

УДК 617.7-007.681-089

# КЛАССИФИКАЦИИ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПОДУШЕК

ПЕТРОВ С.Ю., к.м.н., старший научный сотрудник отдела глаукомы.

ФГБУ «НИИ глазных болезней» РАМН, Москва, Российская Федерация, 119021, ул. Россолимо, 11А.

Авторы не получали финансирование при проведении исследования и написании статьи.

Конфликт интересов: отсутствует.

## Резюме

Функциональной частью трабекулэктомии является фильтрационная подушка, которая в значительной степени определяет долгосрочность гипотензивного эффекта, неудачи и осложнения. Во многих исследованиях авторы описывали фильтрационные подушки после глаукомной хирургии, используя внешние описательные признаки: кистозность, инкапсуляцию, высоту, ширину и степень васкуляризации.

В статье описаны все классификационные системы фильтрационных подушек, с самых первых (Kronfeld, Migdal, Hitchings, Vesti, Lederer and Shingleton) до наиболее востребованных в настоящее время (Вюрцбургская классификация фильтрационных подушек, оценочная

шкала университета Индианы и Мурфилдская классификационная система). Также проанализированы современные взгляды на морфологию подушек, основанные на результатах ультразвуковой биомикроскопии, оптической когерентной томографии, термографии и цифровых методов оценки уровня гиперемии.

В заключение автор дает попытку определения роли каждой классификации: какие классификационные признаки являются описательными, а какие возможно использовать для анализа долгосрочности эффекта вмешательства.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** трабекулэктомия, фильтрационная подушка, классификация, рубцевание, гиперемия.

## ENGLISH

## FILTERING BLEB CLASSIFICATIONS

PETROV S.YU., Ph.D, senior research associate of the Glaucoma Department.

Scientific Research Institute of Eye Diseases of the Russian Academy of Medical Sciences, 11a, Rossolimo str., Moscow, Russian Federation, 119021.

Conflicts of Interest and Source of Funding: none declared.

## Abstract

The bleb is the functional part of trabeculectomy, and the part that largely determines long-term success, failure, and complications. In many studies authors have described bleb appearance after glaucoma surgery in terms of recognized patterns of bleb appearance such as cystic, encysted, flat, and diffuse, usually in conjunction with a global vascularity assessment.

Article describes all proposed bleb grading systems: the old ones (Kronfeld, Migdal, Hitchings, Vesti, Lederer and Shingleton), the most popular (Wuerzburg bleb classification score, Indiana bleb appearance grading scale, Moorfields

bleb grading system). Also analyzed the modern concepts of bleb morphology using ultrasound biomicroscopy, optical coherence tomography, thermography and digital methods for assessing hyperemia level.

In conclusion, the author tried to determine the role of each classification. Which characteristics are to be used as a descriptive, and which of them can predict the duration of the hypotensive effect of the surgery.

**KEYWORDS:** trabeculectomy, bleb, grading system, scarring, hyperemia.

## Для контактов:

Петров Сергей Юрьевич, post@glaucomajournal.ru

**Х**ирургическое создание пути для субконъюнктивального оттока внутриглазной жидкости приводит к формированию различных по форме, размеру и локализации резервуаров — фильтрационных подушек (ФП). Это многообразие отчасти объясняет желание глаукоматологов систематизировать свои наблюдения.

При описании ФП офтальмологи используют ряд специализированных терминов, имеющих, зачастую, различное толкование. И поскольку большинство из них положено в основу международных классификаций, они будут перечислены в начале работы.

«*Конъюнктивальная васкуляризация*» (англ. vascularization). Термин описывает степень конъюнктивальной гиперемии, развивающейся в послеоперационном периоде в области формирующейся фильтрационной подушки. Васкуляризация является следствием расширения преимущественно венозных конъюнктивальных сосудов как одного из проявлений местной аутоиммунной воспалительной реакции. Считается прогностически неблагоприятным признаком в оценке отдаленной гипотензивной эффективности вмешательства.

«*Штопорообразные сосуды*» (англ. corkscrew vessels). Поверхностные конъюнктивальные сосуды, преимущественно венозные, с характерной извитостью в виде штопора. Образуются вследствие застойных тканевых процессов в послеоперационном периоде, и также считаются прогностически неблагоприятным признаком.

«*Конъюнктивальные микрокисты*» (англ. microcysts). Гистологические исследования бульбарной конъюнктивы показали наличие бестканевых субэпителиальных пространств, не визуализируемых биомикроскопически в норме. Есть версия, что активное движение внутриглазной жидкости в субконъюнктиве приводит к ее поступлению в эти пространства, сопровождающемуся их визуализацией в виде плотного скопления конъюнктивальных микроскопических кист. В оценке отдаленной гипотензивной эффективности трактуется как благоприятный признак [1-3].

«*Кистозная фильтрационная подушка*» (англ. cystic bleb). Процессы активного рубцевания чаще проявляются в периферических отделах фильтрационной зоны, постепенно сужая саму область фильтрации. Это приводит к развитию высоких фильтрационных подушек, ограниченных демаркационной зоной. Если стенка подушки представлена тонким слоем конъюнктивы, то такая ФП именуется кистозной. Дном кистозной подушки может являться теноновая оболочка и субконъюнктива, а при их слабой выраженности или субатрофии — сама склера [4].

«*Инкапсулированная фильтрационная подушка*» (англ. encapsulated bleb). При развитии рубцовых процессов между склерой и теноновой капсулой, если фильтрация жидкости осуществляется не под

конъюнктиву, а непосредственно под тенонову оболочку, возможно развитие высокой ограниченной фильтрационной подушки с плотной наружной стенкой, представленной конъюнктивой, субконъюнктивой и теноновой капсулой. Такие подушки принято называть инкапсулированными [4].

«*Стальное кольцо*» (англ. ring of steel). Этим термином называют демаркационную зону высокой подушки, как правило, хорошо визуализируемую при биомикроскопии в виде светлого фиброзного кольца.

Считается, что одним из первых хирургическое лечение глаукомы в виде склеростомии разработал шотландский офтальмолог William Mackenzie в 1830 г. Позже, в 1854 г., им было предложено снижение ВГД с помощью парацентеза. Спустя несколько лет Albrecht von Graefe предложил операцию, ставшую действительно популярной, несмотря на высокий уровень осложнений, — секторальную иридэктомию, выполняемую под конъюнктивальным лоскутом. Уже тогда von Graefe связывал гипотензивный эффект с развитием т. н. кистозного конъюнктивального рубца. Вероятно, с этого времени субконъюнктивальная фильтрационная область стала рассматриваться офтальмологами в качестве самостоятельного понятия. В 1882 г. французский офтальмолог Louis de Wecker описал склерэктомию, функционирующую, с его точки зрения, также благодаря «фильтрующему рубцу». Авторы последующих модификаций фистулизирующих гипотензивных вмешательств, таких как ириденклеизис (Soren Holth, 1904) и корнеосклеральная трепанация (Robert Elliot, 1909), также ссылались на отток внутриглазной жидкости под конъюнктиву.

Первую попытку классифицировать фильтрационные подушки сделал Р. Kronfeld в 1949 г., описав 3 типа в зависимости от внешнего вида и гипотензивного эффекта [5, 6]:

тип I — поликистозные тонкостенные с низким ВГД;

тип II — диффузные перилимбальные с низким ВГД;

тип III — плоские с высоким ВГД.

Выполнение корнеосклерального трепанационного отверстия под склеральным лоскутом, предварительные результаты которого J.E. Cairns впервые опубликовал в 1968 г., назвав вмешательство «трабекулэктомией», достаточно быстро сделало ее одной из самых популярных антиглаукомных операций во всем мире [7].

В 1982 г. Van Buskirk дополнил классификацию Kronfeld, описав инкапсулированные ФП как кисты теноновой капсулы [8].

Позже, применив цветное фотографирование, к этой теме в 1983 г. вернулись С. Migdal и R. Hitchings [9]. В своей работе английские глаукоматологи исследовали влияние на гипотензивный эффект препаратов из т. н. группы антипростагландинов, т. е. инстилляционной формы 0,5% индометацина.

