

## Повреждающее действие ультрафиолетового и видимого света на глаза

П.Р.Ньюсам, М.Л.Ромеу, М.Сегьюти, С.Стенсон, В.Джассейн (Transitions Optical)

### Природа ультрафиолетового света

Видимый свет составляет ту часть спектра электромагнитного излучения, которая воспринимается нашим зрением (рис.1.). Он занимает довольно узкий диапазон полного спектра. По одну сторону от него находятся коротковолновое излучение (ультрафиолетовое, УФ-излучение), по другую — длинноволновое (инфракрасное) излучение. Все излучения вне видимого диапазона не воспринимаются человеческим глазом.

Для зрения и здоровья глаз наиболее важными участками всего спектра электромагнитных излучений являются диапазоны видимого света и УФ-излучение. Главным источником УФ-излучений является Солнце, хотя имеются и другие источники в окружающей среде (например, дуга электросварки, кабины для загара, некоторые лампы искусственного света). Менее 10% всей энергии, испускаемой Солнцем, приходится на УФ-излучение. Большая часть этого УФ-излучения либо поглощается, либо рассеивается назад в космическое пространство атмосферой Земли, так что очень малая его часть достигает поверхности Земли. Однако даже это малое количество УФ-излучения представляет угрозу для окружающей среды и здоровья как в ближайший, так и в отдаленный периоды времени. Риск повреждающего действия УФ-излучения на глаза может быть особенно велик.

Согласно Американскому институту национальных стандартов (ANSI) и Международной организации по стандартизации (ISO), УФ-диапазон спектра электромагнитных излучений включает излучения с длиной волны от 100 до 380 нм. Он подразделяется на 4 поддиапазона:

- УФ-V (100-190 нм): практически не проникает в биосферу
- УФ-C (190-280 нм): незначительно проникает в биосферу, большая часть радиации поглощается или рассеивается кислородом, азотом и озоном атмосферы
- УФ-B (280-315 нм): проникает в биосферу в большей степени; количество радиации, достигающей поверхности Земли, зависит от концентрации озона
- УФ-A (315-380 нм): наибольшее проникновение в биосферу; очень слабо зависит от концентрации озона.

При прохождении солнечной радиации через атмосферу большая часть УФ-V и УФ-C излучений и примерно 90% УФ-B излучения поглощаются озоном, парами воды, кислородом и двуокисью углерода. Из всех диапазонов УФ-излуче-

*P.R.Newsome, M.L. Romeu, M.Seguiti, S. Stenson, W. Yassein. The effects of ultraviolet and visible light on the eye.*

This article reviews the characteristics of ultraviolet radiation (UVR), proposed mechanisms for UVR-induced damage to ocular tissues, and suggestions on how UVR can be effectively filtered both inside and outside the eye. Common ocular diseases in which UVR has been implicated include cataract, pterygium, macular degeneration, photokeratitis, pinguecula, and tumors of the eyelid. The most obvious and effective way to protect skin and eyes from UVR is by limiting exposure.

ния атмосфера оказывает наименьшее воздействие на УФ-A излучение. УФ-излучение, достигающее поверхности Земли, состоит в основном из УФ-A излучения и небольшого количества УФ-B. Уровни этих излучений зависят от высоты положения Солнца над горизонтом, географической широты, высоты над уровнем моря, облачности, концентрации озона и отражающей способности поверхности. [1]

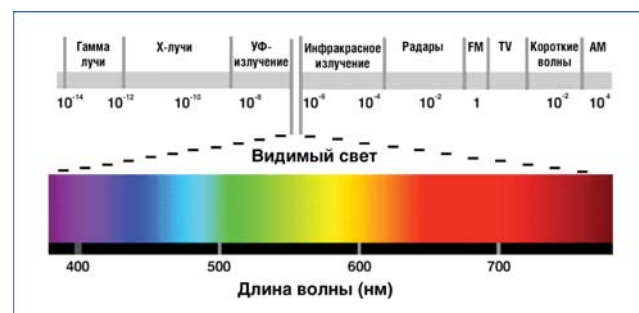


Рис.1. Спектр электромагнитных излучений

### Как УФ-излучение вызывает повреждения Повреждение на молекулярном уровне

УФ-излучение может быть высокотоксичным для клеток; в диапазоне средних длин волн максимальной эффективностью в отношении гибели клеток обладают излучение с длиной волны около 260 нм. Нуклеиновые кислоты клеток сильно поглощают излучения в этой области. Эти длины волн, излучаемые электродуговыми лампами с парами ртути, ксенона или водорода, высоко эффективны при анти-

бактериальной очистке воздуха. Поскольку проникновение видимого света и УФ-излучения в ткани тела минимально, то их поверхностное действие на кожу и глаза исключительно важно.

Механизмы повреждающего действия УФ-излучения включают молекулярную дефрагментацию и образование свободных радикалов. [2] Молекулярная дефрагментация происходит в белках, ферментах и нуклеиновых кислотах, двойные связи которых возбуждаются под действием УФ-облучения. С увеличением интенсивности УФ-излучения эффект возрастает; в итоге двойные связи разрываются, и молекулы белка повреждаются. Вновь образовавшиеся молекулы могут вызвать воспаление, трансформацию неопластических клеток или воздействовать на иммунную систему.

