



Österreichische Röntgengesellschaft  
Gesellschaft für Medizinische Radiologie  
und Nuklearmedizin

**ÖRG**  
**Österreichische**  
**Röntgengesellschaft**

[www.oerg.at](http://www.oerg.at)

**LEHRZIELKATALOG 2006**  
**(Revision 2023)**

## **Vorwort zum neuen Lehrzielkatalog der ÖRG**

Die Österreichische Röntgengesellschaft hat sich seit vielen Jahren für die Belange der Ausbildung, Fort- und Weiterbildung eingesetzt und mit der Entwicklung und Durchführung der Facharztprüfung beschäftigt. Bereits 1982 wurde der erste Lehrzielkatalog Radiologie von Prof. Dr. H. Pokieser und Prof. Dr. H. Imhof herausgegeben. In den neunziger Jahren mit dem Beginn der freiwilligen Facharztprüfung erschien die nächste Version des Lehrzielkataloges der ÖRG. 1994 legten wir für alle in Ausbildung befindlichen Kollegen eine schriftliche Unterlage vor, die sie im Rahmen der Vorbereitung zur freiwilligen Facharztprüfung benutzen konnten. Seither gab es elektronische Neufassungen einzelner Kapitel, jedoch keine Neuauflage eines umfassenden Lehrzielkataloges unseres Faches.

**Definitionen:** Der Lehrzielkatalog ist eine komplette und strukturierte Auflistung der wichtigen Schlüsselwörter und Indexbegriffe aus jedem radiologischen Fachbereich. Der Lehrzielkatalog ist gleichermaßen für Primärärzte, ausbildungsverantwortliche Fachärzte wie auch für die in Ausbildung stehenden Kollegen gedacht, entsprechend der European Training Charter for Clinical Radiology ([www.ear-online.org](http://www.ear-online.org)).

**Lernziel/Fragenkatalog:** Der Lehrzielkatalog ist eine ausführliche Zusammenfassung der wesentlichen Ausbildungsinhalte, spezifischen Lernziele unter Einschluss von Fragen zu den einzelnen Wissensgebieten. Der nunmehr vorliegende, neu aufgelegte Lehrzielkatalog ist auf die Initiative und den Einsatz des ÖRG-Präsidiums unter Führung von Prof. Dr. H. Imhof zurückzuführen. Die vorliegende Fassung zeigt noch keine ideale Harmonisierung der Kapitel, ist jedoch in der Praxis bereits erprobt. In der Zwischenzeit sind zahlreiche Kollegen zur Facharztprüfung angetreten und haben diese bestanden. Der Lehrzielkatalog wird Primärärzten, ausbildungsverantwortlichen Radiologen und künftigen Kandidaten eine adäquate Hilfe in der Vorbereitung sein und bestätigt, dass die Radiologie in Österreich bestens organisiert ist und eine Ausbildung im Fachbereich ermöglicht, welche, nach den Kriterien der EAR ausgerichtet, sehr guten europäischen Standard aufweist.

Prof. Dr. Christian Loewe  
Präsident

Prim. Dr. Martin Uggowitzer  
Präsident Elect

PD Dr. Mag. Gerlig Widmann  
Ausbildung-, Weiterbildungs- u.  
Fortbildungsverantwortlicher

Wien, September 2023

Basis dieses Lehrzielkataloges bilden die Lehrzielkataloge der EAR

bzw. deren Subspecialty-Gesellschaften

CIRSE

ESPR

ESCR

ESSR

ESGAR

ESTI

ESHNR

ESUR

ESNR

EUSOBI

und die erarbeiteten Lehrzielkataloge der einzelnen

AGs – der Österreichischen Röntgengesellschaft

## **Good Practice Guide for European Radiologists**

There is increasing demand for public accountability of doctors (1, 2, 3, 4). Some European countries have created public agencies to review hospital standards and national medical regulating bodies have increased their involvement in setting and monitoring the standards of care of doctors (5, 6, 7). The medical profession in Europe is regulated primarily by its own members and this self-regulation is based upon the premise that practice and performance of medicine can only be adequately reviewed by those with expertise in the field. However, patients are increasingly involved in decision-making and patient groups and government bodies in the assessment of performance and thus indirectly in regulation. It is therefore important that radiologists define criteria for good radiological practice in order to emphasise to these outside bodies that clear standards are being set down by the profession and that regulation is being performed against transparent criteria (8).

This paper describes the principles of good radiological practice and of competence, care and conduct expected of a radiologist in all aspects of their professional work. Many of these criteria of good radiological practice are generic to all doctors, but some are relatively specific to the practice of radiology and the document will integrate them. As a guiding principle, all patients are entitled to good standards of practice and care from their radiologists. Essential elements of this are professional competence, good relationships with patients and colleagues and observance of professional and ethical obligations. However, for good radiological practice it is essential that adequate support staff and equipment is provided by the hospital or health care facility management.

### **❖ Providing Good Quality Radiological Practice and Care Includes:**

- ◇ An adequate assessment of the patient's condition and symptoms and clear understanding as to the nature of the complaint to be investigated based on the information provided by the referring clinician and, where appropriate, discussions with the patient.
- ◇ Arranging and providing the appropriate investigations for an individual patient in relation to the clinical diagnosis in such a way as to minimise risk and maximise the efficacy of diagnosis.
- ◇ Ensuring that an appropriate assessment of the examination is made and a timely report issued and in particular, taking prompt action where this is clinically necessary.
- ◇ Referring the patient to another radiologist or clinician where this is indicated. Radiologists should work within the limits of their professional competence. This is particularly relevant with regard to their experience in individual imaging modalities, their detailed knowledge of particular clinical subspecialties and their

personal ability and experience in interventional techniques. The radiologist should be willing to consult with colleagues, where the diagnosis may be difficult or knowledge may be inadequate.

- ◇ Radiologists must be competent when making a diagnosis or arranging treatment, particularly, if interventional procedures are being undertaken. They should keep their clinical colleagues well-informed and be prepared to take over clinical responsibility for patients or share that responsibility with fellow clinicians (9).
- ◇ They should issue accurate, explicit, and understandable radiological reports, which record the relevant radiological findings and provide clear guidance to the clinician on the likely diagnosis and preferred supplementary investigations. Where uncertainty exists, this should be made clear within the text of the report (10).
- ◇ Rapid methods of communication should be used as an adjunct to the written report in situations of clinical emergency. These may include brief entries into the patient.'s medical notes or telephoning the medical staff who are responsible for the patient.'s medical care. In such circumstances it is the responsibility of the radiologist to ensure that the information has been received precisely, unambiguously and is fully understood. A record of the communication should be made in the report (11).
- ◇ When prescribing drugs or treatment, they must have an adequate knowledge of the patient.'s medical history, medication and health needs and of the value and complications of particular treatments or drugs.

### ❖ **Provision of Facilities:**

- ◇ Radiologists should use the resources that are available as appropriately and efficiently as possible.
- ◇ Radiologists should ensure that there is a clearly defined quality assurance system in place for equipment with special regard to image quality, equipment maintenance, equipment upgrades and radiation dose. The effect on radiation dose should take into account economic and social factors.
- ◇ It is important that if the radiologist is concerned about his / her ability to investigate or treat a patient safely, either because of inadequate premises, equipment or other resources, then the radiologist should consider not to undertake the procedures. This may require the radiologist to record his / her concerns and the steps that they have taken to try to resolve them and convey them to management.
- ◇ Advances in equipment in clinical radiology are rapid and have increased the diagnostic range and information and improved patient safety and comfort. It is recognised that the majority of departments of radiology or individual radiologists will not be able to provide or utilise the most modern equipment, but radiologists should ensure that the equipment that they use provides an examination, where the diagnostic sensitivity or specificity is not diminished. Where possible, the equipment used should be the most appropriate to evaluate the clinical problem

at the lowest risk to the patient.

### ❖ **Decisions about Access to Medical Care:**

- ◇ Investigations or treatment that radiologists provide or arrange should be based on the clinical judgment of the patient.'s needs and likely effectiveness of the treatment.
- ◇ Views with regard to the patient.'s life-style, culture, beliefs, race, colour, gender, sexuality and disability, age or social or economic status, should not prejudice the treatment provided or arranged.
- ◇ Radiologists must not refuse or delay treatment because they believe that patient.'s actions contributed to their condition. If the radiologist.'s beliefs might affect the advice or treatment that he / she provides, he / she should arrange for the patient to be investigated and / or treated by another radiologist.
- ◇ Radiologists must endeavour to give priority to the investigation and treatment of patients on the basis of clinical need.

### ❖ **Radiologists Must Maintain the Level of their Clinical Practice:**

Radiologists should be prepared to improve their skills and performance where possible and must take part in regular educational activities, which maintain and further develop their competence and performance. This process of life-long learning is defined in the policy document of the UEMS on continuing professional development (CPD) and specifically for radiologists by the EAR/UEMS radiology section policy document (14). This scheme is based on the acquisition of credits granted when radiologists attend educational courses or scientific meetings or for local and individual educational activities such as reading or writing scientific literature, attending clinico-radiological meetings and grand rounds, audit and selfdirected and distance learning.

Developing additional skills may be required due to technical developments, new imaging modalities or new interventional procedures and these should be learned in a well co-ordinated, structured manner, in order to ensure patient safety and clinical effectiveness.

### ❖ **Maintaining Radiologists.' Performance:**

- ◇ Radiologists should work with colleagues to monitor and maintain the quality of care that is provided and maintain a high awareness of patient.'s safety.
- ◇ Radiologists should take part in regular and systematic audit, recording the data honestly (15). Where necessary as a result of audit or in response to new developments and techniques, radiologists should ensure that they improve and develop their practice, through CME/CPD including, where appropriate, by

undertaking further training.

- ◇ Radiologists should respond constructively to the outcome of reviews, assessments or audit of their performance and should ensure that adverse radiological events are recognised and reported in order to reduce the risk to patients (16, 17, 18).
- ◇ Teaching and training radiologists should be willing to contribute to the education of students and colleagues. Teaching is a significant component of radiological work. The skills and practices of a competent teacher should be developed and trainees should be properly supervised.

### ❖ **Relationships with Patients:**

Radiologists should ensure that they respect the rights of patients to be satisfied, that the patient has understood the proposed examination or treatment and any significant risks or side-effects that may be associated with it. It is essential that patients should only give consent when all the appropriate information has been provided and that consent must be clearly and freely given (19).

- ◇ Radiologists must treat information about patients as confidential and ensure that patients are informed about how information is shared within teams providing their care. Information should only be shared with a third party without the patient.'s consent or against the patient.'s wishes when there are exceptional circumstances and these must be clearly understood (20). They must not disclose information where it is not appropriate, or where the individual to whom it is disclosed is not involved in the direct care of the patient.
- ◇ Radiologists must maintain the patient.'s trust by being polite, considerate and truthful and respecting the patient.'s privacy and dignity. They must recognise that patients may wish to decline to take part in teaching or research and that this refusal should not adversely affect their relationship with the radiologist.
- ◇ Radiologists must respect the rights of patients to seek a second opinion.

### ❖ **Communication:**

- ◇ Radiologists should ensure that their communication with patients is good and that they listen to the patients and respect their views and beliefs. Information should be provided that the patients seek or need about their condition, treatment and outcome (21).
- ◇ Where patients under radiologists.' care have suffered harm through misadventure or any other reason, radiologists should act immediately to put matters right, if that is possible, and explain fully and promptly what has happened.
- ◇ Radiologists must also protect patients from risk of harm posed by another doctor or other health care professional.'s conduct, performance or health (12). The safety of the patient must come first at all times. The appropriate authorities should be informed where serious concerns about a colleague.'s performance have arisen. If he / she has management responsibilities, he / she should ensure

that mechanisms are in place through which colleagues can raise concerns about risks to patients.

- ◇ Patients who complain about the care or treatment they have received have a right to expect a prompt, open, constructive and honest response, including an explanation of what has happened and the patient's complaint must not prejudice the care or treatment that you provide.
- ◇ Radiologists participating in research, must put the care and safety of the patient first and must ensure that approval has been obtained for research from an independent research ethics committee and that patients have given consent. All research must be conducted with honesty and integrity.

### ❖ **Working in Teams:**

Radiological diagnosis and therapy is provided by multi-disciplinary teams including radiographers, medical physicists, nurses and supported by administrative staff, but this does not change the personal accountability of the radiologist. It is usually the responsibility of radiologists to lead the diagnostic / therapeutic team.

The radiologist working in a team must respect the skills and contribution of colleagues and maintain good communication between members of the team and with colleagues outside the team. Radiologists need to recognise their team as well as their functional role in a department (18, 22).

Radiologists must ensure that all team members understand their personal and collective responsibility for the safety of the patient and the team objectives, tasks and responsibilities.

The radiologist must ensure, where tasks are delegated, either by a radiologist within a team or separately, so that the delegate is providing treatment or care on the radiologists behalf, that the person to whom the task is delegated is competent to carry out the procedure or provide the therapy involved. The radiologist will still be responsible for the overall management of the patient (23).

If the radiologist refers a patient, he / she must be satisfied that the person to whom he / she has referred has the necessary skills and that the continuing management is properly monitored and managed.

### ❖ **Continuing Patient Care:**

Radiologists should be satisfied that when they are off duty, suitable arrangements are made for emergency radiological examinations to take place. Arrangements should involve clear communication between doctors.

Radiologists must be capable of undertaking the tasks that may be required in an

emergency or in an out of hours service and should not perform tasks on-call that they are not competent to do during the working day (24).

Departments or practices should establish a portfolio of examinations that can safely and reliably be offered out of hours by the radiologist on the on-call rota. The supervision of junior on-call staff must be real and by those who are competent to undertake the examination if required. Only those examinations which will affect immediately patient management should be performed.

### ❖ **Financial and Commercial Dealings:**

Radiologists must be honest and open in any financial arrangements with patients and should provide information about fees and charges before obtaining patient consent to treatment wherever possible.

They must not exploit a patient.'s vulnerability or lack of medical knowledge when making charges for treatment or services.

They must act in the patient.'s best interests when making referrals or providing arrangements for treatment and care and should not accept inducements, gifts or hospitality which may affect or may be seen to affect their judgment.

Radiologists who have financial or commercial interests in the organisations providing the health care should not allow such interests to affect the way they investigate or treat patients. They should avoid conflicts of interest in financial or commercial enterprises for both themselves or their immediate family and the patient must be aware of their financial interest.

If their health may put a patient at risk, they must seek advice from suitably qualified colleagues and not rely on their own assessment of the risk to patients.(12).

### ❖ **Quality of Radiological Care:**

Radiologists should try to ensure that the departments in which they work have a high quality of clinical care, images, image interpretation and results of interventions measured by outcome data.

The quality of care in individual departments may be affected by the manpower and equipment resources available (25), but where possible radiologists should try to minimise waiting times and maximise the speed of the issue of a report (15).

The development of standards of diagnostic accuracy and efficacy of most investigations is incomplete. Radiologists should, however, endeavour to identify the standards that are achievable in any particular area and attempt to ensure that they provide a quality of service, accuracy, effectiveness and efficacy, which falls within

those standards.

Radiologists should ensure that there are systems in place to justify clinically each image examination based on national and local guidelines, and that the appropriate available imaging modality is used (26, 27). They should ensure that both patients and themselves are properly protected from unnecessary radiation and should be familiar with the implications to their practice of regulations relating to radiation and be fully aware of all the appropriate legislation, both European and national (28). They must understand and enforce the principles of radiological protection for the foetus and, where appropriate, for radionuclide imaging for nursing mothers.

Ideally, all studies should be formally reported by an accredited radiologist or an appropriate delegate or trainee working under supervision to a level appropriate to their training and expertise. If staffing levels are inadequate, radiologists should ensure that a protocol of non-radiologist reporting in compliance with the EURATOM directive, is agreed with the management of the hospital or health care facility (28).

The timing of the investigations and reports should be such that they will contribute to effective patient management. However, the ability of radiology departments to achieve target response times depends on the availability of adequate resources, equipment and personnel. The department should achieve an effective and timely communication of the report.

Radiation dose should be kept to the minimum, as low as is reasonably practical, and appropriate monitoring of doses should be in place. Protocols should be in place to ensure the quality of examinations for all procedures in departments, with the appropriate indications. Interventional radiologists should keep a record of their practice and of complications. These should be available for periodic external review and should be based and compared with acceptable standards. Such standards exist in terms of complications, but outcome measures should also be developed systematically (8).

Radiologists should endeavour to ensure that systems are in place to enable previous examinations to be reviewed and current examinations to be available to clinicians and to clinico-radiological conferences as appropriate.

### ❖ **Clinical Audit:**

Audit is the systematic critical analysis of the quality of radiological care, use of resources and the resulting outcome and quality of life of the patient and is an important part of radiological clinical practice.

Clinical radiology departments should have a properly supported audit structure and

audit should be a regular activity. Radiologists should participate in audit activity, but time and financial support for this process is essential.

Audit topics should include structure, process and outcome of radiological interventions. They should also include the appropriateness of the procedure, the complication rates of interventional radiologists and the success of an interventional procedure (15). They should also reflect the concerns, difficulties and potential problems experienced by patients and staff within the hospital and within the department.

Radiologists should endeavour to establish mechanisms whereby discrepancies and errors of practice can be reviewed in a non-confrontational and confidential forum (16, 17).

Maintenance and confidentiality of outcome, incidence, complications, errors and omissions is essential, if local audit is to be beneficial and if national comparisons are to be achieved.

## ❖ **Conclusion**

Radiologists practice in an environment which makes great demands on their knowledge, skills, ability to respond to change and to work in teams.

This good practice guide outlines what should be expected of a radiologist and the facilities and framework required to support that expectation

## ❖ Literature

1. Vincent C, Neale G, Woloshynowych M (2001). Adverse events in British hospitals: preliminary retrospective record review. *Br Med J*; 322:517-519.
2. Chief Medical Officer (2000). Introduction In: *An Organisation with a Memory: Report of an Expert Group on Learning from Adverse Events in the NHS*. London: Stationery Office: 1-7.
3. Kohn L T, Corrigan J M, Donaldson M S (2000). Executive summary. In: *To Err is Human: Building a Safer Health System*. Washington DC, USA: National Academy Press: 1-6.
4. Rosenthal M M (1997). Promise and reality: professional self-regulation and "problem colleagues". In: Lens P, van der Wal G, eds. *Problem Doctors, a Conspiracy of Silence*. Amsterdam, Netherlands: IOS Press 9-29.
5. Department of Health (2001). Identifying problems with a doctor's practice and putting things right. *Assuring the Quality of Medical Practice*. London: Department of Health: 20-25.
6. General Medical Council - <http://www.gmc-uk.org>
7. General Medical Council and Department of Health. *Appraisal and Revalidation* .- <http://www.revalidationuk.info/>
8. American College of Radiology (2002-2003) Standards CD-ROM. <http://www.acr.org/publications/mnp/standards.html>
9. The Royal College of Radiologists (2000). *Care of patient on the Ward and in Outpatient Clinics in Interventional Radiology Procedures*. BFCR (00)7
10. Berlin L (2000). Pitfalls of the vague radiology report. *Am J Roentgenol*; 174: 1544-1518
11. Berlin L (2002). Communicating findings of radiologic examinations: Whither the goest Radiologist's duty? *Am J Roentgenol* 178: 809-815.
12. General Medical Council (1998). *Good Medical Practice*. London: General Medical Council.
13. UEMS policy on continuing professional development. Basel declaration D 0120

<http://www.uems.be>

14. EAR/UEMS Radiology section. Guidelines for Continuing Medical Education (CME) and continuing professional development (CPD). 2000 [www.ear.org](http://www.ear.org)

15. de Lacey G, Godwin R, Manhire A eds (2000). Clinical Governance and Revalidation. London: Royal College of Radiologists.

16. The Royal College of Radiologists (2001). To err is human: The case for review of reporting discrepancies. BFCR(01)4

17. Chandy J, Goodfellow T, Vohrah A (2000). Clinical governance in action: radiology. Hosp Med; 61:326-329.

18. FitzGerald R (2001). Error in Radiology. Clin Radiol 56:938-946.

19. Department of Health(2001). Reference guide to consent for examination or treatment. [www.doh.gov.uk/consent](http://www.doh.gov.uk/consent)

20. General Medical Council (2001). Confidentiality: protecting and providing information. [www.gmc-uk.org](http://www.gmc-uk.org)

21. The Royal College of Radiologists website ([www.rcr.ac.uk](http://www.rcr.ac.uk)). Patient information leaflets.

22. Belbin R M (1993). Emergence of a team role language. In: Team Roles at Work. Oxford, UK: Butterworth Heinemann: 19-31

23. The Royal College of Radiologists (1999). Skills Mix in Clinical Radiology. BFCR(99)3.

24. The Royal College of Radiologists (2002). Extended working in Clinical Radiology. BFCR(02)5.

25. The Royal College of Radiologists (1999). Working and Manpower in Clinical Radiology. BFCR(99)5.

26. The Royal College of Radiologists (2000). A Guide to Justification for Clinical Radiologists. BFCR(00)5.

27. The Royal College of Radiologists (1998). Making the best use of a Department of Clinical Radiology: Guidelines for Doctors (fourth edition).

28. Council Directive 97/43 Euratom of 30 June 1997 on health protection of individuals against the dangers of ionising radiation in relation to medical exposures (1997). Official Journal 180:22-27.  
September 2004

# Neuroradiologie

## ❖ Diagnostische Neuroradiologie

### ◇ Untersuchungsmethoden und Technik

- Nachzuweisen sind Grundkenntnisse über Ablauf und Durchführung der im Folgenden angeführten Methoden: Kenntnisse über die Indikationen und Kontraindikationen und die diagnostische Aussagekraft der Methoden am Zentralnervensystem und seinen Hüllen sowie am peripheren Nervensystem und am Schädel skelett und an der Wirbelsäule.
  - Röntgennativaufnahmen
  - Computertomografie
  - Magnetresonanztomografie
  - Myelografie (teilweise obsolet)
  - Angiografie
  - Sonografie
  - Techniken zur Beurteilung der Hirnperfusion (SPECT, PET, CT-Perfusion, MR-Perfusion)
  - Techniken zur Beurteilung des Hirnstoffwechsels (PET, MRS)

### ◇ Grundlagen aus der funktionellen Neuroanatomie

- Nachzuweisen sind Grundkenntnisse der anatomischen Substrukturen des Gehirns und Rückenmarks, ihre Beziehung zueinander und die relevanten Untersuchungsmethoden.
- Nachzuweisen sind ferner Basiskonzepte der Neurophysiologie und Neuropathologie.
- Anatomie des Gehirns (kraniale Anatomie)  
Identifizieren Sie folgende neuroanatomischen Strukturen auf CT/MRT Schnittbildern!
  - Lokalisation bzw. Topographie der Großhirnabschnitte
  - Beziehung der Hirnanteile zum Tentorium
  - Kleinhirn und Hirnstamm
  - Stammganglien (Bezeichnung, Lokalisation)
  - Ventrikelsystem
  - äußere Liquorräume (einzelne Zisternen)
  - Anatomie der Sella-, Para- und Suprasellärregion
  - Anatomie des Kleinhirnbrückenwinkels
  - zerebrale Gefäße (regionale arterielle Versorgung, venöse Sinus)
  - Hirnhäute

- Hirnnerven und ihr Verlauf
- Anatomie des Rückenmarks (spinale Anatomie)
  - Rückenmarksabschnitte
  - Lage des Konus (beim Erwachsenen, beim Kind)
  - die Cauda equina, das Filum terminale
  - der Spinalnerv und seine Wurzeln
  - Anatomie der Wirbel (einzelne Wirbelsäulenabschnitte)
  - Anatomie der Bandscheiben und der Ligamente
  - das Intervertebralforamen und seine Komponenten
  - die numerische Bezeichnung der Spinalnerven, bezogen auf das Intervertebralforamen
  - der Plexus cervicobrachialis
  - der Plexus lumbosacralis
- Funktionelle Neuroanatomie

Identifizieren Sie folgende neurofunktionellen Strukturen auf CT/MRT Schnittbildern!

  - Gyrus präcentralis
  - Gyrus postcentralis
  - Sehbahn
  - Sehrinde (Area calcarina)
  - Hörbahn und Hörzentrum
  - Hirnnerven
  - Heschl Querwindung
  - Broca Sprachzentrum
  - Nervus trigeminus, Ganglion Gasseri
  - lange Rückenmarksbahnen (Tr. cortico spinalis)
- Neurochirurgie
  - Grundkenntnisse der Operationsmethoden (Indikationen, Grundkonzepte der Operationstechniken)
  - Indikationen zur Radiochirurgie
- Radiotherapie
  - Grundkenntnisse und Methoden in der Bestrahlungsplanung (Radiochirurgie, Photonentherapie)
  - Radiogene Veränderungen des ZNS (CT, MR, Angiografie)

#### ◇ **Fehlbildungen und Entwicklungsstörungen des Gehirns**

Übersicht über die Gehirnentwicklung

- Welche zeitliche Abfolge und Stadien der Hirnentwicklung kennen Sie?
  - dorsale und ventrale Induktion
  - Organisation des Endhirns

- Balkenentwicklung
  - Migration der Neuroblasten
  - Kleinhirnentwicklung
- Benennen Sie Störungen der ventralen Induktion und führen Sie die wichtigsten radiologischen Kriterien in der Diagnostik an!
- Holoprosenzephalie
  - Septo-Optische Dyplasie
  - Neuroepitheliale Zysten
  - Dandy-Walker-Malformation
  -
- Benennen Sie Störungen der dorsalen Induktion und führen Sie die wichtigsten radiologischen Kriterien in der Diagnostik an!
- Enzephalozelen (verschiedene Formen)
  - Chiari-Malformation (Typ 1, 2 und 3)
  - Syringobulbie / Syringohydromyelie

Entwicklungsstörungen von Hirnmantel, Balken und Marklager

- Welche Proliferations- und Migrationsstörungen kennen Sie? Nennen Sie die wichtigsten Diagnosekriterien!
- Lissencephalie
  - Mikrocephalie
  - Polymikrogyrie
  - Schizenzephalie
  - Heterotopien
- Dysplasien des Corpus callosum
- Benennen Sie Entwicklungsstörungen der weißen Hirnsubstanz und führen Sie radiologische Kriterien zu deren Diagnostik an!
- verzögerte Myelinisierung
  - periventrikuläre Leukomalazie

Welches sind die klassischen neurokutanen Syndrome?

- Führen Sie ihre klinischen und radiologischen Leitsymptome an!
- Neurofibromatose Typ 1 (Morbus Recklinghausen)
  - Neurofibromatose Typ 2
  - Tuberöse Hirnsklerose
  - Morbus Hippel Lindau
  - Morbus Sturge Weber

Benennen Sie angeborene Formen des Hydrocephalus und radiologische Kriterien in der Differentialdiagnostik!

- Welche klinischen Formen des Hydrocephalus kennen Sie?
- kommunizierend

- nicht kommunizierend

#### Andere Missbildungen und Entwicklungsstörungen

- Porencephalie
- Arachnoidalzysten
- Ektopie der Neurohypophyse
- Welche sind die häufigsten Missbildungen des Auges und der Augenhöhle?
  - Anophthalmie
  - Mikrophthalmie
- Spinale Missbildungen
  - Dyplasien
  - Dysraphien
  - Störungen der Segmentation

Erläutern Sie den Stellenwert der bildgebenden Diagnostik in der Abklärung der kindlichen Epilepsie! Gehen Sie auf die einzelnen Krankheitsbilder ein und benennen Sie radiologische Kriterien für ihre Diagnostik in MRT und CT!

