

специальный раздел  
**МИР КЛЕТОК**

Современная косметология, ставшая отдельным направлением медицины, активно развивается, впитывая достижения и открытия самых разных наук. Пожалуй, самые большие надежды врачей связаны с клеточной и тканевой инженерией, с клеточными технологиями. Мир клеток человека, сложный, удивительный, манящий, открывает фантастические возможности и для большой медицины, и для эстетической. Рассказать о нем, о клиническом потенциале клеток мы попросили ведущих специалистов в этой области — Аллу и Вадима Зориных. В этом номере речь пойдет о стволовых клетках.

## СТВОЛОВЫЕ КЛЕТКИ: иерархия, классификация, клинический потенциал



**АЛЛА ЗОРИНА**, к.м.н.,  
врач-биохимик, главный специалист отдела регенеративной  
медицины Института стволовых клеток человека (ИСКЧ)

**ВАДИМ ЗОРИН**, к.б.н.,  
врач-биофизик, руководитель отдела регенеративной медицины  
ИСКЧ  
Москва

**К**леточные технологии сегодня рассматриваются как самое перспективное направление медицины с наибольшим терапевтическим, регенеративным и омолаживающим организм потенциалом. Клетка – это основная элементарная единица строения и функционирования любого живого организма (за исключением вирусов и им подобных). Клетки образуют ткани, которые, в свою очередь, формируют органы, из органов и их систем состоит весь организм. Живые клетки растут, увеличиваясь в объеме, и размножаются,

в них происходят все обменные процессы. Некоторые из них способны даже двигаться, они могут работать очень активно, а могут быть пассивными, лениться и спать, но просыпаться в ответ на действия различных раздражителей. Именно клетки обеспечивают восстановление поврежденных органов и тканей. В человеческом организме 220 типов клеток.

Во главе клеточной иерархии стоят стволовые клетки. С медицинской точки зрения именно СК заслуживают наибольшего внимания как главные «агенты» клеточной терапии.

### Стволовые клетки: функции и клинический потенциал

Стволовые клетки (СК) — это недифференцированные (неспециализированные, незрелые) клетки, способные путем деления и к самоподдержанию, и к созданию самых разных дифференцированных (специализированных, зрелых) линий клеток, которые могут выполнять только определенные, специфические, функции. Именно СК являются носителями генетической информации и отвечают за процесс регене-

рации в организме (создают для него «строительный материал»). СК могут делиться или бесконечно, или очень длительное время, поддерживая тем самым клеточные популяции той или иной ткани [1]. Однако бесконечное деление и самоподдержание демонстрируют только плюрипотентные эмбриональные стволовые клетки (ЭСК) и только в культуре на определенной среде.

В отличие от них дифференцированные клетки запрограммированы на весьма ограниченное количество циклов деления, после чего они погибают, замещаясь новыми. Главная задача зрелых клеток — продукция компонентов внеклеточного матрикса ткани и участие в его обновлении. Примером зрелых клеток могут служить фибробласты, кератиноциты, адипоциты и пр.

СК являются ранними типами клеток, они последовательно проходят всю цепь строго упорядоченных процессов (таких как пролиферация, миграция, дифференцировка, созревание и апоптоз), обеспечивающих поддержание численности клеток в тканях взрослого человека [1].

Стволовые клетки не представляют собой какую-то однородную группу. Прежде всего они различаются по дифференцировочному потенциалу. По этому критерию (согласно классификации A.J. Wagers и I.L. Weissman [2]) выделяют стволовые клетки:

- тотипотентные — способны образовывать все эмбрио-

нальные и внеэмбриональные типы клеток;

- плюрипотентные — могут образовывать все типы клеток организма, за исключением трофобласта;
- мультипотентные — образуют не все, а только несколько типов клеток;
- унипотентные — образуют только один тип специализированных клеток [1].

