

激光扫描共聚焦成像技术交流

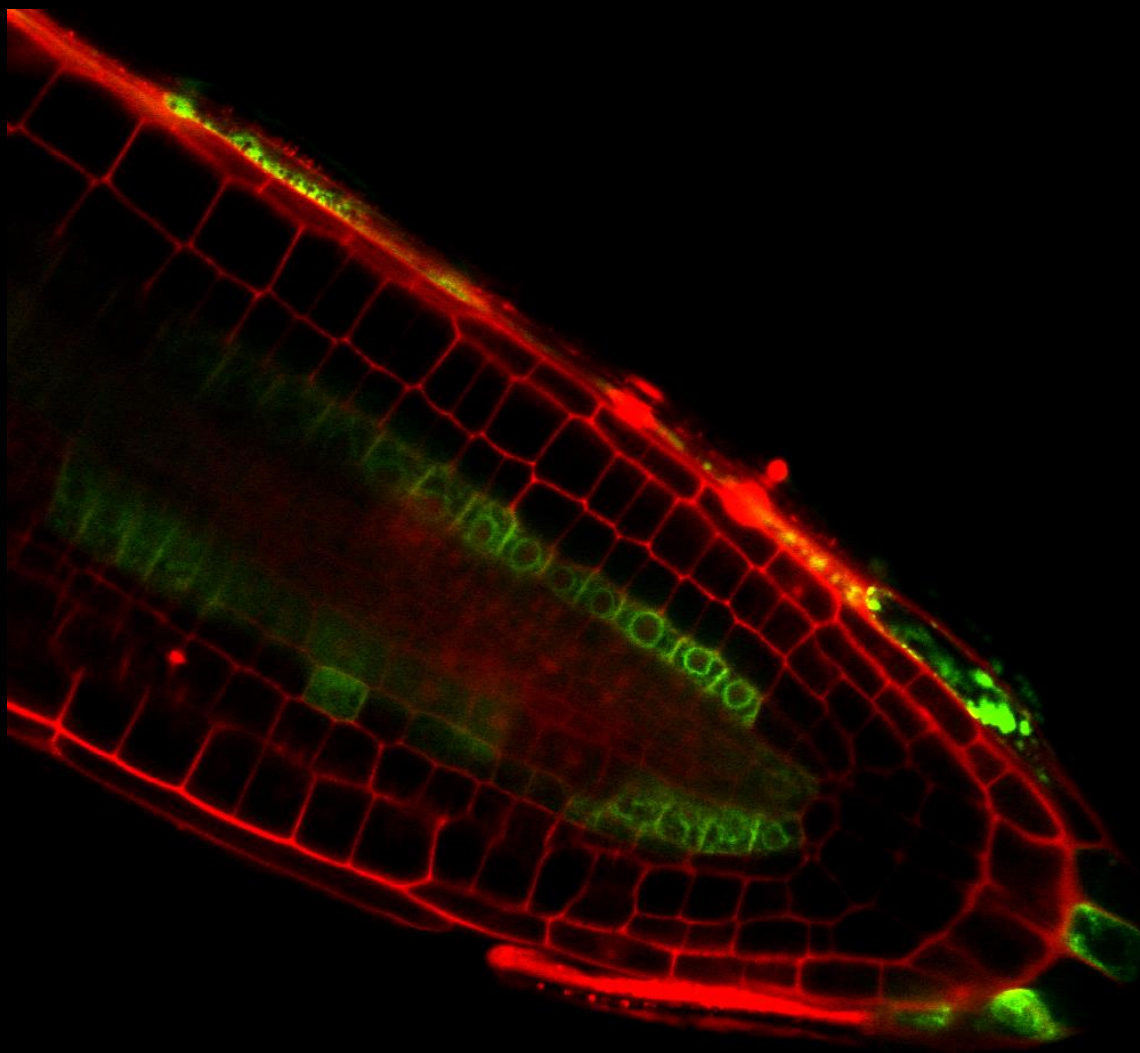
NEW

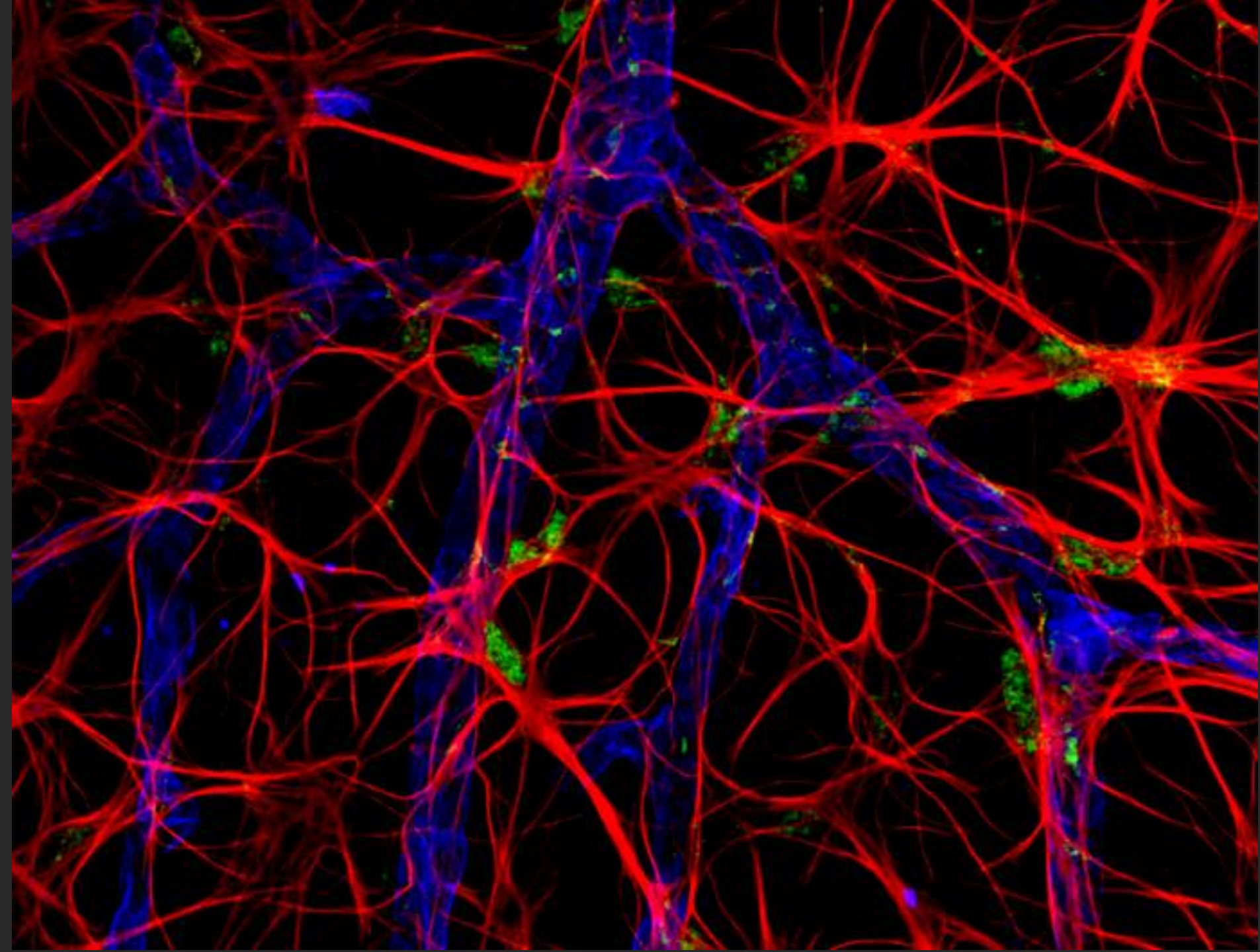


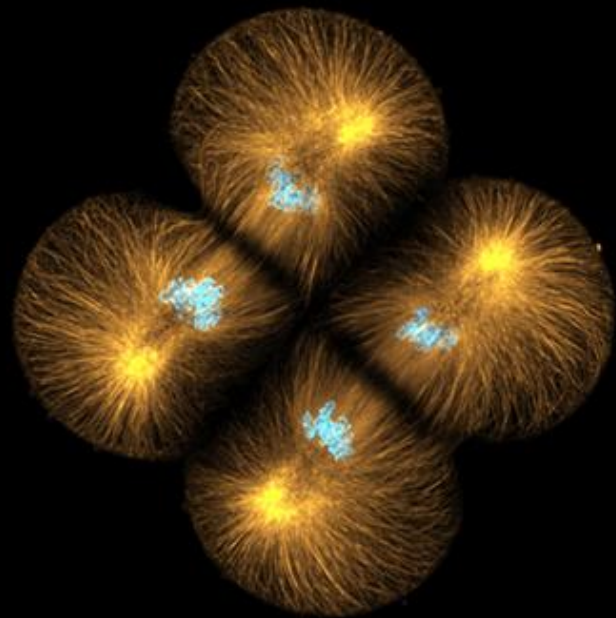
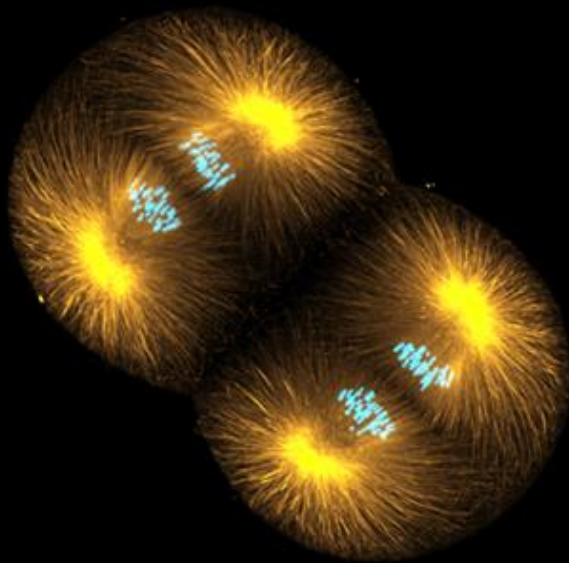
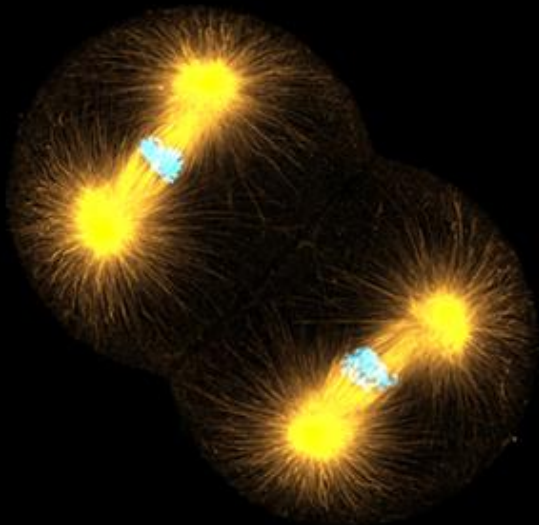
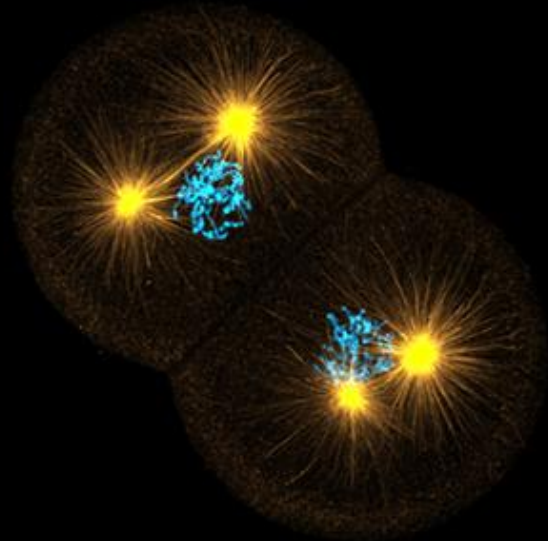
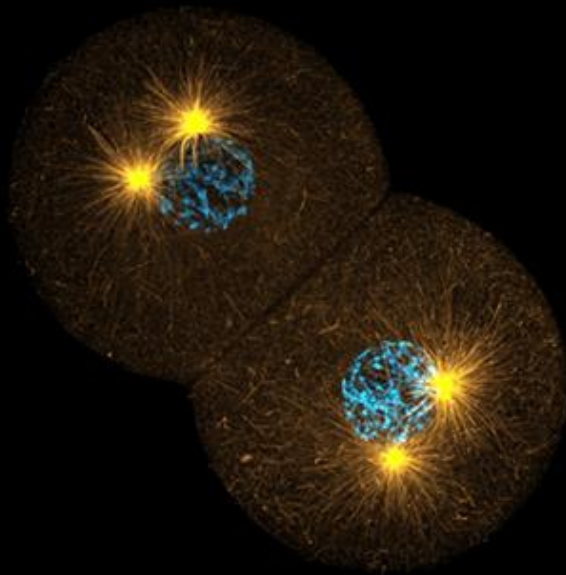
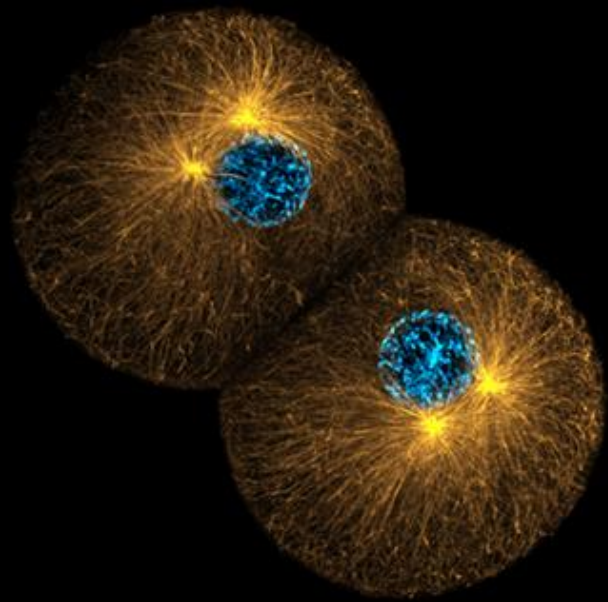
奥林巴斯 陈达 2018.12

15669085468 da_chen@olympus.com.cn

展现最清晰的图像细节



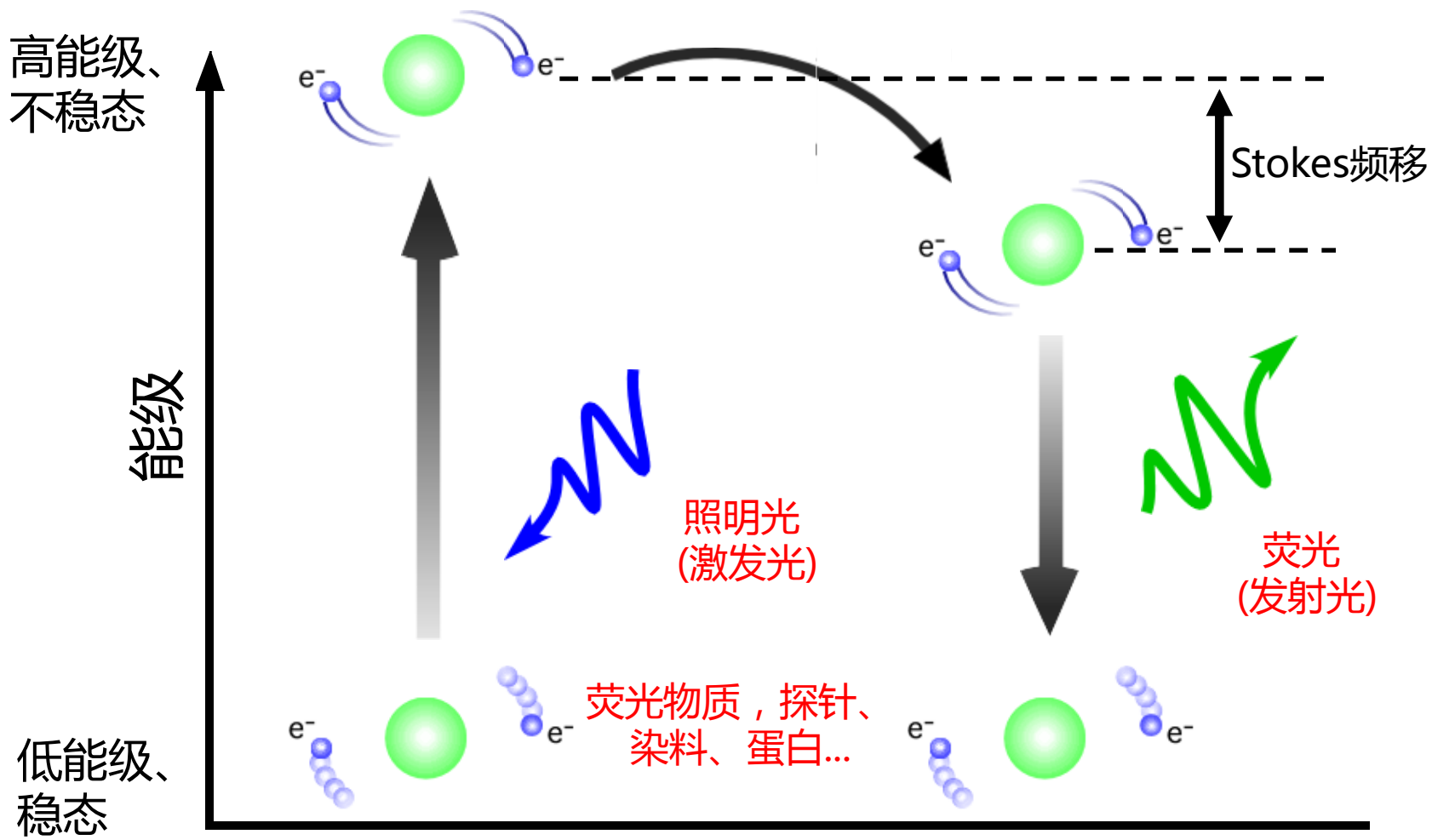




内容：

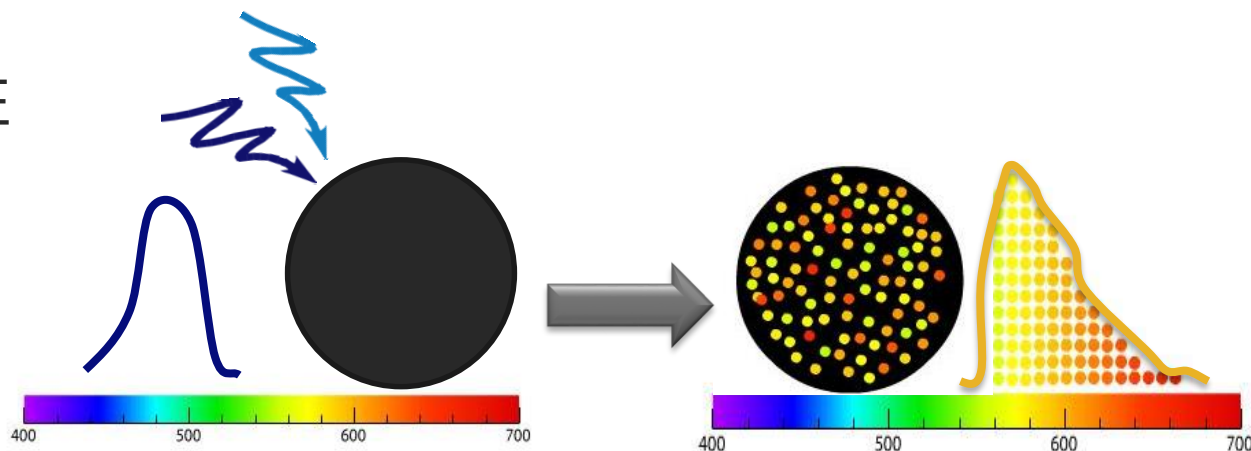
- **激光扫描共聚焦的基础与组成**
- **激光扫描共聚焦技术应用实例**
- **激光扫描共聚焦成像常见问题交流**

荧光产生



荧光特性

➤ 特性



1. 激发光和发射光有特定波长分布，激发光谱和发射光谱
2. 荧光波长 > 激发波长 (STOKES 法则)
3. 荧光强度极小于激发光的强度
4. 有不同程度的衰减
5. 荧光强度取决于激发光强度、被检物浓度、荧光效率

荧光观察

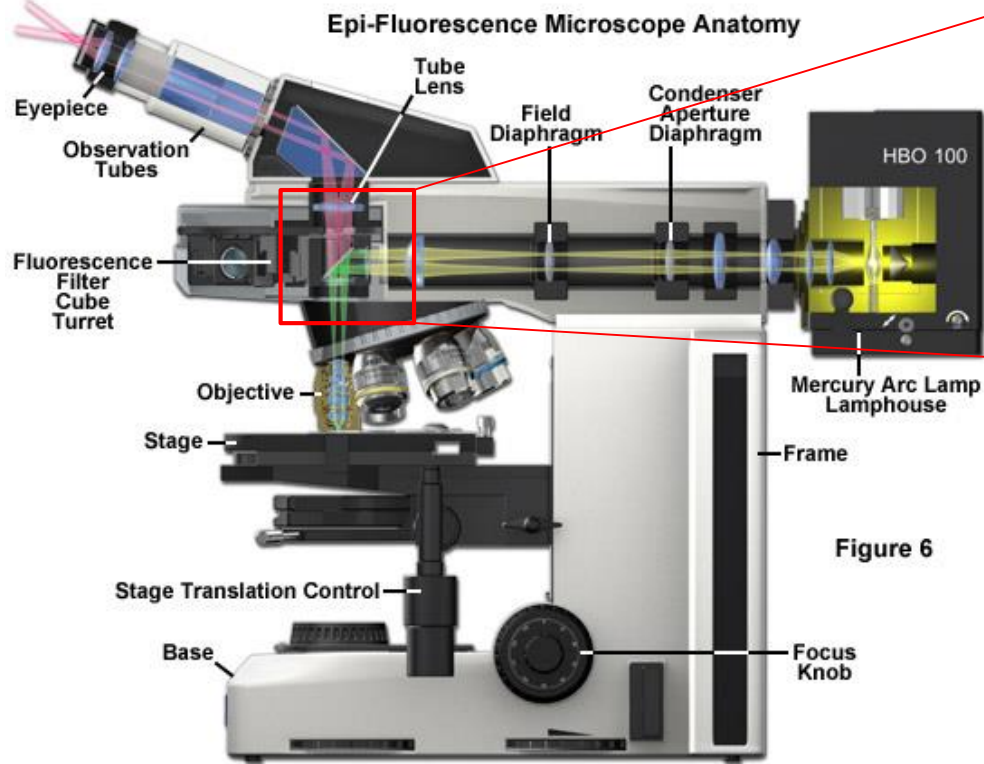


Figure 6

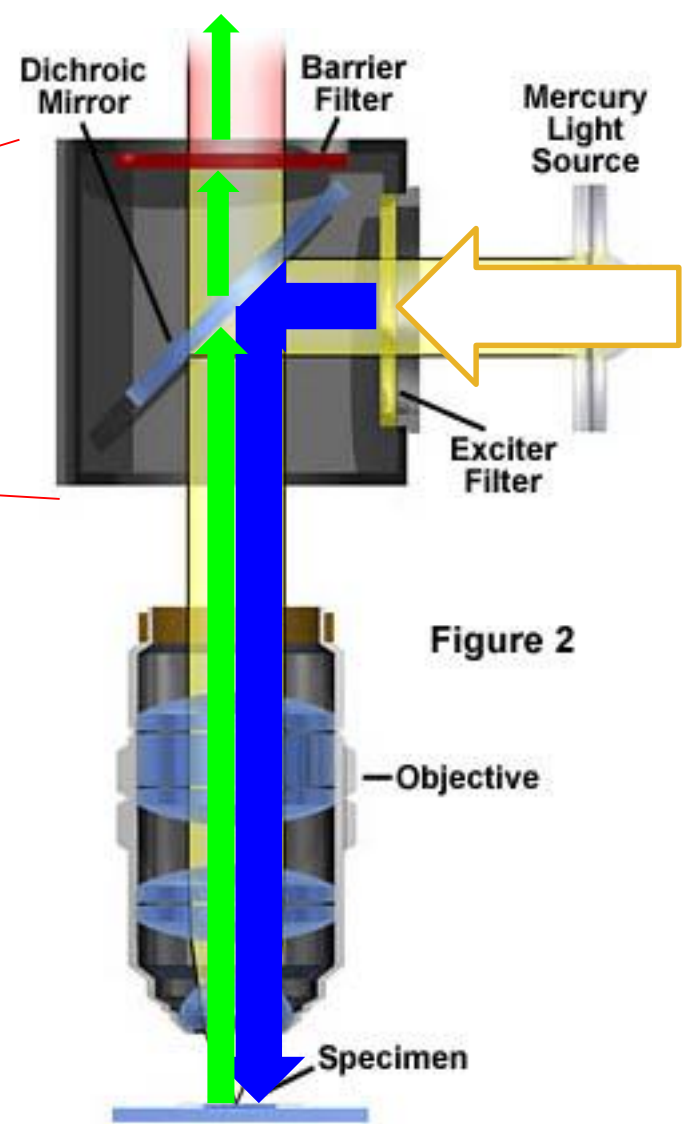
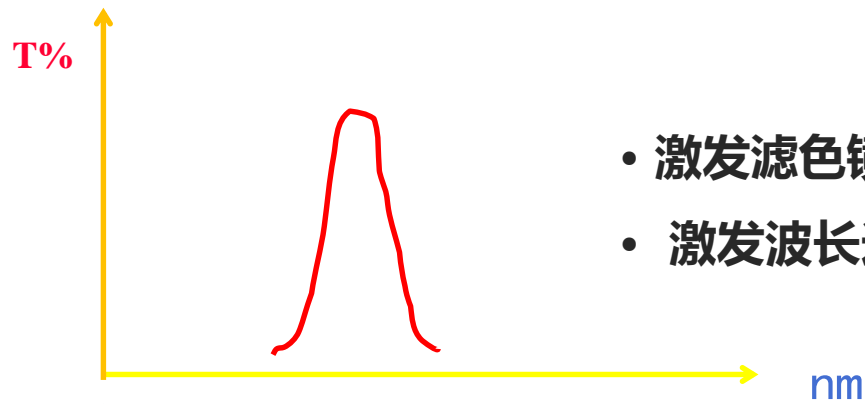
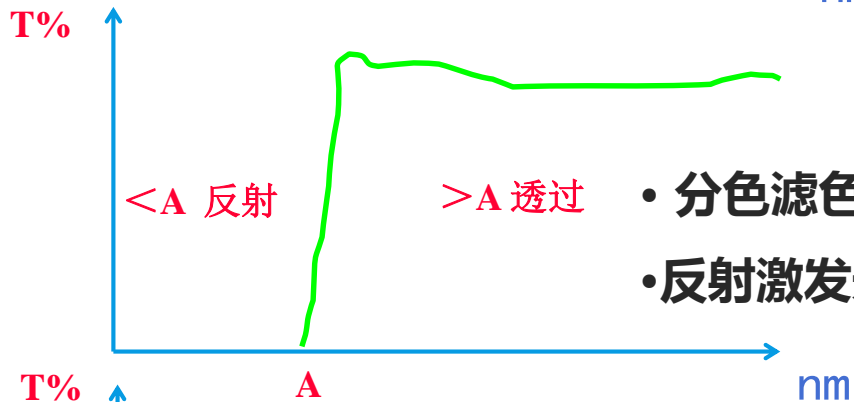


