

Микрохирургическая анатомия дренажной системы глаза

А.В.Золотарев

С А М А Р А

2 0 0 9



Андрей Владимирович Золотарёв - доктор медицинских наук, директор НИИ глазных болезней Самарского государственного медицинского университета, профессор кафедры офтальмологии СамГМУ, главный врач Самарской клинической офтальмологической больницы имени Т.И. Ерошевского, действительный член Американской Академии Офтальмологии.

Исследования, результаты которых представлены в данном альбоме, проводились с 1993 по 1999 год, составили содержание докторской диссертации автора, были доложены им на конгрессе Американской Академии Офтальмологии (Даллас, Техас, США, 2000), на I конгрессе по непроникающей хирургии глаукомы (Лозанна, Швейцария, 2001), где были удостоены приза за лучшую научную работу. Эти же данные представлены в Российском национальном руководстве по офтальмологии (2008).

Данный альбом – первый из серии книг, посвящённых основному научному направлению Самарского НИИ глазных болезней – изучению аккомодационно-гидродинамической системы глаза, вовлечённой в патогенез пресбиопии, глаукомы и миопии. В серии планируется издание книг и альбомов по морфологии и функции увеосклерального оттока, строению капсульно-связочного аппарата хрусталика, теории гидромеханического равновесия аккомодации, а также по дисаккомодационному звену в патогенезе первичной открытоугольной глаукомы.

Фототриптих

Поток

Слева.

Плоскостной препарат
корнео-склеро-увеального слоя
трабекулярной сети.
Окраска по Van Gieson,
цифровая обработка.
Увеличение 240.

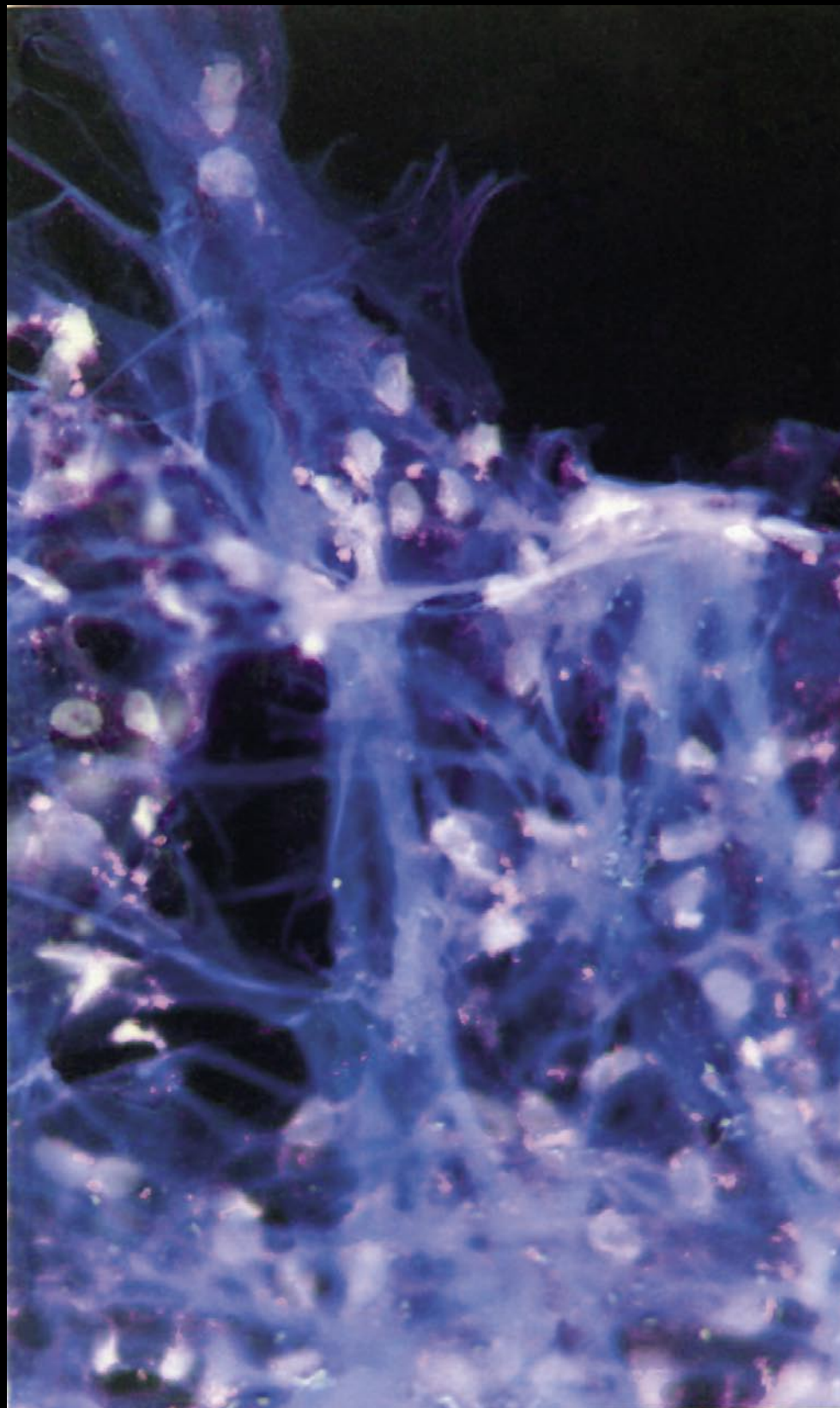
Центр.

Ручей Монтесумы.
Аризона, США.
Ноябрь, 2006.

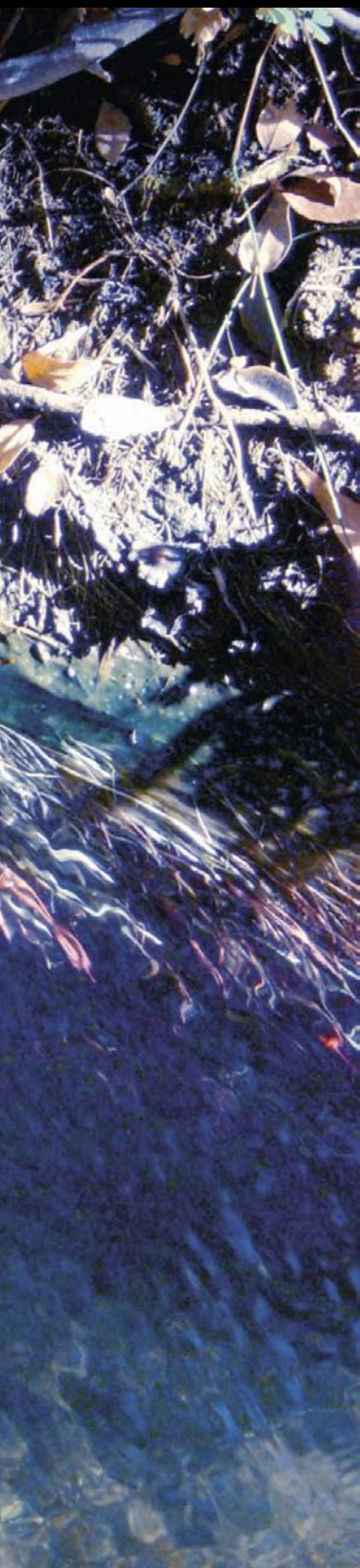
Справа.

Плоскостной препарат
увеального слоя
трабекулярной сети.
Окраска по Van Gieson,
цифровая обработка.
Увеличение 240.

Фото автора.







Содержание

Введение.

Глава I. Структурная разнородность дренажной системы глаза – основа непроникающей хирургии глаукомы9

1.1. Морфология и топография дренажной зоны глаза.9

1.1.1. Строение трабекулярной сети.....9

1.1.2. Морфология дренажной зоны глаза в свете общих гистологических закономерностей.....9

1.1.3. Морфология заднего эпителия роговицы и эпителия трабекул..... 12

1.1.4. Морфология и топография переднего пограничного кольца Швальбе..... 13

1.1.5. Меридиональная анизотропность трабекулярной сети..... 14

1.1.6. Топография и функции юкстаканаликулярного слоя 15

1.1.7. Топография области перехода цилиарной мышцы в склеру. 16

1.1.8. Топография увеального и корнеосклерального отделов трабекулярной сети..... 17

1.2. Эмбриология дренажной зоны глаза. 19

1.2.1. Происхождение и эмбриологическая разнородность клеток переднего отрезка глазного яблока. 19

1.2.2. Механизм раскрытия угла передней камеры. 20

1.2.3. Эпителий передней камеры. 21

1.2.4. Взаимодействие эпителиальных и мезенхимальных элементов в ходе гониогенеза 21

1.2.5. Эмбриологическая разнородность фибриллярного компонента трабекулярной сети 22

1.3. Непроникающие гипотензивные операции 23

Глава II. Экспериментальные исследования гистотопографии дренажной зоны глаза 28

2.1. Специфика методологии исследований дренажной зоны..... 28

2.2. Ход и результаты секторной микроанатомической препаровки дренажной зоны 29

2.3. Ход и результаты циркулярной лимбальной препаровки35

2.4. Трехмерные микроанатомические препараты трабекулярной сети..... 37

2.5. Плоскостные препараты четырех слоев трабекулярной сети 38

Глава III. Новая концепция строения дренажной зоны глаза 47

Глава IV. Гистотопография непроникающих гипотензивных операций 52

Заключение 59

Литература 63

Введение

Несмотря на значительные достижения последних лет, лечение глаукомы остаётся одной из острейших проблем офтальмологии. Хирургическое лечение глаукомы обеспечивает наиболее выраженное и стойкое снижение внутриглазного давления и поэтому считается наиболее эффективным. Несомненно, новым этапом его развития стали гипотензивные операции непроникающего типа. Внедрение в практику таких вмешательств, как синусотомия, а затем непроникающая глубокая склерэктомия, вискоканалостомия, установило новые стандарты безопасности хирургии глаукомы. Однако отношение к этим хирургическим вмешательствам до сих пор нельзя назвать однозначным. Это в первую очередь связано с их специфическими недостатками, одним из которых является техническая сложность.

Очевидная сложность выполнения непроникающих операций вызывает закономерный вопрос: каким образом в ходе операции происходит разделение (расслоение) структур дренажной зоны? Если только в результате активных действий хирурга, то такие операции – прерогатива лишь немногих уникальных специалистов, обладающих тончайшей хирургической техникой. В то же время, например, непроникающая глубокая склерэктомия (НГСЭ) успешно поставлена «на поток» в ряде крупных медицинских учреждений. Огромное число проводимых операций не позволяет говорить об уникальности непроникающей хирургии глаукомы. Следовательно, должны существовать какие-то закономерности, вероятно, топографические (или, точнее, гистотопографические), дающие возможность разработать унифицированную технику непроникающих гипотензивных операций на основе естественных биомеханических свойств тканей дренажной зоны глаза.

В офтальмологической и гистологической литературе встречаются лишь единичные сообщения о гистологическом субстрате непроникающих операций (Б.Н. Алексеев, 1978; С.Н. Фёдоров и соавт., 1989; А.В. Золотарёв, 1999, 2001). Широкое внедрение таких вмешательств требует более ясного представления о морфологических основах их эффекта. Понимание интра- и послеоперационных изменений в дренажной зоне глаза должно базироваться на максимально чёткой трактовке гистологии и, особенно, гистотопографии структур угла передней камеры. Однако до настоящего времени существуют значительные противоречия во взглядах на гистологическую принадлежность различных образований дренажной зоны глаза и на их топографические соотношения. В первую очередь это касается топографии корнеосклерального и увеального отделов трабекулярной сети, а именно – их толщины, взаиморасположения и связи с окружающими структурами дренажной зоны. Традиционная концепция, объединяющая топографически разнородные структуры исключительно на основе морфологических критериев, не в состоянии объяснить природу эффекта непроникающих хирургических вмешательств.

В связи с вышеизложенным, представляется весьма актуальным изучение топографии дренажной зоны глаза на гистологическом уровне с целью поиска определённых топографических и биомеханических закономерностей, которые могли бы лечь в основу топографически ориентированной микрохирургии трабекулярной сети и дали бы возможность повысить эффективность непроникающих гипотензивных операций.

Глава I.

Структурная разнородность дренажной системы глаза – основа непроникающей хирургии глаукомы

1.1. Морфология и топография дренажной зоны глаза.

1.1.1. Строение трабекулярной сети.

Трабекулярный аппарат (трабекула, трабекулярная диафрагма, трабекулярная сеточка, *reticulum trabeculare*) высших приматов и человека состоит из трёх морфологически и функционально разнородных отделов. Увеальный отдел («гребенчатая связка», «иридальные и цилиарные тяжи», «иридальная и цилиарная трабекула», *pars uvealis*) представляет собой тонкую сеть с ячейками размерами от 25 до 75µ, образованную перекрещивающимися, преимущественно радиально ориентированными округлыми в сечении тяжами ткани, натянутыми от цилиарного тела и корня радужки к периферии роговицы. Корнеосклеральный отдел (*pars corneoscleralis*) состоит из экваториально ориентированных соединительнотканых пластин (трабекул), покрытых «эндотелиальными» клетками и пронизанных эллиптическими отверстиями размерами 5-50µ. Этот отдел протягивается от склеральной шпоры к передней стенке склеральной бороздки. Каждая трабекула имеет сердцевину, состоящую из базовой субстанции, коллагеновых и эластических (эластоидных) волокон, покрытую базальной мембраной. Юстаканаликулярный отдел (юстаканаликулярная ткань – ЮКТ) составляет наиболее наружную часть трабекулярного аппарата толщиной до 20µ, где собственно «трабекулы» отсутствуют, а ткань становится «пористой». В совокупности все три указанных слоя образуют пористую пластинчатую структуру толщиной от 50µ до 220µ, которая, являясь динамическим биологическим фильтром, играет ключевую роль в регуляции оттока внутриглазной жидкости, а также служит структурным разграничителем передней камеры и Шлеммова

канала (А.П. Нестеров, 1995; M. Flocks, 1956; H.S. Sugar, 1957; P.G. Watson, I. Grierson, 1981; J.W. Rohen, E. Lutjen-Drecoll, 1982; J.W. Rohen, 1986; M.B. Shields, 1992).

1.1.2. Морфология дренажной зоны глаза в свете общих гистологических закономерностей.

А.Л. Пригожина (1966) при описании строения дренажной зоны глаза употребляет термин «трабекулярная ткань». С гистологической точки зрения этот термин небезупречен, так как известно всего 4 гистологических типа тканей: эпителиальная, соединительная, мышечная и нервная (А. Хэм, Д. Корма, 1983). Ю.И. Афанасьев и Н.А. Юрина (1989) выделили 4 морфофункциональные группы тканей, тождественные 4 типам тканей, сузив понятие «соединительная ткань», и применив вместо него термин «ткани внутренней среды» (в числе которых кровь, лимфа и собственно соединительные ткани). Л.Г. Сеннова (1981) использовала в отношении основных компонентов трабекулярного аппарата гистологически более корректный термин: «специализированная соединительная ткань дренажной системы глаза». По А.Хэм и Д.Корма (1983), трабекулярная сеть образована соединительной тканью и «эндотелием», который переходит в «эндотелиальную выстилку роговицы» и покрывает переднюю поверхность радужки.

Сложные межтканевые взаимоотношения в трабекулярной сети становятся более ясными при анализе составляющих её элементов: клеток, фибриллярного и аморфного межклеточного вещества.

Клетки трабекулярной сети.

При изучении клеточного компонента трабекулярного аппарата было показано наличие трёх обособленных групп клеток, имеющих различное происхождение и функции (J.W. Rohen, E. Lutjen-Drecoll, 1982): а) эндотелиальная выстилка Шлеммова канала, клетки которой ответственны за транспорт влаги по межклеточным щелям, а также путём образования гигантских вакуолей (G. Raviola, E. Raviola, 1981); б) клетки юстаканаликулярной ткани ответственны за синтез и оборот гликозаминогликанов и фибриллярных структур (D.O. Schachtschabel et al., 1977, 1981, 1982; J.R. Polansky et al., 1981, 1984; J.W. Rohen, 1986); в) клетки, покрывающие корнеосклеральные и увеальные трабекулы, обеспечивают процессы фагоцитоза и

репарации, предотвращают адгезию трабекул (M. Sherwood, T.M. Richardson, 1981; J.W. Rohen, 1986).

Различия в биологии этих клеточных субпопуляций ярко проявляются при содержании участков дренажной зоны глаза в условиях тканевой культуры. Клетки эндотелия Шлеммова канала немедленно после эксплантации теряют гигантские вакуоли, превращаются в тонкие цитоплазматические тяжи на поверхности ЮКТ и затем быстро исчезают. Клетки увеального и корнеосклерального отделов полностью дегенерируют в течение 2-5 суток после эксплантации. Клетки ЮКТ, напротив, не только хорошо сохраняются, но и быстро активируются, образуя выраженную эндоплазматическую сеть, рибосомы, митохондрии и комплекс Гольджи (J.W. Rohen, E. Lutjen-Drecoll, 1982).

Указанные группы клеток отличаются друг от друга также наличием и расположением актиновых филаментов. По данным I.K. Gipson и A. Anderson (1979), актиновые филаменты в клетках эндотелия Шлеммова канала отсутствуют; в клетках юстаканаликулярного слоя ориентированы хаотично и расположены в основном на концах клеточных отростков; в клетках «эндотелия» трабекул актиновые филаменты сгруппированы в ленты и связаны с «адгезионными утолщениями» на мембранах клеток.

A.S. Holmberg (1967) описывал клетки юстаканаликулярной ткани (ЮКТ) как «эндотелиоподобные». W.R. Lee, I. Grierson и P.G. McMenamin (1982) считали клетки ЮКТ «эндотелиальными» (чем объясняется термин «эндотелиальный слой трабекулы»). Опираясь на сходство морфологии ЮКТ с соединительной тканью, J.W. Rohen (1986) предпочитал называть клетки этого слоя «фибробластоподобными». По описанию А.П. Нестерова (1995), ЮКТ состоит из 2-3 слоёв фиброцитов, свободно и без определённого порядка лежащих в рыхлой волокнистой ткани. Клетки лишь внешне похожи на «эндотелий» трабекулярных пластин. Они имеют звёздчатую форму, их длинные тонкие отростки, соприкасаясь друг с другом и с эндотелием Шлеммова канала, образуют своеобразную сеть.

«Эндотелиальные» клетки корнеосклеральных и увеальных трабекул морфологически идентичны (M. Flocks, 1956) и, видимо, обладают сходными функциями. Клетки «эндотелия» трабекул способны фагоцитировать пигмент, клеточный детрит и т.п. с последующим отделением от трабекул и миграцией по щелям трабекулярного аппарата, а затем сквозь эндотелий в просвет Шлеммова канала (J.W. Rohen, E. van der Zypen, 1968; M.B. Shields, 1992; B. Yue, L. Zhou, E.J. Higginbotham, 1995).

Клетки, покрывающие трабекулы, отделены от сердцевинных последних базальной мембраной, в то время как внутри самих трабекул (под базальной мембраной) какие-либо клеточные элементы отсутствуют (М. Зальцман, 1913; А.Л. Пригожина, 1966; А.П. Нестеров, 1995; A.S. Holmberg, 1967; J.W. Rohen, 1986). Базальная мембрана – образование, типичное для эпителиальной ткани, основной функцией которого является отграничение эпителия от подлежащей соединительной ткани (А.Хэм, Д.Кормак, 1983). Следовательно, эпителий трабекул гистогенетически не связан с трабекулярными волокнами, а лишь покрывает их, не принимая участия в синтезе межклеточного вещества. Свидетельством этого служит доказанная в эксперименте ограниченность репаративной регенерации трабекул: клетки трабекулярного эпителия после повреждения способны лишь покрывать «культы» трабекул, образуя базальную мембрану, но какие-либо признаки регенерации коллагеновых сердцевин полностью отсутствуют (J.W. Rohen, E. Lutjen-Drecoll, 1982).

Волокна межклеточного вещества трабекулярной сети.

Основу центральной части («сердцевины») трабекулярных пластин составляют коллагеновые волокна диаметром 0,6-1,3 μ , состоящие из сети коллагеновых фибрилл диаметром 40-60 нм, имеющих поперечную исчерченность с периодом 64 нм. Коллагеновые волокна отделены друг от друга более тонкими «эластоидными» волокнами, образованными спирально ориентированным коллагеном с периодичностью около 100 нм и эластином (Н.И. Затулина, 1969; T. Iwamoto, 1964; E. Lutjen-Drecoll et al., 1981; J.W. Rohen, 1986; M.B. Shields, 1992).

Фибриллярные белки в различных отделах трабекулярного аппарата различны. Иммуногистохимически было доказано наличие в трабекулах коллагена как I, так и III типов, а в юстаканаликулярном слое – только коллагена типа III. Эластин обнаруживается в трабекулах, но отсутствует в юстаканаликулярной ткани (M.B. Shields, 1992).

Поскольку клетки трабекулярной сети отделены от волокон базальной мембраной, синтез коллагена и эластина клетками «эндотелия» трабекул представляется крайне маловероятным, при этом совершенно неясно место нахождения трабекулярных фиброцитов (M.E. Langham, 1967). По данным A.S. Holmberg (1967), при электронной микроскопии в «эндотелиальных» клетках трабекулярной сети не было выявлено структур, ответственных за синтез

коллагена. С другой стороны, полноценное существование и даже рост коллагеновых сердцевин трабекул вдали от фибробластов вполне возможны, так как все коллагеновые фибриллы увеличиваются в диаметре уже после первоначальной полимеризации вне фибробластов и на некотором отдалении от последних (А. Хэм, Д. Кормак, 1983). Кроме того, образование волокон предполагает продольную агрегацию молекул коллагена, для чего необходимо перемещение молекул вдоль волокон. (Ю.И. Афанасьев, Н.А. Юрина, 1989). Явное противоречие – наличие соединительнотканых волокон при отсутствии клеток, их продуцирующих, – разрешается, по крайней мере, отчасти, при анализе эмбриогенеза дренажной зоны.

По описанию М. Зальцмана (1913), отличительная особенность увеальной трабекулы по сравнению с корнеосклеральной – отсутствие эластических волокон. L. Allen, H.M. Burian и A.E. Braley (1955), хотя их трактовка понятия «увеальная трабекула» отличается от традиционной, также отмечали крайнюю бедность эластическими волокнами наиболее внутренних пластин трабекулярного аппарата. Такая точка зрения сохранялась длительное время (D.R. Anderson, 1971), хотя J.R. Walter (1960) считал, что для равномерного раскрытия пор трабекулярного аппарата необходима существенная эластичность перекладин.

Исследованиями Т. Iwamoto (1964), E. Lutjen-Drecoll et al. (1981) и J.W. Rohen (1986) было установлено, что эластин присутствует в увеальной порции трабекулы в составе «эластоидных» (эластических) волокон, но в значительно меньшем количестве, чем в корнеосклеральном отделе трабекулярной сети.

Аморфное межклеточное вещество трабекулярной сети.

Свойства соединительной ткани в значительной мере определяются аморфным компонентом межклеточного вещества, в первую очередь – гликозаминогликанами (В.Г. Елисеев, 1961; В.А. Лазарев, 1976; А.Б. Шехтер, 1980; В.И. Мазуров, А.Е. Берман, 1980; К. Meyer, 1969; К. Segawa, J. Matsuo, 1973; F.M. Sinex, M. Marrot, 1975). Выделяют два типа гликозаминогликанов: несulfатированные (гиалуроновая кислота) и sulfатированные (гепаран-sulfат, хондроитин-4-sulfат, хондроитин-6-sulfат, дерматан-sulfат) (Л.И. Слуцкий, 1969; А. Хэм, Д. Кормак, 1983; Ю.И. Афанасьев, Н.А. Юрина, 1989). Основная функция гиалуроновой кислоты – связывание воды и набухание. Это

соединение может полимеризоваться и деполимеризоваться в широких пределах, чем регулируется проницаемость тканей (К. Meyer, 1969). Sulfатированные мукополисахариды обеспечивают прочную связь воды с тканями, причём прочность связи нарастает с возрастом (К.С. Митин, 1966; А.А. Тустановский, 1962; Y. Matsumura et al., 1971).

Гликозаминогликаны в трабекулярном аппарате располагаются преимущественно в интер- и интра трабекулярных пространствах, на поверхности «эндотелиальных» клеток и в ЮКТ (N. Ashton, 1955; L. Zimmerman, 1957). Эти мукополисахариды синтезируются клетками самой трабекулярной сети (А. Tawara, 1978), или, что более вероятно, клетками юкстаканаликулярного слоя (J.W. Rohen, E. Lutjen-Drecoll, 1982; D.O. Schachtschabel, B. Bigalke, J.W. Rohen, 1977).

До возраста 40 лет в ЮКТ определяются в основном несulfатированные гликозаминогликаны. С возрастом происходит накопление sulfатированных гликозаминогликанов (Л.Г. Сеннова, 1981). Аналогичная динамика мукополисахаридного спектра была отмечена и в тканевой культуре клеток ЮКТ, которые продуцируют преимущественно гиалуроновую кислоту и лишь при значительном увеличении времени культивирования – sulfатированные гликозаминогликаны (J.W. Rohen, E. Lutjen-Drecoll, 1982).

В коллагеновых сердцевинах трабекул гликозаминогликаны содержатся в значительно меньших количествах, заполняя пространства вокруг коллагеновых и (эластоидных) эластических волокон (Н.И. Затулина, 1969; J.W. Rohen, 1986; M.B. Shields, 1992). Гомогенное вещество внутри волокнистых сердцевин трабекул, вне зависимости от возраста, состоит, в основном, из хондроитинсulfата (E. Lutjen-Drecoll et al., 1981).

Соотношение различных гликозаминогликанов в значительной степени определяет гистологический тип соединительной ткани. В рыхлой соединительной ткани находится, главным образом, гиалуроновая кислота. Sulfатированные гликозаминогликаны содержатся в основном в плотной соединительной ткани (А. Хэм, Д. Кормак, 1983). Следовательно, мукополисахариды соединительнотканного компонента трабекул имеют черты гликозаминогликанов плотной соединительной ткани; мукополисахаридный спектр ЮКТ более характерен для рыхлой соединительной ткани.

Помимо различий в содержании гликозаминогликанов, плотная соединительная ткань отличается от рыхлой резким преобладанием волокнистых компонентов над

клеточными (А. Хэм, Д. Кормак, 1983; Ю.И. Афанасьев, Н.А. Юрина, 1989). Эпителий трабекул является самостоятельной тканью и его клетки не влияют на соотношение клеточных и фибриллярных элементов в соединительной ткани, образующей сердцевину трабекул. Следовательно, соединительнотканый компонент трабекул состоит почти исключительно из волокон, сгруппированных в правильные пучки, а значит, имеет черты плотной оформленной соединительной ткани. Фибробласты юстаканаликулярной ткани располагаются в аморфном веществе среди небольшого количества рыхло расположенных волокон. Поэтому ЮКТ скорее должна быть отнесена к рыхлой не оформленной соединительной ткани.

Исходя из вышеизложенного, трабекулярный аппарат, как морфофункциональная единица (Ю.И. Афанасьев, Н.А. Юрина, 1989), имеет сложное строение: он состоит из различных соединительных тканей и различных эпителиев. Корнеосклеральные и увеальные трабекулы образованы плотной оформленной соединительной тканью, имеющей ячеисто-пластинчатое строение, и покрыты эпителием, продолжающим эпителиальную выстилку передней камеры. Юстаканаликулярная ткань представляет собой рыхлую соединительную ткань, находящуюся между двумя различными эпителиями – эпителием трабекул и эндотелием Шлеммова канала, продолжающим эндотелиальную выстилку кровеносных сосудов.

1.1.3. Морфология заднего эпителия роговицы и эпителия трабекул.

Задний эпителий роговицы образован шестиугольными в плане клетками высотой около 5 μ и средним диаметром 18–20 μ . Ядра клеток имеют округлую форму, диаметром 7 μ и полностью погружены в цитоплазму, межклеточные границы выражены отчётливо, что при сканирующей электронной микроскопии придаёт эпителию вид булыжной мостовой (М. Зальцман, 1913; C.I. Thomas, 1955; W.H. Spenser, J. Alvarado, T.J. Hayes, 1968). Трабекулярный «эндотелий» отличается тем, что его клетки уплощены, имеют значительно большие размеры, неправильную форму и менее чёткие границы по сравнению с клетками заднего эпителия роговицы (M. Flocks, 1956; W.H. Spenser, J. Alvarado, T.J. Hayes, 1968). Морфологически клетки «эндотелия» трабекул сходны с клетками передней поверхности радужки (H.S. Sugar, 1957).

По данным сканирующей электронной микроскопии,

на внутренней поверхности роговицы непосредственно кпереди от апикальной порции трабекулярного аппарата находится гладкий участок («smooth zone» – «зона S»), в пределах которой происходят значительные структурные изменения тканей. Передняя граница «зоны S» образована неравномерной линией перехода заднего эпителия роговицы в эпителий трабекул. Задней границей зоны служит линия Швальбе. «Зона S» покрыта эпителием трабекулярного типа, обнаруживается на всех препаратах, её ширина – от 50 до 150 мкм (W.H. Spenser, J. Alvarado, T.L. Hayes, 1968).

В этой же области на десцеметовой оболочке находятся округлые выпуклости, иногда довольно значительных размеров – тельца Hassal-Henle (C.I. Thomas, 1955). М. Зальцман (1913) характеризовал эту часть десцеметовой оболочки как «бородавчатый пояс», отмечая, что «эндотелий» роговицы в пределах этого пояса уплощается, а его ядра смещаются в промежутки между «бородавками», что и обуславливает характерную «гладкость» поверхности «зоны S», отмеченную W.H. Spenser et al. (1968).

Несмотря на явные морфологические различия, эпителий трабекул и задний эпителий роговицы, по-видимому, представляют собой единый эпителиальный пласт. В пользу такой точки зрения говорит ряд фактов:

- На гистологических препаратах невозможно точно определить границу этих эпителиев ни при световой, ни при трансмиссионной электронной микроскопии (М. Зальцман, 1913; C.I. Thomas, 1955; A.S. Holmberg, 1967; А.Хэм, Д.Кормак, 1983).

- При сканирующей электронной микроскопии граница между двумя видами эпителия отчётлива, однако в этой области часто встречаются переходные формы клеток (W.H. Spenser, J. Alvarado, T.L. Hayes, 1968; H.A. Hansson, T. Jerndal, 1971).

- Десцеметова оболочка постепенно истончается в пределах «зоны S», а затем плавно переходит в стекловидную оболочку трабекул, что было описано на основании световой и электронной микроскопии (М. Зальцман, 1913; C.I. Thomas, 1955; A.S. Holmberg, 1967; Spenser W.H., Alvarado J., Hayes T.L., 1968), а впоследствии доказано иммунофлюоресцентными исследованиями M.M Rodrigues et al., (1976) и E. Lutjen-Drecoll et al. (1982). Задний эпителий роговицы и эпителий трабекул имеют единую базальную мембрану.

- Эпителий, покрывающий заднюю поверхность роговицы, так же, как и эпителиальный покров трабекулярной сети и радужки, развивается из эктомезенхимы и относит-

ся к нейроглиальному типу эпителиальных тканей (Ю.К. Хилова, М.М. Дронов, 1982). На этом основании был исключён термин «эндотелий» («мезотелий») роговицы и принято название «задний эпителий роговицы».

Исходя из вышеизложенного, клетки, покрывающие трабекулярные пластины, должны считаться не «эндотелием», а эпителием трабекул, который вместе с задним эпителием роговицы и передним эпителием радужки являются частями единой нейроглиальной эпителиальной выстилки передней камеры.

1.1.4. Морфология и топография переднего пограничного кольца Швальбе.

Переднее пограничное кольцо Швальбе представляет собой циркулярный «пучок коллагеновых волокон, подкреплённый эластическими волокнами», «лежащий тотчас за краем десцеметовой мембраны» (М. Зальцман, 1913). Морфология кольца Швальбе переменна. Один крайний вариант может быть представлен циркулярными волокнами, схожими с волокнами трабекул, но расположенными на внутренней поверхности трабекулярного аппарата и не образующими собственно кольца. Другой крайний вариант – все циркулярные волокна собраны в кольцо, значительно проминирующее в переднюю камеру (Н.М. Burian, А.Е. Braley, L. Allen, 1955).

В наиболее типичных случаях переднее пограничное кольцо образовано плотно «упакованными» коллагеновыми волокнами и содержит значительное количество эластических волокон. Иногда в толще кольца бывают видны клеточные ядра и включения материала, напоминающего вещество десцеметовой оболочки (Н.М. Burian, А.Е. Braley, L. Allen, 1955).

Кольцо Швальбе соединяется с трабекулярным аппаратом совершенно определённым образом. Несмотря на значительные индивидуальные различия, сохраняется общая закономерность связи кольца с 4 различными группами трабекулярных волокон. Волокна, связанные с корнем радужки (4 группа) и с меридиональной порцией цилиарной мышцы (3 группа) сливаются с кольцом Швальбе. Волокна трабекул, не связанные с цилиарной мышцей (1 группа), прикрепляются к строме роговицы между кольцом Швальбе и Шлеммовым каналом. Трабекулярные волокна, связанные с мышцей Брюкке (2 группа), частично прикрепляются к кольцу Швальбе на его «роговичной» стороне,

частично проходят далее в роговицу, сливаясь с глубокими пластинками стромы роговицы на расстоянии до 0.1 мм от переднего пограничного кольца. Иными словами, трабекулы 2 группы отделяют кольцо Швальбе от стромы роговицы (Н.М. Burian, А.Е. Braley, L. Allen, 1955).

W.H. Spenser, J. Alvarado и T.L. Hayes (1968) считали, что кольцо Швальбе образовано «косым вхождением трабекул в подлежащую лимбальную строму», из чего следует, что кольцо Швальбе должно быть прочно связано со стромой роговицы, являясь (по крайней мере, частично) элементом фиброзной оболочки глазного яблока. Свои выводы эти авторы сделали на основе сканирующей электронной микроскопии, изучая внутреннюю поверхность угла передней камеры. Очевидно, что при этой методике нельзя проследить тонкие топографические соотношения в глубине препарата.

По А.С. Holmberg (1967), десцеметова мембрана, достигая кольца Швальбе, разделяется на два листка и покрывает кольцо с обеих сторон, продолжаясь затем на трабекулы. Естественно, в таком случае переднее пограничное кольцо не может быть частью стромы роговицы.

Непревзойдённое по полноте и точности описание топографии этой области было приведено М. Зальцманом (1913). Согласно его трактовке, переднее пограничное кольцо Швальбе расположено на краю десцеметовой оболочки, примыкая к её наружной поверхности или «внедряясь в её вещество». Десцеметова оболочка в виде тонкой стекловидной оболочки загибается вокруг края кольца Швальбе и покрывает его наружную поверхность; далее впереди эта оболочка вновь сливается с десцеметовой (окружая кольцо Швальбе) или переходит на более глубокие части трабекулярной сети, становясь при этом стекловидной оболочкой трабекул. С гистологической точки зрения переднее пограничное кольцо ничем не отличается от трабекул. Волокна, стекловидная оболочка и эпителий кольца Швальбе без прерыва переходят в соответствующие трабекулярные структуры. Переход пластинок стромы роговицы в трабекулы осуществляется на 0,1-0,2 мм впереди от края десцеметовой оболочки. В этом месте на меридиональных срезах видны ядра «эндотелия» и стекловидная оболочка трабекул, располагающиеся между десцеметовой оболочкой и стромой роговицы (М. Зальцман, 1913).

Из этого описания следует, что периферия десцеметовой оболочки (0,1-0,2 мм), включая кольцо Швальбе, отделена от стромы роговицы, как минимум: а) двумя слоя-

ми стекловидной оболочки, б) двумя слоями «эндотелия» и в) соединённым с передней камерой целевидным пространством между этими слоями «эндотелия».

