

Molekuláris Képalkotás

Funkcionális képalkotó eljárások,
multimodális módszerek



Máthé Domokos PhD

Nanobiotechnology and In Vivo Imaging Center

Szerkezet

- Molekuláris képalkotás-miért ez a neve?
- Mi mindent alkalmazhatunk molekuláris képalkotásra (jelentősebb módszerek példákkal)?
- Áttekintés a kutatási/tudományos célú molekuláris képalkotó módszerekről
- A molekuláris képalkotás klinikai alkalmazásának jelene és jövője (szűrés, diagnosztika, személyre szabott terápia, monitoring/követés)
- A klinikailag legfontosabb molekuláris képalkotó módszerek jelenleg
PET, SPECT, MRI, Fluoreszcencia, Optikai Tomográfias eljárások
Onkológia, idegtudomány, kardiovaszkuláris medicina, reumatológia, endokrinológia, sebészet
- A funkcionális és a morfológiai adatok korrelációja
- PACS és a képszegmentáció/regisztráció klinikai haszna



Nanobiotechnology and In Vivo Imaging Center

• Molekuláris Biológia + In-Vivo Non-Invazív Kép?

“A képalkotás az időben és térben meghatározott információ kinyerésének tudománya minden fizikai szerveződési szinten”

(Dr. Elias Zerhouni, a NIH 14. igazgatója)

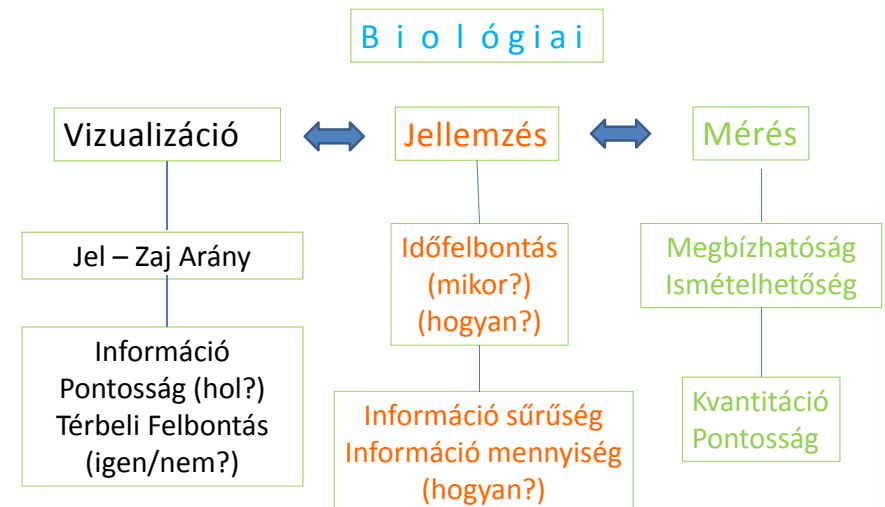
“Molekuláris képalkotásnak nevezzük a biológiai folyamatok molekuláris és sejt szintű **láthatóvá tételét**, **jellemzését** és **mérését** emberekben és más élő rendszerekben.”

(U.S. Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging)



Nanobiotechnology and In Vivo Imaging Center

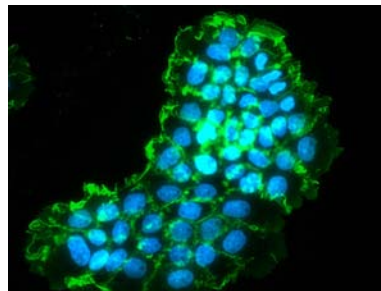
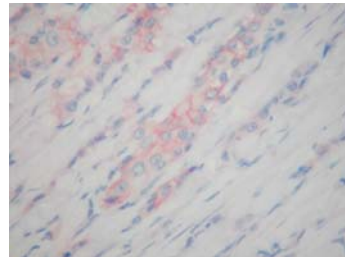
Molekuláris Képalkotás Céljai:



Nanobiotechnology and In Vivo Imaging Center

Immunhisztokémia, Immun-fluoreszcencia Mikroszkópia

IHC: Pl. célzott antitest kötődik a szomatostatin 2a receptorokhoz melyek insulinoma sejtekben túl-termeltek (300x, H&E ellenfestés, az immunreakciót VÖRÖS színnel hívtuk elő)

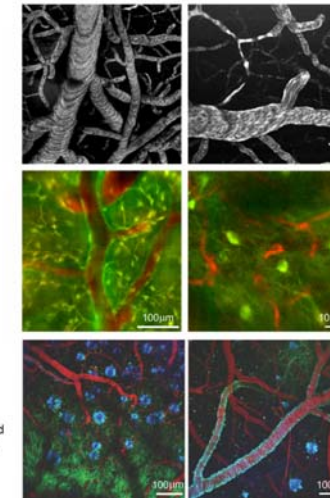
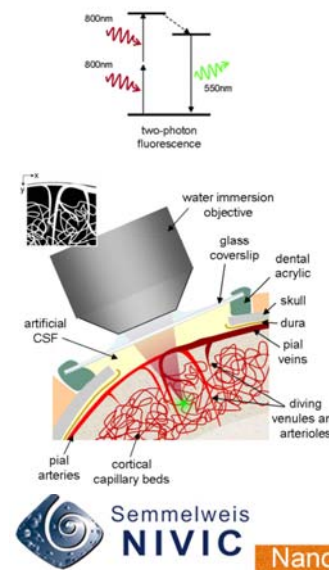


A431 epithelialis cc. tumor sejtek, magfestés Hoechst-kékkel, a sejtmembrán foszforilált EGF receptorjai zölden fluoreszkálnak, mert az antitesteket DyLight festékmolekulával jelezték, mely 488 nm-en fluoreszkál



In vivo kétfoton mikroszkópia

jobb J/Z arány
növelt felbontás



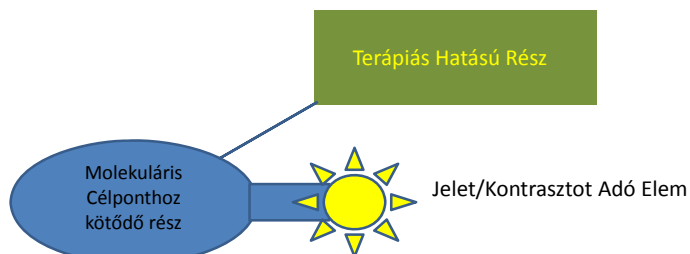
VVS áramlási mintázat az erekben

Erek és neuronok (dextrán-Texas Red és GFP-TG egér)

Amiloid plakkok (kék), Erek (vörös) Neuronok (zöld)



Molekuláris Képkalkotó Kontrasztanyagok Szerkezete



Kis molekulák
Peptidek
Proteinek/Alegységeik
Antitestek/Származékai

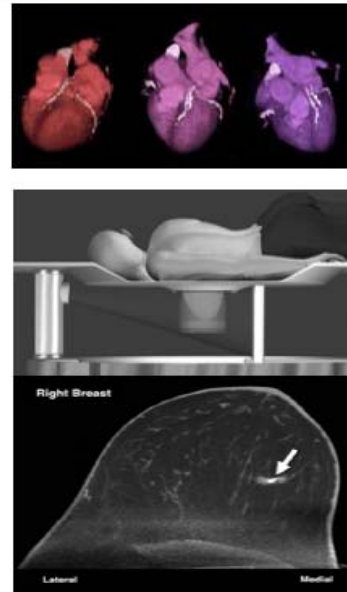
Kémiai:
PET/SPECT: izotópok (radioaktivitás)
Optikai/Akusztikus: Fluoreszcens Festék
MRI: Gd, Fe
CT: Jód, Bárium
Nano/mikrorészecskék:
Optikai: quantum dot, szén nanocső,
Au részecskék
MRI: Vas és Mn tartalmú részecskék
CT: Au részecskék



