

# PET v diagnostice nádorů plic

---

Monika Wagnerová, David Zogala

*Ústav nukleární medicíny a Radiologická klinika 1. LF UK a VFN*



**VŠEOBECNÁ FAKULTNÍ  
NEMOCNICE V PRAZE**



**1. LÉKAŘSKÁ  
FAKULTA**  
Univerzita Karlova



# Úvod

---

## metabolism

- **FDG**

LU  
meta  
SPN

## aminokys.

- FET
- $^{11}\text{C}$ -MET

ne rutinně  
meta mozku

## proliferace

- FLT

ne rutinně  
monitorace  
RT

## hypoxie

- FMISO

RT boost

## vlastnosti

- SSR
- FAPI
- immunoPET
- integriny

charakteriz.  
tumorů  
predikce  
efektu terap.

# Úvod

---

- karcinomy a FDG
- mezoteliom
- NET a SSR
- radioterapie – FLT a FMISO
  
- literatura
- guidelines
- příklady

# Karcinomy a FDG

---

# Úvod

---

- FDG PET ukazuje distribuci metabolické aktivity
- charakterizace lézí = přidaná hodnota oproti morfologii
- $\uparrow$  FDG  $\neq$  tumor...x *zánět, fibróza, postterapeutické změny...*
- $\downarrow$  FDG  $\neq$  benigní léze...x *lepidic Ca, dobře dif. Tu, typ. karcin...*
- FDG u nádorů plic je zatíženo FP i FN
- ne každý tumor je FDG-avidní (histologie, diferenciace)
- přínos má převážit rizika (radiační zátěž, zbytečné procedury, stress pacienta...)

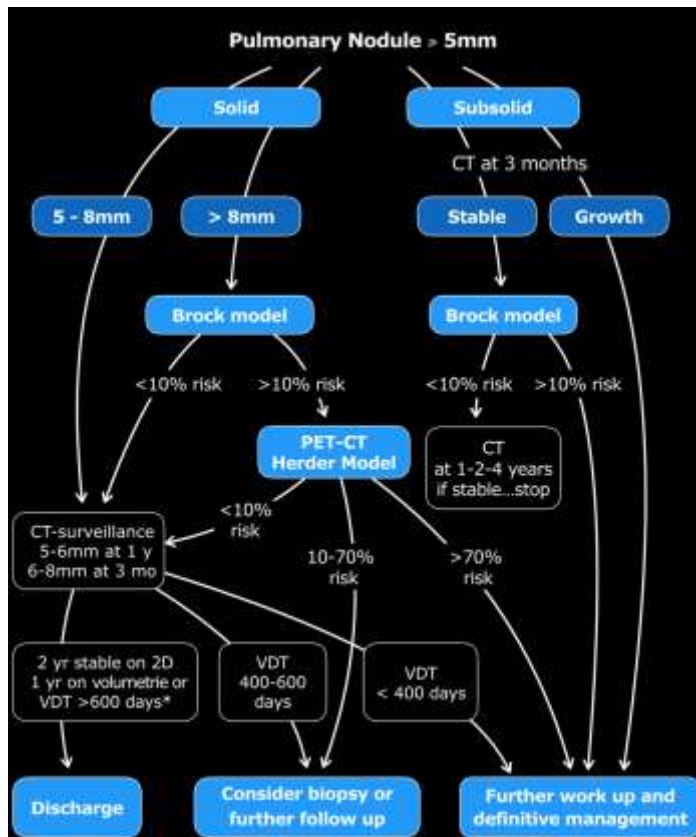
# Klinické situace

---

- charakterizace nejasných lézí (SPN)
- primární staging
- kontrola efektu terapie
- follow-up

# Solitární plicní uzel

1. no follow up < 5mm, typický benigní vzhled
2. léze nad 5mm, solidní / subsolidní
3. Brock model pro CT a Herder model pro PET/CT

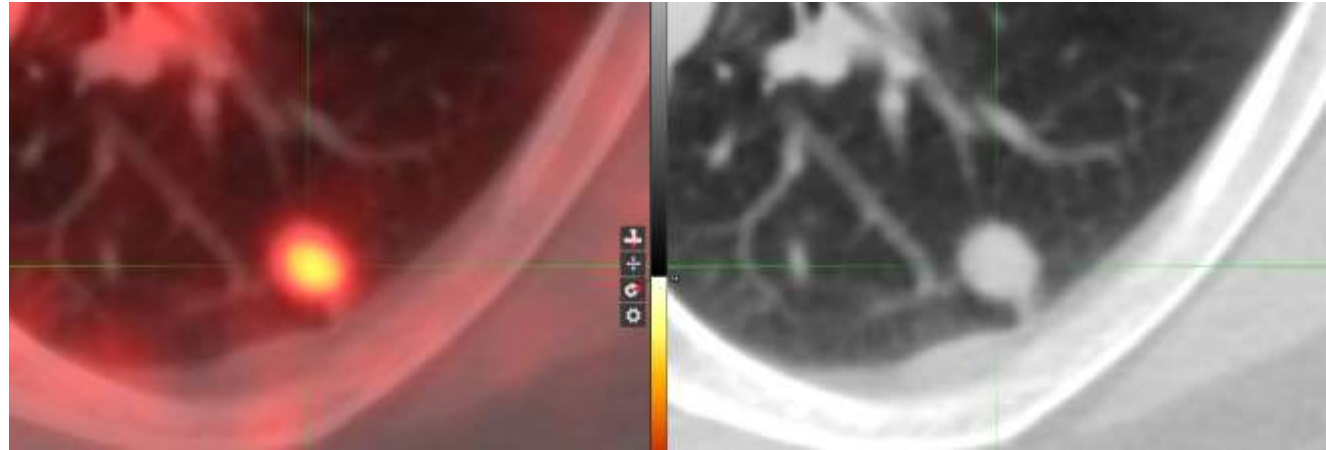


| Brock Calculator                                                                                                                  |                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nodule Characteristics</b>                                                                                                     | <b>Patient Characteristics</b>                                                                 |
| Nodule Size (1-30mm)<br>8                                                                                                         | Age (18-100)<br>45                                                                             |
| Nodule Count<br>1                                                                                                                 | Gender<br><input type="radio"/> Male <input checked="" type="radio"/> Female                   |
| Nodule Type<br><input type="radio"/> Pure Ground Glass <input type="radio"/> Part Solid<br><input checked="" type="radio"/> Solid | Family History of Lung Cancer<br><input type="radio"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No |
| Nodule in Upper Lobe<br><input type="radio"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No                                             | Emphysema<br><input type="radio"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No                     |
| Spiculation<br><input type="radio"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No                                                      |                                                                                                |
| Brock Model Probability<br><b>1.9%</b>                                                                                            |                                                                                                |
| <b>Calculate</b>                                                                                                                  |                                                                                                |

| Herder Calculator                                                                                                       |                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Patient Characteristics</b>                                                                                          | <b>Nodule Characteristics</b>                                                                                                                                              |
| Age (18-100)<br>65                                                                                                      | Nodule Size (1-30mm)<br>26                                                                                                                                                 |
| Current or Former Smoker<br><input type="radio"/> Smoker/former smoker<br><input checked="" type="radio"/> Never smoked | Nodule in Upper Lobe<br><input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No                                                                                      |
| Previous History of Extra-Thoracic C<br><input type="radio"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No                   | Spiculation<br><input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No                                                                                               |
|                                                                                                                         | PET-CT Avidity Findings<br><input checked="" type="radio"/> No FDG <input type="radio"/> Faint FDG<br><input type="radio"/> Moderate FDG <input type="radio"/> Intense FDG |
| Herder Model Probability<br><b>10.4%</b>                                                                                |                                                                                                                                                                            |
| <b>Calculate</b>                                                                                                        |                                                                                                                                                                            |

