

Inhaltsverzeichnis

I Grundlagen

| | | | | | |
|------------|--------------------------------------------|----|-------------|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| 1 | Prinzipien der Nuklearmedizin | 20 | | | |
| | <i>Bernd Neumaier</i> | | | | |
| 1.1 | Einführung | 20 | 1.3 | Nobelpreise | 27 |
| 1.2 | Geschichtlicher Überblick | 25 | 1.4 | Molekulare Bildgebung | 28 |
| 2 | Physikalische Grundlagen | 34 | | | |
| | <i>Melanie Hohberg, Matthias Schmidt</i> | | | | |
| 2.1 | Nuklide | 34 | 2.3 | Wechselwirkung zwischen Strahlung und Materie | 38 |
| 2.2 | Radioaktivität | 35 | | | |
| 3 | Radiopharmazeutische Chemie | 46 | | | |
| | <i>Klaus Kopka, Stefan Wagner</i> | | | | |
| 3.1 | Einführung | 46 | 3.5 | Qualitätssicherung und -kontrolle | 80 |
| 3.2 | Radiopharmaka | 48 | 3.6 | Produktionsablauf zur Herstellung von ¹⁸F-FDG | 84 |
| 3.3 | Radiotoxizität | 76 | | | |
| 3.4 | Gesetzliche Aspekte | 78 | | | |
| 4 | Messtechnik | 87 | | | |
| | <i>Melanie Hohberg, Matthias Schmidt</i> | | | | |
| 4.1 | Grundlagen | 87 | 4.7 | SPECT/CT | 97 |
| 4.2 | Detektoren für Gammastrahlung | 89 | 4.8 | PET | 98 |
| 4.3 | Gammaspektrometer | 91 | 4.9 | PET/CT | 101 |
| 4.4 | Sondenmessplatz | 92 | 4.10 | PET/MRT | 102 |
| 4.5 | Gammakamera | 93 | 4.11 | Bildverarbeitung und Kommunikation | 106 |
| 4.6 | SPECT | 95 | | | |

| | | | | |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|----------------------------------------------|
| 5 | Nuklearmedizinische Untersuchungen | 110 | | |
| | <i>Matthias Schmidt</i> | | | |
| 5.1 | Kinetische Untersuchungen..... | 110 | 5.3 | Kriterien für den klinischen Einsatz..... |
| 5.2 | Szintigrafische Untersuchungen | 112 | | 121 |
| 6 | Qualitätssicherung | | | 128 |
| | <i>Markus Dietlein</i> | | | |
| 6.1 | Nutzenbewertung diagnostischer Verfahren..... | 128 | 6.2 | Evidenzbasierte Medizin und Bias-Formen..... |
| | | | 6.3 | Ärztliche Stelle..... |
| | | | | 133 |
| 7 | Dosimetrie | | | 137 |
| | <i>Melanie Hohberg, Matthias Schmidt</i> | | | |
| 7.1 | Dosisbegriffe..... | 137 | 7.6 | Strahlenexposition des Patienten..... |
| 7.2 | Dosis und Dosisleistung..... | 139 | 7.7 | Nutzen-Risiko-Betrachtungen... |
| 7.3 | Klinische Dosimetrie..... | 141 | 7.8 | Strahlenexposition von Personen..... |
| 7.4 | Strahlenschutz..... | 145 | | 165 |
| 7.5 | Strahlenrisiken..... | 149 | | |
| II | Diagnostik | | | |
| 8 | Untersuchungsverfahren für die Schilddrüse | | | 170 |
| | <i>Markus Dietlein</i> | | | |
| 8.1 | Einführung..... | 170 | 8.4 | Zusammenfassung..... |
| 8.2 | In-vitro-Diagnostik..... | 176 | 8.5 | Kasuistiken..... |
| 8.3 | In-vivo-Diagnostik..... | 181 | | 200 |
| 9 | Untersuchungsverfahren für die Nebenschilddrüsen (Hyperparathyreoidismus) | | | 209 |
| | <i>Matthias Schmidt</i> | | | |
| 9.1 | Einführung..... | 209 | 9.2 | In-vivo-Diagnostik..... |
| | | | | 210 |