Modalitás	Előnyei	Hátrányai	Fontos kontrasztanyag/jel	Klinikai alkalmazás példái
CT	Any image depths Good time resolution Perces kép-idők Közepesen drága Anatómiai módszer	Sugárterhelés Rossz lágyrésztvíz kontraszt Jelenleg csak anatómiai és funkcionális képek.	Ba, I, Kr, Xe	Tumor perfúzió,
PET	Bármilyen mélységű kép Egésztest-képkalkotás Kvantitatív mérések Kombinálható CT/MRI-vel	Sugárterhelés Drága Milliméteres felbontás Hosszabb képidő (perc-óra)	C-11, F-18, Ga-68, Cu-64, Zr-89	FDG-PET tumor staging, különböző betegségek diagnosztikája
SPECT	Bármilyen mélységű kép Egésztest-képkalkotás Kvantitatív mérések Multiplex Teragnosztika Kombinálható CT-vel	Sugárterhelés Szubmilliméteres-milliméteres felbontás Hosszabb képidők	Tc-99m, I-123, In-111, Lu-177	Molekuláris diagnosztika Radioterápia (NHL, NET, pm. cc.)
MRI	Bármilyen mélységű kép Egésztest-képkalkotás Nincs ionizáló sugárzás Kitűnő lágyrésztvíz kontraszt	Drága Hosszú képidők Korlátozott érzékenység	Gd ³⁺ , vas-oxid részecskék (SPIO, USPIO)	Prostata daganat nycs. met. Fokális májléziók Szív perfúzió
MRS	Nincs ionizáló sugárzása Egésztest-képkalkotás	Drága Hosszú képidők Kis érzékenység	Kolin, laktát, kreatin, lipidek, N-acetil-aszpartát	Agytumorok anyagcsereje Alzheimer-kór követése
UH	Nincs ionizáló sugárzás Rövid/valós idejű képkalkotás Nagy térbeli felbontás Olcsóság Nagy érzékenység	Egésztest-képkalkotás nincs Kontrasztanyagok csak az érrendszerre Operátor-függő	Mikro-buborékok	Fokális májléziók, echokardiográfia, Tumor perfúzió
Optikai módszerek	Nincs ionizáló sugárzás Rövid/valós idejű képkalkotás Nagy térbeli felbontás Olcsóság Nagy érzékenység, kvantitatív Multiplex	Korlátozott áthatolóképesség (1 cm) Nincs egésztest-képkalkotás	Fluoreszcens molekulák és festékek, fény-elnyelő nanorészecskék	OCT-érelmeszesedés, retinopathiák, kolonoszkópia

Nanobiotechnológiai és In Vivo Képkeltő Központ

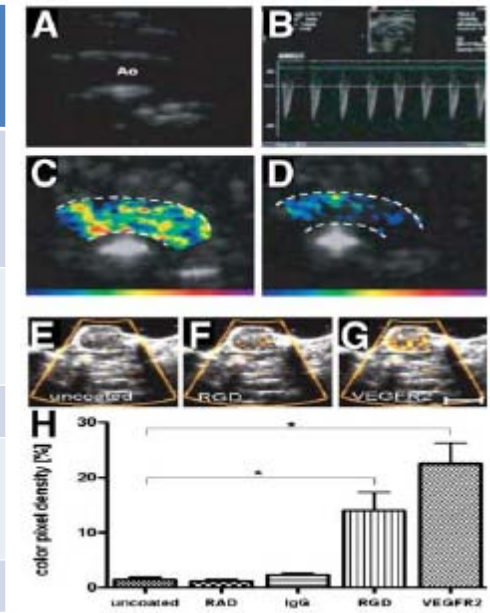
CT	Röntgensugarak 3D elnyelődés-térképe
Előnyök	Bármilyen mélységű kép Jó felbontás Egyszerű Közepesen drága Perces képkeltési idő
Hátrányok	Sugárterhelés Lágyszöveti kontraszt rossz Csak anatómiai kép
Kontrasztanyagok	Ba, I, Kr, Xe, Au
Klinikai alkalmazás	Tumor perfúzió, ventiláció, Ca-score, mammográfia
Voxel méretek, sejtszám / voxel	1x1x1 mm 1 millió



Nanobiotechnology and In Vivo Imaging Center

Nanobiotechnológiai és In Vivo Képkeltő Központ

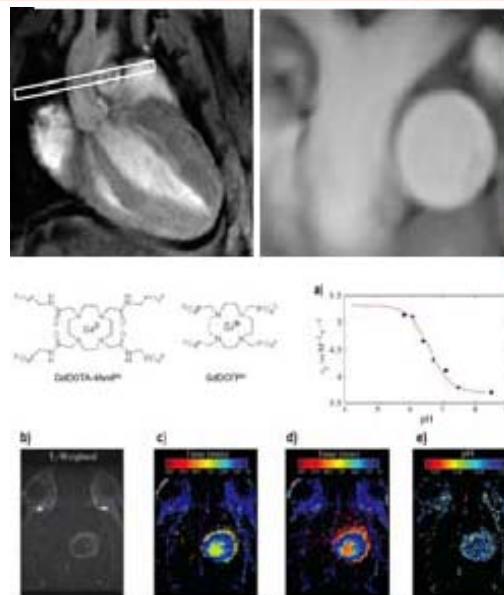
Ultrahang	Hanghullám terjedési és visszaverődési különbségek 3D térképe
Előnyök	Nincs ionizáló sugárzás Gyors/Valós idejű kép Nagy érzékenység Nagy felbontás Olcsó
Hátrányok	Nincs egésztest kép Csak vaszkuláris kontrasztanyagok Operátor-függő, nem kvantálható
Kontrasztanyagok	Mikro-buborékok
Klinikai alk.	Echokardiográfia, Máj/Vese..., Perfúzió... Prosztatarák VEGF Expresszió (Fázis III BR55)
Voxel méret, sejt/voxel	1x1x1 mm 1 millió



Nanobiotechnology and In Vivo Imaging Center

Nanobiotechnológiai és In Vivo Képkeltő Központ

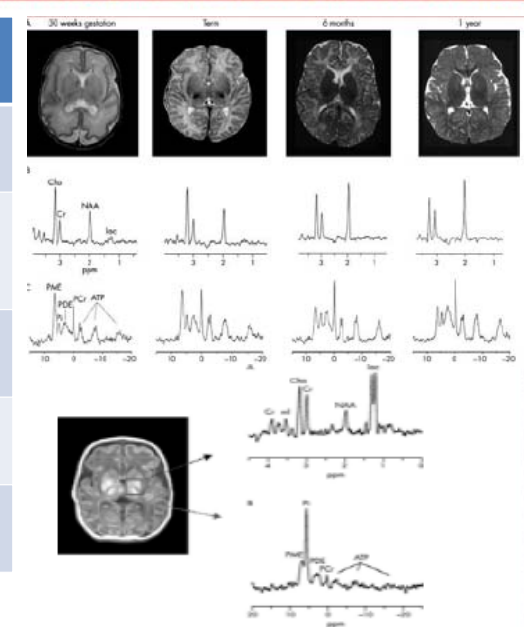
MRI (IRM...)	Proton Spin 2D/3D
Előnyök	Bármilyen mélységű kép Jó térbeli felbontás Egésztest-kép Kitűnő lágyszöveti kontraszt
Hátrányok	Drága Nem érzékeny Hosszabb idő
Kontrasztanyagok	Gd3+, vasoxid részecskék (SPIO, USPIO)
Klinikai alkalmazás	Máj, Vázizomr., Agyi léziók (ER), kardiMR, tumor stg
Voxel méretek, sejt/voxel	1x1x1 mm 10 ¹³ (tíz millió Gd kontr. atom/sejt)



Nanobiotechnology and In Vivo Imaging Center

Nanobiotechnológiai és In Vivo Képkeltő Központ

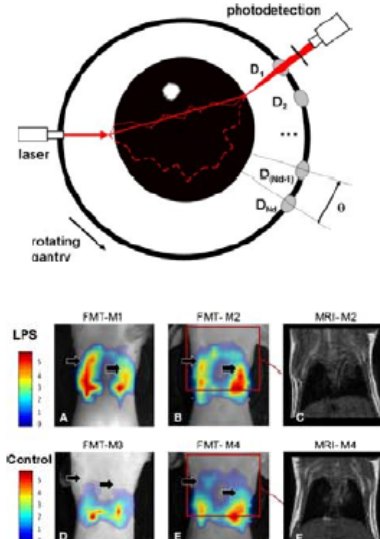
MRS	Elektromágneses Spektrum
Előnyök	Nincs ionizáló sugárzás Molekuláris 'aláírás'
Hátrányok	Drága Nem érzékeny Külső kalibráció/speciális gyakorlat
Kontrasztanyagok	Kolin, Laktát, Kreatin, Lipidek, N-Ac-Aszpartát
Klinikai alkalmazás	Agytumorkok stratifikációja, Stroke
Voxelméret, sejt/voxel	N.A.



