

В настоящий момент медицинская наука вступила в период, когда наибольшие успехи достигнуты в лечении тех заболеваний, которые раньше были неизлечимыми. В условиях бурного технического прогресса основная дилемма будущего – будет ли достигнуто физическое бессмертие людей или произойдет глобальная катастрофа. Выбор между этими путями придется сделать уже в этом веке. Люди умирают от болезней, а не от старости, причем очень часто в молодом, продуктивном возрасте. Если рано выявлять не болезнь, а факторы риска, которые приводят к заболеваниям, то, занимаясь профилактикой и устраняя факторы риска, можно продлить людям жизнь, делая ее активной и продуктивной. Это и есть технологии молодости, которые работают крайне эффективно. Известный американский промышленник Генри Форд, пытаясь уберечь рабочих своих заводов от травматизма, украсил цеха плакатами: «Рабочий, помни: Бог создал человека, но не создал к нему запасных частей». Что изменилось с тех пор? Если бы Форду (а умер он в 1947 г.) удалось прожить хотя бы на 10 лет подольше, он попытался бы избежать категоричных утверждений, поскольку застал бы зарождение новой области науки – регенеративной биомедицины. Регенеративная биомедицина формируется на стыке биологии, медицины и инженерии. Считают, что она способна коренным образом изменить способы улучшения здоровья путем восстановления, поддержания и улучшения функций органов и тканей. Регенеративная медицина – одна из наиболее высокотехнологичных и бурно развивающихся отраслей биомедицинской индустрии.

Достижения регенеративной биомедицины позволяют оказать реальную помощь больным, страдающим инсулинозависимым диабетом, нейродегенеративными заболеваниями, мышечными дистрофиями, либо разработать принципиально новые подходы к лечению ряда патологий, таких как инфаркт миокарда, гепатиты и другие заболевания. Современные клеточные технологии внесут существенный вклад в решение вопросов геронтологии, что обеспечит пожилым пациентам улучшение качества жизни, сохранность зрения, состоятельность интеллекта и двигательную активность. Использование новых технологий создаст условия для дальнейшего развития трансплантологии, решит проблему обеспечения иммунотолерантности и определит направление развития медицины на основе новых технологических принципов. Ряд завершающих стадий разработки проектов уже в настоящее время востребованы и будут внедрены в клиническую практику.

Термин «регенерация» предложен в 1712 г. французским ученым Р.Реомюром, изучавшим регенерацию ног речного рака. 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 путем роста тканей на раневой поверхности, перестройки оставшейся части органа в новый, или путем роста остатка органа без изменения его формы. Представление об ослаблении способности к регенерации по мере повышения организации животных ошибочно, так как процесс регенерации зависит не только от уровня организации животного, но и от многих других факторов и характеризуется изменчивостью. Неправильно также утверждение, что способность к регенерации закономерно падает с возрастом; она может и повышаться в процессе онтогенеза, но в период старости часто наблюдается ее снижение. Всем клеткам, тканям и органам свойственна регенерация. Регенерация (от лат. regeneratio – возрождение) – восстановление (возрождение) структурных элементов ткани взамен погибших. В биологическом смысле регенерация представляет собой приспособительный процесс, выработанный в ходе эволюции и присущий всему живому. Регенерация – это естественный физиологический процесс. В жизнедеятельности организма каждое функциональное отправление требует затрат материального субстрата и его восстановления. Следовательно, регенерация предусматривает самовоспроизведение живой материи, причем это самовоспроизведение живого отражает принцип ауторегуляции и автоматизации жизненных отпращиваний. Регенераторное восстановление структуры может происходить

Исследования

Регенеративная биомедицина: достижения и перспективы

Ученые торят путь к вечной молодости

на разных уровнях: молекулярном, ультраструктурном, клеточном, тканевом, органном. Однако всегда речь идет о возмещении той структуры, которая способна выполнять специализированную функцию.