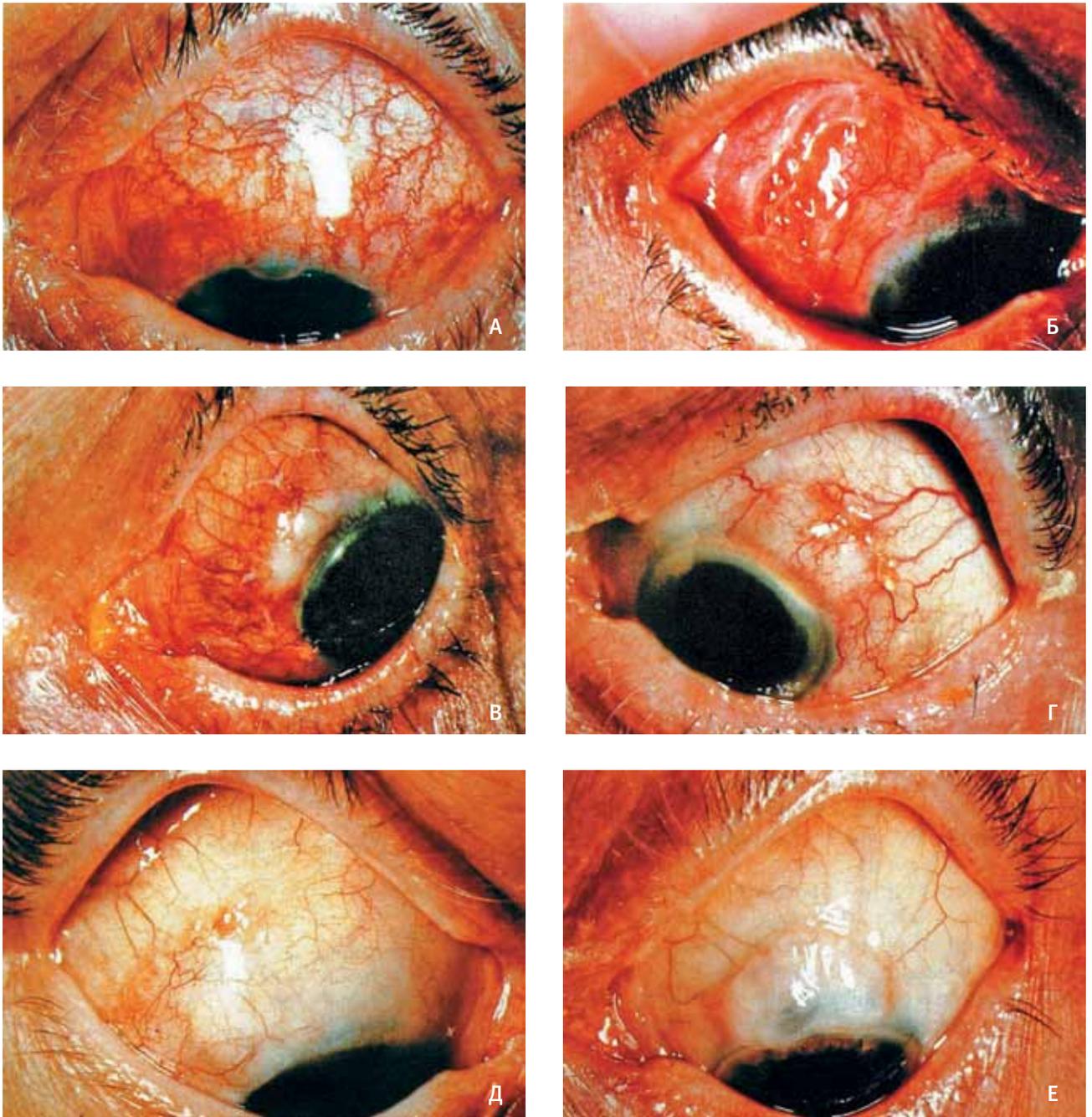


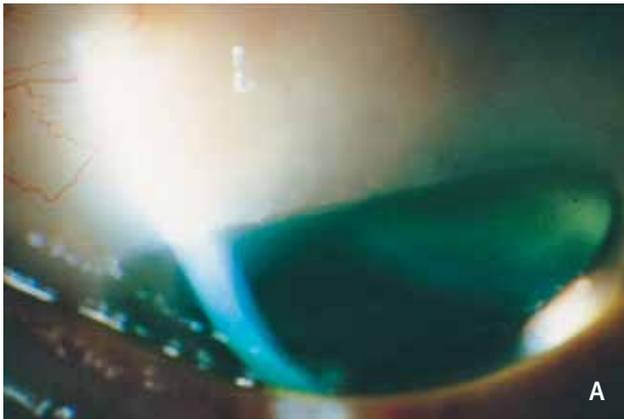
Рис. 1. Фотостандарты классификации дренажных подушек по Migdal и Hitchings

С этой целью авторы разработали собственную классификацию т. н. дренажных подушек из 6 позиций:

- 1) отсутствие подушки (рис. 1А);
- 2) приподнятая подушка, наполненная жидкостью (рис. 1Б);
- 3) приподнятая подушка с бледной возвышенной частью (рис. 1В);
- 4) подушка с застойными конъюнктивальными сосудами в области шва (рис. 1Г);

- 5) бледная разлитая подушка (рис. 1Д);
- 6) кистозная подушка (рис. 1Е).

Авторы воздержались от однозначной трактовки гипотензивной эффективности выделенных морфологических типов подушек, однако сошлись во мнении, что признаки активной воспалительной реакции, а также кистозность подушек коррелируют со снижением их функциональной активности. Указанные 6 типов подушек не являлись сами по себе окончательным завершением послеоперационного



**Рис. 2.** Клинические примеры признаков ФП, вошедших в Вюрцбургскую классификацию по Grehn и Picht

процесса, а скорее представляли эволюцию фильтрационной зоны от фазы активного процесса в раннем периоде (рис. 1А-В) до организации ФП к позднему послеоперационному периоду (рис. 1Г-Е).

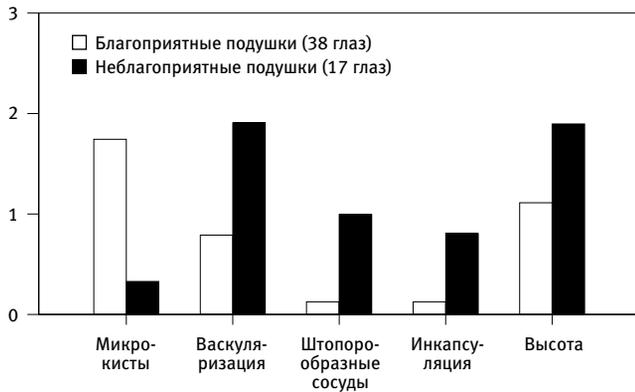
В 1993 г. финский офтальмолог Е. Vesti в своей работе по анализу результатов 88 трабекулэктомий описал 3 вида подушек: диффузные (42%), пузыревидные (50%) и отсутствие ФП (8%). Удовлетворительный эффект ( $P_0 < 21$  мм рт.ст. без гипотензивных препаратов) распределился следующим

образом: в 1 группе — 92%, во 2 — 64% и в 3 — 43%. Таким образом, был сделан вывод о хорошем прогнозе при наличии диффузной фильтрационной подушки [10].

С. Lederer в 1996 г. сравнивал морфологию подушек, полученных при классическом конъюнктивальном разрезе, с ФП при лимбальном разрезе. Для их описания после классического разреза он применил следующую терминологию: высокие, аваскулярные, тонкостенные, просвечивающие и кистозные; а для ФП после лимбального разреза: плоские и разлитые. Для последних была характерна более выраженная васкуляризация, однако ее степень была меньше, чем до вмешательства [11].

Shingleton описал характеристики ФП, являющиеся ранними прогностическими признаками срыва компенсации ВГД вследствие избыточного рубцевания: гиперемия, расширенные канатовидные сосуды, утолщение стенки, отграничение и увеличение высоты подушки. В качестве положительных прогностических признаков он приводит плоские разлитые подушки с низкой степенью васкуляризации и ровной гладкой поверхностью, а также наличие конъюнктивальных микроцист. Он провел корреляцию между уровнем ВГД и видом ФП:

1) слабовыраженная отграниченная подушка — высокое ВГД: следствие субконъюнктивального фиброза;



**Рис. 3.** Морфологические различия между фильтрационными подушками с благоприятным и неблагоприятным развитием согласно WBCS-классификации

- 2) высокая пузыревидная подушка — высокое ВГД; кистообразование теноновой оболочки;
- 3) плоская разлитая подушка — низкое ВГД; признак наружной фильтрации;
- 4) высокая подушка — низкое ВГД; признак субконъюнктивальной гиперфильтрации.