Nanobiotechnology and In Vivo Imaging Center

Nanobiotechnológiai és In Vivo Képkalkotó Központ

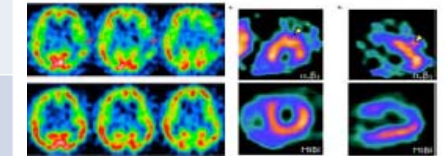
Optikai Módszerek	Látható/NIR Fény Transzmisszió/Reflectancia/Emisszió/Szóródás 2D, 3D
Előnyök	Nincs ionizáló sugárzás Rövid/Valós idejű kép Nagy térbeli felbontás Nagyon érzékeny, szemi-quantitatív Multiplex
Hátrányok	Korlátozott áthatolóképesség Nincs egésztest-képkalkotás
Kontrasztanyagok	Fluoreszcens képkalkotás, Fény-emittáló reakciók, Festékek, QD, NP
Klinikai alkalmazás	Kísérleti, Sentinel Nyacs., Kép-vezérelt sebészet, Retinopátiák (OCT), Emelőszűrő (LumaGem)
Voxel méretek, sejt/voxel	2D: 0.01 mm ² 3D: 0.8x0.8x0.8 cm 10 ³ (2D), 10 ¹³ (3D): cca.10 ⁴⁻⁵ /sejt



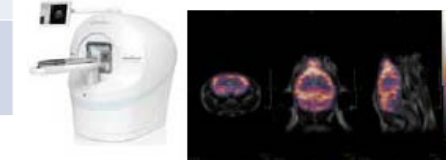
Nanobiotechnology and In Vivo Imaging Center

Nanobiotechnológiai és In Vivo Képkalkotó Központ

SPECT	3D Gamma sugárforrás térkép
Előnyök	Nincs fizikai felbontási határ Elterjedt, olcsó, egésztest Kvantitatív Jó felbontás Multiplex Theragnosztika
Hátrányok	Sugárdózis Sub-mm felbontás Hosszú képkalkotó idők
Kontrasztanyagok	Tc-99m, I-123, In-111, Lu-177, Ho-166, Tl-201
Klinikai alkalmazás	Nukleáris kardiológia, Agyi perfúzió, Onkológia (AB, Peptides, Receptor Terápia)
Voxel méretek, sejt / voxel	Klinikai 0.8 x 0.8 x 0.8 mm Kísallat: 0.3 x 0.3 x 0.3 mm 2 pM / voxel 1/10 atom sejtenként



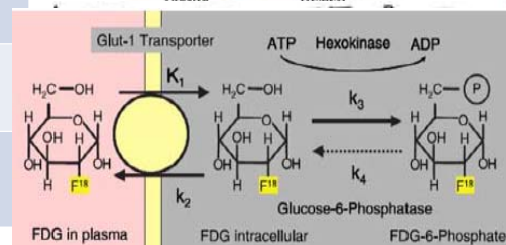
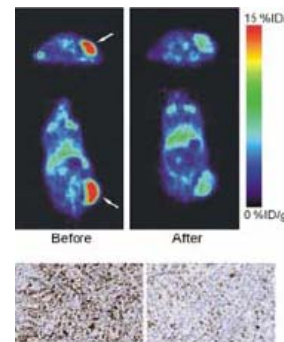
I-123 iomazenil agyi SPECT To-99m-MIBI szív perfúzió + angiogenesis SPECT



Nanobiotechnology and In Vivo Imaging Center

Nanobiotechnológiai és In Vivo Képkalkotó Központ

PET	3D 511 keV sugárzás forrástérkép
Előnyök	Bármely képkalkotó mélység Egésztest kép Kvantálható Funkcionális és anatómiai kép
Hátrányok	Sugárterhelés ÁR Felbontás Hosszabb kép-idők
Kontrasztanyag	C-11, F-18, Ga-68, Cu-64, Zr-89
Klinikai alk.	FDG beteg staging és követés
Voxel méretek, sejt/voxel	5 x 5 x 5 mm 0.6 x 0.6 x 0.6 mm 0.02 pM/voxel 1/100 atom per cell

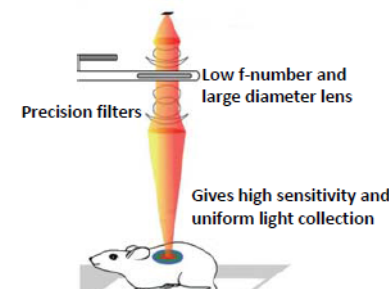


Nanobiotechnology and In Vivo Imaging Center

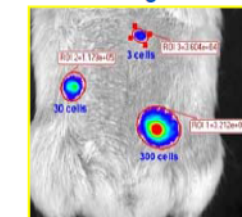
Nanobiotechnológiai és In Vivo Képkalkotó Központ

BIOLUMINESZCENCIA – A természet ereje az Impakt Faktor gyűjtés szolgálatában
Medúza, Szentjánosbogár – TG sejtek, állatok

Cooled (-90C) camera with large CCD chip area for high sensitivity



Resolves multiple bioluminescent reporters
Even detects single cells *in vivo*



Rabinovich *et al.* (2008)
PNAS 105(38): 14342-6

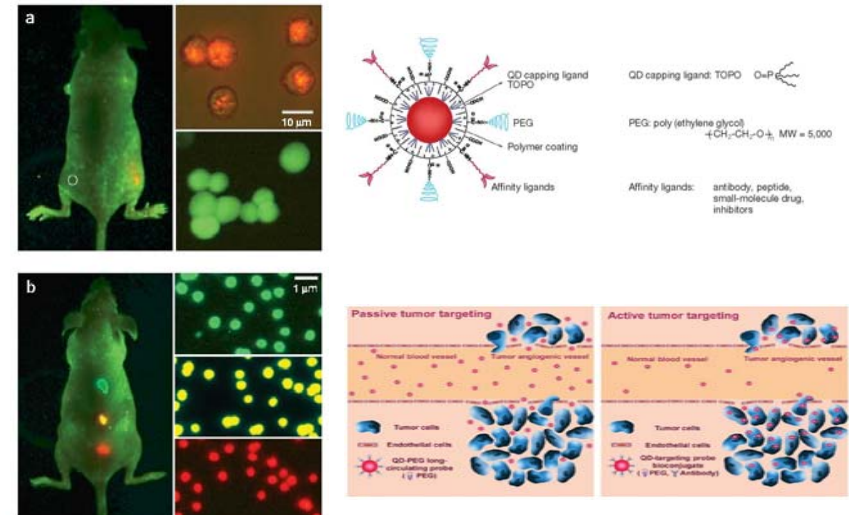
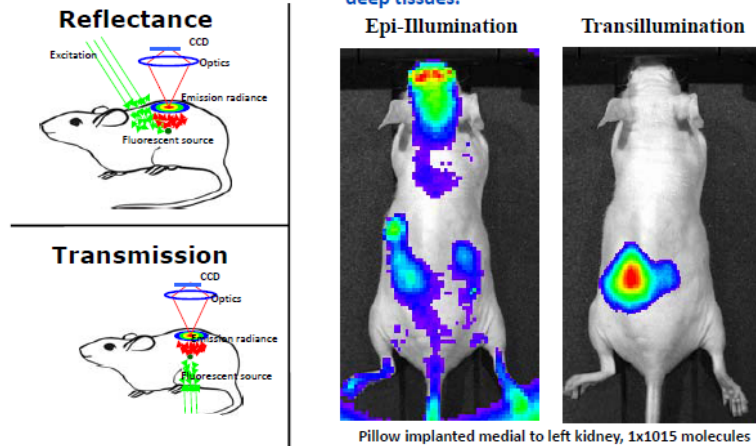
In vivo imaging of s.c. implanted T cells transduced with optimized firefly luciferase (left) and a 'single' 4T1 breast cancer cell (right)