Таким образом, все ткани и органы обладают способностью к регенерации, различны лишь ее формы в зависимости от структурно-функциональной специализации ткани или органа. Репаративная или восстановительная регенерация – это восстановление клеток и тканей взамен погибших из-за различных патологических процессов. Она чрезвычайно разнообразна по факторам, вызывающим повреждение, по объемам повреждения, а также по способам восстановления. Репаративная регенерация разворачивается на базе физиологической, то есть на основе тех же механизмов, и отличается лишь большей интенсивностью проявлений. Поэтому репаративную регенерацию следует рассматривать как нормальную реакцию организма на повреждение, характеризующуюся резким усилением физиологических механизмов воспроизведения специфических тканевых элементов того или иного органа.

В ответ на действие экстремального фактора и нарушение тканевой организации органа возникает комплекс реакций с вовлечением всех структурных уровней организации живого. Можно лишь условно выделить те процессы, которые характерны для тканевого уровня, а именно процессы регенерационного гистогенеза.

Таким образом, изучение условий успешной регенерации тканей возможно на путях более глубокого изучения гистогенезов, ибо оптимизация посттравматической регенерации должна проводиться с учетом особенностей физиологической регенерации конкретной ткани. В ходе регенерации складываются сложные взаимоотношения между эпителиями, соединительными и нервными тканями. Воспалительные разрастания соединительной ткани в значительной степени определяют исход восстановительного процесса. Взаимодействия различных тканей с нервной, эндокринной, сосудистой, иммунной системами оказывают существенное влияние на характер их реактивности и регенерации. Патологической регенерацией называется такой вид регенерации, при которой

нарушается и даже извращается нормальное течение регенерационного процесса. Причинами атипичного течения физиологической, репаративной регенераций или регенерационной гипертрофии являются общие и местные нарушения условий для проявления потенциальных возможностей регенерации. К ним относятся нарушения иннервации, нервной трофики, гормональной, иммунной и функциональной регуляции регенерационного процесса, голодание, инфекционные и инвазионные болезни, радиационные поражения. Регенерация осуществляется под воздействием различных регуляторных механизмов: гуморальные регуляторы синтезируются как в клетках поврежденных органов и тканей (внутриклеточные и внутриклеточные регуляторы), так и за пределами поврежденных органов и тканей (гормоны, гемопoэтические факторы, факторы

миграции и пролиферации; выявление ключевых биологически активных молекул (факторов роста, цитокинов, физиологически активных веществ, других продуктов культивирования клеток) для стимуляции восстановления структуры и функций органов и тканей; биомедицинские клеточные и тканеинженерные продукты для замещения тканей и органов, структур организма, искуственные органы; биомедицинские препараты на основе продуктов культивирования клеток; биомедицинские клеточные и тканеинженерные продукты для стимуляции регенерации тканей, органов; использование анализа клеточных популяций для диагностики функциональных и патологических состояний организма; создание клеточных систем доставки терапевтических препаратов, в том числе противоопухолевых, и стимуляторов управляемой ре-

к стимуляции целевых клеток или тканей должен заменить использование неспецифических стимуляторов животного или растительного происхождения, тканевых вытяжек, экстрактов, которые не всегда поддаются характеристике и в силу этого не могут соответствовать требованиям обеспечения биобезопасности и доказательной медицины.