| | | | | |
|-------------|--------------------------------------------------------------|-----|-------------|-------------------------------------------------------------|
| 10 | Tumordiagnostik mittels Gammakamera / SPECT/CT | 214 | | |
| | <i>Markus Dietlein, Matthias Schmidt</i> | | | |
| 10.1 | Onkologische Fragestellungen . | 214 | 10.6 | Geräte |
| 10.2 | Prinzip und molekulare Grundlagen | 217 | 10.7 | Ergebnisse |
| 10.3 | Indikationen | 219 | 10.8 | Zusammenfassung |
| 10.4 | Radiopharmaka | 220 | 10.9 | Kasuistiken |
| 10.5 | Durchführung | 221 | | |
| 11 | Untersuchungsverfahren für Skelett und Gelenke | 229 | | |
| | <i>Matthias Schmidt</i> | | | |
| 11.1 | Einführung | 229 | 11.4 | Zusammenfassung |
| 11.2 | Skelettszintigrafie | 229 | 11.5 | Kasuistiken |
| 11.3 | PET/CT mit ¹⁸F-FDG oder ¹⁸F-NaF | 239 | | |
| 12 | Untersuchungsverfahren bei Entzündungen | 249 | | |
| | <i>Markus Dietlein</i> | | | |
| 12.1 | Einführung | 249 | 12.3 | Zusammenfassung |
| 12.2 | Entzündungszintigrafie und PET/CT | 250 | 12.4 | Kasuistiken |
| 13 | Wächterlymphknoten-Szintigrafie | 260 | | |
| | <i>Matthias Schmidt</i> | | | |
| 13.1 | Einführung | 260 | 13.5 | Primäres oder sekundäres Lymphödem und Lipödem |
| 13.2 | Malignes Melanom und andere Hauttumoren | 263 | 13.6 | Chylothorax und chylöser Aszites |
| 13.3 | Mammakarzinom | 264 | 13.7 | Zusammenfassung |
| 13.4 | Tumoren im kleinen Becken | 265 | 13.8 | Kasuistiken |

| | | | | |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------|------------------------------------------------------------|
| 14 | Untersuchungsverfahren für das Herz-Kreislauf-System | 269 | | |
| | <i>Matthias Schmidt</i> | | | |
| 14.1 | Einführung | 269 | 14.7 | Diagnostik der Sarkoidose mit Herzbeteiligung |
| 14.2 | Funktions-, Perfusions- und Stoffwechselreserve | 270 | 14.8 | Kardiale Entzündungsdiagnostik |
| 14.3 | Geräteausstattung | 271 | 14.9 | Gefäßszintigrafie bei Takayasu-Arteriitis |
| 14.4 | Myokard-Perfusions-SPECT | 272 | 14.10 | Zusammenfassung |
| 14.5 | Radionuklidventrikulografie | 295 | 14.11 | Kasuistiken |
| 14.6 | Diagnostik der transthyretinasozierten kardialen Amyloidose | 296 | | |
| 15 | Untersuchungsverfahren für die Lunge | 307 | | |
| | <i>Matthias Schmidt</i> | | | |
| 15.1 | Einführung | 307 | 15.4 | Zusammenfassung |
| 15.2 | Ventilations- bzw. Inhalationsszintigrafie und Perfusionsszintigrafie/-SPECT | 308 | 15.5 | Kasuistiken |
| 15.3 | Quantitative Messungen | 318 | | |
| 16 | Untersuchungsverfahren für das Zentralnervensystem | 323 | | |
| | <i>Thilo van Eimeren, Matthias Schmidt, Matthias Weckesser</i> | | | |
| 16.1 | Einführung | 323 | 16.5 | Epilepsiediagnostik |
| 16.2 | Untersuchungsprinzip | 323 | 16.6 | Feststellung des Hirntods |
| 16.3 | Diagnostik bei Bewegungsstörungen | 324 | 16.7 | Nachweis eines Liquorverlusts .. |
| 16.4 | Demenzdiagnostik | 329 | 16.8 | Kasuistiken |
| 17 | Untersuchungsverfahren für die Nieren und ableitenden Harnwege | 342 | | |
| | <i>Carsten Kobe</i> | | | |
| 17.1 | Einführung | 342 | 17.4 | Zusammenfassung |
| 17.2 | Kombinierte Nierenperfusions- und Nierenfunktionsszintigrafie | 342 | 17.5 | Kasuistiken |
| 17.3 | Statische Nierenzintigrafie | 354 | | |