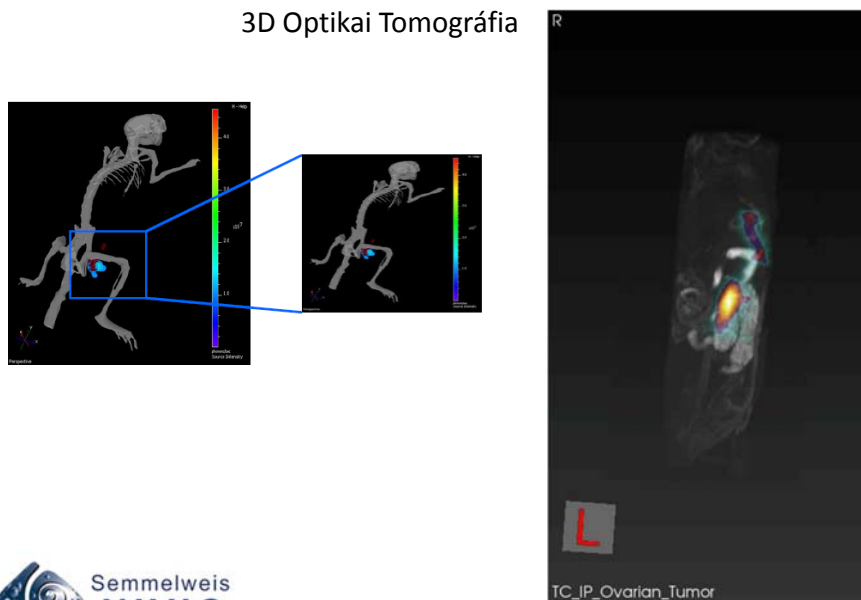
Nanobiotechnology and In Vivo Imaging Center

Fluoreszcens Képkeltés

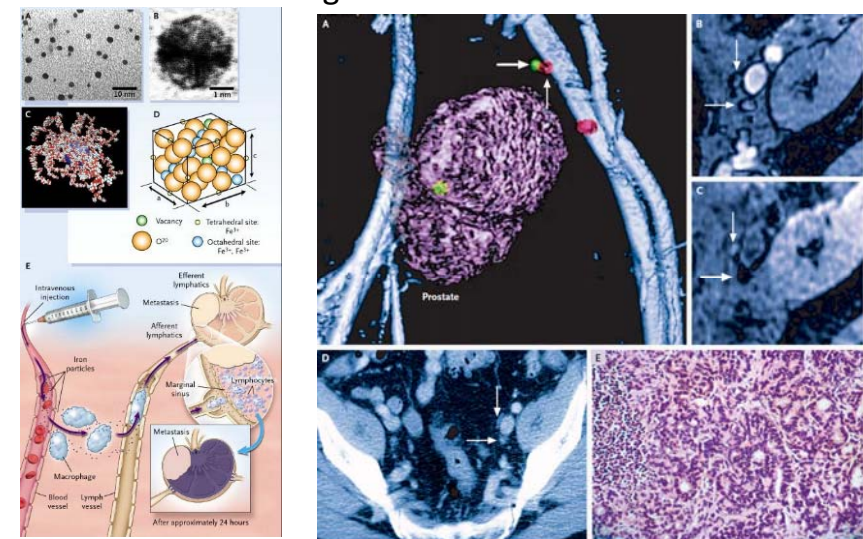
Cooled (-90C) camera with large CCD chip area for high sensitivity and a choice of imaging modes for maximal flexibility, e.g., transmission for deep tissues.



3D Optikai Tomográfia

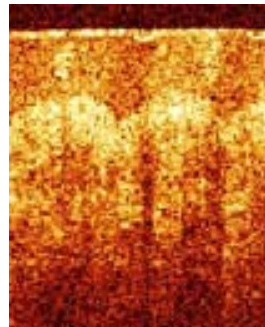


Diagnosztika-USPIO MRI

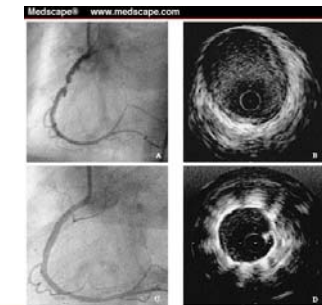
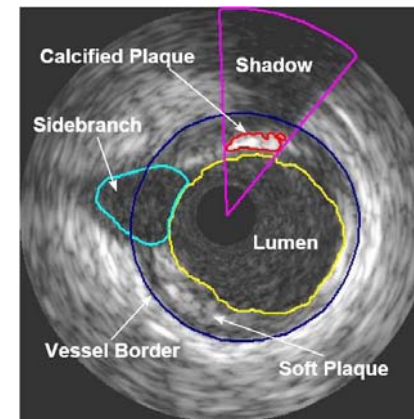
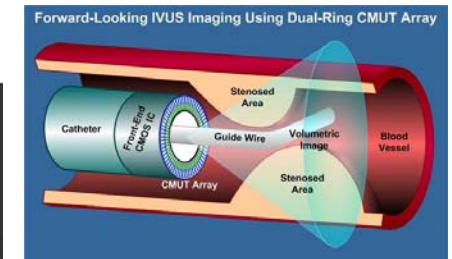


OCT (optical coherence tomography)

- Retina:
- Mucosák
- Porc
- Agyi vérkeringés
- Pár mm-es áthatolóképesség
- Mikronos felbontás
- Valós idejű képkeltés



Intravaszkuláris UH

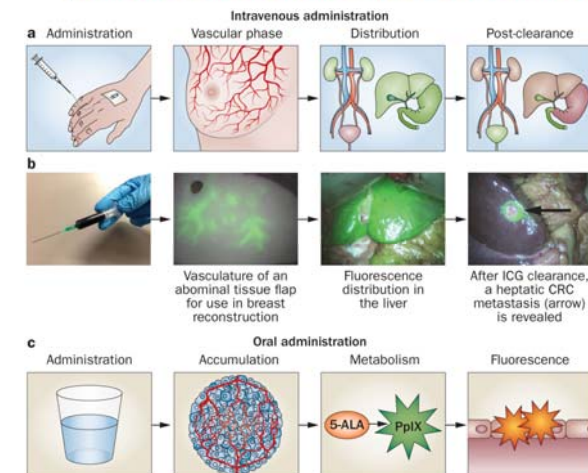
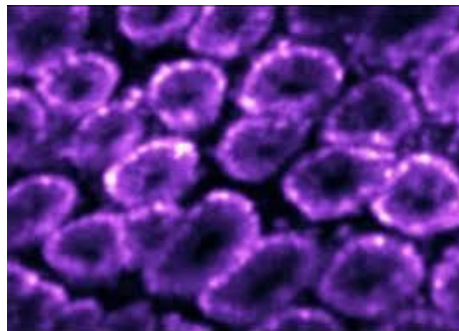


Szűrés-Konfokális Endomikroszkópia



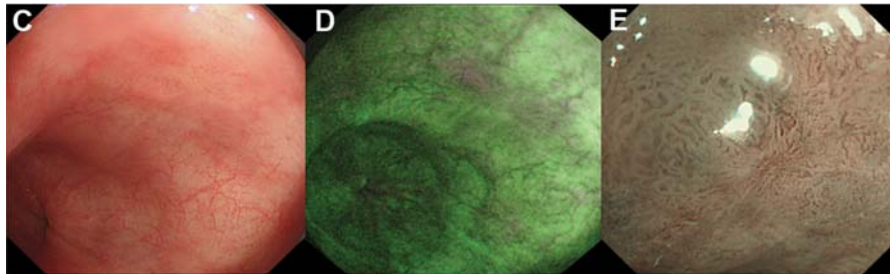
Oesophagus, gyomor, epevezeték,
ilealis/colon mucosa sejt szinten vizsgálva
konfokális száloptikás mikroszkóppal
autofluoreszcencia emisszió/excitáció hh.

