

Medizinische bildgebende Verfahren

Nuklearmedizin

Dabasi Gabriella

Semmelweis Univ.

Institut für NuklearMedizin

05.03.2015.

Die Definition der Nuklearmedizin

Medizinische Anwendung der offenen
radioaktiven Isotopen

in der Diagnose

in der Therapie

in der Forschung

Wo befindet sich, was funktioniert

Organen

Gewebe

Zellen

Subzellulären Strukturen:

Welche Rezeptoren , Enzymen, Transmittern, und andere Biomolekule funktionieren

Wir können auch Hypoxie, Apoptose ,Angiogenese

Multidrug Resistanz (MRD) beurteilen

Genetische Prozesse sind auch messbar

Nuklearmedizinische Methoden beruhen auf den folgenden Prinzipien:

Bei Stoffwechselvorgängen kann der Organismus die Isotope
Eines Elements nicht voneinander unterscheiden
Gleiche Ordnungszahl im Periodensystem,
Unterschiedliche Massenzahl !

Die radioaktiven Isotopen , können in so geringen
Menge angewandt werden , dass Stoffwechselvorgängen
nicht beeinflusst sind.

In vivo NM

Organ
Gewebe
Funktion } spezifischer Stoff + radioaktives Isotop = **Radiopharmakon**

von außen detektierbar

gezielte lieferung

Tracerprinzip

György von Hevesy

1885-1966

Nobel Preis: 1943



HEVESY GYÖRGY



Georgede Hevesy

Hevesy der lustig wissenschaftler

Hevesy hat in Manchester mit Rutherford zusammen gearbeitet.

Hevesy und noch andere jungen Wissenschaftlern haben eine Wohnung gemietet, eine Hausfrau hat gekocht.

Das Essen hat nicht geschmackt.

Lustiger Tracer Prinzip

Hevesy bezeichnete (markierte) das sonntägigen Mittagessen mit Radioaktiv Material und an der nächste Woche in der Suppe, im Gulasch, im Boulette demonstrierte das alten Fleisch mit einer GM Rohr

Das Putzfrau war einshockt und nicht mehr gekommen!

DIESES FLEISCH HAT MIR SCHON AN DER LETZTE WOCHEN NICHT GESCHMECKT !!



NM

Diagnostische
Anwendung

Therapeutische
Anwendung

In vivo

In vitro

Single photon Methoden

PET Methode



In vivo Untersuchungen:

- Die Tracer werden in geringsten Mengen in den menschlichen Stoffwechsel eingeschleust um die Funktion von Organen (Gewäbe, Subzelluläre Strukturen ...) zu prüfen und sichtbar zu machen
- Verwändet werden vorweigend reine Gamma oder Postronenstrahler!

In vitro Untersuchungen:

- Untersuchung von Körperproben (Blut,Urin..)
- Der menschliche Organismus kommt dabei nicht mit radioaktivität in Berührung.

Isotopen :

- Die gleiche Ordnungszahl im Periodensystem,
- Unterschiedlich Massenzahl !

Radioaktive Isotopen:

- Neutron-Proton –Verhältnis ist instabil
- werfen ihre überschüssige Energie:
- Alfa Teilchen: Heliumkerne
- Beta Teilchen: Elektronen oder Positronen
- Gamma Strahlung : begleitete Gamma Strahlung Elektronen Einfang
(charakteristische
Röntgen Strahlung)

Radioaktive Isotope

- Neutronreich \longrightarrow Beta Strahlung (beta Teilchen +gamma)
- Protonreich $\begin{array}{l} \longrightarrow \\ \searrow \end{array}$ Positronen Strahlung (2 gamma)
Elektronen Einfang (charakteristische Röntgen Strahlung)
- Kernreaktoren hergestellt
- Zyklotronen hergestellt

Ca. 90% der diagnostischen Untersuchungen (SPECT) werden mit ^{99m}Tc markierten Radiofarmaka durchgeführt.

^{99m}Tc -Technecium ist ideale für Messungen mit Gamma Kamera,

140 keV (70 keV -400keV)

Monoenergetische Strahlung, ideale für Bildgebung

Niedrige Strahlenbelastung , $T_{1/2}$: 6 Stunden

Reine gamma Strahlung aus ^{99m}Tc -Molibden , grosse Menge Photonen
(Poisson)

Praktische Verfügbarkeit, Elution mit physiologischen Saltz

Mit vielen Molekullen geben stabilen Komplexen

Tc-99m GENERATOR

Mo-99, Aluminoxid, elution phys.saline, T1/2: 2.75d

Tochterelement: Tc-99m

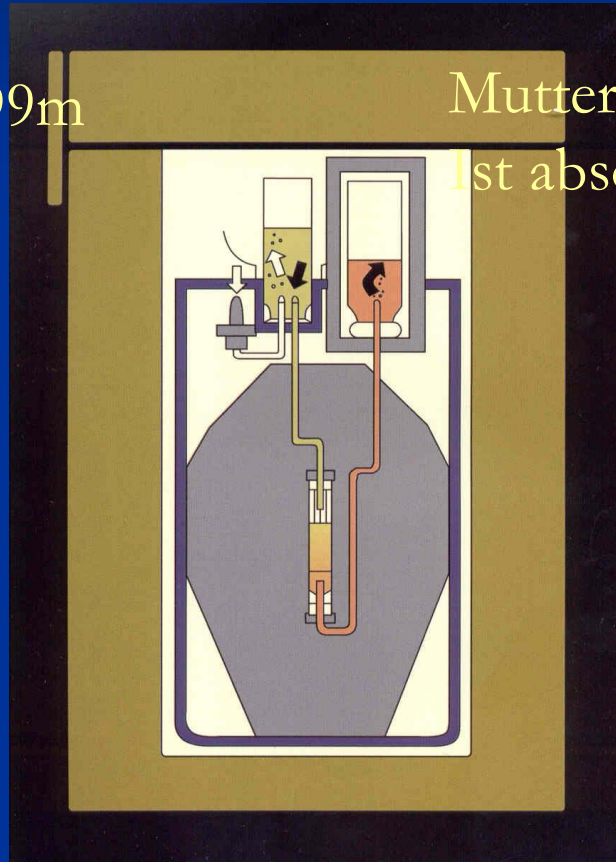
Eluiert mit Saline

Edelstahl Nadel

Mutterelement: Mo-99

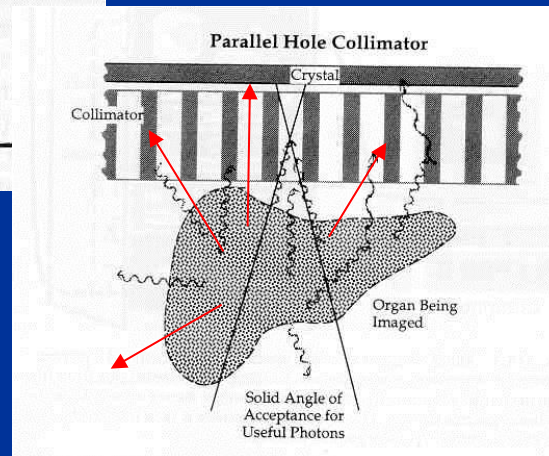
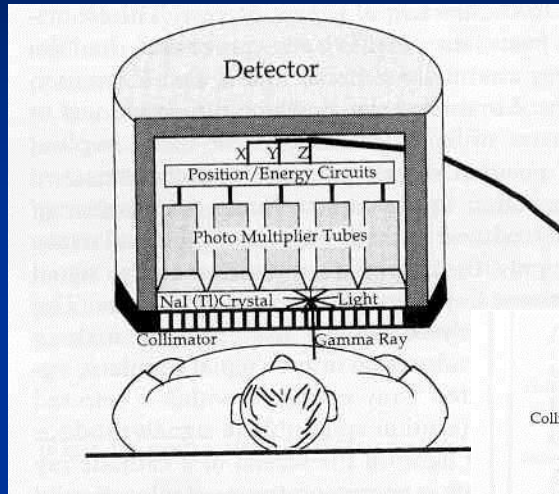
Ist absorbiert an eine Spalte

Aluminoxid



Bildgebende Geräte

■ Gammakamera (Anger Kamera, Szintigraphische Kamera)



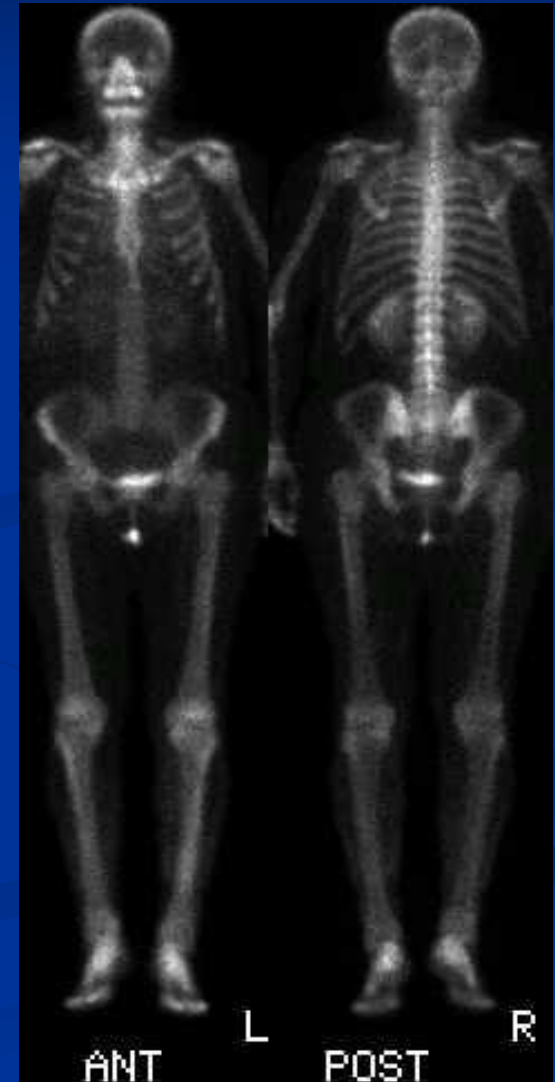
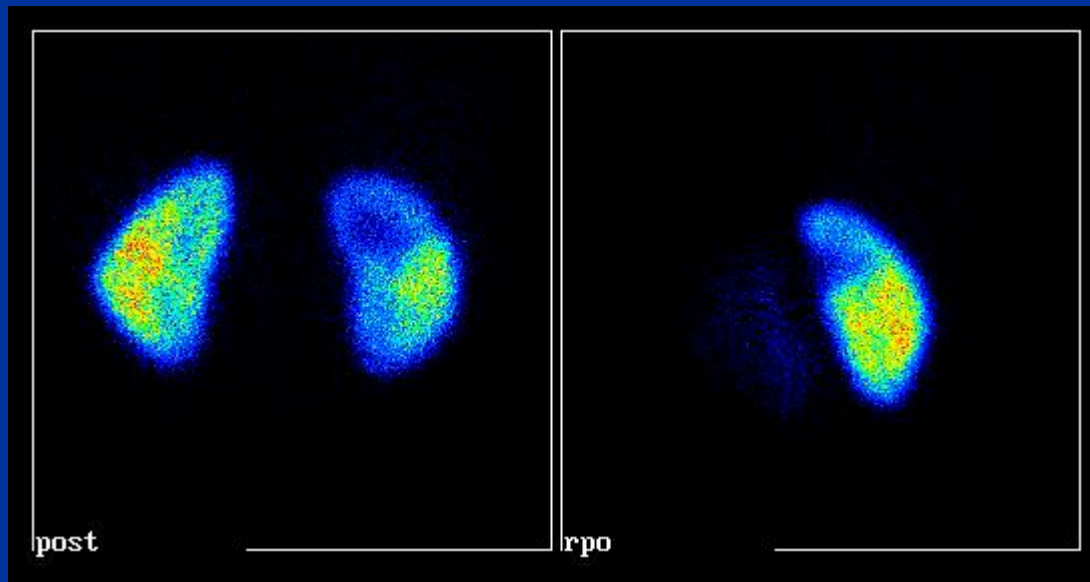
- Der Detektor besteht aus einem einzigen großen NaI- Szintillationskristall. An der Rückseite ist eine Vielzahl von Photomultipliern angebracht. Die Strahlung löst im Szintillationskristall Lichtblitze aus. Diese werden mittels eines Photomultipliers verstärkt und - je nach seiner Intensität- in elektrische Signale umwandelt. Aus der Verteilung der Signalhöhen kann der Ort der Szintillation im Kristall genau bestimmt werden. Vor dem Kristall sind Kollimatoren (Bleilamellen), die nur die senkrecht zulaufende Photonen zur Detektorenfläche lassen, die schräg zulaufende werden absorbiert.

Scintigramm

- Die bildliche Darstellung der im Körper gemessenen Aktivitätsverteilung
 - Statische Szintigraphie: die Verteilung des Radiopharmakons in einem einzigen Zeitpunkt
 - Sequenzszintigraphie: die Verteilung des Radiopharmakons in mehreren Zeitpunkten (dynamische Untersuchungen, Merphasen-szintigraphie)

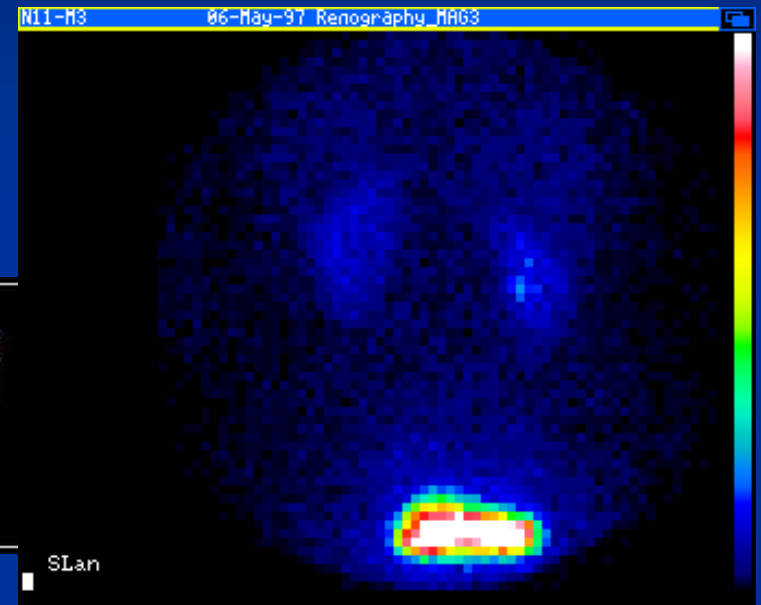
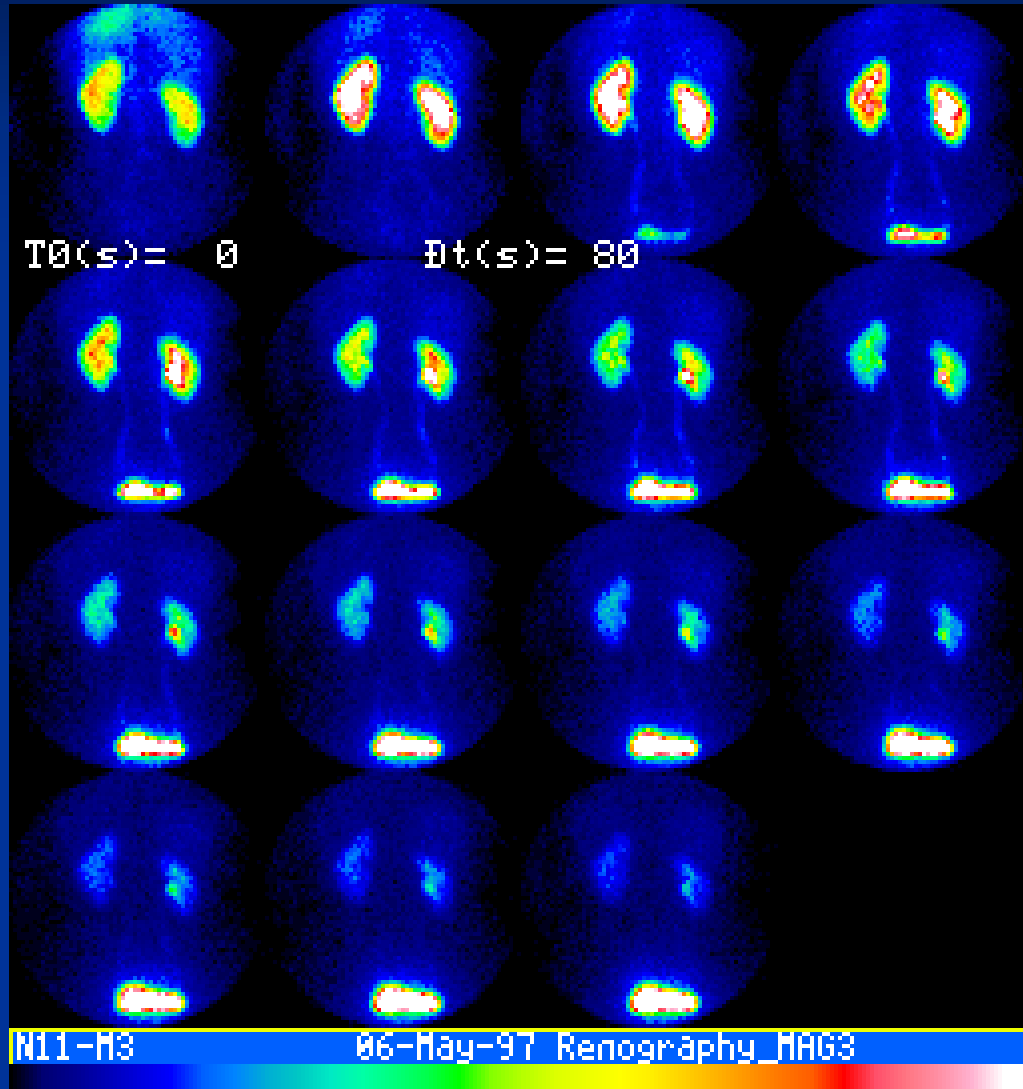
Planare Untersuchungen

1. Statische Untersuchungen



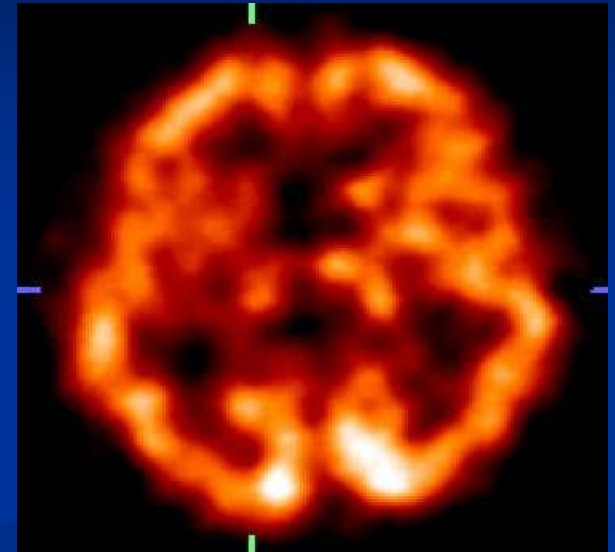
Planare Untersuchungen

2. Sequenz-/Funktions-Szintigraphie



Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT)

Einzelphotonen-Emissions-Tomographie

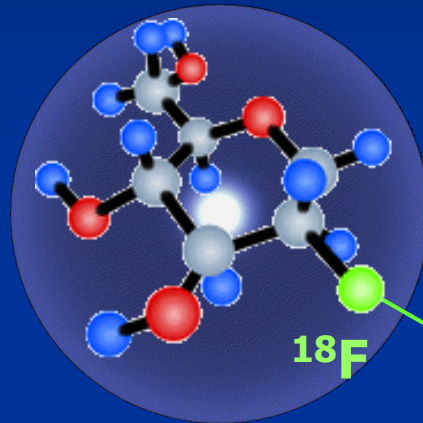


Eine oder mehrere Gammakameras rotieren um den Körper und nehmen Messwerte aus verschiedene Projektionen auf, aus denen Schnittbilder in 3 Ebenen rekonstruiert werden.

Positronen-Emissions-Tomographie

Positronen strahlendes Molekül

(e.g.: ^{18}F -FDG)

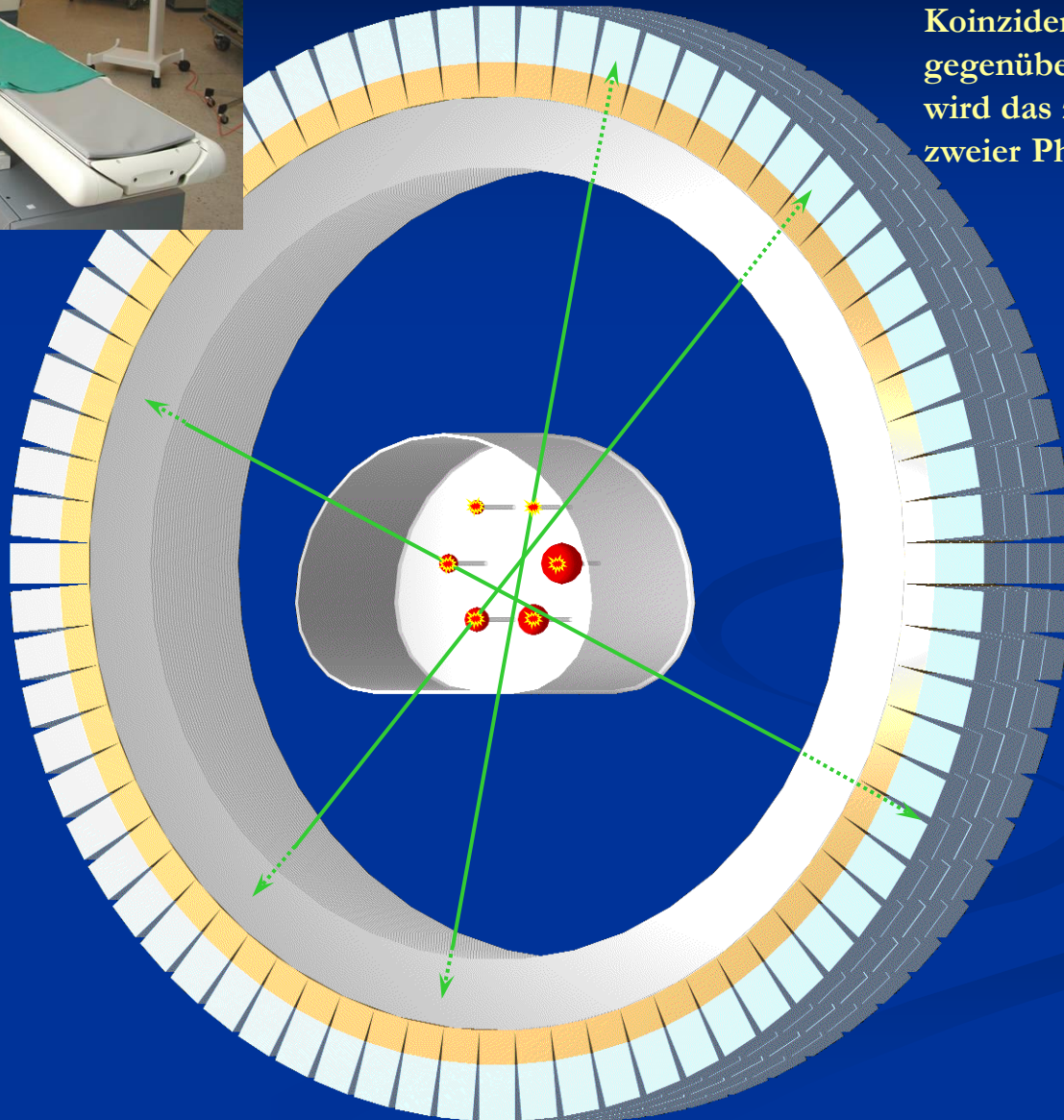


PET basiert auf der Entstehung von Vernichtungsstrahlung beim β^+ Zerfall: das bei der Kernumwandlung ausgesendete Positron annihiliert sich innerhalb unmeßbar kleiner Zeit mit einem Elektron zu zwei Photonen mit einer Energie von je 511 keV, die sich in diametral entgegengesetzter Richtung bewegen.





Im Tomographiegerät befindet sich ein Detektorring. Die Detektoren sind in einer Koinzidenzschaltung miteinander verbunden. Durch die Koinzidenzschaltung der gegenüberliegenden Detektoren wird das zeitgleiche Auftreffen zweier Photonen registriert.



