

# **Lokale Bildgebung der Prostata**

# Lokale Bildgebung der Prostata

- Bis vor einigen Jahren basierte die lokale Bildgebung der Prostata auf dem transrektalen Schall.
- Heute sind neue ultraschallgestützte sowie CT und MRT- gestützte Bildgebungsverfahren verfügbar. Diese werden zusammengefasst als „enhanced ultrasound“.

# Enhanced Ultrasound

- Dazu gehören:
  - Elastographie
  - Kontrastmittelultraschall
  - ANNA-TRUS-System  
= artifizielle neuronale Netzwerkanalyse /  
computergestütztes transrektales Ultraschallsystem
  - Histoscanning
  - Multiparametrische MRT
- Aufgrund der schlechten Weichteilauflösung spielt das CT bei der Bildgebung der Prostata keine Rolle mehr.

# Beurteilungskriterien der einzelnen Methoden

- **Sensitivität**

= Anzahl richtig Positiver geteilt durch

- Anzahl richtig Positiver

+

- Anzahl falsch Negativer

d.h. Fähigkeit eines Tests, Kranke als tatsächlich krank zu erkennen.

# Beurteilungskriterien der einzelnen Methoden

- **Spezifität:**

= Anzahl richtig

Negativer geteilt durch

■ Anzahl richtig Negativer

+

■ Anzahl falsch Positiver

d.h. Fähigkeit eines Tests,  
Gesunde

als tatsächlich

# Vorhersagewert

- Wahrscheinlichkeit, dass das Testergebnis den richtigen Krankheitsstatus anzeigt.
- Ein positiver Vorhersagewert bezeichnet die Wahrscheinlichkeit, erkrankt zu sein, nachdem das positive Testergebnis vorliegt  
= a-posteriori-Wahrscheinlichkeit.
- Im Gegensatz dazu bezeichnet die **Prävalenz** die Wahrscheinlichkeit, erkrankt zu sein, bevor das Testergebnis bekannt ist.
- **Negativer Vorhersagewert:**
  - Besagt, dass eine Erkrankung praktisch ausgeschlossen werden kann.

# Transrektaler Ultraschall

- Erlaubt die
    - zuverlässige Bestimmung des Prostatavolumens
    - gute Beurteilung der inneren Prostatastruktur
    - gute Beurteilung der Anatomie
  - Sensitivität 18-48%
  - Spezifität 87-93%
- für die korrekte Karzinomlokalisierung

# Transrektaler Ultraschall - Beurteilung

der Graustufen-TRUS ist insgesamt unzureichend für die Diagnose von Prostatakarzinomen.

- PPW = positiver prädiktiver Wert 77-93%
- NPW = negativer prädiktiver Wert 37-45%

# Transrektaler Graustufenultraschall



**Abb. 1** ▲ Apikales linksseitiges Prostatakarzinom im transrektalen Graustufenultraschall. Der Karzinomherd stellt sich echoarm im 5-h-Bereich der Prostata dar (Pfeil)

# Elastographie

- **Prinzip**

- Erlaubt, die Elastizität des untersuchten Gewebes zu bestimmen.
- Möglichkeit, Areale zu identifizieren, die härter und dichter sind als das restliche Gewebe.
- Prostatakarzinom-Gewebe ist härter und dichter als normales Prostatagewebe.

- **Nachteil:** Subjektive Beurteilung der Bilder.

# Elastographie

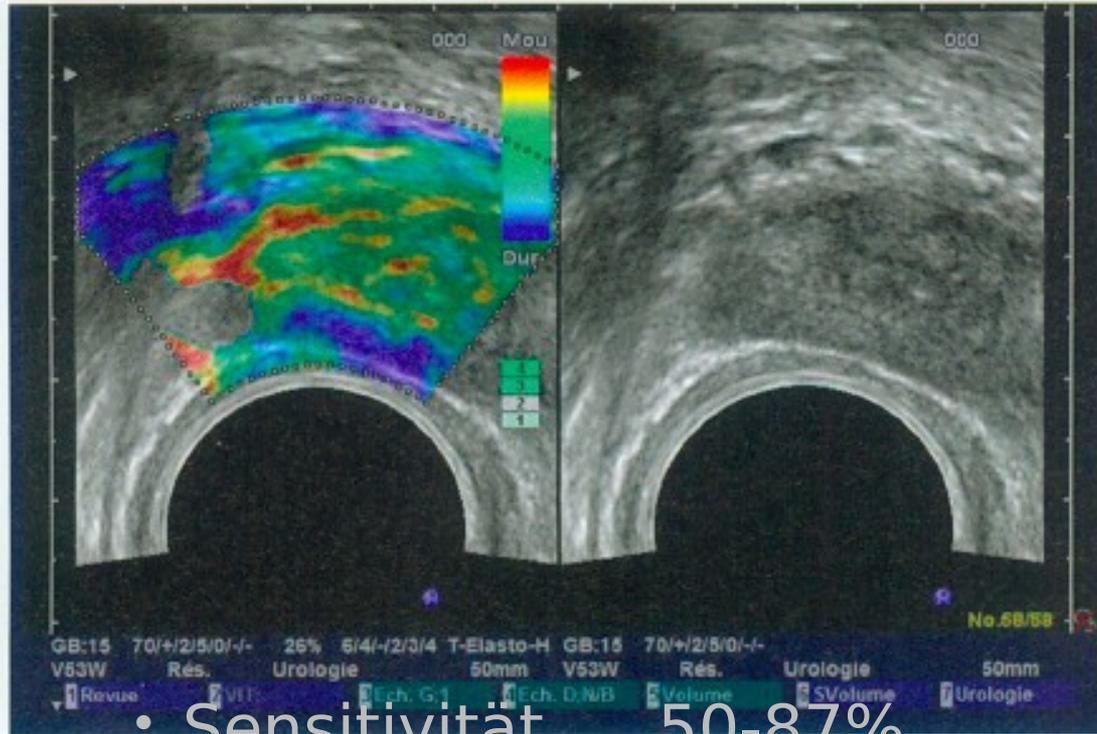


Abb. 2 ▲ Apikales rechtsseitiges Prostatakarzinom in der Elastographie. Der Karzinomherd stellt sich blau (hart) im 6- bis 8-h-Bereich der Prostata dar

- Sensitivität 50-87%
- Spezifität 72-92%
- PPW 67-88
- NPW 44-83%

# Elastographie - Beurteilung

Die Elastographie erzielt mindestens eine gleich gute Detektionsrate wie die randomisierte Biopsie mit der Hälfte der Stenzen.