Figure 2

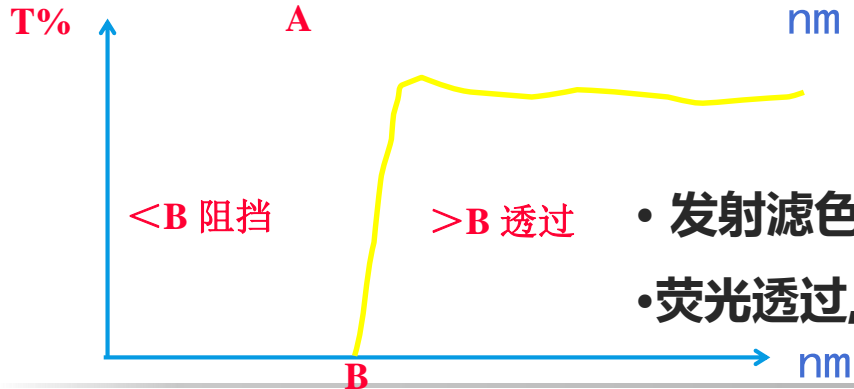
滤色镜组



- 激发滤色镜 (带通)
- 激发波长选择



- 分色滤色镜
- 反射激发光, 荧光透过



- 发射滤色镜
- 荧光透过, 阻挡杂光

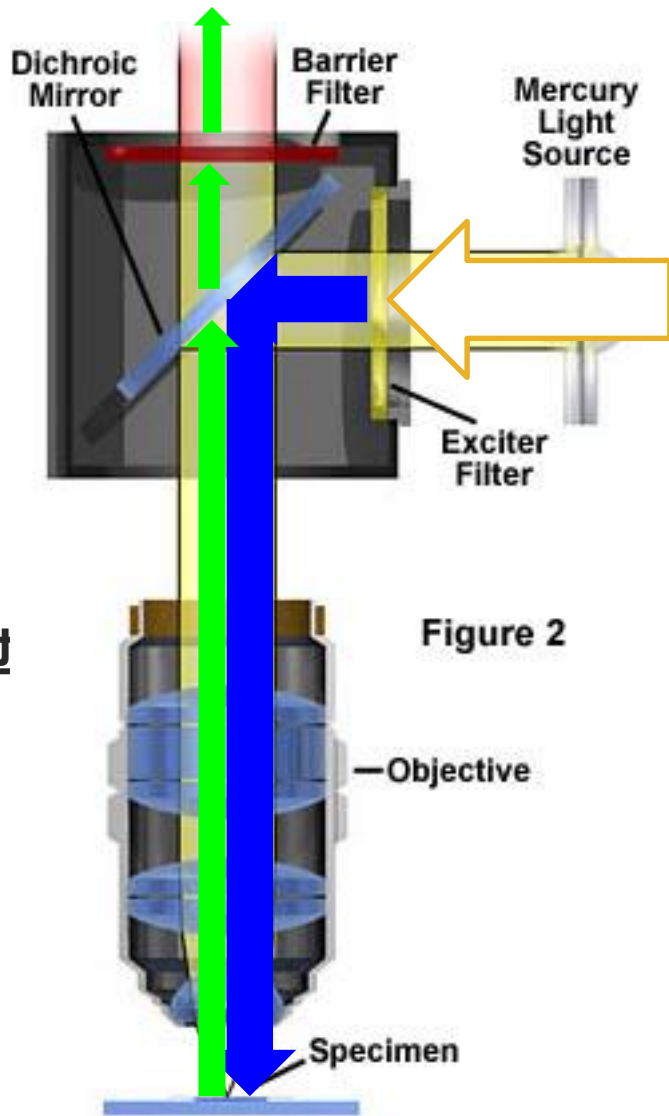
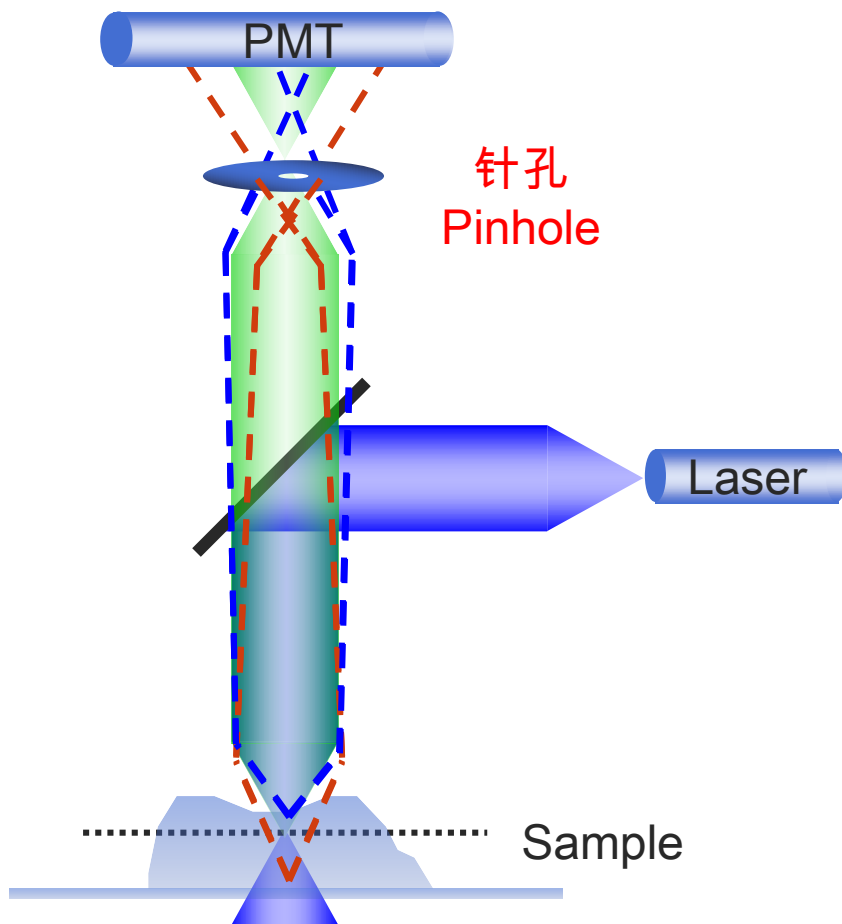


Figure 2

激光扫描共聚焦显微镜：光学CT

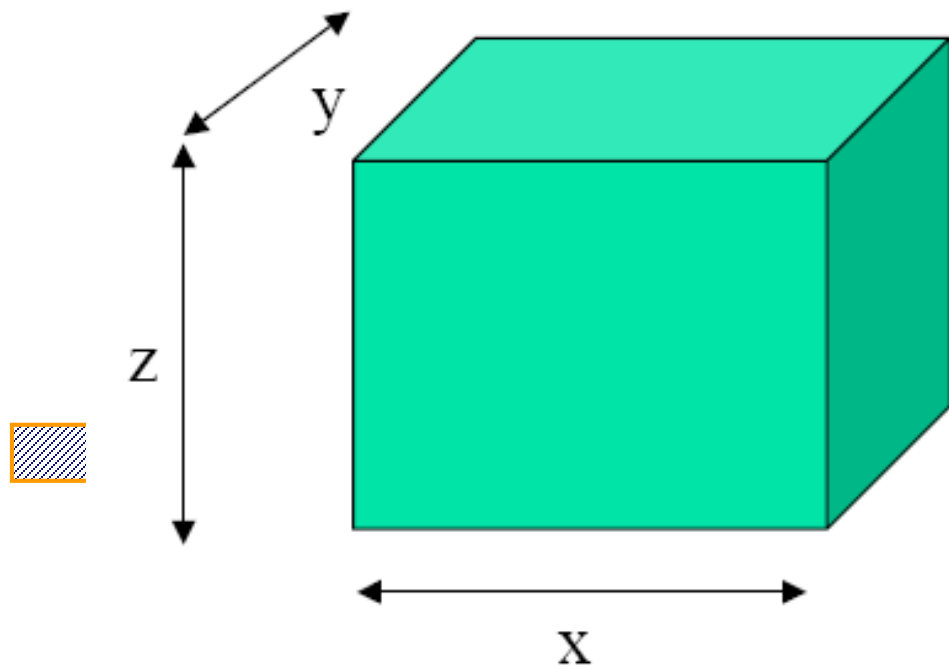


- 照明方式：点照明
- 成像方式：逐点扫描成像
- 光源：激光
- 通过针孔和逐点扫描去除标本的非焦平面信息，提高图像清晰度，上下移动Z轴进行三维重构

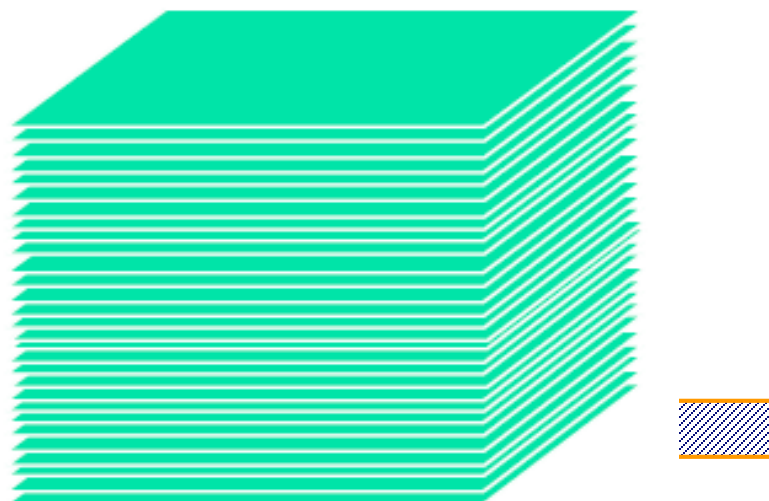
针孔尺寸	增大	减小
图像分辨率	低	高
Z轴光学切片	厚	薄
图像反差	低	高
图像亮度	高	低

激光扫描共聚焦显微镜：光学CT

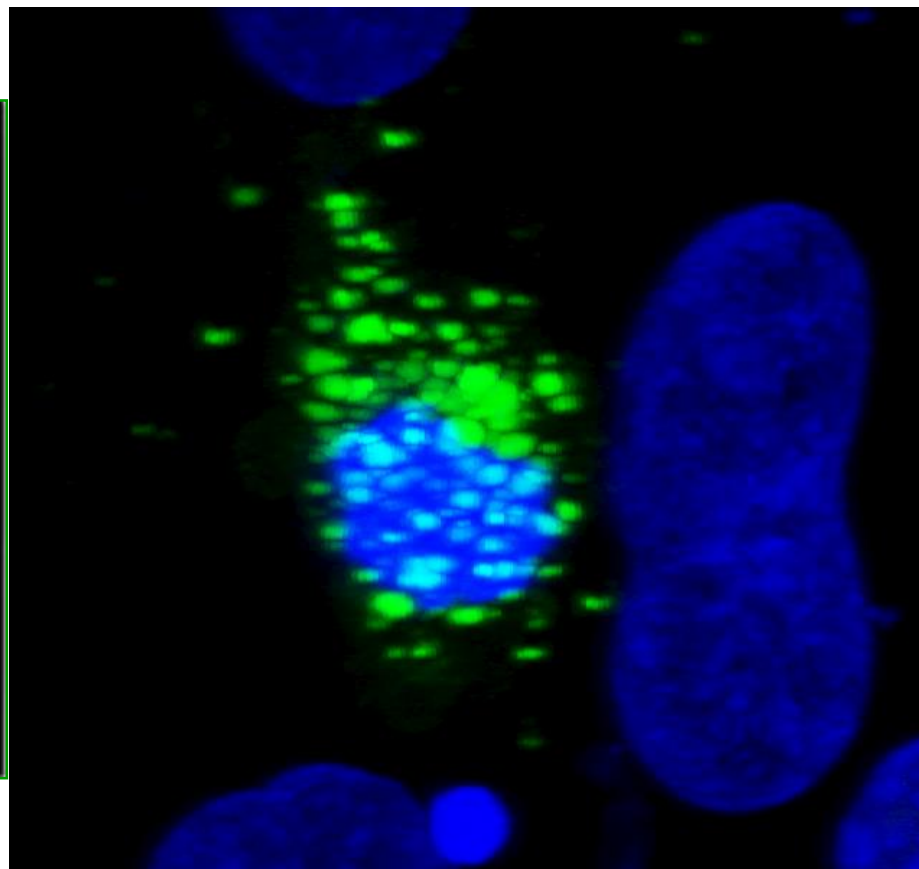
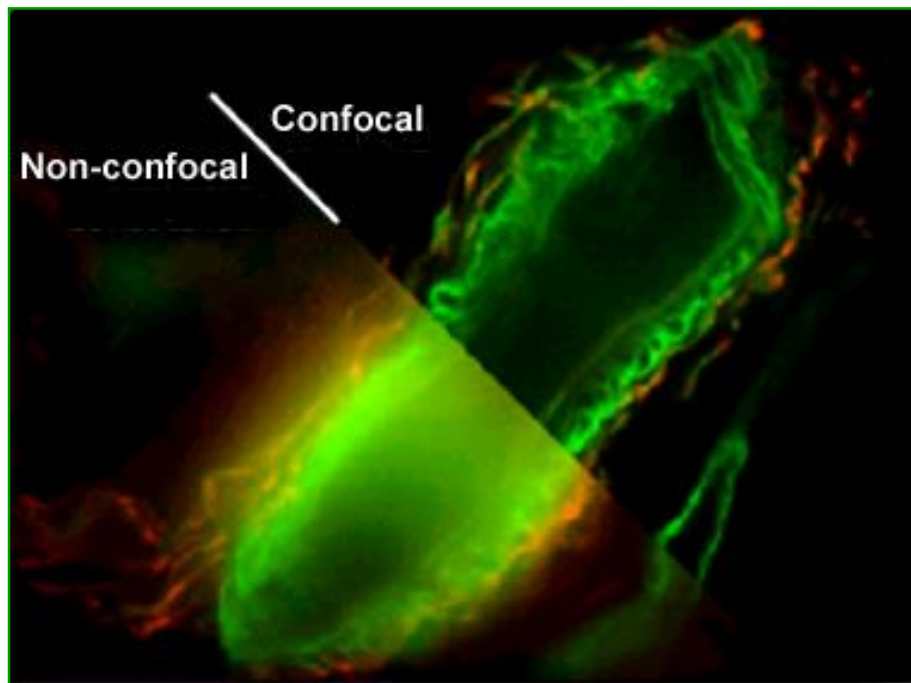
宽场照明荧光显微镜



激光扫描共聚焦显微镜



激光扫描共聚焦显微镜：光学CT



激光扫描共聚焦显微镜的组成

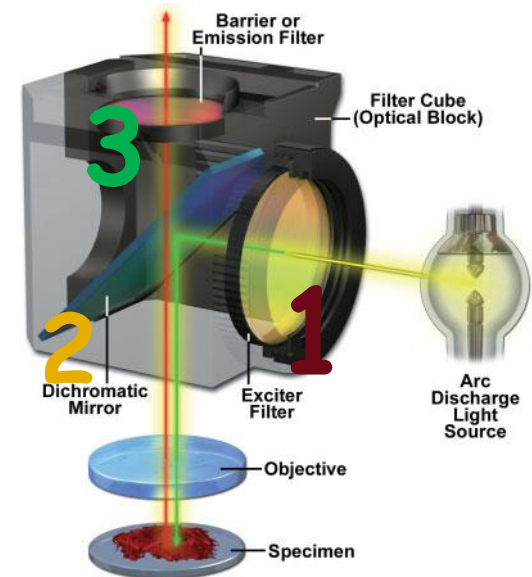
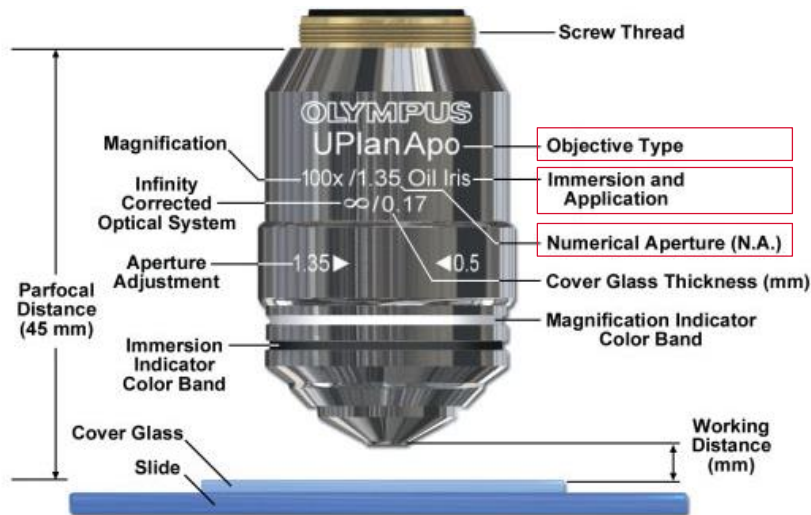
- 高端荧光显微镜-物镜/滤光片/机架等配件
- 光源-观察用荧光光源和成像用激光
- 扫描单元-扫描振镜、速度、视野
- 检测器-点阵式、灵敏度
- 软件系统-操作性和分析功能

高端荧光显微镜

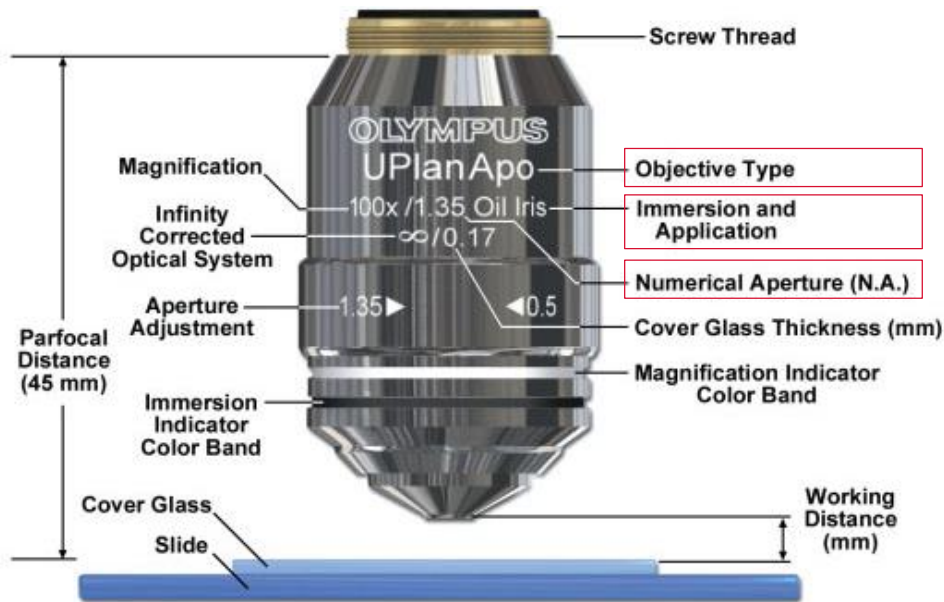
IX73/83



BX53/63



高端荧光显微镜



- N.A. 数值孔径-分辨率
- 物镜类型-色差校正
- 物镜介质
- 工作距离

$$R_{xy} = 0.51 * \lambda / NA$$

$$R_z = 1.4 * \lambda * \eta / NA^2 \quad (\eta \text{ 折射率})$$

$$\text{荧光亮度 } I \propto NA^4 / M^2$$

例: **GFP, 100X/NA1.4**

$R_{xy} \approx 200\text{nm}$

$R_z \approx 500\text{nm}$

NA = 1.7



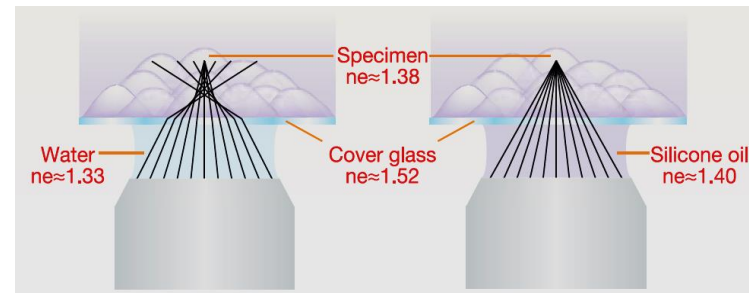
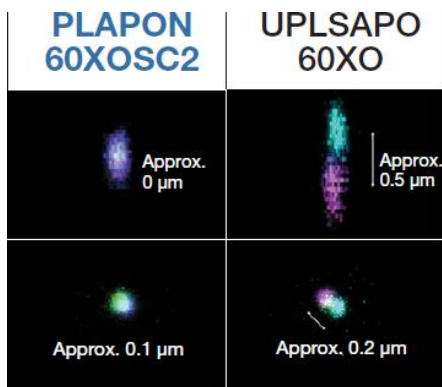
共定位最佳



活细胞或活组织

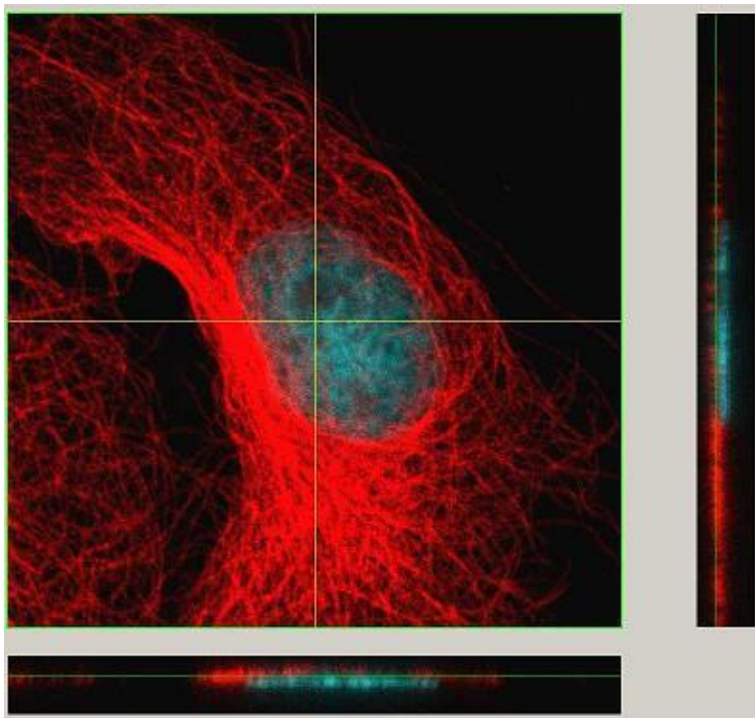


光学分辨率
 $R = k \cdot \lambda / NA$



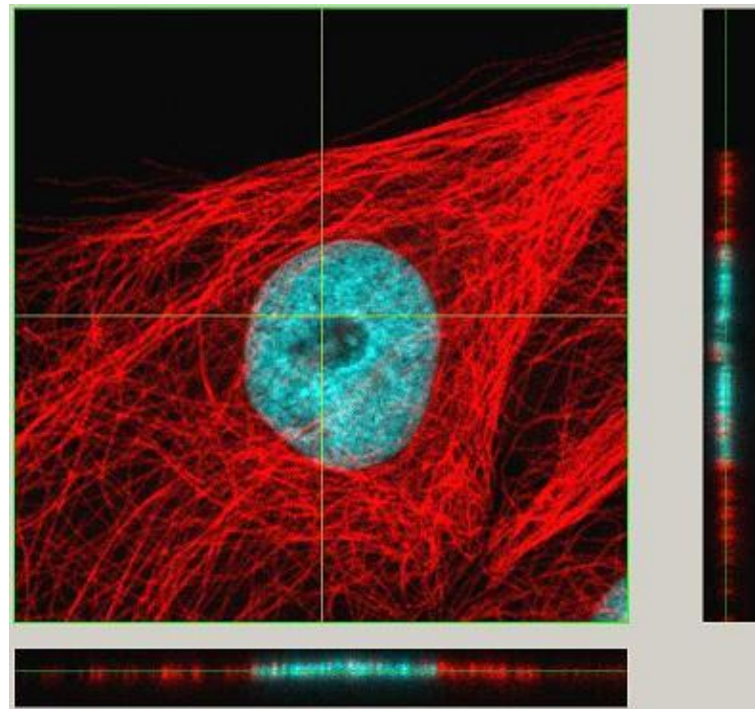
镜头色差校正对共定位的影响

较好



VS

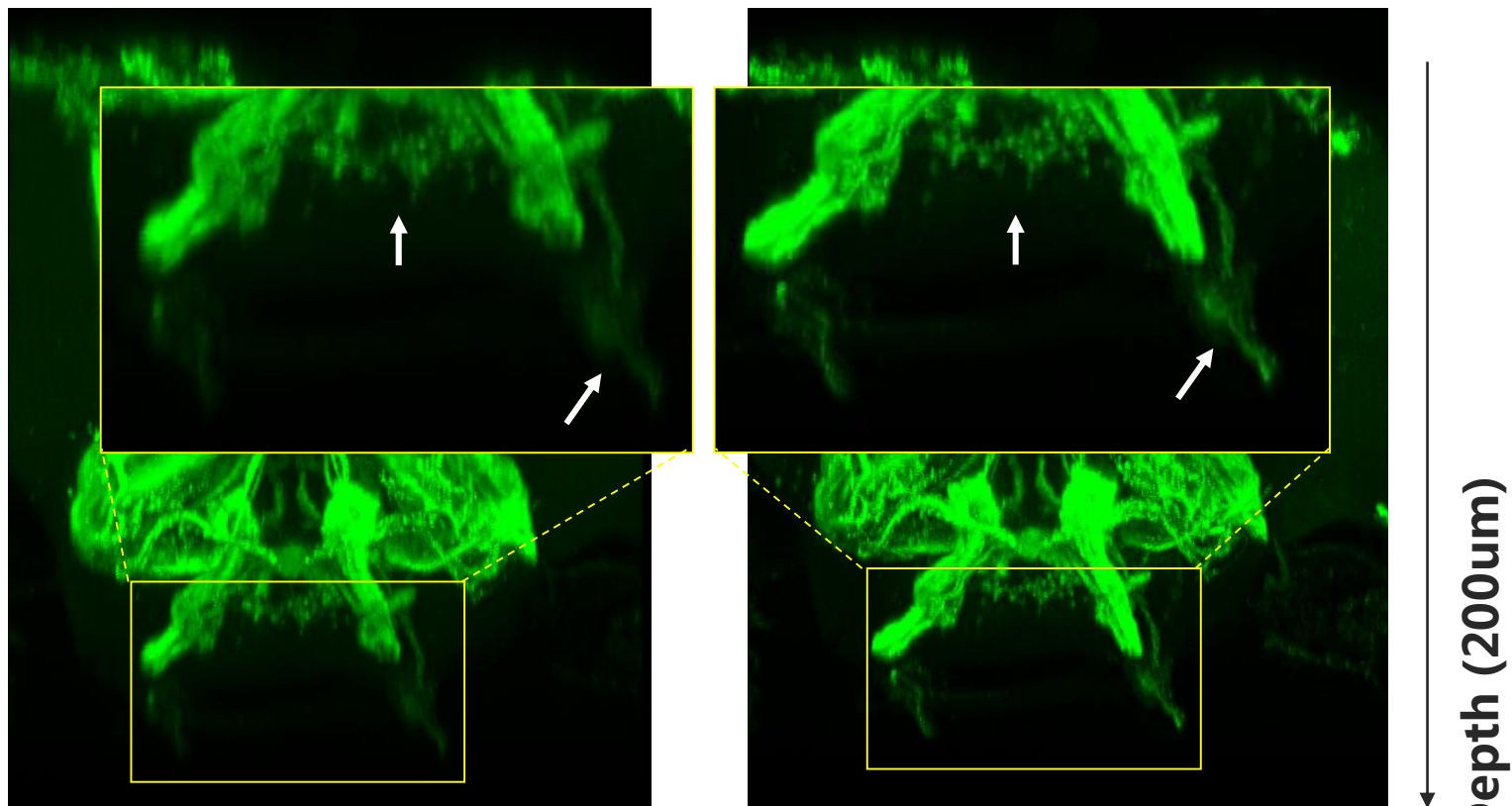
更好



镜头折射率匹配对深层成像的影响

水浸物镜

硅油物镜



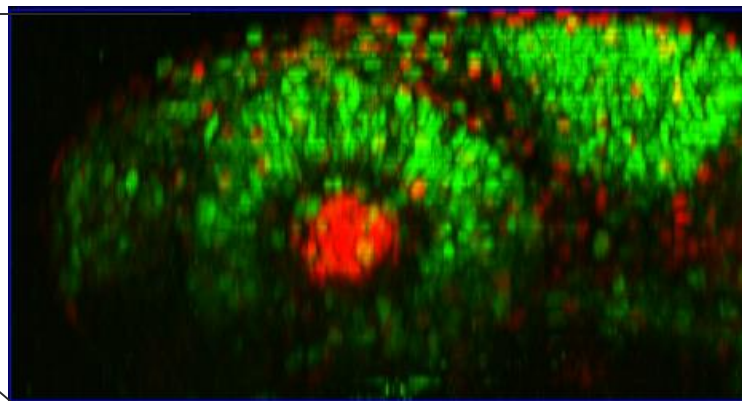
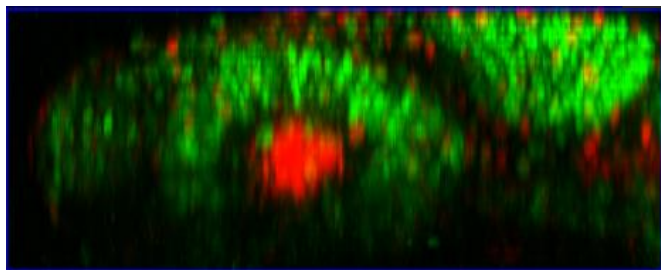
Dr. K. Ito, Institute of Molecular and Cellular Bioscience, Tokyo University