^{99m}Tc ist das Hauptisotop für SPECT

Physikalische Eigenschaften:

■ Strahlung	Gamma Str.
■ Halbwertszeit	6 h
■ Gamma Energie	140 keV

Chemische Eigenschaften sind positiv

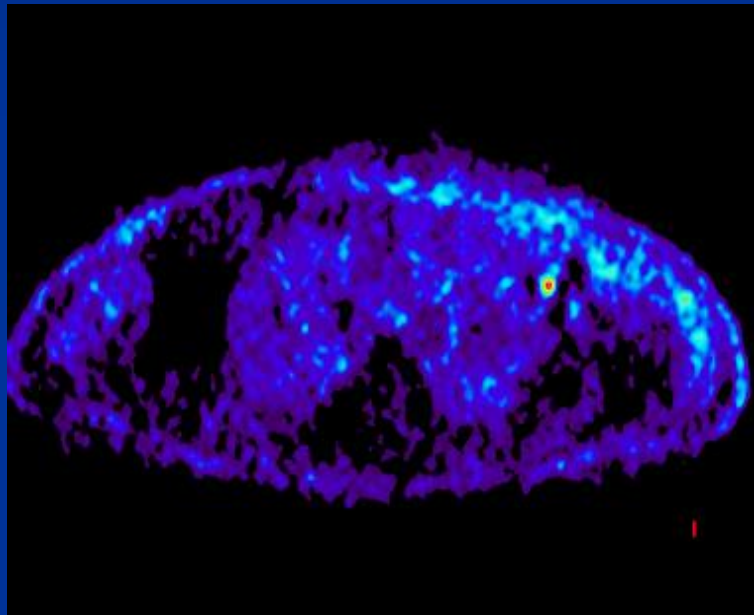
Verfügbarkeit ist einfach Generator

Hauptisotopen für PET

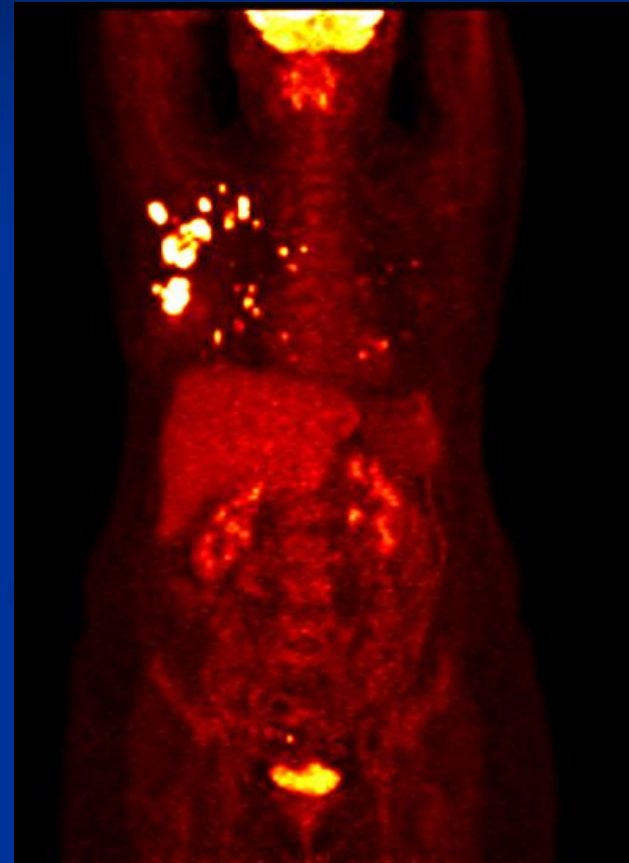
- Die wichtigsten Positronen emittierenden Radionuklide und ihre Halbwertszeit:

^{11}C	20,4 min
^{13}N	9,96 min
^{15}O	2,07 min
^{18}F	109,7 min

Positron Emission Tomography (PET)



Abschnitte (PET)
Axiale Schnittbilder



PET Ganzkörper Aufnahme
Mit 18 F-FDG

PET vs. SPECT

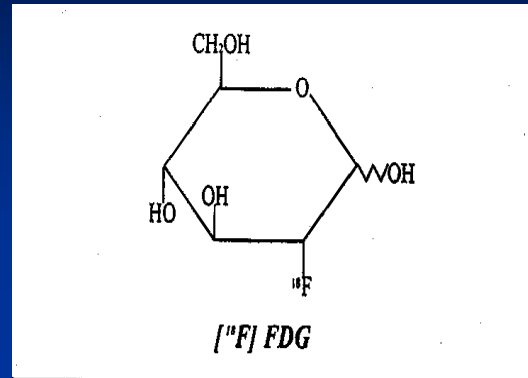
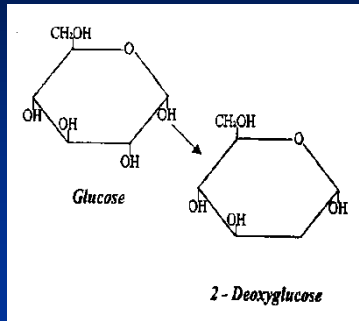
double-photon single-photon

1. Mehr sensitiv (kein Kollimator!)
2. Bessere Auflösung
SPECT: 10 mm, PET: 4-5 mm
3. Quantitative
absolut is (pl. mL/min/g, mol/min/g)
4. Biomoleküle :
C-11, N-13, O-15, F-18, Ga-68....

SLICE OF LIFE

Hauptisotop für PET:

^{18}F -Fluoro Deoxy Glucose (FDG)

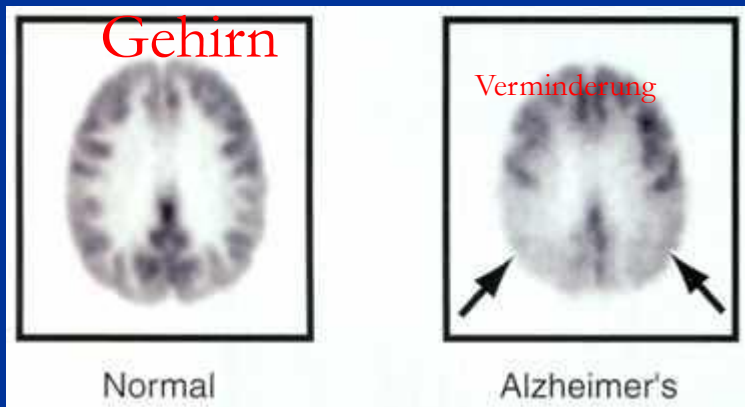


Anwendungen:

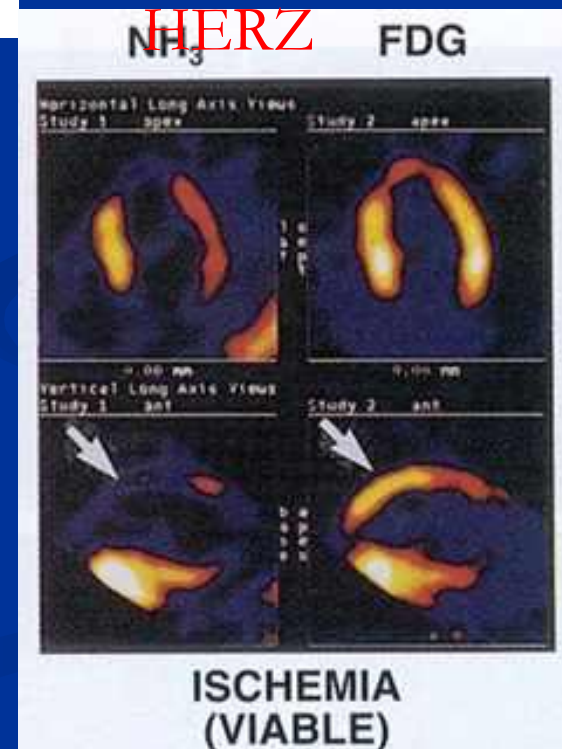
Onkologie (~85 %)

Neurologie (~10%)

Kardiologie (~5 %)



Dreilappen regionen posterior



Perfusionsbild und metabolismus

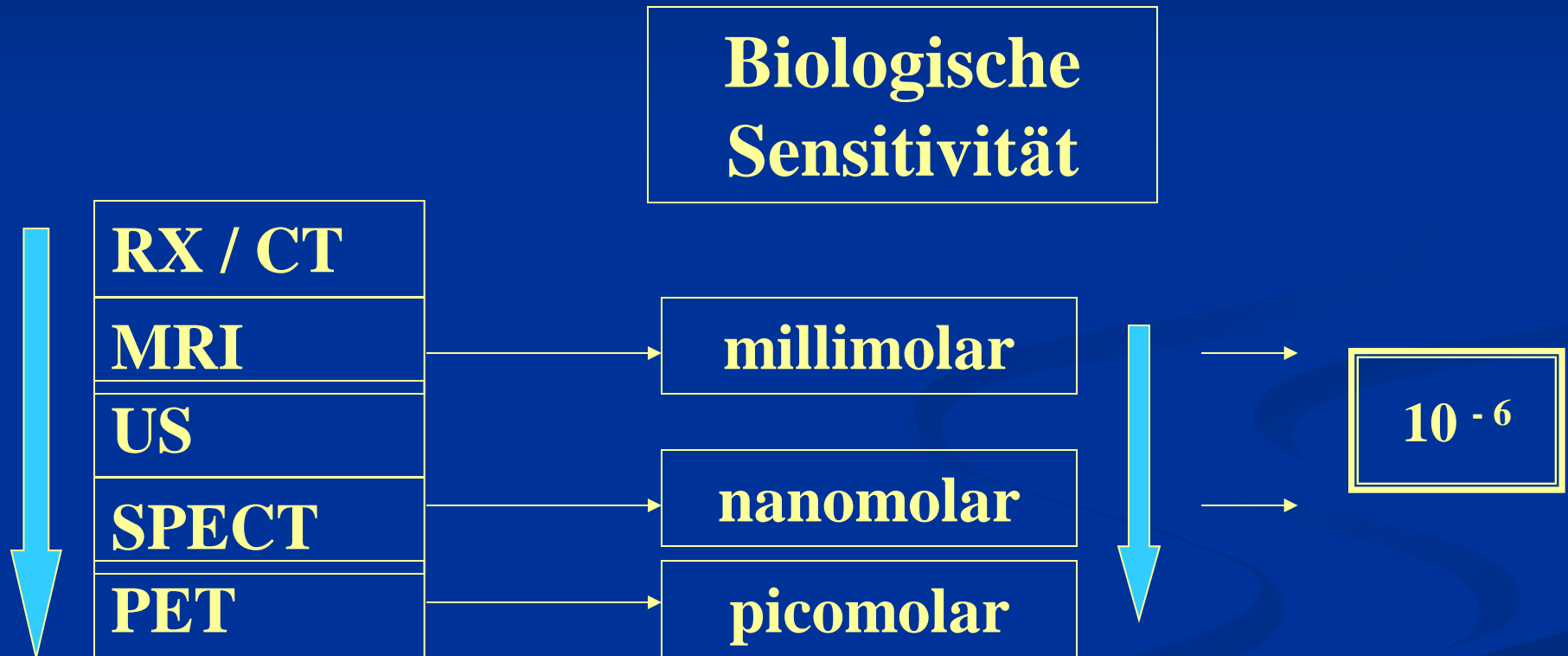
Nuklearmedizin im allgemeinen

- Funktionelle Information
- Sensitivität
- Spezifität
- Non-invasive
- (Semi)-Quantitative Untersuchungen
- „niedrige“ räumliche Auflösung
- Strahlen Exposition

Nuklearmedizin im allgemeinen

- Funktionelle Information
- Sensitivität
- Spezifität
- Non-invasive
- (Semi)-Quantitative Untersuchungen
- „niedrige“ räumliche Auflösung
- Strahlen Exposition

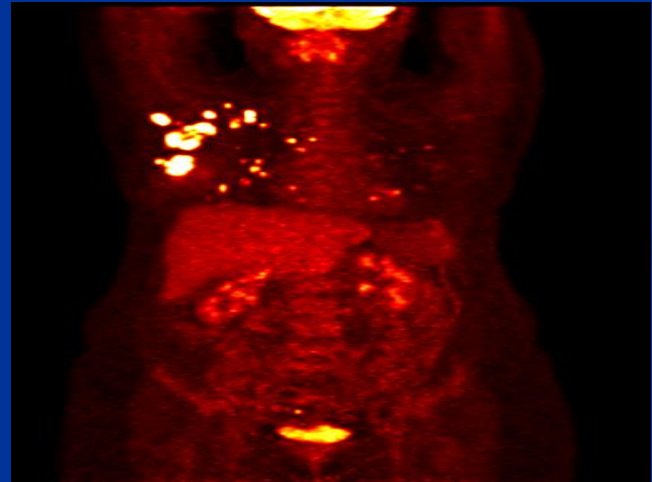
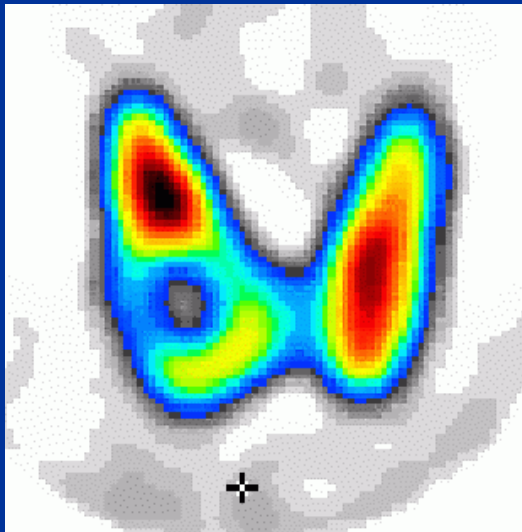
Sensitivität der bildgebenden Verfahren



Picomol Prozesse sind sichtbar !

Nuklearmedizin im allgemeinen

- Funktionelle Information
- Sensitivität
- Spezifität



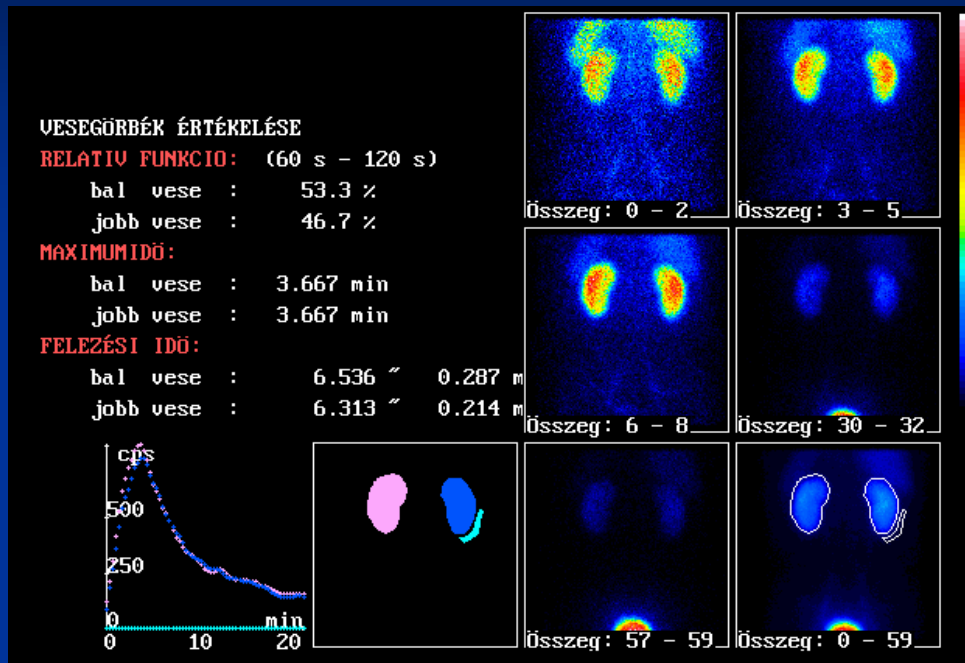
Nuklearmedizin im allgemeinen

- Funktionelle Information
- Sensitivität
- Spezifität
- Non-invasiv
- (Semi)-Quantitative Untersuchungen
- „niedrige“ räumliche Auflösung
- Strahlen Exposition

Nuklearmedizin im allgemeinen

- Funktionelle Information
- Sensitivität
- Spezifität
- Non-invasive
- (Semi)-Quantitative Untersuchungen
- „niedrige“ räumliche Auflösung
- Strahlen Exposition

(Semi)-Quantitativ



Quantitative PET

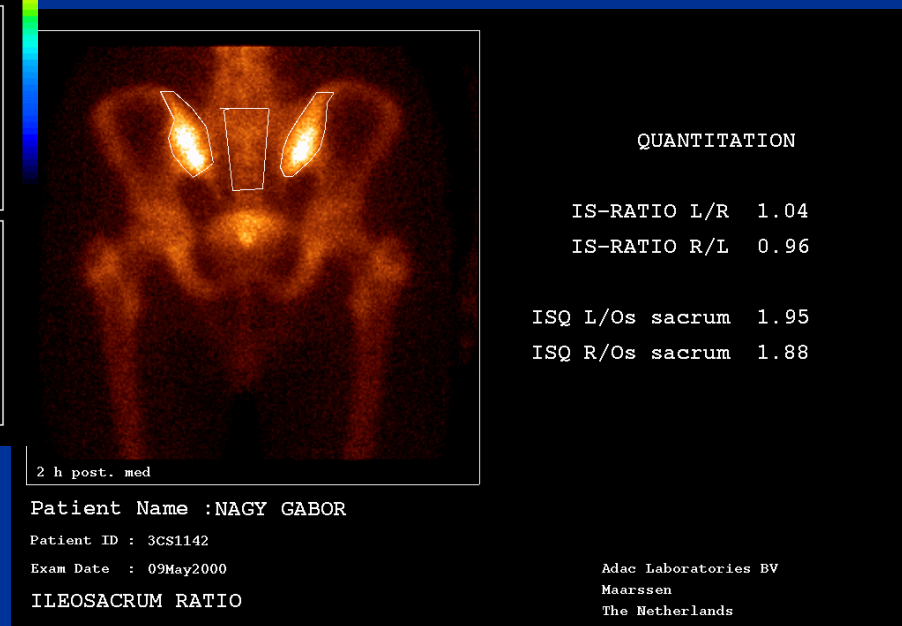
- Semiquantitative: Standard uptake value (SUV)

$$SUV = Q \times W / Q_{inj}$$

- Quantitative: Glucose Metabolic Rate (Mr_{glu})

$$Mr_{glu} = (C_P / LC) \times \{K_1 \times k_3 / (k_2 + k_3)\} = (C_P / LC) \times K_i$$

(μmoles/min/ml)



Standardized Uptake Value (SUV)

$$\text{SUV} = \frac{\text{tracer concentration (Bq/ml)}}{\text{injected dose (Bq) / body volume (ml)}}$$

standardisierte Aufnahmewerte

Nuklearmedizin im allgemeinen

- Funktionelle Information
- Sensitivität
- Spezifität
- Non-invasive
- (Semi)-Quantitative Untersuchungen
- „niedrige“ räumliche Auflösung
- Strahlen Exposition

Nuklearmedizin im allgemeinen

- Funktionelle Information
- Sensitivität
- Spezifität
- Non-invasive
- (Semi)-Quantitative Untersuchungen
- „niedrige“ räumliche Auflösung
- Strahlen Exposition



PET/SPECT

CT

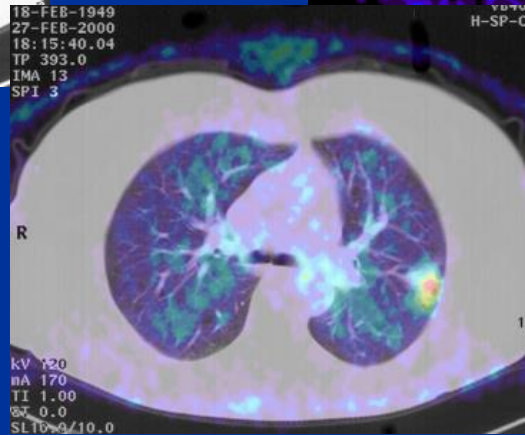
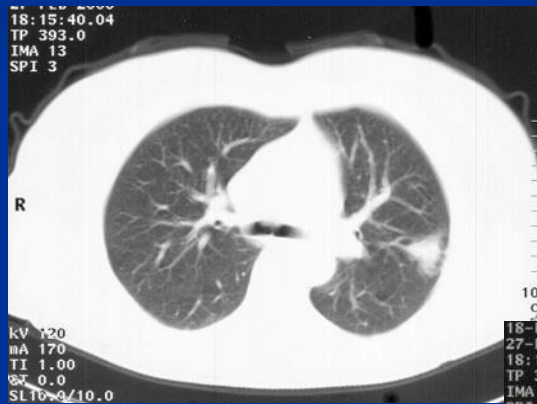
- Niedrige räumliche Auflösung
- Lange Untersuchungszeit
- Metabolische Information
- Differentiation von Narbe, viablem und nekrotischem Tumor
- Hohe Spezifität

- Hohe räumliche Auflösung
- Kurze Untersuchungszeit
- Morphologische Information
- Beurteilung des Ortes und der Ausdehnung
- Niedrige Spezifität

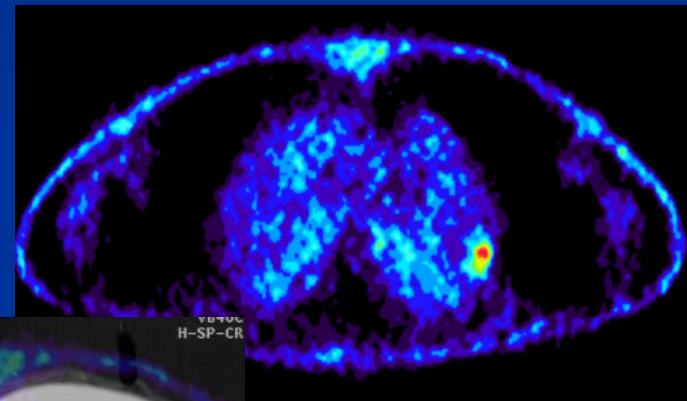
PET- CT kombiniert die Vorteilen beider Modalitäten

Radiologie und Nuklearmedizin

Morphologie
Radiologie



Funktion
Nuklearmedizin



Simmultane Auswertung der Nuklearmedizinische Untersuchungen und CT Untersuchungen

Die gute räumliche Auflösung der CT
Hilft in der Beurteilung der Funktion
kleinen Läsionen

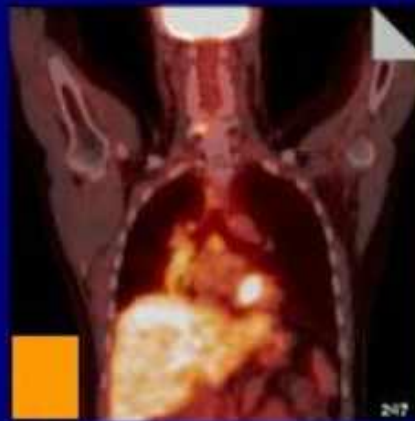
Bildfusion



Anatomy (CT)

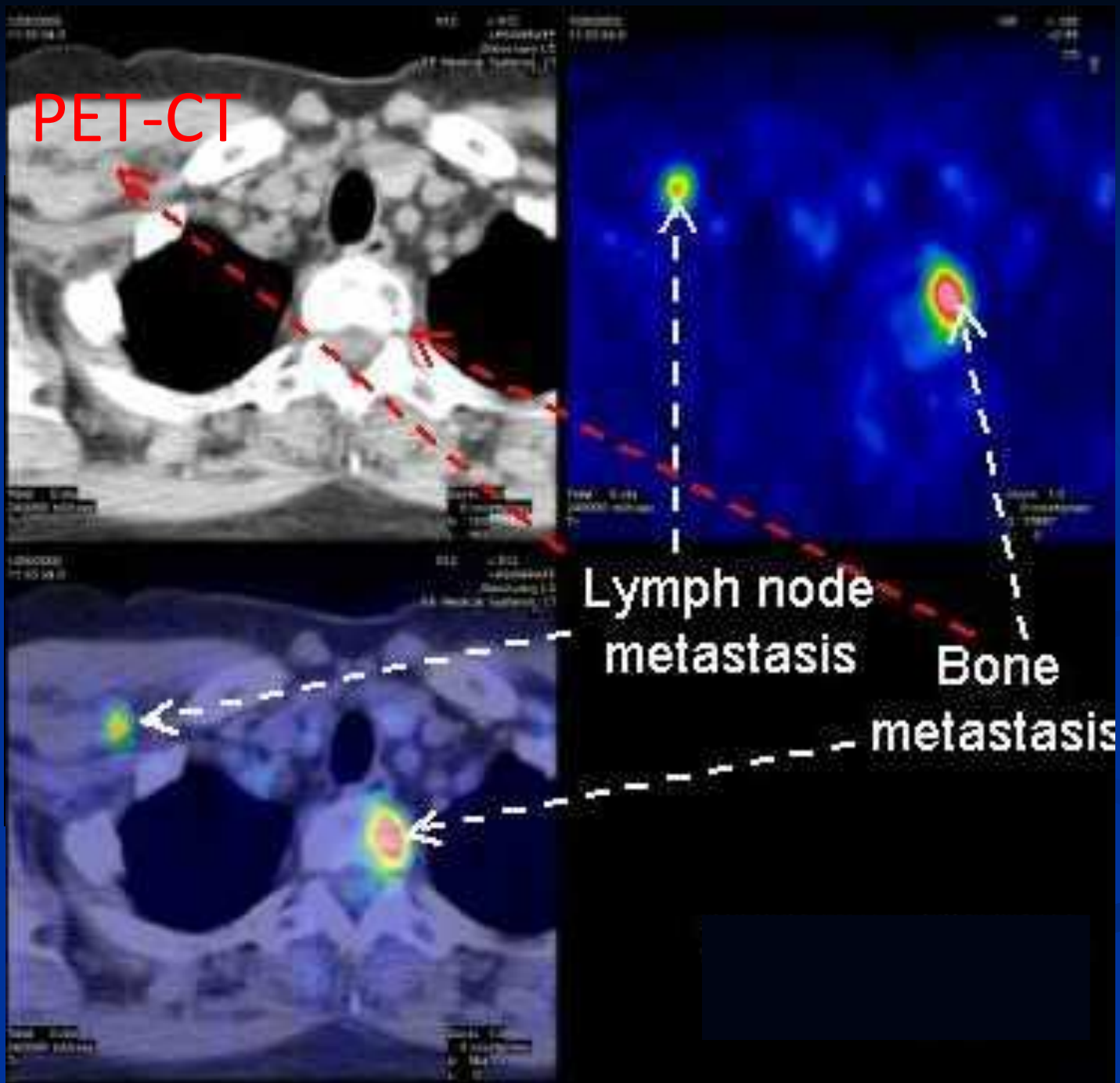


Function (PET)

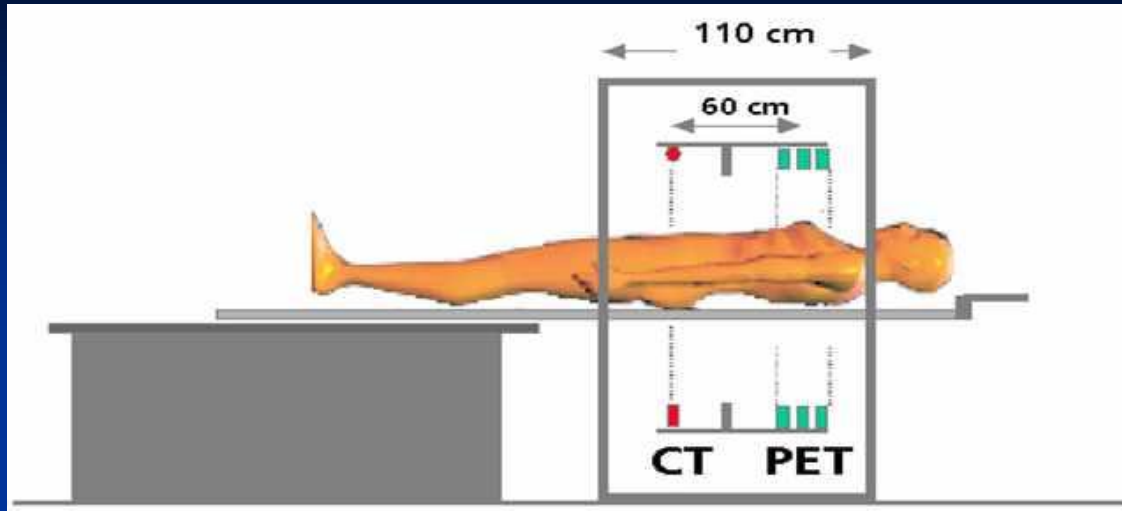


Fused image

PET-CT



Integrierte bilgebende Geräte, PET/CT, SPECT/CT



Simultane Aufnahme von nuklearmedizinischen und CT Daten - optimale Zusammenführung von funktioneller und anatomischer Bildgebung.