#### **СК с точки зрения их клинического потенциала**

**Эмбриональные стволовые клетки (ЭСК)** присутствуют в организме только на ранних стадиях жизни эмбриона и происходят из клеточных популяций, которые возникают еще до появления специфических тканей. ЭСК обладают способностью создавать любые ткани и органы человека путем деле-

стоцисты). В настоящее время этот тип клеток выделяют и используют исключительно для научно-исследовательских работ. В клеточных технологиях, предназначенных для лечения человека, ЭСК, несмотря на их огромный терапевтический потенциал, не используют, так как, с одной стороны, они недостаточно изучены и их применение чревато риском развития неопластических процессов [3, 4], а с другой — существует целый ряд нерешенных этических проблем.

В качестве альтернативы ЭСК в клеточной терапии рассматривают **индуцированные плюрипотентные стволовые клетки (iPS-клетки — induced Pluripotent Stem Cells)**, лишенные недостатков ЭСК [5]. Это зрелые клетки,

**Стволовые клетки могут делиться или бесконечно, или очень длительное время, поддерживая тем самым клеточные популяции той или иной ткани. Однако бесконечное деление и самоподдержание демонстрируют только плюрипотентные эмбриональные стволовые клетки (ЭСК) и только в культуре на определенной среде.**

**В отличие от СК дифференцированные клетки запрограммированы на весьма ограниченное количество циклов деления, после чего они погибают, замещаясь новыми.**

ния и образования специализированных клеток, могут быть как тотипотентными (например, зигота и бластомеры), так и плюрипотентными (из внутренней клеточной массы бла-

которые подверглись перепрограммированию, то есть дедифференцировке в плюрипотентное состояние. (В 2012 году Нобелевская премия по физиологии и медицине вру-

#### **Словарик**

**Зигота** (от др. греч. *zygotos* — соединенный вместе) — диплоидная клетка, то есть клетка, которая содержит полный двойной набор хромосом. Она образуется в результате оплодотворения (слияния яйцеклетки и сперматозоида). Зигота — это самая первая стадия жизни эмбриона, длится она не более двух суток. Термин ввел немецкий ботаник Э. Страсбургер.

**Бластомеры** (от др. греч. *blaste* — зачаток и *meros* — часть) — две дочерние клетки, на которые делится зигота. Каждый бластомер делится на два новых дочерних бластомера.

**Бластоциста** (от др. греч. *blaste* — зачаток и *kystis* — пузырь) — ранняя стадия развития эмбриона (до его прикрепления к стенке матки). Внешне бластоциста представляет собой шар (пузырь), состоящий из нескольких десятков или сотен бластомеров.

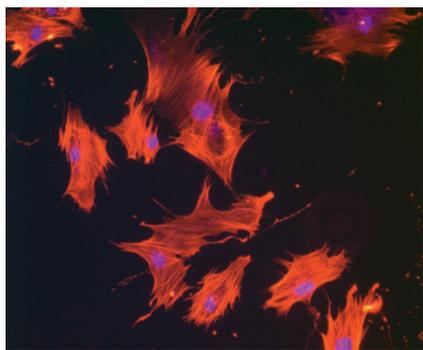


Рис. 1. МСК жировой ткани (СКЖТ).

чена Д. Гардон (J. Gurdon) и Ш. Яманака (Sh. Yamanaka) за работы в области биологии развития и получения индуцированных стволовых клеток [6.] Аутогенные iPS-клетки можно использовать не только для лечения определенного заболевания, но и для изучения механизмов этой патологии, лекарственного скрининга, токсикологии. Например, выделив фибробласты кожи больного, их перепрограммируют в iPS-клетки, затем, дифференцировав последние в клетки нужного типа, можно изучить полный

**Региональные стволовые клетки** (другое название — взрослые, соматические, тканеспецифические) — это клетки, которые появляются на более поздних, по сравнению с ЭСК, стадиях формирования организма. Они присутствуют в каждой ткани взрослого человека. Их основная функция — восстановление и поддержание той ткани, в которой они находятся. В отличие от эмбриональных региональные СК имеют меньшую способность к самоподдержанию (меньший пролиферативный потенциал), меньший дифференцировочный потенциал: они мультипотентны, их дочерние клетки развиваются прежде всего в клетки ткани «своего происхождения» [1].

