмента развивается голова, а на другой - хвост. При этом голова всегда образуется на переднем конце фрагмента. Эксперименты ясно показывают, что у планарии существует градиент метаболической (биохимической) активности, проходящий по передне-задней оси ее тела; при этом наивысшей активностью обладает самый передний конец тела, а в направлении к заднему концу активность постепенно снижается. У любого животного голова всегда образуется на том конце фрагмента, где метаболическая

активность выше.

Если направление градиента метаболической активности в изолированном фрагменте планарии изменить на противоположное, то и формирование головы произойдет на противоположном конце фрагмента. Градиент метаболической активности в теле планарий отражает существование какого-то более важного физико-химического градиента, природа которого пока неизвестна. В регенерирующей конечности тритона полярность новообразуемой структуры, по видимому, определяется сохранившейся культей. По причинам, которые еще остаются неясными, в регенерирующем органе формируются только структуры, расположенные дистальнее раневой поверхности, а те, что расположены проксимальнее (ближе к телу), не регенерируют никогда.

Так, если ампутировать кисть тритона, а оставшуюся часть передней конечности вставить обрезанным концом в стенку тела и дать этому дистальному (отдаленному от тела) концу прижиться на новом, необычном для него месте, то последующая перерезка этой верхней конечности вблизи плеча (освобождающая ее от связи с плечом) приводит к регенерации конечности с полным набором дистальных структур. У такой конечности имеются на момент перерезки следующие части (начиная с запястья, слившегося со стенкой тела): запястье, предплечье, локоть и дистальная половина плеча; затем, в результате регенерации, появляются: еще одна дистальная половина плеча, локоть, предплечье, запястье и кисть. Таким образом, инвертированная (перевернутая) конечность регенерировала все части, расположенные дистальнее раневой поверхности. Это поразительное явление указывает на то, что ткани культи (в данном случае культи конечности) контролируют регенерацию органа. Задача дальнейших исследований - выяснить, какие именно факторы контролируют этот процесс, что стимулирует регенерацию и что заставляет клетки, обеспечивающие регенерацию, скапливаться на раневой поверхности. Некоторые ученые полагают, что поврежденные ткани выделяют какой-то химический "раневой фактор". Однако выделить химическое вещество, специфичное для ран, пока не удалось.[4]

Регенерация у растений. Широкое распространение регенерации в царстве растений обусловлено сохранением у них меристем (тканей, состоящих из делящихся клеток) и недифференцированных тканей. В большинстве случаев регенерация у растений - это, в сущности, одна из форм вегетативного размножения. Так, на кончике нормального стебля имеется верхушечная почка, обеспечивающая непрерывное образование новых листьев и рост стебля в длину в течение всей жизни данного растения. Если отрезать эту почку и поддерживать ее во влажном состоянии, то из имеющихся в ней паренхимных клеток или из каллуса, образующегося на поверхности среза, часто развиваются новые корни; почка при этом продолжает расти и дает начало новому растению. То же самое происходит в природе, когда отламывается ветка. Плети и столоны разделяются в результате отмирания старых участков (междоузлий).

Таким же образом разделяются корневища ириса, волчьей стопы или папоротников, образуя новые растения. Обычно клубни, например клубни картофеля, продолжают

жить после отмирания подземного стебля, на котором они выросли; с наступлением нового вегетационного периода они могут дать начало собственным корням и побегам. У луковичных растений, например у гиацинтов или тюльпанов, побеги формируются у основания чешуй луковицы и могут в свою очередь образовывать новые луковицы, которые в конечном счете дают корни и цветоносные стебли, т.е. становятся самостоятельными растениями. У некоторых лилейных воздушные луковички образуются в пазухах листьев, а у ряда папоротников на листьях вырастают выводковые почки; в какой-то момент они опадают на землю и возобновляют рост. Корни менее способны к образованию новых частей, чем стебли. Клубню георгина для этого необходима почка, образующаяся у основания стебля; однако батат может дать начало новому растению из почки, образуемой корневой шишкой. Листья тоже способны к регенерации.