Beteg colon crypták
in vivo valós idejű képe



Vahrmeijer, A. L. *et al.* (2013) Image-guided cancer surgery using near-infrared fluorescence
Nat. Rev. Clin. Oncol. doi:10.1038/nrclinonc.2013.123

Planáris autofluoreszcencia-endoszkópia

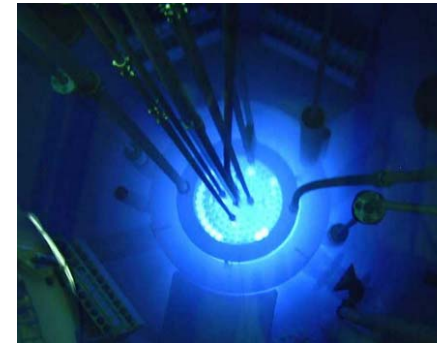


C: Barrett-oesophagus endoszkópia, D: autofluoreszcencia (lila) E: nagyfelbontású endoszkópia-irreguláris mintázat. A biopszia adenocarcinoma-t igazolt.



Nanobiotechnology and In Vivo Imaging Center

Cserenkov-Lumineszcencia



Ha egy töltött részecske dielektrikus közegben mozog, alapállapotukból kizárva a közeg poláris molekuláit, azok magasabb energiaállapotba kerülnek. Amikor ezek az alapállapotba visszatérnek, fotonokat bocsátanak ki. Mindez akkor figyelhető meg, ha a részecske a közegben gyorsabban mozog, mint a c/n (ahol n a törésmutató a közegben)

Peremfeltétel: $\beta n > 1$ $\beta = \frac{v}{c} = \sqrt{1 - \frac{1}{\left(\frac{E}{mc^2} + 1\right)^2}}$

Minden PET-hez használt izotópnál, + pl. I-131, Tc-99m, P-32



Minimális részecske energia a Cserenkov-hatáshoz: $E_{min} = mc^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{1}{n^2}}} - 1 \right)$
Szöveti $n=1.4$; víz $n=1.33$
Ezért 0.219 MeV felett szövetben minden béta-részecskénél mérhető

Nanobiotechnology and In Vivo Imaging Center

Kép-vezérelt Sebészet (Image-Guided Intervention)

1. Fluoreszcens alapú (Fluorescence Molecular Imaging)

- Detekció egyszerűbb (de: autofluo)
- Nincs radioaktivitás
- ≠ Indocianin Zöld (ICG) festéken kívül nincs FDA engedélyes kontrasztanyag
- ≠ Konjugáció, toxicitás problémás
- ≠ Alkalmazandó dózis nagy

2. Cserenkov-fényen alapuló (Cerenkov Light Imaging)

- ≠ Detekció nehéz (10 mW LED 10 km-ről)
- ≠ Radioaktív
- Van sok FDA engedélyes, ismert (PET, SPECT) kontrasztanyag
- Alkalmazandó dózis kicsi



Nanobiotechnology and In Vivo Imaging Center

Klinikai Kép-vezérelt Sebészet

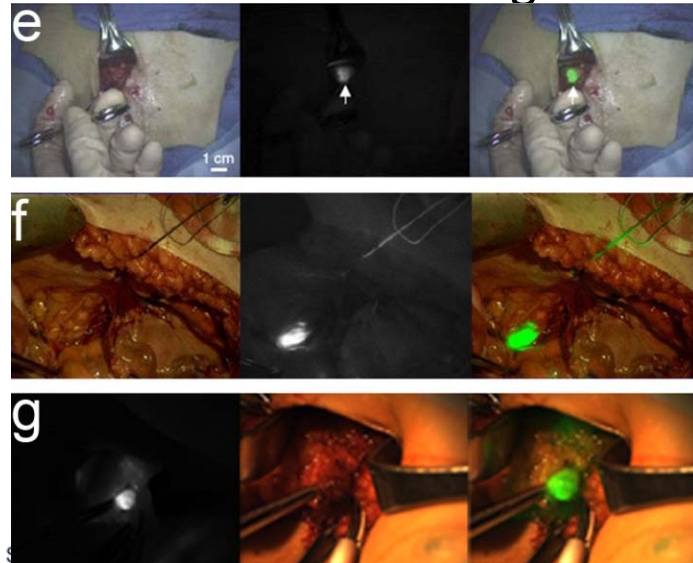


[Theranostics. 2014; 4\(11\): 1072–1084.](#)



Nanobiotechnology and In Vivo Imaging Center

Klinikai Fázis I és II vizsg. - FMI



Klinikai IMD vizsgálatok-CLI

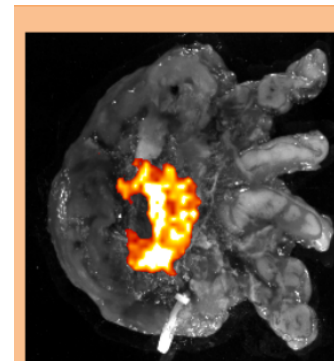
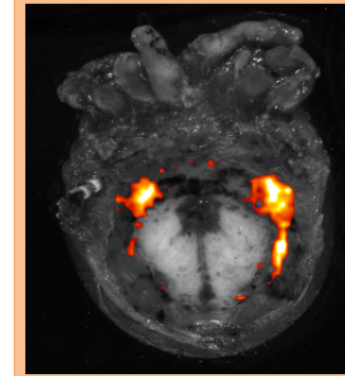


Figure 1: patient 1, view from the base of the prostate. Basal tumour, no margins

Figure 2: patient 3, view from the apex of the prostate. Postero apical tumour, no margins