镜头折射率匹配对深层成像的影响

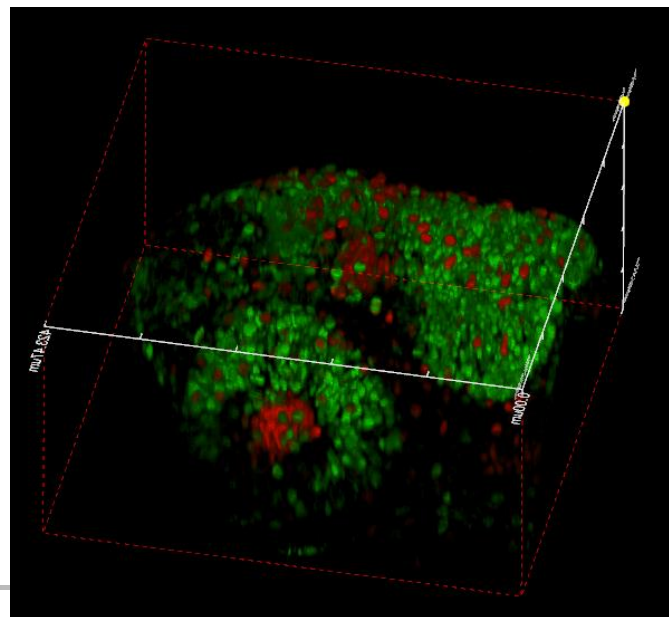
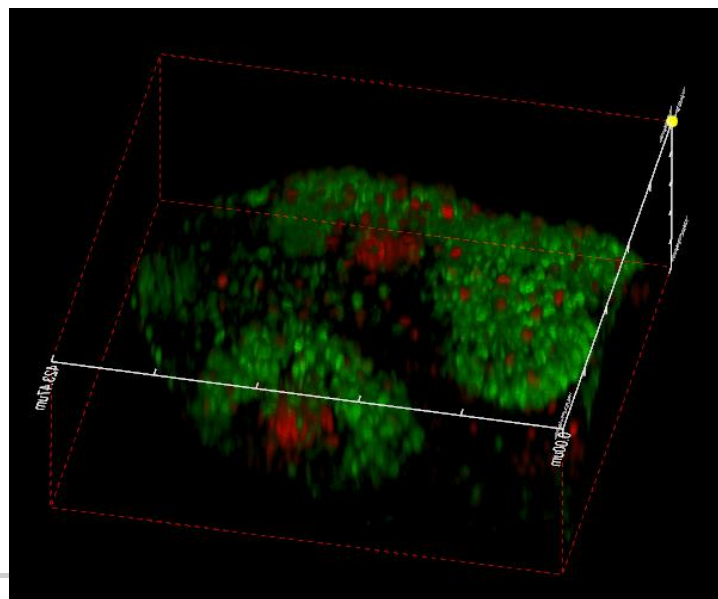
Section View

空气物镜

硅油物镜



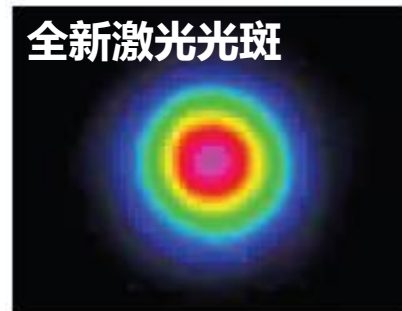
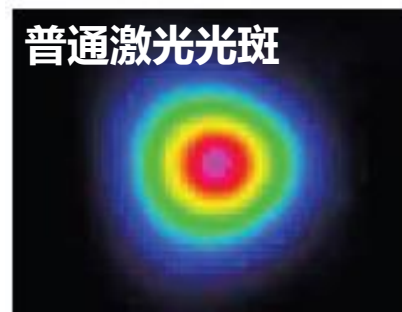
3D view



光源

- 全新7色**全固体**激光：**光斑质量高，功率稳，耗电低，寿命长**

激光器	适合染料或荧光蛋白
405 nm	DAPI、Hoechst、BFP
445 nm	CFP
488 nm	GFP、FITC、Fluo-4、GCaMP、Alexa488
514 nm	YFP
561 nm	CY3、TRITC、TMR、MT、DsRed
594 nm	mCherry
640 nm	CY5、Texas Red、Alexa647



- 激光反馈监控系统(Laser Power Monitor, LPM)**
监控激光功率，保证长时间观察的激光稳定性
- 0.01%-100% 高精度激光强度调节，**步进0.01%**

AOTF - 声光调制滤光片

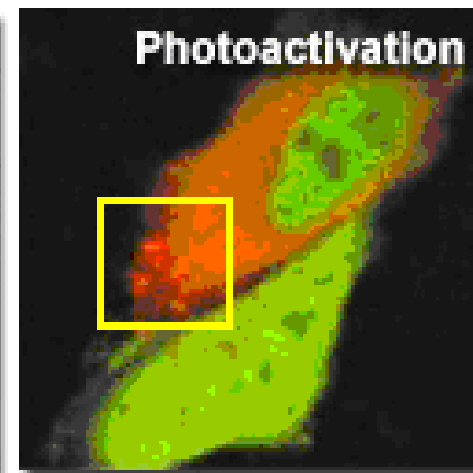
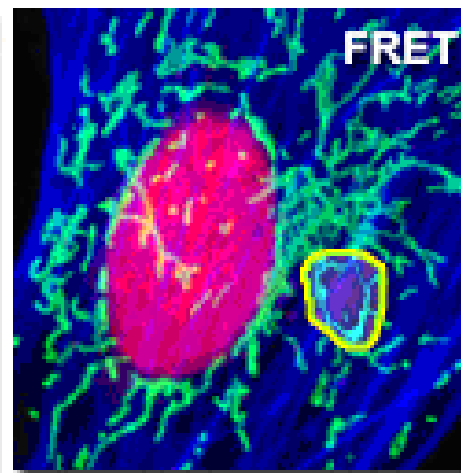
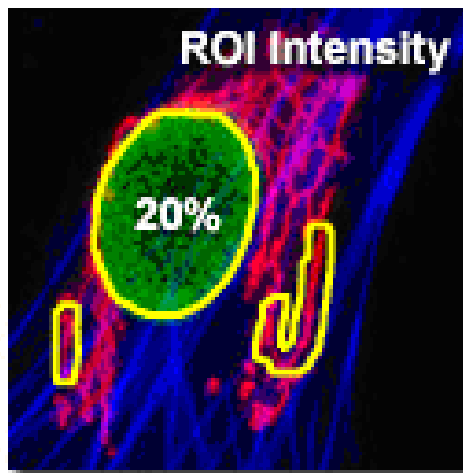
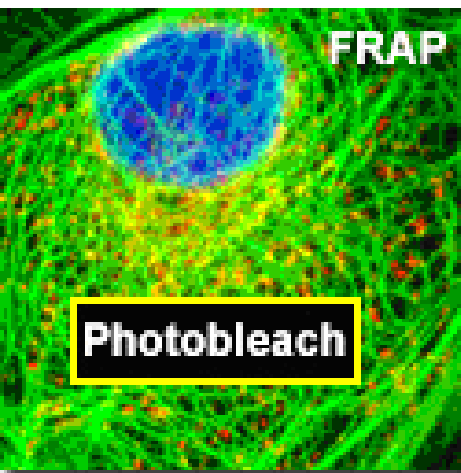


连续调节功率：0.1%激光强度调整，（FV3000可0.01%）

（普通ND滤色片只能1%调节）

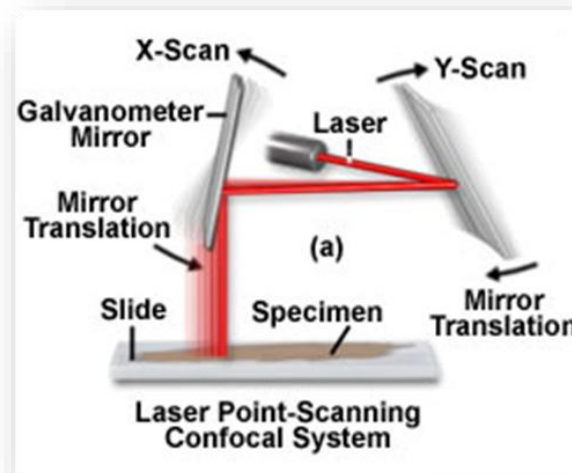
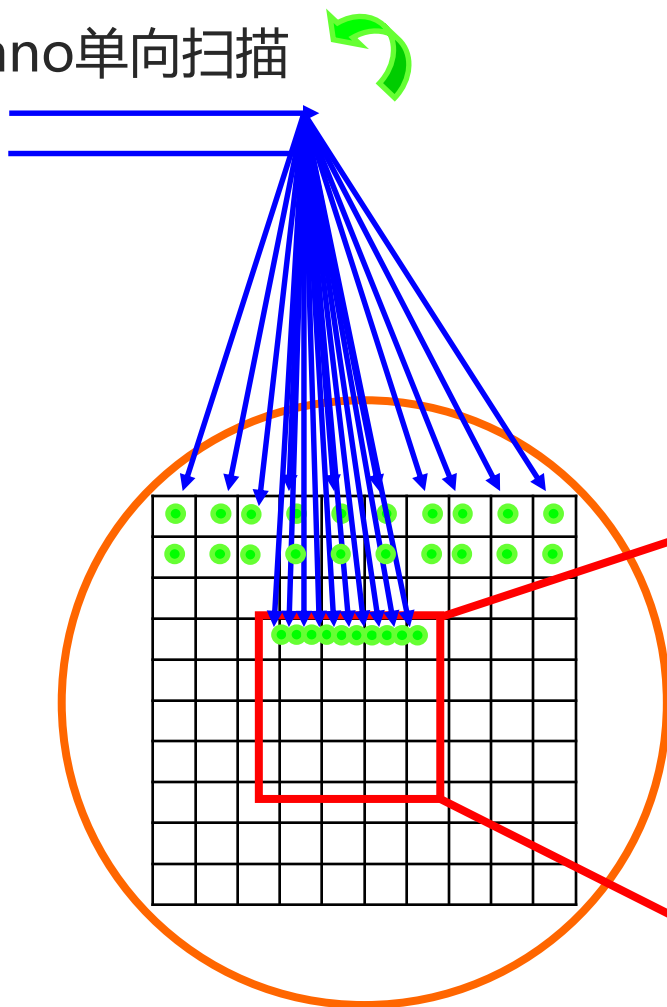
快速调节光闸：局部刺激和扫描，普通ND滤色片速度慢

快速光闸控制+局部ROI扫描：完成FRAP、FRET等实验

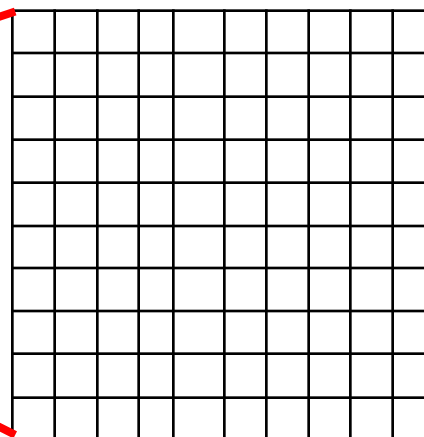


扫描单元

Galvano单向扫描



ZOOM 的意义？



能无限放大？

扫描单元



FV31-SU

常规高分辨率扫描单元

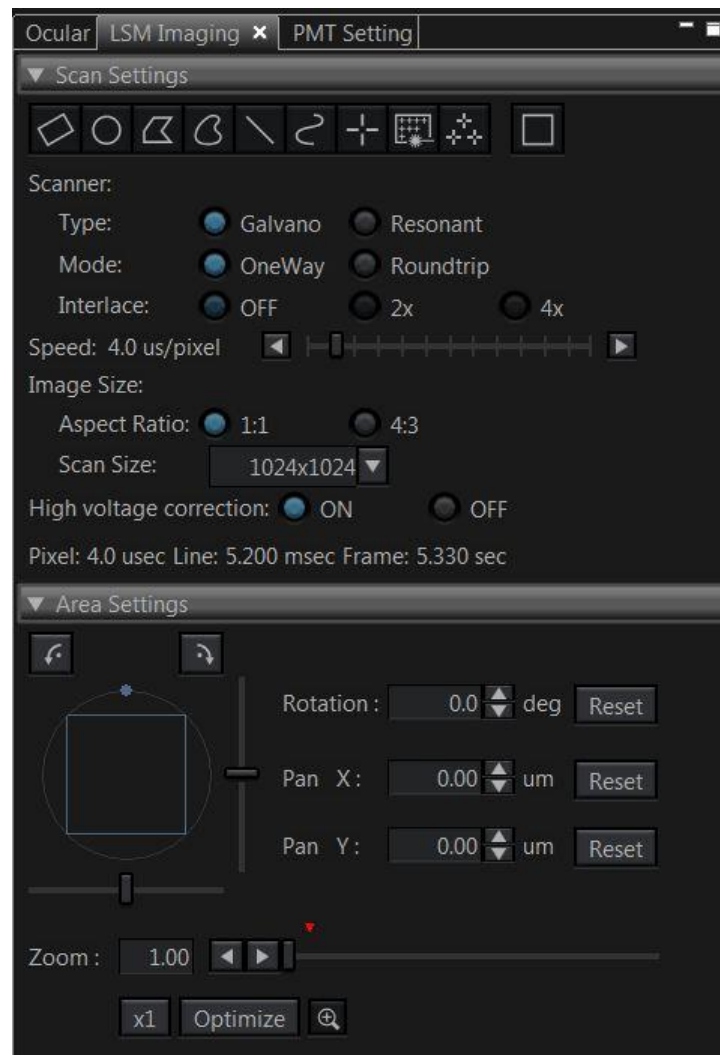
特点：点停留时间长，信噪比高
16 fps 512x512



FV31-HSU

共振/常规混合扫描单元

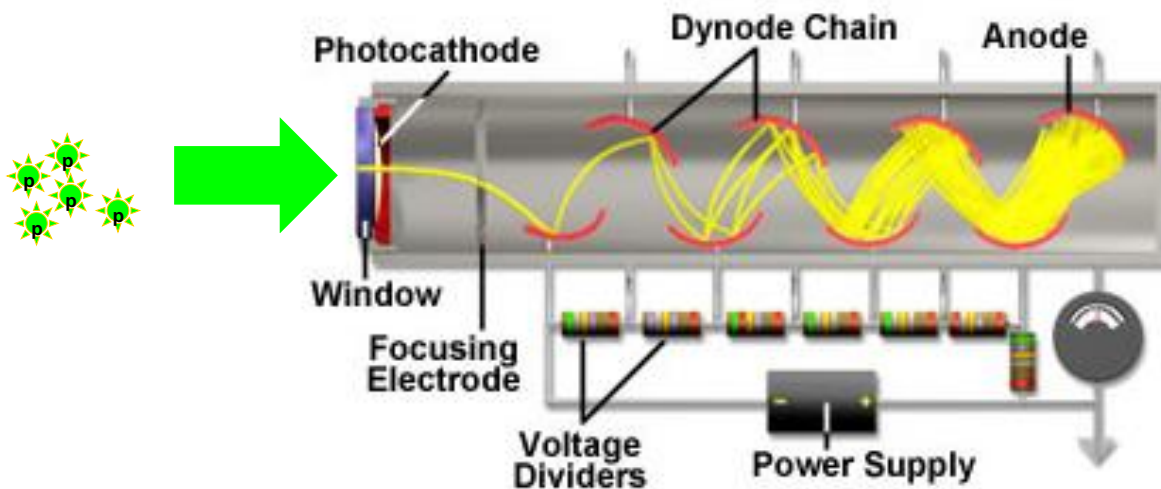
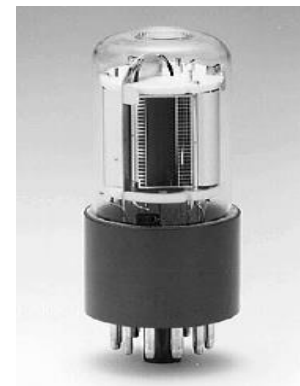
30 fps 512x512 全幅
438 fps 512x32 最快
特点：速度快，适用于追踪快速变化



检测器

PMT 光电倍增管——光信号转换成电信号并进行放大

- 点阵探测器
- 灵敏度高，响应快速 (μs)
- 噪声低，增益大
- 可探测紫外、可见光和近红外辐射

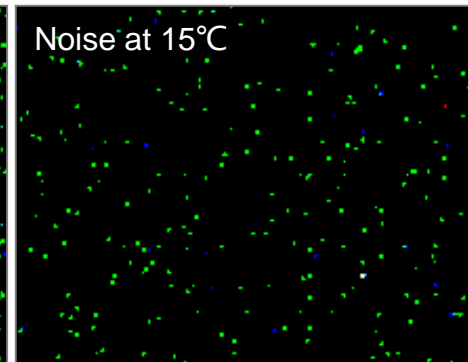
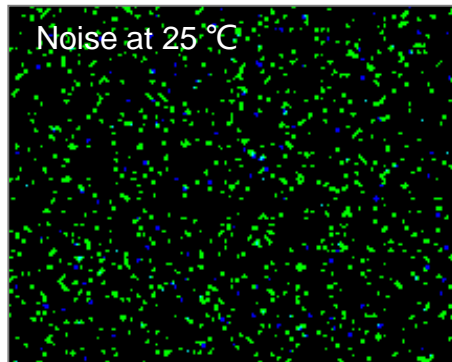
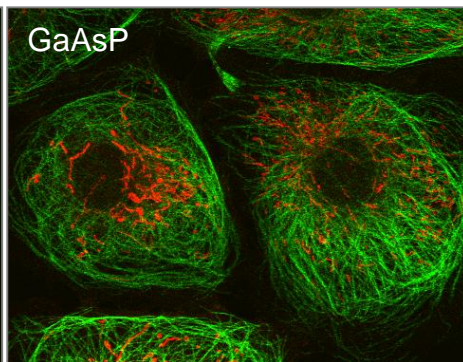
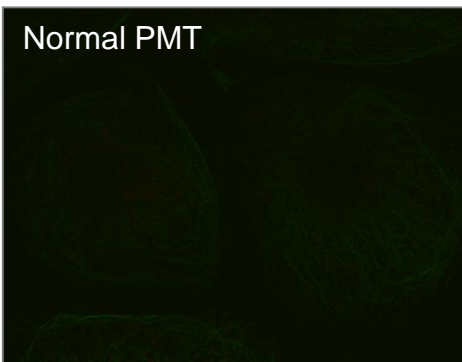
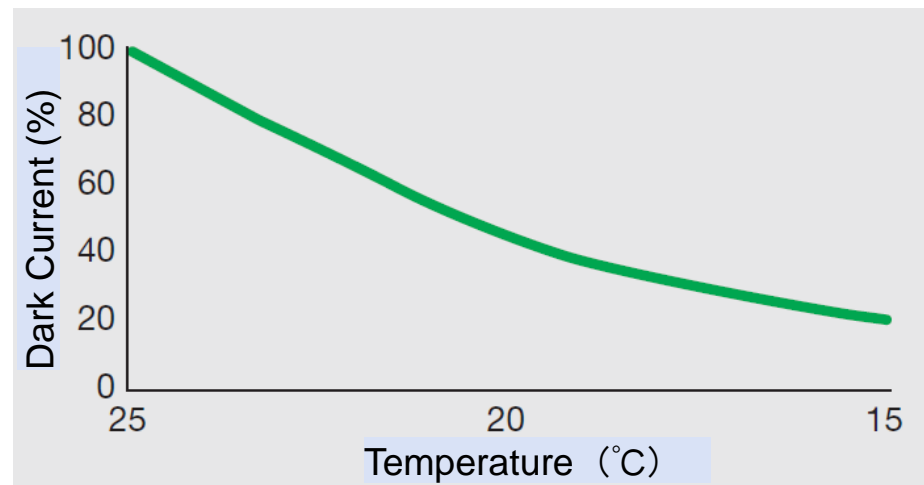
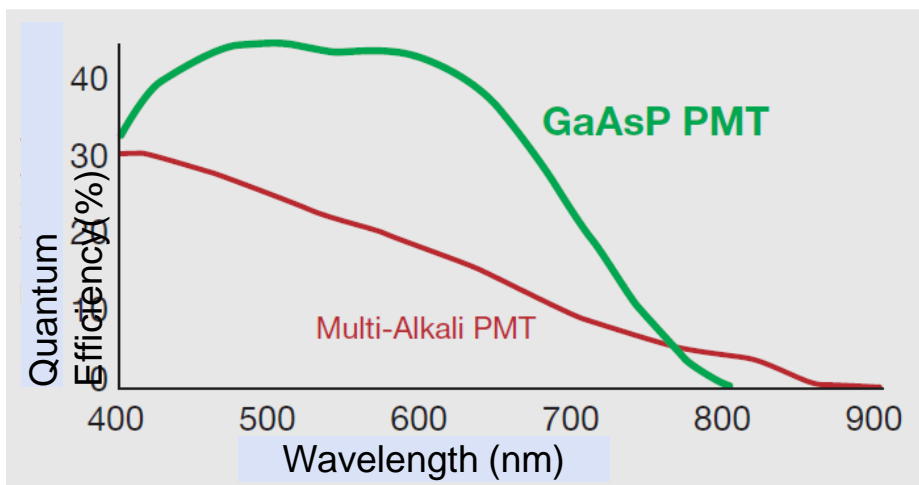


检测器

FV3000 制冷型 GaAsP 高灵敏检测器

量子效率提高 **2X**

信噪比提高 **5X**

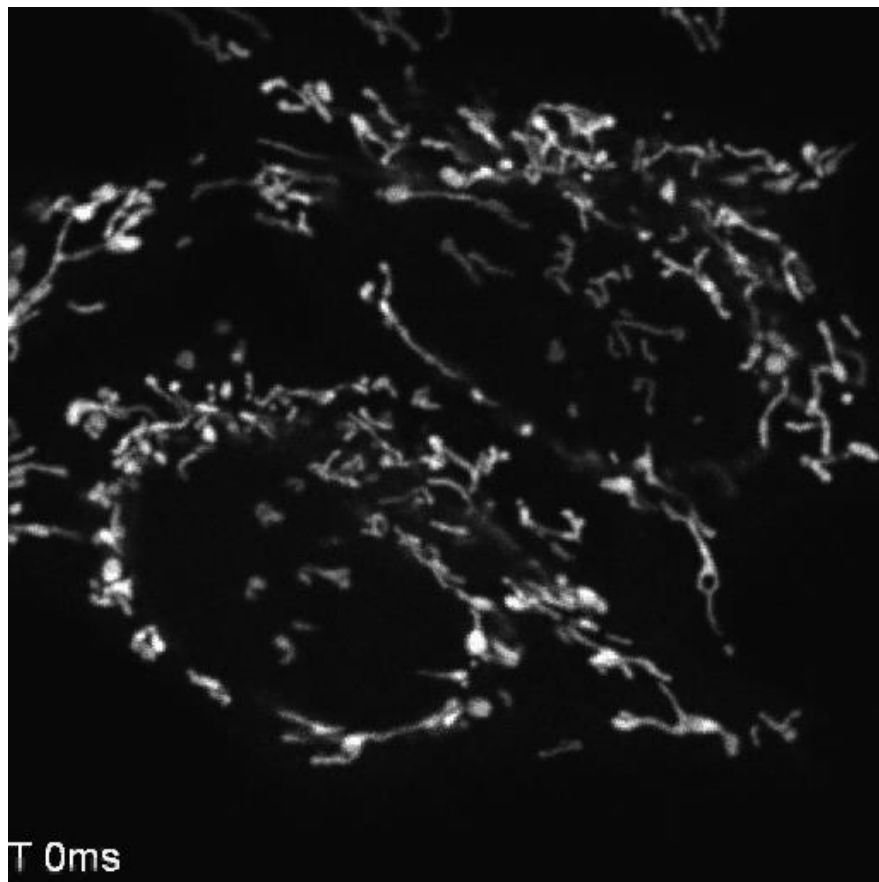


灵敏度低

高激光激发

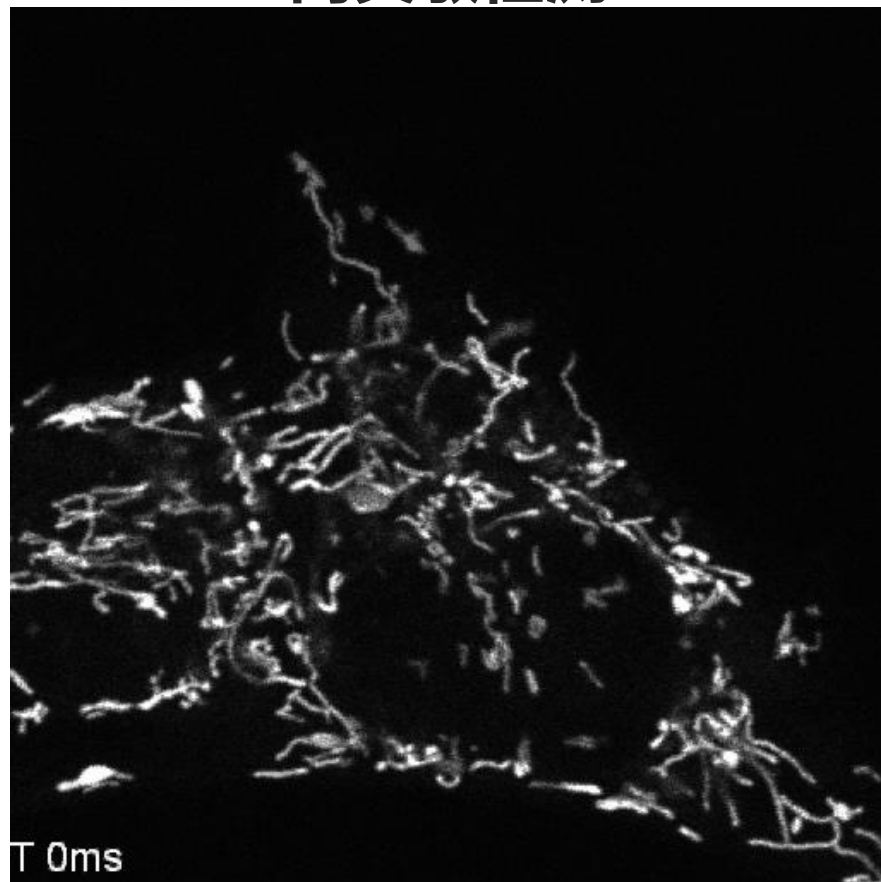
荧光淬灭，细胞状态差

普通检测



Laser **8%** 561nm
PMT 500V

高灵敏检测



Laser **0.1%** 561nm
PMT 500V

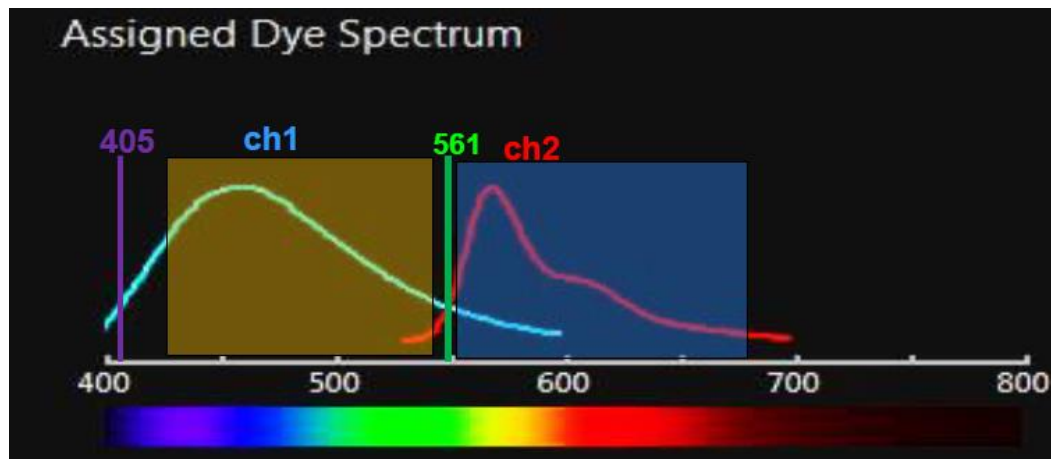
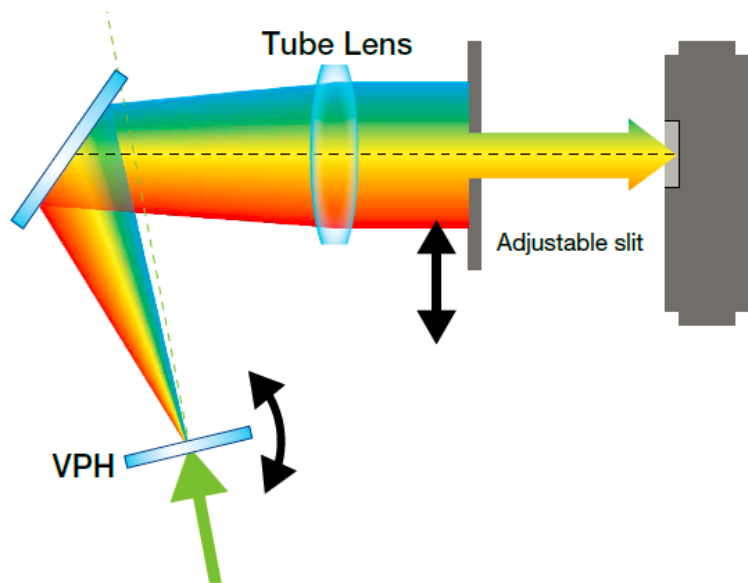
共聚焦荧光检测方式发展