### Вюрцбургская классификация фильтрационных подушек

В 1997 г. Franz Grehn (Университетская глазная клиника, г. Вюрцбург, Германия) предложил первую клинко-морфологическую классификацию фильтрационных подушек, впоследствии получившую название Вюрцбургской (Wuerzburg bleb classification score (WBCS)) [12, 13].

Классификация включала 5 базовых признаков, оцениваемых по 4-балльной системе выраженности (0-3 балла):

- 1) конъюнктивальные микрокисты в 3 секторах ФП (рис. 2А);
- 2) конъюнктивальная васкуляризация (рис. 2Б);
- 3) штопорообразно извитые сосуды (рис. 2В);
- 4) инкапсуляция подушки (рис. 2Г);
- 5) высота подушки (рис. 2Д).

Авторы провели исследование корреляции WBCS-классификации с компенсацией ВГД (рис. 3).

Таким образом, было показано, что высота подушки не является достоверным прогностическим признаком, поскольку при активной субконъюнктивальной фильтрации жидкость может образовать высокую кистозную подушку на фоне нормотонии, в то время как фильтрация под тенонову капсулу, приводящая к появлению высокой инкапсулированной ФП, будет сопровождаться выраженным подъемом офтальмотонуса.

Соответственно, в последующих исследованиях по оценке эффективности глаукомных операций, использующих WBCS, высота ФП уже не принимается авторами во внимание (см. табл. 1) [14-16].

Таблица 1

### Финальные критерии оценки прогностической эффективности Вюрцбургской классификации фильтрационных подушек

Параметры	Балльная система
Васкуляризация конъюнктивы	3 — аваскулярная
	2 — близкая к норме
	1 — повышенная
	0 — массивная
Штопорообразно извитые сосуды	3 — отсутствуют
	2 — присутствуют в 1/3 подушки
	1 — присутствуют в 2/3 подушки
	0 — присутствуют по всей подушке
Инкапсуляция подушки	3 — отсутствует
	2 — присутствует в 1/3 подушки
	1 — присутствует в 2/3 подушки
	0 — присутствует по всей подушке
Конъюнктивальные микрокисты	3 — присутствуют по всей подушке
	2 — присутствуют латерально или медиально от склерального лоскута
	1 — присутствуют только над склеральным лоскутом
	0 — отсутствуют

### Оценочная шкала фильтрационных подушек университета Индианы

В 2003 г. Louis Cantor с коллегами с кафедры офтальмологии медицинского университета штата Индиана (США), проанализировав более 50 фотографий фильтрационных подушек, предложил собственную классификацию (The Indiana Bleb Appearance Grading Scale (IBAGS)), основанную на балльной системе оценки высоты, ширины, васкуляризации и результативности пробы Зейделя.

#### 1. Высота фильтрационной подушки.

Оценивается по отстоянию конъюнктивы от склеральной поверхности по 4 степеням:

- Н0: плоская подушка без видимого подъема;
- Н1: низкая ФП;
- Н2: подушка средней высоты;
- Н3: высокая ФП.

#### 2. Ширина фильтрационной подушки.

Оценивается по распространенности подушки по горизонтали в условных часах также по 4 степеням.

Е0: не визуализируемая подушка или подушка меньше 1 часа по ширине;

Е1: ФП шириной в 1-2 часа;

Е2: ФП шириной в 2-4 часа;

Е3: ФП шириной более 4 часов.

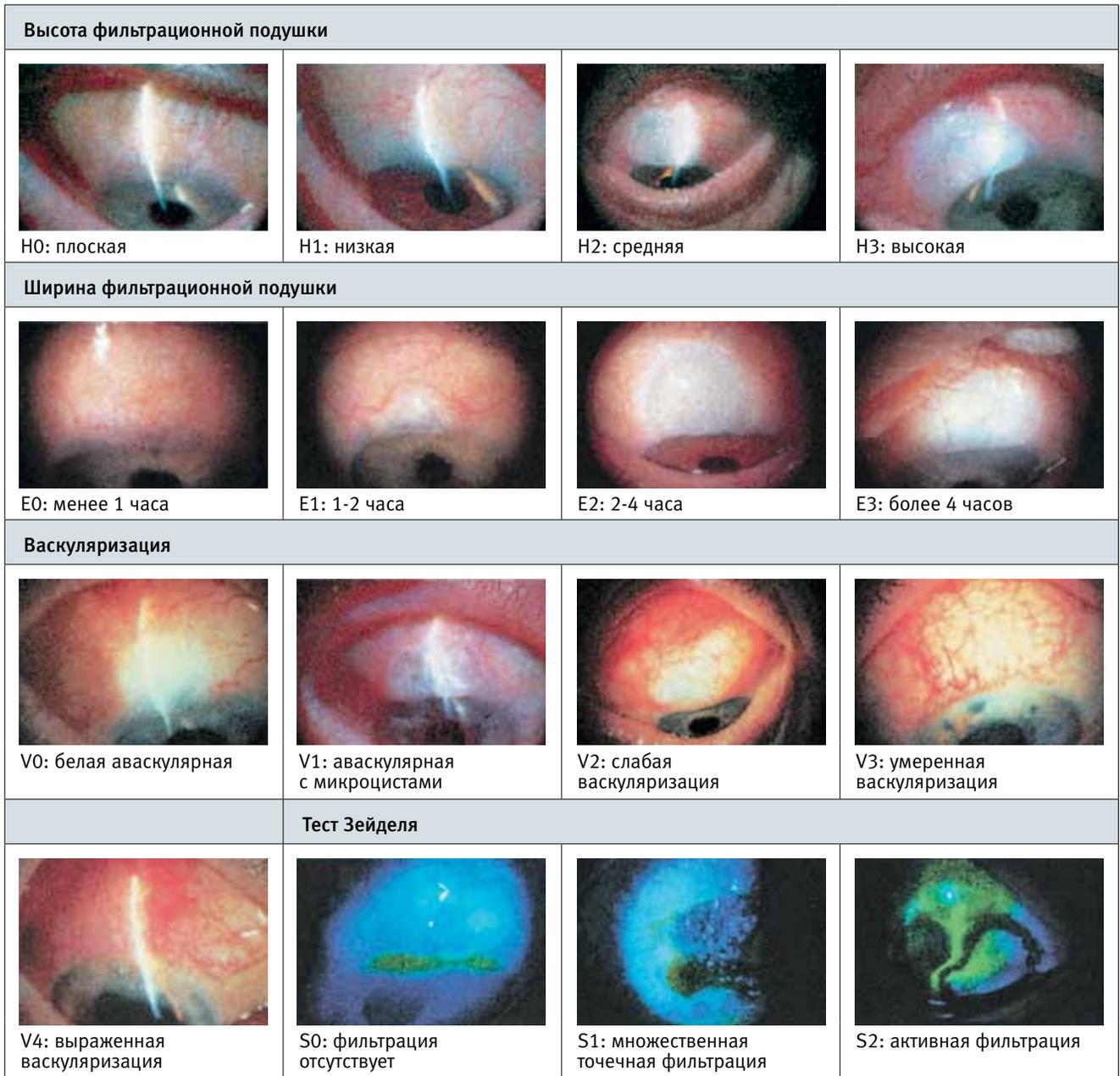


Рис. 4. Фотостандарты Индианской классификации

3. Степень васкуляризации включает визуальную оценку поверхностной и глубокой сосудистой сети зоны фильтрационной подушки под щелевой лампой.

V0: белая аваскулярная подушка без визуализации микроцист;

V1: прозрачная аваскулярная подушка с визуализируемыми в оптическом срезе микроцистами;

V2: слабая степень васкуляризации ФП;

V3: средняя степень васкуляризации;

V4: выраженная степень васкуляризации.

4. Результат флюоресцеиновой пробы Зейделя.

S0: отсутствие наружной фильтрации;

S1: диффузная наружная фильтрация;

S2: локальная активная наружная фильтрация.

