

Strahlenschutz bei Nuklearmedizinischen OP Interventionen

Am Beispiel des Sentinel (=Wächterlymphknoten)

E. DIMOU, LKH Wiener Neustadt

Definition Sentinel

- Der SLN ist der **erste Lymphknoten**, über den ein Primärtumor drainiert wird.
 - SLN ist jeder Lymphknoten der eine direkte Verbindung (**Lymphbahn**) zum Primärtumor hat.
 - In der Praxis: keine Definition ist perfekt
 - Wertigkeit: Erscheinungszeit, eigene Bahn(en), Anatomische Lage zum Tumor, Relativer Uptake
-

Wozu?

- Zum Nachweis von regionaler Lymphknotenmetastasen
 - Geeignet für Malignomen, die **lymphogen metastasieren**
 - Minimierung des Operationsausmaßes und der postoperativen Morbidität
 - Optimierung der histo/pathologischen Aufarbeitung durch Fokussierung auf relevante Lymphknoten
 - Verbesserung der Prognoseabschätzung und Therapieplanung
-

Anwendungsgebiete

- Melanom
- Mamma CA
- Kopf Hals Tumore
- Andere (z.B. Vulva, Endometrium, Penis CA, Prostata CA)

Ablauf

1. Zuweisung, Anamnese, Aufklärung
2. Applikation des Radiopharmakons
3. Szintigraphie und Makierung
4. Operatives Aufsuchen des SLN
5. Histologie

Radiopharmakon

- In Mitteleuropa meist verwendete Radiopharmakon: **Tc-99m Nanokolloid**
- Mediane Transitzeit 10 min
- **Eintagesprotokoll**: Aktivitäten 30-50 MBq
- **Zweitagesprotokoll**: Aktivitäten 40-200 MBq

Merke

- Die Anreicherung des Radiopharmakon in einem Lymphknoten trifft selbst keine Aussage über einen eventuellen tumorösen Befall des oder der Wächter-Lymphknoten.

Beispiel Melanom: Indikationen

- Kutanes Melanom, Tumordicke nach Breslow $> 1\text{mm}$ (unabhängig vom Invasionsgrad nach Clark)
 - kein Hinweis auf Metastasen
 - bei klinisch diagnostiziertem malignen Melanom als auch nach histologisch gesichertem malignen Melanom vor einer Nachresektion.
 - bei geringeren Tumordicken wenn ungünstige Prognoseparameter vorliegen (z.B. Clark-Level IV / V, Ulzeration des Primärtumors).
 - Lymphknotenmetastasen bereits ab einer Tumordicke von $0,75\text{ mm}$
-

Beispiel Melanom

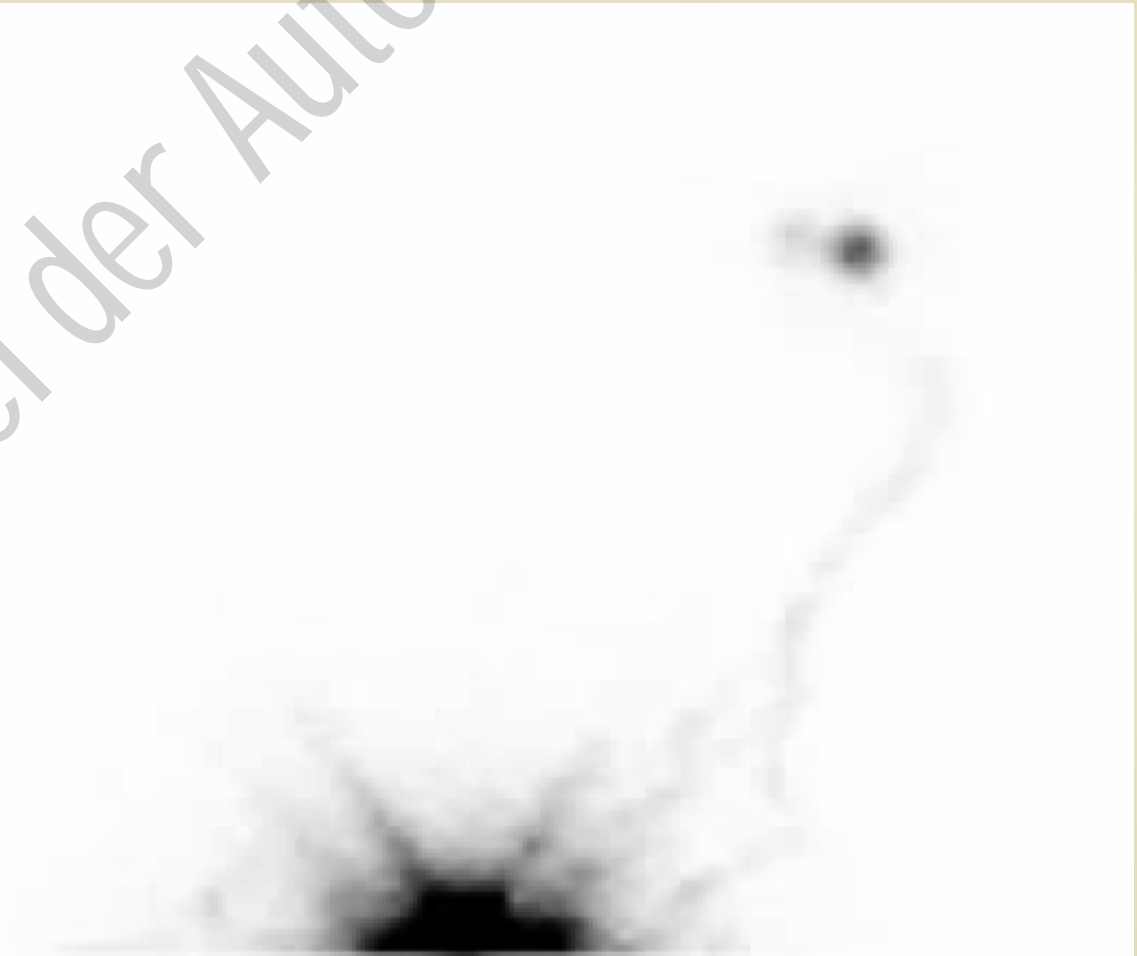
- 20- 40 MBq --- in 0,2-0,3 ml Insulinspritze
 - Injektion: intrakutan in 4 Depots direkt um das Melanom oder um die Narbe
 - Sofort dynamische Aufnahmen gefolgt von statischen Bildern und Hautmarkierung
-

