

ABX advanced biochemical compounds



Schulungsmaterial zur Auswertung von PET Aufnahmen mit Radelumin® ($[^{18}\text{F}]$ PSMA-1007)

Bitte beachten Sie ebenfalls die Fachinformation zu Radelumin®.

Radelumin® ($[^{18}\text{F}]$ PSMA-1007)

- ▼ Dieses Arzneimittel unterliegt einer zusätzlichen Überwachung. Dies ermöglicht eine schnelle Identifizierung neuer Erkenntnisse über die Sicherheit. Angehörige von Gesundheitsberufen sind aufgefordert, jeden Verdachtsfall einer Nebenwirkung zu melden. Hinweise zur Meldung von Nebenwirkungen finden Sie auf der letzten Seite.



Inhalt

- Hinweise
- Einführung in [¹⁸F]PSMA-1007 PET (Radelumin®): Klinische Indikation
- Biochemische Grundlagen
 - Chemische Struktur
 - PSMA
 - Mechanismus der Bildgebung
- Patientenmanagement und Scanprotokolle
 - Vorbereitung des Patienten
 - Empfehlungen für die Injektion
 - Scanprotokoll
- Befundungs- und Interpretationsrichtlinien
 - Besondere Warnhinweise und Vorsichtsmaßnahmen für die Verwendung
 - Leitlinien und praktische Tipps
 - PSMA-Bewertungsskala für die visuelle Beurteilung
 - [¹⁸F]PSMA-1007 PET im Zusammenhang mit anderen Bildgebungsmodalitäten

Inhalt

■ Physiologische Verteilung von [¹⁸F]PSMA-1007

- Physiologische Verteilung von [¹⁸F]PSMA-1007 bei einem Patienten nach einer Strahlentherapie

■ Primäres Staging von Patienten mit Hochrisiko-Prostatakrebs

- Unifokaler Tumor
- Multifokaler Tumor
- Multifokaler Tumor mit Lymphknotenmetastasen im Becken
- Multifokaler Tumor mit Fernmetastasen

■ Restaging bei Patienten mit Verdacht auf Rezidiv

- Lokales Wiederauftreten
- Lokale Lymphknotenmetastasen (Iliaca)
- Entfernte Lymphknotenmetastasen (retroperitoneal)
- Entfernte Lymphknotenmetastasen (mediastinal)
- Entfernte Lymphknotenmetastasen (supraklavikulär - Virchow'scher Lymphknoten)
- Lungenmetastasen (2 Fälle)
- Einzelne Knochenmetastase
- Oligometastatische Knochenmetastasen
- Disseminierte Knochenmetastasen
- Diffuse Knochenmarkinfiltration (DMI)
- Lebermetastasen

Inhalt

- Seltene Manifestationen von Metastasen
 - Penis-Metastasen
 - Netzhaut-, Nebennieren- und Meningealmetastasen
 - Retroareoläre, kutane-, subkutane und Muskelmetastasen
- Unspezifische Knochenaufnahme
- Spezifische Knochenaufnahme
 - Osteoidosteom
 - Therapiebedingte Falsch-Positive
 - Paget-Krankheit
- Andere maligne Erkrankungen mit PSMA-Aufnahme
 - Hepatozelluläres Karzinom (HCC)
 - Adenoid-zystisches Karzinom (ACC)

Inhalt

- Fallstricke
 - Sympathische Ganglien
 - Sarkoidose
 - Akzessorische Speicheldrüsen
 - Restaktivität in der Blase und im linken Ureter

- Test zur Eigenbewertung
- Verzeichnis der supplementären Videos
- Abkürzungsverzeichnis
- Quellenverzeichnis
- Meldung von Nebenwirkungen

Hinweise

- Die [¹⁸F]PSMA-1007 Schulung zur Bildinterpretation wurde als zusätzliches Hilfsmittel entwickelt, um Sie mit den Techniken für eine sichere und effektive Anwendung von [¹⁸F]PSMA-1007 vertraut zu machen.
- Diese Schulung bietet wichtige Informationen über die Risiken, die mit einer Fehlinterpretation der PSMA-PET-Bildgebung verbunden sind.
- Expertenempfehlungen in Übereinstimmung mit den EAU-EANM-ASTRO-ESUR-ISUP-SIOG-Leitlinien zum Prostatakrebs
- Lokale Gesetze, nationale Vorschriften und Richtlinien werden durch die dargestellten Informationen nicht berührt; diese sollten berücksichtigt werden.
- Die genaue und rechtzeitige Erfassung und Interpretation von Bildern mit PSMA-PET/CT-Scans liegt in der Verantwortung des Nuklearmediziners oder Radiologen, der die PET/CT-Bildgebungseinrichtung leitet.
- Die PSMA-Bildinterpretationsschulung soll das Wissen des Arztes über Techniken zur sicheren und effektiven Anwendung von PSMA ergänzen und ist kein Ersatz für sein unabhängiges medizinisches Urteil bei der Behandlung einzelner Patienten. Darüber hinaus garantiert die Teilnahme an der PSMA-Bildinterpretationsschulung keine bestimmten klinischen Ergebnisse.

- Die [¹⁸F]PSMA-1007 Bildinterpretationsschulung für Mediziner wurde mit Unterstützung von Dr. Himmen und Dr. Telli erstellt und von Dr. Herrmann vom Universitätsklinikum Essen geprüft.

Hinweise

- Um bestimmte Befunde auf den ersten Blick hervorzuheben, wurde die Fensterung der Bilder (wo zutreffend) in einem Bereich angepasst, der sich vom klinischen Arbeitsablauf unterscheidet.
- Die Ganzkörperbilder der Patienten sind 2D-Screenshots von MIPs.
Die Sichtachse ist angegeben und wird mit den folgenden Abkürzungen bezeichnet:
 - A: von anterior (vorne)
 - L: von links
 - R: von rechts
 - P: von posterior (hinten)
- Die Interpretation aller vorgelegten Fälle wurde von drei Lesern einheitlich vorgenommen.
Ein Facharzt für Nuklearmedizin beurteilte die Fälle zunächst, und die Interpretation wurde von zwei weiteren Fachärzten (einem Nuklearmediziner und einem Radiologen) validiert.

Einführung in [¹⁸F]PSMA-1007 (Radelumin®): Klinische Indikation

- Dieses Arzneimittel ist ein Diagnostikum.
- Radelumin ist angezeigt zur Detektion von Prostata-spezifischem-Membranantigen-(PSMA-)positiven Läsionen durch Positronen-Emissions-Tomographie (PET) bei Erwachsenen mit Prostatakrebs (PCa) in den folgenden klinischen Situationen:
 - Primäres Staging von Patienten mit Hochrisiko-PCa vor einer primären kurativen Therapie,
 - Verdacht auf ein PCa-Rezidiv bei Patienten mit steigendem Werten des prostataspezifischen Antigens (PSA) im Serum nach einer primären kurativen Therapie.

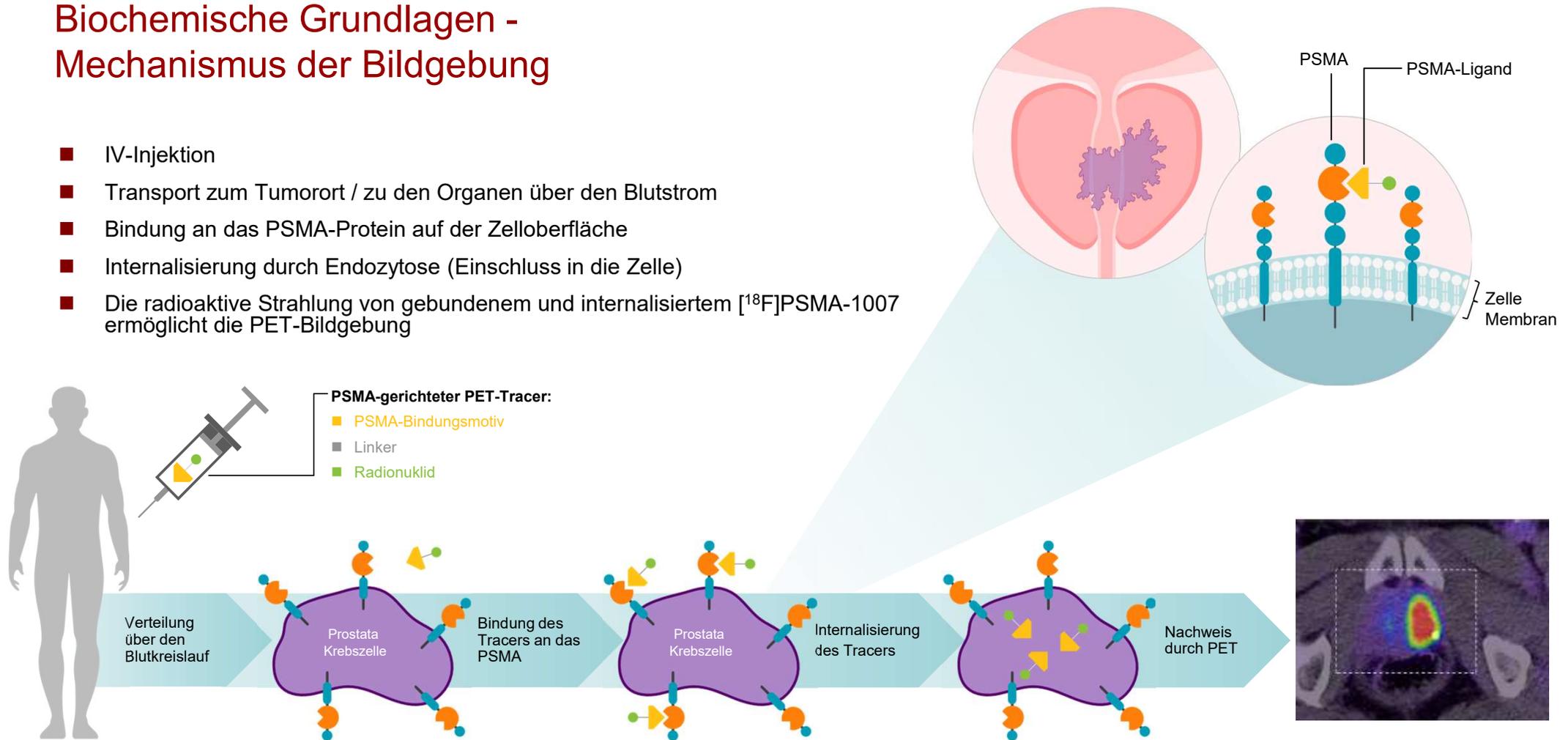
Biochemische Grundlagen - PSMA

- PSMA: prostataspezifisches Membranantigen, auch bekannt als Glutamatcarboxypeptidase II (GCPII)
 - Hydrolyse von N-Acetylaspartylglutamat (NAAG) zu Glutamat und N-Acetylaspartat (NAA)
 - Zelloberflächenprotein, physiologische Expression:
 - Prostataepithel
 - proximale Nierentubuli
 - Bürstensaum des Dünndarms
 - Ganglien des Nervensystems
 - Speicheldrüsen und Tränendrüsen
 - Leber und Milz
- } Physiologisch
(der Grad der Ausprägung kann variieren)
- Die PSMA-Expression in Prostatakrebsgewebe ist bis zu 100- bis 1000-mal höher als in physiologischem Prostatagewebe
 - Die Funktion von PSMA ist noch weitgehend unbekannt, obwohl es einige Hinweise darauf gibt, dass es an der neuroendokrinen Regulierung des Wachstums und der Differenzierung der Prostata beteiligt sein könnte.
 - Expression korreliert mit der Aggressivität von Krebs

Demirci E, et al. Nucl Med Commun. 2016;37(11):1169-1179; Ristau BT, et al. Urol Oncol. 2014;32(3):272-279.

Biochemische Grundlagen - Mechanismus der Bildgebung

- IV-Injektion
- Transport zum Tumorort / zu den Organen über den Blutstrom
- Bindung an das PSMA-Protein auf der Zelloberfläche
- Internalisierung durch Endozytose (Einschluss in die Zelle)
- Die radioaktive Strahlung von gebundenem und internalisiertem [^{18}F]PSMA-1007 ermöglicht die PET-Bildgebung



Patientenmanagement und Scanprotokoll - Vorbereitung des Patienten

- Die folgenden Dokumente sollten für eine korrekte Interpretation des Scans vorgelegt werden:
 - Frühere Patientenberichte, einschließlich aktueller Laborergebnisse
 - PSA-Kinetik, Gleason-Score
 - Nieren- und Schilddrüsenbefunde (falls ein jodhaltiges kontrastverstärktes CT geplant ist)
 - Kürzlich erfolgte Einnahme von Prostatakrebs-spezifischen Medikamenten und Behandlungen
- Zusätzliche Informationen, die den Patienten zur Verfügung gestellt werden sollten:
 - Informationen über die Dauer des Verfahrens (2-4 Stunden, je nach standortspezifischem Protokoll)
 - Nüchternheit ist nicht erforderlich; die meisten Medikamente können vor dem Scan eingenommen werden
- Eine vorherige Terminbestätigung wird empfohlen, um Ausfallzeiten zu vermeiden.

Patientenmanagement und Scanprotokoll - Vorbereitung des Patienten

■ Vorbereitung des Patienten:

- Vor der Verabreichung von [^{18}F]PSMA-1007 sollten die Patienten ausreichend hydriert sein und darauf hingewiesen werden, dass sie ihre Blase unmittelbar vor und in den ersten Stunden nach der Bildaufnahme häufig entleeren sollten, um die Strahlenbelastung zu minimieren.

■ Injektion:

■ Empfohlene Dosierung:

- 3,6-4,4 MBq pro kg Körpermasse
- Für einen 70 kg schweren Patienten: 252-308 MBq

- Bei der Handhabung der [^{18}F]PSMA-1007-Injektion sind geeignete Sicherheitsmaßnahmen gemäß den örtlichen Gesetzen und Vorschriften zu treffen, um die Strahlenbelastung zu minimieren.

Patientenmanagement und Scanprotokoll - Empfehlung zur Injektion

- Die maximale Injektionsaktivität sollte 450 MBq nicht überschreiten. Das maximale Volumen der Injektionslösung sollte 10 ml nicht überschreiten.
- Die Aktivität von [¹⁸F]PSMA-1007 muss unmittelbar vor der Injektion mit einem Aktivitätsmessgerät bestimmt werden
- Bei Patienten mit eingeschränkter Nieren-/Leberfunktion ist keine Dosisanpassung erforderlich.
- Entnahmen sollten unter aseptischen Bedingungen durchgeführt werden. Angemessene Abschirmung ist obligatorisch
- Das Fläschchen darf nicht geöffnet werden, bevor der Stopfen desinfiziert ist. Die Lösung sollte über den Stopfen mit einer Einwegspritze mit geeigneter Schutzabschirmung und steriler Einwegnadel oder mit einem dafür freigegebenen automatischen Anwendungssystem entnommen werden.
- Wenn die Unversehrtheit der Durchstechflasche beeinträchtigt ist, darf das Arzneimittel nicht verwendet werden.
- Die Lösung ist vor Gebrauch visuell zu überprüfen. Es dürfen nur klare Injektionslösungen, die frei von sichtbaren Partikeln sind, verwendet werden.
- [¹⁸F]PSMA-1007 kann unmittelbar vor der Anwendung mit steriler Natriumchlorid-Lösung von 9 mg/ml (0,9%) verdünnt werden.

Patientenmanagement und Scanprotokoll - Scanprotokoll

- Es wird empfohlen, die Bilderfassung von der Mitte des Oberschenkels bis zur Schädeldecke durchzuführen. Die PET-Aufnahme soll 90 bis 120 Minuten nach Beendigung der Injektion beginnen.
- Es sind mehrere Varianten und Kombinationen von Scanprotokollen möglich, die immer an das verwendete Gerät, den Patienten und die Tumoreigenschaften angepasst werden sollten, um die bestmögliche Bildqualität zu erzielen.

Patientenmanagement und Scanprotokoll - Scanprotokoll

- Die Autoren geben die folgenden praktischen Empfehlungen:

- CT-Untersuchung

- Niedrige Dosis ohne Kontrastmittel
- Volle Dosis ohne Kontrastmittel
- Volldosis kontrastverstärkt (in Übereinstimmung mit der ESUR-Leitlinie)
- Die Arme sollten über dem Kopf gehalten werden, um Artefakte zu vermeiden.
- Je nach klinischen Anforderungen, von der Schädelbasis bis zur Mitte des Oberschenkels (Scanrichtung gemäß lokalem Protokoll)

- PET-Scan

- Je nach klinischen Erfordernissen von der Mitte des Oberschenkels bis zur Schädeldecke durchzuführen (Abdeckung identisch mit CT-Scan) - Scanrichtung vom Becken zum Kopf (Scanrichtung gemäß lokalem Protokoll)
- 2-4 Minuten pro Bettposition oder gleichwertige kontinuierliche Bewegung
- Rekonstruktion mit und ohne Schwächungskorrektur
- Bestätigen Sie die Qualität sofort nach dem Scan

Befundungs- und Interpretationsrichtlinien - Besondere Warnhinweise und Vorsichtsmaßnahmen für die Verwendung

- [¹⁸F]PSMA-1007-Bilder sollten von entsprechend in [¹⁸F]PSMA-1007-PET ausgebildeten Nuklearmedizinern visuell interpretiert werden.
- Der Verdacht auf Krebsgewebe an Stellen, die typisch für das Wiederauftreten von Prostatakrebs sind, basiert auf [¹⁸F]PSMA-1007-Aufnahme an diesen Stellen im Vergleich zum Hintergrund und der parallelen Auswertung von Informationen aus entsprechenden CT- und/oder MRT-Aufnahmen
- Die bekannte physiologische Aufnahme von Tracern, die auf PSMA abzielen, sollte in Betracht gezogen werden:
 - Nieren
 - Tränendrüsen und Speicheldrüsen
 - Leber
 - Gallenblase
 - Milz und Pankreas

Befundungs- und Interpretationsrichtlinien - Besondere Warnhinweise und Vorsichtsmaßnahmen für die Verwendung

- Zu den Interpretationsfehlern bei der PET-Bildgebung gehören unter anderem:
 - Andere Krebsarten
 - Gutartige Knochenerkrankungen
 - Entzündungsprozesse in aktivierten Lymphknoten
 - Gutartige Schilddrüsenerkrankungen
 - Leberentzündungen
 - Prostatitis
 - Gutartige Prostatahyperplasie
 - Gliome
 - Heilende Rippenfrakturen
 - Ganglien können Lymphknoten vortäuschen
 - Fokale unspezifische Knochenaufnahme

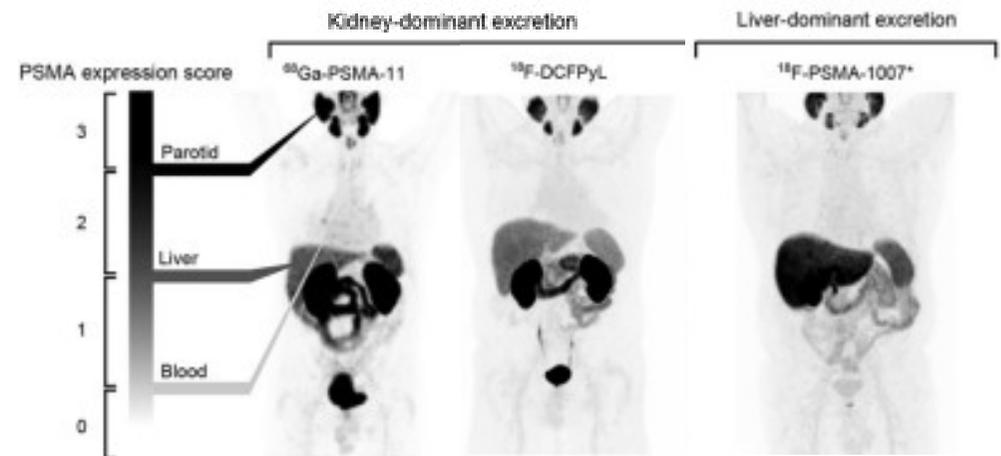
Befundungs- und Interpretationsrichtlinien - Leitlinien und praktische Tipps

- Umfassende Anleitungen zur Bildinterpretation und zum Ablesen von PET- und PSMA-PET-Bildern finden Sie in offiziellen Leitlinien wie den gemeinsamen Verfahrensrichtlinien von EANM und SNMMI.
- Die Autoren geben die folgenden praktischen Empfehlungen:
 - Vergewissern Sie sich vor der Bildanalyse, dass der vollständige Name des Patienten, sein Geburtsdatum und das Untersuchungsdatum korrekt sind.
 - Überprüfen Sie, ob das richtige Gewicht, die richtige Größe, Aktivität und Erfassungszeit eingegeben wurden, um ungenaue Messungen der visuellen Aufnahme und des SUV zu vermeiden.
 - Berücksichtigen Sie die Krankengeschichte des Patienten
 - Verwenden Sie alle verfügbaren Serien und Bilder, einschließlich CT/MRI-PET-Fusionsbilder und frühere Untersuchungen, falls verfügbar.
 - Die bekannte physiologische Aufnahme von Tracern, die auf PSMA abzielen, sollte in Betracht gezogen werden:
 - Nieren, Tränendrüsen, Leber, Speicheldrüsen, Gallenblase, Milz und Bauchspeicheldrüse

Befundungs- und Interpretationsrichtlinien - PSMA-Bewertungsskala für die visuelle Beurteilung

■ Befunde: PSMA-Aufnahme-Score

miPSMA Expression Score		
Score	Reported PSMA expression	Uptake
0	No	Below blood pool
1	Low	Equal to or above blood pool and lower than liver*
2	Intermediate	Equal to or above liver* and lower than parotid gland
3	High	Equal to or above parotid gland



Eiber M et al. [veröffentlichte Korrektur erscheint in J Nucl Med. 2018 Jun;59(6):992]. J Nucl Med. 2018;59(3):469-478.

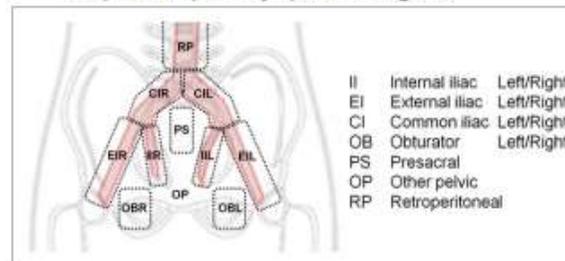
Befundungs- und Interpretationsrichtlinien - PSMA-Bewertungsskala für die visuelle Beurteilung

- Befund: Sextantensegmentierung der Prostata, Lymphknoten, Muster des Knochenbefalls

Sextant Segmentation of Prostate Gland

Segment	miT2-4 template
LB	Left base
RB	Right base
LM	Left mid
RM	Right mid
LA	Left apex
RA	Right apex

template for pelvic lymph node regions.

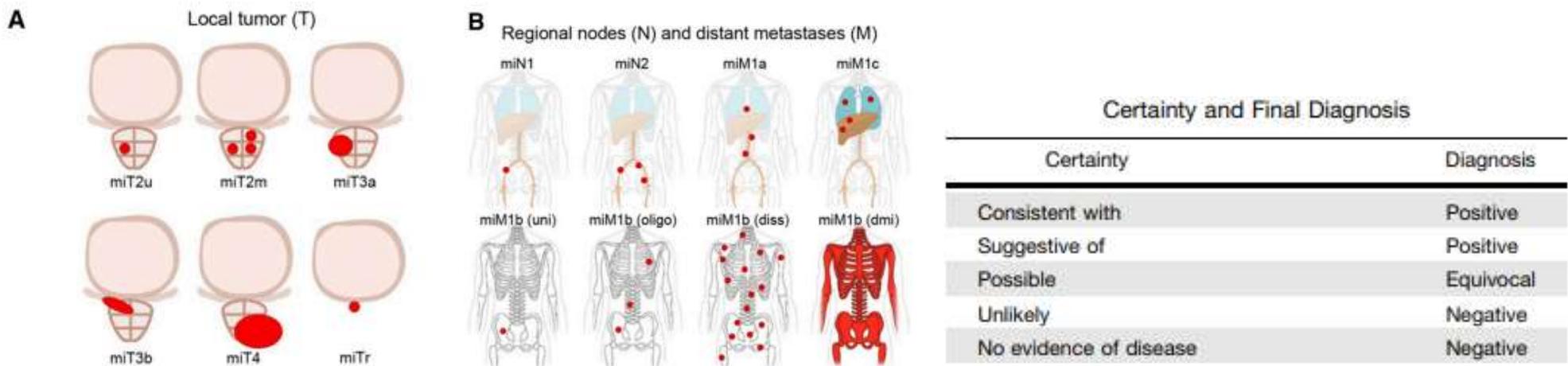


Pattern of Bone Involvement

Abbreviation	Pattern of bone involvement
Uni	Unifocal
Oligo	Oligometastatic ($n \leq 3$)
Diss	Disseminated
Dmi	Diffuse marrow involvement

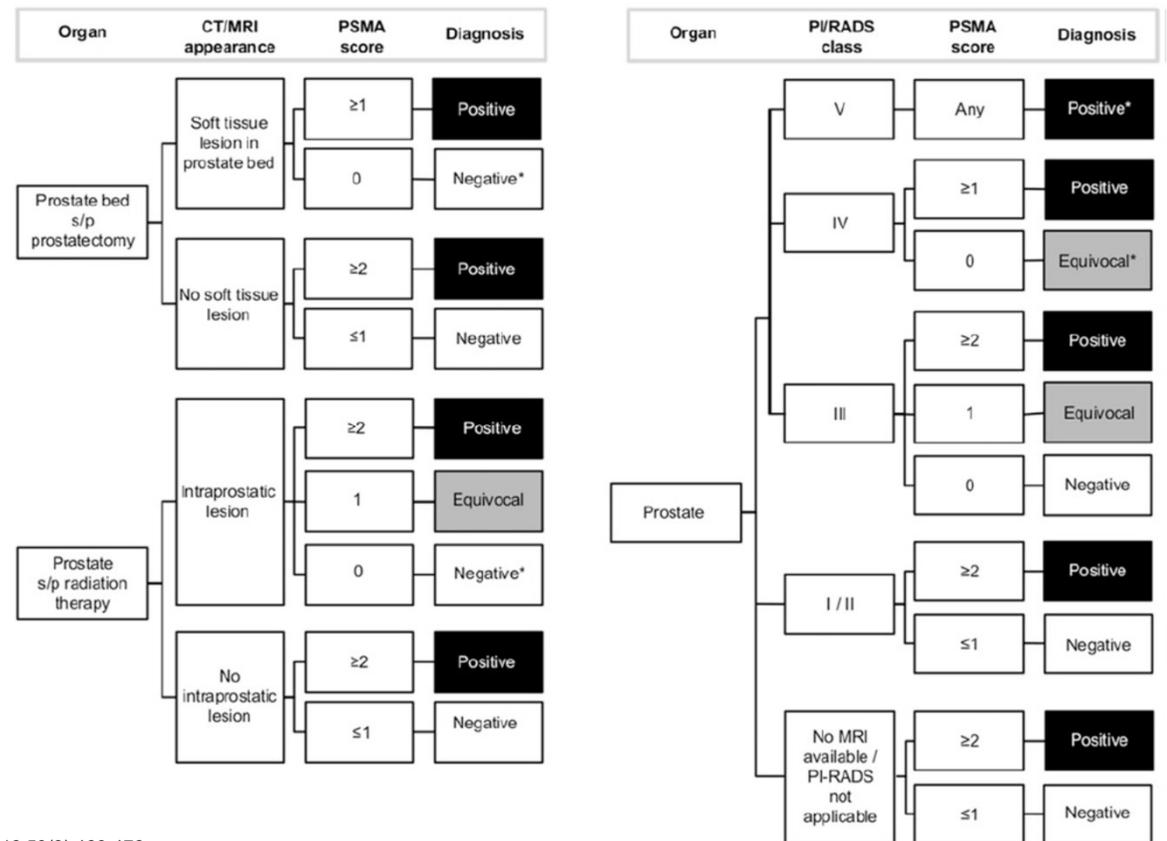
Befundungs- und Interpretationsrichtlinien - PSMA-Bewertungsskala für die visuelle Beurteilung

- Kommentar: Gewissheit der endgültigen Diagnose, miTNM-Score



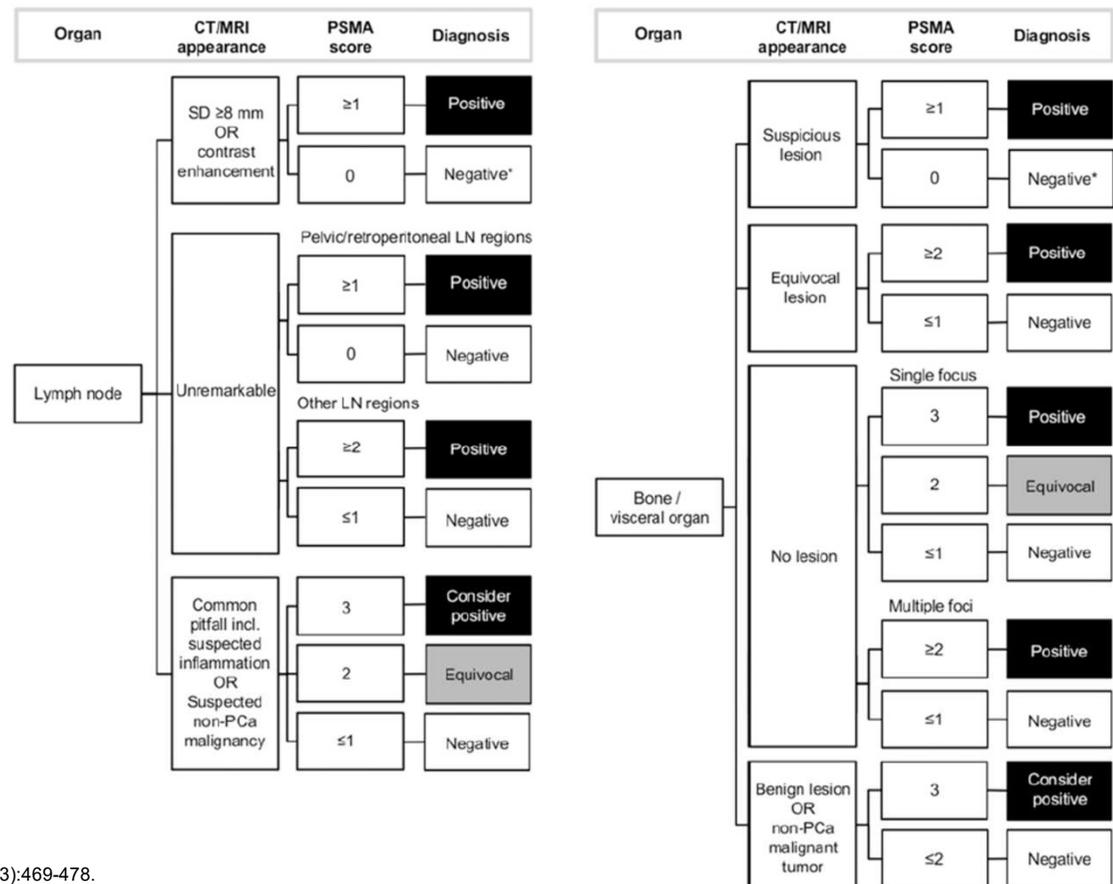
Eiber M et al. [veröffentlichte Korrektur erscheint in J Nucl Med. 2018 Jun;59(6):992]. J Nucl Med. 2018;59(3):469-478.