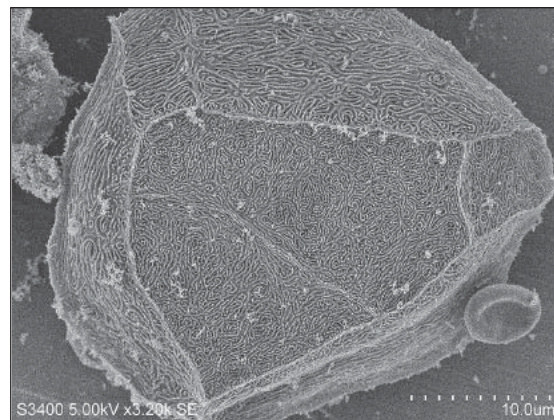
Сегодня возможно использование специфических факторов роста для стимуляции раневого заживления, тканевого метаболизма, поддержания трофических функций, стимуляции васкуляризации, нейрогенеза, остеогенеза и др. Использование рекомбинантных факторов роста, цитокинов позволяет создать линейку новых продуктов, обладающих специфическим действием, для лечения язв и трофических ран, эпителиальных повреждений, поражений роговицы, предотвращения деградации

роста и т.д.). 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 регенерации. Развитие

генерации; научно-методические подходы перепрограммирования клеток, дифференцировки и трансдифференцировки, технологии терапевтического клонирования; биоматериалы с заданными свойствами, биополимерные носители, новые биосовместимые материалы с регулируемыми параметрами биодеградации, индуктивными свойствами; создание и развитие инфраструктуры для исследований, разработок и внедрения клеточных и регенеративных технологий.

Концепция физиологической регенерации предполагает наличие в организме человека компенсаторных резервов в виде тканеспецифических стволовых клеток. Целевая стимуляция стволовых клеток приводит к направленной регенерации утраченных структур, восстановлению функций. В настоящее время накоплен значительный объем информации о



регуляторных механизмах, факторах стимуляции пролиферации и дифференцировки стовых клеток различного типа. Возможна эффективная индукция стовых клеток рекомбинантными факторами роста, цитокинами и специфическими матриксными белками для запуска программы восстановления структур или функций организма. Рекомбинантные белки полностью соответствуют природным регулирующим агентам, при этом генно-инженерные технологии позволяют получать их в значительных количествах с охарактеризованной структурой в функционально активном состоянии. Технологическим трендом в биомедицине с 80-х годов является использование рекомбинантных факторов роста. Специфические факторы роста, цитокины и их комбинации, в том числе с матриксными белками, способны избирательно активировать различные компартменты тканеспецифических стовых клеток, что приведет к восстановлению тех или иных функций или структур организма. Такое воздействие является контролируемым, специфическим и дозируемым. Подход

сетчатки, стимуляции мозговых функций, стимуляции остео- и хондрогенеза и др. Такие лекарственные средства должны быть представлены в различных формах – гели, мази, капли, назальные, инъекционные формы, комплексы с биополимерами и др. В разработке рекомбинантных факторов всё это необходимо учитывать. В связи с тем, что для стимуляции регенеративных процессов часто необходимо одновременное введение нескольких факторов роста и цитокинов, параллельно с развитием российского производства факторов роста необходимо развивать разработку и производство препаратов для генной терапии, основанных на генетических конструкторных резервах, несущих гены факторов роста и цитокинов. Введение таких генетических конструкций в ткани приводит к увеличению в них продукции соответствующих факторов роста на относительно длительный период времени – от 1 до 3 недель, что необходимо для обеспечения регенеративного процесса.

В лаборатории профессора Элен Хебер-Кац в Институте Вистара (Филадельфия, США) удалось «выключить» ген p21, блокирующий регенеративные способности у мышей генетической линии MRL. В результате мыши обрели способность восстанавливать поврежденные ткани: если сделать дырку в ухе у такой мыши, то она полностью затянется. Вокруг повреждения будут сформированы все типы ткани – хрящ, кожа, кровеносные сосуды – без образования шрама. Это потрясающее качество помогает мышам избавляться не только от дырок в ушах, но и от последствий инфаркта. Сердечная мышца у них после инфаркта восстанавливается полностью.