К региональным СК относят, например, гемопоэтические стволовые клетки (ГСК), дающие начало всем клеткам крови [9]. Для терапевтических целей их выделяют из красного костного мозга или пуповинной крови, которую собирают из отсеченной

делены и описаны в лаборатории А.Я. Фриденштейна в 1968 году). Они способны дифференцироваться в остео-, хондро-, адипо- и миогенном направлениях [10, 11]. В настоящее время МСК выделены практически из всех тканей организма. МСК жировой ткани (рис. 1), или просто стволовые клетки жировой ткани (СКЖТ) также способны дифференцироваться в нескольких направлениях, основными из которых являются адипо- и ангиогенное [12, 13].

Выявлен еще один важный механизм действия МСК на регенеративные процессы. МСК секретируют множество факторов роста/цитокинов, физиологический уровень которых имеет ключевое значение для нормального течения регенеративных процессов в тканях, например для заживления ран [14, 15]. Исследования *in vivo* поведения МСК после их трансплантации показали, что лишь небольшое количество этих клеток «встраивается» в ткань. Ключевую же роль в процессе регенерации играет паракринный эффект: трансплантированные МСК секретируют факторы, которые оказывают стимулирующее действие на соседние резидентные клетки ткани-реципиента [14–18]. В этой связи можно полагать, что клинический эффект при использовании МСК обусловлен в меньшей степени дифференцировкой этих клеток, приводящей к восстановлению клеточного гомеостаза, и в большей степени их паракринной активностью. Последняя способствует иммуномоделированию и ангиогенезу, активации пролиферации резидентных клеток, а также и реэпителизации (при заживлении ран) [19, 20]. Исследованиями в этой области занимаются ведущие лаборатории мира.

**Для врачей эстетической медицины главным терапевтическим объектом являются мезенхимальные стволовые клетки (МСК) дермы, представляющие собой основное звено фибробластического дифферона и отвечающие за поддержание численности популяции фибробластов в коже.**

набор его генов, включая патологически измененные, и затем провести их коррекцию. Важно, что в отличие от ЭСК применение iPS-клеток для создания персонифицированных клеточных линий пациента не имеет этических ограничений. В настоящее время многие лаборатории мира работают в этом направлении [7, 8].

пуповины после ее отделения от новорожденного. ГСК активно используют для лечения онкогематологических заболеваний, болезней крови и иммунной системы.

В костном мозге присутствует еще один тип мультипотентных региональных СК — мезенхимальные СК (МСК) (впервые вы-

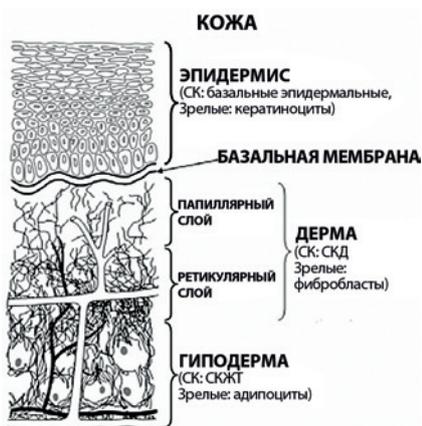


Рис. 2. Строение кожи и ее клеточный состав (по P. Stephens, P. Genever, 2007 [32], дополнено авторами).

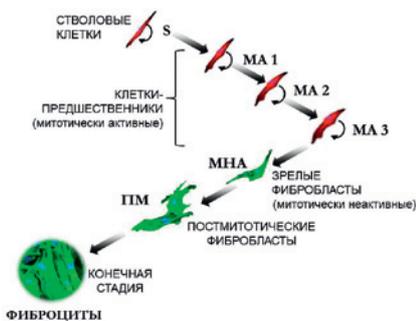


Рис. 3. Схема фибробластического дифферона кожи.

Наличие у региональных СК мультипотентности — способности дифференцироваться в несколько типов клеток — позволило активно использовать эти клетки в регенеративной медицине. Так, в частности, в настоящее время с использованием МСК, выделенных из разных источников, включая костный мозг и жировую ткань, проводится более 200 клинических исследований (<http://www.clinicaltrials.gov/>) с целью лечения широкого круга заболеваний. К ним относят заболевания опорно-двигательной, сердечно-сосудистой, нервной, урогенитальной и иммунной систем, диабета, заболеваний печени, легких, кожные раны различного генеза и др. [21–24].