Клинические данные дают двойственное представление о связи десцеметовой оболочки и кольца Швальбе с фиброзной оболочкой глазного яблока. С одной стороны, при операции трабекулотомии, как правило, не происходит отслойки десцеметовой оболочки, что говорит о прочной связи кольца Швальбе со стромой роговицы. С другой стороны, описано несколько случаев отслойки десцеметовой оболочки после операций непроникающей глубокой склерэктомии (НГСЭ), когда под воздействием избыточного давления жидкости в инкапсулированной фильтрационной подушечке десцеметова оболочка отделялась от стромы роговицы на значительном протяжении, хотя техника НГСЭ не предполагает отсечения кольца Швальбе от фиброзной оболочки глаза (Х.П. Тахчиди, Н.В. Стренев, 1994).

Один из вероятных механизмов прикрепления десцеметовой оболочки к строме роговицы – соединение за счёт перехода (ответвления) десцеметовой оболочки на трабекулы. Как было показано выше, этот переход осуществляется на 0,1-0,2 мм центральное кольцо Швальбе. Именно в этой области на периферии десцеметовой мембраны находится узкая бороздка, в которой оседают зёрна пигмента, хорошо видимые при гониоскопии (G. Gorin, 1986). При сканирующей электронной микроскопии видно, что эта бороздка соответствует передней границе «зоны S» (W.H. Spenser, J. Alvarado, T.L. Hayes, 1968; J.W. Rohen, E. Lutjen-Drecoll, 1982). Переход наружного слоя десцеметовой оболочки на трабекулы может способствовать относительно прочному её соединению с фиброзной капсулой глаза и образованию упомянутой бороздки за счёт тракции.

К периферии (в сторону склеры) от линии перехода на трабекулы десцеметова оболочка обращена одной стороной в переднюю камеру, а другой – в интертрабекулярное пространство. Эта часть десцеметовой мембраны с обеих сторон покрыта эпителием трабекулярного типа (М. Зальцман, 1913; W.H. Spenser, J. Alvarado, T.L. Hayes, 1968). Функциональная целесообразность такого строения очевидна: данная часть десцеметовой оболочки не контактирует со стромой роговицы, поэтому эпителий не должен обладать специфическими функциями заднего эпителия роговицы (в первую очередь – поддерживать оптимальную степень гидратации роговицы).

Схематично периферическую часть десцеметовой обо-

лочку можно считать дубликатурой кутикулярной мембраны эпителия передней камеры, заключающей в себя часть волокон трабекулярного аппарата, образующих кольцо Швальбе.

С учётом вышеизложенного, кольцо Швальбе во всех вариантах его строения, по-видимому, следует считать частью трабекулярного аппарата, образованной совокупностью циркулярных отделов части волокон трабекулярной сети, покрытых стекловидной оболочкой (продолжением десцеметовой мембраны) и эпителием (продолжением заднего эпителия роговицы и эпителия трабекул). Переднее пограничное кольцо Швальбе может служить связующим элементом между волокнистой соединительнотканной структурой (трабекулой) и кутикулярной мембраной (десцеметовой оболочкой), объединяя их в биомеханически единую структуру.

1.1.5. Меридиональная анизотропность трабекулярной сети.

J.W. Rohen (1978) предложил деление трабекулярного аппарата на три части в соответствии с тем, какие из структур дренажной зоны прилежат к этим частям. «Роговичная» часть расположена между кольцом Швальбе и передним краем Шлеммова канала, «трабекулярная» часть образует внутреннюю стенку Шлеммова канала, «цилиарная» часть прилежит к склеральной шпоре и цилиарному телу. «Роговичная» и «цилиарная» части трабекулярной сети содержат только элементы увеального и корнеосклерального отделов, в то время как «трабекулярная» часть состоит, помимо этих слоёв, из юкстаканаликулярной ткани и эндотелия Шлеммова канала.

Позже такое деление получило подтверждение с функциональной точки зрения. Н. Inomata и А. Tawara (1984) доказали, что роговичная трабекула практически не играет роли в оттоке водянистой влаги, трабекулярный отдел ответственен за отток влаги через Шлеммов канал, а цилиарная трабекула обеспечивает увеосклеральный отток. Так как увеосклеральный отток составляет лишь 5-15% общего объёма оттока (А. Bill, С. I. Phillips, 1971), функционально наиболее значимой является средняя часть трабекулярной сети, непосредственно прилежащая к Шлеммову каналу. С учётом этого было предложено деление трабекулярного аппарата на «фильтрующий» и «нефильтрующий» отделы. Под «нефильтрующим» понимался роговичный. Трабе-

кулярная и цилиарная части трабекулы были отнесены к «фильтрующему» отделу (J.W. Rohen, 1986).

По данным сканирующей электронной микроскопии трабекулярный аппарат дифференцируется на два отдела: а) прилежащий к роговице широкий (250-270 μ) участок, на котором видны пластины корнеосклеральной трабекулы; б) прилежащий к склеральной шпоре более узкий участок (90-150 μ), на котором видны редкие тяжи, образующие негустую сеть с довольно крупными отсеками (О.И. Лебедев, 1984). Первый из этих участков, очевидно, соответствует роговичной и трабекулярной частям трабекулы; последний представлен цилиарной частью.

1.1.6. Топография и функции юкстаканаликулярного слоя.

Наиболее наружный слой трабекулярного аппарата, прилежащий к Шлеммову каналу и, собственно, образующий его внутреннюю стенку, не имеет трабекулярной структуры. Толщина этого слоя – 5-20 μ ; он ограничен с одной стороны «эндотелием» (эпителием) трабекул, а с другой – эндотелием Шлеммова канала (А.П. Нестеров, 1995; M. Flocks, 1956; J. Speakman, 1960; B.S. Fine, 1964; J.W. Rohen, 1970; A.S. Holmberg, 1967; W.R. Lee, I. Grierson, P.G. McMenamin, 1982; M.B. Shields, 1992). При его описании различные авторы применяли различные термины: «пористая ткань» (M. Flocks, 1956); «эндотелиальная сеть» (J. Speakman, 1960); «юкстаканаликулярная ткань» (B.S. Fine, 1964); «крибриформный слой» (J.W. Rohen, 1970); «эндотелиальная часть трабекулярного переплёта» (М.Л. Краснов, 1980). Как видно из названий, отличительными особенностями этого слоя считаются пористая структура, соседство со Шлеммовым каналом и тесная связь с «эндотелием» трабекул и склерального синуса. Вместе с тем, клетки этого слоя определённо являются не эндотелиоцитами, а фиброцитами или, учитывая их высокую биосинтетическую активность, – фибробластами (А.П. Нестеров, 1995; P.G. Watson, I. Grierson, 1981; J.W. Rohen, 1986; M.B. Shields, 1992).

Структура и функции юкстаканаликулярного слоя были подробно описаны J.W. Rohen (1986). Автор настаивает на термине «дырчатый слой» («cribriform layer»), поскольку волокна этого слоя формируют характерное переплетение с отверстиями и тоннелями, которые на тангенциальных срезах создают впечатление перфорированной структуры

(«cribrose structure»). Переплетение тонких коллагеновых и эластических (эластоидных) фибрилл, заключённых в гомогенную основную субстанцию и неравномерное распределение клеток этого слоя обуславливают неизбежность прямого контакта водянистой влаги с аморфным межклеточным веществом и волокнами. Экспериментальными исследованиями было установлено наличие в пределах юкстаканаликулярного слоя каналов, так называемых «малых предпочитаемых (преимущественных) путей оттока». Эти пространства находятся в непосредственном контакте с эндотелиальной выстилкой Шлеммова канала и ограничены фибриллярным и гомогенным межклеточным материалом. «Преимущественные пути оттока» представляют собой основную фильтрующую область внутренней стенки Шлеммова канала. Лёгкость оттока водянистой влаги прямо пропорциональна суммарной площади сечения этих путей (J.W. Rohen, 1986). При сканирующей электронной микроскопии хорошо видна губчатая структура ЮКТ с равномерно разнонаправленными волокнами и округлыми ячейками между волокнами и клетками (P.G. Watson, I. Grierson, 1981). Размеры ячеек зависят от степени натяжения ЮКТ, которая регулируется цилиарной мышцей посредством системы соединительных волокон (J.W. Rohen, 1986).

Юкстаканаликулярный слой особенно важен с функциональной точки зрения, так как является основным препятствием оттоку водянистой влаги и, по-видимому, центральным звеном его регуляции (M. Flocks, 1956; W.M. Grant, 1958; J. Speakman, 1960; J.W. Rohen, 1961; B.S. Fine, 1964; K. Segawa, 1972; I. Grierson et al., 1979).

Клетки ЮКТ в большом количестве синтезируют гликозаминогликаны, образующие аморфную субстанцию межклеточного вещества ЮКТ и затрудняющие свободное движение внутриглазной жидкости к эндотелию Шлеммова канала. Вместе с тем, поток водянистой влаги постоянно вымывает часть аморфного матрикса, что в свою очередь облегчает ток жидкости. Равновесие процессов синтеза и вымывания гликозаминогликанов в ЮКТ, наряду с изменяемыми размерами «преимущественных путей оттока» является наиболее вероятным регулирующим механизмом оттока внутриглазной жидкости (J.W. Rohen, E. Lutjen-Drecoll, 1982).

Такой механизм регуляции движения влаги сквозь ЮКТ обуславливает специфическую реакцию этой ткани на различные гидродинамические ситуации. Так, в условиях гипоперфузии (например, при пониженном

офтальмотонусе и, следовательно, менее интенсивном токе влаги сквозь ткань) в ЮКТ накапливаются гликозаминогликаны, в результате ткань уплотняется, что усугубляет гипоперфузию; нарушается трофика клеточных элементов как ЮКТ, так и трабекул, что ведёт к дегенерации и гибели клеток. Такие изменения происходят, например, после операции трабекулэктомии, когда основной отток происходит сквозь операционную фистулу и весь трабекулярный аппарат вне зоны операции попадает в условия гипоперфузии. При гиперперфузии (что наблюдается, например, при закрытоугольной глаукоме в тех отделах трабекулы, которые ещё не блокированы корнем радужки) происходит растяжение и разрежение ЮКТ с усиленным вымыванием аморфного матрикса (P.G. Watson, I. Grierson, 1981; J.W. Rohen, E. Lutjen-Drecoll, 1982).

Из ЮКТ внутриглазная жидкость проникает в просвет Шлеммова канала через гигантские вакуоли в клетках его эндотелия и/или по межклеточным каналам (G. Raviola, E. Raviola, 1981; J.W. Rohen, 1986; M.B. Shields, 1992). Эндотелий Шлеммова канала прочно соединён с подлежащим юстаканаликулярным слоем при помощи: а) отростков эндотелиальных клеток, погружённых в межклеточное вещество ЮКТ; б) непосредственных соединений клеток эндотелия с клетками ЮКТ; в) тонких фибрилл, соединяющих базальные мембраны клеток эндотелия Шлеммова канала с коллагеновой сетью ЮКТ (W.R. Lee, I. Grierson, P.G. McMenamin, 1982).

Учитывая тесную механическую и, особенно, функциональную связь ЮКТ с эндотелием Шлеммова канала и «эндотелием» трабекул, M.B. Shields (1992) описывал этот отдел дренажной системы, как состоящий из трёх слоёв:

- «Трабекулярный эндотелий» – продолжение «эндотелия» корнеосклеральных трабекул.
- Центральный слой рыхлой соединительной ткани.
- Эндотелий внутренней стенки Шлеммова канала, отличающийся от «эндотелия» трабекул и от эндотелия наружной стенки склерального синуса проминирующими клеточными ядрами, гигантскими вакуолями и пальцеобразными выпячиваниями цитоплазмы.

С другой стороны, соединительнотканый компонент юстаканаликулярного отдела обособлен: лишь иногда обнаруживаются соединения между коллагеновыми волокнами трабекул и юстаканаликулярного слоя (A.S. Holmberg, 1967).

1.1.7. Топография области перехода цилиарной мышцы в склеру.

М. Зальцман (1913), описывая связь цилиарного тела с окружающими тканями, отмечал, что мышечные пучки меридиональной порции цилиарной мышцы переходят в тонковолокнистую соединительную ткань с меридиональным направлением волокон. Эта ткань проникает между круговыми пучками склеральной шпоры и далее переходит в пластинки корнеосклерального отдела трабекулярного аппарата. Передний конец радиальной порции цилиарной мышцы соединяется с той частью корнеосклерального отдела, которая не входит в склеральную шпору: соединительнотканная основа трабекул переходит в интерстициальную ткань цилиарной мышцы. Таким образом, меридиональная и радиальная порции цилиарной мышцы прикрепляются к различным частям трабекулы: меридиональные волокна проходят сквозь склеральную шпору и переходят в волокна наружных пластинок трабекулы; радиальные волокна переходят в трабекулу без вовлечения склеральной шпоры. Аналогичную трактовку давал также А.Е. Maumenee (1959).

По G. Theobald (1960), наружные пластины корнеосклерального отдела внедряются в склеральную шпору, а внутренние образуют связку цилиарной мышцы.

А.П. Нестеров, А.Я. Бунин и Л.А. Кацнельсон, (1974), опираясь на данные J.W. Rohen, приводят описание переднего прикрепления цилиарной мышцы, которое осуществляется при помощи сухожилий различных типов: а) сухожилия первого типа проникают в склеру и фиксируются в ней; б) сухожилия продольных мышечных пучков, входя в склеральную шпору, изгибаются в экваториальном направлении и смешиваются с фиброзными волокнами шпоры; в) сухожилия радиальных и циркулярных мышечных волокон, прямо соединяются с фиброзной системой трабекулярной сети, где они меняют своё направление с меридионального на циркулярное; г) сухожилия продольных или радиальных пучков объединяются в широкие ленты, проходящие сквозь трабекулу, и фиксируются к глубоким пластинкам роговицы; д) эластические волокна из циркулярной порции мышцы фиксируются в прикорневой зоне радужки.

Сходная схема соединения цилиарной мышцы с фиброзной оболочкой глаза описана S. Nishida, S. Mizutani, H. Uchida, (1995) на основе данных конфокальной сканирующей лазерной микроскопии.

Разделение сухожилий цилиарной мышцы на группы условно, как условно деление самой мышцы на отделы. Цилиарная мышца человека состоит из тяжелой гладкомышечных волокон, формирующих трёхмерный сетчатый синцитий, в котором преимущественное направление волокон меняется от продольного в наружных слоях до почти циркулярного в передне-внутреннем отделе. Соединительная ткань, окружающая мышечные пучки, обеспечивает возможность их взаимного перемещения при сокращении мышцы. Вследствие этого трёхмерная структура *m. ciliaris*, в том числе количественные соотношения между меридиональными, радиальными и циркулярными волокнами, подвергается реорганизации в зависимости от степени сокращения мышцы (J.W. Rohen, 1982).

По функциональному назначению сухожилия цилиарной мышцы были разделены на 3 типа: фиксирующие цилиарную мышцу к склере и склеральной шпоре (тип А), фиксирующие цилиарную мышцу к строме роговицы (тип В) и связывающие цилиарную мышцу с наружными корнеосклеральными трабекулами и ЮКТ (тип С) (J.W. Rohen et al., 1967, 1981).

I.K. Gipson и A. Anderson (1979) обнаружили в трабекулах богатые актином клетки и считали их элементами цилиарной мышцы, простирающимися в пределы трабекулярной сети.

E. van der Zypen (1980), также описывал тесную связь трабекулярной сети с цилиарной мышцей. Группы мышечных клеток находятся в замкнутых фиброзных полостях, переходящих в сухожилия; эти сухожилия образуют трабекулярные пластины, которые, соединяясь между собой, составляют трабекулярную сеть, в которой наружные трабекулы образованы сухожилиями мышцы Брюкке, а остальные трабекулы есть производные сухожилий радиальной и циркулярной порций *m. ciliaris* (E. van der Zypen, 1980).

1.1.8. Топография увеального и корнеосклерального отделов трабекулярной сети.

Корнеосклеральный отдел трабекулярной сети построен из почти параллельных окончатых пластин, связанных между собой перекладинами и лежащих друг над другом так, что отверстия в соседних пластинках не совпадают. Кнаружи (по направлению к Шлеммову каналу) циркулярное направление волокон и отверстий постепенно

теряется, отверстия становятся круглее и мельче, трабекулы – тоньше. Коллагеновые волокна корнеосклерального отдела образуют довольно правильную сеть из лучей, пересекающихся друг с другом под одинаковыми острыми углами (М. Зальцман, 1913; А.Л. Пригожина, 1966; А.П. Нестеров, 1995; L.Garron et al., 1955; N. Ashton, A. Brini, R. Smith, 1956; J.W. Rohen, 1986).

М. Flocks (1956) насчитывал от 8 до 14 трабекулярных пластин. По его описанию, «лучи» (трабекулы), образующие пластины, широкие и плоские, от $3 \times 7 \mu$ до $3 \times 20 \mu$ в сечении. Лучи внутренних пластин шире, чем внешних. Отверстия в наружных пластинках мельче, чем вблизи передней камеры: средний размер отверстий $10 \times 30 \mu$, с разбросом от $5 \times 15 \mu$ до $15 \times 50 \mu$. Вблизи передней камеры трабекулярные пластины имеют толщину около 5μ , вблизи Шлеммова канала – 3μ . С возрастом толщина трабекулярных пластин значительно возрастает (A.S. Holmberg, 1967).

Пластины корнеосклеральной трабекулы практически не соединены друг с другом. J. Assayama (1901) указывал, что в ходе «микроанатомической препаровки» почти всегда можно разделить трабекулярную сеть на отдельные пластины. М. Flocks (1956) отмечал лишь единичные «лучи», соединяющие соседние трабекулярные пластины между собой.

Увеальный отдел трабекулярной сети состоит из округлых в сечении пучков коллагеновых волокон, покрытых стекловидной оболочкой и «эндотелием». Эти тяжки образуют крупноплетистую сеть с преимущественно радиальным (меридиональным) расположением ячеек. Толщина увеального отдела – 1-3 слоя волокон, средний диаметр которых – 4μ , размеры ограничиваемых трабекулами трапециевидных или ромбовидных ячеек – от 25μ до 75μ (М. Зальцман, 1913; Н.А. Пригожина, 1966; А.П. Нестеров, 1995; М. Flocks, 1956). Тканевые тяжки, образующие увеальный отдел трабекулярной сети высших приматов, считаются рудиментом гребенчатой связки, типичной для низших животных (H.S. Sugar, 1957; J.W. Rohen, 1986).

Согласно классическому описанию М. Зальцмана (1913), основанному, кроме собственных исследований автора, на работах Rochon-Duvigneaud (1892), J. Assayama (1901-1902), Н. Virchow (1905), корнеосклеральная часть составляет основную массу трабекулярного аппарата. С передней (роговичной) стороны корнеосклеральный отдел состоит из 3-4 пластин, которые происходят из кольца Швальбе и глубоких пластинок стромы роговицы. Две эти последние структуры являются, по Зальцману, двумя

«корнями» (соответственно «круговым» и «меридиональным») корнеосклерального отдела. По мере продвижения к склеральной шпоре количество пластин в «корнеосклеральной трабекуле» увеличивается за счёт «вплетения» новых пластин из стромы роговицы (на участке до Шлеммова канала), а также за счёт разветвления самих пластин. В результате у склеральной шпоры количество пластин достигает 15-20. Часть из них сливается с интерстициальной соединительной тканью склеральной шпоры; другие переходят сквозь шпору в интерстициальную соединительную ткань меридиональной порции цилиарной мышцы. Кроме того, всегда остаётся некоторое число трабекулярных пластинок, которые, минуя внутренний край склеральной шпоры, соединяются с соединительной тканью радиальной части цилиарной мышцы (М. Зальцман, 1913).

Увеальный отдел (*ligamentum pectinatum*) представляет собой тонкую широкопетлистую сеть, выстилающую угол передней камеры в один, редко два слоя (М. Зальцман, 1913). Из-за своей тонкости этот отдел практически не виден на меридиональных срезах и более полно может быть изучен только на плоскостных «расщипанных» препаратах (J. Assa-ayama, 1901, 1902; М. Зальцман, 1913). На стороне роговицы увеальный отдел соединяется с кольцом Швальбе или с внутренней (обращённой в переднюю камеру) поверхностью корнеосклерального отдела. На остальном протяжении угла передней камеры увеальный отдел примыкает к корнеосклеральному и, огибая дугообразно бухту угла передней камеры, идёт вдоль передней поверхности цилиарного тела к корню радужной оболочки. Увеальные трабекулы переходят в строму радужки; они отделены от цилиарной мышцы слоем соединительной ткани (М. Зальцман, 1913).

Сходную трактовку топографии корнеосклеральной и увеальной трабекул приводит также S. W. Duke-Elder (1963).

Из приведённого описания следует, что наиболее глубокие пластины корнеосклерального отдела не имеют соединения ни со стромой роговицы (на роговичной стороне), ни и со склеральной шпорой (на склеральной стороне), то есть не связаны с фиброзной капсулой глаза. В то же время, увеальная трабекула не имеет соединения с цилиарной мышцей.

Налицо терминологическое противоречие: к «корнеосклеральному» отделу отнесены трабекулы, никак не связанные ни с *cornea* ни со *sclera*. «Увеальным» назван отдел, связанный только с корнем радужки, т.е. небольшой частью *uvea*.

На меридиональных срезах препаратов дренажной

зоны хорошо видно, что значительное количество трабекул соединяются с цилиарным телом в обход склеральной шпоры. Вполне логично именно этот отдел, связанный только с частями *uvea*, считать собственно увеальным (B.S. Fine, 1966; А.П. Нестеров и соавт., 1974; W.R. Lee, 1993). J.W. Rohen (1986) предпочитает использовать вместо термина «увеальные трабекулы» термин «иридальные или цилиарные трабекулы».

С другой стороны, практически все трабекулы, видимые на меридиональных срезах, по своему строению относятся к корнеосклеральному отделу (М. Зальцман, 1913; M. Flocks, 1956). Собственно «увеальные» трабекулы, имеющие характерную морфологию (*ligamentum pectinatum*), на таких препаратах представлены единичными поперечными сечениями, не образующими явного слоя. Следовательно, та часть трабекулярного аппарата, которая на меридиональных срезах соединяется непосредственно с цилиарным телом и поэтому с точки зрения топографии может называться увеальной, состоит из двух морфологически различных отделов.

Специальные исследования, предпринятые для уточнения топографии трабекулярного аппарата, выявили, что большая его часть так или иначе связана с *uvea* и, следовательно, должна считаться увеальной (L. Allen, H.M. Burian, A.E. Braley, 1955). Было описано 4 различных слоя трабекулярных волокон: а) собственно корнеосклеральные (6-7 трабекул, ближайших к Шлеммову каналу), не связанные с цилиарной мышцей; б) увеально-меридиональные волокна (5-6 более глубоких трабекул), начинающиеся в глубоких слоях стромы роговицы и переходящие в меридианальную порцию цилиарной мышцы; в) увеально-радиальные волокна (3-6 трабекул), начинающиеся у края десцеметовой оболочки и переходящие в радиальную порцию цилиарной мышцы; г) иридальные волокна или рудиментарная гребенчатая связка, выстилающие в 1-2 слоя угол передней камеры и переходящие в корень радужной оболочки (H.M. Burian, A.E. Braley, L. Allen, 1955). Эта точка зрения, довольно обоснованная также с точки зрения онто- и филогенеза дренажной зоны, нашла своих сторонников, хотя и немногочисленных (H.S. Sugar, 1957). E. van der Zypen (1980) считал, что большая часть трабекулярного аппарата образована сухожилиями цилиарной мышцы, что также говорит о более существенных, чем обычно принято считать, размерах увеальной части трабекулярного аппарата.

M. Flocks (1956), изучив морфологию дренажной зоны на тангенциальных срезах, нашёл, что трабекулярная сеть состоит из трёх морфологически явно различных слоёв: «увеальная сеть», «корнеосклеральная сеть», «пористая ткань». Такое разделение вполне соответствовало классической трактовке. Вместе с тем, топография дренажной зоны была представлена иначе: корнеосклеральная сеть практически всегда соединяется только со склеральной шпорой (лишь на отдельных препаратах несколько наиболее глубоких корнеосклеральных пластинок соединялись с меридиональной порцией цилиарной мышцы), увеальные трабекулы определённо переходят в меридианальную порцию цилиарной мышцы.

Как видно из приведённых выше описаний, в вопросах топографии трабекулярного аппарата остаются определённые противоречия. По-видимому, эти противоречия не считаются существенными. Так, A.S. Holmberg (1967) при систематизированном изложении «современных знаний о структуре трабекулярного аппарата» исключил вопросы топографии и морфологии дренажной зоны, как «общеизвестные». Вместе с тем, до настоящего времени неясны критерии деления трабекулярного аппарата на слои, характер связи этих слоёв с окружающими структурами и степень прочности этой связи.

Следствие подобных неясностей – двойственное описание топографии трабекулярной сети многими современными авторами: с одной стороны, признаётся чрезвычайная тонкость, рудиментарность увеального отдела, с другой стороны «увеальной» считается значительная часть трабекулярной сети, соединяющаяся с цилиарным телом в обход склеральной шпоры (B.S. Fine, 1966; G. Gorin, 1986; M.B. Shields, 1992; W.R. Lee, 1993; M.B. Shields, G.C. Krieglstein, 1993; S. Nishida et al., 1995).

Необходимость чёткой концепции топографии дренажной зоны глаза становится особенно очевидной с переходом микрохирургии глауком на «гистологический» уровень, когда объектом воздействия становятся отдельные элементы фильтрующего аппарата.

1.2. Эмбриология дренажной зоны глаза.

1.2.1. Происхождение и эмбриологическая разнородность клеток переднего отрезка глазного яблока.

Традиционно считалось, что мезенхима, окружающая глазную чашу и хрусталиковый пузырь, происходит из мезодермы (М. Зальцман, 1913; C.I. Thomas, 1955; I.C. Mann, 1964; C. Kupfer, 1969). В настоящее время твёрдо установлено, что эта мезенхима цитологически однородна, но происходит из двух различных источников: эктодермального нервного гребня и мезодермы (Ю.К. Хилова, М.М. Дронов, 1982; Б.М. Карлсон, 1983; Ю.И. Афанасьев, Н.А. Юрина, 1989; M.C. Johnston et al., 1979).

С использованием метода межвидовых трансплантационных химер было установлено, что «эндотелий» и строма роговицы, радужка, цилиарное тело и склера происходят из нервного гребня, то есть имеют эктодермальное происхождение. Мезодермальной мезенхимой образован эндотелий кровеносных сосудов, находящихся в указанных структурах, а также небольшой участок темпорального отдела склеры (Н.В. Бойчук, Ю.А. Челышев, 1987; Johnston M.C. et al., 1979; C. Kupfer, et al., 1982; M.B. Shields, 1992).

Развитие и дифференцировка мезенхимы, окружающей глазную чашу, происходит неравномерно. Дифференцировке подвергаются сначала только мезенхимные клетки, непосредственно прилежащие к наружному листку глазной чаши. Вокруг последней формируется слой капилляров (зачаток сосудистой оболочки) и только после этого – зачаток фиброзной капсулы глаза. В заднем отделе глазного яблока из этих двух зачатков образуются впоследствии склера и сосудистая оболочка. В переднем сегменте глаза мезенхима вырастает между поверхностной эктодермой и хрусталиковым пузырьком в несколько этапов. Вначале из зачатка сосудистой оболочки мигрируют клетки-предшественники «эндотелия» роговицы. Затем между этой группой клеток и поверхностной эктодермой из зачатка фиброзной оболочки вырастают клетки-предшественники стромы роговицы. Третья волна миграции клеток исходит из зачатка сосудистой оболочки, образует зрачковую мембрану и строма радужки. В результате такой дифференцировки эпителиальное ядро развивающегося глаза окружается двухслойной мезенхимной капсулой: сосудистый слой, прилежащий к глазной чаше, даёт на-

чало сосудистой оболочке, цилиарной мышце, зрачковой мембране и заднему эпителию роговицы; фиброзный слой образует склеру и строму роговицы (М. Зальцман, 1913; Ю.К. Хилова, М.М. Дронов, 1982; Б.М. Карлсон, 1983; Н.В. Бойчук, Ю.А. Челышев, 1987; А.К.М. Shamsuddin et al., 1986; M.B. Shields, 1992; R.A. Eiferman et al., 1994).

Миграция нейроэктодермальных клеток из нервного гребня к глазной чаше и, далее, между последней и поверхностной эктодермой имеет важнейшее значение в эмбриогенезе глаза. Именно такая миграция обеспечивает образование непрерывной эктодермальной выстилки глазного яблока.

Приведённые данные подтверждают точку зрения Э. Фукса, высказанную им ещё в 1910 году: «...согласно истории эмбрионального развития...», трабекулярная сеть и десцеметова оболочка «...принадлежат uvea, которая представляет собой в зародышевой жизни совершенно замкнутый полый шар, состоящий из сосудистой оболочки, цилиарного тела, радужки, ligamentum pectinatum и membrana Descemeti».

1.2.2. Механизм раскрытия угла передней камеры.

В качестве возможных механизмов раскрытия угла передней камеры глаза в ходе гониогенеза были описаны: резорбция (O. Barkan, 1955) или атрофия (I.C. Mann, 1964) – нарастающее исчезновение эмбриональной ткани в углу передней камеры (УПК); расщепление – отделение трабекулярной сети от радужки вследствие неравномерного роста различных отделов переднего отрезка глаза (L. Allen, H.M. Burian, A.E. Braley, 1955), растяжение и перфорация (J.S. Speakman, 1959), а также «разрежение» (G.K. Smelser, V. Ozanics, 1971).

Отсутствие атрофии или рассасывания тканей УПК в ходе гониогенеза было отмечено L. Allen, H.M. Burian и A.E. Braley (1955), A.E. Maumenee (1959, 1962), J. G. F. Worst (1968), G.K. Smelser и V. Ozanics (1971). В то же время эти авторы, за исключением A.E. Maumenee (1959, 1962), соглашались с O. Barkan (1955) в вопросе о наличии в развивающемся УПК непрерывной «эндотелиальной» мембраны и необходимости её исчезновения для завершения гониогенеза.

Расщепление по L. Allen, H.M. Burian и A.E. Braley (1955) и A.E. Maumenee (1959, 1962) (разделение уже до-

статочно дифференцированных к этому времени радужки и трабекулярного аппарата) было признано артефактом (C. Kupfer, 1969).

По J. G. F. Worst (1968) процесс раскрытия УПК протекает без атрофии и без расщепления: происходит «изменение микроанатомических связей». Передняя камера эмбриона представляет собой полость между задней поверхностью роговицы, корнем радужки и передней поверхностью зрачковой мембраны, выстланную непрерывным слоем «эндотелия» – «эндотелиальный мешок». «Плодная гребенчатая связка», занимающая почти весь угол передней камеры образуется сухожилиями цилиарной мышцы. Первичная корнеосклеральная система образована волокнами примитивной склеральной ткани. С образованием склеральной шпоры, к ней оказываются прикрепленными сухожилия цилиарной мышцы, при этом происходит уменьшение увеальной порции трабекулярной сети, раскрытие УПК и исчезновение «эндотелиальной» мембраны.

Согласно J.S. Speakman (1959), эмбриональные трабекулы представляют собой синцитиальные пластины. В результате быстрого роста глазного яблока происходит растяжение трабекулярных пластин и образование в них отверстий.

G.K. Smelser и V. Ozanics (1971) показали, что в эмбриогониогенезе ведущую роль играет механизм «разрежения» – механического растяжения ткани вследствие роста переднего сегмента глаза.

Тщательное изучение процесса раскрытия угла передней камеры с использованием сканирующего электронного микроскопа окончательно решило вопрос о наличии в развивающемся углу передней камеры непрерывной «эндотелиальной» мембраны, переходящей с задней поверхности роговицы на угол передней камеры и переднюю поверхность радужки. Этот монослой «эндотелия» был описан E.M. Van Buskirk (1981), H.-A. Hansson и T. Jerndal (1971), D.R. Anderson (1981). В процессе роста переднего отрезка глаза этот слой подвергается «фенестрации» или «кавитации»: в «эндотелиальной» выстилке передней камеры появляются во всё большем количестве отверстия, располагающиеся по межклеточным границам. Увеличение размеров и количества отверстий приводит в итоге к почти полному исчезновению этого слоя.

1.2.3. Эпителий передней камеры.

Эпителий, выстилающий заднюю поверхность роговицы, структуры угла передней камеры и переднюю поверхность радужки, традиционно не рассматривался как единая структура. В классическом описании эмбриологии глаза более освещались вопросы образования заднего эпителия роговицы. Происхождение эпителия, выстилающего остальную поверхность передней камеры, описывалось нечётко и противоречиво (М. Зальцман, 1913; I.C. Mann, 1964; C.I. Thomas, 1955).

D.R. Anderson (1981) расценивал слой клеток, выстилающий угол передней камеры, как многослойную мезенхимальную ткань. Однако другие авторы описывают слой настоящего «эндотелия», который выстилает замкнутую полость передней камеры и покрывает развивающийся трабекулярный аппарат (J. Worst, 1968; G.K. Smelser и V. Ozanics, 1971).

По данным Н.-А. Hansson и Т. Jerndal (1971), все «эндотелиальные» клетки, выстилающие полость передней камеры, вначале имеют одинаковые размеры и шестиугольную форму; лишь между 7 и 8 месяцами внутриутробного развития клетки в области иридокорнеального угла уплощаются и приобретают неправильную форму, образуя, таким образом, видимую границу между роговицей и трабекулярной сетью.

В современной отечественной гистологии также сложилась точка зрения о том, что «...передний эпителий радужки (epithelium anterius iridis) является продолжением эпителия, покрывающего заднюю поверхность роговицы (epithelium posterius corneae)» (Ю.И. Афанасьев, Н.А. Юрина, 1989), причём задний эпителий роговицы и передний эпителий радужки имеют общее нейроглиальное происхождение (Ю.К. Хилова, М.М. Дронов, 1982).

Единство эпителия передней камеры подтверждается также тем, что нейроспецифическая энолаза – фермент, присущий нейронам и нейроэндокринным клеткам – содержится как в клетках заднего эпителия роговицы, так и в клетках трабекул (B.J. Tripathi et al., 1985; B.J. Tripathi, R.C. Tripathi, 1989).

Н.-А. Hansson, Т. Jerndal (1971) и М.В. Shields (1992), считают, что эпителий, выстилающий УПК, включается в ходе гониогенеза в состав трабекулярного аппарата. Таким образом, по крайней мере, часть эпителия трабекул является производным эпителия передней камеры. Это значит,

что непрерывная эпителиальная выстилка передней камеры, существующая в начале второй половины гестации, сохраняет свою непрерывность и в течение дальнейшего развития. Следовательно, несмотря на морфологические различия, эпителий задней поверхности роговицы, эпителий трабекул и эпителий передней поверхности радужки – составные части единой нейроглиальной эпителиальной выстилки передней камеры глаза.

1.2.4. Взаимодействие эпителиальных и мезенхимальных элементов в ходе гониогенеза.

Область развивающейся трабекулярной сети эмбриона заполнена мезенхимой и покрыта со стороны передней камеры непрерывным слоем «эндотелия», переходящим с роговицы на радужку (G.K. Smelser, V. Ozanics, 1971; D.R. Anderson, 1981). Каждая зрелая трабекула образована соединительнотканым межклеточным веществом и покрыта «эндотелием» (J.W. Rohen, 1986). Каким образом в ходе гониогенеза происходит замещение мезенхимы эпителиальной тканью? Теоретически возможны два механизма: а) образование эпителия *in situ* из клеток мезенхимы; б) миграция клеток эпителия передней камеры.

