



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ЛАЗЕРНЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РАН

# ЛАЗЕРНО-ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ МЕДИЦИНЫ

В.Я. Панченко, В.А.Ульянов

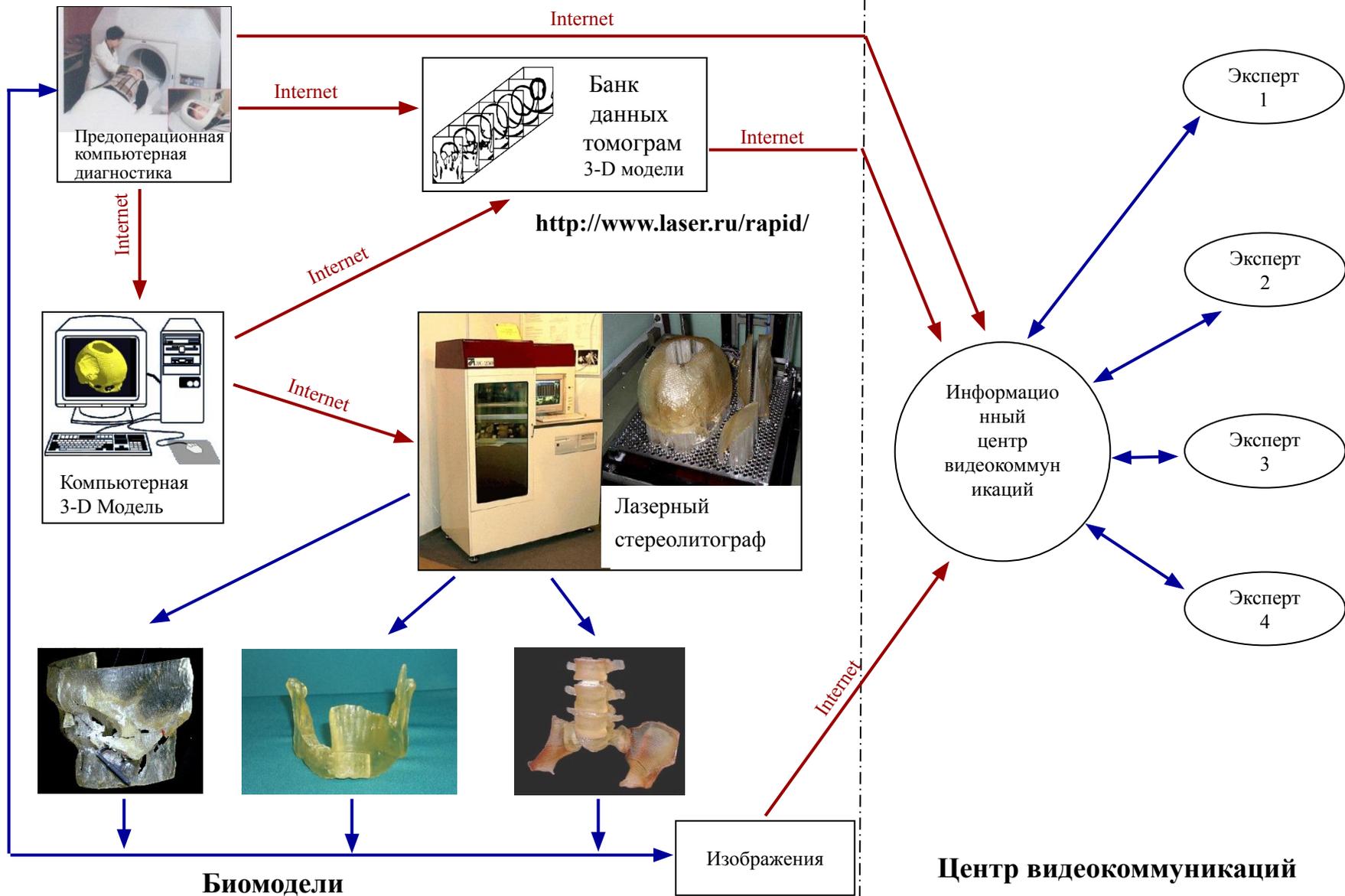




**ЛАЗЕРНО - ИНФОРМАЦИОННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ  
БЫСТРОГО ПРОТОТИПИРОВАНИЯ  
ДЛЯ БИОМОДЕЛИРОВАНИЯ**



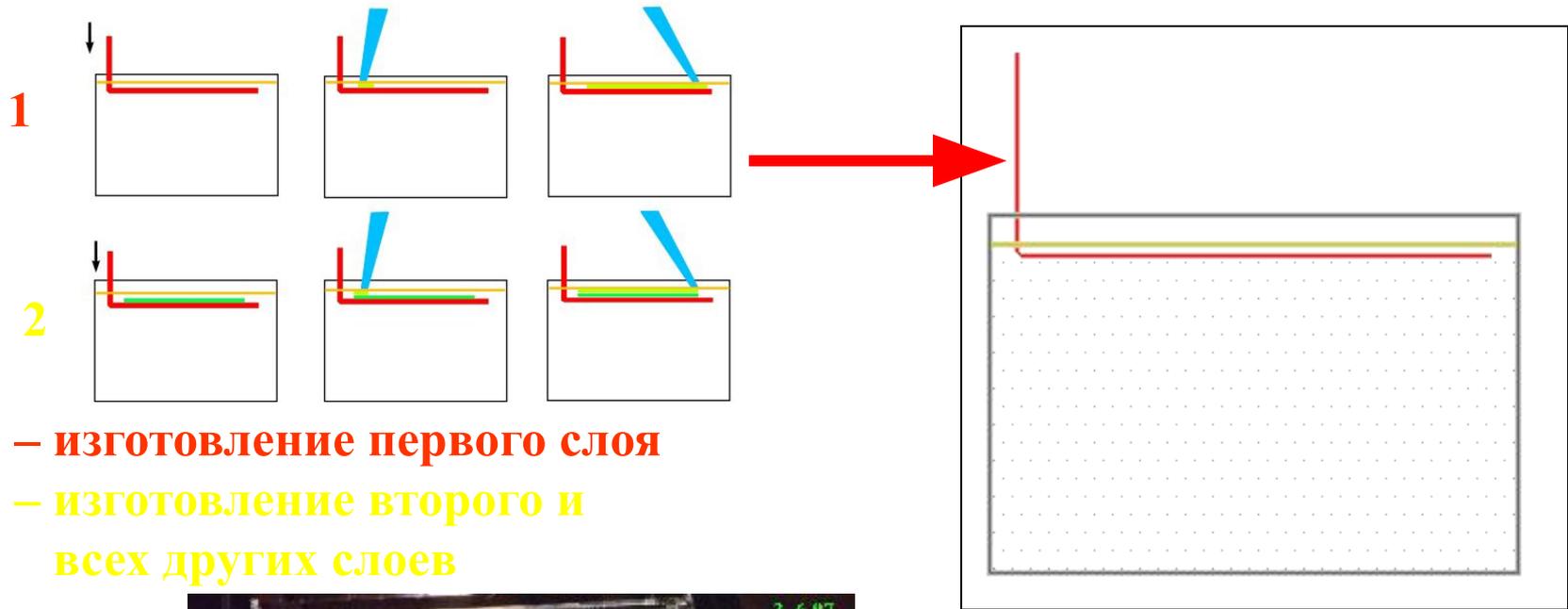
# Технология дистанционного изготовления биомodelей по томографическим данным обследования пациентов





# ЛАЗЕРНАЯ СТЕРЕОЛИТОГРАФИЯ

## ПОСЛОЙНОЕ ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТРЕХМЕРНОГО ОБЪЕКТА



1 – изготовление первого слоя

2 – изготовление второго и  
всех других слоев



Готовая модель на платформе

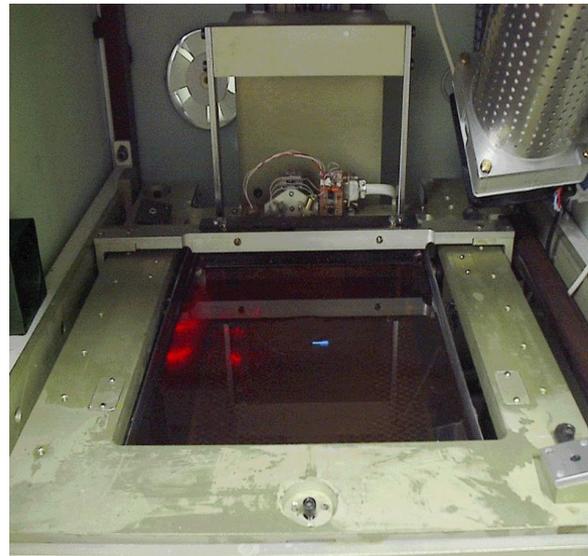


## Лазерные стереолитографы

Предназначены для оперативного изготовления трехмерных объектов любой степени сложности (с точностью не хуже 0,1 мм) из отверждаемых под действием лазерного излучения полимерных (в том числе композитных) материалов



**ЛС-350/500**



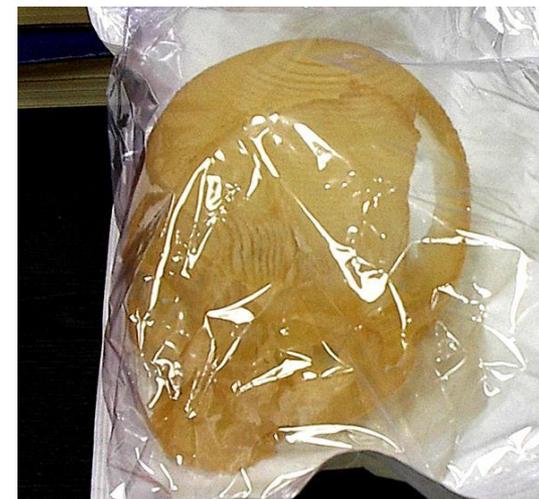
**ЛС-120**



**Свойства фотополимеризующейся композиции (ФПК)  
на основе акрилатов ЛСЛ -10325 ТУ 2216-405 – 05-84-2005**

**СТЕРИЛИЗАЦИЯ:**

Параметр	Величина	После кипячения (1 час)
<i>Без дополимеризации</i>		
Ударная вязкость (с надрезом), кДж/м <sup>2</sup>	<b>1.2</b>	<b>0.65</b>
Предел прочности, Н/мм <sup>2</sup>	<b>71</b>	<b>22</b>
Предельный угол изгиба	<b>16.7°</b>	<b>8.5°</b>
Твердость НВ, МПа	<b>108</b>	<b>103</b>
<i>После дополимеризации в УФ камере (30 мин)</i>		
Ударная вязкость (с надрезом), кДж/м <sup>2</sup>	<b>2.6</b>	<b>2.2</b>
Предел прочности, Н/мм <sup>2</sup>	<b>89</b>	<b>29</b>
Предельный угол изгиба	<b>17.6°</b>	<b>7°</b>
Твердость НВ, МПа	<b>140</b>	<b>110</b>