- Hippokampussklerose
- Kortikale Dysplasien
- Migrations- und Gyrierungsstörungen
- Hirntumoren
- Folgen eines Schädel-Hirn-Traumas
- Gefäßmissbildungen
- Entzündungsherde

#### ◇ **Schädel-Hirn-Trauma**

- Was versteht man unter einem offenen/ geschlossenen SHT?
  - radiologische Zeichen eines offenen SHTs  
Schussverletzung  
Stich- Pfählungsverletzung
  - radiologische Zeichen eines geschlossenen SHTs  
Hirnkontusion  
Hirnödems  
Scherverletzung (diffuses axonales Trauma)
- Welche Typen traumatischer intrakranieller Blutungen kennen Sie?
  - intracerebrale Blutung (Kontusionsblutung)
  - traumatische SAB
  - Subduralhämatom (akut/subakut/chronisch/Pachymeningeosis)
  - Epiduralhämatom/Frakturhämatom
- Welche Arten von Gefäßverletzungen nach SHT kennen Sie?
  - traumatische AV-Fisteln (häufigste: Carotis-Sinus cavernosus-Fistel)

- Sinusverletzung
- Dissektionen/Pseudoaneurysmen
- Gefäßkompression mit Ischämie bei Herniation
- Klassifizieren Sie Schädelfrakturen!
  - Impressionsfraktur
  - Kalottenfrakturen
  - Schädelbasisfrakturen

Frontobasale Fraktur mit Gefahr der Liquorfistel

Felsenbeinfrakturen

Nahtsprengung

- Welche Spätfolgen und Komplikationen nach SHT kennen Sie?
  - Liquorfistel
  - Meningoencephalitis, Hirnabszess
  - Narben, Blutungsresiduen, fokale Atrophien, Porencephalie
  - Hydrocephalus, diffuse Atrophien
  -

#### ◇ **Intrakranielle Tumoren**

- Nennen Sie den diagnostischen Algorithmus zur neuroradiologischen Abklärung eines Hirntumors!
  - primär MRT, ggf. CT
  - weiterführend: MR-Spektroskopie, Perfusions-MR
  - präoperativ Planungs-MR zur Neuronavigation, funktionelle MRI, bei schädelbasisnahen Tumoren: HR-CT
  
- Welche Kriterien beeinflussen die radiologische Differentialdiagnose?
  - Patientenalter – altersbezogene Häufigkeit
  - Tumorage: intra- extraaxial
  - Abgrenzbarkeit: gut abgegrenzt, schlecht abgegrenzt bzw. infiltrativ, diffus
  - Binnenstruktur des Tumors: solide, zystisch, Verkalkungen, Nekrosen, KM-Enhancement (Vaskularisation)
  - Tumorumgebung: Ödem (vasogenes Ödem), Raumforderung, Knochendestruktion
  
- Nennen Sie Einteilungskriterien der Hirntumoren!
  - nach Lokalisation:
    - Intraaxial, extraaxial
    - Infratentoriell, supratentoriell, Sellaregion und Schädelbasis, Orbita, Pseudotumor cerebri, knöcherner Schädel
  - nach Altersperioden:
    - Kindliche/juvenile/adulte

- WHO – Klassifikation
  - Primäre Tumoren:
    - Neuroepitheliale Tumoren
    - Gliome (Astrozytom, Oligodendrogliom) Grad I-IV
    - Glioblastoma multiforme
    - Ependymome, Plexustumore
  - Neuronale und neuronal/gliale Hirntumoren (Gangliogliom, DNET)
  - Pinealistumoren
  - Hirn/periphere Nerven:
    - Schwannom, Neurofibrom
  - Meningeale Tumoren: Meningeom
  - Tumoren der Blutgefäße und des blutbildenden Systems (Hämangioblastom, primäres ZNS-Lymphom)
  - Keimzelltumoren (Germinom, Teratom)
  - Tumoren der Sellaregion: Hypophysenadenome, Kraniopharyngeom
  - Sekundäre Hirntumoren:
    - Metastasen (Bronchial- Brust- Niere- GI- Melanom, 80% supratentoriell)
- Nennen Sie häufige intrakranielle Tumoren und ihre typischen radiolog. Kriterien!

### ***Gliome***

- niedriggradige Astrozytome (WHO Grad II)
- pilozytisches Astrozytom (WHO Grad I)
- Riesenzellastrozytom bei tuberöser Sklerose
- Glioblastoma multiforme, Schmetterlingsglioblastom
- Oligodendrogliom WHO I-III
- diffuse Gliomatosis cerebri WHO I-IV

***Neuronale Tumoren (Gangliogliom, Gangliozytom, Neuroblastom)***

***Ependymome***

***Plexustumoren***

***Primäre ZNS-Lymphome***

- meist NHL vom B-Zell-Typ, neben GB IV mittlerweil häufigster Hirntumor!

***Pinealistumoren***

- Pinealozytom
- Pinealoblastom

***Meningeome***

### ***Nichtmeningeale mesenchymale Tumoren***

- Hämangioperizytome
- Sarkome (Meningo-, Fibro-, Chondro- und Gliosarkome)

***Mißbildungstumore*** (Epidermoid, Dermoid, Kolloidzyste, Lipom, Hamartom)

***Keimzelltumore*** (Germinom, Teratom)

***Embryonale Tumore*** (PNET)

***Metastasen***

***Infratentorielle Tumoren*** (des Kindes-od.frühen Erwachsenenalters)

- Hirnstammgliom
- Kleinhirnaströzytom
- Medulloblastom (PNET)
- Ependymom, Ependymoblastom
- Plexuspapillom
- Hämangioblastom (Hippel-Lindau)
- Neurinome, Schwannome (Kleinhirnbrückenwinkel)
- Mißbildungstumore (zB.Epidermoid, Dermoid)
- Meningeome
- Metastasen

### ◇ **Sellaregion und Schädelbasis**

➤ Benennen Sie die möglichen Differentialdiagnosen von Tumoren der Sellaregion!

- Hypophysenadenome
- Kraniopharyngeom
- Meningeome (Keilbeinflügel, P.sphenoidale..)
- Optikus-, Hypothalamusgliome
- Germinom
- Hamartom
- Zysten der Rathke'schen Tasche
- Chordom – Chondrom
- Paragangliome (Glomustumoren)
- Metastasen der Schädelbasis
- Juveniles Nasen-Rachenfibrom
- Andere Raumforderungen (Sarkoidose, Histiozytose, Riesenaneurysmen, Mucocele, Abszess).
- Pseudotumor cerebri (benigne intrakranielle Hypertension).

## ◇ Neuroophthalmologie

- Benennen Sie die häufigsten intraorbitalen Tumoren!
  - Einteilung nach der anatomischen Lage
  - Intrabulbäre Tumore (Retinoblastom, Melanom)
  - Retrobulbär intrakonal (Optikusgliom, Optikusscheidenmeningeom, cavernöses Hämangiome, Lymphangiome)
  - extrakonal intraorbital (Hämangiome, Rhabdomyosarkom)
  - extrakonal extraorbital (NNH, Haut, Knochen)
  
- Welche Primärtumoren metastasieren/infiltrieren häufig in die Orbita?
  - Tumoren der Tränendrüse und –wege (primär, sekundär)
  
- Welche entzündlichen Orbitaerkrankungen können radiologisch nachgewiesen werden?
  - Pseudotumor der Orbita
  - Abszedierung
  
- Was sind die radiologischen Kriterien der endokrinen Orbitopathie?
- Benennen Sie einige gefäßbedingte Läsionen der Orbita
  - Varikose der Vena ophthalmica
  - AV-Malformation
  - Carotis-Sinus cavernosus Fistel
  
- Trauma der Orbita
  
- Identifizieren Sie die anatomischen Strukturen der Sehnerven, des Chiasma opticum, der Tractus optici und der Radiatio optica
  - Läsion entlang der Sehnerven und des Chiasma
    - selläre und paraselläre Tumore
    - Hypophysenadenom, Meningeom, Kraniopharyngeom, Riesenaneurysma
    - optisches Gliom
    - Germinom
    - Dermoid
    - Epidermoid
    - Arachnoidalzyste
    - Glioblastom
  
- Bei Läsionen des Sinus cavernosus können Motilitätsstörungen der Augenmuskeln auftreten. Welche sind betroffen?
  - III. Hirnnerv
  - IV. Hirnnerv
  - VI. Hirnnerv

## ◇ Neurootologie

- Benennen Sie die verschiedenen radiologischen Verfahren zur Darstellung des Schläfenbeins!
  - Neuroradiologische Untersuchungsmethoden
  - Röntgenübersichtsaufnahmen
  - Spezialaufnahmen nach Schüller, Stenvers und Towne
  - Schichtbilduntersuchungen des Schläfenbeins
- Missbildungen
  - äußeres Ohr, Mittelohr, Innenohr
  - Anomalien des Nervus facialis
  - kongenitale Liquorotorrhoe
  - angeborene Gefäßanomalien
- Welche Traumafolgen am Schläfenbein kennen Sie?
  - Längsfraktur
  - Querfraktur
  - isolierte Frakturen des Processus mastoideus
  - Dislokation der Gehörknöchelchen
- Welche entzündlichen Erkrankungen des Innenohrs und Mastoids können radiologisch erfasst werden?
  - Otitis media akuta, Mastoiditis
  - Differentialdiagnosen:
  - Otitis media chronica
  - Cholesteringranulom
  - Tympanosklerose
  - Chronische Granulomatosen
- Benennen Sie einige Tumoren des Mittelohrs und des Mastoids
  - gutartige Tumore:
  - Exostosen, Osteome, Adenome, Hämangiome, Meningeome, Neurinome des V., IX., X. und XII Hirnnerven
  - eosinophiles Granulom, Glomustumoren
  - Akustikusneurinome
  - maligne Tumoren: Karzinome, Sarkome, Metastasen
- Beschreiben Sie die radiologischen Kriterien des Cholesteatoms und Ihre Differentialdiagnose
  - Otosklerose und Knochendystrophien
  - Otosklerose
  - Ostitis deformans Paget
  - Osteogenesis imperfecta

- Osteopetrosis
- fibröse Knochendysplasie

➤ Welche radiologisch erkennbaren Veränderungen entlang des Facialiskanals kennen Sie?

- kongenitale Missbildungen
- entzündliche Erkrankungen und Cholesteatome
- chronische Mittelohrentzündung mit Cholesteatom
- traumatisch bedingte Schädigung des Nervus facialis
- Neurinome des Nervus facialis

◇ **Erkrankungen der Blutgefäße des Gehirns**  
**Allgemeines zum diagnostischen Vorgehen**

➤ Welche Erkrankungen können unter der klinischen Diagnose Schlaganfall zusammengefasst werden?

- arterielle Ischämie
- venöse Ischämie
- Blutung

➤ Welche Arten der intrakraniellen Blutung können grundlegend unterschieden werden?

- traumatische Blutung
- spontane (nicht traumatische) Blutung (z.B.: Subarachnoidalblutung, intrazerebrale Blutung aus angiodyplastischer oder -degenerativer Genese)

➤ Welche Ursachen zerebraler Ischaemien können grundlegend unterschieden werden?

- Embolien bei cardialen Veränderungen (z.B.: Vorhofflimmern)
- Embolien bei direkten Erkrankungen der zervicalen, gehirnversorgenden Arterien (z.B.: ACI – plaques)
- direkte entzündliche und/oder degenerative Veränderungen von zerebralen Gefäßen (z.B.: Vaskulitis)

➤ venöse Abflussbehinderungen (z.B.: Venenthrombose)

➤ Welche klinischen Verlaufsformen des Schlaganfalls können unterschieden werden?

- transitorisch ischaemische Attacke (TIA, transient ischemic attack): Rückbildung des Defizits innerhalb von 24 Stunden.
- Stroke (persistierender Schlaganfall): Dauer des neurologischen Defizits länger als 24 Stunden.

➤ Frühere klinische Einteilung:

- reversibles ischämisch, neurologisches Defizit (PRIND, prolonged reversible ischemic neurological deficit): Rückbildung des Defizits länger als 24 Stunden, aber längstens 3 Tage; danach Symptombfreiheit. Dieser Begriff wird dzt. eher verlassen.
  - fortschreitender Schlaganfall (progressive stroke): Zunahme der danach mehr oder weniger bleibenden neurologischen Ausfälle
  - vollständiger Schlaganfall (completed stroke): mehr oder weniger vollständiges Fehlen einer Rückbildung der neurologischen Ausfälle
- Welche morphologischen und funktionellen Methoden zum Nachweis einer akuten Ischaemie kennen Sie?
- kranielle Computertomographie
  - kombinierte kranielle Computertomographie (+ CT-Angiographie, + CTPerfusion) = multimodale CT
  - kombinierte kranielle MR-Tomographie (diffusionsgew. MRI, + Perfusions-MRI, + MR-Angiographie = multimodale MRT
- Wie kann man im Akutstadium die jeweils günstigste Methode zur Diagnostik einer akuten Ischaemie bei geplanter Lysetherapie abschätzen?
- Kraniale Computertomographie allein ist lt. Studienlage innerhalb der ersten 3 Stunden nur bei sicher bekanntem Symptombeginn ausreichend.
  - Alternative Methoden (id est: multimodale CT oder MRT) müssen logistisch rasch an Akutversorgung angebunden und auch entsprechend verfügbar sein.
  - Lt. Studienlage gelingt der sicherste Nachweis (auch für Nicht-Neuroradiologen) eines ischämischen Defizits mit der kombinierten MRT.
  - Bei fehlender Kenntnis des Symptombeginns ist kombinierte MRT das Mittel der Wahl, da hier physiologische Daten über die ischämische Gewebsschädigung und damit über die mögliche Blutungsgefährdung zugänglich werden.
- Welche Modalität (CT, MRT) ermöglicht eine besonders sichere akute Blutungsbeurteilung?
- Computertomographie □ Magnetresonanztomographie, da heute ein zuverlässiger Blutungsausschluss auch mittels MRT möglich ist.
- Welches diagnostische Ziel verfolgt man mit den jeweiligen Methoden
- kraniale Computertomographie: Blutungsausschluss, Ausschluss früher Infarktzeichen
  - multimodale kraniale Computertomographie: Blutungsausschluss, direkter Nachweis der Ischaemie, Nachweis eines Gefäßverschlusses
  - multimodale kraniale MR-Tomographie: Blutungsausschluss, direkter Nachweis der Ischaemie, Nachweis eines Gefäßverschlusses, direkter rascher Nachweis der bereits abgelaufenen Gewebeschädigung

- Wird eine CT-Untersuchung benötigt, wenn eine kombinierte Schlaganfall-MRT Untersuchung durchgeführt werden kann?
  - Nein
- Welche Methoden außer der CT bzw. MRT stehen in der neuroradiologischen Diagnostik in der Schlaganfallprävention zur Verfügung?
  - Duplexsonographie
  - Continuous-Wave- (cw-)Doppler-Sonographie
  - transkraniale Doppler-Sonographie
- Ist ein Einsatz der iaDSA in der neuroradiologischen Diagnostik in der Schlaganfallprävention sinnvoll, bzw. wann?
  - zeitgleich geplanten neurointerventionellen Eingriff
  - unklarer Gefäßstatus bei bereits maximal ausgeschöpften nicht invasiven Methoden (z.B.: filiforme ACI stenose ohne sichere Füllung in MR- und CT-A)
  - Vaskulitis
- Wie erfolgt die Abklärung venöser Hirngefäße preferentiell?
  - nicht invasiv (MR, CT, Kontrastmittelgestützt)

#### ◇ **Ischämische Hirnerkrankungen**

- Welche Infarktstadien können prinzipiell unterschieden werden?
  - Nekroestadium:  
vom akuten Ereignis bis zum 3. Tag, Gewebeschaden durch Abfolge von: kritischer Blutflussverminderung (unter 15ml/100g/min) – zytotoxischem Ödem – interstitiellem Ödem.
  - Resorptionsstadium:  
ab dem 4. Tag nach dem Ereignis, es überwiegt die Phagozytose des nekrotischen Gewebes; das Ödem erreicht sein Maximum zwischen dem 3. und dem 5. Tag und wird in der 2. Woche nach dem Ereignis wieder ausgeschwemmt.
  - Organisationsstadium:  
In der 6. Woche sind Nekrose und Resorption weitgehend abgeschlossen.
- Nennen Sie verschiedene Infarkttypen und deren Ursache!
  - Territorialinfarkte entstehen durch embolischen oder thrombotischen Verschluss einer oder mehrerer Hirnarterien (Infarkt aus makroangiopathischer Ursache). Die Größe dieser Infarkte hängt vom Ort des arteriellen Verschlusses, von der Wirksamkeit der leptomeningealen Kollateralen, sowie von der Zusammensetzung und vom Alter des Embolus/Thrombus ab. Mehrheitlich ist das kortikale Versorgungsgebiet der A. cerebri media sowie auch das der A. cerebri posterior betroffen.
  - Grenzzoneninfarkte sind Folge eines kritischen Perfusionsabfalls im

terminalen Versorgungsgebiet der langen penetrierenden Marklagerarterien. Obwohl insgesamt wesentlich seltener als Territorialinfarkte, kommen sie häufiger bei hochgradigen Stenosen oder Verschlüssen vorgeschalteter Arterien, vor allem der A. carotis interna od A. cerebri media vor (Infarkt aus makroangiopathischer Ursache).

In den Großhirnhemisphären unterscheidet man die innere sowie die vordere/hintere Grenzzone. Die hinteren Grenzonen sind am häufigsten betroffen.

- Lakunäre Infarkte entstehen durch Verschluss kleiner penetrierender Arterien (Durchmesser <200 µm). Bei hoher Anzahl der Läsionen spricht man auch von einem status lacunaris. Als Ursache wird eine komplexe Gefäßwandschädigung angenommen (Lipohyalinose), die in erster Linie als Folge eines langjährigen Hypertonus gedeutet wurde (Infarkt aus mikroangiopathischer Ursache). Prädilektionsstellen sind: Stammganglien, Thalamus, Capsulae interna et externa, basis pontis und ventrikelnaher Anteil des zerebralen Marklagers.
- Subkortikale arteriosklerotische Enzephalopathie (SAE) oder vaskuläre ischämische Leukenzephalopathie. Diese ist eine Form der zerebralen Mikroangiopathie. Es findet sich eine diffuse Demyelinisierung und Vakuolisierung des zerebralen Marklagers, wobei die U-Fasern ausgespart bleiben. Es kommt rezidivierend zu leichtgradigen ischämischen Läsionen, sodass sich Hirnleistungsstörungen bis hin zur Demenz entwickeln können.

➤ Nennen Sie einige wichtige neuroradiologische Fragestellungen bei einer geplanten kausalen Therapie der akuten Ischaemie mittels Thrombolyse!

- Liegt eine zerebrale Ischämie oder eine primäre zerebrale Blutung vor?
- Wie viel Hirngewebe ist bereits irreversibel geschädigt und wie viel ist zwar infarktgefährdet, aber potenziell noch rettbar (tissue at risk)?
- Besteht ein Verschluss einer der großen zerebralen Arterien, dessen Beseitigung sich lohnt?

➤ Nennen Sie einige Infarktfrühzeichen und Thrombuszeichen die bei größeren Territorialinfarkten bereits nach 2.—3 Stunden erkannt werden können!

- Fehlende Grau-/Weißdifferenzierung, insbesondere im Bereich des Inselkortex (loss of the insular ribbon). Bei Infarkten mit Beteiligung der tiefen grauen Substanz, der Stammganglien, ist der Dichteausgleich zwischen Linsenkern und capsulae interna et externa (obscuration of the lentiform nucleus) ebenfalls schon früh nachzuweisen. Ursächlich ist in allen diesen Fällen die Minderperfusion und das Ödem in der grauen Substanz.
- Fokales Verstärken der Rindenfurchen: Verengung und „Verschwinden.“ von Hirnfurchen sind oft nur durch den Vergleich mit der kontralateralen Großhirnhemisphäre zu erkennen. Bei größeren Infarkten im Territorium der cerebri media kann sogar die Sylvische Fissur bzw. die Inselzisterne

verstreichen.

- Hyperdensität der A. cerebri media: Dieses auffällige Zeichen ist bei ungefähr der Hälfte aller Mediaverschlüsse zu beobachten. Es kommt dadurch zustande, dass der Thromboembolus im Hauptstamm der A. cerebri media infolge physikochemischer Veränderungen an Dichte zunimmt und direkt sichtbar wird. Manchmal ist das Phänomen auch bei Verschlüssen von Mediaästen nachweisbar. Hierbei handelt es sich nicht um ein Infarktfrühzeichen im engeren Sinn.
- Was versteht man unter einem malignen Mediainfarkt?
- Wenn in der CT schon früh über die Hälfte des Versorgungsgebiets der A. cerebri media hypodens erscheinen, droht die Entwicklung eines lebensgefährlichen malignen Mediainfarkts. Bei einem solchen Infarkt, der mit Massenverschiebungen und Störungen der Liquorzirkulation einhergeht, sind engmaschige Verlaufskontrollen erforderlich. Das geschieht zunächst klinisch und computertomographisch, macht schließlich aber oft den Einsatz intrakranieller Drucksonden nötig. In verzweifelten Fällen kann eine operative Dekompression (Entdeckelung) lebensrettend sein.
- Wie ist die diffusionsgewichtete MRT-Bildgebung bei akuter Ischaemie zu interpretieren?
- Mit diffusionsgewichteten Sequenzen (diffusion weighted imaging [DWI]) kann der akute Hirnfarkt bereits wenige Minuten nach einem Gefäßverschluss erfasst werden. Das früh eintretene zytotoxische Ödem schränkt die Wasserdiffusion ein, weshalb das infarzierte Hirngewebe in der diffusionsgewichteten MRT sein hohes Signal behält, während das gesunde Hirngewebe, infolge einer größeren mittleren freien Diffusionsstrecke einen Signalverlust erleidet und dunkel erscheint. Auf den ADC-Bildern (ADC von engl.: apparent diffusion coefficient, scheinbarer Diffusionskoeffizient) kehrt sich der Kontrast zwischen Infarkt und gesundem Gewebe um: Das Infarktareal erscheint hier dunkel, das normale Gewebe hell.
  - Auch wenn diffusionsgewichtete Veränderungen partiell reversibel sein können, nimmt man derzeit an, dass die Hyperintensität in der diffusionsgewichteten MRT das irreversibel geschädigte Hirngewebe im Zentrum einer Ischaemie markiert.
- Welche Störgrößen müssen bei der diffusionsgewichteten MRT-Bildgebung beachtet werden?
- Interpretationsfehler bei der DWI-Auswertung treten dann auf, wenn die Protonenbeweglichkeit nur unidirektional, also anisotrop, untersucht wird (Verwechslungsmöglichkeit: physiologisch, strukturell bedingte Einschränkung der mittleren freien Diffusionsstrecke mit ischaemischer Schädigung, wobei letztere die Protonenbeweglichkeit in alle Raumrichtungen einschränkt). Abhilfe: Untersuchung der Diffusion mit

isotropem Messansatz mit Erfassung -Protonenbeweglichkeit in zumindest den 3 Hauptraumebenen.

- Bei alten unbekanntem vaskulären Läsionen mit T2-Verlängerung des Gewebes kann ein sog. T2 shine-through.“ Effekt auftreten, der dann auf den diffusionsgew. Bildern ein helles Signal ergibt. Abhilfe: Berechnung von ADC-Bildern und Akquisition von T2-gewichteten Aufnahmen.
- An der Schädelbasis treten immer wieder Suszeptibilitätsartefakte auf, die in diffusionsgewichteten MRT-Bildern Hyperintensitäten erzeugen. Abhilfe: Berechnung von ADC-Bildern, bzw. Bildverzerrungen beachten.

- Erklären Sie das „match–mismatch“ Konzept bei Durchführung einer kombinierten MRT-Untersuchung beim akuten Schlaganfall aus ischaemischer Ursache!
  - Die vergleichende Analyse von diffusionsgewichteten Bildern (DWI) und Perfusionsbildern (P-MRI) geht von der Annahme aus, dass die DWI Signalveränderungen dem irreversibel geschädigten Gewebe (dem sog. Infarktkern) entsprechen, während die P\_MRI - Veränderungen das gesamte minderperfundierte Hirnareal darstellen. Die Korrelation der Ausdehnung der DWI-Abnormität mit derjenigen der P-MRI-Abnormität ergibt entweder eine Deckungsgleichheit (match) oder aber eine Ungleichheit (mismatch). Bei Ungleichheit kann das perfusionsgestörte Areal oder das diffusionsgestörte Areal größer sein. Ist das perfusionsgestörte Areal größer (P-MRI > DWI), wird das Differenzareal als Korrelat für das Gewebe betrachtet, das noch nicht infarziert, aber hochgradig gefährdet ist (Penumbra, tissue at risk).
- Nennen Sie einige Ursachen für scheinbar paradoxe Infarktausprägungen bzw. das Auftreten einer Kollateraleninsuffizienz!
  - Posteriorinfarkt bei Gefäßprozess der ACI bei embryonaler Variante der P2-Segmentversorgung mit hypoplastischem P1-Segment.
  - Infratentorielle Infarkte aus der vorderen Strombahn bei persistierender Art. trigemina primitiva.
  - Grenzzonen- bzw. Endarterieninfarkt im ACA-Stromgebiet kontralateral zu ACI-Prozess bei hypo- bzw. aplastischem kontralateralem A1-Segment.
  - Aussparung des caput ncl. caud. Bei komplettem Verschluss der art. cerebri media bei (üblicher) Versorgung dieser Struktur durch die A. recurrens Heubner aus der homolat. ACA.
- Nennen Sie einige typische Symptome eines Ponsinfarktes und geben Sie die Untersuchungsmodalität der Wahl an!
  - Ponsinfarkte entstehen typischerweise paramedian im mittleren Brückenfuß und äußern sich klinisch in einer motorischen Hemiparese, die meistens arm- und distalbetont ist und initial oft von einer Dysarthrie begleitet wird; die für Hirnstamminfarkte als charakteristisch geltende „gekreuzte Symptomatik.“ fehlt oft. Hirnnervenausfälle je nach Lokalisation.

