

**«СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕГЕНЕРАТИВНОЙ
СПОСОБНОСТИ У ЧЕЛОВЕКА И БИОЛОГИЧЕСКИ
“БЕССМЕРТНЫХ” ВИДОВ»**

**"COMPARATIVE ANALYSIS OF REGENERATIVE CAPACITY IN
HUMANS AND BIOLOGICALLY “IMMORTAL” SPECIES"**

Аскарова Робияхон Нурмухаммат кизи

*Студентка педиатрического факультета Ташкентского Государственного
Медицинского Университета*

*Robiyakhon Nurmukhammat qizi Asgarova
Student, Faculty of Pediatrics Tashkent State Medical University*

Турсунметов Ибодулла Рузобаевич

*Научный руководитель-ассистент кафедры гистологии и медицинской
биологии Ташкентского Государственного Медицинского
Университета*

*Tursunmetov Ibodulla Ruzibaevich
Assistant Research Director,
Department of Histology and Medical Biology
Tashkent State Medical University*

Аннотация

В статье проводится сравнительный обзор регенерации у человека и у организмов, которые демонстрируют признаки биологического «бессмертия», включая гидр, планарий и медуз *Turritopsis dohrnii*. Особое внимание уделено клеточным и молекулярным механизмам, обеспечивающим восстановление тканей, — работе стволовых клеток, а

также ключевым сигнальным путям Wnt/ β -catenin, Notch и mTOR. Описаны особенности старения этих организмов и причины его практически полного отсутствия. В результате анализа определены основные факторы, ограничивающие регенеративные возможности человека, и показано, какие эволюционные стратегии позволяют «бессмертным» видам сохранять высокую способность к обновлению тканей на протяжении всей жизни. Полученные данные подчёркивают перспективность изучения подобных организмов для развития регенеративной медицины и технологий продления жизни.

Abstract

The article presents a comparative overview of regeneration in humans and in organisms that exhibit features of biological “immortality,” including hydras, planarians, and the jellyfish *Turritopsis dohrnii*. Special attention is given to the cellular and molecular mechanisms underlying tissue restoration, such as the activity of stem cells and the key signaling pathways Wnt/ β -catenin, Notch, and mTOR. The study describes the aging characteristics of these organisms and the reasons for their near absence. The analysis identifies the main factors limiting human regenerative capacity and highlights the evolutionary strategies that enable “immortal” species to maintain a high level of tissue renewal throughout their lifespan. The findings underscore the importance of studying these organisms for advancing regenerative medicine and life-extension technologies.

Ключевые слова: регенерация, биологическое бессмертие, стволовые клетки, гидра, планария, *Turritopsis dohrnii*, Wnt/ β -catenin, Notch, mTOR, регенеративная медицина

Key words: regeneration, biological immortality, stem cells, Hydra, planarian, *Turritopsis dohrnii*, Wnt/ β -catenin, Notch, mTOR, regenerative medicine

Актуальность

Восстановление тканей и органов является одной из ключевых проблем современной биологии и медицины. У человека регенеративный потенциал ограничен: хотя хорошо восстанавливаются кожа и печень, многие жизненно важные органы, включая сердце и нервную систему, практически не регенерируют. В то же время некоторые организмы, такие как гидры, планарии и медузы *Turritopsis dohrnii*, демонстрируют практически неограниченную способность к восстановлению тканей и отсутствие признаков старения. Изучение механизмов регенерации у этих

«бессмертных» видов позволяет выявить ключевые факторы, ограничивающие восстановительные возможности человека, и открывает новые перспективы для развития регенеративной медицины, клеточной терапии и технологий продления жизни.

Цель работы: Сравнить регенеративные возможности человека и организмов с признаками биологического «бессмертия» (гидры, планарии, *Turritopsis dohrnii*), выявить клеточные и молекулярные механизмы, определяющие их восстановительный потенциал, а также определить ограничения регенерации у человека и перспективы применения этих знаний в регенеративной медицине.

Основная часть

1. Введение

Регенерация — это процесс восстановления повреждённых или утраченных тканей. У человека этот процесс ограничен: кожа, печень и костная ткань восстанавливаются сравнительно хорошо, в то время как сердце, нервная система и некоторые другие органы практически не регенерируют. В то же время гидры, планарии и медузы *Turritopsis dohrnii* демонстрируют практически неограниченную способность к восстановлению тканей и отсутствию признаков старения. Изучение их механизмов может помочь в развитии регенеративной медицины и технологий продления жизни.