Индукцированное светом повреждение тканей путем образования свободных радикалов включает 3 компонента: поглощающую свет молекулу, кислород и коротковолновое УФ-излучение. Образование свободных радикалов происходит в пигментированных молекулах, которые поглощают свет и УФ-излучение определенной длины волны. Эта фотоабсорбция, в конечном счете, повышает энергетический уровень, и состояние молекулы становится нестабильным. Молекула испускает электрон, который может соединиться с кислородом и образовать молекулу с избыточным количеством электронов, называемую свободным радикалом. Свободные радикалы могут разрушать клеточные мембраны, мембраны митохондрий и нуклеиновые кислоты и вызывать повреждения ткани.

### Повреждение на тканевом уровне

Так как проникновение УФ-излучения ограничено поверхностными тканями тела, то кожа и глаза в первую очередь подвержены риску повреждений, индуцированных УФ-излучением. Эти повреждения могут происходить как в ближайший, так и в отдаленный период времени; первые зависят от интенсивности острого облучения, а вторые — от комбинации длительности облучения и суммарной дозы УФ-облучения, накопленной за время всего УФ-воздействия. Эффекты УФ-облучения кожи широко известны и интенсивно изучаются.

Вероятно, наиболее распространенным эффектом воздействия УФ-излучения на кожу является солнечный ожог (эритема). Нежная кожа век особенно чувствительная к вредному воздействию УФ-излучения. Особенно, когда нет адекватной защиты этой области тела от солнечных лучей. Солнечный ожог вызывается острым интенсивным УФ-облучением незащищенных частей тела. Солнечный ожог может быть вызван как УФ-А, так и УФ-В излучениями; УФ-В в большей степени приводит к ожогу и раньше вызывает характерные изменения кожи (в пределах 24 часов против 72 часов для УФ-А). Сначала происходит насыщение поверхностных кровеносных сосудов кожи, вызывающее локальное покраснение и отек. Поврежденная кожа начинает причинять боль и приобретает повышенную чувствительность к прикосновениям. При более сильном повреждении могут образовываться волдыри с неравномерным слущиванием клеток на поврежденных участках кожи. В процессе восстановления эпидермальные клетки пролиферируют, выделяется меланин (создавая тем самым загар) и происходит утолщение кожи. Со

временем цвет кожи и ее состояние возвращаются в норму, но многократно повторяющийся загар может привести к кумулятивному повреждению в отдаленный период. Наиболее важными эффектами при этом являются фотостарение и рак кожи. Связь между УФ-облучением и злокачественными кожными новообразованиями впервые была описана в 1928 г. [3] Полагают, что механизм связан с мутагенной активностью УФ-излучения, но точного объяснения роли УФ-излучения в индуцировании рака кожи до сих пор нет. Считают, что немеланомный рак кожи связан с кумулятивным УФ-В облучением, в то время как меланома ассоциируется с более острым интенсивным воздействием УФ-радиации. Фотостарение (образование морщин и утолщение кожи) обычно связывают с УФ-А облучением, так как оно более глубоко проникает в дерму и подкожные слои (УФ-В излучение не проникает намного глубже эпидермиса).

### УФ-излучение и повреждение тканей глаза

Как и для других тканей, особенно кожи, для тканей глаза имеется 2 механизма УФ-повреждений: дефрагментация молекул и образование свободных радикалов. [2] Специфические изменения, наблюдаемые при остром интенсивном воздействии, отличаются от повреждений, вызванных пролонгированным облучением.

Солнечное излучение, особенно в верхнем диапазоне УФ-излучений (280-380 нм) и видимой части спектра (380-780 нм), может вызывать разные вредные для глаз эффекты. Глазное яблоко расположено в орбите и защищено ее костями, бровями, веками и ресницами. Яркий свет вызывает прищуривание и сужение зрачка, что приводит к уменьшению количества попадающего в глаз света. Однако эффективность этого естественного защитного механизма в отношении УФ-излучений недостаточна и может быть сильно ограничена при интенсивном прямом свете или в условиях отражения света от песка, воды или снега.

Острое интенсивное УФ-облучение без защиты вызывает фотокератит, вид ожога роговицы. Снежная слепота является одной из его форм, как и повреждение роговицы, наблюдаемое после применения кабин для загара. Другим примером острой патологии глаза, связанной с УФ-облучением, является солнечная ретинопатия, наиболее часто ассоциируемая с прямым, без какой-либо защиты, наблюдением солнечных затмений.

Хроническое воздействие УФ-излучения может быть причастно к таким представляющим угрозу для глаз патологиям, как птеригий, катаракта и возрастная дегенерация макулы (ARMD). Большая часть УФ-В излучения поглощается роговицей. УФ-А излучение, в основном, поглощается хрусталиком, но может проникать и глубже в глаз, потенциально угрожая повреждением сетчатки. Хотя только небольшие количества УФ-А и УФ-В излучений проникают внутрь глаза, но они являются клинически значимыми из-за высокой чувствительности тканей глаза к повреждающему действию УФ-излучений. [4]

### Чувствительность к образованию УФ-повреждений

Хотя воздействие УФ-излучения представляет угрозу для всех, некоторые люди к нему более чувствительны. Дети, пожилые люди, люди со слабой пигментацией или кареглазые, с

афакией, с некоторыми типами псевдоафакии, а также те, кто принимает препараты, повышающие светочувствительность — относятся к группе повышенного риска. [2]