Befundungs- und Interpretationsrichtlinien - PSMA-Bewertungsskala für die visuelle Beurteilung



Eiber M et al. [veröffentlichte Korrektur erscheint in J Nucl Med. 2018 Jun;59(6):992]. J Nucl Med. 2018;59(3):469-478.

Befundungs- und Interpretationsrichtlinien - PSMA-Bewertungsskala für die visuelle Beurteilung



Eiber M et al. [veröffentlichte Korrektur erscheint in J Nucl Med. 2018 Jun;59(6):992]. J Nucl Med. 2018;59(3):469-478.

[¹⁸F]PSMA-1007 PET im Zusammenhang mit anderen Bildgebungsmodalitäten

- [¹⁸F]PSMA-1007 PET im Zusammenhang mit anderen Bildgebungsmodalitäten:
 - [¹⁸F]PSMA-1007 übertraf herkömmliche Bildgebungsverfahren (99mTc-Hydroxymethylen-Diphosphonat-Knochenscan; kontrastverstärkte CT von Thorax, Abdomen und Becken) bei der Erkennung von Fernmetastasen (M-Staging).
 - Sensitivität auf Patientenebene über 90%, während die Sensitivität der anderen bildgebenden Modalitäten unter 67 % lag
 - Die Verwendung der PET/CT-Fusion führt zu einer besseren anatomischen Korrelation der Befunde, was die Genauigkeit der Beurteilung erhöht und die Fehlerquote bei der Bildinterpretation verringert

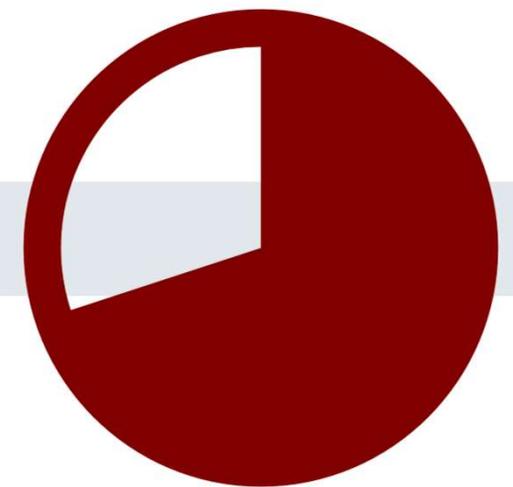
[¹⁸F]PSMA-1007 PET im Zusammenhang mit anderen Bildgebungsmodalitäten

- [¹⁸F]PSMA-1007 PET im Kontext der Histopathologie:
 - [¹⁸F]PSMA-1007 PET kann Histopathologie nicht ersetzen
 - [¹⁸F]PSMA-1007 kann bei der Auswahl geeigneter Tumorlokalisationen für eine Biopsie helfen, um ein optimales Staging zu gewährleisten
 - Nachweis der Wirksamkeit von [¹⁸F]PSMA-1007 zum Nachweis von N1-Lymphknotenläsionen im Vergleich zur Histopathologie:

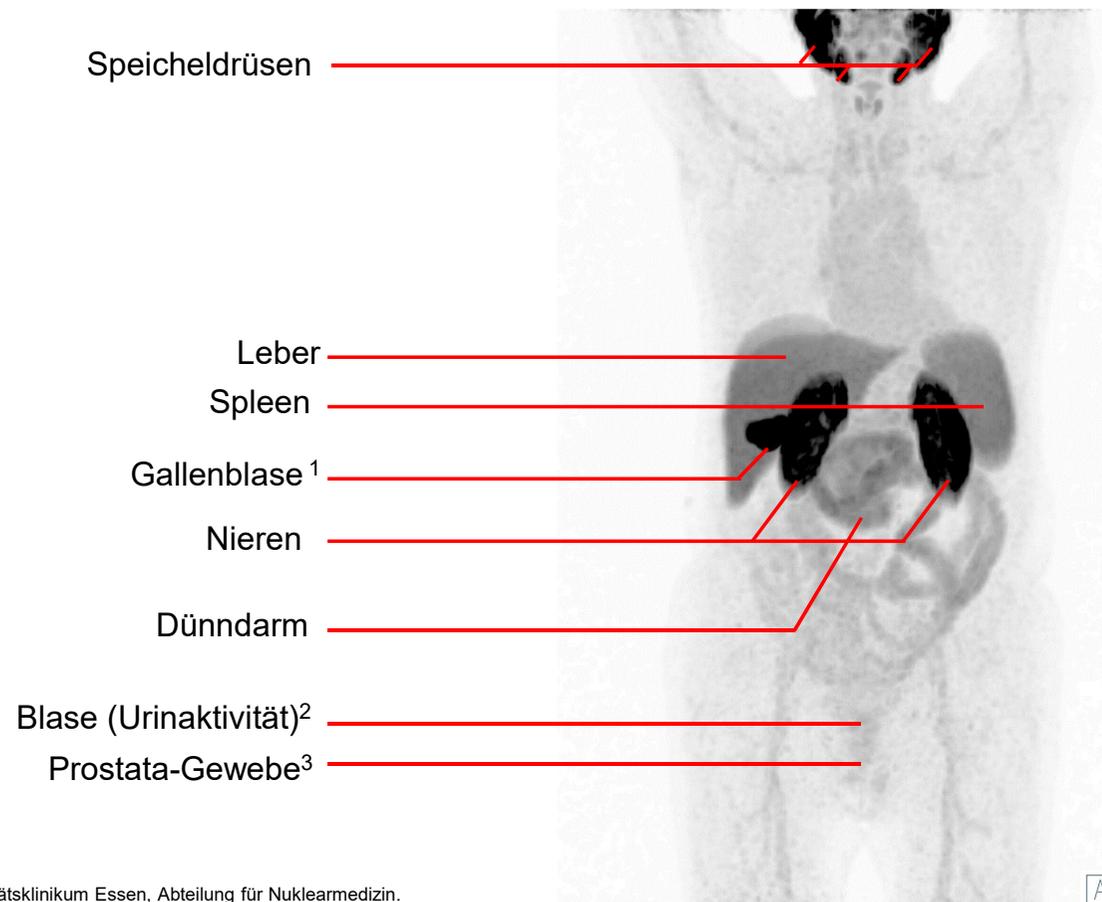
	Patientenbezogen n=99 (Hermsen et al.)	Patientenbezogen n=96 (Sprute et al.)	Patientenbezogen n=26 (Ingvar et al.)	Patientenbezogen (Lymphknoten>3 mm) n=96 (Sprute et al.)	Patientenbezogen (Lymphknoten>3 mm) n=13 (Ingvar et al.)
Empfindlichkeit (95% CI)	53,3 % (34,4-71,7 %)	50,0 %	26.9% (11.6-47.8)	64,3 %	53.8% (25.1-80.8)
Spezifität (95% CI)	89,9 % (80,2-95,8 %)	89,7 %	96.2% (89.2-99.2)	91,2 %	96.7% (90.7-99.3),
PPV (95% CI)	69,6 % (51,2-83,3 %)	66,7 %	70%	75,0 %	70%
NPV (95% CI)	81,6 % (75,0-86,8 %)	81,3 %	79.8%	86,1 %	93.6%

Sprute et al, JNM. 2021 Feb;62(2):208-213; Hermsen et al, EJNMMI. 2022 Sep;49(11):3929-3937; Ingvar et al, EJNMMI. 2022 Aug 9;12(1):48

Physiologische Verteilung



Physiologische Verteilung von [¹⁸F]PSMA-1007 bei einem Patienten nach einer Strahlentherapie



^{1,2} [¹⁸F]PSMA-1007 wird hauptsächlich über das hepatobiliäre System ausgeschieden. Die Nieren zeigen in der Regel eine intensive PSMA-Expression, aber nur etwa 1 % wird über die Nieren mit dem Urin ausgeschieden. Insbesondere bei vorzeitig aufgenommenen Bildern und bei nicht entleerter Blase vor der Bildaufnahme kann eine schwache Urinaktivität auftreten.

³ Prostatagewebe weist physiologischerweise eine homogene PSMA-Expression auf. Nach einer Strahlentherapie kann diese Expression deutlich reduziert sein. Nach einer Prostatektomie sollte im Prostatagewebe keine **physiologische** PSMA-Expression zu finden sein.

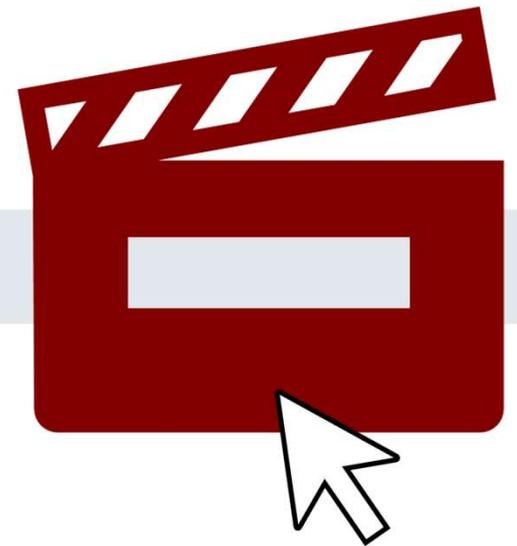
Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

Giesel FL, et al. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2017;44(4):678-688

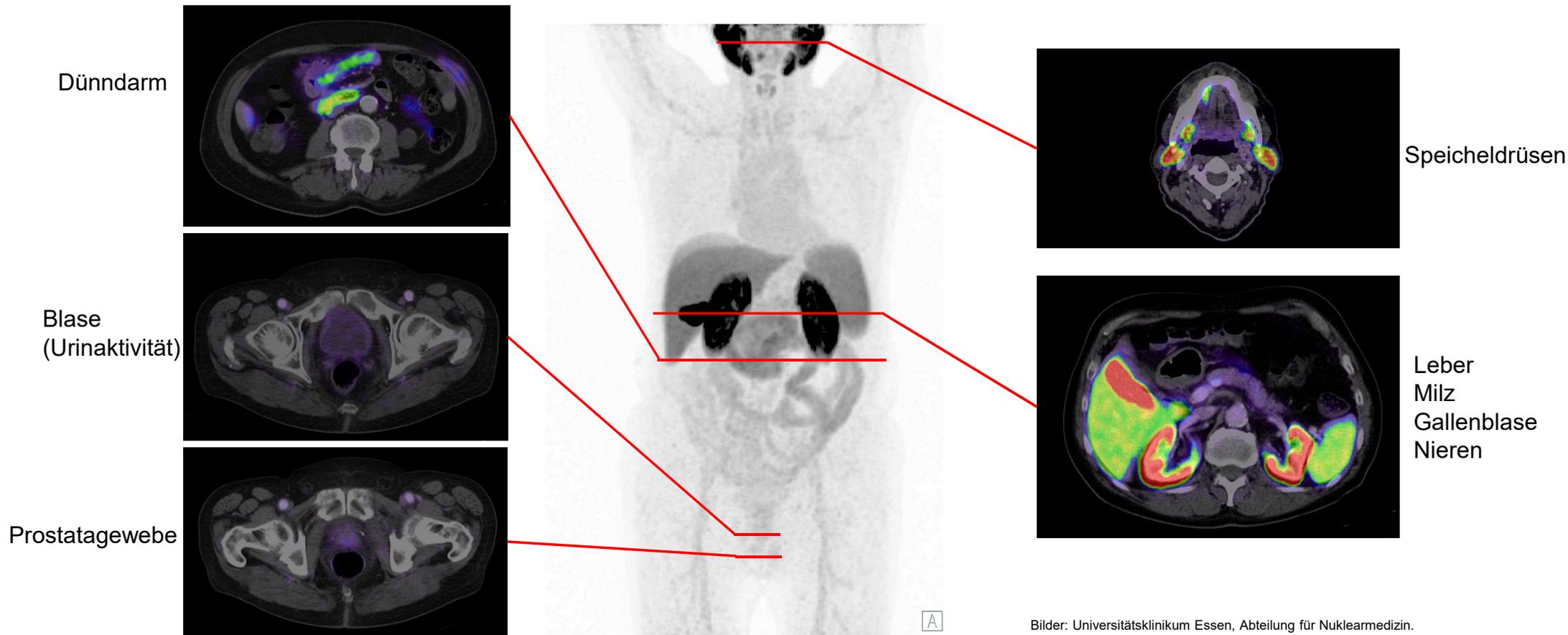
Einführung in das Schulungsmaterial die physiologische Verteilung von [¹⁸F]PSMA-1007



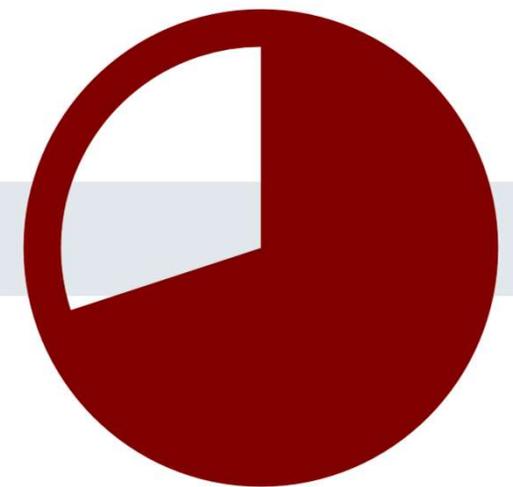
- Bitte klicken Sie auf das Video-Icon auf der rechten Seite um das Video zu öffnen oder scannen Sie den QR-Code auf der linken Seite mit Ihrem Smartphone!



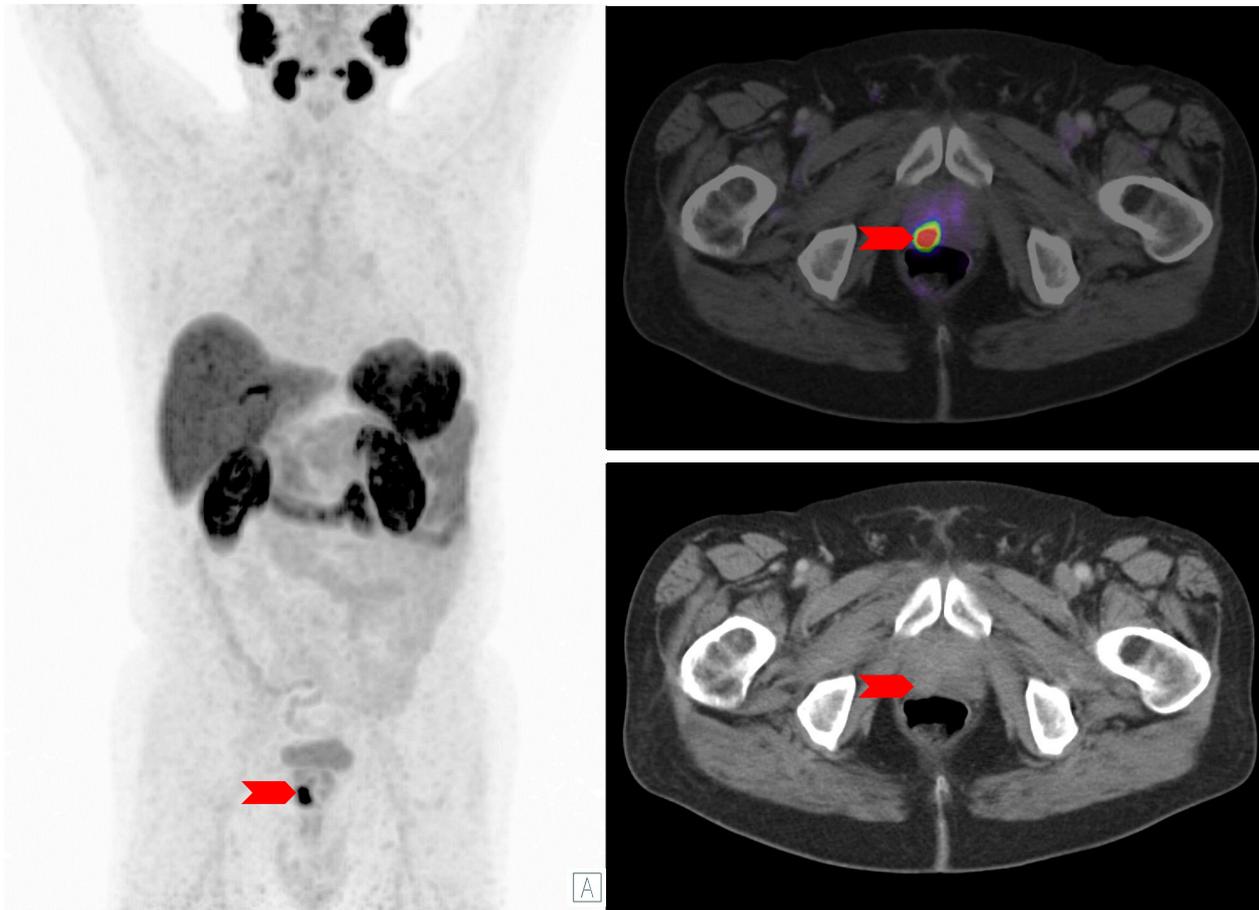
Physiologische Verteilung von $[^{18}\text{F}]$ PSMA-1007 bei einem Patienten nach einer Strahlentherapie



Primäres Staging von Patienten mit Hochrisiko-Prostatakrebs



Primäres Staging von Patienten mit Hochrisiko - Prostatakrebs Unifokaler Tumor



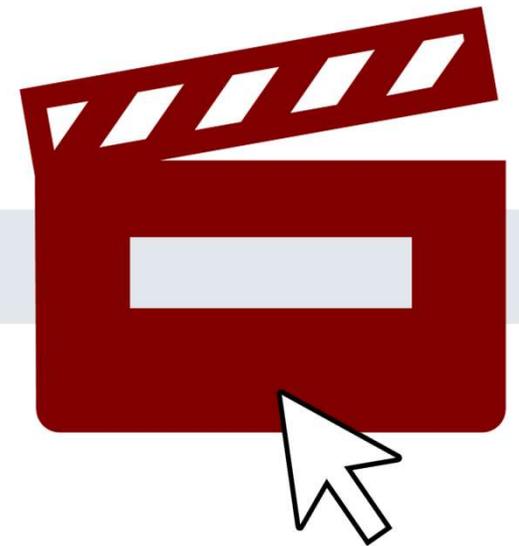
- Gesundes Prostatagewebe weist eine homogene PSMA-Expression oberhalb des Mediastinums und der Aktivität im Blut auf
- Prostatakarzinome weisen in der Regel eine deutlich höhere PSMA-Expression auf
- Prostatakarzinome mit hoher PSMA-Expression zeigen häufig ein Korrelat im kontrastverstärkten CT (roter Pfeil)
- Keine anderen bösartigen Erkrankungen (mit erhöhter PSMA-Expression) oder Prostatakrebsmetastasen sind vorhanden
- Nebenbemerkung: Patient nach Cholezystektomie und unzureichender Blasenentleerung vor der Untersuchung (Restharnaktivität)

Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

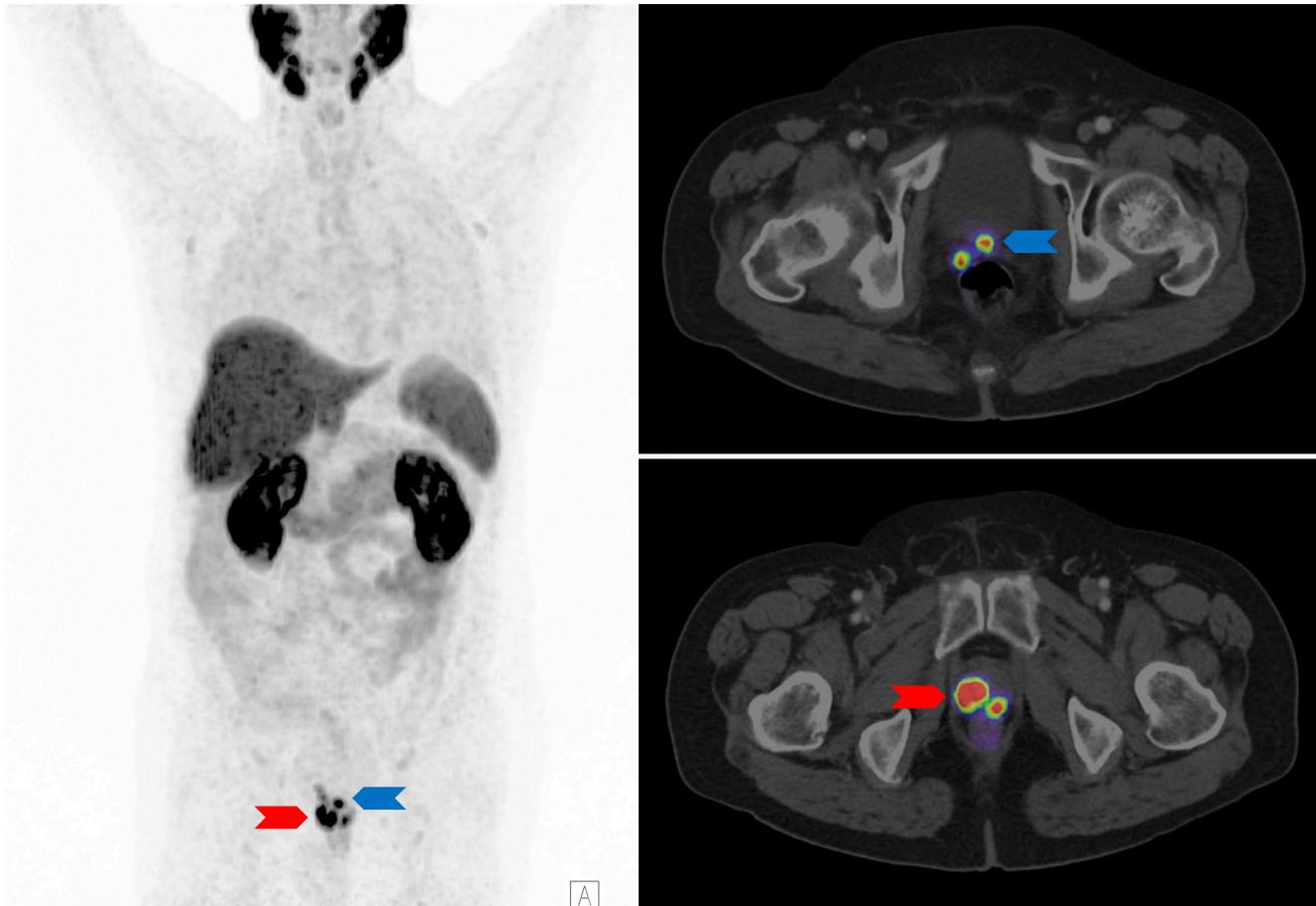
Primäres Staging - Unifokaler Tumor



- Bitte klicken Sie auf das Video-Icon auf der rechten Seite um das Video zu öffnen oder scannen Sie den QR-Code auf der linken Seite mit Ihrem Smartphone!



Primäres Staging von Patienten mit Hochrisiko - Prostatakrebs Multifokaler Tumor



- Multifokaler beidseitiger Prostatakrebsbefall (rote Pfeile) sowie Befall der hinteren Blasenwand und der rechten Samenblase (blaue Pfeile)
- Die Intensität der PSMA-Expression in einzelnen Prostatakarzinomläsionen kann variieren
- Die Unterscheidung von Bereichen mit lokaler Prostatitis, zum Beispiel nach einer Biopsie, kann schwierig sein, da die Aufnahme in diesen Bereichen erhöht sein kann.
- Randnotiz: Patient nach Cholezystektomie
- In einer Studie von Privé et al. wurde bei 18/53 Patienten mit primärem Prostatakrebs durch F-PSMA-1007 PET/CT eine korrekte Stadieneinteilung vorgenommen, wobei die Invasion der Samenblase häufiger war als im mp-MRI (90 vs. 76%) [1].