Первый из вышеуказанных вариантов гистогенеза подразумевает превращение клеток первичной трабекулярной сети (образующих синцитиальные пластины, между которыми происходит образование волокон (J.S. Speakman, 1959)) в эпителиоциты (покрывающие волокнистую основу трабекул). Активный синтез соединительнотканного межклеточного вещества требует значительной степени фибробластической дифференцировки клеток (Ю.И. Афанасьев, Н.А. Юрина, 1989), поэтому образование эпителиоцитов из фибробластов подразумевает межтканевую метаплазию, возможность которой отрицается (Ю.К. Хилова, М.М. Дронов, 1982). Таким образом, образование эпителия трабекул из мезенхимы *in situ* представляется маловероятным.

Второй возможный механизм замещения фибробластов эпителиоцитами – прорастание эпителия передней камеры между волокнами растянутой трабекулярной зоны с последующим покрытием трабекул клетками эпителия – выглядит более вероятным и описывается Н.-А. Hansson и Т. Jerndal (1971), А. Tawara и Н. Inomata (1987), М.В. Shields (1992). Неясным остаётся лишь вопрос о том, насколько глубоко проникает эпителий передней камеры в трабеку-

лярную сеть и, следовательно, весь ли эпителий трабекул является продолжением эпителия передней камеры.

С механической точки зрения глубина проникновения эпителия передней камеры в глубь трабекулярной сети определяется временными соотношениями между появлением условий для такой миграции и интенсивностью пролиферации клеток эпителия.

Н.-А. Hansson и T. Jerndal (1971), G.K. Smelser и V. Ozanics (1971), M.B. Shields (1992) считают, что «эндотелиальный» слой, покрывающий угол передней камеры, теряет свою непрерывность на 8-9 месяце внутриутробного развития. По данным С. Kupfer и K. Ross (1971), потеря непрерывности «эндотелиального» слоя в УПК появляется в течение 8 месяца внутриутробного развития и коррелирует со значительным повышением уровня оттока водянистой влаги. Однако, результаты исследований Н.В. Косых (1994) показывают, что коэффициент лёгкости оттока в ходе гониогенеза не повышается, а наоборот, понижается вследствие снижения интенсивности внедренного оттока.

Е.М. Van Buskirk (1981), соглашаясь с приведёнными выше данными, в то же время отмечал появление отверстий в «эндотелиальной» выстилке УПК в конце первой половины гестации.

По P.G. McMenamin (1989), «эндотелиальный» слой радужно-роговичного угла перфорирован дискретными межклеточными зазорами уже к 12-14 неделе внутриутробного развития, а значительные промежутки между «эндотелиальными» клетками в достаточной степени развиваются к 18-20 неделям, что обеспечивает сообщение между эмбриональной передней камерой и трабекулярной сетью.

Из приведённых данных следует, что условия для миграции клеток эпителия передней камеры вглубь дренажной системы появляются довольно рано: в конце первой – начале второй половины периода гестации. Учитывая, что спад митотической активности клеток заднего эпителия роговицы (а, следовательно, эпителия передней камеры) начинается только во второй половине внутриутробной жизни человека (С. Murphy et al., 1984), становится очевидной принципиальная возможность замещения всех первичных клеток трабекулярной сети (фибробластов) эпителиоцитами передней камеры.

О вероятности такого пути развития говорит также факт морфологической (по данным трансмиссионной электронной микроскопии) идентичности клеток в различных слоях развивающегося трабекулярного аппарата (Н.-А. Hansson, T. Jerndal, 1971).

Таким образом, из двух возможных механизмов смены клеточного состава трабекулярной сети более вероятным представляется перемещение эпителия передней камеры на фибриллярный каркас, синтезированный, а затем покинутый фибробластами.

Два возможных пути развития предполагают образование в итоге гониогенеза двух топографо-механических схем трабекулярного аппарата.

При первом варианте фибриллярный каркас трабекул гистогенетически и механически тесно связан с окружающими структурами, а эпителий, покрывающий трабекулы, является продолжением эпителиальной выстилки передней камеры.

При втором механизме гониогенеза трабекулярная сеть также является разнородной структурой, однако эта разнородность основана на существовании двух субпопуляций эпителия, в то время как фибриллярный каркас однороден и относительно изолирован от окружающих структур.

Если в действительности имеет место (или преобладает) первый вариант развития и в гистогенезе элементов трабекулярного аппарата активно участвуют прилежащие структуры, то трабекула является сложной системой из нескольких частей, отличающихся друг от друга по связи с различными прилежащими отделами дренажной зоны. В таком случае следует ожидать значительной топографической и биомеханической гетерогенности трабекулярной сети.

Если же все элементы трабекулярного аппарата (клетки, волокнистое и аморфное межклеточное вещество) образуются *in situ*, то трабекулярный переплёт представляет собой относительно однородную структуру, в значительной степени обособленную от окружающих тканей.

1.2.5. Эмбриологическая разнородность фибриллярного компонента трабекулярной сети.

По данным С.І. Thomas (1955), G.K. Smelser, V. Ozanics (1971), Шлеммов канал образуется в начале второй половины периода внутриутробного развития путём слияния нескольких венозных сосудов, расположенных по периметру передней камеры в толще склеры. К этому времени в первичном трабекулярном аппарате уже дифференцируются редкая сеть, прилежащая к радужке и цилиарному телу и более организованная масса клеток, прилежащих к склепе (G.K. Smelser, V. Ozanics, 1971). По J. G. F. Worst (1968), на этом же этапе развития угол передней камеры

заполнен «плодной гребенчатой связкой», которая представляет собой сухожилия цилиарной мышцы и прилежит к первичной корнеосклеральной трабекулярной сети, образованной склеральными волокнами.

Отсутствие атрофии тканей дренажной зоны глаза в ходе гониогенеза предполагалось L. Allen, H.M. Burian и A.E. Braley (1955), A.E. Maumenee (1959, 1962), J. G. F. Worst (1968) и было доказано G.K. Smelser и V. Ozanics (1974). Следовательно, зрелая внутренняя стенка Шлеммова канала должна содержать в себе все структуры, находившиеся между передней камерой и просветом склерального синуса к моменту образования последнего, а именно: эндотелий склерального синуса, слой ткани склеры, сухожилия цилиарной мышцы, сетчатую ткань зрачковой мембраны или корня радужки.

Клетки трабекул, являясь клетками эпителия передней камеры, вероятно, однородны. Фибриллярная основа трабекул, по-видимому, разнородна и гистогенетически должна относиться к различным структурам переднего отрезка глаза: волокна трабекул, наиболее близких к Шлеммову каналу – производные склеры, волокна наиболее внутренних трабекул – производные зрачковой мембраны, волокна остальных трабекул – производные сухожилий (интерстициальной соединительной ткани) цилиарной мышцы.

Таким образом, анализ всех приведённых данных показывает, что эмбриональный зачаток трабекулярной сети – не обособленная группа специфических клеток, а совокупность находящихся в УПК частей структур переднего отрезка глаза. С эмбриологической точки зрения, большая часть трабекулярного аппарата – производное сосудистого слоя нейроэктомезенхимного покрова глазного бокала и, следовательно, есть составная часть сосудистой оболочки глаза, которая вместе с десцеметовой оболочкой образует замкнутую полость. Из фиброзного слоя нейроэктомезенхимного покрова глазного бокала образуются только несколько самых поверхностных трабекул, прилежащих к Шлеммову каналу, а также, по-видимому, – юстаканаликулярная ткань. Эндотелий Шлеммова канала представляет собой продолжение эндотелия кровеносных сосудов и имеет мезодермальное происхождение. Трабекулы, вероятно, представляют собой соединительнотканые волокна цилиарной мышцы, роговицы и склеры, растянутые в ходе гониогенеза, образовавшие сетчато-пластинчатую структуру и покрытые «проросшим» между ними эпителием, выстилающим переднюю камеру.

С учётом вышеизложенного, трабекулярная сеть долж-

на считаться эмбриологически разнородной структурой, преимущественно эктодермального происхождения, включающей в себя производные различных клеточных субпопуляций и различных оболочек глаза (фиброзной и сосудистой), причём с эмбриологической точки зрения сама трабекулярная сеть, как и её соотношения с окружающими структурами переднего отрезка глаза, является значительно более сложной структурой, чем представлялось до настоящего времени. Теснейшая гистогенетическая связь различных слоёв трабекулярной сети с различными окружающими структурами должна определять также значительную механическую анизотропность трабекулярного аппарата.

1.3. Непроникающие гипотензивные операции.

Основное противоречие хирургии глаукомы – противоречие между эффективностью и безопасностью операций. Более сильная фильтрация, обеспечивая и поддерживая гипотензивный эффект, чревата известными осложнениями. Медленная фильтрация водянистой влаги намного безопаснее, но сила и стойкость эффекта при этом становятся сомнительными.

Фильтрующие операции извращают гидродинамику глаза с соответствующим падением зрительных функций (М.Л. Краснов, Л.Н. Колесникова, 1969; Т.И. Ерошевский, 1972). По мнению T.J. Zimmerman et al. (1984), с фистулизацией связаны наиболее существенные осложнения известных гипотензивных операций.

Признание существенной роли морфологических изменений в патогенезе первичной открытоугольной глаукомы способствовало разработке так называемых «патогенетически ориентированных» гипотензивных операций, основанных на микрохирургическом изменении морфологии ключевых элементов дренажной зоны глаза. Предложения по устранению интрасклеральной ретенции или блока склерального синуса, удаление юстаканаликулярной ткани или части трабекулярной сети, несмотря на свою умозрительность, привели к разработке ряда микроопераций, определивших дальнейшее направление хирургии глаукомы. Операции на отдельных элементах дренажной системы глаза, отличаются большей точностью и намного менее травматичны по сравнению с фистулизирующими, в результате чего снижается риск возникновения интраоперационных и послеоперационных осложнений (Абрамов В.Г. и соавт., 1980; Адамова Н.А. и соавт., 1986; Алимбеко-

ва З.Ф., Ангирова М.З., Ахметшина Н.С., 1986; С.С. Атлер, 1982; Ф.Г. Валиуллина, 1972; Т.И. Ерошевский, 1976; Т.И. Ерошевский, Н.Б. Лукова, 1981; М.Л. Краснов, 1980; Е.И. Устинова, О.Н. Хилько, Н.Н. Кушнер, 1981; С.Н. Фёдоров и соавт., 1983; T.J. Zimmerman et al. (1984).

Меньшее количество осложнений и более физиологичная гидродинамика после патогенетически ориентированных операций способствуют сохранению зрительных функций (Г.А. Киселёв, 1966).

Операции, в ходе которых производится вскрытие передней камеры глаза, сохраняют «элементы фистулизации» (М.Л. Краснов, 1980). Кроме того, любое «проникающее» хирургическое вмешательство, связанное со вскрытием передней камеры, предполагает довольно высокую вероятность осложнений (Т.И. Ерошевский, Н.Б. Лукова, 1981; С.Н. Фёдоров, Д.И. Иоффе, Т.И. Ронкина, 1984).

Выполнение гипотензивной операции без проникновения в переднюю камеру, то есть «непроникающей операции» позволяет расширить показания к хирургическому лечению начальной стадии глаукомы (А.П. Нестеров, С.К. Каранов, Л.Т. Кашинцева, 1985; А.П. Нестеров, И.Н. Черкасова, 1985; А.В. Супрун, С.М. Фёдорова, 1981), сократить сроки послеоперационного лечения больных и проводить хирургическое лечение глаукомы амбулаторно (В.И. Козлов и соавт., 1997).

Первой микрохирургической операцией непроникающего типа явилась синусотомия, в основе которой лежала идея вскрытия Шлеммова канала с целью улучшения оттока водянистой влаги (М.Л. Краснов, 1964). В 1972 г. W.M. Grant экспериментально показал значительное усиление оттока внутриглазной жидкости после вскрытия наружной стенки склерального синуса. Среди вероятных механизмов действия синусотомии были отмечены: фильтрация сквозь трабекулярную сеть под конъюнктиву (Р.Н. Войтова, 1975; М.Л. Краснов, 1980), устранение интрасклерального сосудистого блока (М.Л. Краснов, 1964) и функционального блока Шлеммова канала (Ю.Е. Батманов, В.Г. Брикман, 1977; А.П. Нестеров и соавт., 1979; А.П. Нестеров, 1982), а также возможное повышение проницаемости трабекулярного переплёта в результате его растяжения или частичного повреждения (Абрамов В.Г. и соавт., 1980; М.М. Краснов, 1964, 1980; W. Walker, C. Kanagasundaram, 1964).

Было предложено несколько вариантов синусотомии: со вскрытием Шлеммова канала «изнутри кнаружи» (*ab interno*), или «снаружи внутрь» (*ab externo*) (М.Л. Краснов, 1968).

Синусотомия *ab interno* проводилась через традиционный конъюнктивальный разрез с иссечением полоски склеры над Шлеммовым каналом (М.Л. Краснов, 1964), с использованием 2мм трепана (Ю.М. Корецкая, Г.А. Федотова, Л.А. Гузейл, 1973), или же без разреза конъюнктивы через короткий (3 мм) радиальный лимбальный доступ после локализации на его дне просвета Шлеммова канала с дальнейшим рассечением наружной стенки синуса ножницами под конъюнктивой (М.Л. Краснов, 1968).

Синусотомия *ab externo* проводилась из концентричного склеральному синусу длинного разреза лимба со стороны склеры или роговицы с наклонным расслоением тканей и иссечением образовавшегося «козырька». Был также описан вариант без разреза конъюнктивы, используя роговичный доступ (М.Л. Краснов, 1968).

Одно из условий стабилизации глаукоматозного процесса после операции – нормализация гидродинамики (Г.А. Киселёв, 1966; М.Л. Краснов, 1967; В.В. Волков и соавт., 1970; М.Д. Квасцова, 1970). Преимуществом синусотомии считались сохранение физиологических значений тонографических показателей (А.С. Смеловский, 1967; Н.Х. Хасанова, Г.А. Киселёв, А.И. Колоткова, 1968).

Синусотомия признавалась весьма тонкой операцией, которая требует высокой квалификации хирурга (М.Л. Краснов, 1978, 1980), особенно при выполнении «тоннельного» варианта (М.Л. Краснов, 1968; А.П. Нестеров, 1982).

Несомненные достоинства синусотомии привлекли внимание многих офтальмологов, предложивших свои модификации этой операции (Ю.Ф. Головачёв, 1968; А. Момозе, 1975; А.С. Смеловский, 1967; B. Rosengren, 1966).

«Синусотомия под склеральным лоскутом» предотвращает истончение фиброзной капсулы глаза в зоне операции, стимулирует отток влаги по естественным путям (Б.Н. Алексеев, 1974; М.Л. Краснов, 1980; М.М. Краснов, 1988).

Одно из существенных звеньев патогенеза открытоугольной глаукомы – функциональный блок Шлеммова канала. Первоначально коллапс склерального синуса происходит в передней части Шлеммова канала, распространяясь в дальнейшем на задний его отдел (А.П. Нестеров, 1968; А.П. Нестеров, Ю.Е. Батманов, 1971; А.П. Нестеров, Ю.Е. Батманов, 1974). С целью снятия блока передней части склерального синуса и улучшения оттока через трабекулу Б.Н. Алексеев и С.Ф. Писецкая (1985) предложили проводить иссечение наружной стенки Шлеммова канала вместе с участком ткани от склеральной шпоры до линии

Швальбе («синусотомия в передней зоне Шлеммова канала»). Эта операция была призвана не только снять блокаду склерального синуса, но и освободить переднюю часть трабекулярной сети, в норме функционально менее активную (Н. Inomata, A. Tawara, 1984), и поэтому менее патологически изменённую при глаукоме.

Техника синусотомии («экстернализации Шлеммова канала»), совершенствовавшаяся в течение 20 лет, описывалась следующим образом: 1) широкий (6–8 мм) конъюнктивальный лоскут с основанием у лимба; 2) несквозные разрезы склеры: длинный надрез концентрично лимбу в 3 мм от него, 2 коротких разреза от концов длинного к основанию конъюнктивального лоскута; 3) расслоение склеры с образованием склерального лоскута основанием к роговице; 4) локализация Шлеммова канала на дне образованного углубления; 5) рассечение наружной стенки канала; 6) репозиция и фиксация склерального и конъюнктивального лоскутов (М.М. Краснов, 1988).

Преимущества всех разработанных способов синусотомии – безопасность и малая травматичность (Ф.Г. Валиуллина, 1972; М.Л. Краснов, 1964; Л.А. Малахова, 1974; А.С. Смеловский, 1967; Н.Х. Хасанова, Г.А. Киселёв, А.И. Колоткова, 1968; Г.Л. Чернявский и соавт., 1971), что позволяло широко использовать эту операцию при начальных стадиях глаукомы практически без риска ухудшения зрения (В.Г. Абрамов и соавт., 1980, 1983; В.П. Артамонов, 1980; Л.А. Малахова, 1974; W. Walker, C. Kanagasundaram, 1964).

Широкое применение синусотомии было ограничено не только технической сложностью, но и, как ни парадоксально, её «патогенетичностью». Эффект таких операций объяснялся устранением интрасклеральной ретенции, что делало их показанными только при интрасклеральной форме первичной открытоугольной глаукомы. (М.Л. Краснов, 1968; М.М. Краснов, 1988; В.В. Шмелёва, Нада Джогар, А.П. Потапова, 1981). В реальных условиях исключительно интрасклеральная ретенция диагностируется редко (М.Л. Краснов, 1980; М.М. Краснов, С.Н. Фёдоров, 1982). Кроме того, с разработкой теории функционального блока Шлеммова канала и его роли в патогенезе глаукомы (А.П. Нестеров, 1968; А.П. Нестеров, 1982; А.П. Нестеров, Ю.Е. Батманов, 1974) граница между трабекулярной и интрасклеральной формами ретенции стала условной (М.Л. Краснов, 1980).

Патологический процесс при открытоугольной глаукоме захватывает всю дренажную зону, особенно в развитых стадиях заболевания (М.Л. Краснов, 1964, 1968; С.Н. Фёдоров, В.В.

Корчагин, Г.А. Шилкин, 1979; В.Ф. Шмырёва, М.Г. Мирзаянц, 1976; S.W. Duke-Elder, 1963). Поэтому при значительном поражении трабекулярного аппарата гипотензивный эффект синусотомии снижается (А.П. Нестеров, Ю.Е. Батманов, В.Г. Брикман, 1978). Более того, и в условиях нормы внутренняя стенка Шлеммова канала играет активную роль в регуляции оттока внутриглазной жидкости (А.П. Нестеров, 1968; А.П. Нестеров, 1982; А.П. Нестеров, Ю.Е. Батманов, 1971; А.П. Нестеров, С.К. Каранов, Л.Т. Кашинцева, 1985).

Для усиления эффекта синусотомии была предложена модифицированная методика J.E. Gains (1974): прошивание склеральной шпору нитью, натягивающей трабекулярный аппарат и повышающей таким образом его проницаемость (А.П. Нестеров, Ю.Е. Батманов, 1977; А.П. Нестеров, Ю.Е. Батманов, В.Г. Брикман, 1978; А.П. Нестеров, 1982). Эта техника была дополнена циклодиализом с выкраиванием глубокого склерального лоскута и смещением последнего в супрахориоидальное пространство (А.П. Нестеров, Е.А. Егоров, И.Н. Черкасова, 1978). Усиление фильтрации может быть достигнуто прошиванием склеральной губы вскрытого Шлеммова канала Z-образным швом (Ю.М. Корецкая, С.И. Говорун, 1979), наложением шва в области кольца Швальбе (О.Г. Чекмарёва, 1984) или локальной диатермокоагуляцией тканей дренажной зоны после экстернализации Шлеммова канала: термотрабекулоретракция (Т.И. Ерошевский, В.М. Петухов, 1979) или диатермотрабекулоспазис (А.П. Нестеров и соавт., 1979). Контракция тканей и последующее растяжение трабекулы происходит не только в момент коагуляции, но и в ходе последующего рубцевания, что обеспечивает более стойкий эффект (А.П. Нестеров, 1982).

Другой путь повышения фильтрации – истончение внутренней стенки Шлеммова канала (Б.Н. Алексеев, 1978). «Операция на ультраструктурах внутренней стенки Шлеммова канала» была основана на факте локализации основного сопротивления оттоку в юкстаканаликулярной ткани (A.J. Fink, M.D. Felix, R.C. Fletcher, 1972; A.S. Holmberg, 1967). По описанию автора операции, «после иссечения наружной стенки синуса с юкстаканаликулярной ткани (ЮКТ) снимается эндотелий Шлеммова канала»; увлажнение ложа склерального синуса «указывает на относительную сохранность юкстаканаликулярной ткани и трабекулы». В противном случае автор рекомендовал второй этап: истончение ЮКТ при помощи пинцета или лезвия. Такой «аффинаж» трабекулы продолжали до получения достаточной фильтрации (Б.Н. Алексеев, 1978).

Аналогичный принцип был положен в основу операции «трабекулэктомии ab-externo», при которой секторальное глубокое удаление лимбальной ткани, а также иссечение ЮКТ и поверхностных слоёв трабекулярной сети производится при помощи специальной микродрели (E. Arenas-Archila; J.C. Sanchez-Thorin; M.C. Arenas, 1995).

Дальнейшее продвижение в направлении непроникающей хирургии глаукомы было связано с разработкой универсальных операций, вовлекающих максимальное количество различных механизмов действия и поэтому эффективных при различных формах глаукомы (М.М. Краснов, С.Н. Фёдоров, 1982).

Один из таких путей – активация увеосклерального оттока (А.П. Нестеров, С.К. Каранов, Л.Т. Капшинцева, 1985). Этот принцип был положен в основу глубокой склерэктомии (ГСЭ), при которой постулировалась возможность оттока непосредственно в сосудистую систему глаза (Д.И. Иоффе, 1981; Д.И. Иоффе, 1982; С.Н. Фёдоров, Д.И. Иоффе, Т.И. Ронкина, 1982, 1984) через фенестрированные стенки капилляров цилиарного тела (A.S. Holmberg, 1967; M.L. Hogan, J.A. Alvarado, J.E. Weddel, 1971), что уменьшает нежелательную фильтрацию влаги под конъюнктиву (И.М. Логай и соавт., 1984). Эта операция призвана воздействовать на все отделы дренажной системы глаза, однако механизм ее действия включает элемент фистулизации, который вероятно является не вспомогательным, а основным. По сути, глубокая склерэктомия являлась модификацией трабекулэктомии по Watson.

На основе операции ГСЭ была разработана непроникающая глубокая склерэктомия (НГСЭ). Механизм действия НГСЭ основан, по мнению авторов, на фильтрации водянистой влаги сквозь сохранённый в зоне операции трабекулярный аппарат, проницаемость которого увеличивается при удалении наружной стенки Шлеммова канала и при обнажении периферии десцеметовой мембраны с последующим оттоком жидкости в капилляры цилиарного тела, в супрахориоидальное пространство и под конъюнктиву (С.Н. Фёдоров, В.И. Козлов, Н.Т. Тимошкина, А.Б. Шарова, Н.Н. Ерескин, Е.Е. Козлова, 1989). Значительное снижение вероятности осложнений, хорошее самочувствие больных сразу после вмешательства сократили сроки реабилитации пациентов и позволили проводить операцию амбулаторно (С.Ю. Анисимова, М.Е. Александрова, 1987).

Согласно концепции авторов, главная особенность НГСЭ – использование для оттока внутриглазной жидко-

сти естественной проницаемости периферического участка десцеметовой мембраны (В.И. Козлов и соавт., 1997). Принципиальная возможность фильтрации сквозь периферию десцеметовой оболочки косвенно подтверждается особенностями её строения. В пределах пояса шириной 50-150 мк, лежащего кпереди от кольца Швальбе («зона S»), десцеметова оболочка истончается и исчезает, а покрывающий её задний эпителий роговицы приобретает черты трабекулярного эпителия: клетки уплощаются и, вероятно, частично теряют барьерную функцию (M.B. Shields, 1992). С другой стороны, до настоящего времени не было получено экспериментальных данных, прямо подтверждающих возможность фильтрации через десцеметову оболочку в степени, достаточной для снижения внутриглазного давления. Более того, при обнажении в ходе НГСЭ десцеметовой оболочки на достаточном протяжении хорошо видно, что вся фильтрация влаги осуществляется в промежутке между склеральной шпорой и кольцом Швальбе (то есть сквозь трабекулярную сеть), при этом периферия десцеметовой оболочки выглядит сухой и непроницаемой для влаги.

Усилению фильтрации после НГСЭ способствует ряд специфических изменений в строении дренажной зоны, достигаемых последовательно в ходе операции: 1) удаление наружной стенки Шлеммова канала устраняет его функциональный блок – наиболее раннее звено в патогенезе открытоугольной глаукомы (А.П. Нестеров, 1973); 2) удаление глубоких слоёв лимбальной ткани над участком трабекулы, лежащим между внутренней стенкой Шлеммова канала и десцеметовой оболочкой, открывает дополнительную фильтрующую поверхность. В норме сквозь этот участок («нефильтрующую часть трабекулы») фильтрации влаги почти не происходит (J.W. Rohen, 1986), его пигментация минимальна, что придаёт визуальное сходство с десцеметовой оболочкой; 3) если эти факторы всё же не обеспечивают достаточной фильтрации, то, по описанию авторов, «с трабекулы снимается эндотелий» для дополнительного улучшения оттока (С.Н. Фёдоров и соавт., 1989).

Операция НГСЭ нашла широкое клиническое применение (например, с 1985 по 1994 годы в МНТК «Микрохирургия глаза» было выполнено более 40 000 таких операций (В.И. Козлов и соавт. 1997) и, несмотря на технические трудности, становится всё более популярной. С 1997 года НГСЭ под неточным названием «глубокая склерэктомия» применяется зарубежными офтальмологами.

Несомненными преимуществами НГСЭ, определённо повышающими её эффективность, являются:

- обнажение в результате операции значительно более широкой, чем при других непроникающих операциях, фильтрующей мембраны, состоящей не только из трабекулярного аппарата, но и из периферии десцеметовой оболочки,
- создание после удаления глубокого склерального лоскута интрасклеральной полости, препятствующей адгезии и рубцеванию поверхностного склерального лоскута,
- удаление структур, ответственных за основную долю трабекулярной ретенции (эндотелий Шлеммова канала и ЮКТ),
- возможная активация увеосклерального оттока в результате обеспечения доступа влаги в супрахориоидальное пространство.

Кроме того, при НГСЭ исключается возможность инфицирования, резко уменьшается процент гипотонии, отслойки сосудистой оболочки, кровотечений, практически устраняется катарактогенный эффект, так как периферическая иридэктомия не выполняется (Г.М. Соловьёва, В.И. Козлов, 1987).

Недостатки НГСЭ типичны для всех известных непроникающих операций:

- значительно меньшая эффективность в далекозашедшей и терминальной стадиях глаукомы,
- нестойкость эффекта в ряде случаев из-за ухудшения фильтрации и избыточного рубцевания,
- неприменимость при закрытоугольной и узкоугольной формах глаукомы.

НГСЭ в типичном варианте наиболее эффективна при начальной стадии ОУГ (М.Е. Александрова, 1989; В.В. Егоров, А.Ю. Худяков, Е.Л. Сорокин, 1997). Вместе с тем, процент больных с поздними стадиями глаукомы весьма высок. Это определяет необходимость дальнейшего совершенствования непроникающих операций с целью повышения их эффективности при развитой и далекозашедшей глаукоме. Отражение такой необходимости – применение цитостатических препаратов (Е.А. Егоров, Е.А. Потапова, 1996; Зуев В.К., Соколовская Т.В., Иванова Е.С., 1997), а также гидрогелевых или коллагеновых дренажей (Г.М. Соловьёва, В.И. Козлов, 1987). Несомненна польза этих мероприятий в уменьшении рубцевания, хотя клинические исследования свидетельствуют о том, что наличие аллодренажа практически не влияет на эффект непроникающих операций: частота рецидивов после НГСЭ и НГСЭ с дренажом практически одинакова (О.Л. Фабрикантов, Ю.А. Белый, 1996), хотя многие работы последних лет говорят об обратном.

Несмотря на довольно успешное широкое применение и несомненные преимущества, непроникающие гипотензивные операции до настоящего времени не стали основой хирургии глаукомы. Среди причин медленного внедрения – техническая сложность, недостаточный гипотензивный эффект, неоднозначность трактовки механизмов послеоперационного снижения офтальмотонуса. В основе этого – отсутствие полной ясности морфологических основ непроникающей хирургии глаукомы. Анализ литературных данных обязывает поставить вопрос о вероятной морфологической разнородности трабекулярного аппарата и о целесообразности уточнения его топографии. Единичные сообщения о морфологии и топографии дренажной зоны глаза после гипотензивных операций касались в основном фистулизирующих вмешательств (Л.Г. Сеннова, 1986, 1987). Аналогичный аспект непроникающей хирургии обсуждался в основном умозрительно (Б.Н. Алексеев, 1978; С.Н. Фёдоров, 1989). Специальные морфологические исследования непроникающих операций (также единичные) были направлены в основном на изучение динамики репаративных процессов (И.П. Маслова-Хорошилова и соавт., 1986).

Отсутствие чёткой концепции топографической гистологии дренажной зоны глаза приводит к тому, что трабекулярный аппарат воспринимается хирургами как относительно гомогенная «мембрана», «плёнка», но не как многослойная структура – объект точной, предсказуемой, топографически ориентированной хирургии.

В любой хирургической специальности абсолютно необходимо знание топографии (хирургической анатомии) объекта операции. До тех пор, пока объектом хирургии глаукомы была дренажная зона в целом (период фистулизирующих операций), топография различных отделов трабекулярной сети не играла существенной практической роли. С переводом операций на гистологический уровень, когда операциям подлежат структуры микронного размера, трабекулярный аппарат становится чем-то бóльшим, чем просто «мембрана» или «диафрагма». Область 50х300 микрон (поперечное сечение трабекулярной сети) становится достаточно обширным полем для тонких и разнообразных хирургических манипуляций. При этом знание топографии дренажной зоны глаза на гистологическом уровне – «гистотопографии» – становится совершенно необходимым, а операции, разработанные на основе гистотопографического подхода, – намного более понятными, выполнимыми и предсказуемыми.

Глава II.

Экспериментальные исследования гистотопографии дренажной зоны глаза.

2.1. Специфика методологии исследований дренажной зоны.

Классическая методика исследования морфологии дренажной зоны глаза – световая микроскопия целлоидиновых или парафиновых срезов тканей. Варианты их приготовления отличаются, главным образом, направлением проведения среза. Наиболее часто применяют меридиональные срезы, позволяющие одновременно наблюдать большинство отделов глазного яблока. Однако, как указывал М. Flocks (1956), на меридиональных срезах видны только поперечные сечения структур дренажной зоны глаза, по которым затруднительно судить об их пространственном расположении.

Исследование тангенциальных (параллельных или касательных к поверхности глазного яблока) срезов дренажной зоны глаза позволило уточнить морфологию различных отделов трабекулярной сети (М. Flocks, 1956) и обнаружить ряд неизвестных ранее образований, например, систему сухожилий цилиарной мышцы (J.W. Rohen, 1982). Вместе с тем, методика, основанная на изучении срезов тканей, имеет существенный недостаток: в пределах одного среза могут близко располагаться совершенно разнородные ткани, создавая видимость тесного контакта и даже соединения тканей, и, наоборот, по-настоящему анатомически связанные друг с другом структуры могут оказаться в разных срезах. Многослойная структура будет адекватно представлена на гистологическом срезе только в том случае, если составляющие её слои лежат на достаточном протяжении в одной плоскости. В реальных биологических объектах большинство элементов криволинейны. Поэтому обычный гистологический срез многослойного объекта будет заключать в себе части различных слоёв. В определённой мере пространственное взаиморасположение тканей может быть восстановлено

синтезом трёхмерной структуры объекта из набора серийных срезов. Однако, этот достаточно трудоёмкий метод не даёт представления о биомеханических свойствах изучаемых тканей, о переходе различных волокон из одной структуры в другую. Касаясь этого вопроса, М. Зальцман (1913) отмечал, что «...способы анатомического препарирования, равно как и расщипанные препараты отнюдь не следует оставлять без внимания. Они показывают нам элементы тканей в гораздо более естественном состоянии и позволяют делать лучшие заключения по вопросам гистологии, чем срезы. Подобный ... препарат позволит сделать заключения, которых нельзя вывести из сотен срезов». При комбинации гистологических методов с анатомическими (препарированием) «...особенно успешно приобретается пространственное представление о структуре тканей и их элементов» (М. Зальцман, 1913). «Расщипанные» препараты элементов дренажной зоны исследовали J. Assayama (1901-1902), М. Зальцман (1913), J.S. Speakman (1959). Развитием этой методики на современном этапе является метод микропрепаровки, использованный Н.В. Косых и Н.Е. Турок (1997) для исследования эмбриональных глаз.

В нашем исследовании были использованы как метод микропрепаровки, так и меридиональные срезы. Для исследования трёхмерной топографии трабекулярной сети методика микроанатомической препаровки (J. Assayama, 1901-1902; М. Зальцман 1913; J.S. Speakman, 1959; Н.В. Косых, Н.Е. Турок, 1997) была модифицирована нами на основе современной микрохирургической техники: операций синусотомии (М.Л. Краснов, 1964; М.М. Краснов, 1988; Б.Н. Алексеев, 1978, Б.Н. Алексеев, С.Ф. Писецкая, 1985) и непроникающей глубокой склерэктомии (С.Н. Фёдоров и соавт., 1989).

Часть глазных яблок была препарирована в соответствии с методикой операции непроникающей глубокой склерэктомии (НГСЭ) (С.Н. Фёдоров и соавт, 1989) с репозицией и шовной фиксацией склерального лоскута и покрытием зоны операции конъюнктивой (выбирали глазные яблоки с достаточными размерами оставшегося после энуклеации венчика конъюнктивы). По окончании препаровки перфузионным раствором наполняли интрасклеральную полость и аналог фильтрующей подушечки, что имитировало реальную послеоперационную ситуацию. Не прекращая перфузии, меняли 0,9% раствор NaCl на 12% раствор формалина. Такую перфузионную фиксацию продолжали в течение 1-2 часов, после чего глазное яблоко на 1 сутки полностью по-

грузжали в формалин для окончательной фиксации. Далее проводили обезвоживание в спиртах, заключение в парафин и целлоидин. Гистологические срезы окрашивали гематоксилином-эозином, а также по Ван-Гизон, железным гематоксилином и резорцин-фуксином в модификации Харта (5% раствором фукселина в 1% солянокислом спирте) (Г.А. Меркулов, 1961).

На полученных препаратах изучали строение дренажной зоны глаза после непроникающей операции, в первую очередь – строение образованной в ходе препаровки фильтрующей мембраны и её связь с окружающими структурами.

2.2. Ход и результаты секторной микроанатомической препаровки дренажной зоны.

Микроанатомическую препаровку аутопсированных глазных яблок проводили в соответствии с техникой операции непроникающей глубокой склерэктомии (С.Н. Фёдоров и соавт., 1989) до этапа вскрытия венозного синуса склеры (Шлеммова канала) (рис. 1).

Для удобства ориентировки мы применяли в отношении различных стенок Шлеммова канала термины: «роговичная», «лимбальная», «склеральная» и «трабекулярная», определяя их по тому, с какими из прилежащих структур они контактируют (рис. 2).