Melanom

- Injektionstechnik



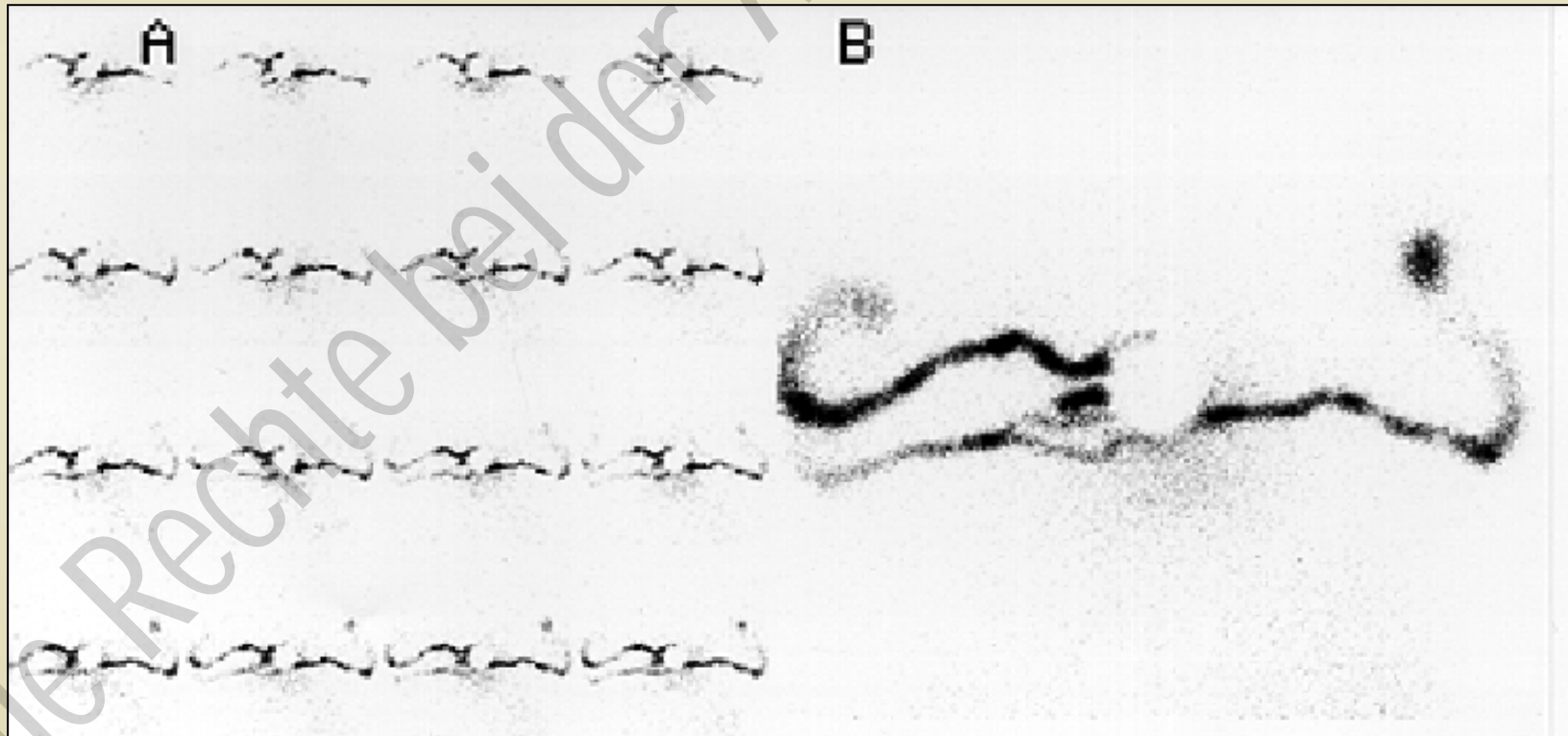
Melanom



(c) Alle Rechte bei der Autorin

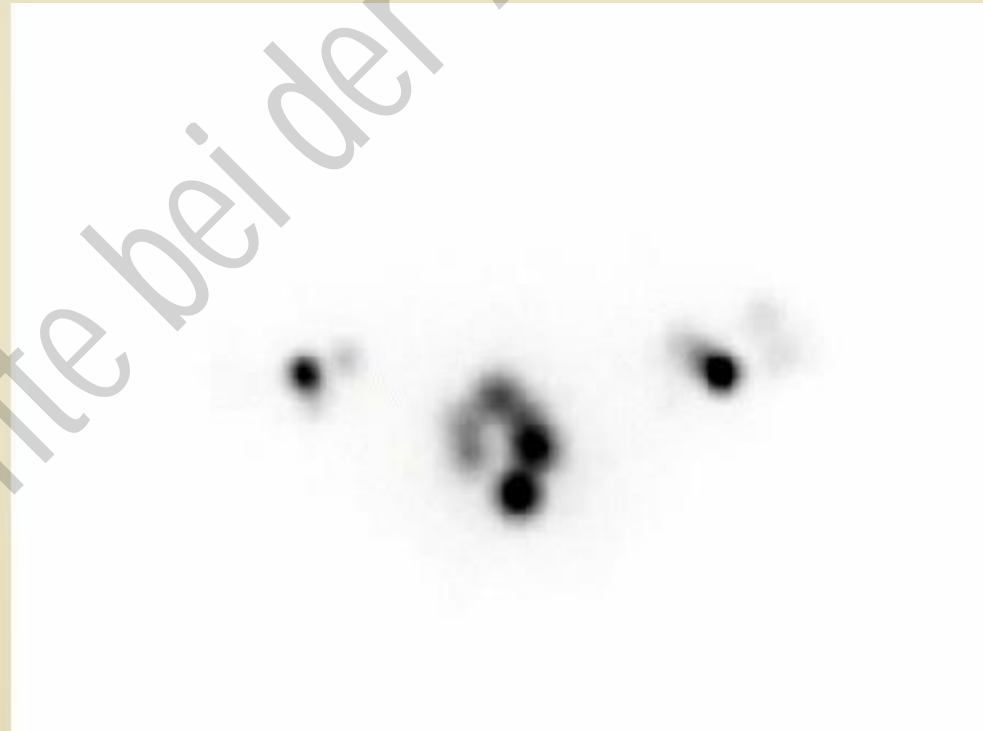
Melanom Rücken

- Dynamische Aufnahme



Malignes Melanom

- Statische Spätaufnahme



Melanom Rücken

- Lymphbahn nach caudal und cranial



Melanom Kopfhaut

- Komplexere Lymphahnatomie



© Alle Rechte bei der Autorin

Gammasonde

- Empfohlene Zählrate: 100 cps oder mehr.
Prüfquelle 99mTc oder 57Co. Aktivität < 1 MBq.



Gammasonde

- Die Sonde muss einer regelmäßigen Qualitätsprüfung unterzogen werden - Nulleffekt messen Zählrate am Gerät sollte ohne Quelle Null oder einen sehr kleinen Wert anzeigen.
- Das **Ansprechvermögen** muss für den Messzweck ausreichend sein und sollte regelmäßig auf Konstanz geprüft werden.
- Kurze Funktionsprüfung: Empfohlene Zählrate: 100 cps oder mehr. Prüfquelle ^{99m}Tc oder ^{57}Co .
- Die **Prüfung der Ortsauflösung der Sonde** /Kollimatorkombination
- muss eine ausreichende Abgrenzung und räumliche Zuordnung der markierten Lymphknoten gewährleisten. Gegebenenfalls ist das Energiefenster so einzustellen, dass das Messsignal möglichst geringfügig durch gestreute Photonen beeinflusst werden kann.
- Die Anzeigeeinheit muss die Messergebnisse schnell und deutlich vermitteln: **optischen und gute Wahrnehmbarkeit des akustischen Signals mit möglichst exakter Korrelation zwischen akustischem Signal und Zählrate**
- Im Batteriebetrieb: Ladezustand des Akkumulators regelmäßig prüfen, geladenen Ersatzakku bereit halten.
- Die **Form der Sonde** muss für den Anwendungsfall geeignet sein (z. B. erlauben gewinkelte bzw. gekrümmte Sonden auch bei engen Zugangsmöglichkeiten Messungen aus mehreren Richtungen).