# Příklady

---



# Staging **úvod**

---

FDG mění stage až v 62 %

- Vede ke změně postupu až v 52 %
- Odkloní chirurgický výkon u 1 z 5 pac. s NSCLC
- Lepší měření tumoru v atelektáze
- Lepší rozlišení pleurální invaze
- Lepší rozlišení satelitních nodulů vs postobstrukčních změn
- Rozlišení maligní efuze
- N staging
- SPN >10 mm Se 96 %
- Nenahradí biopsii, může ji navigovat

# Staging 8.edice TNM klasifikace

---

- T1 – T1a, T1b, T1c 1-3cm
- T2 –T2a a T2b 3-5cm, endobronchialní léze více jako 2cm od kariny, tumory s atelektázou
- T3 5-7cm
- T4 více než 7cm, invaze do diafragmy
- M1b – single extrathorakální meta
- M1c - nová kategorie, vícečetné meta

# Staging 8.edice TNM klasifikace

## Overview of the revised 7th edition of the TNM classification of lung tumours

| Tumor size | Prior | New |
|------------|-------|-----|
| ≤2cm       | T1    | T1a |
| >2 but ≤3  | T1    | T1b |
| >3 but ≤5  | T2    | T2a |
| >5 but ≤7  | T2    | T2b |
| >7cm       | T2    | T3  |

| Pleural Invasion   |    |       |
|--------------------|----|-------|
| Visceral Pleura    | T2 | T2a/b |
| Parietal Pleura    | T3 | T3    |
| Mediastinal Pleura | T3 | T3    |
| Par. pericardium   | T3 | T3    |

| Central airway           | Prior | New   |
|--------------------------|-------|-------|
| >2cm from carina         | T2    | T2a/b |
| <2cm from carina         | T3    | T3    |
| Involving carina         | T4    | T4    |
| <b>Lung atelectasis</b>  |       |       |
| < entire lung            | T2    | T2a/b |
| Collapse entire lung     | T3    | T3    |
| <b>Satellite Nodules</b> |       |       |
| Same lobe                | T4    | T3    |
| Same lung diff lobe      | M1    | T4    |
| Contralateral Lung       | M1    | M1a   |

# Staging 8.edice TNM klasifikace

## Overview of the revised 7th edition of the TNM classification of lung tumours

| Soft tissue invasion                | Prior | New |
|-------------------------------------|-------|-----|
| Chest wall & Superior sulcus tumors | T3    | T3  |
| Diaphragm                           | T3    | T3  |
| Mediastinum                         | T4    | T4  |
| Heart or Great Vessels              | T4    | T4  |
| Trachea/Esophagus                   | T4    | T4  |

| Osseous Invasion    |    |    |
|---------------------|----|----|
| Rib                 | T3 | T3 |
| Vertebral Body      | T4 | T4 |
| Nerve Invasion      |    |    |
| Phrenic nerve       | T3 | T3 |
| Recurrent laryngeal | T4 | T4 |

| Lymph node                                          | Prior | New |
|-----------------------------------------------------|-------|-----|
| No lymphadenopathy                                  | N0    | N0  |
| Ipsilateral peripheral / hilar / interlobar zone    | N1    | N1  |
| Ipsilateral upper, AP, lower and/or subcarinal Zone | N2    | N2  |
| Supraclavicular zone or contralateral nodes         | N3    | N3  |

| Metastatic disease  |    |     |
|---------------------|----|-----|
| Contralateral Lung  | M1 | M1a |
| Pleural/Pericardial | M1 | M1a |
| Distant Metastases  | M1 | M1b |

# Primární staging **NSCLC**

| 6.6                            | Evidenzbasierte Empfehlung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | modifiziert 2022 |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Empfehlungsgrad<br><b>A</b>    | <p>Bei vermutetem oder nachgewiesenem nicht-kleinzelligen Lungenkarzinom und bestehender Therapieoption im klinischen Stadium IB-IIIB und im oligometastasierten Stadium IV soll zum Staging eine Ganzkörper-FDG-PET/CT erfolgen.</p> <p>Falls aus medizinischen Gründen (z. B. diabetischer Stoffwechsellage) eine FDG-PET-Untersuchung nicht durchgeführt werden kann, ist eine Untersuchung auf extrathorakale Metastasen entweder mittels Ganzkörper-MRT oder Knochenszintigrafie plus CT Abdomen oder Knochenszintigrafie plus Sonografie Abdomen indiziert.</p> |                  |
| Level of Evidence<br><b>2a</b> | [245]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                  |
|                                | Starker Konsens                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                  |
| 6.7                            | Konsensbasierte Empfehlung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | modifiziert 2022 |
| <b>EK</b>                      | <p>Bei vermutetem oder nachgewiesenem nicht-kleinzelligen Lungenkarzinom und bestehender Therapieoption im klinischen Stadium IA kann die Ganzkörper-FDG-PET/CT für das mediastinale und extrathorakale Staging eingesetzt werden.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                  |
|                                | Starker Konsens                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                  |

Prävention, Diagnostik,  
Therapie und Nachsorge  
des Lungenkarzinoms

Version 2.8 – November 2021  
AWMF-Arbeitsgemeinschaft Onkologie

Leitlinie (Langversion)

# Primární staging **NSCLC**

- nenahraditelné je CT hrudníku
- N staging:
  - < 10 mm + FDG neg. = <5 % meta
  - > 15 mm + FDG neg. = > 21 % meta = FN nález
  - malé LU + FDG neg. = benigní
  - větší LU + FDG neg. = ověřit