После вскрытия просвета Шлеммова канала по его склеральной стенке на внутренней поверхности склерально-лимбального лоскута остаётся наружная, лимбальная стенка синуса, которая спереди плавно переходит в роговичную стенку, а та, в свою очередь, – в трабекулярную. Тракция склерально-лимбального лоскута кнаружи и в сторону роговицы приводит к разделению волокон роговичной стенки синуса. Между этими волокнами появляются и расширяются щели, сама роговичная стенка легко расщепляется и, как таковая, исчезает: одна часть её волокон остаётся на удаляемом склерально-лимбальном лоскуте, другая часть – на трабекулярной сети (рис. 3).

Радиальное рассечение ткани лимба и роговицы по краям зоны препаровки кпереди от Шлеммова канала позволяет продолжить отделение лоскута от глубжележащих тканей. При этом кпереди от передней границы Шлеммова канала открывается «нефильтрующий» отдел трабекулярной сети (J.W.Rohen, 1986). В этот момент отмечается значительное усиление фильтрации жидкости из передней камеры. В зоне

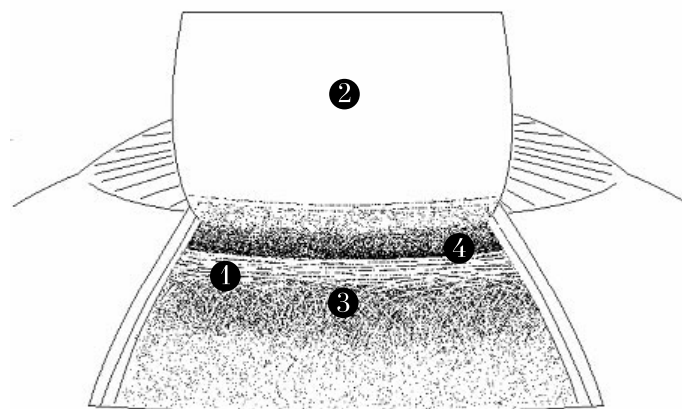


Рис. 1. Вскрытый просвет Шлеммова канала (1), склерально-лимбальный лоскут (2), склеральная шпора (3), трабекулярная сеть (4). Схема.

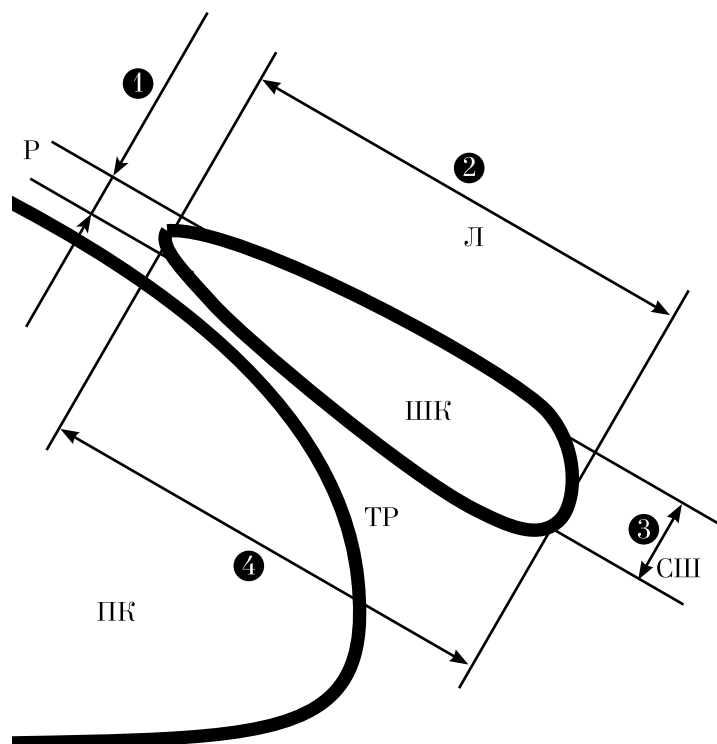


Рис. 2. Схема топографии стенок Шлеммова канала: 1 - роговичная, 2 - лимбальная, 3 - склеральная, 4 - трабекулярная. ПК - передняя камера, Р - роговица, Л - лимб, СШ - склеральная шпора, ТР - трабекулярная сеть, ШК - Шлеммов канал.

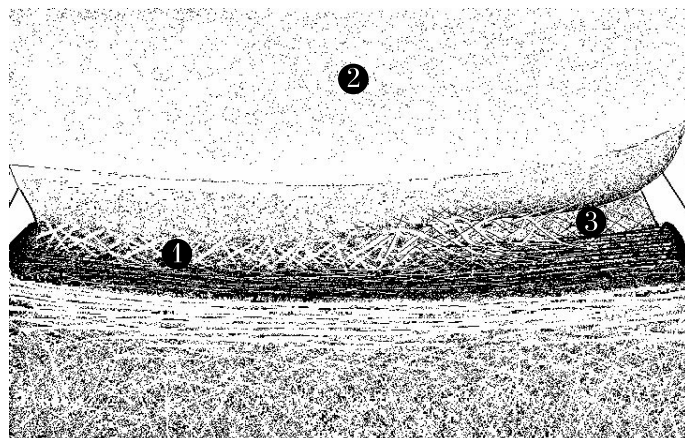


Рис. 3. Натяжение волокон роговичной стенки Шлеммова канала (1) при тракции склерально-лимбального лоскута (2). Расщепление роговичной стенки Шлеммова канала (3). Схема.

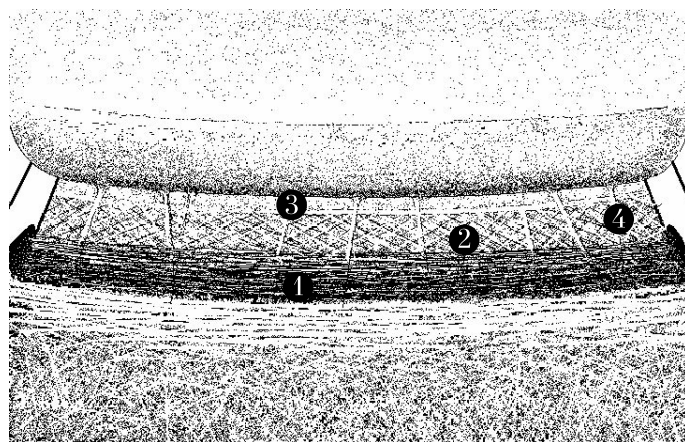


Рис. 4. «Фильтрующий» (1) и «нефильтрующий» (2) отделы трабекулярной сети, кольцо Швальбе (3), длинные передние сухожилия цилиарной мышцы (4). Схема.

препаровки хорошо видна граница «фильтрующего» и «нефильтрующего» отделов: «фильтрующий» отдел, покрытый снаружи юстаканаликулярной тканью и эндотелием Шлеммова канала, выглядит более гладким (при максимальном увеличении – $\times 56$ – с продольной параллельной исчерченностью), тогда как «нефильтрующий» отдел трабекулярной сети выглядит сетчатым. На границе этих отделов из-за большей толщины «фильтрующего» отдела часто видна «ступенька» (рис. 4). Кроме того, «фильтрующий» отдел трабекулярной сети в большей степени пигментирован (особенно в глазах доноров старше 40-50 лет).

Далее в сторону роговицы «нефильтрующий» отдел трабекулярной сети переходит в десцеметову оболочку (заднюю пограничную пластинку роговицы). Этот переход определяется достаточно четко: при большом увеличении хорошо видно, как сетчатая структура трабекулярной сети сменяется гомогенной прозрачной мембраной, на внутренней поверхности которой видны клетки заднего эпителия роговицы. На большинстве препарированных глазных яблок в области перехода трабекул в десцеметову оболочку был виден пучок параллельных лимбу белых тонких волокон с перламутровым блеском, внешне напоминающих волокна склеральной шпоры. Учитывая локализацию и направление этих волокон, мы сочли их волокнами переднего пограничного кольца Швальбе.

После расщепления роговичной стенки Шлеммова канала и обнажения нефильтрующего отдела трабекулярной сети обнаруживались более или менее радиальные тяжи, проходящие к кольцу Швальбе, а также над кольцом Швальбе и периферией десцеметовой оболочки – к строме роговицы. Как правило, эти тяжи при дальнейшем оттягивании лимбального лоскута разрывались, однако, в ряде случаев они были более прочными и при значительном их натяжении вызывали разрыв трабекулярной диафрагмы. Сравнение этих данных с полученными нами плоскостными препаратами убеждает, что такие радиальные волокна соответствуют описанным J.W. Rohen (1986) длинным передним сухожилиям цилиарной мышцы.

В ходе дальнейшей препаровки на значительном протяжении обнажалась периферия десцеметовой оболочки. Между стромой роговицы и десцеметовой оболочкой обнаруживались множественные соединения в виде неровной линии в 50-200 μ центральное кольцо Швальбе (рис. 5). Дальнейшая судьба этих соединений была двояка и зависела от способа микроанатомической препаровки. При пер-

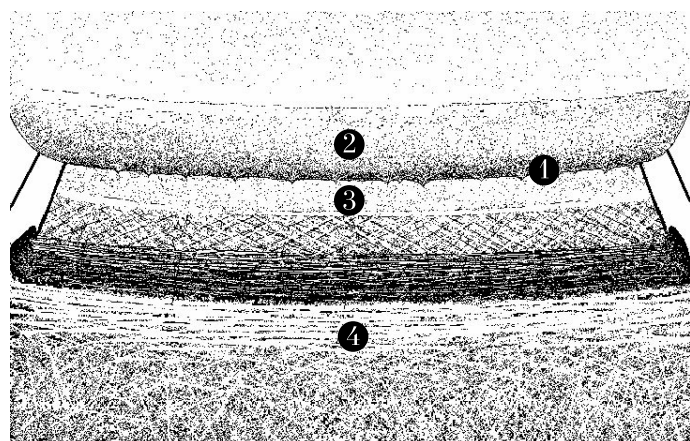


Рис. 5. Множественные соединения (1) стромы роговицы (2) с десцеметовой мембраной (3). 4 – склеральная шпора. Схема.

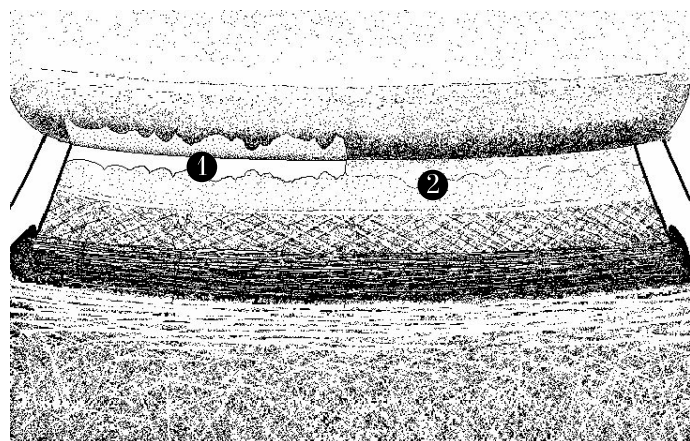


Рис. 6. Препаровка области соединения десцеметовой мембраны со стромой роговицы. Разрыв десцеметовой мембраны (1), разрыв соединений десцеметовой мембраны со стромой роговицы (2). Схема.

вом варианте препаровки лимбальный лоскут оттягивали в направлении, перпендикулярном поверхности роговицы. В этом случае десцеметова оболочка разрывалась по линии своих соединений со стромой роговицы, образуя фестончатый край, и оставалась в соединении с фиброзной оболочкой глазного яблока (рис. 6, левая половина).

При втором варианте препаровки (рис. 6, правая половина) лоскут изгибали в сторону роговицы и оттягивали под острым углом к поверхности роговицы после предварительного разрушения указанных соединений с десцеметовой оболочкой с помощью микрошпателя. Строма роговицы вслед за лимбальным лоскутом отделялась от задней пограничной пластинки роговицы, на поверхности которой оставалась тонкая линия, видимая на всех плоскостных препаратах. По форме и расположению эта линия соответствует фестончатому краю разрыва десцеметовой мембраны при первом варианте препаровки (рис. 7).

На этом этапе препаровки в тех случаях, когда не нарушалась целостность десцеметовой оболочки, передняя камера оставалась отделённой от внешней среды тонкой мембраной, сквозь которую осуществлялась интенсивная фильтрация внутриглазной жидкости. Эта фильтрующая мембрана образована периферической частью десцеметовой оболочки и переходящей в неё трабекулярной диафрагмой (рис. 8).

Как было отмечено выше, на поверхности трабекулярного отдела выделенной в ходе препаровки фильтрующей мембраны чётко дифференцируются фильтрующий и нефилтрующий отделы, причём роговичный край фильтрующего отдела образует «ступеньку». При скользящем движении бранши ирис-пинцета по поверхности трабекулярной сети в направлении от роговицы к склеральной шпоре ткань, лежащая книзу от «ступеньки», легко захватывается пинцетом. Приложив небольшое усилие в направлении, параллельном ходу волокон в этой ткани, последнюю можно разорвать, а затем отделить от глубже лежащих слоёв трабекулярной сети в виде хорошо оформленной ленты или полоски (рис. 9).

Такая полоска ткани обнаруживалась на подавляющем большинстве препаратов, независимо от возраста доноров. После её удаления трабекулярная часть фильтрующей мембраны выглядела более однородной, без видимого разделения на фильтрующий и нефилтрующий отделы. Большая часть трабекулярного пигмента удалялась в составе этой полоски ткани. После удаления данной полоски ткани пе-

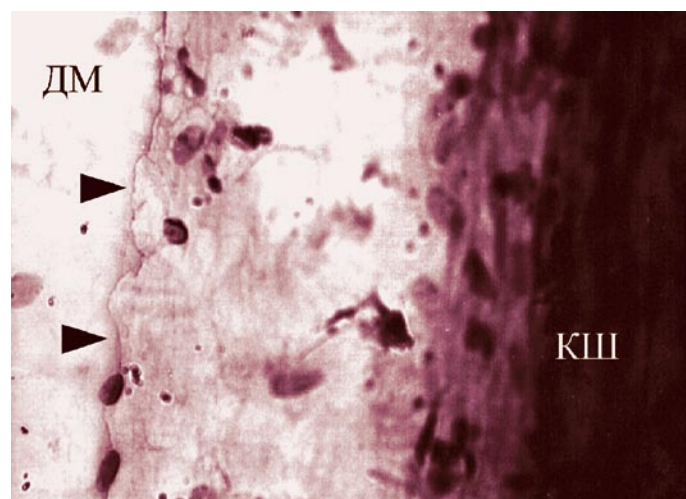


Рис. 7. Линия соединений десцеметовой мембраны со стромой роговицы (отмечена стрелками). ДМ - десцеметова мембрана, КШ - кольцо Швальбе. Плоскостной препарат. Окраска по Ван-Гизон. Объектив $\times 100$.

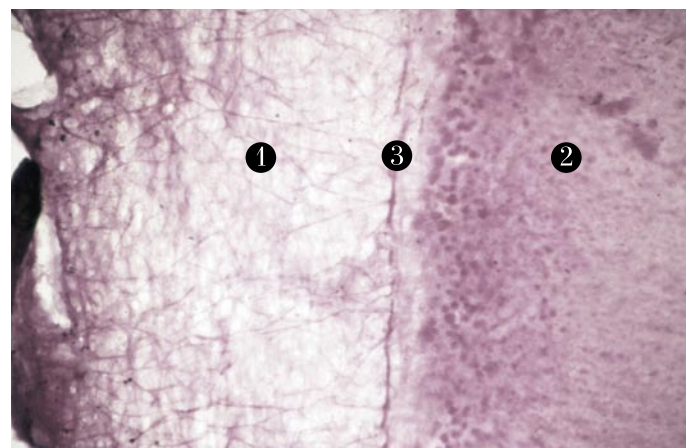


Рис. 8. Плоскостной препарат трабекулярной сети (1) и десцеметовой мембраны (2). 3 – кольцо Швальбе. Окраска по Харту. Объектив $\times 10$.

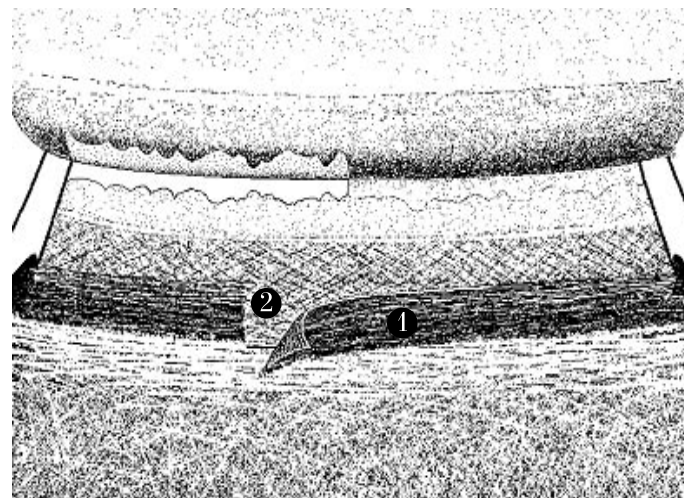


Рис. 9. Отделение «ленты» поверхностных слоёв фильтрующего отдела (1) от глубже лежащих слоёв трабекулярной сети (2). Схема.

редняя граница склеральной шпоры возвышалась над поверхностью оставшейся трабекулярной сети, также образуя выраженную «ступеньку».

Для получения изолированного препарата этой полоски ткани в соединении с окружающими структурами мы проводили препаровку по вышеописанной схеме в двух соседних секторах шириной по 5 мм. На одном из этих участков полоску ткани с поверхности трабекулы удаляли, как было описано выше, но не нарушали её соединения с аналогичной структурой соседнего препарируемого участка. На этом последнем участке препаровку проводили режущим инструментом так, чтобы избежать расщепления роговичной стенки Шлеммова канала и оставить на поверхности трабекулярной сети тонкий слой стромы роговицы. После этого единым лоскутом удаляли глубокий слой склеры (со склеральной шпорой), упомянутую полоску ткани и глубокий слой стромы роговицы, причём средняя часть этого лоскута продолжалась в описанную полоску, отделённую от остальной трабекулярной сети на соседнем участке препаровки.

В ходе препаровки приходилось рассекать лишь глубокие слои роговицы и склеры в местах их перехода в непрепарированные участки фиброзной оболочки глаза. Весь

плоскостной препарат, включая слои роговицы и склеры, легко отделялся от глубже лежащих структур тупо при помощи пинцета и микрошпателя. На полученном препарате после окраски по Харту видны эластические волокна склеры, переходящие в циркулярные волокна склеральной шпоры, соединяющиеся, в свою очередь, с волокнами «полоски», также параллельными между собой и имеющими циркулярное (экваториальное) направление. Волокна «полоски» соединяются с эластическими волокнами периферической стромы роговицы (рис. 10).

Обращает на себя внимание правильный параллельный ход волокон в описываемой полосе ткани. Такое направление подразумевает высокую прочность (и эластичность) в экваториальном направлении и крайнюю непрочность в меридиональном направлении. Это объясняет лёгкое расщепление роговичной стенки Шлеммова канала, которая соответствует области перехода «полоски» в строму роговицы на плоскостном препарате (рис. 11).

Структура, аналогичная рассматриваемой полоске ткани, была ранее описана Б.Н. Алексеевым (1978). Он считал, что ткань с экваториальным параллельным направлением волокон, которая удаляется с наружной поверхности трабекулярного аппарата в ходе «аффинажа трабекулы», является юстаканаликулярной тканью. В то же время, как было показано специальными исследованиями (P.G. Watson, I. Grierson, 1981), для ЮКТ не характерно упорядоченное параллельное направление волокон: эта ткань имеет губчатую структуру с ячейками без определённой ориентации.

С другой стороны, С.Н. Фёдоровым и соавторами (1989) было описано «удаление слоя эндотелия с трабекулы» в ходе непроникающей глубокой склерэктомии (НГСЭ). При этом техника удаления этой ткани соответствует описанной выше технике удаления «полоски». Под «эндотелиальной трабекулой» или «слоем эндотелия, снимаемого с трабекулы» может пониматься только ЮКТ («эндотелиальный слой») или эндотелий Шлеммова канала. Следовательно, в соответствии с описанием авторов (С.Н. Фёдоров и соавт., 1989), при НГСЭ с поверхности трабекулярной сети, обращённой в просвет Шлеммова канала, удаляется юстаканаликулярная ткань.

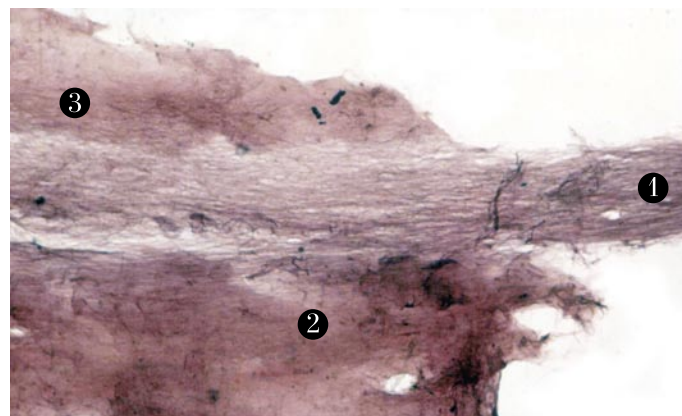


Рис. 10. Поверхностный слой трабекулярной сети в виде полоски ткани (1) в соединении со склеральной шпорой (2) и стромой роговицы (3). Плоскостной препарат. Окраска по Харту. Объектив x10.

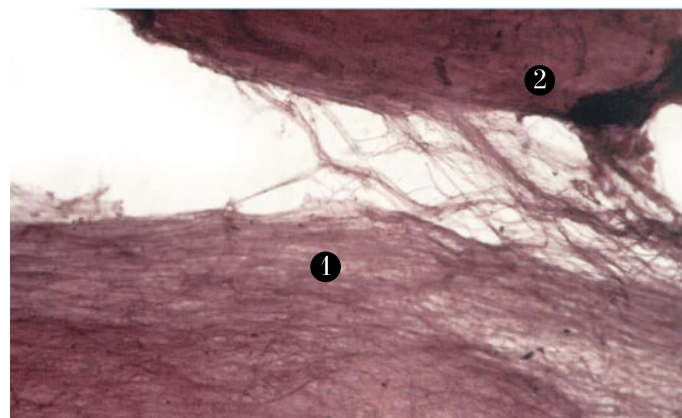


Рис. 11. Разделение поверхностного слоя трабекулярной сети («полоски») (1) и стромы роговицы (2). Плоскостной препарат. Окраска по Харту. Объектив x20.

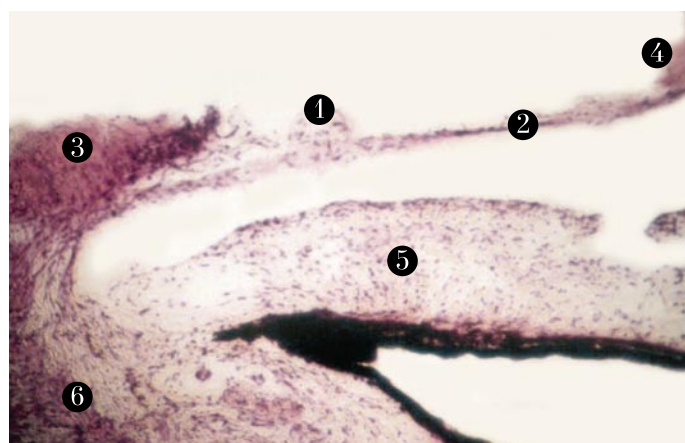


Рис. 12. Меридианольный срез зоны микроанатомической препаровки до снятия полоски ткани (1) с фильтрующей мембраны (2). 3 – склеральная шпора, 4 – строма роговицы, 5 – радужка, 6 – цилиарное тело. Окраска: гематоксилин-эозин. Объектив x10.

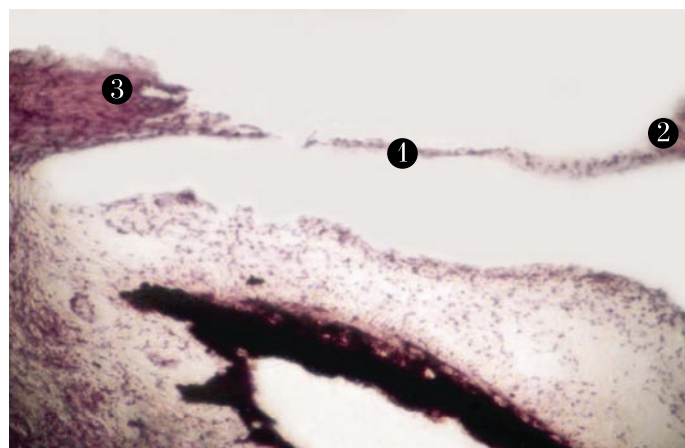


Рис. 13. Фильтрующая мембрана (1) в зоне микроанатомической препаровки после удаления полоски ткани с глубже лежащих слоёв трабекулярной сети. 2 – склеральная шпора, 3 – строма роговицы. Окраска: гематоксилин-эозин. Объектив x10.

На меридиональных гистологических срезах видно, что после удаления склеро-лимбально-роговичного лоскута в зоне препаровки остаётся фильтрующая мембрана, основная часть которой образована трабекулярными пластинами. При этом на препаратах из той области, где с глубоких слоёв трабекулярной сети не была снята вышеописанная полоска ткани, наружная поверхность фильтрующей мембраны располагается на уровне наружной поверхности склеральной шпоры. Расположение последней совпадает с видимыми в ходе микропрепаровки толстыми белыми экваториально ориентированными склеральными волокнами, лежащими непосредственно у склерального края Шлеммова канала (рис. 12, 13).

После удаления «полоски» фильтрующая мембрана на участке, прилежащем к склеральной шпоре и цилиарной мышце, становится значительно более тонкой. В результате «роговичный» край склеральной шпоры образует высокую «ступеньку». Как видно на препарате, удаляемая полоска ткани представляет собой не только юстаканаликулярную ткань, но и существенную (возможно, основную по объёму) часть трабекулярной сети и состоит из трабекулярных пластин. В составе фильтрующей мембраны остаются пластины, непосредственно связанные с цилиарной мышцей, в то время, как трабекулы, прилежащие к склеральной шпоре, удаляются (рис. 13).

Учитывая направление волокон в полоске ткани трабекулярной сети и тесную связь этой полоски со склеральной шпорой и стромой роговицы, более логично, на наш взгляд, считать упомянутую полоску ткани поверхностным слоем трабекулярной сети в проекции фильтрующего отдела последней и несущего на себе ЮКТ и эндотелий Шлеммова канала.

Таким образом, результаты секторной микроанатомической препаровки показывают, что:

- глубокие пластины фильтрующего отдела трабекулярной сети продолжают кпереди, образуя «нефильтрующий» отдел, и соединяются с десцеметовой оболочкой;
- поверхностные слои фильтрующего отдела трабекулярной сети связаны с одной стороны со стромой роговицы, с другой стороны – со склеральной шпорой и, далее, с глубоким слоем склеры; именно этот участок трабекулярного аппарата легко удаляется в ходе непроникающих операций в виде характерной полоски ткани;
- десцеметова оболочка соединена со стромой роговицы вдоль фестончатой линии, расположенной на 0,05-0,2 мм кпереди от кольца Швальбе;

- фильтрующая мембрана при операциях типа непроникающей глубокой склерэктомии состоит из периферической части десцеметовой оболочки и из нескольких наиболее глубоких пластин трабекулярной сети, непосредственно соединяющихся с цилиарной мышцей;
- параллельные экваториально ориентированные волокна, видимые в ходе непроникающих гипотензивных операций на поверхности глубокого слоя склеры непосредственно перед задним краем Шлеммова канала, являются волокнами склеральной шпоры.

2.3. Ход и результаты циркулярной лимбальной препаровки.

После завершения секторной препаровки удаляли кольцеобразный участок ткани лимба толщиной около 300 мкм (роговичная граница - в 2-3 мм от лимба, склеральная - в 7-8 мм). В образованном ложе начинали препаровку, аналогичную описанной выше препаровке средних слоёв склеры (рис. 14).

После выделения склеральной шпоры, вскрытия Шлеммова канала и обнажения десцеметовой оболочки оказалось, что разделение элементов дренажной зоны можно легко продолжить по всей её окружности, причём соотношения структур, выделенных на этапе секторной препаровки, сохраняются. Примечательно, что для продолжения препаровки по окружности лимба почти не требовалось применение режущих инструментов. Ткани разделялись тупо, в соответствии с естественным ходом волокон.

Соединения между удаляемым лоскутом и остающимися на глазном яблоке тканями располагались главным образом по 5 линиям: 1) вдоль склеральной шпоры, 2) по склеральному краю фильтрующего отдела трабекулярной сети, 3) по роговичному краю фильтрующего отдела трабекулярной сети, 4) вдоль кольца Швальбе и 5) по линии разрыва десцеметовой оболочки. Соединения на краях фильтрующего отдела были особенно хорошо выражены: создавалось впечатление перехода трабекул в прилежащие участки наружной стенки синуса. Вне этих линий (на остальной площади дренажной зоны) отмечались лишь единичные непрочные соединения.

По окончании данного этапа препаровки на глазном яблоке оставался тонкий глубокий слой склеры, переходящий в склеральную шпору, в фильтрующий и нефилтрующий отделы трабекулярной сети, а также в кольцо Швальбе

и десцеметову оболочку. Последняя, как правило, разрывалась, образуя описанную выше фестончатую линию на 0,05-0,2 мм «роговичнее» кольца Швальбе (рис. 15).

Для продолжения препаровки рассекали оставшийся слой склеры в 5-7 мм от склеральной шпоры и поднимали его, обнажая цилиарное тело. На поверхности последнего хорошо видна меридиональная порция цилиарной мышцы. Склеральный лоскут был фиксирован к цилиарному телу только в области склеральной шпоры. При отделении склеры от цилиарного тела возможны два варианта препаровки. При первом варианте проводили максимальное удаление ткани склеры при сохранении целостности волокон цилиарной мышцы. В этом случае на поверхности цилиарного тела оставалось несколько волокон склеральной шпоры, тогда как большая её часть удалялась вместе со склеральным лоскутом. При втором варианте склеральную шпору полностью удаляли с цилиарного тела. Для этого во всех случаях требовалось рассечение некоторого количества волокон меридиональной порции цилиарной мышцы. В результате склеральная шпора полностью оставалась в составе склерального лоскута, однако, на внутренней поверхности последнего соответственно проекции склеральной шпоры обнаруживались фрагменты мышечных волокон, образуя характерный «венчик». Таким образом, если препаровка проводится так, чтобы не нарушать целостности цилиарной мышцы, то склеральная шпора делится на две части: «склеральную» (не связанную с цилиарной мышцей) и «увеальную» (переплетающуюся с меридиональными волокнами цилиарной мышцы).

При первом варианте препаровки вслед за склеральной шпорой с поверхности трабекулярной сети легко снимается (без дополнительных манипуляций) слой ткани, идентичный описанной выше полоске ткани трабекулярной сети. При оттягивании склерального лоскута кнаружи и вдоль направления волокон склеральной шпоры происходило дальнейшее правильное расслоение тканей. Склеральная шпора разделялась на склеральную и увеальную части, полоска снималась с трабекулярной сети, сохраняя неизменные размеры по всей окружности дренажной зоны. В результате этого этапа препаровки происходило выделение I слоя трабекулярной сети (рис. 16).

Полностью отделить цилиарную часть склеральной шпоры от цилиарной мышцы было возможно только после рассечения поверхностных (меридиональных) мышечных волокон. Мобилизованную таким образом склеральную

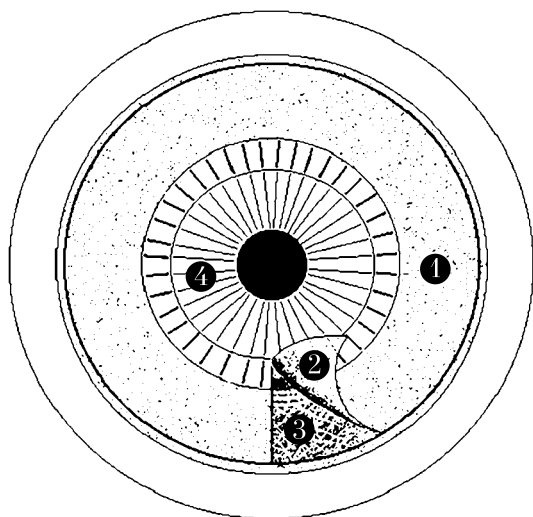


Рис. 14. Начало циркулярной препаровки в роговично-лимбально-склеральном ложе (1). Основной склеральный лоскут (2), глубокий слой склеры (3), радужка (4).

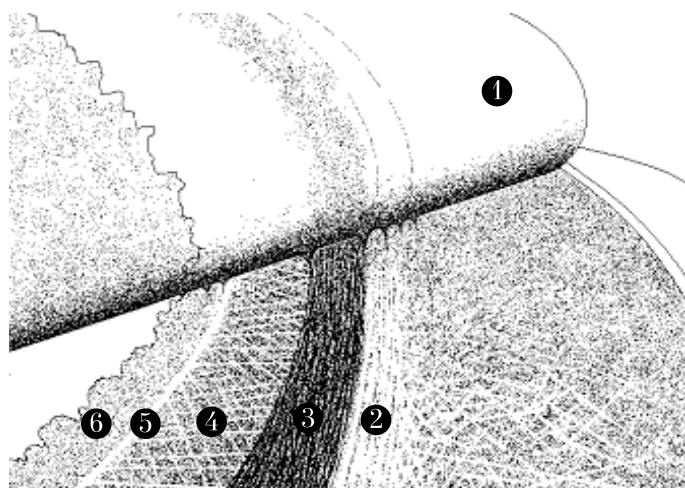


Рис. 15. Удаление лоскута средних слоёв склеры (1) и выделение структур дренажной зоны, связанных с ним: 2 - склеральная шпора, 3 - фильтрующий отдел трабекулярной сети, 4 - нефилтрующий отдел, 5 - кольцо Швальбе, 6 - десцеметова мембрана. Схема.

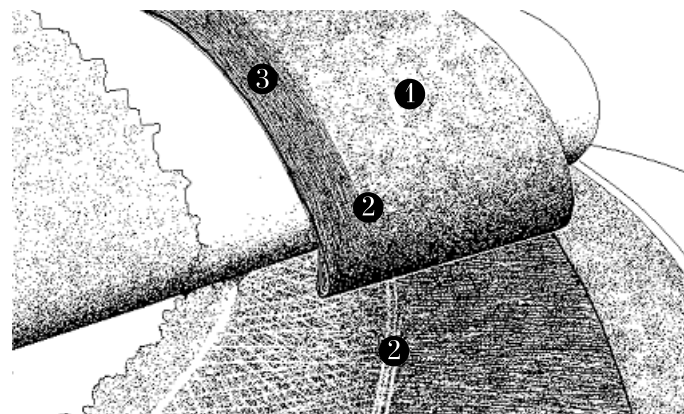


Рис. 16. Глубокий склеральный лоскут (1), склеральная шпора (2) и I слой трабекулярной сети («полоска») (3).

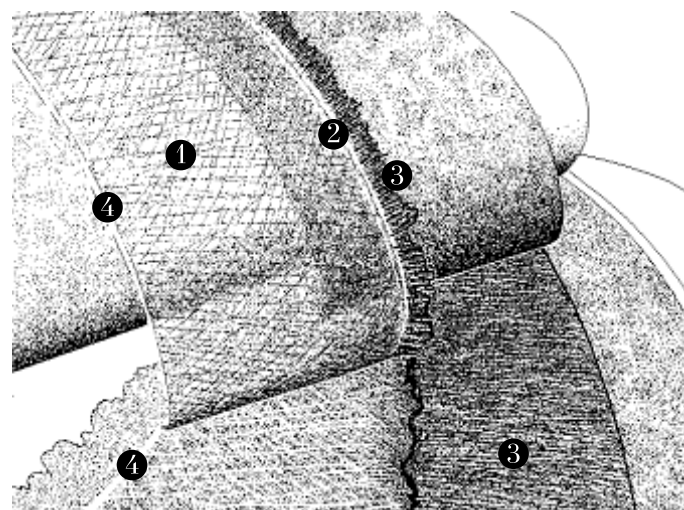


Рис. 17. Выделение слоя ткани трабекулярной сети (1), соединённого со склеральной шпорой (2), цилиарной мышцей (3) и кольцом Швальбе (4) (II слой трабекулы).