	滤色片	棱镜	反射光栅
图解			
分光线性	无	非线性分光 (光谱分辨率 低)	线性分光 (光谱分辨率 高)
效率	高	较高	低
缺点	波长选择性差	非线性、受环境影响大	光效率低

FV 3000 四通道全真光谱检测

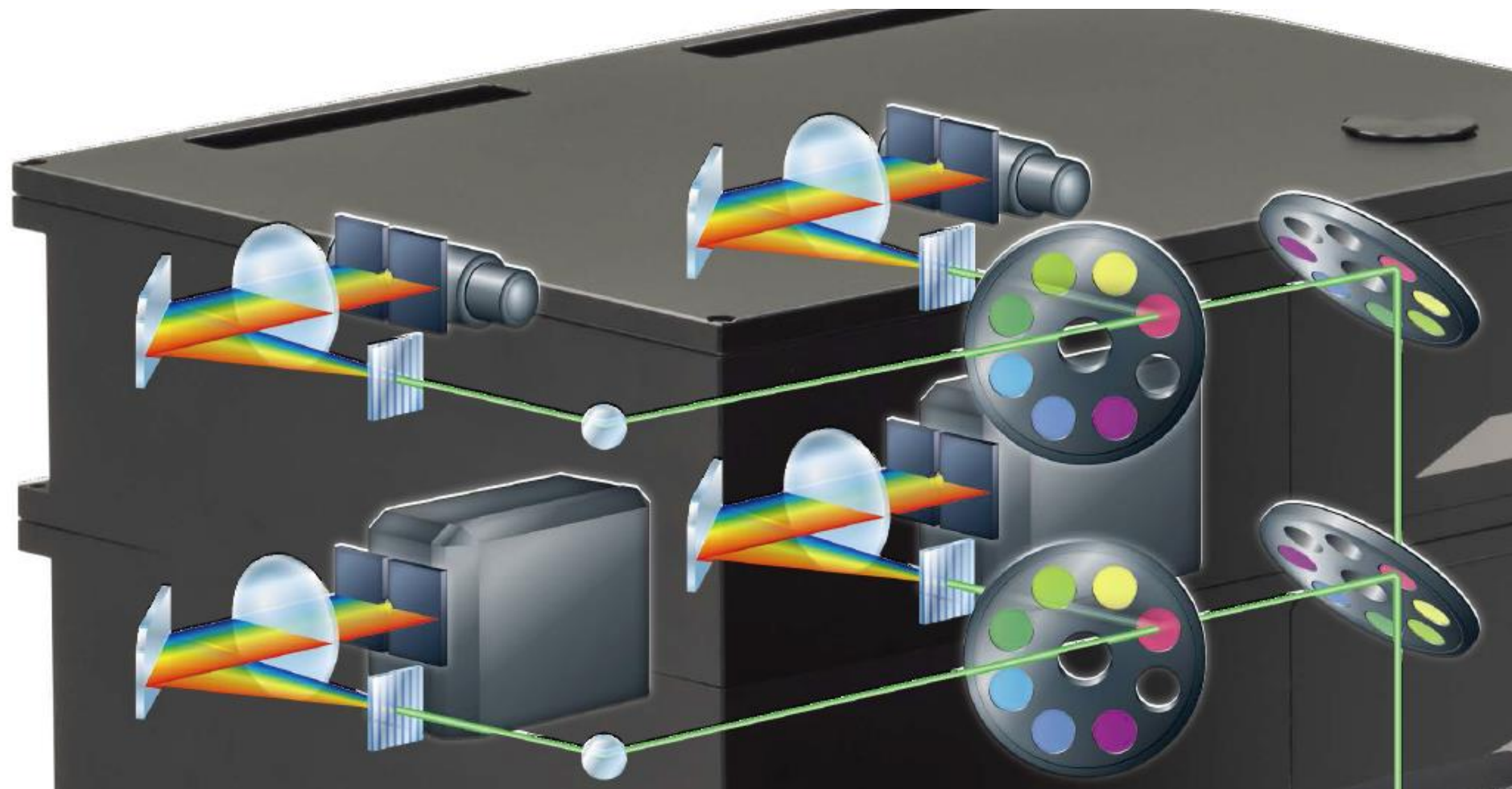
* US8530824B/JP5541972B/EP2395380A



Volume phase holographic diffraction grating
体相位全息衍射**透射光栅**

每个通道的接收波长都可以单独灵活调节

FV 3000 四通道全真光谱检测



辅助配件

防震台

高精度、高稳定性载物台

活细胞控制系统

焦点防漂移系统

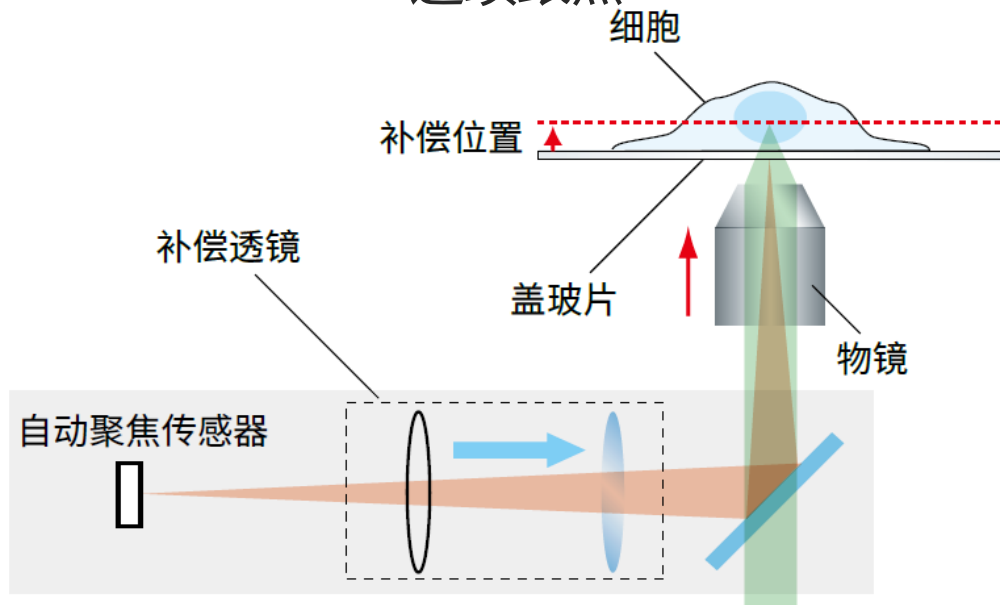
活细胞控制系统



- CO2浓度, 温度37°C, 湿度
- 气体混合功能
- 灌流加药系统

Z轴防漂移系统 ZDC2

- 自动聚焦
- 全程自动锁焦
- 连续跟焦



高精度软件

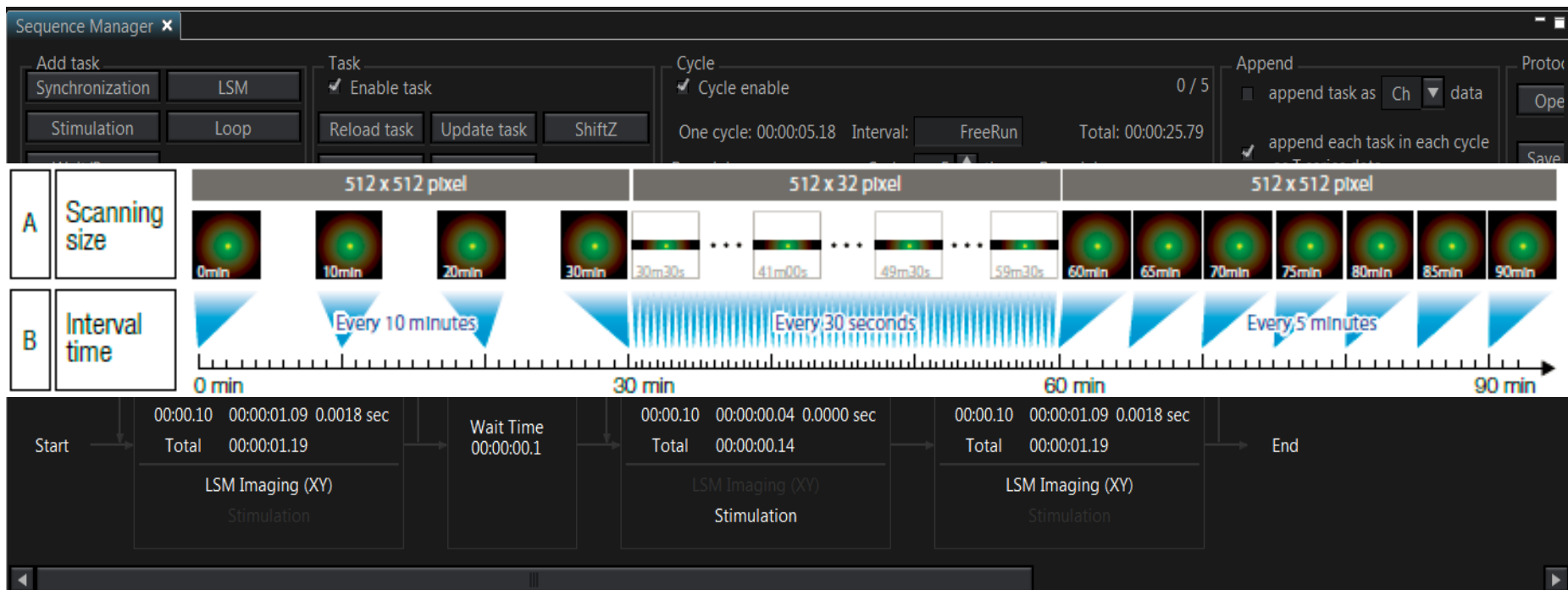
模块化设计，简单易用

The screenshot displays the Olympus LSM Imaging software interface, which is highly modular and user-friendly. The interface is divided into several key sections:

- Layout Manager (Left):** Allows users to save, update, delete, and export different layout configurations for various scanning tasks.
- Scan Settings (Top Left):** Configures the scanner type (Galvano or Resonant), mode (OneWay or Roundtrip), interface, speed, and image size.
- Area Settings (Middle Left):** Controls the scan area, including rotation, pan X/Y, and zoom.
- RFI Settings (Bottom Left):** Configures the RFI (Resonance Frequency Interference) settings for different channels (CH1-CH5).
- Microscope (Bottom Left):** Controls the objective lens and ZDC (Z-axis control).
- Live View (Center):** Displays a real-time image of the sample being scanned, with a grid overlay and registration information.
- Graph (Bottom Center):** Shows a live graph of intensity versus time, with various line styles and colors for different channels.
- Acquisition (Top Right):** Controls the acquisition process, including the start/stop buttons and the acquisition sequence.
- Viewer (Right):** Displays the current scan condition, total scanning time, and remaining time.

高精度软件

软硬件同步控制：
Sequence Manager 帮助您轻松设计复杂实验



小结

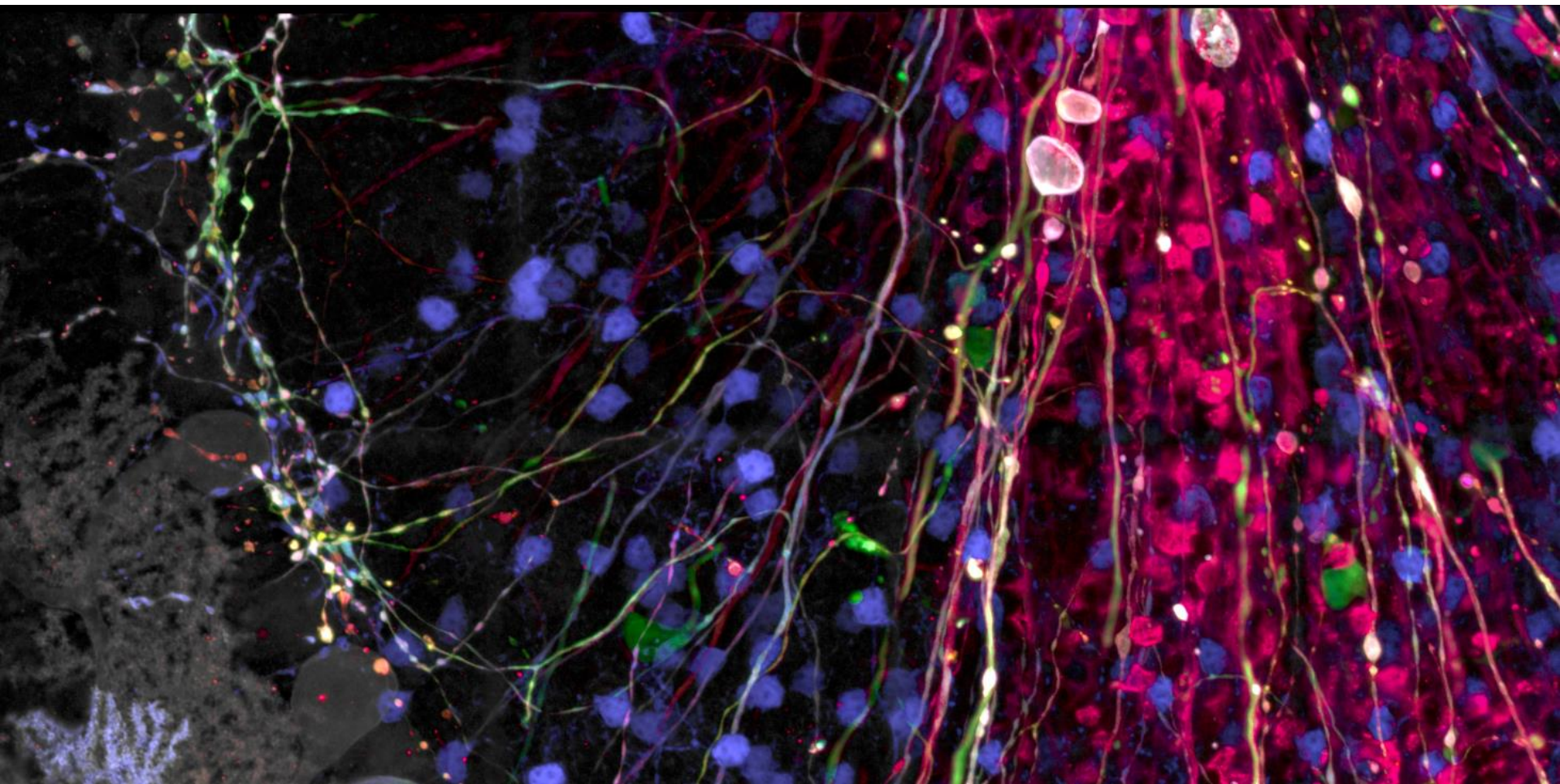
- 荧光的激发和发射光谱
 - 物镜、分光镜
 - 共聚焦——光学CT、三维重构
 - 针孔、点扫描
 - 光谱检测
-

内容：

- 激光扫描共聚焦的基础与组成
- 激光扫描共聚焦技术应用实例
- 激光扫描共聚焦成像常见问题交流

多色成像

同步四色 全光谱通道



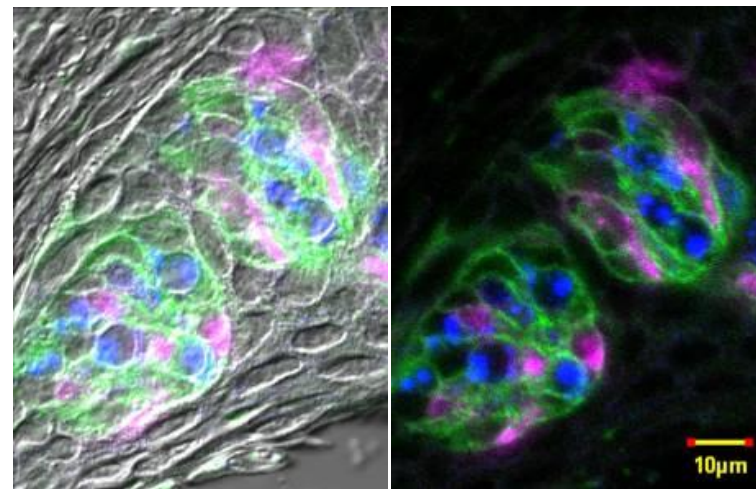
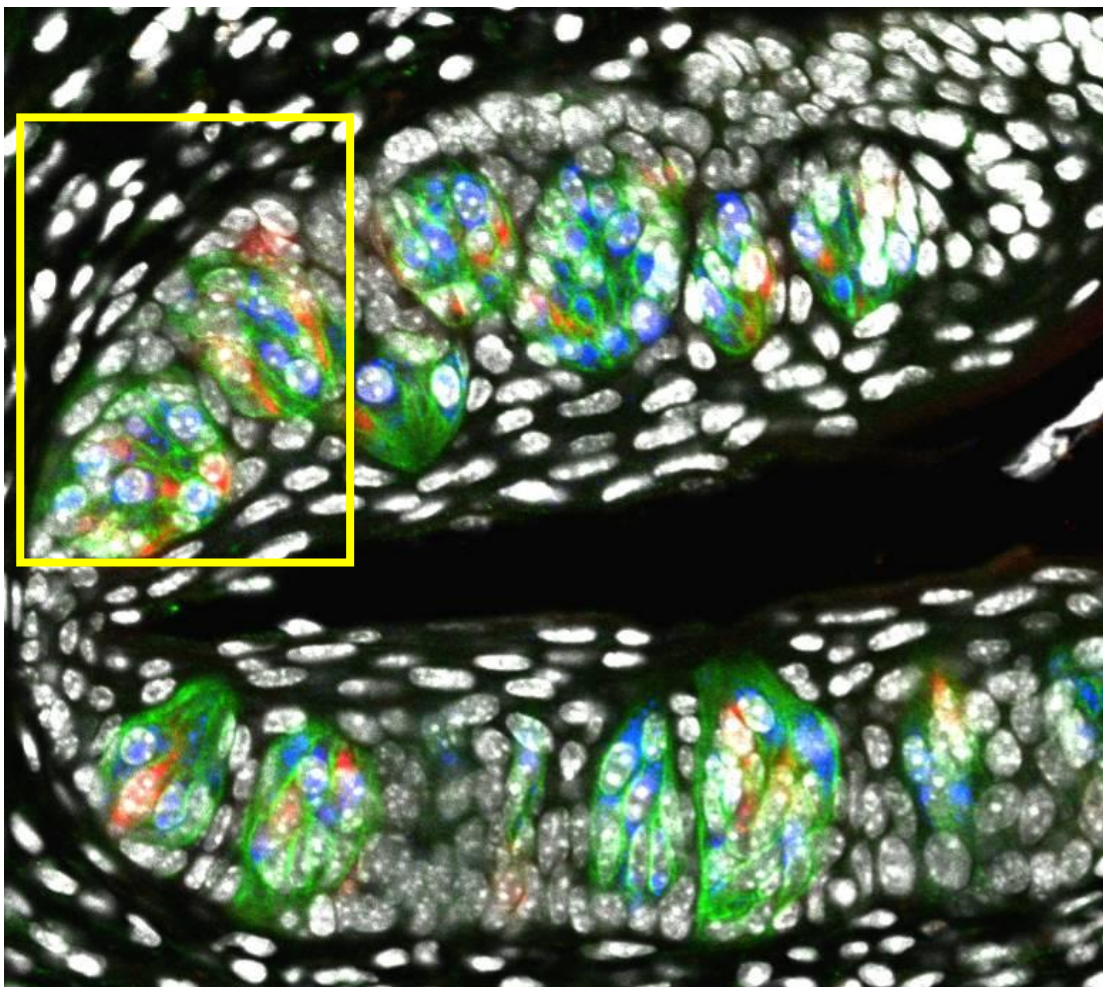
四标标本：Brainbow AAV转染的浦肯野细胞的胞体、树突、轴突以及非特异性染色的粒细胞。

多色成像

4色荧光 + 透射光成像：

小鼠味蕾细胞

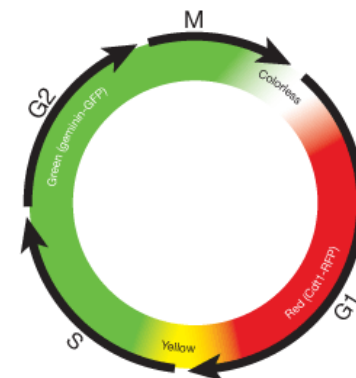
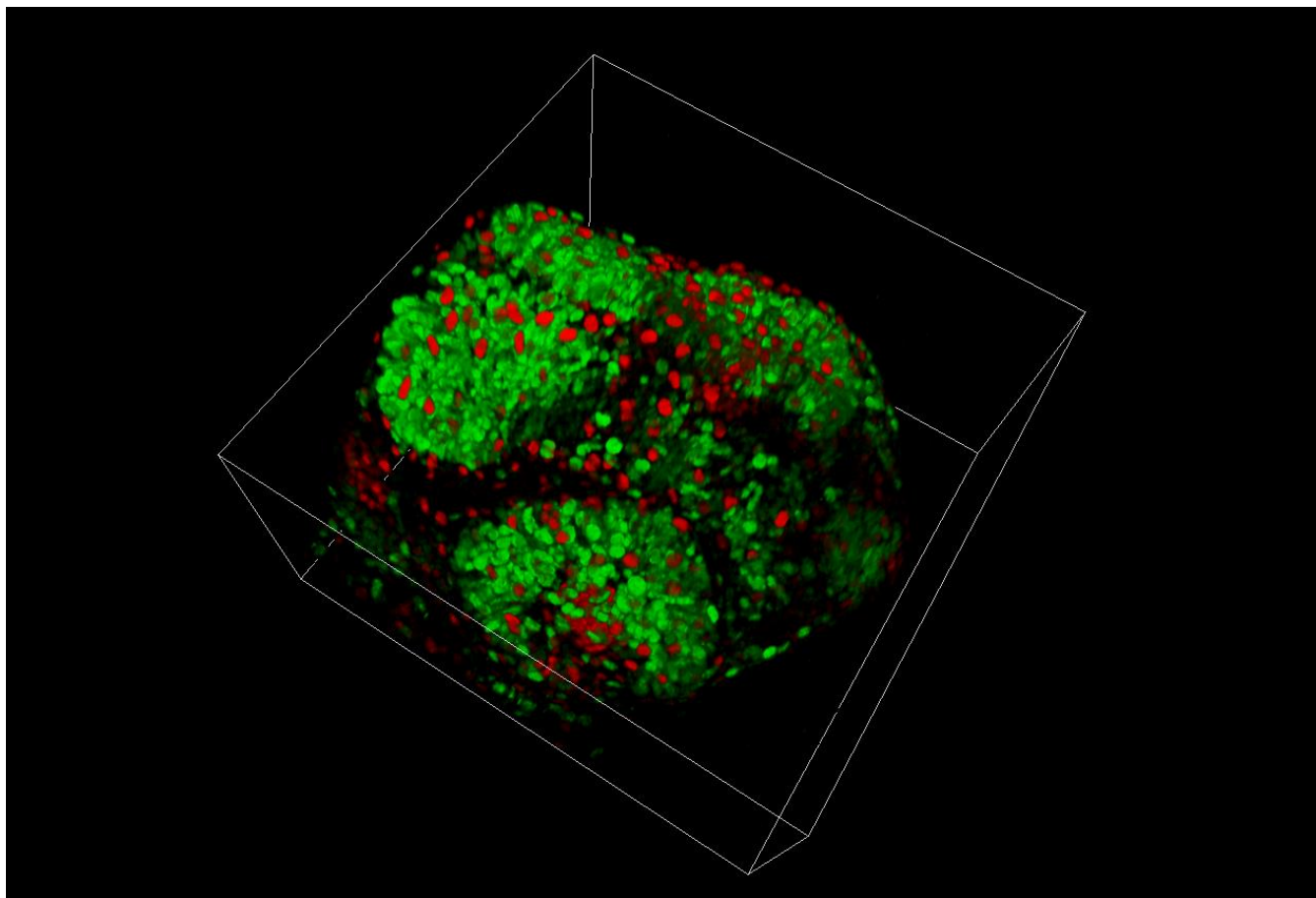
DAPI (白) : 核
 AlexaFluor488 (緑) : 蛋白1
 Fast Red (赤) : mRNA 2
 AlexaFluor647 (青) : mRNA 3



画像ご提供：
 東京大学大学院 農学生命科学研究科
 機能性食品ゲノミクス 應本真先生・松本一朗 客員助教授

三维成像

斑马鱼胚胎，转基因 Fucci (绿 : S/G2/M期，红 : G1期)



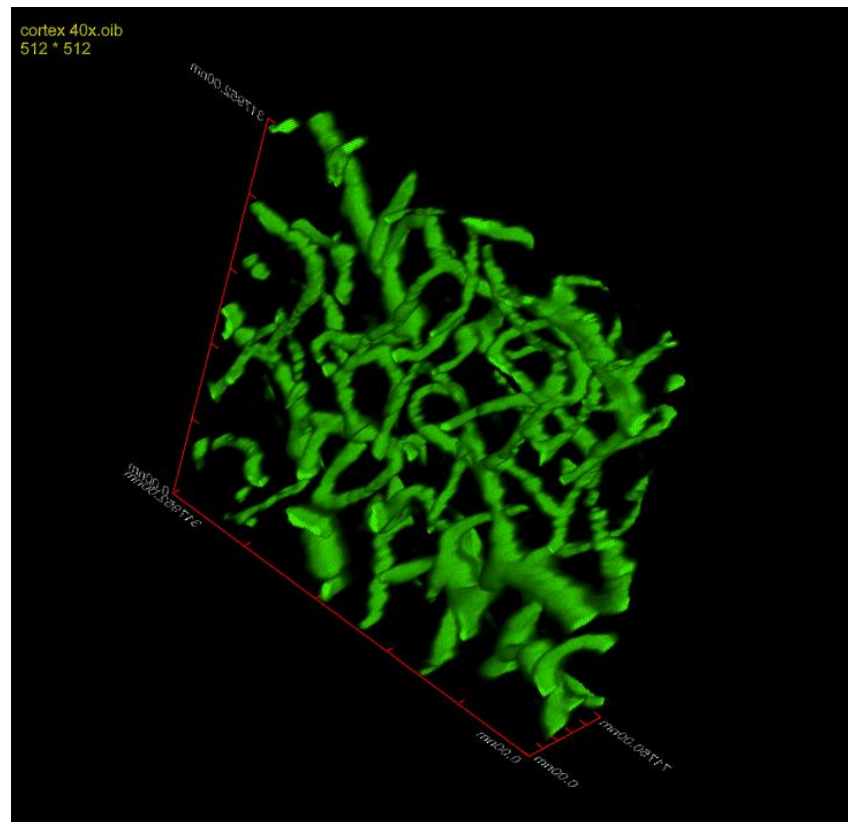
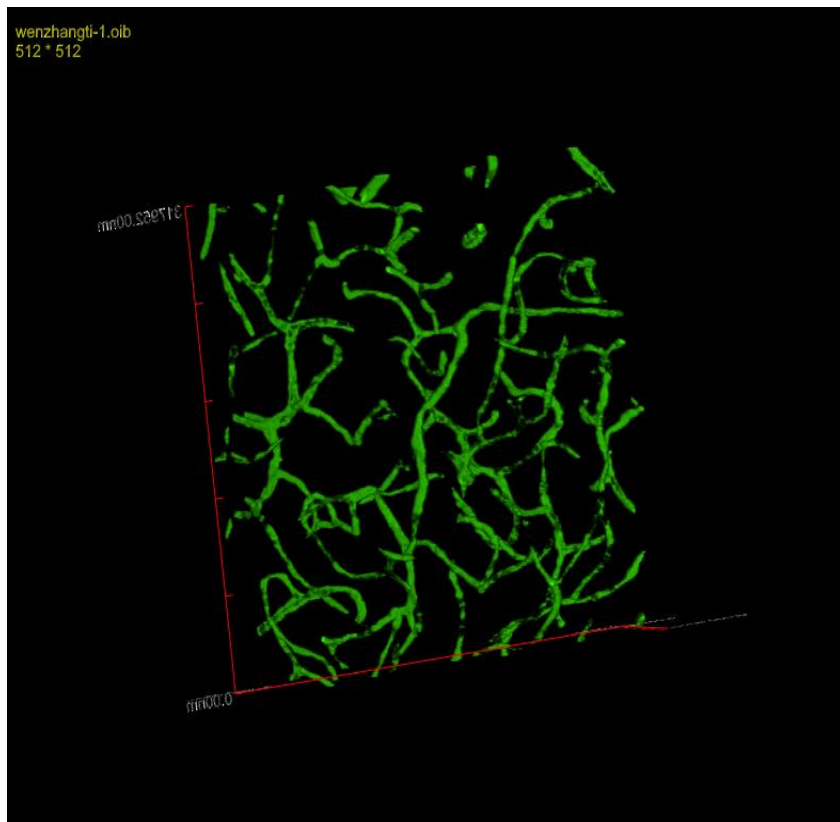
理化学研究所
脑科学総合研究
杉山真由 先生、
宮脇敦史 先生