Hybrid-Geräte

SPECT/CT PET/CT

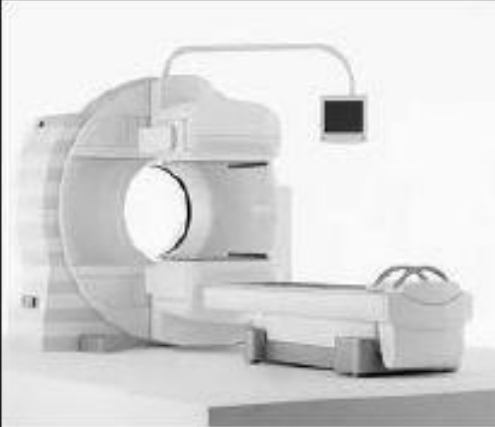
Charakterisieren die CT
Läsionen

Lokalisieren die Funktionen

$$1 + 1 = 3$$

schnelle und genaue Diagnose

Die Patienten liegen an den selben Gantry ,SPECT Untersuchung und CT folgen schnell aufeinander



Siemens
Symbia



Philips
Precedence



GE Discovery
NM/CT 670



Mediso
AnyScan SC

SPECT/CT - k



**Neue SPECT-CT
Rekonstruktionsverfahren
:
Erste klinische
Erfahrungen mit xSPECT
Bone**

Quantitative SPECT xSPECT

SUV:14,9



Kvantitative SPECT



Vorteile der SPECT/CT Bildgebung im Vergleich zur PET/CT

- Kosten
- Kamera / Infrastruktur
- Radiopharmaka
- Reimbursement
- Logistik
- Verfügbarkeit der Kits
- Generatorprodukte
- HWZ der Gamma-Strahler
- **DIE ZUKUNFT DER KONVENTIONELLEN NUKLEARMEDIZIN ABHÄNGIG VON**
- **OPTIMIERTER SPECT/CT BILDGEBUNG**

Einige Beispiele für NM Untersuchungen:

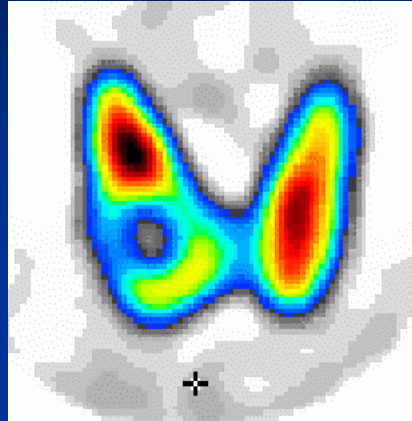
- Ohne Anspruch auf Vollständigkeit,

Schilddrüsenszintigraphie

- Zur Schilddrüsenszintigraphie kann man ^{99m}Tc -Pertechnetat oder ^{131}I Natriumiodid- und ^{123}I Natriumiodid einsetzen. Die Iodisotope durchlaufen über den aktiven Transport durch den Natrium-Iodid-Symporter bis zur organischen Bindung an das Thyreoglobulin den ganzen Iodstoffwechsel in der Schilddrüse.pertechnetat wird dagegen nur spezifisch transportiert, aber nicht weiter verstoffwechselt.

Schilddrüse

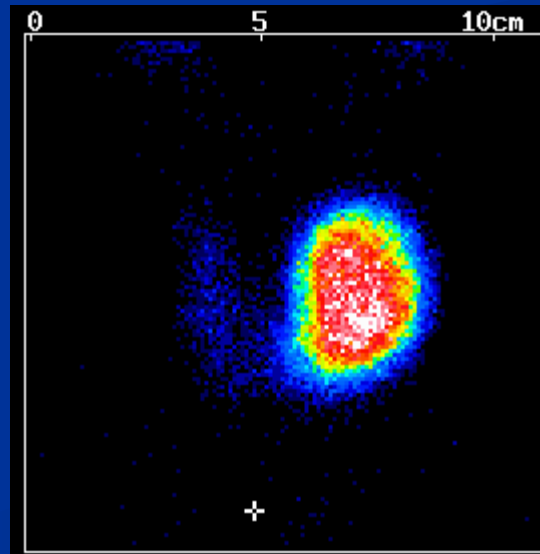
- Knoten



Radiopharmaka: Tc-99m

- Differenzialdiagnose von Hyperthyreose

- Ectopische Schilddrüse (I-123, I-131)



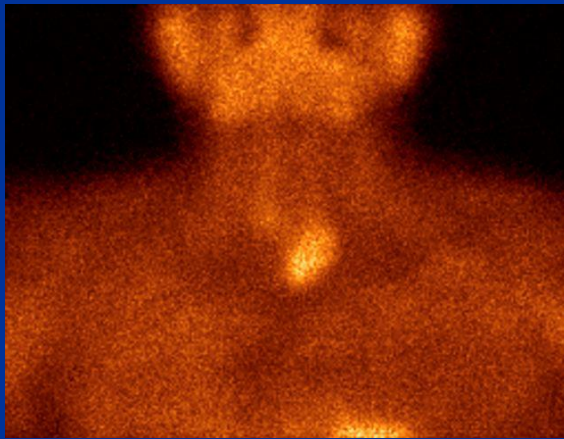
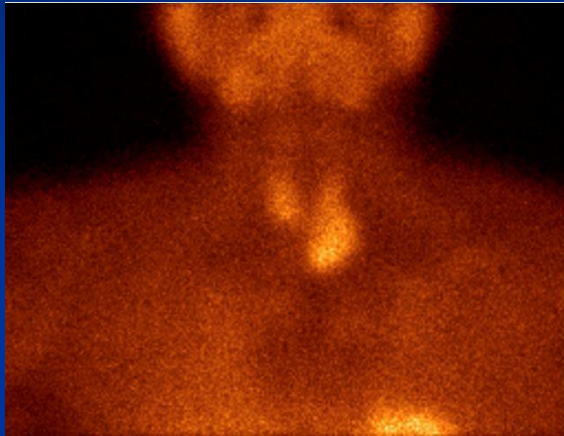
NEBENSCHILDDRÜSEN SZCINTIGRAPHIE :

Tc99m-MIBI Auswaschungs Technik

- A MIBI anreicht im gut perfundierten und cellreichen Foramenl , Intracellular verbindet sich zum Mitochondria. In Nebenschilddrüsen Adenom sind viele Mitochondria. Aus Diesen Zellen MIBI langsamer verschwindet die Radiopharmaka MIBI , Differenzial- wash- out szcintigraphische Methode.

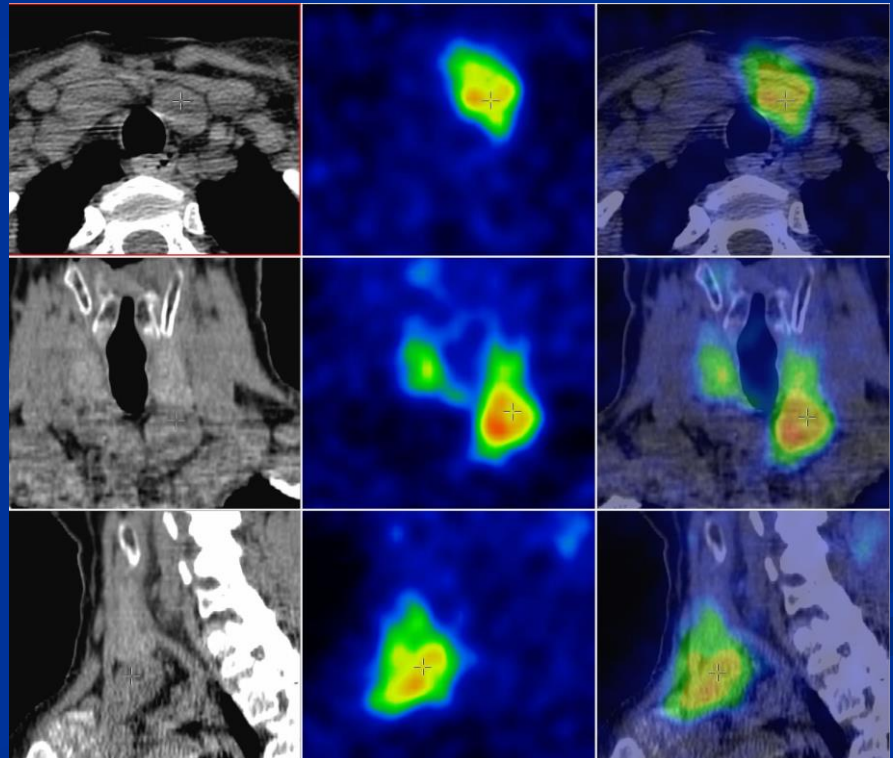
Adenom der Nebenschilddrüse links, in unterer Position

Planare Bilder

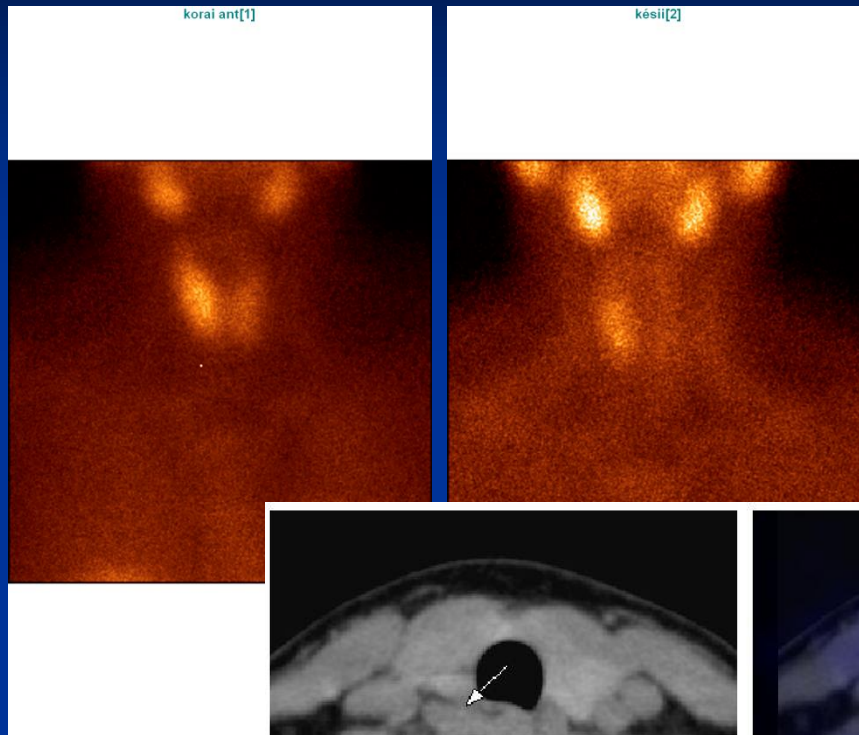


CT
SPECT-CT

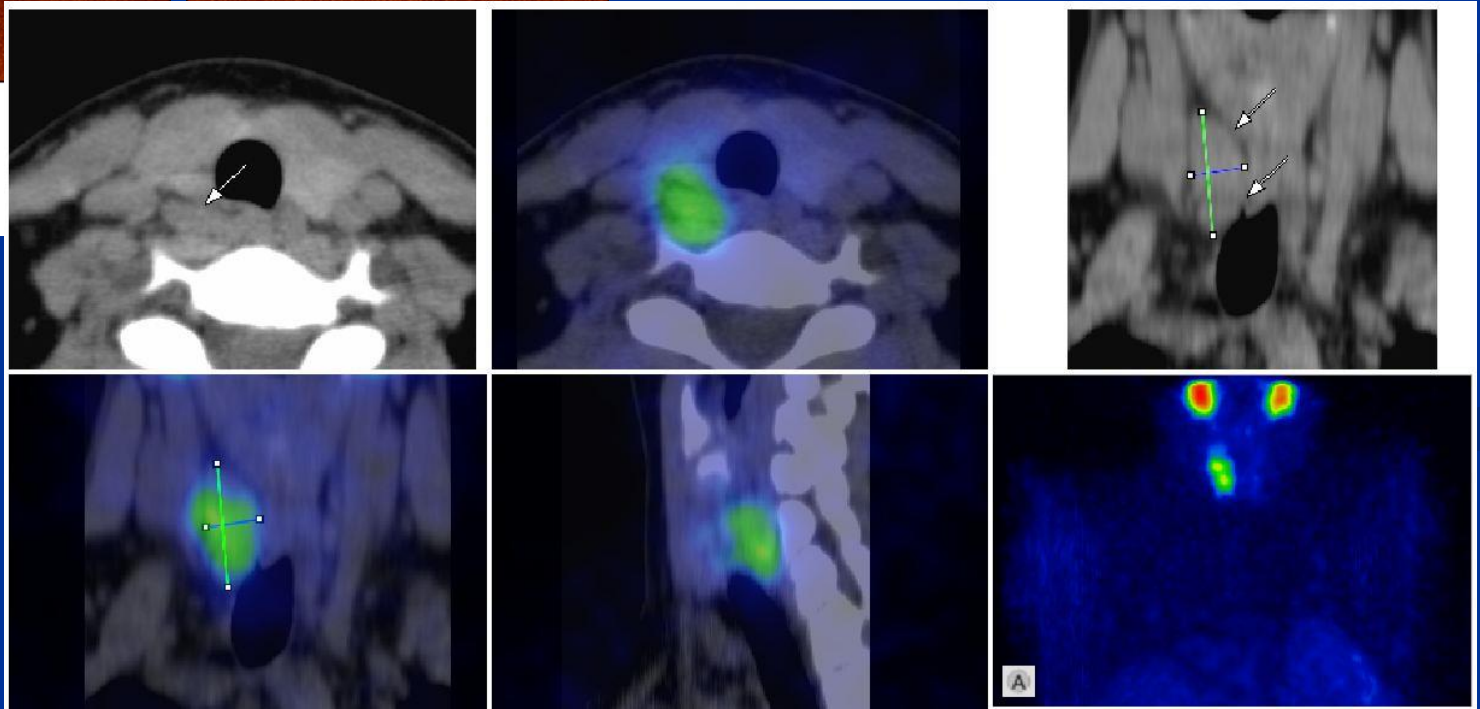
SPECT



Nebenschilddrüsen Adenom rechst,hinter der Schilddrüse



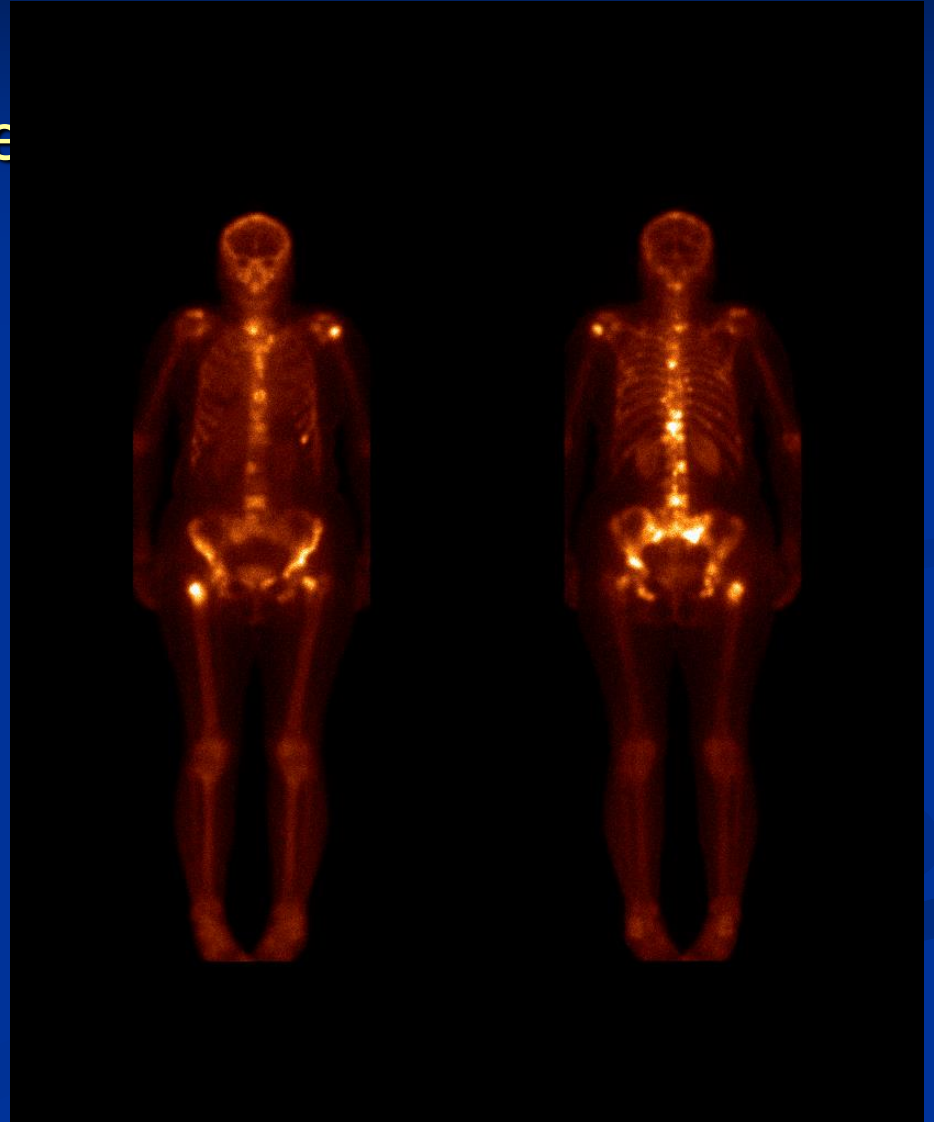
SPECT-CT





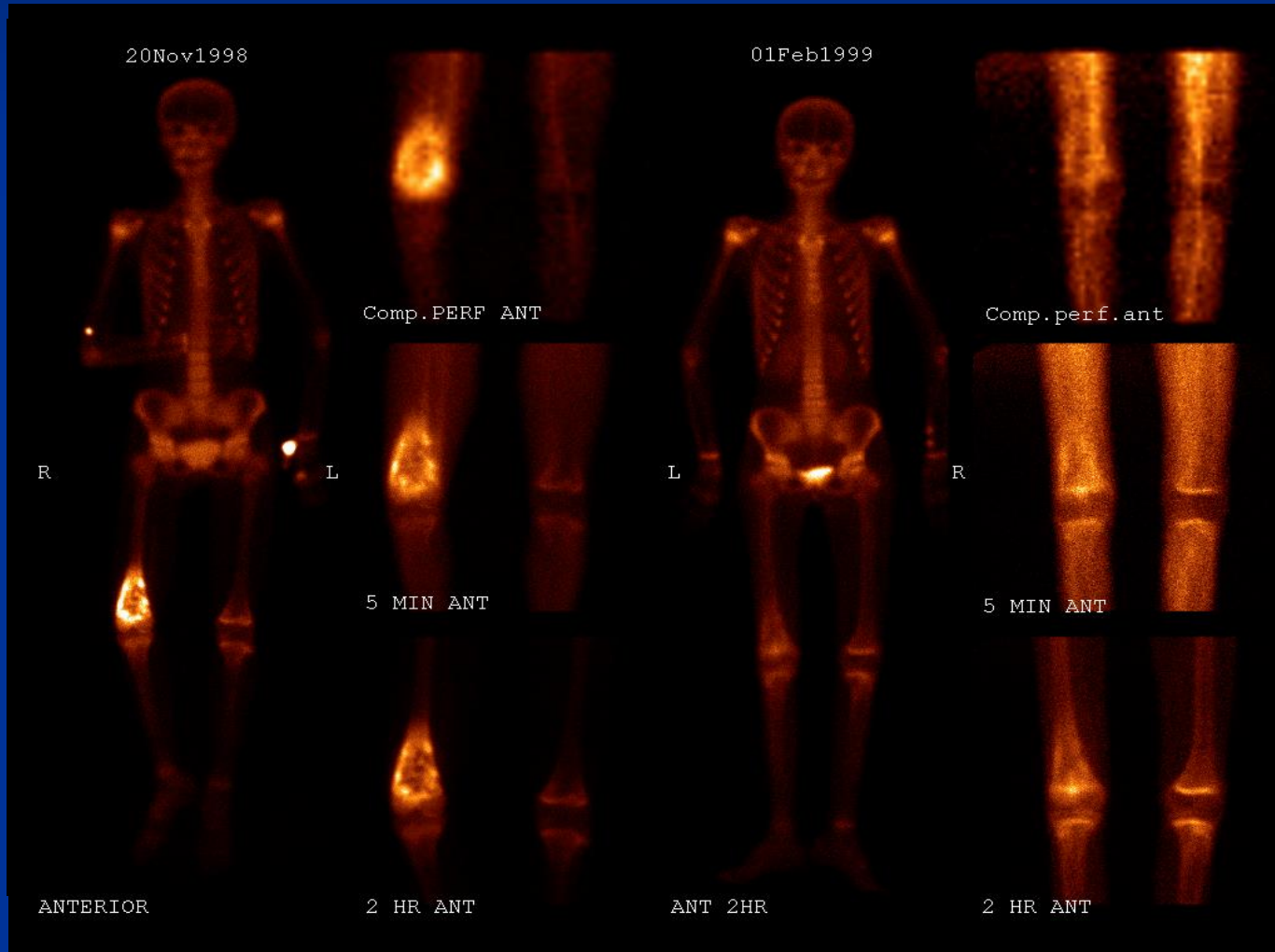
Knochen-Szintigraphie (Skelett-Sz.)