Отдельные факторы роста могут быть весьма эффективны, но, к сожалению, не в состоянии полностью воспроизвести все регуляторные гуморальные и контактные взаимодействия, с помощью которых стовые клетки осуществляют свою регенераторную активность. В связи с этим перспективна разработка и внедрение лекарственных средств на основе продуктов культивирования стовых клеток. Культивирование стовых клеток в различных условиях и различном окружении позволит получать препараты с необходимыми свойствами для лечения достаточно большого числа патологических состояний. Подход, включающий попытку

максимально возможного воспроизведения в лекарственном средстве значимых регуляторных факторов, действующих в организме, получил название «фармакобионика». Бесклеточные продукты, секретируемые культивируемыми клетками (смеси факторов роста, цитокинов и других регуляторных молекул, а также матриксные белки), могут имитировать регенераторное влияние стволовых клеток. Основная задача до 2015 г. – разработать отечественные среды для получения бесклеточных продуктов культивирования стволовых клеток, создать технологии культивирования стволовых клеток, ориентированных на максимальный выход целевого продукта, технологии выделения и очистки бесклеточных продуктов из кондиционированных сред. По крайней мере у регенеративной биомедицины в России теперь есть своя «дорожная карта». В разработке плана развития этой молодой и перспективной области приняли участие более двух десятков отечественных и зарубежных специалистов. Среди научных аспектов – терапевтическое клонирование, восстановление регенеративных способностей, технологии мониторинга, диагностики и хранения стволовых клеток, клеточная терапия и тканевая инженерия. Задача такой «дорожной карты» – формирование сотрудничества, создание единых стандартов, постановка четких задач и сроков, формирование заказов для структур, обеспечивающих финансирование.

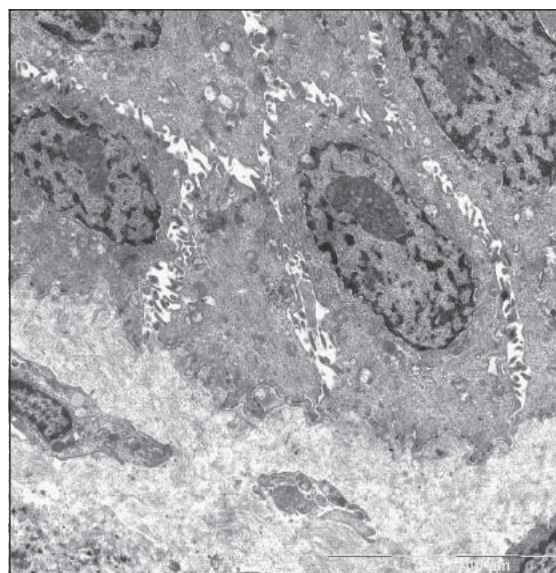
Неотъемлемой составляющей регенеративного процесса является восстановление кровоснабжения и иннервации тканей. Сегодня механизмы роста сосудов и нервов достаточно хорошо изучены, что позволяет разрабатывать методы стимуляции этих процессов на основе использования ангиогенных и нейротрофических факторов и их генов. Разработка белковых и генных препаратов, позволяющих увеличить в тканях содержание этих факторов, позволяет успешно стимулировать ангиогенез и рост периферических нервов, без чего невозможна полноценная регенерация.

Феномен направленной миграции клеток в зону воспаления позволяет рассматривать клетки как инструмент диагностики, направленной доставки лекарственных средств, генно-инженерных конструкций, в том числе и в зону опухолевого роста. Динамическая система миграции клеток по кровотоку, зависящая от состояния организма и наличия в организме патологических процессов, позволяет по-другому оценить вклад различных специализированных клеток в физиологические процессы и пересмотреть ряд патофизиологических механизмов развития болезней. Исследования системного применения клеток для коррекции состояний организма активно ведутся во всем мире и в будущем позволят сформулировать новые принципы медицинского применения, однако сегодня имеющаяся научная информация недостаточна, зачастую противоречива. К сожалению, на настоящий момент научно не обоснованы механизмы системного действия некоторых типов клеток, не выявлен их вклад в опухолевые процессы, не обеспечены доказательства эффективности возможного применения клеток для коррекции патологических состояний организма. Тем не менее следует предполагать появление продуктов для системного применения в ближайшие 5–7 лет, что приведет к резкому повышению эффективности лечения ряда острых и хронических заболеваний.