• *Дети.* Поскольку хрусталик детей до 10-летнего возраста особенно прозрачен, то он не является эффективным защитным фильтром для УФ-излучения, что делает сетчатку более подверженной вредному воздействию УФ-радиации. [4] Чувствительность детей к УФ-облучению возрастает еще значительно из-за того, что дети по сравнению со взрослыми гораздо больше времени проводят на открытом воздухе. Считают, что 80% накопленной за все время жизни дозы УФ-облучения люди получают в возрасте до 18 лет. [5] Более того, хотя большинство корректирующих очков обеспечивают определенную защиту от УФ-излучения, мало детей этого возраста носят корректирующие очки и еще меньше носят корректирующие солнцезащитные очки. По оценкам, 16% детей до 18 лет носят корректирующие очки, и только у 11% есть корректирующие солнцезащитные очки. Поскольку более 75% УФ-излучения проникает через детский хрусталик, достигая сетчатки, то ношение линз со 100% защитой от УФ-А и УФ-В излучений становится исключительно важным для детей. [5]

Маленькие дети почти полностью зависят от родителей и других взрослых, наблюдающих за их поведением на улице и за их защитой от УФ-облучения, и хотя необходимость защиты кожи для этой возрастной группы хорошо осознается взрослыми, удивляет незнание необходимости одновременной защиты от УФ-излучения глаз детей. Более того, дети обычно ведут активный образ жизни, часто без непосредственного присмотра со стороны родителей, поэтому нет легкого способа обеспечить детей надежной защитой от УФ-облучения в течение большей части времени. Чтобы обеспечить повышение общего уровня осведомленности населения об опасности УФ-облучения, Американская ассоциация здравоохранения рекомендовала Министерству здоровья и профессиональной безопасности включить информацию о вредном воздействии УФ-радиации как в частные, так и правительственные программы по здоровью и программы предупреждения заболеваний. [6] Эти организации также поощряют усилия других организаций, например, Американской медицинской ассоциации, объединений других специалистов в сфере здоровья по просвещению населения в вопросах необходимости уменьшения вредного воздействия УФ-радиации на здоровье и принятия необходимых мер по защите детей от УФ-излучения.

• *Пожилые люди.* Повреждение тканей под действием света, в конечном счете, зависит от ряда фотохимических реакций. С возрастом концентрация некоторых молекул-протекторов, которые отфильтровывают опасные длины волн, уменьшается. В самом деле, развитие ARMD и катаракты может быть связано с комбинированным действием накопленной дозы УФ-облучения и уменьшения числа молекул-протекторов.

• *Пигментация.* В зависимости от реакции на солнечное облучение различают 6 различных типов кожи: от I (светлый цвет кожи, голубые глаза, веснушки, на солнце сильно обгорает, загар очень слабый или вовсе не образуется) до VI (черная кожа, никогда не обгорает, сильный загар) (Табл.1). [7] Были предприняты попытки разработать аналогичную

классификацию типов глаз и чувствительности к солнечному облучению на основе цвета радужки. У людей с голубыми глазами значительно более высокая частота ARMD, чем у кареглазых пациентов. [8] Было высказано предположение, что отсутствие пигментации радужки уменьшает степень защиты от УФ-излучения. Однако темная пигментация и/или карий цвет глаз не обеспечивают в полной мере защиту от солнечного излучения. Люди с карими глазами, по-видимому, более склонны к катаракте [9, 10], а голубоглазые к ARMD [8], хотя в других исследованиях удалось только продемонстрировать связь между светлой кожей и географической атрофией (разновидностью ARMD), а не между цветом радужки и этой патологией. [11] У людей, живущих в тропиках, была также обнаружена высокая частота заболеваемости птеригием для карих глаз.

• *Афакия и псевдоафакия.* Хрусталик человека может быть эффективным фильтром УФ-излучения, начиная со взрослого возраста. До 10 лет нормальный хрусталик пропускает более 75% падающего на него УФ-излучения, в то время как после 30 лет — только 10%. [5] У пожилых людей с катарактой (особенно с ядерной склеротической катарактой, которая вызывает интенсивное пожелтение хрусталика), вызывающей проблемы со зрением из-за уменьшения светопропускания через помутневший хрусталик, катаракта сама может выполнять защитную функцию для сетчатки. Когда катаракту удаляют хирургическим путем, эта защита пропадает, и чувствительность сетчатки к УФ-излучению увеличивается, если не был имплантирован искусственный хрусталик (ИОЛ) с УФ-защитой или не были предписаны защитные очки для постоперационного ношения. Предполагают, что даже сама операция на глазе — удаление катаракты или другая интраокулярная операция — может повысить риск поражения сетчатки, если во время операции не были приняты специальные меры, чтобы защитить сетчатку от интенсивного освещения, используемого во время процедуры.

В большинстве операций по удалению катаракты, проведенных в последние десятилетия, имплантация ИОЛ стало интегральной частью хирургической процедуры. Для имплантантов хрусталика использовались разные материалы, но только недавно стандартом стали ИОЛ с УФ-защитой. В журнале *Ophthalmology* было опубликовано исследование эффективности защиты от УФ-излучения разных ИОЛ. Показано, что практически все исследованные хрусталики с УФ-защитой были эффективны в отношении УФ-В (280-320 нм) и УФ-С (200-280 нм). Однако некоторые ИОЛ из силикона, полиметилметакрилата и акрила неспособны поглощать УФ-А излучение (315-380 нм), оставляя сетчатку без защиты от этих потенциально опасных длин волн. [12]