三维成像

血管三维重建和切割

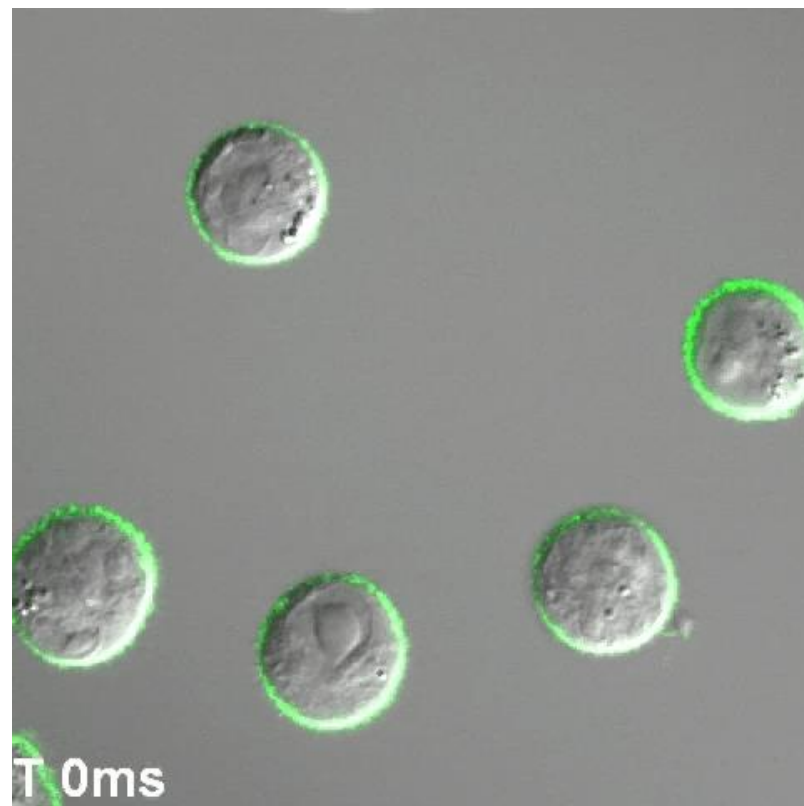
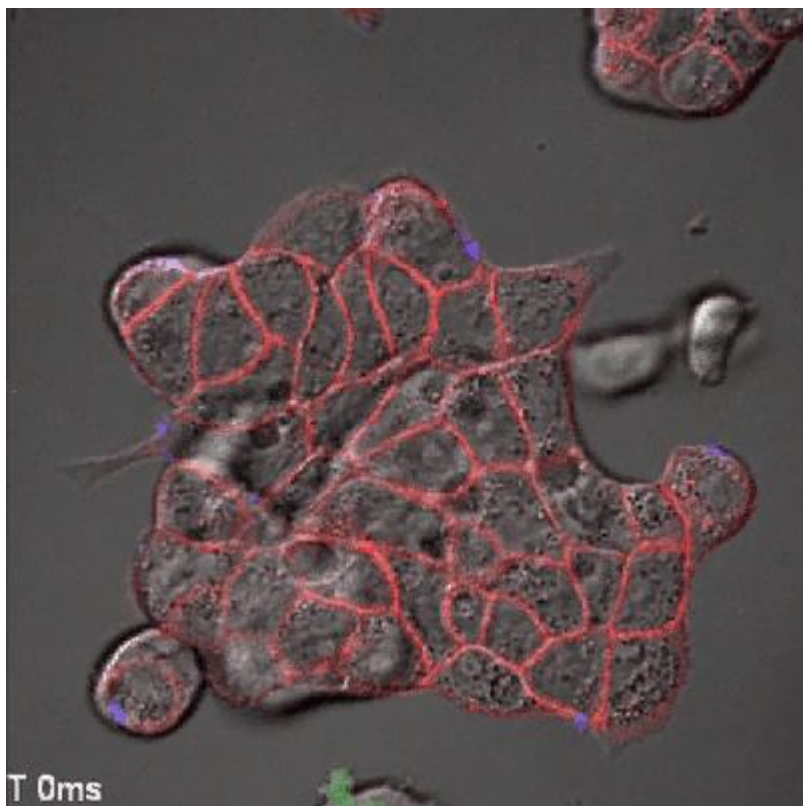
加药前

加药后



延时成像

药物杀伤肿瘤细胞 长时间追踪成像

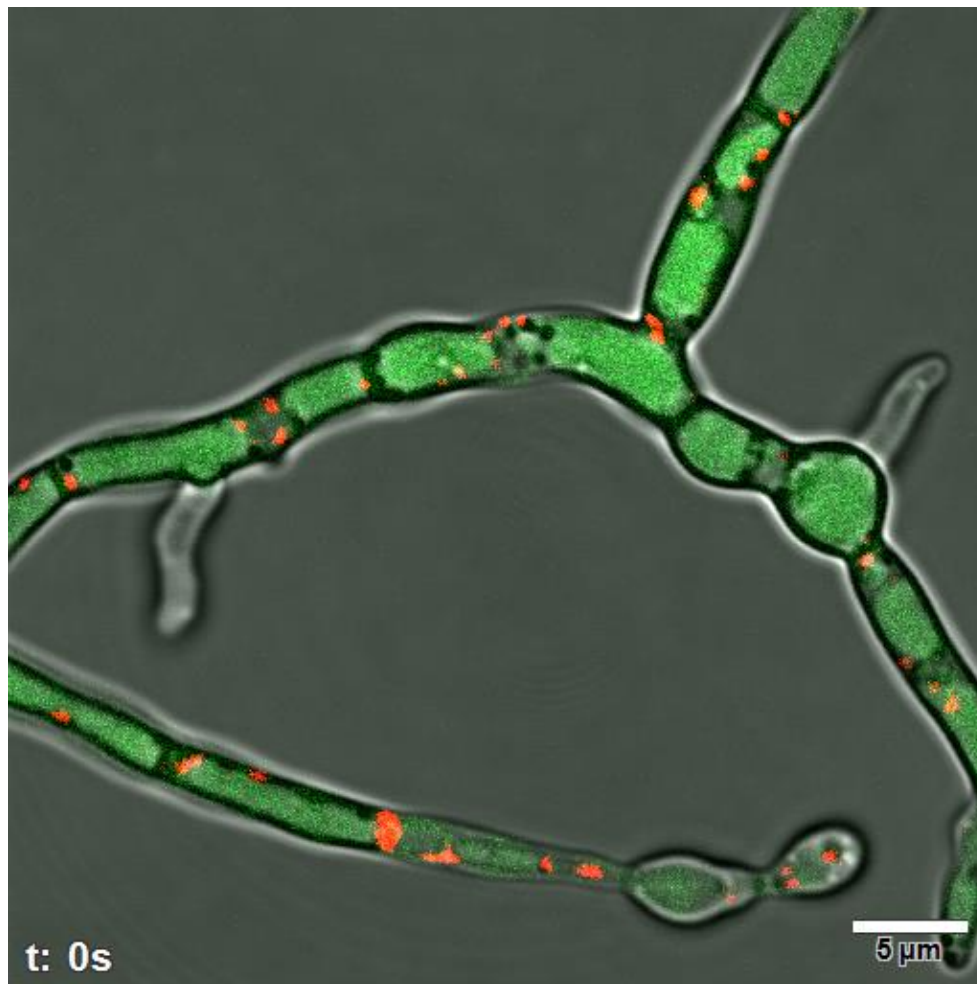


- Cetuximab: Alexa Fluor 647 , antibody drug (red)
- Nature Killer cells: ZsGreen (green)
- Detection of dead cells: DAPI (blue)

Green: antibody drug, Red: PI

延时成像

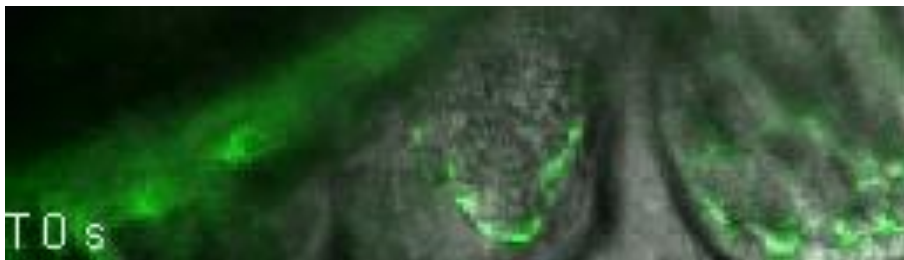
菌丝中蛋白的降解



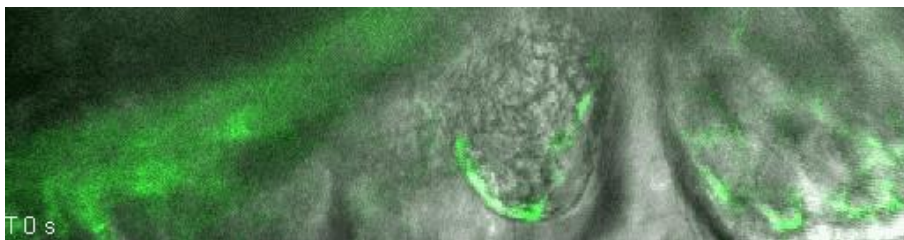
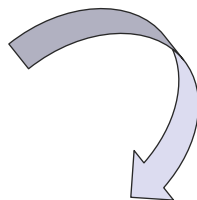
100x objective, 488/561, 0.01%

延时成像（快速）

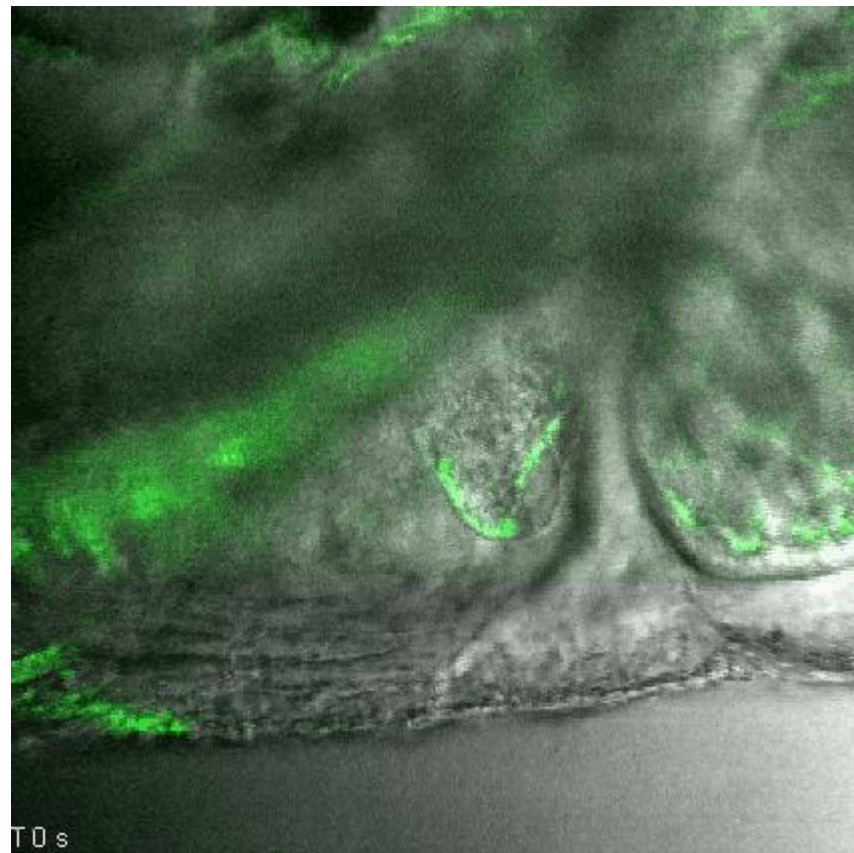
斑马鱼4天的胚胎心脏



8 fps



100fps 看清每一次心跳的细节



30fps 512 X 512全幅

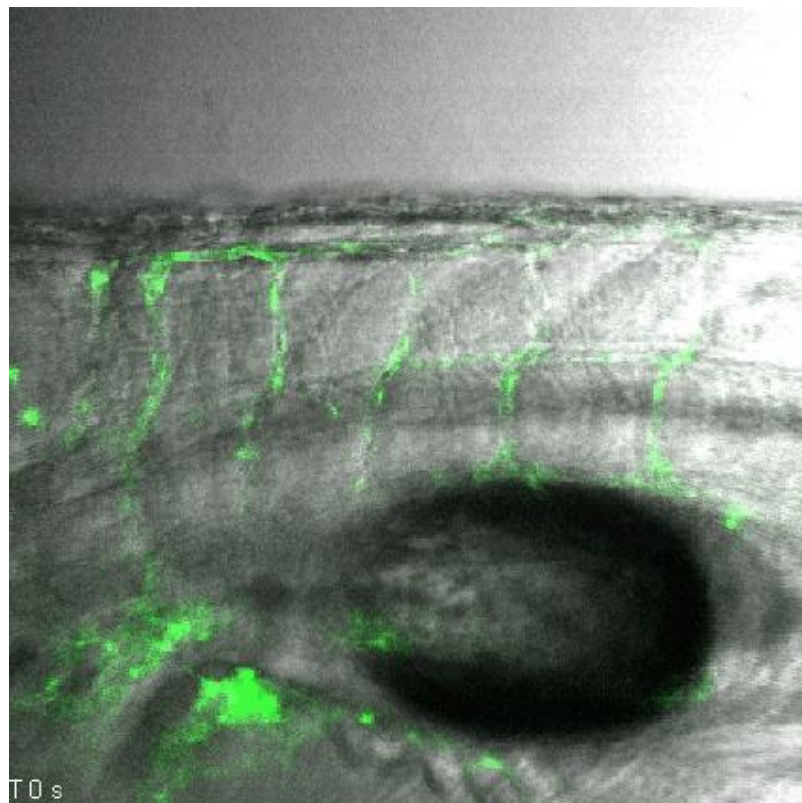
Image data courtesy of; Director Naoki Mochizuki

Department of Cell Biology, National Cerebral and Cardiovascular Center (Japan)

延时成像（快速）

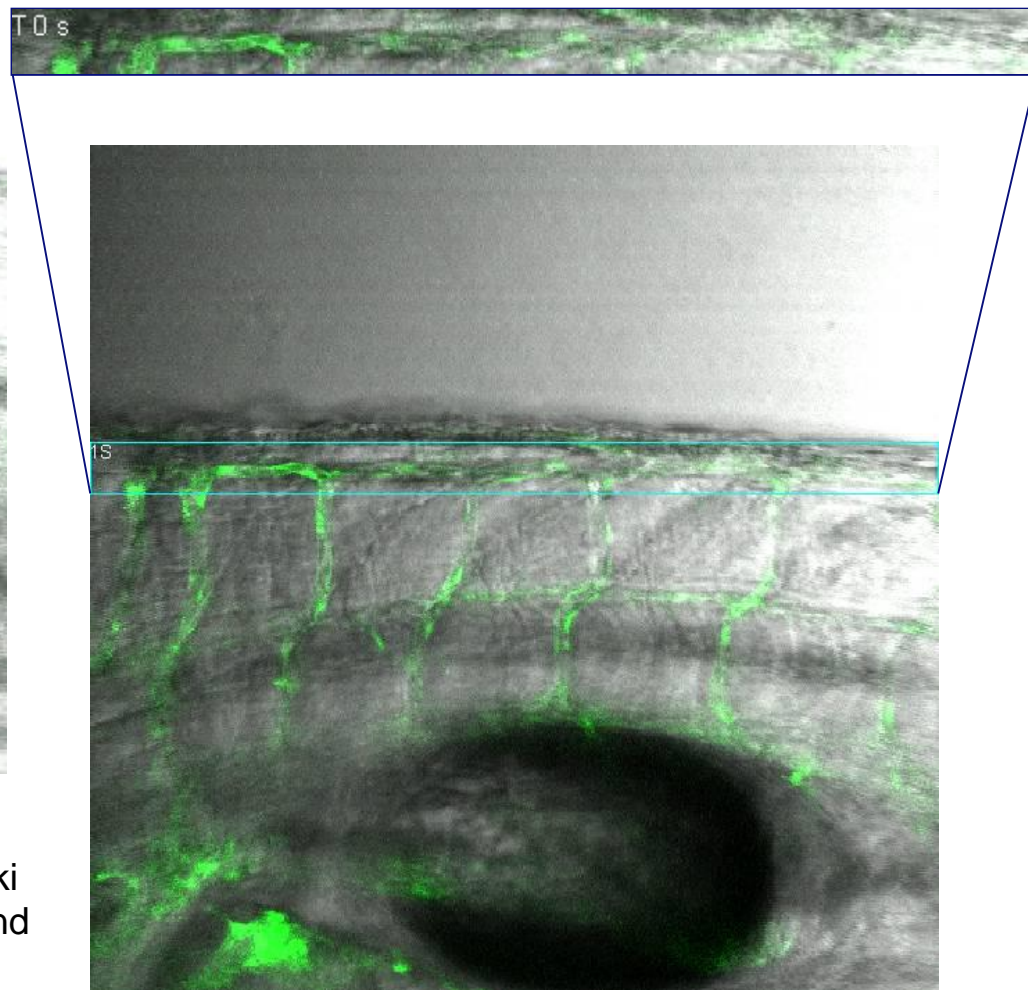
EGFP标记血管内皮细胞

438fps 看清每一个 **运动** 的 **细节**



30fps 512 X 512全幅

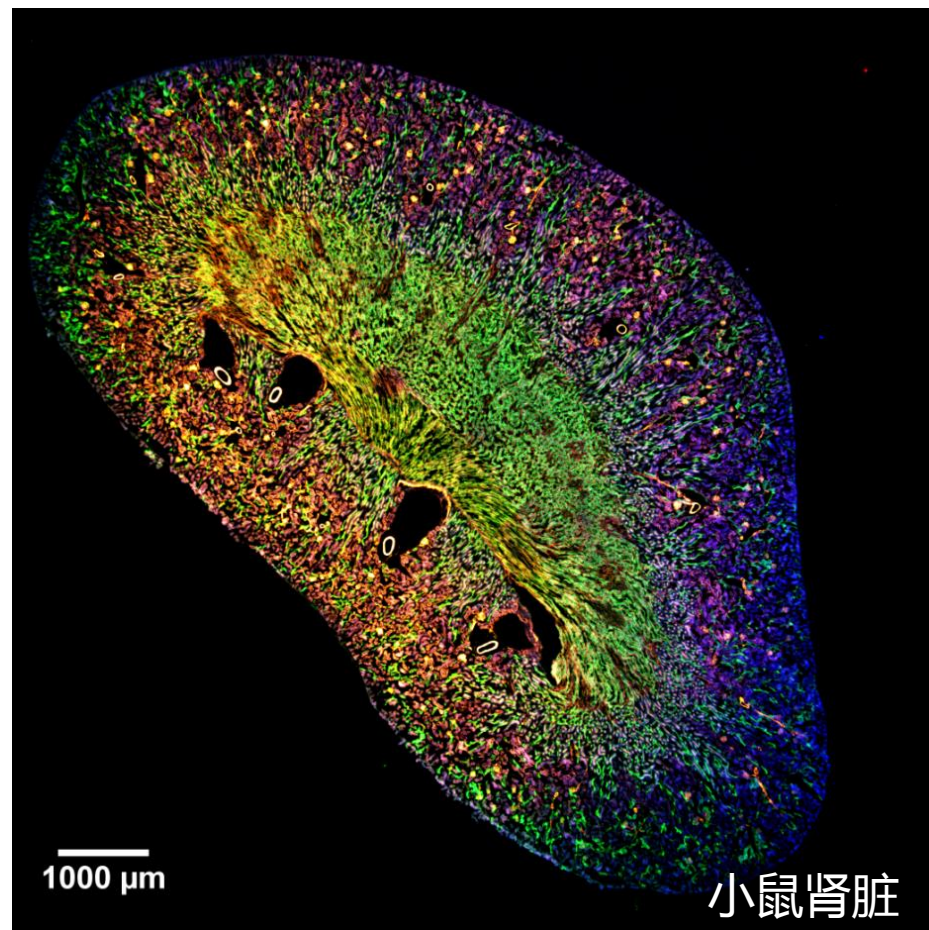
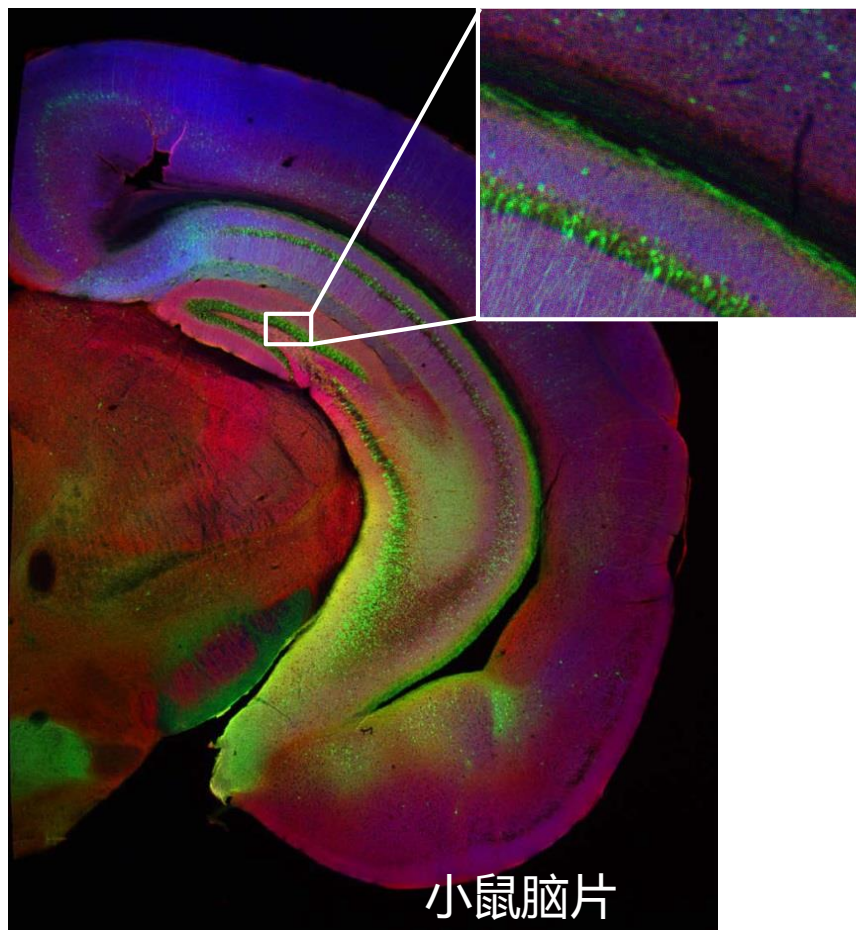
Image data courtesy of; Director Naoki Mochizuki
Department of Cell Biology, National Cerebral and
Cardiovascular Center (Japan)



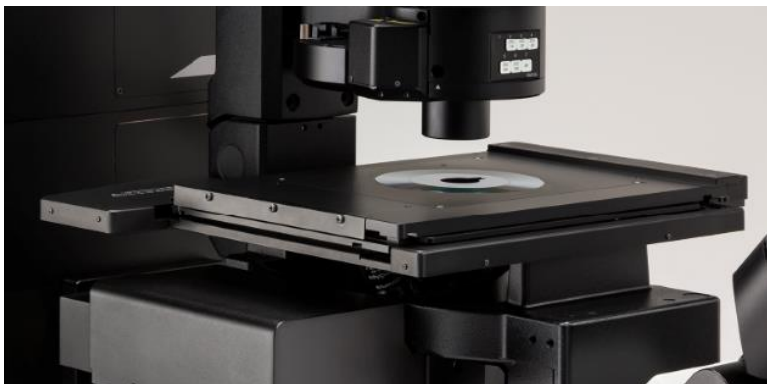
多点成像和大视野拼图

宏观到微观

1.25X宏观超低倍成像物镜 10mm X 10mm

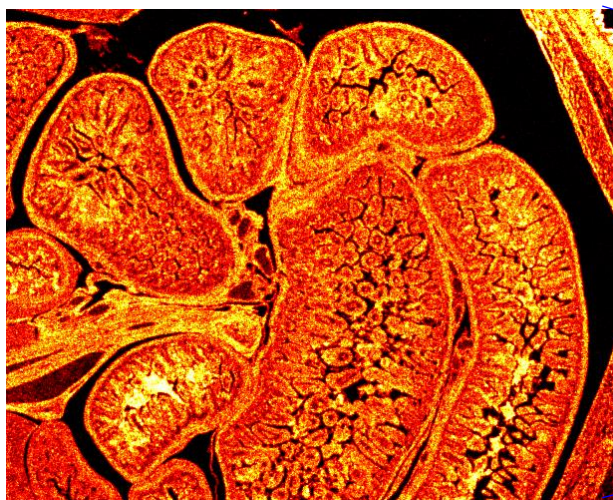
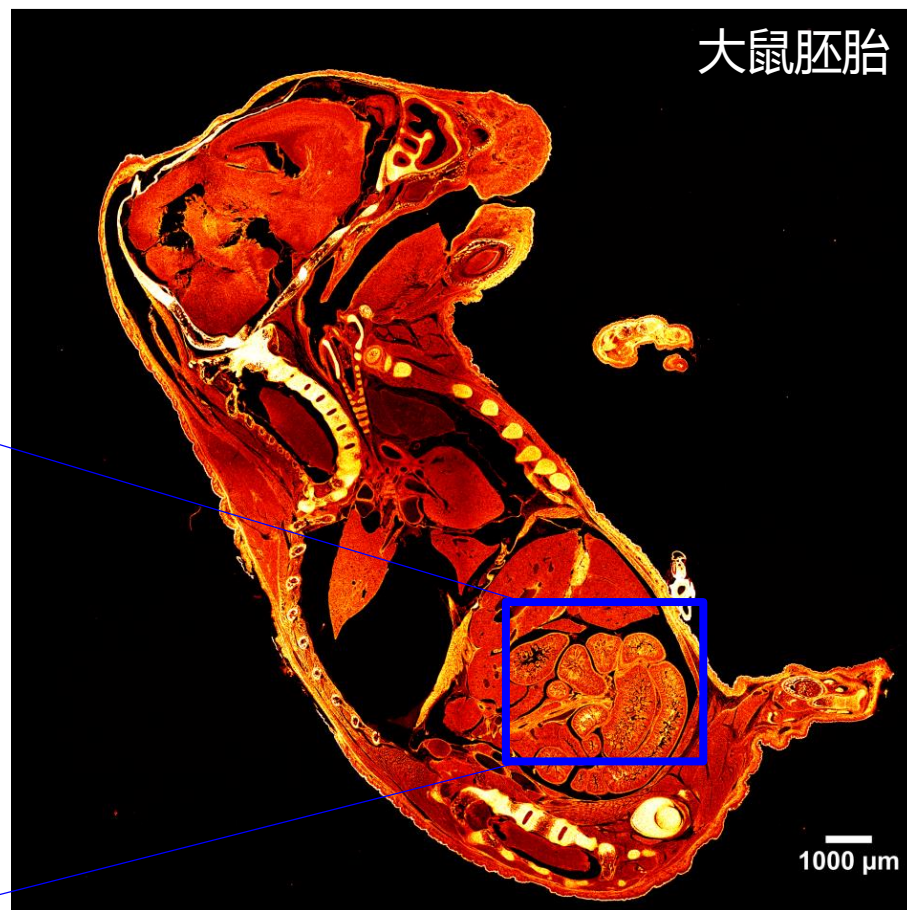