- Tc-99m diphosphonate
- Knochenmetastasen



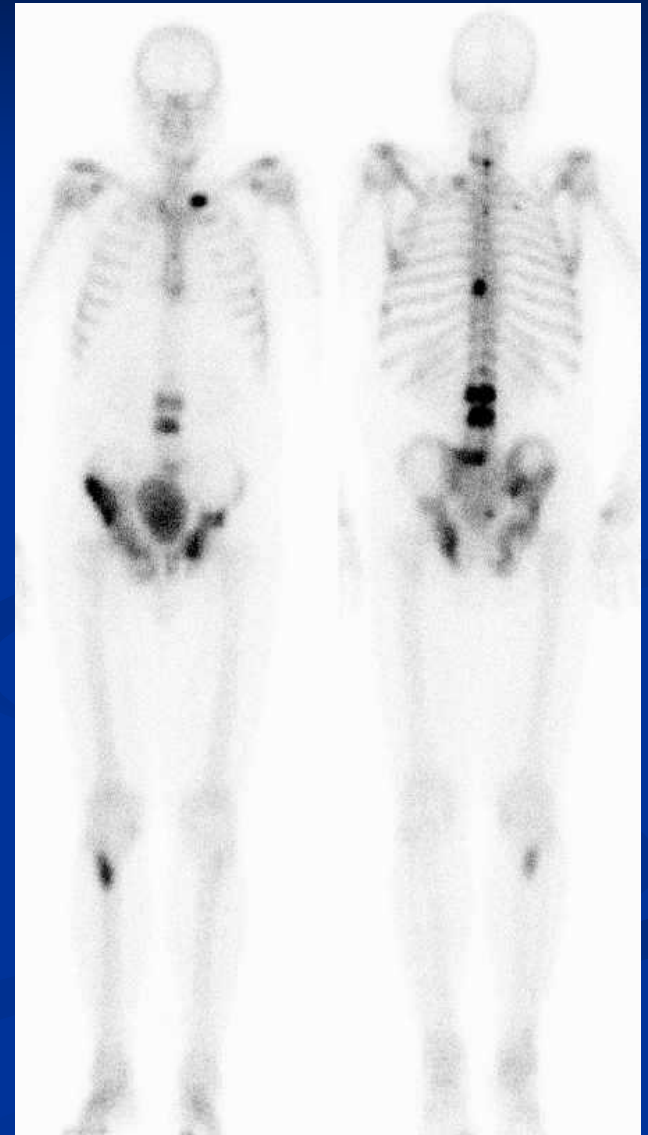
Dreiphasen Knochen-Szintigraphie

Primäre Knochen Tumoren



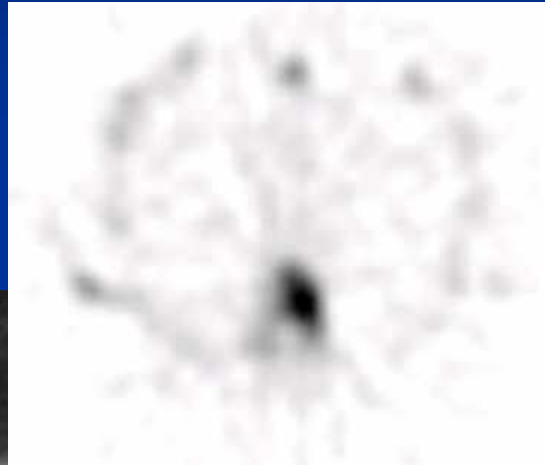
Onkologie : Knochen-Szintigraphie

- Ossealen Metastasen
 - Multipl. Aktivitätsanreicherung
 - In der Wirbelsäule, im Becken,
 - Schlüsselbein
-
- Alleine die Ganzkörperszinti-
 - graphie gibt genaue Diagnose



Knochen-Szintigraphie

■ Knochenmetastase

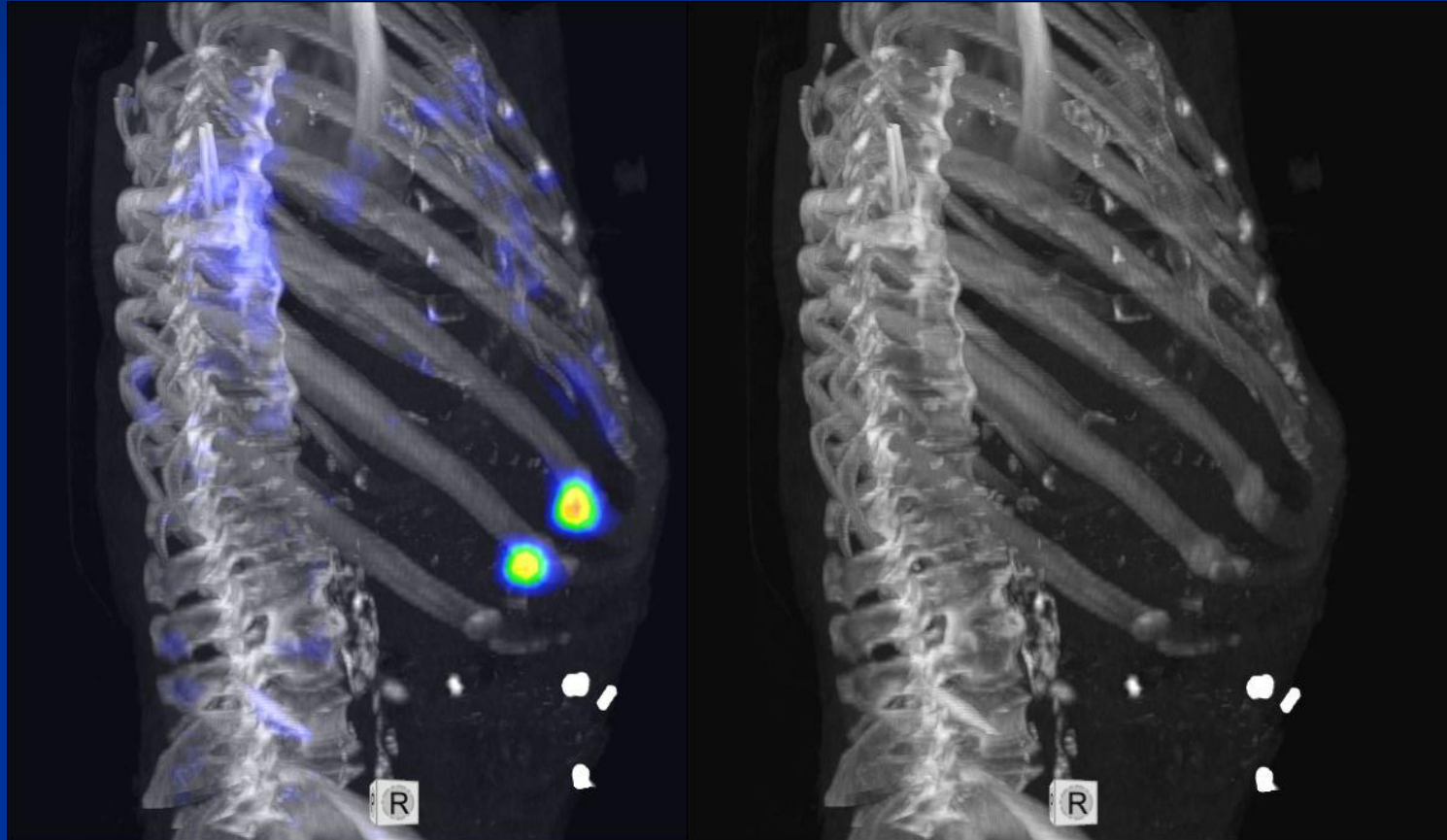


Verdacht auf Knochenmetastase mit
Planare Ganzkörper Szintigraphie und
SPECT Untersuchung.

Rippenfraktur mit Callusbildung



Aktivitätsanreicherung



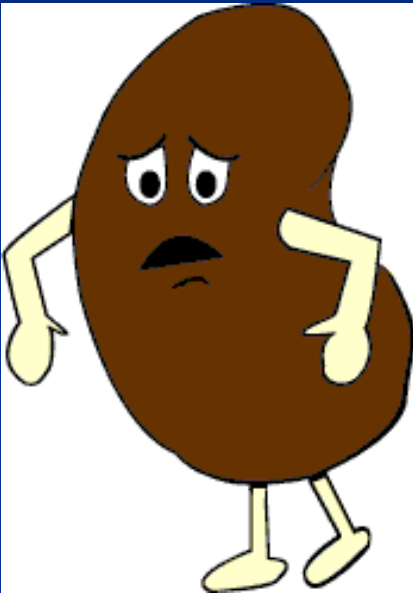
CT Untersuchung beweist
Rippenfraktur SPECT-CT

CSONT SPECT-CT MIP



Dr. Bálint Botond

Nierenuntersuchungen in Nuklear Medizin



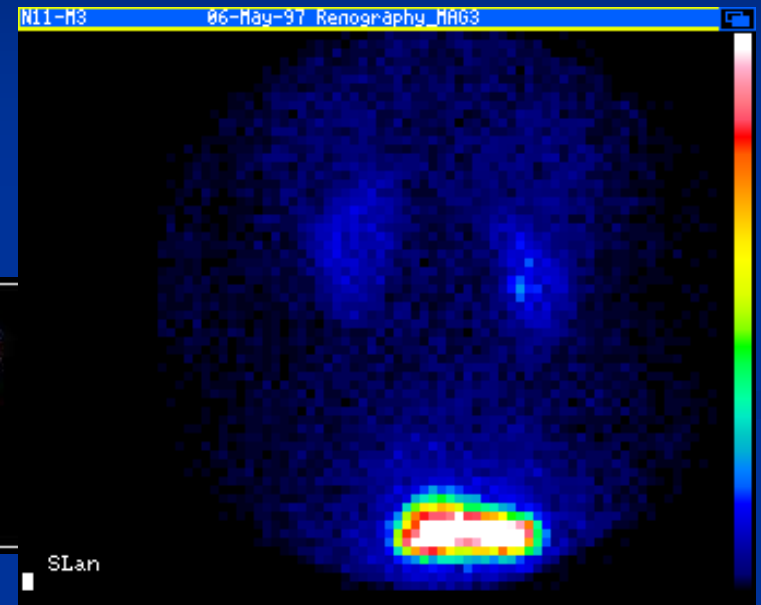
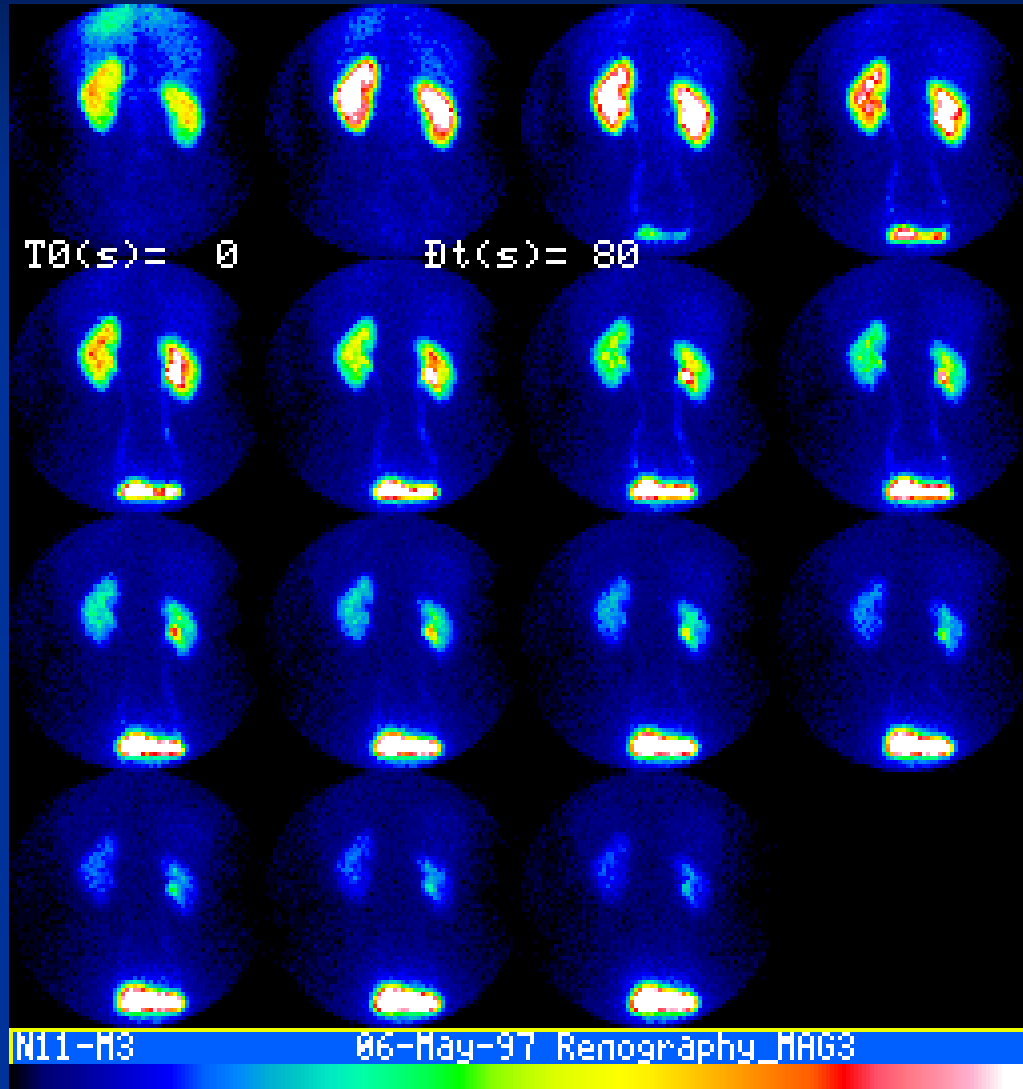
Wo befindet sich ,was funktioniert?
Wie funktioniert ?

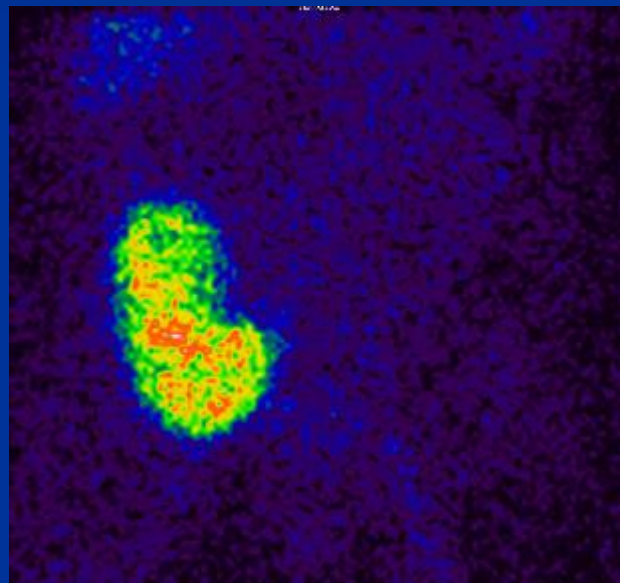
STATISCHE UNTERSUCHUNG,

DINAMISCHE NIERENSZINTIGRAPHIE

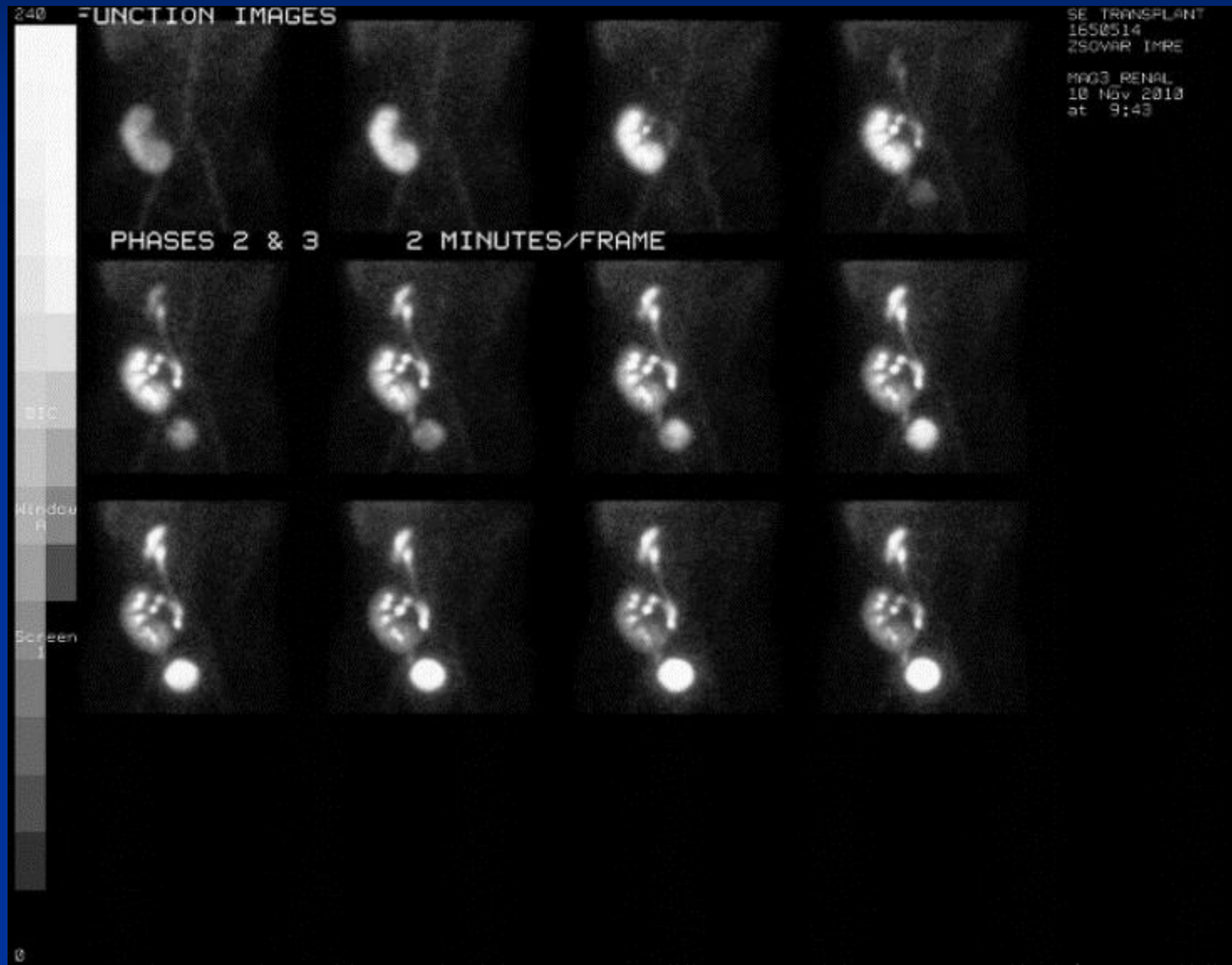
Planare Untersuchungen

2. Sequenz-/Funktions-Szintigraphie





Transplantierte Niere , Reflux und Retention in den rechten eigenen , nicht funktionierende Niere:

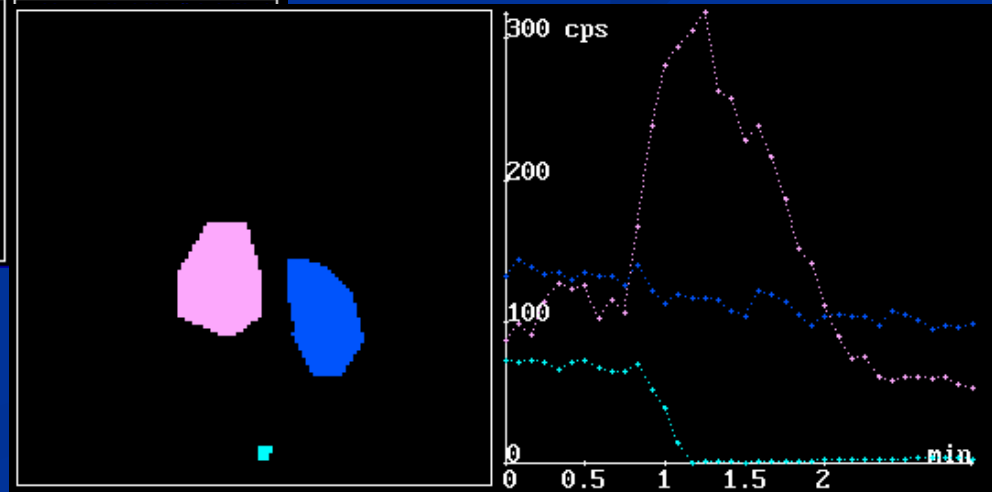
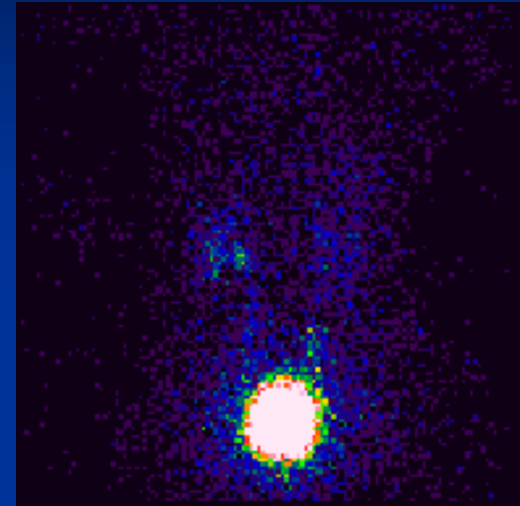
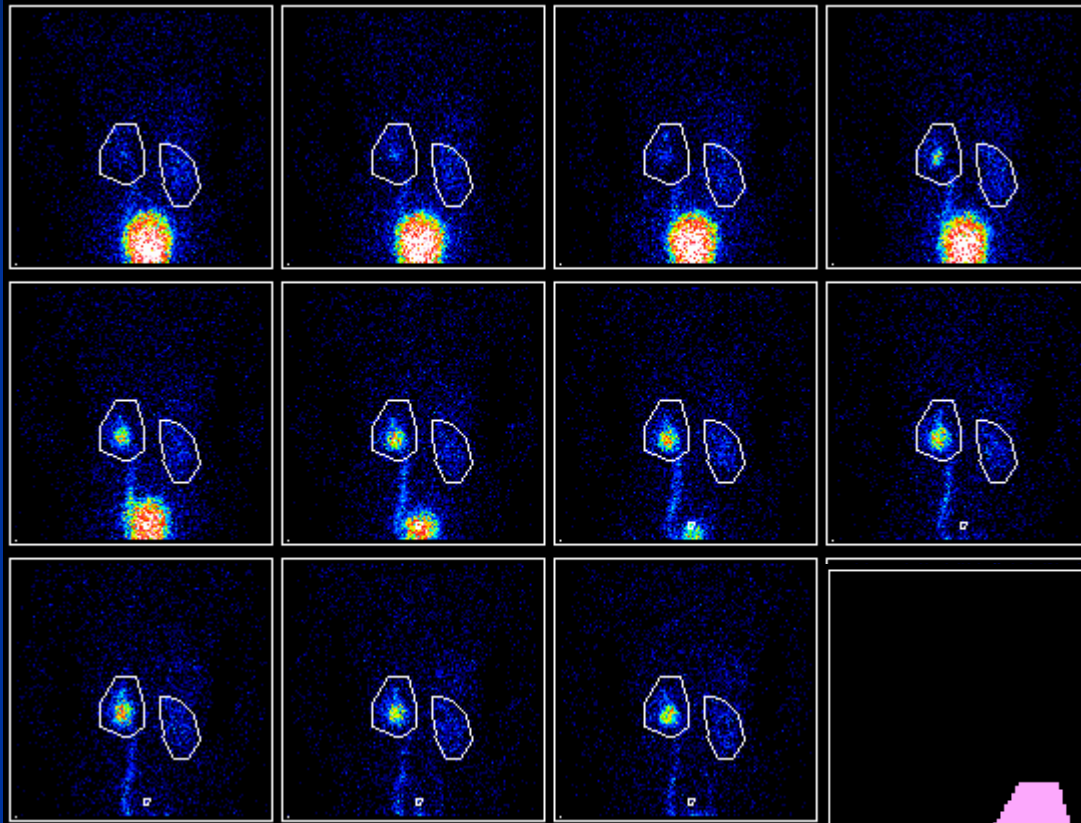


VUR – Indirekte Radionuklid Zystographie

- Nichtinvasiv
- Physiologisch
- Niedrige Strahlenbelastung



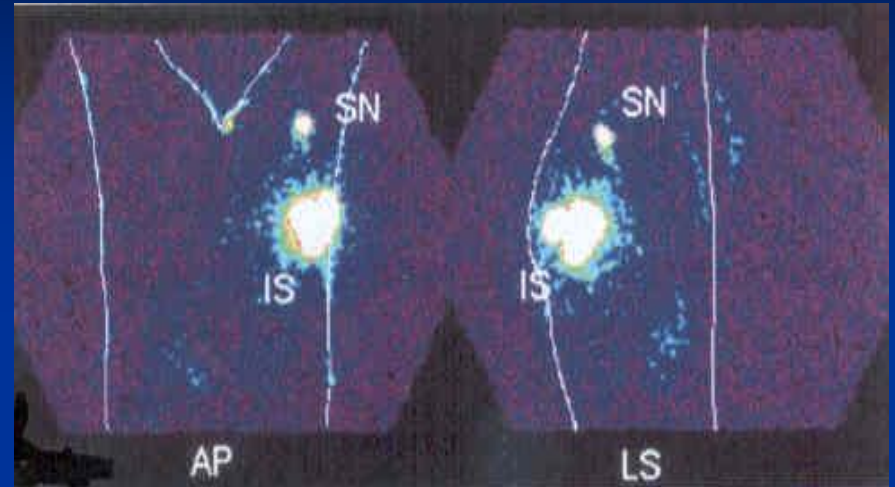
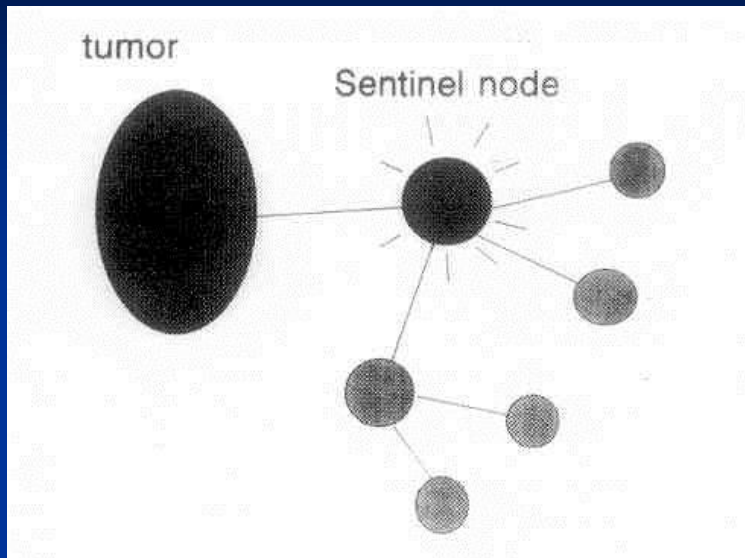
VUR – Indirekte Radionuklid Zystographie



Sentinel (Wächter)-Lymphknoten (SL) Szintigraphie

- **Das Prinzip: Der Weg der Partikel – der Weg der Tumorzellen**
- **Peritumoralen Injektionen – Darstellung des ersten (zum Tumor gehörenden) Lymphknotens (SL)**
- **Grössere kolloidale Partikel (100-600 nm), die lange im SL bleiben**
- **Bedeutung für Operationsplanung in Patienten mit einem frühen Tumorstadien (Indikation: klinisch negative axilla)**
- **SL präoperative Darstellung, Entfernung mit Hilfe der Gammasonde, Histologie des SL's,**
- **Vermeidung der unnötigen radikalen Lymphadenektomien**
- **Melanoma Malignum, Mammakarzinom, Genitalen (Vulva und Penis) Tumoren**

Sentinel lymph node



Mamma Sentinel Lymphknoten Untersuchung



Dr. Jóba Róbert

Peptide Receptor Szintigraphie

Die Neuroendokrine Tumoren produzieren viele Peptide Rezeptoren, zb. Somatostatin Rezeptoren..