шпору оказалось возможным захватить пинцетом. При оттягивании шпору снаружки с трабекулярной сети снимается тонкий прозрачный слой ткани, практически не связанный с остающимися трабекулярными пластинами по плоскости, но прочно прикрепляющийся к кольцу Швальбе – II слой трабекулярной сети. Отделение этого слоя также оказалось возможным продолжить по всей окружности дренажной зоны, однако, для этого требовалось постоянно рассекать меридиональные волокна цилиарной мышцы (рис. 17).

После этого этапа препаровки на глазном яблоке оставался тончайший прозрачный слой (III слой трабекулярной сети), с одной стороны прочно связанный с более глубокими волокнами цилиарной мышцы, а с другой – переходящий в десцеметову оболочку. Дальнейшая препаровка этого слоя непосредственно на глазном яблоке оказалась невозможной и проводилась на микроанатомических трёхмерных препаратах.

2.4. Трёхмерные микроанатомические препараты трабекулярной сети.

На микроанатомических препаратах хорошо видны все четыре вышеописанных слоя трабекулярной сети, частично разделённые по плоскости и отогнутые под углом друг к другу (рис. 18, 19).

На внутренней (обращённой в переднюю камеру) поверхности III слоя трабекулярной сети обнаруживаются тонкие, преимущественно радиальные тяжи ткани, образующие однослойную сеть с крупными ячейками, выстилающую всю поверхность III слоя от кольца Швальбе до корня радужки. Своеобразное строение этого «сетчатого» слоя, резко отличающегося от трёх вышеописанных слоёв, позволило продолжить микропрепаровку и отделить этот IV слой трабекулярной сети от III слоя (рис. 19).

В ходе препаровки было видно, что IV слой трабекулярной сети прикрепляется с роговичной стороны к кольцу Швальбе, а с противоположной стороны переходит в корень радужки. На неокрашенных микроанатомических препаратах тонкие тяжи, образующие сеть этого слоя, идентичны видимым иногда при биомикроскопии остаткам зрачковой мембраны и так же, как и последние, сливаются с тканью радужки.

Таким образом, путём микроанатомической препаровки трабекулярная сеть разделяется на 4 слоя, радикально отличающихся друг от друга по строению и по отношению к окружающим структурам.



Рис. 18-19. Трёхмерный микроанатомический препарат трабекулярной сети, разделённой на четыре слоя: 1 – I слой, 2 – II слой, 3 – III слой, 4 – IV слой. Окраска по Ван-Гизон. Объектив х5.

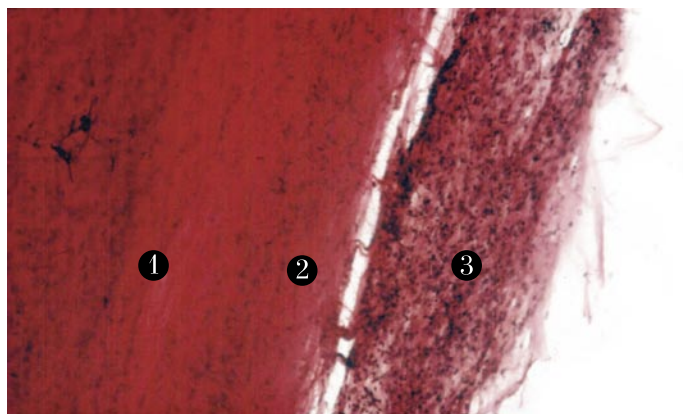


Рис. 20. Плоскостной препарат склеры (1), склеральной шпоры (2) и I слоя трабекулярной сети (3). Окраска по Ван-Гизон. Объектив x20

2.5. Плоскостные препараты четырёх слоёв трабекулярной сети.

На плоскостном препарате I слой трабекулярной сети резко отличается от склеральной шпоры и глубокого слоя склеры, с которыми он составляет единый пласт. Ткань трабекулярной сети содержит значительно большее количество ядер и пронизана овальными отверстиями. При растяжении препарата в меридиональном направлении ткань I слоя легко отделяется от склеральной шпоры (рис. 20). Причина такой непрочной связи становится понятной при изучении аналогичного препарата, окрашенного по Харту для выявления эластических волокон (рис. 22, 27). Как и в склеральной шпоре, в I слое волокна располагаются исключительно в экваториальном направлении и не могут противостоять поперечному растяжению. Как следствие, данный слой трабекулярной сети сохраняет одинаковые размеры и лентовидную форму в ходе микропрепаровки по всей окружности дренажной зоны.

II слой трабекулярной сети более прочно связан с окружающими структурами и поэтому может быть выделен на значительно большем (в меридиональном направлении) протяжении. На плоскостном препарате (рис. 21) видно, что на «склеральной» стороне этот слой начинается волокнами цилиарной мышцы, связанными со склеральной шпорой.

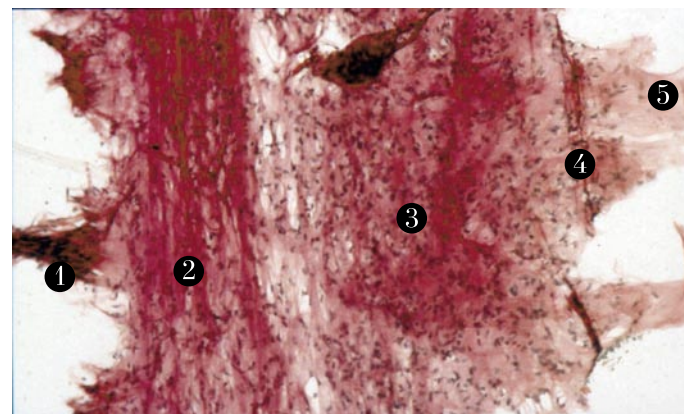


Рис. 21. Плоскостной препарат II слоя трабекулярной сети. 1 - пучки цилиарной мышцы, 2 - склеральная шпора, 3 - трабекулы, 4 - кольцо Швальбе, 5 - пластинки стромы роговицы. Окраска по Ван-Гизон. Объектив x10.



Рис. 22. Плоскостной препарат II слоя трабекулярной сети. 1 - цилиарная мышца, 2 - склеральная шпора, 3 - трабекулы, 4 - пластинки стромы роговицы. Окраска по Харту. Объектив x10.

Далее в пределах этого слоя располагается ткань собственно трабекулярной сети, аналогичная ткани I слоя, но не такая плотная. Соединение трабекул со склеральной шпорой во II слое трабекулярной сети значительно более прочное, чем в I слое: ни на одном препарате не было отмечено их расслоения. На «роговичной» стороне трабекулы II слоя соединяются с частью волокон кольца Швальбе, но, главным образом, переходят в пластинки стромы роговицы (рис. 21).

При окраске по Харту более чётко выявляются: а) склеральная шпора, находящаяся во II слое трабекулярной сети между цилиарной мышцей и трабекулами, б) ячеистое строение эластической сети трабекул (в отличие от параллельных волокон I слоя) с экваториально вытянутыми ячейками в проекции Шлеммова канала и более мелкими округлыми – вблизи зоны соединения с роговицей, в) пучки эластических волокон, протягивающиеся от трабекул в сторону роговицы (рис. 22).

На плоскостном препарате III слоя трабекулярной сети пучки цилиарной мышцы (веерообразно расходящиеся кзади и, поэтому, вероятно, относящиеся к радиальной порции) соединяются непосредственно с трабекулами. Волокон склеральной шпоры не было обнаружено ни на одном препарате этого слоя. На стороне роговицы препарат III слоя трабекулярной сети содержит большинство волокон кольца Швальбе (кроме немногих волокон, соединённых с трабекулами II слоя) и далее переходит в десцеметову оболочку (рис. 23).

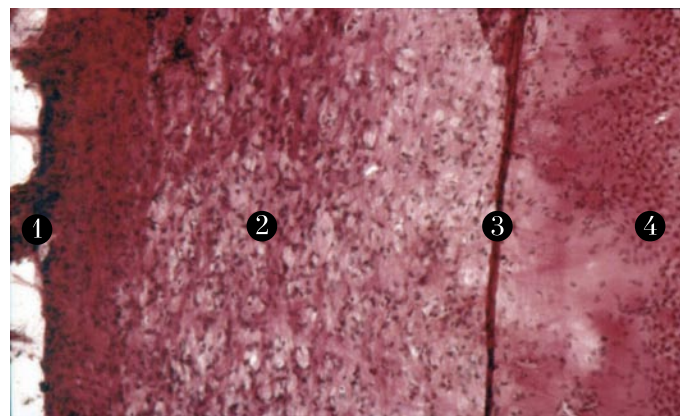


Рис. 23. Плоскостной препарат III слоя трабекулярной сети. 1 – волокна радиальной порции цилиарной мышцы, 2 – трабекулы III слоя, 3 – кольцо Швальбе, 4 – десцеметова мембрана. Окраска по Ван-Гизон. Объектив x10

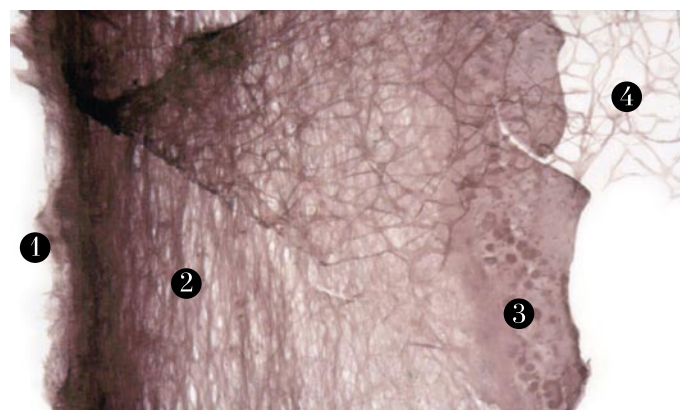


Рис. 24. Плоскостной препарат III и IV слоёв трабекулярной сети. 1 – радиальная порция цилиарной мышцы, 2 – трабекулы III слоя, 3 – десцеметова мембрана, 4 – трабекулы IV слоя. Окраска по Харту. Объектив x10.

Окраска на эластические волокна выявляет плавную смену преобладающего направления волокон III слоя трабекулярной сети с меридионального (в интерстициальной соединительной ткани радиальной порции цилиарной мышцы) на преимущественно экваториальное (в проекции Шлеммова канала) и на равномерно разнонаправленное вблизи области перехода III слоя в десцеметову оболочку (рис. 24).

На этом же препарате (рис. 24) представлен IV слой трабекулярной сети, отделённый по плоскости от III слоя и отогнутый в сторону. IV слой слабо окрашивается по Харту, что свидетельствует о значительно меньшем количестве эластических волокон. При окраске по Ван-Гизон этот слой трабекулярной сети резко отличается от остальных своей ретикулярной структурой и отсутствием связи с цилиарной мышцей (рис. 25).

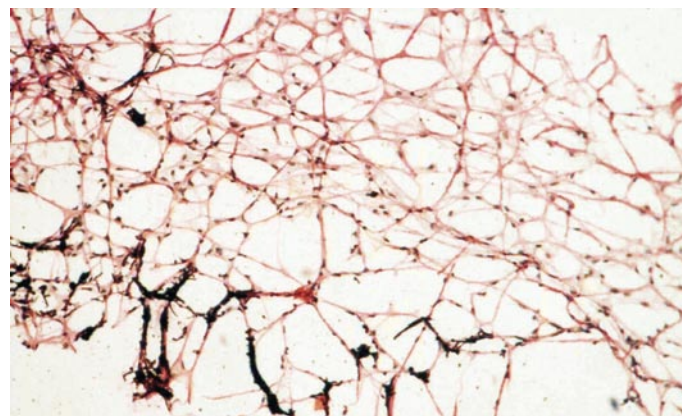


Рис. 25. Плоскостной препарат IV слоя трабекулярной сети. Окраска по Ван-Гизон. Объектив x10.

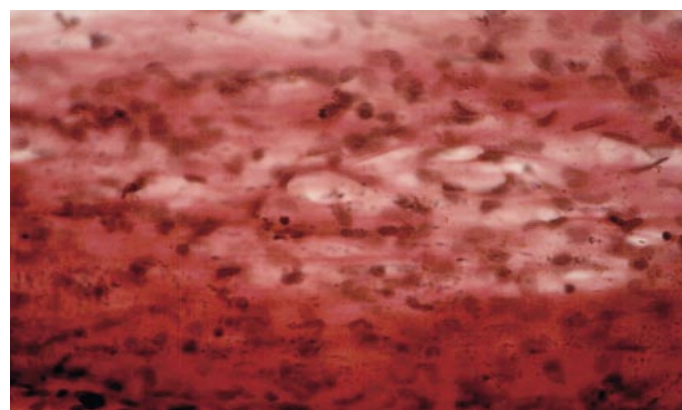


Рис. 26. Плоскостной препарат I слоя трабекулярной сети. Окраска по Ван-Гизон. Объектив x40.

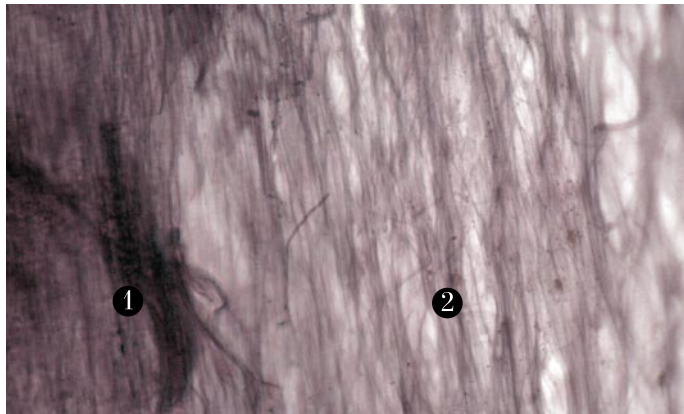


Рис. 27. Зона перехода склеральной шпоры (1) в I слой трабекулярной сети (2). Окраска по Харту. Объектив x40.

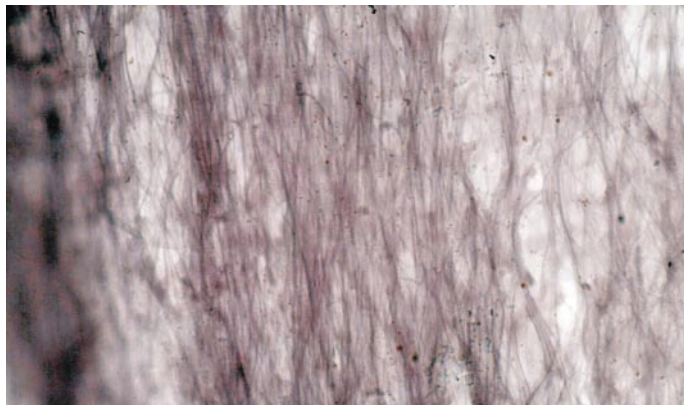


Рис. 28. Плоскостной препарат I слоя трабекулярной сети, средний отдел. Окраска по Харту. Объектив x40.

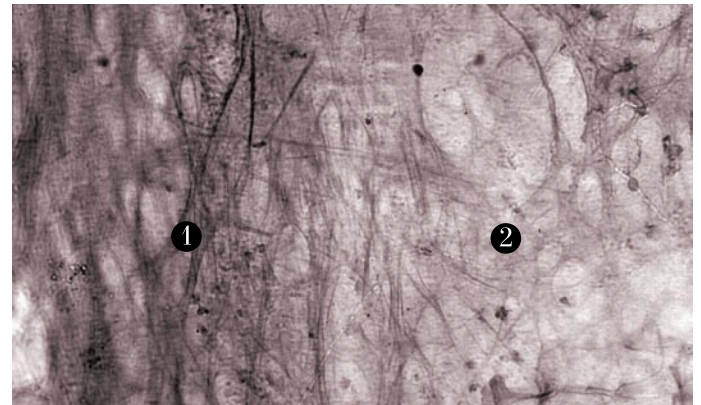


Рис. 29. Плоскостной препарат зоны перехода I слоя трабекулярной сети (1) в строму роговицы (2). Окраска по Харту. Объектив x40.

При большом увеличении (объектив x40) были выявлены дополнительные особенности строения всех четырёх слоёв трабекулярной сети.

Окраска по Ван-Гизон позволяет наблюдать небольшие округлые и эллиптические интратрабекулярные отверстия в I слое трабекулярной сети. Отверстия кажутся немногочисленными из-за довольно плотного расположения трабекул (рис. 26). И трабекулы, и отверстия имеют преимущественно экваториальную ориентацию.

Селективная окраска на эластические волокна даёт иную картину (рис. 27, 28, 29). В области перехода склеральной шпоры в I слой трабекулярной сети все волокна параллельны (рис. 27), как и в среднем отделе этого слоя (рис. 28). В области перехода I слоя трабекулярной сети в ткань роговицы направление волокон постепенно меняется с экваториального на косо-радиальное. Волокна истончаются и вплетаются в строму роговицы, не образуя определённой границы (рис. 29).

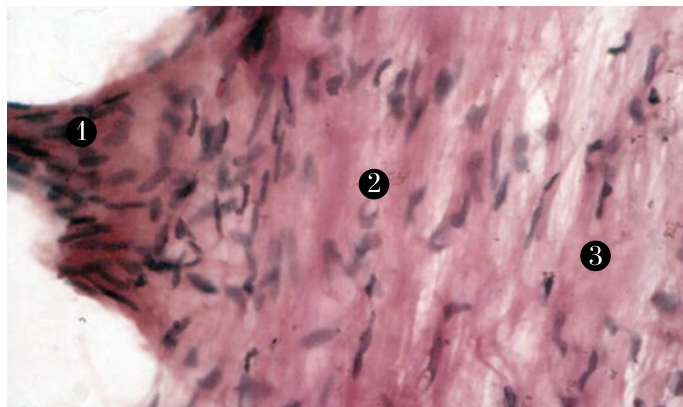


Рис. 30. Плоскостной препарат II слоя трабекулярной сети. Зона соединения меридиональной порции цилиарной мышцы (1), склеральной шпоры (2) и трабекулярной сети (3). Окраска по Ван-Гизон. Объектив x40.

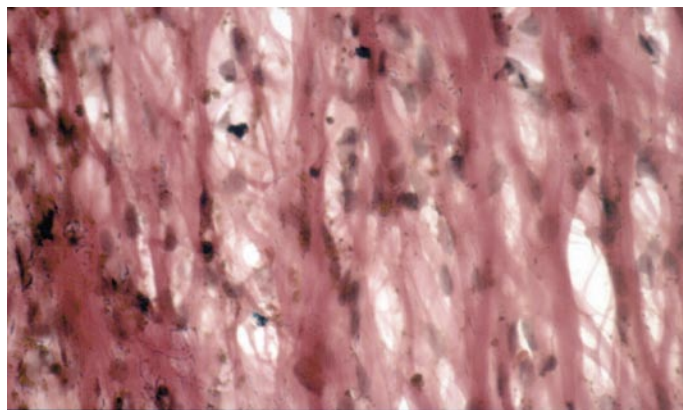


Рис. 31. Плоскостной препарат II слоя трабекулярной сети. Средний отдел слоя. Окраска по Ван-Гизон. Объектив x40.

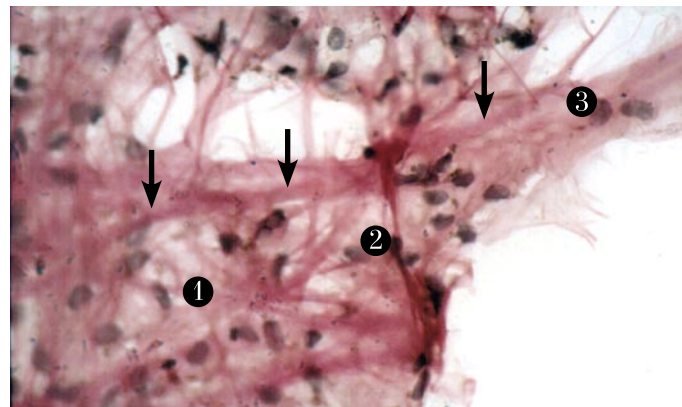


Рис. 32. Плоскостной препарат II слоя трабекулярной сети. Зона перехода трабекул (1) в волокна кольца Швальбе (2) и глубокие пластинки стромы роговицы (3). Длинное переднее сухожилие цилиарной мышцы отмечено стрелками. Окраска по Ван-Гизон. Объектив x40.

На препарате II слоя трабекулярной сети при окраске по Ван-Гизон хорошо видны меридианально расположенные желтовато-оранжевые пучки цилиарной мышцы, прикрепляющиеся к малиново-красным волокнам склеральной шпоры, которые переходят в трабекулярные пластины (рис. 30). В области проекции Шлеммова канала видны вытянутые эллиптические интратрабекулярные отверстия, значительно более крупные и многочисленные, чем в I слое (рис. 31). В зоне перехода этого слоя в строму роговицы видны трабекулы, проходящие под различными углами и сливающиеся с кольцом Швальбе, а также радиальные тяжи, переходящие в пластинки стромы роговицы, прикрепляясь попутно к поверхностным волокнам переднего пограничного кольца (Швальбе). По размерам, расположению и прикреплению эти структуры идентичны описанным J.W.Rohen (1982) длинным передним сухожилиям цилиарной мышцы (рис. 32).



Рис. 33. Плоскостной препарат II слоя трабекулярной сети. Зона перехода эластических волокон цилиарной мышцы (1) в склеральную шпору (2) и трабекулы (3). Окраска по Харту. Объектив х40.

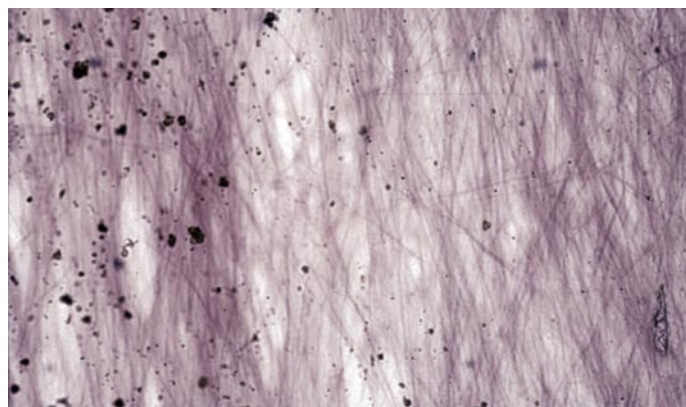


Рис. 34. Плоскостной препарат II слоя трабекулярной сети, средний отдел. Окраска по Харту. Объектив х40.

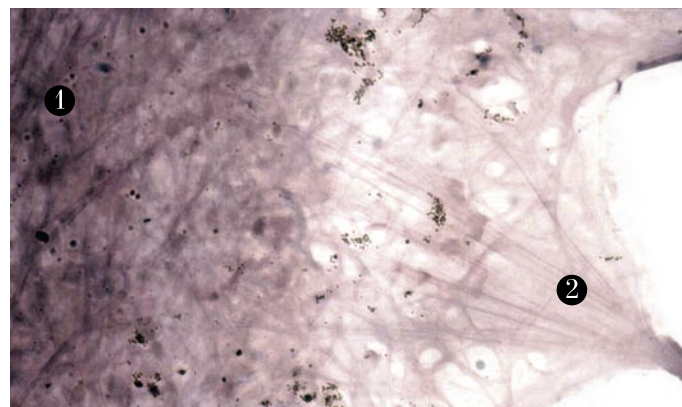


Рис. 35. Плоскостной препарат II слоя трабекулы. Зона перехода эластических волокон трабекул (1) в волокна стромы роговицы (2). Окраска по Харту. Объектив х40.

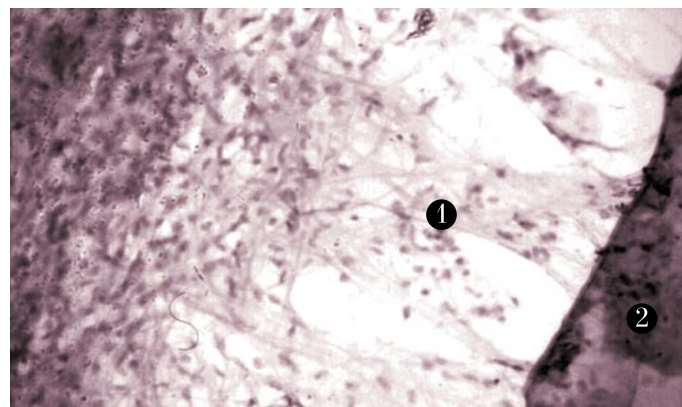


Рис. 36. Прикрепление эластических волокон трабекул II слоя (1) к десцеметовой мембране (2). Окраска по Харту (ядра окрашены железным гематоксилином). Объектив х40.

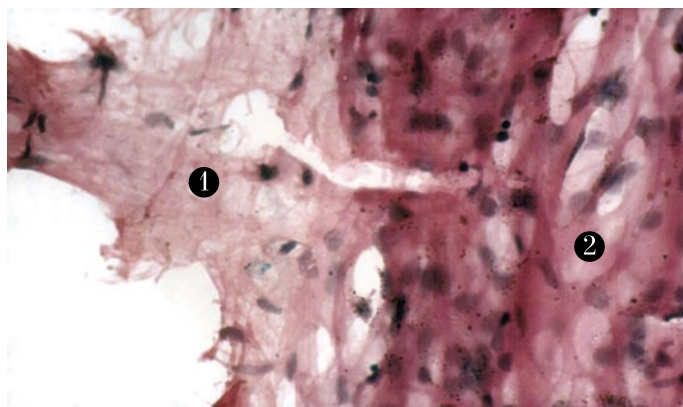


Рис. 37. Плоскостной препарат III слоя трабекулярной сети. Цилиарная мышца (1), трабекулы (2). Окраска по Ван-Гизон. Объектив x40.

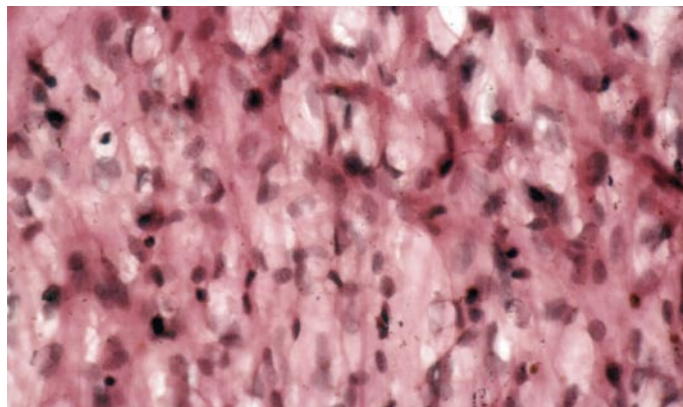


Рис. 38. Препарат III слоя трабекулярной сети в области проекции Шлеммова канала. Окраска по Ван-Гизон. Объектив x40.

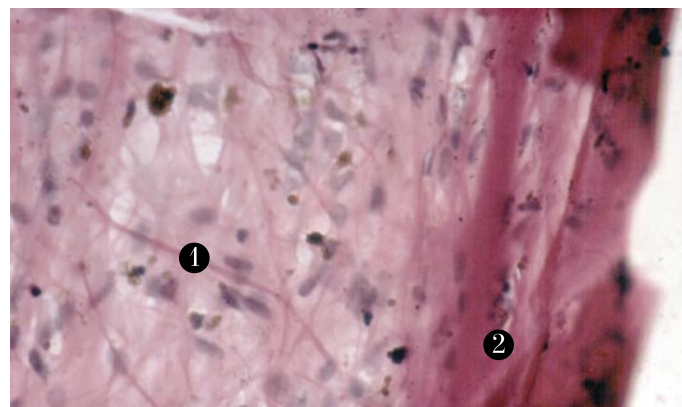


Рис. 39. Препарат III слоя трабекулярной сети. Область перехода трабекул (1) в кольцо Швальбе (2). Окраска по Ван-Гизон. Объектив x40.

Расположение эластических волокон в пределах II слоя трабекулярной сети своеобразно. Волокна меридиональной порции цилиарной мышцы подходят перпендикулярно к волокнам склеральной шпоры, переплетаются с ними наподобие прутьев корзины, меняя при этом направление с меридионального на косое и частью разделяясь надвое. Экваториальной ориентации таких волокон не было обнаружено ни в одном случае. Некоторые волокна проходят сквозь всю склеральную шпору и простираются до трабекул, включаясь в их состав (рис. 33). Эластические волокна среднего отдела II слоя располагаются под менее острыми углами друг к другу, чем в I слое, образуя сетчатую структуру с вытянутыми ромбовидными ячейками (рис. 34). В зоне перехода II слоя трабекулярной сети в роговицу экваториальное направление волокон сменяется косо-радиальным, волокна собираются в пучки и сливаются с пластинками стромы роговицы (рис. 35). Кроме того, там, где на препаратах II слоя обнаруживались фрагменты десцеметовой оболочки, видно, как многие из трабекулярных эластических волокон меняют своё направление с экваториального на радиальное и соединяются с десцеметовой оболочкой значительно центральнее кольца Швальбе (рис. 36).

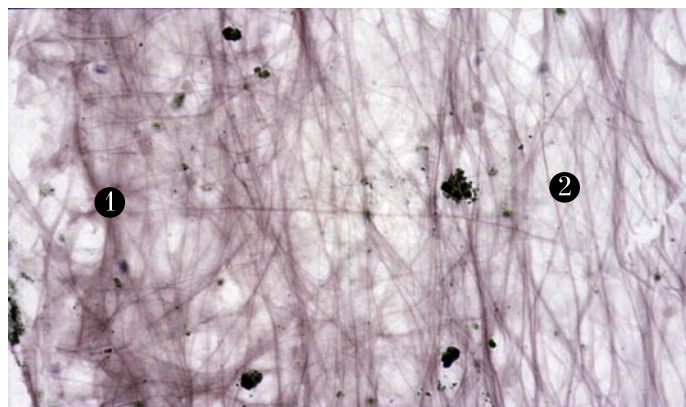


Рис. 40. Препарат области перехода цилиарной мышцы (1) в трабекулы III слоя (2). Окраска по Харту. Объектив x40.

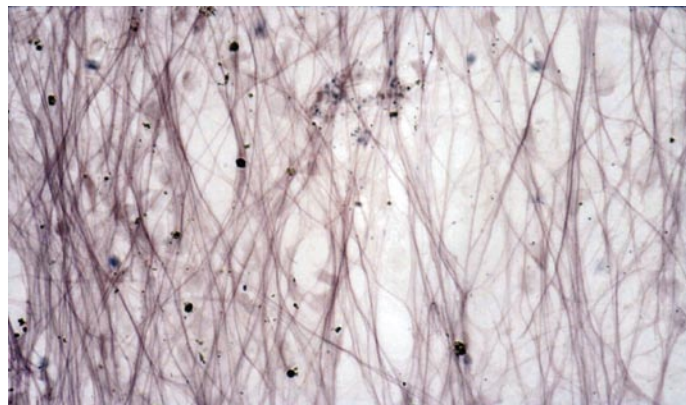


Рис. 41. Препарат III слоя трабекулярной сети в области проекции Шлеммова канала. Окраска по Харту. Объектив x40.

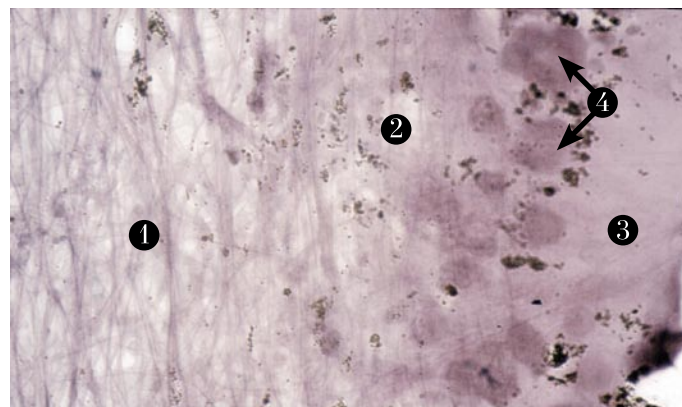


Рис. 42. Препарат III слоя трабекулярной сети в области перехода трабекул (1) в кольцо Швальбе (2). 3 – десцеметова мембрана, 4 - тельца Hassall-Henle. Окраска по Харту. Объектив x40.

Для III слоя трабекулярной сети характерны (при окраске по Ван-Гизон): непосредственный переход пучков цилиарной мышцы в трабекулы (рис. 37), более округлые и многочисленные интратрабекулярные отверстия (рис.38), переход трабекул непосредственно в кольцо Швальбе и тесная связь последнего с десцеметовой оболочкой (рис. 39). На препаратах III слоя трабекулярной сети, окрашенных по Харту, эластические волокна интерстициальной соединительной ткани радиальной порции цилиарной мышцы переходят непосредственно в эластические волокна трабекул, простираясь далеко в пределы трабекулярной сети (рис. 40). В средних отделах III слоя трабекулярной сети (в зоне проекции Шлеммова канала) эластические волокна располагаются под менее острыми углами друг к другу, чем во II слое, образуя структуру с ещё более крупными ромбовидными ячейками (рис. 41).

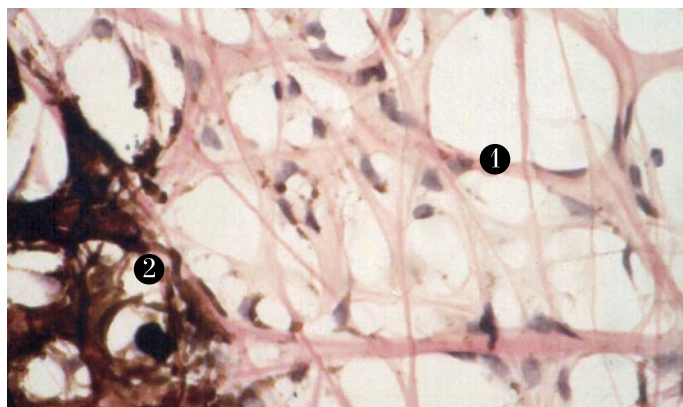


Рис. 43. Плоскостной препарат IV слоя трабекулярной сети (1) в области корня радужки (2). Окраска по Ван-Гизон. Объектив x40.

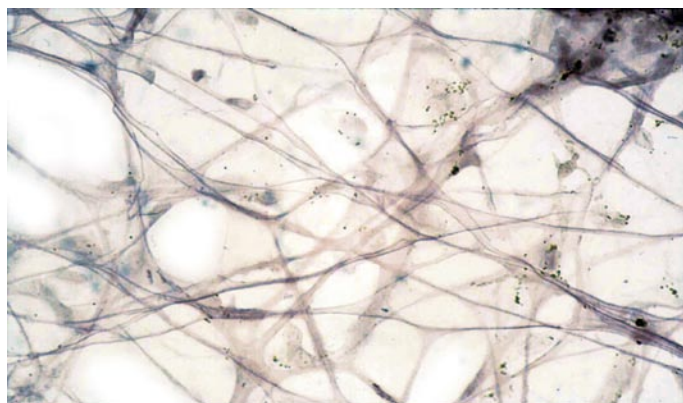


Рис. 44. Плоскостной препарат IV слоя трабекулярной сети. Окраска по Харту. Объектив x40.