Gammasonde im OP



Lohn der Arbeit

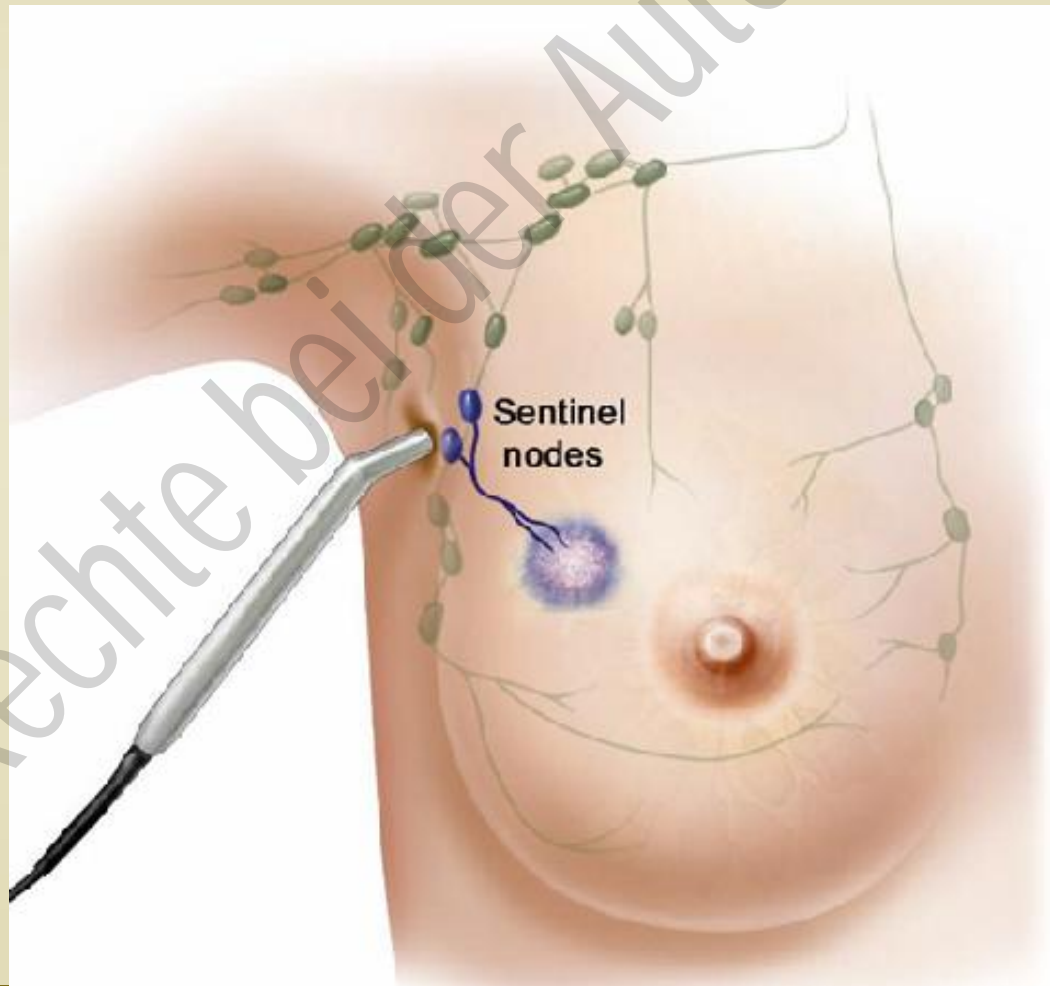
SLN in situ, Entnahme, ad Pathologie



Mamma CA

- Uni- und multifokales bioptisch gesichertes Mammakarzinom ohne klinischem Hinweis auf Metastasen, Größe < 3 cm
 - Ductales Carcinoma in situ >2 cm
 - Nicht empfohlen ist beim inflammatorischem Mammakarzinom, T3- und T4- Stadium, nach präoperativer systemischer Therapie und nach ausgedehnter präoperativer Brustoperation
-

Lage des Tumors



(c) Alle Rechte bei der Autorin

Verschiedene Injektionstechniken

2-Tages-Protokoll

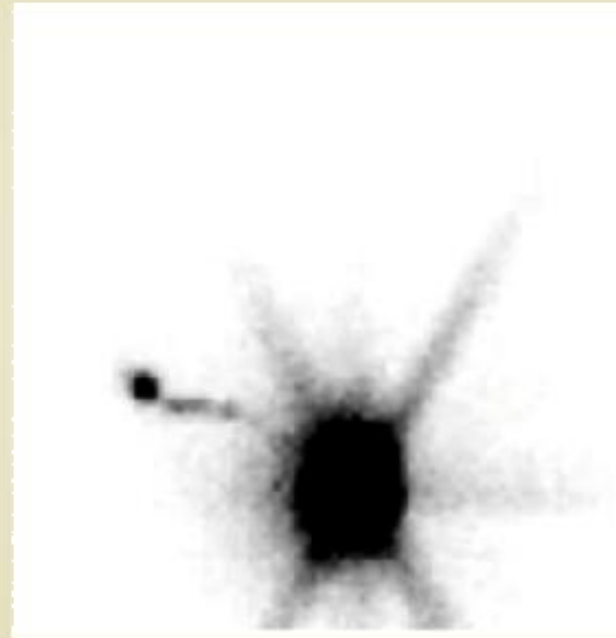
Tumorlokalisation (Quadrant)	Art der Injektion	Anzahl der Injektionen	Gesamtaktivität
12 Uhr-9 Uhr (oben innen, unten innen, unten außen)	peritumoral und/oder subdermal, bzw. subareolär	4	150-250 MBq
9 Uhr-12 Uhr (oben außen)	subareolär	1	160 MBq

1-Tages-Protokoll

Tumorlokalisation (Quadrant)	Art der Injektion	Anzahl der Injektionen	Gesamtaktivität
12 Uhr-9 Uhr (oben innen, unten innen, unten außen)	peritumoral und/oder subdermal, bzw. subareolär	4	50 MBq
9 Uhr-12 Uhr (oben außen)	subareolär	1	10-20 MBq

N Mammae

- Anterior und links lateral



(c) Alle Rechte bei der Autorin

Vorgehen und Dosis je nach Art des zu untersuchenden Tumors

	Melanom	Mamma CA	Kopf Hals
Injektionsart	Intradermal peritumoral	Intradermal Peritumoral subareolär	Intramuskulär Peritumoral
Volumen pro Injektion in ml	0,5-0,2 ≥ 4 mal	0,2-1 Meist 1x	0,5-0,2 ≥ 3 mal
MBq gesammt	40-100	100-200	40-100

Fehlerquellen

- Inkorrekte Indikationsstellung,
 - Kontamination bei der Applikation
 - inkorrekte Applikation
 - unzureichende Dokumentation des Lymphbahnverlaufs
 - Überlagerung d. Sentinel Signals d. Injektionsstelle o. andere Quellen,
 - Voroperationen und andere Manipulationen im Lymphabstromgebiet
 - Abdeckung tumornaher Lymphknoten durch Bleiabschirmung,
 - unzureichende Befundübermittlung zw. Nuklearmediziner u. Operateur,
 - vorschnelle Beendigung der Untersuchung,
 - falsch negativ bei vollständiger metastatischer Durchsetzung der Lymphknoten
 - unzureichende Sondenmesstechnik (Ansprechwahrscheinlichkeit?, unzureichende Beachtung der Winkelauflösung bei der Benutzung, mögliche Kontamination des Geräts,..)
-

Effektive Dosis des Patienten entsprechend der Injektionsart

	Intrakutan	Intraparenchymatös
MBq	80	200
Effektive Dosis	<0,5 mSv	<1,5 mSv

Dosimetrie N. Mama (Buscombe)