Colour **NIR** **Colour-NIR**

a **b** **c**

d **e** **f**

g **h** **i**

j **k** **l**

m **n** **o**

p **q** **r**

s **t** **u**

v **w** **x**

y **z** **aa**

ab **ac** **ad**

ae **af** **ag**

ah **ai** **aj**

ak **al** **am**

an **ao** **ap**

aq **ar** **as**

at **au** **av**

aw **ax** **ay**

az **ba** **bb**

bc **bd** **be**

bf **bg** **bh**

bi **bj** **bk**

bl **bm** **bn**

bo **bp** **bq**

br **bs** **bt**

bu **bv** **bw**

bx **by** **bz**

ca **cb** **cc**

cd **ce** **cf**

cg **ch** **ci**

cj **ck** **cl**

cm **cn** **co**

cp **cq** **cr**

cs **ct** **cu**

cv **cw** **cx**

cy **cz** **da**

db **dc** **dd**

de **df** **dg**

dh **di** **dj**

dk **dl** **dm**

dn **do** **dp**

dq **dr** **ds**

dt **du** **dv**

dw **dx** **dy**

dz **ea** **eb**

ec **ed** **ee**

ef **eg** **eh**

ei **ej** **ek**

el **em** **en**

eo **ep** **eq**

er **es** **et**

eu **ev** **ew**

ex **ey** **ez**

fa **fb** **fc**

fd **fe** **ff**

fg **fh** **fi**

fj **fk** **fl**

fm **fn** **fo**

fp **fq** **fr**

fs **ft** **fu**

fv **fw** **fx**

fy **fz** **ga**

gb **gc** **gd**

ge **gf** **gg**

gh **gi** **gj**

gk **gl** **gm**

gn **go** **gp**

gq **gr** **gs**

gt **gu** **gv**

gw **gx** **gy**

gz **ha** **hb**

hc **hd** **he**

hf **hg** **hh**

hi **hj** **hk**

hl **hm** **hn**

ho **hp** **hq**

hr **hs** **ht**

hu **hv** **hw**

hx **hy** **hz**

ia **ib** **ic**

id **ie** **if**

ig **ih** **ii**

ij **ik** **il**

im **in** **io**

ip **iq** **ir**

is **it** **iu**

iv **iw** **ix**

iy **iz** **ja**

jb **jc** **jd**

je **jf** **jg**

jh **ji** **jj**

jk **jl** **jm**

jn **jo** **jp**

jq **jr** **js**

jt **ju** **kv**

kw **kx** **ky**

kz **la** **lb**

lc **ld** **le**

lf **lg** **lh**

li **lj** **lk**

ll **lm** **ln**

lo **lp** **lq**

lr **ls** **lt**

lu **lv** **lw**

lx **ly** **lz**

ma **mb** **mc**

md **me** **mf**

mg **mh** **mi**

mj **mk** **ml**

mn **mo** **mp**

mq **mr** **ms**

mt **mu** **mv**

mw **mx** **my**

mz **na** **nb**

nc **nd** **ne**

nf **ng** **nh**

ni **nj** **nk**

nl **no** **np**

nq **nr** **ns**

nt **nu** **nv**

nw **nx** **ny**

nz **oa** **ob**

oc **od** **oe**

of **og** **oh**

oi **oj** **ok**

ol **om** **on**

oo **op** **oq**

or **os** **ot**

ou **ov** **ow**

ox **oy** **oz**

pa **pb** **pc**

pd **pe** **pf**

pg **ph** **pi**

pj **pk** **pl**

pm **pn** **po**

pq **pr** **ps**

pt **pu** **pv**

pw **px** **py**

pz **qa** **qb**

qc **qd** **qe**

qf **qg** **qh**

qi **qj** **qk**

ql **qm** **qn**

qo **qp** **qq**

qr **qs** **qt**

qu **qv** **qw**

qx **qy** **qz**

ra **rb** **rc**

rd **re** **rf**

rg **rh** **ri**

rj **rk** **rl**

rm **rn** **ro**

rp **rq** **rr**

rs **rt** **ru**

rv **rw** **rx**

ry **rz** **sa**

sb **sc** **sd**

se **sf** **sg**

sh **si** **sj**

sk **sl** **sm**

sn **so** **sp**

sq **sr** **ss**

st **su** **sv**

sw **sx** **sy**

sz **ta** **tb**

tc **td** **te**

tf **tg** **th**

ti **tj** **tk**

tl **tm** **tn**

to **tp** **tr**

ts **tt** **tu**

tv **tw** **tx**

ty **tz** **ua**

ub **uc** **ud**

ue **uf** **ug**

uh **ui** **uj**

uk **ul** **um**

un **uo** **up**

uq **ur** **us**

ut **uu** **uv**

uw **ux** **uy**

uz **va** **vb**

vc **vd** **ve**

vf **vg** **vh**

vi **vj** **vk**

vl **vm** **vn**

vo **vp** **vq**

vr **vs** **vt**

vu **vv** **vw**

vx **vy** **vz**

wa **wb** **wc**

wd **we** **wf**

wg **wh** **wi**

wj **wk** **wl**

wm **wn** **wo**

wp **wq** **wr**

ws **wt** **wu**

wv **ww** **wx**

wy **wz** **xa**

xb **xc** **xd**

xe **xf** **yg**

yh **yi** **yj**

yk **yl** **ym**

yn **yo** **yp**

yq **yr** **ys**

yt **yu** **yv**

yw **yx** **yz**

za **zb** **zc**

zd **ze** **zf**

zg **zh** **zi**

zj **zk** **zl**

zm **zn** **zo**

zp **zq** **zr**

zs **zt** **zu**

zv **zw** **zx**

zy **zz** **aa**

ab **ac** **ad**

ae **af** **ag**

ah **ai** **aj**

ak **al** **am**

an **ao** **ap**

aq **ar** **as**

at **au** **av**

aw **ax** **ay**

az **ba** **bb**

bc **bd** **be**

bf **bg** **bh**

bi **bj** **bk**

bl **bm** **bn**

bo **bp** **bq**

br **bs** **bt**

bu **bv** **bw**

bx **by** **bz**

ca **cb** **cc**

cd **ce** **cf**

cg **ch** **ci**

cj **ck** **cl**