В области соединения III слоя трабекулярной сети с кольцом Швальбе одинаково часто встречаются эластические волокна, проходящие в различных направлениях. Подавляющее большинство эластических волокон трабекул этого слоя, изгибаясь, переходят в волокна кольца Швальбе. Вместе с тем, иногда видны единичные волокна, проходящие в меридиональном направлении над кольцом Швальбе и, возможно, прикрепляющиеся к десцеметовой мембране или к строме роговицы (рис. 42).

IV слой трабекулярной сети отличается тонкостью и исключительно своеобразным ретикулярным строением. Этот слой соединяется с корнем радужки, причём часто (особенно на глазах с сильно пигментированной радужкой) внутри утолщенных трабекул вблизи корня радужки видны меланоциты (рис. 43). Другая характерная черта этого слоя – бедность эластическими волокнами. В сердцевине каждой трабекулы видно лишь по 1-2 волокна (рис. 44).

Таким образом, по данным микроанатомической препаровки и изучения полученных плоскостных микроанатомических и гистологических препаратов, трабекулярная сеть глаза человека состоит из четырёх различных слоёв. Эти слои отличаются друг от друга по своей архитектонике, по характерной связи с прилежащими элементами дренажной зоны глаза и по своим биомеханическим свойствам. Возможно также, что и функциональная роль этих слоёв различна.

Глава III. Новая концепция строения дренажной зоны глаза

Сопоставление данных литературы с результатами проведённых нами исследований позволяет считать, что ткани, лежащие между просветом венозного синуса склеры (Шлеммова канала) и полостью передней камеры, образуют шесть различных слоёв (рис. 45).

Два наружных слоя – эндотелий Шлеммова канала и юкстаканаликулярная ткань – не имеют трабекулярного строения и располагаются только в проекции венозного синуса склеры. Остальные слои являются слоями собственно трабекулярной сети и имеют существенно большие размеры в меридиональном направлении, занимая всю sulcus scleralis.

Первый из трабекулярных слоёв лежит непосредственно под юкстаканаликулярной тканью (рис. 45, 1). Этот слой переходит с одной стороны в склеральную шпору, а с другой – в глубокие пластинки стромы роговицы. Тра-

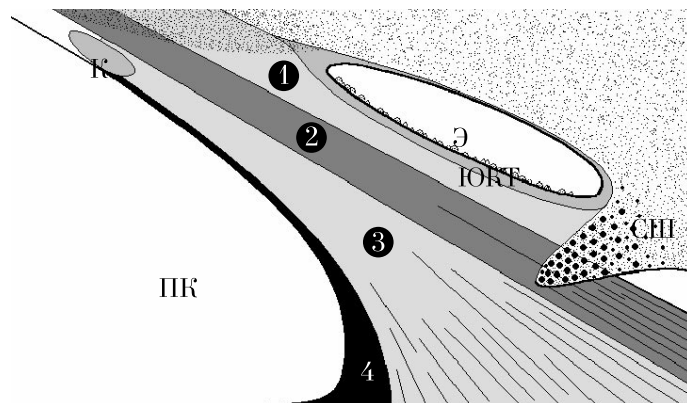


Рис. 45. Схема строения внутренней стенки Шлеммова канала на меридиональном разрезе. К – переднее пограничное кольцо, ПК – передняя камера, Э – эндотелий венозного синуса склеры, СШ – склеральная шпора, ЮКТ – юкстаканаликулярная ткань, 1, 2, 3, 4 – слои трабекулярной сети.

бекулы первого трабекулярного слоя образуют пластины, пронизанные мелкими округлыми или эллиптическими отверстиями. Волокна трабекул этого слоя располагаются в экваториальном направлении, параллельны друг другу и волокнам склеральной шпоры. При переходе в ткань роговицы волокна постепенно приобретают всё более меридианальное направление. Первый трабекулярный слой не имеет соединений с цилиарной мышцей (рис. 46, I).

Второй трабекулярный слой связан на «склеральной» стороне со склеральной шпорой и с меридиональной порцией цилиарной мышцы; на противоположной «роговичной» стороне второй трабекулярный слой переходит в глубокие пластинки стромы роговицы и местами соединяется с кольцом Швальбе (рис. 45, 2). Отверстия в пластинах этого слоя более крупные и более вытянуты в экваториальном направлении, чем в первом слое. Вблизи склеральной шпоры волокна второго трабекулярного слоя ориентированы преимущественно экваториально и располагаются под очень острыми углами друг к другу; вблизи роговицы волокна ориентированы радиально. В этом слое также встречаются волокна, располагающиеся меридианально и проходящие от цилиарной мышцы к строме роговицы (рис. 46, II).

Третий трабекулярный слой связан с радиальной порцией цилиарной мышцы, волокна которой, постепенно теряя радиальное направление, переходят в волокна трабе-

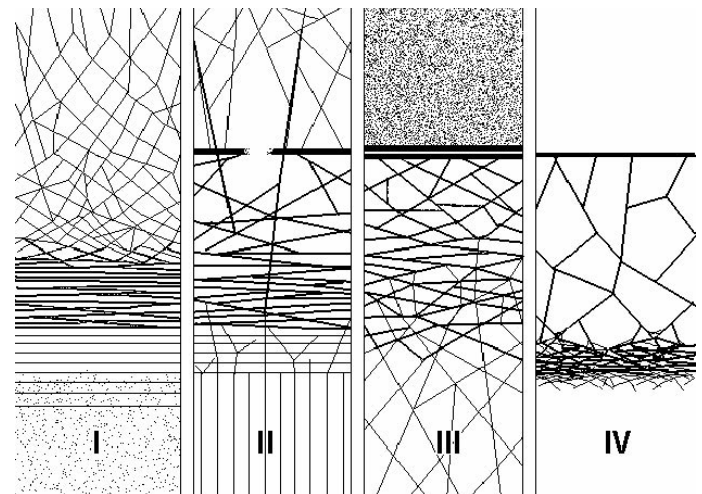


Рис. 46. Схема архитектуры 4-х слоёв трабекулярной сети.

кул. Последние расположены преимущественно экваториально, но под менее острыми углами друг к другу, чем во втором трабекулярном слое. Вблизи роговицы трабекулы ориентированы как экваториально, так и косо-меридианально. Волокна всех трабекул третьего слоя переходят в волокна переднего пограничного кольца (рис. 45, 3; рис. 46, III).

Четвёртый трабекулярный слой связан с корнем радужки и передним пограничным кольцом (рис. 45, 4). Трабекулы этого слоя коренным образом отличаются от трабекул трёх вышеперечисленных слоёв тем, что содержат лишь единичные эластические волокна, выглядят более «нежными», не образуют пластин и располагаются в виде тонкой (одно- или двухслойной) сети с крупными ромбовидными (трапиевидными) ячейками (рис. 46, IV).

Таким образом, трабекулярная сеть образована четырьмя слоями, отличающимися друг от друга своим строением (три наружных слоя состоят из типичных трабекулярных пластин, а наиболее внутренний представляет собой тонкую редкую сеть), а также характерной для каждого слоя связью с различными структурами лимбальной области (три внутренних слоя связаны с элементами сосудистой оболочки глазного яблока, наружный слой – только с фиброзной оболочкой).

Такая разнородность трабекулярного аппарата связана с исключительным своеобразием гистогенеза дренажной зоны глаза.

Как было показано в соответствующем разделе настоящей работы, посвященном эмбриологии дренажной зоны глаза, трабекулы образуются в результате растяжения (без явлений атрофии или резорбции) тканей, располагающихся между зачатками Шлеммова канала и передней камеры. Волокна склеры, лимба, интерстициальной соединительной ткани цилиарной мышцы и корня радужки (зрачковой мембраны) подвергаются растяжению с образованием решётчато-пластинчатой структуры. Одновременно происходит внедрение эпителия передней камеры в увеличивающиеся пространства между образующимися таким образом соединительнотканными основами трабекул и покрытие трабекул эпителием. Таким образом, трабекулы представляют собой не специфические образования особой «дренажной ткани», а видоизменённые волокна вышеуказанных структур, покрытые (и объединённые в трабекулы) «проросшим» между ними (и покрывшим их) эпителием передней камеры.

С точки зрения данной концепции гониогенеза, Шлеммов канал представляет собой видоизменённый расширенный венозный сосуд, выстланный сосудистым эндотелием и заполненный влагой передней камеры. Юкстаканаликулярная ткань является аналогом паравазальной рыхлой соединительной ткани. Основу первого (из 4 вышеописанных) трабекулярного слоя составляют растянутые волокна склеры, лимба и стромы роговицы, находящиеся между Шлеммовым каналом и передней камерой. Основа второго трабекулярного слоя – интерстициальная соединительная ткань меридиональной порции цилиарной мышцы, прикрепляющаяся к фиброзной оболочке глазного яблока по обоим краям склеральной бороздки, а также переходящая в переднее пограничное кольцо. Третий трабекулярный слой образован интерстициальной соединительной тканью радиальной порции цилиарной мышцы, переходящей в переднее пограничное кольцо. Четвёртый слой образован волокнами зрачковой мембраны и корня радужки, также сливающимися с передним пограничным кольцом.

Такое строение дренажной зоны предполагает продолжение сосудистой оболочки в виде волокон части трабекул впереди за пределы склеральной шпоры, которая (поэтому) не является единственным местом переднего прикрепления цилиарной мышцы.

Меридиональная порция цилиарной мышцы прикрепляется к фиброзной оболочке глазного яблока по всей площади лимба от склеральной шпоры до периферической стромы роговицы. Sulcus scleralis делит область прикрепления меридиональной порции цилиарной мышцы к склере на две части. На «склеральной» стороне sulcus scleralis часть волокон интерстициальной соединительной ткани цилиарной мышцы вплетается в склеральную шпору. Другие волокна интерстициальной соединительной ткани цилиарной мышцы прикрепляются к строме роговицы на «роговичной» стороне sulcus scleralis, образуя по ходу волокон трабекул второго трабекулярного слоя.

Волокна интерстициальной соединительной ткани радиальной порции цилиарной мышцы проходят к «роговичному» краю склеральной бороздки в виде фибриллярных основ трабекул третьего слоя. Они же образуют кольцо Швальбе, которое является, таким образом, окончанием и местом прикрепления радиальных волокон m. ciliaris.

Зачаток радужки находится на ранних этапах гониогенеза на уровне кольца Швальбе. В ходе раскрытия угла передней камеры корень радужки смещается на значительное

расстояние кзади. При этом волокна зрачковой мембраны, связанные с кольцом Швальбе, следуют за корнем радужки и растягиваются в тонкий сетчатый слой, выстилающий изнутри угол передней камеры и образующий четвёртый трабекулярный слой.

Следует иметь в виду, что в ходе гониогенеза растяжение тканей лимба происходит не только (и не столько) в радиальном, но и в экваториальном направлении. Этим объясняется преимущественно экваториальное расположение волокон зрелых трабекул. Волокна зрачковой мембраны у корня радужки, располагаясь центральнее, чем волокна-предшественники других трабекул, подвергаются меньшему экваториальному растяжению. По этой причине (а также из-за исходной «рыхлости» этой ткани и значительно меньшего содержания в ней эластических волокон) данные волокна образуют не пластины, а крупноячеистую сеть.

Волокнистые структуры сосудистой оболочки глазного яблока простираются в виде фибриллярного компонента трабекул кпереди за *sulcus scleralis* и оканчиваются кольцом Швальбе, которое, таким образом, является частью и передней границей сосудистой оболочки глазного яблока.

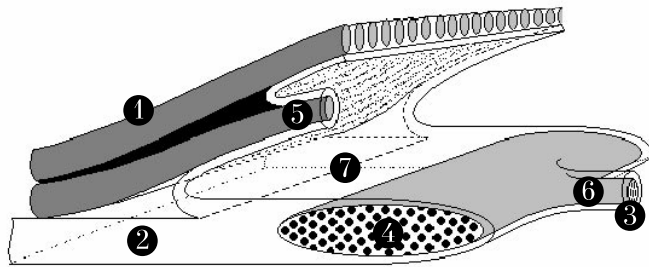


Рис. 47. Схема топографии зоны перехода десцеметовой оболочки в стекловидную оболочку кольца Швальбе и трабекул. (Для наглядности пластинки стромы роговицы показаны непараллельными десцеметовой мембране и трабекулам; эпителий передней камеры и его базальная мембрана показаны единым прозрачным слоем). 1 – строма роговицы, 2 – десцеметова мембрана, 3 – стекловидная оболочка трабекул, 4 – кольцо Швальбе, 5 – корнеосклеральные трабекулы, 6 – увеальные трабекулы, 7 – зона S.

Эпителий переднекамерных элементов сосудистой оболочки продолжается по трабекулам до кольца Швальбе, далее – по внутренней поверхности роговицы до угла передней камеры на противоположной стороне, замыкая нейроглиальную эпителиальную выстилку глазного яблока. Базальная мембрана этого эпителия на трабекулах – стекловидная оболочка, а на задней поверхности роговицы – задняя пограничная пластинка (десцеметова оболочка).

Сопоставление данных литературы с результатами наших исследований позволило нам представить следующую схему взаимоотношений десцеметовой оболочки с кольцом Швальбе, стромой роговицы и трабекулами (рис. 47). На протяжении 0,1-0,2 мм кпереди от кольца Швальбе десцеметова оболочка с обеих сторон покрыта эпителием передней камеры и, вследствие этого, гистогенетически двухслойна. Основную часть составляет внутренний слой – продукт заднего эпителия роговицы (который в данной области – «зоне S» – морфологически становится близким эпителию трабекул). Наружный слой, гистогенетически более молодой и более тонкий, является базальной мембраной эпителия, выстилающего интер- и интра трабекулярные пространства. Этот слой аналогичен стекловидной оболочке трабекул. На «роговичной» (передней) границе «зоны S» эпителий (а вместе с ним и стекловидная оболочка) переходит с наружной поверхности десцеметовой оболочки на волокна интерстициальной соединительной ткани цилиарной мышцы и глубокие пластинки стромы роговицы, которые таким путём превращаются в трабекулы второго и первого трабекулярных слоёв соответственно.

Таким образом, вдоль передней границы «зоны S» десцеметова оболочка соединяется с трабекулами и, следовательно, с фиброзной оболочкой глазного яблока при помощи своего «ответвления», которое с одной стороны сливается с десцеметовой оболочкой, а с другой – охватывает трабекулы, волокна которых переходят в волокна фиброзной оболочки.

Десцеметова оболочка оказывается связанной как с сосудистой оболочкой (кольцом Швальбе), так и с фиброзной оболочкой глазного яблока. При этом соединение с кольцом Швальбе осуществляется за счёт «окружения» последнего веществом десцеметовой оболочки. Соединение же с фиброзной оболочкой представлено тонкой базальной мембраной, аналогичной (а, значит, близкой по толщине) стекловидной оболочке трабекул. Следовательно, десцеметова мембрана на значительно большей площади и более

прочно связана с кольцом Швальбе, чем с фиброзной оболочкой глазного яблока. Поэтому десцеметова мембрана должна рассматриваться не как элемент роговицы, а как продолжение нейроглиальной эпителиальной выстилки глазного яблока, биомеханически прочно связанное с сосудистой оболочкой.

С учётом вышеизложенных топографических соотношений, а также эмбриогенеза глаза, логичным выглядит положение о том, что все три оболочки глазного яблока являются концентричными сферами, причём фиброзная и внутренняя (нейроглиальная) оболочки полностью замкнуты, а сосудистая оболочка в проекции роговицы имеет отверстие, окаймлённое кольцом Швальбе. В области переднего отрезка глазного яблока фиброзная оболочка образует строму роговицы и лимба, а также фибриллярные компоненты части трабекул, сосудистая – радужку, фибриллярные компоненты части трабекул и кольцо Швальбе, а нейроглиальная – эпителий трабекул и задний эпителий роговицы с их базальными мембранами: стекловидной оболочкой трабекул и десцеметовой мембраной соответственно (рис. 48).

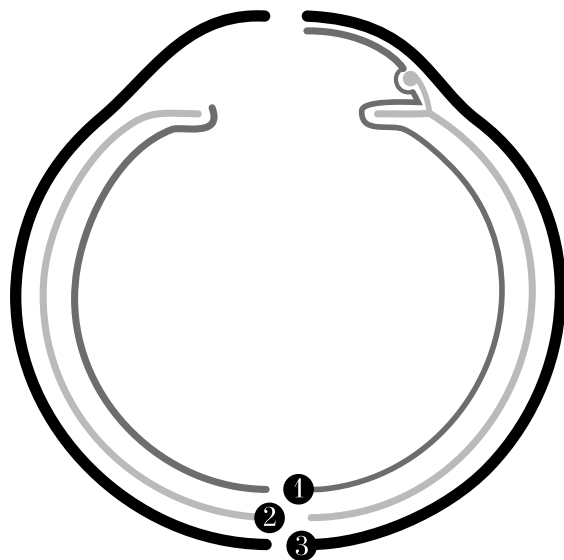


Рис. 48. Схема взаимоотношений оболочек глазного яблока в соответствии с традиционной (слева) и новой (справа) трактовкой. 1 - внутренняя (нейроглиальная) оболочка, 2 - сосудистая оболочка, 3 - фиброзная оболочка.

Такая трактовка предполагает некоторые терминологические уточнения, касающиеся отдельных элементов дренажной зоны глаза.

В традиционном описании к корнеосклеральному отделу относят часть трабекул, которые не имеют соединений ни с cornea, ни со sclera. Кроме того, основным отличием увеального отдела считается его специфическое строение, а не принадлежность к uvea, как следовало бы ожидать с учётом названия этого отдела. С другой стороны, из ряда описаний следует, что к увеальным относится также часть трабекул, идентичных по строению трабекулам корнеосклерального отдела.

Подобные противоречия объясняются неоправданным смешением критериев, на основании которых определялась топографическая принадлежность отделов трабекулярной сети. Термины «юстаканаликулярный», «корнеосклеральный» и «увеальный» подразумевают коренные **топографические** различия между данными отделами. В то же время, все авторы, описывая отделы трабекулярной сети, опираются, главным образом, на их **морфологические** особенности.

При выборе исключительно **морфологических** особенностей в качестве различительного критерия, ткани, лежащие между эндотелием Шлеммова канала и передней камерой, должны делиться на следующие отделы а) пористый, б) ламеллярный и в) ретикулярный. При таком делении эти отделы полностью соответствуют: а) юстаканаликулярной ткани (имеющей пористое, губчатое строение), б) корнеосклеральному отделу (состоящему из перфорированных пластин, образованных уплотнёнными трабекулами) и в) увеальному отделу (однослойной крупноячеистой сети из тонких округлых в сечении трабекул) в **классическом** (неточном!) описании.

Выбор **топографических** отношений в качестве различительного признака приводит к совершенно иному делению трабекулярной сети на слои.

Наиболее поверхностный слой, прилежащий к эндотелию Шлеммова канала и не связанный непосредственно с волокнами склеры или роговицы, сохраняет название юстаканаликулярный.

Более глубокий слой образован трабекулами, волокна которых не связаны с волокнами интерстициальной соединительной ткани цилиарной мышцы и переходят с одной стороны в волокна склеральной шпоры, а с другой стороны – в волокна стромы роговицы. В соответствии с таким

расположением этот слой (описанный выше, как «первый трабекулярный слой») должен называться корнеосклеральным.

Следующий, более глубокий слой, был описан выше, как «второй трабекулярный слой». Волокна трабекул этого слоя переходят с одной стороны в волокна склеральной шпоры и интерстициальной соединительной ткани меридиональной порции цилиарной мышцы. На другой стороне большинство волокон продолжается в глубокие пластины стромы роговицы, а некоторые прикрепляются к волокнам кольца Швальбе. Топография этого слоя позволяет определить его как корнео-склеро-увеальный.

Следующим по направлению к передней камере является «третий трабекулярный слой», волокна трабекул которого переходят в интерстициальную соединительную ткань радиальной порции цилиарной мышцы, а с другой стороны переходят в кольцо Швальбе. Этот слой совершенно не связан с фиброзной оболочкой глазного яблока и образован лишь элементами сосудистой оболочки, являясь поэтому собственно увеальным слоем.

Наиболее внутренний слой – придальный. Будучи, как и предыдущий слой, частью сосудистой оболочки, он проходит от кольца Швальбе по внутренней поверхности трабекулярной сети и по передней поверхности цилиарного тела, но связан лишь с корнем радужки.

Объединённая схема строения трабекулярной сети, учитывающая в *равной степени* морфологические и топографические признаки, выглядит следующим образом:

1. Эндотелий венозного синуса склеры.
2. Пористый (юстаканаликулярный) отдел.
3. Ламеллярный отдел:
 - 3.1. корнеосклеральный слой;
 - 3.2. корнео-склеро-увеальный слой;
 - 3.3. увеальный слой.
4. Ретикулярный отдел (гребенчатая связка).

Таким образом, оболочки глазного яблока представляют собой концентрические сферы. В соответствии с Международной анатомической номенклатурой и результатами наших исследований, фиброзная оболочка (*tunica fibrosa bulbi*) состоит из склеры (*sclera*), стромы роговицы и лимба (*stroma corneae et limbi*), корнеосклеральных трабекул (*pars corneoscleralis reticuli trabeculare*) и решётчатой

пластинки (*lamina cribrosa*); сосудистая оболочка (*tunica vasculosa bulbi*) включает в себя собственно сосудистую оболочку (*chorioidea*), цилиарное тело (*corpus ciliaris*) с меридиональными и радиальными волокнами цилиарной мышцы (*fibrae meridionales et circulares m. ciliaris*), радужку (*iris*), увеальные трабекулы (*pars uvealis reticuli trabeculare*) и переднее пограничное кольцо (Швальбе) (*anulus limitans anterior*); внутренняя оболочка (*tunica interna bulbi*) представлена собственно сетчаткой (*pars optica retinae*), цилиарными эпителиями и пигментным листком радужки (*pars ciliaris retinae* и *pars iridalis retinae* соответственно), а кроме того – передним эпителием радужки (*epithelium anterius iridis*), эпителием трабекул (*epithelium trabeculorum*) и задним эпителием роговицы (*epithelium posterius corneae*), причём базальная мембрана двух последних отделов образует стекловидную оболочку трабекул (*lamina hyaloidea trabeculorum*) и заднюю пограничную пластинку (десцеметову оболочку) (*lamina limitans posterior*).

Трабекулярная сеть (исключая эпителий трабекул) подразделяется на различные слои в полном соответствии с вышеуказанной схемой. Пористый отдел и корнеосклеральный слой ламеллярного отдела представляют собой части фиброзной оболочки глазного яблока. В пределах корнео-склеро-увеального слоя волокна фиброзной и сосудистой оболочек переплетаются. Увеальный слой ламеллярного отдела и ретикулярный отдел трабекулярной сети есть продолжение сосудистой оболочки. В отличие от традиционной точки зрения, корнеосклеральный отдел трабекулярной сети составляет лишь незначительную её часть; все остальные трабекулы связаны с увеа и этом смысле являются увеальными. Эпителий трабекул однороден и является продолжением нейроглиального эпителия передней камеры. При этом трабекулярная сеть является не какой-то особой «фильтрующей» тканью, а, скорее, – видоизменёнными волокнами склеры, интерстициальной соединительной ткани цилиарной мышцы и корня радужки, которые были разъединены и объединены (структурированы в трабекулы) проросшим между ними эпителием передней камеры. Собственно фильтрующей тканью является лишь рыхлая соединительная ткань юстаканаликулярного слоя. Сама трабекулярная сеть, по-видимому, только регулирует ток камерной влаги вблизи ЮКТ, прямо влияя на интенсивность вымывания гликозаминогликанов из ЮКТ и посредством этого косвенно – на сопротивление оттоку.

Глава IV.

Гистотопография непроникающих гипотензивных операций

Представленная в предыдущей главе концепция строения дренажной зоны глаза позволяет сравнить существующие методики непроникающих гипотензивных операций и систематизировать послеоперационные гистотопографические изменения в дренажной зоне.

В ходе операции синусотомии (рис. 49) полностью или частично удаляется наружная стенка Шлеммова канала (М.Л. Краснов, 1964, 1968; А.С. Смеловский, 1967; Ю.Ф. Головачёв, 1968; Ю.М. Корецкая, Г.А. Федотова, Л.А. Гузейл, 1973; А. Момозе, 1975; В. Rosengren, 1966).

После синусотомии фильтрация внутриглазной жидкости из передней камеры под конъюнктиву (Р.Н. Войтова, 1975; М.Л. Краснов, 1980) осуществляется сквозь все шесть слоёв внутренней стенки Шлеммова канала. Поэтому эффект синусотомии определяется, главным образом, функциональной сохранностью трабекулярной сети, хотя зависит также и от протяжённости участка вскрытия склерального синуса (М.М. Краснов, 1988; В.А. Elligsen, W.M. Grant, 1972).

Удаление в ходе синусотомии наружной стенки Шлеммова канала устраняет его функциональный блок – один из ведущих факторов в патогенезе открытоугольной глаукомы (Ю.Е. Батманов, В.Г. Брикман, 1977; А.П. Нестеров и соавт., 1979; А.П. Нестеров, 1982).

Функциональный блок Шлеммова канала вначале происходит в его передней части, распространяясь в дальнейшем на задний отдел (А.П. Нестеров, 1968; А.П. Нестеров, Ю.Е. Батманов, 1974). Кроме того, часть трабекулярной сети, находящаяся между передним краем Шлеммова канала и кольцом Швальбе, в норме почти не принимает участия в оттоке водянистой влаги («нефильтрующий отдел») и поэтому позже поражается глаукоматозным процессом (Н. Inomata, А. Tawara, 1984; J.W. Rohen, 1986; Shields, 1992).

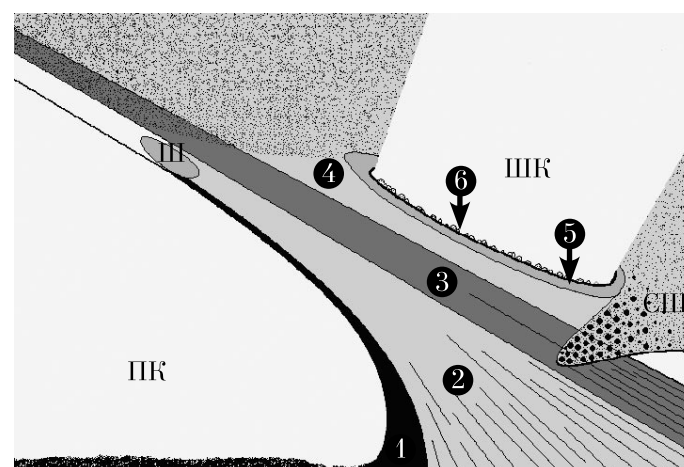


Рис. 49. Состояние дренажной зоны глаза после синусотомии. Схема меридионального среза зоны операции. 1 - ретикулярный отдел трабекулярной сети, 2, 3, 4 - соответственно увеальный, корнео-склеро-увеальный и корнеосклеральный слои ламеллярного отдела трабекулярной сети; 5 - пористый отдел трабекулярной сети (ЮКТ), 6 - эндотелий Шлеммова канала, Ш - кольцо Швальбе, ПК - передняя камера, ШК - Шлеммов канал, СШ - склеральная шпора.

С учётом этого была предложена синусотомия в передней зоне Шлеммова канала (Алексеев Б.Н., Писецкая С.Ф., 1985), при которой иссекается наружная стенка Шлеммова канала вместе с участком ткани от склеральной шпоры до кольца Швальбе (Рис. 50). Обнажение переднего отдела трабекулярной сети приводит к увеличению площади фильтрующей диафрагмы и вовлечению более сохранной части трабекулярной сети, что значительно усиливает фильтрацию. Кроме того, поскольку основное сопротивление оттоку локализуется в ЮКТ (A.S. Holmberg, 1967; A.J. Fink, M.D. Felix, R.C. Fletcher, 1972), которая расположена только в проекции Шлеммова канала, обнажение передней части трабекулярной сети направляет ток жидкости в обход ЮКТ, что также облегчает фильтрацию.

Несмотря на увеличение площади фильтрующей диафрагмы и возможное повышение проницаемости трабекулярной сети в результате её растяжения или частичного повреждения в ходе операции (В.Г. Абрамов и соавт., 1980; М.Л. Краснов, 1964, 1980; W. Walker, C. Kanagasundaram, 1964), эффективность синусотомии в передней зоне Шлеммова канала всё же зависит, хотя и в меньшей степе-

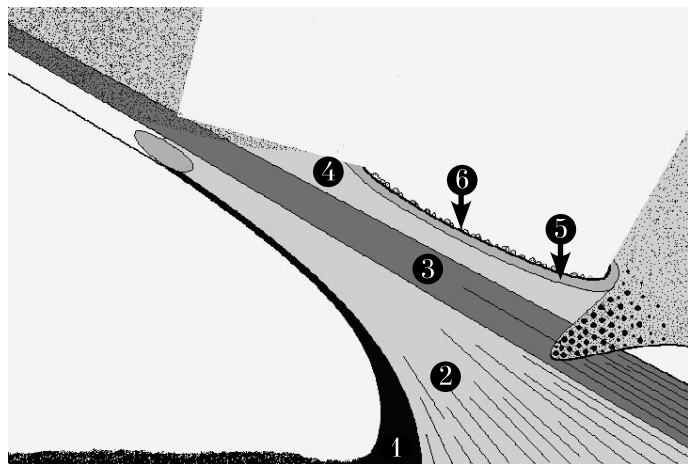


Рис. 50. Изменения в дренажной зоне после синусотомии в передней зоне Шлеммова канала. 1 – ретикулярный слой, 2 – увеальный слой, 3 – корнео-склеро-увеальный слой, 4 – корнеосклеральный слой, 5 – ЮКТ, 6 – эндотелий Шлеммова канала.

ни, от состояния всех слоёв внутренней стенки Шлеммова канала и во многих случаях оказывается недостаточной.

Для устранения этой зависимости были предложены различные методы повышения проницаемости трабекулярной диафрагмы в зоне операции: шовный трабекулоспазис (А.П. Нестеров, Ю.Е. Батманов, 1977; А.П. Нестеров, Ю.Е. Батманов, В.Г. Брикман, 1978; Ю.М. Корецкая, С.И. Говорун, 1979), термотрабекулоретракция (Т.И. Ерошевский, В.М. Петухов, 1979), диатермотрабекулоспазис (А.П. Нестеров и соавт., 1979). Эти методики, сохраняя характерную для синусотомии послеоперационную топографическую картину дренажной зоны, приводят к растяжению трабекулярных пластин и увеличению размеров отверстий в них, соответственно облегчая фильтрацию. Вместе с тем, поскольку волокна ЮКТ не имеют прямой связи с волокнами трабекул (М.В. Shields, 1992), растяжение трабекулярных пластин мало отражается на проницаемости ЮКТ.

С учётом ведущей роли ЮКТ в физиологической и патологической ретенции водянистой влаги была предложена «операция на ультраструктурах внутренней стенки

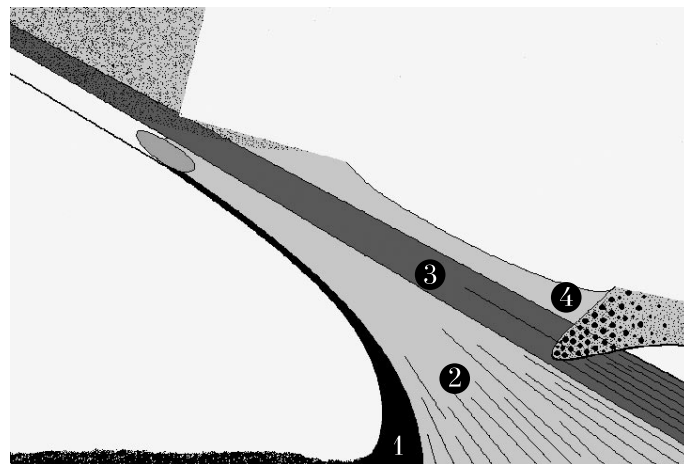


Рис. 51. Изменения в дренажной зоне после операции на ультраструктурах внутренней стенки Шлеммова канала. 1 – ретикулярный слой, 2 – увеальный слой, 3 – корнео-склеро-увеальный слой, 4 – корнеосклеральный слой.

Шлеммова канала» (Б.Н. Алексеев, 1978). Суть её состоит в проведении синусотомии и удалении с фильтрующей диафрагмы эндотелия Шлеммова канала и юстаканаликулярной ткани до появления достаточной фильтрации. Как видно на схеме (рис. 51), отток после этой операции происходит сквозь ламеллярный и ретикулярный отделы трабекулярной сети, которые в норме значительно более проницаемы для жидкости, а при глаукоме повреждаются позже, чем ЮКТ и эндотелий Шлеммова канала.

При модифицированной субсклеральной синусотомии (Е.А. Егоров, Е.А. Потапова, 1996) над Шлеммовым каналом иссекается полоска ткани длиной 5 мм и шириной 1,5 мм. Как известно, максимальная ширина Шлеммова канала – 800 мкм, а максимальная ширина всей трабекулярной сети – 1040 мкм (А.П. Нестеров, А.Я. Бунин, Л.А. Кацнельсон, 1974). Следовательно, иссекаемая полоска ткани, как минимум, в 2 раза шире склерального синуса и на 30-50% шире всей трабекулярной сети. Значит, фильтрующая диафрагма, обнажаемая в ходе данной операции, состоит не только из трабекулярных пластин, но и, видимо, включает в себя часть десцеметовой мембраны. Принимая во внимание характерную топографию «зоны S»

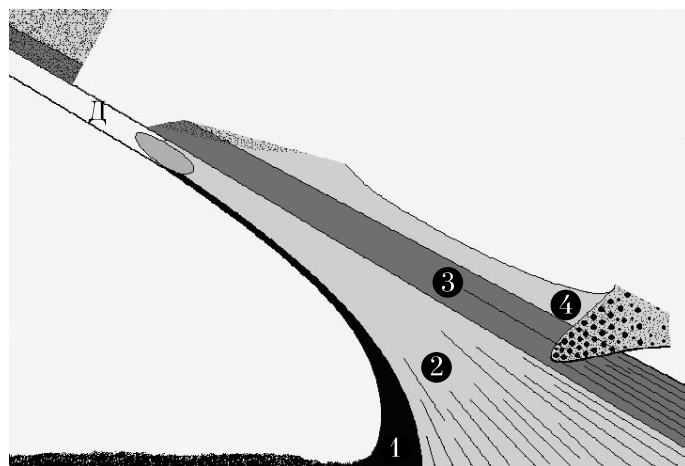


Рис. 52. Схема изменений в дренажной зоне глаза после операции НГСЭ. 1 – ретикулярный слой, 2 – увеальный слой, 3 – корнеосклероувеальный слой, 4 – корнеосклеральный слой, Д – десцеметова мембрана.

(в первую очередь – отсутствие в этой области связи десцеметовой оболочки с фиброзной оболочкой глазного яблока), логично предположить, что обнажение периферии десцеметовой оболочки может происходить спонтанно в ходе синусотомии при радиальной тракции роговичного края склеральной бороздки.

Обнажение периферии десцеметовой оболочки является также основной идеей другой непроникающей гипотензивной операции – непроникающей глубокой склерэктомии (НГСЭ) (С.Н. Фёдоров и соавт., 1989) (рис. 52). По мнению авторов, периферическая часть десцеметовой мембраны способна обеспечить достаточную интенсивность фильтрации. Однако, несмотря на то, что периферия десцеметовой оболочки покрыта эпителием трабекулярного типа («переходная зона», «зона S»), сама эта оболочка на периферии утолщается, и, будучи типичной стекловидной мембраной, способна обеспечивать лишь диффузию электролитов и воды, но никак не объёмную фильтрацию. Весь объём оттока при НГСЭ обеспечивается отверстиями в трабекулярных слоях.