| | | | | |
|-------------|-------------------------------------------------------------------|-----|--------------|----------------------------------------------------------|
| 18 | Untersuchungsverfahren für den Gastrointestinaltrakt | 357 | | |
| | <i>Matthias Schmidt</i> | | | |
| 18.1 | Untersuchung der Speicheldrüsen | 357 | 18.6 | Resorptionstests |
| 18.2 | Untersuchung des Ösophagus .. | 359 | 18.7 | Untersuchung bei gastrointestinaler Blutung |
| 18.3 | Untersuchung des Magens | 362 | 18.8 | Meckel-Szintigrafie |
| 18.4 | Untersuchung der Leber und der Gallenwege | 365 | 18.9 | Zusammenfassung |
| 18.5 | Untersuchung des Pankreas | 367 | 18.10 | Kasuistiken |
| 19 | Sonstige szintigrafische Untersuchungsverfahren | 372 | | |
| | <i>Markus Dietlein</i> | | | |
| 19.1 | Einführung | 372 | 19.3 | Hodenzintigrafie |
| 19.2 | Szintigrafie der Tränenwege ... | 372 | | |
| III | Spezielle Diagnostik | | | |
| 20 | PET/CT von Tumoren allgemein | 374 | | |
| | <i>Markus Dietlein, Matthias Schmidt</i> | | | |
| 20.1 | Onkologische Fragestellungen . | 374 | 20.6 | Geräte |
| 20.2 | Prinzip und molekulare Grundlagen | 377 | 20.7 | Auswertung |
| 20.3 | Indikationen | 379 | 20.8 | Sozialmedizinische Regelungen .. |
| 20.4 | Radiopharmaka | 388 | 20.9 | Zusammenfassung |
| 20.5 | Durchführung | 389 | 20.10 | Kasuistiken |
| 21 | PET/CT bei Lymphomen | 397 | | |
| | <i>Carsten Kobe</i> | | | |
| 21.1 | Einführung | 397 | 21.4 | Nachsorge |
| 21.2 | Stadienzuordnung | 397 | 21.5 | Kasuistiken |
| 21.3 | Therapieansprechen | 398 | | |

| | | | | | |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|------|-----------------------------------------------------------|-----|
| 22 | PET/CT bei dermatologischen Tumoren | 403 | | | |
| | <i>Philipp Täger</i> | | | | |
| 22.1 | Indikationen..... | 403 | 22.4 | Merkel-Zell-Karzinom..... | 405 |
| 22.2 | Patientenlagerung..... | 403 | 22.5 | Kasuistiken..... | 406 |
| 22.3 | Malignes Melanom..... | 403 | | | |
| 23 | PET/CT bei Knochen- und Weichteiltumoren | 410 | | | |
| | <i>Carsten Kobe</i> | | | | |
| 23.1 | Einführung..... | 410 | 23.4 | Weichteilsarkom..... | 410 |
| 23.2 | Ewing-Sarkom..... | 410 | 23.5 | Kasuistiken..... | 410 |
| 23.3 | Osteosarkom..... | 410 | | | |
| 24 | PET/CT bei neuroendokrinen Tumoren | 413 | | | |
| | <i>Robin Bacher, Matthias Schmidt</i> | | | | |
| 24.1 | Indikationen..... | 413 | 24.4 | Neuroendokrine Neoplasien der Lunge..... | 417 |
| 24.2 | Grundlagen neuroendokriner Tumoren..... | 413 | 24.5 | Neuroendokrine Neoplasie mit unklarem Primärtumor..... | 417 |
| 24.3 | Gastroenteropankreatische neuroendokrine Neoplasien..... | 416 | 24.6 | Kasuistiken..... | 418 |
| 25 | PET/MRT bei neoplastischen Erkrankungen des Zentralnervensystems | 419 | | | |
| | <i>Norbert Galldiks</i> | | | | |
| 25.1 | Einführung..... | 419 | 25.3 | Häufige klinische Anwendungen der Aminosäure-PET..... | 420 |
| 25.2 | Wichtigste Radiopharmazeutika für die PET..... | 419 | 25.4 | Kasuistiken..... | 422 |
| 26 | PET/CT bei Kopf-Hals-Tumoren | 425 | | | |
| | <i>Markus Dietlein</i> | | | | |
| 26.1 | Einführung..... | 425 | 26.3 | Durchführung und Interpretation..... | 428 |
| 26.2 | Indikationen..... | 425 | 26.4 | Kasuistiken..... | 428 |