cm **cn** **co**

cp **cq** **cr**

cs **ct** **cu**

cv **cw** **cx**

cy **cz** **da**

db **dc** **dd**

de **df** **dg**

dh **di** **dj**

dk **dl** **dm**

dn **do** **dp**

dq **dr** **ds**

dt **du** **dv**

dw **dx** **dy**

dz **ea** **eb**

ec **ed** **ee**

ef **eg** **eh**

ei **ej** **ek**

el **em** **en**

eo **ep** **eq**

er **es** **et**

eu **ev** **ew**

ex **ey** **ez**

fa **fb** **fc**

fd **fe** **ff**

fg **fh** **fi**

fj **fk** **fl**

fm **fn** **fo**

fp **fq** **fr**

fs **ft** **fu**

fv **fw** **fx**

fy **fz** **ga**

gb **gc** **gd**

ge **gf** **gg**

gh **gi** **gj**

gk **gl** **gm**

gn **go** **gp**

gq **gr** **gs**

gt **gu** **gv**

gw **gx** **gy**

gz **ha** **hb**

hc **hd** **he**

hf **hg** **hh**

hi **hj** **hk**

hl **hm** **hn**

ho **hp** **hq**

hr **hs** **ht**

hu **hv** **hw**

hx **hy** **hz**

ia **ib** **ic**

id **ie** **if**

ig **ih** **ii**

ij **ik** **il**

im **in** **io**

ip **iq** **ir**

is **it** **iu**

iv **iw** **ix**

iy **iz** **ja**

jb **jc** **jd**

je **jf** **jg**

jh **ji** **jj**

jk **jl** **jm**

jn **jo** **jp**

jq **jr** **js**

jt **ju** **kv**

kw **kx** **ky**

kz **la** **lb**

lc **ld** **le**

lf **lg** **lh**

li **lj** **lk**

ll **lm** **ln**

lo **lp** **lq**

lr **ls** **lt**

lu **lv** **lw**

lx **ly** **lz**

ma **mb** **mc**

md **me** **mf**

mg **mh** **mi**

mj **mk** **ml**

mn **mo** **mp**

mq **mr** **ms**

mt **mu** **mv**

mw **mx** **my**

mz **na** **nb**

nc **nd** **ne**

nf **ng** **nh**

ni **nj** **nk**

nl **no** **np**

nq **nr** **ns**

nt **nu** **nv**

nw **nx** **ny**

nz **oa** **ob**

oc **od** **oe**

of **og** **oh**

oi **oj** **ok**

ol **om** **on**

oo **op** **oq**

or **os** **ot**

ou **ov** **ow**

ox **oy** **oz**

pa **pb** **pc**

pd **pe** **pf**

pg **ph** **pi**

pj **pk** **pl**

pm **pn** **po**

pq **pr** **ps**

pt **pu** **pv**

pw **px** **py**

pz **qa** **qb**

qc **qd** **qe**

qf **qg** **qh**

qi **qj** **qk**

ql **qm** **qn**

qo **qp** **qq**

qr **qs** **qt**

qu **qv** **qw**

qx **qy** **qz**

ra **rb** **rc**

rd **re** **rf**

rg **rh** **ri**

rj **rk** **rl**

rm **rn** **ro**

rp **rq** **rr**

rs **rt** **ru**

rv **rw** **rx**

ry **rz** **sa**

sb **sc** **sd**

se **sf** **sg**

sh **si** **sj**

sk **sl** **sm**

sn **so** **sp**

sq **sr** **ss**

st **su** **sv**

sw **sx** **sy**

sz **ta** **tb**

tc **td** **te**

tf **tg** **th**

ti **tj** **tk**

tl **tm** **tn**

to **tp** **tr**

ts **tt** **tu**

tv **tw** **tx**

ty **tz** **ua**

ub **uc** **ud**

ue **uf** **ug**

uh **ui** **uj**

uk **ul** **um**

un **uo** **up**

uq **ur** **us**

ut **uu** **uv**

uw **ux** **uy**

uz **va** **vb**

vc **vd** **ve**

vf **vg** **vh**

vi **vj** **vk**

vl **vm** **vn**

vo **vp** **vq**

vr **vs** **vt**

vu **vv** **vw**

vx **vy** **vz**

wa **wb** **wc**

wd **we** **wf**

wg **wh** **wi**

wj **wk** **wl**

wm **wn** **wo**

wp **wq** **wr**

ws **wt** **wu**

wv **ww** **wx**

wy **wz** **xa**

xb **xc** **xd**

xe **xf** **yg**

yh **yi** **yj**

yk **yl** **ym**

yn **yo** **yp**

yq **yr** **ys**

yt **yu** **yv**

yw **yx** **yz**

za **zb** **zc**

zd **ze** **zf**

zg **zh** **zi**

zj **zk** **zl**

zm **zn** **zo**

zp **zq** **zr**

zs **zt** **zu**

zv **zw** **zx**

zy **zz** **aa**

ab **ac** **ad**

ae **af** **ag**

ah **ai** **aj**

ak **al** **am**

an **ao** **ap**

aq **ar** **as**

at **au** **av**

aw **ax** **ay**

az **ba** **bb**

bc **bd** **be**

bf **bg** **bh**

bi **bj** **bk**

bl **bm** **bn**

bo **bp** **bq**

br **bs** **bt**

bu **bv** **bw**

bx **by** **bz**

ca **cb** **cc**

cd **ce** **cf**

cg **ch** **ci**

cj **ck** **cl**

cm **cn** **co**

cp **cq** **cr**

cs **ct** **cu**

cv **cw** **cx**

cy **cz** **da**

db **dc** **dd**

de **df** **dg**

dh **di** **dj**

dk **dl** **dm**

dn **do** **dp**

dq **dr** **ds**

dt **du** **dv**

dw **dx** **dy**

dz **ea** **eb**

ec **ed** **ee**

ef **eg** **eh**

ei **ej** **ek**

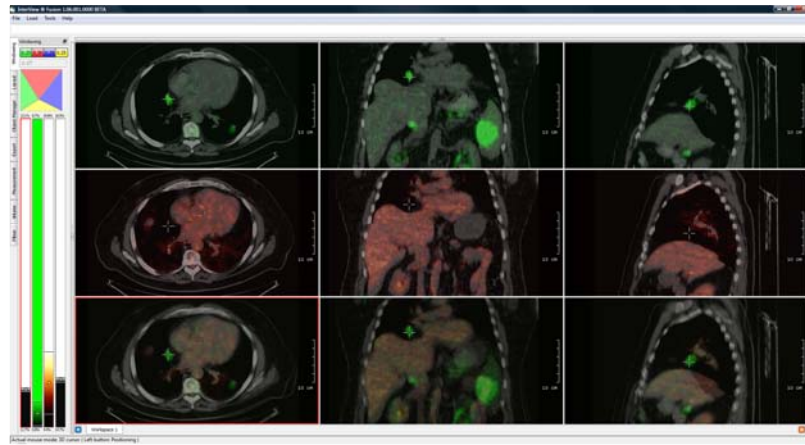
el **em** **en**

eo **ep** **eq**

er **es** **et**

eu **ev** **ew**

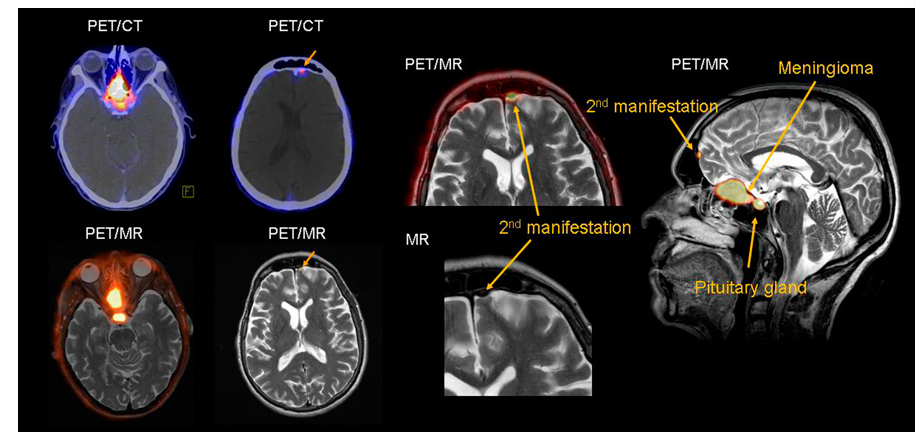
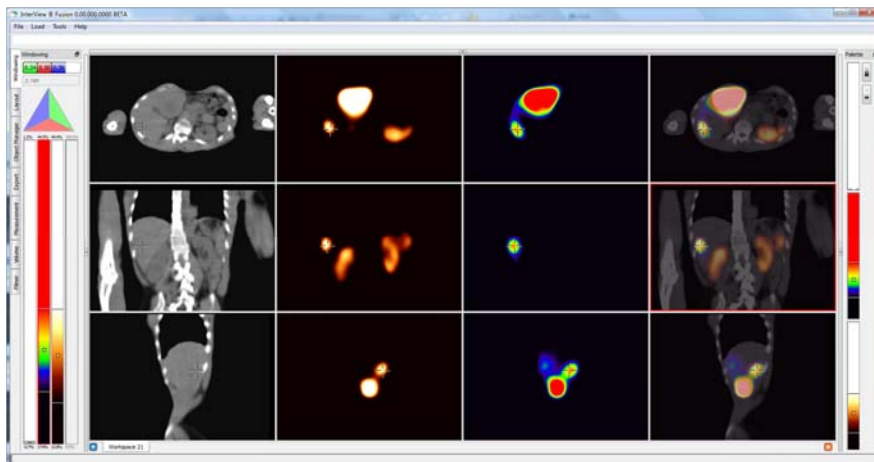
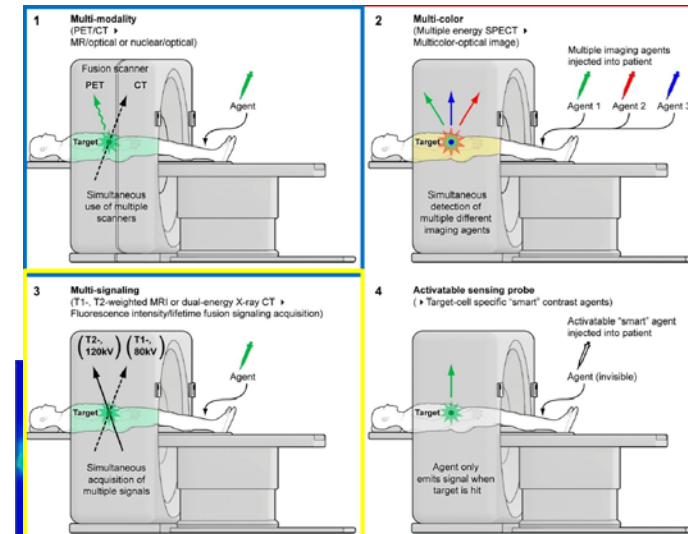
ex **ey**