У некоторых видов папоротников, например у кривокучника (*Camptosorus*), листья сильно вытянуты и имеют вид длинных волосовидных образований, заканчивающихся меристемой. Из этой меристемы развивается зародыш с зачаточными стеблем, корнями и листьями; если кончик листа родительского растения наклонится вниз и соприкоснется с землей или мхом, зачаток начинает расти. Новое растение отделяется от родительского после истощения этого волосовидного образования. Листья суккулентного комнатного растения каланхое несут по краям хорошо развитые растеньица, которые легко опадают. Новые побеги и корни формируются на поверхности листьев бегонии. Специальные тельца, называемые зародышевыми почками, развиваются на листьях некоторых плауновых (*Lusorodium*) и печеночников (*Marchantia*); упав на землю, они укореняются и образуют новые зрелые растения. Многие водоросли успешно размножаются, расчлняясь на фрагменты под ударами волн.[4]

2. Виды и механизмы регенерации. Регуляция регенерации

Различают три вида регенерации: физиологическую, репаративную и патологическую.

Физиологическая - естественное обновление структуры. В ходе жизнедеятельности на смену гибнущим клеткам приходят новые. В физиологической регенерации участвуют клетки всех обновляющихся популяций и образуемые ими тканевые структуры.[2] Нет таких структур, которые не подвергались бы физиологической регенерации. Там, где доминирует клеточная форма регенерации, имеет место обновление клеток. Так происходит постоянная смена покровного эпителия кожи и слизистых оболочек, секреторного эпителия экзокринных желез, клеток, выстилающих серозные и синовиальные оболочки, клеточных элементов соединительной ткани, эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов крови и т.д. В тканях и органах, где клеточная форма регенерации утрачена, например в сердце, головном мозге, происходит обновление внутриклеточных структур. Наряду с обновлением клеток и субклеточных структур постоянно совершается биохимическая регенерация, т.е. обновление молекулярного состава всех компонентов тела.[3]

Примером физиологической регенерации на внутриклеточном уровне являются

процессы восстановления субклеточных структур в клетках всех тканей и органов. Значение ее особенно велико для так называемых вечных тканей, утративших способность к регенерации путем деления клеток. В первую очередь это относится к нервной ткани.[1]

Примерами физиологической регенерации на клеточном и тканевом уровнях являются обновление эпидермиса кожи, роговицы глаза, эпителия слизистой кишечника, клеток периферической крови и др. Обновляются производные эпидермиса -- волосы и ногти. Это так называемая пролиферативная регенерация, т. е. восполнение численности клеток за счет их деления. Во многих тканях существуют специальные камбиальные клетки и очаги их пролиферации. Это крипты в эпителии тонкой кишки, костный мозг, пролиферативные зоны в эпителии кожи.

Интенсивность клеточного обновления в перечисленных тканях очень велика. Это так называемые лабильные ткани. Все эритроциты теплокровных животных, например, сменяются за 2--4 месяца, а эпителий тонкой кишки полностью сменяется за 2 суток. Это время требуется для перемещения клетки из крипты на ворсинку, выполнения ею функции и гибели. Клетки таких органов, как печень, почка, надпочечник и др., обновляются значительно медленнее. Это так называемые стабильные ткани.[1]

Об интенсивности пролиферации судят по количеству митозов, приходящихся на 1000 подсчитанных клеток. Если учесть, что сам митоз в среднем длится около 1 ч, а весь митотический цикл в соматических клетках в среднем протекает 22--24 ч, то становится ясно, что для определения интенсивности обновления клеточного состава тканей необходимо подсчитать количество митозов в течение одних или нескольких суток. Оказалось, что количество делящихся клеток не одинаково в разные часы суток. Так был открыт суточный ритм клеточных делений.[1]

Суточный ритм количества митозов обнаружен не только в нормальных, но и в опухолевых тканях. Он является отражением более общей закономерности, а именно ритмичности всех функций организма. Одна из современных областей биологии -- хронобиология -- изучает, в частности, механизмы регуляции суточных ритмов митотической активности, что имеет весьма важное значение для медицины.