IBAGS стала первой клинической описательной классификацией фильтрационных подушек, охватившей большинство базовых признаков. Впрочем, не обошлось и без критических замечаний. Было обращено внимание на тот факт, что описывая степень васкуляризации IBAGS рассматривает только зону подушки, в то время как наличие сосудов за ее пределами также является важным признаком. Также не совсем ясен смысл теста на наружную фильтрацию, поскольку позиционируя IBAGS в качестве классификации, основывающейся на фотобиомикроскопии, авторы не приняли во внимание существенные трудности и субъективизм при фотофиксации теста Зейделя [17].

## Мурфилдская классификация фильтрационных подушек

К 2004 г. на базе Мурфилдской глазной клиники (Лондон, Великобритания) активно работал отдел, оказывающий телемедицинские услуги посредством сети Интернет для клиник развивающихся стран (Африка). Ограничение скорости обмена данными в сочетании с объемными фотоизображениями привели к необходимости разработки ряда классификаций для облегчения понимания послеоперационного состояния пациента. В начале 2004 г. авторы под руководством J.G. Crowston публикуют первые результаты работы по систематизации признаков, позволяющих оценить состояние глаза после антиглаукомной хирургии [18].

За короткий срок к работе подключились сотрудники кафедры офтальмологии Веллингтонской Медицинской Школы (Ньютаун, Новая Зеландия), Калифорнийского Университета (Сан Диего, штат Калифорния, США). В соавторстве с ними в конце 2004 г. публикуется пилотное исследование фильтрационных подушек, на основании которого была разработана Мурфилдская классификация (Moorfields Bleb Grading System (MBGS)). Авторы уделили основное внимание характеристикам подушек, переработав телемедицинские критерии оценки в специализированную классификацию, оптимизирующую и унифицирующую клинические исследования.

Для отбора критериев были проанализированы 36 стереофотографий фильтрационных подушек. Причем каждый исследователь самостоятельно анализировал фото по всем критериям, а выводы были сделаны на основе процента совпадений всех точек зрения.

Авторы ввели ключевые определения, разделяя в фильтрационных подушках демаркационную и общую зоны. Общая зона фильтрационной подушки соответствует области конъюнктивы, отделенной от склеры внутриглазной жидкостью. Демаркационная зона фильтрационной подушки — ее центральная приподнятая часть, ограниченная фиброзной субконъюнктивальной тканью и/или приподнятым рельефом. Подушки с демаркационной зоной было предложено разделять на кистозные (тонкостенные) и инкапсулированные (с толстой стенкой).

Отдельное внимание было уделено степени васкуляризации подушек. Оценивали гиперемию в центре подушке, по ее краю и в отдалении от подушки.

Были отобраны следующие параметры (см. табл. 3).

Авторы отмечают, что данная классификация разрабатывалась именно для анализа готовых фотографий подушек, поэтому ни микроцисты, ни результат теста Зейделя не вошли в критерии оценки как сложные для фоторегистрации.

## Критерии оценки состояния глаза после антиглаукомной хирургии (по Crowston)

Параметры	Система оценки
<b>Параметры фильтрационной подушки</b>	
Васкуляризация	1-10 (3 — норма)
Толщина стенки	тонкая
	нормальная
	утолщенная
Высота	щелевидная
	плоская
	высокая
	очень высокая
	затрудняюсь с ответом
Наличие микроцист	отсутствуют
	присутствуют
	затрудняюсь с ответом
Морфология	локальная
	диффузная
	смешанная
	затрудняюсь с ответом
Наличие наружной фильтрации	отсутствует
	присутствует под давлением
	спонтанная
	затрудняюсь с ответом
<b>Общие параметры</b>	
Передняя камера	% глубины камеры парного глаза
Отслойка сосудистой оболочки	отсутствует
	присутствует
	затрудняюсь с ответом

Для популяризации классификации был разработан соответствующий сайт [www.blebs.net](http://www.blebs.net), где в настоящее время выложена значительно более упрощенная классификация, в которой оставлены деление морфологии подушек на общую и центральную зону (5 градаций), высота подушки (4 градации) и васкуляризация (общая, 5 градаций).

## Ультразвуковая биомикроскопия в классификации ФП

Предложенная Pavlin и Foster в 1991 г. ультразвуковая биомикроскопия (УБМ) позволила визуализировать внутреннюю структуру фильтрационных подушек, включая даже пространство под склеральным лоскутом [19, 20].

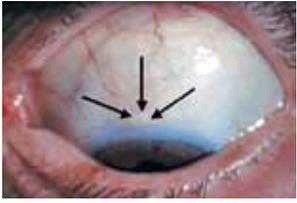
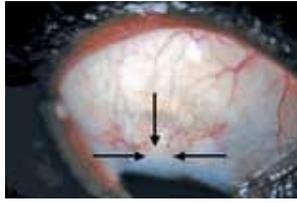
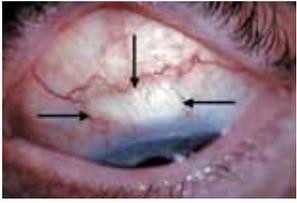
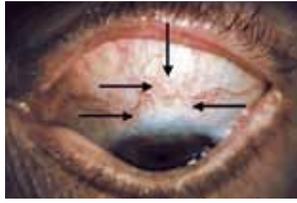
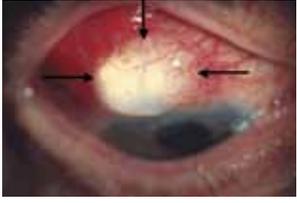
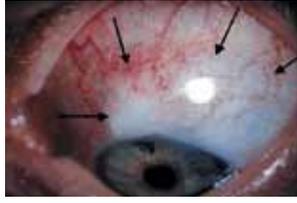
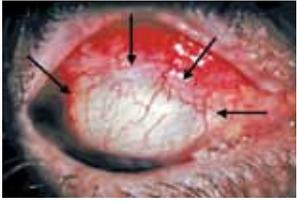
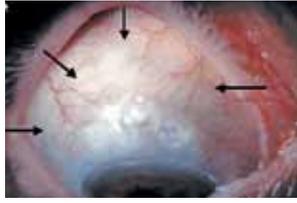
Ширина подушки		Высота	Васкуляризация
центр	общая		
			
1 (0%)	1 (0%)	1	1 (аваскулярная)
			
2 (25%)	2 (25%)	2	2 (норма)
			
3 (50%)	3 (50%)	3	3 (слабая)
			
4 (75%)	4 (75%)	4	4 (умеренная)
			
5 (100%)	5 (100%)		5 (выраженная)

Рис. 5. Фотостандарты финальной версии Мурфилдской классификации

В течение последующих 20 лет, несмотря на появление бесконтактного метода с более высокой разрешающей способностью — оптической когерентной томографии (ОКТ), в мире было выполнено около 4-х десятков исследований ФП при различных модификациях фистулизирующей хирургии.

Однако базовая УБМ-классификация подушек была опубликована еще в 1995 г. группой японских офтальмологов [21].

Основные 4 критерия, положенные в ее основу: наличие жидкости под склеральным лоскутом, эхогенность полости подушки, высота подушки и наличие полостей с жидкостью. Эхогенность (интенсивность отраженного ультразвукового сигнала) оценивалась по степени почернения визуального отображения. Темное изображение ФП, т.е. ее низкая эхогенность, свидетельствует о высоком содержании жидкости.

## Критерии оценки фильтрационных подушек по MBGS

Таблица 3

	Определение	Баллы	Норма
<b>Васкуляризация</b>			
Вне ФП	более 2 мм от края ФП	от 1 до 10	3
По краю ФП	2 мм от края или от границы демаркационной зоны	от 1 до 10	3
В центре ФП	центр ФП	от 1 до 10	3
<b>Морфология</b>			
Толщина стенки	тончайший участок стенки (1 = мельчайшее видимое отверстие)	1-10	3
Высота ФП	по отношению к нормальной конъюнктиве	1-10	3
Диффузная зона	процент разлитой диффузной зоны по отношению к размеру демаркационной области	1-10(%)	–
Ширина	максимальная ширина ФП (мм)	1->10 мм	–

**УБМ-классификация ФП (см. рис. 6)**

Тип L (low-reflective) — подушки с низкой или средней эхогенностью, относительно высокие, с наличием жидкости под лоскутом. Данный тип был отмечен в 96% в глазах с низким ВГД. Ассоциируется с хорошо функционирующими подушками.