Diese Rezeptoren sind targetspezifisch und binden die
Molekulare Basis der Rezeptor Szintigraphie
und
Radionuklid Therapie

Theranosticum

Therapie und Diagnostik mit den selben
Radiopharmaka

Diagnose und Therapie mit denselben Substanzen

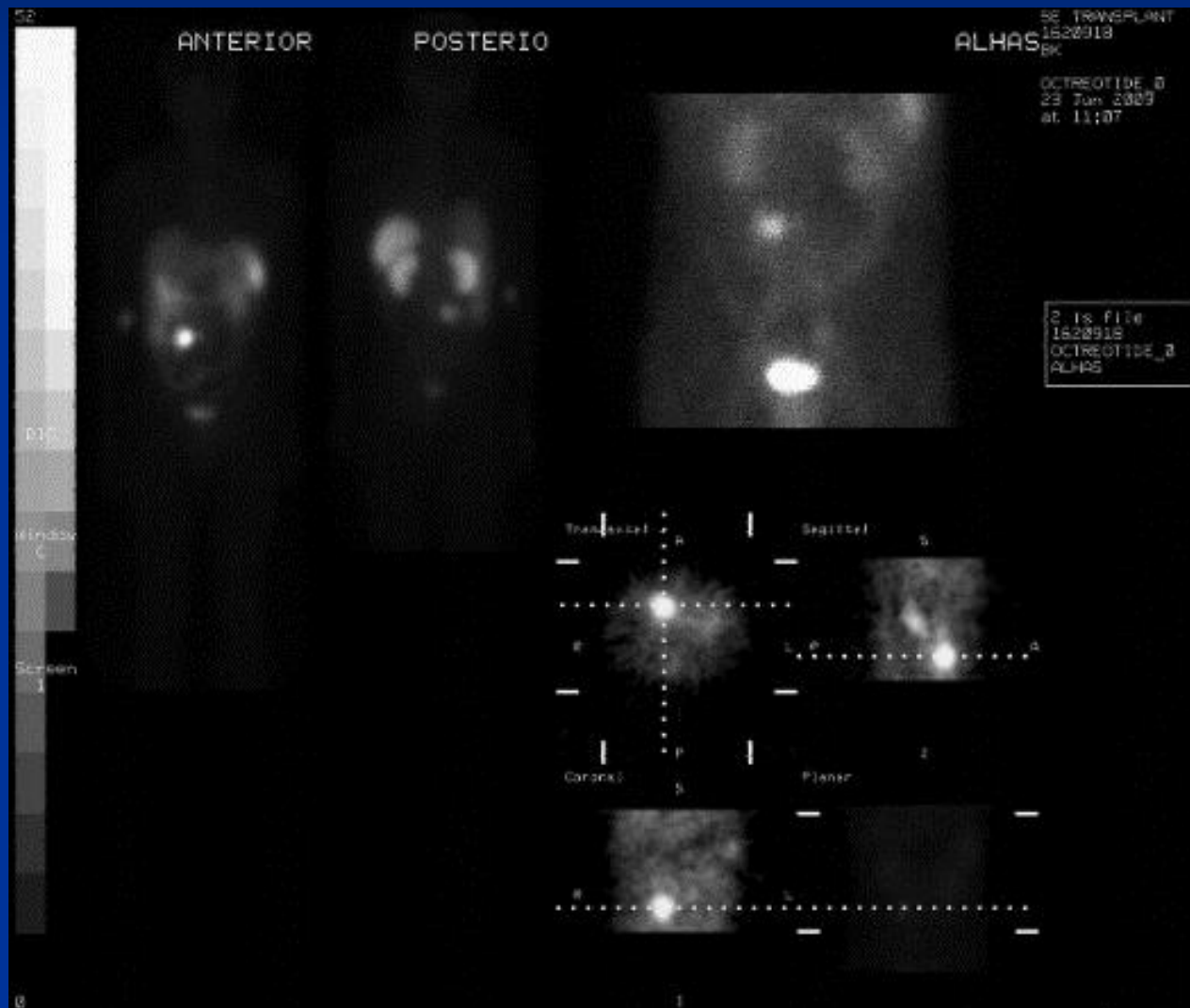
Gezielte Lieferung mit der gleichen oder ähnliche,
markierte, targetspezifischen Molekülen,

Nur die kranke Zellen sind zu sichtbar auf den
Szintigraphischen Bild und nur die kranke Zellen sind
zerstört

während der Behandlung

DIE GESUNDE ZELLEN WERDEN NICHT ZERSTÖRT

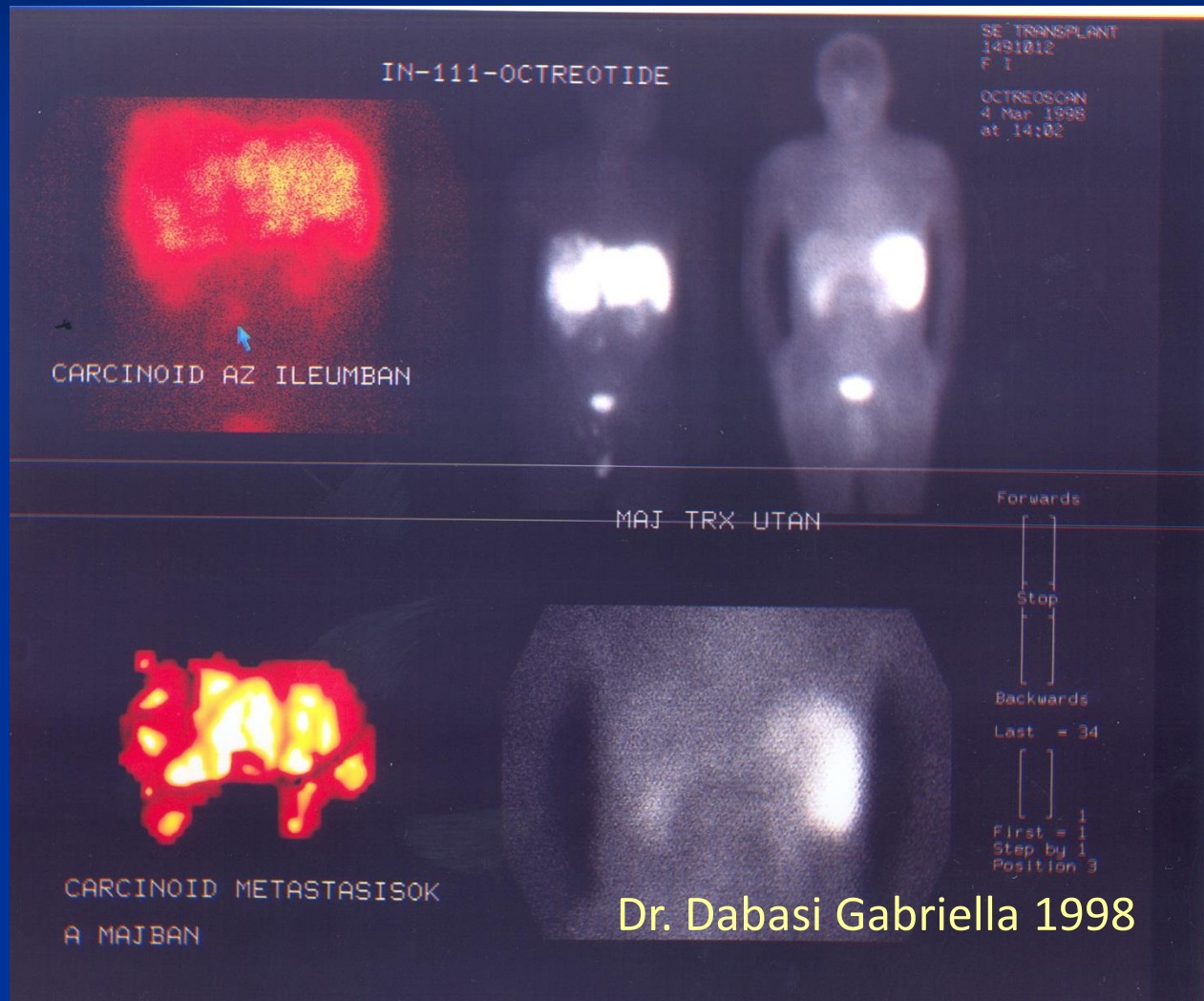
PRIMER KARZINOID IN DEM DÜNNDARM SOMATOSTATIN RECEPTOR UNTERSUCHUNG



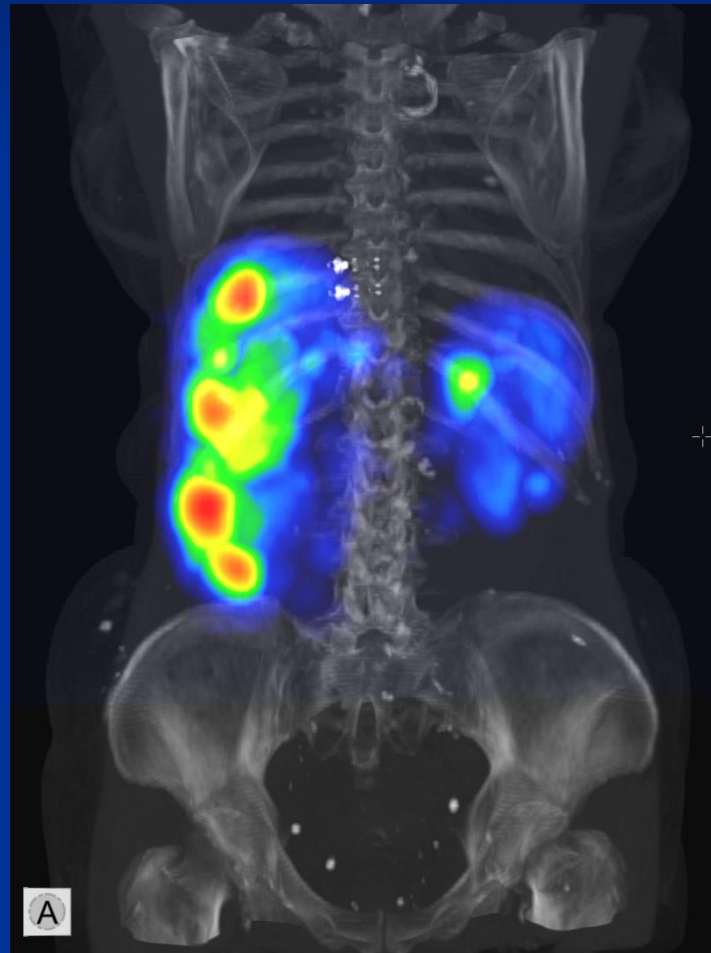
LEBERMETASTASEN VON KARZINOID EXCESSZIVE SOMATOSTATIN RECEPTOR PRODUZIERUNG



KARZINOID METASTASEN IN DER LEBER VOR DER LEBERTRANSPLANTAZION, UND NACH DEM OP NORMALER BEFUND

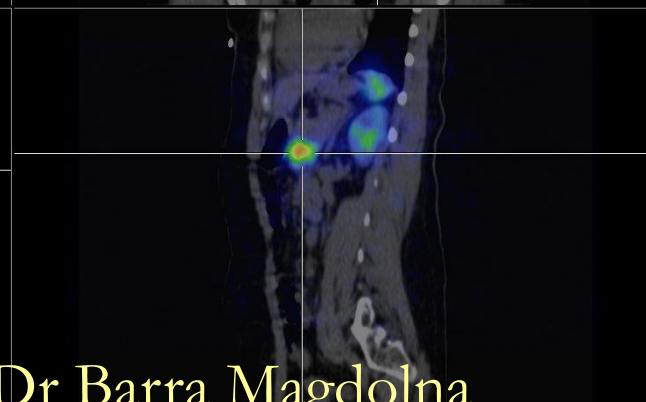
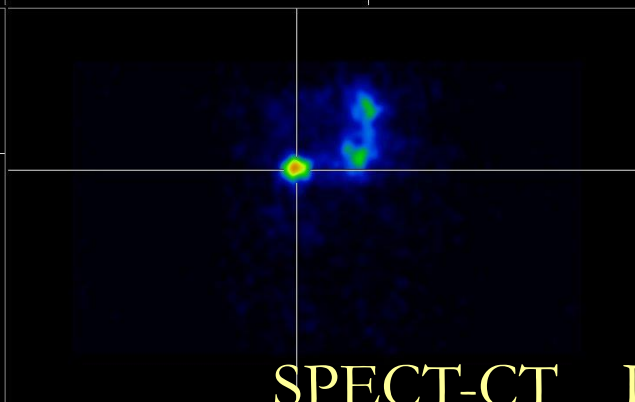
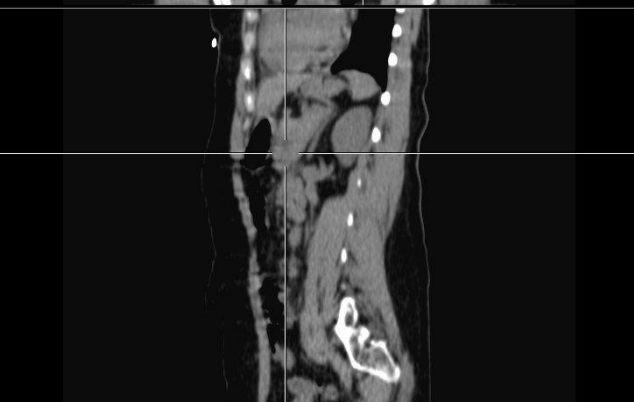
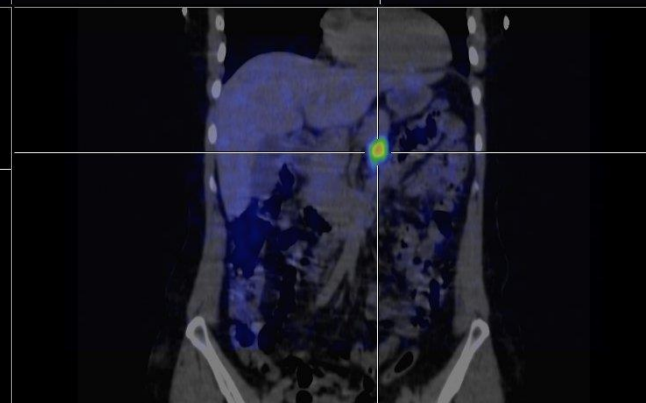
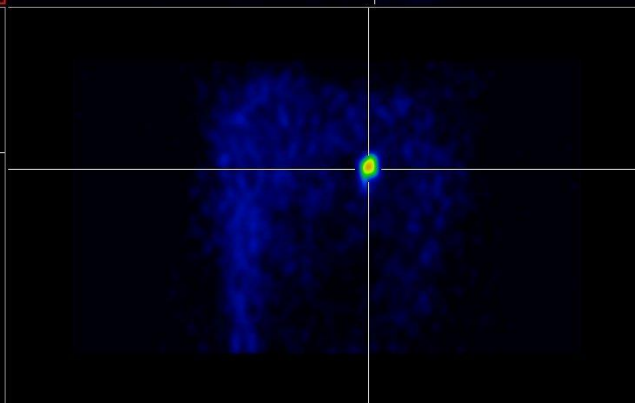
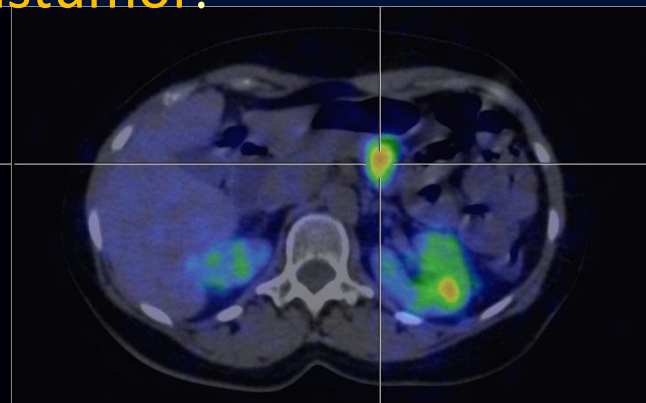
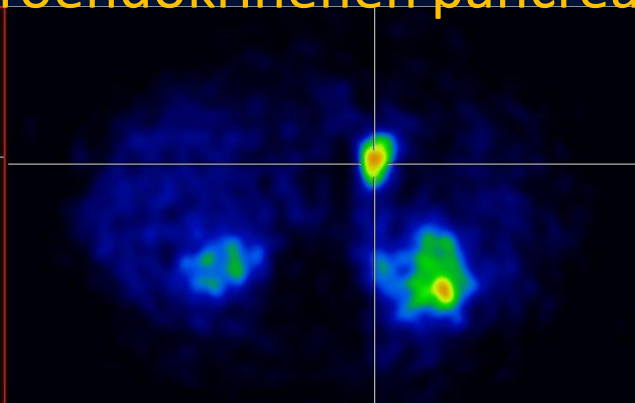
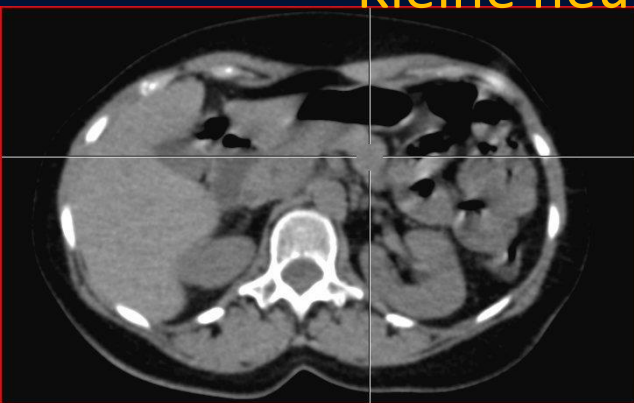


**Lebermetastasen akkumulieren Somatostatin analoge
Verbindungen –
Nur die kranke Zellen sind zu sichtbar auf den
Szintigraphischen Bild !**



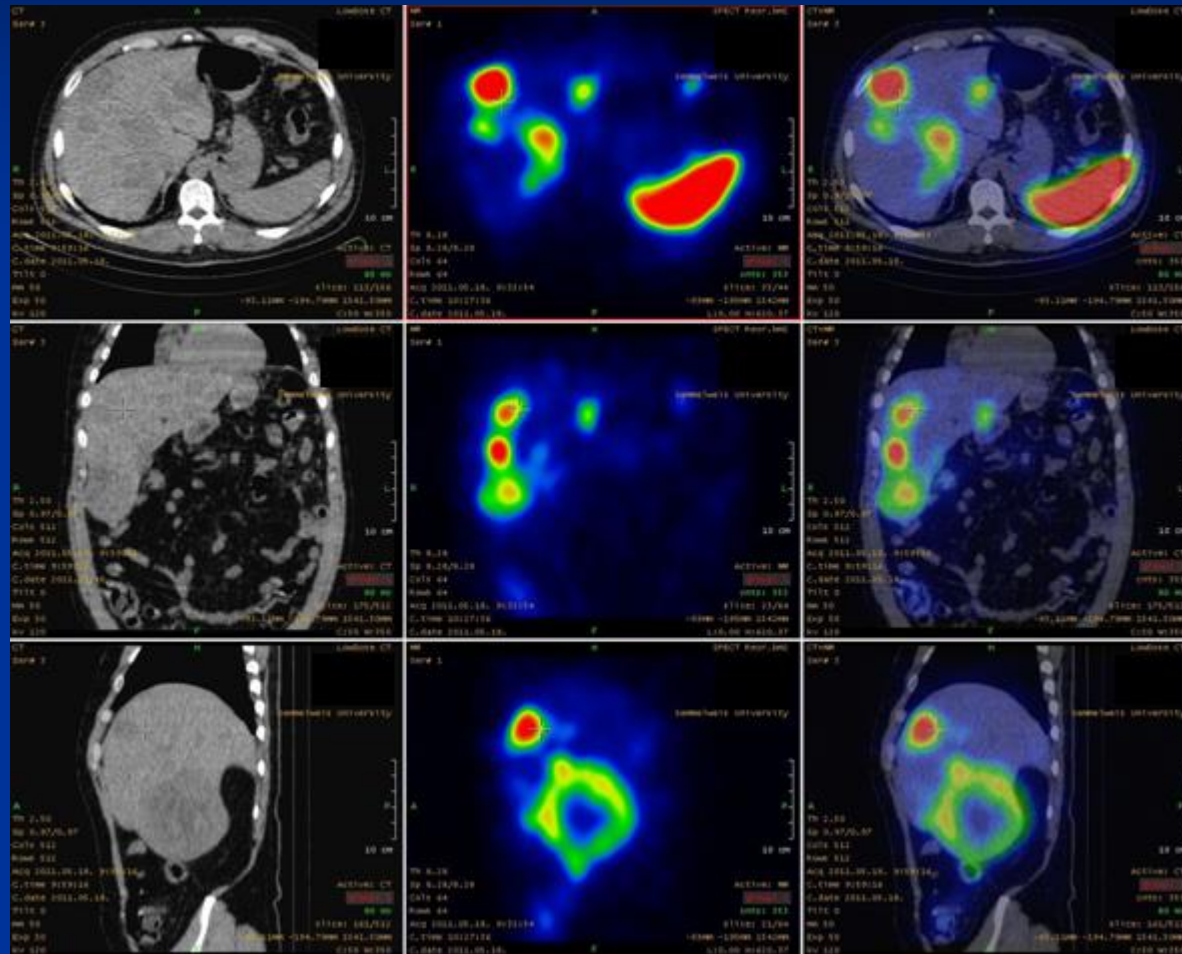
2011 SPECT/CT

Kleine neuroendokrinenen pancreastumor.