**Автоклав  
(120°С, до 3 атм., 1-2 часа)**

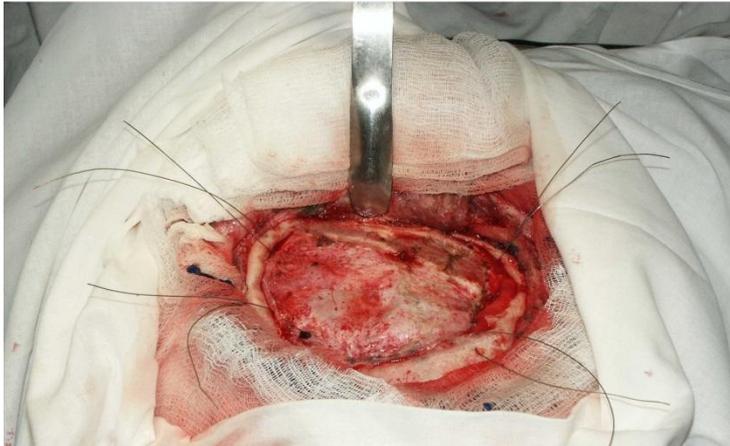
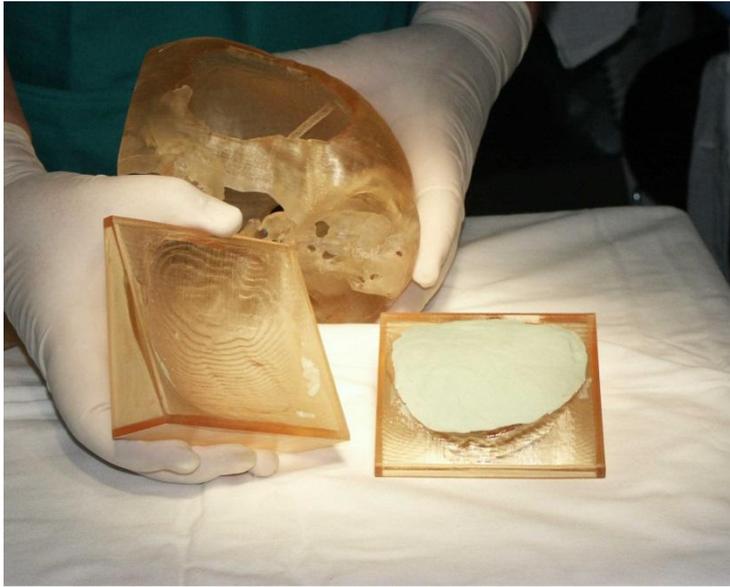


**Этиленоксид или озон,  
дегазации в вакууме)**

**LS5149, LS5170, LS5520 – 3D Systems  
Somos 2110, 3110, 6110 - DuPont**



# Изготовление имплантата в операционной



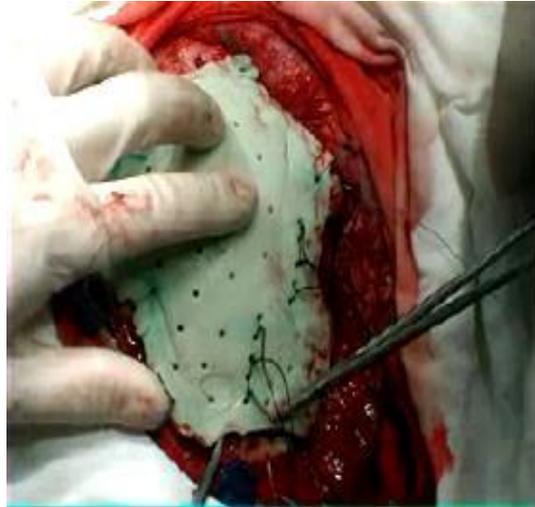
Институт Нейрохирургии им. Н.Н.Бурденко, г.Москва



# Операция с изготовлением имплантата



**19 лет.  
Обширный  
посттравматический  
дефект черепа**



**В операционной**



**После операции**

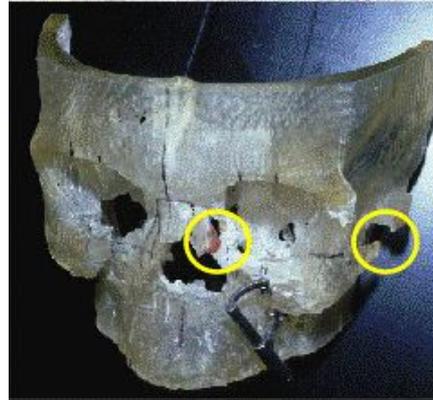
**Институте Нейрохирургии им. Н.Н.Бурденко**



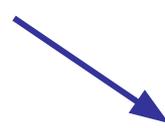
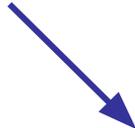
# Подготовка и планирование операций в челюстно-лицевой хирургии



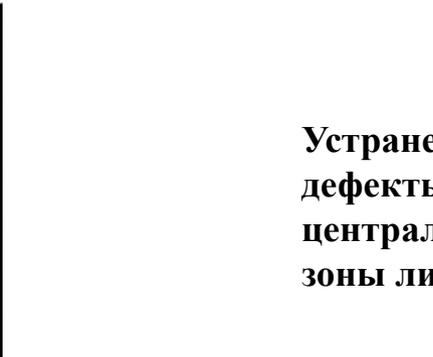
Искривление носа и деформация орбиты глазницы



Планирование и репетиция репозиции фрагментов черепа



Установка дистракционно-компрессионного аппарата



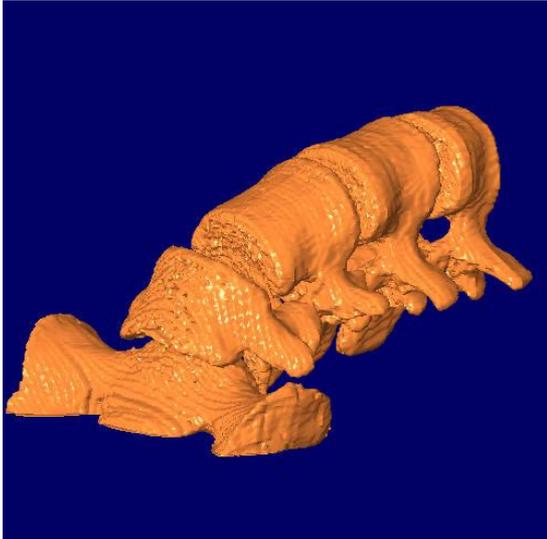
Устранены дефекты центральной зоны лица



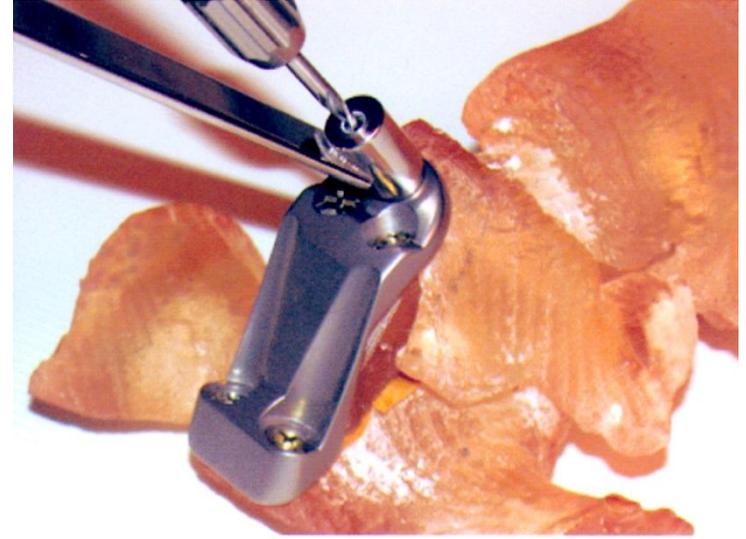
Отделении челюстно-лицевой хирургии  
МОНИКИ им. М.Ф.Владимирского



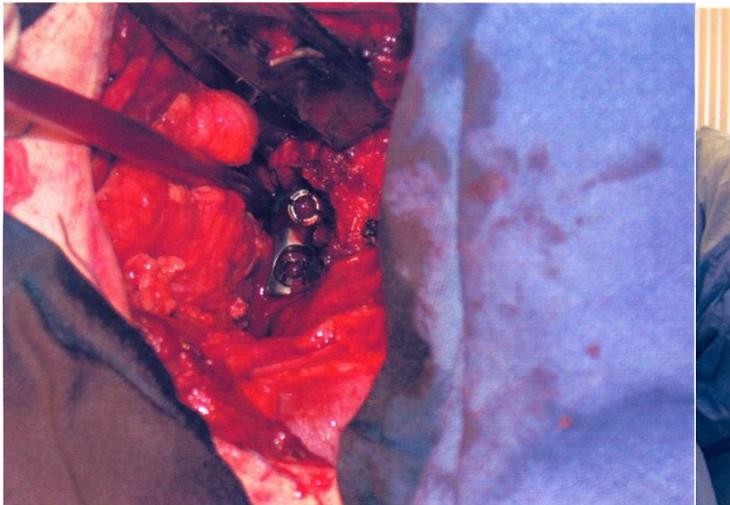
# Подготовка и планирование операции в хирургии позвоночника



Компьютерная  
модель



Подгонка имплантата  
на пластиковой модели.

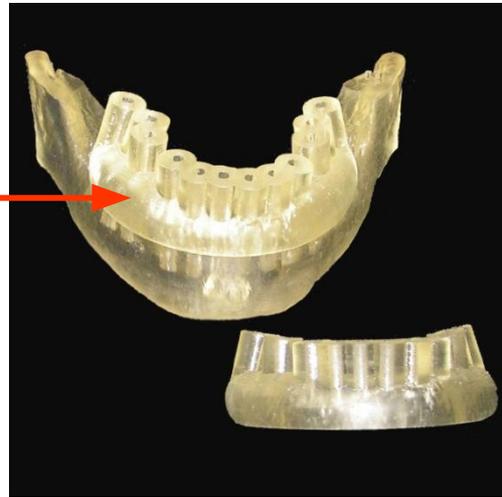
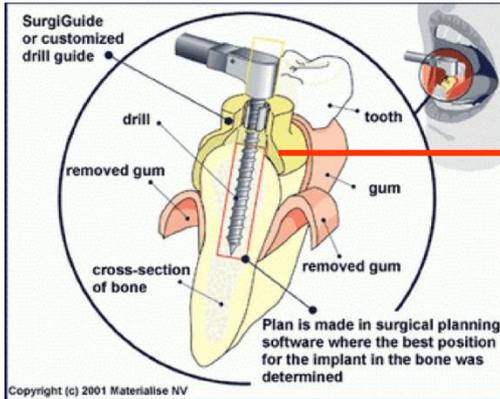
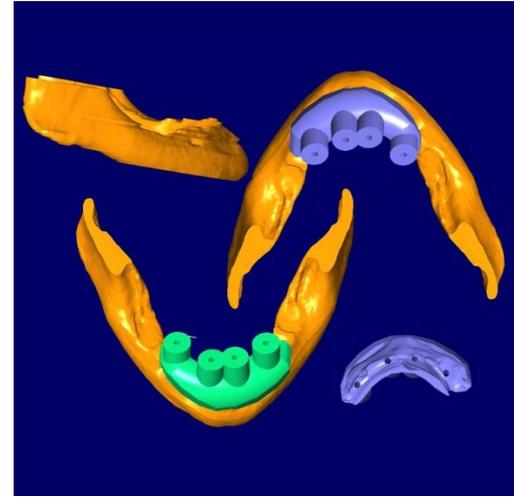
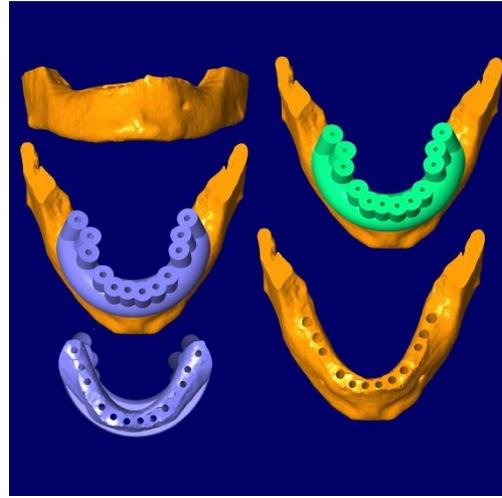
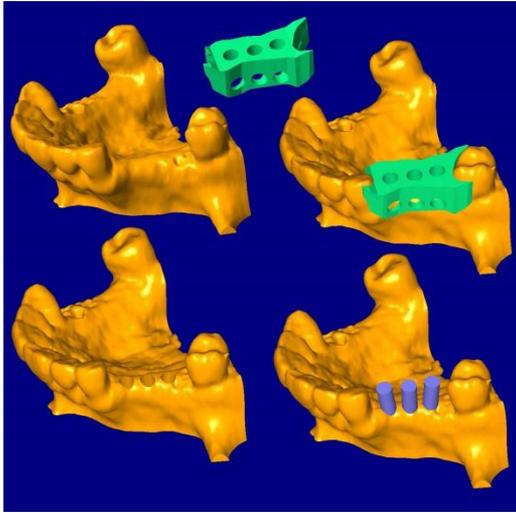