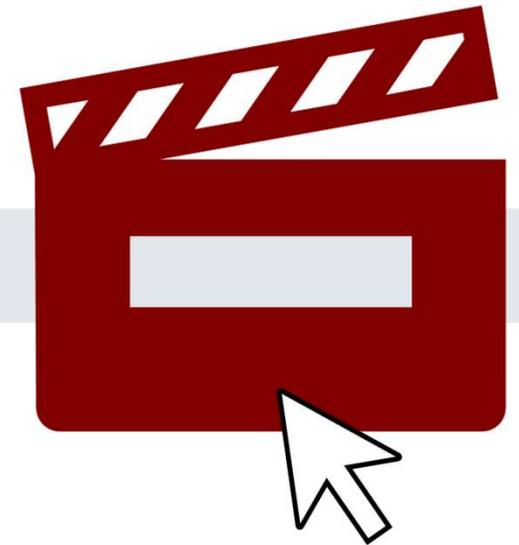
[1] Privé BM, et al. 2021 Jun;24(2):423-430

Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

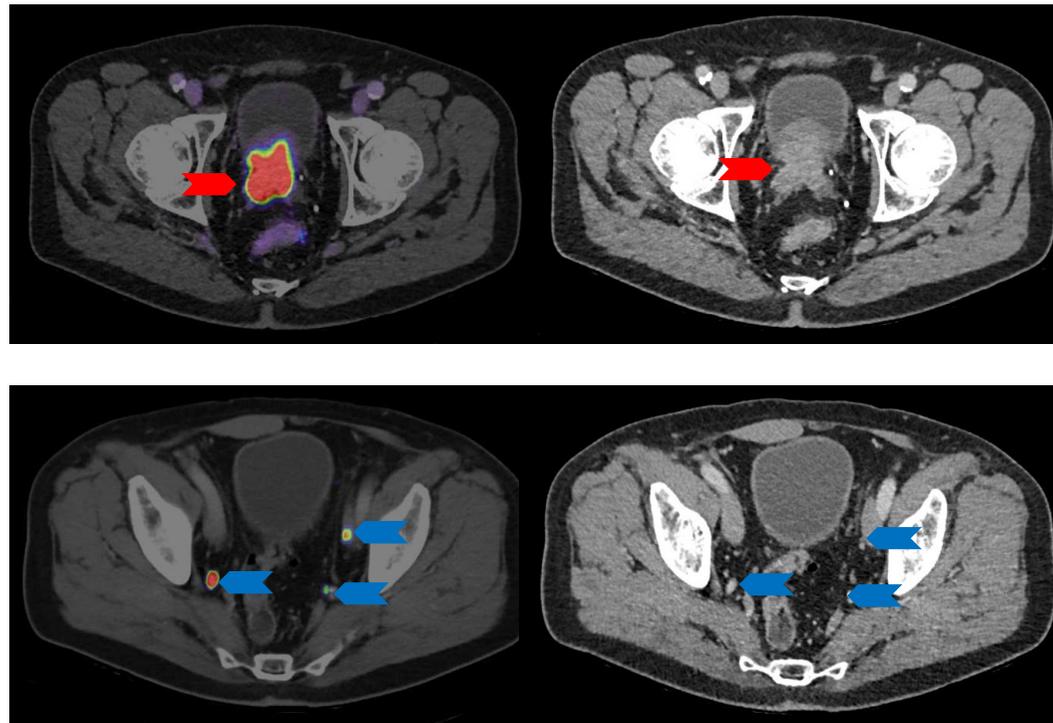
Primäres Staging - Multifokaler Tumor



- Bitte klicken Sie auf das Video-Icon auf der rechten Seite um das Video zu öffnen oder scannen Sie den QR-Code auf der linken Seite mit Ihrem Smartphone!



Primäres Staging von Patienten mit Hochrisiko-Prostatakrebs - Multifokaler Tumor mit Lymphknotenmetastasen im Becken



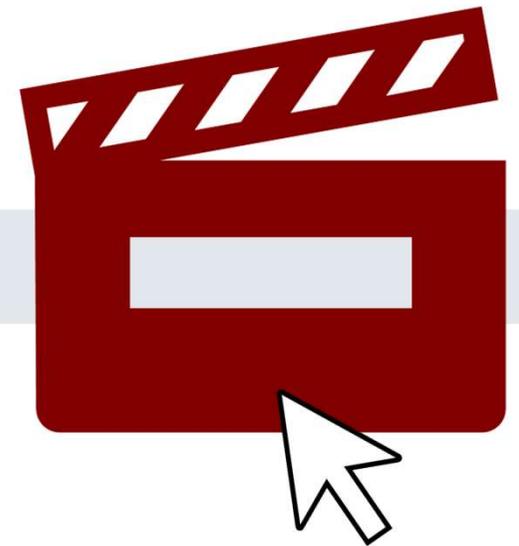
- Gleason-Score: 3+5 (Biopsie), Ausgangs-PSA: 147 ng/ml, Ausgangs-Staging
- Beidseitiger primärer Tumor in der Prostata mit beidseitiger Samenblaseninvasion (rote Pfeile)
- Lymphknotenmetastasen im rechten Obturator, im linken äußeren und inneren Darmbeinknoten und im präsakralen Lymphknoten, alle mit einem Durchmesser von weniger als 10 mm (blaue Pfeile)

Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

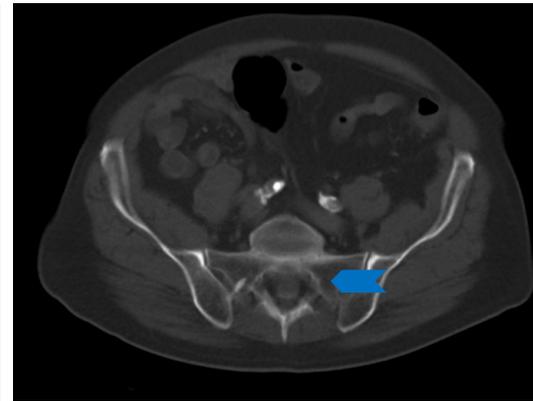
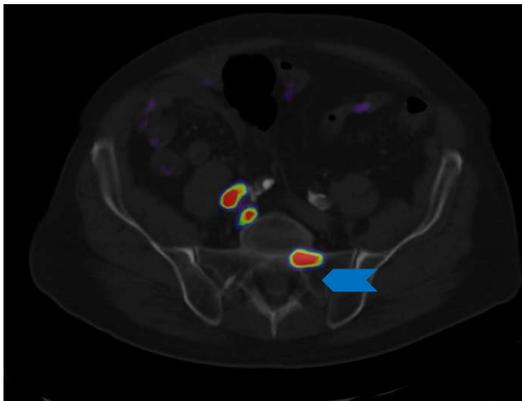
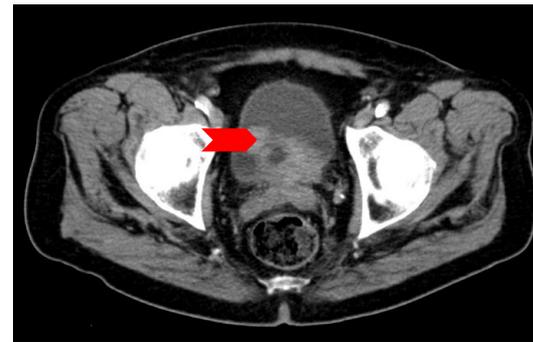
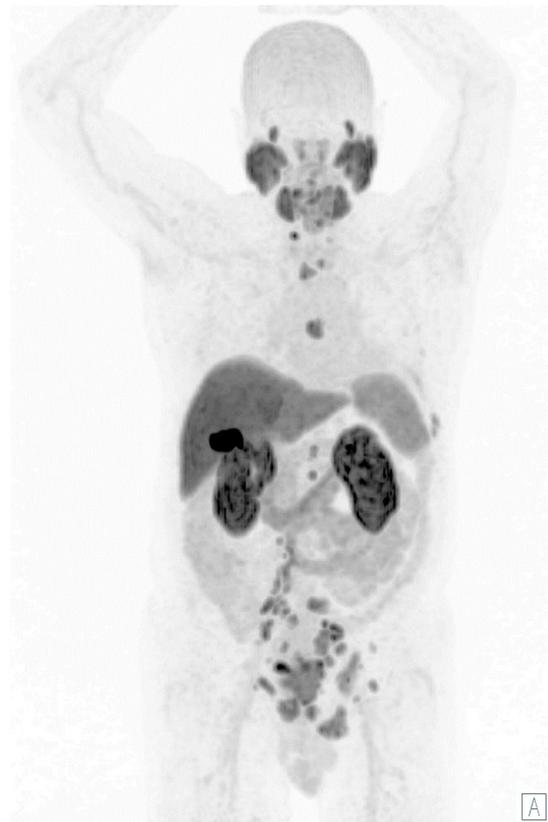
Primäres Staging - Multifokaler Tumor mit Lymphknotenmetastasen im Becken



- Bitte klicken Sie auf das Video-Icon auf der rechten Seite um das Video zu öffnen oder scannen Sie den QR-Code auf der linken Seite mit Ihrem Smartphone!



Primäres Staging von Patienten mit Hochrisiko-Prostatakrebs - Multifokaler Tumor mit Fernmetastasen



- Gleason-Score 4+4 (Biopsie); Ausgangs-PSA: 20 ng/ml
- Hochrisiko-Prostatakrebs mit lokaler Blasen- und bilateraler Samenblasen-invasion (roter Pfeil) sowie Lymphknoten- und Knochenmetastasen (blauer Pfeil)

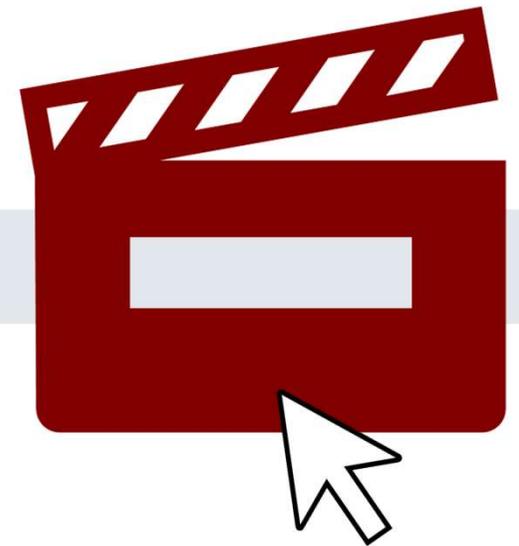
A

Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

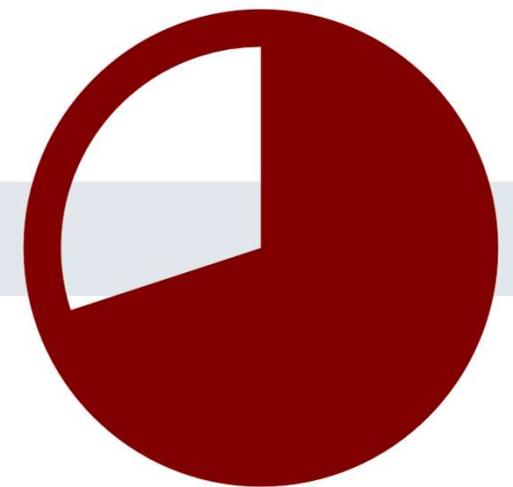
Primäres Staging - Multifokaler Tumor mit Fernmetastasen



- Bitte klicken Sie auf das Video-Icon auf der rechten Seite um das Video zu öffnen oder scannen Sie den QR-Code auf der linken Seite mit Ihrem Smartphone!



Restaging bei Patienten mit Verdacht auf Rezidiv (BCR, biochemical recurrence)



Restaging bei Patienten mit Verdacht auf Rezidiv - Lokales Rezidiv (Fall 1)



Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

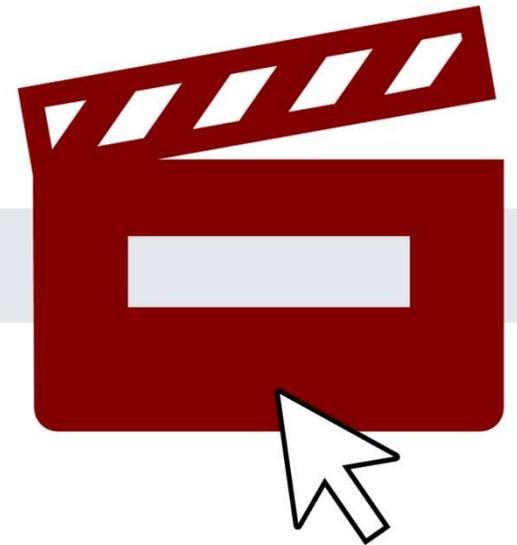
- Die Erkennung der Krankheit bei niedrigerem PSA-Wert ermöglicht lokale Therapieoptionen und eine frühere Behandlung
- Bei diesem Patienten wurde ein Lokalrezidiv mit Kontrastmittelanreicherung und fokaler [^{18}F]PSMA-1007-Aufnahme im Prostatabett festgestellt.
- Die Krankheitsentdeckungsraten für [^{18}F]PSMA-1007 betragen 94,0 % (79/84), 90,9 % (50/55), 74,5 % (35/47) und 61,5 % (40/65) bei PSA-Werten von mehr als oder gleich 2, 1 bis weniger als 2, 0,5 bis weniger als 1 bzw. 0,2 bis weniger als 0,5 ng/ml. Das PET/CT von [^{18}F]PSMA-1007 zeigte bei 24,7 % der Patienten ein lokales Rezidiv [1].

[1] Giesel et al. JNM, März 2019, 60(3):362-368

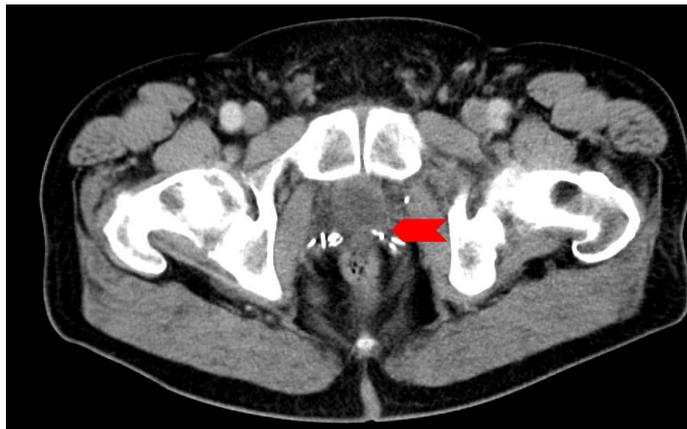
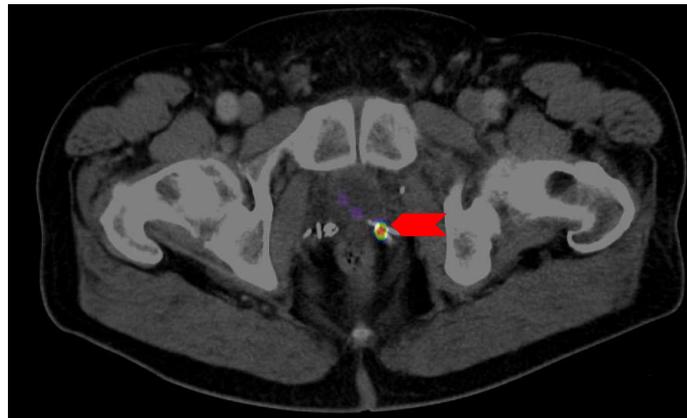
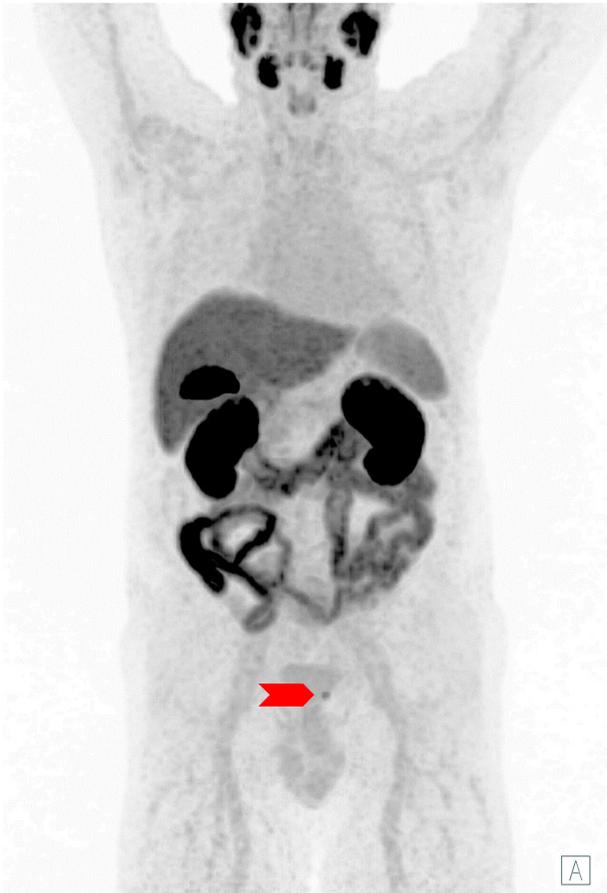
Restaging - Lokales Rezidiv (Fall 1)



- Bitte klicken Sie auf das Video-Icon auf der rechten Seite um das Video zu öffnen oder scannen Sie den QR-Code auf der linken Seite mit Ihrem Smartphone!



Restaging bei Patienten mit Verdacht auf Rezidiv - Lokales Rezidiv (Fall 2)



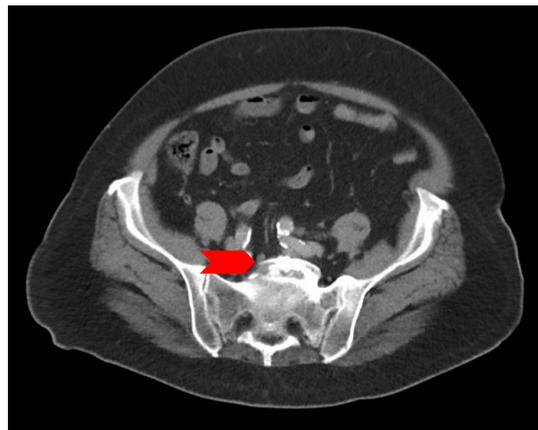
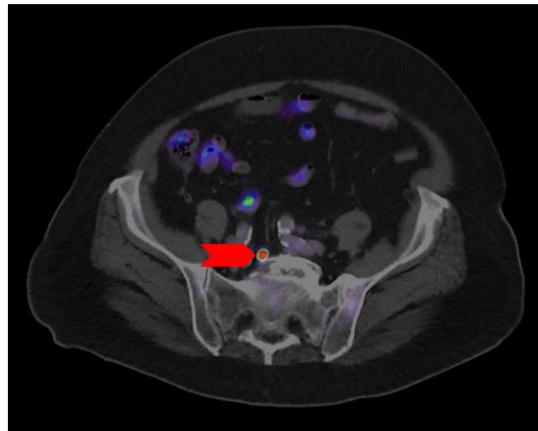
- Gleason-Score 3+3 = 6
- PSA-Wiederauftreten (0,3 ng/ml) nach radikaler Prostatektomie
- Ein lokales Rezidiv mit fokaler PSMA-Aufnahme wurde im Prostatektomie-Bett entdeckt - in der Nähe des Clip-Materials

Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

Restaging bei Patienten mit Verdacht auf Rezidiv - Lokale Lymphknotenmetastasen (Iliaca)



Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.



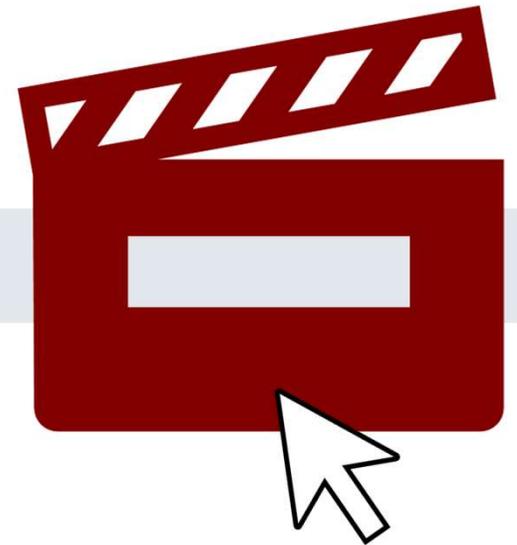
- Iliakale Lymphknoten sind eine der häufigsten Stellen für (lokale) Prostatakrebsmetastasen
- Diese Lymphknotenmetastasen sind jedoch häufig nicht pathologisch vergrößert und können vor allem in frühen Krankheitsstadien schwer zu erkennen sein.
- [¹⁸F]PSMA-1007 erhöht die Entdeckungsrate dieser Lymphknotenmetastasen und verbessert das Staging erheblich.
- Die Genauigkeit bei der Erkennung von Lymphknotenmetastasen wird für Durchmesser von nur 1 mm (Median 5 mm) beschrieben. [1]
- PSA-Rezidiv (PSA. 0,93 ng/ml) nach radikaler Prostatektomie. Rechts präsakral wurde eine kleine Lymphknotenmetastase mit 5 mm Durchmesser entdeckt (roter Pfeil)

[1] Giesel FL et al. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2017 Apr;44(4):678-688.

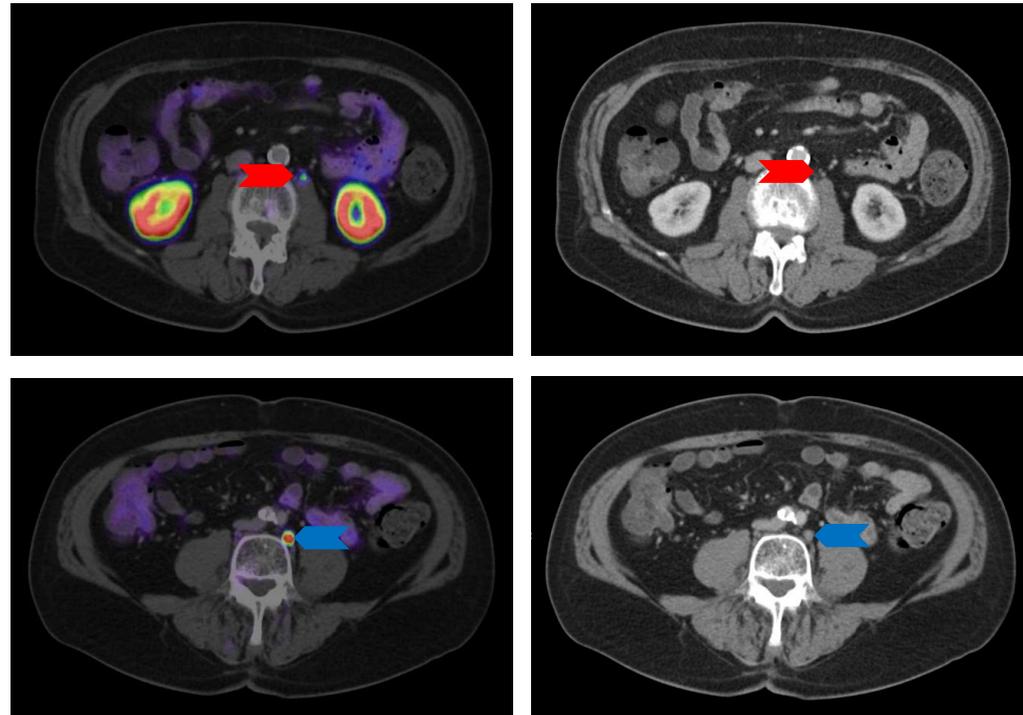
Restaging - Lokale Lymphknotenmetastasen (Iliaca)



- Bitte klicken Sie auf das Video-Icon auf der rechten Seite um das Video zu öffnen oder scannen Sie den QR-Code auf der linken Seite mit Ihrem Smartphone!



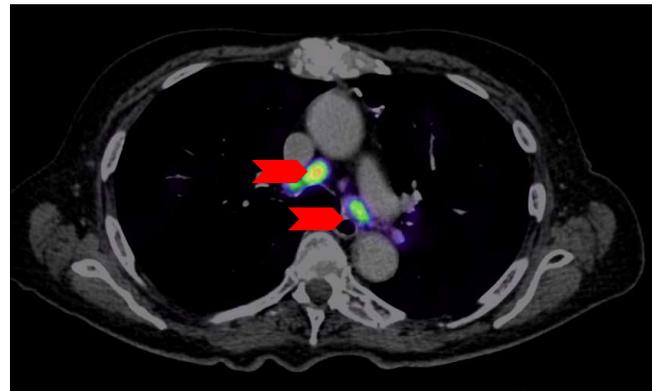
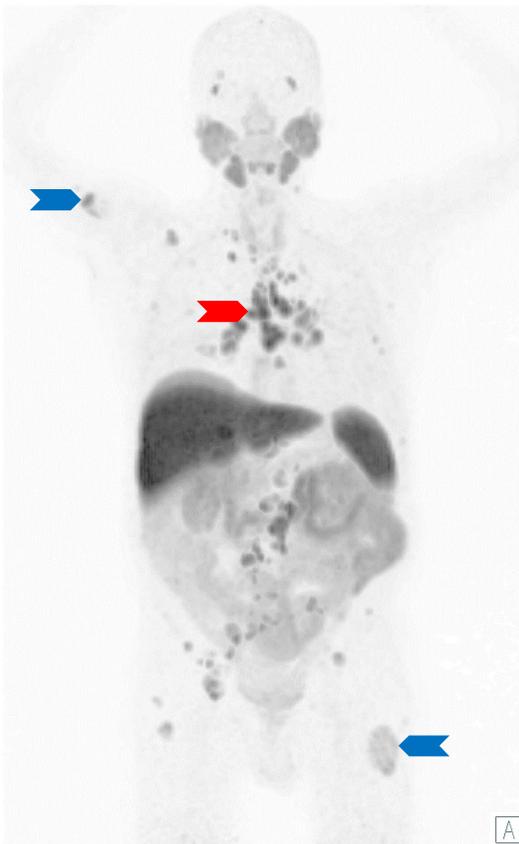
Restaging bei Patienten mit Verdacht auf Rezidiv - Ferne Lymphknotenmetastasen (retroperitoneal)



- Biochemisches Rezidiv (BCR) nach radikaler Prostatektomie, Salvage-Lymphknotendissektion und Salvage-Strahlentherapie des Beckens.
- Retroperitoneale Lymphknotenmetastasen mit einem Durchmesser von 4-7 mm (Blaue und rote Pfeile)

Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

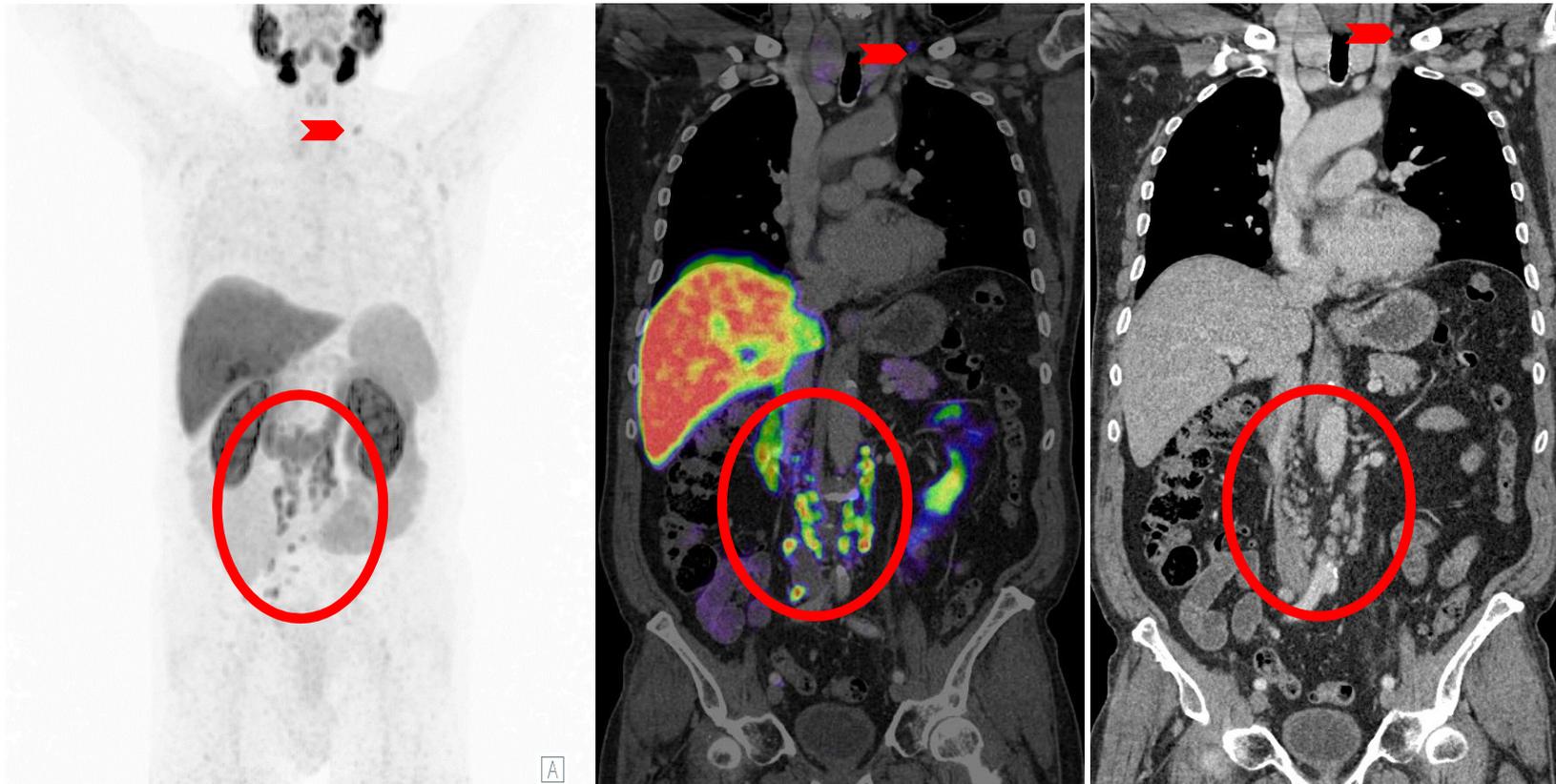
Restaging bei Patienten mit Verdacht auf Rezidiv - Ferne Lymphknotenmetastasen (mediastinal)