• *Препараты, повышающие светочувствительность.* Повышающие светочувствительность агенты — это химические соединения, молекулы которых содержат множественные кольцевые структуры с переменными двойными связями, способными поглощать УФ-излучение и коротковолновой диапазон видимого света. В результате этого процесса образуются свободные радикалы, которые могут повредить ткани. Когда эти соединения накапливаются в хрусталике или на сетчатке, то их ткани становятся более восприимчивыми к повреждению. В список широко распространенных препаратов, повышающих светочувствительность, входят: оральные контрацепти-

**Таблица 1.** Типы кожи в зависимости от реакции на солнце

Тип кожи	Солнечные ожоги	Загар после пребывания на солнце
I (мелано-дефицитный)	Всегда	Редко
II	Обычно	Иногда
III (мелано-компетентный)	Иногда	Обычно
IV	Редко	Всегда
V (мелано-протективный)	Коричневый от природы цвет	
VI	Черный от природы цвет	

вы, фенотиазины, 8-метоксипсорален, аллупуринол, тетрациклины, а также гематопорфирины, используемые в фототерапии.

### Хроническое УФ-облучение и глаз

При хроническом УФ-облучении важна суммарная доза. Глаз может сам регулировать пропускание УФ-излучения. [13] Это особенно важно для хрусталика глаза человека, который играет основную роль в защите от света и не позволяет всему свету достигать сетчатки. Эта способность хрусталика ограничивать пропускание УФ-излучения очень важна, так как сетчатка более чувствительна к повреждающему действию УФ-излучения, чем видимого света. [13] Защитная способность хрусталика достигается путем установления низких уровней кислорода, при которых снижается фотоокислительная и окислительная активность, путем рассеивания энергии поглощенного света посредством неструктурных механизмов. Поглощение света 3-гидроксикинуруенином (3-НKG), метаболита триптофана, препятствует проникновению УФ-излучения до сетчатки. С возрастом количество 3-НKG уменьшается; однако защитное действие хрусталика возрастает. В исследовании, проведенном Gaillard с коллегами [13], показано, что это является результатом фотохимических изменений, а не просто следствием процесса старения. Имеются предварительные данные, свидетельствующие, что курение сигарет влияет на естественную способность хрусталика пропускать УФ-излучение. [14] Это может помочь объяснить повышенную частоту катаракты у курильщиков.

### Как происходит защита от УФ-излучения

Ультрафиолетовые лучи только частично ослабляются атмосферой, часть их достигает поверхности Земли и может вызвать повреждение глаз. Кроме поглощения УФ-излучения озоновым слоем атмосферы, различные структуры глаза, включая роговицу, хрусталик и стекловидное тело, также защищают от УФ-излучения и видимого света, пропуская к сетчатке лишь незначительную их часть.

### Защита глаз от УФ-излучения

Брови, кости орбиты, веки и ресницы являются внешними барьерами глаза, защищающие его от попадания УФ-излучения. Когда УФ-лучи уже достигли глаза, дополнительные барьеры создаются структурами самого глазного яблока с главной целью защитить сетчатку. [15] Различные структуры переднего и заднего отрезков глаза пропускают различное количество света в зависимости от длины волны. Обыч-

но больше света пропускается при увеличении длины волны от УФ-излучения до видимого света, и далее до инфракрасного излучения, в то время как поглощение света глазом обратно пропорционально длине волны.

На глаз воздействует как прямой, так и рассеянный солнечный свет. Рассеянный свет потенциально даже больше опасен, чем прямой, так как он попадает в глаз с различных направлений и не блокируется защитными механизмами, которые препятствуют попаданию в глаз только прямого солнечного света. Кроме того рассеянный свет содержит более короткие волны, которые обладают более высокой повреждающей способностью. [16] Из-за относительно более высокой проникающей способности рассеянного солнечного УФ-излучения полагают, что от 1/6 до половины рассеянного УФ-излучения попадает в глаз, несмотря на защитные механизмы глаза. [16] Исследования на модельных животных показали, что максимально допустимая доза для 300 нм приблизительно равна 2,2 кДж/м<sup>2</sup> [17]. Эту оценку можно использовать при разработке защитных линз и других приспособлений для защиты глаз от УФ-излучений.

### Защита от УФ-излучений вне глаза

Хотя имеются и искусственные источники УФ-излучений, основной вклад дает Солнце. Солнечный свет сначала поглощается озоновым слоем. [2] Начавшееся в прошлом веке истощение озонового защитного слоя, связанное с загрязнением окружающей среды, создало кризисную ситуацию для здоровья. Уменьшение озона на каждый 1% приводит к увеличению примерно на 1% достигающего поверхности Земли УФ-излучения [2], причем УФ-В излучение (280-315 нм) составляет большую его часть, а УФ-А (315-380 нм) – меньшую. [18] С пониманием роли УФ-излучения в повреждении тканей, особенно кожи и глаза, потенциальная опасность продолжающегося истощения озонового слоя вызывает тревогу (рис.2). [5]

### Патологии глаза, связанные с УФ-излучением

#### Катаракта

Формально любая потеря нормальной прозрачности хрусталика, ограничивающая прохождение света, может рассматриваться как катаракта. Согласно этому определению, катаракту можно считать естественным возрастным изменением; у большинства людей старше 60 лет выявлена та или иная форма катаракты. Если это строгое определение катаракты изменить, добавив любую потерю нормальной прозрачности, которая негативно влияет на зрение или зритель-



ную функцию, то тогда возможна более реалистическая оценка частоты *ухудшающих зрение* катаракт. Предложено несколько методов классификации катаракт. Обычно, эти методы стремятся либо количественно оценить степень помутнения хрусталика, либо установить корреляцию с конечными зрительными симптомами. Одной из распространенных систем классификации является Lens Opacities Classification Systems (LOCS II), в которой используются различные 4 характеристики катаракты, градуированные по отношению к их значениям в норме. [19]

Катаракта является главной причиной слепоты в мире. [20] В нормальном глазу свет проходит через хрусталик, чтобы сфокусироваться на сетчатке. Хрусталик состоит, в основном, из воды и белка. Белок структурирован таким образом, чтобы обеспечить свободное прохождение света через хрусталик для фокусирования его на сетчатке. Когда белок денатурирует, в хрусталике образуются области помутнения, которые препятствуют попаданию света на сетчатку [21] (рис.3).