Установка  
имплантата

**Московская ГКБ №13**



# Дентальная имплантология

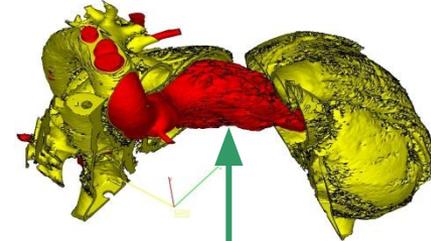
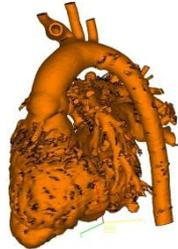
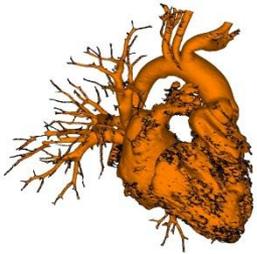


Стоматологическая клиника «Демостом», г. Москва

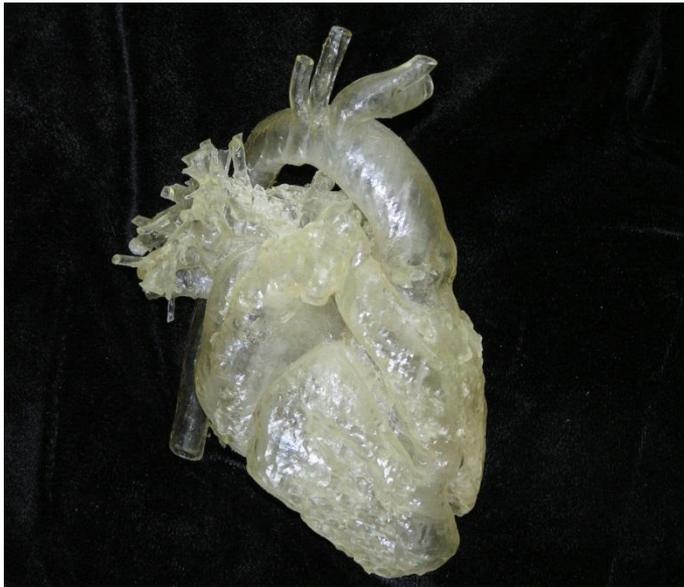


# Стереолитографическое моделирование сердечно-сосудистой системы

(реконструкция выполнена по 4D X-ray (временное разрешение не хуже 0,1 с) и NMR CT данным)



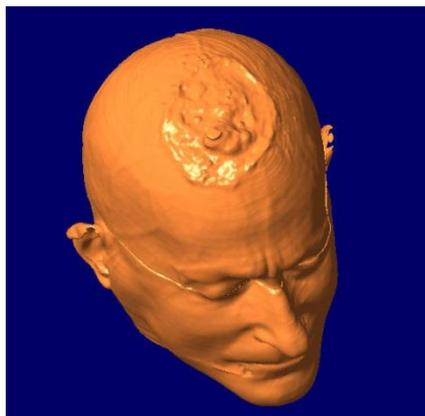
Злокачественное  
новообразование на  
сердечном клапане



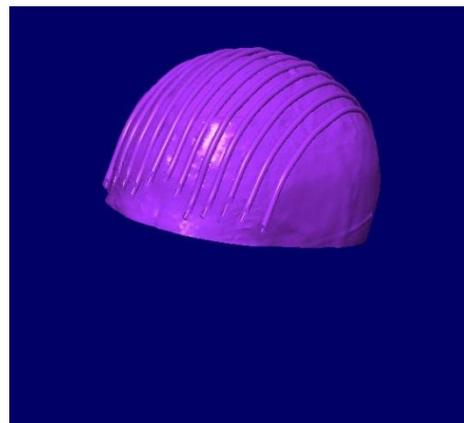
НЦ ССХ им. А.Н. Бакулева



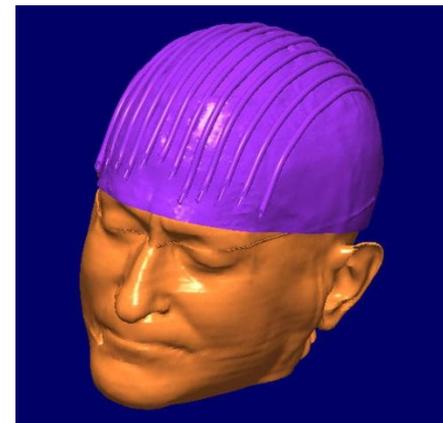
# Изготовление масок для лечения онкологических больных методом контактной радиотерапии



Компьютерная модель головы пациента



Компьютерная модель маски с каналами для катетеров



Компьютерная подгонка маски



Пластиковая модель с катетером в канале



“Примерка”



Типы масок

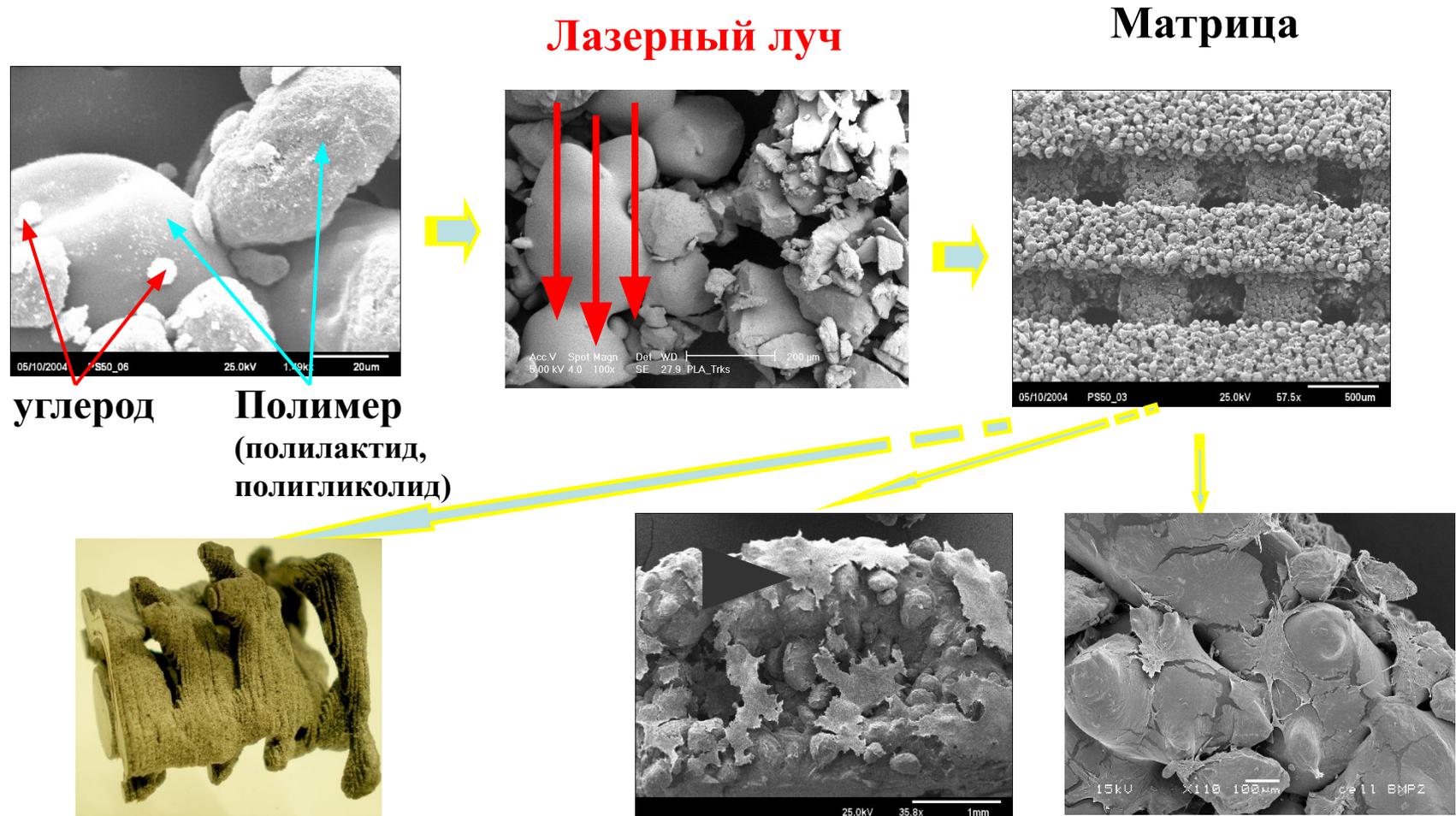


# ЛАЗЕРНО-ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ БИОМАТЕРИАЛОВ

- Селективное лазерное спекание и синтез полимерных матриц для тканевой инженерии
- СКФ синтез биоактивных полимерных частиц и композитов

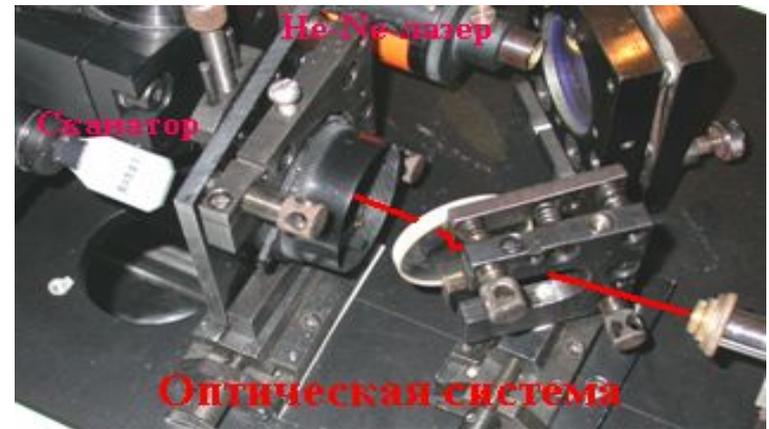
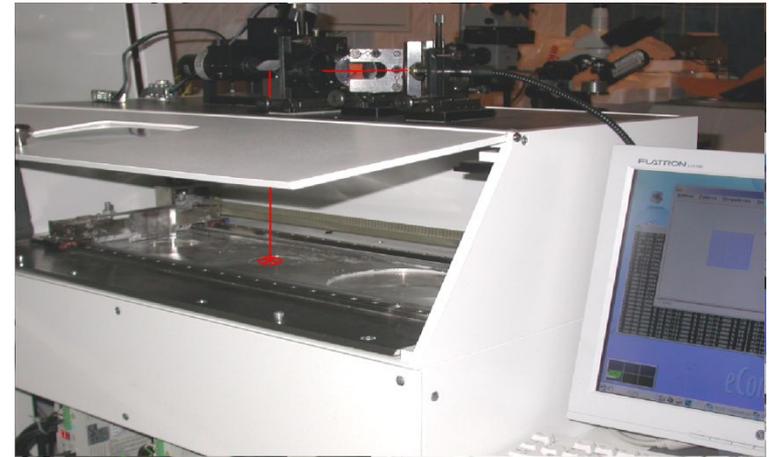
# Поверхностно-Селективное Лазерное Спекание

ПСЛС основано на расплаве поверхности полимерных частиц, прозрачных для лазерного излучения, при его поглощении малым (<0.1 вес.%) количеством наночастиц (~300нм) углерода, равномерно распределенных по поверхности полимерного порошка.