- Thorakale Lymphknotenmetastasen (rote Pfeile) sind eher selten
- Diese treten in der Regel in einem fortgeschrittenen Stadium auf, wenn bereits viele andere Metastasen vorhanden sind.
 - Außerdem sind mehrere Knochenmetastasen vorhanden (beispielhafte blaue Pfeile).
- Thorakale Lymphknotenmetastasen sollten nicht mit Sarkoidose verwechselt werden

Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

Restaging bei Patienten mit Verdacht auf Rezidiv - Ferne Lymphknotenmetastasen (Supraclavicular-Virchowscher Lymphknoten)



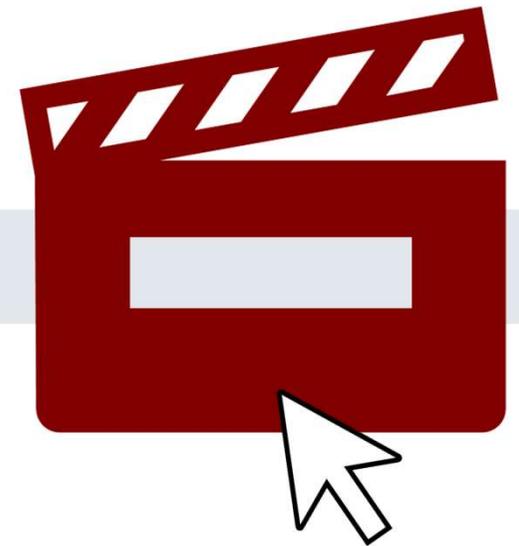
Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

- Einzelne linke supraclavikuläre Lymphknotenmetastase (roter Pfeil)
- M1a – supradiaphragmatische Lokalisierung
- Mehrere Lymphknotenmetastasen retroperitoneal (roter Kreis)

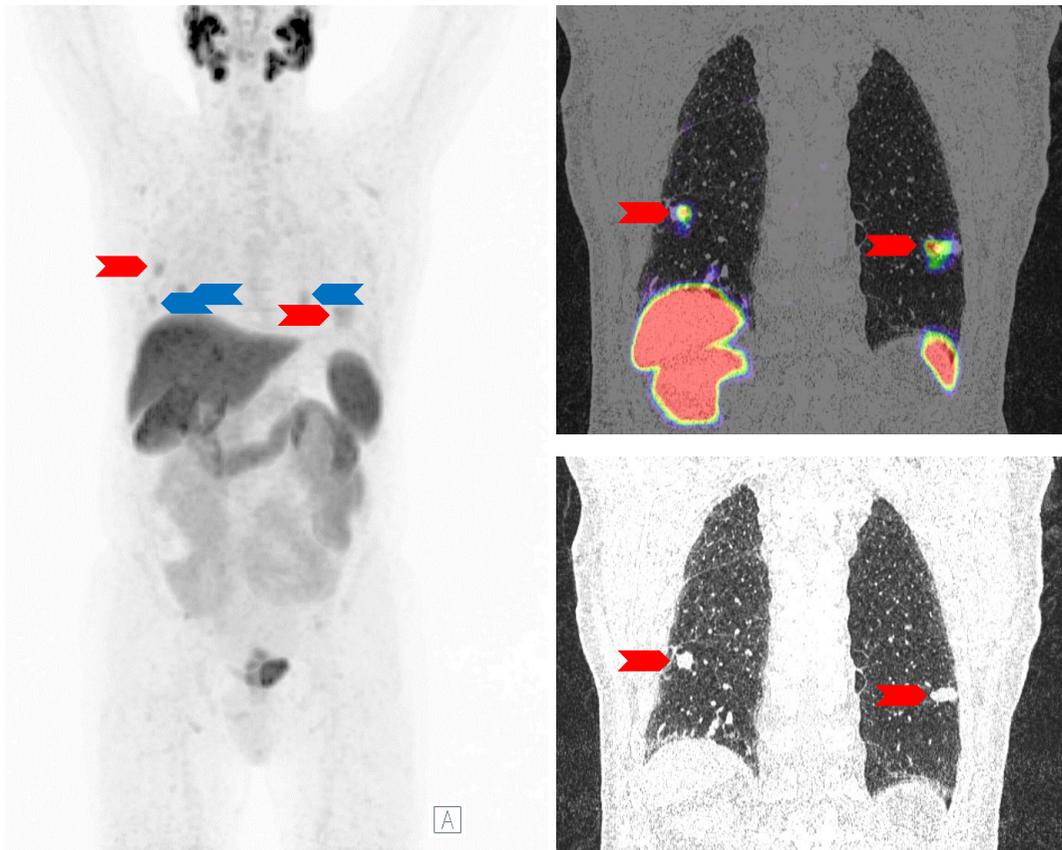
Restaging - Ferne Lymphknoten- metastasen (Supraclavicular- Virchowscher Lymphknoten)



- Bitte klicken Sie auf das Video-Icon auf der rechten Seite um das Video zu öffnen oder scannen Sie den QR-Code auf der linken Seite mit Ihrem Smartphone!



Restaging bei Patienten mit Verdacht auf Rezidiv - Lungenmetastasen (Fall 1)



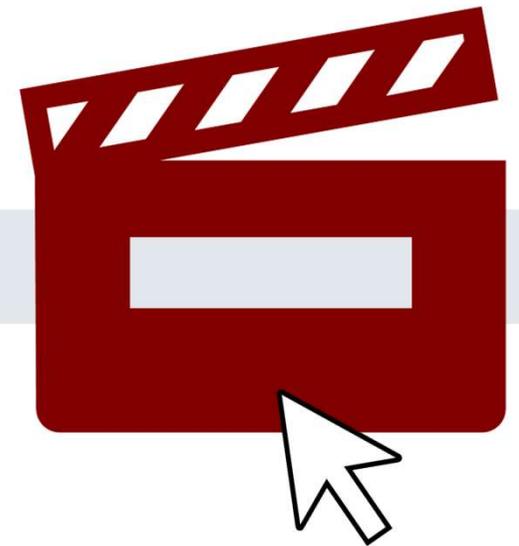
Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

- Lungenmetastasen sind zwar selten, können aber bei Patienten mit Prostatakrebs dennoch auftreten und sollten nicht als Möglichkeit ausgeschlossen werden.
- Bei der Beurteilung der Möglichkeit von Lungenmetastasen im Vergleich zu einer zweiten bösartigen Erkrankung, die ebenfalls PSMA-positiv ist, ist eine gründliche Untersuchung des Einzelfalls von entscheidender Bedeutung.
- Durch die Aufnahme von PET-Bildern in Atemmittellage können Atem- oder Bewegungsartefakte auftreten, die sich in Form von Kometenschweifigen oder fälschlich positiven zusätzlichen Tumoren äußern können. Verwenden Sie alle verfügbaren Bildserien, um die Tracer-Aufnahme besser zuordnen zu können.
- Dieser Patient hat mehrere Lungenmetastasen (rote Pfeile in den entsprechenden CT- und Fusionsbildern) sowie zusätzliche Lungenmetastasen (blaue Pfeile).

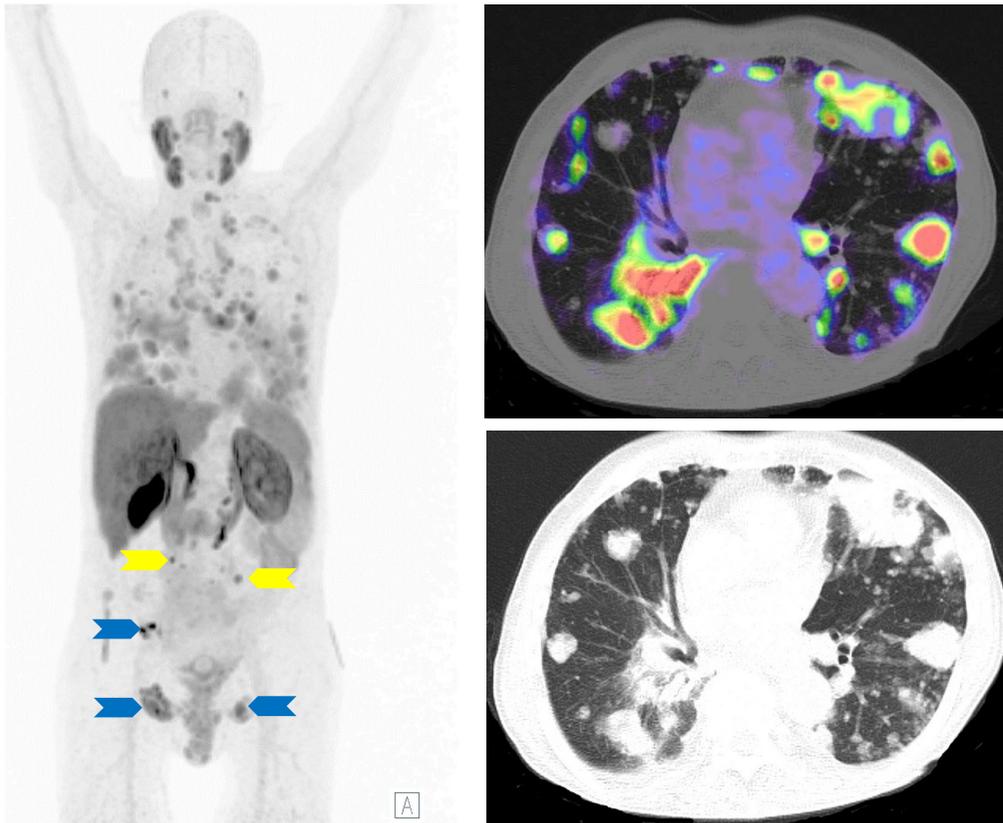
Restaging - Lungenmetastasen (Fall 1)



- Bitte klicken Sie auf das Video-Icon auf der rechten Seite um das Video zu öffnen oder scannen Sie den QR-Code auf der linken Seite mit Ihrem Smartphone!



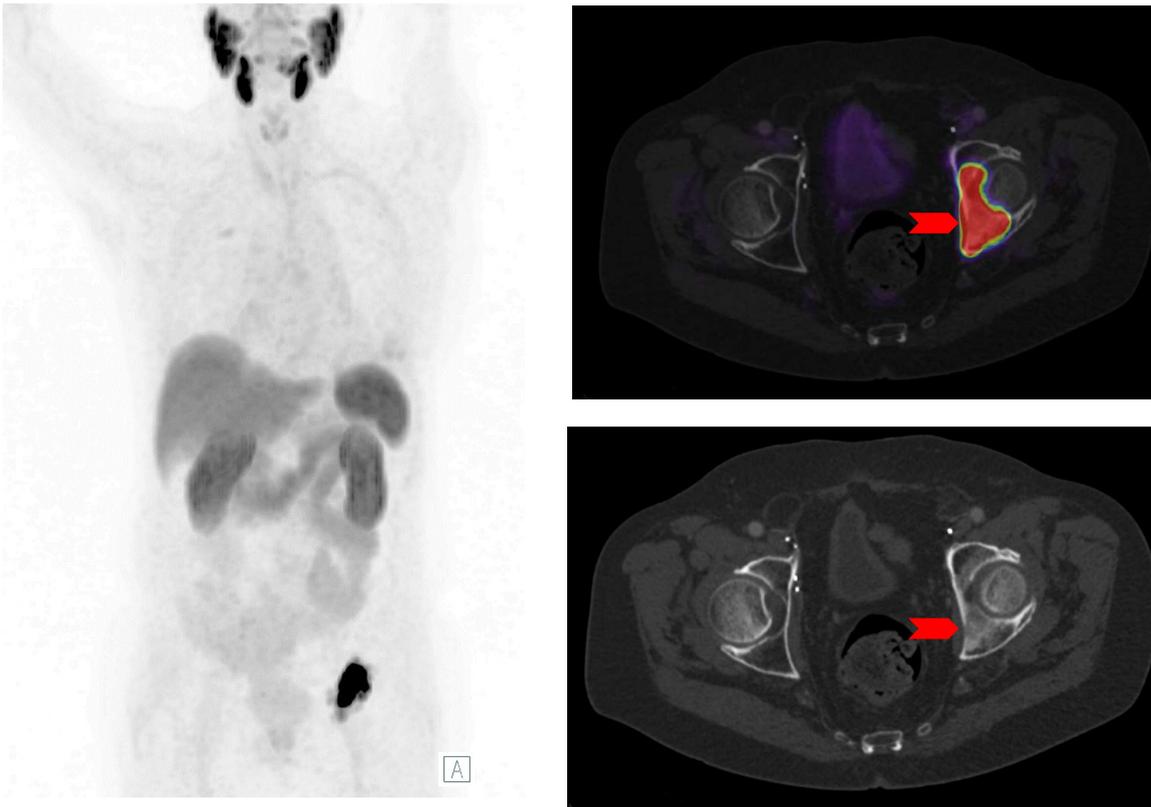
Restaging bei Patienten mit Verdacht auf Rezidiv - Lungenmetastasen (Fall 2)



- Prostatakrebspatient im Spätstadium mit der seltenen Manifestation disseminierter Lungenmetastasen (gesamter Brustbereich)
- Darüber hinaus sind multiple Knochenmetastasen (beispielhafte blaue Pfeile) sowie lymphonoduläre Metastasen (beispielhafte gelbe Pfeile) vorhanden.

Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

Restaging bei Patienten mit Verdacht auf Rezidiv - Einzelne Knochenmetastase



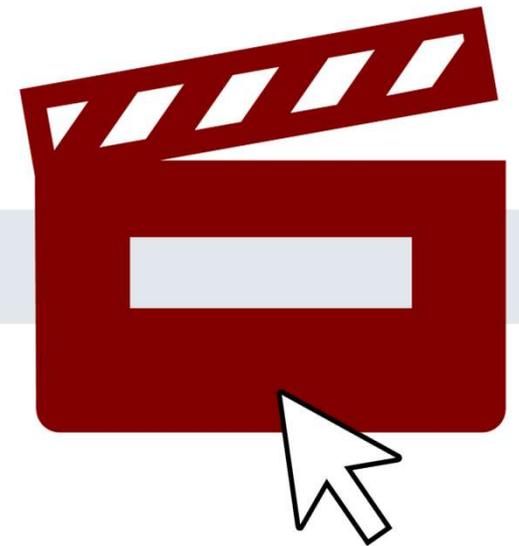
Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

- Knochenmetastasen bei Prostatakrebs haben in der Regel ein osteoblastisches Erscheinungsbild und sind daher in der morphologischen Bildgebung, z. B. im CT, durch ihre hohe Dichte leicht zu erkennen.
- Im Vergleich zu CT und Knochenszintigraphie verbessert die Verwendung von [¹⁸F]PSMA-1007 die Nachweisempfindlichkeit.

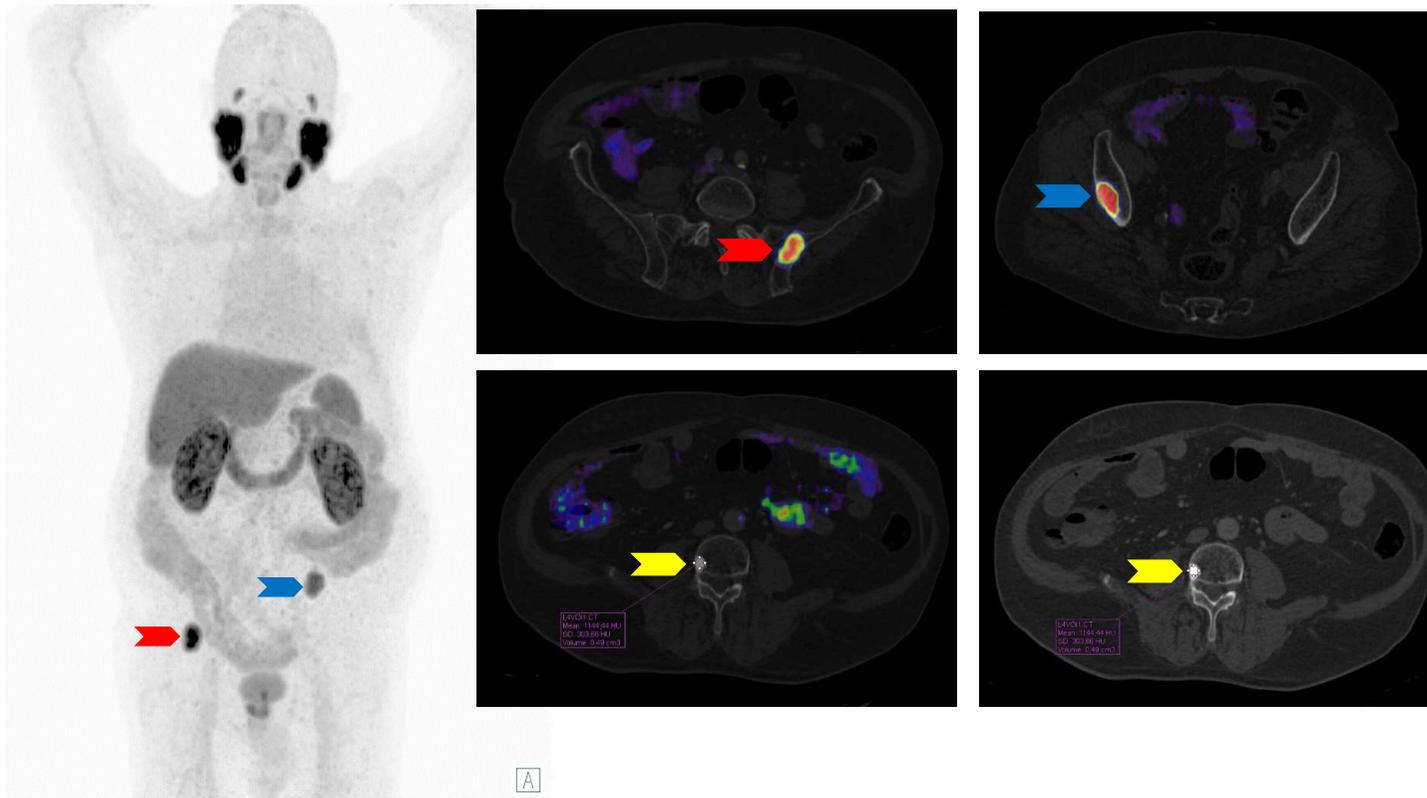
Restaging - Einzelne Knochenmetastase



- Bitte klicken Sie auf das Video-Icon auf der rechten Seite um das Video zu öffnen oder scannen Sie den QR-Code auf der linken Seite mit Ihrem Smartphone!



Restaging bei Patienten mit Verdacht auf Rezidiv - Oligometastatische Knochenmetastasen

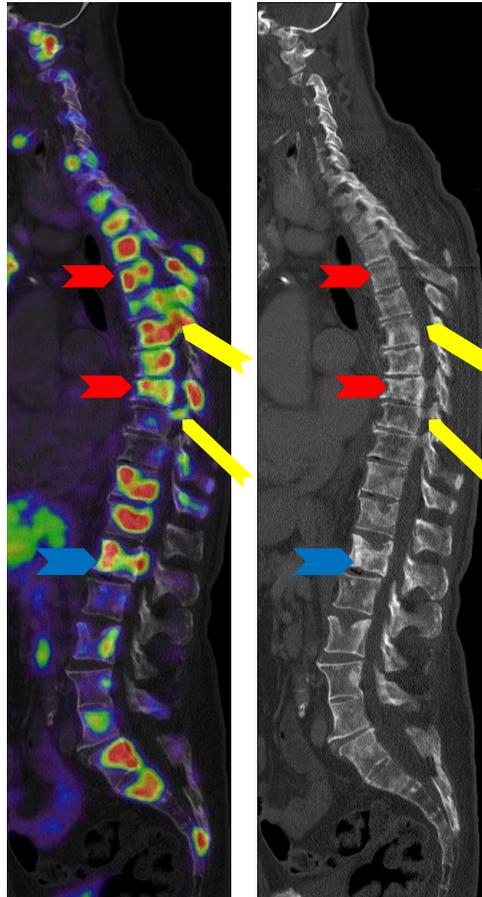


- Knochenmetastasen (rote und blaue Pfeile) vs. Knocheninsel (gelber Pfeil) Differenzialdiagnose
- Knochenmetastasen: fokaler Uptake meist mit Sklerose, kann aber auch lytisch oder gemischt sein. Die mittlere Abschwächung der sklerotischen Läsion ist geringer als 885 HU [1].
- Knocheninsel: typische Pinselränder ohne relevante PSMA-Aufnahme. Die mittlere Abschwächung der Läsion ist höher als 885 HU [1].

Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

[1] Ulano A et al. AJR Am J Roentgenol. 2016 Aug;207(2):362-8

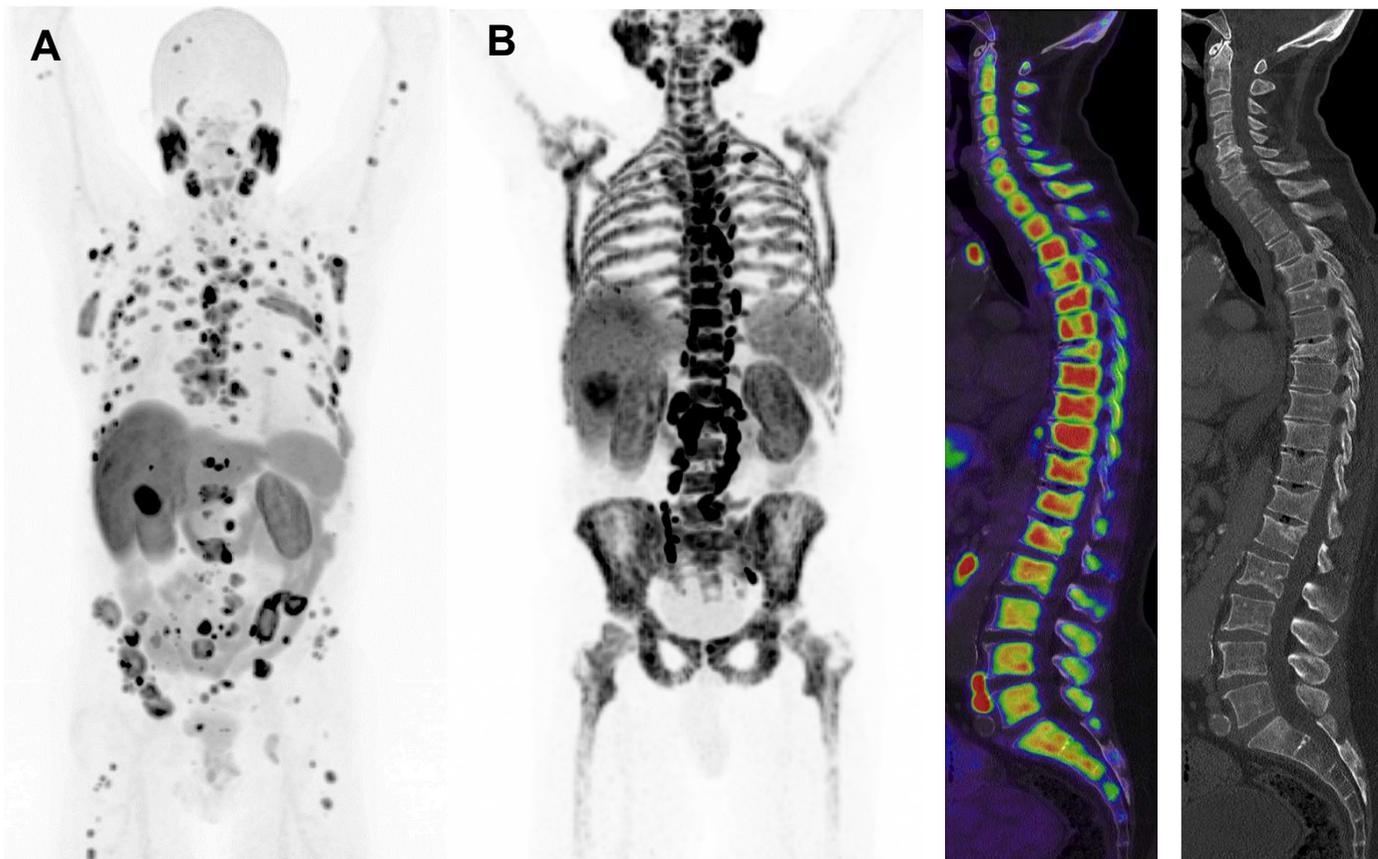
Restaging bei Patienten mit Verdacht auf Rezidiv - Disseminierte Knochenmetastasen



- Disseminierte Knochenmetastasen mit unterschiedlicher Intensität der PSMA-Expression
- Wichtige Erkenntnisse:
 - Multiple Kompressionsfrakturen (rote Pfeile)
 - Lytische Metastase des ersten Lendenwirbels mit Befall von mehr als 50 Prozent des Wirbelkörpers (blauer Pfeil)
 - Intraspinale Tumormanifestationen (gelbe Pfeile)

Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

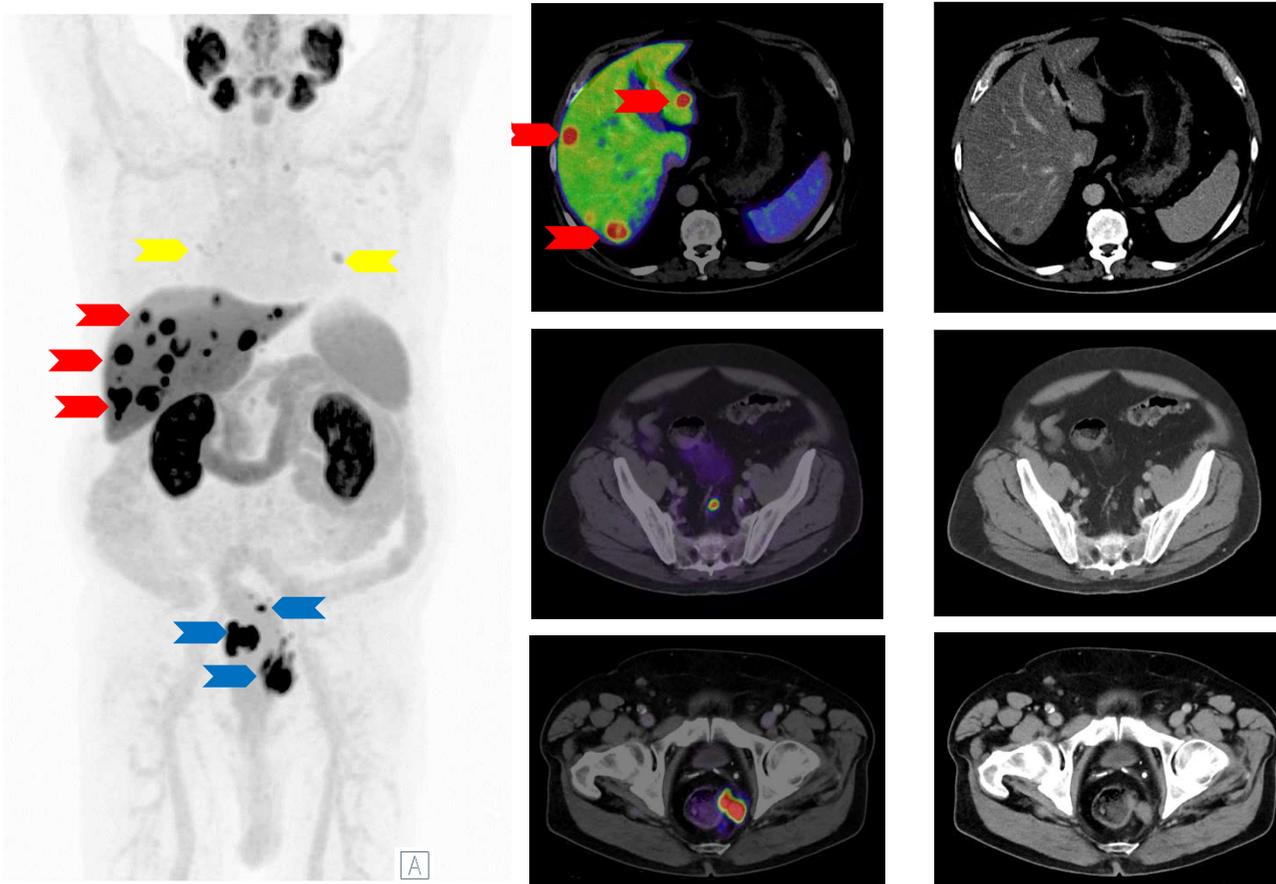
Restaging bei Patienten mit Verdacht auf Rezidiv - Diffuse Knochenmarkinfiltration



Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

- Vergleich von zwei Patienten mit unterschiedlichen Erscheinungsformen von Knochenmetastasen:
 - A - disseminierte Knochenmetastasen
 - B - diffuse Knochenmarkinfiltration (DMI)
- Disseminierte Knochenmetastasen sind durch mehrere fokale Bereiche mit Tracer-Aufnahme gekennzeichnet, während eine diffuse Knochenmarkinfiltration durch eine teilweise oder vollständige Beteiligung eines einzelnen Knochensegments oder des gesamten Skelettsystems gekennzeichnet ist.
- B - Das gesamte Skelettsystem des Patienten weist eine Tumordinfiltration auf, ähnlich dem Bild einer physiologischen Ganzkörper-Knochenaufnahme.
- Eine diffuse Knochenmarkinfiltration ist mit schlechteren Ergebnissen und niedrigeren Gesamtüberlebensraten verbunden.