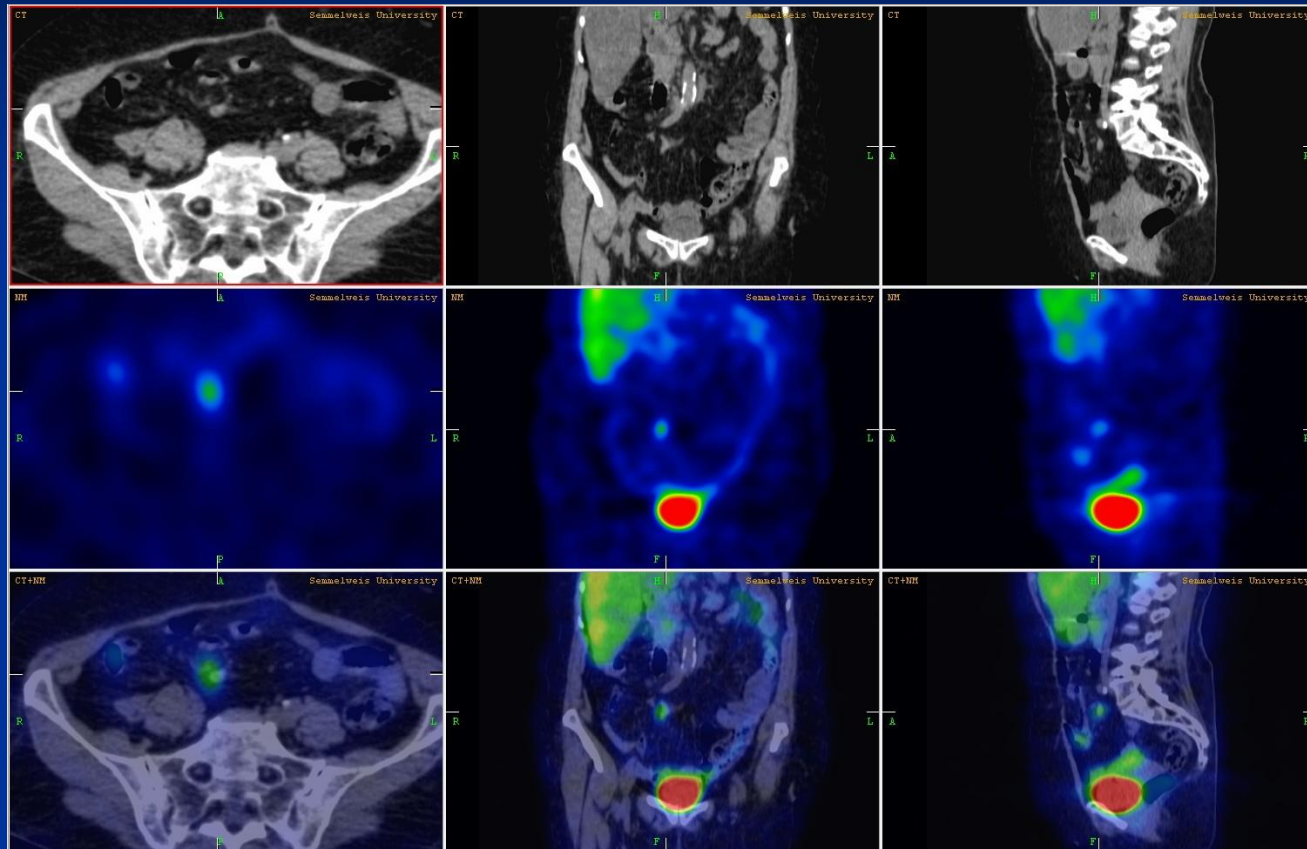


SPECT-CT Dr Barra Magdolna

**Neuroendokrin Tumoren in Leber nach Peptide Receptor
Radionuklide Therapie (Necrosis ist zu beobachten)**



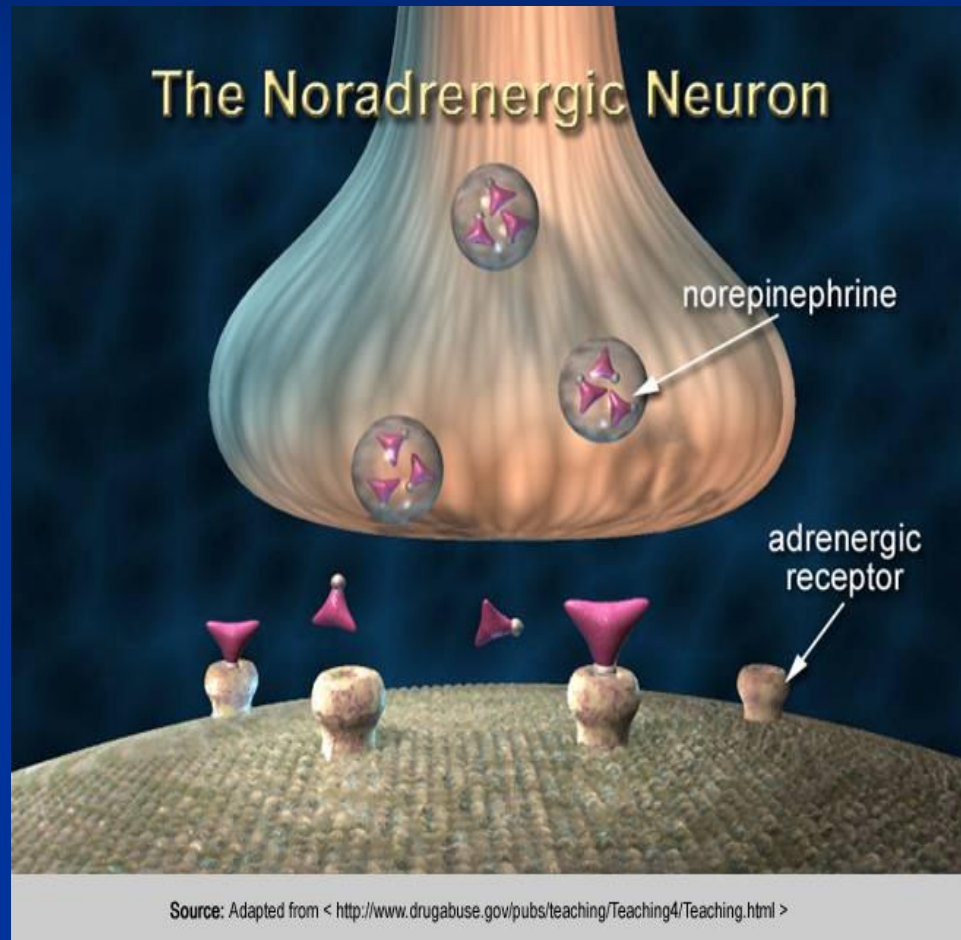
SPECT/CT mit Somatostatin Analog



- Pathologische Anreicherung im Mesenterium rechts, Lymphknoten Metastasen.

Dr. Bús Katalin

MIBG REICHERT SICH I DEN PRESYNAPTISCHEN VESICULEN



PHEOCHROMOCYTOMA (PARAGANGLIOMA)

SPECT-CT : MIBG

MIBG I- 123 Diagnose

I- 131 Diagnose Therapie

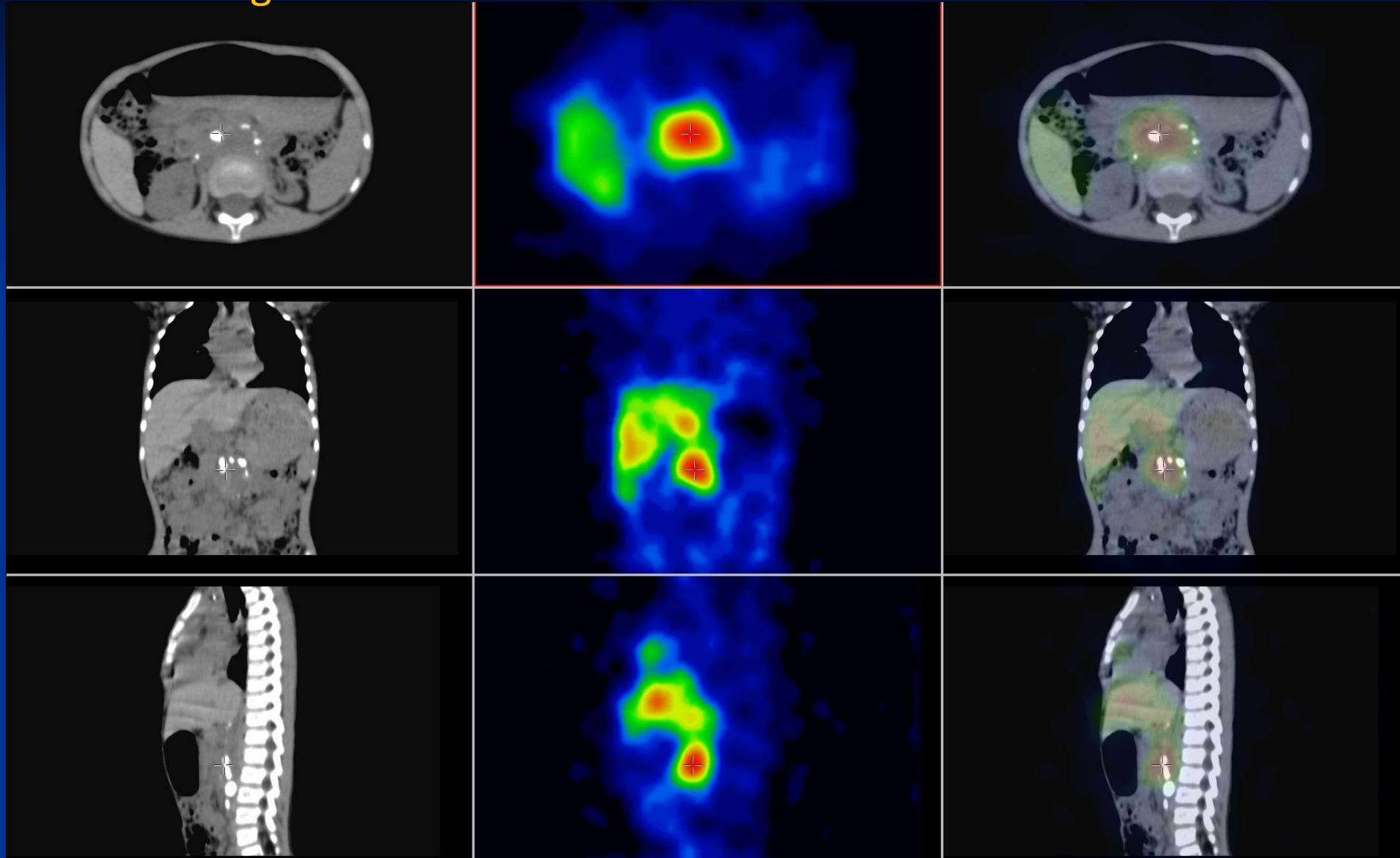
THERANOSTICUM:

Target - Spezifität!

Diagnose und Therapie mit denselben Substanzen

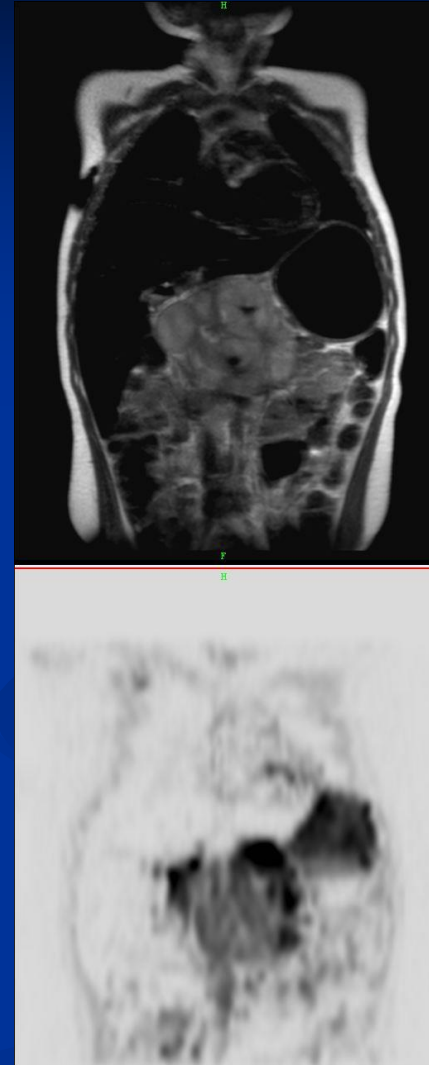
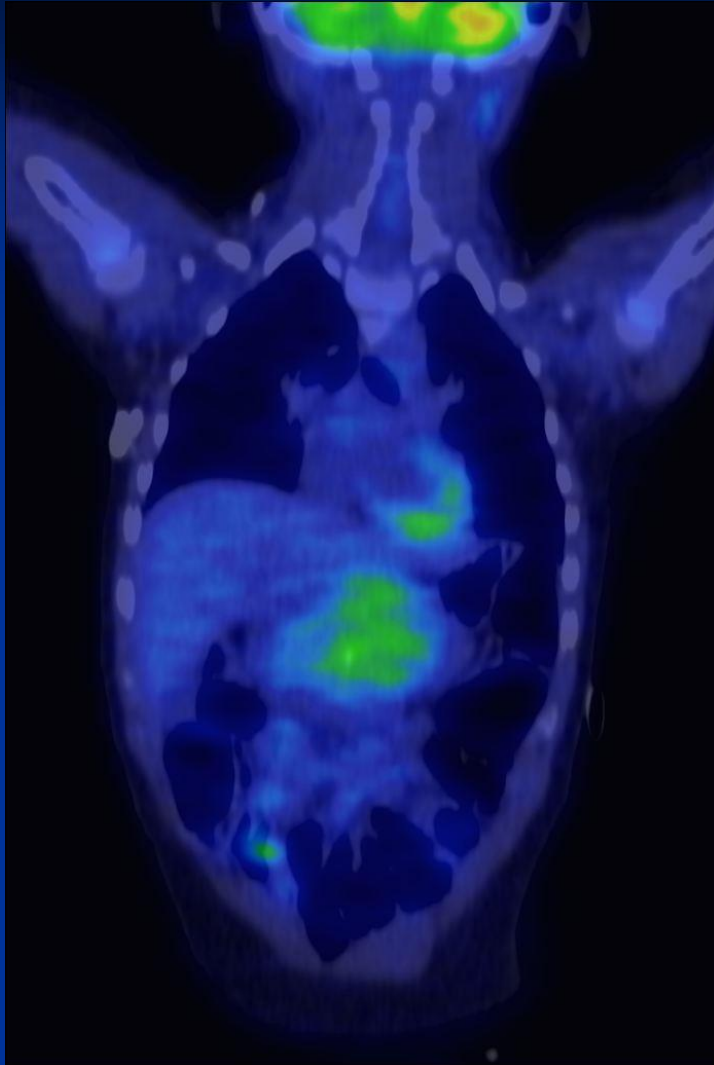
Reziduale MIBG Aufnahme in den nekrotischen Tumor (Neuroblastoma)

Bedeutet- es gibt noch viable Tumorzellen in der rezidualen Tumormasse



Viable Tumorzellen in den rezidualen Tumorgewebe

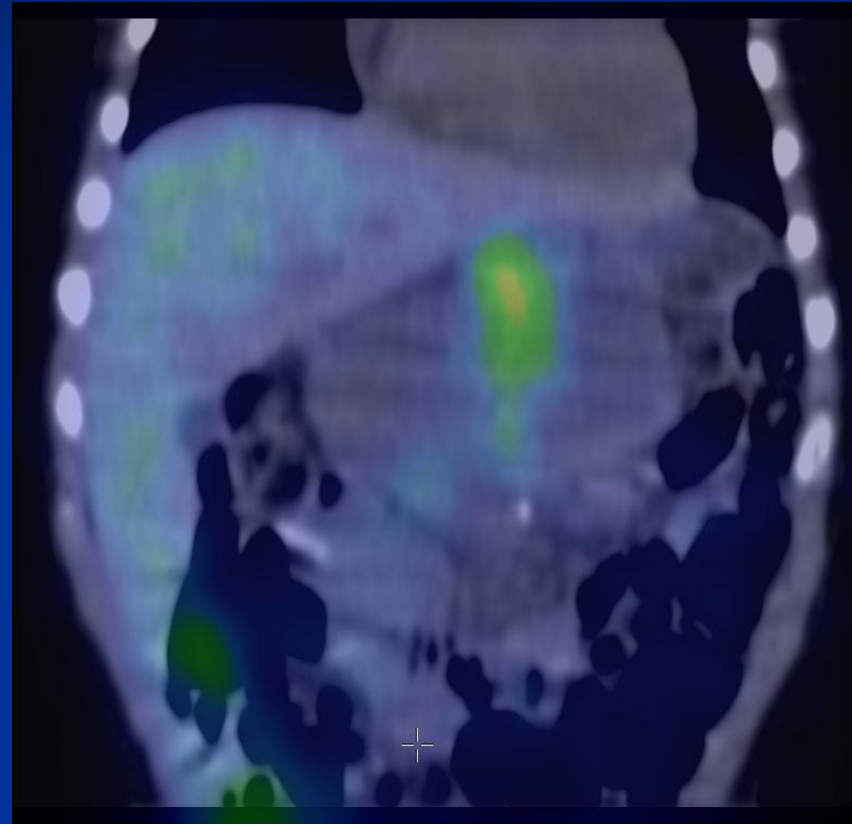
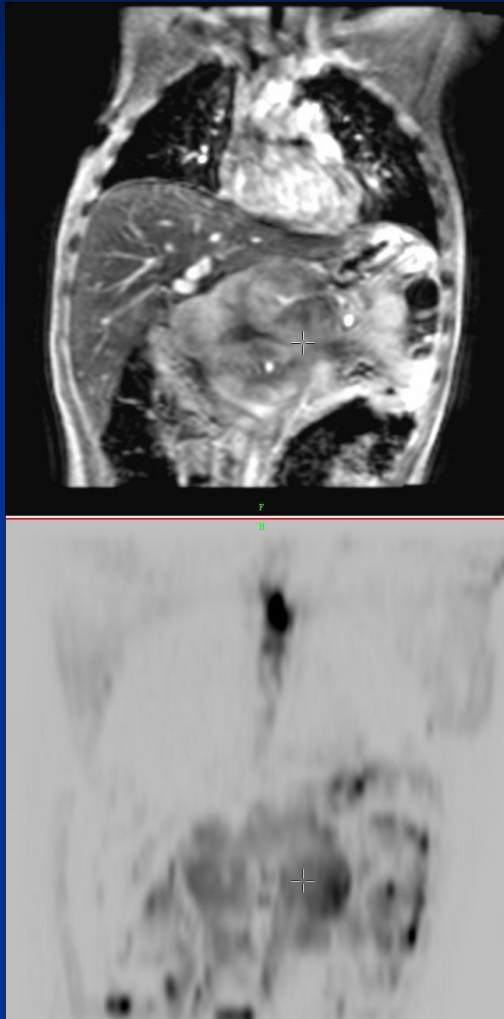
FDG-PET/CT und MRI Untersuchungen



Dr Barra Magdolna

diffusion-weighted imaging,
DWI

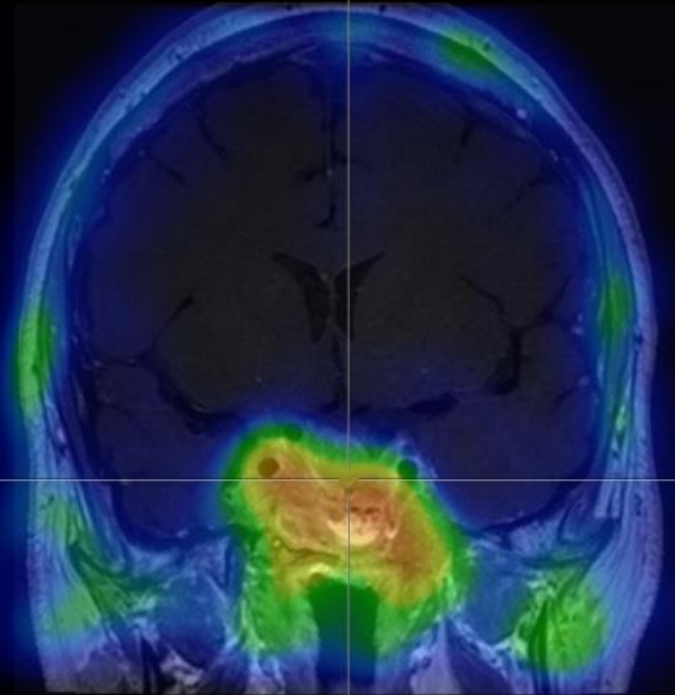
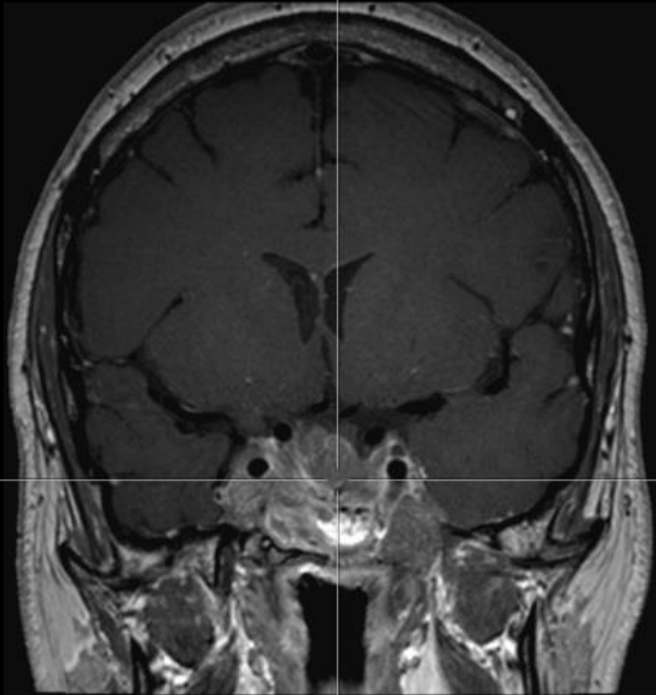
MRI und (^{99m}Tc -EDDA/HYNIC-TOC-) SPECT/CT mit Somatostatin Analogen Verbindungen



diffusion-weighted imaging, DWI

Dr Barra Magdolna

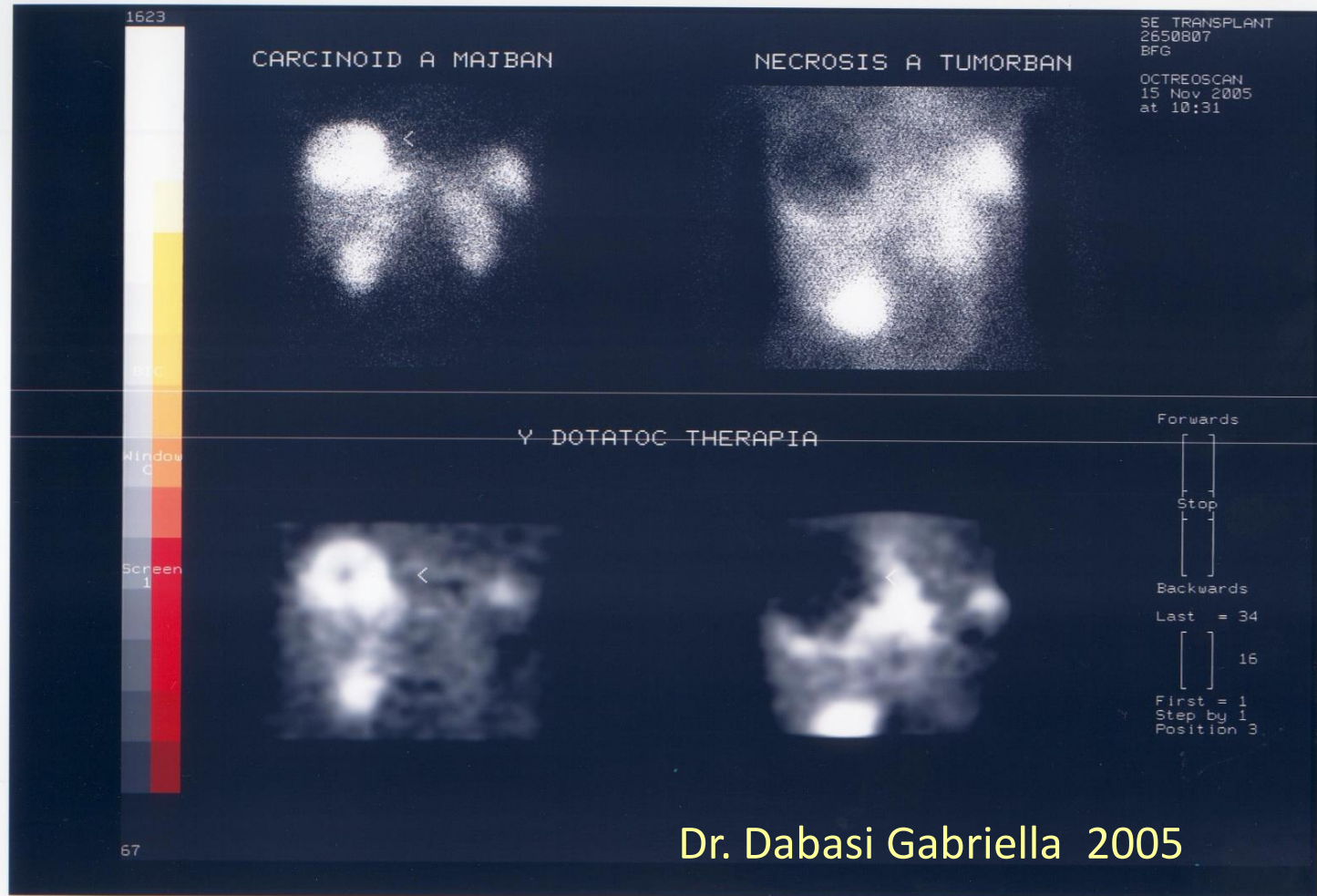
**Somatostatin Analog Aufnahme im rezidualen
Hypophysistumor- viable Tumorzellen
MR Fusion mit SPECT- CT**