Тип H (high-reflective) — подушки с высокой эхогенностью, с наличием жидкости под лоскутом. Ассоциируется со слабо функционирующими подушками.

Тип E (encapsulated) — инкапсулированные подушки. Характеризуются наличием наполненных жидкостью кавернозных пространств с тонкой высокоэхогенной стенкой. Сопровождается высоким ВГД.

Тип F (flattened) — плоские подушки с плотной высокоэхогенной субконъюнктивой. Сопровождается высоким ВГД.

**Оптическая когерентная томография в классификации ФП**

Метод оптической когерентной томографии (ОКТ) переднего отрезка глаза был разработан в 1994 г. J. Izatt et al. в лаборатории профессора Fujimoto [22, 23].

Позволил получать изображения с разрешающей способностью до 10 мкм (в отличие от 25 мкм для УБМ), метод быстро стал клинически востребованным [24].

Публикации об успешном использовании ОКТ для изучения функционального состояния зоны антиглаукомной операции начали появляться с 2002 г. [25-33].

В этих работах показана возможность четкой визуализации самой фильтрационной подушки, склерального лоскута, взаиморасположения лоскута

и подлежащей склеры, проходимость склерэктомического отверстия. Измерительные возможности ОКТ позволили произвести оценку таких биометрических параметров, как высота ФП, длина, высота и площадь супрасклеральной полости в фильтрационной подушке, толщина стенки ФП и склерального лоскута.

Высокое разрешение прибора позволило Leung et al. (2007) выделить два уровня скопления внутриглазной жидкости в фильтрационной подушке: субконъюнктивальный и супрасклеральный, четко визуализировать структуру фильтрационных подушек и разработать их классификацию [28].

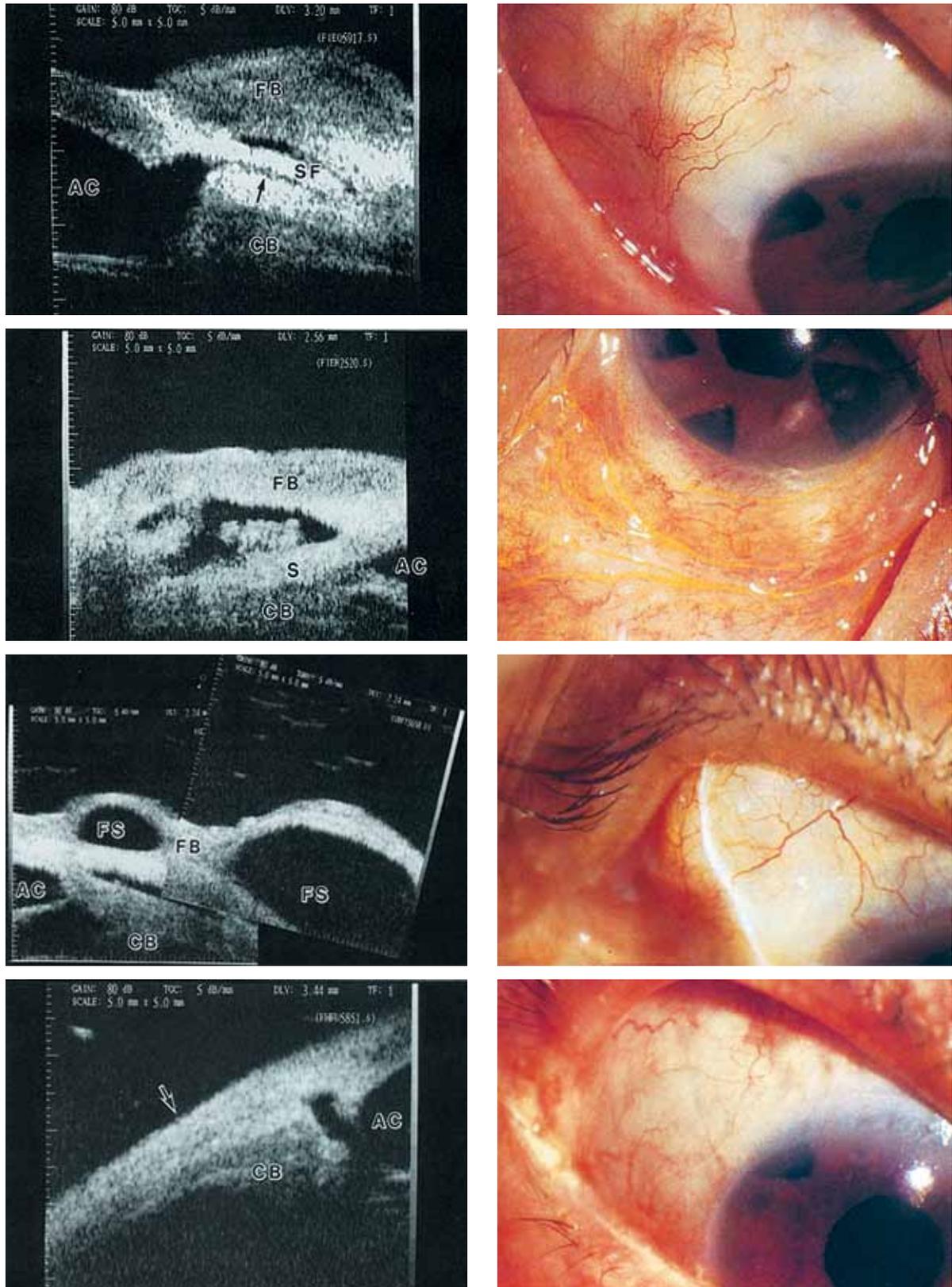
По предложенной классификации фильтрационные подушки разделяются на диффузные, кистозные, инкапсулированные и плоские (рис. 7).

1. Диффузные ФП. Низкая или средняя эхогенность подушки с визуализацией скоплений жидкости. Толщина стенки подушки варьирует от 0,11 до 0,26 мм, толщина скоплений жидкости — 0,05-0,2 мм. Характерно наличие жидкости под склеральным лоскутом, а также визуализация следов жидкости супрасклерально в зоне лоскута.

2. Кистозные подушки. Характерно наличие субконъюнктивальных гипоехогенных пространств различного размера — скоплений жидкости толщиной 1,28-2,07 мм. Стенка подушки представлена тонким слоем конъюнктивы в 0,05-0,09 мм.

3. Инкапсулированные подушки. Супрасклеральное скопление жидкости покрыто толстым слоем субконъюнктивальной гиперэхогенной ткани толщиной 0,46-0,52 мм. Жидкость под конъюнктивой отсутствует.

4. Плоские подушки. Следы жидкости между склерой и конъюнктивой отсутствуют. В ряде случаев визуализируется жидкость под склеральным лоскутом.



**Рис. 6.** Примеры фильтрационных подушек из УБМ-классификации по Yamamoto (1995). Левый столбец — УБМ-изображение ФП, правый столбец — эти же ФП (фото со щелевой лампы). Типы подушек по рядам изображений (сверху вниз): L, H, E и F. FB — фильтрационная подушка, CB — цилиарное тело, AC — передняя камера, S — склера, FS — пространство, наполненное жидкостью

Ряд исследователей оценивали структуру подушек с использованием цветовой шкалы на томографе Stratus OCT (Humphrey Instruments, USA), однако в большинстве работ используются градации серого цвета [34].

### Цифровые методы оценки ФП

Теоретически, поскольку программное обеспечение УБМ и ОКТ оцифровывает полученную информацию, эти методы также можно отнести к цифровым. Однако на практике полученные изображения в основном анализируют визуально, и только в ряде случаев параметры подушек измеряют численно.

Первым по-настоящему цифровым методом оценки ФП можно считать термографическое исследование. Термограф фиксирует интенсивность инфракрасного света, исходящего от объекта, и создает цветное цифровое изображение его поверхности с возможностью оценки температуры по прилагаемой шкале. В офтальмологии метод применяется с середины 1960-х годов преимущественно в исследовании синдрома «сухого глаза».