Необходимо отметить еще одно звено в клеточной цепи, которое находится между СК и зрелыми клетками. Речь идет о **прогениторных клетках** (другое название — **клетки-предшественники**), которые обладают высоким пролиферативным потенциалом, хотя и меньшим, чем у СК. Это дифференцирующиеся клетки (а не уже дифференцированные!), то есть находящиеся в процессе деления и дифференцировки, который запрограммирован (коммитирован) на образование клеточной линии, специализированной для ткани определенного типа.

Такова клеточная иерархия: **тотипотентные СК — плюрипотентные СК — региональные мультипотентные СК — клетки-предшественники — дифференцированные клетки.**

Строгая последовательность их действий обеспечивает поддержание необходимой в конкретных условиях численности клеточной популяции [25].

### Стволовые клетки кожи

В коже человека — основном объекте, на который направлены все действия косметологов, можно выделить следующие типы стволовых клеток (рис. 2):

- **в эпидермисе** — унипотентные базальные эпидермальные СК, дифференцирующиеся в зрелые клетки эпидермиса — кератиноциты [25];
- **в дерме** — гетерогенная популяция мезенхимальных СК, дифференцирующихся в фибробласты [26];
- **в гиподерме** — мультипотентные мезенхимальные стволовые клетки — СКЖТ, дифференцирующиеся в адипо- и ангиогенном направлениях [12, 13];
- **в волосяном фолликуле** — мультипотентные эпителиаль-

ные СК (способные дифференцироваться в кератиноциты, себоциты, клетки волосяного фолликула) [27]; СК меланоцитов и сальных желез [28] нейрональные прогениторные клетки; мультипотентные мезенхимальные СК, способные дифференцироваться в мезодермальном и нейрональном направлениях [30].

В коже человека присутствует около 20 типов клеток, различающихся по гистогенетическому происхождению, потенциалу и степени зрелости [31]. И это естественно, поскольку свою основную роль — служить многофункциональным барьером между внутренней средой организма и внешним миром — кожа исполняет благодаря присущему ей огромному регенеративному потенциалу, который как раз и обеспечивают СК. Именно благодаря популяциям региональных СК и их потомков осуществляются восстановительные процессы. В ходе этих процессов обновляются клеточные и неклеточные компоненты кожи, основной функцией которых является физиологическая замена отслуживших/погибших зрелых клеток и поддержание клеточного гомеостаза в кожной ткани.

Для врачей эстетической медицины главным терапевтическим объектом являются мезенхимальные стволовые клетки (МСК) дермы, представляющие собой основное звено фибробластического дифферона (рис. 3) и отвечающие за поддержание численности популяции фибробластов в коже [25]. Более подробно фибробластический дифферон, его структуру и функционирование, существующие возможности и перспективные методы стимуляции функциональной активности дермальных фибробластов мы рассмотрим в следующей статье. KI

