



НИИ Глазных болезней Самарского государственного
медицинского университета

Самарская офтальмологическая больница
имени Т.И.Ерошевского

Функциональная биометрия элементов аккомодационно- гидродинамической системы глаза

А.В.Золотарёв

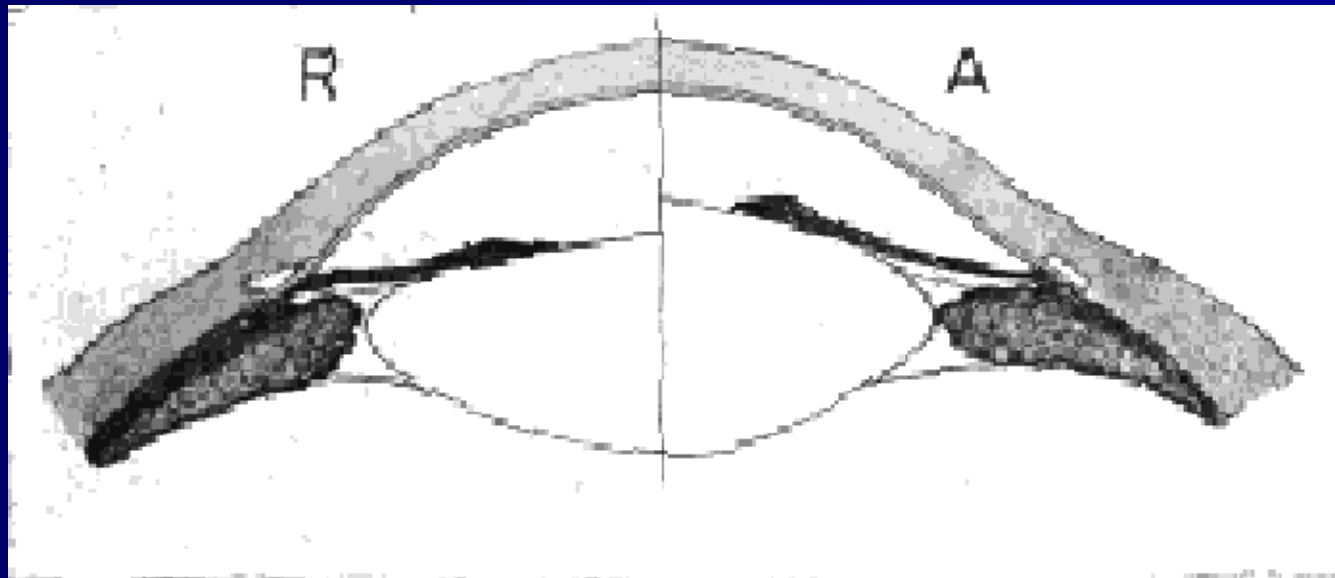
Е.В.Карлова

- ...
- Кеплер, 1611
- Шейнер, 1619
- Декарт, 1677
- Лобе, 1742
- Штурм, 1697
- Юнг, 1801
- Лангенбек, 1849
- Мюллер, 1853
- Гельмгольц, 1855
- Чернинг, 1904
- Гульшtrand, 1911
- Финчэм, 1937
- Коулман, 1970
- Шахар, 1992
- Глассер, Кауфман, 1999
- Сарфарази, 2006
- ...



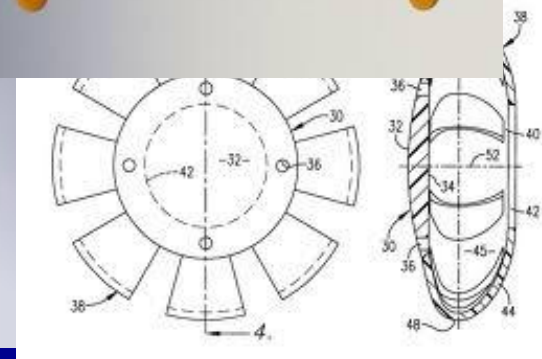
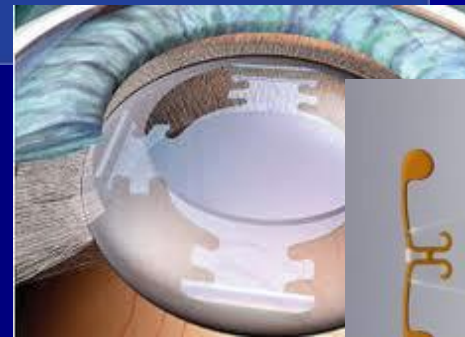
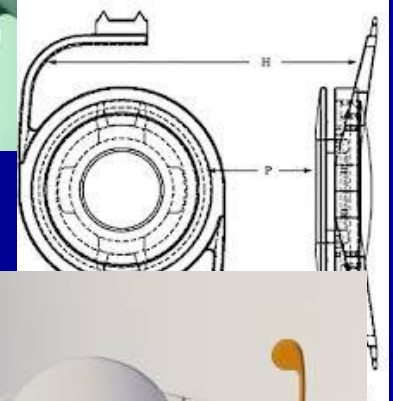
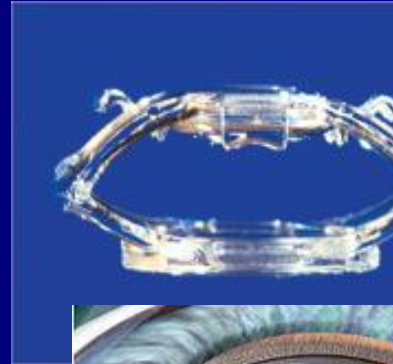
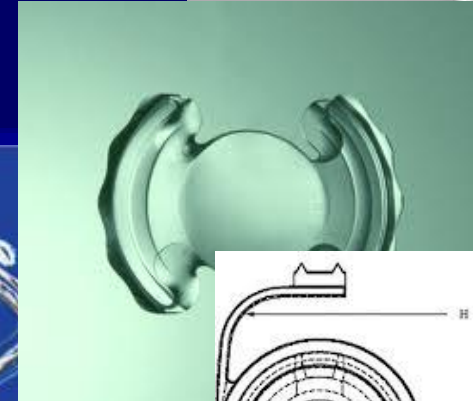
Теория аккомодации Гельмгольца (1855)

- *Сокращение цилиарной мышцы ослабляет Цинновы связки*
- Хрусталик утолщается и приобретает более сферичную форму из-за своей эластичности



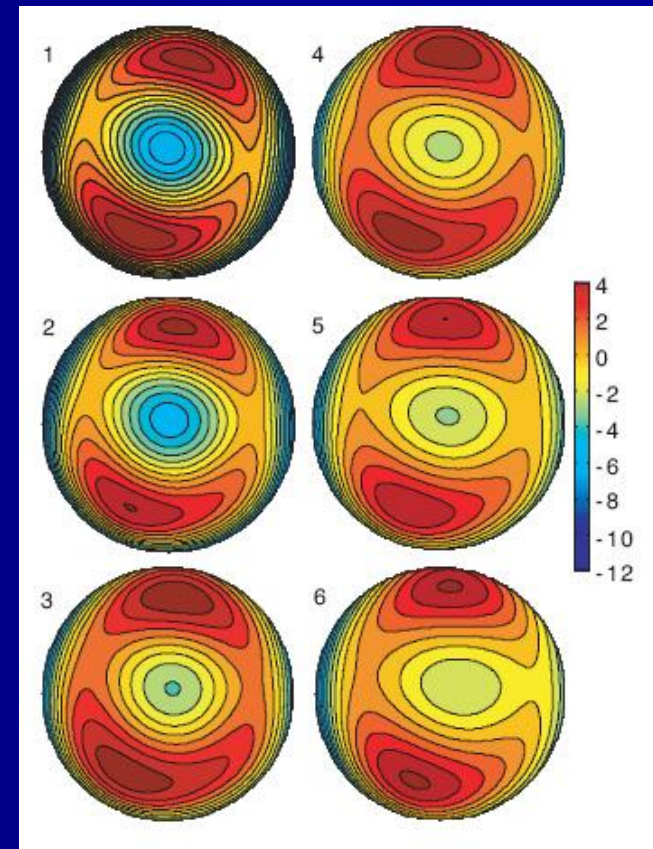
Кризис теории аккомодации

- Попытки разработать истинно аккомодирующие ИОЛ
- Операции по восстановлению аккомодации
 - Склеротомия
 - LAPR
 - ...



Критика гипотезы Гельмгольца

- Прямое противоречие клиническим данным: при аккомодации центральная кривизна хрусталика увеличивается (!)
- Расчётное усилие деформации хрусталика – более 300 mN, в действительности – менее 50 mN
- Расчётное уменьшение диаметра хрусталика – более 4000 мкм, реальное – менее 2000 мкм
- Дестабилизация оптической системы при ослаблении фиксирующих элементов (!)
 - Снижение точности фокусировки при аккомодации (!?)