- Untersuchungsmethode der Wahl ist die MRT.
- Benennen Sie einige Ursachen einer Mangelversorgung des Gehirns!
  - akute zerebrale Hypoxie durch Stagnation des Blutflusses (Ischämie)
  - Hypoxie aus hypoxämischer, toxischer oder hypoglykämischer Ursache
- Welche Veränderungen finden sich bei durch Hypoxie bedingten Schäden?
  - bei passagerer Hypoxie ist oftmals der Cortex reversibel beeinträchtigt.
  - Kortikale Störungen können dabei auch asymmetrisch ausgeprägt sein.
  - Häufig sind die Grenzzonen, die sog. „letzte Wiese.“; betroffen.
  - Im Vollbild entstehen kortikal laminare Nekrosen.
  - Es finden sich Ödeme und mitunter Bluthirnschrankenstörungen.
- Mit welcher Modalität untersucht man die akute Hypoxie, bzw. ihre Folgezustände am besten, welche Veränderungen finden sich?
  - Am besten wird mit der MRT untersucht.
  - Die Differenzierbarkeit der Hirnrinde und der subkortikalen weißen Substanz ist herabgesetzt.
  - Die Hirnfurchen verstreichen.
  - Bei einer Hirnschädigung durch globale Hypoxie dehnt sich das Hirnödem auf die Stammganglien, das Kleinhirn und den Hirnstamm aus.
- Welche morphologischen Veränderungen können am Gehirn, bedingt durch eine Vaskulitis, auftreten?
  - Zerebrale Vaskulitiden führen oft zu multiplen, teilweise konfluierenden Arealen erhöhter Signalintensität (T2w) in den Großhirnhemisphären, paraventrikulär und auch weiter peripher im Marklager, in der MRT.
  - Mitunter können nach stattgehabten Blutungen Hämosiderinreste in der MRT auftreten.
  - Bei verschiedenen Autoimmunerkrankungen. (SLE, Periarteriitis nodosa, Mb. Behçet) kann es zu einer Mitbeteiligung des Gehirns mit perivaskulärer Infiltration kommen.
  - Perivaskuläre Entzündungen sind nicht auf die kleinen Arterien beschränkt, sodass ein Mischbild von gleichzeitig mikroangiopathischen und hämodynamischen, mitunter auch territorialen Infarkten vorkommt. Dieses Läsionsmuster ist charakteristisch, aber für sich allein nicht beweisend für eine Vaskulitis.
- Welche morphologischen Veränderungen können an den Gefäßen, bedingt durch eine Vaskulitis, auftreten?
  - Wandentzündungen kleiner und mittlerer Arterien können zu einer segmentalen Gefäßerweiterung mit Ausbildung von (Pseudo-) Aneurysmen führen. Vor allem bei SLE rupturieren letztere mitunter und führen zu intrazerebralen Blutungen.

- Zudem finden sich aber auch Gefäßverengungen und Gefäßverschlüsse.
- Welche bildgebenden Verfahren können in der Frage nach einer Vaskulitis sinnvoll eingesetzt werden, und was ist ihr Stellenwert?
- Zur radiologischen Sicherung der Diagnose einer Vaskulitis ist die selektive zerebrale Angiographie notwendig, da mit dieser Methode arterielle Stenosen, Verschlüsse und Aneurysmen am verlässlichsten nachgewiesen werden können.
  - Zur Bestimmung der zerebralen morphologischen Schäden ist die MRT die Methode der Wahl.
- Was versteht man unter einer zerebralen Mikroangiopathie, welches morphologische Erscheinungsbild hat sie?
- Die zerebrale Mikroangiopathie als Erkrankung primär des Marklagers manifestiert sich mit lakunären Einzelläsionen von 1.—2 mm Durchmesser oder als konfluierende spongiöse Demyelinisierung.
  - Selten tritt die zerebrale Mikroangiopathie auch primär mit flächigen Hypodensitäten im subkortikalen Marklager in Erscheinung, wobei in extremen Fällen außer den U-Fasern das gesamte Marklager einen homogenen Befall zeigen kann, entsprechend einer subkortikalen arteriosklerotischen Enzephalopathie.
- Welche wichtige, nicht primär zerebrovaskuläre Differentialdiagnose ist bei der zerebralen Mikroangiopathie zu berücksichtigen und worauf ist zu achten?
- die Unterscheidung der Mikroangiopathie von Demyelinisierungserkrankungen, besonders der Encephalomyelitis disseminata, kann schwierig sein
  - die zerebrale Mikroangiopathie befällt nicht den Balken und die deutlichste Ausprägung findet sich eher in einigem Abstand von den Seitenventrikeln (paraventrikulär)
  - Demyelinisierungserkrankungen befallen zumeist den Balken und betreffen unmittelbar die Region um die Seitenventrikeln (periventrikulär)
- Was versteht man unter dem Begriff CADASIL und welche Befunde sind bei dieser Erkrankung zu erwarten?
- CADASIL steht für: *cerebral autosomal dominant arteriopathy with subcortical infarcts and leukoencephalopathy*
  - Beginn der Erkrankung oft schon im 3. Lebensjahrzehnt
  - Entwicklung einer subkortikalen Demenz
  - rezidivierende zerebrale Durchblutungsstörungen führen zumeist zu symmetrisch verteilten, zunächst periventrikulär lokalisierten Gliosen
  - ein Befall der Capsula externa ist bei dieser Erkrankung im Vergleich zur Mikroangiopathie charakteristisch

- Stammganglien sind deutlich seltener betroffen sind als bei der zerebralen Mikroangiopathie
- im Spätstadium der Erkrankung ist zumeist das gesamte zerebrale Marklager betroffen (Abgrenzung zur schweren zerebralen Mikroangiopathie ist dann bildmäßig fast nicht möglich)
- Welche diagnostischen Maßnahmen sind bei Verdacht auf CADASIL sinnvoll?
  - Anamnese: Patienten sind in der Regel wesentlich jünger als jene mit einer subkortikalen artherosklerotischen Encephalopathie; Zumeist liegen keine typischen Gefäßrisikofaktoren vor.
  - Bildgebung: Vor allem in der MRT sind Hyperintensitäten in typischer Verteilung (siehe oben) in T2-gewichteten Aufnahmen nachzuweisen.
  - Genetik: Die Diagnosesicherung ist durch den Nachweis eines Gendefekts auf Chromosom 19p13 möglich.
- Welche zumeist harmlosen Veränderungen sollte man nur beobachten, bzw. von den zerebrovaskulären degenerativen Veränderungen abgrenzen?
  - Erweiterte perivaskuläre Spalten, die Virchow - Robin - Räume begleiten die perforierenden Arterien und sind für sich belanglos. Da sie jedoch einerseits im fortgeschrittenen Alter, andererseits bei ausgeprägter Hirnatrophie auftreten, ist eine Beobachtung sinnvoll.
  - Bildgebendes Verfahren der Wahl ist die MRT.

#### ◇ **Hirnblutungen**

- Welche bildgebenden Verfahren sind einzusetzen in der Diagnostik der intrakraniellen Blutung?
  - Der Nachweis einer akuten Blutung gelingt schnell und sicher mit der CT, heute auch mittels MRT.
  - Subakute und chronische Blutungen samt ihren Residuen sind in der MRT verlässlicher nachzuweisen.
  - Bei Abklärung der Ätiologie kann, bei nicht ausreichender diagnostischer Sicherheit in der CT-Angiographie und/oder der MR- Angiographie, zusätzlich die invasive zerebrale Angiographie erforderlich sein.
- Wie häufig liegt eine Blutung der klinischen Diagnose: Schlaganfall zugrunde?
  - Spontane intrazerebrale Blutungen ereignen sich fast doppelt so oft wie nichttraumatische Subarachnoidalblutungen.
  - Insgesamt machen beide Erkrankungen knapp 20% aller Schlaganfälle aus.
- Erklären Sie Demographie und Verlauf der meisten Blutungen!
  - Das Risiko an einer intrazerebralen Blutung zu erkranken, steigt nahezu proportional mit dem Alter.

- Männer sind häufiger betroffen als Frauen.
  - In der Altersgruppe bis 45 Jahre sind Subarachnoidalblutungen häufiger als intrazerebrale Blutungen.
- Welche Ursachen von Blutungen kennen Sie?
- Die arterielle Hypertonie wird als bedeutsamster Risikofaktor in der Pathogenese intrazerebraler Blutungen angesehen. Zusätzlich gelten Amyloidangiopathie, Alkoholismus, die Einnahme von Antikoagulantien etc. als Risikofaktoren.
  - Subarachnoidalblutungen sind überwiegend Folge einer Aneurysmaruptur. Eine AVM kann ebenfalls vorliegen, diese verursacht jedoch auch, neben einer Subarachnoidalblutung eine rein intrazerebrale Blutung.
  - Selten führen Tumoren, Vaskulitiden ebenfalls zu intrazerebralen Blutungen.
- Wie sind die Untersuchungsmodalitäten CT & MRT bei Blutungen zu bewerten?
- Aussagekraft der Methoden hängt vom Zeitpunkt der Untersuchung ab.
  - Die diagnostische Sicherheit kann durch Kombination von Verfahren erhöht werden (z.B.: KM-Gabe, angiographische Darstellungen etc.).
  - Eine zerebrale Angiographie ist zumeist entbehrlich.
  - Die CT ist beim Nachweis frischer arterieller Blutungen die Methode der Wahl.
  - Bei Subarachnoidalblutungen lassen sich innerhalb der ersten 72 Stunden in der CT selbst geringe Blutmengen im Subarachnoidalraum nachweisen. Danach geht die Dichteanhebung wieder rasch zurück, vor allem durch Vermischung des Bluts mit dem Liquor und durch Resorption.
- Erläutern Sie den Verlauf der akuten intrazerebralen Blutung in der CT!
- Akute intrazerebrale Blutungen und Subarachnoidalblutungen erscheinen in der CT als hyperdense Bezirke mit Dichtewerten zwischen 40 und 90 HE. Der hohe Dichtewert beruht überwiegend auf den ausgefällten Proteinen des Blutes. Der Hämoglobinabbau führt zu einer Dichteabnahme von etwa 2 HE pro Tag.
  - Gegen Ende der ersten Woche entsteht ein hypodenser Saum bei Verkleinerung der zentralen Hyperdensität.
  - Danach wird die Blutung je nach Initialgröße innerhalb von 3-6 Wochen allmählich hypodens, wobei sie ein hirnisdenses Stadium durchläuft.
  - Mit Abschluss der Resorption bilden sich die Raumforderungszeichen zurück, und es entsteht der endgültige, manchmal überraschend kleine Parenchymdefekt.
  - Nach KM-Gabe kommt es in der CT während der Resorptionsphase oft zu einem Ring-Enhancement am Rand des Hämatoms, das mit ähnlichen

Phänomenen bei Hirnabszessen und Tumoren verwechselt werden kann.

- Erklären Sie die Einblutungsmechanismen!
  - Intrazerebrale Blutungen sind primär Rhexisblutungen aus Arteriolen oder kleinen Arterien. Dies wird besonders für hypertensive Massenblutungen angenommen, gilt aber auch für die sekundäre Einblutung in einen ischämischen Infarkt.
  - Bei der hämorrhagischen Transformation eines ischämischen Infarkts kommt es dagegen zu Diapedeseblutungen infolge gestörter Endothelfunktion.
  - Blutungen infolge venöser Stauung, Enzephalitis oder entzündlicher Wandveränderungen werden zumeist als Diapedeseblutungen gesehen.
  
- Stellen Sie den Verlauf der akuten intrazerebralen Blutung in der MRT dar!
  - Bei der Untersuchung mit Hochfeldgeräten ( $>1\text{ T}$ ) und SE-Sequenzen lassen sich aufgrund des Signalverhaltens mehrere Stadien der Hämatomevolution definieren. In GRE-Sequenzen liegen zutdurchgeführt werden.
  - Die akuten charakteristischen Signalveränderungen bei der Resorption der Blutung beruhen auf der Umwandlung von Oxyhämoglobin über Desoxyhämoglobin in zunächst noch intrazelluläres Methämoglobin.
  - In der subakuten Phase der Blutung kommt es zur Lyse der Erythrozyten, die in der 2. Woche nach zentral fortschreitet. Durch die Bildung von extrazellulärem Methämoglobin entsteht sowohl in T1- als auch in T2-gewichteten Aufnahmen eine starke Signalerhöhung.
  - In der chronischen Phase (etwa ab der 3. Woche), wenn Makrophagen vom Rand der Blutung einwandern und das Hämoglobineisen in Form von Hämosiderin und Ferritin einlagern, zeigt sich das Hämatom in T2-gewichteten Aufnahmen zentral hyperintens, aber peripher kommt es zu einer ausgeprägten Signalminderung. Dieser mehr oder minder schmale Saum prominenter Hypointensität markiert bis zur vollständigen Resorption die wahre Größe der Blutung, da er sich scharf gegen das (hyperintense) perifokale Ödem abgrenzt. Nach der Resorption des Hämatoms markiert er langfristig dessen Residuum.
  - Angesichts der initial raschen Variabilität der Signale liegt der diagnostische Vorteil der MRT primär in der Erfassung von subakuten und chronischen Hämatomen und deren exakter Lokalisation in muliplanaren Darstellungen.
  - GRE-Sequenzen zeigen einen homogeneren Verlauf mit überwiegend hypointenser Darstellung der Blutung.
  
- Welche Blutungsursachen gibt es und welche nicht invasive Modalität (CT oder MRT) sollte zur Anwendung kommen?
  - Die angiographisch meistens stummen kavernösen Hämangiome oder Cavernome, die charakteristischerweise neben frischen auch ältere Blutungsanteile enthalten, werden mit der MRT weit häufiger erkannt.

- Auch AV-Malformationen sind meist leichter mit der MRT als mit der CT zu erfassen
- Venöse Angiome, die manchmal auch einen kavernösen Anteil haben, werden ebenfalls in der MRT besser erkannt.
- Sinusthrombosen als Blutungsursache sind bei kombinierter Anwendung von MRT und MRA meistens verlässlich nachweisbar. Die hochauflösende Kontrast-CT mit CT-Angiographie liefert jedoch ebenfalls verlässliche Befunde.
- Auf einen Tumor als Ursache einer intrazerebralen Blutung weisen oft das gleichzeitige Bestehen mehrerer Blutungsstadien nebeneinander, sowie eine verzögerte Resorption, in derselben Läsion hin. Auch dies ist leichter mit der MRT erfassbar.

➤ Welche typischen Blutungslokalisationen kennen Sie?

- Stammganglien- und Thalamusblutungen machen mehr als die Hälfte aller intrazerebralen Blutungen aus.
- Weitere häufige Blutungslokalisationen sind Lobärhämatome, vor allem bei der Amyloidangiopathie.

◇ **Hypertensive Massenblutung**

➤ Nennen Sie Ursachen der hypertensiven Blutung und häufige Lokalisationen!

- Es besteht bei der zerebralen hypertensiven Gefäßerkrankung eine Degeneration der Gefäßwandmuskulatur mit Entwicklung von Mikroaneurysmen und Lipohyalinose. Von diesen Veränderungen betroffen sind primär die perforierenden Stammganglienarterien, die penetrierenden Ponsarterien und die Kleinhirnarterien.
- Blutungen in den Stammganglien (Putamenblutungen ca. 30%, caput nuclei caudati ca. 5%) und im Thalamus (ca. 20%) sind ätiologisch meistens hypertensive Massenblutungen. Auch bei Kleinhirn- und Ponsblutungen (ca. 5%) wird der Hochdruck als Hauptursache angesehen.

➤ Welche Komplikationen der Blutung sind zu berücksichtigen?

- Größere und/oder ventrikelnah intrazerebrale Blutungen brechen häufig in das Ventrikelsystem ein.
- Blutkoagel im Ventrikelsystem, sowie, bei größeren Blutungen, der massiv raumfordernde Effekt können zu Ausbildung eines Hydrocephalus führen.

➤ Wie können Verlaufskontrollen von Blutungen effizient durchgeführt werden?

- CT-Verlaufskontrollen sind ausreichend
- Nur bei ungeklärter Blutungsursache, müssen weiterführende radiologische Untersuchungen, wie CT-, MRT-, manchmal auch eine intraarterielle

Angiographie, im subakuten oder chronischen Stadium der Blutung wiederholt werden.

#### ◇ **Subarachnoidalblutungen**

- Was ist die häufigste Ursache einer Subarachnoidalblutung?  
Die häufigste Ursache einer Subarachnoidalblutung ist das Aneurysma.
- Welche zusätzlichen Befunde und Folgen einer Subarachnoidalblutung sind zu berücksichtigen?
  - In etwa 20% liegt zusätzlich eine intrazerebrale Blutung vor.
  - Es kann zu einer hochgradigen intrakraniellen Druckerhöhung kommen, die nicht selten zu einer globalen zerebralen Perfusionsstörung mit initialem Bewusstseinsverlust führt (etwa 20% der Patienten versterben innerhalb von Minuten bis Stunden).
  - Es treten oft bleibende deutliche fokal neurologische Defizite auf.
  - Es treten häufig schwere Hirnödeme auf.
  - Es kann sich ein Hydrocephalus occlusus (z.B.: Blutkoagel etc.) oder malresorptivus (posthämorrhagisch) ausbilden.
  - Oft tritt nach 3 - 4 Tagen der sog. Vasospasmus auf, der bis zu zwei 2 Wochen anhalten kann und in ca. 30% der Fälle zu ischämischen Infarkten führt.
  - Rezidivblutungen haben eine zumeist infauste Prognose (in ca. 50% der Fälle innerhalb der ersten 6 Monate).
- Wie weist man neuroradiologisch am schnellsten eine Subarachnoidalblutung, bzw. eine mögliche Blutungsquelle nach?
  - Eine rasche Diagnostik ist mittels CT möglich. Ca. 2% der Subarachnoidalblutungen sind jedoch auch im CT negativ.
  - Mittels der CT-Angiographie ist auch bereits die Mehrzahl der Blutungsquellen nachweisbar.
  - Eine intraarterielle Angiographie muss zumeist nicht akut durchgeführt werden, bei negativem Blutungsquellennachweis in den nichtinvasiven Verfahren, ist sie jedoch weiterhin angezeigt.
  - Die intraarterielle Angiographie erfasst zudem auch den Vasospasmus, wobei neuere nicht invasive Verfahren, allem voran die Perfusions-MRI und -CT, in der Bewertung des damit verbundenen Durchblutungsmangels weitreichender sind.
- Kann man immer eine Blutungsquelle nachweisen?  
Nein, in ca. 20% aller Subarachnoidalblutungen ist eine Blutungsquelle selbst nach Wiederholung der Angiographie nicht nachweisbar. In diese Gruppe fallen auch die meisten Patienten mit umschriebener perimesenzephaler Blutung, die eine besonders günstige Prognose hat.

## ◇ **Andere Gefäßerkrankungen**

- Welche Gefäßerkrankungen kennen Sie, die vermutlich aus kongenitaler Ursache oder aus dem Zusammenwirken angeborener und erworbener Störungen entstehen?
  - Gefäßmissbildungen (Aneurysmen etc.)
  - Moya-Moya-Syndrom
  - fibromuskuläre Dysplasie

## ◇ **Aneurysmen**

- Wie definieren Sie Aneurysmata, bzw. deren Inzidenz und Ätiologie?
  - Aneurysmata sind umschriebene permanente Gefäßerweiterungen, die durch Aussackungen an Schwachstellen der Gefäßwand entstehen und vorzugsweise an Gefäßverzweigungen auftreten.
  - Aneurysmen sind sie die häufigste Ursache der nicht traumatischen Subarachnoidalblutung und verursachen rund 25% aller intrakraniellen Blutungen.
  - Die Inzidenz liegt in der Gesamtbevölkerung bei 1 %., nach Autopsiestudien sogar bei bis zu 9%.  
Man unterscheidet echte (98%) und falsche Aneurysmata.
  
- Gibt es Erkrankungen bei denen Aneurysmata besonders häufig vorkommen?
  - Marfan-Syndrom
  - Ehlers-Danlos-Syndrom Typ IV
  - tuberöse Sklerose
  - fibromuskuläre Dysplasie
  - polyzystische Nierenerkrankung
  - familiäre Häufung
  
- Nennen Sie einige häufige Lokalisationen von Aneurysmata?  
Mehr als 80% liegen im vorderen Anteil des Circulus Willisii (besonders: A. comm. anterior)
  
- Nennen Sie Ursachen Typen echter Aneurysmata?
  - mykotische, infektiöse und entzündliche Aneurysmata
  - Aneurysmata bei Erkrankungen des Bindegewebes (z.B.: bei fibromuskulärer Dysplasie, Ehlers-Danlos-Syndrom, Pseudoxanthoma elasticum).
  
- Welche Syndrome gehen mit zerebralen A. einher?
  
- Nennen Sie Ursachen falscher Aneurysmata?

- traumatische Aneurysmata (Folge einer direkten Schädigung der Gefäßwand)
- dissezierende Aneurysmata (entstehen spontan oder traumatisch)

➤ Was ist bei der Sonderform des Riesenaneurysmas zu beachten?

Riesenaneurysmata weisen ein Durchmesser von 10.—25 mm auf, darüber spricht man sogar vom gigantischen Aneurysma.

Es treten oft Symptome, die durch die Raumforderung bedingt sind, auf. So können je nach Lage Symptome eines Tumors imitiert werden.

Blutungsrisiko und Gefäßbezug (evtl. ist Gefäßausschaltung zur Behandlung notwendig)

➤ Welche Ziele verfolgt die neuroradiologische Diagnostik bei der Darstellung von Aneurysmata?

- Darstellung des Aneurysmas (Form, Tochteraneurysmata etc.)
- direkter Gefäßbezug (insbesondere Darstellung der Halsregion)
- Nachweis oder Ausschluss von direkt aus dem Aneurysma abgehenden Gefäßen
- Nachweis oder Ausschluss von Ödembildung
- intraaneurysmatische Thrombosierungen

◇ **Gefäßmissbildungen**

➤ Welche Charakteristika treffen auf AV-Malformationen (AV-Angiome, AVM) zu?

- AV-Malformationen (AV-Angiome, AVM) sind vermutlich genetisch bedingt.
- AVMs zeigen eine Prävalenz von ca. 1 - 10/100000 Einwohner/Jahr.
- Es bestehen häufig klinische Symptome unabhängig von einer Blutung (Krampfanfälle, Kopfschmerzen).
- jährliches Blutungsrisiko ca 3%

➤ Wie ist die Blutung aus einer AVM zu beurteilen?

- Etwa 50% der AVM-Blutungen treten zwischen dem 20. und 50. Lebensjahr auf.
- Ca. 66% dieser Blutungen sind intraparenchymale Blutungen, Subarachnoidalblutungen oder Ventrikelblutungen sind seltener.
- Bei Vorliegen besonderer Gefäßformationen einer AVM ist das Blutungsrisiko höher einzuschätzen (z.B.: bei Aneurysmata an zuführenden Arterien, venöse Stenose, Mikroangiome, Drainage überwiegend zum tiefen Venensystem).
- Vorausgegangene Blutungen erhöhen ebenfalls das Blutungsrisiko auf das 2- bis 4fache.

- Welche neuroradiologischen Nachweisverfahren einer AVM sind möglich?
  - Bevorzugt ist die MRT einzusetzen, da die Gefäßstrukturen, etwaige Gliosen und alte Blutungsreste gut erkannt werden können.
  - In der CT sind Gefäßverkalkungen etwas besser differenzierbar.
  - Die intraarterielle Angiographie dokumentiert die Hämodynamik einer AVM am besten.
  
- Welche Gefäßmissbildung außer der AVM mit klinischer Relevanz kennen Sie?
  - Kavernom
  - Telengiektasie (bes. Mesenzephalon)
  
- Welche Relevanz kommt einem Kavernom zu?
  - Kavernome sind venöse Gefäßmalformationen.
  - Ihre Häufigkeit variiert zwischen 2 und 25% aller zerebrovaskulären Malformationen.
  - Die veranschlagte Prävalenz liegt bei etwa 0.5%.
  - Kavernome sind häufig klinisch stumm, der Anteil symptomatischer Läsionen bei den zerebralen Gefäßmissbildungen liegt unter 4%.
  - Kavernome können multipel vorkommen.
  - Zumindest bei familiär gehäuften Kavernomen konnte eine genetische Ursache identifiziert werden.
  
- Welche neuroradiologische Nachweisverfahren eines Kavernoms sind möglich?
  - Kavernome lassen sich angiographisch kaum nachweisen. In der Angiographie sollen vor allem assoziierter Gefäßmissbildungen erfasst werden.
  - In der MRT ist die Sensitivität von GRE-Sequenzen beim Nachweis kleiner Kavernome bedingt durch die zumeist vorhandenen Blutabbauprodukte sehr hoch.
  - Die CT ist unspezifisch und erfasst eher Gefäßverkalkungen in Kavernomen.
  - Kontrastmittelgabe ist sowohl in der MRT als auch der CT unspezifisch.
  
- Wie äußern sich Kavernome?
  - Klinisch treten häufig zerebrale Anfälle, seltener fokale neurologische Defizite auf.
  - Subarachnoidalblutungen sind selten, nur bei 15% der Kavernompatienten kommt es zu einer klinisch bedeutsamen Parenchymblutung.
  - Das Blutungsrisiko wird mit maximal 0,7% pro Jahr veranschlagt.
  - Symptomatische Kavernome weisen eine höhere Blutungsrate bis zu 4,5% auf.

## ◇ Durafisteln

- Wo entsteht die traumatische Durafistel am häufigsten?  
Zwischen der A. carotis interna und dem Sinus cavernosus (sinus cavernosus Fistel).
- Nennen Sie einige Charakteristika von nicht traumatisch entstandenen Durafisteln?
  - Bei den duralen AV-Malformationen handelt es sich zumeist um abnorme diffusretikuläre Kurzschlussverbindungen zwischen duralen (pachymeningealen) Arterien und duralen Sinus, duralen Venen oder leptomeningealen Venen.
  - Die Bezeichnung erfolgt zumeist nach ihrer Beziehung zum venösen Sinus.
  - AV-Malformationen können in Zusammenhang mit Sinusthrombosen, nach Operationen, Infektionen oder Schwangerschaften in Erscheinung treten. Durale AV-Malformationen sind 10-mal seltener als piale AV-Malformationen.
  - AV-Malformationen der Okzipitäreregion und des Sinus cavernosus sind häufig, jene am Sinus sagittalis superior, am tiefen Venensystem und an der Frontobasis selten.
- Nennen Sie einige Symptome von duralen AV-Malformationen?
  - Die klinische Symptomatik hängt stark von der Lage und Ausprägung der Durafistel ab.
  - Kopfschmerzen, pulssynchrone Ohrgeräusche, pulsierender Exophthalmus, Hirnnervenparesen und die Ausbildung eines Hydrozephalus kommen vor.
- Wie beurteilen Sie das Blutungsrisiko einer duralen AV-Malformation?
  - Hinweise auf einen gesteigerten Venendruck bedingen ein höheres Blutungsrisiko.
  - Abhängig von der venösen Drainage kann das Blutungsrisiko bis zu 50% betragen.
- Welche neuroradiologische Nachweisverfahren setzen Sie zum Nachweis einer duralen AV-Malformation ein?
  - Die intraarterielle Angiographie ist die Methode der Wahl.
  - In der CT und MRT sind nur sehr ausgeprägte Fisteln zu erkennen, hier lassen sich eher die Komplikationen wie Ödeme, Blutungen oder ein Hydrozephalus nachweisen.

## ◇ Arteriendissektion

- Welche Ursachen einer Gefäßdissektion kennen Sie?
  - Überdehnungen der Halsgefäße durch Traumen oder extreme

Kopflewungen (z.B.: chiropraktische Manipulation) können zur Dissektion führen.

- Dissektionen treten zusätzlich auch spontan auf.
- Mögliche Risikofaktoren sind arterielle Hypertonie, fibromuskuläre Dysplasie, Migräne, Medianekrose und Drogenmissbrauch.

➤ Häufige Lokalisationen von Gefäßdissektionen?

- An der A. carotis interna ist besonders der obere und mittlere Abschnitt des zervikalen Segmentes betroffen.
- An der A. vertebralis treten Dissektionen vor allem subokzipital, seltener im intrathekalen Segment, auf.

➤ Nennen Sie einige Symptome, die auf eine Dissektion hinweisen können?

- Die Aufspaltung der Gefäßwand macht nicht immer Beschwerden.
- Kopfschmerzen, und Schmerzen im Hals oder Nacken sind häufige Symptome.
- Bei Karotidissektionen kann oft ein postganglionäres Horner-Syndrom auftreten.
- Es kommt mitunter zu hämodynamischen oder/und embolischen zerebralen Durchblutungsstörungen.