# Kontrastmittel-Ultraschall

- **Prinzip:**

- Der KM-US nutzt Schallkontrast zwischen Luft und Flüssigkeit, um die Mikrovaskularisation im Gewebe darzustellen.

- **Methode**

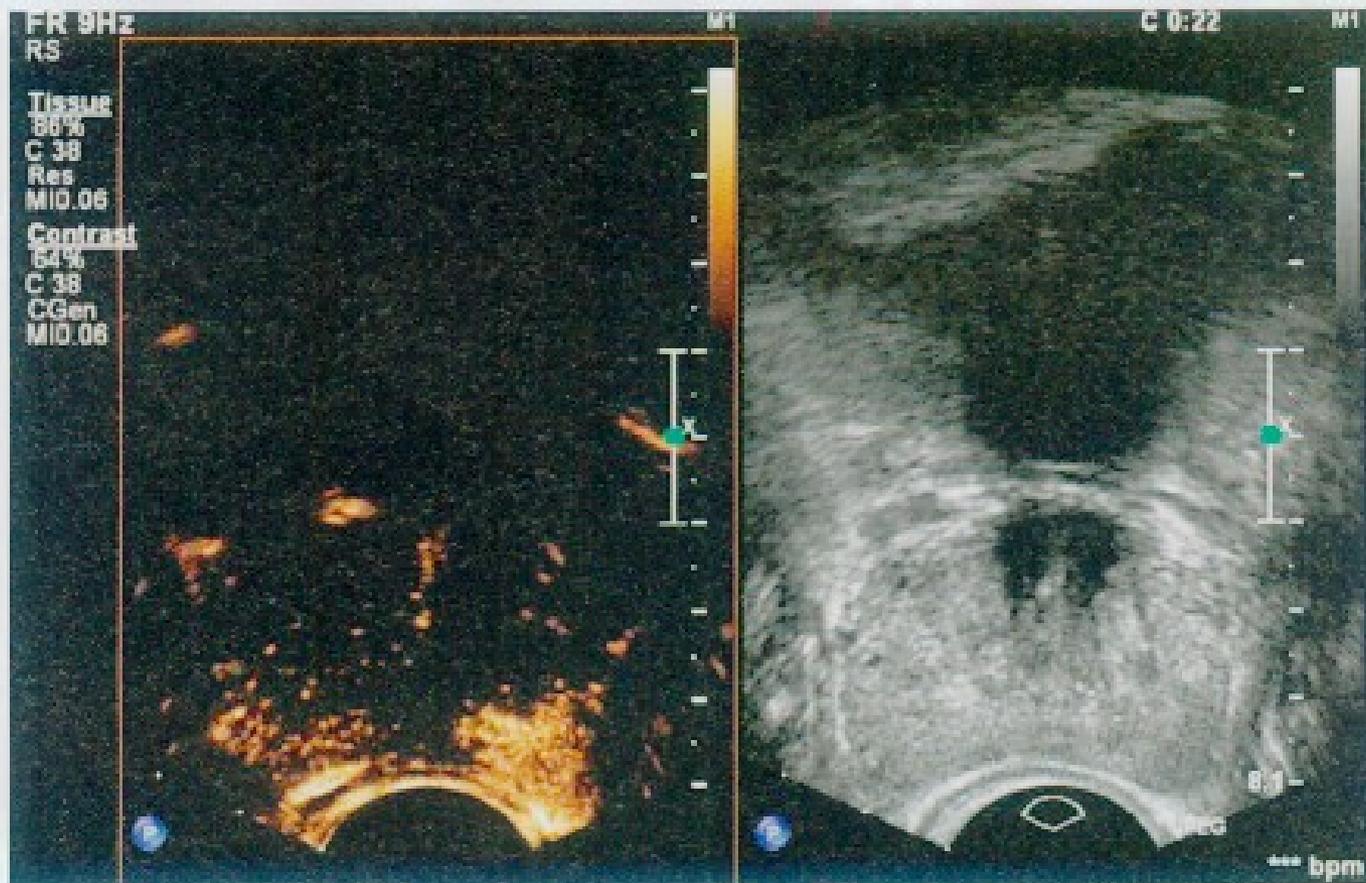
- Ultraschallkontrastmittel wird i.v. verabreicht, kommt in die Prostata
- >>> identifiziert dort Areale, die eine veränderte Mikrovaskularisation aufweisen.  
Diese entsprechen häufig Karzinomherden und können anschließend gezielt biopsiert werden.

# Kontrastmittel-Ultraschall

- **Nachteil:**
  - kurze Zeitspanne der Anflutung  
schlechte Datenlage
  - subjektive Beurteilung der KM-Verteilung
- **Sensitivität** 48%-86%

Spezifität, PPW, NPW nicht verfügbar

# Kontrastmittel-Ultraschall



**Abb. 3** ▲ Linksseitiges Prostatakarzinom im Kontrastmittelultraschall: Der Karzinomherd stellt sich im linken Bild als echoreiche, früh kontrastmittelaufnehmende Läsion im 5-h-Bereich der Prostata dar

# ANNA/C-TRUS

- = artifizielle neuronale Netzwerkanalyse /  
computergestütztes transrektales  
Ultraschallsystem
- **Prinzip:**
  - System analysiert aus einer Menge  
histopathologischer Muster die  
Hintergrundinformation der TRUS-  
Graustufenbilder.
- **Ziel:**
  - Darstellung farbiger Areale, die für ein  
Prostatakarzinom am verdächtigsten sind.