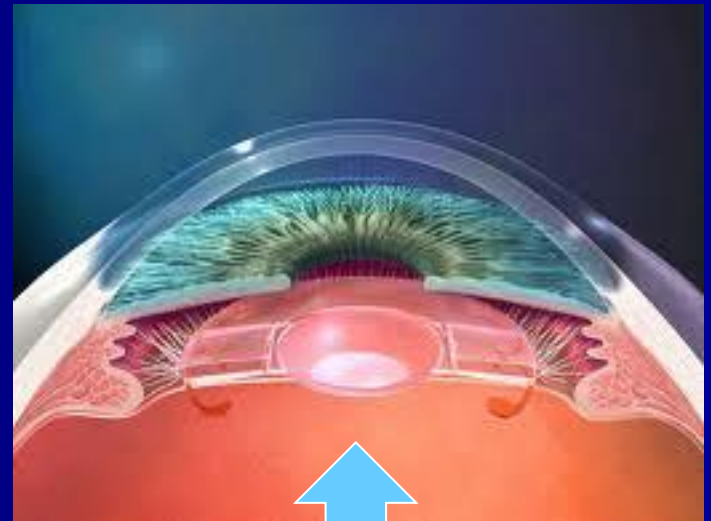
Теория/гипотеза Гельмгольца

- «Гельмгольц указывал, что поскольку в глазу очевидно нет иного объекта, способного изменять форму хрусталика, цилиарная мышца полностью ответственна за этот процесс, ВЕРОЯТНО посредством ослабления цинновых СВЯЗОК»
- «Некоторые из учеников Гельмгольца провозгласили в качестве истины то, что он сам с большими оговорками описывал, как «возможное»

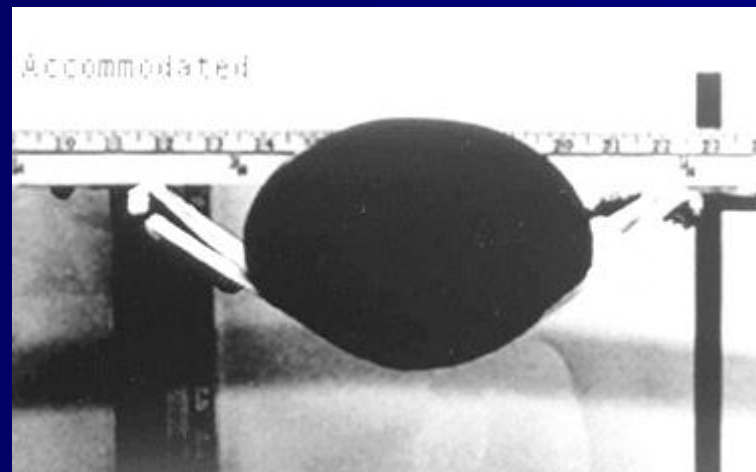
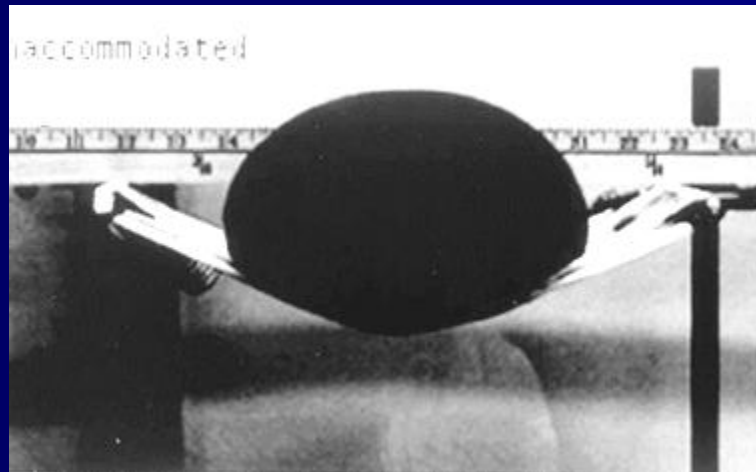
Чернинг М., Физиологическая оптика, 1904

Давление стекловидного тела

- Теория аккомодации Чернинга
- Катенарная теория Коулмана

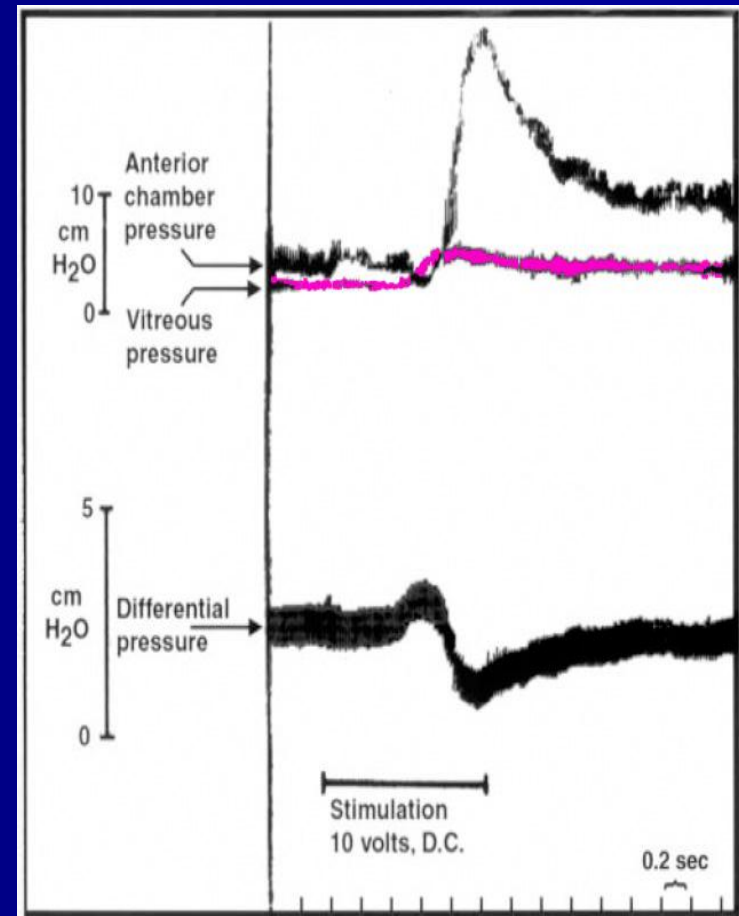


Катенарная теория аккомодации (Коулман, 1970, 1986)



Недостаток теории Коулмана

- Отсутствует объяснение *механизма* повышения витреального давления при аккомодации, так как:
 - Основные изменения размеров цилиарной мышцы при аккомодации происходят кпереди от стекловидного тела
 - Смещение хориоидеи при аккомодации происходит по касательной, а не к центру стекловидного тела

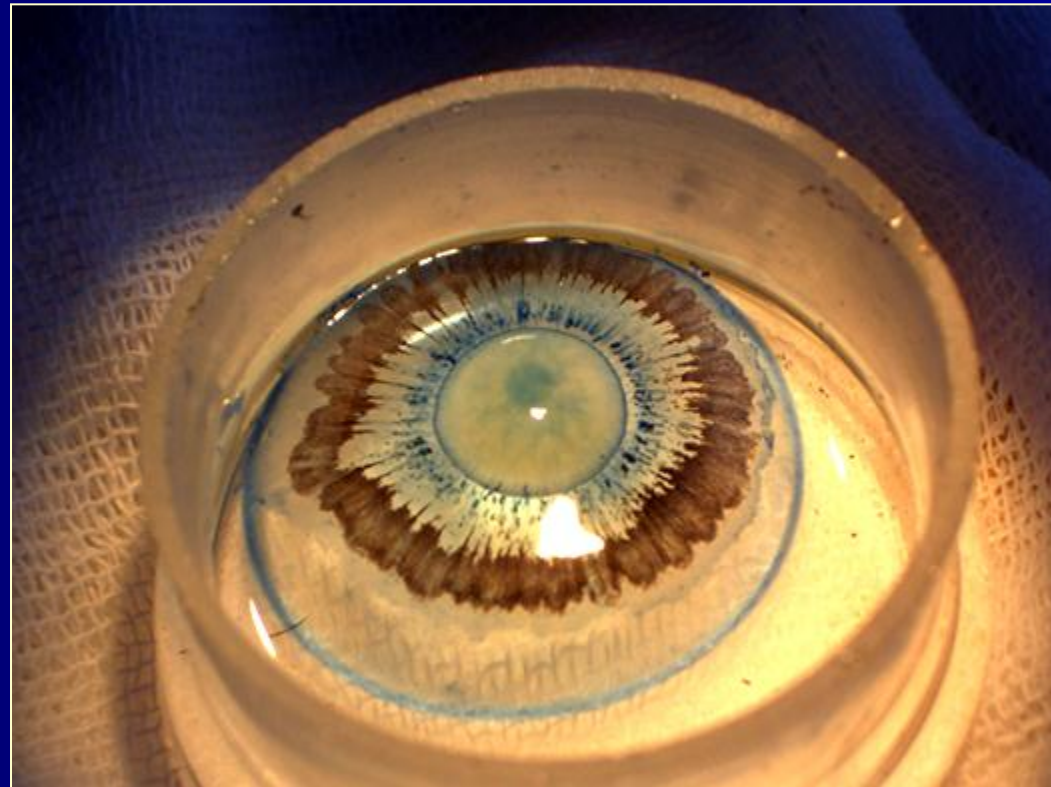


Направления исследований

- Топография цинновых связок и их соединение с цилиарной мышцей
- Возможное влияние цилиарной мышцы на давление в стекловидном теле
- Математическое моделирование формы хрусталика в различных механических ситуациях
- Изучение характера перемещения жидкостей и динамики давления в различных отделах глаза при аккомодации