# Система селективного лазерного спекания для формирования трехмерных матриц



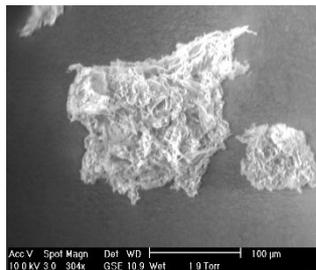
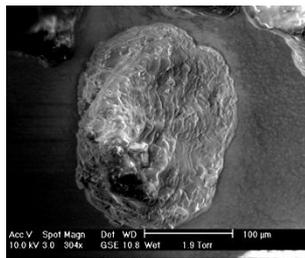
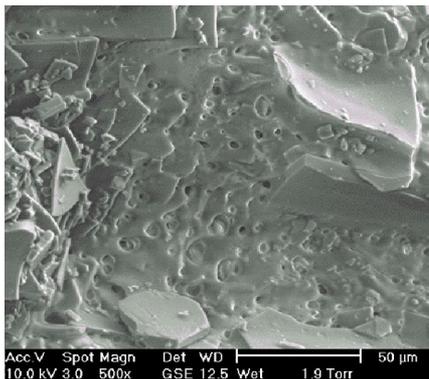


# Синтез полимерных микрочастиц и композитов в сверхкритическом диоксиде углерода (ск- $\text{CO}_2$ )

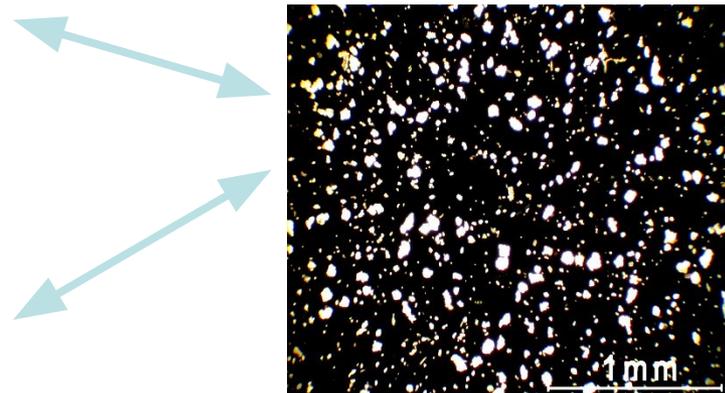
Принципиально новый подход к проблеме создания биорезорбируемых полимерных частиц заданного размера, формы и морфологии, содержащих биоактивные компоненты и не имеющих следов органических растворителей.



Инкорпорирование БАК в микрочастицу полилактида

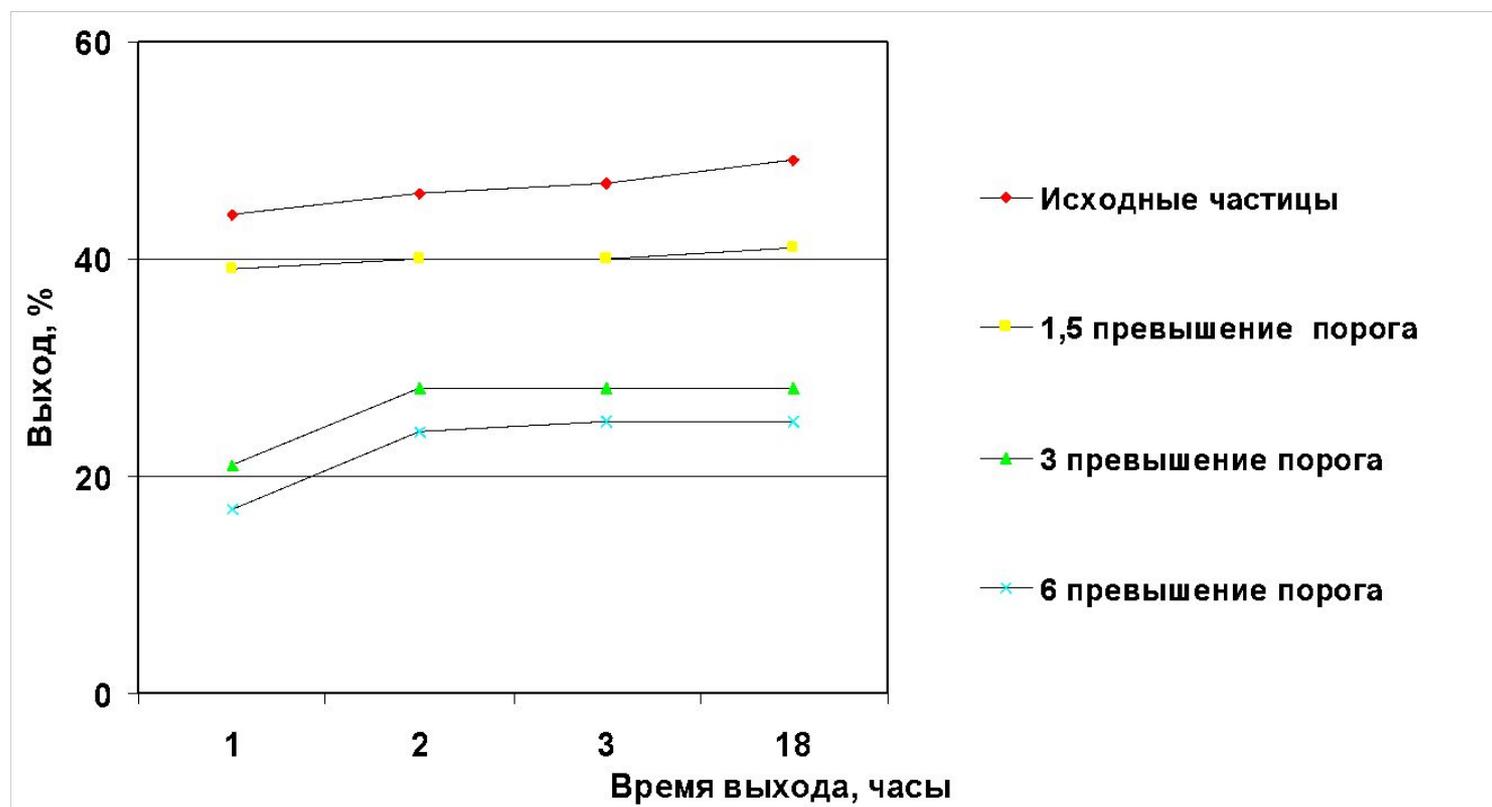


Микрочастицы поли-ε-капролактона





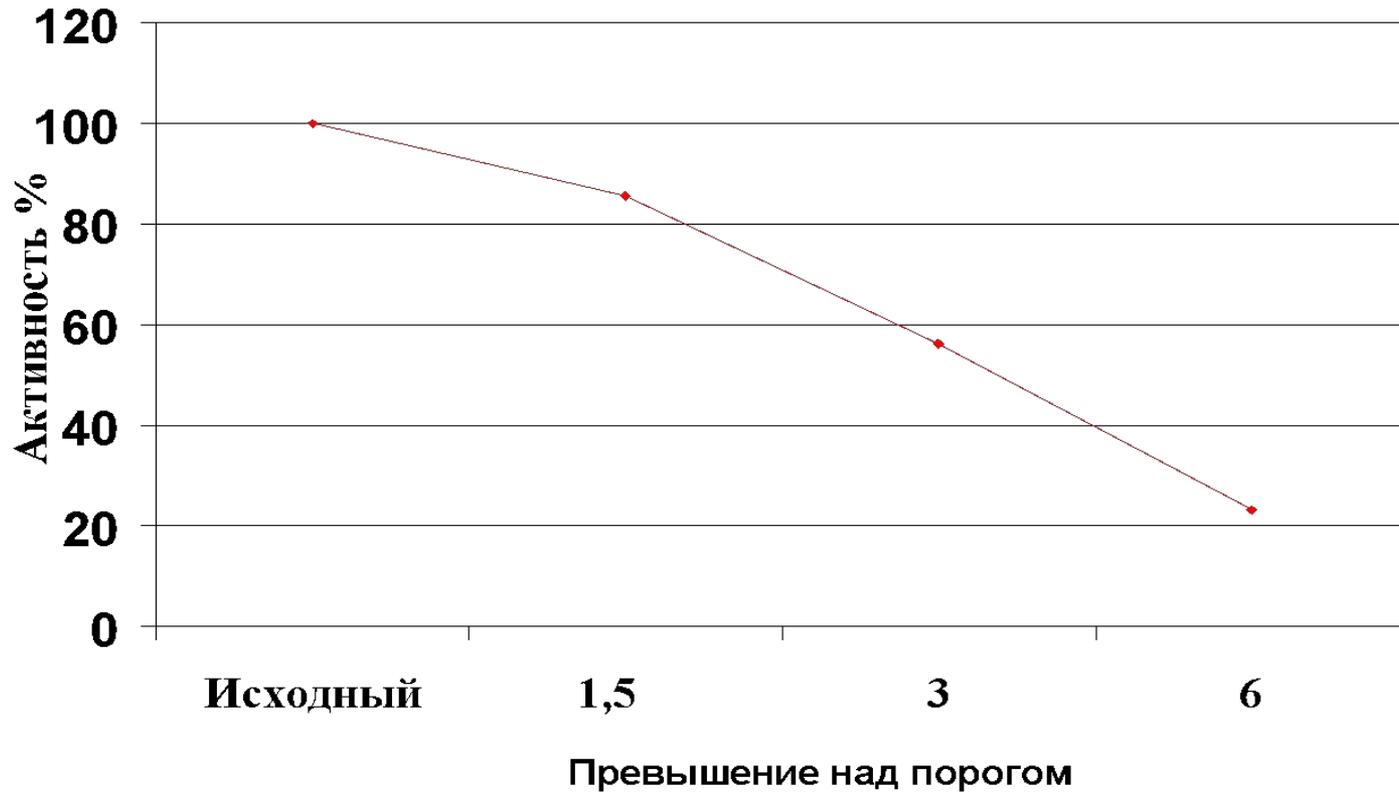
# Управление кинетикой выхода биоактивных компонент из полимерных матриц



**Кинетика выход трипсина из полилактидных микрочастиц и матриц, полученных при различном превышении пороговой мощности размягчения поверхности полимерных частиц.**



# Контроль кинетики выхода биоактивных соединений из полимерных матриц



**Активность трипсина, инкапсулированного в полилактидные частицы, до и после лазерного спекания при различном превышении пороговой мощности размягчения поверхности частиц.**

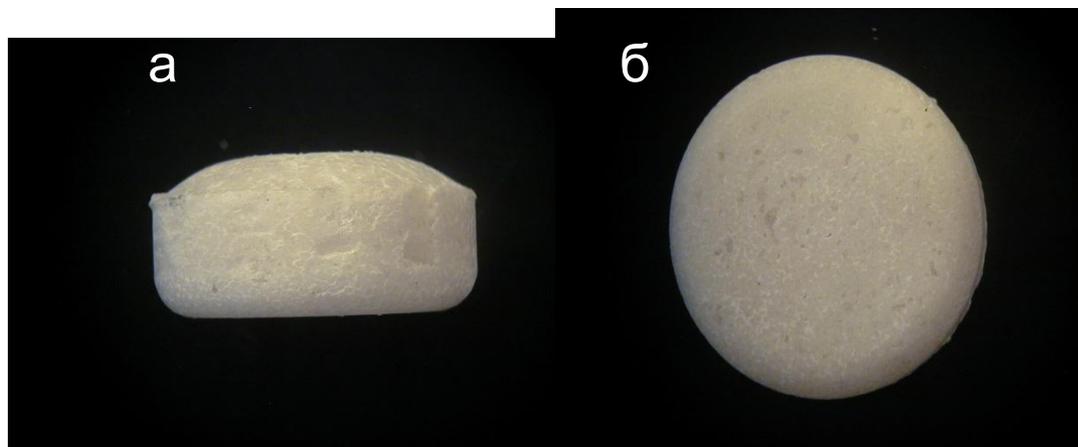
# Биорезорбируемые имплантаты

Изготовление биоактивных биорезорбируемых полимерных имплантатов заданного размера, формы и морфологии, не имеющих следов органических растворителей с помощью сверхкритического диоксида углерода.