# ANNA/C-TRUS

- Mit einem beliebigen Ultraschallsystem werden systematisch axiale TRUS-Bilder in 5mm-Schnitten gespeichert und über eine Internetplattform zur Analyse geschickt.
- Im Folgenden können die suspekten Areale biopsiert werden.
- **Vorteil:**
  - objektive untersuchungsunabhängige Analyse
  - standardisierte , reproduzierbare Beurteilung

# ANNA/C-TRUS

- **Nachteil:**

- fehlende Echtzeitanalyse des Systems

- Sensitivität 83%

- Spezifität 64%

- PPW 80%

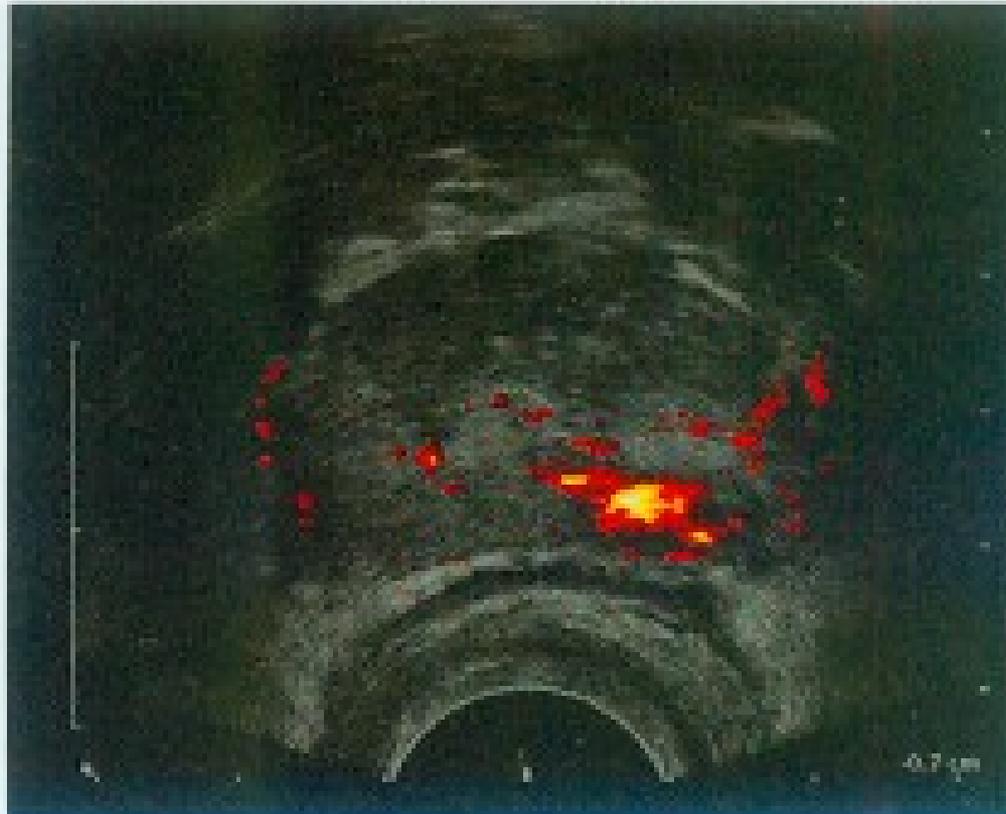
- NPW 68%

- **Beurteilung:**

- Die Daten sind vor allem für die Wiederholungsbiopsie viel versprechend.

- Es gibt jedoch derzeit noch zu wenige valide Daten.

# ANNA/C-TRUS



**Abb. 4 ▲** Linksseitiges Prostatakarzinom im ANNA/C-TRUS: Der Karzinomherd stellt sich *rot-gelblich* im 5-h-Bereich der Prostata dar

# Histoscanning

- **Prinzip:**
  - Analyse der Hintergrundinformation eines TRUS-3D-Datensatzes
- **Ziel:**
  - Aufspüren von Arealen, die ein Prostatakarzinom darstellen
- **Vorteil:**
  - objektive Untersuchungsunabhängige Analyse der Ultraschallbilder

# Histoscanning

- **Nachteil:**
  - fehlende Echtzeitanalyse des Systems
- Sensitivität      100%
- Spezifität        82%
- PPW                80%
- NPW                100%

## Korrespondenzadresse



**J. Walz**  
Department of Urology,  
Institut Paoli-Calmettes  
Cancer Centre,  
232, Boulevard  
Ste. Marguerite/B.P. 156,  
F-13273 Marseille,  
Frankreich  
walzj@ipc.unicancer.fr

**Interessenkonflikt.** Der korrespondierende Autor weist für sich und seine Koautoren auf folgende Beziehungen hin: JW: Reiskostenübernahmen Fresenius-Kabi, Hitachi Medical System; TL: Beratungstätigkeit Fresenius-Kabi.