Различные факторы могут повлиять на белок хрусталика и метаболизм в течение жизни. Один из них – естественное старение. Другие факторы могут ускорять процессы старения и ускорять помутнение хрусталика. [22].

Катаракту можно классифицировать по площади помутневшей поверхности хрусталика. Среди распространенных типов катаракты описаны следующие:

- **Ядерная.** Характеризуется прогрессирующим помутнением или пожелтением ядра хрусталика, часто вызывающим снижение зрения как из-за уменьшения прозрачности хрусталика, так и из-за развития миопии, и в результате превращающимся в бурю катаракту.
- **Кортикальная.** Характеризуется образованием помутнений, напоминающих морозные узоры на окне или лучистые фигуры, в передней и задней кортикальных зонах хрусталика; часто связана с нарушением зрения и иногда с монокулярной диплопией.
- **Задняя субкапсулярная.** Характеризуется напоминающим по виду медовые соты помутнением на или около задней капсулы хрусталика. Когда она развивается на линии зрачка, то происходит искажение зрения с заметным снижением остроты зрения в условиях, когда зрачок сужен, например, при чтении или на ярком свете.

У большинства людей, как правило, наблюдают комбинированные типы катаракты.

#### **Частота встречаемости катаракты**

Ежегодно в США диагностируется от 300000 до 400000 катаракт, ухудшающих зрение. Операции по поводу удаления катаракты являются самым распространенным видом операций в этой стране. [23] В исследовании Framingham Eye Study распространенность возрастных изменений хрусталика составила 42% для возрастной группы от 52 до 64 лет. [24] Эта цифра возрастает до 91% в группе от 75 до 85 лет. Полностью сформировавшаяся катаракта наблюдалась в 4% в первой группе и в 50% во второй. [24] Исследование глаз, проведенное в рамках «Обследования здоровья нации и проверки продуктов питания» (NHANES), показало, что приблизительно 60% населения в возрасте от 65 до 74 лет имеет обнаруживаемые помутнения хрусталика, а у 28% в этой воз-

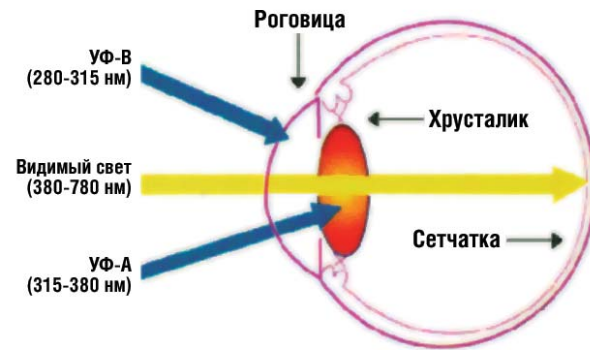


Рис.2. УФ-излучение и ткани глаза

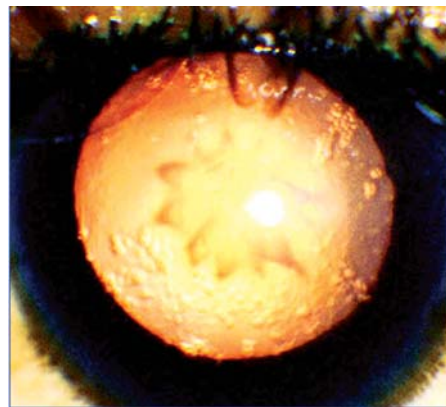


Рис.3. Катаракта при ретроосвещении

растной группе были выявлены помутнения, которые значительно ухудшали зрение. [24]

Данные, собранные во время повторного обследования участников первичного исследования Framingham Eye Study, показали, что непрозрачность хрусталика через 13,6 лет была выявлена у 50% пациентов, не имеющих ее при первичном обследовании, и чей возраст тогда составлял 55-59 лет. Эта оценка увеличилась до более чем 80% для возрастной группы от 70 до 74 лет в момент первичного обследования. Связь катаракты с увеличением возраста здесь очевидна.

#### **Эпидемиология и факторы риска**

Поскольку катаракта, по крайней мере, в определенной степени является возрастным изменением, то неудивительно обнаружить, что риск развития катаракты увеличивается с возрастом. [25, 26] В исследовании [27] показано, что частота катаракты на одном или двух глазах составила 42% в возрасте 60-69 лет и возросла до 55,7% для людей в возрасте 70-79 лет. В другой работе [28] сообщается о наблюдении катаракты на одном или двух глазах у 41,6% людей в возрасте 76-85 года и у 65,2% в возрасте старше 85 лет. Катаракта обычно бывает на обоих глазах, но нередко катаракта выражена более интенсивно на одном глазу, чем на другом, или она прогрессирует быстрее на одном глазу. [29]

В разных исследованиях были установлены возможные факторы риска для развития возрастной катаракты. [25] Результаты исследования Framingham Eye Study [25] свиде-

тельствуют, что риск образования старческой катаракты может увеличиваться при наличии следующих факторов:

- Повышенного содержания сахара в крови
- Высокого артериального давления (АД)
- Повышенного уровня сывороточных фосфолипидов
- Факторов, обычно связываемых с физиологическим старением
- Других факторов, не имеющих очевидной связи.