## ЛИТЕРАТУРА

1. Петренко А.Ю., Хунов Ю.А., Иванов Э.Н. Стволовые клетки. Свойства и перспективы клинического применения. Монография. Луганск: Пресс-экспресс, 2011.
2. Wagers A.J., Weissman I.L. Plasticity of adult stem cells // *Cell*. 2004. 116: 639–48.
3. Бочарова Л.С. Дифференцировка клеток обратима: соматические клетки научились превращаться в плюрипотентные стволовые // *Биофизика*. 2008. № 9. С. 197–239.
4. Чугунов А.О. Была клетка простая, стала стволовая // *Косметика и медицина*. 2009. № 1. С. 10–16.
5. Takahashi K., Yamanaka S. Induction of pluripotent stem cells from mouse embryonic and adult fibroblast cultures by defined factors // *Cell*. 2006. 126 (4): 663–76.
6. Нобелевская премия по физиологии и медицине (2012): индуцированные стволовые клетки. По материалам пресс-релиза Нобелевского комитета. 2012 // Научно-популярный сайт «Биомолекула». biomolecula.ru
7. Некрасова Е.Д., Лебедева О.С., Честков И.В. и др. Получение и характеристика индуцированных плюрипотентных стволовых клеток человека из фибробластов кожи пациентов с нейродегенеративными заболеваниями // *Клеточная трансплантология и тканевая инженерия*. 2011. Т. I (4). С. 82–88.
8. Mallon B.S., et al. Stem Cell DB: The human pluripotent stem cell database at the National Institutes of Health // *Stem Cell Res*. 2012. 10 (1): 57–66.
9. Morrison S.J., Uchida N., Weissman I.L. The biology of hematopoietic stem cells // *Ann.Rev.Cell.Dev.Biol*. 1995. V.11: 35–71.
10. Чайлахян Р.К., Лалыкина К.С. Спонтанная и индуцированная дифференцировка костной ткани в популяции фибробластоподобных клеток, полученных из длительных монослойных культур костного мозга и селезенки // *ДАН СССР*. 1969. 187 (2). С. 473–479.
11. Friedenstein A., et al. Precursors for fibroblasts in different populations of hematopoietic cells as detected by the in vitro colony assay method // *Exp. Hematol*. 1974. 2: 83–92.
12. Planat-Benard V., et al. Plasticity of human adipose lineage cells toward endothelial cells: Physiological and therapeutic perspectives // *Circulation* 2004. 109 (5): 656–63.
13. Yoshimura K., Suga H., Eto H. Adipose-derived stem/progenitor cells: roles in adipose tissue remodeling and potential use for soft tissue augmentation // *Regen Med*. 2009. 4: 265–73.
14. Chen L., et al. Paracrine factors of mesenchymal stem cells recruit macrophages and endothelial lineage cells and enhance wound healing // *PLoS ONE* 2008. 3(4): 1886.
15. Maxson S., Lopez E., Yoo D. Concise review: role of mesenchymal stem cells in wound repair // *Stem Cells Transl. Med*. 2012. 1: 142–9.
16. Galderisi U., Giordano A. The gap between the physiological and therapeutic roles of mesenchymal stem cells // *Med. Res. Rev*. 2014. 34 (5): 1100–26.
17. Boink M., et al. Different wound healing properties of dermis, adipose, and gingiva mesenchymal stromal cells // *Wound Repair Regen*. 2016. 24 (1): 100–9.
18. Hocking A., Gibran N. Mesenchymal stem cells: paracrine signaling and differentiation during cutaneous wound repair // *Exp. Cell Res*. 2010. 316: 2213–9.
19. Moseley T.A., Zhu M., Hedrick M.H. Adipose-derived stem and progenitor cells as fillers in plastic and reconstructive surgery // *Plast Reconstr Surg*. 2006. 118 (3 Suppl): 121S–128S.
20. Moon M., et al. Human adipose tissue-derived mesenchymal stem cells improve postnatal neovascularization in a mouse model of hindlimb ischemia // *Cell Physiol Biochem*. 2006. 17: 279–290.
21. Giordano A., Galderisi U., Marino I.R. From the laboratory bench to the patient's bedside: an update on clinical trials with mesenchymal stem cells // *J Cell Physiol*. 2007. 211:27.
22. Биологические резервы клеток костного мозга и коррекция органных дисфункций/ под ред. В.И. Шумакова, Н.А. Онищенко. Москва: Лавр, 2009.
23. Зорин В.Л., Зорина А.И., Черкасов В.Р. Анализ зарубежного рынка регенеративной медицины // *Клеточная трансплантология и тканевая инженерия*. 2009. Т. IV, №3. С. 68–78.
24. Wang J., Liao L., Tan J. Mesenchymal-stem-cell-based experimental and clinical trials: current status and open questions // *Expert Opin Biol Ther*. 2011. 11:893.
25. Зорина А.И., Зорин В.Л., Черкасов В.Р. Дermalные фибробласты: разнообразие фенотипов и физиологических функций, роль в старении кожи // *Эстетическая медицина*. 2012. 11 (1):15-31.
26. Зорина А.И., и др. Фибробласты дермы: особенности цитогенеза, цитофизиологии и возможности их клинического применения // *Клеточная трансплантология и тканевая инженерия*. 2011. 6 (2): 15-26.
27. Ohyama M., et al. Characterization and isolation of stem cell-enriched human hair follicle bulge cells // *J Clin Invest*. 2006. 116: 249e60.
28. Osawa M., et al. Molecular characterization of melanocyte stem cells in their niche // *Development*. 2005. 132: 5589–99.
29. Horsley V., et al. Blimp1 defines a progenitor population that governs cellular input to the sebaceous gland // *Cell* 2006. 126: 597–609.
30. Zouboulis C., et al. Human skin stem cells and the ageing process // *Experimental gerontology*. 2008. V. 43: 986–997.
31. Волкова Н.А. и др. Стволовые клетки кожи как объект криоконсервирования. Ч.1. Стволовой резерв кожи // *Проблемы криобиологии и криомедицины*. 2014. 24 (1): 3–15.
32. Stephens P., Genever P. Non-epithelial oral mucosal progenitor cell populations // *Oral Diseases*. 2007. 13: 1–10.