Существование самой суточной периодичности количества митозов указывает на регулируемость физиологической регенерации организмом. Кроме суточных существуют лунные и годовые циклы обновления тканей и органов. [1]

В физиологической регенерации выделяют две фазы: разрушительную и восстановительную. Полагают, что продукты распада части клеток стимулируют пролиферацию других. Большую роль в регуляции клеточного обновления играют гормоны.[1]

Физиологическая регенерация присуща организмам всех видов, но особенно интенсивно она протекает у теплокровных позвоночных, так как у них вообще очень высока интенсивность функционирования всех органов по сравнению с другими животными.[1]

Репаративная регенерация - образование новых структур вместо повреждённых и на месте повреждённых. Признак репаративной регенерации - появление

многочисленных малодифференцированных клеток со свойствами эмбриональных клеток зачатка регенерирующего органа или ткани. При репаративной регенерации какой-то структуры реконструируются процессы развития этой структуры в раннем онтогенезе.[2] Репаративная регенерация может быть полной и неполной. Полная регенерация, или реституция, характеризуется возмещением дефекта тканью, которая идентична погибшей. Она развивается преимущественно в тканях, где преобладает клеточная регенерация. Так, в соединительной ткани, костях, коже и слизистых оболочках даже относительно крупные дефекты органа могут путем деления клеток замещаться тканью, идентичной погибшей. При неполной регенерации, или субституции, дефект замещается соединительной тканью, рубцом. Субституция характерна для органов и тканей, в которых преобладает внутриклеточная форма регенерации, либо она сочетается с клеточной регенерацией. Поскольку при регенерации происходит восстановление структуры, способной к выполнению специализированной функции, смысл неполной регенерации не в замещении дефекта рубцом, а в компенсаторной гиперплазии элементов оставшейся специализированной ткани, масса которой увеличивается, т.е. происходит гипертрофия ткани.[3]

При неполной регенерации, т.е. заживлении ткани рубцом, возникает гипертрофия как выражение регенераторного процесса, поэтому ее называют регенерационной, в ней - биологический смысл репаративной регенерации. Регенераторная гипертрофия может осуществляться двумя путями - с помощью гиперплазии клеток или гиперплазии и гипертрофии клеточных ультраструктур, т.е. гипертрофии клеток.[3] Существует несколько разновидностей или способов репаративной регенерации. К ним относят эпиморфоз, морфаллаксис, заживление эпителиальных ран, регенерационную гипертрофию, компенсаторную гипертрофию.[1]

III Эпителизация при заживлении ран с нарушенным эпителиальным покровом идет примерно одинаково, независимо оттого, будет далее происходить регенерация органа путем эпиморфоза или нет. Эпидермальное заживление раны у млекопитающих в том случае, когда раневая поверхность высыхает с образованием корки, проходит следующим образом.[1]

Рис. 3. Схема некоторых событий, происходящих при эпителизации кожной раны у млекопитающих. А -- начало врастания эпидермиса под некротическую ткань; Б -- срастание эпидермиса и отделение струпа: 1--соединительная ткань, 2--эпидермис, 3--струп, 4--некротическая ткань

Эпителий на краю раны утолщается вследствие увеличения объема клеток и расширения межклеточных пространств. Сгусток фибрина играет роль субстрата для миграции эпидермиса в глубь раны. В мигрирующих эпителиальных клетках нет митозов, однако они обладают фагоцитарной активностью. Клетки с противоположных краев вступают в контакт. Затем наступает кератинизация раневого эпидермиса и отделение корки, покрывающей рану.[1]

К моменту встречи эпидермиса противоположных краев в клетках, расположенных непосредственно вокруг края раны, наблюдается вспышка митозов, которая затем постепенно падает. По одной из версий, эта вспышка вызвана понижением

концентрации ингибитора митозов -- кейлона.[1]

Ш Эпиморфоз представляет собой наиболее очевидный способ регенерации, заключающийся в отрастании нового органа от ампутационной поверхности.

Регенерация конечности тритона и аксолотля изучена детально. Выделяют регрессивную и прогрессивную фазы регенерации. Регрессивная фаза начинается с заживления раны, во время которого происходят следующие основные события: остановка кровотечения, сокращение мягких тканей культи конечности, образование над раневой поверхностью сгустка фибрина и миграция эпидермиса, покрывающего ампутационную поверхность.[1]

Затем начинается разрушение остецитов на дистальном конце кости и других клеток. Одновременно в разрушенные мягкие ткани проникают клетки, участвующие в воспалительном процессе, наблюдается фагоцитоз и местный отек. Затем вместо образования плотного сплетения волокон соединительной ткани, как это происходит при заживлении ран у млекопитающих, в области под раневым эпидермисом утрачиваются дифференцированные ткани. Характерна остеокластическая эрозия кости, что является гистологическим признаком дедифференцировки. Раневой эпидермис, уже пронизанный регенерирующими нервными волокнами, начинает быстро утолщаться. Промежутки между тканями все более заполняются мезенхимоподобными клетками. Скопление мезенхимных клеток под раневым эпидермисом является главным показателем формирования регенерационной бластемы. Клетки бластемы выглядят одинаково, но именно в этот момент закладываются основные черты регенерирующей конечности.[1]