## Literatur

- Aigner F, Pallwein L, Junker D et al (2010) Value of real-time elastography targeted biopsy for prostate cancer detection in men with prostate specific antigen 1.25 ng/ml or greater and 4.00 ng/ml or less. *J Urol* 184:913–917
- Barr RG, Memo R, Schaub CR (2012) Shear wave ultrasound elastography of the prostate: initial results. *Ultrasound Q* 28:13–20
- Braeckman J, Autier P, Garbar C et al (2008) Computer-aided ultrasonography (HistoScanning): a novel technology for locating and characterizing prostate cancer. *BJU Int* 101:293–298
- Braeckman J, Autier P, Soviany C et al (2008) The accuracy of transrectal ultrasonography supplemented with computer-aided ultrasonography for detecting small prostate cancers. *BJU Int* 102:1560–1565
- Brock M, Von Bodman C, Paliszar RJ et al (2012) The impact of real-time elastography guiding a systematic prostate biopsy to improve cancer detection rate: a prospective study of 353 patients. *J Urol* 187:2039–2043
- Brock M, Von Bodman C, Sommerer F et al (2012) Comparison of real-time elastography with grey-scale ultrasonography for detection of organ-confined prostate cancer and extra capsular extension: a prospective analysis using whole mount sections after radical prostatectomy. *BJU Int* 108:217–222
- Ganzer R, Brandtner A, Wieland WF et al (2012) Prospective blinded comparison of real-time sonoelastography targeted versus randomised biopsy of the prostate in the primary and re-biopsy setting. *World J Urol* 30:219–223
- Grabski B, Baeurle L, Loch A et al (2011) Computerized transrectal ultrasound of the prostate in a multicenter setup (C-TRUS-MS): detection of cancer after multiple negative systematic random and in primary biopsies. *World J Urol* 29:573–579
- Halpern EJ, Gomella LG, Forsberg F et al (2012) Contrast enhanced transrectal ultrasound for the detection of prostate cancer: a randomized, double-blind trial of dutasteride pretreatment. *J Urol* 188:1739–1745
- Halpern EJ, Mccue PA, Aksnes AK et al (2002) Contrast-enhanced US of the prostate with Sonazoid: comparison with whole-mount prostatectomy specimens in 12 patients. *Radiology* 222:361–366
- Heidenreich A, Bellmunt J, Bolla M et al (2011) EAU guidelines on prostate cancer. Part 1: screening, diagnosis, and treatment of clinically localised disease. *Eur Urol* 59:61–71
- Jung EM, Wiggermann P, Greis C et al (2012) First results of endocavity evaluation of the microvascularization of malignant prostate tumors using contrast enhanced ultrasound (CEUS) including perfusion analysis: first results. *Clin Hemorheol Microcirc* 52:167–177
- Loch T (2007) Computerized transrectal ultrasound (C-TRUS) of the prostate: detection of cancer in patients with multiple negative systematic random biopsies. *World J Urol* 25:375–380
- Loch T, Leuschner I, Genberg C et al (2000) Improvement of transrectal ultrasound. Artificial neural network analysis (ANNA) in detection and staging of prostatic carcinoma. *Urologe A* 39:341–347
- Mitterberger MJ, Aigner F, Horninger W et al (2010) Comparative efficiency of contrast-enhanced colour Doppler ultrasound targeted versus systematic biopsy for prostate cancer detection. *Eur Radiol* 20:2791–2796
- Pallwein L, Mitterberger M, Pinggera G et al (2008) Sonoelastography of the prostate: comparison with systematic biopsy findings in 492 patients. *Eur J Radiol* 65:304–310
- Pallwein L, Mitterberger M, Struve P et al (2007) Real-time elastography for detecting prostate cancer: preliminary experience. *BJU Int* 100:42–46
- Rorvik J, Halvorsen OJ, Servoll E et al (1994) Transrectal ultrasonography to assess local extent of prostatic cancer before radical prostatectomy. *Br J Urol* 73:65–69
- Salomon G, Kollerman J, Thederan I et al (2008) Evaluation of prostate cancer detection with ultrasound real-time elastography: a comparison with step section pathological analysis after radical prostatectomy. *Eur Urol* 54:1354–1362
- Salomon G, Spethmann J, Beckmann A et al (2012) Accuracy of HistoScanning for the prediction of a negative surgical margin in patients undergoing radical prostatectomy. *BJU Int* 110(11):1714–1720
- Sedelaar JP, Van Leenders GJ, Goossen TE et al (2002) Value of contrast ultrasonography in the detection of significant prostate cancer: correlation with radical prostatectomy specimens. *Prostate* 53:246–253
- Simmons LA, Autier P, Zat'ura F et al (2012) Detection, localisation and characterisation of prostate cancer by prostate HistoScanning. *BJU Int* 110:28–35
- Smeenge M, Mischi M, Laguna Pes MP et al (2011) Novel contrast-enhanced ultrasound imaging in prostate cancer. *World J Urol* 29:581–587
- Strunk T, Decker G, Willinek W et al (2012) Combination of C-TRUS with multiparametric MRI: potential for improving detection of prostate cancer. *World J Urol* 53(11):1663–1669
- Sumura M, Shigeno K, Hyuga T et al (2007) Initial evaluation of prostate cancer with real-time elastography based on step-section pathologic analysis after radical prostatectomy: a preliminary study. *Int J Urol* 14:811–816
- Taverna G, Morandi G, Seveso M et al (2011) Colour Doppler and microbubble contrast agent ultrasonography do not improve cancer detection rate in transrectal systematic prostate biopsy sampling. *BJU Int* 108:1723–1727
- Trabulsi EJ, Sackett D, Gomella LG et al (2010) Enhanced transrectal ultrasound modalities in the diagnosis of prostate cancer. *Urology* 76:1025–1033
- Walz J, Graefen M, Chun FK et al (2006) High incidence of prostate cancer detected by saturation biopsy after previous negative biopsy series. *Eur Urol* 50:498–505
- Walz J, Marcy M, Maubon T et al (2011) Real time elastography in the diagnosis of prostate cancer: comparison of preoperative imaging and histology after radical prostatectomy. *Prog Urol* 21:925–931
- Walz J, Marcy M, Pianna JT et al (2011) Identification of the prostate cancer index lesion by real-time elastography: considerations for focal therapy of prostate cancer. *World J Urol* 29:589–594
- Walz J, Thomassin J, Poizat F et al (2012) External validation of the ANNA/C-TRUS system regarding the correct identification of prostate cancer lesions in the diagnosis of prostate cancer. *J Urol* 187(Suppl)

# Diagnostik des fortgeschrittenen Prostatakarzinoms

- Die Ermittlung eines korrekten Lymphknotenstatus ist unabdingbar, um valide Aussagen bezüglich der Therapieoptionen, Rezidivhäufigkeit und Prognose des jeweiligen Patienten treffen zu können.
- **CT** und **MRT** zeigen zwar auch Lymphknoten, die kleiner als 10mm sind, sind aber nicht in der Lage, zwischen metastatischen und nicht metastatischen Lymphknoten zu unterscheiden.
- **Sensitivität für CT und MRT:** 40%

## Diagnostik des fortgeschrittenen Prostatakarzinoms

# MRT-Lymphographie

- Injektion von monokristallinen Eisenoxidmonopartikeln, die von den Lymphknoten phagozytiert werden.
- Diese führen aufgrund ihrer magnetischen Subspezifität zur Signalabschwächung in T2-gewichteten Sequenzen.
- **Lymphknotenmetastasen zeigen keinen Signalabfall**, während die physiologischen Lymphknoten im Signal abfallen.

**Deutliche Verbesserung des  
Lymphknotenstagings**

## Diagnostik des fortgeschrittenen Prostatakarzinoms

# MRT-Lymphographie

- Sensitivität: 90,5%
- Spezifität: 97,8%
- Die MRT- Lymphographie ist dem konventionellen MRT überlegen.
- Cave: Die FDA hat Nanopartikel nicht zugelassen.

## Diagnostik des fortgeschrittenen Prostatakarzinoms

# Cholin-PET/CT

- Valide Aussagen bezüglich der Bildmorphologie in Kombination mit Stoffwechselaktivität suspekter Läsionen.
- **Methode:**
  - Nachweis des erhöhten Phosphatidylcholin-Turnovers in den Prostatakarzinomzellen, welche das Molekül als essenziellen Baustein ihrer Phospholipidmembran benötigen.
- **Vorteil:**
  - Möglichkeit; pathologische Stoffwechselfvorgänge darzustellen.