В последние несколько лет внимание исследователей обособленно приковано к области биологии стволовой клетки (СК). Ведь прогрессивное развитие эмбриологии, гематологии, нейробиологии и биологии скелетных тканей обязано массе экспериментальных исследований по изолированию и характеристике СК. К тому же завершение расшифровки человеческого генома дало дальнейший стимул к изучению зависимости

генной экспрессии в СК от двойственности ее статуса: самообновления и дифференциации. Открытие стволовых клеток стоит в одном ряду с такими великими достижениями человечества, как открытие двуспиральной цепочки ДНК или расшифровка генома человека. Журнал Science назвал 1999 г. годом стволовой клетки.

Технология стволовых клеток – это своеобразный ящик Пандоры, который скрывает многие тайны



жизни, но какова цена таких открытий? В научном аспекте применение этой технологии кажется безграничным, но этические соображения и нормы уже сейчас ставят барьеры на пути ее развития. Отношение научного сообщества к замене или регенерации вышедших из строя органов с использованием стволовых клеток весьма неоднозначно: одни связывают с новым направлением большие надежды, другие относятся к нему с подозрением. Прежде чем методы терапии, основанные на применении стволовых клеток, войдут в медицинскую практику, придется преодолеть множество преград как научных, так и общественно-политических. Применение стволовых клеток необходимо рассматривать с научной, этической и юридической точек зрения. Выражение «неполное знание хуже полного невежества» как нельзя более уместно в биотехнологии. Сейчас уже стало ясно и практически доказано, что такие клетки – это универсальные «запасные» части, которые используются организмом для восстановления или «починки» разных тканей.

Методы клеточной терапии относятся к «высоким медицинским технологиям» и направлены на восстановление компенсаторных возможностей организма человека. В основу этих методов положен принцип избирательного биологического стимулирования утраченной или прогрессивно утрачиваемой функции органов, тканей или их систем. Преимуществом применения тканевых и клеточных биопрепаратов является то, что пациент получает ряд биологически активных, сбалансированных соединений естественного происхождения, способных оказывать влияние на различные стороны метаболизма целостного организма, а также клетки, способные выполнять заместительные функции.

В настоящее время разработано множество методик применения стволовых клеток для лечения самых различных заболеваний. Вот далеко не полный список заболеваний, лечение стволовыми клетками которых, оказывается, по мнению авторов соответствующих исследований, успешным.

1. Заболевания сердечно-сосудистой системы: инфаркт миокарда в остром периоде и при последующей реабилитации; длительная протекающая ишемическая болезнь сердца, сопровождающаяся кардиосклерозом и дистрофией кардиомиоцитов; сердечная недостаточность; миокардиодистрофии различного генеза; кардиомиопатии.

2. Заболевания центральной и

периферической нервной системы: острые (инсульт) и преходящие нарушения мозгового кровообращения; травмы головного и спинного мозга и их последствия; рассеянный склероз; постгипоксическая энцефалопатия; болезнь Паркинсона; болезнь Альцгеймера; амиотрофический латеральный склероз; периферические нейропатии различного генеза; вегетососудистая и нейроциркуляторная дистонии; невралгии; ишиас; нарушения сна; синдром хронической усталости; реабилитация после инсультов и черепно-мозговых травм.

3. Заболевания печени: цирроз печени; хронический активный гепатит; хроническая печеночная недостаточность; вирусные гепатиты В и D.

4. Иммунодефицитные состояния: ВИЧ-инфекция; иммунодефицит на фоне лечения онкологического заболевания; нарушения иммунной системы у женщин с ослож-

ненным течением климактерического периода; вторичные иммунодефициты различной этиологии.