➤ Welches neuroradiologische Nachweisverfahren setzen Sie zum Nachweis einer Dissektion bevorzugt ein?

- Diagnostisch ist die MRT mit MR-Angiographie, am besten mit zusätzlicher Perfusions- und Diffusionsmessung, die Methode der Wahl.

◇ **Moya-Moya-Erkrankung**

➤ Wie läßt sich die Moya-Moya-Erkrankung beschreiben?

- Die Ätiologie ist nach wie vor weitgehend unklar. Es besteht eine 3fach erhöhte Inzidenz beim Down-Syndrom, ebenso sind HLA-Haplotypen, Autoantikörper und Chromosomenaberrationen bei familiären Formen nachgewiesen worden.
- Es kommt zu einer langsam progredienten, schließlich hochgradigen Stenosierung der basalen Hirnarterienstämme mit konsekutiver Ausbildung eines dichten feinen Kollateralennetzes.
- Inzidenz in Japan (besondere Häufung) von 1: 1.000.000, wobei insgesamt überwiegend Kinder, Jugendliche und junge Frauen (70% der Patienten unter 20 Jahre) betroffen sind.
- Der Begriff Moya-Moya, von japanisch für Rauch- oder Nebelschwaden, leitet sich aus dem angiographischen Bild, das die zahlreichen Kollateralen zeigt ab.

- Wie manifestiert sich die Moya-Moya-Erkrankung klinisch?
  - Beim Erwachsenen treten fast ausschließlich Subarachnoidalblutungen auf.
  - Im Kindesalter sind meistens durch ein ischämisch bedingtes Symptom zu beobachten.
  
- Welches neuroradiologische Nachweisverfahren setzen Sie zum Nachweis einer Moya-Moya-Erkrankung bevorzugt ein?
  - Die Erkrankung kann heute mit der MRT ausreichend verlässlich diagnostiziert und im Verlauf dokumentiert werden.
  - Die intraarterielle Angiographie weist eine erhöhte Komplikationsrate bei dieser Erkrankung auf.

#### ◇ **Hirnvenen- und Sinusthrombose**

- Nennen Sie einige Ursachen einer Hirnvenen- bzw. Sinusvenenthrombose?
  - Infektiös-septische Thrombosen können nach eitrigen Entzündungen des Ohrs oder der Nasennebenhöhlen, nach Meningitiden oder nach septischer Streuung auftreten.
  - Häufig kommen Thrombosen bei exogener Hormonzufuhr, bei hämatologischen Störungen, posttraumatisch und auch ohne erkennbare Ursache vor.
  - Bei Kindern und Neugeborenen kann infolge einer Dehydratation oder Unterernährung eine Hirnvenen- oder Sinusthrombose entstehen.
  
- Welche neuroradiologische Nachweisverfahren setzen Sie zum Nachweis einer Hirnvenen- bzw. Sinusvenenthrombose bevorzugt ein?
  - Die CT und die MRT erlauben auch den Nachweis von indirekten Zeichen (z.B.: diffuses oder fokales Hirnödem, hyperdenser Sinus, venöse Infarkte, lokale Hyperämie).
  - Zum direkten Nachweis thrombosierter Gefäße muss eine venöse MR-Angiographie oder CT-Angiographie durchgeführt werden. Zumindest ist eine kontrastmittelverstärkte Untersuchung angezeigt (nota bene: sog. empty triangle sign).
  - Nur bei nicht venös zuordenbarer Blutung in atypischer Lokalisation, nach Ausschöpfung der nicht invasiven Verfahren, ist eine intraarterielle Angiographie indiziert.

#### ◇ **Infektionen des zentralen Nervensystems**

- Welche klinischen Manifestationen und intrakraniellen Entzündungen

kennen Sie?

- Pachymeningitis
- Leptomeningitis
- Ependymitis, Ventrikulitis
- Enzephalitis

- Welche altersspezifischen Erreger von ZNS-Infektionen im Säuglingsalter, Kindesalter und in der Erwachsenenperiode kennen Sie?
  - virale Infektionen
  - Pilzinfektionen
  - Parasiten
  - ZNS-Infektionen bei herabgesetzter Immunlage
- Erläutern Sie den Algorithmus in der klinischen Abklärung von ZNS-Infektionen!
  - Anamnese
  - neurologische Symptomatik
  - Krankheitsverlauf
  - Entzündungsparameter in Liquor und Serum
- Welche bildgebenden Verfahren kommen heute primär zum Einsatz?
  - CT versus MRT
- Welche sind die Hauptaufgaben in der Primärdiagnostik entzündlicher ZNS-Erkrankungen?
  - Suche nach Eintrittspforte (z.B. Nasennebenhöhlen, Mittelohr)
  - Nachweis oder Ausschluss von Komplikationen:
    - malignes Hirnödem
    - Empyem
    - Hirnabszess
    - septische Sinusvenenthrombose
- Benennen Sie die Befunde der Bildgebung bei pyogenen bakteriellen Infektionen des ZNS!
  - Epiduralabszess
  - Subduralempyem
  - Hirnabszess (z.B. otogener Abszess)
  - akute bakterielle Meningitis und Ependymitis
- Erläutern Sie mögliche Komplikationen und ihre Diagnostik in CT und MRT!
  - Subdurales Empyem
  - Hirnphlegmone
  - Hirnabszess

- Ependymitis, Ventrikulitis
  - Hydrozephalus
  - zerebrale arterielle Gefäßkomplikationen (begleitende Arteriitis, Vasospasmus, infarktähnliche Bilder, Einblutungen bei Sinusvenenthrombose, Sinusvenenthrombose, kortikale Venenthrombose)
  - zerebrale venöse Gefäßkomplikationen
- Benennen Sie die radiologischen Leitsymptome einer septischen und embolischen Herdenzephalitis!
- Häufige Ursachen (z.B. bakterielle Endokartitis)

#### ◇ Granulomatöse bakterielle Infektionen

- Welche sind die häufigsten granulomatösen Entzündungen des zentralen Nervensystems?
- Tuberkulose
  - Tuberkulöse Meningitis / Meningoenzephalitis / Tuberkulom
- Erläutern Sie mögliche Komplikationen einer granulomatösen Entzündung!
- Hydrozephalus obstruktivus, Arteriitis
- Andere granulomatöse Erkrankungen
- Borreliose (endemisch in Teilen Österreichs)
  - ADEM (akute disseminierte Enzephalomyelitis)
- ZNS-Beteiligung bei nicht infektiösen granulomatösen Erkrankungen:
- Sarkoidose
  - Wegener-Granulomatose
  -
- Führen Sie häufige virale Infektionen des ZNS an und gehen Sie auf die radiologische Diagnostik ein!
- Herpes simplex- / Herpes zoster-Enzephalitis
  - (typische Lokalisation, Hämorrhagie)
  - progressive multifokale Leukenzephalopathie (PML)
  - progressive diffuse Leukenzephalopathie (PDL)
  - Slow-virus-Enzephalitis (Subakut sklerosierende Panenzephalitis (SSPE))
- Welche Personengruppen sind praedisponiert für Pilzinfektionen des ZNS und benennen Sie die radiologischen Hauptsymptome?
- Frühgeburtlichkeit
  - Immunschwäche
  - Drogenabusus

- Diabetes mellitus
  - hämatologische Erkrankungen
  - Immunsuppression
  - penetrierende Hirnverletzungen
- Benennen Sie häufige Parasitosen des ZNS!
- Zystizerkose (*Taenia solium*)  
Radiologische Zeichen in CT und MRT und Stadieneinteilung
  - Echinokokkose (*Echinococcus granulosus*, *Echinococcus multilocularis*)  
Radiologische Zeichen in CT und MRT
  - Toxoplasmose (*Toxoplasma gondii*)  
Zeichen in CT und MRT
- Benennen Sie die radiologischen Veränderungen des ZNS im Rahmen von AIDS-Erkrankungen!
- Virusenzephalitis
  - Toxoplasmose
  - Assoziierte Tumorerkrankungen (Metastasen, Non-Hodgkin-Lymphome)
- Benennen Sie häufige Entzündungen in der Kopf-Halsregion und ihre typischen radiologischen Diagnosekriterien!
- Sinusitis, Mastoiditis
  - Orbitaphlegmone, radiologische Kriterien  
Siebbeinverschattung, Destruktion von Knochenstrukturen
  - Mukozele
  - Cholesterin-Granulome (typische Lokalisationen)
- Erläutern Sie den Begriff „Entzündliche Hirnnervensyndrome.“ und benennen Sie Beispiele (wie folgt)!
- Neuritis Nervi optici (oft Erstsymptomatik einer Enzephalomyelitis disseminata)
  - Tolosa-Hunt-Syndrom (schmerzhafte Ophthalmoplegie, Veränderungen im Sinus cavernosus und in der Fissura orbitalis superior)
  - Ramsay-Hunt-Syndrom (Herpes zoster-Infektion, Mitbeteiligung des Nervus facialis und des Nervus cochlearis)
  - Bell'sche Lähmung (rheumatische periphere Facialislähmung)
  - Trigemineuritis (Beteiligung des Hirnnerven im Verlaufe von Hirnstamm zu Ganglion Gasseri)

#### ◇ **Demyelinisierende und degenerative Erkrankungen des ZNS**

- Welche Erkrankungen der weißen Hirnsubstanz kennen Sie und definieren Sie die Begriffe einer demyelinisierenden und dysmyelinisierenden Erkrankung?

- Grobe morphologische Einteilung nach dem zugrundeliegenden Metabolismus (Störungen des Fettstoffwechsels, Kohlehydrat und Eiweißstoffwechsels, bei Enzymdefekten, etc.).
- Erläutern Sie das empfohlene klinische Vorgehen bei der Abklärung von Erkrankungen der weißen Hirnsubstanz!
  - Liquordiagnostik (Zytologie, Nachweis von Antikörpern)
  - Elektrophysiologie (Nervenleitgeschwindigkeit, evozierte Potenziale, EEG, EMG)
  - Stellenwert der bildgebenden Diagnostik bei Erkrankungen der weißen Hirnsubstanz (Primär MR- vor CT-Diagnostik)
- Welche (häufigen) demyelinisierenden Erkrankungen kennen Sie?
  - Multiple Sklerose (Enzephalomyelitis disseminata)  
klinische Verlaufsformen  
typische radiologische Befunde im MRT und typisches Verteilungsmuster der Herde
  - Akute disseminierte Enzephalomyelitis (ADEM)  
Häufig postinfektiös.
  - Zentrale pontine Myelinolyse (akute Demyelinisierung der pontocerebellaren Nervenfasern und der langen absteigenden Bahnen, häufig bei Störungen des Elektrolytstoffwechsels, des Säure-Basen-Haushaltes und im Rahmen von Alkoholismus). Typische Radiologische Befunde in CT und MRT.
  - Morbus Marchiafava-Bignami (akute Demyelinisierung und Nekrose im Balken, häufig bei Alkoholismus). Typische Befunde in CT und MRT.
- Benennen Sie einige häufige Leukodystrophien, welche in der Bildgebung ein typisches Befundmuster aufweisen!  
Häufige Leukodystrophien mit typischem Befundmuster.
  - *Adrenoleukodystrophie*
  - *Metachromatische Leukodystrophie*
 Radiologische Teilkenntnisse der über 100 verschiedenen Formen und ihrer Möglichkeit einer radiologischen Klassifizierung sind der Subspezialität Neuroradiologie vorbehalten

#### ◇ **Degenerative Erkrankungen der grauen Hirnsubstanz**

- Benennen Sie einige häufige neurodegenerative Erkrankungen, ihre klinische Leitsymptomatik und Möglichkeiten der Differenzialdiagnose mit MRT und CT!
  - Morbus Wilson  
Autosomal rezessiv vererbte Erkrankung des Kupferstoffwechsels, spongiforme Degeneration der Stammganglien.
  - Morbus Huntington (Chorea Huntington)  
Autosomal dominant vererbt, typische choreatiforme Bewegungsstörungen und Demenz.

Typische Befunde in CT und MRT.

- Morbus Hallervorden-Spatz (Dystonie, Dysarthrie, Demenz, häufig bereits im

Kindes- und Jugendalter)

Typische Befunde in CT und MRT (Tigeraugenphänomen)

- Subakute nekrotisierende Enzephalomyelopathie (Morbus Leigh)  
Autosomal rezessiv vererbt, mitochondrale Störung des Kohlehydratstoffwechsels, primär Stammganglien, Tegmentum und Rückenmark betroffen.  
Charakteristische CT- und MRT-Befunde.
- Wernicke-Enzephalopathie  
Thiamin-Defizit bei Alkoholismus und Malresorptionssyndromen (Psychosyndrom, Ophthalmoplegie, Gangataxie).  
Typische radiologische Veränderungen in CT und MRT.
- Morbus Parkinson, Differenzialdiagnose der Parkinsonsyndrome  
Primär Nuklearmedizinische Diagnostik (SPECT, PET)
- Multisystematrophien  
striatonigrale Degeneration  
olivopontocerebellare Atrophie  
Shy-Drager-Syndrom  
kortikobasale Degeneration  
progressive supranukleäre Paralyse  
progressive Pallidumatrophie  
Typische radiologische Befunde in CT und MRT (unspezifisch).

#### ◇ **Sekundär degenerative Erkrankungen der Stammganglien**

- Benennen Sie die radiologischen Veränderungen der nachfolgend angeführten Erkrankungen!
  - Kohlenmonoxidvergiftung (Pallidumnekrose)
  - Verkalkungen der Stammganglien, assoziiert mit Störungen des Kalziumund Phosphatstoffwechsels, oft altersbedingt

#### ◇ **Hirnatrophie und Demenz**

- Benennen Sie die unterschiedlichen (und wichtigsten) Formen einer Hirndemenz und gehen Sie auf die Möglichkeiten der bildgebenden Diagnostik (MRT und CT) und ihre Differenzialdiagnose ein!
- Klinische Einteilungen der Demenzformen und Diagnose einer Hirnatrophie in CT und MRT.
  - Demenz vom Alzheimerstyp
  - Lewy-Body-Demenz
  - Vaskuläre Demenz
  - Frontotemporale Demenz

- Interpretation des Befundes einer Leukoaraiose in CT und MRT  
Klinische Bedeutung der Leukoaraiose (white matter lesions)
- Veränderungen in der MR-Spektroskopie der Subspezialität Neuroradiologie vorbehalten.

#### ◇ **Bildgebung bei Hydrozephalus**

- Erläutern Sie die Begriffe kommunizierender und nicht-kommunizierender (obstruktiver) Hydrozephalus! Gehen Sie auf die klinische Differenzialdiagnostik in CT und MRT ein!
- Kommunizierender Hydrozephalus (normal pressure-Hydrozephalus)
- Klinische Leitsymptome Demenz, Gangstörung, Harninkontinenz.
- Typische radiologische Befunde bei NPH (Erweiterung der Seitenventrikel einschließlich Temporalhörner, Druckkappen über den Vorder- und Hinterhörnern, Volumenminderung des Corpus callosum, flow-void-sign im Aquaeduct, spezifische Veränderungen in MRS und Nuklearmedizin).
- Nicht-kommunizierender Hydrozephalus  
Folge entzündlicher oder raumfordernder Veränderungen, radiologische Diagnostik.

#### ◇ **Bildgebende Diagnostik bei psychoaffektiven Störungen**

Keine spezifischen Veränderungen;  
Differentialdiagnostik der Subspezialität Neuroradiologie vorbehalten.

#### ◇ **Veränderung bei Alkoholerkrankung**

Zeichen der Hirnatrophie.

#### □ **Spinale Fehlbildungen und Erkrankungen**

- Fehlbildungen und Entwicklungsstörungen
- Benennen Sie offene dysraphische Störungen und ihre radiologischen Kriterien!
  - Meningozele
  - Meningomyelozele
  - Meningomyelozystozele
- Benennen Sie occulte dysraphische Störungen und ihre Differenzialdiagnostik!
  - Tethered cord-Syndrom
  - Diastematomyelie
  - Lipomenigozele
  - Dermal-Sinus
  - neuroenterische Zyste
- Nennen Sie die klinischen Leitsymptome und radiologischen Kriterien für die

## Diagnostik einer

- Meningozele
- Meningomyelozele
- Meningomyelozystozele

- Nicht dysraphische Störungen
- Erläutern Sie die Begriffe Syringo- und Hydromyelie, ihre klinischen Leitsymptome und Möglichkeiten der bildgebenden Diagnostik!
- Primäre und Sekundäre Formen, klinische Begleitsymptomatik (Störungen der Schmerz- und Temperaturempfindung, Muskelatrophien, vegetative Störungen, Spastik, Motilationen, neurogene Atrophien).
  
- Benennen Sie kongenitale spinale Tumoren und ihre radiologischen Kriterien in MRT und CT!
  - Dermoide
  - Epidermoide
  - Terratome
  -
- Anomalien im Rahmen einer Neurofibromatose (spinale dysplastische Knochenveränderungen, Kyphoskoliosen, Keilwirbel, Meningozelen).

## ◇ **Spinales Trauma**

- Klassifizieren Sie spinale Traumen nach dem Verletzungsmechanismus!
- Welche Abschnitte der Wirbelsäule sind am häufigsten im Rahmen von Traumata betroffen?
- Mehrfachverletzungen der Wirbelsäule im Rahmen des Polytraumas, Beteiligung des Rückenmarkes und extraspinale Begleitverletzungen.
- Einteilung des Traumas nach Verletzungsmechanismus!
  - Hyperflexion
  - Hyperextention
  - axiale Kompression
  - traumatischer Bandscheibenvorfall
  - Hyperrotation
  
- Erläutern Sie den diagnostischen Algorithmus bei akuter spinaler Verletzung!
  - Querschnittssymptomatik (Akutindikation für MRT), Verletzung des Myelons durch Trümmerfragmente
  - Röntgenaufnahmen primär zum Ausschluss einer Instabilität, Ausschluss Densfraktur und Luxationsfraktur
  
- Gehen Sie auf die Klassifikation der Wirbelsäulenverletzungen nach Dennis und Walter ein. Erläutern Sie die Begriffe einer stabilen und instabilen

## Wirbelsäulenverletzung!

- Spezifische Verletzungsmuster
- Gehen Sie auf spezifische Frakturlokalisationen der Halswirbelsäule ein und führen Sie die radiologischen Zeichen in Röntgennativaufnahmen, in CT und MRT an!
  - Jefferson-Fraktur
  - Densfrakturen
  - Doppelseitige Axis-Bogen-Fraktur
  - Hyperextentions- und Hyperflexionsluxationen
- Benennen Sie primäre Verletzungen des Myelons!
  - Kontusion
  - Blutung
  - Ödem
  - Transsektion
- Der Plexus- und der Nervenwurzel!
  - cervikale Wurzelaurisse
  - posttraumatische Wurzelaschenszysten
- Benennen Sie die typischen Verletzungsmechanismen der Brust- und Lendenwirbelsäule und gehen Sie auf die typischen Veränderungen in CT und MRT ein!
  - Kompressionsfraktur
  - Berstungsfraktur
  - Distractionsfraktur (Chance- oder Sicherheitsgurtfraktur)
  - Luxationsfrakturen
  - Typische Veränderungen in CT und MRT
- Führen Sie die typischen Verletzungen im Kreuz-Steißbeinbereich an und benennen Sie die radiologischen Kriterien!
  - Kreuzbeinfrakturen
  - Sprengung der Iliosakralgelenke
  - Luxation am lumbosakralen Übergang

## ◇ **Spinale Tumoren und tumorähnliche Erkrankungen**

- Wie werden spinale Raumforderungen nach Klinik und Lokalisation eingeteilt?
  - Extradurale Raumforderung (55%)
  - Intradurale Raumforderung
  - intradural-extramedullär (40%)
  - intramedullär (5%)

- Nennen Sie die häufigsten extraduralen Tumore!
  - Metastasen (80%): Brust-, Lungen-, Prostata-Ca; Schilddrüsen-, Nieren-Ca.
  - Plasmozytom
  - Lymphome
  - Primäre Tumoren des Skelettsystems
  
- Erläutern Sie MR - Läsionsmuster bei Wirbelsäulenmetastasen!
  - (Multi)fokal lytisch: Hyperintens T2, hypointens T1
  - (Multi)fokal sklerotisch: Hypointens T2 und T1
  - Diffus inhomogen
  - Diffus homogen
  
- Gadolinium "maskiert" oft den Tumor, daher native T1-Sequenzen unabdingbar!
- Führen Sie die Läsionscharakteristika bei extraduralen spinalen Lymphomen an!
  - Osteolysen beim NHL, Wirbelkörpersklerosen beim Hodgkin-Lymphom
  - Epidurale Ausdehnung (oft ohne Wirbelkörperbefall!) über mehrere Segmente typisch
  
- Nennen Sie die häufigsten primären Wirbeltumoren!
  - Hämangiome
  - aneurysmatische Knochenzyste
  - Osteoidosteom, Osteoblastom, Osteochondrom
  - maligne primäre Wirbeltumoren: Chordome, Sarkome, Riesenzelltumoren
  
- Was ist das typische MR-Pattern der Wirbelhämangiome?
  - Scharf begrenzt, T1- und T2 hyperintens.
  
- Welches sind die häufigsten intradural-extramedullären Tumoren?
  - Schwannome, Neurofibrome:
  - Meningeome: v.a. Frauen im mittleren bis höheren Alter
  - Missbildungstumoren: Lipome, Epidermoide.
  - Leptomeningeale Metastasen: Meningeosis carcinomatosa
  
- Was versteht man unter einem Sanduhrneurinom?
  - Wachstum eines Neurinoms durch ein Zwischenwirbelloch.
  
- Was versteht man unter einem "dural tail"?
  - Meningeale Verdickung und KM-Anreicherung v.a. beim Meningeom.
  
- Welches sind gängigsten intramedullären Tumoren?

- Astrozytome, Ependymome (~80%): bildgebend keine verlässliche Differenzierung, bei Ependymomen häufiger Blutungszeichen.
  - Hämangioblastome (10-15%), zu einem Drittel vergesellschaftet mit einem Morbus Hippel-Lindau. Spinale Angiographie pathognomonisch.
  - Selten: Lipome, Dermoide, andere gliale Tumoren
- Was versteht man unter einer Syringohydromyelie?
- Hydromyelie: Erweiterung des Zentralkanals, mit Ependym ausgekleidet
  - Syringomyelie: parazentrale tubuläre Höhlenbildung
  - Oft auch pathohistologisch nicht zu differenzieren, daher "Syringohydromyelie".
- Welche sind die MR-features einer Syringohydromyelie?
- metamere Haustrierung, „perlschnurartig.“
  - meist keine Kommunikation mit dem IV.Ventrikel, oft „syrinxfreies.“ Segment
  - Flow-void intrakavitär (40%) □ Progredienz Prognostischer Faktor,
  - Therapieentscheidung
  - DD Tumor-assoziierte Syrinx – endotumorale Zyste

#### ◇ **Erkrankungen der Blutgefäße des Rückenmarks**

Allgemeine Pathologie und Neurologie

- Gibt es mehr oder weniger typische Verlaufsformen von spinalen vaskulären Prozessen?
- Eine Blutung manifestiert sich in aller Regel akut.
  - Ischämische Myelomalazien zeigen ebenfalls einen akuten Verlauf, wobei jedoch in Vergleich zur Blutung ein etwas prolongierter Symptomverlauf besteht.
  - Vaskuläre Gefäßprozesse mit konsekutiver Myelopathie verlaufen subakut bis chronisch.
- Nennen Sie einige Ursachen die spinalen Durchblutungsstörungen zugrunde liegen können?
- Verschluss von Interkostal- oder Lumbalarterien durch ein dissezierendes Aortenaneuysma.
  - Massive Aortensklerose, arteriosklerotische Wandveränderungen der rückenmarkversorgenden Arterien direkt spielen jedoch kaum eine Rolle.
  - durale AV-Fisteln und AV-Malformationen
  - venöse, vertebrale Zirkulationsstörungen

Allgemeines zum diagnostischen Vorgehen

- Welche neuroradiologischen Nachweisverfahren setzen Sie zum Nachweis einer spinalen Gefäßerkrankung ein und wie gehen Sie?
  - Akut aufgetretene Querschnittssymptome müssen immer rasch und notfallmäßig abgeklärt werden.
  - Die MRT ist das Verfahren der ersten Wahl!
  - Eine spinale Angiographie ist indiziert, wenn Klinik und MRT für eine spinale bzw. durale AVM sprechen.

#### ◇ **Spinale Gefäßmissbildungen**

- Was ist die häufigste spinale Gefäßmissbildung und gibt es typische Symptome?
  - Durale AV-Fisteln (Durafisteln) sind die häufigsten spinalen Gefäßmissbildungen. Der AV-Kurzschluss liegt in der Dura mater. Er verbindet den duralen Ast eines R. spinalis mit einer Oberflächenvene des Rückenmarks
  - Die Symptomatik kann leicht mit jenen anderen Erkrankungen verwechselt werden (z.B.: multiple Sklerose, Spinalkanalstenose, Polyneuropathie, Querschnittmyelitis).
- Häufigste Lokalisation einer spinalen Durafistel?
  - Die häufigste Form der spinalen Duralfistel zeigt eine Versorgung über eine thorakale oder lumbale Segmentarterie, wobei die venöse Drainage nach kranial oder kaudal über abnorm dicke perimedulläre Venen erfolgt
  - Zervikale und sakrale Durafisteln sind extrem selten.
- Nennen Sie einige Charakteristika intraduraler spinaler AV-Malformationen?
  - Intradurale AV -Malformationen sind Fehlbildungen von medullären Blutgefäßen und liegen daher auf dem oder im Rückenmark.
  - Es treten Symptome meist bedingt durch intramedulläre oder subarachnoiale Blutungen oder kongestive venöse Ischämien mit chronisch progredienter Rückenmarkschädigung auf. Nota bene: Anders als bei Durafisteln treten bei den intraduralen AV-Malformationen Blutungen im Rückenmark oder dessen Umgebung auf.
  - Zumeist werden spinale AV-Malformationen im 2. oder 3. Lebensjahrzehnt symptomatisch.
  - Der Nachweis einer spinalen AV-Malformationen erfolgt mit der spinalen Angiographie AV-Malformationen.
- Welche venösen relevanten spinalen Gefäßmalformationen kennen Sie?
  - Spinale kavernöse Hämangiome (Kavernome) sind vaskuläre Malformationen mit venösem Wandaufbau.
  - Sie sind auch mit der spinalen Angiographie meistens nicht nachweisbar, entgehen jedoch kaum dem Nachweis in der MRT.

- Klinisch werden Kavernome eher zwischen dem 15. und 60. Lebensjahr symptomatisch.
- Morphologisch können eine progrediente Myelopathie, eine spinale Subarachnoidalblutung oder eine Hämatomyelie auftreten.

#### ◇ **Ischämischer Infarkt**

- Was ist beim Nachweis eines spinalen ischaemischen Infarktes zu beachten?
  - Differentialdiagnostisch ist die Abgrenzung zu einer AV-Malformation oder einer entzündlichen Rückenmarkserkrankung (Querschnittmyelitis, Encephalomyelitis disseminata etc.) bisweilen schwer.
  - Klinisches Leitsymptom der akuten ischämischen Myelomalazie ist das akute sensomotorische Querschnittssyndrom, oft mit radikulären Schmerzen und Blasen-Mastdarm-Störungen.
  - Typische Lokalisationen sind die thorakolumbale Intumeszenz und der Conus medullaris, selten auch das Zervikalmark.
  - Der Nachweis der oft stiftförmigen Läsionen erfolgt mit der MRT am verlässlichsten mit T2-gewichteten SE-Sequenzen.