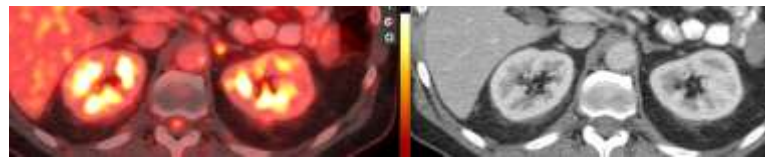
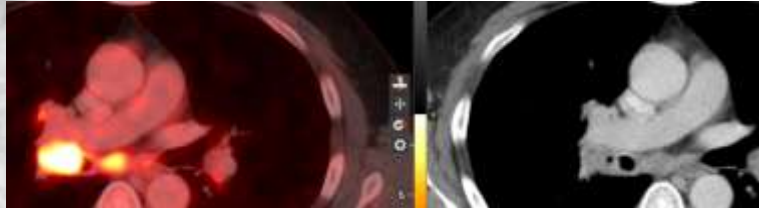
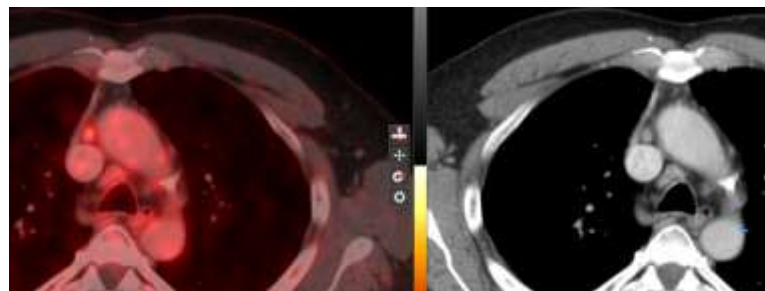
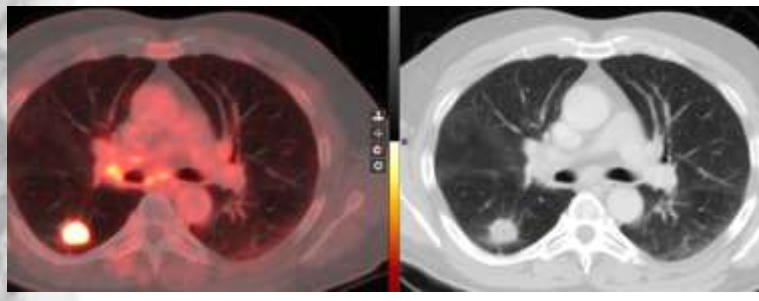
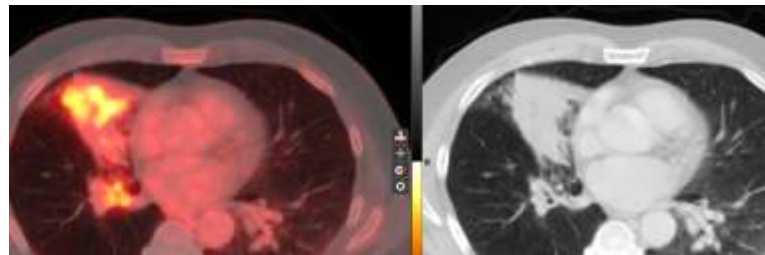
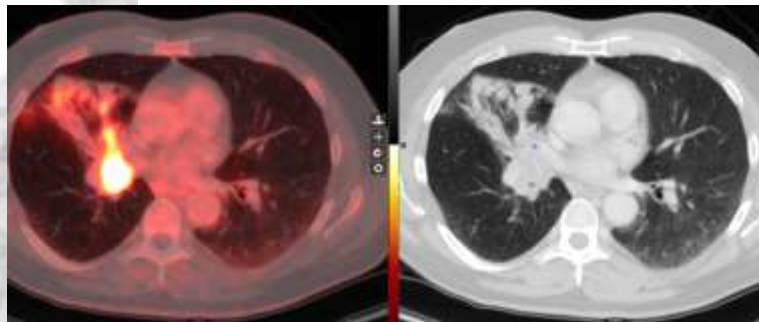
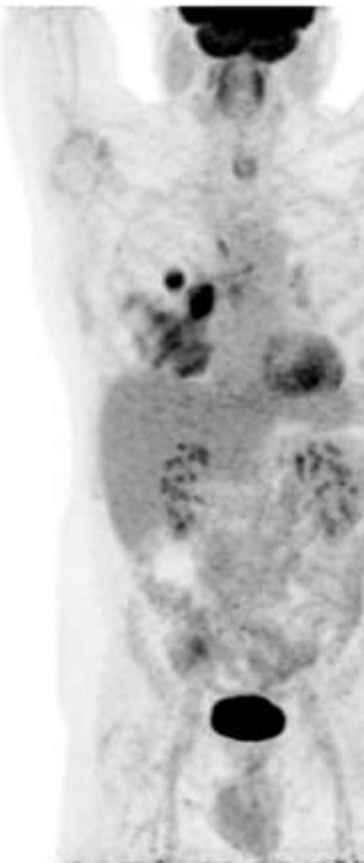
| 6.17      | Konsensbasierte Empfehlung                                                                                                                                                                                                                                                                               | modifiziert 2022 |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| <b>EK</b> | Sofern eine kurative Behandlungsintention besteht, soll bei mediastinalen Lymphknotenvergrößerung in der CT (kurze Achse >10 mm) oder malignitätssuspekter Traceranreicherung in mediastinalen Lymphknoten in der <b>PET</b> eine pathologische Evaluation des mediastinalen Lymphknotenstatus erfolgen. |                  |
|           | Starker Konsens                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                  |

# Primární staging **NSCLC**

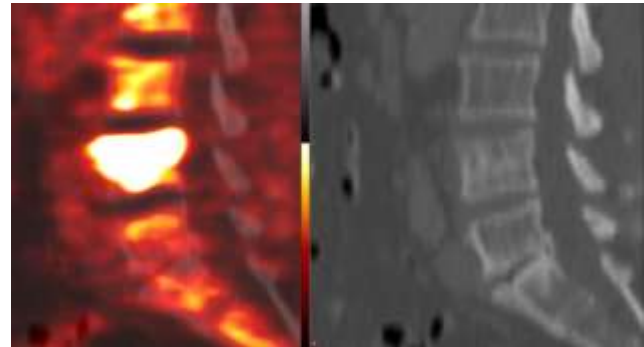
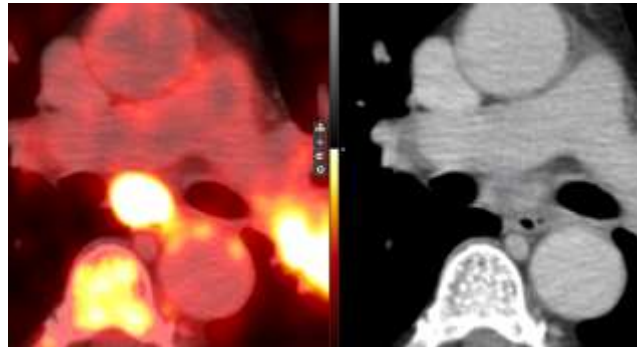
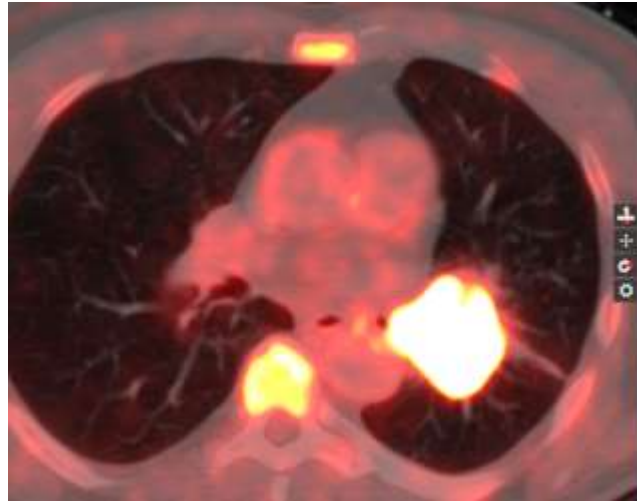
---

- M staging (*vzdálené meta*):
  - 20–50 % pac. M1 při dg.
  - Se FDG 77 %, Sp 95 % extratorakálně
  - pro pleurální meta Se 100 %, Sp 76 %
  - měkkotkáňové meta až ve 13 %
  - skelet: PPV 98 %
  - nadledviny: Se 88 %, Sp 91 %