Зависимость от этих факторов, однако, имеет эпидемиологический характер и не предполагает прямой причинной связи.

Данные, полученные в NHANES, были изучены с целью выявления статистически достоверных зависимостей между возрастной катарактой и различными факторами. [25, 26] В исследованной группе из 2225 человек катаракта была у 413 (18,6%). Установлена статистически значимая связь катаракты с возрастом, расой, образованием, диабетом, систолическим АД, УФ-воздействием и образом жизни (городская - сельская жизнь), но не с полом. Дополнительный анализ показал, что повышенный риск катаракты у жителей сельской местности может быть следствием более длительного воздействия УФ-излучения. [26]

В недавнем исследовании [20] были оценены различные эпидемиологические факторы в катарактогенезе: образование, пол, курение, алкоголь, АД, УФ-воздействие, диабет, диарея, особенности питания, профессиональная деятельность, медицинские препараты и окружающая среда. Важнейшие из обнаруженных зависимостей суммированы в табл.2.

Сообщения о более высокой частоте обнаружения катаракты в тропиках по сравнению с умеренным климатом трудно интерпретировать из-за того, что исследования проводились по-разному. Однако частота образования катаракты в штате Пенджаб (Индия) была почти в 3 раза, чем уровни, полученные в исследовании Framingham Eye Study. [24]

С точки зрения эпидемиологии интересно, что ни в одном из исследований, в которых была выявлена связь катаракты с географическим положением, не оценивали возможное

влияние индивидуальной дозы облучения глаз и других факторов риска (например, диеты, здоровья, генетической предрасположенности). Было бы неправильно делать глобальные выводы на основе данных, полученных для групп населения, которые работают и отдыхают в основном вне помещения или которые широко используют средства защиты от облучения, например, солнцезащитные очки и шляпы. В последующих исследованиях, в которых были предприняты попытки разработать более детальные модели воздействия солнечного света на глаз, повышенный риск кортикальной катаракты был связан с более высокой индивидуальной дозой УФ-облучения. [26] И наоборот, обнаружено уменьшение риска катаракты при использовании защиты от УФ-излучения с помощью цветных линз, солнцезащитных очков, которые блокируют УФ-излучение, или шляп.

Хотя современные операции по удалению катаракты проводятся с высокой вероятностью успеха, и, как правило, с полной и быстрой реабилитацией зрения после операции, остается фактом, что с клинической точки зрения наилучшим подходом к решению проблемы катаракты является ее предупреждение. Из всех факторов, вовлеченных в катарактогенез, УФ-воздействие является наиболее очевидным. Ограничение УФ-облучения, особенно в детские наиболее уязвимые годы жизни, когда УФ-облучение максимально и риск наивысший, — это лучший способ предупреждения катаракты. Однако предупреждение будет эффективным только тогда, когда пациенты знают о возможных рисках и имеются способы защитить их. Лучше всего, чтобы специалисты, занимающиеся проблемами здравоохранения, обеспечили, чтобы все пациенты знали о потенциальной опасности УФ-облучения и как им самим защититься от него. Имеется много путей для доведения до людей этой информации; однако наибольший эффект будет, если эта информация придет прямо от доктора к пациенту.

Эффективная охрана зрения не означает, что пациент должен избегать света и жить в темноте. Блокирующие УФ-излучение очки обеспечивают прекрасную защиту глаз и область вокруг глаза. Важно однако осознавать, что не все солнцезащитные очки одинаково эффективны в отношении

Таблица 2. Факторы риска катаракты [20, 25]

Фактор	Данные
УФ-облучение	Установлено, что является одним из важнейших независимых факторов образования катаракты
Пол	Незначительно повышенный риск у женщин, особенно кортикальной катаракты
Курение	Повышенный риск помутнения хрусталика у курильщиков (возможно, связан с ослаблением из-за курения антиоксидантных защитных механизмов)
Алкоголь	В нескольких исследованиях установлена связь катаракты с употреблением алкоголя. Однако механизм влияния алкоголя на катаракту не ясен
АД/Гипертония	Связь между катарактой и АД признается, но не доказано, что АД является независимым фактором
Диабет	Врожденный: важный фактор развития диабета Приобретенный во взрослом возрасте диабет: сам возраст может играть роль главного фактора
Слабая осведомленность	Важным фактором является низкая осведомленность о возможных рисках. Эту проблему можно эффективно решить путем повышения информированности населения

защиты от УФ-излучения. Для оптимальной защиты от УФ-излучения следует применять линзы, которые отвечают международным стандартам, обеспечивающим 100% защиту как от УФ-А, так и У от Ф-В излучений. [30]