#### ◇ **Spontanes Epiduralhämatom**

- Nennen Sie einige Charakteristika des spontanen epiduralen Hämatoms?
  - Es handelt sich um nichttraumatische Blutungen mit Ausgang vom epiduralen Venenplexus.
  - Diese Blutungen sind äußerst selten. Bei spontanen epiduralen Hämatomen liegen zumeist Gerinnungsstörungen vor, wobei nach einer vorangegangenen Lumbalpunktion zu finden ist.
  - Neurologische Symptome hängen primär von der Raumforderung ab, wobei das Spektrum von radikulären Ausfällen bis zum Querschnittssyndrom reicht.
  - Der Nachweis erfolgt mit der MRT.

#### ◇ **Spinale Infektionen**

- Erläutern Sie den Begriff der intra- und extraduralen Lokalisation von spinalen Infektionen!  
Grundsätzliche Einteilungen in intra- und extradurale Entzündungen.
- Benennen Sie Ursachen für intradurale Entzündungen!  
(neurotrope Viren, Zytomegalie, Koxalgie, HIV und andere)  
Postinfektiöse Entzündungen nach Masern, Mumps und Röteln (ADEM)
- Benennen Sie Ursachen für epidurale Entzündungen!  
(Staphylococcus aureus, Tuberkelbazillen, Borriellen, Coxsackie-Viren, u.a.)
- Erläutern Sie den empfohlenen diagnostischen Algorithmus bei spinalen Infektionen!

- klinische Leitsymptome
- paraklinische Parameter
- Blut- und Liquorbefunde

- Erläutern Sie den diagnostischen Algorithmus bei spinalen Infektionen und gehen Sie auf die Bedeutung der Röntgennativaufnahme, der Myelografie, des CT und der MR-Diagnostik ein!
- Benennen Sie intradurale Infektionen, ihre klinische Leitsymptomatik und die Möglichkeiten der radiologischen Diagnostik!
  - Querschnittsmyelitis (Myelitis transversa)  
Häufigste intramedulläre Entzündung – meist viral und parainfektios (allergisch)
  - Leptomeningitis und Arachnitis  
(zumeist fortgeleitet)
  - typische Befunde in der MRT
  - andere intradurale Infektionen und Entzündungen
  - Guillain-Barre-Syndrom und parainfektiose Polyneuritis
- Benennen Sie extradurale Infektionen, ihre klinische Leitsymptomatik und die Möglichkeiten der radiologischen Diagnostik!
  - Spondylitis und Spondylodizitis
  - Klinische Leitsymptome
  - Frühdiagnostik mit MRT und Nuklearmedizin, bei destruktiven Veränderungen CT und Nativröntgen.
  - Typische Befunde in MRT und CT, Erkennen von Komplikationen, Begleitabszesse intra- und paraspinal, M. psoas, Begleitödem im Rückenmark und Leptomeningitis.
- Erläutern Sie die radiologischen Zeichen eines Epiduralabszesses!
- Benennen Sie Sonderformen von Entzündungen an der Wirbelsäule!
  - Spondylodizitis calcaria im Kindesalter
  - rheumatoide Arthritis an der Wirbelsäule
  - radiologische Veränderungen im CT

#### ◇ **Demyelinisierende und degenerative Erkrankungen des Rückenmarkes**

- Führen Sie den diagnostischen Algorithmus in der radiologischen Diagnose demyelinisierender und degenerativer Rückenmarkserkrankungen an!
  - Gehen Sie im Besonderen auf die Diagnostik der Multiplen Sklerose und akut disseminierten Enzephalomyelitis (ADEM) ein!  
Mitbeteiligung mit im Myelon in etwa einem Drittel der PatientInnen mit MS  
Erläutern Sie das Devic-Syndrom (Sonderform einer Neuromyelitis optica)

kombiniert mit spinalen Demyelinisierungen (Devic-Syndrom)

- ADEM entzündliche Demyelinisierung, häufig nach viralen Infekten und Impfungen, im Initialstadium von MS nicht unterscheidbar

- Benennen Sie andere demyelinisierende Erkrankungen des Rückenmarks!
  - Systemischer Lupus erythematodes (Vaskulitis)
  - HIV-assoziierte Myelitis

#### ◇ **Degenerative Erkrankungen der Wirbelsäule**

- Erläutern Sie die nachfolgend angeführten degenerativen Krankheitsbilder an der Wirbelsäule, ihre klinische Leitsymptomatik und ihre radiologische Differentialdiagnose sowie allfällige Implikationen für therapeutische Eingriffe!
  - Spondylose, Spondylarthrose
  - Unkovertebralarthrose
  - Lateral Entrapment-Syndrom der Lendenwirbelsäule (laterale Rezessus- und Foramenstenosen)
  - Spondyl- und Pseudospondylolisthesis
  - angeborene und erworbene Spinalkanalstenose
  - Verkalkungen der Gelenkbänder
  - Bandscheibenerkrankungen:
  - Chondrose, Osteochondrose, Protrusion des Anulus fibrosus, Diskusvorfall, freier Sequester
- Benennen Sie häufige postoperative Veränderungen nach Bandscheibenoperationen und ihre radiologische Diagnostik bei
  - Narbenbildung
  - Diskussequester
  - Rezidivprolaps
  - Entzündliche Komplikationen (Abszess)

#### ◇ **Andere Erkrankungen an Wirbelsäule und Rückenmark**

- Erläutern Sie die nachfolgend angeführten Begriffe und gehen Sie auf ihre radiologische Diagnostik ein!
  - Erkrankungen des Plexus brachialis (Primär- und Sekundärtumore)
  - Plexusausrisse
  - Strahlenfolgen
  - Strahlenmyelopathie
  - Fettmarkkonversion des Knochenmarkes
  - Epidurale Lipomatose (Raumfordernde Vermehrung des epiduralen Fettgewebes)

## ❖ □ Interventionelle Neuroradiologie

### ◇ Übersicht

#### ➤ Endovaskuläre Techniken

- Okkludierende Verfahren (Embolisationen)
  - o Embolisation von Aneurysmen
  - o Embolisation von AVM, AVF
  - o Embolisation von gefäßreichen Tumoren
- Rekanalisierende Verfahren
  - o Lokale intraarterielle Fibrinolyse
  - o PTA/Stent extra/intrakraniell

#### ➤ Perkutane Techniken

- Perkutane Nukleotomie
- Schmerzbehandlung
  - o Facettengelecksblockade
  - o Grenzstrangblockade
  - o Wurzelblockade
  - o Perkutane Vertebroplastie

### ◇ Endovaskuläre Therapie kraniozerebraler Erkrankungen

#### ➤ Embolisationsmaterialien

Geben Sie eine Übersicht über die in der interventionellen Neuroradiologie derzeit verwendeten Materialien!

- Partikel (PVA, Gelfoam)
- Gewebekleber (Ethibloc, Histoacryl, Bucrylat), Flüssigembolisat (Onyx®)
- Thrombose induzierende Substanzen (Alkohol)
- Ballons (ablösbar/nicht ablösbar)
- Coils („freie.“ coils, ablösbare Coils)
  - o Ablösbare Spiralen (Guglielmi 1991)
    - Guglielmi Detachable Coils (GDC)
  - o Ablösemechanismus
    - Elektrisch
    - Elektrolytisch (GDC), thermisch
    - Mechanisch
    - Hydraulisch

#### ➤ Zerebrale Aneurysmen

Klassifizieren Sie zerebrale Aneurysmen nach pathologisch-anatomischen sowie klinischen Gesichtspunkten!

- Pathologie:  
Aneurysma ist ein Sammelname für verschiedene Formen von

fokalen/multifokalen/segmentalen/diffusen arteriellen angioektatischen Phänomenen.

- Klassifikation nach Klinik
  - o rupturierte Aneurysmen (sehr hohes Re-Rupturrisiko)
    - SAB (Subarachnoidalblutung)
      - +/- ICH (intracerebrales Hämatom)
      - +/- IVH (intraventrikuläres Hämatom)
      - +/- SDH (Subduralhämatom)
  - o nicht rupturiert
    - symptomatisch
      - Raumforderung (z.B. ophthalmoplegisches Aneurysma)
      - Andere Symptome
    - asymptomatisch
      - Koexistenz mit rupturierten / symptomatischen Aneus
      - „true incidental.“
- Klassifikation nach Grösse
  - o Grösse korreliert mit Rupturrisiko (~ 1% pro Jahr)
- Klassifikation nach Lokalisation
  - o A.carotis interna / A.comm.post. 30-35%
  - o A.communicans ant.-Komplex 30-35%
  - o A.cerebri media (meist Bifurkation) 20%
  - o A.basilaris 5%
  - o Andere Lokalisationen 5%
  - o (zB. A.cerebelli sup., A.cerebelli inf.post=PICA)

➤ Therapiemöglichkeiten

Nennen Sie Ziel und therapeutische Optionen der Behandlung zerebraler Aneurysmen!

Ziel jeder Aneurysmabehandlung ist die vollständige und dauerhafte Ausschaltung des Aneurysmas.

- offene Operation mit Klippung des Aneurysmas („Clipping“)
  - endovaskuläre Therapie meist mit ablösbaren Spiralen („Coiling“)
- Die Indikation zur endovaskulären Therapie sollte nur interdisziplinär mit dem Neurochirurgen gestellt werden.

➤ Behandlung von AV-Malformationen

Beschreiben Sie den prinzipiellen pathologisch-anatomischen Aufbau einer AVM!

- Pathologie:
  - AV-Malformation (Synonym: AV-Angiom obsolet) sind angeborene Gefäßmißbildungen, die aus zahlreichen arteriovenösen Shunts bestehen. Arterielle feeder .– Gefäßknäuel (Nidus) – drainierende Venen

➤ Welche klinischen Symptome können durch eine AVM verursacht werden?

- Symptomatische AVM:
  - o intrakranielle Blutung
  - o Neurologische Ausfälle bei Minderperfusion durch steal-Phänomen
  - o Epilepsie
  - o Migräne/Hemikranie
  - o Asymptomatische AVM: Zufallsbefund i.R. von Schnittbilduntersuchungen (CT, MR)
- Wie hoch ist das Blutungsrisiko einer AVM?
  - Zwischen 1 – 5% pro Jahr
  - Jede Blutung verdoppelt das Risiko
  - Blutungsrisiko unabhängig von Größe der AVM
- Welche Therapiemöglichkeiten gibt es bei AVM?
  - Chirurgie, endovaskuläre Therapie, Radiochirurgie (LINAC, Gamma-Knife)
- Welche Ziele können bei der endovaskulären Therapie gegeben sein?
  - kurative Embolisation
  - präoperative Embolisation
  - Embolisation vor Radiochirurgie
- Was ist das Target der Embolisation?
  - Ausschaltung des Nidus unter Schonung der Venen
  - Verschluss der arteriellen Zuflüsse alleine ist insuffizient
- Behandlung von AV-Fisteln
- ◇ **Arteria-carotis-Sinus-cavernosus-Fisteln (CCF)**
- Wie werden CCFs eingeteilt?
  - direkt traumatische CCFs
  - direkt spontane CCFs
  - indirekte, durale CCFs
- Was sind die klinischen Leitsymptome bei CCF?
  - pulsierender Exophthalmus
  - Chemosis
  - pulsierendes Ohrgeräusch
  - Augenmotilitätsstörungen
- Welche Möglichkeiten der endovaskulären Behandlung gibt es?
  - ablösbare Ballons (detachable balloons, klassisch)
  - ablösbare Spiralen (detachable coils)

#### ◇ **Komplikationen unbehandelter CCFs sind zu nennen!**

- Arteria-vertebralis-Fisteln (VVF)  
Ätiologie spontan/traumatisch/Epiphänomene bei fibromuskuläre Dysplasie (FMD) oder NF1  
Endovaskuläre Behandlung:  
Fistelveschluss mit Ballon oder Coils möglichst mit Erhaltung des Gefäßlumens
- Durale AV-Fisteln (Durafisteln)  
Klassifikation der intrakraniellen Durafistel ist der Subspezialität vorbehalten.  
Typ I bis Typ V, Zunahme der Blutungsgefahr abhängig vom kortikal-venösen Reflux.

#### ◇ **Embolisation gefäßreicher Tumoren**

- Welches Ziel soll mit der Tumorembolisation erreicht werden?
  - Meist präoperative Embolisation (Reduktion des intraop. Blutungsrisikos)
  - Selten palliativ (Tumorverkleinerung).
- Welche Voraussetzungen zur Embolisation sind nötig?
  - Superselektive Angiographie mit besonderer Berücksichtigung der sog. „gefährlichen Anastomosen.“, das sind arterio-arterielle Verbindungen zwischen A.carotis ext. und A.carotis int., A.ophtalmica sowie A.vertebralis. intraprozedurale Kontrollangiographien nötig!
- Wohin soll das Embolisat eingebracht werden?
  - Idealerweise ausschließlich ins endotumorale Gefäßnetz. Alleiniger Verschluss der Zuflussgefäße ist insuffizient.
- Welche Embolisate werden verwendet?
  - Meist Partikel (PVA- od gelatineimprägnierte Acrylpartikel)
  - Flüssigembolisate wie Histacryl, Glubran, Ethibloc
- Nennen Sie die Hauptindikation zur Tumorembolisation!
  - Meningeome (am häufigsten)
  - Paragangliome: aggressiv wachsend, sehr gefäßreich
  - Juvenile Nasenrachenfibrome: Sind präop. grundsätzlich zu embolisieren

#### ◇ **Thrombolyse**

- Indikationen, Kontraindikationen
- Indikationen zur i.a.Lyse sind zu nennen!  
Verschlüsse der dist.A.vertebralis, A.basilaris, A.cer.post.,intrakranielle A.carotis int.,proximale A.cerebri anterior und media, Hauptäste der A.cerebri

media.

Bis einschließlich der 3.Stunde post ictum i.v.-Lyse möglich.

- Welche Verschlüsse haben die schlechteste Prognose?
  - Verschluss der A.basilaris
  - Carotis-T-Gabel
  - M1-Verschluss (Mediahauptstamm)
  
- Was sind die Kontraindikationen zur Fibrinolyse?
  - spontane Rückbildung der Symptome
  - fehlender Nachweis einer arteriellen Obstruktion
  - akute intra- extrakranielle Blutung
  - Blutungsneigung: Verletzung, Operation, Gefäßmißbildung, Ulcus ventriculi/duodeni, Gerinnungsstörung
  - Schwangerschaft (in Diskussion)
  - Schwere konsumierende Erkrankung
  
- Applikation:
  - intraarteriell (Urokinase, pro-Urokinase, rt-PA)  
Regionale intraarteriell Lyse: über i.a.Diagnostikkatheter  
Lokale intraarterielle Lyse (LIF): über Mikrokatheter
  - intravenös = systemische Lyse (rt-PA)  
Vorteile/Nachteile der verschiedenen Applikationen sind zu nennen.
  
- Welche Nebenwirkungen einer Thrombolyse sind möglich?
  - zerebrale Blutung
    - o Hämorrhagische Transformation (HT) des Infarktgebietes
    - o Parenchymblutungen (PH)
  - periphere Blutungen
  
- Unterschiede in der CT-Diagnostik zwischen HT und PH sind zu nennen!

#### ◇ **Angioplastie/Stent**

- Welche bildgebenden Verfahren werden bei den stenosierenden oder obliterierenden Erkrankungen der Kopf-Halsgefäße eingesetzt?
  - Duplexsonographie
  - CT/CTA oder MRT/MRA (Hirnparenchym, Gefäße)
  - DSA in min. 2 Ebenen in der Regel unmittelbar vor oder nach endovaskulärer Therapie
  - SPECT oder PET oder Perfusions-MR (nicht obligat)
  
- Welche Methoden zur Bestimmung des Stenosegrades kennen Sie?

- NASCET, ECST
  - Querschnittsmessung
  - Densitometrie
- Nennen Sie die Indikationen zur PTA / Stentimplantation der hirnversorgenden Arterien unter Berücksichtigung der dzt. Studienlage!
- symptomatische Stenose >70%
  - asymptomatische Stenose > 80%
  - keine hochgradigen zirkuläre Verkalkungen
  - radiogene Stenosen
  - Rezidivstenosen nach CEA
  - Mehrgefäßbefall oder erhöhtes Operationsrisiko
  - Dissektionen/dissezierendes Aneurysma
- Die Methodik der PTA / Stentimplantation mit oder ohne Protektionssystem ist in Grundzügen zu beschreiben!
- Prämedikation mit Clopidogrel und ASS
  - Anästhesiologisches stand-by
  - Durchführung des Eingriffes in Lokalanästhesie und unter Heparinschutz
  - Einbringen eines Katheters/lange Schleuse in die A.caotis communis
  - evtl. Einbringen eines Protektionssystems distal der Stenose
  - primäre Stentimplantation: Passage der Stenose gleich mit dem Stent
  - sekundäre Stentimplantation: Passage der Stenose mit dem Stent nach Vordilatation mit einem PTA-Ballonkatheter
  - freisetzen des Stents (in der Regel selbstexpandierbare Stents) unter Atropinschutz (cave Asystolie)
  - eventuell Stent-PTA
- Nennen Sie mögliche Einsatzgebiete für die Stentimplantation im Bereich der intrakraniellen Gefäße!
- Rezidivierend symptomatische intrakranielle Stenosen
  - im Rahmen der stentgeschützten Aneurysmenembolisation
  - Spezielle Indikationen (Dissektion, Moya-Moya)
- Endovaskuläre und andere minimalinvasive Therapie spinaler Erkrankungen

#### ◇ **Durale AV-Fisteln (Durafisteln)**

- Was ist das Ziel der Behandlung von Durafisteln?  
Dauerhafter Verschluss des duralen Shunts samt Ursprung der drainierenden Vene.
- Wie kann dieses Ziel erreicht werden?  
Endovaskulär mittels Gewebekleber (Cyanoacrylate).

Operative Clippung der arterialisierten Vene.

◇ **AV-Malformationen (Angiome)**

- sehr selten, erfordern meist kombinierte endovaskulär-chirurgische Therapie

◇ **Embolisation gefäßreicher Tumoren**

- Ziel des Eingriffes ist die präoperative Devaskularisation des Tumors, manchmal auch die palliative Embolisation (schmerztherapeutisch).
- Welche Tumoren sind für eine Embolisation geeignet?
  - In erster Linie sind dies maligne extradurale Tumoren mit Skelettbeteiligung
  - Bei Männern Prostatakarzinome 60%, Hypernephrome 30%.
  - Bei Frauen Mammakarzinome 60%, Schilddrüsenkarzinome 30%.
  - Selten Lymphome, multiples Myelom.
  - Sehr selten Primärtumore der Wirbelsäule (Riesenzelltumore, Sarkome).

◇ **Perkutane Nukleotomie**

- Die Methoden der perkutanen Nukleotomie sind zu nennen!
  - heute schon fast gänzlich verlassen: chemisch-enzymatische N. (Chymopapain)
  - mechanische Nukleotomie: automatisierte perkutane lumbale Nukleotomie
  - perkutane Lasernukleotomie
- Nennen Sie die Indikationen und Kontraindikationen!
  - nichtsequestrierter medialer lumbaler Prolaps mit Lumbago
  - nichtsequestrierter mediolateraler lumbaler Prolaps mit radikulärer Symptomatik
  - Protrusion plus enger Spinalkanal mit Claudicatio spinalis nach Versagen der konservativen Therapie
- Führen Sie Vorteile der perkutanen Nukleotomie an!
  - geringe Invasivität
  - schnelle Durchführbarkeit
- Führen Sie Komplikationen der perkutanen Nukleotomie an!
  - Verletzung einer Nervenwurzel
  - Gefäßverletzung
  - Spondylodiszitis

## ◇ **Schmerzbehandlung**

- Welche Art von Eingriffen können prinzipiell durchgeführt werden?
  - Strukturerhaltende Eingriffe: Lokalanästhetika, Corticosteroide
  - Neurodestruktive Eingriffe:
    - o Kryotherapie
    - o Thermokoagulation
    - o Radiofrequenzläsion
    - o Neurolytika
- Heute vorwiegend CT/MR-gesteuerte Verfahren, Blindpunktionen sind nicht mehr gerechtfertigt.
- Nennen Sie die Hauptindikationen zur minimalinvasiven Therapie!
  - vertebrale Schmerzen mit arthroligamentärer Ursache
  - sympathisch unterhaltene Schmerzsyndrome
  - Tumorschmerzen

## ◇ **Facettengelenksblockade**

- Was versteht man unter Facettensyndrom?
- Wie sichert man die Diagnose?
  - Diagnostische Provokation mit 0,1-1ml 10% NaCl-Lösung.
- Wie wird die Facettblockade durchgeführt?
  - Max. 5 ml Lokalanästhetikum extraartikulär am äußeren unteren Drittel des Gelenkes.
  - Bei fehlendem Erfolg intraartikuläre Injektion von 2ml Lokalanästhetikum kombiniert mit Corticosteroid.
  - Mit welcher Erfolgsrate bei pseudoradikulären Schmerzen ist zu rechnen?
  - Kurzfristig 70-80%, langfristig ca.60%.

## ◇ **Grenzstrangblockade**

- Wann wird diese Verfahren eingesetzt?
  - Diagnostisch zur Differentialdiagnose somatisch oder vegetatives Schmerzsyndrom.
  - Therapeutisch zur Behandlung der sympathischen Reflexdystrophie.
- In welchen Höhen wird der Grenzstrang blockiert?
  - Obere Extremität: Stellatumblockade (Höhe 6.und 7. HWQFS)
  - Becken-Beinbereich: lumbaler Grenzstrang in Höhe L1-L3
- Wurzelblockade

- diagnostisch
  - therapeutisch
- Perkutane Vertebroplastie
- Nennen Sie mögliche Indikationen zur perkutanen Vertebroplastie!
- Vertebragene Schmerzen hervorgerufen durch
- Osteoporotische Kompressionsfrakturen
  - Instabilität durch osteolytische Metastasen
  - ausgedehnte Wirbelhämangiome
  - Multiples Myelom
- Technik der perkutanen Vertebroplastie
- Durchleuchtungs- oder CT-Kontrolle
  - transpedikulärer Zugang
  - Auffüllung des Defektes mit Knochenzement
  - vorher Venographie über die Vertebroplastiekanüle (Cave Zementaustritt in epidurale Venenplexus)

## **Kopf-Hals Radiologie**

### **❖ Einleitung**

Die Kopf-Hals Radiologie ist eine Subspezialität der Radiologie. Aufgrund der komplexen Anatomie und der sehr unterschiedlichen Pathologie ist die Ausbildung in

Kopf-Hals Radiologie als sehr komplex und schwierig zu sehen.

Die Kopf-Hals Radiologie vereint alle technisch bildgebenden Möglichkeiten, welche das Schläfenbein, die Schädelbasis und die Hirnnerven, die Orbita, den Nasopharynx und die Nasennebenhöhlen, die Mundhöhle, den Oro- und Hypopharynx, den Larynx, die Speicheldrüsen, das Gesichtsschädelskelett mit dem Zahnapparat, die Mandibula und das Temporomandibulargelenk, die Fascienräume der Kopfhalsregion, den Thoraxeingang, den Plexus brachialis und die Schilddrüse untersuchen.

Noch genauere Angaben und Erklärungen zu diesem Curriculum können über eine Anfrage bei der Europäischen Gesellschaft für Kopf-Hals Radiologie erhalten werden.

## ❖ Expertise und Möglichkeiten

Bevor der Radiologe ins Ausbildung sich dieses Curriculum aneignet sollte er das Curriculum für den allgemeinen Radiologen beendet haben und eine genaue Kenntnis der physikalischen Prinzipien der verschiedenen bildgebenden Methoden besitzen, ebenso auch die Kontraindikation und die Komplikation der verschiedenen bildgebenden Techniken, und die Effekte und Nebenwirkungen von Kontrastmittel. Zusätzlich lernen sie die bildgebenden Spezifitäten der Kopf-Halsregion kennen, welche folgendes enthalten:

- ◇ Die Positionierung und Ansicht des Gesichtsschädels, des Schläfenbeins, der Mandibula
- ◇ Die Prinzipien des Strahlenschutzes der Kopf-Hals Region und die Rechtfertigung der Anwendung.
- ◇ Die mittlere Expositionsdosis an der Haut, an der Linse und an der Schilddrüse für das konventionelle Röntgen, die Sialographie, die Dacryozystographie und die Computertomographie
- ◇ Digitale Bildgebung und Bildprocessing in der Kopf-Hals Radiologie
- ◇ Multidetector.—Spiral-CT, 2D- und 3D-Rekonstruktion und virtuelle Endoskopietechniken.
- ◇ Die Kenntnis der gebräuchlichsten MRT-Sequenzen der Kopf-Hals Region.

Während der Subspezialisierungsausbildung sollte der Auszubildende die meiste Zeit seiner Zeit in der Kopf-Hals Radiologie tätig sein. Sie sollten sich eine profunde Kenntnis der radiologischen Bildcharakteristika von Krankheiten aneignen und sollten

auch mit dem klinischen und dem pathologischen Bild vertraut sein. Sie sollten ein Basiswissen der klinischen Untersuchungstechniken, welche vor der Untersuchung durchgeführt werden, haben und sie sollten eine außergewöhnliche Erfahrung aller bildgebenden Modalitäten, welche unten aufgelistet sind, und in nichtangiographischen interventionellen Methoden besitzen.

- ◇ Der Auszubildende sollte mit den klinischen Ausdrücken vertraut sein sodass er ohne Schwierigkeiten mit dem Kliniker kommunizieren kann. Sie sollten wöchentlich interdisziplinäre Treffen besuchen um ein profundes Wissen wie Patienten behandelt werden und welche Rolle die Radiologie in der Behandlungsplanung spielt erfahren.

Die folgende Auflistung soll Beispiele wiedergeben bei welchen klinischen Konferenzen der Radiologe in Ausbildung in der Subspezialisierung Kopf-Hals teilnehmen sollte. Einige dieser Konferenzen werden im radiologischen Department abgehalten, andere in den Abteilungen der zuweisenden Kliniken. Es wird empfohlen, dass auch die Konferenzen bei den zuweisenden Kliniken in das Ausbildungsprogramm inkludiert werden, um den Gebrauch der Bildgebung und der

die klinischen Umstände in welchen die Bildgebung gebraucht wird zu verstehen.

- ◇ Ausbildungsarzt/junger Facharzt für Radiologie .– spezielle Kopf-Hals Lehrkonferenzen
- ◇ Eine erforderliche Anzahl von radiologischen Besprechungsrunden, welche der Kopf-Hals Radiologie gewidmet sind
- ◇ Ein multidisziplinäres Kopf-Hals Tumor Board
- ◇ Eine multidisziplinäre Konferenz die Dysphagien behandelt
- ◇ Radiologisch-pathologische Korrelationstreffen
- ◇ Treffen mit Kopf-Hals Chirurgen
- ◇ Konferenzen in Notfallradiologie

Der Ausbildungsarzt sollte mindestens 30 Stunden formales Lehren in der radiologischen Abteilung während dieser zwei Jahre haben. Zusätzlich sollte der Ausbildungsarzt innerhalb dieser zwei Jahre zumindestens zwei jährliche Kopf-Hals Kongresse der ESHNR oder ASHNR oder andere spezielle Meetings besuchen, bei denen die Kopf-Hals Radiologie die Hauptrolle spielt.