В 2009 г. японские офтальмологи, применив термографический анализ ФП, разделили их по уровню ВГД на функционирующие и не функционирующие [35].

Исследование проводили при взгляде пациента вниз для лучшей визуализации подушки ровно через 1 секунду после раскрытия глазной щели во избежание остывания поверхности. Поскольку температурное различие поверхности ФП в группах с низким и высоким ВГД оказалось небольшим и не показательным, авторы предложили параметр «снижение температуры подушки» (temperature decrease in the filtering bleb, TDB) — разница между средним значением температур назальной и темпоральной конъюнктивы и температурой с поверхности подушки. Оказалось, что при нормализованном ВГД, т.е. с функционирующей подушкой, TDB составлял 0,54, а при высоком — 0,21. Таким образом, температура функционирующих подушек несколько ниже (рис. 8).

Рядом авторов были предприняты попытки цифровой оценки одного из важнейших классификационных параметров ФП — степени гиперемии — путем спектрального анализа цифровых фотографий.

С.И. Анисимов с соавт. проводили измерение показателей спектра в красном и синем каналах. После чего вычисляли отношение средней яркости в синем канале к средней яркости в красном канале в программе Adobe Photoshop (Adobe Systems). Авторами был сделан вывод об информативной ценности цветового спектрального анализа гистограмм при оценке васкуляризации фильтрационных подушечек [36].

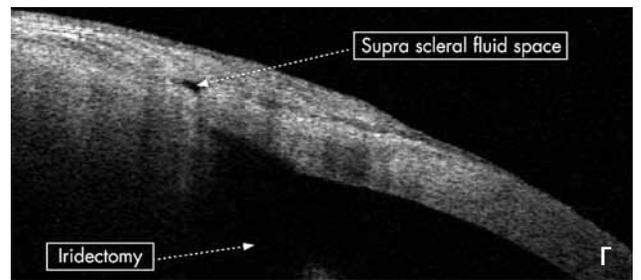
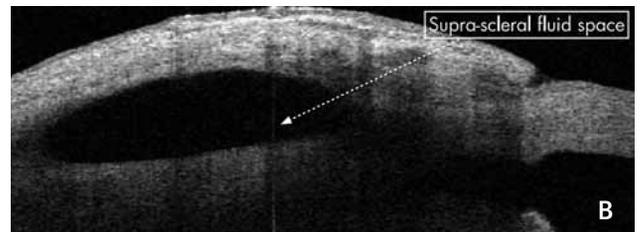
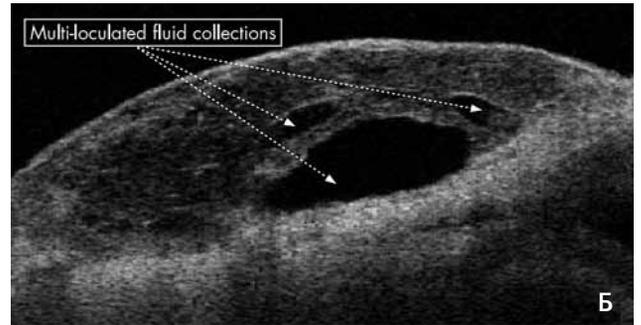
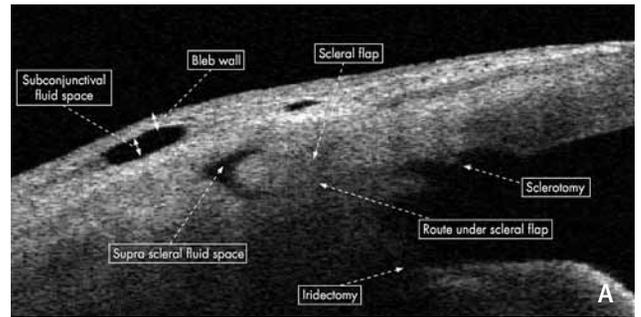


Рис. 7. ОКТ-изображения фильтрационных подушек, выполненные на томографе Visante OCT (ZEISS). А — диффузная, Б — кистозная, В — инкапсулированная, Г — плоская

Нашим коллективом была разработана программа «Гиперемия-3», которая после загрузки цифровой фотографии фильтрационной подушки определяет среднюю степень показателя гиперемии как процент яркости красного канала трехканального цифрового изображения от суммарной яркости каналов (рис. 9) [37]. Полученное числовое значение отражает процент гиперемии интересующего участка.

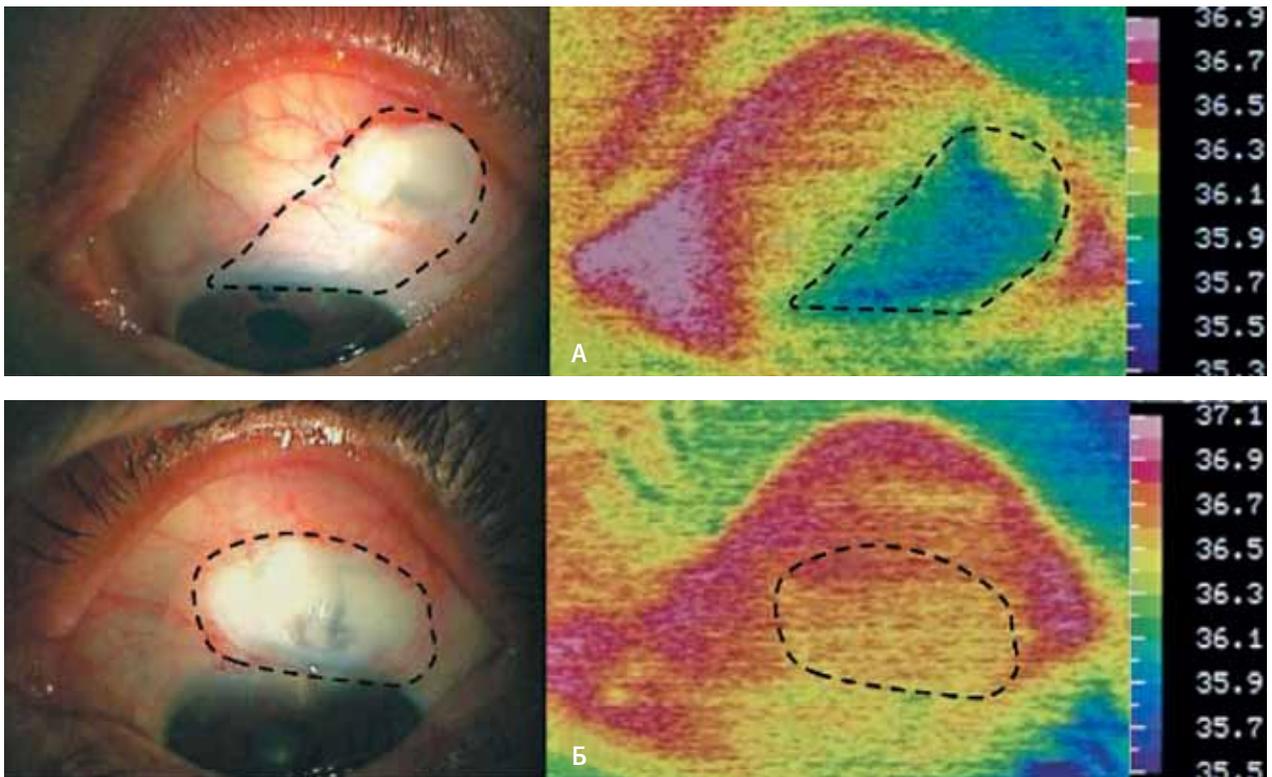


Рис. 8. Термографии фильтрационных подушек с нормализованным (А) и повышенным ВГД (Б)

## Обсуждение

Классификация — это осмысленный порядок вещей, явлений, разделение их на разновидности согласно каким-либо важным признакам. В качестве т.н. деления в классификации выбирают либо существенные познавательные признаки, в таком случае классификация считается естественной, либо, когда цель классификации состоит в систематизации, в качестве деления выбираются более описательные признаки, формирующие уже искусственную классификацию.

Предложенные выше классификации так или иначе охватывают все известные на сегодня признаки фильтрационных подушек. И если первые авторы имели целью скорее разобраться в многообразии внешних характеристик фильтрационной зоны, то последующие проводили корреляцию между признаками и уровнем ВГД.