多点成像和大视野拼图

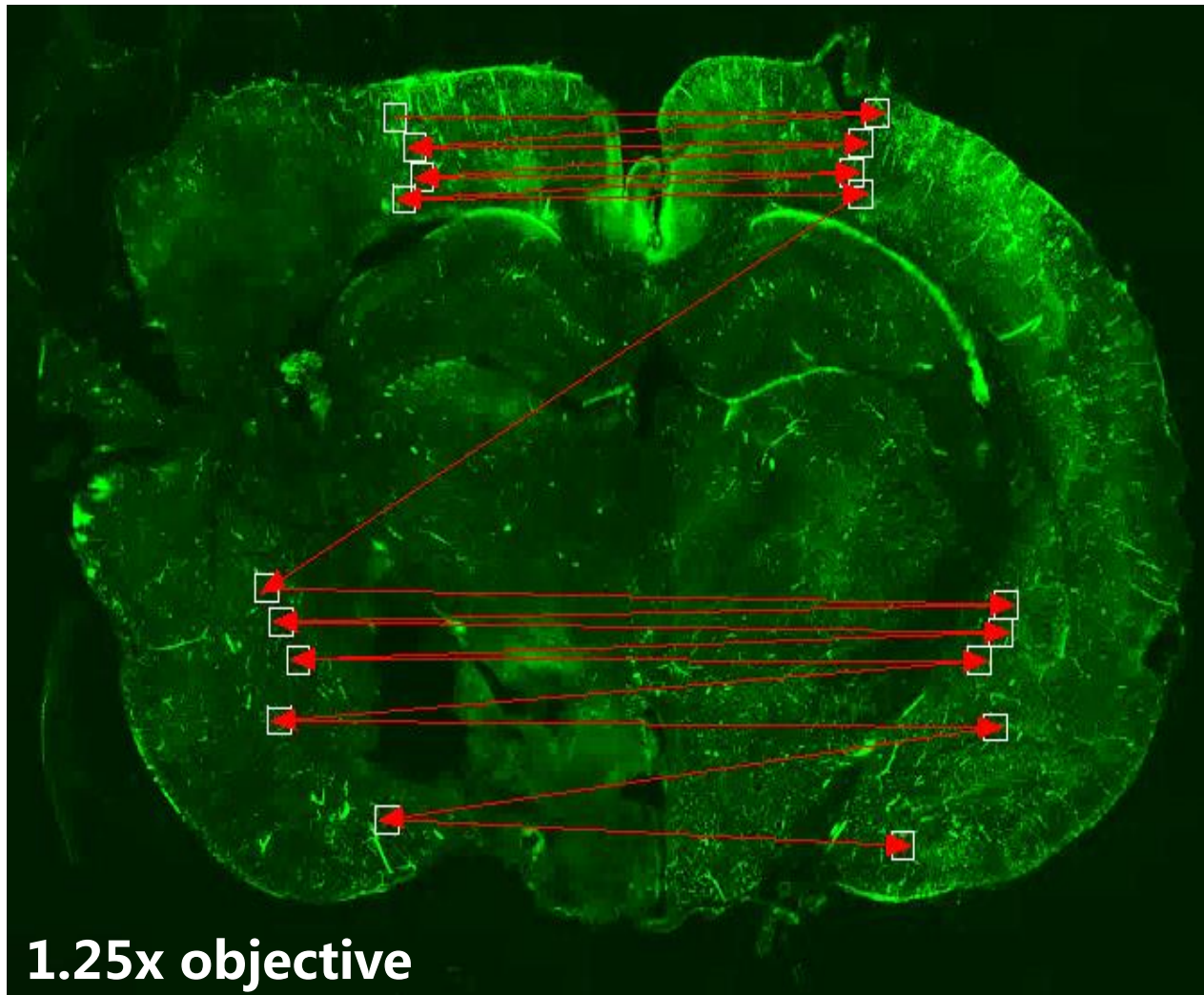


超声电动载物台

1.25X物镜，2X2成像，20mmX20mm



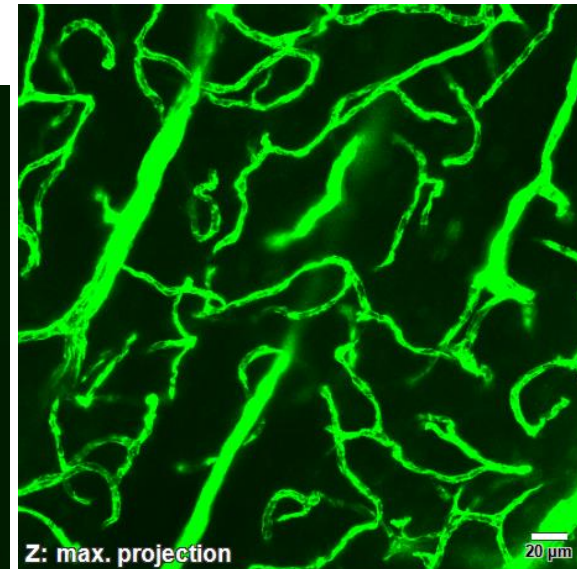
多点成像



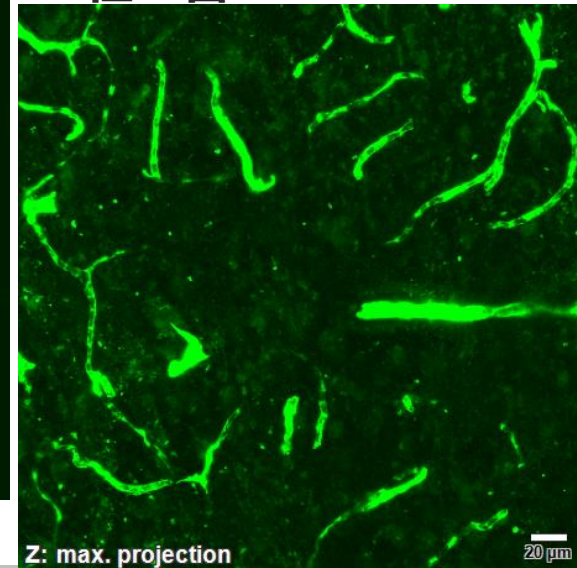
1.25x objective

Cerebral infarction in mouse brain slices , FITC staining

正常血管

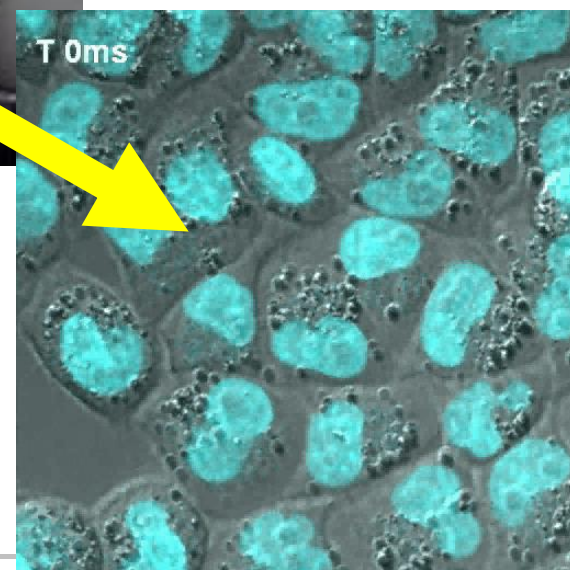
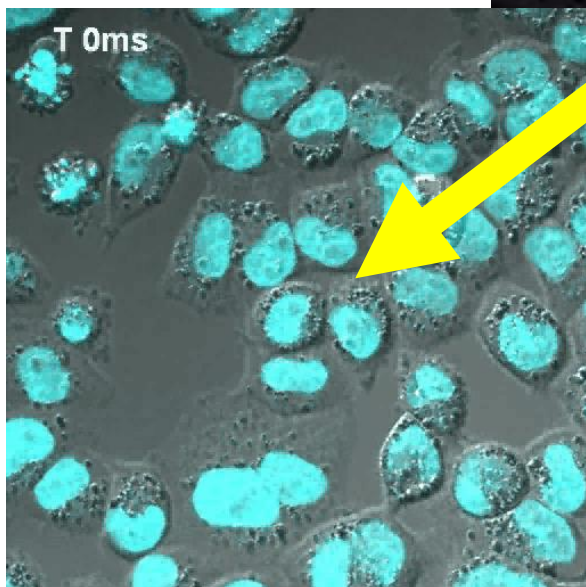
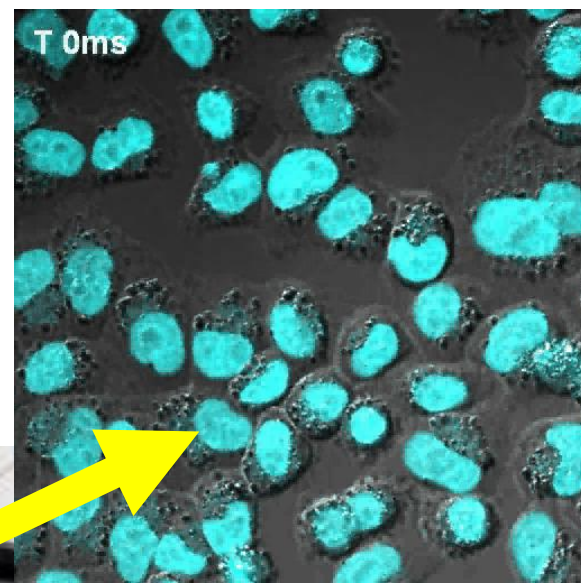
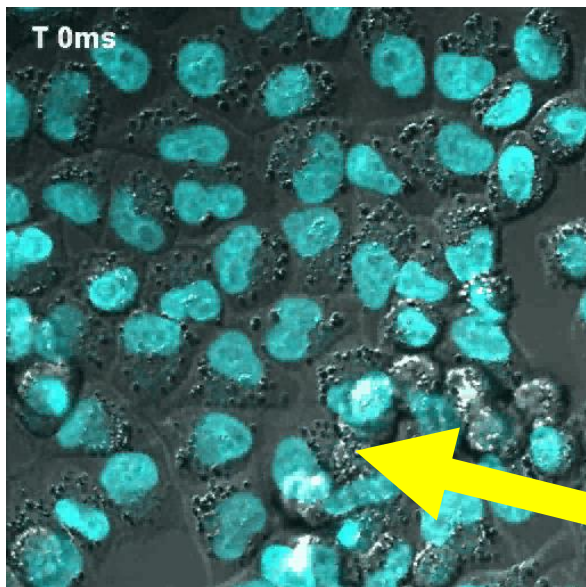


血栓血管

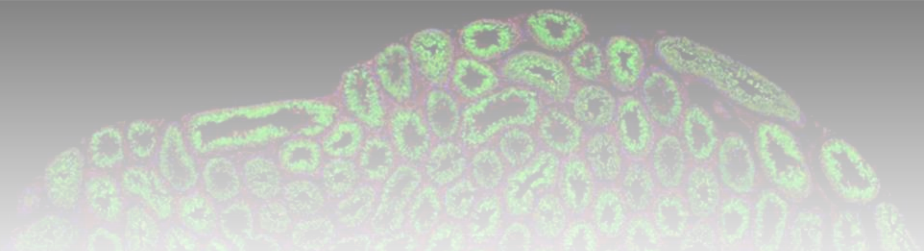
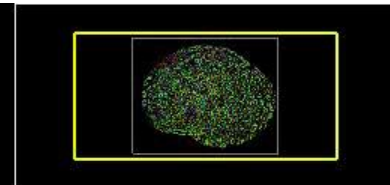
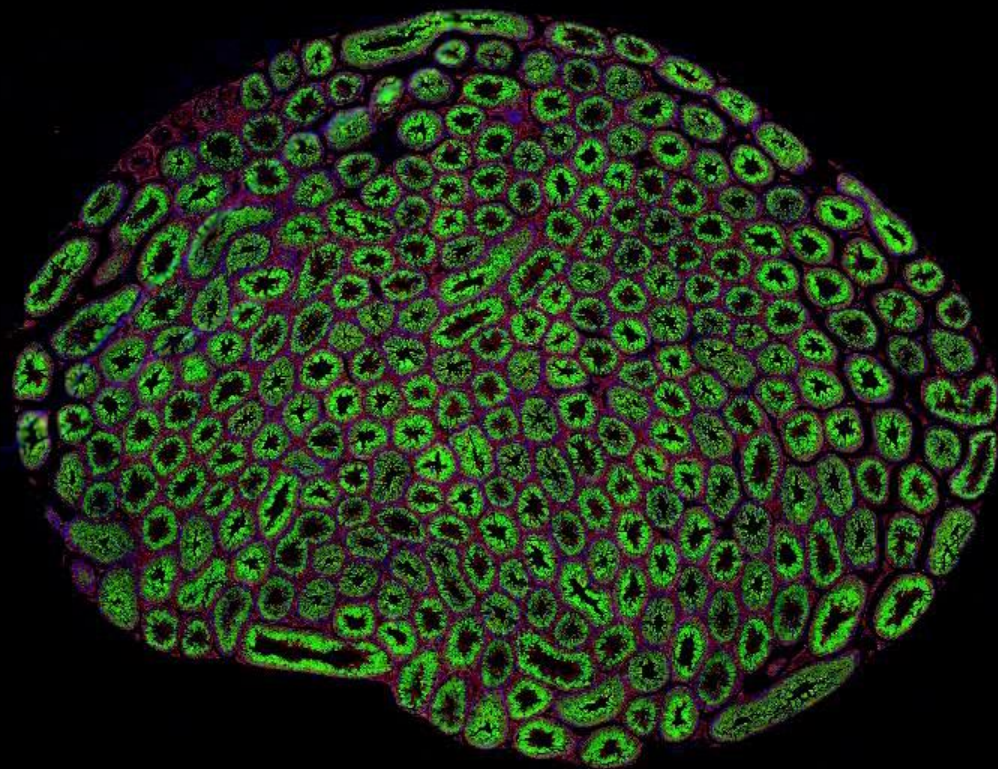


多点长时程成像

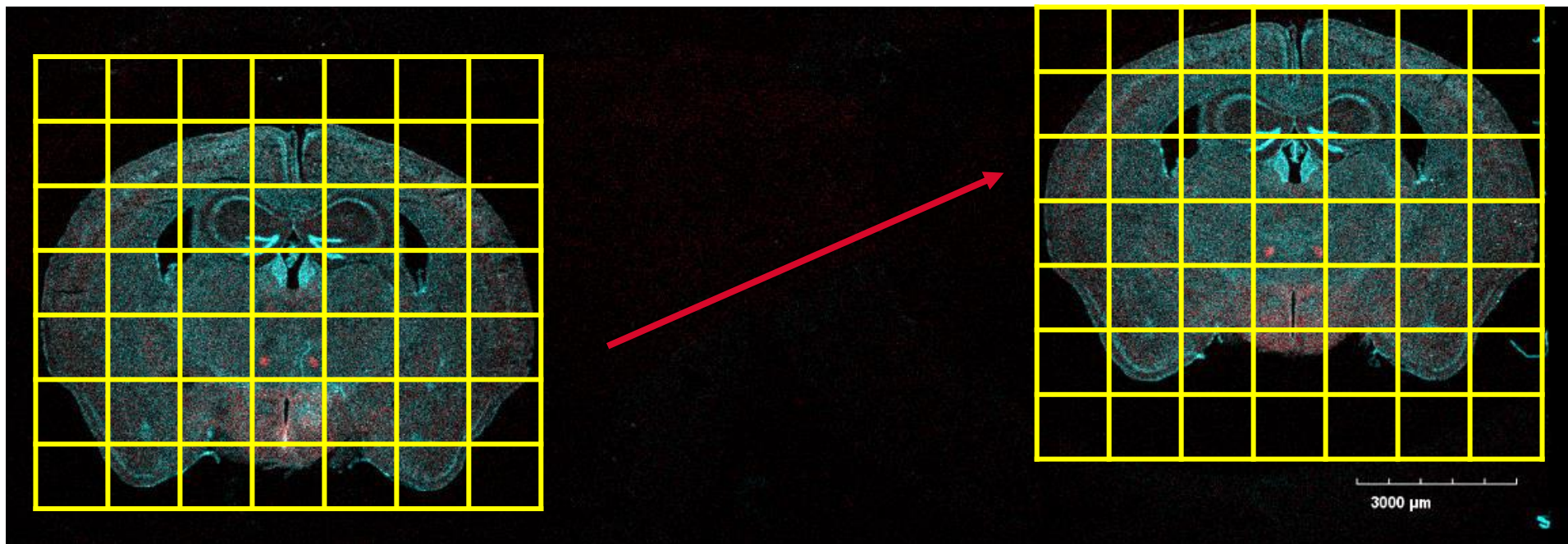
Multi Point Time-lapse
imaging of HeLa cells .
17 hours observation



高分辨率拼图

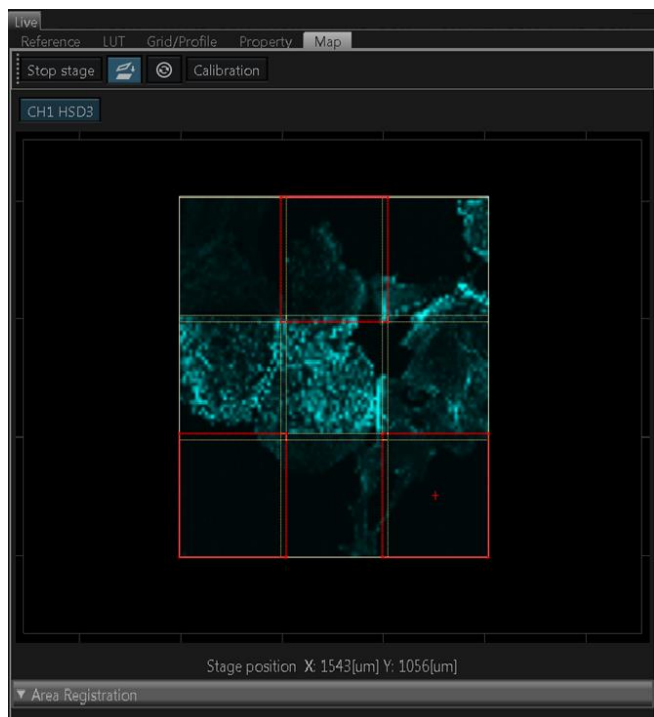


高分辨率拼图



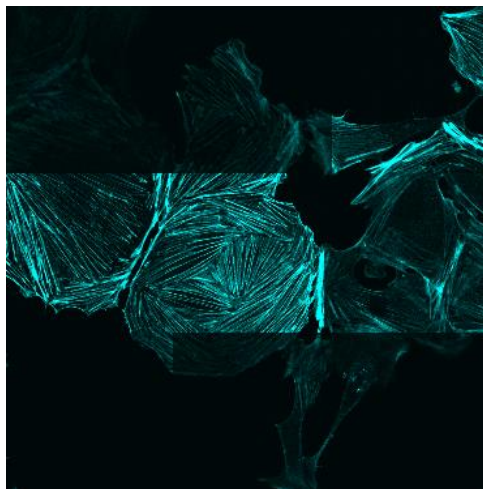
- 分辨率
 - 速度
- VS120 虚拟切片系统

Focus Map 辅助大图拼接

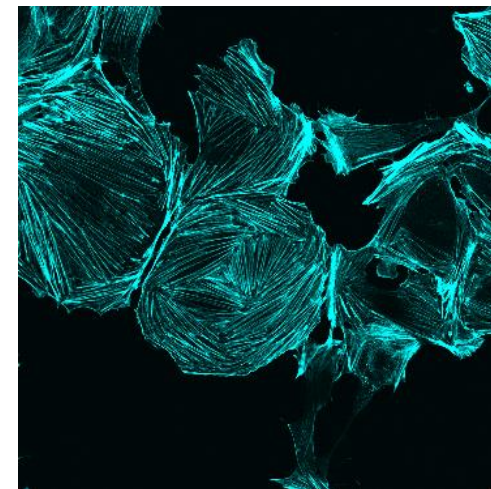


- 大图拼接容易出现的问题：
标本表面不平整，片子放置不平
- 每个视野软件自动3点聚焦：
确保最佳在焦平面

Without focus map



Focus map



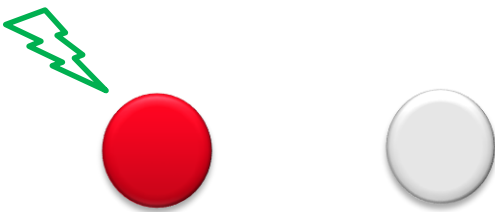
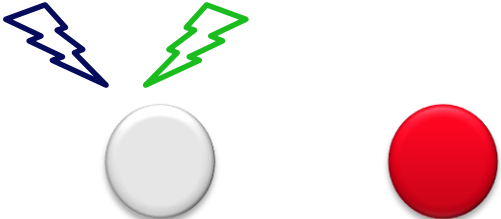
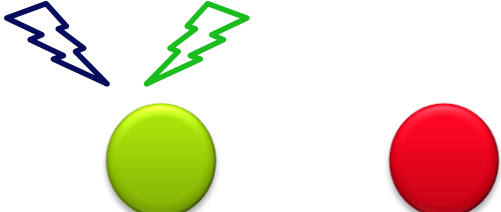
光刺激

利用激光和荧光蛋白的特性进行相应的实验设计

先决条件：

- 高质量激光
 - 高效精准的激光调控—AOTF
 - 荧光蛋白的稳定特性
-

光刺激

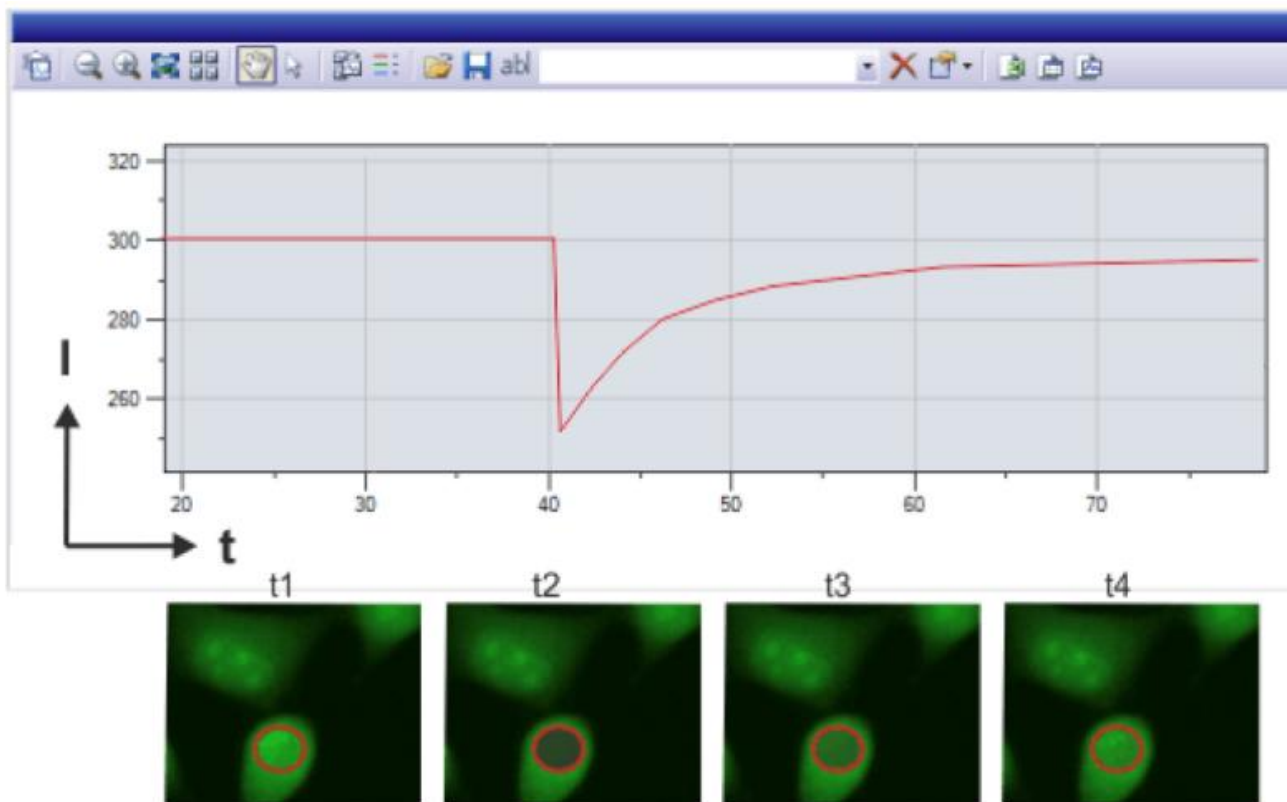
光漂白 (photobleaching, PB)	光活化 (Photo-activation , PA)	光转化 (Photo-conversion , PC)
		
<p>荧光染料共性</p>	<p>PA-GFP , Dronpa (可多次反复擦写)</p>	<p>光诱导变色荧光蛋白Kaede</p>

- PA-GFP : 405nm活化 , 488nm成像 , 荧光强度大增
- Dronpa : 强功率488nm擦除 , 低能量405nm活化 , 然后488正常成像 , 可以反复
- kaede : 紫外照射 , kaede从绿色荧光到红色荧光的不可逆光转换 , 488成像

光刺激

基于PB：荧光漂白后恢复（FRAP）

1976年，Axelrod和Webb等人首次发表文章，描述漂白活细胞中某区域后，测量**荧光信号恢复速度**的技术。



光刺激

基于PB：荧光漂白后恢复（FRAP）

1976年，Axelrod和Webb等人首次发表文章，描述漂白活细胞中某区域后，测量**荧光信号恢复速度**的技术。

◆FRAP主要应用方向:

- ✓蛋白或分子的运动和扩散（扩散速度）；
- ✓细胞内结构的分隔和连接；
- ✓细胞结构之间的蛋白或分子的置换现象及速度；
- ✓蛋白质之间的结合特性，例如单个氨基酸突变对蛋白质缔合的影响，药物或抑制剂等小分子对蛋白质对的作用等等；
- ✓与细胞较大结构结合的蛋白质固定化作用，如DNA，核膜，细胞膜，细胞骨架等等。