5. Эндокринные заболевания: в комплексной терапии первичного и вторичного сахарного диабета и его осложнений; тиреотоксикоз; гипотиреоз.

6. Заболевания опорно-двигательного аппарата: остеохондроз позвоночника; дегенеративные изменения в суставах; остеопороз; переломы.

7. В сексологии: нарушения репродуктивной функции у мужчин и женщин; нарушения потенции; климактерический период.

8. В гериатрии: предупреждение преждевременного старения; омоложение организма (ревитализация).

Список заболеваний, при которых клеточная терапия эффективна, постоянно расширяется. Стволовые клетки таят в себе невиданные возможности: от регенерации поврежденных органов и тканей до лечения заболеваний, не поддающихся лекарственной терапии. Кроме восстановления утраченных функций органов и тканей, стволовые клетки способны тормозить неконтролируемые патологические процессы, такие как воспаления, аллергии, онкологические процессы, старение и т.д. Именно клеточные технологии являются основой генной терапии, с которой связаны надежды на разработку индивидуальных схем лечения пациентов с самыми тяжелыми заболеваниями, в том числе наследственными. Клеточные технологии и генная терапия представляют собой наиболее универсальные современные подходы к лечению.

Отдельным направлением клеточной инженерии, имеющим огромное практическое значение, является получение гибридом, то есть клеток, возникающих при слиянии родительских клеток из одного организма, но с разными программами дифференциации и развития. Это могут быть клетки из разных типов ткани или опухолевые клетки. Наибольшее развитие гибридная технология нашла в получении моноклональных антител (МкАТ). Слияние в пробирке синтезирующей иммуноглобулин клетки – В-лимфоцита с клеткой миеломы, то есть клеткой злокачественной опухоли, способной к неограниченному делению, приводит к получению моноклональной культуры клеток, производящих уникальное по специфичности антитело. Такие антитела (МкАТ) широко используются в медицине для диагностики различных заболеваний. На их основе разрабатываются новые подходы в терапии онкозаболеваний, свя-

Деятельность фирмы ЗАО «Инвестмед»:

- Проектирование, строительство, реконструкция, капитальный ремонт медицинских учреждений;
- «Комплекс чистых помещений» под ключ;
- Медицинская техника от ведущих западных производителей (поставка, обслуживание);
- Эксплуатация медицинских учреждений.

Тел./факс **8 (495) 380-4838.**

Директор по маркетингу – Неверин Вадим Кимович –
8 916 627 24 32

Руководитель отдела продаж – Голощапова Ольга Викторовна –
8 905 591 42 84.

занные с адресной доставкой лекарственных веществ к клеткам опухоли.

Сочетание медицина + биотехнология нашло свое отражение в тканевой инженерии – технологии, открывающей возможность восстановления утраченных органов без трансплантации. В последние десятилетия стали отчетливо проявляться тревожные тенденции старения населения, роста количества заболеваний и инвалидизации людей трудоспособного возраста, что настоятельно требует освоения и внедрения в клиническую практику новых, более эффективных и доступных методов восстановительного лечения больных.

Принципиально новый подход – клеточная и тканевая инженерия, является последним достижением в области молекулярной и клеточной биологии. Этот подход открыл широкие перспективы для создания эффективных биомедицинских технологий, с помощью которых становится возможным восстановление поврежденных тканей и органов и лечение ряда тяжелых метаболических заболеваний человека.

Цель тканевой инженерии – конструирование и выращивание вне организма человека живых, функциональных тканей или органов для последующей трансплантации пациенту с целью замены или стимуляции регенерации поврежденных органа или ткани. Иными словами, на месте дефекта должна быть восстановлена трехмерная структура ткани. Наиболее важным элементом успеха является наличие необходимого количества функционально активных клеток, способных дифференцироваться, поддерживать соответствующий фенотип и выполнять конкретные биологические функции. Источником клеток могут быть ткани организма и внутренние органы. Возможно использование соответствующих клеток от пациента, нуждающегося в реконструктивной терапии, или от близкого родственника (аутогенных клеток). Могут быть использованы клетки различного происхождения, в том числе первичные и стволовые клетки.