Каждый офтальмолог, оперирующий пациентов с глаукомой или осуществляющий их последующее динамическое наблюдение, при просьбе описать фильтрационную подушку без труда отметит 3 базовых описательных признака: высоту, ширину и васкуляризацию. Добавив к ним наличие наружной фильтрации, мы получим американскую классификацию штата Индиана (IBAGS, 2003), а разделив ширину ФП на общую и центральную, — английскую Мурфилдскую классификацию (MBGS, 2004).

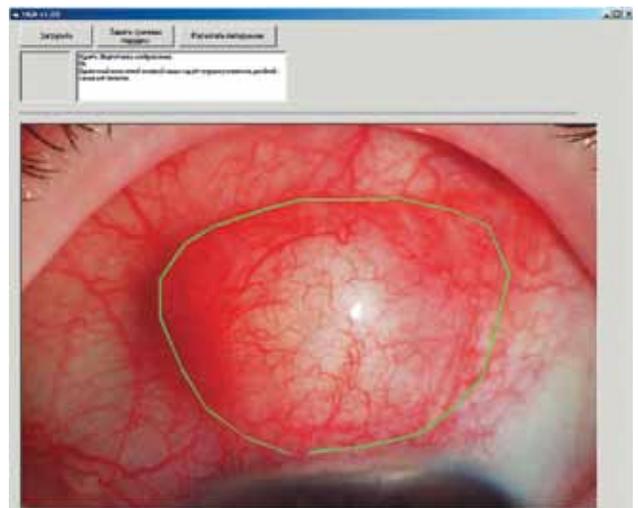


Рис. 9. Интерфейс программы «Гиперемия»

Следует отметить, что, несмотря на продолжающиеся дискуссии, данные классификации в настоящее время являются наиболее используемыми в научных исследованиях и публикациях. IBAGS критикуют за упрощение оценочной шкалы ширины ФП и включение теста Зейделя, как трудно выявляемого и мало значимого в описательном плане, а MBGS — за излишнюю усложненность и увеличенную нестандартную шкалу (градация по 5 пунктам, отсутствие «0» значения и наличие 4 пунктов

для оценки высоты). Ряд авторов сетует на отсутствие важных клинических признаков: толщины стенки подушки, наличия микрокист и пр. [38, 39].

Для объективной оценки роли данных классификаций предлагается вернуться к используемым в них признакам.

Высота подушки, бесспорно, является важной описательной характеристикой фильтрационной зоны. Однако сама по себе она не определяет ни степени клинического функционирования подушки, ни дальнейшей тактики офтальмолога [13, 40].

Действительно, высокие подушки могут встречаться в случаях инкапсуляции, что сопровождается декомпенсацией ВГД, однако зачастую относительно высокая подушка, особенно в раннем послеоперационном периоде, не имеет признаков отграничения и сопровождается нормотонией. Наличие высоких кистозных (тонкостенных) подушек также не коррелирует с уровнем офтальмотонуса, поскольку образование конъюнктивальной кисты может быть следствием эластичных свойств ткани, а не избыточного рубцевания, а фильтрация жидкости может носить наружный трансконъюнктивальный характер. Так, при обсуждении клинического значения высоты подушки упомянуты совершенно отдельные признаки: отграничение подушки, кистозность и инкапсуляция.

Ширина не менее важна в описании ФП, однако также слабо коррелирует с гипотензивным эффектом вмешательства. В целом, начиная со II-III степени ширины и заканчивая разлитой подушкой вокруг лимба, т.н. подушкой на 360°, чаще отмечается клиническая нормализация офтальмотонуса, за исключением случаев с инкапсуляцией.

Третий пункт классификаций — васкуляризация — скорее уже не описательный, а клинический признак, поскольку является характеристикой воспалительного процесса, сопровождающегося избыточным рубцеванием.

Таким образом, как IBAGS, так и MBGS следует отнести скорее к описательным классификациям. Тем более, что Мурфилдская классификация изначально и была задумана в качестве подспорья одному из первых телемедицинских проектов — дистанционным консультациям с офтальмологами развивающихся стран. Она же впоследствии завоевала наибольшую популярность [41-45, 48].

Главные свойства этих классификаций, на которых акцентируют внимание анализирующие их исследователи, — это простота и повторяемость другими специалистами.

Совершенно иную цель ставили перед собой авторы более ранней Вюрцбургской классификации (WBCS, 1997), в основу которой были положены исключительно клинически значимые признаки: конъюнктивальные микрокисты, васкуляризация, штопоробразно извитые сосуды, инкапсуляция и высота подушки. Проведенный позже корреляционный

анализ между этими признаками и офтальмотонусом подтвердил значимость всех факторов, кроме высоты подушек, вследствие чего в финальной версии WBCS он был исключен [13-15, 46].

Применение современных методов исследования морфологии ФП скорее подтверждает значимость клинических характеристик. Так, УБМ и ОКТ проводят корреляцию структуры ФП с уровнем ВГД, акцентируя на наличии кистозности подушек. Методы цифрового анализа фотоизображений отмечают клиническую значимость степени гиперемии конъюнктивы. Появившийся недавно метод конфокальной биомикроскопии подтвердил корреляцию наличия микрокист с хорошим функционированием подушек.

Так или иначе, каждая классификация, клиническая или описательная, находит свое применение на практике. Но, используя их для принятия решения о тактике терапии, следует принимать во внимание, что всякая классификация является результатом некоторого огрубления действительных граней между признаками, поскольку все они зачастую условны и относительны, а каждый клинический случай по-своему индивидуален.

## Литература/ References

1. Shields M.B.: Textbook of Glaucoma, Third Edition. Baltimore, Williams & Wilkins, 1992.
2. Addicks E.M., Quigley H.A., Green W.R., Robin A.L.: Histologic characteristics of filtering blebs in glaucomatous eyes. *Arch Ophthalmol* 1983; 101:795.
3. Skuta G.L., Parrish R.K. 2nd. Wound healing in glaucoma filtering surgery. *Surv Ophthalmol* 1987; 32(3):149-170.
4. Wells A.P., Crowston J.G., Marks J., Kirwan J.F., Smith G., Clarke J.C., et al. A pilot study of a system for grading of drainage blebs after glaucoma surgery. *J Glaucoma* 2004; 13(6):454-460.
5. Kronfeld P.C. The mechanism of filtering operations. *Trans Pac Coast Oto-ophthalmol Soc Annu Meet* 1949; 33:23-40.
6. Kronfeld P.C. Functional characteristics of surgically produced outflow channels. *Am J Ophthalmol* 1969; 67(4):451-463.
7. Cairns J.E. Trabeculectomy. Preliminary report of a new method. *Am J Ophthalmol* 1968; 66(4):673-679.
8. Van Buskirk E.M. Cysts of Tenon's capsule following filtration surgery. *Am J Ophthalmol* 1982; 94:522-527.
9. Migdal C., Hitchings R. The developing bleb: effect of topical antiprostaglandins on the outcome of glaucoma fistulising surgery. *Br J Ophthalmol* 1983; 67:655-660.
10. Vesti E. Filtering blebs: follow up of trabeculectomy. *Ophthalmic Surg* 1993; 24(4):249-255.
11. Lederer C.M. Combined cataract extraction with intraocular lens implant and mitomycin-augmented trabeculectomy. *Ophthalmology* 1996; 103(7):1025-1034.
12. Picht G., Grehn F. Classification of filtering blebs: a correlation to outcome 3 months after trabeculectomy [ARVO abstract]. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1997; 38:1060
13. Picht G., Grehn F. Classification of filtering blebs in trabeculectomy: biomicroscopy and functionality. *Curr Opin Ophthalmol* 1998; 9(2):2-8.
14. Furrer S., Menke M.N., Funk J., Töteberg-Harms M. Evaluation of filtering blebs using the "Wuerzburg bleb classification score" compared to clinical findings. *BMC Ophthalmol* 2012; 17:12:24.