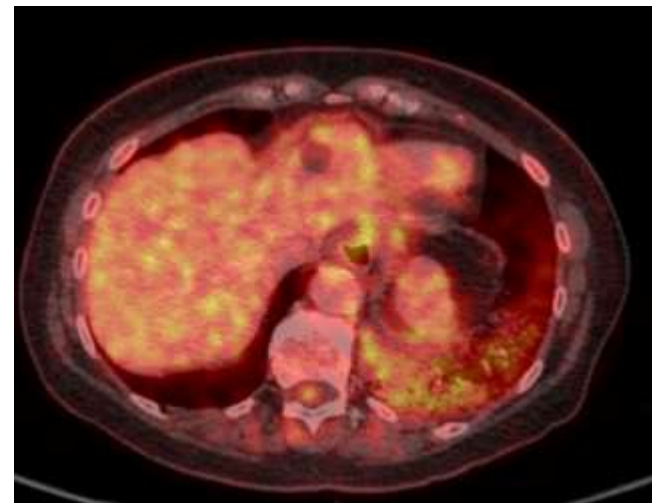
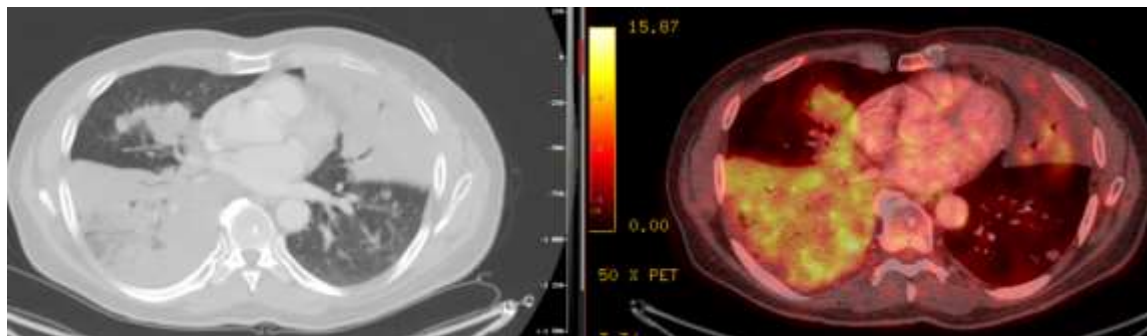
# Příklady



# Příklady



# Příklady



# Primární staging **SCLC**

| 6.8                            | Evidenzbasierte Empfehlung                                                                                                                                                                                                                                          | modifiziert 2022 |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Empfehlungsgrad<br><b>B</b>    | Bei nachgewiesenem kleinzelligem Lungenkarzinom sollte eine FDG- <b>PET</b> /CT zur Bestimmung des Tumorstadiums einschließlich der Detektion von Fernmetastasen eingesetzt werden, falls nicht bereits zuvor ein M1-Stadium („extensive disease“) gesichert wurde. |                  |
| Level of Evidence<br><b>2a</b> | <a href="#">[248]</a> , <a href="#">[249]</a>                                                                                                                                                                                                                       |                  |
|                                | Starker Konsens                                                                                                                                                                                                                                                     |                  |

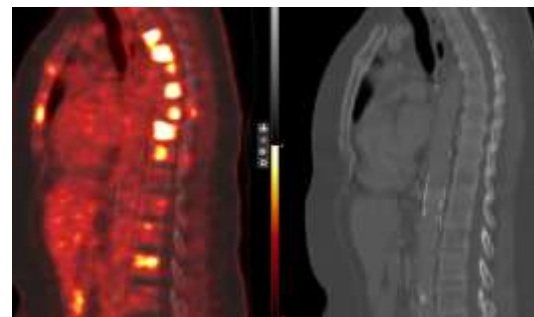
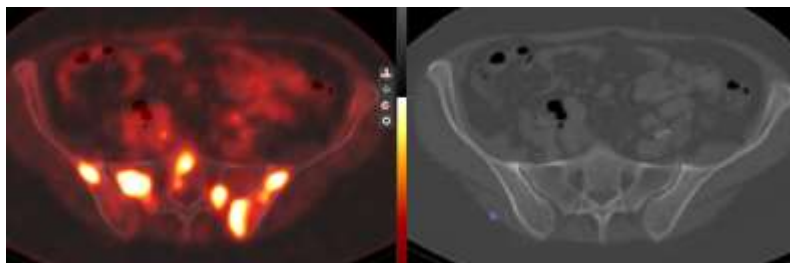
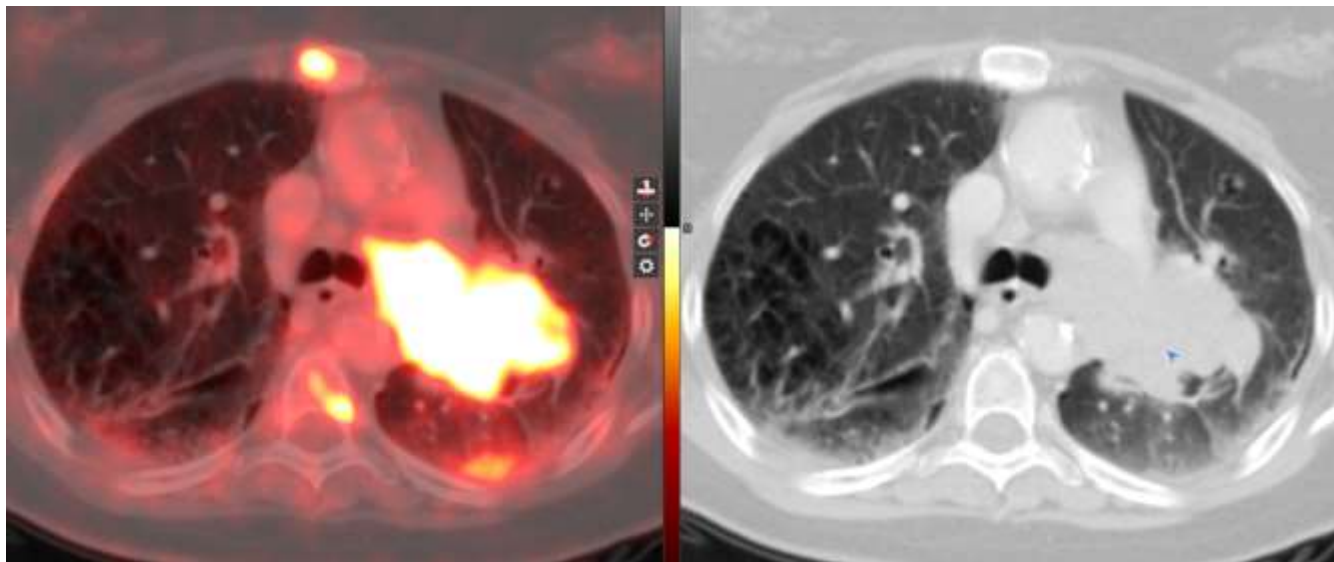
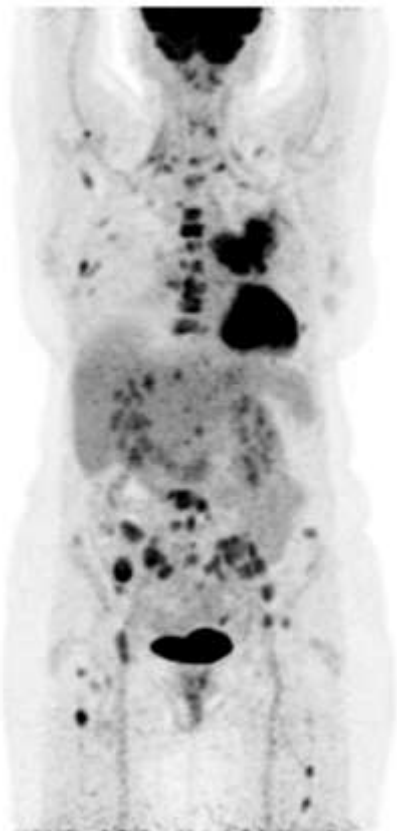
| 6.9       | Konsensbasierte Empfehlung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | neu 2022 |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>EK</b> | Bei nachgewiesenem kleinzelligem Lungenkarzinom im M-1 Stadium („extensive disease“) kann eine FDG- <b>PET</b> /CT zur Bestimmung der Tumorausbreitung einschließlich der Detektion von weiteren Fernmetastasen eingesetzt werden, auch wenn bereits zuvor einzelne Fernmetastasen gesichert wurden.<br><br>*CAVE: Die <b>PET</b> -Untersuchung ist in dieser Indikation nicht Gegenstand des Leistungskatalogs der gesetzlichen Krankenversicherung (Kostenübernahme nicht gesichert) |          |
|           | Konsens                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |