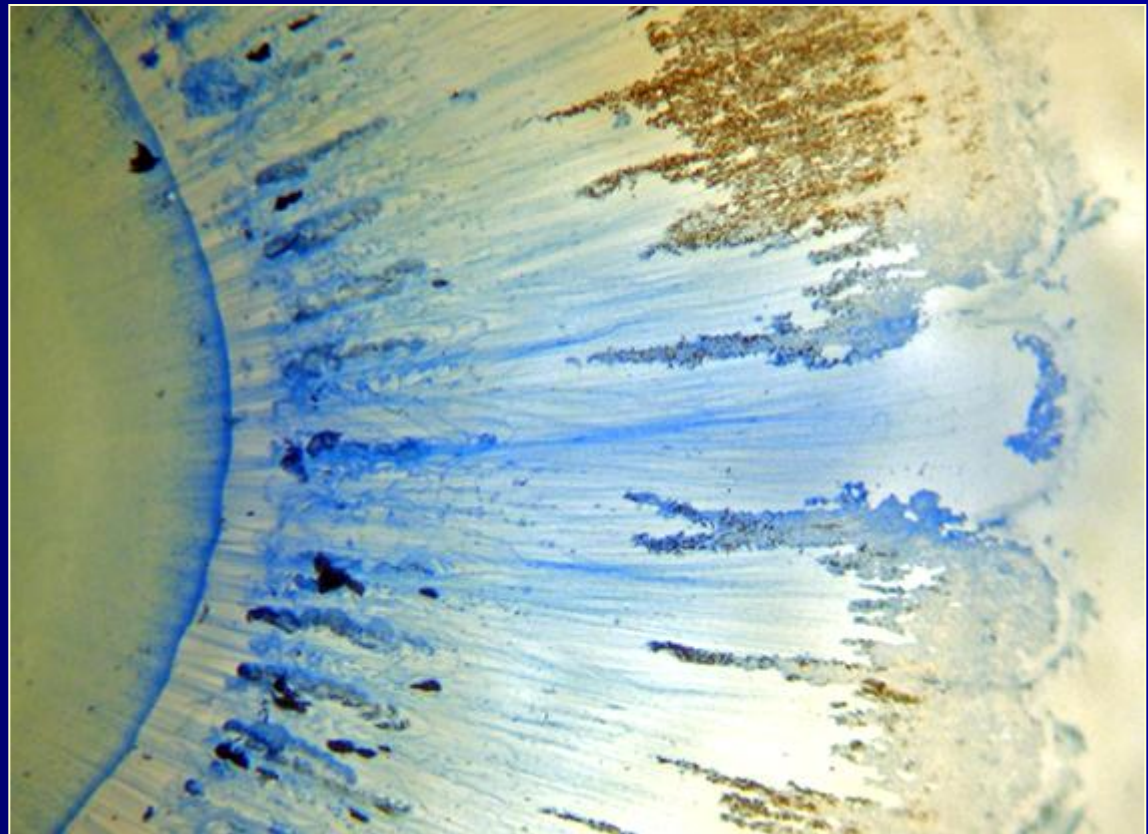
Топография связочного аппарата хрусталика

- Витреально-связочно-хрусталиковый комплекс — «оптико-гидравлическая сердцевина» глаза



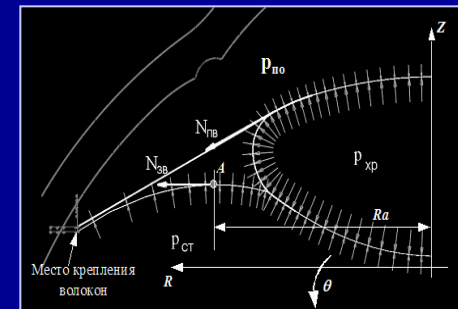
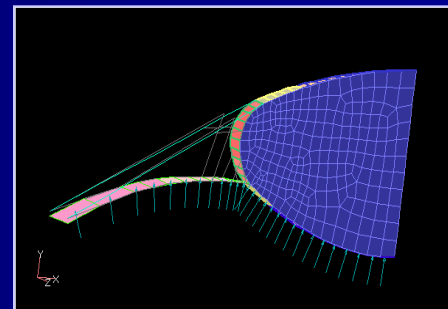
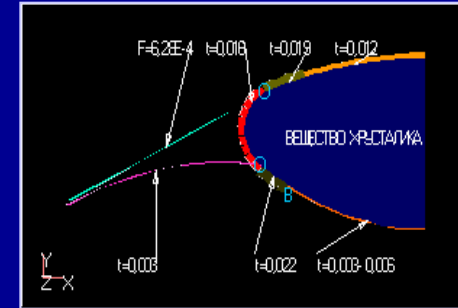
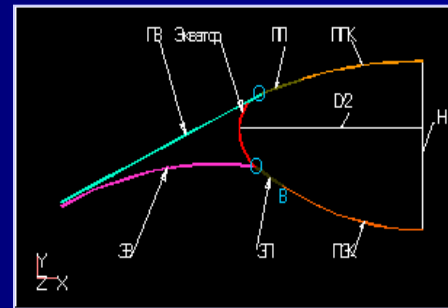
Топография связочного аппарата хрусталика

- Отсутствие прямой связи с цилиарной мышцей
- Главные точки фиксации:
 - Хрусталик
 - Стекловидное тело в области ora serrata(!)

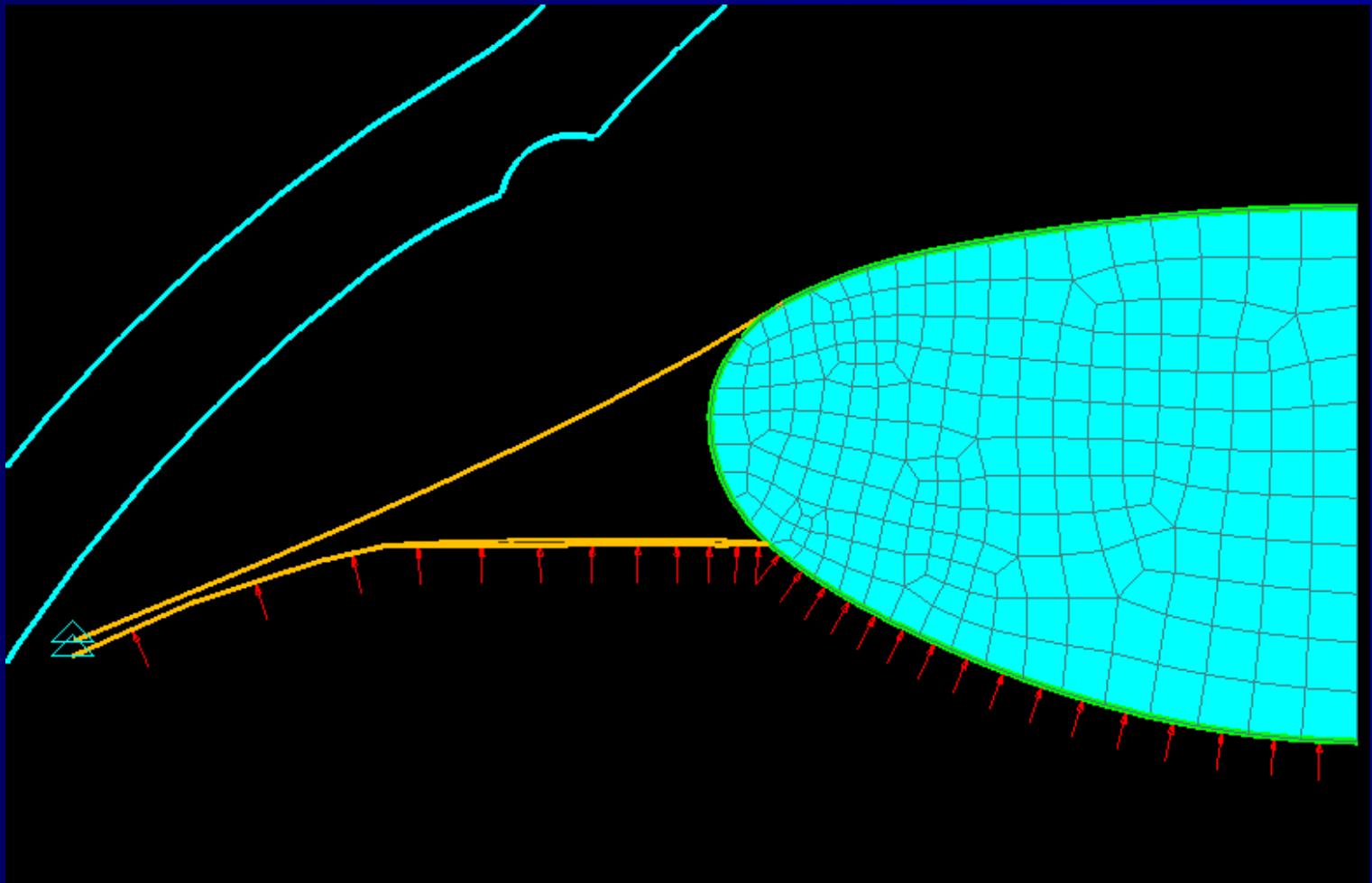


Математическое моделирование методом конечных элементов

- На модели подтверждено увеличение рефракции хрусталика на 25% при повышении давления в стекловидном теле на 0,4 мм Hg