Table 1 Normalised absorbed doses ($D_{T,R}$) received by various organs of interest by internal emission from each breast injection and the calculated normalised effective dose [17]

Organ	Normalized $D_{T,R}$ [$\mu\text{Gy} (\text{MBq}\cdot\text{h})^{-1}$]	
	Left breast injection	Right breast injection
Ovary	0.021	0.016
Bone marrow	0.095	0.104
Colon	0.043	0.044
Lung	0.197	0.230
Stomach	0.271	0.163
Bladder	0.011	0.012
Breast	4.077	3.755
Liver	0.074	0.236
Oesophagus	0.108	0.122
Thyroid	0.156	0.183
Skin	0.329	0.258
Bone surface	0.062	0.041
Remainder	0.191	0.087
Normalized ED [$\mu\text{Sv}(\text{MBq}\cdot\text{h})^{-1}$]	0.312	0.291

Dosimetrie beim Mammakarzinom (Giammarile 2013)

Table 3 Ranges of estimates of radiation exposures

Radiation exposure	Range of estimates ^a	× 18.5 MBq × 100 patients/year ^b
Injection site absorbed dose	1 to 50 mGy/MBq	<925 mGy
Injected breast equivalent dose	0.03 to 0.8 (mSv/MBq)	<15 mSv
Patient effective dose ^d	0.002 to 0.03 (mSv/MBq)	<0.56 mSv
Fetus/uterus equivalent dose	0.00003 to 0.0009 (mSv/MBq)	<0.017 mSv
Surgeon lens-of-eye equivalent dose	0.00009 (mSv/MBq)	<0.17 (mSv/year)
Surgeon hand equivalent dose	0.0004 to 0.01 (mSv/MBq)	<19 (mSv/year)
Surgeon effective dose	0.00004 to 0.0003 (mSv/MBq)	<0.56 (mSv/year)
Pathologist lens-of-eye equivalent dose	0.00001 to 0.00003 (mSv/MBq)	<0.056 (mSv/year)
Pathologist hand equivalent dose	0.00001 to 0.001 (mSv/MBq)	<1.9 (mSv/year)
Pathologist effective dose	0.000004 to 0.0002 (mSv/MBq)	<0.37 (mSv/year)

Dosimetrie Melanom

Nejc D 2006

- Handdosis für den Nuklearmediziner 2,43 - 84,11 μSv pro Patient,
- Handdosis des Chiurgen 3,20 to 5,84 μSv
- Pathologe 2,65 to 5,47 μSv for the hands of the remaining members of the medical staff.

Ganzkörperstrahlenexposition des Personals

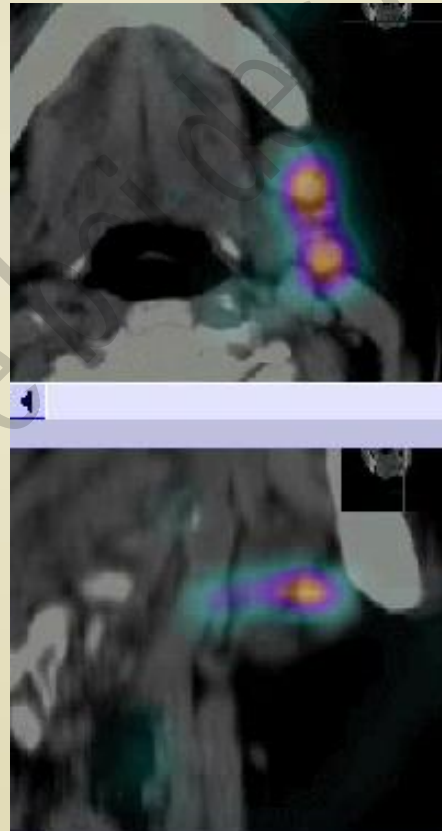
Applikation	MBq	Melanom	N. Mama	Prostata
		80	160	200
$\mu\text{Sv}/$ Patient	Chirurg	0,2-3,7	0,4-7,3	0,8-9
	OP Personal	0,2-0,4	0,4-0,9	0,4-0,5
	Pathologe	0,3-0,7	0,5-0,7	0,1-0,7

Zusätzlich SPECT / CT?

- **SPECT** (single photon emission computed tomography)
 - **CT** (gemeint ist meist low dose)
 - Noch keine Richtlinien
 - Prinzipiell verbessert SPECT/CT die präoperative Lymphszintigraphie und hat das Potential als klinische Routine etabliert zu werden.
 - Aber: höhere Kosten und längere Untersuchungszeiten, da es zusätzlich zur konventionellen Diagnostik eingesetzt wird. Der
 - Vorteil der SPECT/CT wird vor allem bei problematischen Fällen ausgenutzt
-

Melanom, Oberlippe

- Keine Lymphbahn, Sentinel nicht zu markieren



(c) Alle Rechte vorbehalten

SPECT/CT?