Restaging bei Patienten mit Verdacht auf Rezidiv - Lebermetastasen

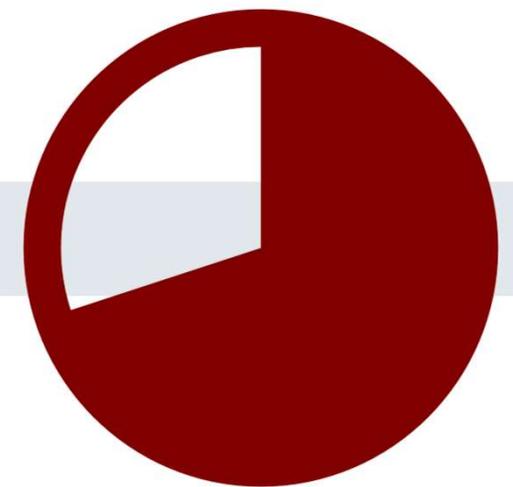


Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

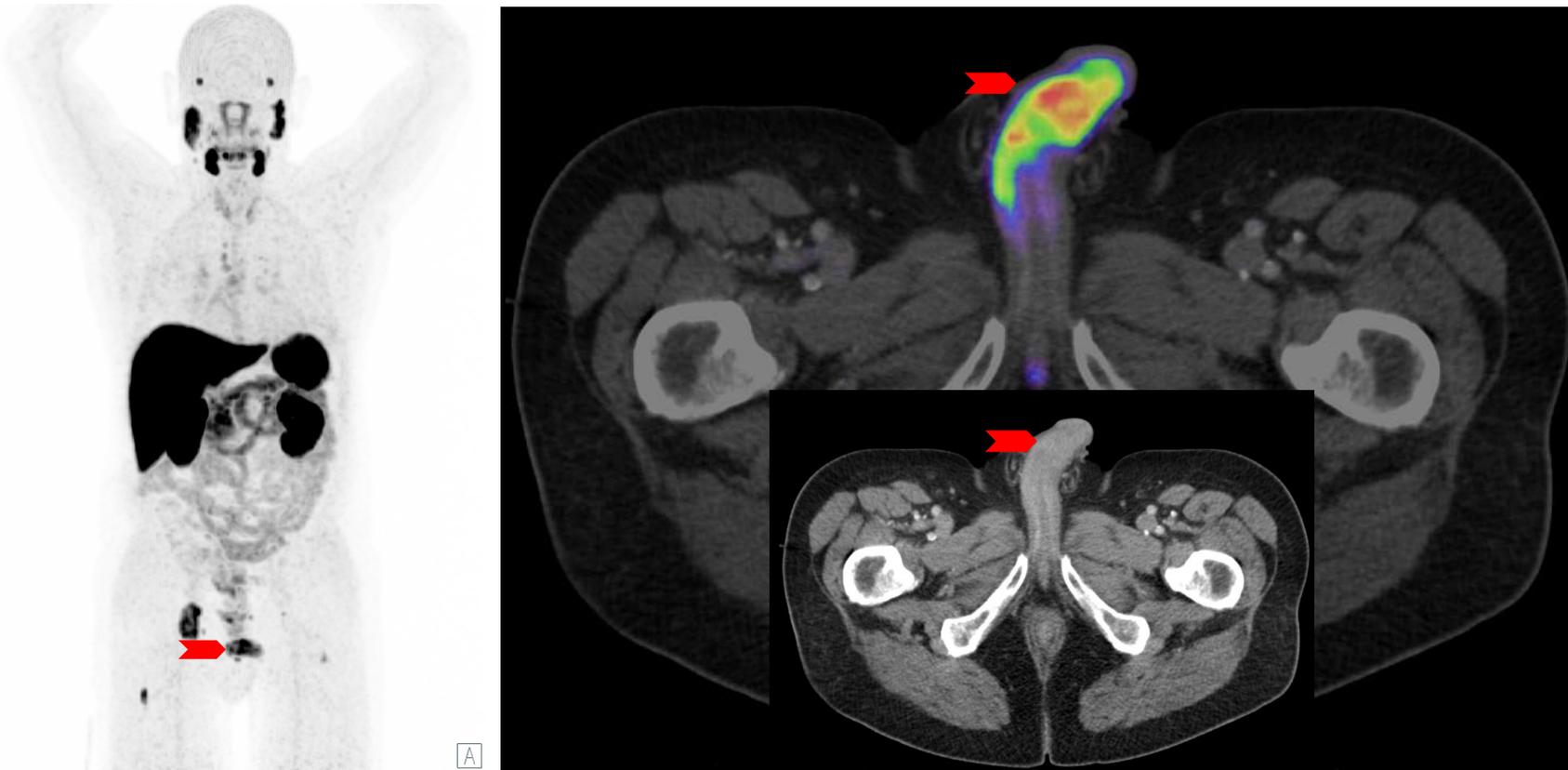
- Prostatakrebs hat die schlechteste Prognose bei Lebermetastasen im Vergleich zu anderen Metastasen.
- Diese metastatischen Knoten weisen eine Therapieresistenz in der pro-metastatischen Mikroumgebung der Leber auf; die Resistenz wird bei der Bildung der Metastasen scheinbar sowohl durch die Ruhephase als auch unabhängig von der Ruhephase der Krebszellen vermittelt[1].
- Disseminierte bi-lokale Lebermetastasen (beispielhafte rote Pfeile).
- Mehrere pararektale Lymphknotenmetastasen, einige mit Verdacht auf Infiltration des Rektums (blaue Pfeile).
- Außerdem besteht der Verdacht auf Lungen- und/oder Pleurametastasen (gelbe Pfeile).

[1] Ma B, et al. Semin Cancer Biol. 2021 Jun;71:2-9.

Seltene Lokalisation von Metastasen



Seltene Lokalisation von Metastasen - Penis-Metastasen

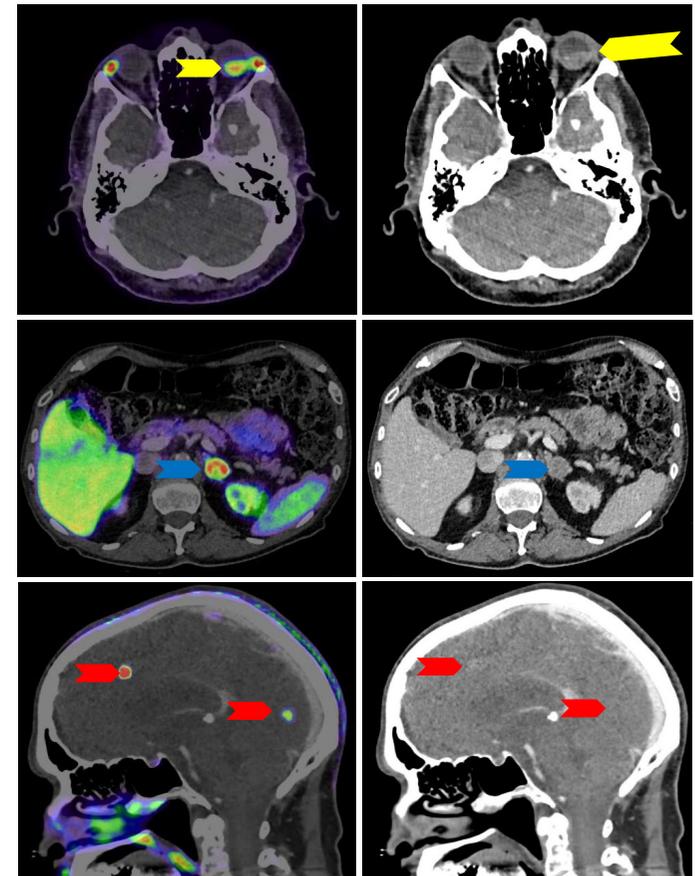
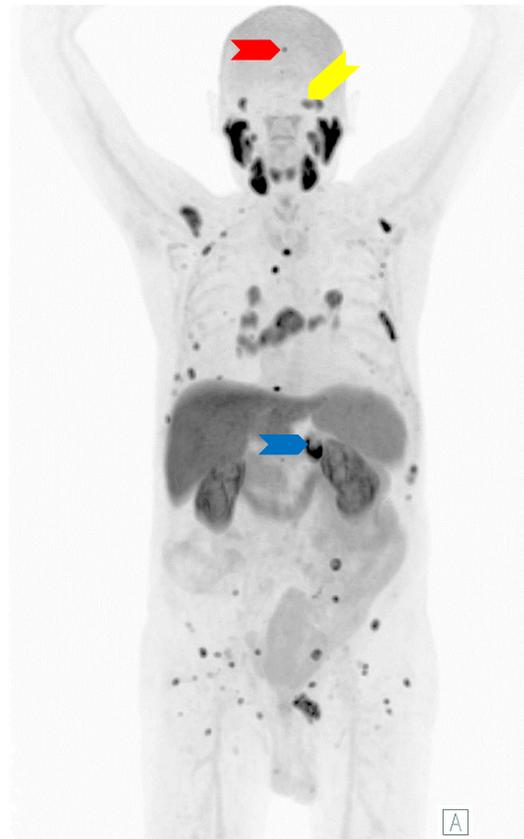


Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

- Penismetastasen sind eine seltene Form der Metastasierung von Prostatakrebs (roter Pfeil).
- In diesem Fall sind viele andere Metastasen vorhanden, einschließlich Knochen- und Lymphknotenmetastasen.
- Sie zeigen oft eine Kontrastmittelanreicherung in der entsprechenden CT-Aufnahme.
- Es ist besonders wichtig, diese Metastasen von Urinaktivität oder -kontamination zu unterscheiden.

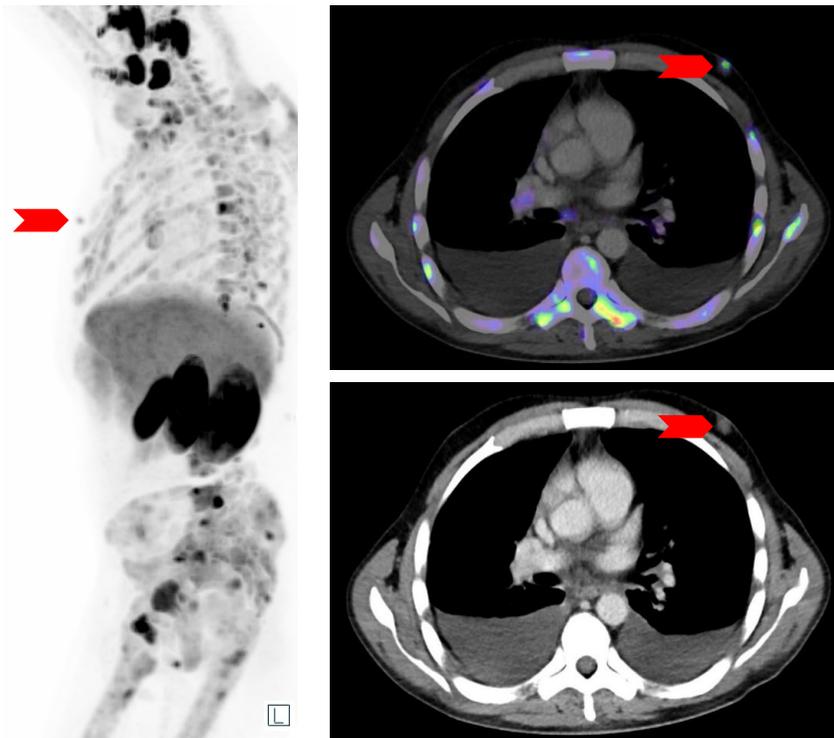
Seltene Lokalisation von Metastasen - Netzhaut-, Nebennieren- und Meningealmetastasen

- Dieser Fall zeigt ein eher atypisches Verteilungsmuster der Metastasen:
 - Netzhautmetastase (gelber Pfeil)
 - Metastasen in der Nebenniere (blauer Pfeil)
 - Meningeale Metastasen (rote Pfeile)
- In solchen Fällen kann eine histopathologische Bestätigung zum Ausschluss einer zweiten bösartigen Erkrankung sinnvoll sein.
 - Eine Biopsie der Netzhautmetastase bei diesem Patienten ergab den Nachweis einer Prostatakrebsmetastase und schloss eine zweite bösartige Erkrankung aus.

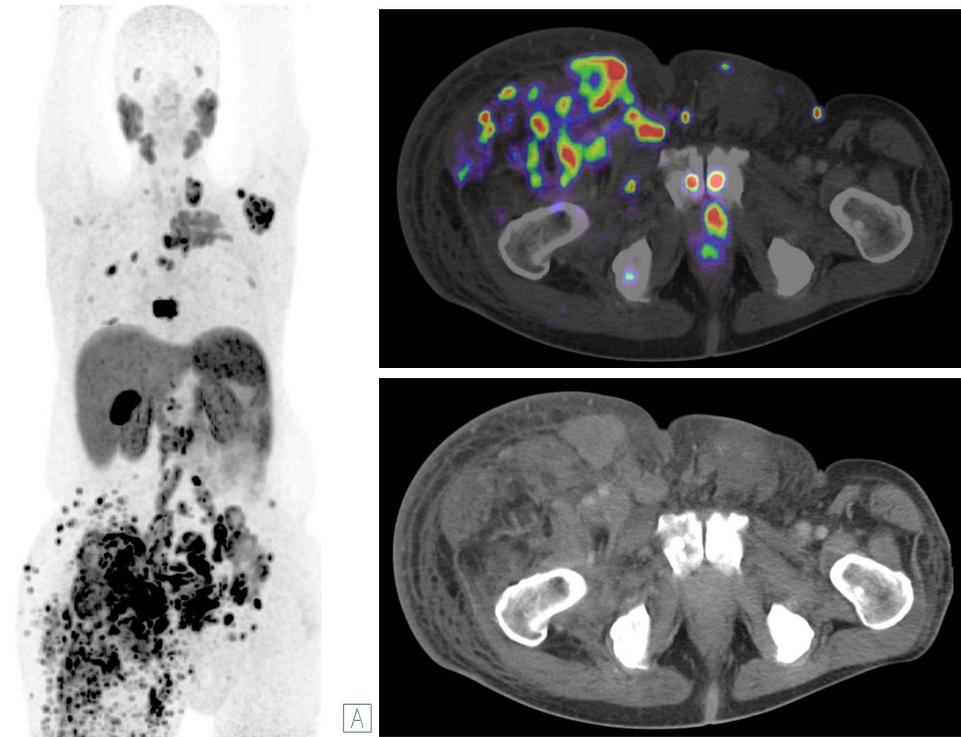


Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

Seltene Lokalisation von Metastasen - Retroareoläre, kutane, subkutane und Muskelmetastasen



- Linke retroareoläre Mammametastase (roter Pfeil)

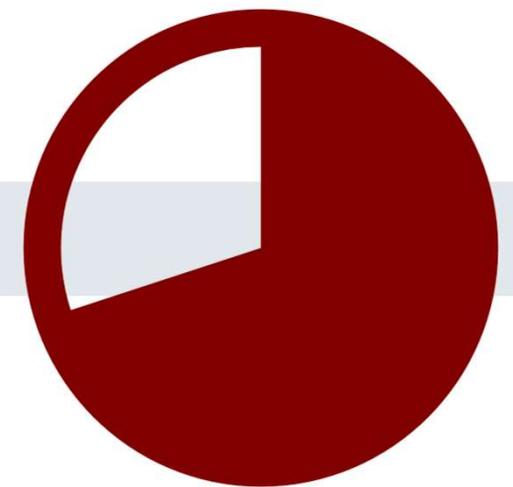


- Mehrere kutane, subkutane und Muskelmetastasen. Mögliche lymphatische Obstruktion und sekundäres Lymphödem der rechten unteren Extremität

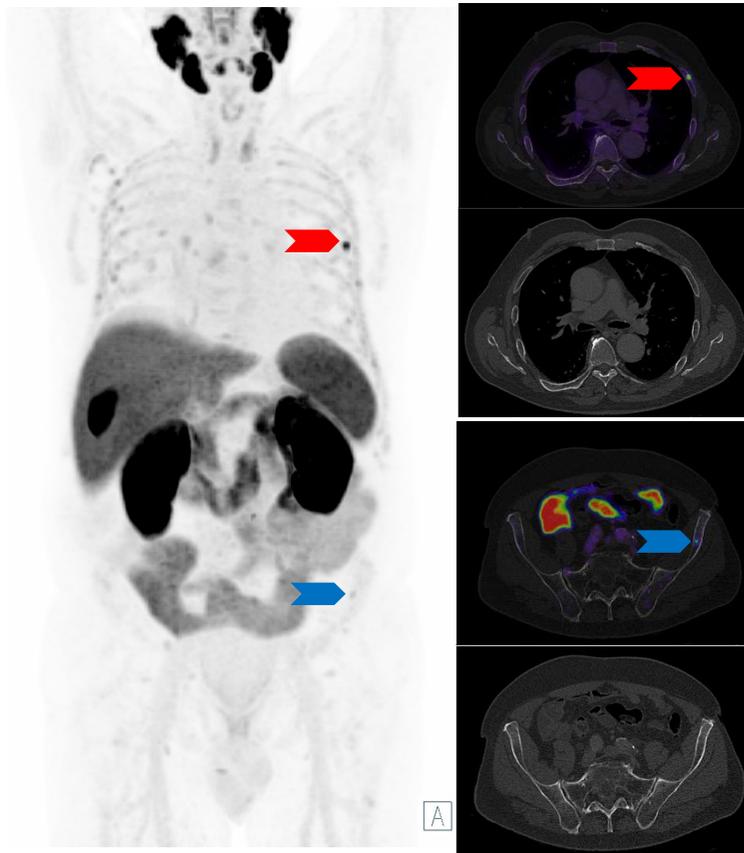
Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

Unspezifische Knochenaufnahme

Spezifische Knochenaufnahme

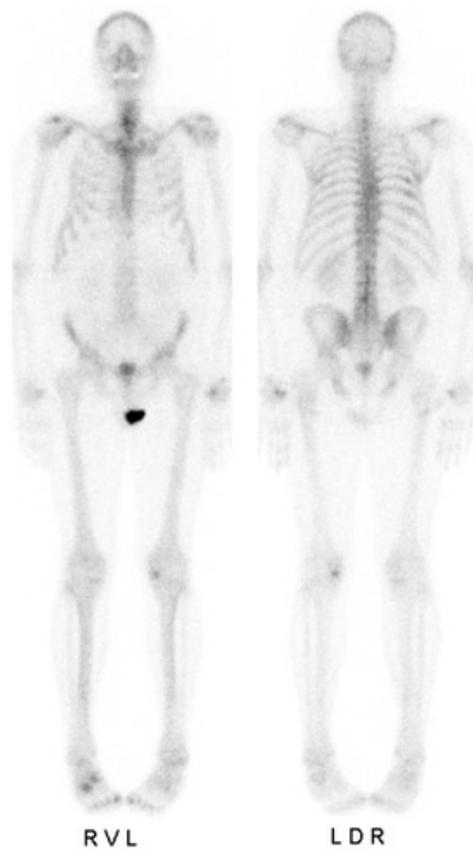


Unspezifische Knochenaufnahme



[¹⁸F]PSMA-1007 PET/CT

Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.



Knochenscan (gleicher Patient)

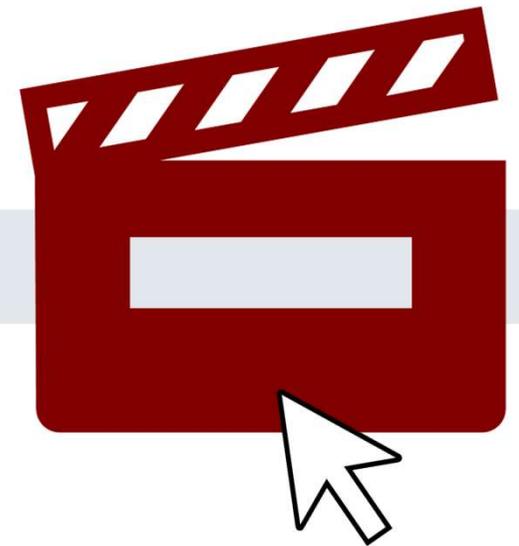
- Unspezifischer Knochen-Uptake (UBU) ist definiert als mittlerer bis moderater fokales Uptake ohne CT/MRI-Korrelation [1].
 - Normalerweise in den Rippen (roter Pfeil) und im Becken (blauer Pfeil) vorkommend
- Selten handelt es sich um Knochenmetastasen eines Prostatakarzinoms
- Mögliche Erklärungen für die Aufnahme in den Knochen [2]:
 - Aktivierte Granulozyten im Knochenmark
 - Fokale Knochenmarkinseln
 - Radiologisch unentdeckte andere Knochenläsionen
 - Unkonjugiertes Fluor → eher diffus
 - Myeloprophelerative Erkrankungen → eher diffus
- Diagnostische Empfehlungen:
 - UBU mit Uptake < Milz und ohne andere Metastasen → gutartig
 - UBU mit Aufnahme > Milz und ohne andere Metastasen → mehrdeutig bis positiv (je nach individuellem Risiko können weitere Untersuchungen vorgeschlagen werden)
 - UBU mit Uptake > Milz und Vorhandensein anderer Metastasen → positiv

[1] Arnfield EG et al. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2021 Dec;48(13):4495-4507
 [2] Seifert R et al. J Nucl Med. 2023 64(5):738-743

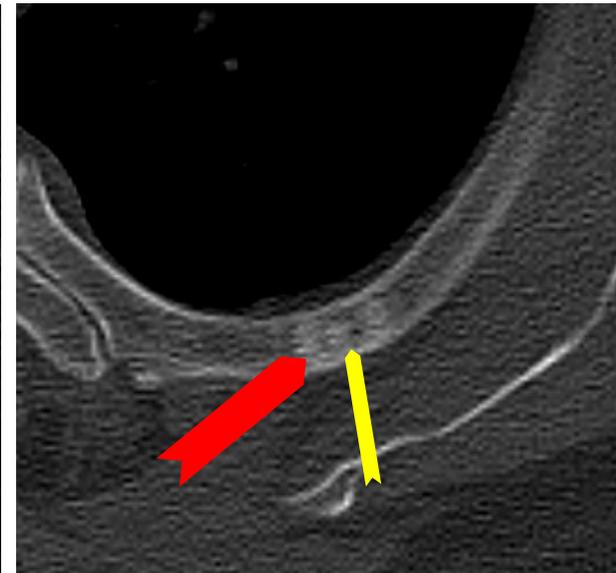
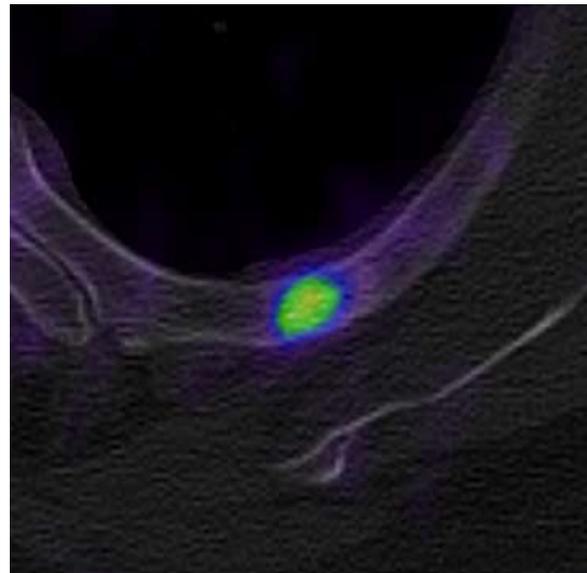
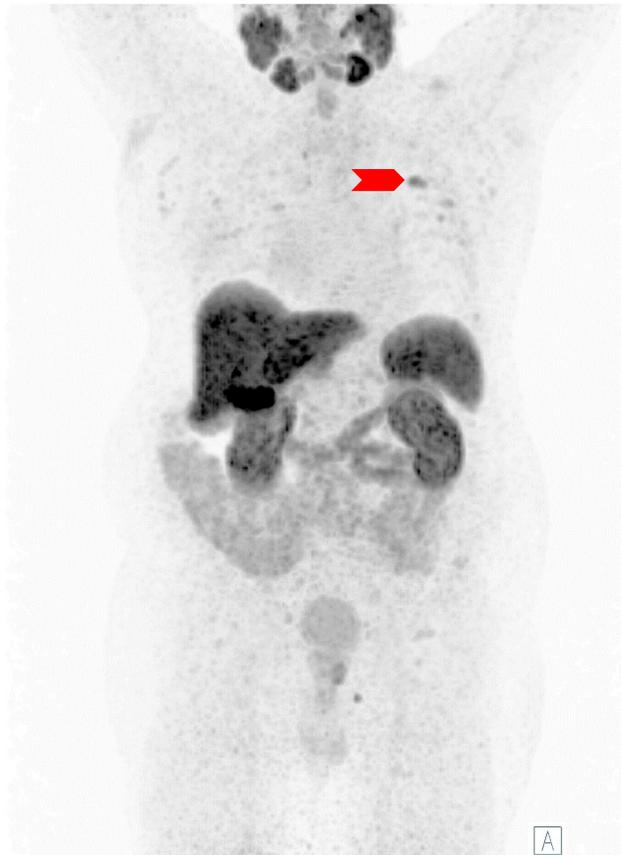
Unspezifische Knochenaufnahme



- Bitte klicken Sie auf das Video-Icon auf der rechten Seite um das Video zu öffnen oder scannen Sie den QR-Code auf der linken Seite mit Ihrem Smartphone!