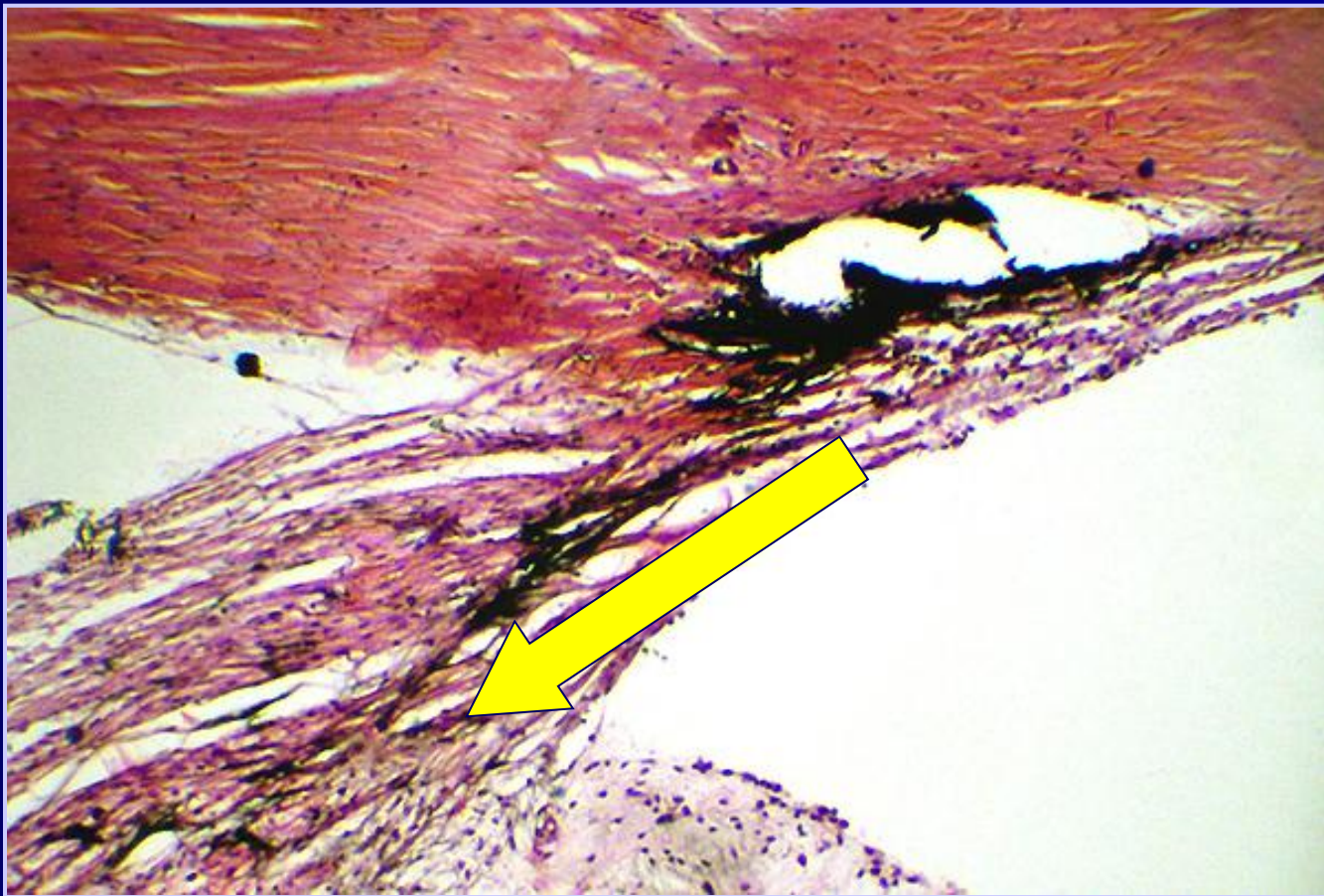
Математическое моделирование методом конечных элементов



Гидродинамическое обеспечение процесса аккомодации

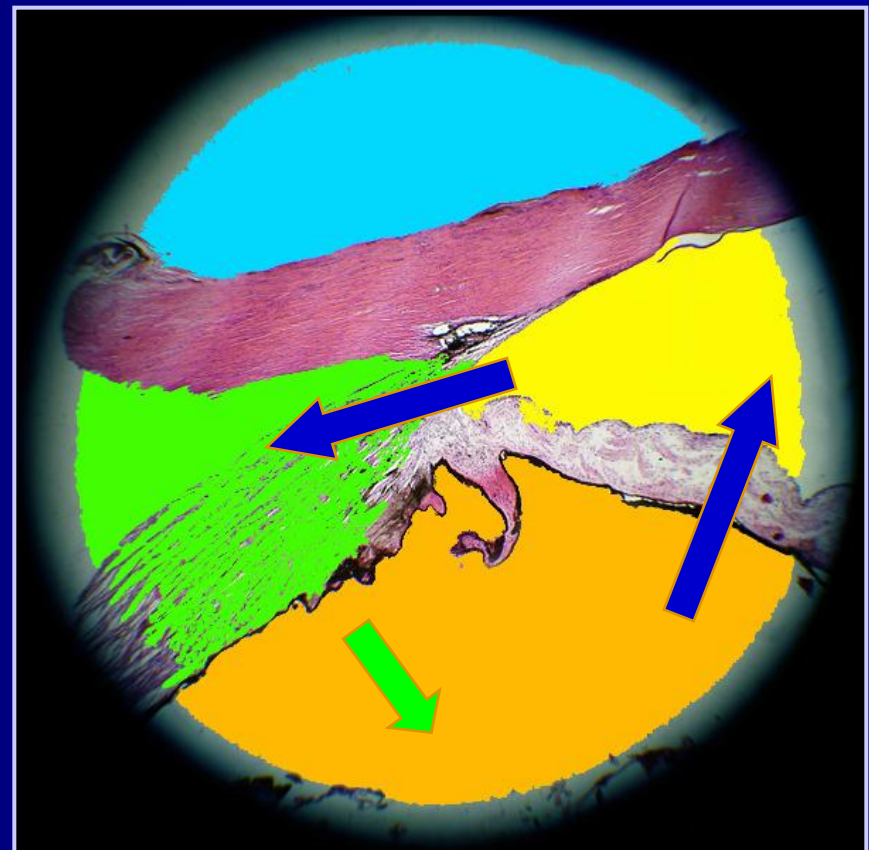
- Все оптические среды глаза представляют собой несжимаемые жидкости
- Любое изменение формы оптических сред возможно только при перемещении адекватных объёмов внутри глазного яблока
- При аккомодации в соответствии с изложенным механизмом существенный объём водянистой влаги должен перемещаться из передней камеры в супрахориоидальное пространство
- Должен существовать морфологически определённый путь оттока