Prävention, Diagnostik,  
Therapie und Nachsorge  
des Lungenkarzinoms

Version 2.8 – November 2021  
AWMF Registernummer: 030-0010g

Leitlinie (Langversion)

# Příklady



# Efekt terapie, sledování

## SPECIAL CONTRIBUTION

### Appropriate Use Criteria for FDG PET/CT in Restaging and Treatment Response Assessment of Malignant Disease

Hossein Jadvar<sup>1</sup>, Patrick M. Colletti<sup>4</sup>, Roberto Delgado-Bolton<sup>2</sup>, Giuseppe Esposito<sup>1</sup>, Bernd J. Krause<sup>2</sup>, Andrei H. Iagaru<sup>1</sup>, Helen Nadel<sup>1,5,6</sup>, David I. Quinn<sup>3</sup>, Eric Rohren<sup>1</sup>, Rathan M. Subramaniam<sup>4</sup>, Katherine Zukotynski<sup>1</sup>, Julie Kauffman<sup>1</sup>, Sukhjeet Ahuja<sup>1</sup>, and Landis Griffith<sup>1</sup>

J Nucl Med 2017; 00:1–21  
DOI: 10.2967/jnumed.117.197989

PET/CT has been extensively studied in lung cancer and there is evidence showing its utility for characterizing solitary pulmonary nodules (95), staging (96), guiding therapy (97), monitoring treatment response (98), and predicting outcome (99). Its economic utility has also been demonstrated in a cost-effectiveness analysis for some of these indications (93,100).

**TABLE 4**  
Clinical Scenarios for Lung Cancer

| Scenario no. | Description                                 | Appropriateness | Score |
|--------------|---------------------------------------------|-----------------|-------|
| 1            | Restaging for detection of local recurrence | Appropriate     | 7     |
| 2            | Restaging for detection of metastases       | Appropriate     | 7     |
| 3            | Treatment response evaluation               | Appropriate     | 7     |

# Mezoteliom

---

# Mezoteliom

---

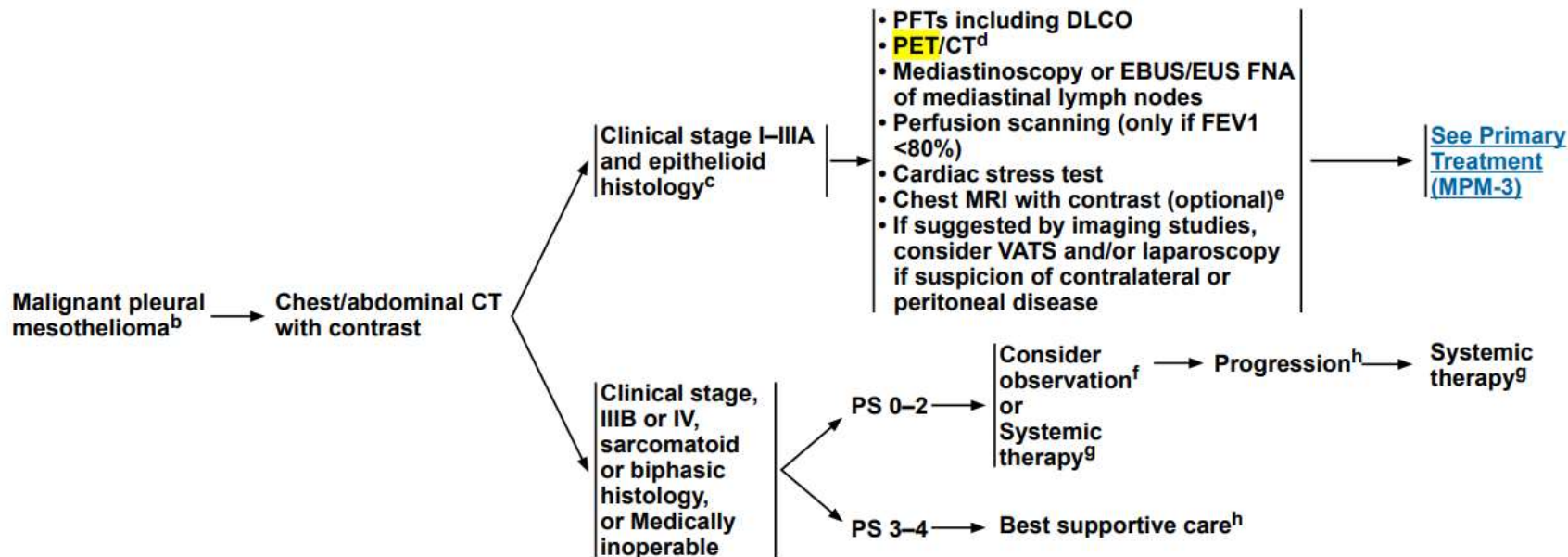
- zobrazovací modalita 2. linie
- staging (N, M), restaging
- citlivější než konvenční zobrazování
- diagnostická přesnost pro odlišení neoplázie pleury: > 90 %
- dopad na změnu postupu 20–40 %
- odklon nevhodného chirurgického výkonu cca. 30 %
- CAVE: pleurodéza

