

УДК

## БИОХИМИЯ И СТРУКТУРА ХРУСТАЛИКА В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПРОЗРАЧНОСТИ

**Слажинскас А.В., Сафина С.И. (группа С 7106)**

Школа Биомедицины, Инженерная школа, Дальневосточный Федеральный  
Университет

Владивосток, Россия; e-mail: [avers2@yandex.ru](mailto:avers2@yandex.ru)

**Научный руководитель:** д.м.н., профессор Инженерной Школы и Школы  
Биомедицины ДВФУ Рева Г.В.

**Абстракт.** В работе представлен анализ структур и биохимия хрусталика, обеспечивающие его прозрачность. Свойства хрусталика связаны с его происхождением из двух источников. Особенности происхождения хрусталика, участие в его развитии двух источников, а также особенности биохимии хрусталиковой линзы дают более глубокие представления о гистофизиологии хрусталика и дают новые морфологические составляющие для более глубоких представлений о патогенезе катаракты и геронтологических проблемах структур органа зрения.

**Ключевые слова:** *глаз человека, хрусталик, прозрачные среды глаза, кристаллины.*

## BIOCHEMISTRY AND STRUCTURE OF THE CRYSTALLINE LENS IN TRANSPARENCY

Slaujinskas A. V., Safina S.I. (Group C 7106)

Engineering School, Biomedicine School of Far Eastern Federal University,  
Vladivostok, Russia, e-mail: [avers2@yandex.ru](mailto:avers2@yandex.ru); [RevaGal@yandex.ru](mailto:RevaGal@yandex.ru)

**Introduction.** The work presents an analysis of the structure and biochemistry of the lens to ensure its transparency. Lens properties associated with its origins from two sources. Especially the origin of the lens, the participation in the development of two sources, as well as the features of biochemistry lenses give a deeper understanding of histophysiology lens and give new morphological components for deeper views on the pathogenesis of cataract and senile issues of organ of vision.

**Key words:** human eye lens, transparent environment, crystallines.

**Актуальность.** Хрусталик глаза – не единственная прозрачная ткань человеческого тела. Прозрачность, без которой невозможно сфокусировать свет в глазу, обусловлена уникальной способностью клеток хрусталика активировать программы саморазрушения и останавливать их перед самым завершением этого процесса [4]. Каким образом клетки хрусталика становятся прозрачными? Ответив на вопрос, ученые могли бы разработать новые подходы к предотвращению катаракты (помутнению хрусталика), возникающей более чем у половины людей старше 65 лет. Спасительное средство одно – хирургическое удаление хрусталика и его замена искусственным имплантатом. Но и после такой процедуры у значительной части пациентов возникают осложнения, требующие повторной операции. Катаракта поражает в первую очередь пожилых людей, у которых любое хирургическое вмешательство вызывает сильную тревогу [2]. Разработка метода, позволяющего приостанавливать образование катаракты или даже поворачивать ее развитие вспять, стала бы для человечества спасительной. Понимание механизмов, помогающих клеткам хрусталика необычайно тонко контролировать процесс саморазрушения, могло бы подсказать ученым и новые пути лечения заболеваний, характеризующихся массовой гибелью клеток, – болезней Альцгеймера и Паркинсона, а также хронических инфекций, например СПИДа. Плотный, эластичный и абсолютно прозрачный хрусталик глаза – настоящее чудо природы. Его малейшее потемнение