Увеосклеральный отток – гидродинамический компонент механизма аккомодации



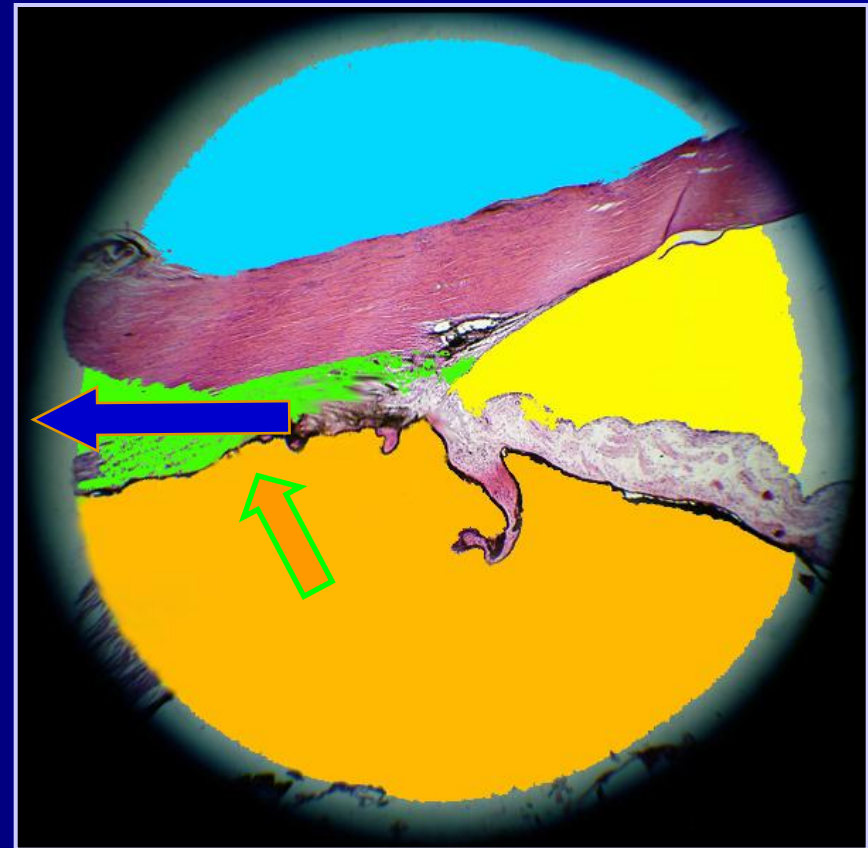
Увеосклеральный отток – гидродинамический компонент механизма аккомодации

- Аккомодация:
 - Сокращение мышцы
 - Снижение давления в супрахориоидальном пространстве
 - Повышение давления в стекловидном теле
 - Аспирация влаги вдоль трабекул в полости цилиарной мышцы и супрахориоидею



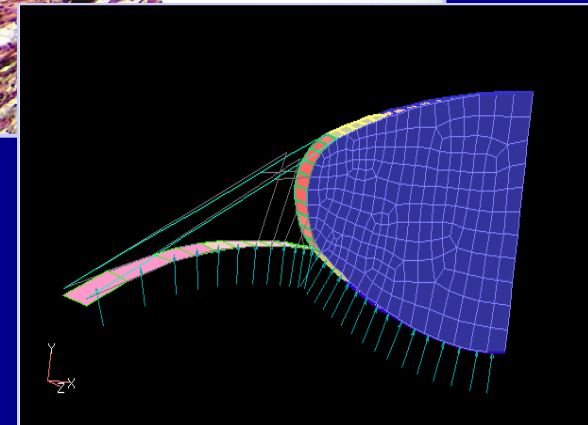
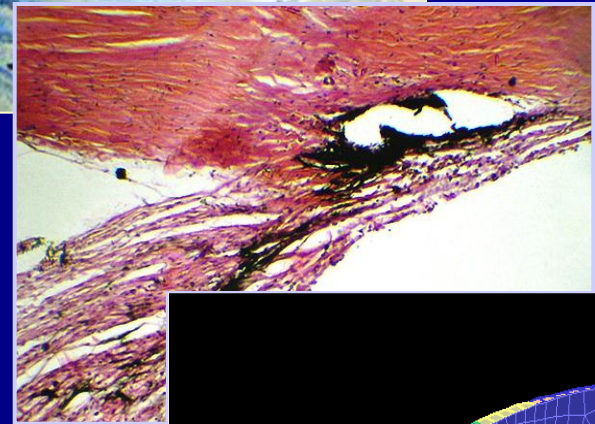
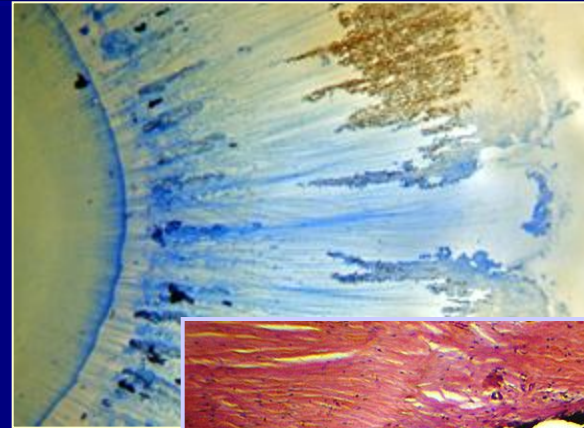
Увеосклеральный отток – гидродинамический компонент механизма аккомодации

- Дезаккомодация:
 - Расслабление мышцы
 - Перемещение влаги в последующие отделы увеосклерального тракта под влиянием ВГД



Аккомодационно-гидродинамическая система глаза

- Комплекс структур, обеспечивающих взаимосвязанное изменение формы хрусталика и перемещение внутриглазной жидкости в ответ на аккомодационный стимул



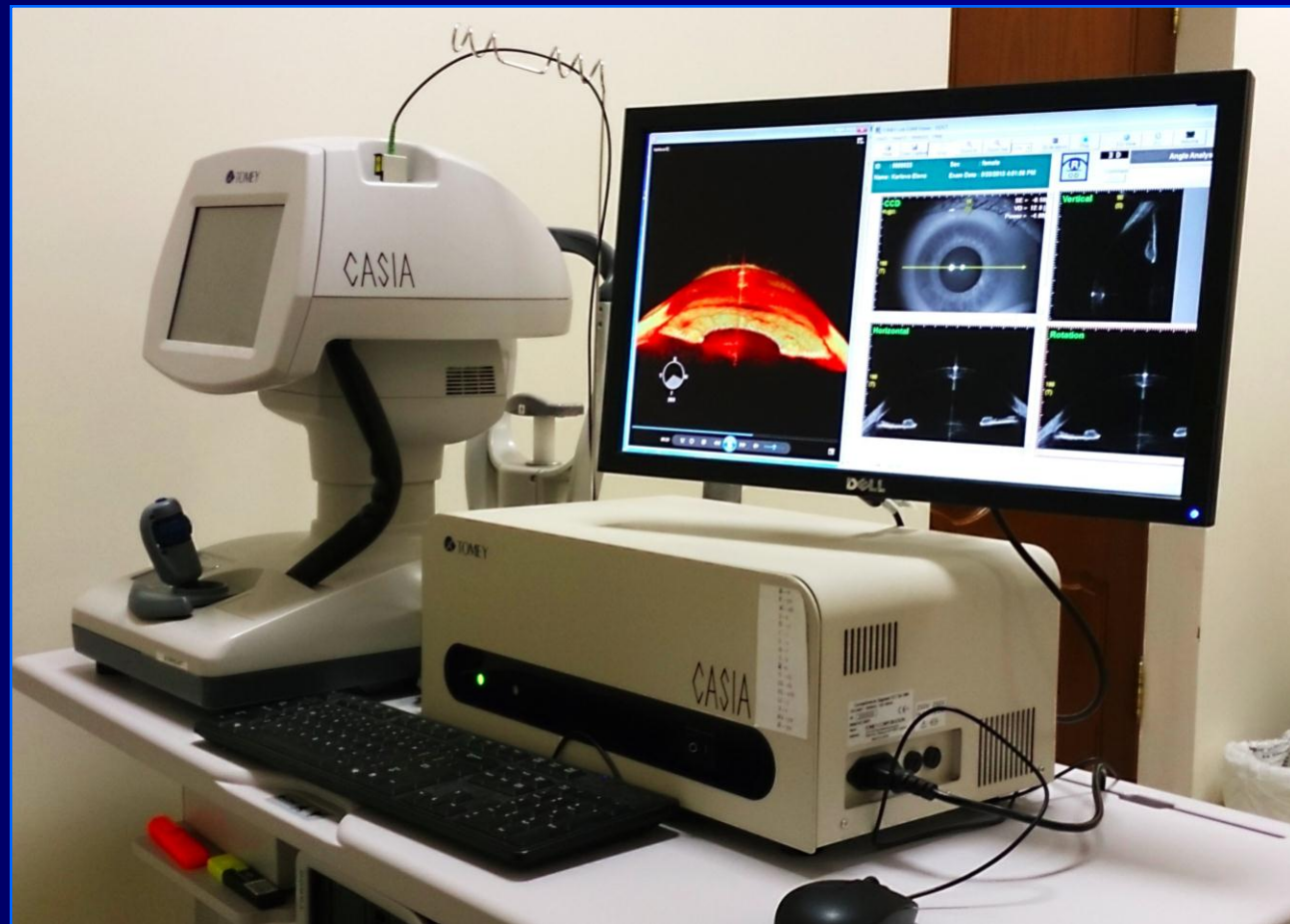
Проблемы при изучении аккомодационно- гидродинамической системы глаза

- Отсутствие достоверных биометрических данных о перемещении структур переднего отрезка глаза в процессе аккомодации
 - UBM - ???
 - Сложность и некомфортность контактной иммерсионной методики
 - Неконтролируемые перемещения в процессе аккомодации
 - Разрешающая способность
- **Дозирование аккомодационного стимула**
 - Неадекватность медикаментозных моделей аккомодации
- ***Динамика объёмов - ???!***
 - Pentacam ...