# Diagnostik des fortgeschrittenen Prostatakarzinoms

## $^{11}\text{C}$ -Cholin-PET/CT

- Sensitivität: 80%
- Spezifität: 95%
- Nachteil:
  - Halbwertszeit nur 20 Minuten,  
muss daher in unmittelbarer Nähe eines  
Zyclotrons verfügbar sein.

# Diagnostik des fortgeschrittenen Prostatakarzinoms

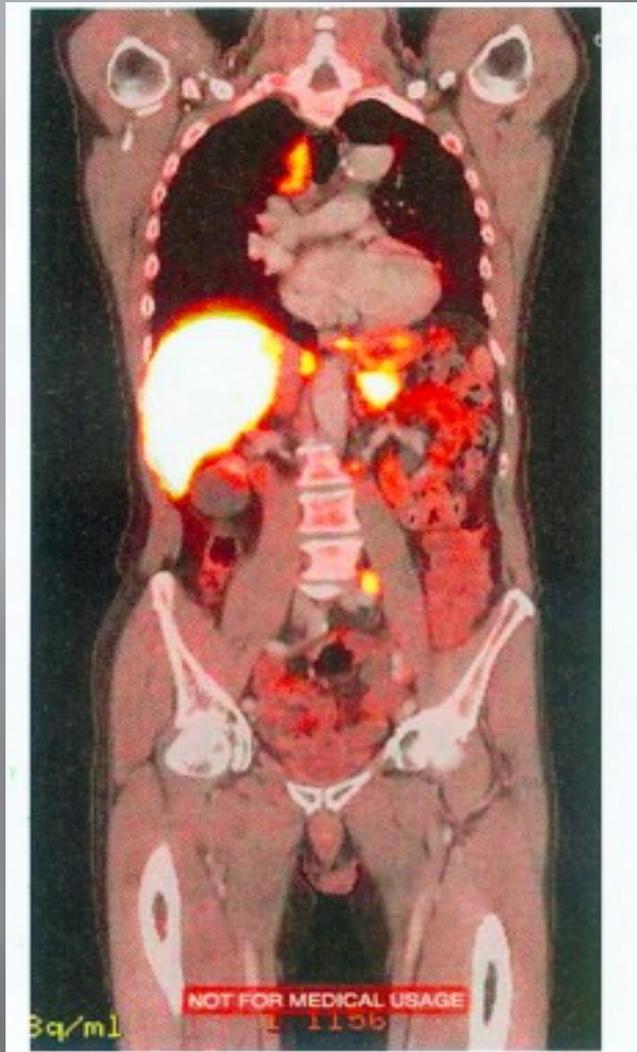
## $^{18}\text{F}$ -Cholin-PET/CT

$^{18}\text{F}$ - basierter Marker wie Fluorethylcholin  
oder Fluorodehydrotestosteron

- Sensitivität: 10% – 100%
  - je nach Untersucher
- Spezifität 95%
- Vorteil:
  - bessere Verfügbarkeit
  - Halbwertszeit: 110 Minuten

# Diagnostik des fortgeschrittenen Prostatakarzinoms

## $^{18}\text{F}$ -Cholin-PET/CT



**Abb. 1** ▲  $^{18}\text{F}$ -Cholin-PET/CT eines Patienten mit lymphogen metastasiertem Prostatakarzinom: iliakaler Lymphknoten *links* sowie mediastinaler Lymphknoten (histologisch gesichert) mit deutlicher Mehranreicherung, unspezifische Mehranreicherung in Leber und Gastrointestinaltrakt