Dr. Varga Zsolt

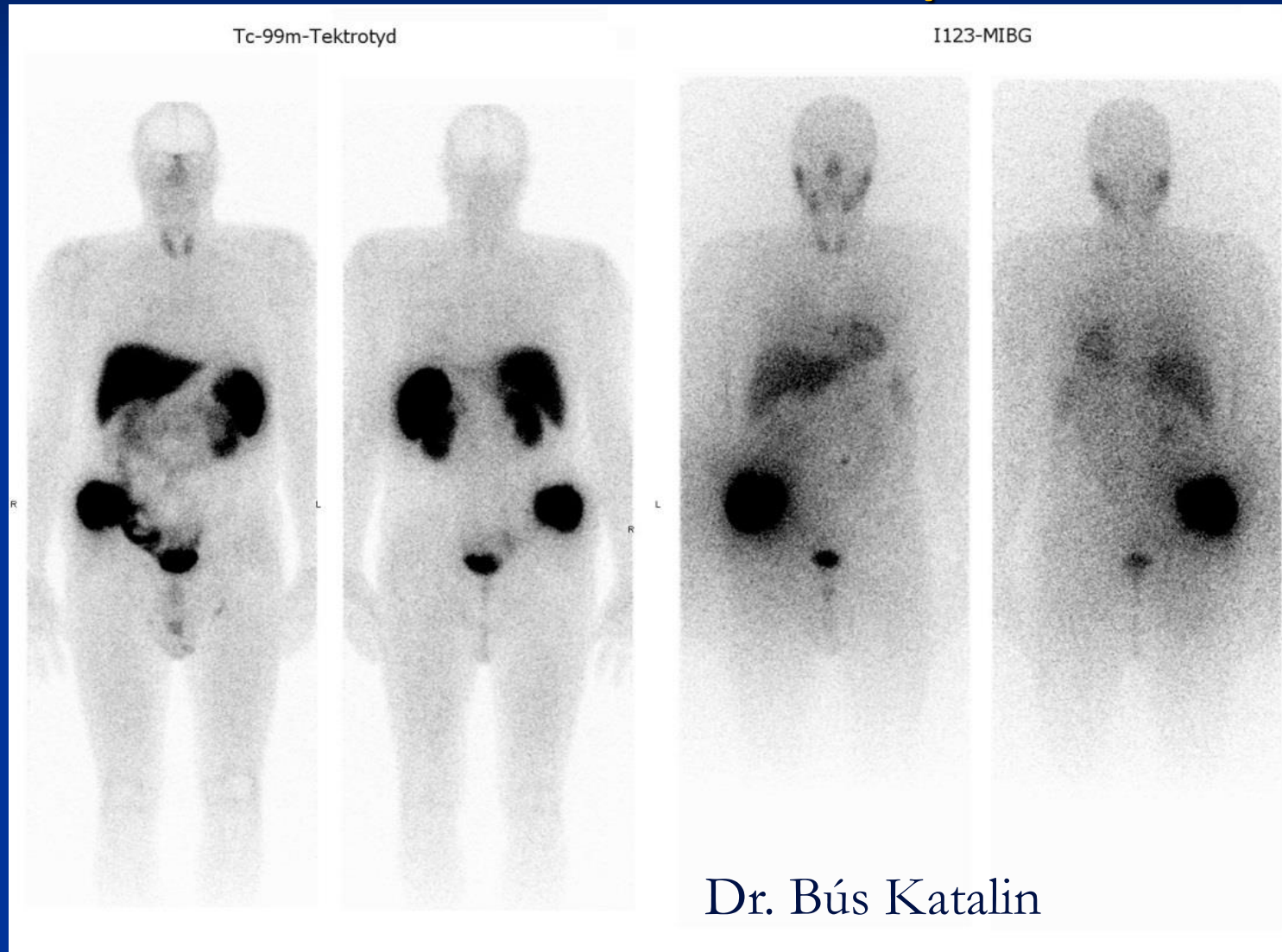
Y-90-DOTATOC SOMATOSTATIN REZEPTOR RADIONUKLIDE THERAPIE

VOR UND NACH

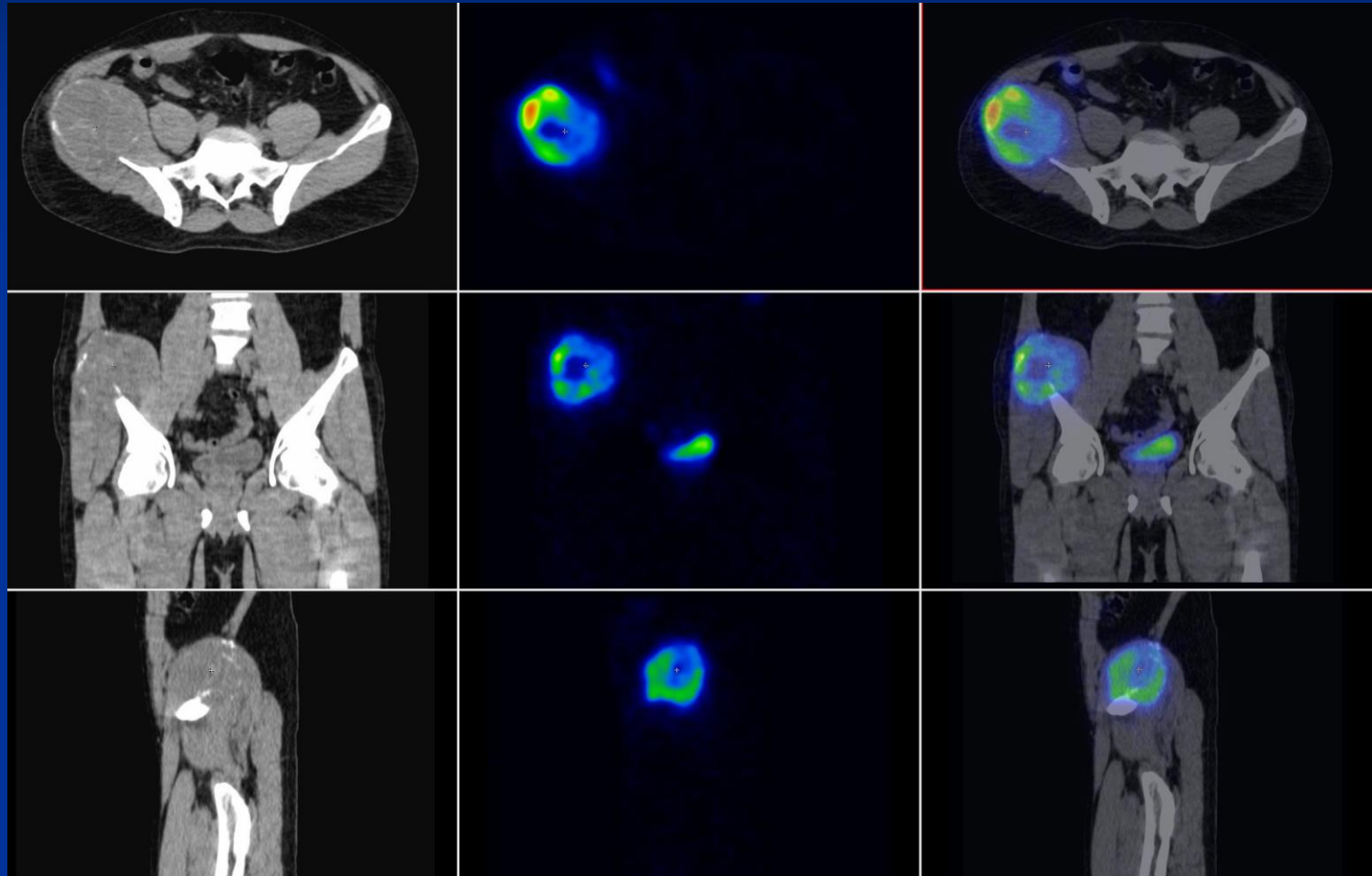


MIBG und Somatostatin Analogen Aufnahme vor der Operation und Peptide Radionuklide RadioTherapie

I-131 MIBG- Endoradiotherapie



Paraganglioma rechten Seite des Beckens, mit Somatostatin analoge Verbindung, THERANOSTICUM



MMCT
Series 4

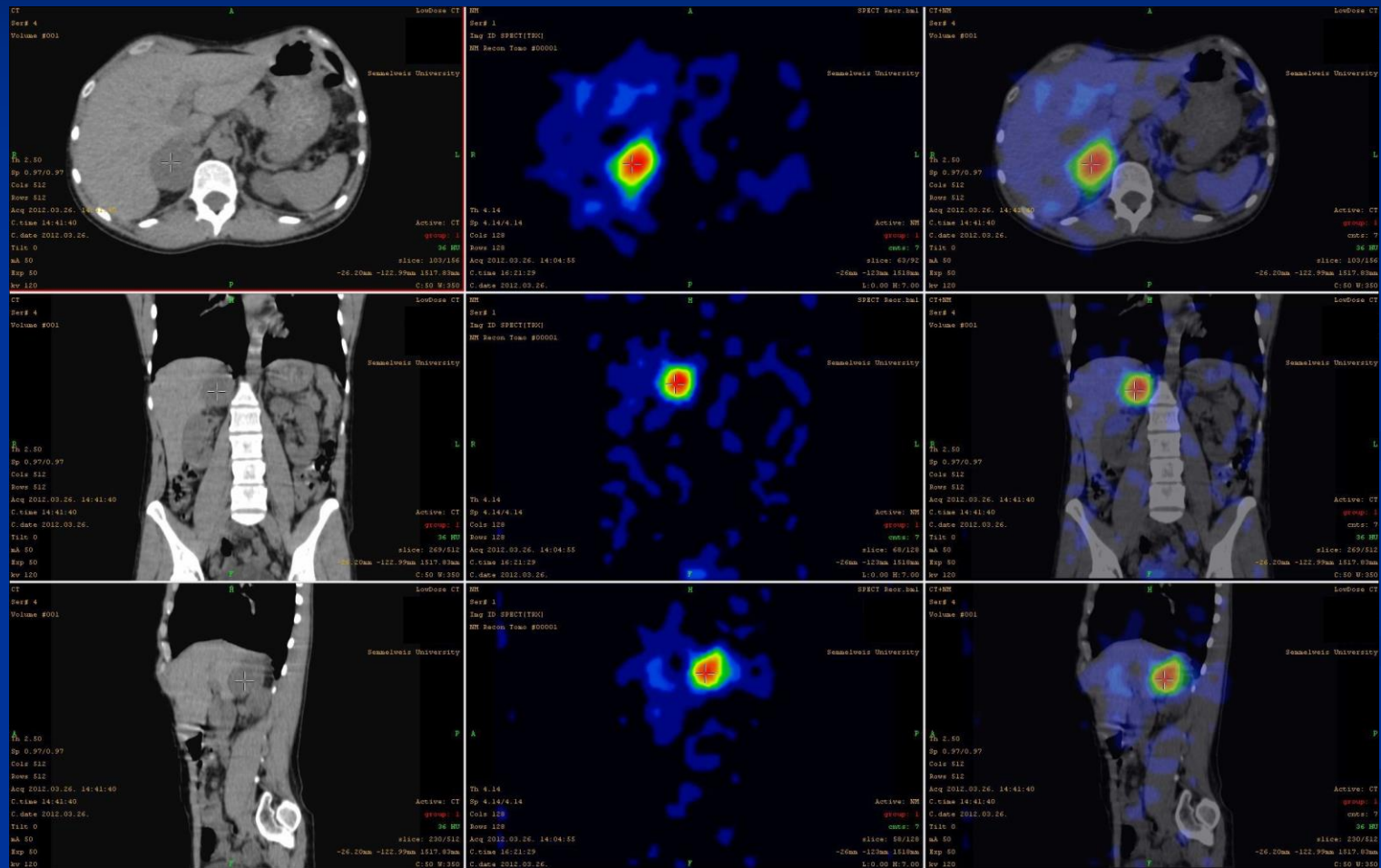
LowDose CT
Varga-Balazs
ID 032810277
Sex 0
1975.02.01.
Semmelweis University

Th 2.50
Sp 0.97/0.97
Cols 512
Rows 512
Acq 2012.03.26. 14:41:40
C.time 14:41:40
C.date 2012.03.26.
Tilt 0
mA 50
Exp 50
kV 120



Active: CT
group: none

Hohe MIBG Aufnahme in der rechten Nebenniere- PHAEOCHROMOCYTOMA (PARAGAGLIOMA)



Radiopharmaka für RADIONUKLIDE THERAPIE

MARKIERTE SYNTETISCHE ANALOGEN:, DOTA-konjugierte Peptide

DOTA-Tyr3-Octreotide: **DOTATOC**

DOTA-Tyr3-Octreotate: **DOTATATE** (ssr2!)

RADIOAKTIVE ISOTOPEN:

In-111: Auger Elektronen

Y-90: RELATIVE STARKE BETA STRAHLUNG, REICHWEITE GRÖßER, MEHRERE ZELLEN WERDEN ZERSTÖRT „CROSS FIRE „EFFEKT

Y-90-DOTATOC

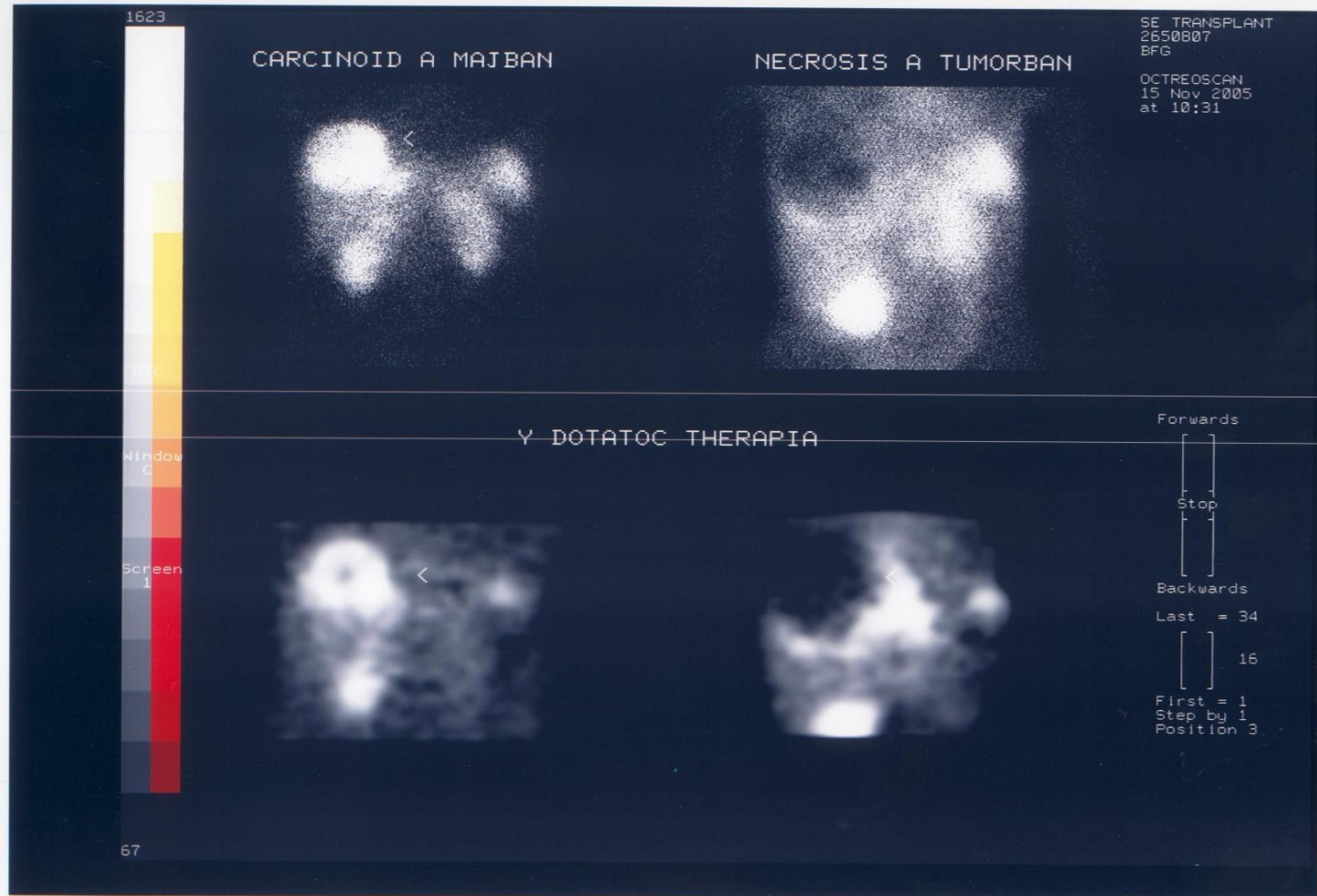
Lu-177: WEICHE BETA STRAHLUNG, REICHWEITE KURZ -NUR DIE TUMORZELLEN WERDEN ZERSTÖRT

Lu-177-DOTATATE

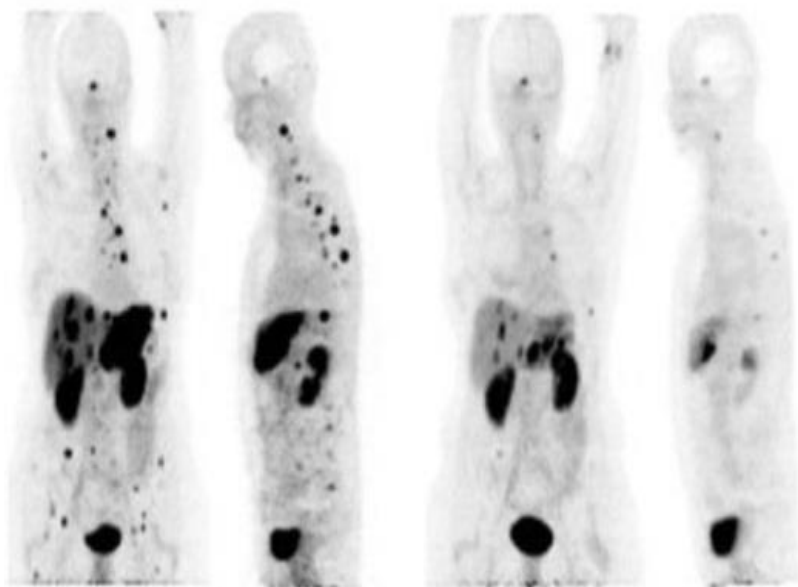
Ho-161: Auger Elektronen, intrakavital

Y-90-DOTATOC SOMATOSTATIN REZEPTOR RADIONUKLIDE THERAPIE

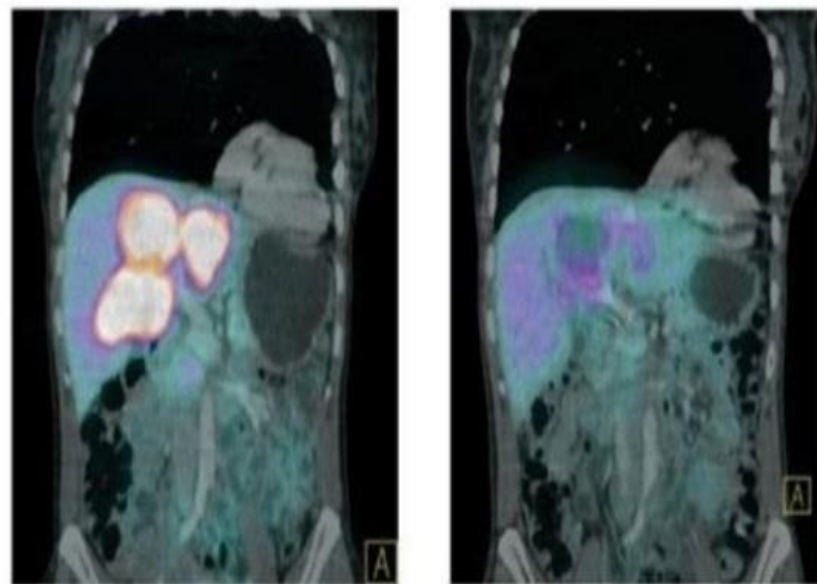
VOR UND NACH



Remarkable responses to Bi-213-DOTATOC observed in tumors resistant to previous therapy with Y-90/Lu-177-DOTATOC



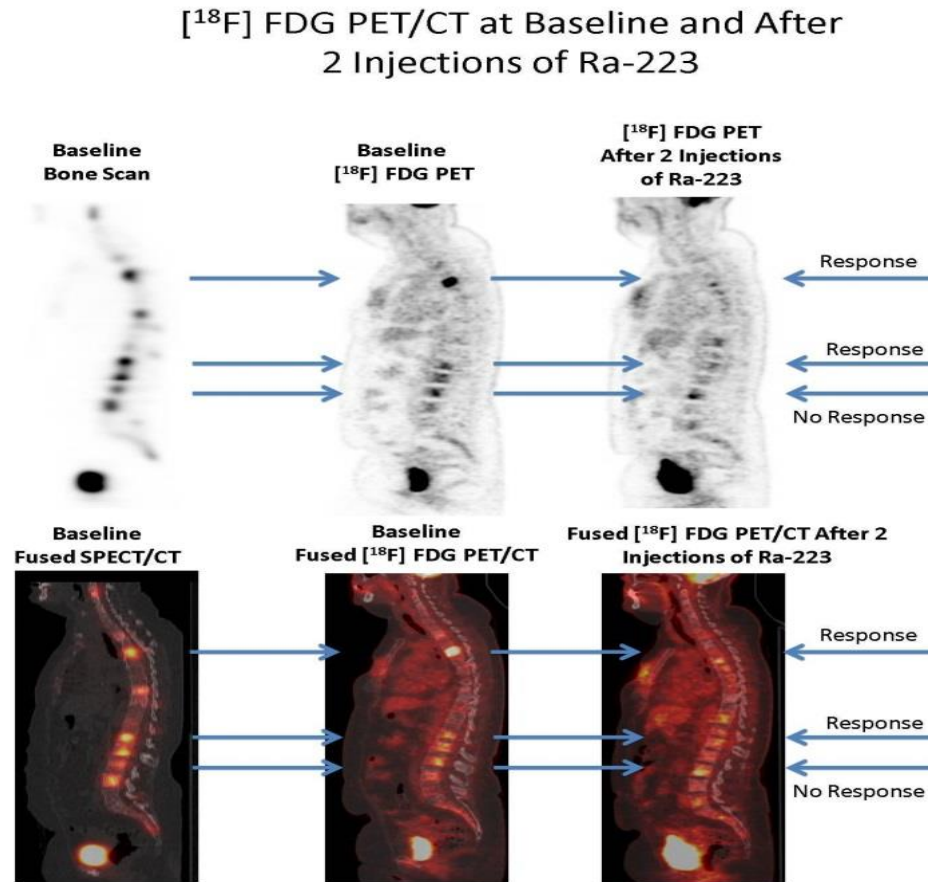
Case I: Shrinkage of liver lesions and bone metastases
after i.a. therapy with 11 GBq Bi-213-DOTATOC



Case II: Response of multiple liver lesions after i.a.
therapy with 14 GBq Bi-213-DOTATOC

- Das Bild des Jahre 2012 :
- Therapie mit Alpha Strahlenden Isotopen
- Die Reichweite ist sehr kurz, Energie Transfer ist sehr gross !
- Gezunde Zellen sind nicht zerstört
,Tumorzellen abgetötet

Endoradiotherapie der Knochenmetastasen mit Alfa Strahler Isotop: Ra-223



Images obtained after 2 injections of Ra-223 showed a significant decrease ($\geq 25\%$ decrease of SUV_{max} from baseline) in [¹⁸F] FDG uptake intensity in multiple bone mets located in the thoracic and lumbar spine, indicating a partial metabolic treatment response at the level of the tumor cells early during Ra-223 therapy.

Glucosestoffwechsel in Malignen Tumoren:

18 FDG

Sehr erfolgreichen Radiopharmakon

!

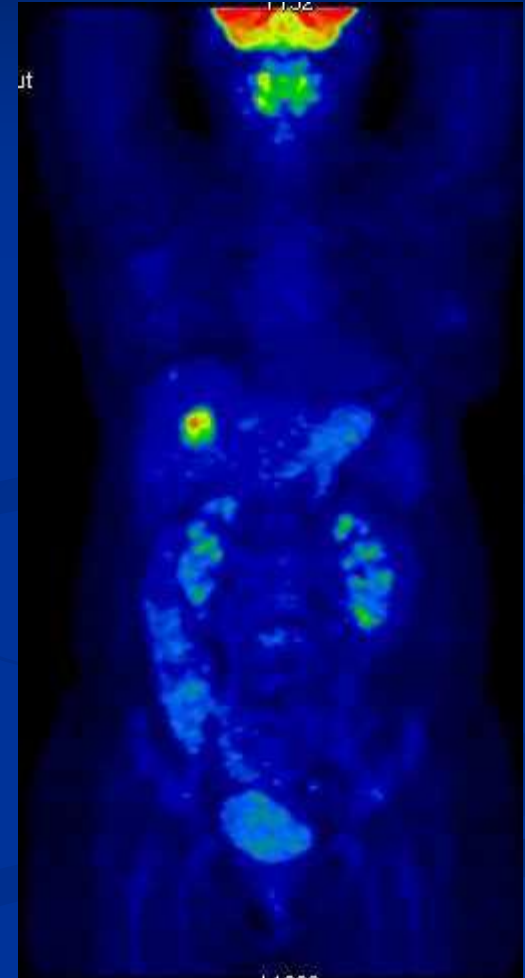
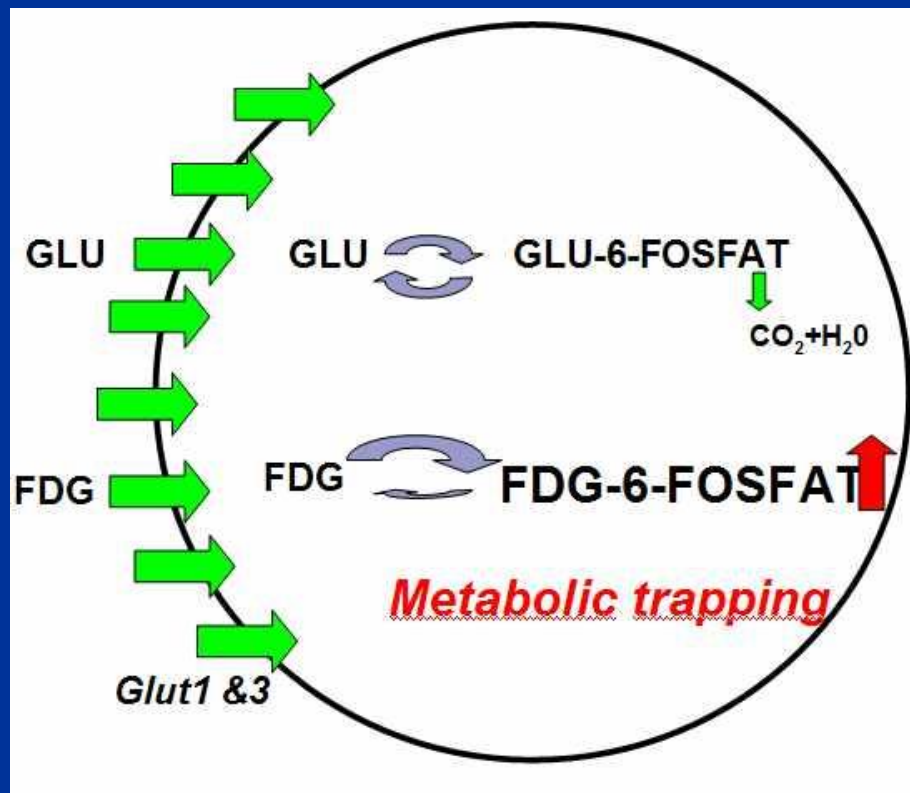
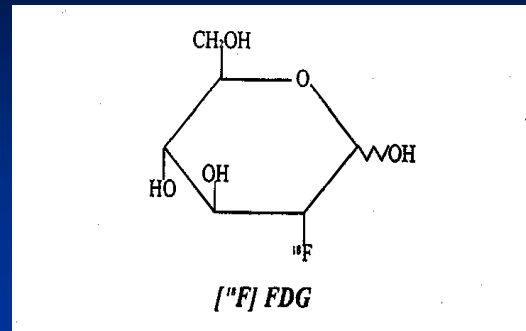
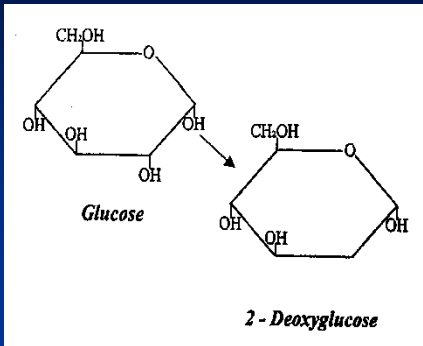
Glukosetransporter

■ Maligne Tumoren sind Gewebe, die Glukose in hohem Prozentsatz zu Lactat verarbeiten. Die gesteigerte glykolytische Aktivität korreliert mit einem hohen Anteil an mitochondrial gebundener Hexokinase in den Tumorzellen. In schnell wachsenden Tumorzellen ist die Hexokinase Aktivität stark erhöht. Besonders das für den Glucosetransporter Typ 1 (GLUT1) kodierende Gen wird sehr früh nach Transformation von Zellen mit Onkogenen aktiviert.