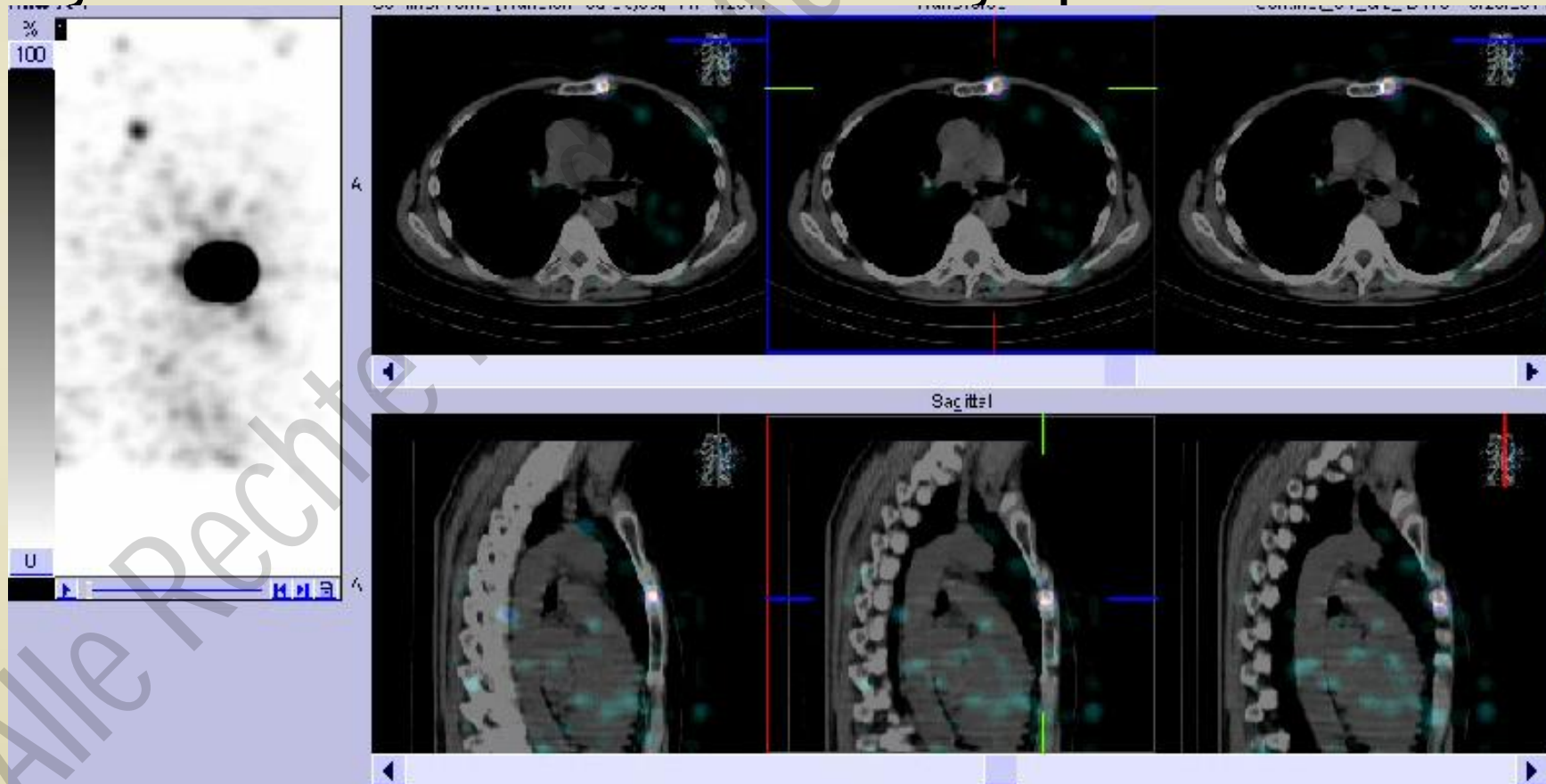
Mamma CA Sentinel:

Bis jetzt erwiesene Vorteile:

- Zusätzliche Sentinel entdeckt
 - Sentinel sehr nahe dem Tumor erkannt
 - Prinzipiell besser bei Adipositas (Lermann et al)
 - Sentinel negativ selten
 - Bessere OP Planung (Mam.int.)
-