# Diagnostik des fortgeschrittenen Prostatakarzinoms

## $^{18}\text{F}$ -Cholin-PET/CT

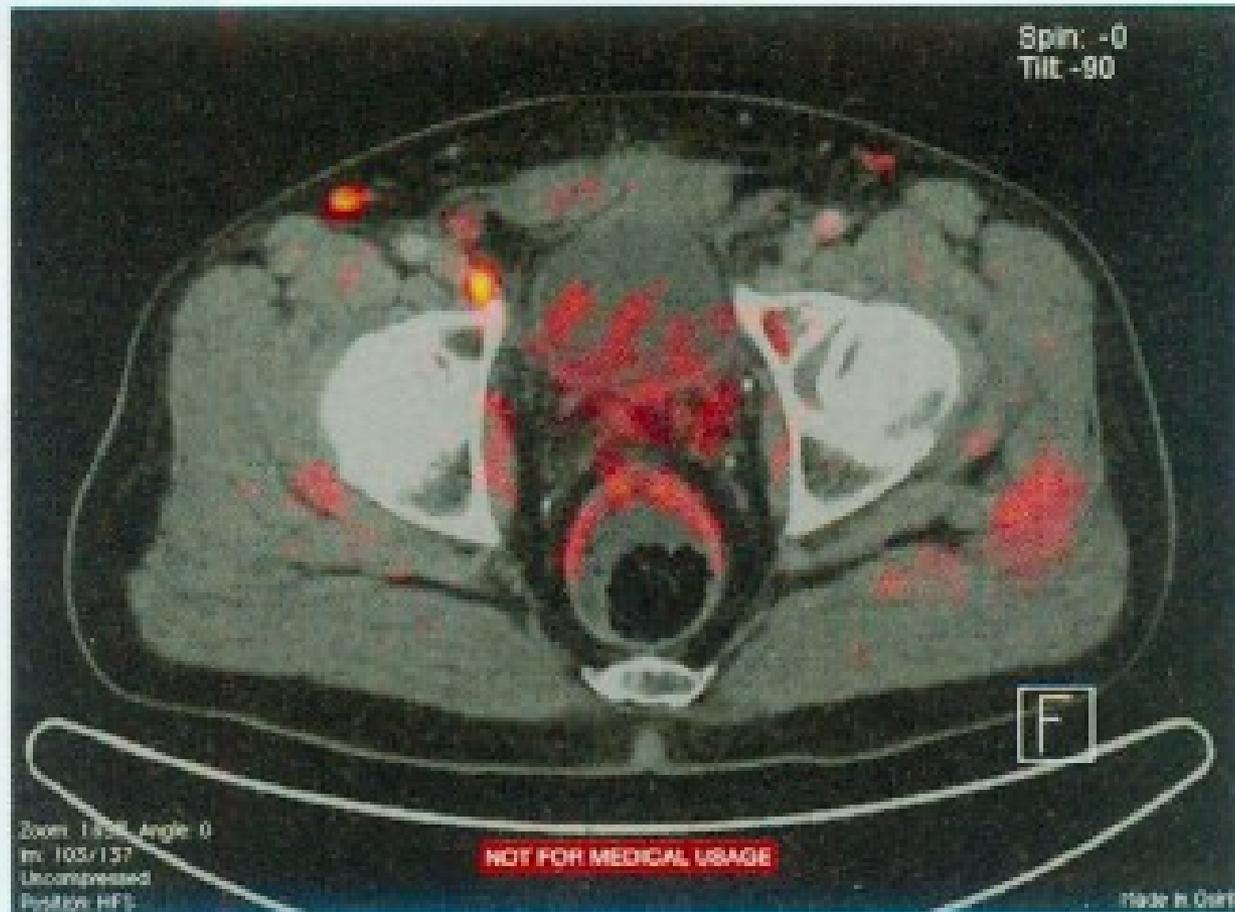
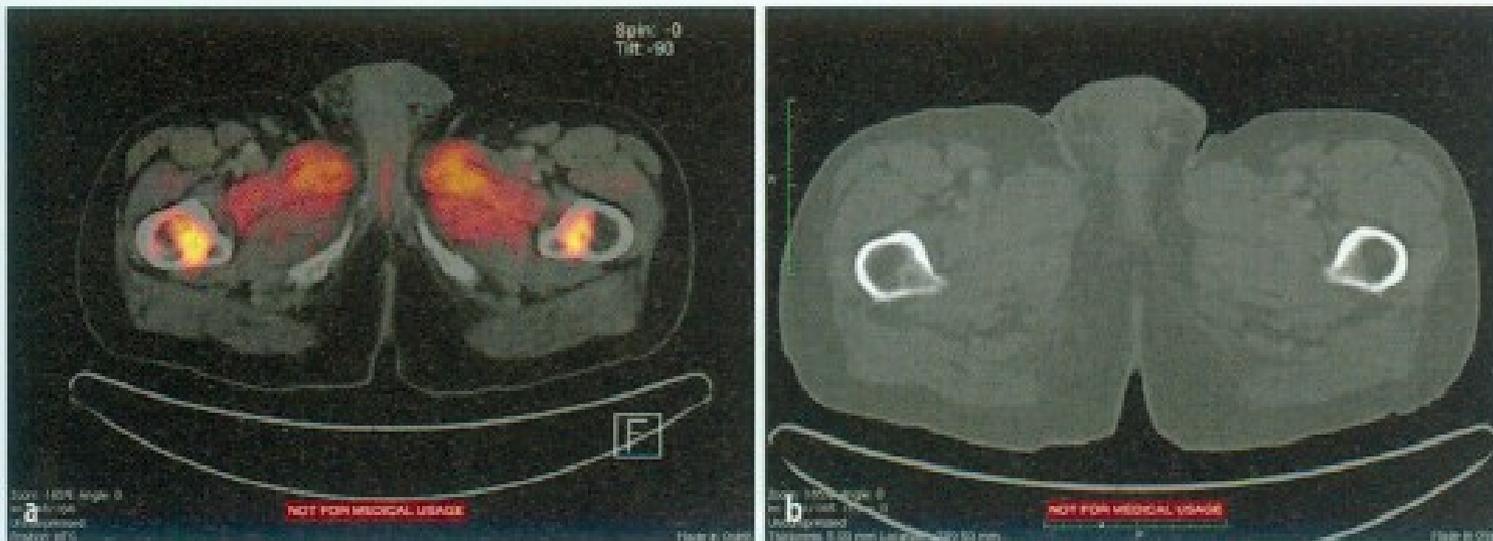


Abb. 2 ◀  $^{18}\text{F}$ -Cholin-PET/CT eines Patienten mit lymphogen metastasiertem Prostatakarzinom: inguinale Lymphknoten rechtsbetont mit deutlicher Mehrspeicherung

# Diagnostik des fortgeschrittenen Prostatakarzinoms

## $^{18}\text{F}$ -Cholin-PET/CT



**Abb. 3** ◀ **a**  $^{18}\text{F}$ -Cholin-PET/CT (links) eines Patienten mit ossär metastasiertem Prostatakarzinom, **b** äquivalente Schnittebene im Nativ-CT

## Diagnostik der Metastasierung

# **$^{18}\text{F}$ -Cholin-PET-MRT**

wird in dieser Übersichtsarbeit nicht besprochen.

### Meine persönliche Meinung:

Derzeit ist für mich das **PET/MRT** die beste Möglichkeit, zu beurteilen, ob ein Karzinom auf die Prostata begrenzt ist oder nicht.

### Grund:

Es verbindet in der Darstellung optimal die Weichteilgenauigkeit des MRT mit der Stoffwechselphysiologie von gesunden bzw.



**A. Kretschmer**  
Urologische Klinik und  
Poliklinik,  
Ludwig-Maximilians-  
Universität München,  
Marchioninistraße 15,  
81377 München  
Alexander.Kretschmer@  
med.uni-muenchen.de

**Interessenkonflikt.** Der korrespondierende Autor gibt für sich und seine Koautoren an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