| | | | | |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 27 | PET/CT bei Schilddrüsenkarzinomen | 436 | | |
| | <i>Philipp Täger, Matthias Schmidt</i> | | | |
| 27.1 | Einführung | 436 | 27.5 | Schlecht differenziertes bzw. anaplastisches Schilddrüsenkarzinom |
| 27.2 | Indikationen | 436 | | 439 |
| 27.3 | Inzidentalome | 437 | 27.6 | Medulläres Schilddrüsenkarzinom |
| 27.4 | Differenziertes Schilddrüsenkarzinom | 437 | | 440 |
| | | | 27.7 | Kasuistiken |
| | | | | 440 |
| 28 | PET/CT bei Tumoren der Lunge und des Mediastinums | 442 | | |
| | <i>Markus Dietlein</i> | | | |
| 28.1 | Einführung | 442 | 28.3 | Zusammenfassung |
| 28.2 | Indikationen | 442 | | 444 |
| | | | 28.4 | Kasuistiken |
| | | | | 444 |
| 29 | PET/CT bei Ösophagus-, Gastrointestinaltrakt-, Leber- und Pankreastumoren | 450 | | |
| | <i>Robin Bacher, Matthias Schmidt</i> | | | |
| 29.1 | Indikationen | 450 | 29.5 | Tumoren der Leber |
| 29.2 | Tumoren des Ösophagus | 450 | | 452 |
| 29.3 | Tumoren des Magens | 451 | 29.6 | Tumoren des Pankreas |
| 29.4 | Gastrointestinale Stromatumoren | 452 | | 453 |
| | | | 29.7 | Tumoren des Darmes |
| | | | | 453 |
| | | | 29.8 | Kasuistiken |
| | | | | 455 |
| 30 | PET/CT beim Mammakarzinom und bei gynäkologischen Tumoren .. | 457 | | |
| | <i>Carsten Kobe</i> | | | |
| 30.1 | Mammakarzinom | 457 | 30.3 | Zervixkarzinom |
| 30.2 | Ovarialkarzinom | 457 | | 458 |
| | | | 30.4 | Kasuistiken |
| | | | | 458 |
| 31 | PET/CT bei urologischen Tumoren | 462 | | |
| | <i>Markus Dietlein, Matthias Schmidt</i> | | | |
| 31.1 | Radionuklide | 462 | 31.3 | Durchführung und Interpretation |
| 31.2 | Indikationen | 463 | | 465 |
| | | | 31.4 | Kasuistiken |
| | | | | 468 |

IV Therapie

| | | |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 32 | Radioiodtherapie bei benignen Schilddrüsenerkrankungen | 482 |
| | <i>Markus Dietlein, Matthias Schmidt</i> | |
| 32.1 | Prinzip und molekulare Grundlagen..... | 482 |
| 32.2 | Indikationen..... | 483 |
| 32.3 | Kontraindikationen..... | 485 |
| 32.4 | Durchführung..... | 485 |
| 32.5 | Ergebnisse..... | 488 |
| 32.6 | Nebenwirkungen und Begleiteffekte..... | 491 |
| 32.7 | Zusammenfassung..... | 493 |
| 32.8 | Kasuistiken..... | 493 |
| 33 | Radioiodtherapie beim Schilddrüsenkarzinom | 496 |
| | <i>Markus Dietlein, Matthias Schmidt</i> | |
| 33.1 | Prinzip und molekulare Grundlagen..... | 496 |
| 33.2 | Indikationen..... | 496 |
| 33.3 | Durchführung..... | 497 |
| 33.4 | Nebenwirkungen und Begleiteffekte..... | 502 |
| 33.5 | Zusammenfassung..... | 502 |
| 33.6 | Kasuistiken..... | 502 |
| 34 | Radionuklidtherapie von Skelettmetastasen | 506 |
| | <i>Matthias Schmidt, Markus Dietlein</i> | |
| 34.1 | Radionuklidtherapie von Skelettmetastasen mit Betastrahlern .. | 506 |
| 34.2 | Radionuklidtherapie von Skelettmetastasen mit dem Alphastrahler Radium-223-dichlorid .. | 507 |
| 34.3 | Radionuklidtherapie mit Lu-177-markierten PSMA-Liganden..... | 509 |
| 34.4 | Zusammenfassung..... | 510 |
| 34.5 | Kasuistiken..... | 510 |
| 35 | ¹³¹I-mIBG-Therapie beim Neuroblastom im Stadium III/IV und beim metastasierten Phäochromozytom | 512 |
| | <i>Matthias Schmidt</i> | |
| 35.1 | Prinzip und molekulare Grundlagen..... | 512 |
| 35.2 | Klinik und Indikationen..... | 512 |
| 35.3 | Durchführung..... | 514 |
| 35.4 | Nebenwirkungen..... | 516 |
| 35.5 | Ergebnisse..... | 516 |
| 35.6 | Zusammenfassung..... | 517 |
| 35.7 | Kasuistiken..... | 517 |