Идеальный прибор для *исследования аккомодации*

- Дозированный аккомодационный стимул
- Биометрия с высоким разрешением
- Измерение объёмов
- Глубокое проникновение в ткани глаза

Идеальный прибор для изучения элементов аккомодационно-гидродинамической системы



OCT Tomey CASIA SS-1000

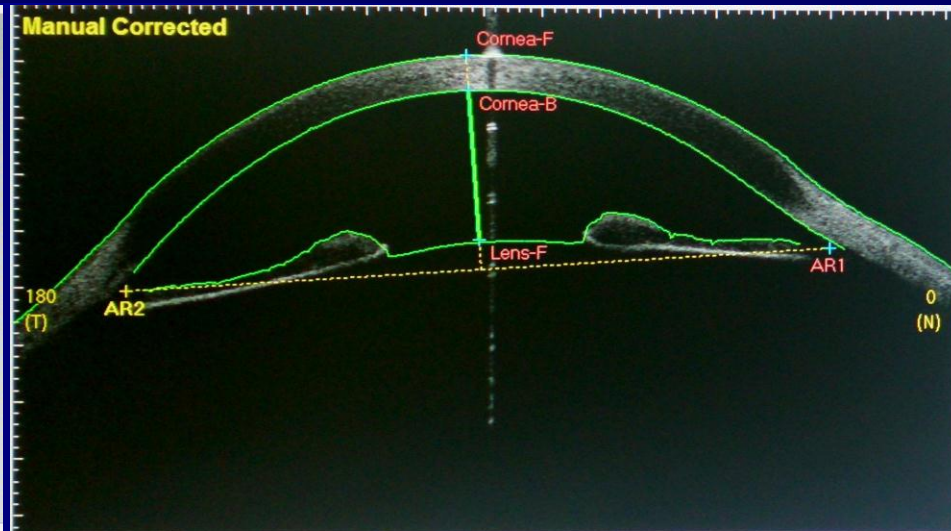
- Дозированный аккомодационный стимул
 - Коррекция имеющихся аномалий рефракции
 - Регулируемый аккомодационный стимул в пределах от +5,0D до -10,0D с шагом 0,5D
- Биометрия с высоким разрешением
 - Пространственное разрешение в тканях глаза 10 мкм
- Измерение объёмов
 - Новая (с 15 мая 2013г.) версия программного обеспечения
- Глубокое проникновение в ткани глаза
 - Длина волны излучателя 1310 нм

Биометрия с дозированным аккомодационным стимулом



CCT	[um]	621	Vault	[um]	---
ACD[Epi.]	[mm]	3.363	CLR	[um]	414
ACD[Endo.]	[mm]	2.741	ATA	[mm]	12.034

покой аккомодации
ACD 2,741 mm

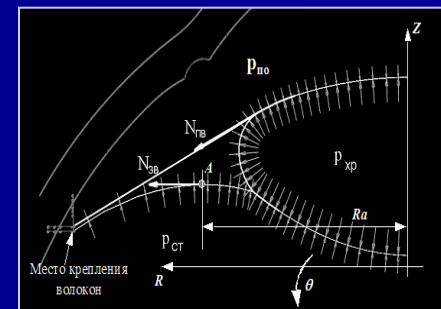
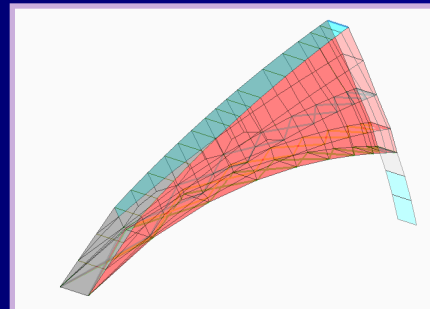
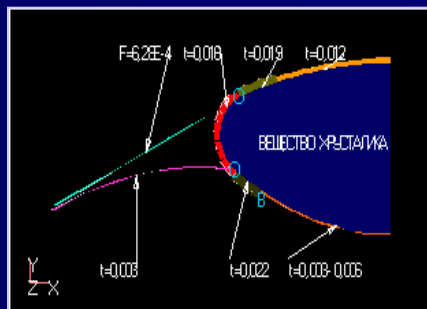
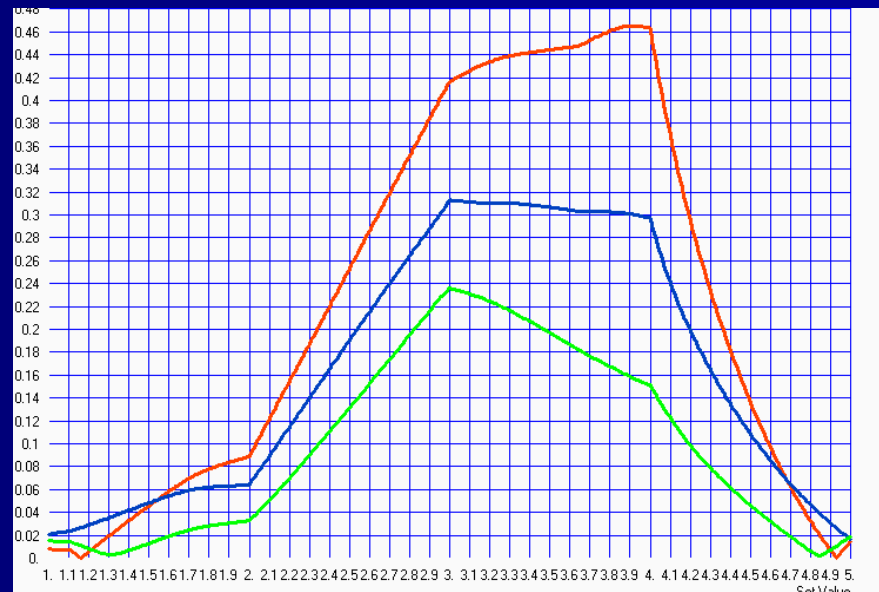


CCT	[um]	620	Vault	[um]	---
ACD[Epi.]	[mm]	3.277	CLR	[um]	525
ACD[Endo.]	[mm]	2.658	ATA	[mm]	12.077