Пресс-формы

ПЛ/ГАП имплантаты для замены дефектов нижней челюсти



ПЛ/ГАП имплантаты для пластики дна Гайморовой пазухи.

а – вид сбоку, б – вид сверху.



**ТЕХНОЛОГИИ НА ОСНОВЕ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЛАЗЕРНЫХ  
МЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМ**



## The role of the CO<sub>2</sub> laser in surgery

Isaac Kaplan  
Emeritus Professor of Surgery  
Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel

The CO<sub>2</sub> laser is the only one until now,  
That can be used to operate if the surgeon knows how.  
Its beam is water absorbable and infrared,  
So that as a scalpel it could be used instead.  
Its application in surgery is quite unique,  
Since it enables one to operate with a non-touch technique.  
And to perform an incision  
With absolute precision,  
Leaving the residual tissue undamaged,  
So a primary repair of the wound can be managed  
While reducing bleeding and postoperative pain  
With simultaneous sterilization, an advantage again.  
Debulking of tissue  
Is no longer an issue  
'Cause a defocused beam can do it with ease  
And you can vaporize as much as you please.  
The following is where the laser should be used,  
In order to prevent it from being abused.  
Like surgery in areas where vessels abound  
And also in areas where infection is found,  
Excision of highly vascular lesions,  
And laparoscopic vaporization of intestinal adhesions,  
Also endoscopic surgery of lesions of the lung  
And all operations in the very young.  
In oncological surgery where the vessels are sealed  
And the hemostasis makes the pathology better revealed.  
Operations on patients with a tendency to bleed  
Where hemostasis with monitoring is an absolute need.  
The CO<sub>2</sub> laser is routinely used,  
(And, if used correctly, is never abused)  
In gynecology for the treatment of uterine cervical lesions,  
The laparoscopic treatment of endometriosis, ovarian cysts and adhesions.  
For treating condylomata, pruritus vulvae and more,  
And conditions where the Bovie was used before.  
In general surgery, for mastectomy  
And especially for lumpectomy.  
Also in operations where severe bleeding is expected  
And the electric cautery can be rejected.  
In orthopedics, for synovectomy and other procedures in the knee,  
For osteomyelitis and tumors of the bone wherever they may be.

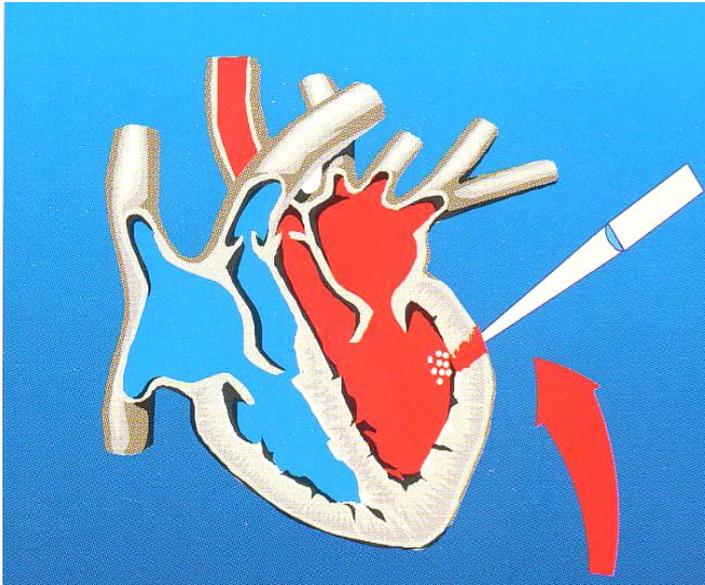
In podiatry, for onychogryphosis and ingrowing nails,  
*Hallux valgus* and plantar warts where other treatment usually fails.  
In oral surgery, lesions of the mucosa and gingivectomy,  
Vascular lesions and total or partial glossectomy.  
In thoracic surgery, decortication and the thoracoscopic process  
For treating emphysematous bullae, tumors of the lungs and hyperhidrosis.  
In otorhinolaryngology, treatment of lesions of the vocal chords, tonsillectomy,  
Uvulo-palatoplasty and also turbinectomy.  
In plastic surgery, the excision of burns  
Was where it was first used because of concerns  
Regarding blood loss and infection,  
And the possibility of graft rejection.  
This was followed by operations dealing  
With the above and post-operative pain and healing.  
And it also found a place  
In cosmetic surgery of the face.  
With the dermatologists they share its application  
In the treatment of skin lesions by vaporization.  
In pediatric surgery it should always be used  
And its rejection cannot be excused,  
Because the prevention of blood loss is of vital concern,  
And blood transfusions should not have a turn.  
It should be used with endoscopes whenever the chance,  
Because its application there is par excellence.  
In neurosurgery its use is quite unique,  
Because it exploits the non-touch technique.  
Operations can be performed with the EEG on site,  
Because it is unaffected since it is merely a beam of light,  
Avoiding the tourniquet in hand surgery is a boon,  
Because function can then be recovered soon.  
It is used for surgery of the eyelids by the ophthalmologists,  
And of the scrotum and penis by the urologists.  
But it could be used in the bladder too,  
By distending it with CO<sub>2</sub>.  
In cardiac surgery it plays a vital part  
In revascularization of the muscle of the heart.  
In proctology, the ease with which hemorrhoids are dealt,  
Reduces hospitalization because pain is not felt.  
This also applies to surgery for any anal lesion,  
Post-operative comfort being the reason.  
The laser has revolutionized pilonidal sinus excision  
'Cause the wound can be closed since sterilization accompanies incision  
It is used in microvascular anastomosis,  
Resulting in an excellent prognosis,  
So its use in tissue welding is true,  
With or without a physiological glue.  
So, finally I wish to state without fear of contradiction,  
That the CO<sub>2</sub> laser in surgery has no restriction.

With best wishes  
Isaac Kaplan

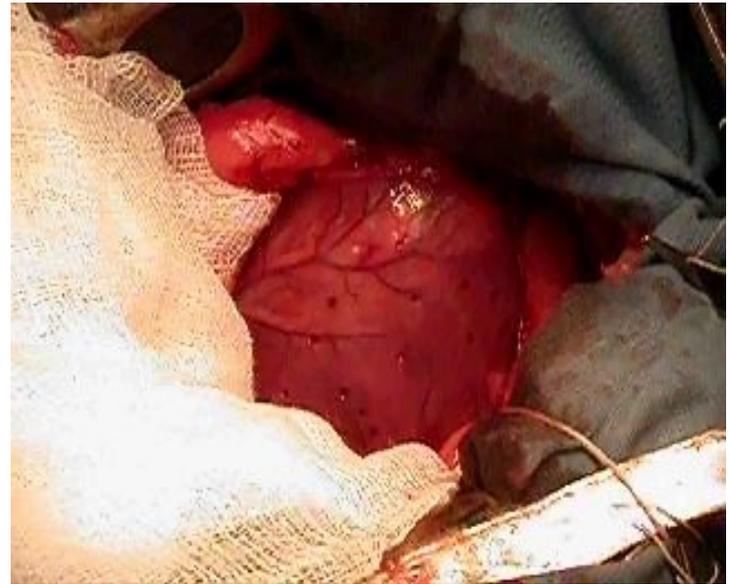
Isaac Kaplan  
Everything of the best.



# Трансмиокардиальная лазерная реваскуляризация



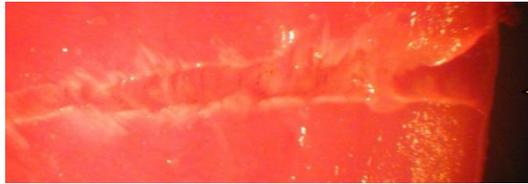
- операция на работающем сердце без использования аппарата искусственного кровообращения
- перфорация в режиме мощного одиночного лазерного импульса
- лазерный импульс синхронизируется с ЭКГ пациента



Типичное расположение лазерных каналов на поверхности миокарда



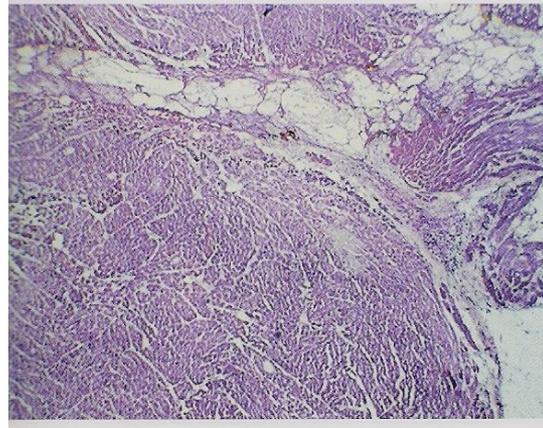
# Динамика изменения канала в миокарде после лазерного воздействия (ткани животных *in vivo*, CO<sub>2</sub> лазер)



После перфорации



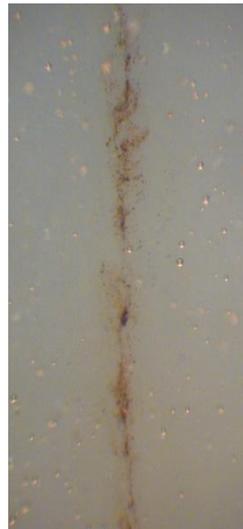
Желатиновые



Через 24 часа



модели



микрокапилляры

фиброзная ткань

Через 140 дней (на месте канала – фиброзная ткань с обилием мелких сосудов)

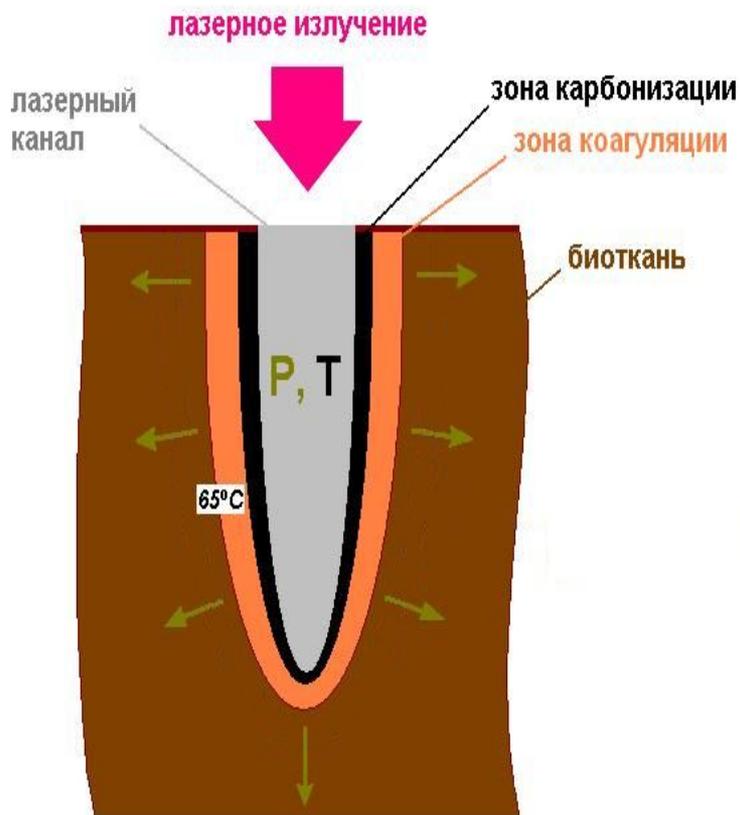


# Эффекты, сопровождающие формирование глубоких лазерных каналов в биотканях:

**Локальная лазерная рана**  
**Тепловое воздействие ( T )**  
**Ударно-волновое воздействие ( P )**

**Возможные механизмы положительного эффекта ТМЛР:**

- воспалительная реакция в ответ на лазерное воздействие приводит к стимуляции регенерации и развитию капилляров
- тепловое повреждение ткани в области канала активирует клеточные элементы (тромбоциты, фибробласты, макрофаги и др.) как источники комплекса факторов роста, в частности, фактора роста сосудистого эндотелия и фактора роста фибробластов
- образование микроразрывов в стенках канала и установление нового уровня потребления кислорода в области канала инициируют рост и развитие капилляров