Для направления организации, поддержания роста и дифференцировки клеток в процессе реконструкции поврежденной ткани необходим специальный носитель клеток – матрикс, представляющий собой трехмерную сеть, похожую на губку или пензу. Для их создания применяют биологически инертные синтетические материалы, материалы на основе природных полимеров (хитозан, альгинат, коллаген) и биоконструкты.

Большие надежды были связаны с исследованиями эмбриональных стволовых клеток, которые, как полагали, дадут возможность решить проблему получения любых специализированных клеток организма, в том числе и иммуносовместимых, для трансплантации реципиенту. Эти исследования столкнулись с массой неразрешимых социально-этических, научных и технологических проблем и не привели к искомым результатам. Выходом казалось использование клеток с индуцированной плюрипотентностью, которые были получены в результате выдающегося исследования С. Яманака (2007 г.), которое в 2012 г. было отмечено Нобелевской премией. Клетки с индуцированной плюрипотентностью могут быть получены из любых клеток человека, приобретая при этом многие характеристики эмбриональных стволовых клеток. Свойство плюрипотентности

состоит в возможности дифференцировать клетки в любые специализированные типы. Таким образом, открылась возможность получать специализированные клетки индивидуально для любого пациента. Такая технология может явиться ярким примером персонализированной медицины, поскольку клеточные продукты для замещения пораженных тканей или органов станут готовиться непосредственно для конкретного пациента из его образцов биоматериала.

В результате исследований 2012 г. из клеток с индуцированной плюрипотентностью удалось получить половые клетки – яйцеклетку, а ранее сперматозоид, что открывает возможность получения вне организма оплодотворенных яйцеклеток из соматических клеток человека. Эти исследования открывают фантастические перспективы, реализация которых в течение ближайших 25–30 лет приведет к смене фундамента медицины, предоставит неизвестные ранее возможности, но потребует создания новой этики, нормативной и технологической платформы.

Направленное перепрограммирование, или трансдифференцировка клеток – наиболее вероятный путь к получению целевых специализированных клеток для клеточной терапии. Такой подход, как полагают, позволит избежать опасности приобретения клетками онкогенных состояний, а использование в качестве исходных типов клеток сходного гистогенетического происхождения позволит упростить процесс перепрограммирования. Этот подход может быть реализован уже в ближайшей перспективе.

Трансдифференцировка клеток, близких по гистогенетическому ряду, способна привести к появлению клеточных аналогов печени, поджелудочной железы, тимуса, некоторых эндокринных органов, компонентов нервной системы и др. Такие клеточные продукты могут быть подготовлены для клинического использования в ходе реализации целевых проектов в течение 3–5 лет.

Успешное развитие регенеративной биомедицины как наукоёмкой области, призванной стать новой технологической платформой медицины будущего, требует комплексного подхода, скоординированных междисциплинарных усилий, а также создания и совершенствования законодательной и нормативной базы для обеспечения разработки, исследований, научной экспертизы, регистрации, производства, контроля качества и медицинского применения биомедицинских клеточных продуктов.

Сергей ЦЕЛУЙКО,
проректор по науке,
заведующий кафедрой гистологии,
цитологии и эмбриологии,
доктор медицинских наук,
профессор.

Татьяна ЗАБОЛОТСКИХ,
ректор,
заведующая кафедрой
детских болезней факультета
повышения квалификации
и профессиональной
переподготовки специалистов,
доктор медицинских наук,
профессор.

Амурская государственная
медицинская академия.

Благовещенск.

НА СНИМКАХ: клетки становятся инструментом диагностики.