Затем начинается прогрессивная фаза, для которой наиболее характерны процессы роста и морфогенеза. Длина и масса регенерационной бластемы быстро увеличиваются. Рост бластемы происходит на фоне идущего полным ходом формирования черт конечности, т. е. ее морфогенеза. Когда форма конечности в общих чертах уже сложилась, регенерат все еще меньше нормальной конечности. Чем крупнее животное, тем больше эта разница в размерах. Для завершения морфогенеза требуется время, по истечении которого регенерат достигает размеров нормальной конечности.[1]

Некоторые стадии регенерации передней конечности у тритона после ампутации на уровне плеча показаны на рисунке 4.

Время, необходимое для полной регенерации конечности, варьирует в зависимости от размера и возраста животного, а также от температуры, при которой она протекает.[1]

Рис. 4. Стадии регенерации передней конечности у тритона

У молодых личинок аксолотлей конечность может регенерировать за 3 нед, у взрослых тритонов и аксолотлей за 1--2 мес, а у наземных амбистом для этого требуется около 1 года.

При эпиморфной регенерации не всегда образуется точная копия удаленной структуры. Такую регенерацию называют атипичной. Существует много разновидностей атипичной регенерации:

- Гипоморфоз -- регенерация с частичным замещением ампутированной структуры.

Так, у взрослой шпорцевой лягушки возникает шиловидная структура вместо конечности.[1]

· Гетероморфоз -- появление иной структуры на месте утраченной. Это может проявляться в виде гомеозисной регенерации, заключающейся в появлении конечности на месте антенн или глаза у членистоногих, а также в изменении полярности структуры. Из короткого фрагмента планарии можно стабильно получать биполярную планарию (рис.5.).

Рис.5. Биполярная планария

Встречается образование дополнительных структур, или избыточная регенерация. После надреза культи при ампутации головного отдела планарии возникает регенерация двух голов или более (рис.6.). Можно получить больше пальцев при регенерации конечности аксолотля, повернув конец культи конечности на 180°. Дополнительные структуры являются зеркальным отражением исходных или регенерировавших структур, рядом с которыми они расположены (закон Бэйтсона).[1]

Рис.6. Многоголовая планария, полученная после ампутации головы и нанесения насечек на культю

Ш Морфаллаксис -- это регенерация путем перестройки регенерирующего участка. Примером служит регенерация гидры из кольца, вырезанного из середины ее тела, или восстановление планарии из одной десятой или двадцатой ее части. На раневой поверхности в этом случае не происходит значительных формообразовательных процессов. Отрезанный кусочек сжимается, клетки внутри него перестраиваются, и возникает целая особь уменьшенных размеров, которая затем растет. Этот способ регенерации впервые описал Т. Морган в 1900 г. В соответствии с его описанием морфаллаксис осуществляется без митозов. Нередко имеет место сочетание эпиморфного роста на месте ампутации с реорганизацией путем морфаллаксиса в прилежащих частях тела.[1]

Ш Регенерационная гипертрофия относится к внутренним органам. Этот способ регенерации заключается в увеличении размеров остатка органа без восстановления исходной формы. Иллюстрацией служит регенерация печени позвоночных, в том числе млекопитающих. При краевом ранении печени удаленная часть органа никогда не восстанавливается. Раневая поверхность заживает. В тоже время внутри оставшейся части усиливается размножение клеток (гиперплазия) и в течение двух недель после удаления 2/3 печени восстанавливаются исходные масса и объем, но не форма. Внутренняя структура печени оказывается нормальной, дольки имеют типичную для них величину. Функция печени также возвращается к норме.[1]

Ш Компенсаторная гипертрофия заключается в изменениях в одном из органов при нарушении в другом, относящемся к той же системе органов. Примером является гипертрофия в одной из почек при удалении другой или увеличение лимфатических узлов при удалении селезенки.