### Птеригий

Птеригий — это хроническое воспаление поверхности глаза, характеризующее инвазией и разрастанием лимба и периферической роговицы в результате утолщения и васкуляризации ткани, начинающихся от границы с конъюнктивой. Этот процесс имеет две стадии, которые включают хроническое воспаление, деление клеток, перерождение соединительной ткани и ангиогенез с образованием новых кровеносных сосудов (рис.4). [31] Птеригий можно рассматривать как репрезентативный индикатор УФ-облучения. Птеригий наиболее часто можно наблюдать на назальной стороне лимба. (Темпоральный птеригий также имеет место, но почти всегда вместе с назальным и он выражен слабее.) Интересный механизм был предложен для объяснения неодинаковой частоты распределения птеригия, основанный на том, что периферический свет, направленный к темпоральной части лимба отражается наружной поверхностью глаза, что приводит к 20-кратному увеличению интенсивности света, фокусирующемуся в назальной части лимба. Интенсивность этой фокусировки зависит от формы роговицы и глубины наружной камеры глаза. [31] Имеется строгое эпидемиологическое доказательство связи дозы УФ-облучения и видимого света с развитием птеригия. Например, у жителей бассейна верхней Амазонки, где высокий уровень УФ-облучения, птеригий намного чаще распространен среди обитателей прибрежной полосы, чем у лесных жителей. [31]

С точки зрения патофизиологии птеригий характеризуется эластоидной дегенерацией глубокой ткани конъюнктивы с фиброваскулярной пролиферацией и врастанием эпителия конъюнктивы в лимб и роговицу. Гистопатология аномального коллагена в области дегенерации выявляет базофилию при прокрашивании гематоксилин-эозином (рис.5). Эта ткань также окрашивается красителями эластичных тканей, но не является настоящей эластичной тканью. [32]

### Этиология и патогенез

Факторы риска птеригия включают [32]:

- Повышенные дозы УФ-облучения, особенно в субтропическом и тропическом климате

- Профессии, связанные с длительным пребыванием вне помещений (например, фермеры, рыбаки, строительные рабочие).

По-видимому, в некоторых семьях имеется генетическая предрасположенность к развитию птеригия. Мужчины уязвимы больше, чем женщины, хотя это может быть связано с большей дозой УФ-облучения мужчин.

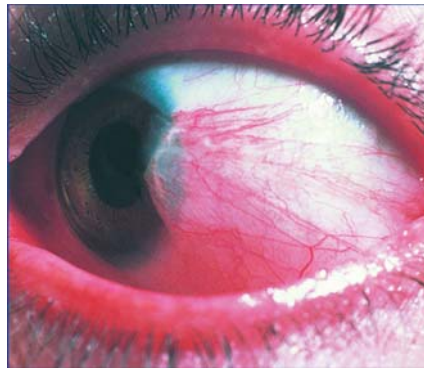


Рис.4. Птеригий

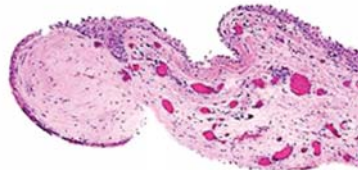


Рис.5. Гистопатология птеригия

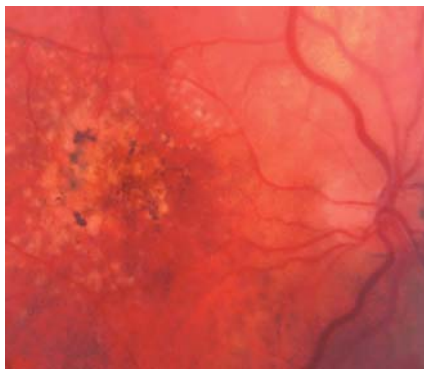


Рис.6. Возрастная дегенерация макулы

### Дегенерация макулы

Дегенерация макулы, как и катаракта, может частично рассматриваться как еще одно проявление нормального процесса старения глаза. Во многих отношениях она относится к категории заболеваний с патологией, степень которой может изменяться от незаметных изменений в нормально выглядящей макуле, вызывающих незначительное ухудшение зрения, до выраженных геморрагий, сопровождающихся рубцеванием и нарушением элементов сетчатки, приводящих к функциональной слепоте.

Возрастная дегенерация макулы (рис.6) [5] в стадии, ухудшающей зрение, была обнаружена приблизительно у 25% людей в возрасте 80 лет и старше. [33] В большом эпидемиологическом обследовании в США общий выход старческой дегенерации макулы (ARMD) составил 9%; 2% у более молодой группы (52-64 года) и 28% у старшей группы (от 75 до 85 лет). [34] При ожидаемом общем увеличении продолжительности жизни ARMD становится главной проблемой здравоохранения. Имеется 2 главных типа ARMD:

- Сухая (атрофическая или неэкссудативная): Старческие бляшки на макуле являются основным признаком этого типа дегенерации сетчатки. Другим важным клиническим признаком является нерегулярность пигментации макулы и атрофия пигментного эпителия сетчатки (RPE). Старческие бляшки обычно появляются у людей старше 50 лет, хотя могут наблюдаться и у более молодых пациентов с наследственной дистрофией центральной сетчатки. Некоторые пациенты со старческими бляшками могут иметь полностью нормальное

зрение, хотя у некоторых могут быть из-за них определенные зрительные нарушения. Часто наблюдаются дефекты решетки Амслера.

- Влажная (экссудативная): При этой форме ARMD первичной патологией является развитие хороидальной (субретинальной) неоваскулярной мембраны. Имеются также мягкие множественные сливающиеся старческие бляшки, пигментное скопление, отслоение фокального RPE. Геморрагия



(субретинальная, ретинальная и витреальная), экссудаты, рубцевание и субретинальный фиброз из-за дисковидного рубца ответственны за часто имеющую место потерю зрения при этой форме ARMD. Риск развития экссудативной ARMD для второго глаза оценивается как 10% в год (рис.7).