15. Klink T., Kann G., Ellinger P., Klink J., Grehn F., Guthoff R. The prognostic value of the wuerzburg bleb classification score for the outcome of trabeculectomy. *Ophthalmologica* 2011; 225(1):55–60.
16. Guthoff R., Guthoff T., Hensler D., Grehn F., Klink T. Bleb needling in encapsulated filtering blebs: evaluation by optical coherence tomography. *Ophthalmologica* 2010; 224(4):204–208.
17. Cantor L.B., Mantravadi A., Wudunn D., et al. Morphologic classification of filtering blebs after glaucoma filtration surgery: the Indiana Bleb Appearance Grading Scale. *J Glaucoma* 2003; 12(3):266–271.
18. Crowston J.G., Kirwan J.F., Wells A.P., et al. Evaluating clinical signs in trabeculectomized eyes. *Eye* 2004; 18(3):299–303.
19. Pavlin C.J., Harasiewicz K., Sherar M.D., Foster F.S. Clinical use of ultrasound biomicroscopy. *Ophthalmology* 1991; 98(3):287–295.
20. Pavlin C.J., Foster F.S. *Ultrasound Biomicroscopy of the Eye*. Springer-Verlag: New York, 1995.
21. Yamamoto T., Sakuma T., Kitazawa Y. An ultrasound biomicroscopic study of filtering blebs after mitomycin C trabeculectomy. *Ophthalmology* 1995; 102(12):1770–1776.
22. Izatt J.A., Hee M.R., Swanson E.A., et al. Micrometr-scale resolution imaging of anterior eye in vivo with optical coherence tomography. *Arch Ophthalmol* 1994; 112(12):1584–1589.
23. Тахчиди Е.Х., Козлова Н.А. Оптическая когерентная томография переднего отрезка глаза и ее применение для оценки зоны антиглаукоматозной операции. *Практическая медицина* 2012; 59(4):147–150. [Tahchidi E.H., Kozlova N.A. Optical coherence tomography of anterior segment eye and its application to estimate the area antiglaucomatous surgery. *Practical Medicine* 2012; 59(4):147–150. (In Russ.)].
24. Чеглаков П.Ю. Оптическая когерентная томография в оценке исходов дренажной хирургии. *Глаукома* 2009; 4:34–37. [Cheglakov P.Y. Clinical use of anterior segment optical tomography Visante in eyes after shunt surgery. *Glaucoma* 2009; 4:34–37. (In Russ.)].
25. Nozaki M., Kimura H., Kojima M., et al. Optical coherence tomographic findings of the anterior segment after non-penetrating deep sclerectomy. *Am J Ophthalmol* 2002; 133(6):837–839.
26. Savini G., Zanini M., Barboni P. Filtering blebs imaging by optical coherence tomography. *Clin Experiment Ophthalmol* 2005; 33(5):483–489.
27. Labbe A., Hamard P., Lordanidou V., et al. Apport de L'OCT-Visante dans le suivi de la chirurgie du glaucoma. *J Fr Ophthalmol* 2007; 30(3):225–231.
28. Leung C.K., Yick D.W., Kwong Y.Y., et al. Analysis of bleb morphology after trabeculectomy with Visante anterior segment optical coherence tomography. *Br J Ophthalmol* 2007; 91(3):340–344.
29. Miura M., Kawana K., Iwasaki T., et al. Three-dimensional anterior segment optical coherence tomography of filtering blebs after trabeculectomy. *J Glaucoma* 2008; 17(3):193–196.
30. Ciancaglini M., Carpineto P., Agnifili L., Nubile M., Lanzini M., Fasanella V., Mastropasqua L. Filtering bleb functionality: a clinical, anterior segment optical coherence tomography and in vivo confocal microscopy study. *J Glaucoma* 2008; 17(4):308–317.
31. Kawana K., Kiuchi T., Yasuno Y., et al. Evaluation of trabeculectomy blebs using 3-dimensional cornea and anterior segment optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2009; 116(5):848–855.
32. Singh M., Chew P., Friedman D.S., et al. Imaging of trabeculectomy blebs using anterior segment optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2007; 114(1):47–53.
33. Tominaga A., Atsuya Miki, Yamazaki Y., et al. The assessment of the filtering bleb function with anterior segment optical coherence tomography. *J Glaucoma* 2010; 19(8):551–555.
34. Savini G., Zanini M., Barboni P. Filtering blebs imaging by optical coherence tomography. *Clin Experiment Ophthalmol* 2005; 33(5):483–489.
35. Kawasaki S., Mizoue S., Yamaguchi M., Shiraishi A., Zheng X., Hayashi Y., Ohashi Y. Evaluation of filtering bleb function by thermography. *Br J Ophthalmol* 2009; 93(10):1331–1336.
36. Анисимов С.И., Анисимова С.Ю., Пожарицкий М.Д., Ларионов Е.В. Цветовой спектральный анализ для объективной оценки васкуляризации фильтрационных подушек. *Глаукома* 2008; 2:31–34. [Anisimov S.I., Anisimova S.Y., Pozharitskiy M.D., Larionov E.V. Colour spectral analysis for objective evaluation of filtering bleb vascularization. *Glaucoma* 2008; 2:31–34. (In Russ.)].
37. Петров С.Ю., Новиков И.А., Дугина А.Е. Способ оценки функционального состояния фильтрационной подушки после антиглаукоматозной операции. Патент на изобретение RUS 2423069 19.11.2009 [Petrov S.Yu., Novikov I.A., Dugina A.E. Methods for assessing the functional state of the filtering bleb after glaucoma surgery. RUS patent 2423069. 2009 Nov 19. (In Russ.)].
38. Wells A.P., James K., Birchall W., Wong T. Information loss in 2 bleb grading systems. *J Glaucoma* 2007; 16(2):246–250.
39. Wells A.P., Ashraff N.N., Hall R.C., Purdie G. Comparison of two clinical Bleb grading systems. *Ophthalmology* 2006; 113(1):77–83.
40. Smith M., Chipman M.L., Trope G.E., Buys Y.M. Correlation between the indiana bleb appearance grading scale and intraocular pressure after phacotrabeculectomy. *J Glaucoma* 2009; 18(3):217–219.
41. Akkan J.U., Cilsim S. Role of subconjunctival bevacizumab as an adjuvant to primary trabeculectomy: a prospective randomized comparative 1-year follow-up study. *J Glaucoma* 2013 May 8. [Epub ahead of print].
42. Cillino S., Di Pace F., Cillino G., Casuccio A. Biodegradable collagen matrix implant vs mitomycin-C as an adjuvant in trabeculectomy: a 24-month, randomized clinical trial. *Eye (Lond)* 2011; 25(12):1598–1606.
43. Cvenkel B., Kopitar A.N., Ihan A. Correlation between filtering bleb morphology, expression of inflammatory marker HLA-DR by ocular surface, and outcome of trabeculectomy. *J Glaucoma* 2011 Jul 5. [Epub ahead of print].
44. Chan K.C., Ang G.S., Birchall W., Wong T., Wakely L., Reeves G.M., et al. Prospective study of surgical outcomes and bleb morphology using indocyanine green as a surgical dye in trabeculectomy with mitomycin C. *Clin Experiment Ophthalmol* 2012; 40(4):143–148.
45. Bochmann F., Kaufmann C., Becht C.N., Guber I., Kaiser M., Bachmann L.M., Thiel M.A. ISRCTN12125882 — Influence of topical anti-VEGF (Ranibizumab) on the outcome of filtration surgery for glaucoma — Study Protocol. *BMC Ophthalmol* 2011; 11:1.
46. Klink T., Schrey S., Elsesser U., Klink J., Schlunck G., Grehn F. Interobserver variability of the Würzburg bleb classification score. *Ophthalmologica* 2008; 222(6):408–413.
47. Labbé A., Dupas B., Hamard P., Baudouin C. In vivo confocal microscopy study of blebs after filtering surgery. *Ophthalmology* 2005; 112(11):1979.
48. Авдеев Р.В., Александров А.С., Басинский А.С., Блюм Е.А., Брежнев А.Ю. и др. Клиническое многоцентровое исследование эффективности синусотрабекулэктомии. *Глаукома. Журнал НИИ ГБ РАМН*. 2013; 2:53–60. [Avdeev R.V., Alexandrov A.S., Basinsky A.S., Blyum E.A., Brezhnev A.Yu., et al. Clinical multicenter study of trabeculectomy efficacy. *Glaucoma. Zhurnal NII Glaznyh Bolezney RAMN*. 2013; 2:53–55. (In Russ.)].

Поступила 09.01.2014