превращает зрительный мир человека в хаотическое скопище вспышек, теней и искаженных образов. Причем когда его клетки приобретают даже легкую окраску, мы перестаем различать оттенки цветов. Прозрачность хрусталика обусловлена его структурой и необычной программой развития [1]. Клетки сформировавшегося хрусталика имеют высокоупорядоченное расположение, ограничивающее рассеяние света. В процессе развития клетки освобождаются от непрозрачного, иницируя программу саморазрушения. Они растворяют свои внутренние структуры, но в последний момент воздерживаются от самоубийства [3]. Прозрачность – весьма необычное свойство живой ткани. Клетки содержат такие внутренние структуры (органеллы), как ядро, где хранится ДНК, митохондрии, вырабатывающие энергию, аппарат Гольджи и эндоплазматический ретикулум, участвующие в синтезе белков и липидов. Каждая структура имеет свой коэффициент преломления, а области, где он изменяется, выглядят непрозрачными. Кроме того, некоторые клетки поглощают свет определенных длин волн и, таким образом, приобретают окраску. Характерный алый цвет придает эритроцитам крови гем в молекуле гемоглобина. Поскольку наши органы и мышцы наполнены кровью, они выглядят окрашенными в различные оттенки красного. И, наконец, многие клетки (особенно кожи и волос) содержат меланины – пигменты, чей цвет варьирует от красного до черного. В хрусталике нет ни меланинов, ни крови [7]. Это связано с тем, что практически во всех тканях клетки и волокна ориентированы друг относительно друга под различными углами и поэтому рассеивают свет. Хрусталик состоит из клеток только одного типа, и расположены они в строго определенном порядке. После запрограммированной гибели органелл клетки хрусталика остаются живыми, однако вместе с ядром они лишаются всех генетических программ. В отличие от клеток других тканей, они полностью теряют способность к восстановлению, что делает хрусталик очень уязвимым [5,6]. Так, например, сильное обезвоживание может вызвать слипание кристаллинов, что приведет

всего за несколько недель к разрушению клеток и их превращению в бесформенную массу – катаракту. Коэффициенты преломления образовавшегося пятнышка и остальной части хрусталика отличаются, и в поле зрения человека возникает мутное пятно. Мелкие повреждения могут накапливаться в хрусталике и при отсутствии обезвоживания. У многих людей катаракта развивается в результате регулярного воздействия высоко реактивных молекул (например, свободных радикалов), ультрафиолетового излучения или многолетнего повышения уровня сахара в крови вследствие диабета [8].

Первые упоминания об операциях по удалению помутненных хрусталиков относятся к 1800-м гг. до н.э. и содержатся в своде законов вавилонского царя Хаммурапи. Древнеегипетские тексты, а также средневековые европейские и исламские рукописи описывают операции по отсечению хрусталика от ресничной мышцы глаза и внедрению его в стекловидное тело – густую прозрачную жидкость в задней части глазного яблока. Хотя процедура и снимала с глаза пелену, он утрачивал способность фокусировать лучи света на сетчатке. В результате после операции пациенты могли видеть только размытые очертания предметов, как если бы они смотрели под водой. В XVII–XVIII вв. были изобретены специальные очки, компенсировавшие ослабление зрения, но современные искусственные хрусталики сделали их ненужными. Только в США ежегодно проводится более 1 млн. операций по удалению катаракты. Сегодня процедура занимает не более 45 минут и завершается успехом в 100% случаев.

Однако, стареющий хрусталик подвержен не только развитию катаракты – с возрастом он желтеет. В нем постепенно накапливаются белки, поглощающие синий и зеленый свет и не пропускающие лучи к сетчатке. Лишь красный, желтый и коричневый свет достигают цели, что значительно меняет зрительное восприятие человеком окружающего мира. Развивающаяся катаракта глаза человека диктует необходимость поиска

методов лечения, направленных на обратимость процессов помутнения хрусталика [1]. Сегодня лечение только хирургическое, имплантация. Но поиск методов выращивания хрусталика не оставляет умы исследователей. Тем не менее, выращивание хрусталика невозможно, при попытках вырастить его из стволовых клеток эктодермы он на самых ранних этапах подвергается катарактогенезу [9]. Как мы считаем, это происходит от недостаточности знаний механизмов развития хрусталика в онтогенезе человека. Клеточные взаимодействия в развитии структур переднего полюса глаза человека не изучены [10]. Также неизвестны механизмы развития цинновых связок. Отсюда актуальность выполненного исследования.

**Цель исследования.** Изучение морфологии развивающегося хрусталика для улучшения диагностики, повышения эффективности лечения и прогнозирования заболеваний хрусталика глаза человека, а также поиска рекомендаций для выращивания хрусталика из стволовых клеток.