# Mezoteliom



National  
Comprehensive  
Cancer  
Network®

## NCCN Guidelines Version 2.2022 Malignant Pleural Mesothelioma

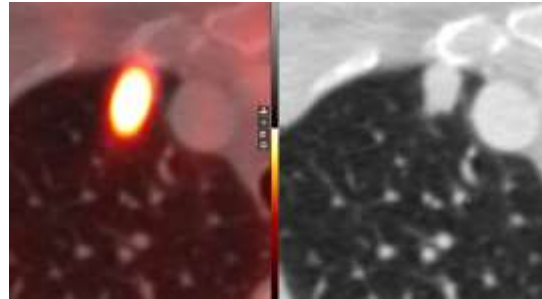
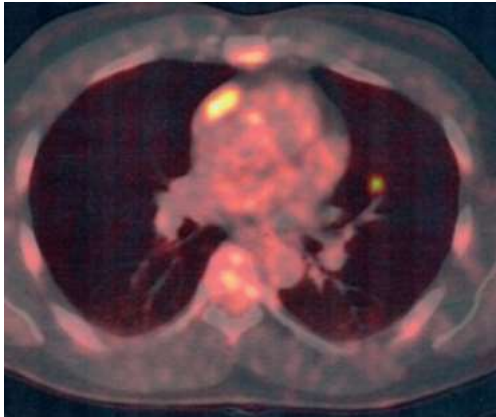
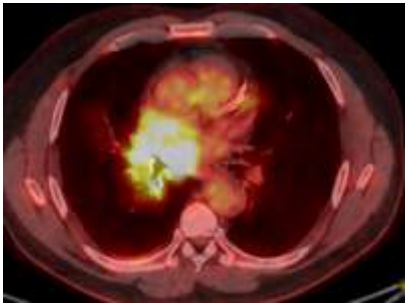
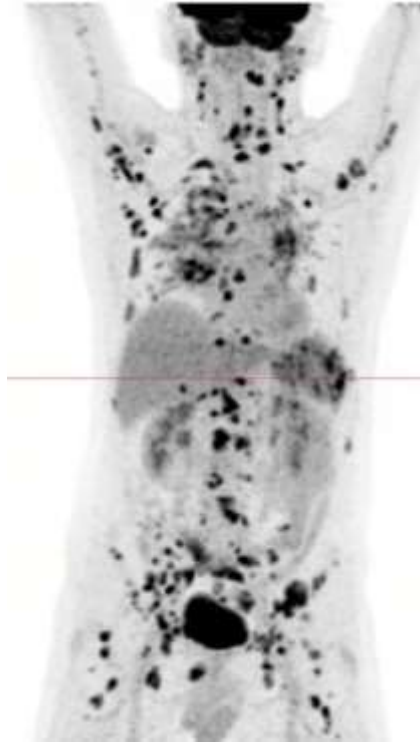
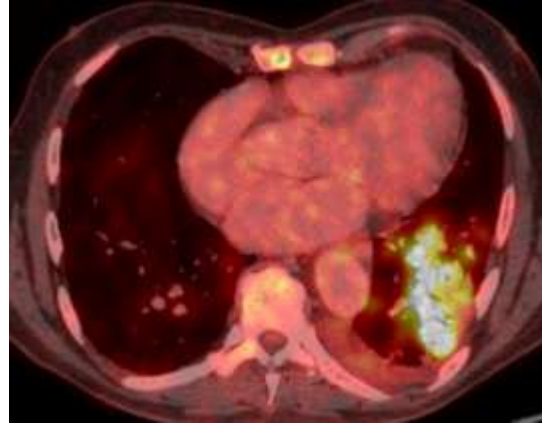
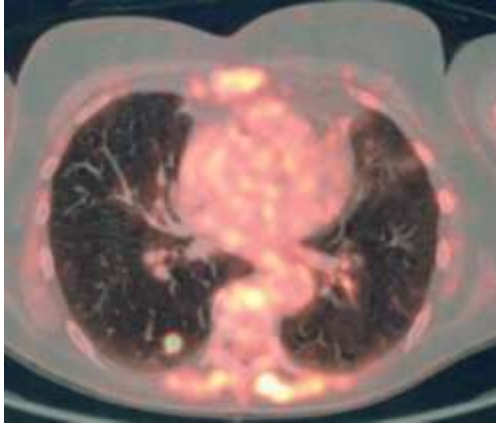


# Příklady

---

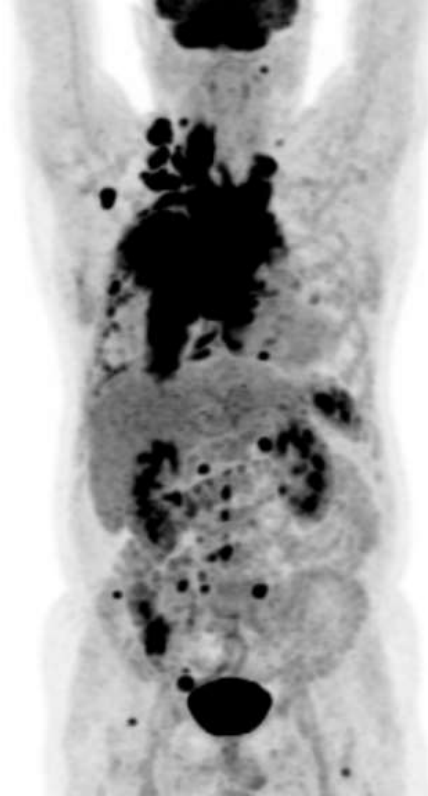


# Pitfalls FDG



# Bizarnosti

---

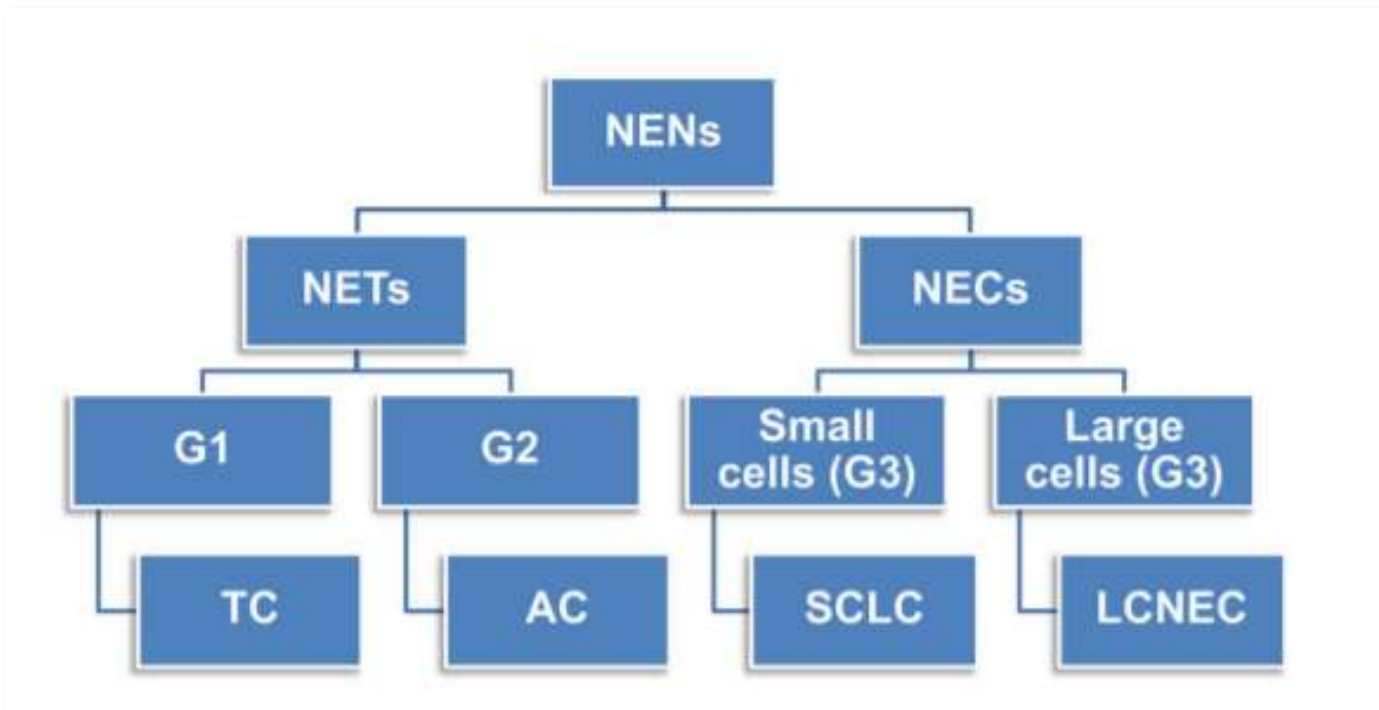


# Plicní NET

---

# Klasifikace

---





## AISLP | Registrované léčivé přípravky a parafarmaceutika

### VYHLEDÁVÁNÍ:

Výběr databáze:

Registrované léčivé přípravky



Kritérium výběru:

Registrovaný název



somakit



Hlavní informace



Článek



Zkrácený článek



Anglické info

1. název přípravku

2. kvalitativní a kvantitativní složení

3. léčivá forma

4. klinické údaje

5. farmakologické vlastnosti

#### 4. KLINICKE ÚDAJE

##### 4.1. Terapeutické indikace

Tento přípravek je určen pouze k diagnostickým účelům.