# Ответы на вопросы, которые задают не только врачи, но и пациенты

## **Сколько стволовых клеток в организме взрослого человека? Уменьшается ли это количество с возрастом?**

Типов СК в организме взрослого человека много, они присутствуют в каждой ткани без исключения. При этом в каждой ткани, помимо тканеспецифических СК присутствуют также еще и мезенхимальные стромальные СК. Количество же СК в тканях — небольшое. Так, например, по данным L. Chen и соавт. (2007), в дерме ювенильной крайней плоти одна из популяций МСК составляет 0,3% от общей популяции дермальных фибробластов этой ткани. С возрастом количество СК в тканях уменьшается. Например, в костном мозге человека при рождении 1 ГСК приходится на  $10^4$  ядродержащих клеток, а у человека старше 70 лет — уже 1 ГСК на  $10^6$  ядродержащих клеток. То же самое происходит и с сателлитными клетками мышечной ткани, которые отвечают за регенерацию и обновление мышечных волокон, что приводит к саркопении — потере мышечной массы с возрастом. Снижение/истощение пула тканеспецифических СК наблюдается и при хронических заболеваниях, что сопровождается неэффективной регенерацией поврежденных тканей. Экспериментально выявлено, что истощение пула СК и изменения в межклеточной коммуникации являются одной из главных причин старения организма (наряду с нестабиль-

ностью генома, укорочением теломер, митохондриальной дисфункцией и др.). Показано, что и старение кожи связано с уменьшением СК, в частности МСК дермы, что приводит, соответственно, к сокращению популяции дермальных фибробластов, отвечающих за продукцию, организацию и обновление внеклеточного матрикса дермы, а это, в свою очередь, сопровождается развитием возрастных изменений кожи.

## **Стареют ли сами стволовые клетки?**

Да, с возрастом происходит и старение СК, и нарушение их функций. Одной из причин развития этих процессов, как полагают, является накопление повреждений в молекулах ДНК. Немалую роль, вероятно, играют также и изменения, происходящие в нишах СК. Ниши СК представляют собой их микроокружение: группу соседних клеток, внеклеточный матрикс и сигнальные молекулы различного происхождения, которые контролируют пролиферацию, самовоспроизведение СК и продукцию дочерних дифференцированных клеток *in vivo*. За счет высокого пролиферативного потенциала СК могут сохраняться в течение всей жизни организма и могут служить резервом для регенерации тканей. Однако во время пролиферации в СК могут накапливаться генетические мутации (как



Фото. 1.

правило, такие клетки «нивелируются» за счет апоптоза). Старению подвержены не только СК, но и их ниши. Следует отметить, что микроокружение СК в разных органах стареет не одинаково, как, впрочем, и разные СК также могут стареть с разной скоростью, что было показано с помощью так называемых эпигенетических часов Хорвата (Калифорнийский университет). Например, клетки мозжечка человека стареют медленнее других клеток организма, а биологический возраст клеток молочной железы у женщин на 2–3 года старше, чем возраст клеток других органов. Можно полагать, что старение СК может быть вызвано не только накоплением генетических ошибок, но и эпигенетическими воздействиями (питанием, факторами окружающей среды и т.д.).