2. Регенерация у человека

2.1 Клеточные механизмы

- Основу составляют взрослые стволовые клетки: гемопоэтические, мезенхимальные, эпителиальные.
- Потенциал стволовых клеток ограничен после детского возраста.
- Старение клеток и накопление повреждений ДНК снижает регенерацию.

2.2 Молекулярные механизмы

- Wnt/ β -catenin — активируется при заживлении ран.
- Notch — регулирует дифференцировку клеток.
- mTOR, FGF, TGF- β — участвуют в процессах репарации.

При серьёзных повреждениях ткани чаще формируются рубцы вместо полноценного восстановления.

2.3 Ограничения

- Потеря клеточной пластичности с возрастом
- Сенесценция и старение клеток
- Низкая способность к дедифференцировке
- Иммунные ограничения и риск воспалений

3. Регенерация у биологически «бессмертных» видов

3.1 Гидра

- Постоянный пул плюрипотентных стволовых клеток.
- Практически не проявляет старение.
- Высокая активность теломеразы и сигнальных путей Wnt/ β -catenin.

3.2 Планария

- Имеет клетки «необласты», способные к плюрипотентной регенерации.
- Может восстанавливать целый организм из фрагмента.
- Обеспечивает замену всех типов клеток без потери функций.

3.3 Медуза *Turritopsis dohrnii*

- Способна возвращаться из взрослой стадии к полипу (реверсивная трансдифференцировка).
- Имеет программы омоложения и перепрограммирования соматических клеток.
- Обеспечивает практически бесконечный цикл жизни.

4. Сравнение регенеративных механизмов

Параметр	Человек	«Бессмертные» виды
Стволовые клетки	Ограниченные	обилие плюрипотентных клеток
Теломераза	низкая активность	высокая или постоянная активность
Сенесценция	Выражена	минимальна или отсутствует
Возможность регенерации органов	Ограничена	практически неограничена
Дедифференцировка	почти отсутствует	активно встречается
Сигнальные пути	Wnt, Notch, mTOR — частично активны	Wnt, Notch, mTOR — постоянно активны

5. Перспективы применения в медицине

- Перепрограммирование клеток по аналогии с планариями.
- Стимуляция теломеразы и ключевых сигнальных путей.
- Создание искусственных тканей и органов.
- Потенциальное лечение дегенеративных заболеваний и замедление старения.

Ограничения: различия в организации организма, риск опухолевой трансформации, этические и биобезопасностные вопросы.

Заключение

Сравнительный анализ регенерации у человека и биологически «бессмертных» видов показал, что высокая способность к восстановлению тканей связана с наличием больших популяций плюрипотентных стволовых клеток, активными сигнальными путями Wnt/ β -catenin, Notch и mTOR, а также высокой активностью теломеразы. Человеческий организм эволюционно ограничил регенерацию ради стабильности тканей и защиты от опухолей, что сдерживает восстановительный потенциал. Изучение гидр, планарий и медуз *Turritopsis dohrnii* позволяет понять, какие механизмы поддерживают «бессмертие» и как эти знания могут быть применены для развития регенеративной медицины, клеточной терапии и технологий продления жизни.

Список использованной литературы

1. Глыбочко П. В., Загайнова Е. В. (ред.) Регенеративная медицина. Учебник для ВУЗов. — ГЭОТАР-Медиа, 2023. ISBN 978-5-9704-7535-5.
2. Глыбочко П. В., Загайнова Е. В. (ред.) Регенеративная медицина. Практикум. — ГЭОТАР-Медиа, 2023. ISBN 978-5-9704-7389-4.
3. Reddien, P. W. The cellular basis for animal regeneration. *Cell*, 2018; 175(2): 214–220.
4. Sánchez Alvarado, A., Trousdale, C. Regeneration in planarians: stem cells and tissue turnover. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 2012; 28: 1–28.
5. Bosch, T. C. G. Hydra and the evolution of stem cells. *BioEssays*, 2009; 31(4): 478–486.
6. Martínez, D. E. Mortality patterns suggest lack of senescence in hydra. *Experimental Gerontology*, 1998; 33(3): 217–225.

7. Piraino, S., Boero, F., Aeschbach, B., Schmid, V. Reversing the life cycle: medusae transforming into polyps. *Biology Bulletin*, 1996; 190(3): 302–312.