## Literatur

1. Robert Koch-Institut und die Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e. V. (Hrsg) (2012) Krebs in Deutschland 2007/2008. RKI, Berlin, S 80–84
2. Guillonneau BD, Fizazi K (2011) Natural history of patients presenting biochemical recurrence after radical prostatectomy: some good news? *Eur Urol* 59(6):900–901
3. Mullins JK, Han M, Piorozzo PM et al (2012) Radical prostatectomy outcome in men 65 years old or older with low risk prostate cancer. *J Urol* 187(5):1620–1625
4. Swanson GP, Thompson IM, Basler J (2006) Current status of lymph node-positive prostate cancer: incidence and predictors of outcome. *Cancer* 107(3):439–450
5. Campbell SC, Klein EA, Levin HS et al (1995) Open pelvic lymph node dissection for prostate cancer: a reassessment. *Urology* 46(3):352–355
6. Danella JF, deKernion JB, Smith RB et al (1993) The contemporary incidence of lymph node metastases in prostate cancer: Implications for laparoscopic lymph node dissection. *J Urol* 149(6):1488–1491
7. Heidenreich A, Bellmunt J, Bolla M et al (2010) EAU guidelines on prostate cancer. Part 1: screening, diagnosis, and treatment of clinically localised disease. *Eur Urol* 59(1):61–71
8. Turkbey B, Alibert PS, Kurdziel K et al (2009) Imaging localized prostate cancer: current approaches and new developments. *AJR Am J Roentgenol* 192(6):1471–1480
9. Arnis ES Jr, Bigongiari LR, Bluth EJ et al (2000) Pre-treatment staging of clinically localized prostate cancer. American College of Radiology. ACR Appropriateness Criteria. *Radiology* 215(Suppl):703–708
10. Hövels AM, Heesakkers RA, Adang EM et al (2008) The diagnostic accuracy of CT and MRI in the staging of pelvic lymph nodes in patients with prostate cancer: a meta-analysis. *Clin Radiol* 63(4):387–395
11. Pouliot F, Johnson M, Wu L (2009) Non-invasive molecular imaging of prostate cancer lymph node metastasis. *Trends Mol Med* 15(6):254–262
12. Harisinghani MG, Barentsz J, Hahn PF et al (2003) Noninvasive detection of clinically occult lymph-node metastases in prostate cancer. *N Engl J Med* 348(25):2491–2499
13. Heesakkers RA, Hövels AM, Jäger GJ et al (2008) MRI with a lymph-node-specific contrast agent as an alternative to CT scan and lymph-node dissection in patients with prostate cancer: a prospective multicohort study. *Lancet Oncol* 9(9):850–856
14. Pinto F, Totaro A, Palermo G et al (2012) Imaging in prostate cancer staging: present role and future perspectives. *Urol Int* 88(2):125–136
15. Seitz M, Stief CG, Reich O et al (2010) Diagnostic work-up for lymph node metastases of urological tumors. *Urologe A* 49(3):356–363
16. Eiber M, Beer AJ, Holzapfel K et al (2010) Preliminary results for characterization of pelvic lymph nodes in patients with prostate cancer by diffusion-weighted MR-imaging. *Invest Radiol* 45(1):15–23
17. Budiharto T, Joniau S, Lerut E et al (2011) Prospective evaluation of 11C-choline positron emission tomography/computed tomography and diffusion-weighted magnetic resonance imaging for the nodal staging of prostate cancer with a high risk of lymph node metastases. *Eur Urol* 60(1):125–130
18. Giannarini G, Petralia G, Thoeny HC (2011) Potential and limitations of diffusion-weighted magnetic resonance imaging in kidney, prostate, and bladder cancer including pelvic lymph node staging: a critical analysis of the literature. *Eur Urol* 61(2):326–340
19. Zeisel SH (1981) Dietary choline: biochemistry, physiology, and pharmacology. *Annu Rev Nutr* 1:95–121
20. Sutinen E, Nurmi M, Roivainen A et al (2004) Kinetics of (11C) choline uptake in prostate cancer: a PET study. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 31(3):317–324
21. Ackersstaff E, Pflug BR, Nelson JB et al (2001) Detection of increased choline compounds with proton nuclear magnetic resonance spectroscopy subsequent to malignant transformation of human prostatic epithelial cells. *Cancer Res* 61(9):3599–3603
22. Jong LJ de, Pruim J, Elsinga PH et al (2002) Visualization of prostate cancer with 11C-choline positron emission tomography. *Eur Urol* 42(1):18–23
23. Jong LJ de, Pruim J, Elsinga PH et al (2003) Preoperative staging of pelvic lymph nodes in prostate cancer by 11C-choline PET. *J Nucl Med* 44(3):331–335
24. Schiavina R, Scattoni V, Castellucci P et al (2008) 11C-choline positron emission tomography/computerized tomography for preoperative lymph-node staging in intermediate-risk and high-risk prostate cancer: comparison with clinical staging nomograms. *Eur Urol* 54(2):392–401
25. Hacker A, Jeschke S, Leeb K et al (2006) Detection of pelvic lymph node metastases in patients with clinically localized prostate cancer: comparison of (18F) fluorocholine positron emission tomography-computerized tomography and laparoscopic radioisotope guided sentinel lymph node dissection. *J Urol* 176(5):2014–2019
26. Scher B, Seitz M (2008) PET/CT imaging of recurrent prostate cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 35(1):5–8
27. Javdar H (2011) Colonic FDG uptake pattern in subjects receiving oral contrast with no known or suspected colonic disease. *Clin Nucl Med* 36(9):754–756
28. Ravizzini G, Turkbey B, Kurdziel K et al (2009) New horizons in prostate cancer imaging. *Eur J Radiol* 70(2):212–226
29. Tilki D, Reich O, Graser A et al (2012) 18F-Fluoroethylcholine PET/CT identifies lymph node metastasis in patients with prostate-specific antigen failure after radical prostatectomy but underestimates its extent. *Eur Urol* 57(2):8041–8059
30. Poulsen MH, Bouchelouche K, Gerke O et al (2010) [18F]-fluorocholine positron-emission/computed tomography for lymph node staging of patients with prostate cancer: preliminary results of a prospective study. *BJU Int* 106(5):639–644
31. Thuraija R, McFarlane J, Traill Z et al (2004) State-of-the-art approaches to detecting early bone metastasis in prostate cancer. *BJU Int* 94(3):268–271
32. Taoka T, Mayr NA, Lee HJ et al (2001) Factors influencing visualization of vertebral metastases on MR imaging versus bone scintigraphy. *AJR Am J Roentgenol* 176(6):1525–1530
33. Messiou C, Cook G, deSouza NM (2009) Imaging metastatic bone disease from carcinoma of the prostate. *Br J Cancer* 101(8):1225–1232
34. Pollen JJ, Wittzum KF, Ashburn WL (1984) The flare phenomenon on radionuclide bone scan in metastatic prostate cancer. *AJR Am J Roentgenol* 142(4):773–776