Die Ausbildungsärzte sollten mit der rezenten Literatur der Kopf-Hals Radiologie vertraut sein, sowohl in Form von Standardwerken als auch in Form von Originalbeiträgen in Journalen. Weiters sollten sie ermutigt werden an Forschungsprojekten teilzunehmen um eine Kenntnis des Designs der Ausführung und der Analyse wissenschaftlicher Projekte der Kopf-Hals Region zu erlangen. Weiters sollten sie ermutigt werden Vorträge oder Poster bei internationalen Kongressen zu präsentieren und andere Kopf-Hals Radiologen bei diesen Kongressen zu treffen um Ideen und Erfahrungen auszutauschen.

## ❖ **Praktische Übungen**

Das Ziel der radiologischen Subspezialitätensausbildung in der Kopf-Hals Radiologie ist es den Auszubildenden so zu fördern, dass er dieser Ausbildung einen beträchtlichen Zeitanteil widmen kann. Spezielles Ausbildungsziele sollten folgendes beinhalten

- ◇ Die Fähigkeit als ein Berater in regelmäßig abgehaltenen interdisziplinären Meetings zu agieren.
- ◇ Die Kenntnisse der Indikation und Kontraindikation der diagnostischen Vorgangsweisen in der Kopf-Hals Radiologie
- ◇ Die Möglichkeit klinische Kollegen über die wesentlichen Änderungen im diagnostischen Vorgehen zu unterrichten um unnötige Untersuchungen zu vermeiden
- ◇ Eine profunde Kenntnis der zur Verfügung stehenden Literatur
- ◇ Die Möglichkeit diese speziellen Erkenntnisse auch Kollegen der Allgemeinradiologie zu vermitteln und Radiologen in der Spezialausbildung der

## Kopf-Hals Radiologie zu unterweisen

Am Ende der Ausbildung sollte der Assistenzarzt die technischen Möglichkeiten die Besprechungsformalitäten und Entscheidungsfindungen, wie sie unten aufgelistet werden, beherrschen. Es sollte ein vernünftiger Fortschritt während der Ausbildung erzielt werden, jedoch sollte daran gedacht werden, dass jede Institution ihre Rotation unterschiedlich organisiert.

### ◇ **Patienteninformation**

- Die Fähigkeit den Patienten über die Details des diagnostischen Vorgehens zu informieren und eine Einverständniserklärung einzuholen, wo sie notwendig ist. Dem Patienten zu erklären wie er sich während der Untersuchung zu verhalten hat.

### ◇ **Klinischer Hintergrund**

- Eine profunde Kenntnis der zu untersuchenden Pathologie, da danach der Untersuchungsumfang ausgelegt werden sollte.
- Basisverständnis klinischer Untersuchungstechniken, welche vor der Bildgebung durchgeführt werden.

### ◇ **Kommunikationstraining**

- Die Fähigkeit genaue informative und klinisch effiziente Befunde zu erstellen, welche die Bildbefunde in einen klinischen Kontext setzen.
- Die zuweisereffizientesten gebrauchte Bildgebung zu unterrichten
- In einem interdisziplinären Meeting die Kopf-Hals Untersuchungen effizient zu präsentieren.
- Zu erkennen wann bedeutende oder unerwartete radiologische Veränderungen dem Zuweiser dringend bekannt gemacht werden sollten.

### ◇ **Technik**

- Die Fähigkeit den technischen Staff zu supervidieren um eine entsprechende Qualitätskontrolle zu garantieren.
- Die Möglichkeit die unten angegebenen Bildgebungstechniken zu beurteilen, zu leiten und interpretieren, insbesondere mit Augenmerk auf die unten angegebenen Features.

#### ***US (B mode, Doppler, FNP):***

- Wahl des Schallkopfes
- Untersuchung der großen Kopfspeicheldrüsen, Schilddrüse und Hals
- Dopplersonographie der großen Kopfspeicheldrüsen, Schilddrüse und Hals

#### ***Barium-Schluckuntersuchung bei Schluckstörungen:***

- Wahl des Kontrastmittels
- Standarduntersuchung für die orale Phase, die pharyngeale Phase und

ösophageale Phase.

- die Wahl der Dokumentation der Untersuchung: nur mit Video, Video und Einzelbilder
- wie man eine Untersuchung einschränken kann und auf ein Minimum begrenzen kann, um die klinisch relevanten Fragen zu beantworten.
- die Wahl und Rolle der geänderten Boluskonsistenz
- die Möglichkeit den Bolus zu ändern und seinen Einfluß auf das Schlucken zu testen
- die Möglichkeit verschiedene Schluckmanöver zu testen.

***CT (diagnostisch, angiographisch und FNP):***

- Strahlenexposition, technische Parameter und Bildqualität
- Akquisitions- und Rekonstruktionsparameter
- Nachbearbeitungstechniken
- der korrekte Gebrauch von Kontrastmittel
- Indikationen um die CT-Untersuchung auf andere Körperregionen Auszuweiten

***MRT (diagnostisch und angiographisch):***

- die Spulenwahl
- erkennen des Untersuchungsumfanges
- entsprechender Einsatz von Kontrastmitteln
- technische Parameter der Bildakquisition der Rekonstruktion und der Nachbearbeitung
- MR-Angiographie
- MR-Sialographie

***Konventionelles Röntgen (Schädelbasis, Nasennebenhöhlen, OPTG):***

- die Vermeidung von Artefakten
- die Änderung der Parameter, um eine entsprechende Bildqualität zu erhalten

***Sialographie:***

- Die Bildinterpretation und Beurteilung der Qualität der Untersuchung

***Dacryozystographie:***

- Die Wahl des Instrumentariums und Kontrastmittels

***Bildgesteuerte Biopsie:***

- insbesondere im Bereich der Schilddrüse, der Lymphknoten und anderer
- Raumforderungen.
- Wahl der Bildgebung, Ultraschall, CT oder MRT
- Wahl des Biopsieinstrumentariums
- Die entsprechende Aufbewahrung der Biopsate

- Komplikation und Nachsorge

## ❖ **Wissensbasierte Ziele des Curriculums**

Am Ende der Ausbildungszeit sollte der Assistenzarzt die unten gelisteten wissensbasierten Ziele erreicht haben. Eine vernünftige Progression sollte während der Ausbildung eingehalten werden, es sollte jedoch bedacht werden, dass verschiedene Ausbildungszentren ihre Ausbildung unterschiedlich handhaben.

### ◇ **Normale Morphologie und Funktion**

Der Auszubildende sollte ein profundes Wissen der unten angeführten anatomischen Regionen haben, was die korrekte Bezeichnung die Beziehung und die Erscheinungsbilder im Kopf-Hals Bereich anbelangt.

- das Os petrosum und sein Inhalt
- die Schädelbasis und Hirnnerven
- die Orbita und Sehbahn
- die Nasennebenhöhlen
- der Nasopharynx, die Oropharynx und Hypopharynx
- die Mundhöhle
- der Larynx
- der Hals und Gefäßversorgungen
- die Speicheldrüsen
- das Gesichtsschädelskelett inklusive der Zähne, der Mandibula und der Kiefergelenke
- die tiefen Räume des Gesichtsschädels und Halsbereiches
- der Thoraxeingang und der Plexus brachialis
- die Schilddrüse und Nebenschilddrüsenregionen

### ◇ **Pathologie**

Ausbildungsärzte sollen ein profundes Wissen der folgenden Krankheiten im Kopf-Halsbereich haben einschließlich ihres Auftretens, ihrer Herkunft, ihrer diagnostischen Kriterien und der postoperativen Bilder einschließlich auch der durch Therapie entstandenen Komplikationen:

### ◇ **Schläfenbein**

- Innenohrschwerhörigkeit / Taubheit
- Schalleitungsschwerhörigkeit / Taubheit
- Embryologie und kongenitale Anomalien des äußeren Ohres und des Mittelohres und des Innenohres
- Entzündungen des Schläfenbeines
- Frakturen des Schläfenbeines
- Otospongiose und Dysplasien des Schläfenbeines

- Tumoren des Schläfenbeines und des Kleinhirnbrückenwinkels, Tumoren welche den Facialisnerv betreffen, Knochentumoren des Schläfenbeines, Metastasen, Lymphom, Tumoren des endolyphatischen Sackes.
- vaskulär bedingter Tinnitus

#### ◇ **Schädelbasis und Hirnnerven**

- Embryologie, kongenitale und entwicklungsbedingte Anomalien der Schädelbasis
- Entzündliche Veränderungen
- Tumoren und tumorähnliche Veränderungen, welche von den knöchernen Strukturen entstehen, von den Meningen, von den Nerven oder Gefäßen
- Sekundäre Tumore welche die Schädelbasis treffen insbesondere jene mit direkter Schädelbasis Invasion, perineurale Tumorausbreitung und hämatogen ausgebreitete Metastasen und diese Veränderungen auf CT und/oder MRT zu erkennen
- Trauma und die daraus resultierenden Komplikationen
- Dysplasien,
- Leaks von Gehirnflüssigkeit und nach rhizotomischen Injektionen
- Pathologische Veränderungen, welche die Hirnnerven erfassen und auch ihre Kerngebiete

#### ◇ **Orbita und Sehbahn**

- Okuläre Pathologie, welche kongenitale, traumatische, vaskuläre und neoplastische Veränderungen einschließt
- Orbitale Pathologie welche entwicklungsbedingten Anomalien, entzündliche Veränderungen, Autoimmunerkrankungen, Tumor und tumorähnliche Veränderungen, vaskuläre Malformationen, neurogene Tumoren und Tränendrüsenveränderungen einschließt
- Pathologie des Tränenapparates
- Pathologie des Sehapparates

#### ◇ **Nasennebenhöhlen**

- Anatomische Varianten und entwicklungsbedingte Anatomien der Nasennebenhöhlen
- Entzündliche Veränderungen und orbitale Komplikationen der Sinusitis, Mukozelen, Zysten und Polypen
- Tumor und tumorähnliche Veränderungen
- Übliche endoskopische Techniken und ihre Relevanz für die Bildgebung und Vorhandensein der Krankheit

#### ◇ **Pharynx**

- Pathologische Veränderungen des Nasenpharynx insbesondere gutartige Schleimhautveränderungen, sowie Tumoren wie das Nasenpharynxkarzinom. Lymphom, Tumoren der kleinen Speicheldrüsen, Schwannome und traumatische Veränderungen

- Pathologische Veränderungen des Oropharynx einschließlich funktioneller Schluckstörungen, entzündliche Veränderungen sowie Tumoren wie oropharyngeale Karzinome, Lymphome, kleine Speicheldrüsentumore, Schwannome, Rhabdomyosarkome und traumatische Veränderungen
- Pathologische Veränderungen des Hypopharynx insbesondere nicht neoplastische Veränderungen wie Divertikel, Schluckstörungen und extrinsische Veränderungen, entzündliche Veränderungen, Tumoren wie das Hypopharynxkarzinom, Lymphom, kleine Speicheldrüsentumore, Schwannom, Lipom und andere Tumoren und pneumatische Veränderungen
- Kongenitale Fehlbildungen des Pharynx, insbesondere Halszysten und Fisteln, Teratome und Heterotopie

#### ◇ **Mundhöhle**

- Pathologische Veränderungen der Mundhöhle inklusive Funktionsstörungen der Zunge, angeborene Veränderungen, vaskuläre Veränderungen, Dermoiden, Duktusthyroglossuszysten, Zungengrundstruma, infektiöse und entzündliche Veränderungen, wie Ludwigs-Angina, Ranula, gutartige Tumore, Nervenscheidentumore, maligne Tumore wie Karzinome, Lymphome, adenoide zystische Karzinome, Rhabdomyosarkome, Zungenmuskelatrophie durch Denervation durch Degeneration, Makroglossie und gutartige Masseterhypertrophie und traumatische Veränderungen

#### ◇ **Larynx**

- Pathologische Veränderungen des Larynx einschließlich funktioneller Störungen des Larynx, angeborene Veränderungen, Webs und Atresie, entzündliche Veränderungen einschließlich rheumatoider und kollagenvaskulärer Krankheit, Tumore wie Lipom, Rhabdomyom, Nervenscheidentumore, bleomorphes Adenom, maligne Tumore wie Karzinome, Chondrosarkome, Lymphome, adenoidzystische Karzinome und traumatische Veränderungen

#### ◇ **Hals**

- Angeborene Veränderungen insbesondere zystische Veränderungen, Schilddrüsenveränderungen, Malformation des lymphatischen Systems und Klassifikation der Lymphangiome
- Lymphknotenerkrankungen einschließlich ihrer klinischen Bedeutung, metastatische Erkrankungen einschließlich der bildgebenden Kriterien der Erkrankung, extranodale Tumorausbreitung und Gefäßeinbrüche, Lymphome, Tuberkulose, Lymphknotenverkalkungen und ihre Bedeutung
- Entzündliche und infektiöse Veränderungen inklusive Abszesse, Myositis, nekrotisierende Faszitis und einschmelzende Lymphknotenerkrankung
- Lymphknoten assoziierte Veränderungen einschließlich Angiomen, Nervenscheidentumore und Paragangliome, Lipome und zystische Veränderungen

- Vaskulär bedingte Pathologien der Vena jugularis interna und der Karotis
- ◇ **Speicheldrüsen**
  - Entzündliche Veränderungen insbesondere Infektionen, Sialolithiasis, rezidivierende Sialotinnitis, Autoimmunerkrankungen, Sialosen und infektiöse Veränderungen
  - Zystische Veränderungen
  - Tumore insbesondere bleomorphe Adenome, Warthin.'s Tumor, adenoidzystische Karzinome, Mukoepidermoidkarzinome, Metastasen, Lymphome, Lipome, neurogene Tumore
  - Gefäßbedingte Malformationen insbesondere das Lymphangiom und Hämangiom
  - Periglanduläre Veränderungen wie z.B. massive Hypertrophie
- ◇ **Gesichtsschädelskelett einschließlich der Zähne, der Mandibula und der Kiefergelenke**
  - Angeborene Veränderungen des Mittelgesichtes einschließlich Mittellinien-Spaltbildungen und Defekten sowie Einschlußerkrankungen wie Zephalozelen und vorzeitiger Schädelnahtschluss
  - Pathologische Veränderungen der Mandibula einschließlich Zysten, odontogenetisch bedingte Tumore, Gefäßveränderungen, neurogene Veränderungen, maligne Tumore und zahnbedingte entzündliche Veränderungen
  - Pathologische Veränderungen des Temporomandibulargelenke einschließlich des Diskus, arthrotische Veränderungen, avaskuläre Nekrose, Osteoarthritis dissecans, Tumore des Kiefergelenkes, traumatische und angeborene Veränderungen.
- ◇ **Tiefe Räume des Gesichtsschädels und Halses**
  - Herkömmliche pathologische Veränderungen welche die verschiedenen Räume des supra- und infrahyoidalen Halses betreffen, insbesondere Kaumuskelloge, den Parapharyngealraum, den Retropharyngealraum, den Carotisraum und Perivertebralraum und Rolle der Lokalisation der Erkrankung bei der Stellung der Differentialdiagnosen
- ◇ **Obere Thoraxappatur und Plexus brachialis**
  - Pathologische Veränderungen der oberen Thoraxappatur und des Plexus brachialis insbesondere traumatisch bedingte Veränderungen wie Abrisse und Zerrungen, Kompression durch Hämatome oder Kallusbildung, Einflusstauung, Schwannom, Karzinom des oberen Sulcus, Lymphom. gutartige und metastatisch bedingte Lymphadenopathien
- ◇ **Schilddrüse und Nebenschilddrüse**
  - Angeborene Veränderungen wie Ductus thyroglossus-Zyste und

Zungengrundstruma

- Entzündliche Veränderungen einschließlich der Thyroiditis
- Gutartige Raumforderungen der Schilddrüse
- Bösartige Erkrankungen der Schilddrüse
- Stoffwechselerkrankungen der Schilddrüse
- Pathologische Veränderungen der Nebenschilddrüse insbesondere Hyperparathyreoidismus, Adenom, Karzinom, Zysten, Hypoparathyreoidismus

## ❖ **Assessment**

Das Erreichen des Fortschrittes des Auszubildenden sollte mit den nationalen Anforderungen einhergehen. Das Können des Auszubildenden sollte kontinuierlich überprüft werden.

Ein so genanntes Logbuch über die Summe der Erfahrung könnte bei der Erhebung des Fortschrittes des Auszubildenden hilfreich sein.

Der Fortschritt sollte mit Hilfe beigezogener Ausbilder begutachtet werden und insbesondere sollte hier ein Augenmerk auf die praktische Erfahrung in der Durchführung von Untersuchungen, Effizienz, klinischer Erfahrung und des Wissenswachstums gelegt werden.

Die europäische Gesellschaft für Kopf-Hals Radiologie könnte ein Diplom Expertise in dieser Subspezialität den Auszubildenden offerieren, welche dieses Programm absolviert haben wie diese Konditionen durch die Gesellschaft festgelegt wurden.

## **Thoraxradiologie**

### ❖ **Einleitung**

Die physikalischen Grundlagen der Radiographie sowie der Verabreichung und Wirkung von Kontrastmitteln sind in anderen Teilen dieses Lehrzielkataloges enthalten und scheinen deshalb nicht gesondert in diesem Abschnitt auf.

Trotzdem sollten grundlegende Elemente der radiologischen Technik auch im Kontext der thoraxradiologischen Anwendung beherrscht werden. Zu diesen Elementen zählen:

- Einstellungstechnik, insbesondere bei Neugeborenen und Kindern
- Durchschnittliche Dosiswerte, Techniken zur Vermeidung von Streustrahlung
- Prinzipien der digitalen Radiologie und der elektronischen Bildverarbeitung

## ❖ **Kenntnisse und Fertigkeiten**

### ◇ **Normale Anatomie**

#### ◇ ***Folgende Fertigkeiten sollten beherrscht werden***

- auflisten der lobären und segmentalen Bronchien
- beschreiben der Nahebeziehung von hilären Gefäßen und Bronchien
- beschreiben des sekundären pulmonalen Lobulus und seiner Komponenten
- ATS-Klassifikation der mediastinalen und hilären Lymphknoten

#### ◇ ***Folgende Strukturen sollten auf dem posterior-anterioren Lungenröntgen und auf dem seitlichen Lungenröntgen identifiziert werden können.***

- rechter Ober-, Mittel- und Unterlappen; linker Ober- und Unterlappen; Lingula
- großes Interlobium, kleines Interlobium, Lobus Venae azygos
- Atemwege
  - Trachea
  - Carina,
  - Hauptbronchien
  - Dorsale Begrenzung des Bronchus intermedius.
- Herz:
  - Position der zwei Vorhöfe
  - Position der beiden Ventrikel,
  - Lokalisationsebene der Herzklappen
- Pulmonalarterien
  - Truncus pulmonalis
  - Linke und rechte Pulmonalarterie
- Aorta
  - Aorta ascendens
  - Arcus aortae
  - Aorta descendens
- Arterien
  - Arteria brachiocephalica
  - Arteria carotis
  - Arteria subclavia
- Venen
  - Vena cava superior und inferior
  - Vena azygos
  - linke obere Intercostalvene (“Aortic Nipple”)
  - linke Vena brachiocephalica
- die am Thoraxröntgen sichtbaren Skelettelemente

- Mediastinallinien- und -streifen
- Aortopulmonales Fenster
- Zwerchfellkuppen
  
- ◇ ***Folgende Strukturen sollten auf der CT und/oder MR-Untersuchung des Thorax identifiziert werden können***
  - Lungenlappen und Segmente
  - sekundärer pulmonaler Lobulus
  - Interlobien, Lobus venae azygos
  - extrapleurales Fett
  - Ligamentum pulmonale
  - Atemwege
    - Trachea
    - Carina
    - Hauptbronchien
    - Lappenbronchien
    - Segmentbronchien
  - Herz
    - linker Ventrikel
    - rechter Ventrikel
    - linker und rechter Vorhof
    - wenn sichtbar Herzklappen und Papillamuskeln
  - Perikard
    - oberer perikardialer Rezessus
  - Pulmonalarterien
    - Truncus pulmonaris
    - rechter und linker Hauptstamm
    - Interlobärarterien
    - Segmentalarterien
  - Aorta
    - Sinus valsalva
    - Aorta ascendens
    - Arcus aortae
    - Aorta descendens
  - Arterien
    - Arteria brachiocephalica
    - Arteria carotis communis
    - Arteria subclavia
    - Arteria axillaris
    - Arteria vertebralis
    - Arteria mammaria interna
  - Venen
    - Pulmonalvenen

- Vena cava superior und inferior
- Vena brachia cephalica
- Vena subclavia
- Vena jugularis interna und externa
- Vena azygos
- Vena hemiazygos
- Vena intercostalis superior sinistra
- Vena mammaria interna
- Ösophagus
- Thymus
- normale mediastinale und hiläre Lymphknoten
- Rezessus azygo-ösophagealis
- Ligamentum pulmonale

◇ ***Diagnostische Zeichen am Thoraxröntgen***

Folgende Zeichen sollten gekannt, gekannt, und deren Anwendung auf thoraxradiologische Fragestellungen beherrscht werden:

- Silhoutenzeichen
- Luftbronchogramm
- Luftsichelzeichen
- zerviko-thorakales Zeichen
- Handschuhfingerzeichen
- Golden S-Zeichen
- Deep Sulcus-Zeichen
- ◇ ***Zeichen diffuser infiltrativer Lungenerkrankungen am Thoraxröntgen und am Thorax-CT***

- erkennen von morphologischen Veränderungen, bezogen auf den sekundären pulmonalen Lobulus.
- Folgende Veränderungen identifizieren können
  - Air space nodule
  - Milchglasverdichtung
  - retikuläre Verdichtung
  - Honigwaben-Lunge
  - interstitielle Noduli
  - broncholäre Veränderungen („tree-in-bud.“)
  - air trapping
  - Zysten
  - Mosaikverdichtungen.
- septale Linien identifizieren und ihre möglichen Ursachen erklären können.
- interstitielle Lungenveränderungen in Zusammenhang mit vorbestimmten Erkrankungen erkennen können, z.B. Zeichen der Fibrose bei Sklerodermie, Zeichen der Fibrose nach Amiotoron-Gabe, retikuläre

Veränderungen bei interstitiellem Lungenödem, usw.

- Zeichen des akuten und chronischen Herzversagens am Thoraxröntgen erkennen können, z.B. Pleuraergüsse, vaskuläre Blutumverteilung, Zeichen des interstitiellen und aveolären Lungenödems, septale Linien, flüssigkeitsmarkierte Interlobien.
- asbest-induzierte Lungenveränderungen identifizieren und erklären können.
- Zeichen der Lungenfibrose erkennen können.

#### ◇ **Differentialdiagnose diffuser Lungenerkrankungen**

- am Thoraxröntgen folgende Muster erkennen können
  - Infiltrat
  - noduläre Verschattung
  - retikuläre Verschattung
  - zystische Alterationen
- am HRCT folgende Muster erkennen können
  - septale Verdickungen
  - septale Noduli
  - Milchglasverdichtungen
  - retikuläre Verdichtungen
  - Honeycumbing (Honigwaben-Lunge)
  - noduläre Veränderungen
  - Air space nodules
  - Tree-in-bud
  - Mosaikverdichtungen
  - Zysten und zystenähnliche Veränderungen

#### ◇ **Alveoläre Lungenveränderungen, Atelektasen**

- segmentale und lobäre Verdichtungen erkennen können
- die vier häufigsten Gründe von segmentalen Verdichtungen nennen können
- partielle und komplette Atelektasen einzelner Lappen oder der gesamten Lunge erkennen können
- komplette Atelektase der linken und rechten Lunge erkennen können
- komplette Atelektase eines Lungenlappens von der kompletten ergussbedingten Verschattung unterscheiden können
- die drei häufigsten Gründe des ARDS nennen können
- die drei häufigsten Gründe der organisierenden Pneumonie nennen können
- das Halo-Zeichen beschreiben können (z.B. im Kontext der invasiven Aspergilose)

#### ◇ **Atemwege und obstruktive Lungenerkrankungen**

- erkennen von Bronchiektasien am Thoraxröntgen und Thorax-CT

- die drei häufigsten Ursachen von Bronchiektasien nennen können
- auf HR-CT Bildern erkennen von Zeichen von obliterativer und exotativer Veränderungen der kleinen Atemwege (tree-in-bud, air trapping, Mosaikveränderungen, assoziierte Bronchiektasien)
- typische Zeichen der zystischen Fibrose erkennen können
- tracheale und bronchiale Stenosen erkennen können
- zentrilobuläres und panlobuläres Emphysem definieren können
- erkennen einer ausgeprägten Überblähung im Lungenröntgen und Thorax68 CT
- beschreiben können, welche radiologischen Veränderungen bei Bullektomie oder Lungenvolumsreduktions-Operation beachtet werden Müssen

#### ◇ ***Unilateraler hypertransparenter Thorax***

- erkennen eines unilateralhypertransparenten Thorax auf konventionellen radiologischen Bildern und CT-Untersuchungen
- drei Ursachen für diese Veränderungen nennen können

#### ◇ **Solitäre und multiple pulmonale Rundherde**

- Definition des solitären pulmonalen Knotens
- die vier häufigsten Ursachen für einen solitären pulmonalen Rundherde nennen können
- Stellung nehmen können zur Strategie des Managements von zufällig # aufgefundenen solitären pulmonalen Rundherde, kurze Diskussion des Screenings von Lungenrundherden
- die Rolle der Computertomographie und der Positronemmissions-Tomographie in der Beurteilung von solitären Lungenrundherden beschreiben können
- „auf benigne“ und „auf maligne“ morphologische Kriterien von Lungenrundherden beschreiben können
- die häufigsten Komplikationen einer perkutanen Lungenbiopsie nennen können
- Indikationen für die Platzierung von Thoraxdrains nennen können

#### ◇ ***Benigne und maligne Veränderungen der Lunge***

- die vier wichtigsten histologischen Typen des Bronchuskarzinoms nennen können
- die TNM-Klassifikation beschreiben können
- Stellung beziehen können zur Operabilität bzw. Nicht-operabilität eines Bronchuskarzinoms
- Staging des kleinzelligen Bronchuskarzinoms beherrschen
- die vier häufigsten extrathorakalen Metastasierungsorte des Bronchuskarzinoms nennen können.
- beschreiben können, welche akuten und chronischen Strahlenschäden in

der CT-Untersuchung des Thorax gesehen werden können, ihren zeitlichen Zusammenhang zur Bestrahlungstherapie nennen können

- kurz diskutieren können, welche Rolle der CT, der MRT und dem PET in der Diagnose und im Staging des Bronchuskarzinoms zukommen
- den häufigsten Befallsort des Karzinoms nennen können
- die typischen Veränderungen des Hämatoms nennen können
- die häufigsten Manifestationen und die generelle Bedeutung der Bildgebung beim thorakalen Lymphom nennen können
- typische Veränderungen bei Kaposi Sarkom nennen können