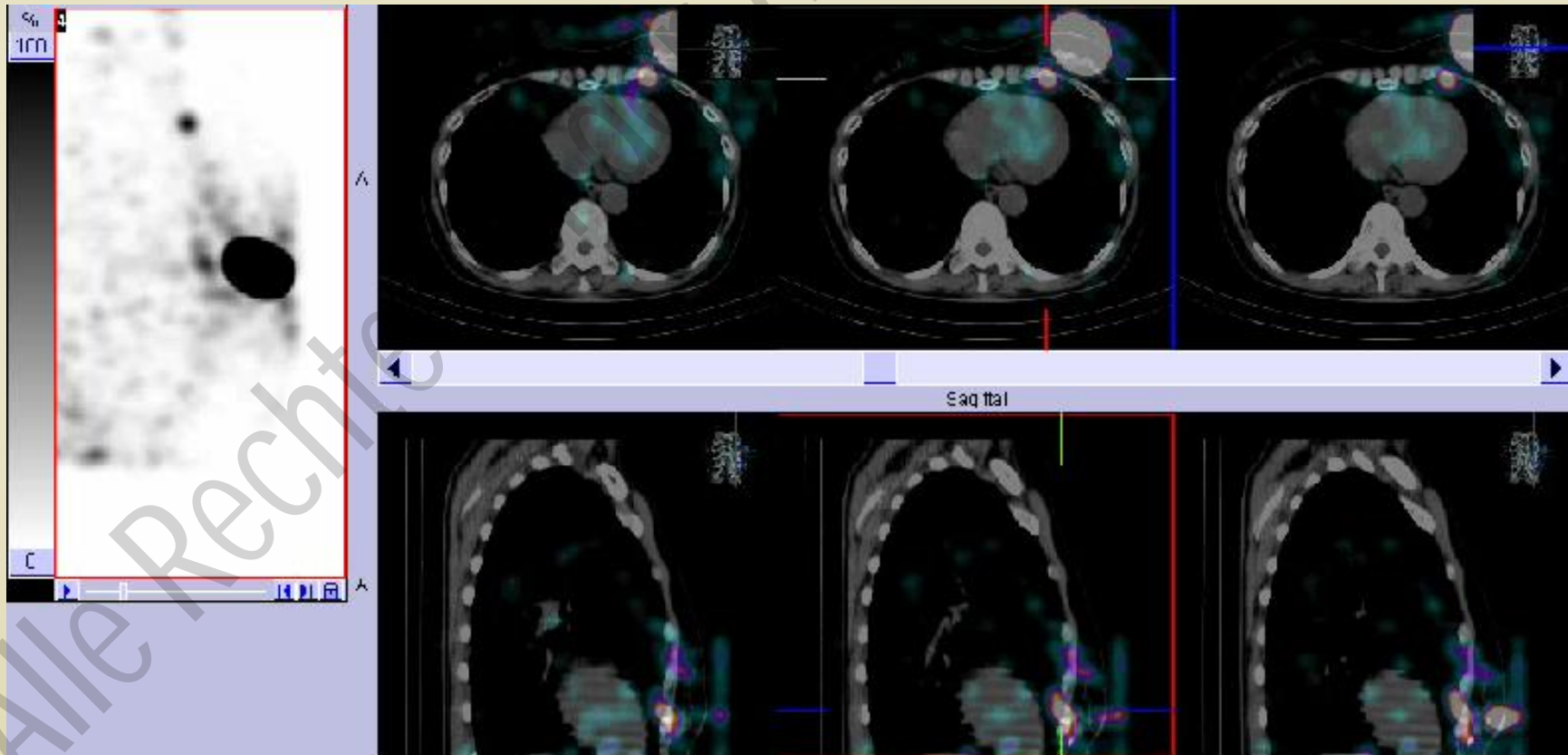
N. Mammae

Dynamisch erster sentinel mit Lymphbahn



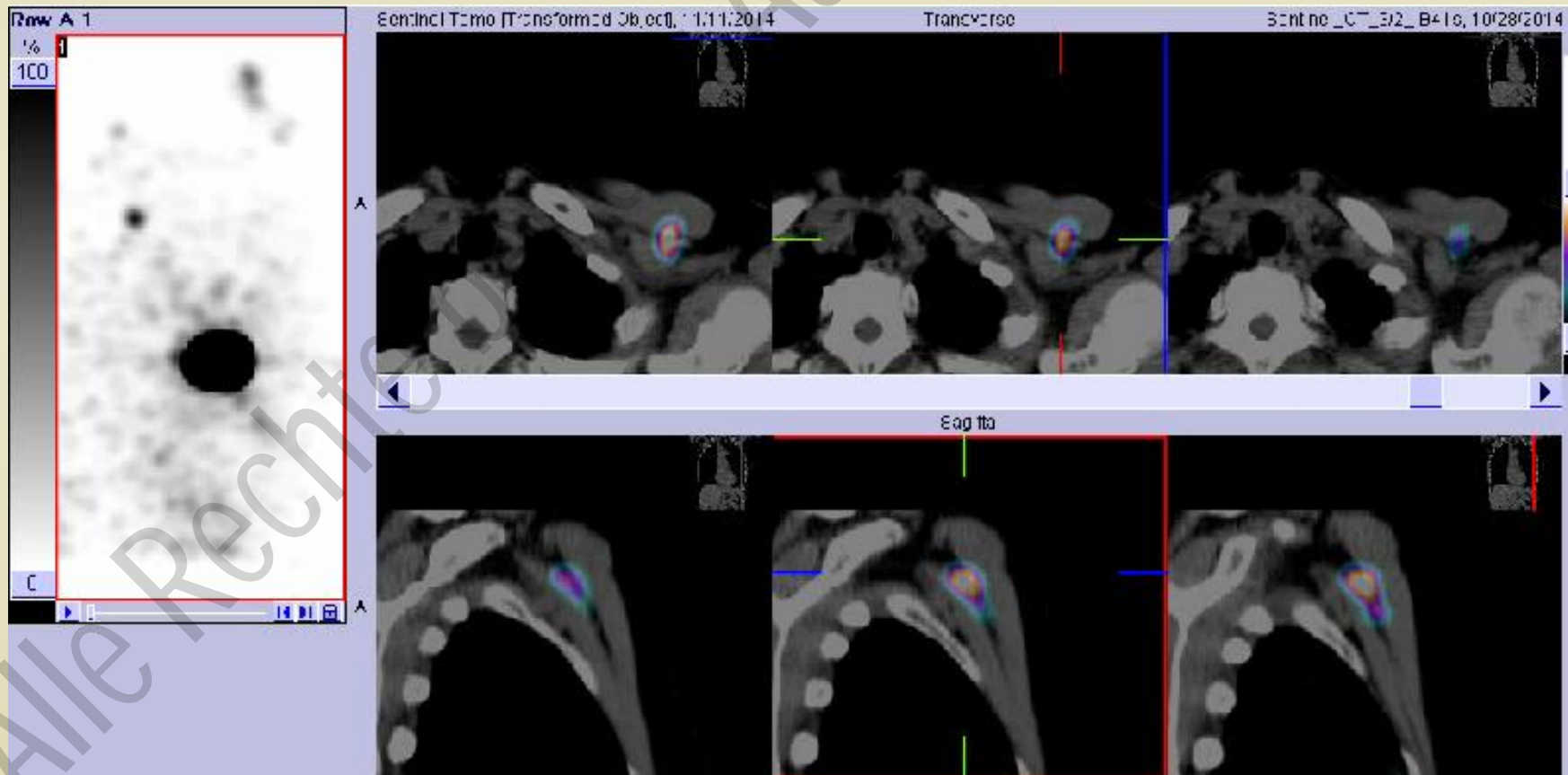
N Mammae

- Hinter der Applikationsstelle



N. Mammae

- pectoral



SPECT/CT?