35. Nozaki T, Yasuda K, Akashi T et al (2008) Usefulness of single photon emission computed tomography imaging in the detection of lumbar vertebral metastases from prostate cancer. *Int J Urol* 15(6):516–519
36. Even-Sapir E, Metzger U, Mishani E et al (2006) The detection of bone metastases in patients with high-risk prostate cancer: 99mTc-MDP Planar bone scintigraphy, single- and multi-field-of-view SPECT, 18F-fluoride PET, and 18F-fluoride PET/CT. *J Nucl Med* 47(2):287–297
37. Link TM, Sciuk J, Fründt H et al (1995) Spinal metastases. Value of diagnostic procedures in the initial diagnosis and follow-up. *Radiologe* 35(1):21–27
38. Lecouvet FE, Geukens D, Stainier A et al (2007) Magnetic resonance imaging of the axial skeleton for detecting bone metastases in patients with high-risk prostate cancer: diagnostic and cost-effectiveness and comparison with current detection strategies. *J Clin Oncol* 25(22):3281–3287
39. Algra PR, Bloem JL, Tissing H et al (1991) Detection of vertebral metastases: comparison between MR imaging and bone scintigraphy. *Radiographics* 11(2):219–232
40. Gutzeit A, Doert A, Froehlich JM et al (2010) Comparison of diffusion-weighted whole body MRI and skeletal scintigraphy for the detection of bone metastases in patients with prostate or breast carcinoma. *Skeletal Radiol* 39(4):333–343
41. Reischauer C, Froehlich JM, Koh DM et al (2010) Bone metastases from prostate cancer: assessing treatment response by using diffusion-weighted imaging and functional diffusion maps – initial observations. *Radiology* 257(2):523–531
42. Reske SN, Kotzerke J (2001) FDG-PET for clinical use. Results of the 3rd German Interdisciplinary Consensus Conference, „Onko-PET III“, 21 July and 19 September 2000. *Eur J Nucl Med* 28(11):1707–1723
43. Hofer C, Laubenbacher C, Block T et al (1999) Fluorine-18-fluorodeoxyglucose positron emission tomography is useless for the detection of local recurrence after radical prostatectomy. *Eur Urol* 36(1):31–35
44. Akin O, Hricak H (2007) Imaging of prostate cancer. *Radiol Clin North Am* 45(1):207–222
45. Schoder H, Larson SM (2004) Positron emission tomography for prostate, bladder, and renal cancer. *Semin Nucl Med* 34(4):274–292
46. Seitz M, Shukla-Dave A, Bjartell A et al (2004) Was leistet die Skelettszintigraphie beim Staging des Prostatakarzinoms: Ein Vergleich mit der 11C-Cholin-PET/CT und der 18F-Fluorid-PET. *Urologe A* 234(Suppl 1)
47. Fuccio C, Castellucci P, Schiavina R et al (2010) Role of 11C-choline PET/CT in the restaging of prostate cancer patients showing a single lesion on bone scintigraphy. *Ann Nucl Med* 24(6):485–492
48. Boorjian SA, Thompson RH, Tollefson MK et al (2011) Long-term risk of clinical progression after biochemical recurrence following radical prostatectomy: the impact of time from surgery to recurrence. *Eur Urol* 59(6):893–899
49. Simmons MN, Stephenson AJ, Klein EA (2007) Natural history of biochemical recurrence after radical prostatectomy: risk assessment for secondary therapy. *Eur Urol* 51(5):1175–1184
50. Sivalingam S, Oxley J, Probert JL et al (2007) Role of pelvic lymphadenectomy in prostate cancer management. *Urology* 69(2):203–209
51. Bott SR (2004) Management of recurrent disease after radical prostatectomy. *Prostate Cancer Prostatic Dis* 7(3):211–216
52. Krämer S, Görich J, Gottfried HW et al (1997) Sensitivity of computed tomography in detecting local recurrence of prostatic carcinoma following radical prostatectomy. *Br J Radiol* 70(838):995–999
53. Sella T, Schwartz LH, Swindle PW et al (2004) Suspected local recurrence after radical prostatectomy: endorectal coil MR imaging. *Radiology* 231(2):379–385
54. Silverman JM, Krebs TL (1997) MR imaging evaluation with a transrectal surface coil of local recurrence of prostatic cancer in men who have undergone radical prostatectomy. *AJR Am J Roentgenol* 168(2):379–385
55. Sciarra A, Panebianco V, Sacciccia S et al (2008) Role of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance (MR) imaging and proton MR spectroscopic imaging in the detection of local recurrence after radical prostatectomy for prostate cancer. *Eur Urol* 54(3):589–600
56. Coakley FV, Teh HS, Qayyum A et al (2004) Endorectal MR imaging and MR spectroscopic imaging for locally recurrent prostate cancer after external beam radiation therapy: preliminary experience. *Radiology* 233(2):441–448
57. Rinnab L, Mottaghy FM, Blumstein NM et al (2007) Evaluation of (11C)-choline positron-emission/computed tomography in patients with increasing prostate-specific antigen levels after primary treatment for prostate cancer. *BJU Int* 100(4):786–793
58. Krause BJ, Souvatzoglou M, Tuncel M et al (2008) The detection rate of (11C) choline-PET/CT depends on the serum PSA-value in patients with biochemical recurrence of prostate cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 35(1):18–23
59. Castellucci P, Fuccio C, Nanni C et al (2009) Influence of trigger PSA and PSA kinetics on 11C-Choline PET/CT detection rate in patients with biochemical relapse after radical prostatectomy. *J Nucl Med* 50(9):1394–1400
60. Krause BJ, Souvatzoglou M, Treiber U (2011) Imaging of prostate cancer with PET/CT and radioactively labeled choline derivatives. *Urol Oncol* (Epub ahead of print)
61. Pandit-Taskar N, O'Donoghue JA, Morris MJ et al (2008) Antibody mass escalation study in patients with castration-resistant prostate cancer using 111In-J591: lesion detectability and dosimetric projections for 90Y radioimmunotherapy. *J Nucl Med* 49(7):1066–1074
62. Milowsky MJ, Nanus DM, Kostakoglu L et al (2004) Phase I trial of yttrium-90-labeled anti-prostate-specific membrane antigen monoclonal antibody J591 for androgen-independent prostate cancer. *J Clin Oncol* 22(13):2522–2531
63. Husarik DB, Miralbell R, Dubs M et al (2008) Evaluation of [18F]-choline PET/CT for staging and restaging of prostate cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 35:253–263
64. Graute V, Jansen N, Ubleis C et al (2012) Relationship between PSA kinetics and [18F]fluorocholine PET/CT detection rates of recurrence in patients with prostate cancer after total prostatectomy. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 39:271–282