### **Не постареют ли трансплантированные СК молодого донора после их пересадки в ткани (органы) старого реципиента?**

Группа ученых из США и Австралии представили результаты рандомизированных, плацебо контролируемых клинических исследований эффектов трансплантации МСК костного мозга молодых доноров (20–45 лет) пациентам со старческой астенией, средний возраст которых составил 76 лет (Gerontolog, 2017). Результаты исследования продемонстрировали значительный противовоспалительный эффект и повышение регенеративных способностей организма, а физическое состояние было отмечено как «замечательное». Бесспорно, потенциал трансплантированных МСК от молодых доноров высок, но со временем накопление генетических нарушений в пересаженных СК и эпигенетические воздействия на них неизбежны, а значит, и старение трансплантированных клеток тоже неизбежно.

### **Возможно ли контролировать деление и дифференциацию СК, например активизировать этот процесс?**

На сегодняшний день такой контроль возможен только в условиях *in vitro*. В клеточных культурах деление и дифференцировку СК легко контролировать, используя специальные синтетические среды и факторы дифференцировки. Так, можно направлять, например, дифференцировку МСК в остеобласты, хондробласты, адипоциты и миоциты, используя соответствующие дифференцировочные факторы. В настоящее время такие клетки уже используют в ряде клинических исследований. Но в условиях *in vivo*

контролировать эти процессы пока невозможно. Конечно, под воздействием ряда косметологических процедур (например, лазерных, PRP и др.) происходит стимуляция пролиферации эпидермальных и дермальных СК, но степень этого процесса регулируется исключительно нишами СК.

### **Могут ли косметологические препараты, содержащие стволовые клетки растений, стимулировать функционирование СК человека? Ваш комментарий?**

Жизнеспособность любых СК, включая растительные, невозможно сохранять в каких бы то ни было косметологических препаратах — для этого необходимы специальные питательные ростовые среды и определенные условия для культивирования данных клеток в специальных лабораториях. Все, что пишут производители или СМИ о таких средствах, — не более чем маркетинговый ход.

### **Какие факторы могут стимулировать стволовые клетки мигрировать в место травмы или патологического процесса, можно ли ускорить их миграцию?**

Пока есть только один апробированный способ мобилизации СК — в онкогематологии. В 80-х годах XX века были получены рекомбинантные формы гранулоцитарно-макрофагального колониестимулирующего фактора (ГМ-КСФ) и гранулоцитарного колониестимулирующего фактора (Г-КСФ). Подкожное введение этих факторов используют для резкого увеличения концентрации ГСК в периферической крови. Увеличение ГСК под воздействием этих факто-

ров было названо мобилизацией ГСК. Этот метод используется, в частности, после цитотоксической химиотерапии у больных злокачественными новообразованиями.

### **Применяют ли сегодня в косметологии СК?**

Сегодня СК в косметологии применяют только в странах восточной Европы, Японии и Корее. Это МСК в составе стромально-вазкулярной клеточной фракции (СВКФ), выделенной из жира, для коррекции структурных дефектов кожи. Корейскими учеными показана эффективность применения СВКФ для устранения осложнений, вызванных локальной ишемией. К примеру, случайное попадание геля в кровеносный сосуд приводит к обструкции сосуда с последующей локальной ишемией и некрозом окружающих мягких тканей. Если таким пациентам в первые 4–7 дней с момента развития ишемии/некроза ввести внутрикожно в область дефекта аутологичную СВКФ, выделенную из 20–50 мл жировой ткани, то это будет способствовать быстрому устранению ишемии за счет стимуляции неоангиогенеза и заживлению раны с минимальным риском образования рубца. В корейских клиниках СВКФ активно применяют также и с целью ремоделирования процессов рубцевания, особенно после пластических операций на лице. В России применение СК в эстетической медицине находится на стадии урегулирования — принят закон о биомедицинских продуктах, вступивший в силу с января 2017 г., который определяет процесс получения данных клеток и необходимые стандарты, согласно которым должны быть проведены соответствующие доклинические и клинические исследования. 