#### ◇ ***Thoraxerkrankungen bei immunokompetenten immunsupprimierten und Posttransplantationspatienten***

- radiologische Manifestationen der pulmonalen Tuberkulose erkennen können
- die verschiedenen Typen der Aspergillusmanifestation nennen und beschreiben können
- die häufigsten pulmonalen Infektionen bei AIDS-Erkrankung nennen können, Beschreibung ihrer radiologischen Zeichen
- Beschreibung der typischen Veränderung der Pneumocystis carinii pneumoniae
- Nennung und Beschreibung der drei häufigsten Ätiologien für hiläre und mediastinale Lymphknotenvergrößerungen in Patienten mit AIDS
- Differentialdiagnose von Konsolidierungen beim immunsupprimierten Patienten
- Lymphoproliferative Posttransplantationsveränderungen und deren radiologische Zeichen nennen und erkennen können
- Beschreibung radiologischer Veränderungen der akuten und chronischen Abstoßung

#### ◇ **Kongenitale Lungenveränderungen**

- Zeichen des Scimitar-Syndromes am Thoraxröntgen, am CT und am MR beschreiben können
- Zeichen der intra- und extralobären pulmonalen Sequestration sowie der zystisch-adenomatoiden Malformation am Thoraxröntgen und CT erkennen können
- den Unterschied zwischen intra- und extralobärem Sequester erklären können
- erkennen und erklären von bronchialer Atresie am Thoraxröntgen und am Thorax-CT

#### ◇ ***Vaskuläre Veränderungen***

- verbreiterte Pulmonararterien am Thoraxröntgen erkennen können, Unterscheidung von normalen und vergrößerten hilären Lymphknoten
- die fünf häufigsten Gründe für pulmonal-arterielle Hypertension nennen

können

- erkennen von lobären und segmentalen pulmonalen Embolien auf CT-Angiographien und MR-Angiographien der Pulmonalarterien
- die Rolle der Ventilations-Perfusionsszintigraphie, der CT-Angiographie, MR-Angiographie, der Phlebographie und des Venendopplers der unteren Extremitäten bei Patienten mit Verdacht venöse Thromboembolie erklären können
- erkennen von Perfusionsumverteilung bei erhöhtem pulmonalvenösem Druck

#### ◇ ***Pleura und Zwerchfell***

- erkennen von Pleuraergüssen auf den Thoraxröntgen
- erkennen eines Pneumothorax bei stehenden und liegenden Patienten
- erkennen einer pleuralen Raumforderung mit oder ohne Knochenzerstörung bzw. mit oder ohne Infiltration der Thoraxwand
- Verkalkungsmuster der Pleura beschreiben und erklären können
- den unilateralen Zwerchfellhochstand erkennen können und dessen fünf wichtigsten Gründe nennen können
- Erklärung und Erkennung des „Spannungspneumothorax.“
- diffuse pleurale Verdickungen erkennen können und ihre vier wichtigsten Ursachen nennen können
- erkennen und Erklärung des „Split pleura.“-Zeichen bei Pleuraempyem
- Veränderungen im Rahmen des malignen Mesothelioms beschreiben und erkennen können

#### ◇ ***Mediastinale und hiläre Erkrankungen***

- die vier häufigsten Ursachen von Tumoren des vorderen Mediastinums nennen können
- die drei häufigsten Ursachen von Tumoren des mittleren Mediastinums nennen können
- die häufigste Ursache von Tumoren des hinteren Mediastinums nennen können
- Raumforderungen im Bereich der oberen Thoraxapertur nennen können
- die normale Anatomie der oberen Thoraxapertur beschreiben und nennen können, welche Gefäße hierbei Raumforderungen vortäuschen können
- Mediastinale und hiläre Lymphknotenvergrößerungen erkennen können
- vier Gründe für bilaterale hiläre Lymphadenopathien nennen können
- die vier häufigsten Gründe Eierschalen-Verkalkungen von Lymphknoten nennen können
- vier Gründe für Thymusraumforderungen nennen können
- die typischen Zeichen des Thymoms beschreiben können
- drei Typen von Keimzelltumoren des Mediastinums nennen können
- Zeichen des benignen zystischen Teratoms erkennen können

- die Differentialdiagnose zystischer Raumforderungen des Mediastinums beherrschen können (bronchiogene Zyste, Perikardzyste, Thymuszyste, Duplikationszyste des Ösophagus)
- den Begriff „Pneumomediastinum.“ erklären und dessen Veränderungen am Lungenröntgen beschreiben können

#### ◇ ***Aorta und große Gefäße***

- die normalen Durchmesser der thorakalen Aorta nennen können
- Stanford A und B Klassifikation beherrschen sowie deren Implikation kennen
- die folgenden Begriffe erkennen und erklären können:
  - Aortenaneurysma
  - Aortendissektion
  - intramurales Aortenhämatom
  - penetrierendes Ulcus
  - ulzerierende Plaque
  - rupturiertes Aortenaneurysma
  - Aneurysma der Arteria subclavia oder brachiocephalica,
  - Aortenkoarktation
  - Aortenpseudokoarktation
  - zervikaler Aortenbogen
- die Bedeutung eines rechtsverlaufenden Aortenbogens nennen können
- Definition des Begriffes „aberrante Arteria subclavia.“ nennen können
- die drei häufigsten Typen von Anomalien des Aortenbogens nennen können
- die Termini Aneurysma und Pseudoaneurysma nennen können
- die jeweiligen Vor- und Nachteile des CT, der MR-Angiographie und der transösophagealen Echokardiographie sowie der invasiven Angiographie bei der Bildgebung der Aorta kennen und diskutieren können

#### ◇ ***Thoraxtrauma***

- ein verbreitertes Mediastinum auf dem konventionellen Thoraxröntgen erkennen können und im Rahmen des Traumas mögliche Ursachen dafür nennen können
- direkte und indirekte Zeichen der Aortenverletzung auf Kontrastmittel-CT's erkennen können
- ein chronisches traumatisches Pseudoaneurysma der Aorta erkennen können
- Rippenfrakturen sowie Frakturen der Klavikula, der Wirbelsäule und der Scapula am Thorax-Röntgen auf dem Thorax-CT erkennen können
- die drei häufigsten Ursachen von Lungenparenchymverdichtungen nach Thoraxtrauma erkennen können
- posttraumatische Positionsveränderungen der Zwerchfellkuppen erklären können

- einen Pneumothorax und ein Mediastinum nach Trauma erkennen können
- Kavitätäre posttraumatische Lungenläsionen erkennen können und die Diagnose auf „Lazeration und Pneumatozele.“, Hämatom und Abszess erklären können
- die drei häufigsten Ursachen des posttraumatischen Pneumomediastinums erklären können
- den Unterschied zwischen Lungenkontusion, Lungenlazeration und Aspiration erkennen können

#### ◇ ***Katheter und Monitoring Fremdkörper***

- Die reguläre Platzierung, mögliche Komplikationen und typischer Verlauf folgender medizintechnischer Gegenstände sollten genannt und erkannt werden können:
  - Trachealtubus
  - Zentraler Venenkatheter
  - Swan-Ganz Katheter
  - Nasogastrische Sonde
  - Thoraxdrain
  - Intra-aortale Ballonpumpe
  - Schrittmacher
  - Herzdefibrillator
  - Perikarddrain
  - Ösophagussonde
  - Trachealer oder bronchialer Stent

#### ◇ ***Postoperativer Thorax***

- Die typischen radiologischen Manifestationen folgender Verfahren sollten genannt und erkannt werden
  - Lobektomie
  - Pneumektomie
  - KoronarE Bypass-Operation
  - Herzklappenersatz
  - Aortenstent
  - Aortenersatz
  - Transhiatale Ösophagektomie
  - Lungentransplantation, Hertransplantation
  - Lungenvolumsreduktionsoperation

## ❖ Technische- und kommunikative bzw. entscheidungsfindende Fähigkeiten

Der Ausbildungsarzt sollte spätestens zum Ende seiner Ausbildung folgende Fähigkeiten erworben haben:

- sinnvolle und klinische relevante Befunde verfassen, die in Beschreibung und Zusammenfassung gegliedert sind
- das technische Personal bei der Durchführung von Thoraxuntersuchungen anzuleiten und zu unterstützen
- klinisch relevante und möglicherweise unerwartete radiologische Veränderungen mit klinischen Zuweisern diskutieren können und wissen, in welchen Situationen umgehend ein Kliniker verständigt werden muß
- Beschreibung der Patientenposition und Indikationen für ein posteriores anteriores, laterales, „liegende“ Thoraxröntgen
- entscheiden können, wann die Hilfe von erfahrenen Thoraxradiologen angefordert werden muss
- die klassischen Indikationen für eine CT-Untersuchung bzw. eine MRT-Untersuchung des Thorax kennen
- wissen, welche klinischen Informationen für die Interpretation einer CT-Untersuchung oder MR-Untersuchung des Thorax notwendig sind
- ein Untersuchungsprotokoll für die CT-Untersuchung folgender anatomischer Strukturen vorschlagen können:
  - Aorta und große Gefäße
  - Vena cava
  - Pulmonalembolie
  - Tracheobronchialbaum
  - Bronchiektasien
  - Erkrankung der kleinen Atemwege
  - Bronchuskarzinom
  - Ösophaguskarzinom
  - Tumor der oberen Thoraxapertur
  - Lungenmetastasen
  - Lungenrundherd
  - Dyspnoe
  - Hämoptysen
- die Untersuchungsanleitung, Untersuchungsüberwachung und Interpretation sowie Befundung von thorakalen Untersuchungen beherrschen.
- einen radiologischen Thoraxfall in nicht-radiologischem Umfeld vorstellen und diskutieren können
- weiterführende Untersuchungen, die sich an das konventionelle Thoraxröntgen anschließen, vorschlagen können
- folgende Interventionen sollten beherrscht bzw. ihre Indikationen, Kontraindikationen und möglichen Komplikationen

gekannt werden:

- Drainage pleuraler Flüssigkeiten
  - perkutane Lungenbiopsie
  - mediastinale und perikardiale Drainage
  - thorakale Abszessdrainage
  - Aortenangiographie
  - Thorakale Venographie
  - Prinzipien der Bronchialarterienembolisation
  - Prinzipien der venösen Stentsetzung
  - Prinzipien der lokalen Thrombolyse und der Embolisation von arteriovenösen Malformationen
- korrelieren von pathologischen und klinischen Daten in Zusammenschau mit thoraxradiologischen Veränderungen am CT und MRT

### ❖ **Klinische-radiologische Besprechungen**

Die Abhaltung klinisch-radiologischer Besprechung ist stark von Lokalisation, Größe und Subspezialisierung der Abteilungen eines Krankenhauses abhängig. Unabhängig davon sollten jedoch prinzipielle Abläufe von klinisch-radiologischen Besprechungen bekannt sein, um Grundfertigkeiten in der Kommunikation und Diskussion von radiologischen Sachverhalten zu erwerben mögliche „Übungsfelder.“ für die Erlangung dieser Fertigkeiten wären z.B. tägliche Morgensprechungen mit Ausbildungsärzten, klinisch-radiologische Konferenzen der Lungenabteilung bzw. der Abteilungen für Intensivmedizin oder Thoraxchirurgie, sowie thorax-onkologische Besprechungen.

# Kardiovaskuläre Radiologie Update 2021

Dietrich Beitzke Dr.; Agnes Mayr PD. Dr. im Namen der AG Kardiovaskuläre Radiologie

## Indikationen Herz CT/MRT:

Quelle: Nikolaou/Kramer Kap. jeweils vor den einzelnen Kapiteln; Hergan/Sommer Kap. 8.3

- Rechtfertigung kardialer CT/MR Untersuchung mit grundlegenden Indikationen, Kontraindikationen und Limitationen

## Technische Grundlagen der kardialen CT:

Quelle: Hergan/Sommer Kap. 8.1 oder

[https://cdn.ymaws.com/scct.org/resource/resmgr/SCCT\\_guidelines\\_for\\_the\\_perf.pdf](https://cdn.ymaws.com/scct.org/resource/resmgr/SCCT_guidelines_for_the_perf.pdf)

### Patientenvorbereitung:

- BetaBlocker, NO, Bedeutung der Herzrate

### Scanverfahren:

- Ca Scoring: Technische Einstellungen
- CTA Herz: KM timing, prospektives und retrospektives Scannen

### Grundlegende Verfahren der Bildrekonstruktion:

- Curved planar reformation für die Koronararterien. MIP Rekonstruktionen kurze, lange Achse
- Methoden der Dosisreduktion in der kardialen CT

## Grundlagen der kardialen MRT:

Quelle: Hergan/Sommer Kap. 8.2 oder

<https://jcmr-online.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12968-020-00607-1>

### Kontraindikationen für MRT

- Implantatsicherheit, Voraussetzungen für die Durchführung einer MRT mit kardialen Schrittmachersystemen

### Grundprinzipien Sequenztechnik und Untersuchungsprotokolle

- Funktion über Cine, Flussmessungen
- Grundlegende Myokardcharakterisierung: T2 (STIR) und Late Enhancement
- Erweiterte Myokardcharakterisierung (T1 nativ und post KM Mapping, T2\* und T2 Mapping)

### Pharmakologische Belastung:

Quelle: Hergan/Sommer Seiten 58-61 oder

<https://jcmr-online.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12968-020-00607-1>

- Indikationsprüfung, Patientenvorbereitung Stress MRT (PET und SPECT), Wirkprinzip, Nebenwirkungen und Kontraindikation von Adenosin und Regadenoson

- Wirkmechanismus, Nebenwirkungen und Kontraindikation von Dobutamin

## **Anatomie und Normvarianten des Herzens und der herznahen Gefäße:**

Quelle: Nikolaou/Kramer Kap. 2.3; Hergan/Sommer Kap. 2.2; 2.3

### **Normale Koronararterienanatomie**

#### **Koronargefäßanomalien**

- Myokardbrücken
- „Benigne vs. Maligne“, ACAOS (anomale koronare Ostien aus kontralateralem (opposite) Sinus)
- ALCAPA
- Koronar fisteln

#### **Pulmonalvenen/arterien**

Quelle: Nikolaou/Kramer Kap. 7.3; Hergan/Sommer Kap. 5.3

- Varianten der Pulmonalvenen
- Pulmonary Sling

## **Koronare Herzerkrankung / Ischämische Herzerkrankungen:**

### **Diagnostik der KHK:**

Quelle: Nikolaou/Kramer Kap. 2.1; 2.2; Hergan/Sommer Kapitel 2.23; 2.3

- Kenntnis der grundlegenden Begriffsdefinitionen KHK, stabile AP – chronisches Koronarsyndrom, instabile AP, akutes Koronarsyndrom, Ischämie, Vitalität
- **Anatomisch versus funktionelle Bildgebung der KHK**
- Anatomisch: Erfassung der Stenose und der Plaque-Diagnostik mittels Herz CT
- Funktionell: Ischämietestung mittels Herz MR, PET, SPECT
- **Rolle des Herz CT:**
- Stenosequantifizierung (gering <50%, intermediär 50-70%, über 70% und 99-100% Occlusion)
- Plaque Imaging: Vulnerabilitätskriterien (V), gemischter Plaque, nicht-kalzifizierter Plaque, Kalkplaque, DDX: Thrombus,
- Myokardinfarkt narbe und akute Ischämie im Rahmen des akuten Thoraxschmerz- bildgebende Charakteristika im CT.
- **Rolle der Herz MR:**
- Ischämietestung: Kenntnis über den Ablauf einer Stress MRT Untersuchung
- Definition relevante Ischämie
- Erfassung der Vitalität – Relevanz der Transmuralität der Narbe
- **Grundlegende Kenntnis anderer Verfahren:**
- SPECT und PET – (reversibler) Traceruptake bei Ischämie und Narbe

## Ischämische Herzerkrankungen:

Quelle: Nikolaou/Kramer Kap. 1.1; 2.8; Hergan/Sommer Kap. 3.2

- Myokardinfarkt (CT und MRT)
- Lokalisation des Infarkts entsprechend der koronaren Versorgungsgebiete
- Myokardinfarkt: Transmuralität, mikrovaskuläre Obstruktion
- Post Myokardinfarkt (Ischämische Kardiomyopathie)
- MR Vitalität – Rolle der transmuralen Narbe
- Komplikationen: LV Dilatation, Ventrikulaneurysma, Thrombus, gedeckte Ruptur
- Differentialdiagnose Infarkt vs. MINOCA vs. Myokarditis
- Nach aortokoronarem Bypass: Lage und Form der aortokoronaren Bypässe (LIMA, RIMA, Venen)

## Entzündliche Herzerkrankungen:

Quelle: Nikolaou/Kramer Kap 1.3; 5.3;8.3 - Hergan/Sommer Kap. 3.3

### Myokarditis

- Ursachen einer myokardialen Inflammation (Viren, Bakterien, autoimmunologische GK, medikamenteninduzierte Myokarditis)
- Diagnosekriterien einer akuten Myokarditis; Lake Louise Kriterien 2018
- Unterscheidung akute Myokarditis / Narbe
- DD: Infarkt oder MINOCA
- Folgen einer akuten/chronischen Myokarditis
- Sonderform Sarkoidose

### Perikarditis

- Ursachen einer akuten Perikarditis (infektiös (Viren, Bakterien/TBC) vs. nichtinfektiös (post Radiatio))
- Erscheinungsbild einer akuten bzw. abgelaufenen Perikarditis (Konstriktion)
- Folgen einer Perikarditis

### Endokarditis

Hergan/Sommer Kap 4.4; Nikolaou/Kramer Kap. 5.1; 5.2; Hergan/Sommer S 185-186

- Rolle der PET (PET CT), kardialen CT, Neuro und kardialen MRT in der Abklärung einer infektiösen Endokarditis
- Typische bildgebende Kriterien von Vegetationen, Pseudoaneurysmen, perivalvulärem Abzess, Protheseninfektion, Dehiszenz

### Nichtinfektiöse Endokarditis:

- Prinzipielles CT und MR Erscheinungsbild einer Endokarditis (Karzinoid assoziiert, Endocarditis Libman Sacks) DDx: Endomyocardfibrose

## **Primäre Kardiomyopathien:**

Quelle: Nikolaou/Kramer Kap. 1.2, 1.3; Hergan/Sommer Kap. 3.4 und 3.6

### **Dilatative Kardiomyopathie**

- Ätiologie
- Rolle der MRT (Nachweis einer Narbe / Mid wall fibrosis)
- DD Nichtischämische vs. Ischämische Kardiomyopathie

### **Hypertrophe (obstruktive) Kardiomyopathie (HCMP/HOCMP)**

- Ätiologie
- Erscheinungsbild (MR und auch CT): basal vs. apikale HCMP vs. HOCMP
- Rolle der MR (Masse, Narbe; Ausflußtraktobstruktion, Venturi Effekt, SAM)

### **ARVC/ARVD (Arrhythmogene rechtsventrikuläre Kardiomyopathie)**

- Pathophysiologie
- Diagnosekriterien
- Rolle der MRT/Echo in den Diagnosekriterien (major/minor Kriterien)

### **LV Non Compaction Kardiomyopathie**

- Ätiologie
- Definition (Bedeutung des 2,3:1 Verhältnisses)

## **Speichererkrankungen**

### **Hämochromatose**

- Korrekte Durchführung einer T2\* Messung

### **Morbus Fabry**

- Erscheinungsbild der LVH (konzentrisch, keine LVOT Obstruktion)
- Bedeutung des T1 Mapping in Frühphasen
- Verteilungsmuster LGE in Spätstadien

### **Amyloidose**

- Ätiologie (AL, ATTR Subtypen)
- Erscheinungsbild der LVH (konzentrisch, restriktives Bewegungsmuster, Perikard- und Pleuraergüsse)
- Verteilungsmuster des LGE
- Bedeutung LGE, erhöhtes ECV

## **Klappenerkrankungen**

Quelle: Nikolaou/Kramer Kap. 4.1; Hergan/Sommer Kap. 4.4

### **Aortenstenose:**

- Rolle des CT zur TAVI Planung: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00330-019-06357-8>)
- Ca Scoring der Aortenklappe (Low Flow Low gradient Stenose)
- Rolle der CT nach TAVI
- Korrekte Lage des Klappenersatzes
- Diagnose einer Klappenthrombose

## Aorteninsuffizienz

- Quantifizierung der Aorteninsuffizienz im MRT
- Morphologie der Aortenklappen (bikuspid vs. trikuspid)
- Assoziation bikuspidale Klappe mit Aneurysma der Aortenwurzel

## Mitralinsuffizienz

- Primäre Mitralinsuffizienz (z.B. Prolaps) versus sekundäre Mitralinsuffizienz (LV Dilatation)
- Berechnung der Regurgitation über Phasenkontrast-Flussmessung im Bulbus aortae und links ventrikuläres Schlagvolumen

## Mitralstenose

- Verkalkungen und Degeneration der Mitralklappensegel, rheumatisches Vitium

## Pulmonalinsuffizienz

- Vorkommen der Pulmonalinsuffizienz (PH, kongenitale Herzerkrankungen, post OP)
- Quantifizierung der Pulmonalinsuffizienz über Phasenkontrast-Flussmessung
- Folgen für den RV, Dilatation

## Pulmonalstenose

- Darstellung der Klappe mittels MRT und CT
- Sekundäre Veränderungen (RV Hypertrophie/Dilatation, Dilatation des Truncus pulmonalis und der linken Pulmonalarterie)

## Trikuspidalinsuffizienz/Stenose

## Kardiale Tumore

Quelle: Nikolaou/Kramer Kap. 1.5; Hergan/Sommer Kap 6

## Erscheinungskriterien eines potentiell benignen versus malignes kardialen Tumors

- Myxom
- Lipom
- Fibrom
- Rhabdomyosarkom
- Lymphom
- Metastasen
- Fibroelastom
- DD: Thrombus und Vegetationen

## **Kongenitale Herzerkrankungen / Erwachsene mit angeborenen Herzerkrankungen**

Quelle: Nikolaou/Kramer Kap. 6.1, 6.2, 7.2; Hergan/Sommer Seiten Kap. 4.3 und Kap. 7; 7.5

## Bikuspidale Aortenklappe

- Darstellung der Klappe + Quantifizierung der Aorteninsuffizienz
- Assoziierte Pathologien: LV Dilatation + Dilatation der Aortenwurzel

## Vorhofseptumdefekt (ASD)

- Formen des ASD: ASD I, ASD II, Sinus venosus Defekt, PFO
- Folgen eines Shuntvitiums: RV Belastung, paradoxe Embolie
- Darstellung eines Shuntvitiums mittels CT und MRT
- Quantifizierung des Shunts (Qp:Qs)

## Ventrikelseptumdefekt (VSD)

- Formen des VSD: membranöser VSD, muskulärer VSD, AVSD, tiefer ASD (unroofed Coronary Sinus)
- Quantifizierung des Shunts (Qp:Qs)

## Fallot Tetralogie (TOF)

- Definition: VSD, überreitende Aorta, rechts ventrikuläre Outflow tract (RVOT) Obstruktion (Hypoplasie bis Aplasie)
- Lungenröntgen bei Diagnose (Holzschuhherz)
- Bildgebung im Follow up der korrigierten TOF
  - Darstellung des operierten RVOT + ggf. Pulmonalstenose (CT+MRT)
  - Quantifizierung der Pulmonalinsuffizienz
  - Flussmessung in den Pulmonalarterien – präferentieller Lungenfluss?

## Persistierender Ductus Arteriosus

- Diagnostik im CT und MRT
- Shuntquantifikation (Qp:Qs)

## Aortenisthmusstenose

- Darstellung im CT und MRT

## Aortenbogenanomalien

- Doppelter Aortenbogen
- Unterbrochener Aortenbogen
- Arteria lusoria, Abgangsvarianten der supraaortalen Gefäße

## Transposition der großen Gefäße

- L-TGA und cc-TGA
  - Anatomie des Vitiums
  - Rolle der CT – Anatomische Darstellung
  - Rolle der MR – Erfassung der Ventrikelvolumina und der Ventrikelfunktion
- D-TGA:
  - Postoperative/postinterventionelle Anatomie des Vitiums und postoperative Kontrolle des Situs nach arterieller oder atrialer Switch OP sowie Rastelli Shunt bei kombinierter RVOT Obstruktion.

## **Herznahe Gefäße**

Quelle: Nikolaou/Kramer Kap: 7; Hergan/Sommer Seiten Kap.5

### **Anomalien der mediastinalen Gefäße:**

- Linker/rechter/doppelter Aortenbogen
- Pulmonary Sling

## **Aortenaneurysma**

### **Akutes Aortensyndrom**

- Aortendissektion
  - Ätiologie, Einteilung, Komplikationen
- Intramurales Hämatom
- Penetrierendes Aortenulcus

## **Vaskulitis der großen Gefäße**

- Subtypen, Diagnostik

## **Pulmonalgefäße**

- Pulmonalvenenfehlmündung
- Pulmonale AVM
- Pulmonalembolie: akute Pulmonalembolie, chronisch thrombembolisch pulmonale Hypertonie

# Radiologische Mammadiagnostik & Mammaintervention

## ❖ Einleitung

In Abstimmung mit dem *Training Curriculum for the Common Trunk* der Europäischen Gesellschaft für Radiologie (EAR) wurde das vorliegende Dokument als Leitlinie für die Ausbildung zum Facharzt für Radiologie in Österreich zum Thema Mammadiagnostik & Mammaintervention vom Arbeitskreis für Mammadiagnostik & Mammaintervention der Österreichischen Röntgengesellschaft (ÖRG) erarbeitet. Diese Leitlinien sollen einerseits gewährleisten, dass die in Ausbildung befindlichen KollegenInnen zu diesem Thema eine klare Vorstellung bekommen, was an Kenntnissen und Fertigkeiten erforderlich ist und zum anderen die ausbildenden KollegenInnen eine Struktur vorfinden an Hand derer sie das Wissen und die Fertigkeiten zu diesem Thema an ihre in Ausbildung stehenden KollegenInnen vermitteln können.