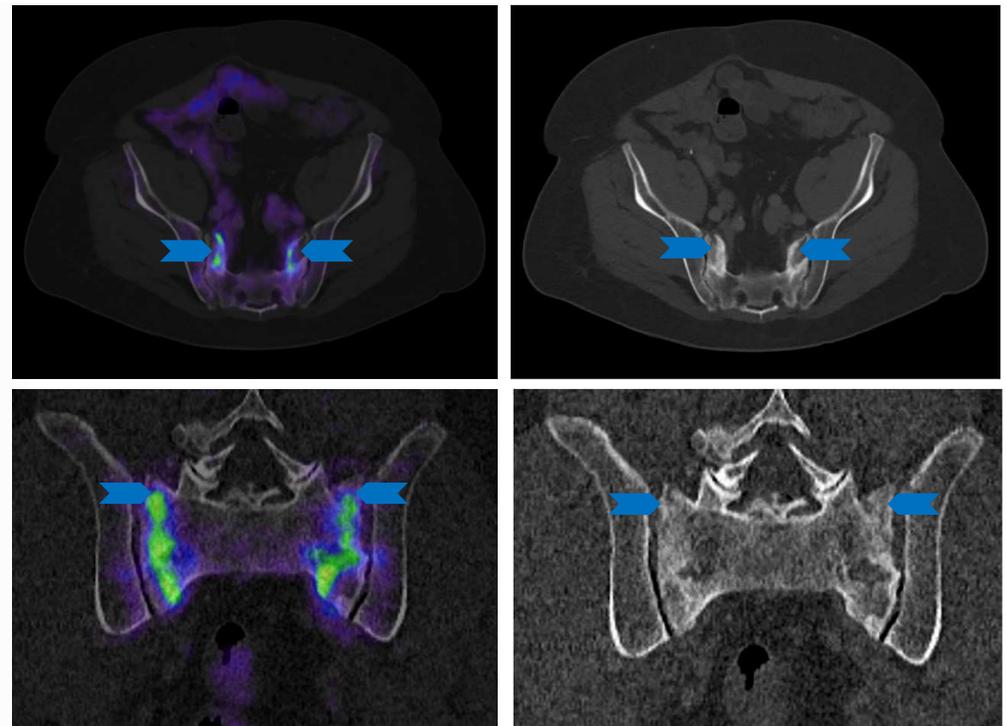
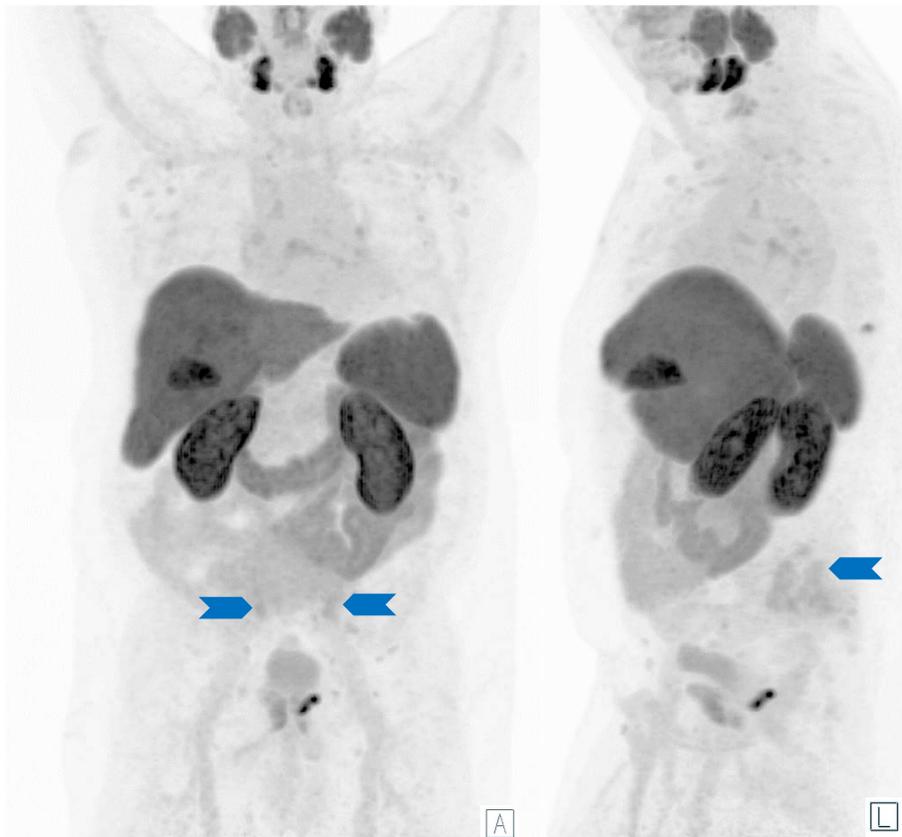
Spezifische Knochenaufnahme - Osteoidosteom



- < 2 cm große Knochenläsion mit zentraler Sklerose, genannt Nidus (gelber Pfeil), periphere reaktive Sklerose (roter Pfeil) → Typisch für Osteoidosteom
- Je nach den individuellen Risikofaktoren können weitere Untersuchungen vorgeschlagen werden (z. B. eine MRT).

Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

Spezifische Knochenaufnahme - Therapiebedingte Falsch-Positive

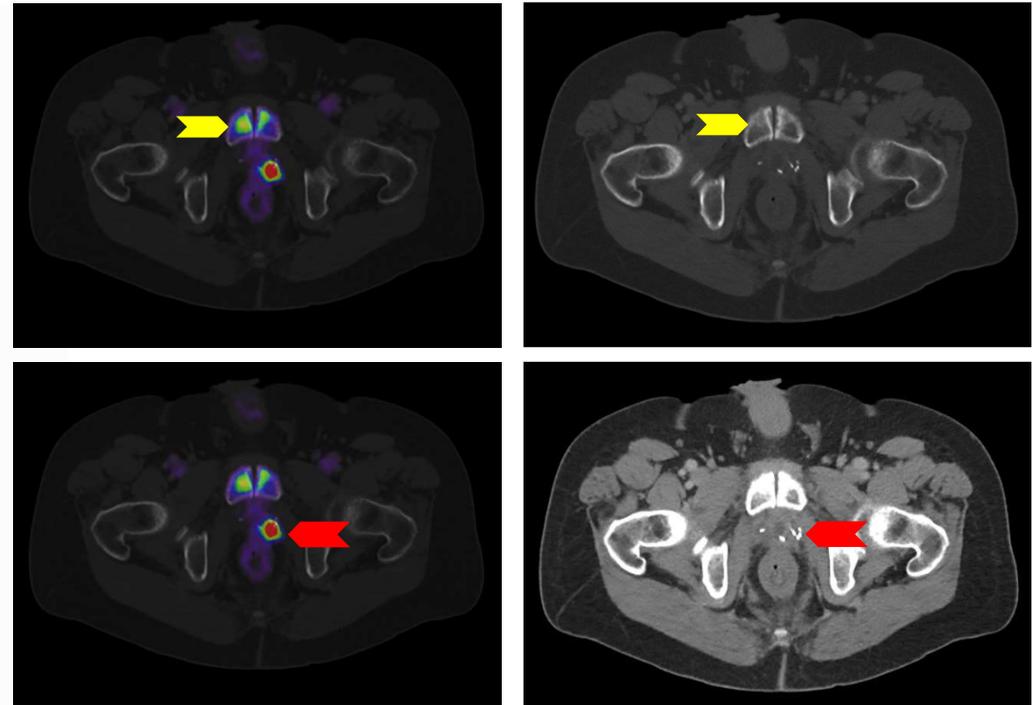
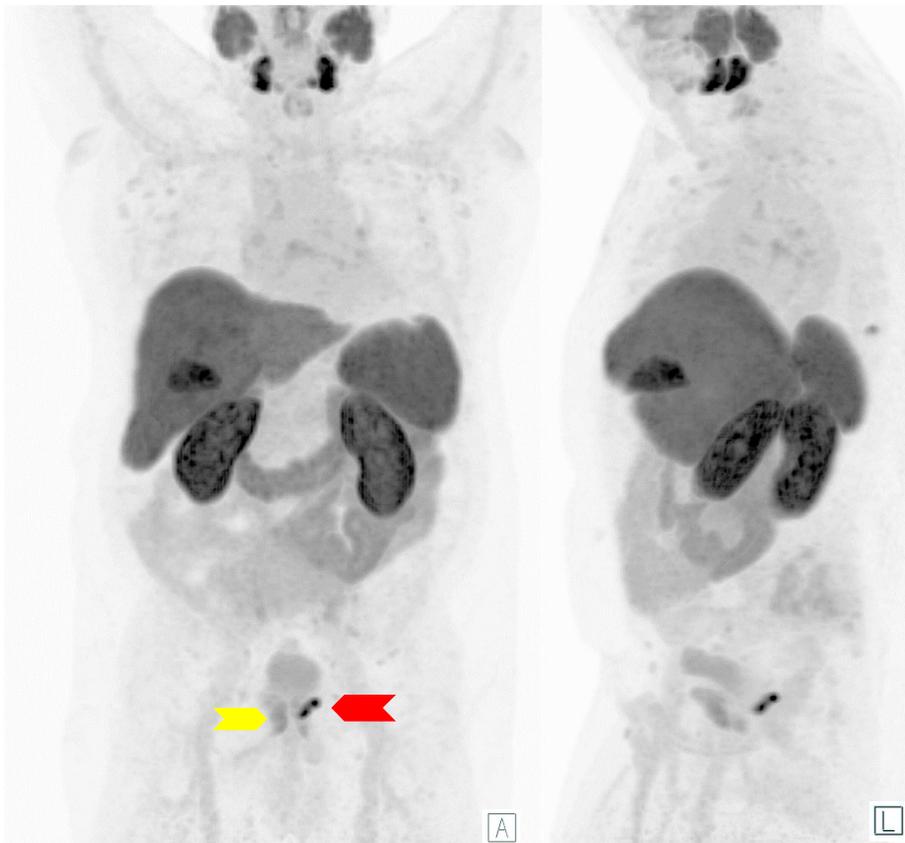


- Eine Strahlentherapie des Beckens in der Vorgeschichte kann eine Symphysen- und Sakralinsuffizienzfraktur verursachen (blaue Pfeile)

- Beide weisen eine geringe bis mäßige PSMA-Expression/Aufnahme auf.

Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

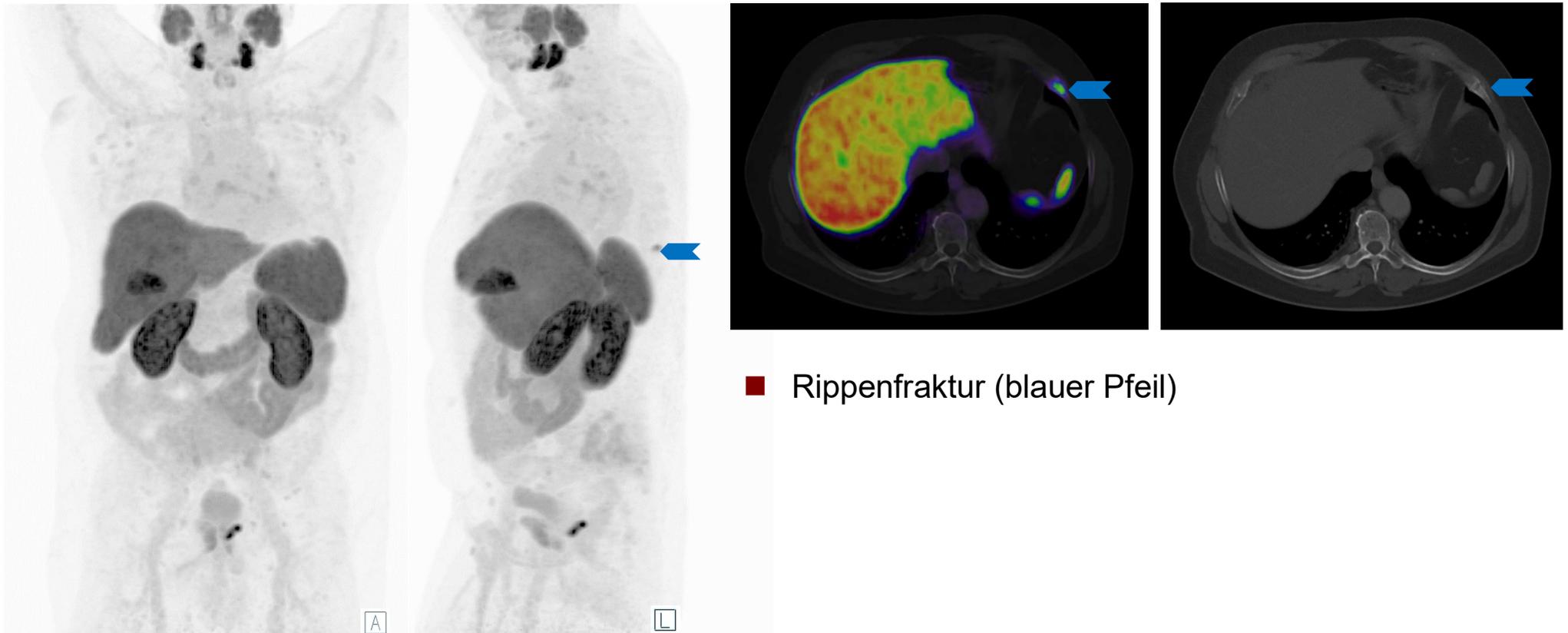
Spezifische Knochenaufnahme - Therapiebedingte Falsch-Positive



- Eine Strahlentherapie des Beckens in der Vorgeschichte kann eine Symphysen- und Sakralinsuffizienzfraktur verursachen (gelbe Pfeile)
 - Beide weisen eine geringe bis mäßige PSMA-Expression/Aufnahme auf.
- Wiederauftreten von Prostatakrebs (roter Pfeil)

Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

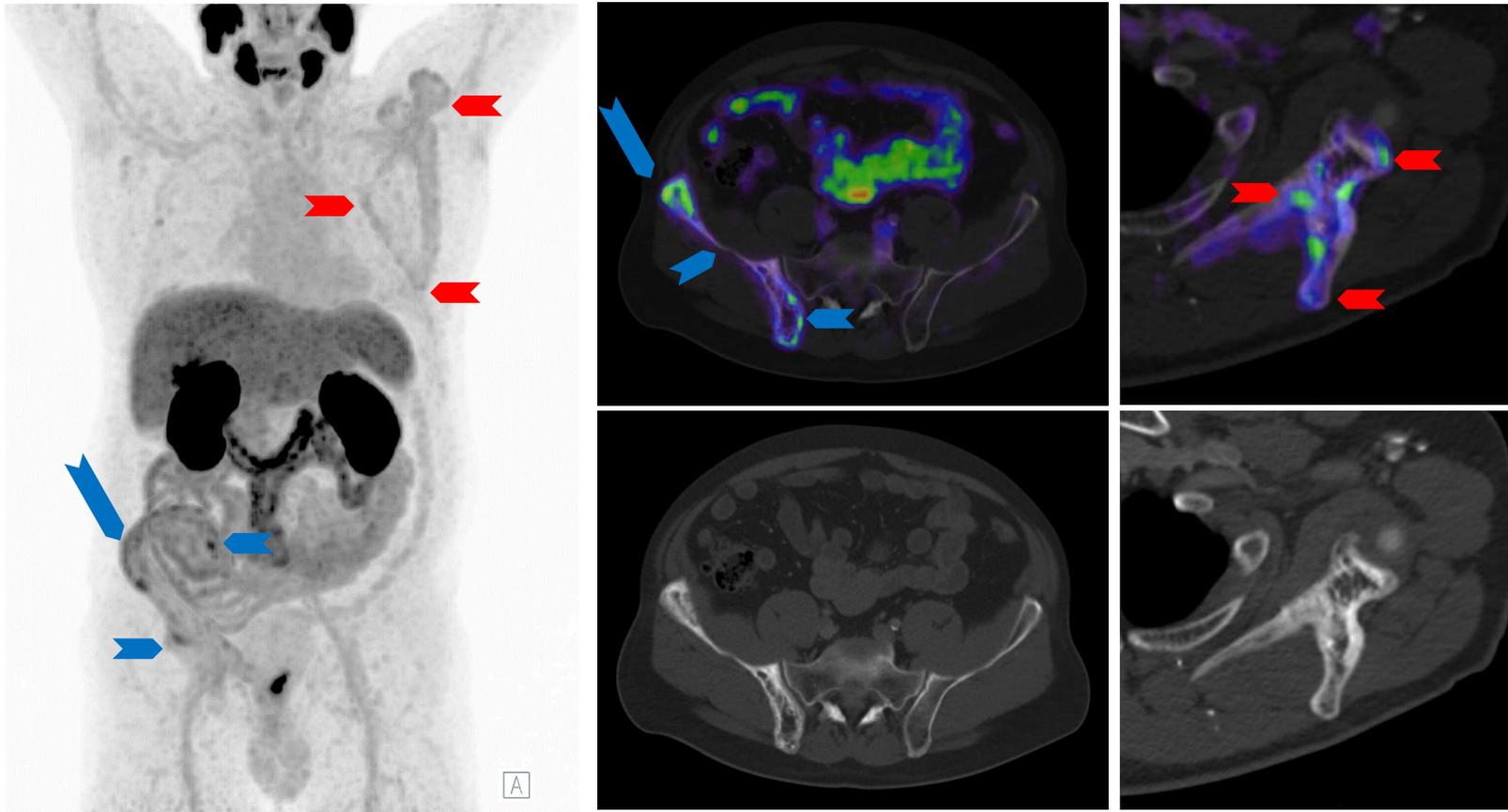
Spezifische Knochenaufnahme - Therapiebedingte Falsch-Positive



■ Rippenfraktur (blauer Pfeil)

Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

Spezifische Knochenaufnahme - Paget-Krankheit



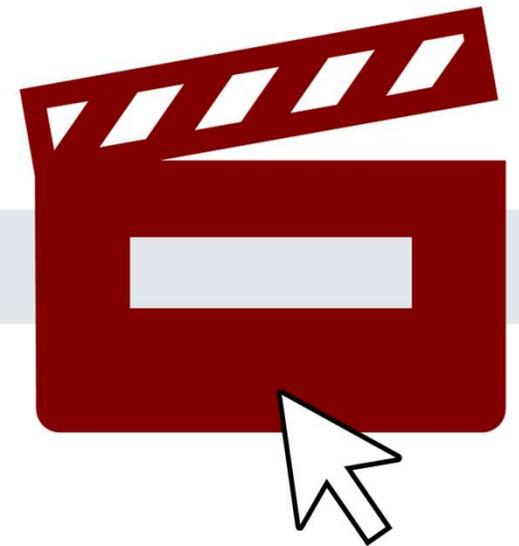
- Paget-Krankheit des rechten Beckens (blaue Pfeile) und des linken Schulterblatts (rote Pfeile) mit typischen Anzeichen einer kortikalen Verdickung und trabekulären Vergrößerung des Knochens
 - Das Niveau der PSMA-Expression kann bis zu stark schwanken

Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

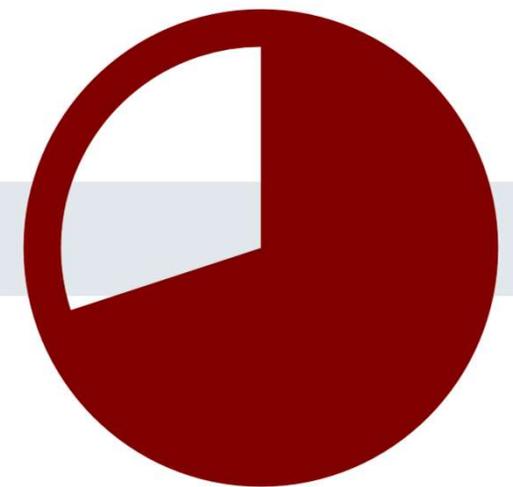
Spezifische Knochenaufnahme - Paget-Krankheit



- Bitte klicken Sie auf das Video-Icon auf der rechten Seite um das Video zu öffnen oder scannen Sie den QR-Code auf der linken Seite mit Ihrem Smartphone!



Andere maligne Erkrankungen mit PSMA-Aufnahme (Beispiele)

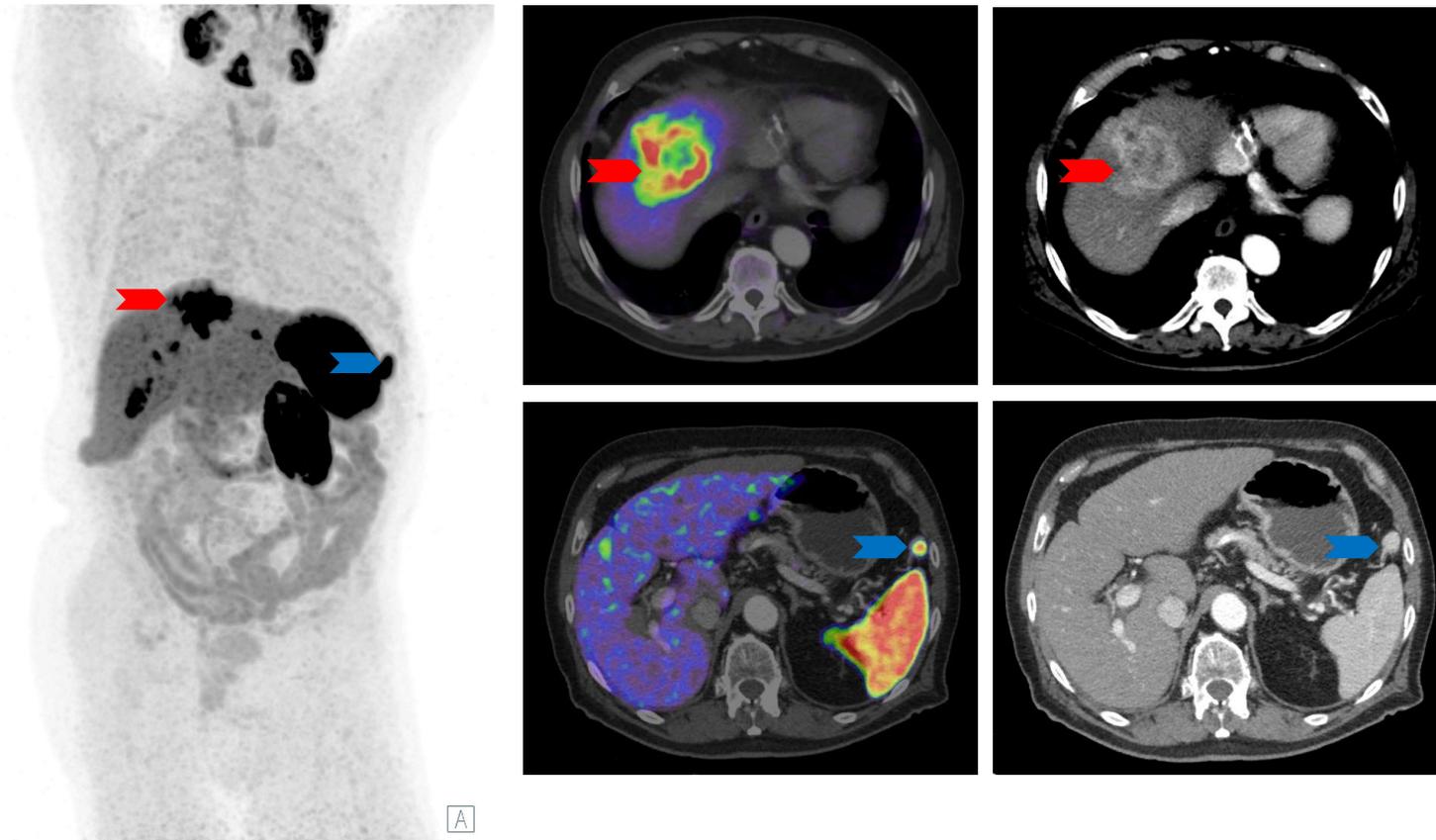


Andere maligne Erkrankungen mit PSMA-Aufnahme - Hepatozelluläres Karzinom

- Da Prostatakrebs dazu neigt, in die Leber zu metastasieren, ist es von entscheidender Bedeutung, eine umfassende klinische Untersuchung durchzuführen und eine genaue Anamnese zu erheben (einschließlich Faktoren wie ISUP-Gradgruppe, PSA-Werte, klinische Vorgeschichte und andere potenzielle Organmetastasen), um zwischen primären Leberläsionen und metastasiertem Prostatakrebs zu unterscheiden.
 - Die Tatsache, dass Lebermetastasen dazu neigen, sich zu entdifferenzieren, erschwert den Differenzierungsprozess, der allein auf der PSMA-Aufnahme beruht, zusätzlich.
- Das Gesamtüberleben war bei Patienten ohne PSMA-Expression tendenziell länger als bei Patienten mit PSMA-Expression (medianes Gesamtüberleben: 4,2 vs. 1,9 Jahre; $P = 0,273$).
- Die mRNA-Expression von FGF14 (Fibroblasten-Wachstumsfaktor 14) korrelierte positiv ($\rho = 0,70$; $P = 1,70 \times 10^{-5}$) und MAD1L1 (Mitotic spindle assembly checkpoint protein MAD1) korrelierte negativ mit der PSMA-Expression ($\rho = -0,753$; $P = 1,58 \times 10^{-6}$).
- Bei 31 Patienten mit 39 HCC-Läsionen wurde eine PET-Untersuchung durchgeführt; 64 % ($n = 25$) der Läsionen wiesen einen ausgeprägten standardisierten $[^{68}\text{Ga}]$ PSMA-11-Aufnahmewert auf: SUVmax (Median [Bereich] 9,2 [4,9-28,4]), SUVmittelwert 4,7 (2,4-12,7)
- Die Ex-vivo-Expression von PSMA in der Neovaskulatur von HCC führt zu einer ausgeprägten Tumoravidität bei $[^{68}\text{Ga}]$ PSMA-1-PET, was darauf hindeutet, dass PSMA ein potenzielles theranostisches Ziel bei Patienten mit HCC ist.

*Thompson et al. Hepatol Commun. 2022 May;6(5):1172-1185.

Andere maligne Erkrankungen mit PSMA-Aufnahme - Hepatozelluläres Karzinom



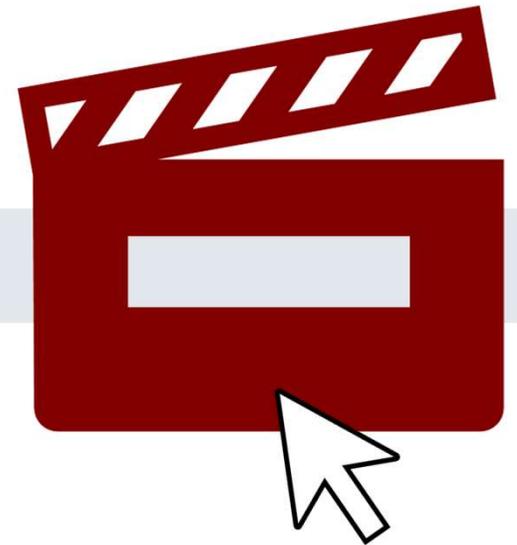
Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

- Die meisten hepatozellulären Karzinome (HCC) weisen eine erhöhte PSMA-Expression auf, die mit Hilfe von PSMA-PET/CT-Scans nachgewiesen werden kann. Es liegen mehrere HCC-Tumorläsionen vor (beispielhafter roter Pfeil). Akzessorische Milz (blauer Pfeil)

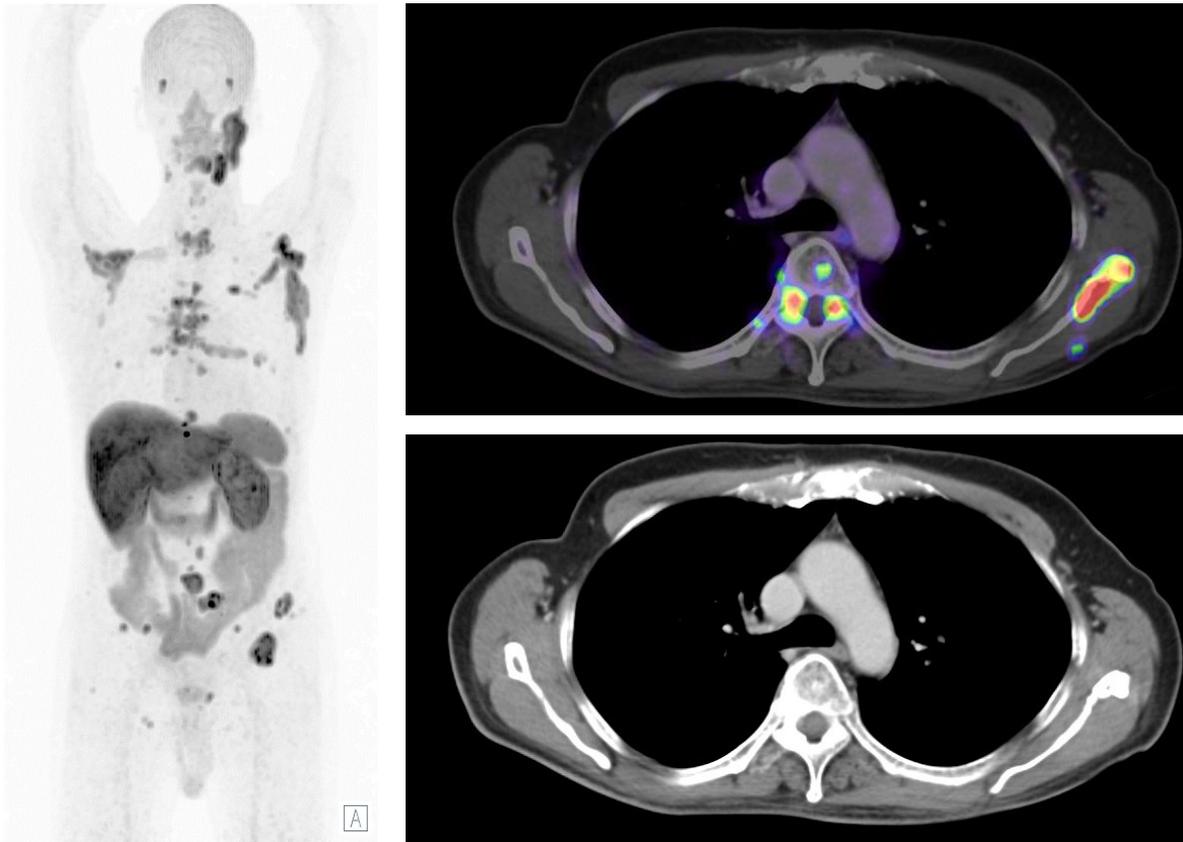
Andere maligne Erkrankungen mit PSMA-Aufnahme - Hepatozelluläres Karzinom



- Bitte klicken Sie auf das Video-Icon auf der rechten Seite um das Video zu öffnen oder scannen Sie den QR-Code auf der linken Seite mit Ihrem Smartphone!