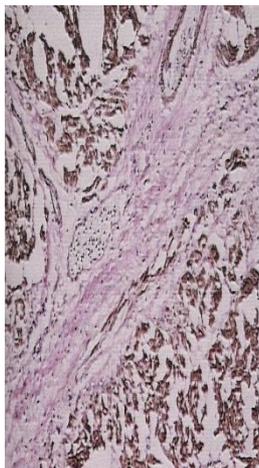
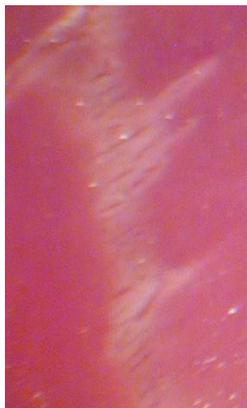




# Параметры перфорации миокарда импульсом CO<sub>2</sub> лазера



$T_{pulse}$ , мс	30-50
$E_{pulse}$ , Дж	20-25
Зона обугливания, мкм	30-40
Зона коагуляции (ср.), мкм	до 150-200
Давление в канале, атм	до 0,3

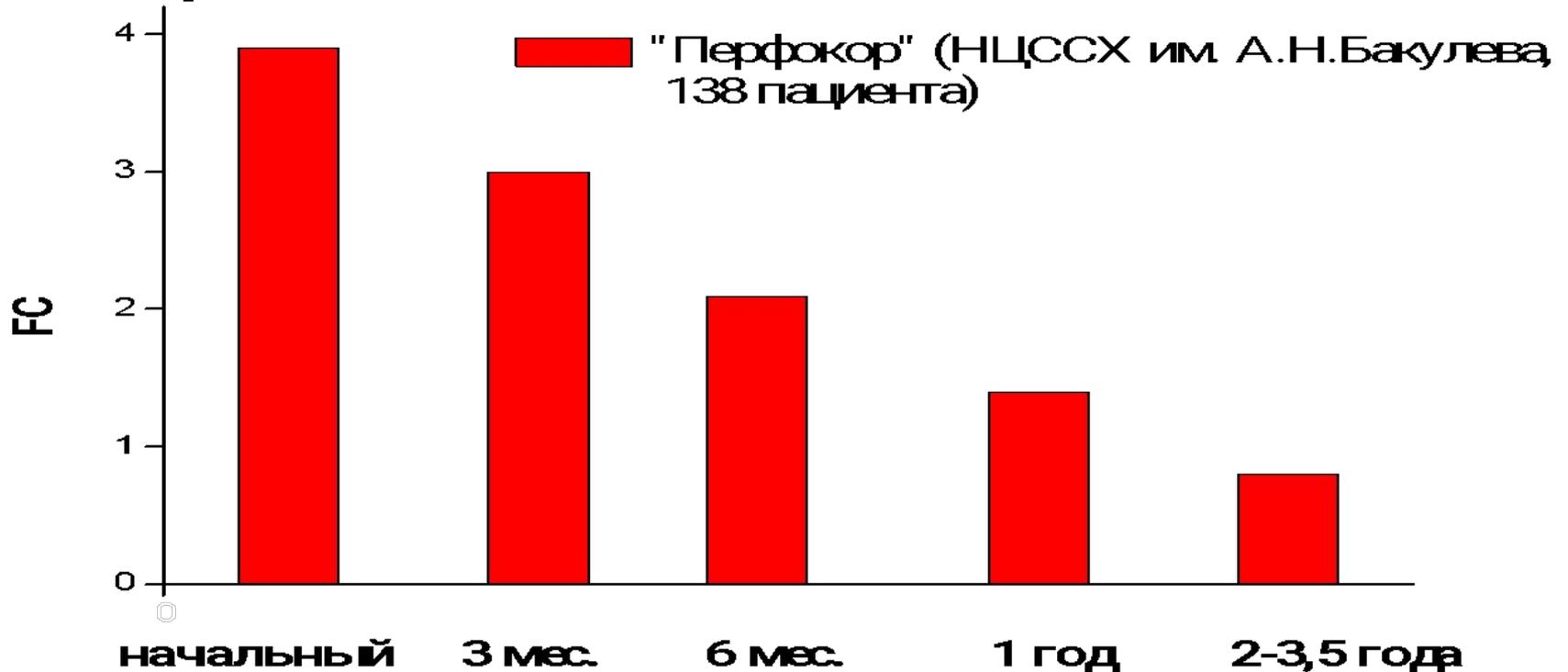


**«Деревообразное» тепловое повреждение миокарда вокруг канала способствует интенсивному формированию сети капилляров в области лазерного воздействия**



# Эффективность лазерной реваскуляризации миокарда

## Функциональный класс стенокардии



## Общая летальность

**НЦССХ  
им. А.Н.Бакулева**

**4,2%**

**TLR.Int  
Registry**

**13,3%**

**USA  
Trial**

**18%**



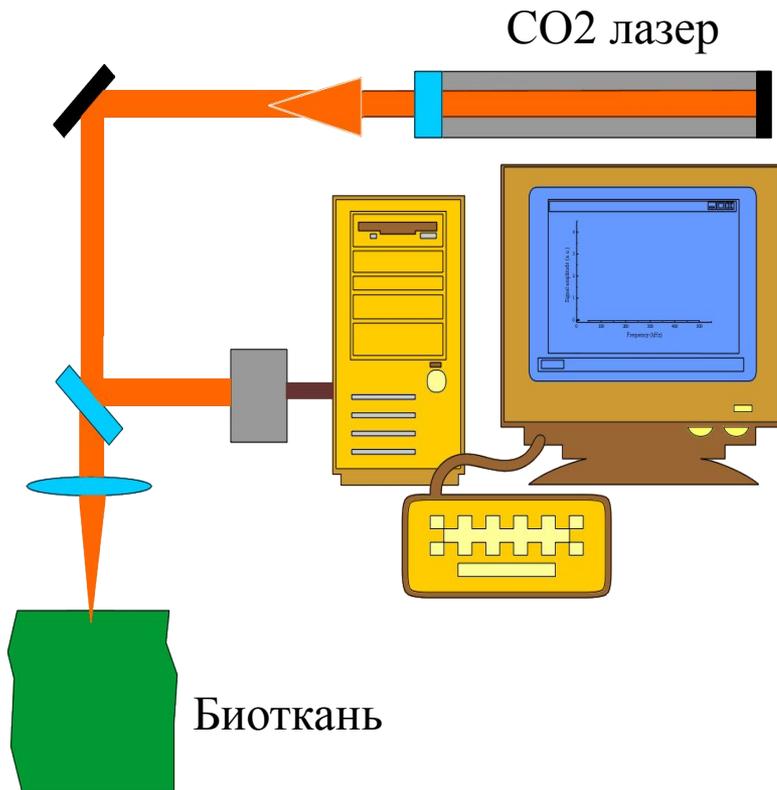
# Кардиохирургические СО2 лазеры серии «Перфокор» разработки ИПЛИТ РАН



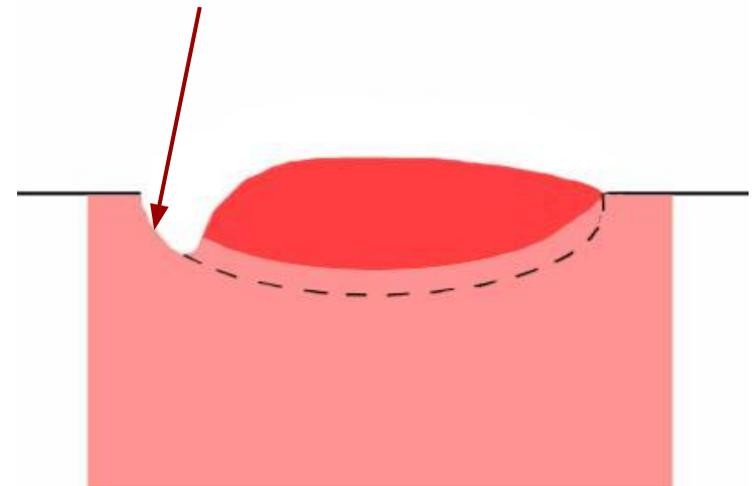


## Принцип организации обратной связи интеллектуальной хирургической установки на основе CO<sub>2</sub> лазера

Испарение новообразований и диагностика в реальном времени осуществляются одним и тем же лазерным пучком – метод автодинного детектирования (прием на резонатор лазера) обратно рассеянного излучения



Лазерный луч



Объективный контроль качества выполняемой лазерной операции проводится на основе разных уровней автодинного сигнала от здоровой и больной тканей.



# Интеллектуальная хирургическая установка на основе CO<sub>2</sub> лазера

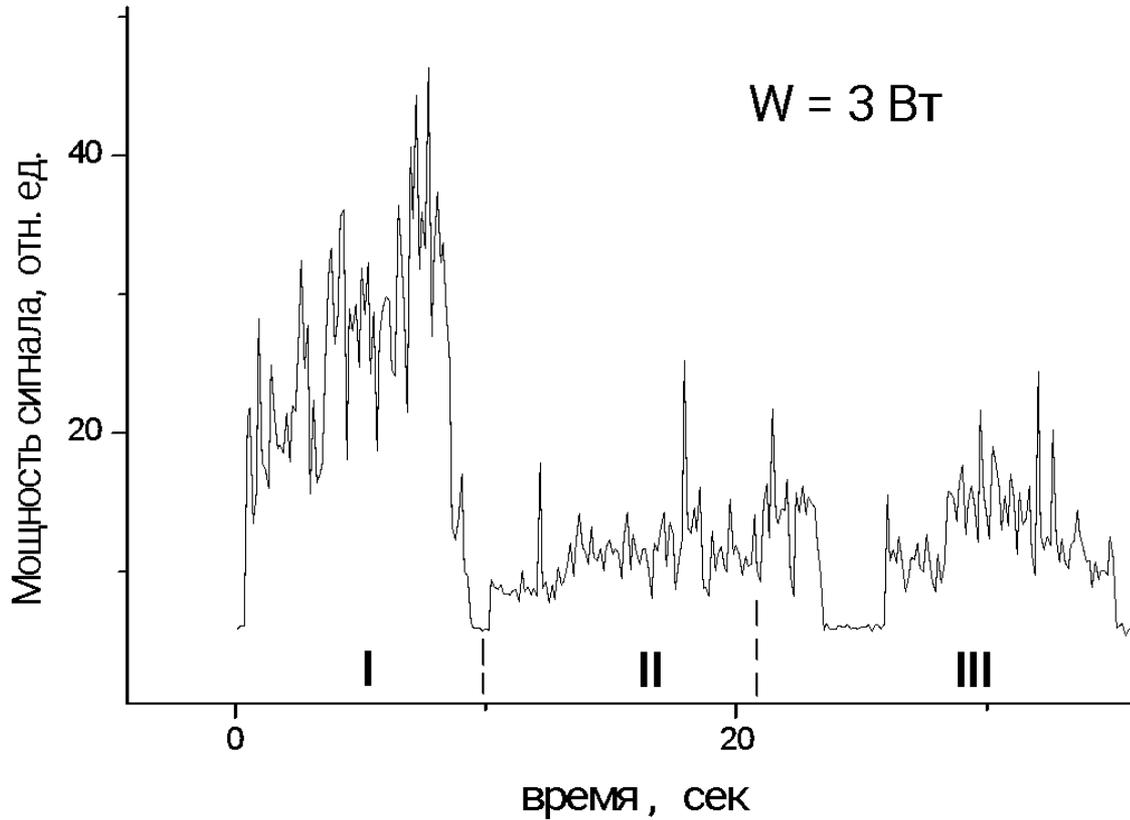


## Функции системы оперативной диагностики лазерной установки:

- идентификация типа испаряемой биоткани относительно друг друга;
- звуковая индикация при переходе границы испаряемой биоткани;
- управление параметрами лазерного излучения в зависимости от особенностей операции;
- протоколирование лазерной операции в реальном масштабе времени.