### Этиология и патогенез

Точная причина возникновения ARMD неизвестна. Хотя было исследовано влияние нескольких факторов, этиология ARMD остается загадкой. [35] Может играть роль фактор наследственности, так как ARMD иногда проявляет тенденцию передаваться членам семьи.

В исследовании Chesapeake Bay Waterman Study было установлено, что солнечное излучение является фактором риска развития ARMD. [11] Однако связь между ARMD и дозой солнечного облучения трудно оценить, потому что в нее может быть замешан образ жизни людей, связанный с постоянным избеганием Солнца. Исследование Beaver Dam Eye Study предоставило данные о связи с географической широтой зависимости между дозой солнечного облучения, полученной за детские годы, и частотой ранних стадий ARMD в пожилом возрасте. После учета влияния других факторов анализ данных показал, что у людей, которые проводили 5 часов и больше в день на открытом воздухе в юношеские годы или когда им было от 30 до 40 лет, риск развития ранней формы ARMD через 5 лет был в 2 раза выше, чем у тех, кто проводил на открытом воздухе меньше 2 часов в день. [11]

В исследовании Blue Mountains Eye Study оценивали связь таких факторов, как цвет волос, кожи и радужки с частотой ARMD. После поправки на возраст, пол и стаж курения никакой связи не было установлено между цветом радужки или волос с выходом ARMD. Однако по сравнению с людьми со светлой кожей у людей с очень светлой кожей наблюдалась повышенная частота географической атрофии, разновидности ARMD. [11]

### Фотокератиты/ожого

Фотокератиты — это реакция роговицы на интенсивное или чрезмерное воздействие УФ-В излучения (в диапазоне от 280 до 315 нм). При фотокератитах происходит покраснение склеры, век и кожи вокруг глаз. Хотя эти признаки обычно связаны с солнечным облучением, они могут наблюдаться и у лыжников, и тогда это состояние называют снежной слепотой. При длине волны меньше 290 нм повреждается в основном эпителий роговицы. При длинах волн между 290 и 315 нм начинают наблюдаться изменения также в эндотелии и строме роговицы. Фотокератиты могут быть вызваны как естественными (солнце и снег), так и искусственными источниками УФ-излучения.

### Этиология и патогенез

УФ-повреждение роговицы зависит от длины волны и интенсивности. [2] К искусственным наиболее распространенным источникам, вызывающим фотокератиты, относятся: дуги электросварки, дезинфицирующие лампы и лампы для загара. При длине волны 270 нм для повреждения требуется энергии всего 0,005 Дж/см<sup>2</sup>. При длине волны 320 нм повреждение вызывает энергия уже 10,5 Дж/см<sup>2</sup>. Таким образом, для коротких длин волн повреждение роговицы может быть ин-

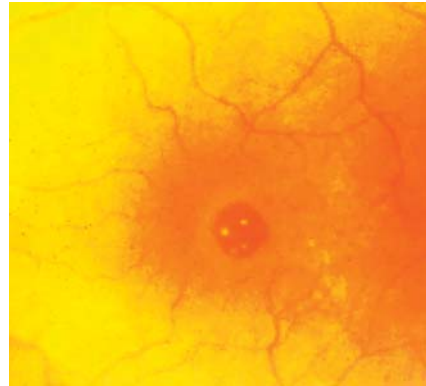


Рис.7. Дегенерация макулы (гиалиновые отложения и кровоизлияние вокруг)

дуцировано очень небольшой энергией. Нуклеиновые кислоты эпителия роговицы поглощают большую часть этого диапазона длин волн, также как и определенные аминокислоты, например, триптофан. Излучения с более длинными волнами тоже могут вызвать повреждение роговицы, если облучение будет чрезмерно интенсивным. Например, снежная слепота — это результат длительного воздействия отраженно-го от снега УФ-излучения, которое при свежем снеге может доходить до 85% от падающего УФ-излучения. [2]

Поверхностные точечные кератиты появляются через 8-12 часов после облучения. Боль обычно появляется, когда поврежденные клетки эпителия слущиваются, что вызывает характерную точечную картину при окрашивании флюоресцеином. Считают, что хроническое воздействие УФ-излучения вызывает сфероидальную дегенерацию роговицы (климатическую точечную кератопатию).

Частота фотокератитов у аборигенов Арктики составляет около 14%. [2]

### Пингвекулы

Пингвекулы — это зоны дегенерации и утолщения бульбарной конъюнктивы, которые примыкают к лимбу в области пальпебральной борозды. [32] Они возвышаются над поверхностью склеры, их цвет может изменяться от белого до желтого, и они имеют горизонтальную ориентацию. Они выглядят как молоко, и менее прозрачны, чем нормальная конъюнктивa; часто они похожи на утолщения, обычно билатеральные, и чаще расположены назально, чем темпорально.

### Этиология и патогенез

Точная этиология пингвекул неизвестна. Имеются, однако, доказательства, что они связаны с возрастом и УФ-облучением. Их наблюдают в большинстве глаз у пациентов, приближающихся к 70 годам, и почти во всех глазах в возрасте 80 лет. Полагают, что хроническое солнечное воздействие связано с работой вне помещения и близостью к экватору. В некоторых исследованиях, показано, что эта связь слабее, чем в случае с птеригием. Считают, что превалирующее назальное расположение связано с отражением света от носа в назальную область конъюнктивы. [32]

*Во второй части публикации будут рассмотрены основные типы опухолей, связанных с УФ-облучением, и способы защиты глаз от УФ-излучения.*