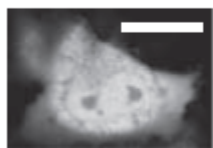
光刺激

<http://science.sciencemag.org/content/306/5700/1370/tab-pdf>

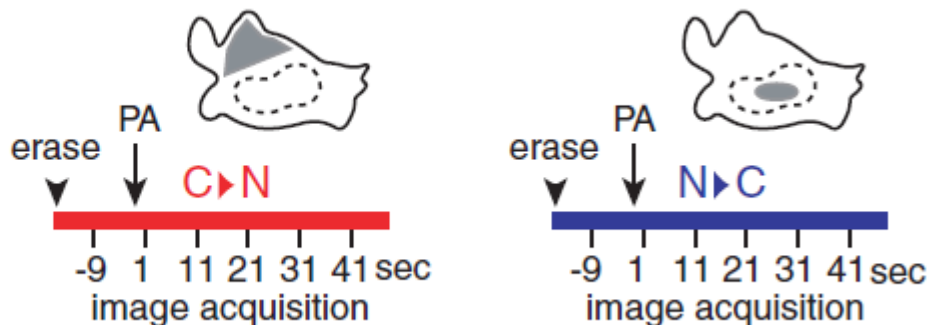
Ryoko Ando,

基于PA：光活化蛋白的应用 表皮生长因子辅助胞外调控激酶的运输

A



B



ERK1-Dronpa

C to N

-9 sec

1 sec

11 sec

21 sec

31 sec

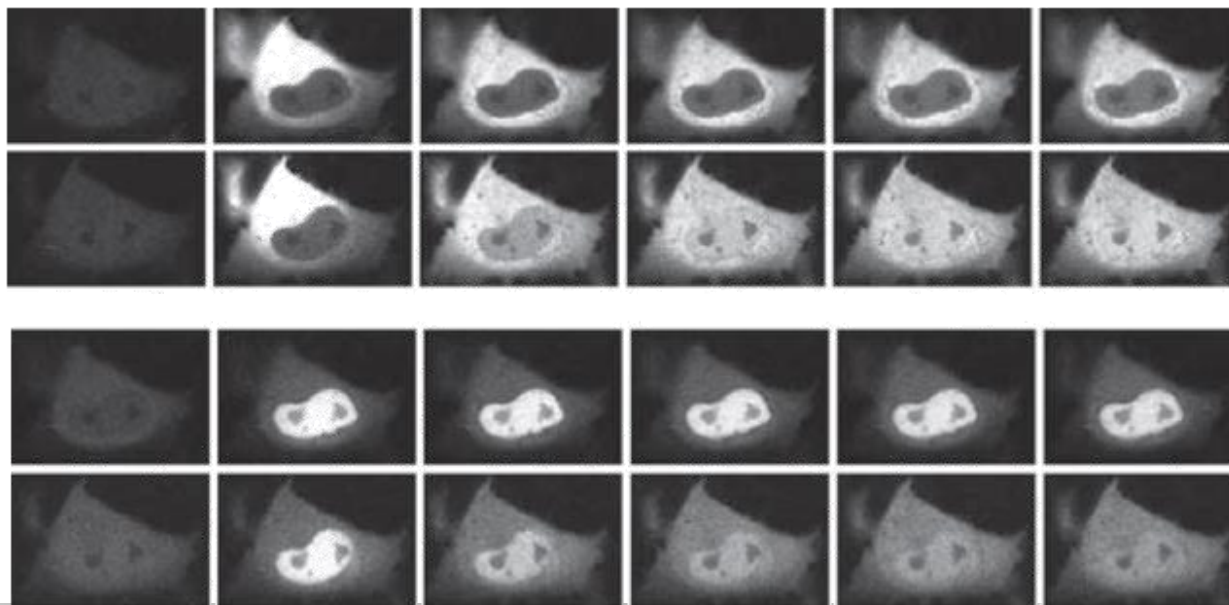
41 sec

EGF -

EGF +
11 min
N to C

EGF -

EGF +
13 min

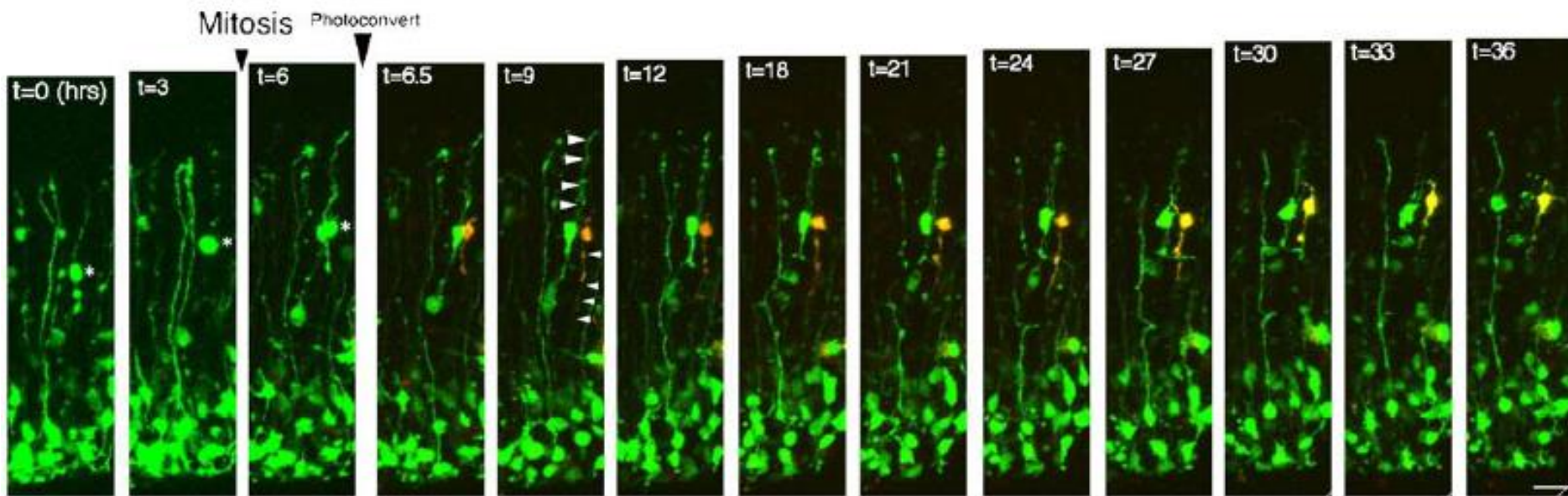


光刺激

基于PC：光转化蛋白（Kaede）的应用

神经元的视觉呈现：

神经元转染kaede cDNA后，用紫外光辐照，光转换后的红色荧光态的kaede，延伸到树突和轴突区域



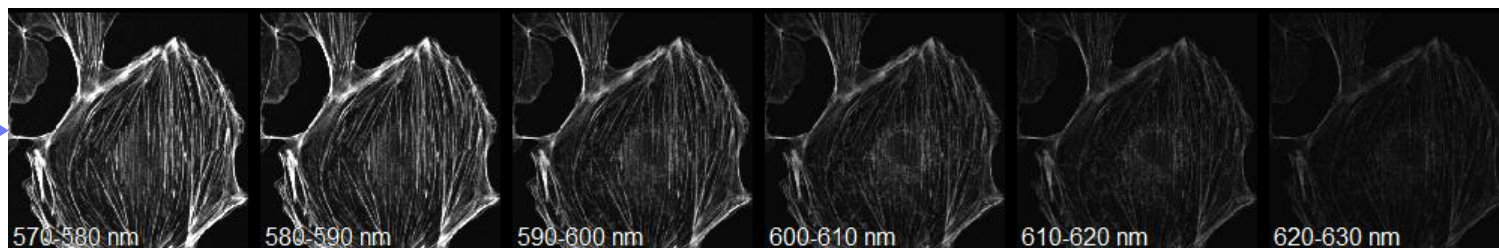
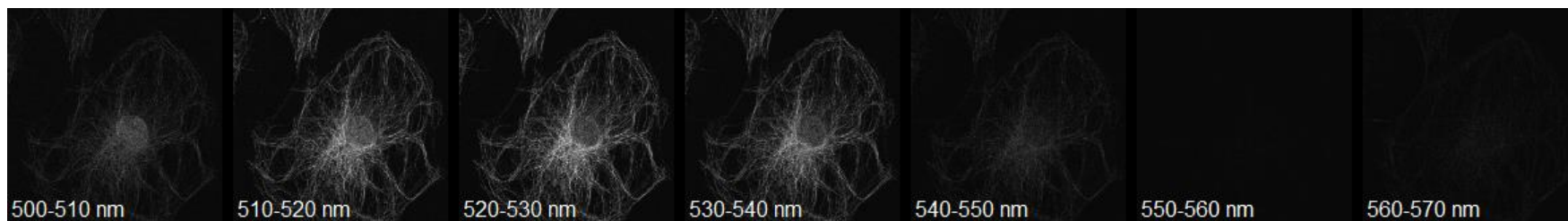
Dynamic behavior of individual cells in developing organotypic brain slices revealed by the photoconvertible protein Kaede

光谱分析

单通道光谱检测 (TruSpectral Detection)

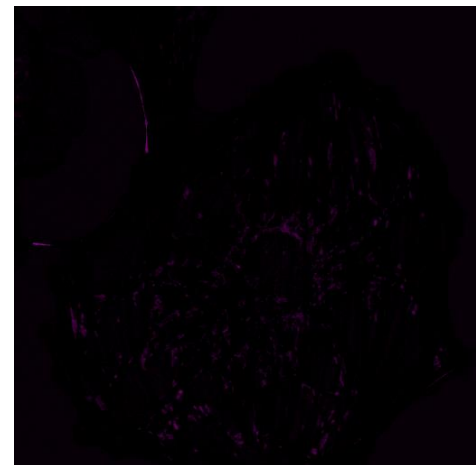
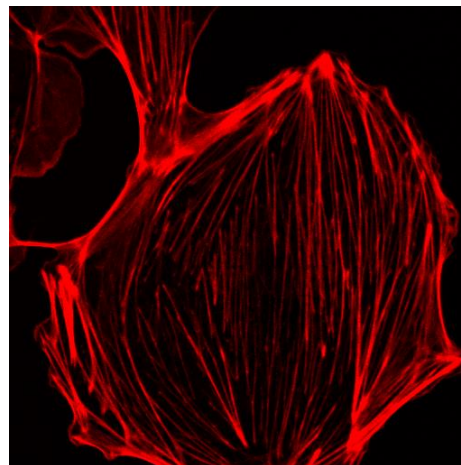
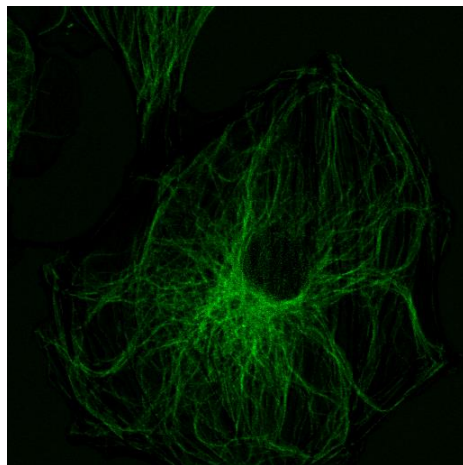
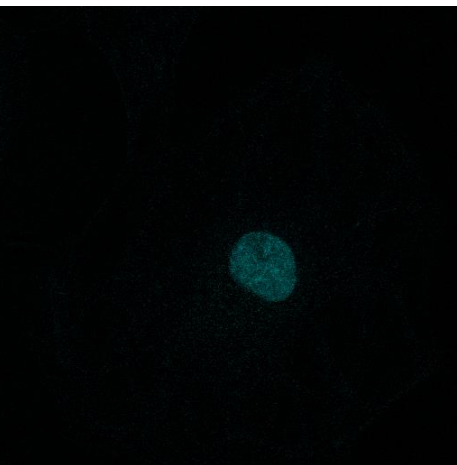
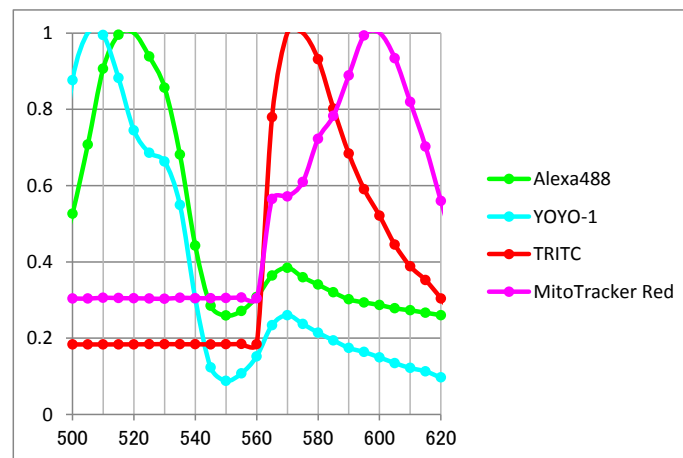
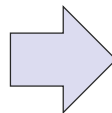
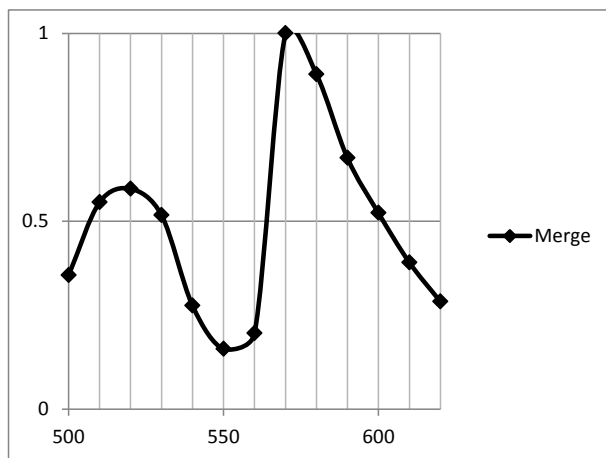
PtK2 cell stained by YOYO-1, Alexa488, Rhodamine and MitoTracker-Red

▪ CH1 500nm-620nm



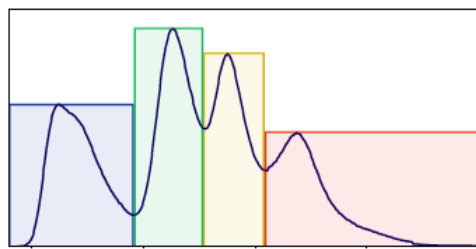
- 500nm 到620nm全光谱扫描，需要采集**13 frames**。

光谱分析

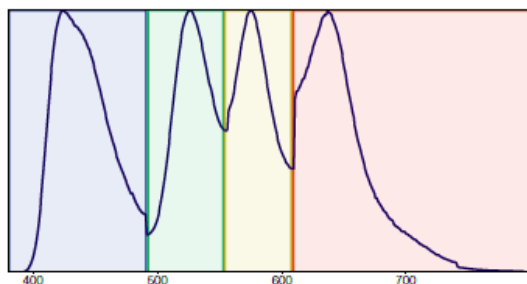


光谱分析

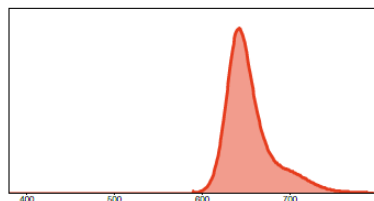
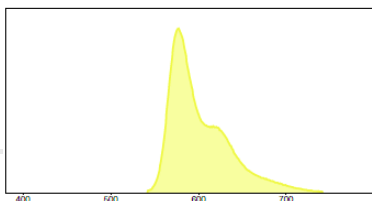
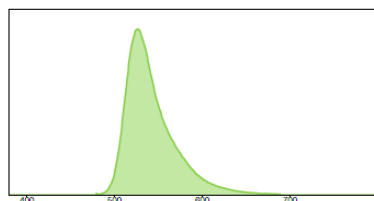
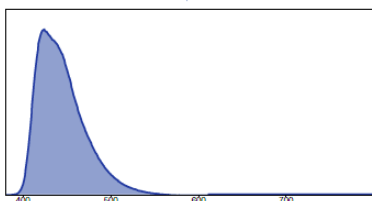
多通道光谱检测 (TruSpectral Detection)



信号分布在四个通道



每一通道根据荧光信号强弱调整电压

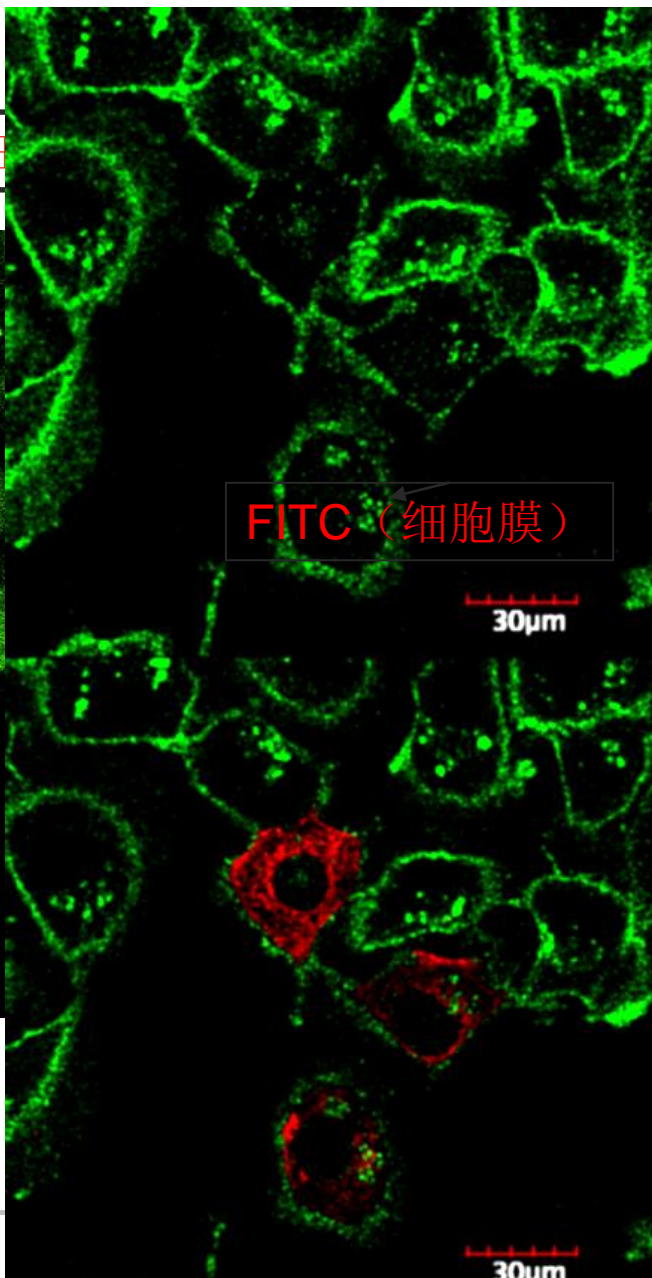
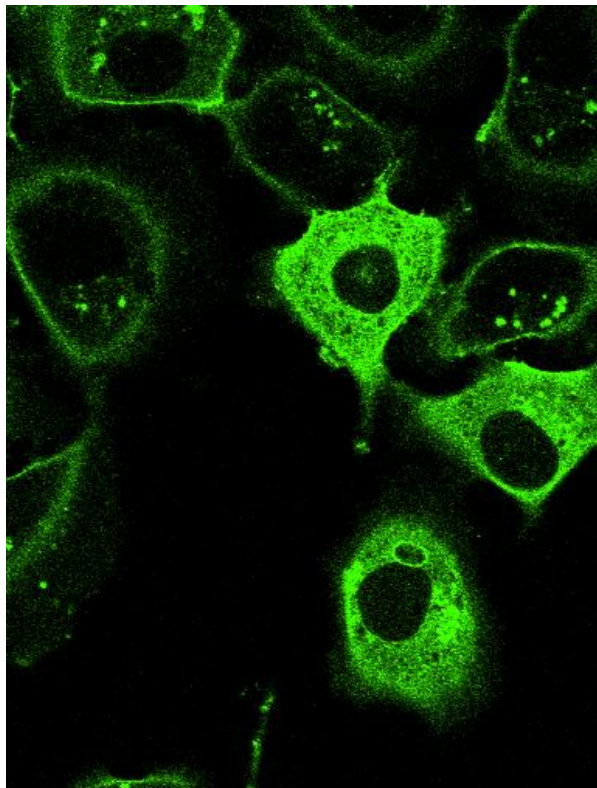


即便不同荧光信号强弱差别较大，依然可以得到很好的拆分结果

光谱分析

FITC (细胞膜)

GFP (细胞质内)



北京大学化学学院

小结：

二维

多通道

Z轴

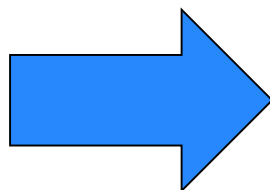
时间

多点

拼图

光刺激

光谱 λ



二维 + 多通道

二维 + 多通道 + Z轴

二维 + 多通道 + 时间

二维 + 多通道 + 时间 + 光刺激

二维 + 多通道 + 多点

二维 + 多通道 + 拼图

二维 + 多通道 + Z轴 + 时间

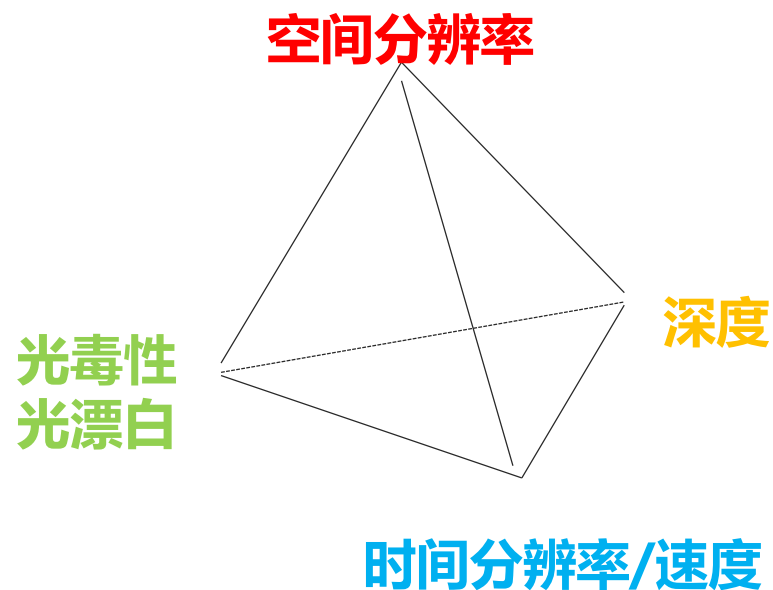
二维 + 多通道 + Z轴 + 拼图

二维 + 多通道 + 时间 + 拼图

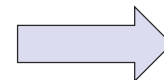
内容：

- 激光扫描共聚焦的基础与组成
- 激光扫描共聚焦技术应用实例
- 激光扫描共聚焦成像常见问题交流

关于成像：

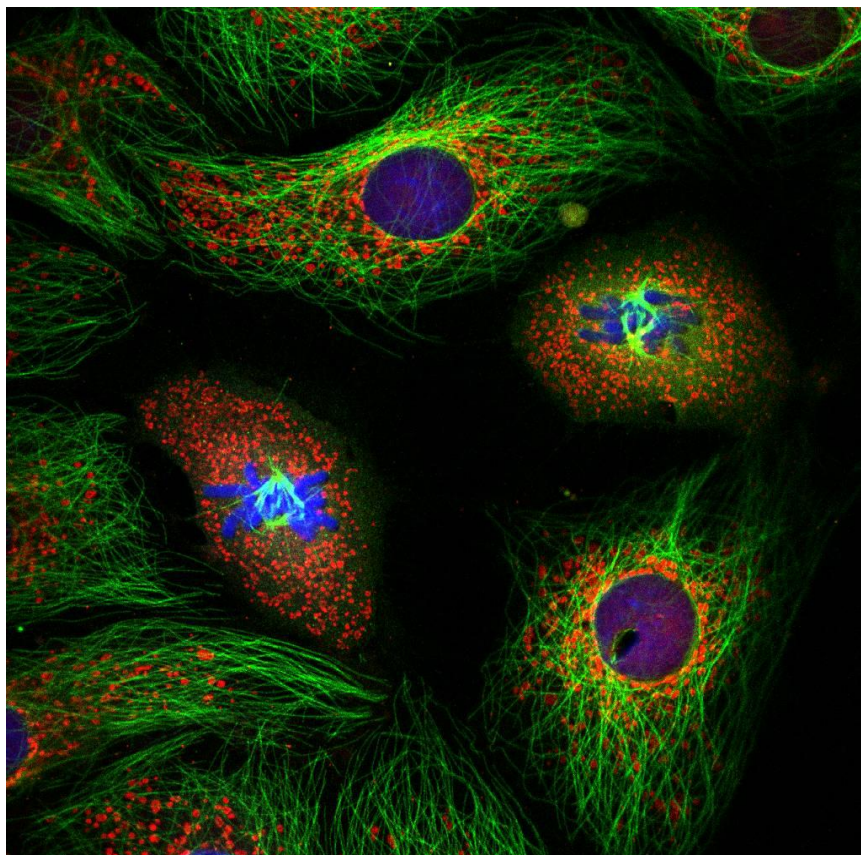


- 明确实验目的
- 理解各成像参数



关于成像：

一张完美的共聚焦图像该有的样子是什么？



- 分辨率高
- 信噪比高
- 图像亮度

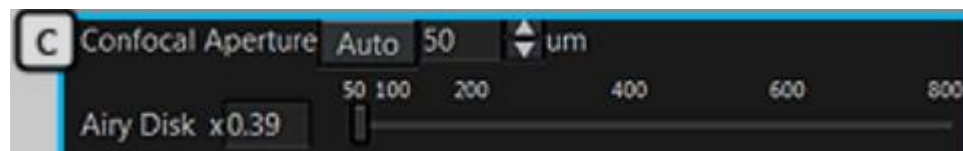
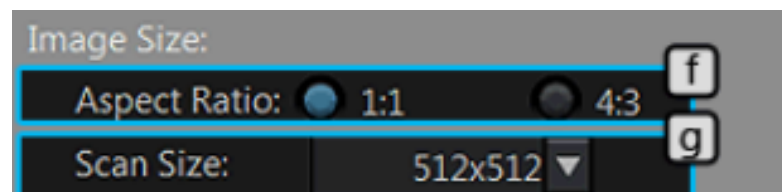
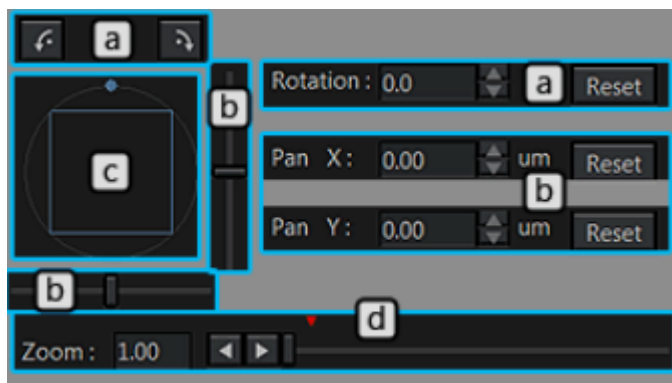
关于成像：

- 分辨率高

- 1) 高数值孔径的物镜 (光学分辨率)

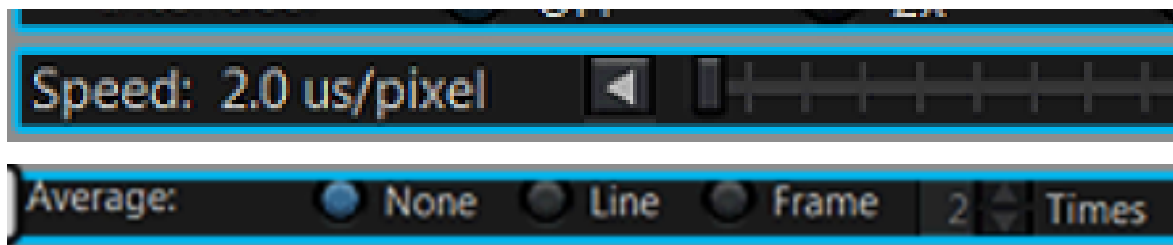
- 2) 扫描分辨率 (512X512 , 1024X1024)

- 3) 有效的ZOOM



关于成像：

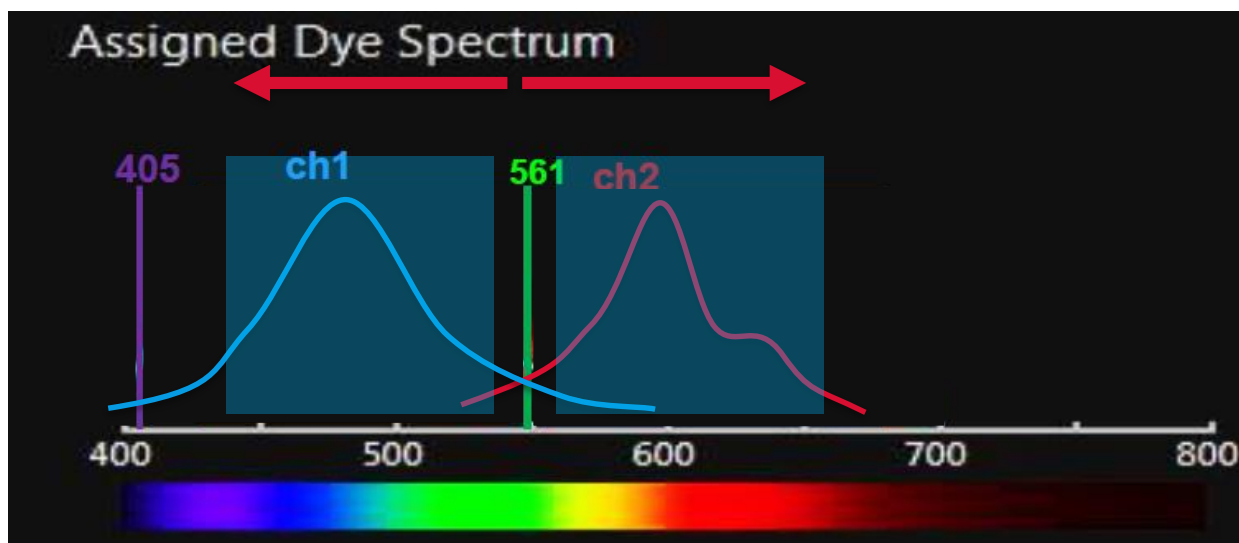
- 信噪比高 (S/N)
 - 1) 激光强度高，检测器电压适中
 - 2) 扫描速度慢，信噪比相对高
 - 3) 多次扫描取平均，去除随机噪声
 - 4) 去除非特异性信号——串色