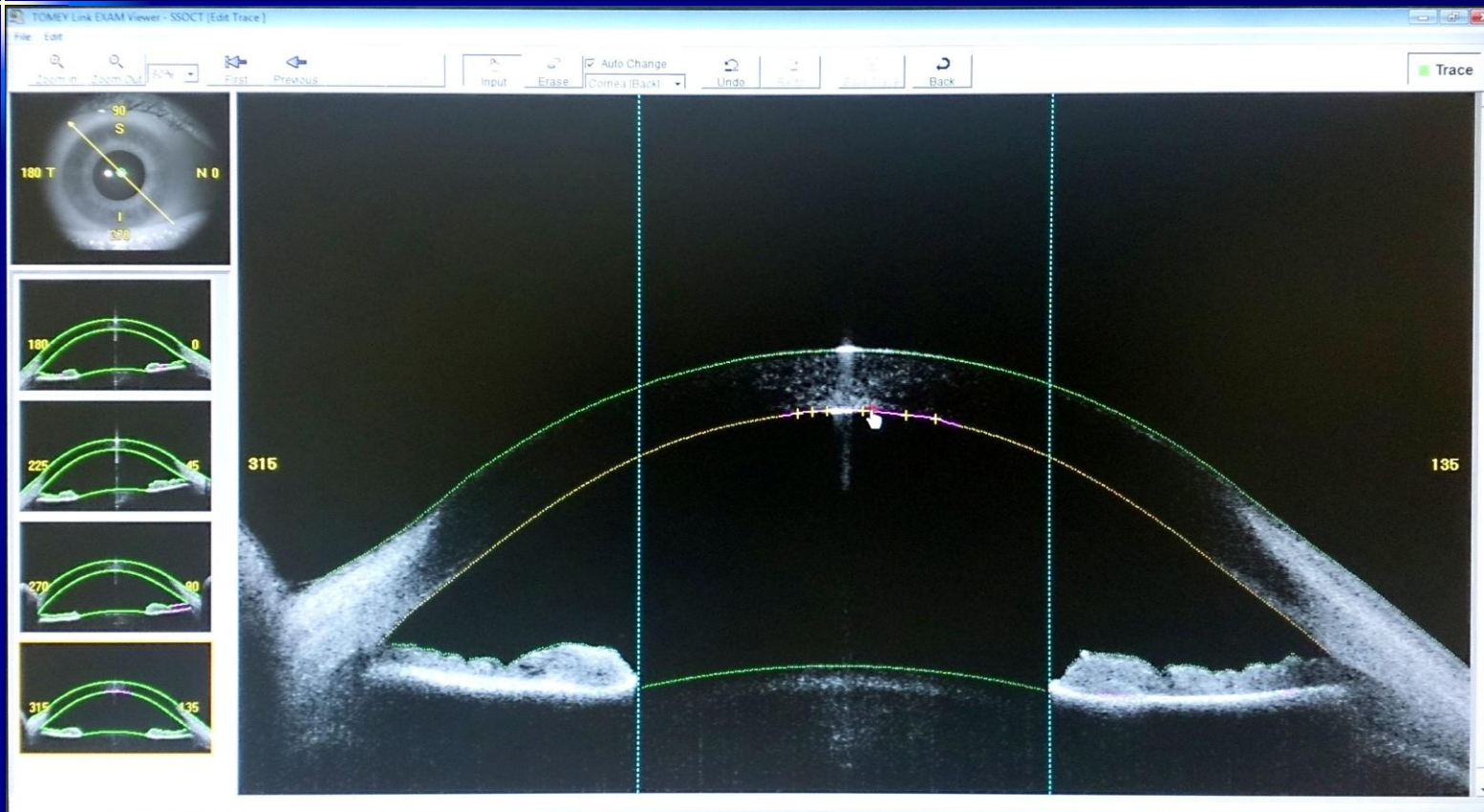
аккомодация 6,0 D
ACD 2,658 mm

Биометрия с дозированным аккомодационным стимулом

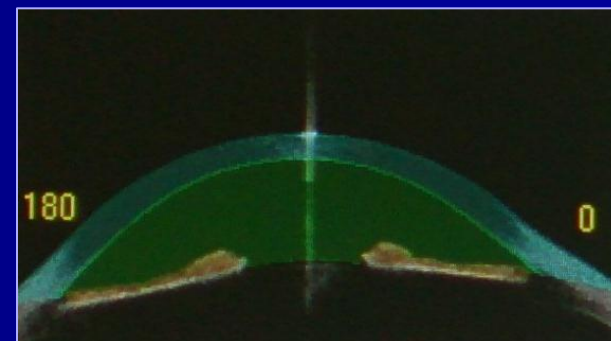
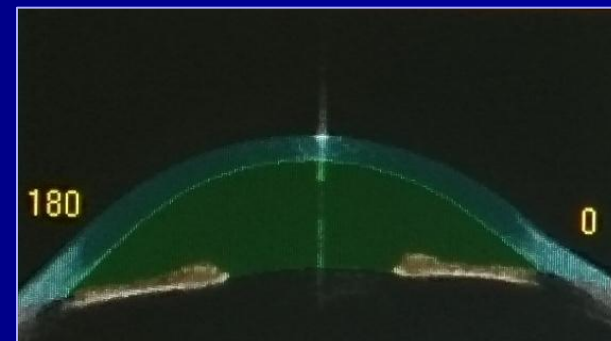
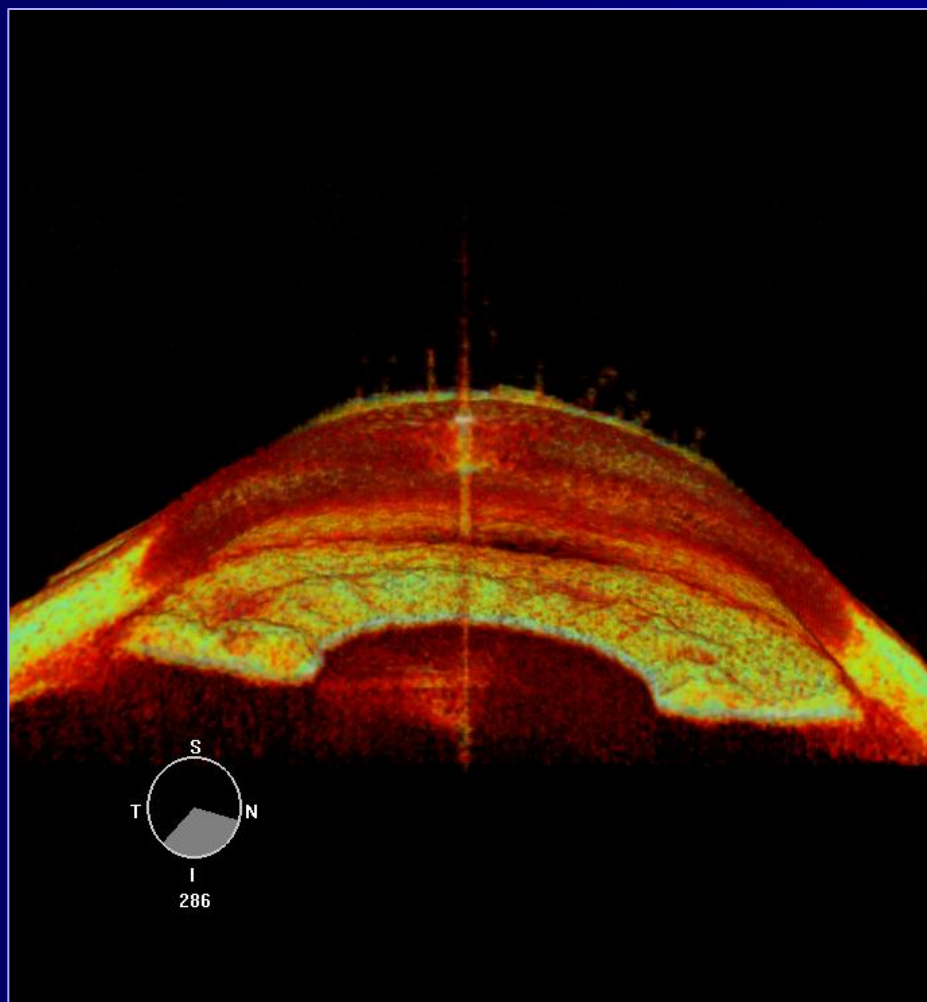
- Уточнённые графики перемещения реперных точек хрусталика в процессе аккомодации



Мануальная коррекция контуров



Измерение объёма передней камеры при дозированной аккомодации



Parameter	I	II
Cornea Volume	152,043	151,416
A.C. Volume	155,432	136,930
Iris Volume	27,958	28,526

Биометрия с высоким разрешением

- Первое опубликованное измерение площади трабекулярной сети *in vivo* (!)

Identification of Schlemm's Canal and Its Surrounding Tissues by Anterior Segment Fourier Domain Optical Coherence Tomography

Tomobiko Usui, Atsuo Tomidokoro, Koichi Mishima, Naomi Matakai, Chibihiro Mayama, Norihiko Honda, Shiro Amano, and Makoto Araie

PURPOSE. To identify Schlemm's canal (SC) and trabecular meshwork (TM) by anterior segment Fourier-domain optical coherence tomography (AS-FD-OCT) with histologic confirmation in enucleated human eyes and to quantitatively evaluate SC and TM in living human eyes.

METHODS. In enucleated human eyes, the imaging of the anterior chamber angle by AS-FD-OCT was performed before and after surgical expansion of SC with an injection of a viscoelastic

The FD-OCT has wavelength-tunable lasers that use a swept-source technique, and the system exhibits improved imaging speed (25,000 A-scans per second) with a finer resolution ($\sim 10 \mu\text{m}$).^{4,5}

AS-OCT techniques are now used for many clinical applications including angle evaluation,^{6,7} corneal pachymetry,⁸⁻¹⁰ and bleb analysis.¹¹⁻¹³ Evaluation of the peripheral anterior chamber configurations, including Schlemm's canal (SC) and