Последние два способа отличаются местом регенерации, но механизмы их одинаковы: гиперплазия и гипертрофия.[1]

ь Опатологической регенерации говорят в тех случаях, когда в результате тех или

иных причин имеется извращение регенераторного процесса, нарушение смены фазпролиферации и дифференцировки. Патологическая регенерация проявляется в избыточном или недостаточном образовании регенерирующей ткани (гипер- или гипорегенерация), а также в превращении в ходе регенерации одного вида ткани в другой. Примерами могут служить гиперпродукция соединительной ткани с образованием келоида, избыточная регенерация периферических нервов и избыточное образование костной мозоли при срастании перелома, вялое заживление ран и метаплазия эпителия в очаге хронического воспаления. Патологическая регенерация обычно развивается при нарушениях общих и местных условий регенерации (нарушение иннервации, белковое и витаминное голодание, хроническое воспаление и т.д.).[3]

Регуляция регенераторного процесса. Среди регуляторных механизмов регенерации различают гуморальные, иммунологические, нервные, функциональные.

Гуморальные механизмы реализуются как в клетках поврежденных органов и тканей (внутриклеточные и внутриклеточные регуляторы), так и за их пределами (гормоны, поэтины, медиаторы, факторы роста и др.). К гуморальным регуляторам относят кейлоны (от греч. *chalaino*- ослаблять) - вещества, способные подавлять деление клеток и синтез ДНК; они обладают тканевой специфичностью.

Иммунологические механизмы регуляции связаны с «регенерационной информацией», переносимой лимфоцитами. В связи с этим следует заметить, что механизмы иммунологического гомеостаза определяют и структурный гомеостаз.

Нервные механизмы регенераторных процессов связаны прежде всего с трофической функцией нервной системы, а функциональные механизмы - с функциональным «запросом» органа, ткани, который рассматривается как стимул к регенерации.

Развитие регенераторного процесса во многом зависит от ряда общих и местных условий, или факторов. К общим следует отнести возраст, конституцию, характер питания, состояние обмена и кровотока, к местным - состояние иннервации, крово- и лимфообращения ткани, пролиферативную активность ее клеток, характер патологического процесса.[3]

Заключение

Русскими и особенно советскими исследователями внесен огромный вклад как в создание теоретических основ учения о регенерации, так и в экспериментальную разработку различных аспектов ее изучения. Сегодня можно с гордостью утверждать, что именно благодаря работам советских ученых пересмотрена регенерационная способность целого класса. Накоплен огромный фактический материал, который свидетельствует о том, что у млекопитающих, в том числе у человека, степень проявления регенерации ряда органов, особенно внутренних, не только не ниже, но иногда даже выше, чем у низших позвоночных (рыб, земноводных, пресмыкающихся). Несомненно, в недалеком будущем эти наблюдения станут достоянием широкого круга врачей и откроют новые перспективы в изучении некоторых болезней.

Напряженная творческая работа биологов отражена в десятках монографий,

посвященных самым различным аспектам изучения регенерационного процесса. К сожалению, в настоящее время эволюционный подход в изучении регенерации используется не так широко, как в недалеком прошлом. Между тем сравнительный аспект изучения регенерации, равно как изучение нервной системы и системы желез внутренней секреции необходимы, чтобы научиться управлять восстановительными процессами. Наглядным примером такой возможности служат опыты с отведением нерва, что приводит к развитию конечностей (у амфибий) не в обычном месте, и подсадкой ткани мозга в ампутационную культю конечности, что индуцирует ее регенерацию (у млекопитающих) пусть и очень несовершенную, но отчетливо выраженную.

Пусть еще недостаточно ясна степень участия той или иной системы регуляции в управлении восстановительными процессами, но общее направление исследований, неуклонно растущую тенденцию изучения этих процессов Мэттсон уловила правильно и на ярких примерах показала участие в них нервной системы и желез внутренней секреции.[5]

регенерация клетка полярность

Список литературы

1. Биология. В 2 кн. Кн. 1: Учеб. для мед. спец. вузов / В.Н. Ярыгин, В.И. Васильева, И.Н. Волков, В.В. Синельщикова; Под ред. В.Н. Ярыгина. - 3-е изд., стер. - М.: Высш. шк., 2000. - 448.: ил.
2. Гистология, эмбриология, цитология: учебник для вузов / Под ред. Э.Г. Улумбекова, Ю.А. Челышева - 3-е изд., - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. - 480 с.
3. Патологическая анатомия: учебник / А.И. Струков, В. В. Серов. - 5-е изд., стер. - М.: Литтерра, 2010. - 848 с.: ил.
4. Регенерация-настоящее и будущее /Мэттсон П. - М.: Мир, 1982. - 175 с.