Andere maligne Erkrankungen mit PSMA-Aufnahme - Adenoid-zystisches Karzinom (ACC)



Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

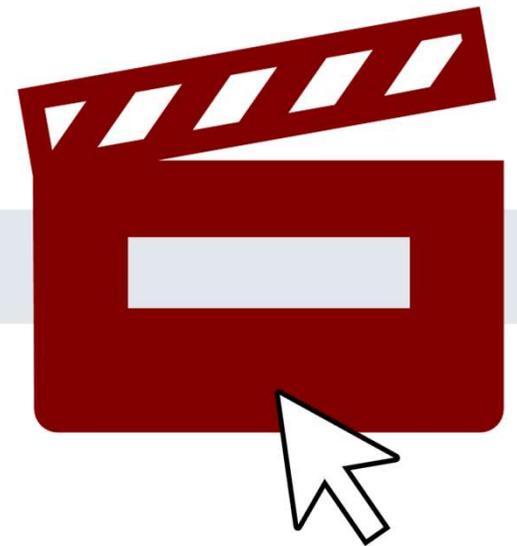
- Ähnlich wie die physiologische Expression von PSMA in den Speicheldrüsen können auch Speicheldrüsenkarzinome und deren Metastasen eine erhöhte PSMA-Expression aufweisen. Daher muss bei jeder Untersuchung eine individuelle Fensterung durchgeführt werden, um zwischen physiologischer Aufnahme und potenzieller pathologischer Aufnahme in den Speicheldrüsen zu unterscheiden.
- Die Bilder zeigen einen Patienten mit einem in den Knochen metastasierten ACC. In der Vergangenheit wurde eine Resektion der rechten Ohrspeicheldrüse oder des Primärtumors in der rechten Ohrspeicheldrüse durchgeführt.
- Trotz der geringen Anzahl von Studien und der großen Schwankungsbreite der PSMA-Aufnahme bei ACC innerhalb eines Patienten und zwischen verschiedenen Tumoren hat die PSMA-PET vielversprechende Aussichten als diagnostische und radiotherapeutische Option [1].

[1] Tan BF et al. Cancers (Basel). 2022 Jul 22;14(15):3585

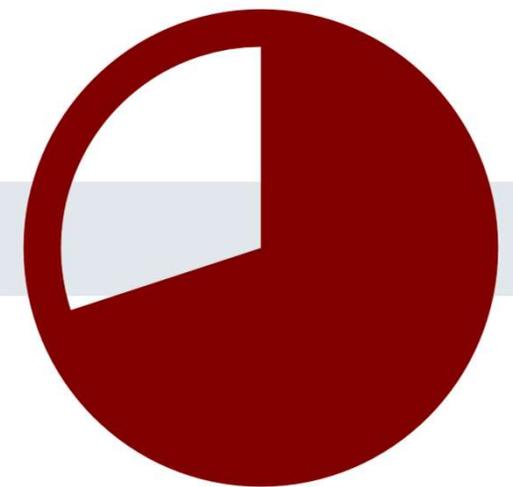
Andere maligne Erkrankungen mit PSMA-Aufnahme - Adenoid-zystisches Karzinom (ACC)



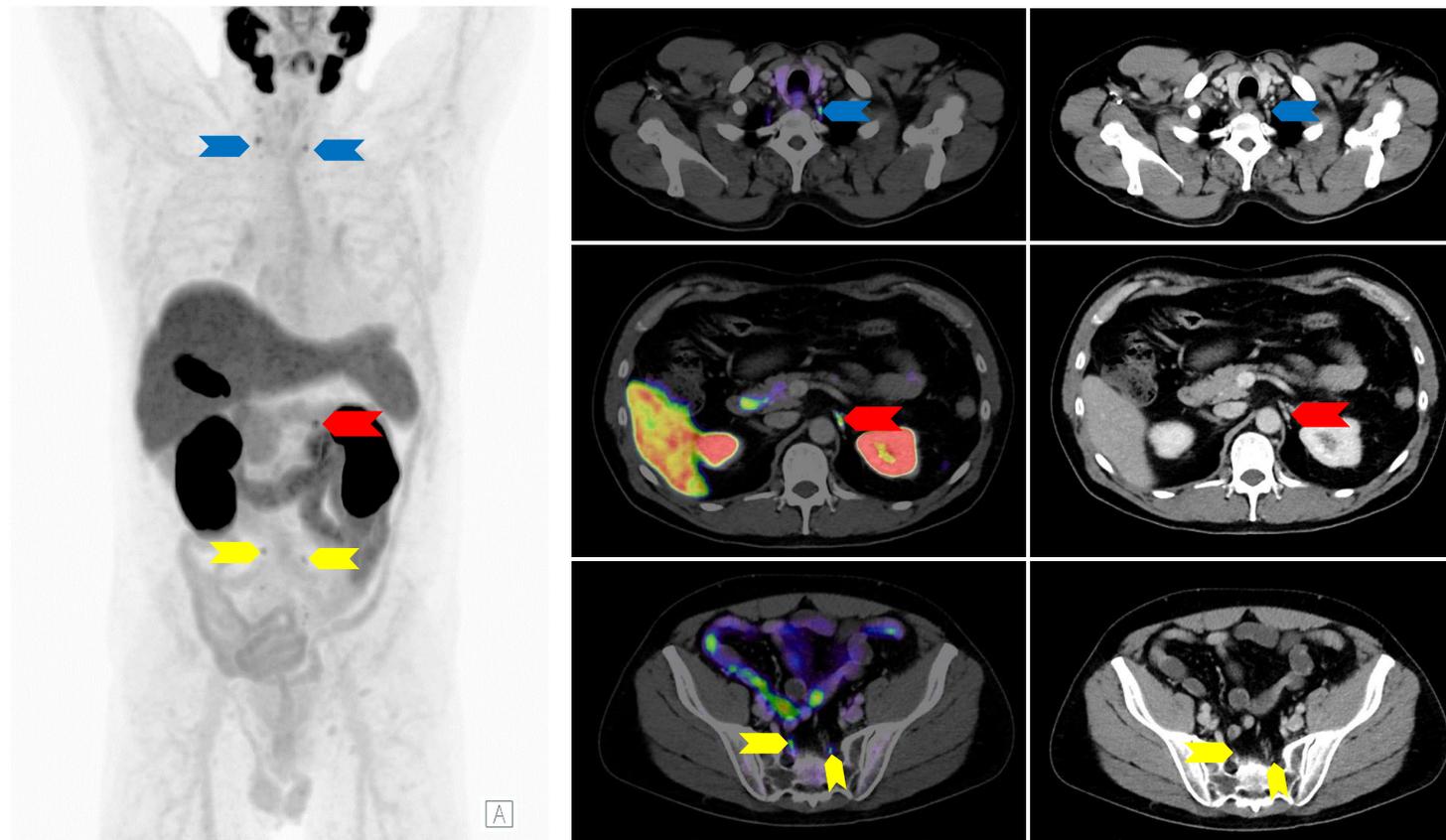
- Bitte klicken Sie auf das Video-Icon auf der rechten Seite um das Video zu öffnen oder scannen Sie den QR-Code auf der linken Seite mit Ihrem Smartphone!



Fallstricke



Fallstricke - Ganglien des sympathischen Stammes



- Physiologische [^{18}F]PSMA-1007-Aufnahme in Ganglien des Sympathikus ist sehr häufig
- In manchen Fällen kann es schwierig sein, diese von Lymphknotenmetastasen zu unterscheiden. Nützliche Kriterien für die Unterscheidung zwischen Ganglien und Lymphknotenmetastasen sind unter anderem:
 - Symmetrisches Auftreten
 - Spezifische anatomische Orientierungspunkte (zervikal (blaue Pfeile), zöliakal (roter Pfeil), sacral (gelbe Pfeile))
 - Bandförmige oder tropfenförmige Konfiguration

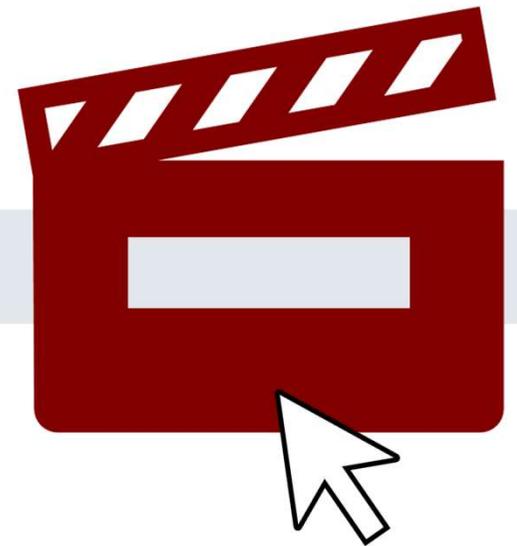
Rischpler C, et al. J Nucl Med. 2018; 59(9):1406-1411.

Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

Fallstricke - Ganglien des sympathischen Stammes



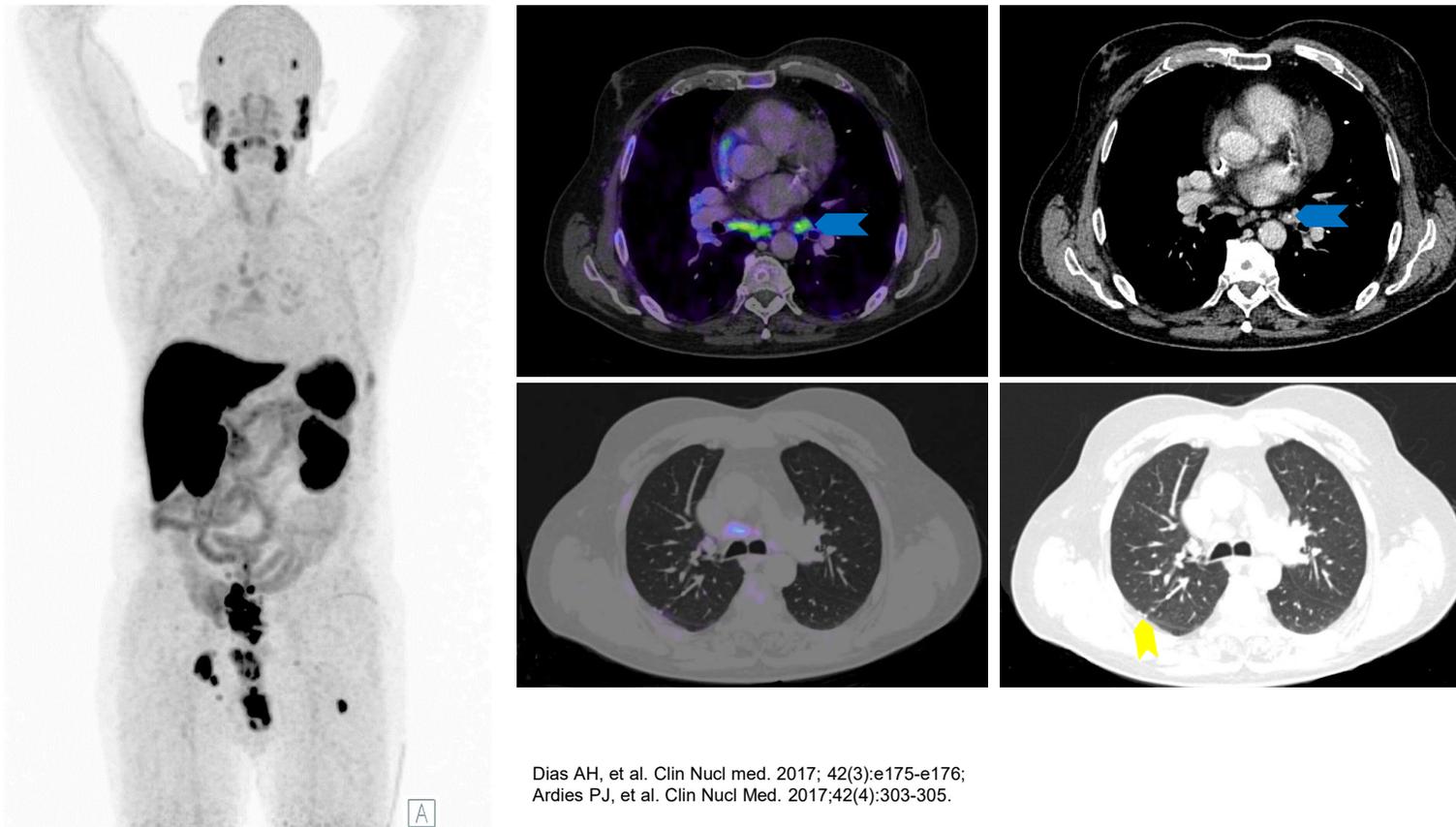
- Bitte klicken Sie auf das Video-Icon auf der rechten Seite um das Video zu öffnen oder scannen Sie den QR-Code auf der linken Seite mit Ihrem Smartphone!



Fallstricke - Sarkoidose

- Ähnlich wie bei anderen Krebsarten und PET-Tracern kann auch die Sarkoidose eine schwierige Differenzialdiagnose darstellen. Am häufigsten sind bei der Sarkoidose die bilären und mediastinalen Lymphknoten betroffen. Da es sich hierbei um einen seltenen Ort der Metastasierung bei Prostatakrebs handelt, der typischerweise erst in fortgeschrittenen Stadien auftritt, ist es von entscheidender Bedeutung, die Krankengeschichte des Patienten sorgfältig zu untersuchen, um die Wahrscheinlichkeit eines solchen Metastasierungsmusters zu ermitteln.

Fallstricke - Sarkoidose



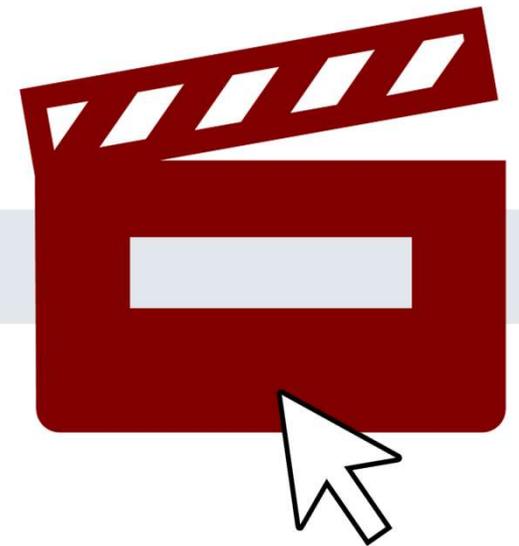
Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

- Typische Lungen- und Mediastinalbefunde bei Sarkoidose
 - Das vordere Mediastinum bleibt verschont
 - Hilar-Paratracheal-Lymphknoten - Symmetrisches Auftreten
 - 25-50% Verkalkung+ (blauer Pfeil)
 - <3 mm große perilymphatische Knötchen
 - Bronchovaskuläre, interlobuläre, subpleurale Knötchen (gelber Pfeil)
 - Oft obere Lappen

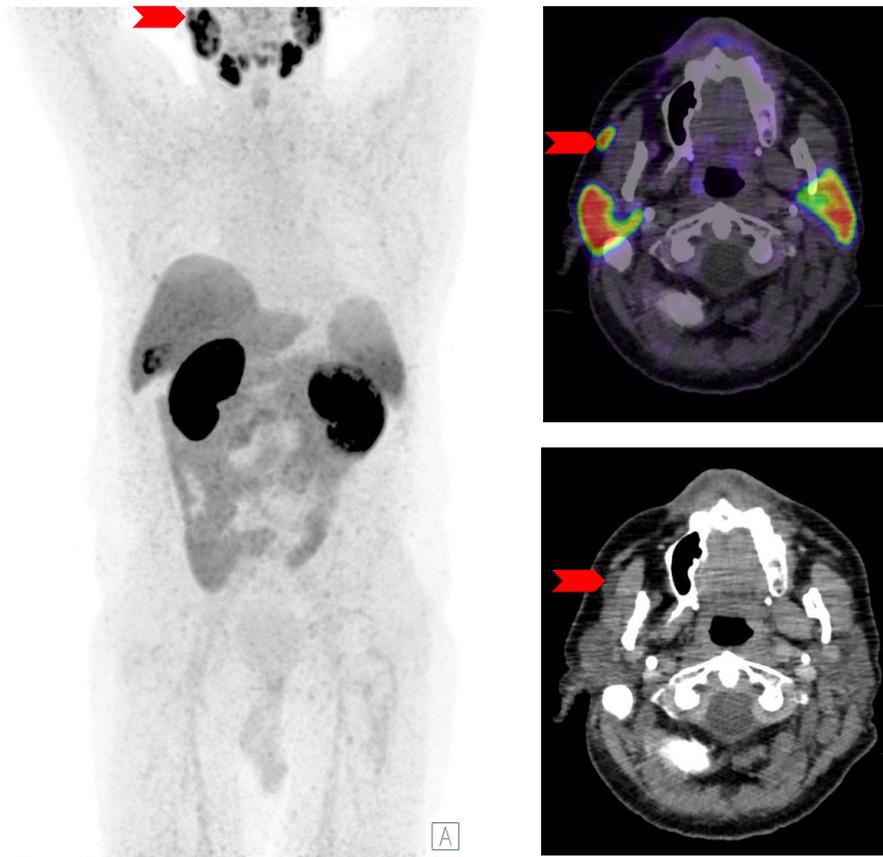
Fallstricke - Sarkoidose



- Bitte klicken Sie auf das Video-Icon auf der rechten Seite um das Video zu öffnen oder scannen Sie den QR-Code auf der linken Seite mit Ihrem Smartphone!



Fallstricke - Akzessorische Speicheldrüse



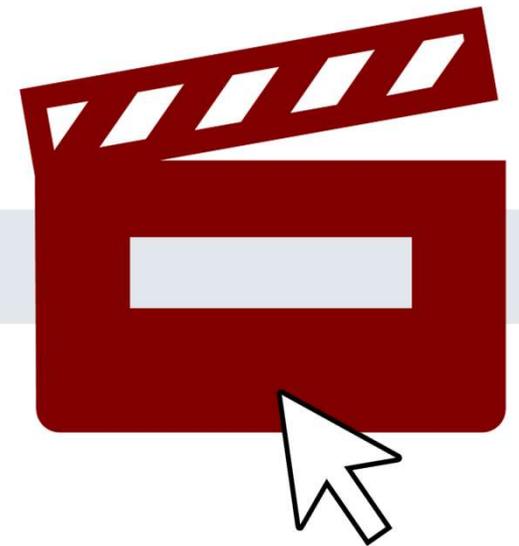
- Akzessorische Speicheldrüsen (roter Pfeil), insbesondere die der Ohrspeicheldrüse, sind eine häufige anatomische Variation und sollten nicht mit Speicheldrüsenmalignomen oder Weichteilmetastasen des Prostatakarzinoms verwechselt werden.
- Diese finden sich häufig im Unterhautfettgewebe der Wange oder entlang der Speicheldrüsenengänge.

Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

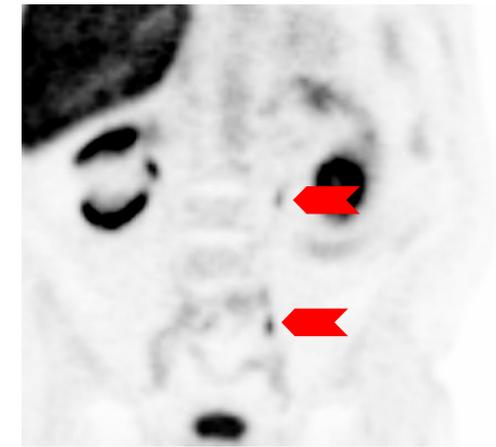
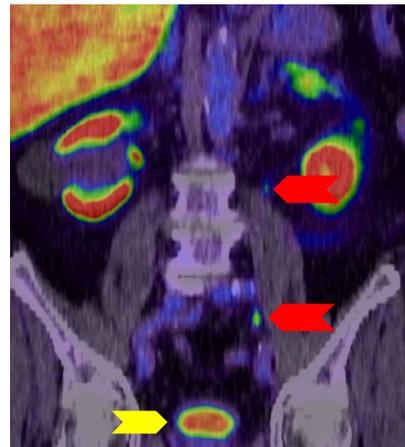
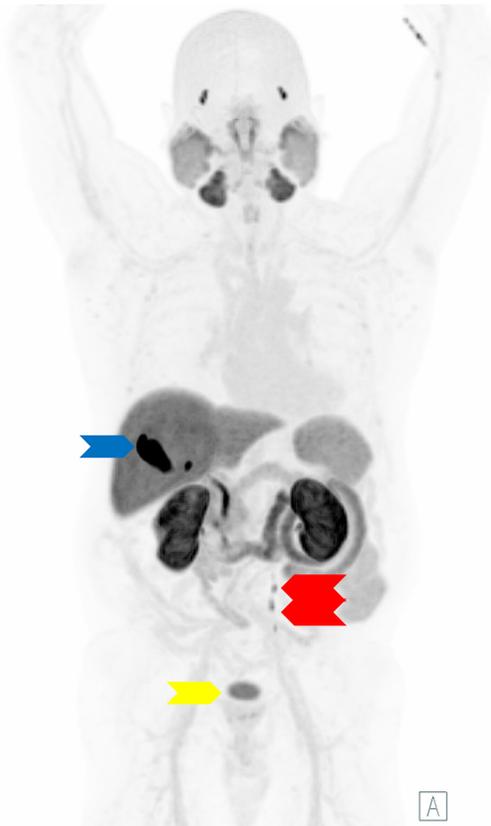
Fallstricke - Akzessorische Speicheldrüse



- Bitte klicken Sie auf das Video-Icon auf der rechten Seite um das Video zu öffnen oder scannen Sie den QR-Code auf der linken Seite mit Ihrem Smartphone!



Fallstricke - Restaktivität in der Blase und im linken Ureter



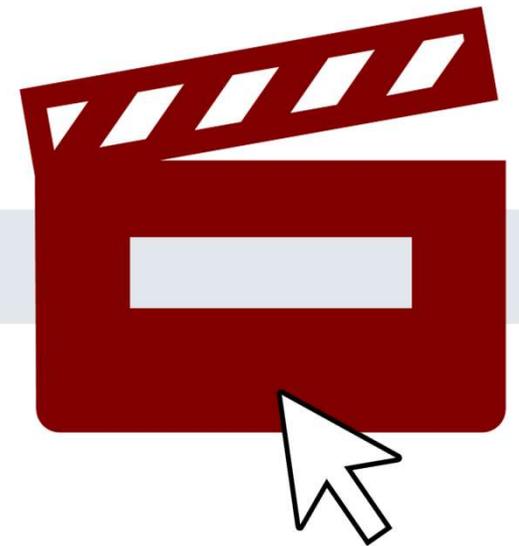
- [¹⁸F]PSMA-1007 wird hauptsächlich über das hepatobiliäre System ausgeschieden (blauer Pfeil, Gallenblase). Die Nieren zeigen in der Regel eine intensive PSMA-Expression, aber nur etwa 1 % wird über die Nieren mit dem Urin ausgeschieden. Insbesondere bei zu früh aufgenommenen Bildern und bei nicht entleerter Blase vor der Bildaufnahme kann eine schwache Urinaktivität (gelber Pfeil) zu erkennen sein. [1]
 - Dies darf nicht mit einem Lokalrezidiv oder einem infiltrativen Tumor, der in die Blase einwächst, verwechselt werden.
- Außerdem kann diese Aktivität vorübergehend auch in den Harnleitern beobachtet werden (rote Pfeile). In solchen Fällen kann die Unterscheidung dieser Aktivität von Lymphknotenmetastasen eine Herausforderung darstellen.

[1] Giesel FL, et al. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2017;44(4):678-688.
Bilder: Universitätsklinikum Essen, Abteilung für Nuklearmedizin.

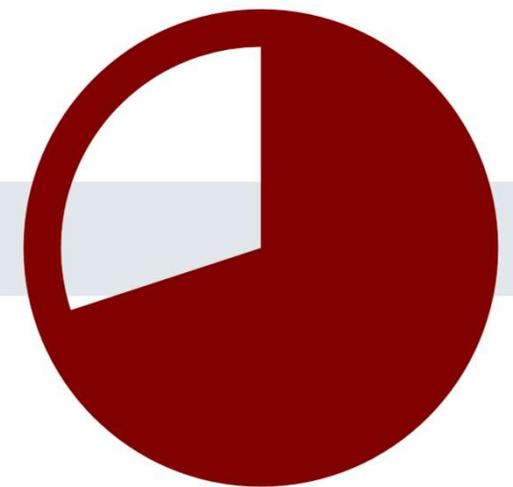
Fallstricke - Restaktivität in der Blase und im linken Ureter



- Bitte klicken Sie auf das Video-Icon auf der rechten Seite um das Video zu öffnen oder scannen Sie den QR-Code auf der linken Seite mit Ihrem Smartphone!



Test zur Eigenbewertung



Frage 1

Welches der folgenden Organe zeigt keine physiologische Aufnahme von [^{18}F]PSMA-1007?

- a) Ohrspeicheldrüse
- b) Milz
- c) Leber
- d) Niere
- e) Lunge

Frage 1

Welches der folgenden Organe zeigt keine physiologische Aufnahme von [^{18}F]PSMA-1007?

- a) Ohrspeicheldrüse
- b) Milz
- c) Leber
- d) Niere
- e) Lunge



Frage 2

Was ist die Zielstruktur von [^{18}F]PSMA-1007?

- a) Prostata-spezifisches Membran-Antigen (PSMA)
- b) Prostata-spezifisches Antigen (PSA)
- c) BRCA1/2
- d) Ki-67
- e) HER2

Frage 2

Was ist die Zielstruktur von [^{18}F]PSMA-1007?

- a) Prostata-spezifisches Membran-Antigen (PSMA)
- b) Prostata-spezifisches Antigen (PSA)
- c) BRCA1/2
- d) Ki-67
- e) HER2



Frage 3

Wann sollte die PET-Bildgebung nach der Injektion von [^{18}F]PSMA-1007 beginnen?

- a) 15-30 Minuten
- b) 30-60 Minuten
- c) 60-90 Minuten
- d) 90-120 Minuten
- e) 120-150 Minuten

Frage 3

Wann sollte die PET-Bildgebung nach der Injektion von [^{18}F]PSMA-1007 beginnen?

- a) 15-30 Minuten
- b) 30-60 Minuten
- c) 60-90 Minuten
- d) 90-120 Minuten
- e) 120-150 Minuten



Frage 4

Was sind typische Nebenwirkungen bei der Anwendung von [^{18}F]PSMA-1007?