Биометрия с высоким разрешением

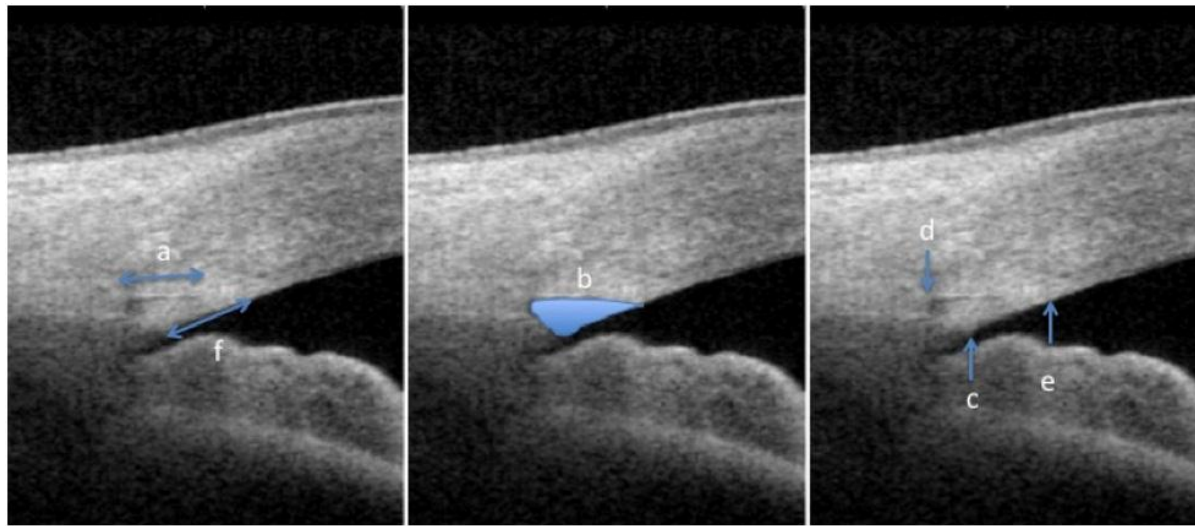
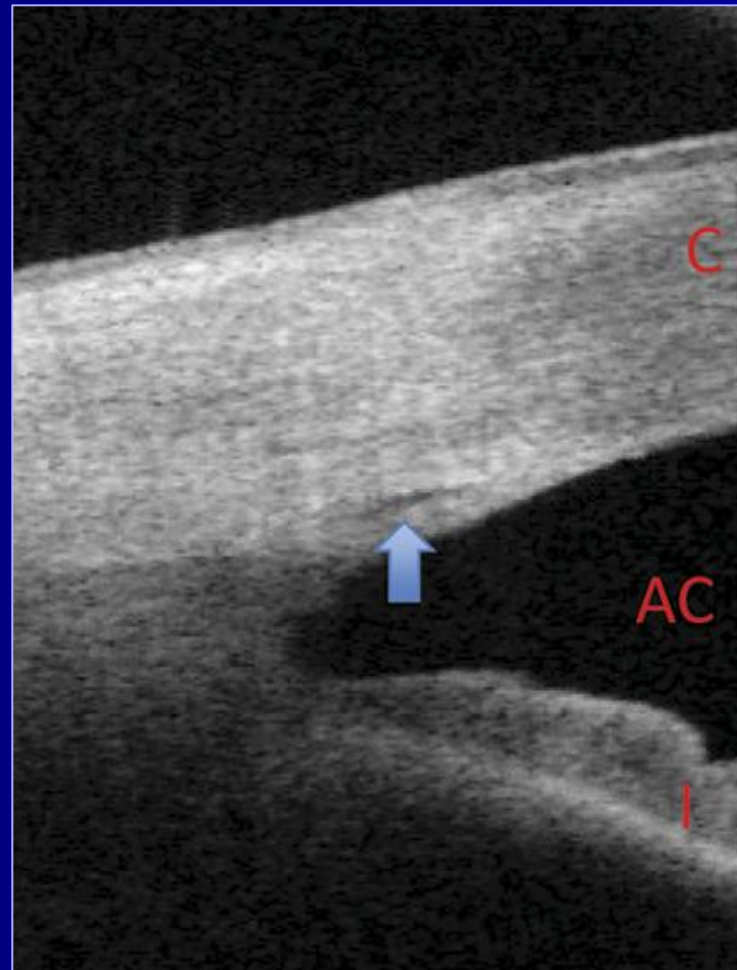


FIGURE 1. SC in a corrected B-scan image in angle HD mode. The length of the thin, black, lucent space in the angle was defined as the length of SC (a). The area of TM (b) was drawn in freehand depicting the area surrounded by the scleral spur (c), the posterior end point of SC (d), and the anterior end point of TM (e), which is the point of intersection of the SC line and Descemet's membrane. TM length (f) was measured from the scleral spur (c) to the anterior end point of the TM (e).

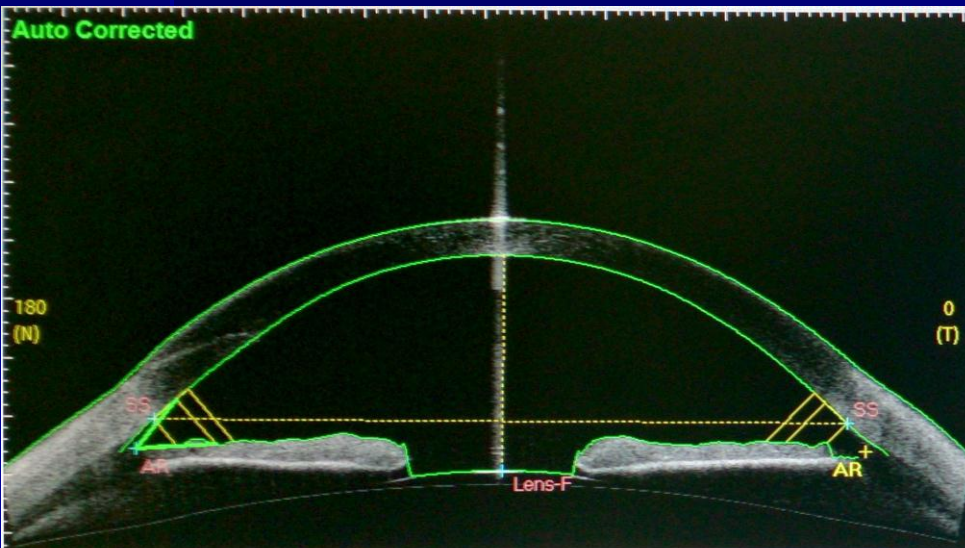
Биометрия с высоким разрешением

- Визуализация склеральной шпоры в 100% наблюдений
- Важнейшая (неподвижная!) реперная точка для биометрии переднего отрезка



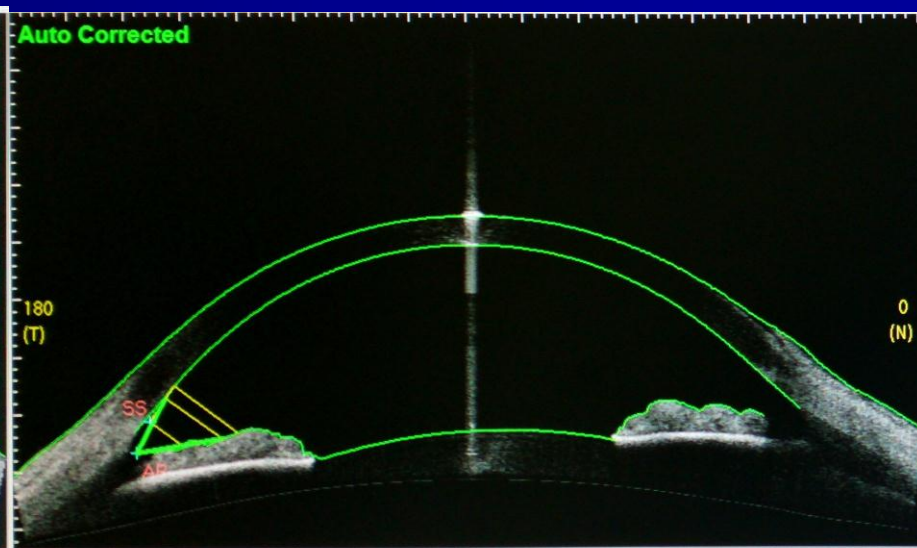
Глубина проникновения в структуры глаза

- Визуализация вершины угла передней камеры
 - Точный расчёт параметров УПК
 - Оценка динамики топографии УПК при аккомодации и осле операций



180° (Nasal)

Parameter	Position	500 um	750 um	ACD[Endo.] [mm]	3.707
AOD	[mm]	1.015	1.177	LV	[mm] -0.860
ARA	[mm ²]	0.585	0.866	ACW	[mm] 11.505
TISA	[mm ²]	0.387	0.669		
TIA	[°]	48.4	45.5		



180° (Temporal)

Parameter	Position	500 um	750 um	ACD[Endo.] [mm]	---
AOD	[mm]	1.216	1.385	LV	[mm] ---
ARA	[mm ²]	0.824	1.155	ACW	[mm] ---
TISA	[mm ²]	0.520	0.851		
TIA	[°]	52.0	48.9		

Дополнительные направления клинического применения OCT CASIA SS- 1000

- Коррекция пресбиопии
 - Оценка функционального состояния аккомодационно-гидродинамической системы
 - Расчёт мультифокальных и аккомодирующих ИОЛ
- Патогенетическая хирургия глаукомы
 - Шунты и бай-пассы
 - Каналопластика
 - Вискоканалостомия
 - Непроникающая хирургия
 - Активация увеосклерального оттока
 - Гипотензивная ФЭК

Заключение

- OCT CASIA SS-1000 – высокоточный прибор для изучения аккомодационно-гидродинамической системы глаза
- Перспективные новые направления использования прибора – коррекция пресбиопии, патогенетическая (в т.ч. – хрусталиковая) хирургия глаукомы, детальное изучение аккомодации

Благодарю за внимание!