# Фрагменты протоколов лазерных операций

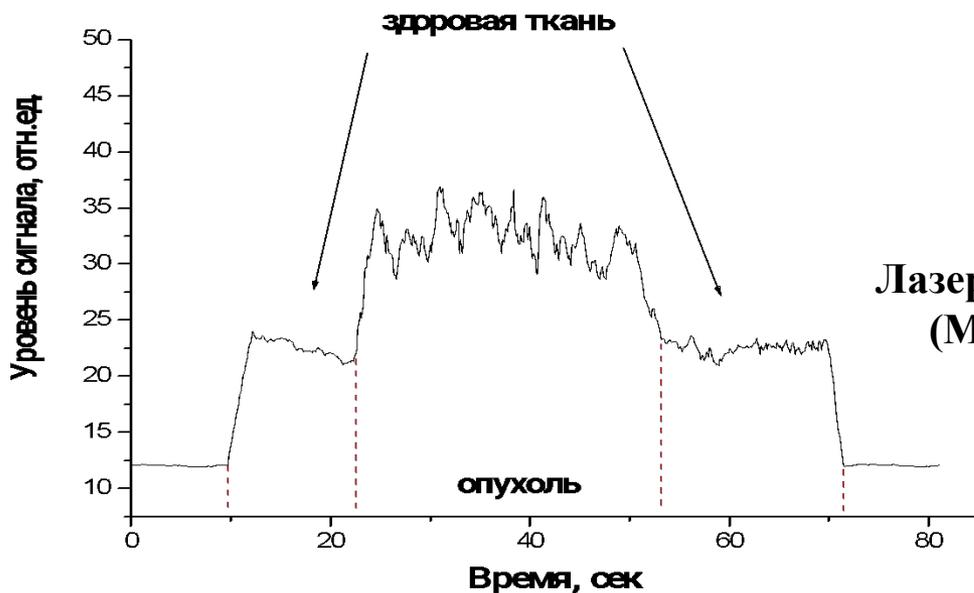


- Отдельные этапы операции:**
- I** – глубокое подрезание по внешней границе кисты;
  - II** – испарение и коагуляция ткани кисты (1-ый проход);
  - III** – повторное выпаривание остатков ткани кисты (2-ой проход);

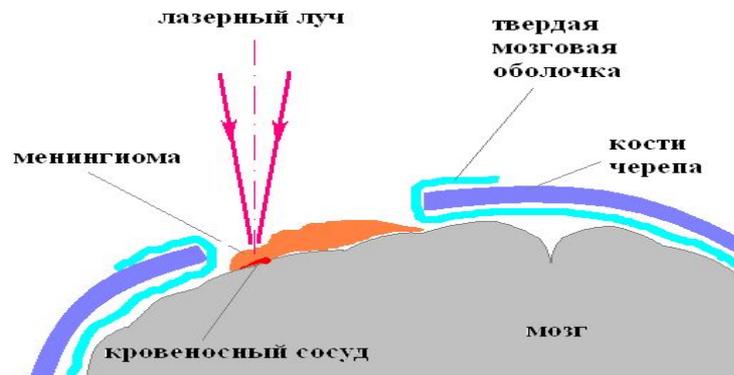
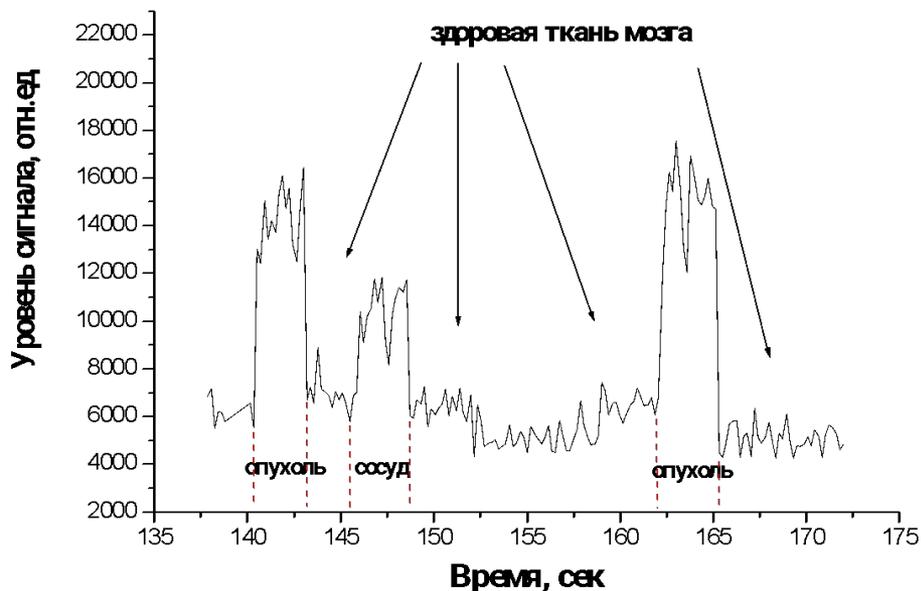
**Лазерное удаление кисты на ступне человека  
( ГНЦ лазерной медицины).**



# Фрагменты протоколов лазерных операций по удалению опухолей



Лазерное удаление рака гортани  
(МНИОИ им. П.А.Герцена)

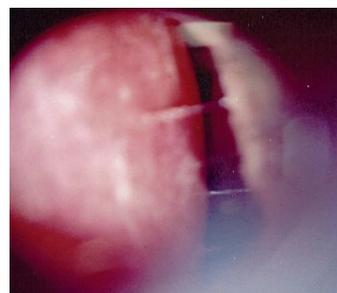
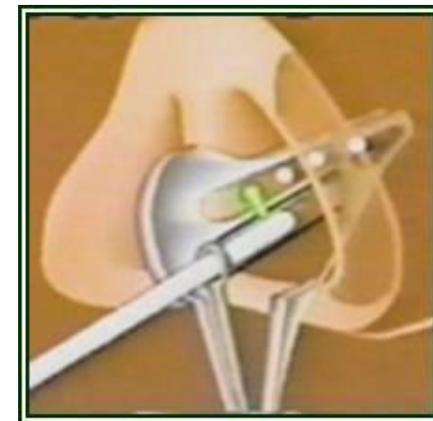


Лазерное удаление менингососудистой опухоли левого полушария мозга  
(Отделении нейрохирургии Тульской областной больницы)

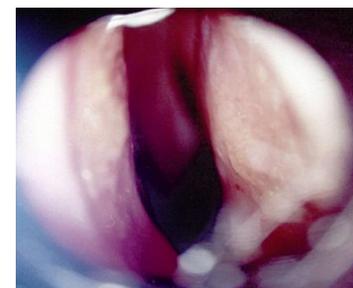


# Лазерная коррекция формы перегородки носа

## Особенности лазерной процедуры



до операции

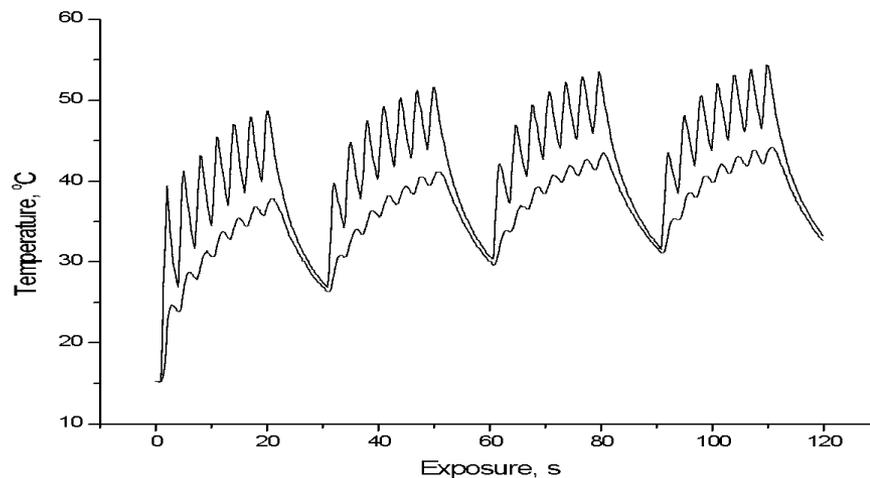


после операции

**Контроль степени теплового воздействия по температуре поверхности перегородки**

# Лазерная реконструкция межпозвонковых дисков

Особенности процедуры лазерной регенерации хрящевой ткани



**Контроль степени теплового воздействия по светорассеянию**



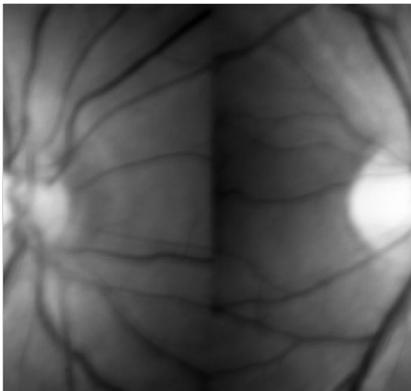
# ОПТИКО-ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОФТАЛЬМОЛОГИИ



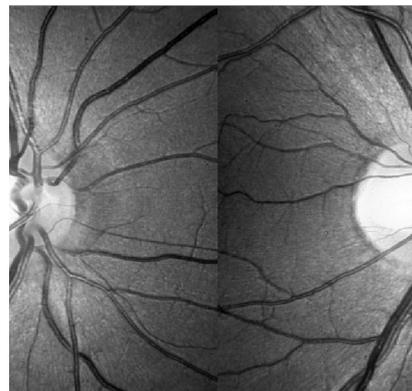
# Цифровая фундус-камера с адаптивной оптической системой и аберрометром реального времени



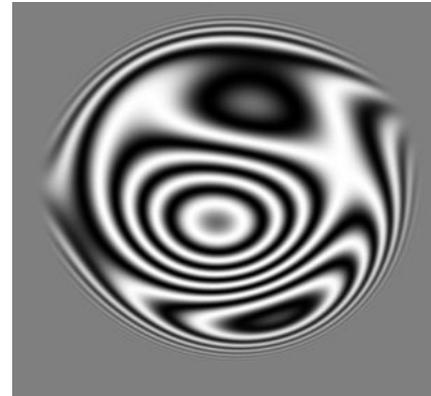
Уникальный офтальмологический диагностический прибор. Позволяет получить изображения глазного дна с высоким разрешением (до 1 мкм) и одновременно производить оптометрические измерения с точностью 0,02 мкм.