Фильтрующая диафрагма, образуемая в ходе НГСЭ, состоит из периферической части десцеметовой мембраны и частей трабекулярной сети, а именно: корнеосклерального, корнеосклероувеального, увеального слоёв ламеллярного отдела и ретикулярного отдела. ЮКТ и эндотелий Шлеммова канала, видимо, удаляются, так как авторы описывают в качестве одного из этапов операции «снятие эндотелия с трабекулы». Под «снятием эндотелия с трабекулы» может пониматься удаление эндотелия Шлеммова канала без вовлечения ЮКТ (технически крайне сложное и клинически малоцелесообразное) или удаление эндотелия вместе с ЮКТ (одно из названий которой – «эндотелиальная сеть»). Удаление юстаканаликулярной ткани крайне целесообразно с точки зрения обеспечения гипотензивного эффекта, так как именно ЮКТ является местом наибольшего сопротивления оттоку водянистой влаги как в норме, так и при глаукоме.

Топографический подход к препаровке трабекулярной сети позволяет упростить технику непроникающих операций. При этом особое значение имеет профилактика интраоперационной перфорации фильтрующей мембраны. Две зоны опасны с этой точки зрения: область соединений корнео-склеро-увеального слоя с кольцом Швальбе и область перехода стекловидной оболочки с десцеметовой мембраны на трабекулы на 0,1-0,2 мм кпереди от кольца

Швальбе. Используя расслаиватель с округлой режущей кромкой и/или микрошпатель, можно целенаправленно разделять (рассекать) эти соединения. Это позволяет исключить вероятность случайной перфорации фильтрующей мембраны в ходе операции. Именно эти особенности гистотопографии сделали возможным проведение микроинвазивной НГСЭ по Тахчиди (Тахчиди Х.П. и др., 2003).

НГСЭ приводит к значительным изменениям в дренажной зоне глаза, коренным образом меняя характер оттока водянистой влаги в результате вовлечения нескольких механизмов:

- радикально (более чем в два раза) увеличивается площадь фильтрации (за счёт обнажения переднего отдела трабекулярной сети);
- обнажается периферия десцеметовой мембраны, удобная для проведения при необходимости лазерной гониопунктуры;
- в проекции Шлеммова канала остаются лишь ламеллярный и ретикулярный отделы трабекулярной сети, пронизанные более крупными отверстиями, а также менее изменённые патологическими процессами, чем ЮКТ и эндотелий склерального синуса;
- удаление среднего слоя склеры создаёт диастаз между поверхностным и глубоким лоскутами склеры, что препятствует послеоперационному рубцеванию интрасклеральных путей оттока и позволяет эффективно использовать различные дренажи;
- создание дефектов в глубоком склеральном лоскуте обеспечивает возможность оттока части фильтрующей жидкости в супрахориоидальное пространство.

Всё это обеспечивает теоретически наибольший отток после НГСЭ по сравнению с известными непроникающими операциями.

Вместе с тем, по данным ряда исследователей, в том числе – и авторов НГСЭ, эта операция менее эффективна при развитой и особенно – при далекозашедшей глаукоме (С.Н. Фёдоров и соавт., 1989; М.Е. Александрова, 1989; О.Л. Фабрикантов, Ю.А. Белый, 1996; В.В. Егоров, А.Ю. Худяков, Е.Л. Сорокин, 1997). С точки зрения послеоперационной топографии дренажной зоны этот факт легко объяснить: в далекозашедшей стадии открытоугольной глаукомы дегенеративные изменения распространяются на все отделы трабекулярной сети, а в составе фильтрующей диафрагмы после НГСЭ остаются ретикулярный отдел и все слои ламеллярного отдела трабекулярной сети.

Топографический подход к микрохирургии элементов дренажной зоны глаза позволяет предложить методику гипотензивной операции с максимально возможным удалением слоёв трабекулярной сети при сохранении непроникающего характера вмешательства (рис. 53-58).

Вскрытие просвета Шлеммова канала производится по его заднему краю вдоль склеральной шпоры, волокна которой являются хорошим ориентиром (рис. 53). При оттягивании роговично-лимбального лоскута кнаружи-кверху эндотелий Шлеммова канала и ЮКТ на переднем крае склерального синуса разрываются, под ними становятся видны волокна корнеосклерального слоя ламеллярного отдела трабекулярной сети.

Как было показано нами на плоскостных препаратах, волокна корнеосклерального и корнео-склеро-увеального слоёв в проекции Шлеммова канала параллельны друг другу и располагаются экваториально, а ближе к строге роговицы в этих слоях появляются косо и радиально расположенные волокна. Поэтому при радиальной тракции роговично-лимбального лоскута в направлении роговицы два вышеуказанных слоя ламеллярного отдела расщепляются вдоль линии, разделяющей области параллельных и косо-радиальных волокон каждого из этих слоёв (рис. 54).

Таким образом, на данном этапе операции происходит разделение двух наружных слоёв ламеллярного отдела трабекулярной сети: прилежащие к роговице части этих слоёв следуют за роговичным лоскутом, экваториальные волокна остаются на фильтрующей диафрагме. Граница раздела проходит по переднему краю Шлеммова канала.

Глубжележащий увеальный слой ламеллярного отдела содержит в себе значительное количество радиальных или косо-радиальных волокон. Поэтому он успешно противостоит радиальным растягивающим усилиям. Продолжение тракции роговично-лимбального лоскута приводит к обнажению увеального слоя на всём его протяжении до кольца Швальбе, с которым связаны практически все трабекулы этого слоя (рис. 55).

Кольцо Швальбе, в свою очередь, прочно связано с десцеметовой оболочкой. Периферия последней («зона S») не связана со стромой роговицы. На расстоянии 0,1-0,2 мм от кольца Швальбе десцеметова оболочка переходит на трабекулы корнеосклероувеального слоя в виде стекловидной оболочки и таким образом соединяется с фиброзной оболочкой глаза.

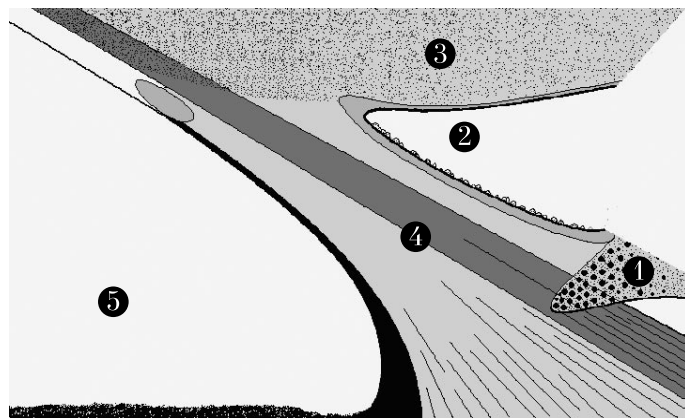


Рис. 53. Вскрытие просвета Шлеммова канала вдоль склеральной шпоры. 1 – склеральная шпора, 2 – просвет Шлеммова канала, 3 – склерально-лимбальный лоскут, 4 – трабекулярная сеть, 5 – передняя камера.

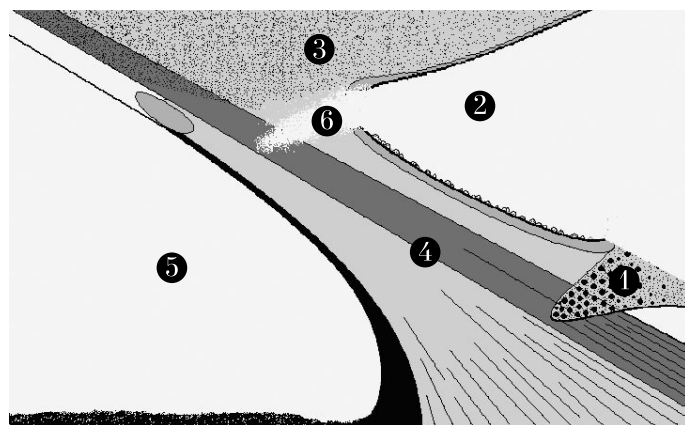


Рис. 54. Расщепление корнеосклерального и корнеосклероувеального слоёв вдоль переднего края Шлеммова канала. 1 – склеральная шпора, 2 – просвет Шлеммова канала, 3 – склерально-лимбальный лоскут, 4 – трабекулярная сеть, 5 – передняя камера, 6 – расщепление корнеосклерального и корнеосклероувеального слоёв вдоль переднего края Шлеммова канала.

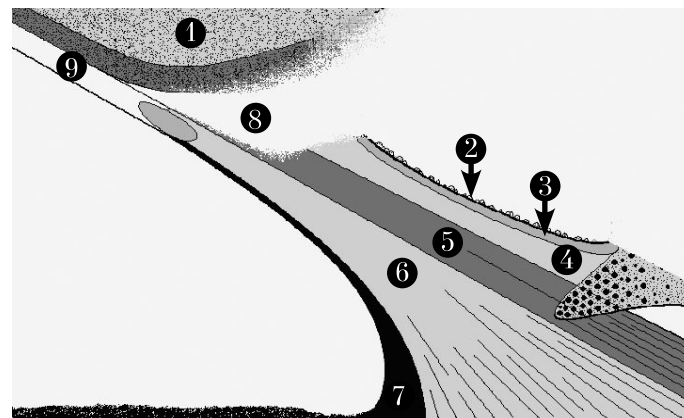


Рис. 55. Обнажение увеального слоя ламеллярного отдела трабекулярной сети. 1 – лимбально-склеральный лоскут, 2 – эндотелий Шлеммова канала, 3 – ЮКТ, 4 – корнеосклеральный слой, 5 – корнеосклероувеальный слой, 6 – увеальный слой, 7 – ретикулярный отдел, 8 – область расщепления трабекулярных слоёв, 9 – десцеметова мембрана.

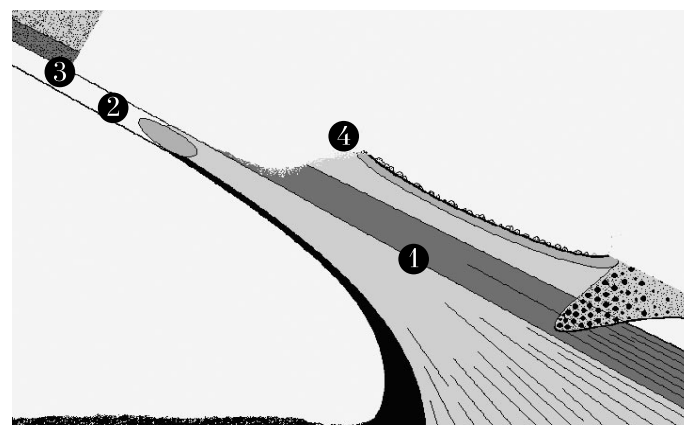


Рис. 56. Обнажение фильтрующей мембраны, состоящей из трабекулярной сети (1) и периферии десцеметовой мембраны (2), до уровня передней границы «зоны S» (3). Передний край частично удалённых корнеосклерального и корнеосклероувеального слоёв образуют «ступеньку» (4).

Особая топография этой области приводит к тому, что в результате дальнейшего оттягивания роговичного лоскута обнажается значительная по площади мембрана, состоящая из периферии десцеметовой оболочки, кольца Швальбе и связанного с ними увеального слоя ламеллярного отдела трабекулярной сети, на котором лежат экваториальные трабекулы корнеосклерального и корнеосклероувеального слоёв (рис. 56).

На этой стадии операции, если соединения десцеметовой оболочки с корнеосклероувеальными трабекулами окажутся менее прочными, чем она сама, произойдёт отделение десцеметовой оболочки от стромы роговицы. Если соединения окажутся более прочными, возможна перфорация десцеметовой оболочки. Для предотвращения перфорации необходимо активное разделение десцеметостромальных соединений при помощи микрошпателя или лезвия. После этого роговичный лоскут может быть отсечён от стромы роговицы при помощи ножниц или скальпеля (рис. 56).

На поверхности фильтрующей мембраны хорошо видны экваториальные трабекулы корнеосклерального и корнеосклеро-увеального слоёв, которые возвышаются над поверхностью увеального слоя и образуют характерную «ступеньку» (рис. 56, 4). При скользящем движении бранши пинцета по поверхности увеального слоя в направлении от роговицы к склере эта «ступенька» позволяет захватить корнео-склеро-увеальные и корнеосклеральные трабекулы и удалить их с фильтрующей мембраны в виде единой полоски ткани (рис. 57).

В результате описанных манипуляций в зоне проведения операции остаётся фильтрующая мембрана, которая состоит из периферической части десцеметовой оболочки, увеального слоя ламеллярного отдела трабекулярной сети (на котором остаются единичные волокна корнео-склеро-увеального слоя) и ретикулярного отдела. Фильтрующая мембрана, получаемая в результате данной операции, отличается наибольшей площадью и тонкостью, а следовательно – максимальным возможным уровнем фильтрации из известных непроникающих операций (рис. 58).

Описанная операция обеспечивает удаление участка склерального синуса с его наружной и внутренней стенками, а также значительной части трабекулярной сети в зоне операции. Эти особенности позволяют называть данную операцию *непроникающей корнеосклеральной синустрабекулэктомией* (НКСТ).

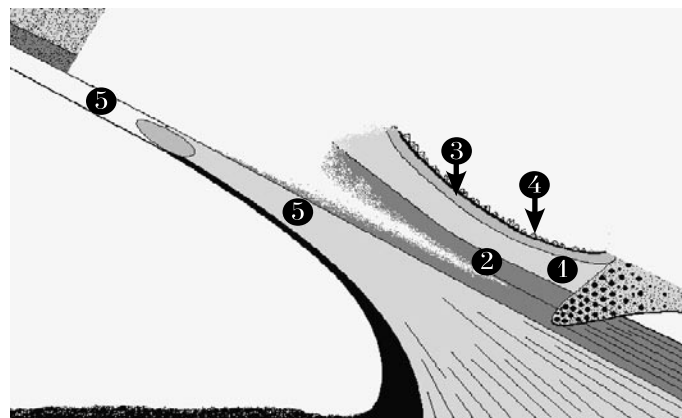


Рис. 57. Удаление корнеосклеральных (1) и части корнеосклероувеальных (2) трабекул вместе с ЮКТ (3) и эндотелием Шлеммова канала (4) с фильтрующей мембраны (5).

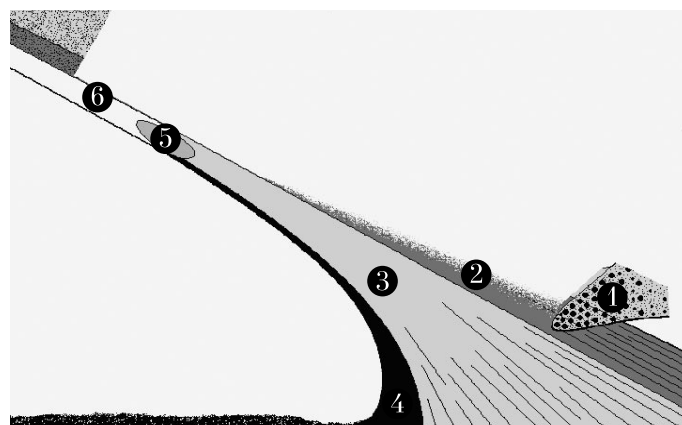


Рис. 58. Дренажная зона после операции НКСТ. 1 - склеральная пшпора, 2 - корнеосклероувеальные трабекулы, 3 - увеальные трабекулы, 4 - ретикулярный отдел, 5 - кольцо Швальбе, 6 - «зона S» десцеметовой мембраны.

Как видно из сравнения топографии дренажной зоны глаза после синусотомии, НГСЭ и НКСТ, в результате последней операции обнажается наиболее тонкая и широкая фильтрующая мембрана, обеспечивающая максимальный отток в послеоперационном периоде при сохранении непроникающего характера вмешательства (см. также рис. 12, 13 в главе II).

Удаление значительной части трабекулярной сети позволяет рассчитывать на более высокую эффективность НКСТ при далекозашедшей глаукоме по сравнению с другими непроникающими операциями.

В ходе препаровки тканей дренажной зоны нами была выявлена однотипность расслоения трабекулярной сети вне зависимости от желания хирурга провести препаровку по той или иной методике. Так, в ходе синусотомии, даже умеренное натяжение лимбально-склерального лоскута приводило к расщеплению роговичной стенки Шлеммова канала с последующим обнажением корнео-склеро-увеального и увеального слоёв трабекулярной сети, а дальнейшая тракция открывала периферию десцеметовой оболочки. При попытке удалить «слой эндотелия с трабекулы» в соответствии с методикой НГСЭ, с трабекулярной сети в виде «ленточки» снимался корнеосклеральный слой вместе с ЮКТ и эндотелием Шлеммова канала, а также с частью волокон корнео-склеро-увеального слоя.

Характерно, что все этапы препаровки трабекулярной сети проводятся без применения режущих инструментов: ткани в большинстве случаев легко расслаиваются в соответствии с описанным выше многослойным строением. Это обеспечивает минимальную травматичность манипуляций и сводит к минимуму возможность интраоперационной перфорации десцеметовой мембраны или трабекулярной диафрагмы. Кроме того, топографически ориентированная микрохирургия трабекулярной сети технически проста и логична, не требует от хирурга исключительных способностей.

Таким образом, результаты наших исследований показывают, что в ходе различных непроникающих операций закономерно происходит однотипное разделение тканей дренажной зоны глаза, обусловленное естественной гетерогенностью и анизотропностью трабекулярной сети. Описанные выше непроникающие операции отличаются друг от друга (по крайней мере, в отношении воздействия на внутреннюю стенку Шлеммова канала) не качественно, а лишь количественно, и могут, поэтому, считаться

последовательными этапами операции непроникающей корнеосклеральной синустрабекулэктомии, как наиболее объёмной из непроникающих операций.

Заключение.

Гистотопография дренажной системы глаза долгое время относилась к области теории. Действительно, с точки зрения традиционной гипотензивной хирургии тонкие взаимоотношения слоёв трабекулярной сети с отделами цилиарной мышцы не представляют интереса. Медикаментозное лечение, естественно, более сфокусировано на вопросах функционирования путей оттока, чем на их строении (и тем более – топографии).

Активная разработка и всё более широкое внедрение непроникающих гипотензивных операций перевело вопросы топографии трабекулярного аппарата в практическую плоскость. Пути внедрения и распространения непроникающей хирургии глаукомы до сих пор извилисты и тернисты. До сих пор оппоненты малоинвазивных операций скептически относятся к идее «истончения склеры до такой степени, что начинается фильтрация». В такой трактовке непроникающая операция действительно выглядит сомнительной затеей с сомнительными результатами. Эта «экстремистская» точка зрения отражает объективную ситуацию. С точки зрения классического описания морфологии и топографии дренажной зоны таким операциям действительно нет места. Структуры, подлежащие хирургическому вмешательству, имеют микронные размеры и при этом должны быть дозированно отделены (отсечены!) друг от друга. Классическое описание дренажной зоны не даёт каких-либо оснований для «трабекулярной» хирургии. Предсказуемое обнажение десцеметовой оболочки, фильтрация водянистой влаги сквозь неё, удаление эндотелия Шлеммова канала – с точки зрения традиционной трактовки морфологии и топографии дренажной зоны эти постулаты непроникающей хирургии просто беспочвенны.

Вместе с тем, при правильном проведении, например, операции НГСЭ всё, о чём говорили её авторы, действительно происходит. Десцеметова оболочка действительно обнажается (как бы сама собой) на значительном протяжении. Обильная фильтрация камерной влаги явно происходит впереди от Шлеммова канала сквозь прозрачную мембрану (правда, не сквозь десцеметову оболочку, а сквозь прозрачную непигментированную переднюю часть трабекулярной сети). Действительно, при помощи ирис-пинцета с трабекулярной сети можно снять тонкую ленточку какой-то пигментированной ткани – настолько

тонкую, что без специального морфологического исследования можно посчитать её «эндотелием».

Все эти (и другие аналогичные) факты без соответствующего морфологического фундамента повисают в воздухе. Отсутствие фундаментального обоснования привело к возникновению и укоренению ряда терминологических неточностей. Само название «непроникающая глубокая склерэктомия» отражает не суть операции, а историю её изобретения, как развитие операции глубокой склерэктомии. На самом же деле, смысл непроникающих гипотензивных операций состоит в максимально возможном удалении всех тканей, препятствующих оттоку водянистой влаги при сохранении возможно более тонкой (проницаемой), но достаточно прочной части трабекулярной сети. С точки зрения гистотопографии дренажной зоны, непроникающая операция, заключающаяся в удалении тканей лимба, участка Шлеммова канала и корнеосклерального отдела трабекулярной сети, является «непроникающей корнеосклеральной синустрабекулэктомией» (НКСТ) или – короче – «непроникающей синустрабекулэктомией» (НСТ).

Вполне очевидно, что борьба с устоявшейся и общепринятой терминологией нецелесообразна. Однако, говоря о непроникающей хирургии глаукомы, необходимо всё-таки опираться на объективный фундамент морфологии и топографии и если не озвучивать, то хотя бы иметь в виду реальное положение дел. В противном случае результат очевиден: поляризация мнений о непроникающей хирургии и дальнейшие сложности при её внедрении и использовании.

Гистотопографические и терминологические неточности затруднили понимание сути непроникающих операций и привели к тому, что принятие или отрицание идеи непроникающей хирургии глаукомы стало не столько результатом рационального осмысления, сколько эмоциональной демонстрацией приверженности новому, эффективному и прогрессивному. При этом здоровый врачебный консерватизм вполне естественно удерживал и удерживает многих офтальмологов от необоснованного энтузиазма. (А вообще, насколько уместен энтузиазм в хирургии?). Несомненно заслуживает уважения резонное желание врача вначале понять операцию, а уж потом с её помощью вмешиваться в организм человека.

Причина всех этих сложностей и противоречий в том, что фундаментальные вопросы строения дренажной зоны глаза были описаны в конце XIX – начале XX веков исключительно подробно, но «подробно» – с точки зрения того времени, когда базовыми операциями были иридэктомия или гониотрепанация. Переход на микрохирургию потребовал ревизии микроанатомии, повторения старинных методик исследования с использованием современных технологий микрохирургии. Именно в области топографии на гистологическом уровне, в диапазоне между макроанатомией и гистологией обнаружилось неожиданное белое пятно. Неясности, недоговорённости и прямые противоречия в описаниях, не имевшие до поры практического значения, стали реальным тормозом на пути нового типа хирургического лечения глаукомы.

Желание заполнить пробел в знаниях, удачно соединившееся с современными техническими возможностями, привело к достаточно чёткому, на наш взгляд, пониманию вопросов гистотопографии трабекулярного аппарата и дало возможность систематизировать взгляды на непроникающие операции при глаукоме.

В результате сравнительного анализа литературных данных о морфологии и эмбриологии дренажной зоны глаза с данными наших экспериментальных исследований трактовка некоторых аспектов приобрела новое звучание по сравнению с общепринятыми представлениями.

В частности, как оказалось, трабекулярная сеть является значительно более сложной структурой, чем считалось ранее.

Трабекулы как таковые, («трабекулярные балки», «лучи», «тяжи» образующие трабекулярные пластины) гистологически разнородны: их основу образует соединительнотканное межклеточное вещество с преобладанием волокон; снаружи трабекулы покрыты эпителиальным пластом с хорошо выраженной базальной мембраной – стекловидной оболочкой. При этом базальная мембрана трабекул непрерывно переходит в десцеметову оболочку – факт, которому ранее не придавалось существенного значения. В эпоху непроникающих операций этот факт трудно переоценить: именно он обуславливает возможность уверенного хирургического выделения периферии десцеметовой оболочки и вообще делает возможными такие операции.

По данным эмбриологических исследований, волокнистые сердцевины трабекул образуются в ходе раскры-

тия угла передней камеры при растяжении и разрежении структур переднего отрезка глаза, лежащих между передней камерой и Шлеммовым каналом, а именно: склеры, сухожилий цилиарной мышцы, корня радужки. Эпителий трабекул является частью эпителия, выстилающего переднюю камеру глаза, который «прорастает» между пучками соединительнотканых волокон в области угла передней камеры и покрывает их, превращая таким образом в трабекулы. На основе такой трактовки трабекулярная сеть должна рассматриваться как массив соединительнотканых волокон, разделённых и объединённых эпителием передней камеры. При этом трабекулы различных топографических отделов складываются из волокнистого компонента соединительной ткани различных (соответствующих) структур переднего отрезка глаза: радужки, склеры, цилиарной мышцы. Следовательно, трабекулярная сеть гистологически, топографически и биомеханически разнородна. Несмотря на то, что все эти эмбриологические данные были в своё время опубликованы, они не находили своего места в трактовке гистотопографии дренажной зоны.

Гистогенетическое единство нейроглиальной эпителиальной выстилки передней камеры глаза предполагает специфическую топографию задней пограничной пластинки роговицы (десцеметовой оболочки). Она механически значительно более тесно связана со структурами увеального происхождения (сухожилиями цилиарной мышцы и передним пограничным кольцом Швальбе), чем с фиброзной оболочкой глаза (стромой роговицы). Десцеметова оболочка гистогенетически, топографически и биомеханически должна считаться не частью роговицы, а элементом нейроглиальной оболочки глазного яблока и, с точки зрения микрохирургии, – продолжением сосудистой оболочки глаза.

Указанные специфические взаимоотношения структур дренажной зоны до настоящего времени не принимались во внимание ни при изложении морфологии и топографии трабекулярной сети, ни при разработке непроникающих гипотензивных операций.

В ходе экспериментальной микроанатомической препаровки трабекулярная сеть разделяется на четыре отдельных слоя. Эти слои отличаются друг от друга прикреплением к различным окружающим структурам, а также своеобразной архитектурой; слои не соединены друг с другом по плоскости и легко разделяются вдоль всей окружности дренажной зоны.

Наиболее поверхностный слой трабекулярной сети соединяется только с элементами фиброзной оболочки глаза – со стромой роговицы и склеральной шпорой. Трабекулы этого (и только этого!) слоя могут быть названы корнеосклеральными. Количество корнеосклеральных трабекулярных пластин – от 3 до 6.

Более глубокий слой трабекулярного аппарата связан с меридиональными волокнами цилиарной мышцы. В зоне перехода трабекул в мышечные пучки в этот слой «вплетены» волокна склеральной шпоры. На другой стороне большинство трабекул этого слоя переходит в глубокие пластинки стромы роговицы, а остальные соединяются с кольцом Швальбе. Очевидная топографическая общность с роговицей, склерой и цилиарной мышцей (частью «uvea») позволяет охарактеризовать трабекулы этого слоя (2-6 пластин), как корнео-склеро-увеальные.

Следующий, более глубокий слой трабекулярной сети соединяется с одной стороны с радиальной порцией цилиарной мышцы, а с другой стороны – с кольцом Швальбе, которое, в свою очередь, неразрывно соединено с десцеметовой оболочкой. Трабекулы этого слоя образованы исключительно волокнами сухожилий цилиарной мышцы и при этом никак не связаны с роговицей или склерой. Топографически только этот слой является увеальным. Он содержит обычно 4-7 трабекулярных пластин.

Последний, четвёртый слой соединён с кольцом Швальбе и с корнем радужки. Этот слой резко отличается от остальных тонкостью (1-2 пласта трабекул), сетчатым («ретикулярным») строением, а также наличием в каждой трабекуле лишь одного-двух тонких эластических волокон. Происхождение этих трабекул из волокон ткани радужки («iris») требует применять к этому слою наименование «иридальный».

Приведённое описание не учитывает ещё два элемента дренажной системы, а именно: юкстаканаликулярную ткань и эндотелий Шлеммова канала. Эти структуры, строго говоря, не относятся к элементам трабекулярного аппарата, так как не имеют трабекулярного строения. Эндотелий Шлеммова канала представляет собой монослой эндотелиальных клеток, а юкстаканаликулярная ткань – прослойку рыхлой соединительной ткани. В ходе микропрепаровки и при микрохирургических операциях эти слои удаляются вместе с трабекулами корнеосклерального слоя, составляя с ними механически единое целое.

С учётом этого, при рассмотрении гистотопографии

дренажной зоны необходимо помнить, что трабекулярная диафрагма между просветом Шлеммова канала и передней камерой содержит не только четыре трабекулярных слоя, но и два нетрабекулярных (юкстаканаликулярную ткань и эндотелий). Для «трабекулярного» микрохирурга эти два последних слоя не имеют самостоятельного значения, механически относятся к корнеосклеральному слою и в ходе непроникающих операций удаляются вместе с ним.

Таким образом, «трабекулярная» диафрагма или «внутренняя стенка Шлеммова канала» (или просто «трабекула») включает шесть отделов/слоёв, которые различаются как по морфологии, так и по топографии. При этом важно помнить, что топографические и морфологические границы слоёв/отделов не совпадают. В «канонических» описаниях трабекулярной сети морфологические и топографические критерии использовались без должного тщания, что и привело к известной путанице.

Упорядоченное (более точное и, надеемся, понятное) описание выглядит следующим образом.

С точки зрения морфологии, внутренняя стенка Шлеммова канала (склерального синуса) состоит из двух порций: нетрабекулярной и трабекулярной. Нетрабекулярные структуры – эндотелий Шлеммова канала и пористая (юкстаканаликулярная) ткань. Основная по объёму порция внутренней стенки склерального синуса – трабекулярная; она имеет пластинчатое строение, причём эти пластины образованы соединительнотканными балками (трабекулами), покрытыми эпителием, который отделяет пластины друг от друга и, очерчивая промежутки между трабекулами, формирует сквозные отверстия внутри пластин (интратрабекулярные отверстия). По морфологии пластин трабекулярная порция чётко разделяется на два отдела: ламеллярный и ретикулярный. Трабекулы ламеллярного отдела образуют типичные пластины с мелкими эллиптическими отверстиями. Ретикулярный отдел представлен 1-2 слоями трабекул, образующих тонкую сеть с крупными полигональными ячейками.

Ламеллярный отдел в нашей трактовке соответствует корнеосклеральному отделу в классическом описании, а ретикулярный – увеальному. Принципиальная разница в том, что традиционное описание применяет *топографические* термины для описания *морфологически* различающихся структур и совершенно не учитывает реальную топографию.

С топографической точки зрения ламеллярный отдел представлен тремя слоями: корнеосклеральным, корнео-

склеро-увеальным и увеальным (именно это и является естественной базой непроникающих операций). Таким образом, «трабекулярная диафрагма» или внутренняя стенка склерального синуса состоит не из четырёх (как традиционно принято считать), а из шести обособленных слоёв: 1) эндотелий Шлеммова канала, 2) пористый отдел трабекулярной сети или юстаканаликулярная ткань, 3) корнеосклеральный слой ламеллярного отдела трабекулярной сети, 4) корнеосклероувеальный слой ламеллярного отдела, 5) увеальный слой ламеллярного отдела и 6) ретикулярный отдел трабекулярной сети.

Взаимосвязь трабекулярного аппарата с окружающими структурами определяется гистогенетическими закономерностями и играет важную роль в понимании и проведении непроникающих операций.

Происхождение волокон увеальных трабекул из волокон пучков цилиарной мышцы определяет участие трабекулярного аппарата в увеосклеральном оттоке водянистой влаги (как в норме, так и после хирургии).

Тот факт, что увеальные трабекулы продолжают кпереди в виде кольца Швальбе, сделал принципиально возможной непроникающую хирургию глаукомы. Увеальные трабекулы и кольцо Швальбе, являясь частями сосудистой оболочки, а также десцеметова оболочка, как часть нейроглиальной выстилки глазного яблока, в основном изолированы от фиброзной оболочки. В области кольца Швальбе существуют лишь два вида соединений фиброзной оболочки глаза с сосудистой и нейроглиальной оболочками: а) единичные соединения в области кольца Швальбе за счёт слияния части волокон корнеосклероувеального слоя с волокнами кольца Швальбе и б) ответвление десцеметовой оболочки на корнеосклероувеальные трабекулы, расположенные на 0,1-0,2 мм центральнее кольца Швальбе. Эти соединения легко разделяются (спонтанно или при участии хирурга). Поэтому при непроникающих операциях десцеметова оболочка легко отделяется от стромы роговицы.

Обнаруженная в эксперименте биомеханическая гетерогенность трабекулярной сети полностью совпадает с ранее описанной гистогенетической и топографической гетерогенностью. Следовательно, трабекулярная сеть представляет собой не какую-то особую «дренажную» ткань, а совокупность разнородных соединительнотканых структур, покрытых однородным эпителием. Гистогенетическая принадлежность фибриллярного каркаса различных тра-

бекул к различным структурам переднего отрезка глаза закономерно определяет возможность механического разделения трабекулярной сети на определённые слои как в эксперименте, так и при выполнении хирургических операций. Выявленные закономерности делают возможным новый, топографически ориентированный подход к непроникающей хирургии дренажной зоны глаза.

Анализ известных непроникающих гипотензивных операций в соответствии с разработанной схемой гистотопографии дренажной зоны глаза показывает, что в ходе различных вмешательств происходит однотипное поэтапное разделение тканей в соответствии с естественной разнородностью трабекулярной сети.

Техническая выполнимость непроникающих операций определяется естественной биомеханикой дренажной системы глаза. От хирурга требуются не сверхъестественные способности, а лишь твёрдая рука и ясное представление о гистотопографии трабекулярного аппарата.

Литература

1. Абрамов В.Г., Вакурин Е.А., Артамонов В.П., Чуркин В.Е. Сравнительная характеристика отдаленных исходов некоторых микрохирургических антиглаукоматозных операций// Офтальмол. журн. - 1980. - № 2 - С. 79-83.
2. Абрамов В.Г., Вакурин Е.А., Артамонов В.П., Чуркин В.Е. Опыт выбора гипотензивных операций при открытоугольной глаукоме (по результатам отдаленных наблюдений)// Физиология и патология внутриглазного давления: Республиканский сб. науч. тр. - М., 1983. - С.114-120.
3. Адамова Н.А., Антонюк Т.Н., Креницкая Л.Н., Окаевич Г.Н. Результаты микрохирургического лечения больных глаукомой// Комплексное лечение и медико-социальная реабилитация лиц с остаточным зрением: Тез. докл. зональной научно-практ. конф. - Уфа, 1986. - С. 124-125.
4. Александрова М.Е. Антиглаукоматозные операции не проникающего типа// В кн.: Актуальные проблемы хирургического лечения глаукомы. Москва. - 1989. - С.20.
5. Алексеев Б.Н. Тактика оперативной диагностики и патогенетически ориентированной микрохирургии открытоугольной глаукомы// Вестн. офтальмол. - 1974. - № 2. - С.26-30.
6. Алексеев Б.Н. Микрохирургия внутренней стенки Шлеммова канала при открытоугольной глаукоме// Вестн. офтальмол. - 1978. - № 4. - С.14-20.
7. Алексеев Б.Н., Писецкая С.Ф. Синусотрабекулотомия в передней зоне Шлеммова канала// Всесоюзный съезд офтальмологов, 6-й. -М., 1985. -Т.2. - С.155-157.
8. Алимбекова З.Ф., Ангирова М.З., Ахметшина Н.С. Хирургическое лечение глаукомы по данным отделения Уфимского НИИ глазных болезней за 1980-1985 гг.// Комплексное лечение и медико-социальная реабилитация лиц с остаточным зрением: Тез. докл. зональной научно-практ. конф. - Уфа, 1986. - С.119.
9. Анисимова С.Ю., Александрова М.Е. К вопросу организации амбулаторной хирургии открытоугольной глаукомы// Всероссийский съезд офтальмологов, 5-й: Тез. докл. - М., 1987. - С.369-370.
10. Артамонов В.П. Эффективность субсклеральной синусотомии при глаукоме// Вестн. Офтальмол. - 1980. - № 2.- С.5-7.
11. Атлер С.С. Дозированная микрохирургия различных патогенетических форм первичной глаукомы: Автореф. дисс. канд. мед. наук - Куйбышев, 1982. - 24с.
12. Афанасьев Ю.И., Юрина Н.А. (под ред.) Гистология. Изд. 4-е. - М.: Медицина, 1989. - С.106;198-201.
13. Батманов Ю.Е., Брикман В.Г. Синусотрабекулотомия и синусотомия в энуклеированных глазах человека// Физиология и патология внутриглазного давления. - М., 1977. - С.31-35.
14. Бойчук Н.В., Челышев Ю.А. Роль нервного гребня в развитии глаза у птиц// Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. - 1987. - Т. ХСIII. - В.10. - С.62-65.
15. Валиуллина Ф.Г. Состояние зрительных функций после антиглаукоматозных операций// Вестн. офтальмол. - 1972. - №1. - С.14-16.
16. Войтова Р.Н. Отдаленные результаты операции синусодилатации// Офтальмол. журн. - 1975. - №3. - С. 220-223.
17. Волков В.В., Зубов В.Ф., Красновидов В.С., Ромова Т.Л. О степени компенсации глаукоматозного процесса// Вестн. офтальмол. - 1970. - №6. - С.21-26.
18. Головачев Ю.Ф. Состояние угла передней камеры после операций на Шлеммовом канале при первичной глаукоме// Вестн. офтальмол. - 1968. - №1. - С.21-24.
19. Егоров В.В., Худяков А.Ю., Сорокин Е.Л. Клиническая эффективность хирургического лечения открытоугольной глаукомы// В кн.: Офтальмология Центрального Черноземья и Среднего Поволжья в решении проблемы слепоты и слабовидения. - Тамбов, Изд-во ТГТУ. - 1997. - С.90-92.
20. Егоров Е.А., Потапова Е.А. Повышение эффективности субсклеральной синусотомии с применением цитостатиков// Актуальные проблемы современной офтальмологии. Саратов, 1996. - С.178-180.
21. Елисеев В.Г. Соединительная ткань. Гистофизиологические очерки. - М.: Медгиз, 1961. - 416с.