**Задачи исследования:** 1. Изучить развитие глаза человека в пренатальный период. 2. Установить особенности структуры глаза человека в эмбриональный, фетальный и плодный периоды. 3. Установить клеточные взаимодействия в развитии структур хрусталика и окружающих хрусталик цилиарного тела, радужки и стекловидного тела для направленной индукции при выращивании хрусталика в искусственных условиях в последующей работе.

**Материал и методы:** Изучены архивы срезов 17 глаз эмбрионов и плодов человека. Используются классические гистологические методы исследования с окрашиванием г/э; Veronica blue и импрегнация серебром и иммуногистохимические методы на выявление CD 68, CD163, CD 204, TUNEL-метод на выявление апоптозирующих клеток, Iron hematoxilin. Анализ материала проведён с помощью микроскопа Olympus –Вх51 и цифровой камеры CD25 с фирменным программным обеспечением.

**Результаты собственных наблюдений:** Установлены периоды развития хрусталика: 1. закладка; 2. дифференцировка клеток; 3. гистогенез ткани хрусталика. Отмечено, как и другими авторами, что хрусталик развивается из двух источников : 1. капсулярные клетки- эктодермального происхождения, из них выселяются клетки, располагающиеся подкапсулярно; центральная, экваториальная часть и задний полюс представлены также клетками радиальной глии. На экваторе и переднем полюсе глиа располагается в поперечном направлении, а на заднем полюсе – сагиттально. Возможный источник- мигрирующая глиа сетчатки. Таким образом, идентифицировались 2 дифферона клеток: эктодермальный и нейроглиальный. Дополнительное подтверждение наличия второго дифферона клеток глиальной природы в формирующемся хрусталике получено с помощью реакции на белок S100, маркирующей глиоциты.

#### **Литература:**

1. Рева Г.В. Развивающийся глаз. Дальпресс. 1998. -265 с.
2. Рева Г.В., Гапонько О.В., Ващенко Е.В., Кислякова И.С. Особенности морфогенеза хрусталика глаза человека. //Фундаментальные аспекты компенсаторно-приспособительных процессов. - Новосибирск, 2009, - С. 200-201.
3. Рева Г.В., Гапонько О.В., Ващенко Е.В., Кислякова И.С. Строение хрусталика глаза человека. //Фундаментальные аспекты компенсаторно-приспособительных процессов.- Новосибирск, 2009. – С. 205-207.
4. Рева Г.В., Гапонько О.В., Ващенко Е.В., Рева И.В. Гиалоциты глаза человека. //Аллергология и иммунология.- Москва.-2009, том 10, №1.- С.140-141.
5. Рева Г.В., Гапонько О.В., Филина Н.В., Кислякова И.С. Строение хрусталика глаза человека. //Сборник научных трудов Проблемы и перспективы современной науки, -Томск.-2009.- том 2, №2. – С.19.
6. Рева Г.В., Гапонько О.В., Ващенко Е.В. Строение хрусталика глаза человека. // Успехи современного естествознания. – 2009. – № 1 – С. 49-51.
7. Рева Г.В., Гапонько О.В., Куликова Е.С., Новиков А.С., Ващенко Е.В.. Особенности развития бессосудистых структур глаза человека в

- онтогенезе. //Ж. "Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований".- 2011 год.- №10 .-с.90.
8. Гапонько О.В., Куликова Е.С., Новиков А.С. Морфогенез бессосудистых структур глаза человека в онтогенезе.// Тихоок. мед. жур.- Владивосток, 2011.- №3. –С. 14-15.
  9. Гапонько О.В., Куликова Е.С., Новиков А.С. Особенности развития бессосудистых структур глаза человека в онтогенезе. //Международ. жур. прикладных и фундамент. исслед.- Москва, 2011.- № 10.-С.90.
  - 10.Рева Г.В., Гапонько О.В., Новиков А.С., Куликова Е.С., Ан Е.А. Концепция развития хрусталика глаза человека. // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 12 (Электронный журнал) URL: [www.science-education.ru/95-4569](http://www.science-education.ru/95-4569) (дата обращения: 20.11.2011).