Melanom:

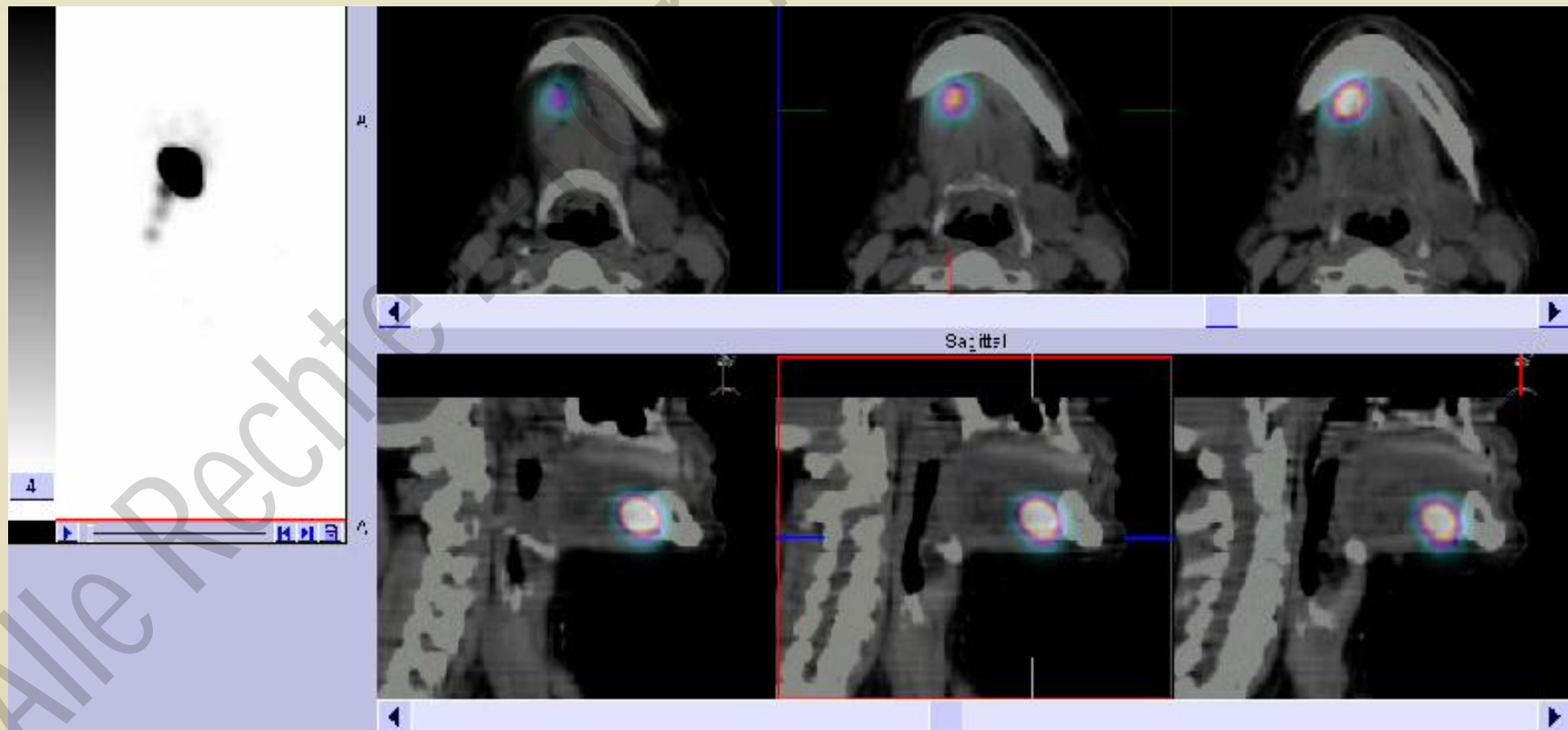
- Wahrscheinlich deutlicher Nutzen der SPECT/CT z.B. illiakale Lymphknoten insbes. Bei Eröffnung des Peritoneums)
- Operationszeitverkürzung

HNO Tumore:

- Anatomische Zuordnung, Operationszeitverkürzung, bei fehlender Hautmarkierung
-

Melanom Lippe

- Hautmarkierung nicht möglich



Strahlenexposition Patient

- Bei Verwendung des SPECT CT (low dose) zusätzlich eine effektive Dosis von 1-5 mSv

Zusammenfassung

- Aufgrund der sehr geringen Strahlenexposition von < 1 mSv/Jahr müssen auch Operateur, OP-Personal und Pathologe selbst bei häufiger Durchführung der sentinel nicht als beruflich strahlenexponierte Personen geführt werden.
 - Strahlenexposition des Patienten ist so niedrig, dass Schwangerschaft keine Kontraindikation darstellt.
 - Cave: zusätzliches low dose CT
 - Kommunikation Nuklearmediziner und Zuweiser/Chirurg essentiell
-

Gefährdung des Fetus?

- 95% der Injektionsaktivität verbleibt am Injektionsort
 - Abtransport in Uterus erfolgt nicht-Strahlenexposition sehr gering. Selbst bei räumlich naher Injektion zum Uterus (z. B. Vulvakarzinom) ist bei einer applizierten Aktivität von 50 MBq die effektive Dosis nur 1 mSv.
 - Strahlenexposition möglichst gering gehalten werden (z. B. 1-Tages-Protokoll)
-