| | | |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 36 | Peptidrezeptor-Radionuklidtherapie von gastroenteropankreatischen neuroendokrinen Neoplasien und neuroendokrinen Tumoren der Lungen | 519 |
| | <i>Matthias Schmidt</i> | |
| 36.1 | Prinzip und molekulare Grundlagen | 519 |
| 36.2 | Klinik | 519 |
| 36.3 | Indikationen | 522 |
| 36.4 | Durchführung | 523 |
| 36.5 | Ergebnisse und Nebenwirkungen | 523 |
| 36.6 | Zusammenfassung | 526 |
| 36.7 | Kasuistiken | 526 |
| 37 | ¹⁷⁷Lu-PSMA-Ligandentherapie des metastasierten Prostatakarzinoms | 527 |
| | <i>Matthias Schmidt, Markus Dietlein</i> | |
| 37.1 | Prinzip und molekulare Grundlagen | 527 |
| 37.2 | Indikationen | 527 |
| 37.3 | Kontraindikationen | 528 |
| 37.4 | Durchführung | 528 |
| 37.5 | Ergebnisse | 529 |
| 37.6 | Risiken und Nebenwirkungen .. | 529 |
| 37.7 | Zusammenfassung | 530 |
| 37.8 | Kasuistiken | 530 |
| 38 | Selektive interne Radiotherapie primärer oder sekundärer Lebertumoren | 531 |
| | <i>Matthias Schmidt, Markus Dietlein</i> | |
| 38.1 | Prinzip und molekulare Grundlagen | 531 |
| 38.2 | Indikationen | 531 |
| 38.3 | Kontraindikationen | 532 |
| 38.4 | Durchführung | 532 |
| 38.5 | Ergebnisse | 533 |
| 38.6 | Nebenwirkungen | 533 |
| 38.7 | Zusammenfassung | 533 |
| 38.8 | Kasuistiken | 534 |

| | | | | | |
|---------------|-------------------------------------------------------|-----|-------------|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| 39 | Radiosynoviorthese | 535 | | | |
| | <i>Matthias Schmidt, Markus Dietlein</i> | | | | |
| 39.1 | Historie und Prinzip | 535 | 39.5 | Ergebnisse | 537 |
| 39.2 | Indikationen | 535 | 39.6 | Risiken und Nebenwirkungen ... | 538 |
| 39.3 | Kontraindikationen | 535 | 39.7 | Zusammenfassung | 538 |
| 39.4 | Durchführung | 536 | 39.8 | Kasuistiken | 538 |
| 40 | Sonstige nuklearmedizinische Therapien | 540 | | | |
| | <i>Markus Dietlein</i> | | | | |
| 40.1 | Radioimmuntherapie maligner Lymphome | 540 | 40.2 | Brachytherapie mit Phosphor- 32-beladenen Siliziumpartikeln . | 541 |
| | | | 40.3 | Zusammenfassung | 541 |
| Anhang | | | | | |
| 41 | Abkürzungen | 544 | | | |
| 42 | SI-Einheiten | 547 | | | |
| 43 | Weiterführende Informationen | 549 | | | |
| 43.1 | Literatur | 549 | 43.4 | Fachgesellschaften | 556 |
| 43.2 | Literaturdatenbanken | 556 | 43.5 | Wissenschaftsorganisationen ... | 557 |
| 43.3 | Zeitschriften | 556 | | | |
| | Sachverzeichnis | 558 | | | |