- a) Übelkeit
- b) Diarrhöe
- c) Harnwegsinfektion
- d) Xerostomie / Mundtrockenheit
- e) Keiner der oben genannten Punkte

Frage 4

Was sind typische Nebenwirkungen bei der Anwendung von [^{18}F]PSMA-1007?

- a) Übelkeit
- b) Diarrhöe
- c) Harnwegsinfektion
- d) Xerostomie / Mundtrockenheit
- e) Keiner der oben genannten Punkte



Frage 5

Welche der folgenden Angaben stellt eine zugelassene Indikation für die Verwendung von [^{18}F]PSMA-1007 dar?

- a) Primäres Staging von Patienten mit Hochrisiko-Prostatakrebs
- b) Primäre Stadieneinteilung bei Patienten mit niedrigem bis mittlerem Risiko für Prostatakrebs
- c) Screening auf Prostatakrebs bei männlichen Patienten über 35
- d) Primäres Staging von Patienten mit Verdacht auf Prostatakrebs zur Vermeidung einer Biopsie
- e) Restaging von Patienten mit HCC nach lokaler Ablation

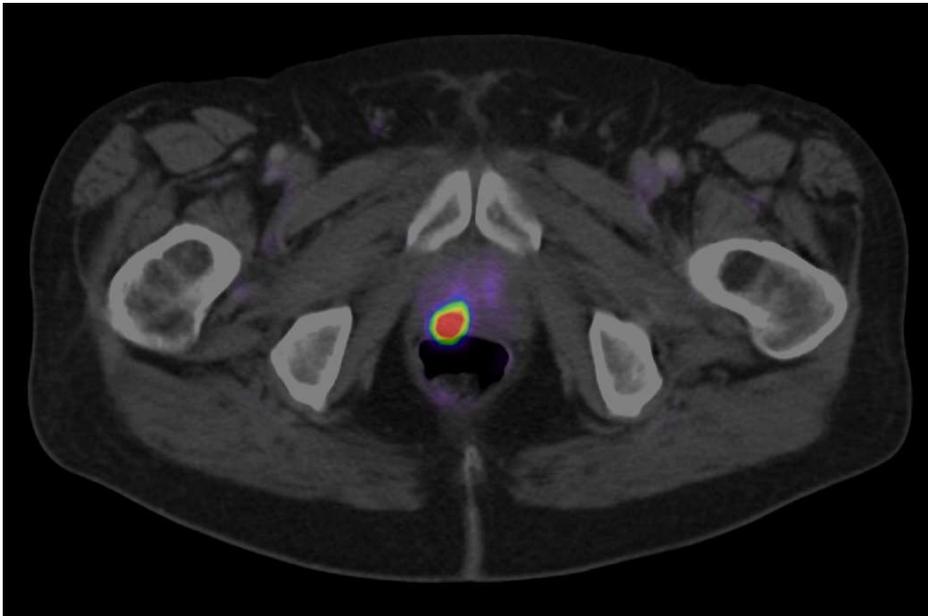
Frage 5

Welche der folgenden Angaben stellt eine zugelassene Indikation für die Verwendung von [¹⁸F]PSMA-1007 dar?

- a) Primäres Staging von Patienten mit Hochrisiko-Prostatakrebs
- b) Primäre Stadieneinteilung bei Patienten mit niedrigem bis mittlerem Risiko für Prostatakrebs
- c) Screening auf Prostatakrebs bei männlichen Patienten über 35
- d) Primäres Staging von Patienten mit Verdacht auf Prostatakrebs zur Vermeidung einer Biopsie
- e) Restaging von Patienten mit HCC nach lokaler Ablation



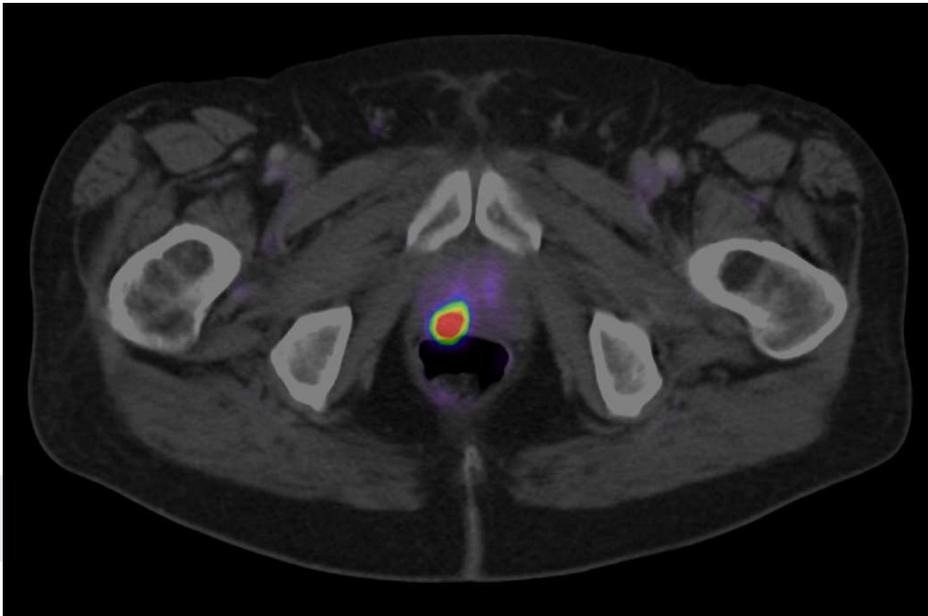
Frage 6



Was ist die wahrscheinlichste Ursache für die hohe Tracer-Aufnahme im rechten Prostatalappen auf dem Bild?

- a) Verunreinigung durch Urin
- b) (Rest-)Urinaktivität in der Harnröhre
- c) Unspezifische Knochenaufnahme
- d) Divertikulitis des Dickdarms
- e) Unifokaler Prostatakrebs

Frage 6



Was ist die wahrscheinlichste Ursache für die hohe Tracer-Aufnahme im rechten Prostatalappen auf dem Bild?

- a) Verunreinigung durch Urin
- b) (Rest-)Urinaktivität in der Harnröhre
- c) Unspezifische Knochenaufnahme
- d) Divertikulitis des Dickdarms
- e) Unifokaler Prostatakrebs



Frage 7



Was ist die wahrscheinlichste Diagnose?

- a) Einzelne Lebermetastase
- b) Zervikale Lymphknotenmetastasen
- c) Kein Tumor mit erhöhter PSMA-Expression, physiologische Verteilung
- a) Beidseitiges adenoid-zystisches Karzinom (ACC)
- b) Unifokaler Prostatakrebs

Frage 7



Was ist die wahrscheinlichste Diagnose?

- a) Einzelne Lebermetastase
- b) Zervikale Lymphknotenmetastasen
- c) Kein Tumor mit erhöhter PSMA-Expression, physiologische Verteilung
- a) Beidseitiges adenoid-zystisches Karzinom (ACC)
- b) Unifokaler Prostatakrebs



Frage 8



Welcher PSMA-Tracer wurde verwendet?

- a) [^{68}Ga]Ga-PSMA-11
- b) [^{68}Ga]Ga-PSMA-I&T
- c) [^{18}F]DCFPyL
- d) [^{18}F]PSMA-1007
- e) [$^{99\text{m}}\text{Tc}$]Tc-MIP1404

Frage 8

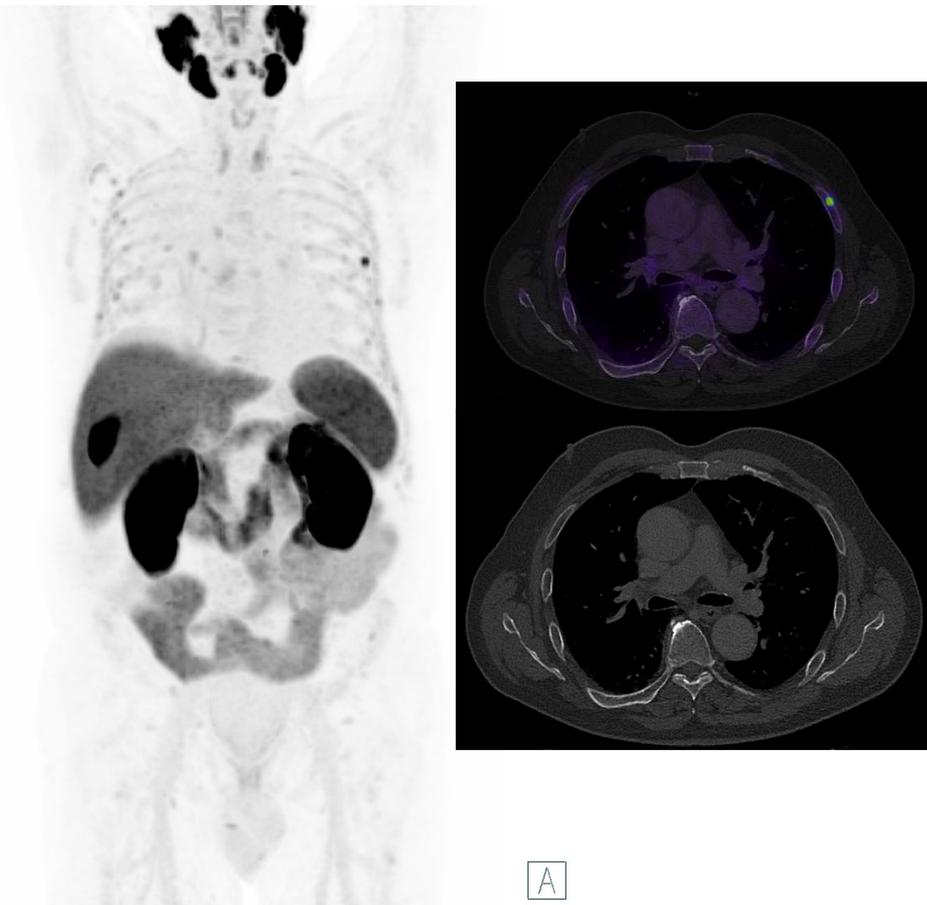


Welcher PSMA-Tracer wurde verwendet?

- a) [^{68}Ga]Ga-PSMA-11
- b) [^{68}Ga]Ga-PSMA-I&T
- c) [^{18}F]DCFPyL
- d) [^{18}F]PSMA-1007
- e) [$^{99\text{m}}\text{Tc}$]Tc-MIP1404



Frage 9



Hochrisikopatient mit BCR (PSA: 0,45 ng/ml). Was ist die wahrscheinlichste Diagnose und der angemessenste Vorschlag?

- a) Unspezifische Aufnahme in der Rippe; möglicherweise gutartig – MRT wird empfohlen
- b) Unspezifisches Uptake in der Rippe, möglicherweise gutartig – Knochenscan wird empfohlen
- c) Knochenmarkinfiltration – MRT wird empfohlen
- d) Einzelne Knochenmetastase – MRT wird empfohlen
- e) Knochenfraktur, möglicherweise gutartig – Nachuntersuchung wird empfohlen

Frage 9

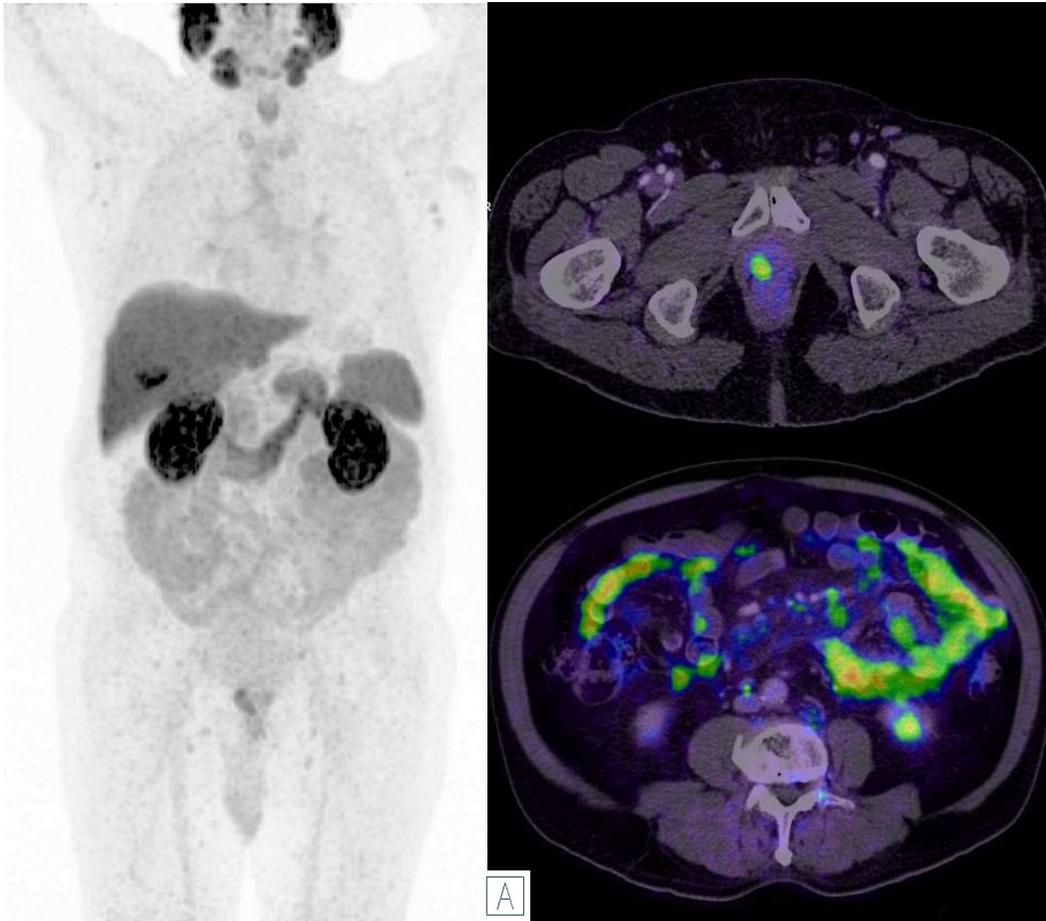


Hochrisikopatient mit BCR (PSA: 0,45 ng/ml). Was ist die wahrscheinlichste Diagnose und der angemessenste Vorschlag?

- a) Unspezifische Aufnahme in der Rippe; möglicherweise gutartig – MRT wird empfohlen
- b) Unspezifisches Uptake in der Rippe, möglicherweise gutartig – Knochenscan wird empfohlen**
- c) Knochenmarkinfiltration – MRT wird empfohlen
- d) Einzelne Knochenmetastase – MRT wird empfohlen
- e) Knochenfraktur, möglicherweise gutartig – Nachuntersuchung wird empfohlen



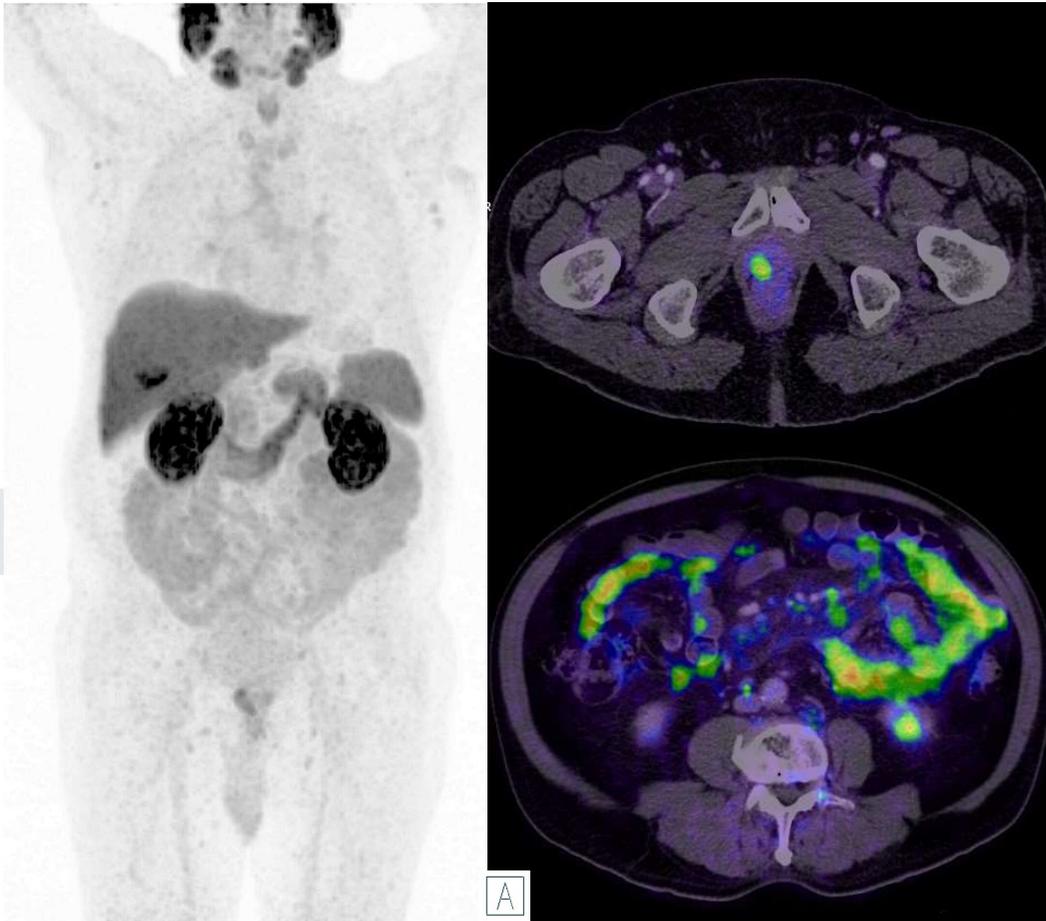
Frage 10



Primäres Staging für Hochrisikopatienten.
Was ist die wahrscheinlichste Diagnose?

- a) T2u N0 M0
- b) T2u N0 M1a
- c) T2u N0 M1c
- d) T2u N0 M0 + Pannikulitis
- e) T2u N1 M1a M1c

Frage 10



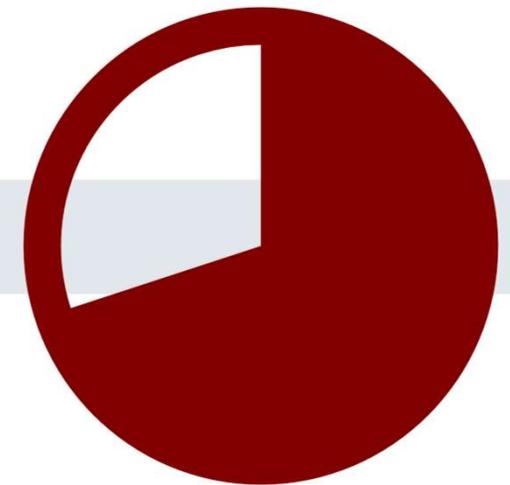
Primäres Staging für Hochrisikopatienten.
Was ist die wahrscheinlichste Diagnose?

- a) T2u N0 M0
- b) T2u N0 M1a
- c) T2u N0 M1c
- d) T2u N0 M0 + Pannikulitis
- e) T2u N1 M1a M1c



Ergänzende Angaben

- Verzeichnis der supplementären Videos
- Abkürzungsverzeichnis
- Quellenverzeichnis
- Meldung von Nebenwirkungen



Verzeichnis der supplementären Videos

Fall-Seite	Video zum Fall	Link direct zum Video
29	Einführung in das Schulungsmaterial die physiologische Verteilung von [18F]PSMA-1007	https://youtu.be/yj1iRCJO3Sg
33	Primäres Staging - Unifokaler Tumor	https://youtu.be/Zzh3wfgpiuw
35	Primäres Staging - Multifokaler Tumor	https://youtu.be/ZBm_2k9ae14
37	Primäres Staging - Multifokaler Tumor mit Lymphknotenmetastasen im Becken	https://youtu.be/U7ayPhIB2Qc
39	Primäres Staging - Multifokaler Tumor mit Fernmetastasen	https://youtu.be/RP8gKWnsmvg
42	Restaging - Lokales Rezidiv (Fall 1)	https://youtu.be/7Q_0sbdWuuQ
45	Restaging - Lokale Lymphknotenmetastasen (Iliaca)	https://youtu.be/-IOPuGnvtDI
49	Restaging - Ferne Lymphknotenmetastasen (Supraclavicular-Virchowscher Lymphknoten)	https://youtu.be/qknM4L9625Y
51	Restaging - Lungenmetastasen (Fall 1)	https://youtu.be/AM7VJMMZ-yw
54	Restaging - Einzelne Knochenmetastase	https://youtu.be/H3OXs5NdoYQ
65	Unspezifische Knochenaufnahme	https://youtu.be/CYNcBZKpens
71	Spezifische Knochenaufnahme - Paget-Krankheit	https://youtu.be/Emwk7wSBSNI
75	Andere bösartige Erkrankungen mit PSMA-Aufnahme - Hepatozelluläres Karzinom	https://youtu.be/uUpdM6vLoLY
77	Andere bösartige Erkrankungen mit PSMA-Aufnahme - Adenoid-zystisches Karzinom (ACC)	https://youtu.be/ZkKzyHGnMaM
80	Fallstricke - Ganglien des sympathischen Stammes	https://youtu.be/N37qYhHg7ul
83	Fallstricke - Sarkoidose	https://youtu.be/a8Tz6luSaH0
85	Fallstricke - Akzessorische Speicheldrüse	https://youtu.be/1kpOCIPR8p4
87	Fallstricke - Restaktivität in der Blase und im linken Ureter	https://youtu.be/u8bPnEE2clc

Abkürzungsverzeichnis

ACC	Adenoid Cystic Carcinoma	MIP	Maximumintensitätsprojektion
BCR	Biochemisches Wiederauftreten	NAAG	N-Acetylaspartyglutamat
CT	Computertomographie	NAA	N-Acetylaspartat
DMI	Diffuse Knochenmarkinfiltration	PET	Positronenemissionstomographie
EANM	European Association of Nuclear Medicine	PSA	Prostata-spezifisches Antigen
ESUR	EAU Section of Urological Research	PSMA	Prostata-spezifisches Membranantigen
GCPII	Glutamatcarboxypeptidase II	SNMMI	Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging
HCC	Hepatozelluläres Karzinom	SUV	Standardized Uptake Value
ISUP	International Society of Urological Pathology	UBU	Unspezifischer Knochen-Uptake

Quellenverzeichnis

- Demirci, E., et al. (2016). "Normal distribution pattern and physiological variants of 68Ga-PSMA-11 PET/CT imaging." *Nucl Med Commun* **37**(11): 1169-1179.
- Ristau, B. T., et al. (2014). *The prostate-specific membrane antigen: lessons and current clinical implications from 20 years of research*. Urologic Oncology: Seminars and Original Investigations, Elsevier.
- Fendler, W. P., et al. (2017). "(68)Ga-PSMA PET/CT: Joint EANM and SNMMI procedure guideline for prostate cancer imaging: version 1.0." *Eur J Nucl Med Mol Imaging* **44**(6): 1014-1024.
- Eiber, M., et al. (2018). "Prostate cancer molecular imaging standardized evaluation (PROMISE): proposed mITNM classification for the interpretation of PSMA-ligand PET/CT." *Journal of Nuclear Medicine* **59**(3): 469-478.
- Antinen, M., et al. (2021). "A Prospective Comparison of (18)F-prostate-specific Membrane Antigen-1007 Positron Emission Tomography Computed Tomography, Whole-body 1.5 T Magnetic Resonance Imaging with Diffusion-weighted Imaging, and Single-photon Emission Computed Tomography/Computed Tomography with Traditional Imaging in Primary Distant Metastasis Staging of Prostate Cancer (PROSTAGE)." *Eur Urol Oncol* **4**(4): 635-644.
- Sprute, K., et al. (2021). "Diagnostic Accuracy of (18)F-PSMA-1007 PET/CT Imaging for Lymph Node Staging of Prostate Carcinoma in Primary and Biochemical Recurrence." *J Nucl Med* **62**(2): 208-213.
- Hermesen, R., et al. (2022). "Lymph node staging with fluorine-18 prostate specific membrane antigen 1007-positron emission tomography/computed tomography in newly diagnosed intermediate- to high-risk prostate cancer using histopathological evaluation of extended pelvic node dissection as reference." *Eur J Nucl Med Mol Imaging* **49**(11): 3929-3937.
- Ingvar, J., et al. (2022). "Assessing the accuracy of [(18)F]PSMA-1007 PET/CT for primary staging of lymph node metastases in intermediate- and high-risk prostate cancer patients." *EJNMMI Res* **12**(1): 48.
- Giesel, F. L., et al. (2017). "F-18 labelled PSMA-1007: biodistribution, radiation dosimetry and histopathological validation of tumor lesions in prostate cancer patients." *Eur J Nucl Med Mol Imaging* **44**(4): 678-688.
- Privé, B. M., et al. (2021). "Evaluating F-18-PSMA-1007-PET in primary prostate cancer and comparing it to multi-parametric MRI and histopathology." *Prostate Cancer Prostatic Dis* **24**(2): 423-430.
- Giesel, F. L., et al. (2019). "Detection Efficacy of (18)F-PSMA-1007 PET/CT in 251 Patients with Biochemical Recurrence of Prostate Cancer After Radical Prostatectomy." *J Nucl Med* **60**(3): 362-368.
- Ulano, A., et al. (2016). "Distinguishing Untreated Osteoblastic Metastases From Enostoses Using CT Attenuation Measurements." *AJR Am J Roentgenol* **207**(2): 362-368.
- Ma, B., et al. (2021). "Prostate cancer liver metastasis: Dormancy and resistance to therapy." *Semin Cancer Biol* **71**: 2-9.
- Arnfield, E. G., et al. (2021). "Clinical insignificance of [(18)F]PSMA-1007 avid non-specific bone lesions: a retrospective evaluation." *Eur J Nucl Med Mol Imaging* **48**(13): 4495-4507.
- Seifert, R., et al. (2023). "Unspecific (18)F-PSMA-1007 Bone Uptake Evaluated Through PSMA-11 PET, Bone Scanning, and MRI Triple Validation in Patients with Biochemical Recurrence of Prostate Cancer." *J Nucl Med* **64**(5): 738-743.
- Thompson, S. M., et al. (2022). "PSMA as a Theranostic Target in Hepatocellular Carcinoma: Immunohistochemistry and (68) Ga-PSMA-11 PET Using Cyclotron-Produced (68) Ga." *Hepatol Commun* **6**(5): 1172-1185.
- Tan, B. F., et al. (2022). "PSMA PET Imaging and Therapy in Adenoid Cystic Carcinoma and Other Salivary Gland Cancers: A Systematic Review." *Cancers (Basel)* **14**(15).
- Rischpler, C., et al. (2018). "68Ga-PSMA-HBED-CC uptake in cervical, celiac, and sacral ganglia as an important pitfall in prostate cancer PET imaging." *Journal of Nuclear Medicine* **59**(9): 1406-1411.
- Dias, A. H., et al. (2017). "Prostate-Specific Membrane Antigen PET/CT: Uptake in Lymph Nodes With Active Sarcoidosis." *Clin Nucl Med* **42**(3): e175-e176.
- Ardies, P. J., et al. (2017). "PSMA Uptake in Mediastinal Sarcoidosis." *Clin Nucl Med* **42**(4): 303-305.c

Meldung von Nebenwirkungen

- Die Meldung des Verdachts auf Nebenwirkungen nach der Zulassung ist von großer Wichtigkeit. Sie ermöglicht eine kontinuierliche Überwachung des Nutzen-Risiko-Verhältnisses des Arzneimittels. Angehörige von Gesundheitsberufen sind aufgefordert, jeden Verdachtsfall einer Nebenwirkung zu melden an:

Bundesamt für Sicherheit im Gesundheitswesen – BASG

Traisengasse 5

1200 WIEN

Österreich

Website: <https://www.basg.gv.at/>

E-mail: nebenwirkung@basg.gv.at

Fax: + 43 (0) 50 555 36207

Weitere Hinweise finden Sie in der Fachinformation von Radelumin und auf der Website <https://abx.de/products/medicinal-products/Product-Information-Radelumin>

Hier stehen Ihnen auch dieses Schulungsmaterial und alle behördlich genehmigten Produktinformationen zum Download zur Verfügung.