Roztok edotreotidu značeného galliem-<sup>68</sup>Ga, získaný značením pomocí roztoku chloridu gallitého- (<sup>68</sup>Ga), je indikován k zobrazení nadměrné exprese somatostatinových receptorů pomocí pozitronové emisní tomografie (PET) u dospělých pacientů s potvrzenými nebo suspektními dobře diferencovanými gastro-entero-pankreatickými neuroendokrinními tumory (GEP-NET) k lokalizaci primárních nádorů a jejich metastáz.

##### 4.2. Důležité informace o přípravku

<sup>68</sup>Ga Edotreotid

i. v.



Individuálně připravované radiofarmakum určené pro diagnostiku pouze na pracovištích nukleární medicíny pomocí PET, resp. PET/CT, PET/MRI skenerů k zobrazení nadměrné exprese somatostatinových receptorů u dospělých pacientů s potvrzenými nebo suspektními dobře diferencovanými GEP-NET pro lokalizaci primárních nádorů a jejich metastáz.

# Plicní NET

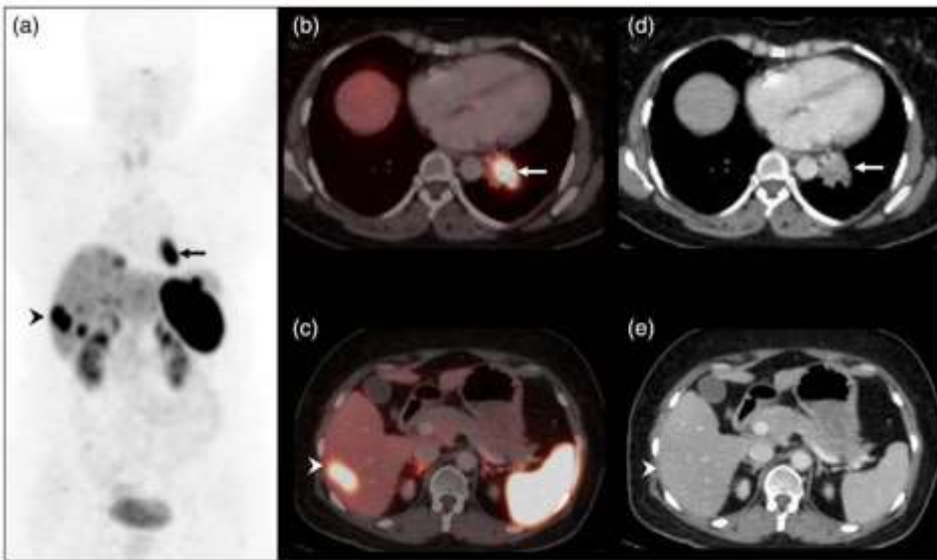
Original article

**Nuclear  
Medicine**  
*Communications*

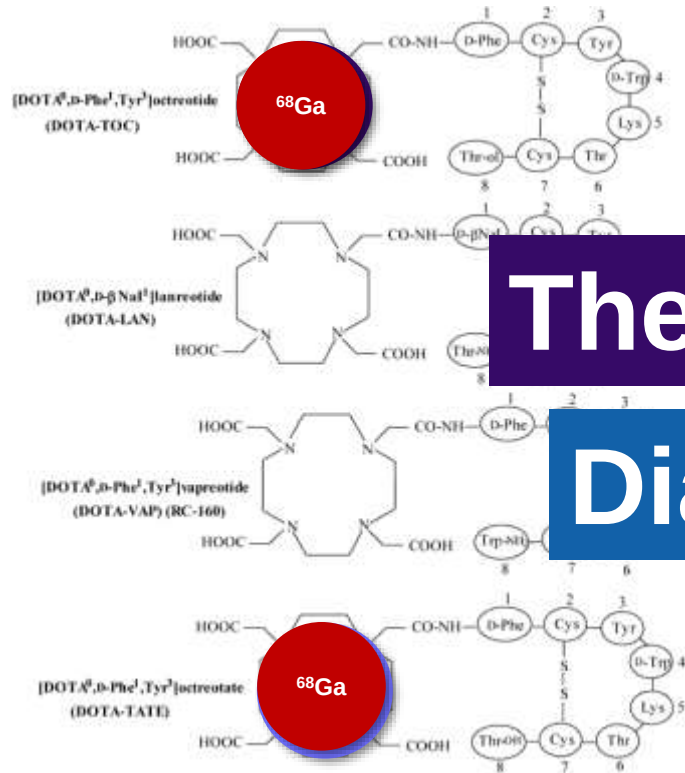
## Does $^{68}\text{Ga}$ -DOTA-NOC-PET/CT impact staging and therapeutic decision making in pulmonary carcinoid tumors?

Nilendu C. Purandare<sup>a</sup>, Ameya Puranik<sup>a</sup>, Archi Agrawal<sup>a</sup>,  
Sneha Shah<sup>a</sup>, Rajiv Kumar<sup>b</sup>, Sabita Jiwnani<sup>c</sup>, George Karimundackal<sup>c</sup>,  
C.S. Pramesh<sup>c</sup> and Venkatesh Rangarajan<sup>a</sup>

- 119 pac.
- SSR PET 92 % prim., 11 % meta
- přesnější než CT
- 12 % změna terapie

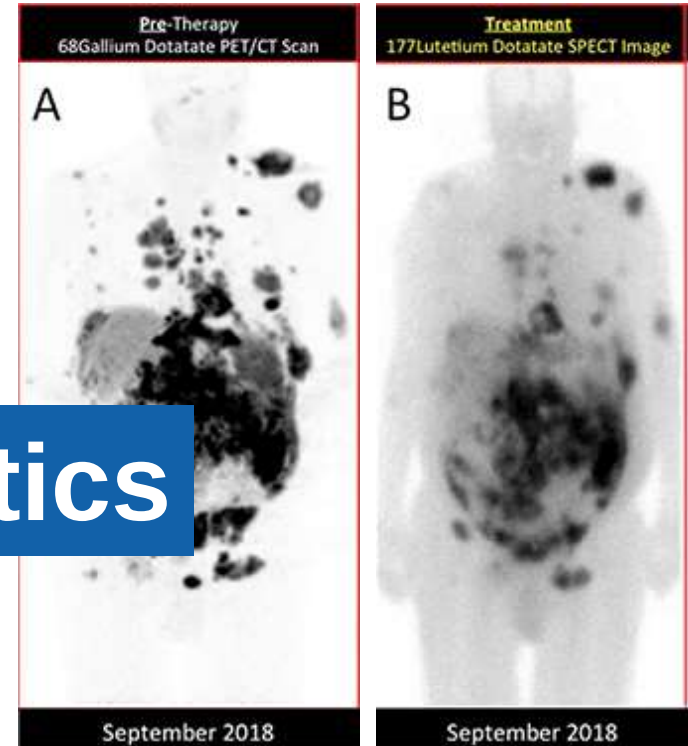


# Teranostika



Therapy

Diagnostics



Research Paper

## Australian experience of peptide receptor radionuclide therapy in lung neuroendocrine tumours

Lisi Elizabeth Lim<sup>1</sup>, David L. Chan<sup>2,3</sup>, David Thomas<sup>4</sup>, Yang Du<sup>5</sup>, Gary Tincknell<sup>4</sup>, Anna Kuchel<sup>6,7</sup>, Alexander Davis<sup>2</sup>, Dale L. Bailey<sup>2,8</sup>, Nick Pavlakis<sup>2,8,9</sup>, Gabrielle Cehic<sup>5,10</sup>, William Macdonald<sup>11</sup>, David Wyld<sup>6,7</sup> and Eva Segelov<sup>1,12</sup>