22. Ерошевский Т.И. О клинике трабекулэктомии// Офтальмол. журн. -1972. - №4. - С.263-267.
23. Ерошевский Т.И. Выбор операции и показания к хирургическому лечению первичной глаукомы// Вопросы клинической и экспериментальной офтальмологии. - Куйбышев, 1976. - С.9-15.
24. Ерошевский Т.И., Лукова Н.Б. Еще раз о хирургии первичной глаукомы// Вестн. офтальмол. - 1981. - №1. - С.7-10.
25. Ерошевский Т.И., Петухов В.М. Новая антиглаукоматозная патогенетическая операция// Вопросы клинической и экспериментальной офтальмологии. - Куйбышев, 1979. - С.10-13.
26. Зальцман М. Анатомия и гистология человеческого глаза в нормальном состоянии, его развитие и увядание. Пер. Л.И. Сергиевского. - М.: 1913. - С.45-57;215-228.
27. Затулина Н.И., Электронномикроскопические исследования трабекулярной ткани глаза человека// Вест. офтальмологии. - 1969. - №3. - С.56-60.
28. Зуев В.К., Соколовская Т.В., Иванова Е.С. Непроницающая глубокая склерэктомия с митомицином-С// В кн.: Офтальмология Центрального Черноземья и Среднего Поволжья в решении проблемы слепоты и слабо зрения. - Тамбов. Изд-во ТГТУ. - 1997. - С.84-86.
29. Иоффе Д.И. Глубокая склерэктомия при открытоугольной глаукоме// Актуальные вопросы микрохирургии и клинического применения лазеров в офтальмологии: Тез. науч.-практ. конференции. - Уфа, 1981. - С.32-34.
30. Иоффе Д.И. Анализ результатов 300 антиглаукоматозных операций глубокой склерэктомии// Всесоюзный съезд офтальмологов, 4-й: Тез. докл. -Москва, 1982. - С.354-355.
31. Карлсон Б.М. Основы эмбриологии по Пэттену. Пер. Ю.К. Доронина и О.Б. Трубниковой под ред. Б.В. Конохова. - М.: Мир. - 1983. - Т 2. - С.85-91.
32. Квасцова М.Д. Некоторые гидродинамические и гемодинамические показатели в прогнозе и течении простой глаукомы: Автореф. дисс. канд. мед. наук - Ленинград, 1970. - 23 с.
33. Киселев Г.А. Гидродинамика различных патогенетических форм глаукомы: Автореф. дисс. канд. мед. наук - Москва, 1966. - 24 с.
34. Козлов В.И., Козлова Е.Е., Соколовская Т.В., Сидорова А.В. Причины повышения внутриглазного давления в ближайшие и отдаленные сроки после непроникающей глубокой склерэктомии// Перспективные направления в хирургическом лечении глаукомы. - Москва, 1997. - С.50-53.
35. Корецкая Ю.М., Федотова Г.А., Гузейл Л.А. Непосредственные и отдаленные результаты микрохирургических операций при глаукоме// Материалы 4-го съезда офтальмологов СССР. - Москва, 1973. - Т.2 - С.606-609.
36. Корецкая Ю.М., Говорун С.И. Субсклеральная синусотомия с трабекулоспазмом в хирургии открытоугольной глаукомы// Актуальные вопросы диагностики, клиники и лечения глауком. - Москва, 1979. - С.70-72.
37. Косых Н.В. Пути оттока внутриглазной жидкости в онтогенезе человека// Вопросы офтальмологии. - Омск, 1994. - С. 64-66.
38. Косых Н.В., Турок Н.Е. Морфофункциональные исследования внедренного пути оттока внутриглазной жидкости в онтогенезе. В кн.: Перспективные направления в хирургическом лечении глаукомы. - Москва, 1997. - С.93-95.
39. Краснов М.Л. Синусотомия при глаукоме// Вестн. офтальмол. - 1964. - № 2. - С.37-41.
40. Краснов М.Л. Хирургия глаукомы: развитие, современное состояние, возможности патогенетического воздействия// Вестн. офтальмол. - 1967. - С.21-28.
41. Краснов М.Л. Техника синусотомии и ее варианты// Вестн. офтальмол. - 1968. - № 3. - С.3-9.
42. Краснов М.Л. Трабекулотомия и трабекулоциклостомия при комбинированных формах глаукомы// Вестн. офтальмол. - 1978. - №4. - С.9-12.
43. Краснов М.Л. Микрохирургия глауком. - Изд. 2-е - М.: Медицина, 1980. - 248с.

44. Краснов М.М. Микрохирургия глауком// Руководство по глазной хирургии. Под ред. М.Л. Краснова и В.С. Беляева. - М.: Медицина. - 1988. - Гл. 5. - С.235.
45. Краснов М.М. Современная техника синусотомии (экстернализация Шлеммова канала) без резекции склеры// Вестн. офтальмол. - 1988. - №1. - С.10-12.
46. Краснов М.Л., Колесникова Л.Н. Трабекулэктомия в системе хирургического лечения глаукомы// Вестн. офтальмол. - 1969. - № 6. - С.54-58.
47. Краснов М.М., Федоров С.Н. Достижения в области микрохирургии глаза и перспективы ее дальнейшего развития// Вестн. офтальмол. - 1982. - №6. - С.11-12.
48. Лазарев В.А. Коллагено-полисахаридный гель как модель межклеточного вещества соединительной ткани// Бюллетень эксперим. биол. и мед. - Новосибирск, 1976. - Т.82. - №10. - С.1216-1218.
49. Лебедев О.И., Гусев С.А., Снетков М.А., Коряков С.В. Архитектоника трабекулярной зоны угла передней камеры в норме и при открытоугольной глаукоме// Вопросы офтальмологии. Материалы юбилейной научно-практической конференции. - Омск, 1984. - С.73-75.
50. Логай И.М., Леус Н.Ф., Титарчук Е.Ф., Цымбалюк Н.А. Роль первичной влаги в развитии травматической катаракты// Офтальмол. журн. - 1984. - № 6. - С.371-374.
51. Мазуров В.И., Берман А.Е. Современные представления о свойствах и биосинтезе коллагеновых белков// Физиология и патология соединительной ткани. Тез. Докл. 5 Всесоюз. Конф. - Новосибирск, 1980. - С.14.
52. Малахова Л.А. Отдаленные результаты синусотомии при глаукоме// Вестн. офтальмол. - 1974. - №6. - С.54-58.
53. Маслова-Хорошилова И.П., Супрун А.В., Захарова Г.П., Ефимова М.Н. Морфологические исследования дренажной зоны угла передней камеры глаз после антиглаукоматозных операций закрытого типа (экспериментальное исследование)// Экспериментальные исследования в офтальмологии. - Москва, 1986. - С.98-101.
54. Международная анатомическая номенклатура. Под ред. Михайлова С.С. - М.: Медицина. - 1980. - 240 с.
55. Меркулов Г.А. Курс патологистологической техники. - Л., «Медгиз». 1961. - 340С.
56. Митин К.С. Гистохимия соединительной ткани сосудов при ревматизме. М.: Медицина. - 1966. - 210 с.
57. Момозе Акира. Модифицированная техника синусотомии// Вестн. офтальмол. - 1975. - № 5. - С.12-15.
58. Нестеров А.П. Диафрагмы глаза и их значение в патогенезе первичной глаукомы// Казан. мед. журн. - 1968 - № 6. - С.38-40.
59. Нестеров А.П. Первичная глаукома. - М.: Медицина. - 1973. - С.95-100.
60. Нестеров А.П. Первичная глаукома. - М., 1982. - 287с.
61. Нестеров А.П. Глаукома. - М.: Медицина. - 1995. - 255с.
62. Нестеров А.П., Батманов Ю.Е. О некоторых анатомо-топографических особенностях дренажной области глаза// Вестн. офтальмол. - 1971. - №6. - С.3-10.
63. Нестеров А.П., Батманов Ю.Е. О локализации сопротивления оттоку водянистой влаги в начальной стадии открытоугольной глаукомы// Вестн. офтальмол. - 1974. - №4. - С.13-16.
64. Нестеров А.П., Батманов Ю.Е. Новая антиглаукоматозная операция на дренажном аппарате глаза// Военно-мед. журн. - 1977. - № 4. - С.23-25.
65. Нестеров А.П., Батманов Ю.Е., Брикман В.Г. Состояние Шлеммова канала при различных уровнях внутриглазного давления// Вестн. офтальмол. - 1978. - №6. - С.6-8.
66. Нестеров А.П., Батманов Ю.Е., Егоров Е.А., Брикман В.Г. Растяжение трабекулы в хирургическом лечении глаукомы// Всесоюз. съезд офтальмологов, 5-й: Тез. док. - М., 1979. - Т.3. - С.17-19.
67. Нестеров А.П. Бунин А.Я., Кацнельсон Л.А. Внутриглазное давление: физиология и патология. - М.: Наука. - 1974. - 381с.
68. Нестеров А.П., Егоров Е.А. Роль внутриглазного давления в формировании экскавации диска зрительного нерва. В кн.: Актуальные вопросы диагностики, клиники и лечения глауком. - Москва, 1979. - С.20-22

69. Нестеров А.П., Егоров Е.А., Черкасова И.Н. Субсклеральная синусотомия с циклодиализом// Вестн. офтальмол. - 1978. - №4. - С.6-9.
70. Нестеров А.П., Каранов С.К., Кашинцева Л.Т. Актуальные вопросы проблемы глаукомы// Всесоюз. съезд офтальмологов, 6-й : Тез. докл. - М., 1985. - Т.2. - С.3-10.
71. Нестеров А.П., Черкасова И.Н. Роль фактора риска при диагностике открытоугольной глаукомы// Вестн. офтальмол. - 1985. - №5. - С.18-23.
72. Пригожина А.Л. Патологическая анатомия и патогенез глаукомы. - М.: Медицина. - 1966. - С.58-69.
73. Сеннова Л.Г. Экспериментально-морфологическое изучение трабекулэктомии// Экспериментальные исследования в офтальмологии. - Москва, 1986. - С.106-111.
74. Сеннова Л.Г. Морфологические критерии трабекулэктомии// 5й Всерос. съезд офтальмологов. Тез. док. - Москва. 1987. - С.437-439.
75. Сеннова Л.Г. Сравнительный анализ состояния соединительной ткани дренажной системы глаза и кожи при физиологическом старении и первичной открытоугольной глаукоме: Дисс. канд. мед. наук. - Куйбышев. - 1981. - 197С.
76. Слуцкий Л.И. Биохимия нормальной и патологически изменённой соединительной ткани. - Л.: Медицина. - 1969. - 375с.
77. Смеловский А.С. Синусотомия, ее модификации и возможные сочетания с другими операциями// Вестн. офтальмол. - 1967. - №6. - С.31-35.
78. Соловьева Г.М., Козлов В.И. Новые способы хирургического лечения открытоугольной глаукомы// Всерос. съезд офтальмологов, 5-й : Тез. докл. - М., 1987. - С.441-443.
79. Супрун А.В., Федорова С.М. Отдаленные результаты хирургического лечения больных начальной глаукомой// Вестн. офтальмол. - 1981. - №3. - С.3-5.
80. Тахчиди Х.П., Иванов Д.И., Бардсоров Д.Б. Отдаленные результаты микроинвазивной непроникающей глубокой склерэктомии// Офтальмохирургия. - 2003. - №3. - С. 14-18.
81. Тахчиди Х.П., Стренев Н.В. Отслойка десцеметовой мембраны после непроникающей глубокой склерэктомии// Офтальмохирургия. - 1994. - №3. - С.22-25.
82. Тустановский А.А. Мукоидные вещества тканей животных// Успехи современной биологии. - 1962. - Т.54. - №4. - С.3-24.
83. Устинова Е.И., Хилько О.Н., Кушнер Н.Н. Об эффективности антиглаукоматозных микрохирургических операций// Вестн. офтальмол. - 1981. - №5. - С.4.
84. Фабрикантов О.Л., Белый Ю.А. Сравнительный анализ необходимости повторных антиглаукоматозных операций при первичной открытоугольной глаукоме// Актуальные проблемы современной офтальмологии. - Саратов, 1996. - С. 208-209.
85. Фёдоров С.Н., Иоффе Д.И., Ронкина Т.И. Антиглаукоматозная операция - глубокая склерэктомия// Вестн. офтальмол. - 1982. - №4. - С.6-10.
86. Фёдоров С.Н., Иоффе Д.И., Ронкина Т.И. Глубокая склерэктомия: техника и механизм новой антиглаукоматозной операции// Глаукома. - 1984. - Т.6. - №6. - С.281-283.
87. Фёдоров С.Н., Козлов В.И., Тимошкина Н.Т., Шарова А.Б., Ерескин Н.Н., Козлова Е.Е. Непроникающая глубокая склерэктомия при открытоугольной глаукоме// Офтальмохирургия. - №3 -4. - 1989. - С.52-55.
88. Фёдоров С.Н., Корчагин В.В., Шилкин Г.А. Гемодинамика глаза при глаукоме в зависимости от формы, стадии и степени компенсации процесса// Офтальмол. журн. - 1979. - №6. - С.334-350.
89. Фёдоров С.Н., Мороз З.И., Ханина Л.Ю., Крамская З.И. Состояние и перспективы развития микрохирургической службы в РСФСР// Вестн. офтальмол. - 1983. - №3. - С.3-6.
90. Фукс Э. Руководство к глазным болезням. - М., 1910. - С.324.
91. Хасанова Н.Х., Киселев Г.А., Колоткова А.И. Результаты синусотомии и иридосклерэктомии по Покровскому// Вестн. офтальмол. - 1968. - №4. - С.32-37.

92. Хилова Ю.К., Дронов М.М. Задний (Десцеметов) эпителий роговицы// Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. - 1982. - №10. - С.101-106.
93. Хэм А., Кормак Д. Гистология. Пер. Л.И. Вайсфельд и Б.А. Лейбовича под ред. Ю.И. Афанасьева и Ю.С. Ченцова. - М.: Мир. - 1983. - Т.2. - С.44-46, 241-270.
94. Чекмарева О.Г. Микрохирургическая коррекция трабекулярной ретенции при открытоугольной глаукоме: Автореф. дисс. канд. мед наук - Москва, 1984. - 15 с.
95. Чернявский Г.Л., Могилевская Ф.Я., Супрун А.В. и др. Эффективность синусотомии при открытоугольной глаукоме// Вестн. офтальмол. - 1971. - №5. - С.20-23.
96. Шехтер А.Б. Функциональное взаимодействие клеточных и внеклеточных компонентов соединительной ткани (элементы системного анализа)// Физиология и патология соединительной ткани. - Том 1. - Тез. Докл. 5 Всесоюзн. Конфер. - Новосибирск, 1980. - С.20-22.
97. Шмелева В.В., Нада Джогар, Потапова А.П. Сравнительная оценка результатов антиглаукоматозных операций при открытоугольной глаукоме// Вестн. офтальмол. - 1981. - №4. - С.8-11.
98. Шмырева В.Ф., Мирзаянц М.Г. Гистологическое исследование процесса заживления операционной конъюнктивы при различных вариантах формирования лоскута// Вестн. офтальмол. - 1976. - №1. - С.64-65.
99. Allen L., Burian H.M., Braley A.E. The anterior border ring of Schwalbe and the pectinate ligament// A.M.A. Arch. Ophthalmol. - 1955. - Vol. 53. - №6. - P.799-806.
100. Allen L., Burian H.M., Braley A.E. A new concept of the development of the anterior chamber angle. Its relationship to developmental glaucoma and other structural anomalies// A.M.A. Arch. Ophthalmol. 1955. - Vol.53. - №6. - P.783-798.
101. Anderson D.R. The development of the trabecular meshwork and it's abnormality in primary infantile glaucoma// Trans. Amer. Ophthal. Soc. - 1981. - Vol.79. - P.458-485.
102. Anderson D.R. Scanning electron microscopy of primate trabecular meshwork// Amer. J. Ophthal. - 1971. - Vol.71. - №1. - P. 90-101.
103. Arenas-Archila E., Sanchez-Thorin J.C., Arenas M.C. Scanning electron microscopy of ab externo trabeculectomy// Invest. Ophthalm. Vis. Sci. - 1995. - Vol.36. (ARVO Suppl.) - №4. - P. S342.
104. Ashton N. Anatomy and pathology of the drainage channels// Glaucoma. Symposium. - Blackwell, Oxford. - 1955. - P.13-22.
105. Ashton N., Brini A., Smith R. Anatomical studies of the trabecular meshwork of the normal human eye// Brit. J. Ophthal. - 1956. - Vol.40. - P.257-282.
106. Assayama J. Zur Anatomie des Ligamentum pectinatum, von Graefes Arch. Ophth. 53:113. 1901-1902. - Цит. по: Flocks M. The anatomy of the trabecular meshwork as seen in tangential section// A.M.A. Arch. Ophthalmol. - 1956. - Vol. 56. - P.708-718.
107. Barkan O. Pathogenesis of congenital glaucoma. Gonioscopic and anatomic observation of the angle of anterior chamber in the normal eye and in congenital glaucoma// Amer. J. Ophthal. - 1955. - Vol.40. - P.1.
108. Bill A., Phillips C.I Uveoscleral drainage of aqueous humor in human eyes// Exp. Eye. Res. - 1971. - Vol. 12. - P.275-281.
109. Burian H.M., Braley A.E., Allen L. Visibility of the ring of Schwalbe and the trabecular zone// A.M.A. Arch. Ophthalmol. - 1955. - Vol. 53. - №6. - P.767-782.
110. Duke-Elder S. W. // Trans. Ophthalm. Soc. Uk. - 1963. - Vol.132. - P. 307-313.
111. Eiferman R.A., Low M., Lane L. Iridoschisis and keratoconus// Cornea. - 1994. - Vol.13 - №1 - P.78-79.
112. Elligsen B.A., Grant W.M. // Invest. Ophthalm. - 1972. - Vol.2. - №1. - P.21-28.
113. Fine B.S. Observations on the drainage angle in man and rhesus monkey: a concept of the pathogenesis of chronic simple glaucoma// Invest. Ophthal. - 1964. - Vol.3. - №6. - P.609-646.

114. Fine B.S. Structure of the trabecular meshwork and the canal of Schlemm// Trans. Am. Acad. Ophthalm. Otol., 1966. – Цит. по: M.B. Shields, 1992.
115. Fink A.J., Felix M.D., Fletcher R.C. // Am. J. Ophthalm. - 1972. - Vol.74. - P.893.
116. Flocks M. The anatomy of the trabecular meshwork as seen in tangential section// A.M.A. Arch. Ophthalm. - 1956. - V.56. - №5. - P.708-718.
117. Gains J.E. // Klin. Mbl. Augenheilk. - 1974. - Bd.165. - №4. - P.549-554.
118. Garron L. et al. Anatomy and pathology of the drainage channels// Glaucoma Symposium. - Blackwell, Oxford, 1955. - P.13-22.
119. Gipson I.K., Anderson A. Actin filaments in cells of human trabecular meshwork and Schlemm's canal// Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. - 1979. - Vol 18. - №6. - P.547-561.
120. Gorin G. Gonioscopic anatomy of the angle of the anterior chamber// Glaucoma. Ed. by J. Cairns. - London, 1986. - Vol.1. - P.104-108.
121. Grant W.M. Further studies on facilities of flow through the trabecular meshwork//Arch. Ophthalm. (Chicago). - 1958. - Vol.60. - №4 - P.523-533.
122. Grant W.M. // Contemporary ophthalmology. - St. Louis: Mosby, 1972. - P.142-147.
123. Grierson I., Lee W.R., Mosely H., Abraham S. The trabecular wall of Schlemm's canal: a study of the effects of pilocarpine by scanning electron microscopy// Br. J. Ophthalmol. - 1979. - Vol.63. - P.9-16.
124. Hansson H.-A., Jerndal T. Scanning electron microscopic studies on the development of the iridocorneal angle of human eyes// Invest. Ophthalm. - 1971. - Vol.10. - №4. - P.252-265.
125. Hogan M.L., Alvarado J.A., Weddel J.E. Histology of the Human Eye. - Philadelphia, 1971. - P.370.
126. Holmberg A.S. Our present knowledge of the structure of the trabecular meshwork// Glaucoma. Tutzing Symposium. Ed. by W. Leydecker. - Karger. Basel, New York, 1967. - P.1-14.
127. Inomata H., Tawara A. Anterior and posterior parts of human trabecular meshwork// Jpn. J. Ophthalmol. - 1984. - Vol.28. - №4. - P.339-348.
128. Iwamoto T. Light and electron microscopy of the presumed elastic components of the trabeculae and scleral spur of the human eye// Invest. Ophthalm. Vis. Sci. - 1964. - Vol.3. - №2. - P.144-156.
129. Johnston M.C., Noden D.M., Hezelton R.D., Coulombre J.L., Coulombre A.J. Origins of avian ocular and periocular tissues// Exp. Eye. Res. - 1979. - Vol.29. - №1. - P.27-43.
130. Kupfer C. A note on the development of the anterior chamber angle// Invest. Ophthalm. - 1969. - Vol.8. - №1. - P.69-74.
131. Kupfer C., Ross K. The development of outflow facility in human eyes// Invest. Ophthalm. - 1971. - Vol.10. - № 7. - P.513-517.
132. Kupfer C., Datiles M.B., Kaiser-Kupfer M. Development of the Anterior Chamber of the Eye: Embriology and Clinical Implications// Basic Aspects of Glaucoma Research. Ed. by E. Lutjen-Drecoll. - F.K. Schattauer Verlag. - Stuttgart - New York, 1982. - P. 35-38.
133. Langham M.E. Discussion in: Holmberg A.S. Our present knowledge of the structure of the trabecular meshwork// Glaucoma. Tutzing Symposium. Ed. by W. Leydecker. - S Karger. - Basel - New York. 1967. - P.1-14.
134. Lee W.R. Ophthalmic Pathology. - 1993. - P.128
135. Lee W.R., Grierson I., McMenamin P.G. The morphological response of the primate outflow system to changes in pressure and flow// Basic aspects of glaucoma research. Ed. by E. Lutjen-Drecoll. - F.K. Sattauer Verlag. - Stuttgart - New York. - 1982. - P.143-166.
136. Lutjen-Drecoll E., Dietl T., Futa R., Rohen J.W. Age changes of the trabecular meshwork: a preliminary morphometric study// «Structure of the eye», IV Symp., Ed. by Hollyfield J.G. - Amsterdam, Elsevier/North Holland. - 1982. - P.341-348.
137. Lutjen-Drecoll E., Futa R., Rohen J.W. Ultrahistochemical studies on tangential sections of the trabecular meshwork in normal and glaucomatous eyes// Invest. Ophthalm. Vis. Sci. - 1981. - Vol.21. - P.563-573.

138. Mann I.C. The Development of the human eye. 3-d ed. - Grune and Stratton, London, 1964. - Цит. по: Shields M.B., 1992.
139. Maumenee A.E. The pathogenesis of congenital glaucoma. A new theory// Amer. J. Ophthal. - 1959. - Vol. 47. - №6. - P.827-858.
140. Maumenee A.E. Further observations of the pathogenesis of congenital glaucoma// Tr. Am. Ophth. Soc. - 1962. - Vol.60. - P.140.
141. Matsumura Y., Torid S., White H.J., Tanaka K. Changes with age of water-binding capacity and acid mucopolisaccharide content in the rat skin// J. Geront. - 1971. - Vol. 26. - №3. - P.386-390.
142. McMenamin P.G. Human fetal iridocorneal angle: a light and scanning electron microscopic study// Br. J. Ophthal. - 1989. - Vol.73. - P.871.
143. Meyer K. Biochemistry and biology of mucopolisaccharides// Amer. J. of Medicine.- 1969. - Vol.47. - P.664-672.
144. Murphy C., Alvarado J., Juster R., Malio M. Prenatal and Postnatal Cellularity of the Human Corneal Endothelium // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. - 1984. - Vol.25. - №3. - P.312-322.
145. Nishida S., Mizutani S., Uchida H. Laser Scanning Microscopy of the Apical Part of the Monkey Ciliary Muscle// Vision Research. - 1995. - Vol. 35 (ARVO Suppl.) - P.S1-21.
146. Polansky J.R., Weinreb R., Alvarado J.A. Studies on human trabecular cells propagated in vitro// Vision Res. - 1981. - Vol.21. - P.155-160.
147. Polansky J.R., Wood I.S., Maglio M.T., Alvarado J.A. Trabecular meshwork cell culture in glaucoma research// Ophthalmology. - 1984. - Vol.91. - P.580-595.
148. Raviola G., Raviola E. Paracellular route of an aqueous outflow in the trabecular meshwork and canal of Schlemm// Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. - 1981. - Vol.21. - P.52-72.
149. Rochon-Duvigneaud. Recherches anatomique sur l'angle de la chambre anterieure et le canal de Schlemm// Arch. Ophth. 12:732-744. 1892. - Цит. по: Flocks M. 1956.
150. Rodrigues M.M., Spaeth G.L., Livalingham E., Weinreb S. Histopathology of 150 trabeculectomy specimens in glaucoma// Trans. Ophthalmol. Soc. UK. - 1976. - Vol.96. - P. 245-255.
151. Rohen J.W. The evolution of the primate eye in relation to the problem of glaucoma// Basic aspects of glaucoma research. Ed. by E. Lutjen-Drecoll. - F.K. Sattauer Verlag. - Stuttgart - New York. - 1982. - P.3-33.
152. Rohen J.W. Chamber angle, glaucoma, conceptions of disease. Part 2. Functional anatomy, physiology and pathology. - Ed. by Heinemann K. & Richardson K.T. - Georg Thieme Publishers, Stuttgart. - 1978. - P. 26-43.
153. Rohen J.W. Anatomy of aqueous outflow channels// Glaucoma. Ed. by J.Cairns. - London, 1986. - Vol.1. - P.277-288.
154. Rohen J.W. New studies on the functional morphology of the trabecular meshwork and the outflow channels// Trans. Ophthal. Soc. UK. - London, 1970. - Vol.89. - P.431-447.
155. Rohen J.W. Morphology and pathology of the trabecular meshwork// The structure of the eye. Symposium. Ed. by G.K. Smelser. - London, 1961. - P.335-342.
156. Rohen J.W., Futa R., Lutjen-Drecoll E. The fine structure of the cribriform meshwork in normal and glaucomatous eyes as seen in tangential sections// Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. - 1981. - Vol.21. - P.574-585.
157. Rohen J.W., Lutjen-Drecoll E. Biology of the trabecular meshwork// Basic aspects of glaucoma research. Ed. by E. Lutjen-Drecoll. - F.K. Sattauer Verlag, Stuttgart - New York. - 1982. - P.143-166.
158. Rohen J.W., Lutjen E., Barany E. The relation between the ciliary muscle and the trabecular meshwork and its importance for the effect of miotics on aqueous resistance// Albrecht v. Graefes Arch. Klin. Exp. Ophthalmol. - 1967. - Vol. 172. - P. 23-47.
159. Rohen J.W., van der Zypen E., The phagocytic activity of the trabecular meshwork endothelium. An electron microscopy study of the vervet (*Cercopithecus aethiops*)// Albrecht v. Graefes Arch. Klin. Exp. Ophtalmol. - 1968. - Vol.175. - P.143-160.

160. Rosengren B. // Trans. Ophthal. Soc. U. K. - 1966. - Vol. 86. - P.261.
161. Schachtschabel D.O., Bigalke B., Rohen J.W. Production of glycosaminoglycans by cell cultures of the trabecular meshwork of the primate eye// Exp. Eye. Res. - 1977. - Vol.24. - P.71-80.
162. Schachtschabel D.O., Rohen J.W., Wever J., Sames K. Synthesis and composition of glycosaminoglycans by cultured trabecular meshwork cells// Albrecht v. Graefes Arch. Klin. Exp. Ophthalmol. - 1982. - Vol.218. - P.113-117.
163. Schachtschabel D.O., Wever J., Rohen J.W., Bigalke B. Changes in glycosaminoglycan synthesis during in vitro aging of cultured WI-38 cells and trabecular meshwork cells of the primate eye// Biochemical and morphological aspects of aging.: eds. Muller W.E.G and Rohen J.W. - Wiesbaden, Steiner 1981. - P.175-185.
164. Segawa K. Scanning electron microscopic studies on the iridocorneal angle tissue in normal human eyes// Acta Soc. Ophthal. Jap. - 1972. - Vol.76. - №8. - P.659-663.
165. Segawa K., Matsuo J. The structure of the iridocorneal angle tissue of glaucomatous eyes. A transmission electron microscopic study// Acta Soc. Ophthal. Jap. - 1973. - Vol.77. - №10. - P.1620-1622.
166. Shamsuddin A.K.M., Nizankari V.S., Purnell D.M. Is the corneal posterior cell layer truly endothelial?// Ophthalmology - 1986. - Vol. 93. - №10. - P. 1298-1303.
167. Sherwood M., Richardson T.M. Kinetics of the phagocytic process in the trabecular meshwork of cats and monkeys// Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. - 1981. - Vol.20 (ARVO Suppl.). - P.65.
168. Shields M.B. Textbook of Glaucoma. 3-d ed. - Williams & Wilkins, Baltimore, USA. - 1992. - P.16-22;226-234.
169. Shields M.B., Krieglstein G.C. Glaucom: Grundlagen, Differentialdiagnose, Therapie. - Springer-Verlag. - 1993. - P.15-17.
170. Sinex F. M., Marrot M. Gross-linkage and aging// Adv. Gerontol. Res. - 1975. - №1. - P.165-180.
171. Smelser G.K., Ozanics V. The development of the trabecular meshwork in primate eyes// Am. J. Ophthalmol. - 1971. - Vol.71. - №1. - P.366-385.
172. Speakman J.S. The development and structure of the normal trabecular meshwork// Proc. R. Soc. Med. - 1959. - Vol.52. - №1. - P.72-74.
173. Speakman J.S. Drainage channels in the trabecular wall of Schlemm's canal// Brit. J. Ophthal. - 1960. - Vol.44. - №9. - P.513-523.
174. Spenser W.H., Alvarado J., Hayes T.L. Scanning electron microscopy of human ocular tissues: trabecular meshwork// Invest. Ophthalmol. - 1968. - Vol.7. - №6. - P.651-662.
175. Sugar H.S. The Glaucomas. - A Hoeber-Harper Book, 1957. - P.7-37.
176. Tawara A. Demonstration of acid mucopolysaccharide in and around endothelial cells of normal human trabecular meshwork// Acta Soc. Ophthal. Jap. - 1978. - Vol.82. - P.335-347.
177. Tawara A., Inomata H. Congenital Abnormalities of the Trabecular Meshwork in Primary Glaucoma With Open Angle// Glaucoma. - 1987. - Vol.9. - №1. - P.28-34.
178. Theobald G.// Amer. J. Ophthal. - 1960. - Vol.50. - №4. - P.543.
179. Thomas C.I. The Cornea. - Springfield, Ill., USA. - 1955. - P.46-104.
180. Tripathi B.J., Tripathi R.S., Stefansson K., Adamis A., Moluar M., Emerson M. Neuroectodermal origin of corneal endothelium and keratocytes in human eyes// Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. - 1985. - Vol.26. - №3.(Suppl.) - P.274.
181. Tripathi B.J., Tripathi R.C. Neural crest origin of human trabecular meshwork and its implications for the pathogenesis of glaucoma// Am. J. Ophthal. - 1989. - Vol. 89. - P.583.
182. Van Buskirk E.M. Clinical implications of iridocorneal angle development// Ophthalmology. - 1981. Vol. 88. - №4. - P.361-367.
183. Virchow H. Mikroskopische Anatomie der ausseren Augenhaut und des Lidapparates// Handbuch der gesamten Augenheilkunde. 2-nd. ed. Ed. by T. Saemisch, Leipzig, W.Engelmann, 1905, - Vol.1. - Pt.1. - P.280-327. - Цит. no: Flocks M. - 1956.

184. Walker W., Kanagasundaram C. // Trans. Ophthalm. Soc. U. K.- 1964. - Vol.39. - P.427-443.
185. Walter J.R. Histopathology of the trabecular meshwork in glaucoma// Amer. J. Ophthal. - 1960. - V.49. - №5.- P.3-24.
186. Watson P.G., Grierson I. The Place of Trabeculectomy in the Treatment of Glaucoma// Ophthalmology. 1981. - Vol.88. - №3. - P.175-196.
187. Worst J. G. F. Congenital glaucoma: remarks on the aspect of chamber angle, onthogenetic and pathogenetic background and mode of action of goniotomy // Invest. Ophthalm. - 1968. - Vol.7. - №2. - P.127-134.
188. Yue B., Zhou L., Higginbotham E.J. Response of trabecular meshwork cells to phagocytic challenges// Vision Research. - 1995. - Vol.35. (JERMOV Suppl.) - P.S55.
189. Zimmerman L. Demonstration of hyaluronidase sensitive acid mucopolysacchride// Amer. J. Ophthal. - 1957. - Vol.44. - №1. - P.1-4.
190. Zimmerman T.J., Kooner K.S., Ford V.J., Olander K.W., Mandelkorn R.M., Rawlings E.F., Leader B.J., Koskau A.J. Trabeculectomy vs. nonpenetrating trabeculectomy: a retrospective study of two procedures in phakic patients with glaucoma// Ophthal. Surg. - 1984. - Vol.15. - №1. - P.44-50.
191. Zypen E. van der. Die Bedeutung des M. ciliaris fur Steuerung des Kammerwasserabflusses in der Kammerwinkelregion des menschlichen Auges // Klin. Mbl. Augenheilk. 1980. – Vol.176. – №4. – P.509-513.