FDG in der Onkologie

- Da die Glukose in Tumoren u. a. durch eine erhöhte Aktivität des Glukosetransporters (Glut I) und der Hexokinase vermehrt verstoffwechselt wird, ist die FDG-PET eine sensitive Methode für
- die Erkennung,
-
- das Staging und Re-Staging von Tumorerkrankungen sowie
- die Überprüfung des Ansprechens auf Therapien bei vielen Tumorerkrankungen.

^{18}F -Fluoro Deoxy Glucose (FDG) in Onkologie

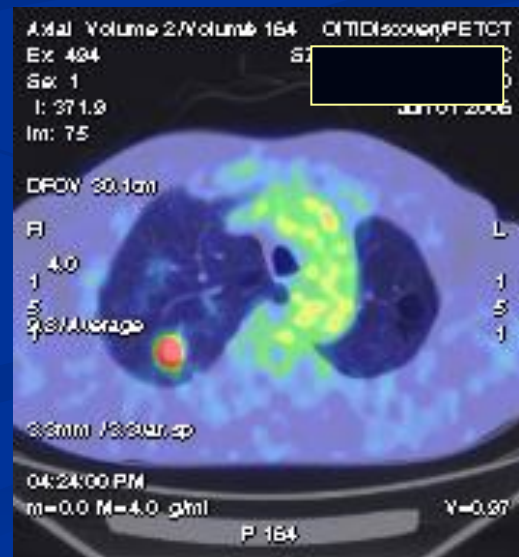
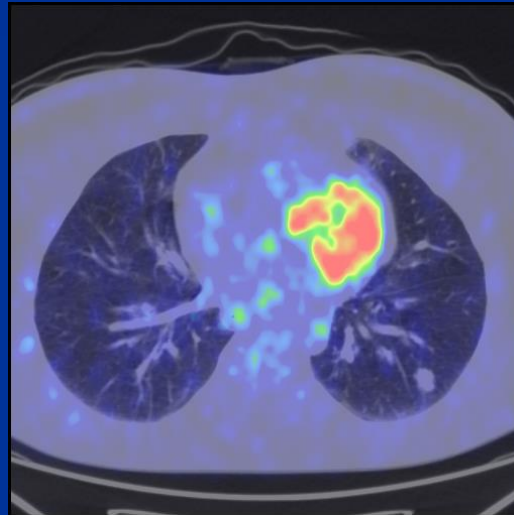


FDG-PET in der Onkologie

- Diagnose
 - Staging, restaging
 - Therapie Kontrolle
-
- Zuckeraufnahme den Malignen Tumoren ist gross
 - (aber nicht im jeden Fall)

FDG-PET in der Onkologie

■ Diagnose

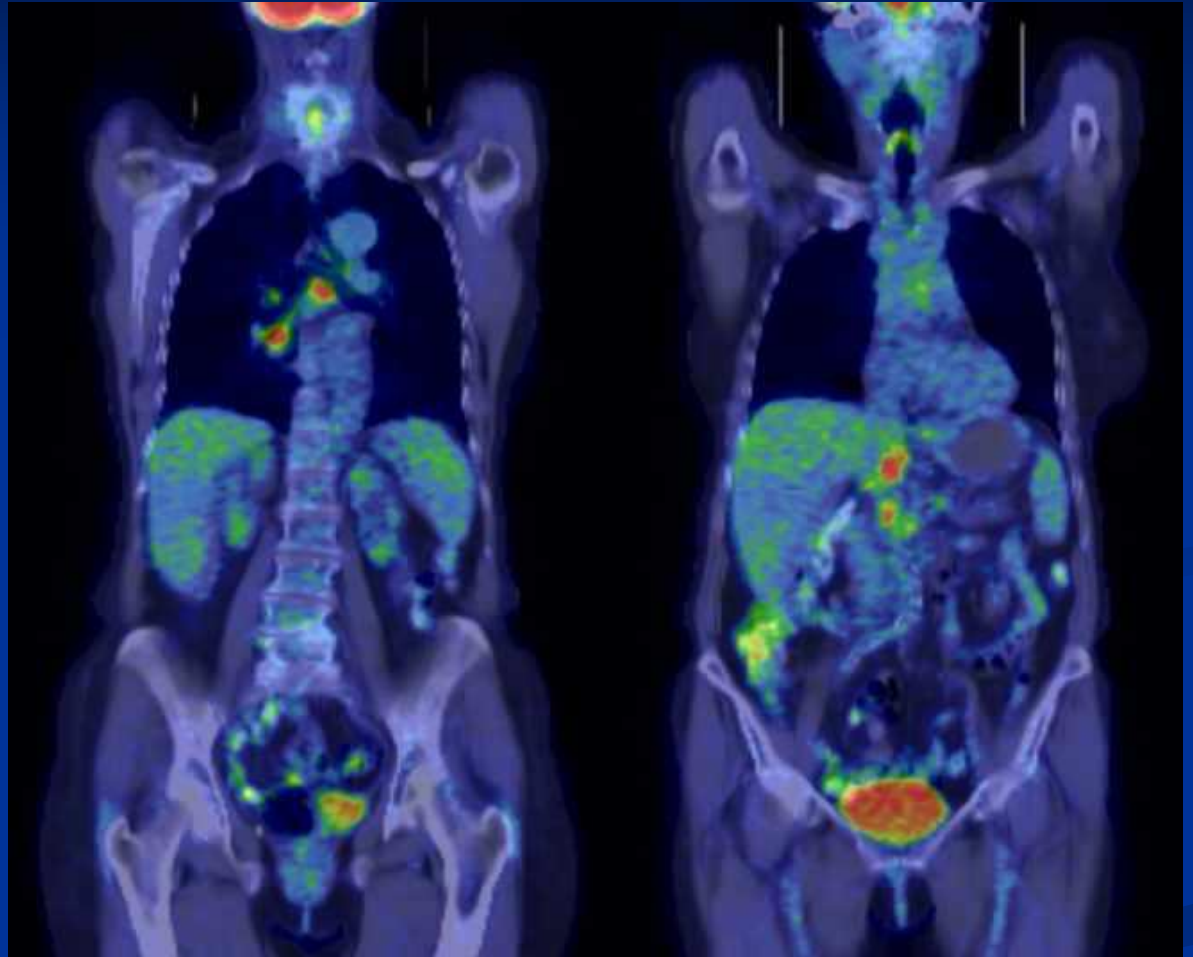


■ Staging

■ Therapiekontrolle

FDG-PET in der Onkologie

- Diagnose
- Staging

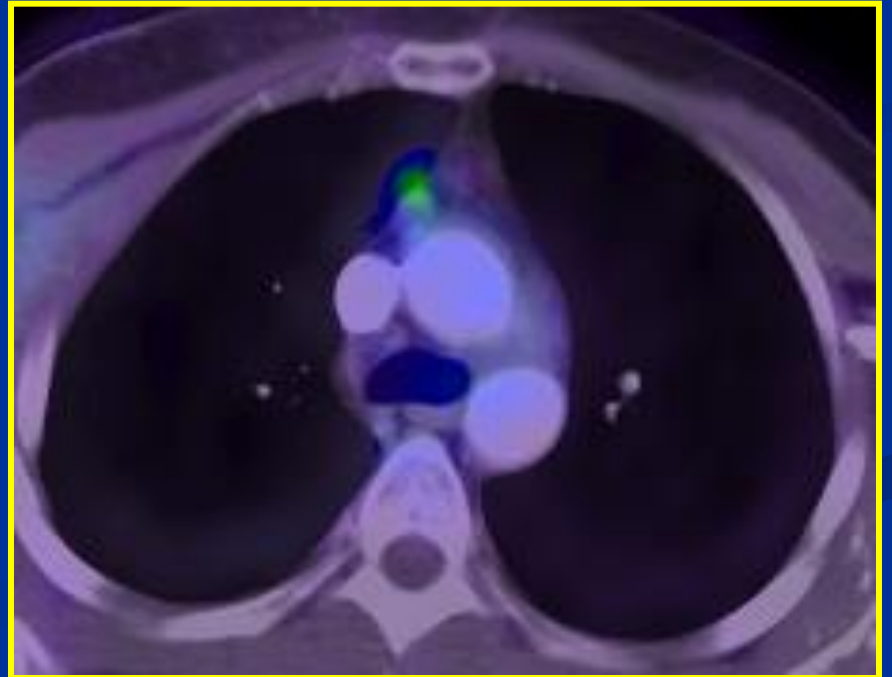
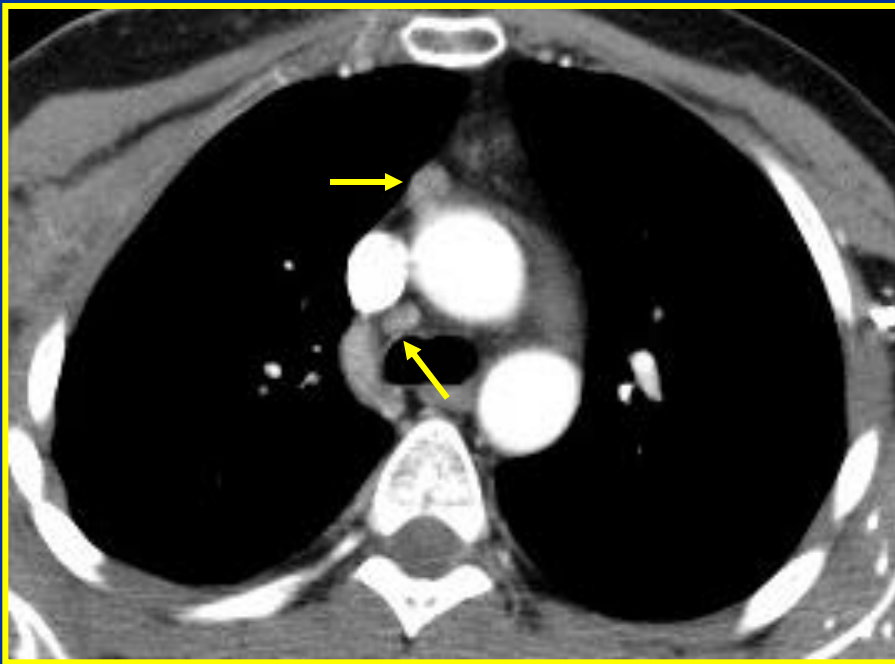


- Therapie Kontrolle

FDG-PET in Onkologie

■ Staging

■ Lymphknoten Metastase

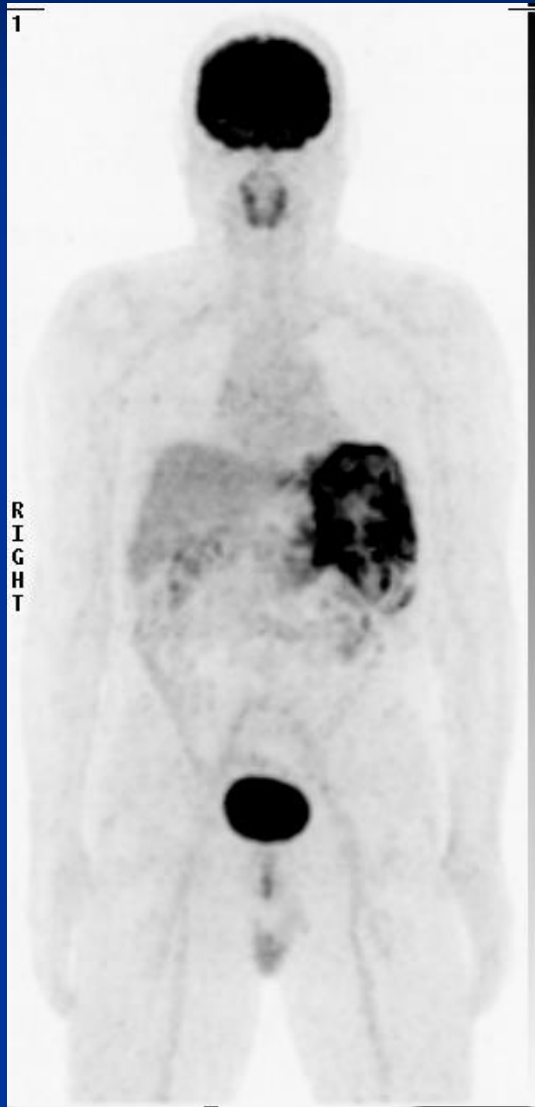


FDG-PET in der Onkologie

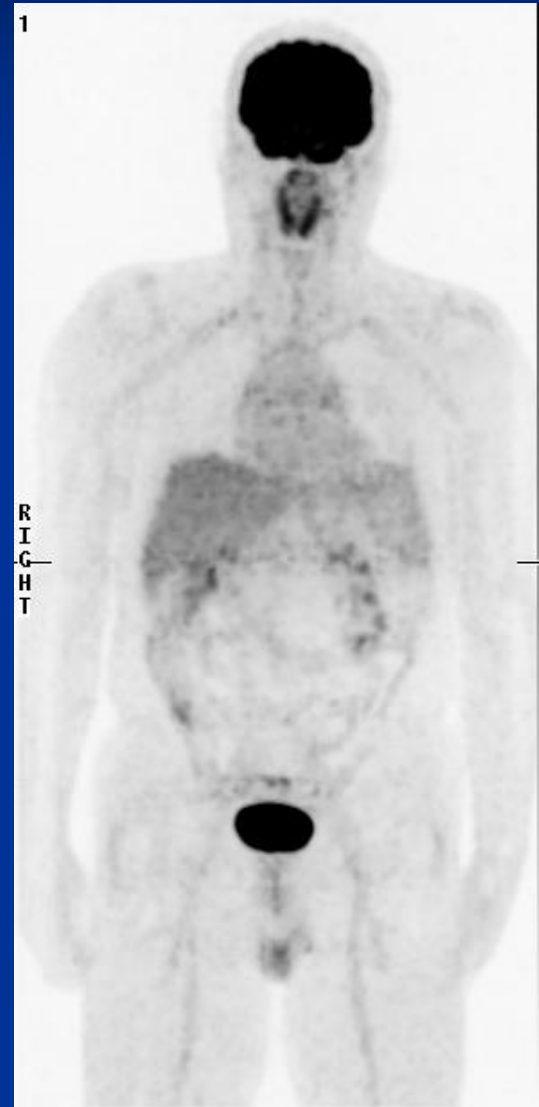
- Diagnose
- Staging
- **Therapiekontrolle und Behandlungs-Management**
 - Detektion des Therapie Effekts nach dem Therapieabschluss
 - Frühe Detektion des Therapie Effekts während der Therapie

Detektion des Therapie Effekts nach dem Therapieabschluss

GIST

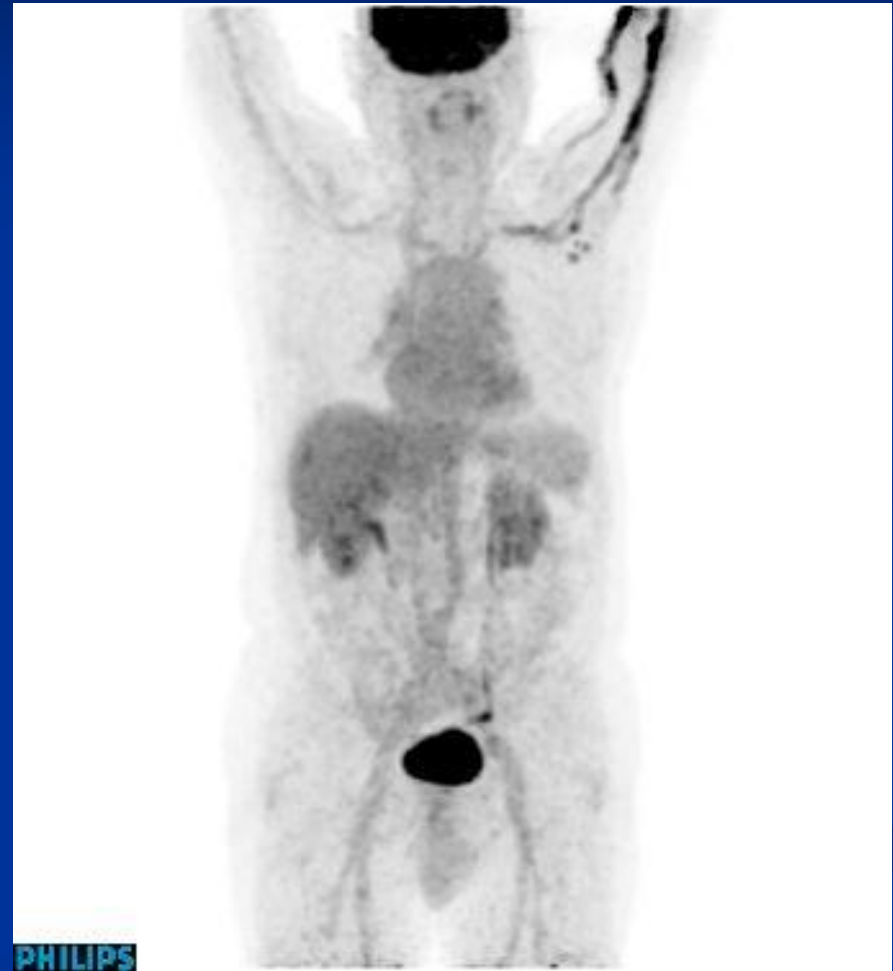
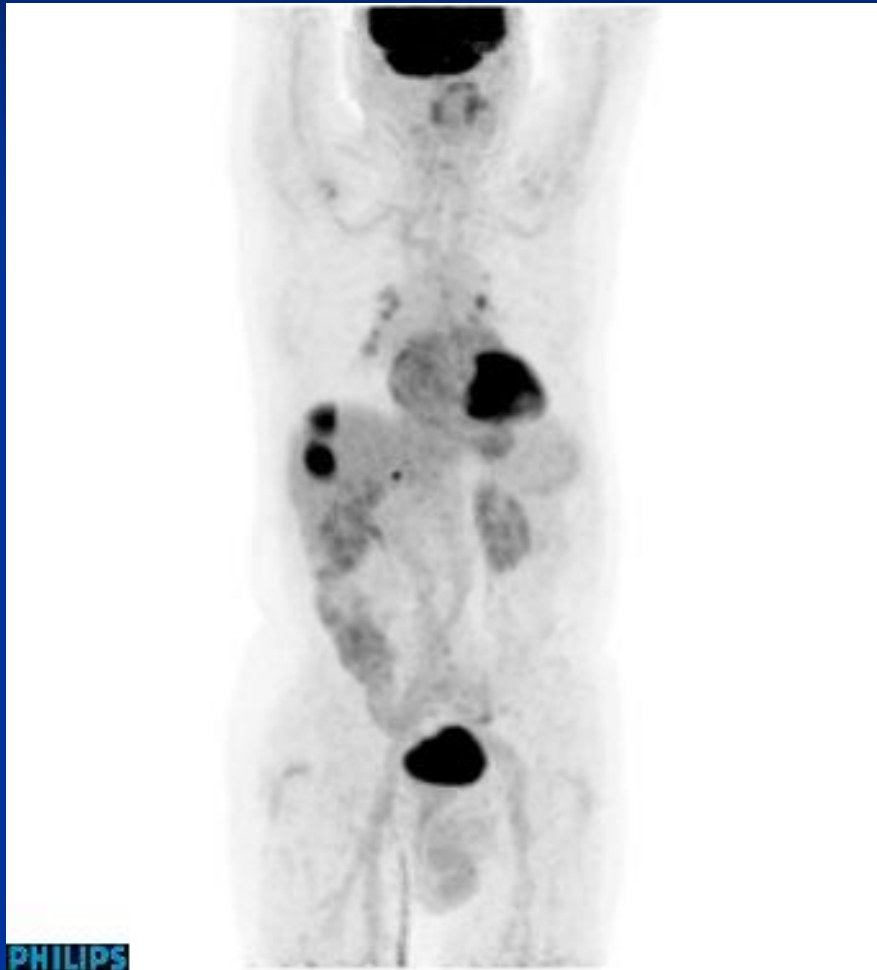


Vor d.
Therapie



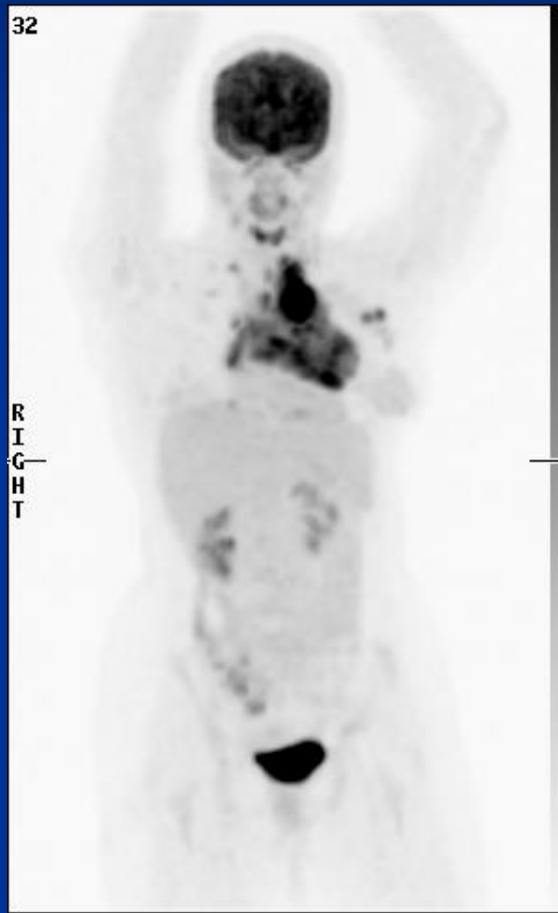
Nach d.
Therapie

Detektion des Therapie Effekts nach dem Therapieabschluss



Kolorektales Karzinom - Metastasen

Frühe Detektion des Therapie Effekts während der Therapie



Hodgkin Krankh.
Vor der Therapie



Nach zwei Zyklen

Grenzen der FDG-PET

- Spezifität für Tumore ist begrenzt
- Falsch positive Befunden
 - Entzündung
 - Aktivität des braunen Fettgewebes
 - Harnaktivität
 - Aspezifische Darmaktivität

Nicht alle Tumore zeigen hohe glykolytische Aktivität
Nicht nur Tumore zeigen hohe glykolytische Aktivität

PET Radiopharmaka in der Onkologie

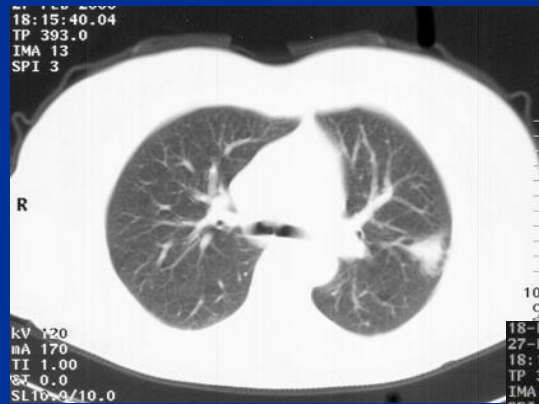
NON FDG PET

Tracer	PET/SPECT	Process targeted	Used for
[¹⁸ F]FDG	PET	Glycolytic activity	Several cancers
[¹¹ C]Choline	PET	Membrane synthesis	Prostatic cancer
[¹⁸ F]FLT	PET	DNA synthesis/cell proliferation	Therapeutic response
[¹¹ C]methionine	PET	Amino acid transport	Certain cancers
[¹⁸ F]FMISO	PET	Hypoxia	Tumor hypoxia: radiation sensitivity
[⁶⁴ Cu]ATSM	PET	Hypoxia	Tumor hypoxia: radiation sensitivity

FDG: Fluoro-deoxyglucose, FLT: Fluoro-deoxythymidine; FMISO: Fluoromisonidazol; ATSM: Diacetylmethylthiosemicarbazone

Die Zukunft ist HIBRID !!!!

Morphologie
Radiologie



Funktion
Nuklearmedizin