- 48 pac. s plicním NETs po min. 1 linii terapie
- med 4 cykly <sup>177</sup>Lu-DOTA-TATE
- response rate 33 %, med OS 49 months
- mírná toxicita

# Radioterapie

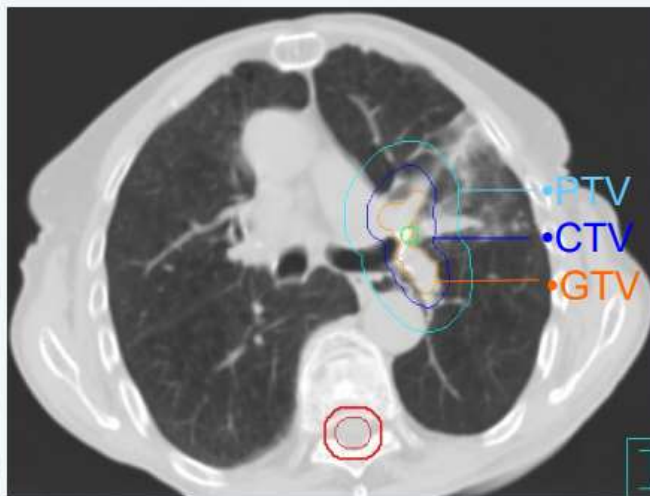
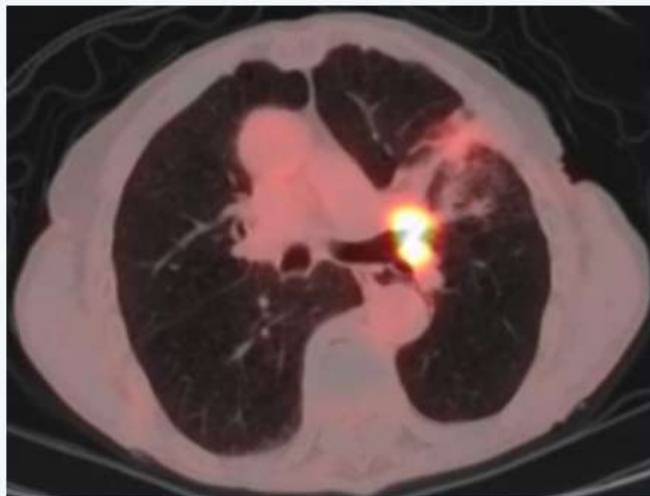
---

# Klinické situace

---

- plánování terapie...*FDG*
- průkaz hypoxie...*FMISO*
- monitoring efektu...*FLT*

# Radioterapie *plánování cílových objemů*



PET CT & XRT Planning

# Radioterapie *FMISO* – *radiotherapy boost*?

European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging (2019) 46:1448–1456  
<https://doi.org/10.1007/s00259-019-04285-9>

ORIGINAL ARTICLE

Radiotherapy boost in patients with hypoxic lesions identified by  $^{18}\text{F}$ -FMISO PET/CT in non-small-cell lung carcinoma: can we expect a better survival outcome without toxicity? [RTEP5 long-term follow-up]

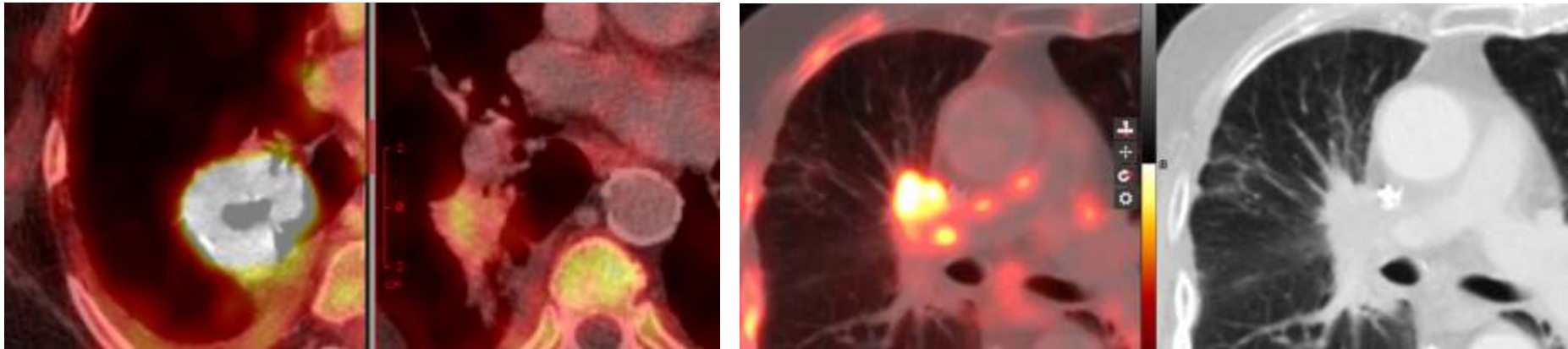
Pierre Vera<sup>1</sup> · Sorina-Dana Mihailescu<sup>2</sup> · Justine Lequesne<sup>2</sup> · Romain Modzelewski<sup>1</sup> · Pierre Bohn<sup>1</sup> · Sébastien Hapdey<sup>1</sup> · Louis-Ferdinand Pépin<sup>2</sup> · Bernard Dubray<sup>3</sup> · Philippe Chaumet-Riffaud<sup>4</sup> · Pierre Decazes<sup>1</sup> · Sébastien Thureau<sup>1,3</sup> · all investigators of RTEP5 study (list in annexe)



- 54 pac., 34 pac. „hypoxických“, 24 boost, 10 standard
- pac. s boostem měli lepší OS, nesignifikantní
- 26,5 vs 15,3 měs. ( $p = 0,71$ )

# FLT

- v případě terénu postterapeutických změn, kdy selhává FDG
- zejména postRT
- spíše okrajový význam, málo literatury



# Závěr

- ✓ **dif. Dg. SPN**
- ✓ **NSCLC – LU staging, ev. M staging**
- ✓ **SCLC – detekce M1**
- ✓ **restaging, efekt terapie**

- ✓ **plicní NET**
  - **charakterizace primárního ložiska**
  - **zpřesnění stagingu**
  - **předpoklady PRRT**

- ✓ **mezoteliom**
  - **modalita 2. linie, staging/restaging**

- ✓ **radioterapie**
  - **plánování objemů**
  - **hypoxie?**

# Děkuji za pozornost

---