关于成像：

- 信噪比高 去除非特异性信号——串色

方案1：利用光谱型检测的优势，各通道的接收波长远离

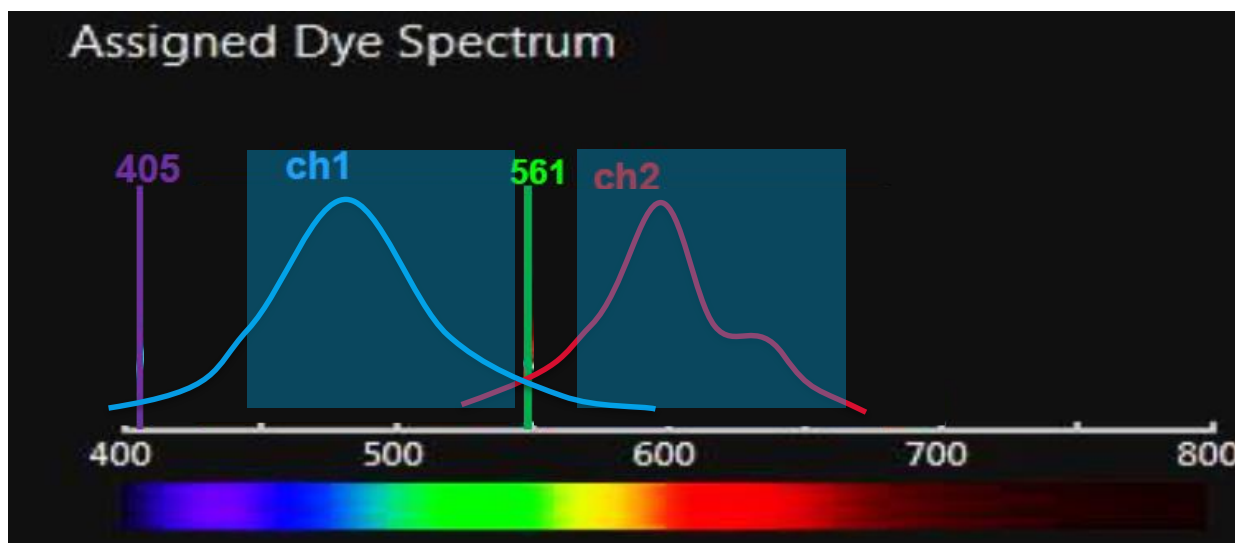
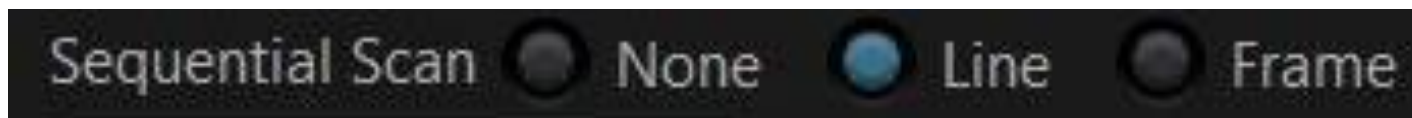


优点：不降低采图速度； 缺点：牺牲光亮度

关于成像：

- 信噪比高 去除非特异性信号——串色

方案2：序列扫描，依次激发和接收



优点：防串色更有效； 缺点：速度降低

关于成像：

- **信噪比高 去除非特异性信号——串色**

方案3：光谱分析

优点：更复杂串色的解决； 缺点：速度最慢

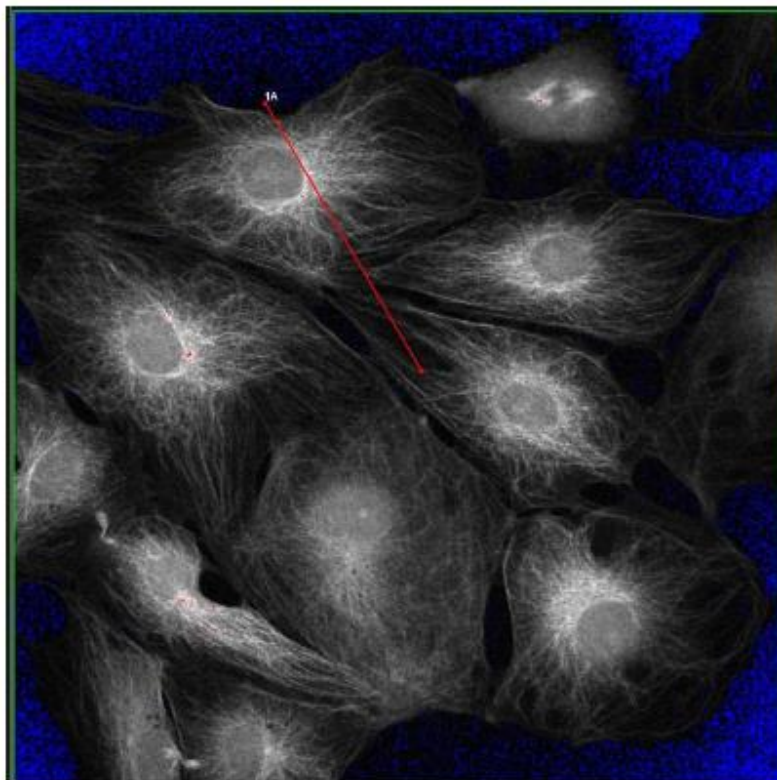
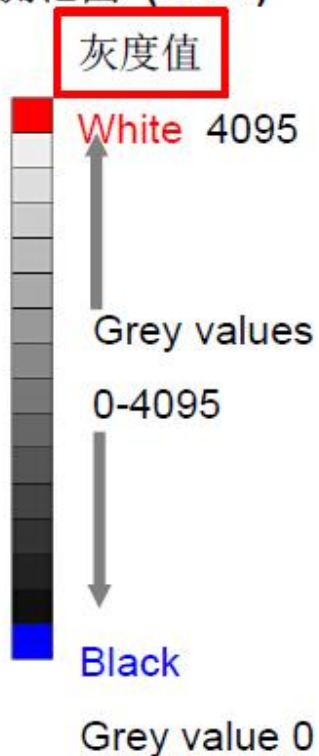
方案4：样本标记入手

关于成像：

- 图像亮度

Hi-Lo 模式 检测灰度值范围

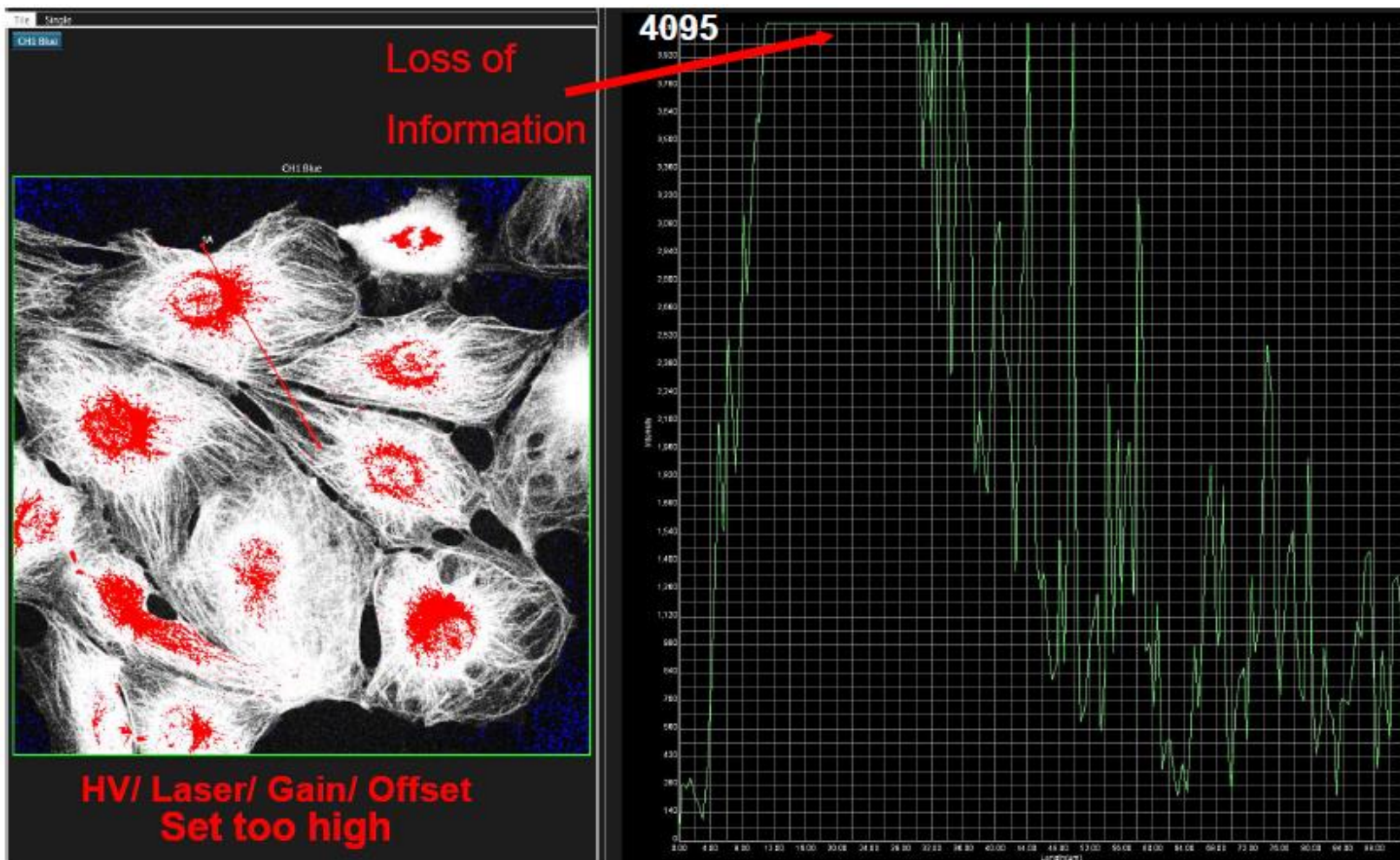
检测范围 (16bit)



如何检测灰度值？

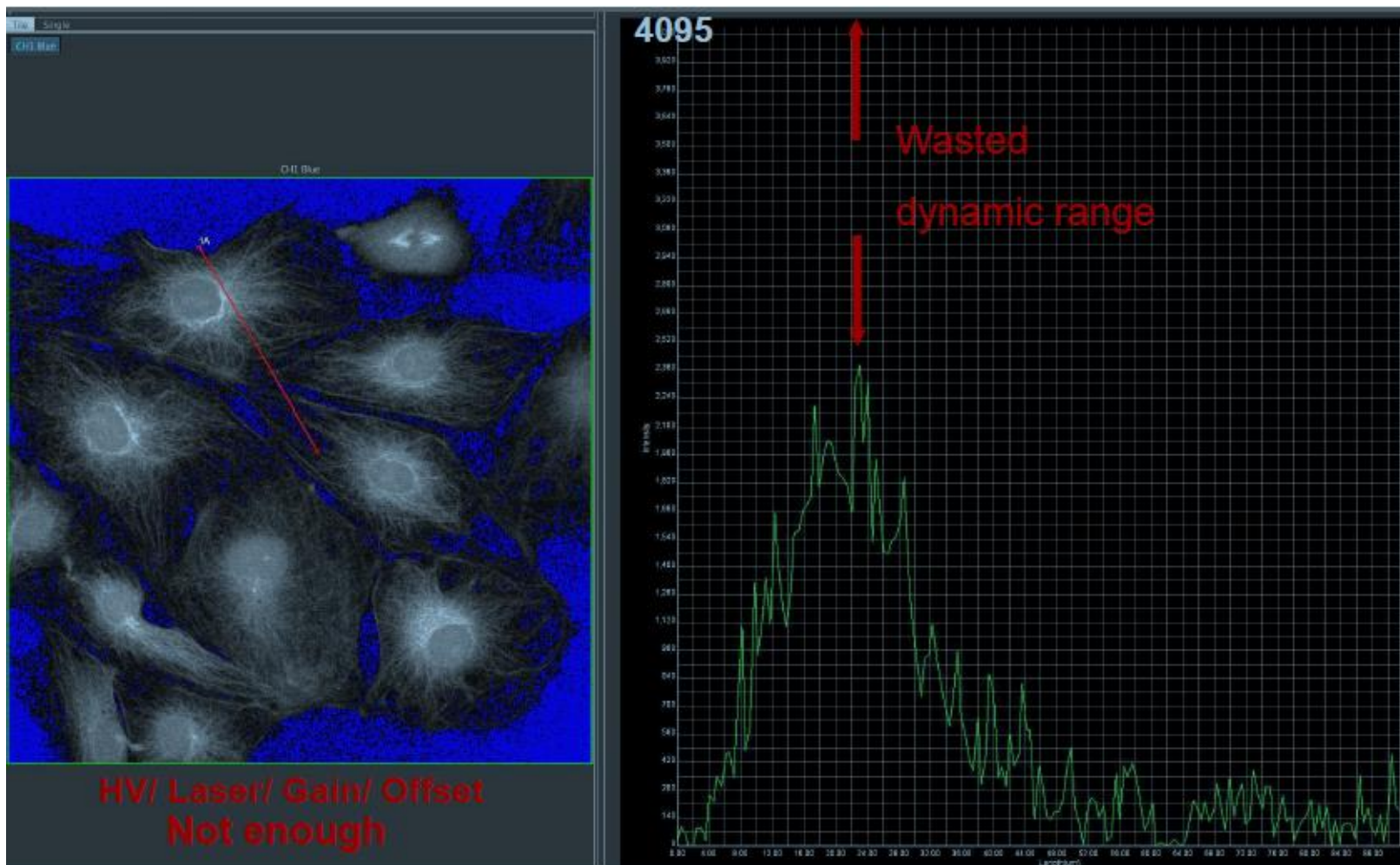
关于成像：

- 图像亮度



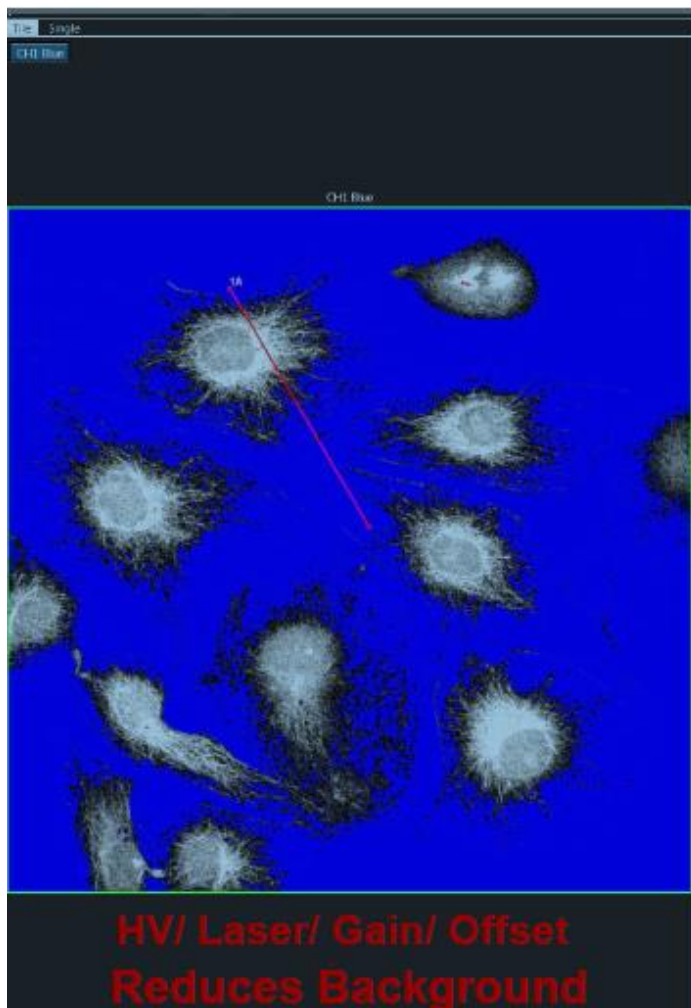
关于成像：

- 图像亮度



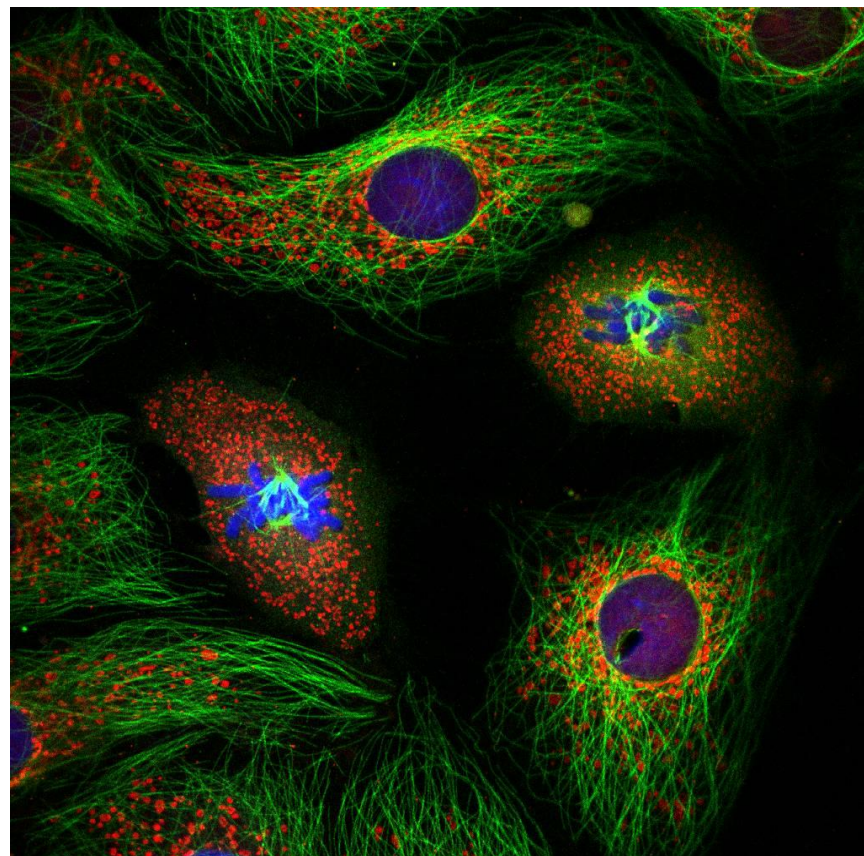
关于成像：

- 图像亮度



关于成像：

- 图像亮度
 - 合理调节Laser/HV/Offset
 - 关注目标区域
 - 采集尽可能多的有效信号



小结：

关于成像：

一张完美的共聚焦图像该有的样子是什么？

- **分辨率高**
- **信噪比高**
- **图像亮度**

关于荧光样品：

生物荧光来自于哪里？

- **自发荧光：多种**
- **有机荧光染料：FITC，Cy5，Alexa系列**
- **荧光蛋白：GFP、YFP、RFP**
- **无机离子：镧系稀土元素**
- **量子点：激发谱线宽，发射谱线窄，好用但可选择性少**

自发荧光

分子	激发光(nm)	发射光(nm)	物种
Chlorophyll (叶绿素)	465-665	673-726	植物
Cholecalciferol (维生素D3)	228-265	380-460	动物
Collagen (胶原蛋白)	270-370	305-450	动物
Dityrosine (二酪氨酸)	325	400	动物
Excimer-like aggregate	270	360	动物
Flavin (黄素)	380-490	520-560	全部
Folic acid (叶酸)	280	450	全部
Glycation adduct	370	450	动物
Lipofuscin (脂褐素)	410-470	500-695	真核生物
Melanin (黑色素)	340-400	360-560	动物
NAD(P)H (辅酶I)	340	450	全部
Pyridoxine (维生素B6)	291	400	全部
Retinol (维生素A1)	330	500	动物、细菌
Riboflavin (维生素B2)	473	550	全部
Tryptophan (色氨酸)	280	300-350	全部
Tyrosine (酪氨酸)	270	305	全部

荧光染料选择指南

Fluorescent dyes

Alexa Fluor® 350

Alexa Fluor® 405

Alexa Fluor® 488

Alexa Fluor® 532

Alexa Fluor® 546

Alexa Fluor® 555

Alexa Fluor® 568

Alexa Fluor® 594

Alexa Fluor® 647

Alexa Fluor® 680

Alexa Fluor® 750

BODIPY® FL

Coumarin

Cy®3

Cy®5

Fluorescein (FITC)

DNA stains

DAPI

Propidium Iodide

SYTO® 9

SYTOX® Green

TO-PRO®-3

Qdot probes

Qdot® 525

Qdot® 565

Qdot® 605

Qdot® 655

Qdot® 705

Qdot® 800

Fluorescent protein labels

Allophycocyanin (APC)

R-Phycoerythrin (R-PE)

Expressed fluorescent proteins

Cyan Fluorescent Protein (CFP)

Green Fluorescent Protein (GFP)







Red Fluorescent Protein (RFP)

F-actin stain for fixed cells

Protocol

Labeling fixed cells

First, fix and permeabilize cultured cells with a protocol appropriate for your sample. Counterstain as desired. DAPI may be added directly to fixative.

	<p>1. Wash the cells 1–3 times in PBS as needed.</p>
	<p>2. Add two drops of ActinGreen™ 488 ReadyProbes Reagent per milliliter of medium.</p>
	<p>3. Incubate for 30 minutes, protected from light.</p>
	<p>4. Remove the stain solution.</p>
	<p>5. Wash the cells 2–3 times in PBS.</p>
	<p>6. Image the cells.</p>

关于荧光样品：

共聚焦显微成像中常见样品：

- 细胞：活细胞、固定细胞
- 石蜡切片（组织结构保存较长时间）
- 冰冻切片（能够比较完好地保存多种抗原的免疫活性，保存时间短）
- 活体活组织（动态变化的追踪）

	石蜡切片	冰冻切片
固定	需要，至少12-24小时	组织固定或切片后固定
脱水	梯度酒精	20%-30%蔗糖溶液
透明	二甲苯	不需要
浸蜡	4-6小时	不需要
包埋	石蜡包埋	OCT包埋
切片	3-5um	5-10um
染色	脱蜡、水化后染色	洗掉包埋剂即可染色
免疫组化	需要修复	非组织固定标本不需要修复
封片	多用干性封片剂	多用水性封片剂

关于荧光样品：

荧光标记：

- 荧光蛋白表达

- 细胞器的特异性荧光标记

细胞核（DAPI、Hochest），细胞骨架（鬼笔环肽），线粒体（Mitotracker），溶酶体（LysoTracker），内质网（DiOC6），高尔基体（NBD C6-ceramide），

- 免疫荧光：

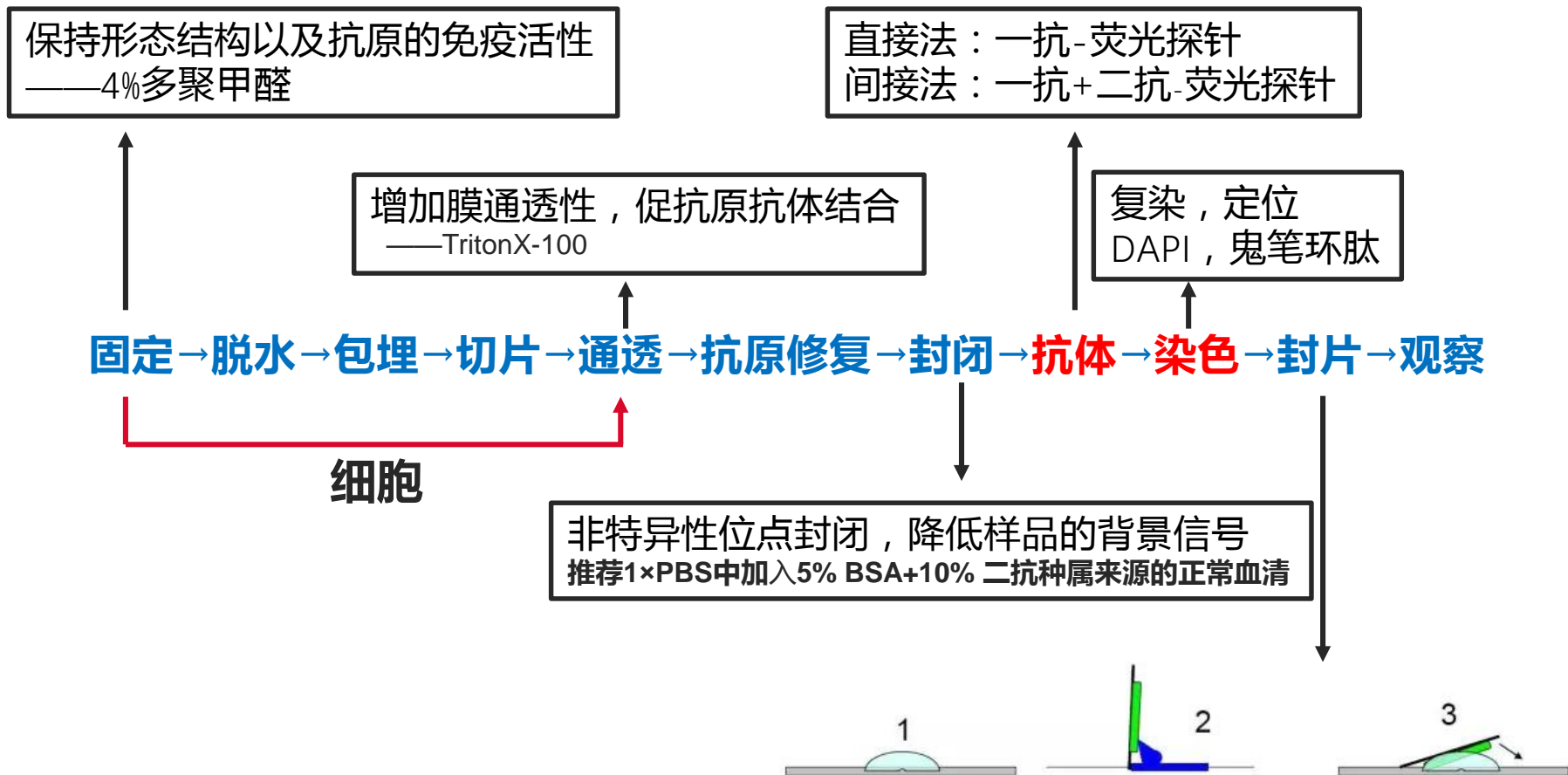
原理：利用抗原抗体特异性结合，抗体与荧光染料耦连

固定→脱水→包埋→切片→通透→抗原修复→封闭→抗体→染色→封片→观察



关于荧光样品：

免疫荧光：



关于荧光样品：

免疫荧光：

注意点：

- 1、样本状态好，固定前必须观察，如细胞的状态、密度
 - 2、合适的一抗浓度，阳性对照预实验摸抗体的最佳浓度
 - 3、阴性对照，即只有二抗染色的片子，作为背景荧光的对照
 - 4、封闭时加入二抗来源的正常血清、注意降低抗体浓度，可有效降低背景
 - 5、多重染色时正确选择一抗，二抗，一抗要求不同种属，二抗需同一种属，如一抗来源为鼠、羊，则二抗可为兔抗鼠、兔抗羊
 - 6、多重染色注意耦连荧光探针的发射光谱，尽量远离
 - 7、加一抗之后的所有步骤样品不能干，否则背景荧光高
-

“仪器+服务+应用支持” 完整方案

- ✓ 北京/上海/广州/沈阳/大连/西安/武汉/成都 8大处点
- ✓ 十年以上工作经验，原厂硬件安装资质工程师 > 15人
- ✓ 专业应用支持团队，博士/硕士，生物/光学背景 > 10人
- ✓ 显微镜成像技术培训中心 C-TEC



Olympus C-TEC显微镜成像技术培训中心



谢 谢 !

陈达 15669085468 da_chen@olympus.com.cn