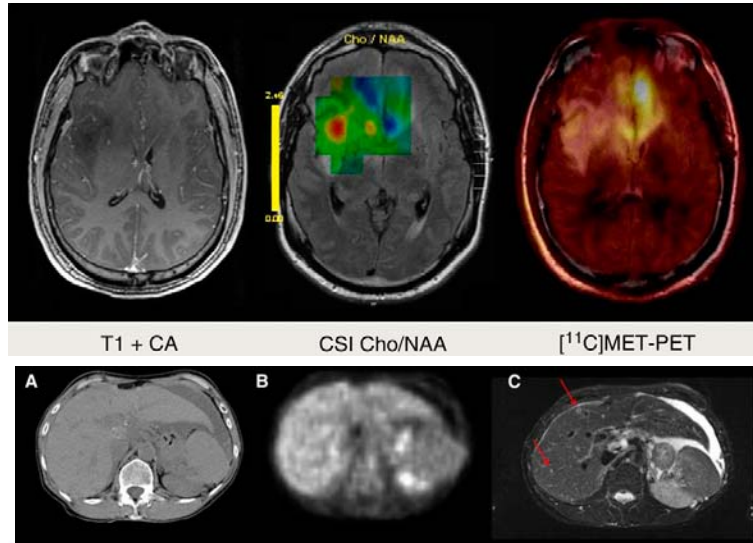
Első
PET-CT

Második
PET-CT

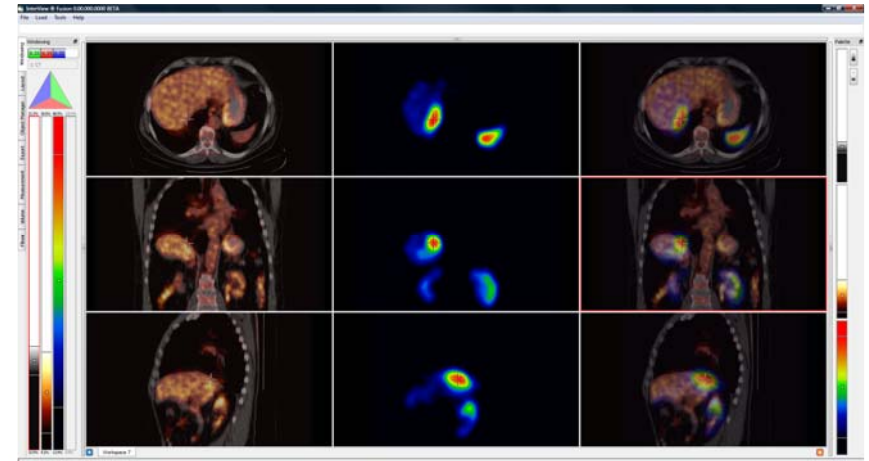
4szeres
fúzió



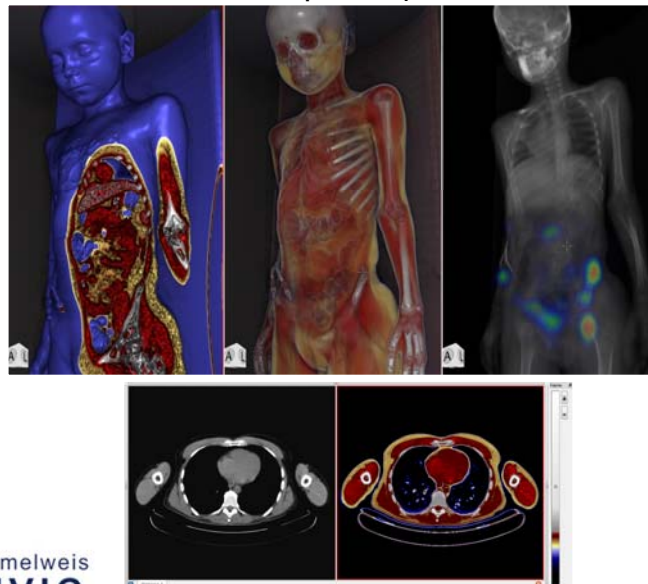
PET/MRI



PET/SPECT/CT – Funkcionális és morfológiai információ együtt

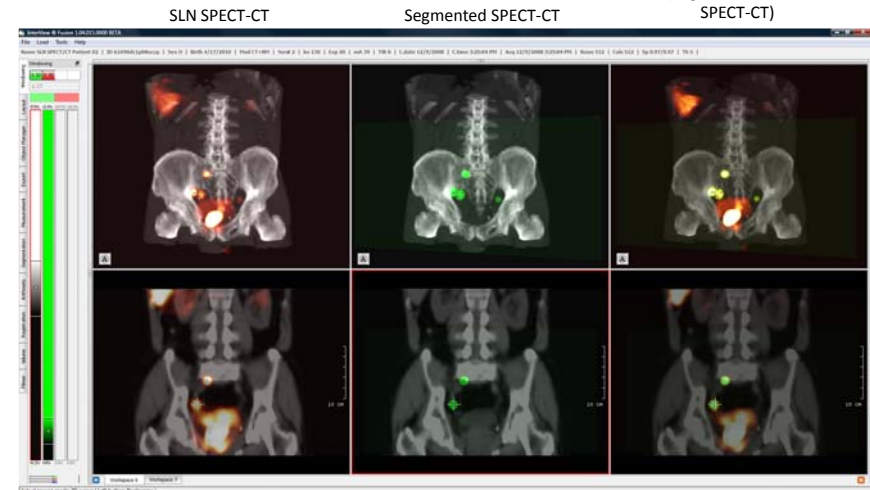


SPECT-CT look-up table/ablakolás

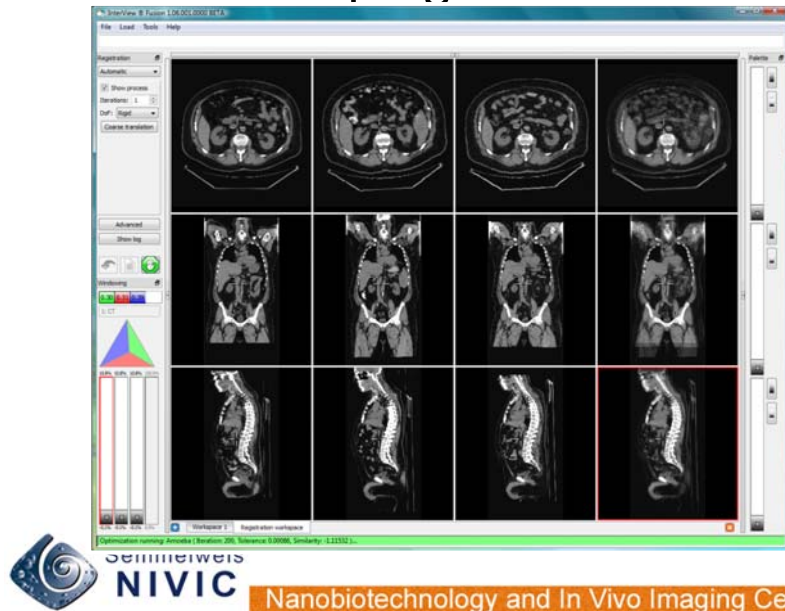


Képszegmentáció

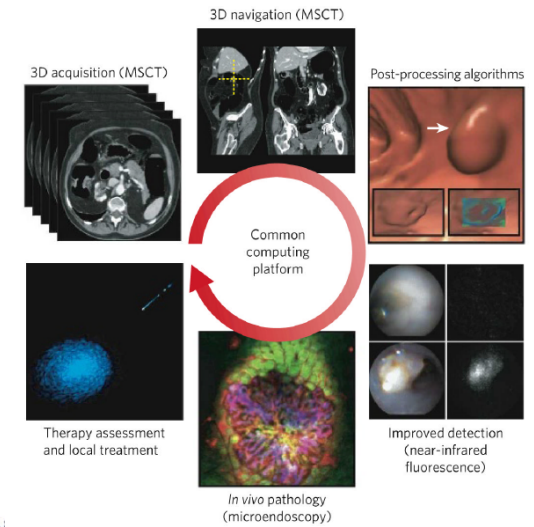
Triple fusion
(Segmented SPECT-
SPECT-CT)



Képregisztráció



Imaging in Clinical PACS (MGH)



Köszönöm a figyelmet

- domokos.mathe@cromedresearch.com