**Искаженное изображение сетчатки**



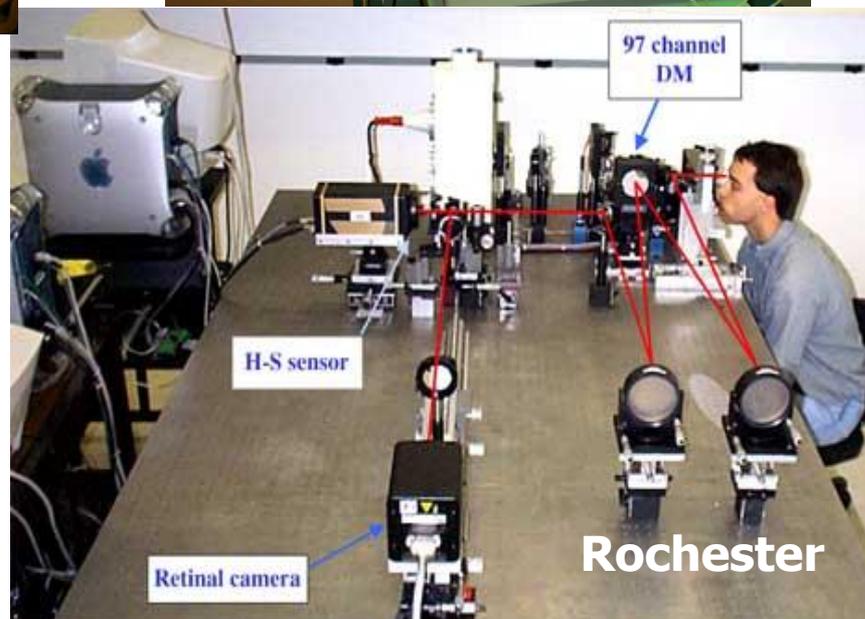
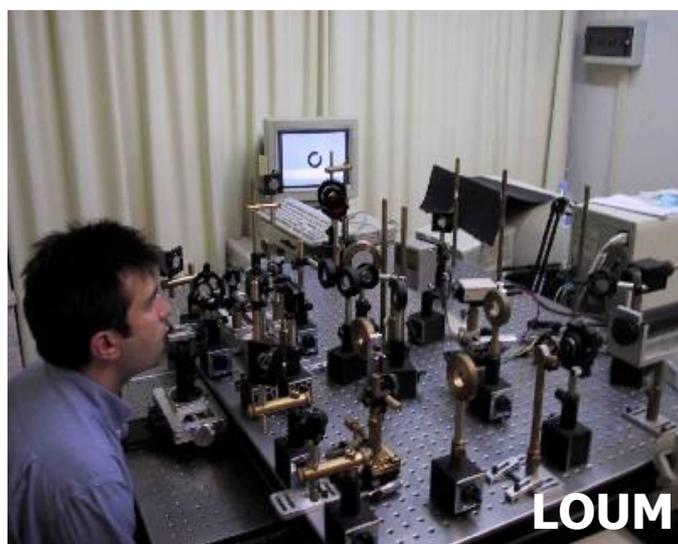
**Изображение сетчатки с адаптивной компенсацией**



**Интерферограмма волнового фронта реального глаза**



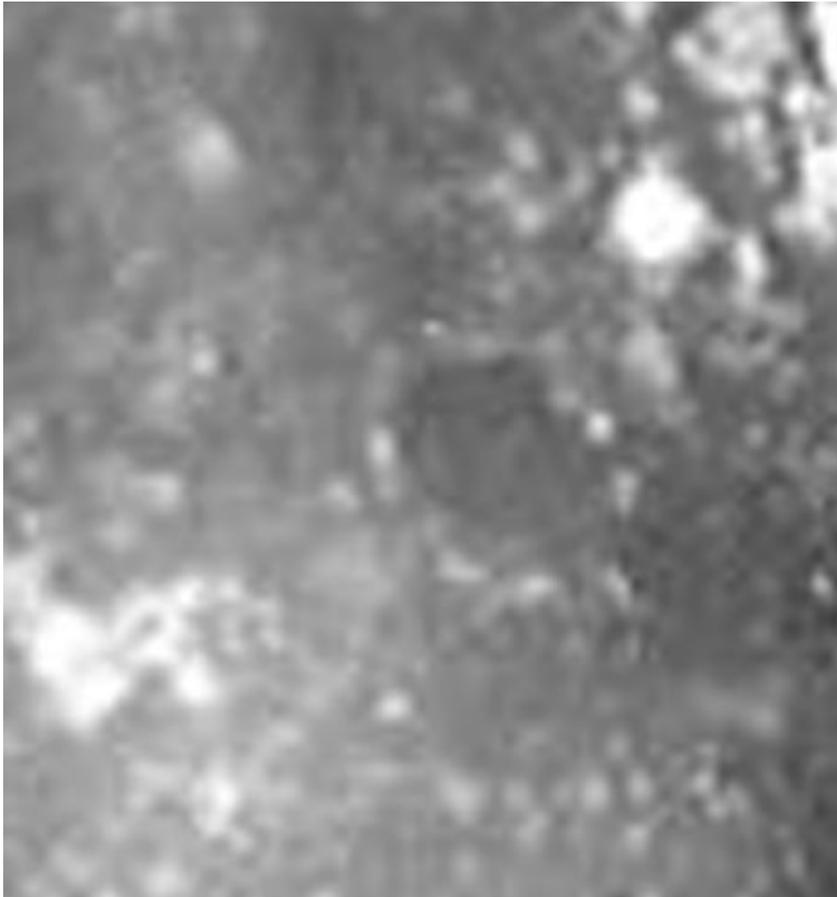
# Офтальмологические адаптивные системы для ретиноскопии



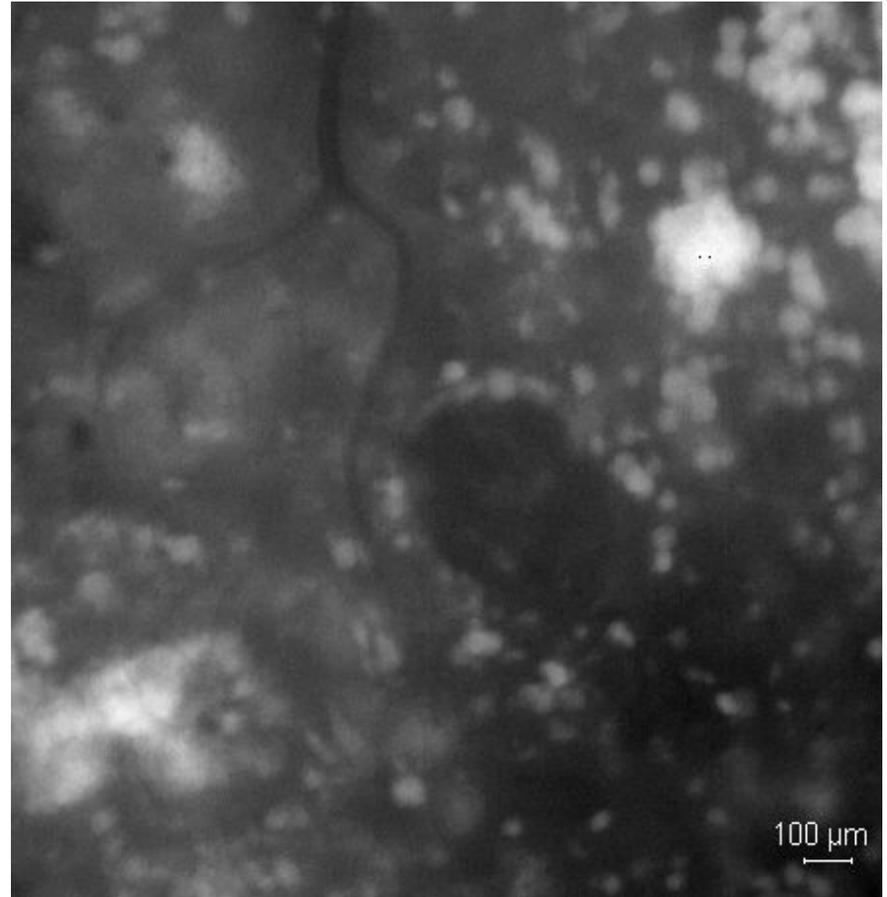


# Сравнение традиционной фундус-камеры и камеры с адаптивной оптической системой

## Сетчатка глаза при диабетической ретинопатии



Снимок обычной фундус-камерой Topcon (Япония)

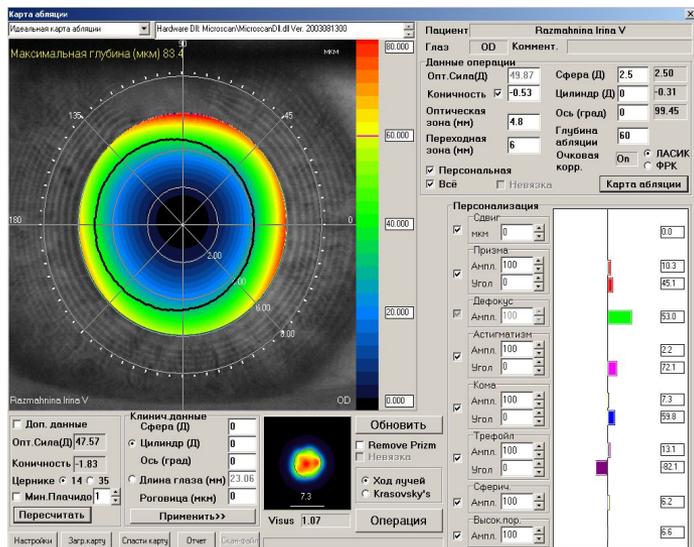


Тот же участок сетчатки, полученный при помощи АОФК разработки ИПЛИТ РАН-МГУ



# Лазерная персонализированная коррекция зрения на основе данных aberрометрии

Расчет профиля персонализированной абляции



Аберрометр МГУ-ИПЛИТ

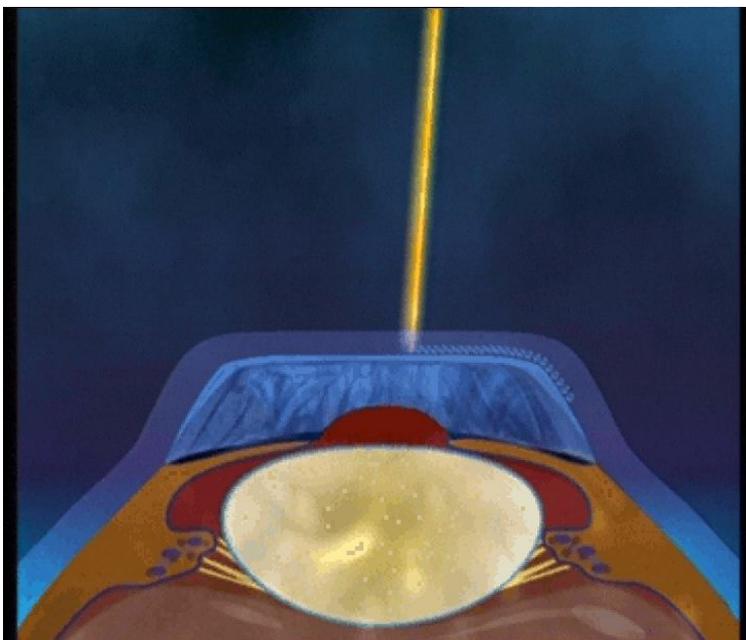
Эксимерный лазер  
Микроскан  
ЦФП-ИОФ РАН



Совместный проект ИПЛИТ РАН,  
МГУ, ЦФП ИОФ РАН и  
**МНТК "Микрохирургия глаза"**



# Развитие персонализированной коррекции с использованием фемтосекундного лазера FLOKS для интрастромальной обработки роговицы



- Центр Физического приборостроения Института общей физики им. А.М. Прохорова РАН
  - ФГУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова»
    - Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова
      - ООО «Визионика»
      - ООО «Оптосистемы»,



**БЛАГОДАРЮ ЗА  
ВНИМАНИЕ !**