## ❖ Kernwissen und Fertigkeiten

### ◇ Anatomie und Physiologie

- Kenntnisse über den anatomischen Aufbau und zu Grunde liegende Mammahistologie
- Kenntnisse über die embryonale Entwicklung (Norma-I und Fehlentwicklung) der Mamma
- Kenntnisse über den Einfluss des Alters und der Hormone auf das physiologische Erscheinungsbild der Bruststrukturen
- Kenntnisse über das alters- und hormonabhängige physiologische Erscheinungsbild im Mammogramm, Mammasonogramm und in der Mamma-MRT
- Kenntnisse über das physiologische Erscheinungsbild in der Gravidität und während der Laktation

### ◇ Pathologie

- Kenntnisse benigner pathologischer Veränderungen der Drüsenläppchen
- Kenntnisse benigner pathologischer Veränderungen des Milchgangsystems
- Kenntnisse benigner Pathologien, die gleichzeitig Veränderungen an den Drüsenläppchen und an den Milchgängen bewirken
- Kenntnisse maligner pathologischer Veränderungen der Drüsenläppchen
- Kenntnisse maligner pathologischer Veränderungen des Milchgangsystems
- Kenntnisse maligner Pathologien, die gleichzeitig Veränderungen an den Drüsenläppchen und an den Milchgängen bewirken
- Kenntnisse benigner und maligner Pathologien, die außerhalb der Milchgänge und der Drüsenläppchen entstehen
- Kenntnisse benigner Pathologien während der Schwangerschaft und Laktationsperiode

- Grundkenntnisse über die Gynäkomastie
- ◇ **Methodik der Mammabildgebung**
  - Kenntnisse der Physik und Technik der analogen und digitalen Mammographie sowie der Qualitätsmerkmale eines Mammogramms
  - Kenntnisse der Physik und Technik der Mammasonographie sowie der Qualitätsmerkmale eines Mammasonogramms
  - Kenntnisse der Physik und Technik der Mamma-MRT sowie der Qualitätsmerkmale eines Mamma-MR-Tomogramms
- ◇ **Mammographie-Einstelltechnik**
  - Kenntnisse über die unterschiedlichen mammographischen Einstellmöglichkeiten unter Berücksichtigung der Standardeinstellungen, der Spezialeinstellungen der Stereotaxietechnik und Präparatradiographie
- ◇ **Indikationen und Kontraindikationen der bildgebenden Techniken**
  - Wann ist die Mammographie indiziert, wann kontraindiziert?  
Welche diagnostischen Aussagen sind von der Mammographie zu erwarten?  
Wo liegen die Grenzen?
  - Wann ist die Mammasonographie indiziert?  
Welche diagnostischen Aussagen sind von der Mammasonographie zu erwarten? Wo liegen die Grenzen?
  - Wann ist die Mamma-MRT indiziert, wann kontraindiziert?  
Welche diagnostischen Aussagen sind von der Mamma-MRT zu erwarten?  
Wo liegen die Grenzen?
  - Wann ist eine Galaktographie indiziert, wann kontraindiziert?  
Welche diagnostischen Aussagen sind von der Galaktographie zu erwarten?  
Wo liegen die Grenzen?
  - Basiskenntnisse über Indikationen und Kontraindikationen zur Mamma-Szintigraphie und den Pet-Scan der Mamma
- ◇ **BI-RADS**
  - Kenntnisse des BI-RADS Lexikon und der BI-RADS Terminologie
  - Kenntnisse der BI-RADS Klassifikation und der sich daraus ergebenden Konsequenzen
  - Kenntnisse und Fertigkeiten über eine strukturierte Befundabfassung unter Berücksichtigung des BI-RADSystem
- ◇ **Bildinterpretation**
  - Kenntnisse der Erscheinungsformen benigner und maligner Veränderungen im Mammogramm
  - Kenntnisse der Erscheinungsformen benigner und maligner Veränderungen im Mammasonogramm bei gleichzeitiger Fertigkeit eine Mamma- und Axillasonographie strukturiert durchzuführen zu können

- Kenntnisse der Erscheinungsformen benigner und maligner Veränderungen im Mamma-MRT
- ◇ **Mamma- und Axillapalpatation**
  - Kenntnisse und Fertigkeiten der Mamma- und Axillapalpatation bei physiologischen und pathologischen Befunden
- ◇ **Vorsorgeuntersuchung, diagnostische Abklärung, Staginguntersuchung**
  - Was charakterisiert eine Mammavorsorgeuntersuchung?
  - Was charakterisiert eine diagnostische Mammaabklärung? Wie sieht der diagnostische Algorithmus aus?
  - Was bedeutet Staginguntersuchung? Wie sieht ihr Algorithmus aus?
- ◇ **Indikationen und Kontraindikationen der interventionellen Techniken**
  - Wann ist eine stereotaktisch gezielte Mammaintervention indiziert, wann kontraindiziert?
  - Wann ist eine sonographisch gezielte Mammaintervention indiziert, wann kontraindiziert?
  - Wann ist eine MR gezielte Mammaintervention indiziert, wann kontraindiziert?
- ◇ **Ablauf interventioneller Techniken**
  - Kenntnisse über Technik und Ablauf stereotaktisch-, sonographisch- oder MRtomographisch gezielter präoperativer Drahtmarkierungen. Welche Komplikationen können auftreten? Was muss in einem Aufklärungsgespräch berücksichtigt werden?
  - Kenntnisse über Technik und Ablauf stereotaktisch-, sonographisch- oder MRtomographisch gezielter Feinnadelaspirationsbiopsien. Welche Komplikationen können auftreten? Was muss in einem Aufklärungsgespräch berücksichtigt werden?
  - Kenntnisse über Technik und Ablauf stereotaktisch-, sonographisch- oder MRtomographisch gezielter Stanznadelbiopsien. Welche Komplikationen können auftreten? Was muss in einem Aufklärungsgespräch berücksichtigt werden?
  - Kenntnisse über Technik und Ablauf stereotaktisch-, sonographisch- oder MR-tomographisch gezielter Vakuumbiopsien. Welche Komplikationen könnten auftreten? Was muss in einem Aufklärungsgespräch berücksichtigt werden?
  - Fertigkeiten in stereotaktisch .- und sonographisch gezielten Mammainterventionen
- ◇ **Bewertung der Biopsietechniken**
  - Wie hoch ist die Sensitivität der Feinnadelaspirationsbiopsie einzuschätzen?
  - Wie hoch ist die Sensitivität der 14G Stanznadelbiopsie einzuschätzen?
  - Wie hoch ist die Sensitivität der Vakuumbiopsie einzuschätzen?

- ◇ **Mamma CA Screening**
  - Kenntnisse über das Mamma CA Screening unter Berücksichtigung von Nutzen und Risiko ionisierender Strahlung bei normalem Risiko ein Mamma-CA zu entwickeln.
  - Kenntnisse über das Mamma CA Screening unter Berücksichtigung von Nutzen und Risiko ionisierender Strahlung bei erhöhtem Risiko ein Mamma-CA zu entwickeln,
  - Kenntnisse über das Mamma-CA Screening unter Berücksichtigung von Nutzen und Risiko ionisierender Strahlung bei hohem Risiko ein Mamma CA zu entwickeln
  
- ◇ **Kommunikation**
  - Verständnis der psychologischen Grundprinzipien, wie benigne Befunde und insbesondere Befunde mit einer malignen Erkrankung an die Patientin übermittelt werden sollen
  
- ◇ **Second reading**
  - Ein kritisches Verständnis dafür zu entwickeln, wann auf Grund der vorliegenden klinischen und bildgebenden Situation eine Zweitmeinung einzuholen, erforderlich ist.
  
- ◇ **Konferenzen**
  - Im Zuge der Ausbildung soll ein Verständnis für die Notwendigkeit interdisziplinärer Mammakonferenzen zur optimalen diagnostischen und therapeutischen Führung einer Patientin gewonnen werden.
  
- ◇ **Ausbildungsdauer**
  - Die Dauer für die Basisausbildung auf dem Gebiet Mammadiagnostik & Mammainter-vention darf im Zuge des Rotationsprinzips 3 Monate nicht unterschreiten.
  - Die Gesamtausbildungsdauer auf dem Gebiet Mammadiagnostik & Mammainter-vention sollte insgesamt 6 Monate erreichen
  
- ◇ **Umfang der eigenständig durchgeführten Untersuchungen und Befundungen während der dreimonatigen Basisausbildung**
  - 500 Mammographien mit mindestens 50 Mammakarzinomen müssen befundet werden
  - 250 Mammasonographien mit Mammalpalpation müssen durchgeführt und befundet werden (mindestens 25 Mammakarzinomfälle müssen in dieser Gruppe vorkommen)
  - 25 Mamma-MRT müssen ausgewertet und befundet werden (mindestens 10 Mammakarzinomfälle müssen in dieser Gruppe vorkommen)
  - 10 Mammainterventionen (stereotaktisch und sonographisch zusammengenommen) müssen durchgeführt werden. Der Schwerpunkt dieser

Interventionen liegt im Rahmen der Basisausbildung auf der präoperativen Drahtmarkierung

## **Abdominalradiologie**

### **❖ Einleitung**

Die Abdominalradiologie beinhaltet alle Aspekte der diagnostischen Bildgebung und interventionell-radiologische Verfahren bei Erkrankungen des Bauchraumes. Wichtig sind dabei Kenntnisse sowohl der Anatomie sowie auch der Physiologie der abdominalen Organe, aber auch klinisches Wissen hinsichtlich abdominaler Erkrankungen, da dies von großer Bedeutung für die optimale Auswahl der bildgebenden Verfahren und ihrer Befundung ist.

- ◇ Die Abdominalradiologie umfasst viele verschiedene bildgebende Verfahren, konventionelle Röntgenuntersuchungen einschließlich der Mono- und Doppelkontrast-Röntgenuntersuchungen, die Sonographie und die Computertomographie, die Magnetresonanztomographie sowie die Angiographie und interventionelle Verfahren (wobei die beiden letztgenannten im Lehrzielkatalog Angiographie und interventionelle Verfahren genauer abgehandelt werden).
- ◇ Die Abdominalradiologie beschäftigt sich insbesondere mit dem Gastrointestinaltrakt vom Ösophagus zum Anus, der Gallenblase und den Gallenwegen, den Parenchymorganen, dem Mesenterium und Peritoneum, sowie der Bauchwand und dem Beckenboden.

### **❖ Anatomie und Physiologie**

- ◇ Kenne die Anatomie von Pharynx und Ösophagus, Magen, Duodenum, Dünndarm, Appendix, Colorektum und Anus, Leber, Gallenblase und Gallenwegen, Pankreas, Milz, Mesenterium und Peritoneum, Bauchwand und Beckenboden.
- ◇ Kenne die Anatomie der arteriellen Gefäßversorgung und des venösen Abflusses des Gastrointestinaltrakts und der parenchymatösen Oberbauchorgane, einschließlich der wichtigsten Varianten und Anomalien sowie die Anatomie der Lymphabflussstationen der abdominalen Organe.

### **❖ Patienteninformation und Durchführung der Untersuchung**

- ◇ Gefordert ist die Fähigkeit, eine radiologische Untersuchung gemäß der klinischen Fragestellung bestmöglich zu planen und durchzuführen.
- ◇ Gefordert ist die Fähigkeit, PatientInnen die Indikation zur und den Ablauf der Untersuchung zu erklären sowie sie über die Risiken und mögliche Komplikationen aufzuklären.

- ◇ Gefordert ist die Fähigkeit, relevante bildgebende Befunde zu erkennen und präzise zu beschreiben sowie daraus entsprechende Schlussfolgerungen zu ziehen.
- ◇ Gefordert ist die Fähigkeit, bei offenen Fragen die richtigen Zusatzuntersuchungen zu empfehlen.

### ❖ **Untersuchungstechnik: Allgemeine Anforderungen**

- ◇ Kenne die Indikation und Kontraindikationen der verschiedenen bildgebenden Verfahren in der Abdominalradiologie.
- ◇ Gefordert sind das Wissen und die Fähigkeit, entsprechend einer bestimmten klinischen Fragestellung dem zuweisenden Arzt die am besten geeignete Untersuchung zu empfehlen.
- ◇ Gefordert ist die Fähigkeit, die Qualität einer Untersuchung hinsichtlich ihrer Aussagekraft kritisch zu bewerten.
- ◇ Gefordert sind Kenntnisse zur Strahlenbelastung der jeweiligen Untersuchung sowie auch das Wissen um die spezifischen Risiken und Komplikationen der jeweiligen Untersuchung.
- ◇ Kenntnisse über den Symptomenkomplex „akutes Abdomen“ inkl. Möglichkeiten der radiologischen Abklärung sowie Differentialdiagnosen.

### ❖ **Spezielle Untersuchungstechnik**

#### ◇ **Nativröntgen**

- Kenne die wichtigsten Indikationen für Nativröntgenuntersuchung
- Kenne die bildgebenden Befunde bei der Diagnose Pneumoperitoneum, mechanische Darmobstruktion und ihre Differentialdiagnosen (Pseudoobstruktion, toxisches Megacolon), Aerobilie, Detektion von Fremdkörpern sowie die Differentialdiagnose abdomineller Verkalkungen.

#### ◇ **Schluckakt, Ösophagusröntgen, Videocinematographie, Magen-Duodenum-Röntgen**

- Kenne die Indikation für ein Schluckröntgen oder ein Ösophagusröntgen, die Untersuchungstechnik und die bildgebende Dokumentation.
- Gefordert sind das Wissen um die Indikationen für eine Videokinematographie sowie basale Kenntnisse hinsichtlich der Durchführung einer Untersuchung und der Interpretation der bildgebenden Befunde sowie der Indikationen und Bedeutung ergänzender Untersuchungsmethoden.

#### ◇ **Irrigoskopie**

- Kenne die Untersuchungstechnik einer Monokontrast-Irrigoskopie mit jodhaltigem wasserlöslichen Kontrastmittel.
- Kenne die verschiedenen anatomischen Abschnitte von Colon und Rektum

und die normalen bildgebenden Befunde.

#### ◇ **Sonographie**

- Gefordert sind Kenntnisse und Fertigkeiten in der Durchführung einer sonographischen Untersuchung von Leber, Gallenblase und Gallenwegen, Pankreas, Milz und Gastrointestinaltrakt.
- Gefordert sind Kenntnisse und Fertigkeiten in der Durchführung einer Farbdopplersonographie und Duplexsonographie der Abdominalgefäße.
- Gefordert sind Kenntnisse der normalen bildgebenden Befunde der Farbdopplersonographie und Duplexsonographie der A. hepatica, A. mes. sup., der Pfortader und der Lebervenen sowie das Erkennen einer Stenose der A. hep., der A. mes. sup. und eines Verschlusses der Pfortader und der Lebervenen.
- Gefordert sind Kenntnisse und Fertigkeiten der Durchführung einer Kontrastmittelunterstützten Sonographie der Leber.
- Gefordert sind Kenntnisse und Fertigkeiten der Durchführung einer sonographischen Untersuchung des Gastrointestinaltraktes und die Identifizierung von Magen, Dünndarm, Appendix und Colon.
- Kenne die Indikationen für endosonographische Untersuchungen von Ösophagus, Magen, Pankreas sowie Anus und Rektum.

#### ◇ **Computertomographie**

- Gefordert sind Kenntnisse zur Indikation einer CT-Untersuchung des Abdomens sowie Kenntnisse, um das CT-Untersuchungsprotokoll an das zu untersuchende Organ und/oder die jeweilige klinische Fragestellung anzupassen und zu optimieren.
- Gefordert sind Kenntnisse der Indikation zur i.v. Kontrastmittelapplikation sowie zur Optimierung des Kontrastmittelprotokolls (Menge, Injektionsrate, Scan-Verzögerung) angepasst an das zu untersuchende Organ und/oder die jeweilige klinische Fragestellung.
- Gefordert sind Kenntnisse der verschiedenen Phasen (nativ, früharteriell, spätearteriell, venös, Spätphase) der Kontrastmitteluntersuchungen und ihrer Bedeutung bei verschiedenen klinischen Fragestellungen.
- Gefordert sind Kenntnisse der CTA des Abdomens inkl. Diagnostik einer Ischämie.
- Gefordert sind Kenntnisse und Fertigkeiten in der Durchführung und Interpretation eines CT-Enterographie.
- Gefordert sind Kenntnisse und Fertigkeiten in der Untersuchungstechnik einer CT-Colonographie sowie in der Interpretation der bildgebenden Befunde.

#### ◇ **Magnetresonanztomographie**

- Kenne die Indikationen für eine MRT-Untersuchung der Leber, der Gallenwege, des Pankreas und der Milz.
- Gefordert sind Kenntnisse der jeweiligen Untersuchungsprotokolle, angepasst an das zu untersuchende Organ und die jeweilige klinische Fragestellung.
- Gefordert sind Kenntnisse der relevanten Pharmakologie verschiedener Kontrastmittel für MRT-Untersuchungen der Leber: Nichtspezifische Gadoliniumchelate und leberspezifische (hepatobiliäre und reticuloendotheliale) Kontrastmittel.
- Gefordert sind Kenntnisse zur Indikation und klinischen Anwendung dieser verschiedenen Kontrastmittel sowie in den notwendigen Adaptationen der MRT-Untersuchungsprotokolle.
- Gefordert sind Kenntnisse zur Indikation und der Untersuchungsprotokolle bei MRT-Untersuchungen der Gallenwege, des Pankreas und der Milz sowie in der Interpretation der bildgebenden Befunde.
- Gefordert sind Kenntnisse und Fertigkeiten zur Indikation, in der Durchführung und Interpretation einer MRT-Enterographie.
- Gefordert sind Kenntnisse der Untersuchungsprotokolle für MRT-Untersuchungen von Rektum und Analsphinkter sowie Kenntnisse der Interpretation bildgebender Befunde.

#### ◇ **Gastrointestinaltrakt**

##### *Ösophagus*

- Gefordert sind Kenntnisse in der Identifizierung pathologischer Veränderungen des Schluckaktes in der Videokinematografie und ihrer Auswirkungen auf die Therapie. Aspiration und ihre Ursachen, Pharynxparesen, Membranstenosen (Webs) und Tumore sollen erkannt werden.
- Gefordert sind Kenntnisse und Fertigkeiten der Anwendung unterschiedlicher Kontrastmittel und Testboli bei Schluckstörungen (Brot, definierte Tabletten, etc.), um eine Dysphagie beurteilen zu können.
- Neoplasien der Speiseröhre, eine Kompression von außen, Divertikel, Fisteln, parösophageale und axiale Hiatushernien, benigne Strukturen, Oesophagusvarizen und verschiedene Formen der Ösophagitis sollen an Kontrastmitteluntersuchungen der Speiseröhre erkannt werden.
- Eine Motilitätsprüfung des Oesophagus mit Kontrastmittel soll durchgeführt werden können, wobei verschiedene Erscheinungsformen (Achalasie, Diffuser Spasmus, Sklerodermie) von Motilitätsstörungen der Speiseröhre zu kennen sind.
- Gefordert sind basale Kenntnisse chirurgischer Techniken an der Speiseröhre und Kenntnisse der postoperativen Röntgenanatomie der Speiseröhre.
- In der Computertomographie sollen ein Megaesophagus, Ösophagusdivertikel, Hiatushernien, Ösophagusvarizen, ein Pneumomediastinum und die Zeichen der Ösophagusperforation erkannt werden.

- Es müssen die morphologischen Veränderungen des Ösophaguskarzinoms in der Computertomographie gekannt werden, wobei insbesondere Kriterien der fehlenden Resezierbarkeit und Kriterien zur Diagnose von Lymphknotenmetastasen zu kennen sind.

### ***Magen und Zwölffingerdarm***

- Kenne die optimalen bildgebenden Methode und die Verwendung von Kontrastmitteln bei Verdacht auf Perforation des Magens und im postoperativen Verlauf. Die Limitationen der einzelnen Untersuchungsmethoden in der spezifischen Fragestellung Perforation sind zu wissen.
- Die morphologischen Veränderungen in der Computertomographie einer Reihe pathologischer Veränderungen sind zu kennen. Dazu gehören gutartige und maligne Neoplasien des Magens, inkl. infiltrativer Veränderungen wie Linitis plastica, das Magengeschwür sowie Änderungen der normalen Position und Lage des Magens, wie z.B. ein Volvulus.
- Kenntnis postoperative Veränderungen, insbesondere nach bariatrischen Operationen sowie basale Kenntnisse bariatrischer Operationstechniken.
- Gefordert sind Kenntnisse in der optimalen CT-Technik zur Untersuchung des Magens, entsprechend der klinischen Fragestellung.
- Gefordert sind Kenntnisse im Staging eines Magenkarzinoms und eines Magenlymphoms mit Hilfe von CT.
- Diagnostik des Duodenaldivertikels.
- Diagnostik eines GIST sowie gastrointestinale NET.

### ***Dünndarm***

- Der optimale Einsatz bildgebender Verfahren für folgende pathologischen Veränderungen ist zu kennen: Dünndarmobstruktion, entzündliche Veränderungen, neoplastische Veränderungen, Perforation und Ischämie, Dünndarmkarzinom, Lymphom und Karzinoid sowie postoperative Verlaufskontrollen. Die Limitationen der einzelnen bildgebenden Verfahren in den einzelnen Fragestellungen sind zu wissen.
- Folgende morphologische Veränderungen sind zu kennen: Adenokarzinom, Polypse, gastrointestinale Stromatumor, Lymphom, NET, M. Crohn, Meckel'sches Divertikel, Zöliakie, Divertikulose, chronische Pseudoobstruktion. posttraumatische Hämatome, M. Whipple, Strahlenenteritis, Malrotation, Meckel'sches Divertikel, Zöliakie, Divertikulose, chronische Pseudoobstruktion.
- Gefordert sind Kenntnisse und Fertigkeiten in der Durchführung einer Computertomographie und eines CT-Enteroklysmas des Dünndarms. Die morphologischen Veränderungen von Erkrankungen des Dünndarms müssen gekannt werden. Weiters ist das Erkennen einer Übergangszone bei Dünndarmobstruktion gefordert und der wesentlichen Ursachen in der CT, wozu insbesondere Adhäsionen, Strangulation, Tumore, Invagination, Volvulus, interne und externe Hernien gehören. Eine Notfallsituation mit sofortiger Information der Chirurgie im entsprechenden klinischen Umfeld ist

zu erkennen.

- Im CT erkannt werden müssen die Pneumatose und pathologische Veränderungen des mesenteriiellen Fettgewebes.
- Gefordert sind Kenntnisse und Fertigkeiten in der Durchführung sowie Beurteilung einer MRT-Enterographie des Dünndarms inkl. Diagnostik/Abklärung von Colitis ulcerosa/Morbus Crohn.

### ***Colon und Rektum***

- Der optimale Einsatz bildgebender Verfahren für folgende pathologische Veränderungen ist zu kennen: Obstruktion, Volvulus, Divertikulitis, gutartiger Tumor, entzündliche Darmerkrankung, colorektales Karzinom, Lymphom, NET, gastrointestinaler Stromatumor, Perforation, postoperative Abklärung. Die Limitationen der einzelnen bildgebenden Verfahren in den einzelnen Fragestellungen sind zu wissen.
- Rotationsanomalien des Colons sind anhand von Kontrastmitteluntersuchungen und in der CT zu erkennen.
- Die normale Appendix ist in der CT und Sonographie zu erkennen. Morphologische Veränderungen der Appendizitis und ihrer Differentialdiagnosen in CT und US müssen gekannt werden.
- Morphologische Veränderungen pathologischer Veränderungen in bildgebenden Verfahren (Tumor, Divertikulitis, IBD, Ischämie, Strahlencolitis) sind zu kennen.
- Megacolon, Divertikulose, Colitis, Fisteln, Karzinom, Polypen und postoperative Stenosen sind in einer Kontrastmitteluntersuchung des Dickdarms zu erkennen.
- Divertikulose, Divertikulitis, tumorbedingte Stenosen, ileocolische Invagination, Fisteln, paracolische Abszesse, Entzündung der epiploischen Appendix, freie Flüssigkeit im Abdomen, Pneumatose und ein Pneumoperitoneum sind in der CT zu erkennen.
- Die CT-Morphologie des colorectalen Karzinoms ist zu kennen. Gefordert sind Kenntnisse im TNM-Staging des colorectalen Karzinoms und seine prognostische Bedeutung.
- Gefordert sind Kenntnisse in der MRt im Staging und Nachsorge des Rectumkarzinoms.
- Gefordert sind Kenntnisse der Erkrankungen des Rektums und des Analkanals und der operativen therapeutischen Verfahren.
- Gefordert sind Kenntnisse und Fertigkeiten in der MRT-Diagnostik perianaler und pelviner Fisteln inkl. Klassifikation nach Parks.

### ***Peritoneum und Bauchwand***

- Gefordert sind Kenntnisse und Fertigkeiten in der Diagnose verschiedener externer Hernien (inguinal, umbilical, parastomal, postoperativ) und im Erkennen einer Inkarzeration in CT und Sonographie.
- Gefordert sind Kenntnisse und Fertigkeiten im Erkennen eines mesenteriiellen

Tumors und einer Zyste in der CT und MRT.

- Gefordert sind Kenntnisse und Fertigkeiten in der Beurteilung des normalen Peritoneums und seiner pathomorphologischen Veränderungen (Verdickung, Tumor, freie Flüssigkeit, etc.) in MRT, CT und Sonographie.
- Gefordert sind Kenntnisse und Fertigkeiten in der Diagnose folgender Erkrankungen in der CT und MRT: Peritonitis, peritoneale Karzinomatose, peritoneale Tuberkulose, Lymphom.

### **Leber**

- Gefordert sind Kenntnisse der relevanten anatomischen Strukturen und die Fähigkeit, diese auf Schnittbildern zu lokalisieren: Pfortader, Lebervenen, Vena cava inferior.
- Gefordert sind Kenntnisse der Lebersegmentanatomie nach Couinaud und die Fähigkeit, fokale Leberläsionen entsprechend den Segmenten richtig zuzuordnen.
- Gefordert sind Kenntnisse in der Differentialdiagnose zystischer Leberläsionen. (simple Leberzysten, peribiliäre Zysten (von Meyenburg'schen Komplexen) Echinococcuszysten und zystischen Metastasen.
- Gefordert ist das Erkennen von Leberabszessen (pyogen, Amöben) und Kenntnis von Therapieoptionen.
- Gefordert ist das Erkennen von Hämangiomen in US, CT und MRT bei typischen Läsionen und Riesenhämangiomen. Kenntnisse des Stellenwert von CT und MRT zur weiteren Abklärung nach US sind gefordert.
- Gefordert sind das Erkennen von Hämangiomen in US, CT und MRT bei typischen Läsionen und Riesenhämangiomen. Kenntnisse des Stellenwerts von CT und MRT zur weiteren Abklärung nach US sind gefordert.
- Gefordert sind das Erkennen einer typischen FHH in US, CT und MRT und ihre Differentialdiagnose und die Indikation zur Biopsie.
- Gefordert sind das Erkennen von Leberadenom.
- Gefordert ist das Erkennen in MRT, US und CT von diffuser Steatose, fokaler Non-Steatosen und fokaler Steatosen (Prinzip des MR Chemical-Shift-Imaging).
- Gefordert sind Kenntnisse in der Differentialdiagnose fetthältiger Leberläsionen.
- Gefordert ist das Erkennen des peripheren (intrahepatischen) Cholangiokarzinoms im CT und MRT.
- Gefordert sind Kenntnisse und Fertigkeiten hinsichtlich der perkutanen US- oder CT-gezielten Leberbiopsie und der wichtigsten Indikationen, Kontraindikationen und der möglichen Komplikationen.
- Gefordert sind Kenntnisse der Differentialdiagnose der wichtigsten Ursachen für Leberzirrhose sowie der bildgebenden Befunde bei Leberzirrhose: Lobäre Atrophie oder Hypertropie, konfluierende Fibrose, Umgehungskreisläufe bei portaler Hypertension.
- Gefordert sind Kenntnisse und Fertigkeiten in den bildgebenden Befunden bei

Regegeratknoten und HCC (inkl. basale Kenntnisse der LI-RADS Klassifikation) in US, CT und MRT sowie Kenntnis der verschiedenen Therapieoptionen: Resektion, Chemoembolisation, Ablation, Transplantation und der postinterventionellen Bildgebung.

- Gefordert ist das Erkennen von hypovaskularisierten und hypervaskularisierten Lebermetastasen in US, CT und MRT sowie Kenntnis des Stellenwertes der verschiedenen Methoden (Sensitivität, Spezifität) sowie Kenntnis der Indikation für eine perkutane Biopsie.
- Gefordert sind Kenntnisse und Fertigkeiten in der Diagnose diffuser Lebererkrankungen in MRT und CT (d Hämochromatose, Steatose, Budd-Chiari-Syndrom, kongestive Hepatopathie).

### ***Gallenblase und Gallenwege***

- Kenntnis der bildgebenden Befunde bei akuter Cholezystitis in US, CT und MRT, einschließlich seltener Formen wie emphysematöse und akalkulöse Cholezystitis.
- Kenntnis über die Adenomyomatose der Gallenblase sowie über die Diagnostik und Abklärung von Polypen der Gallenblase.
- Kenntnis der Differentialdiagnose der Gallenblasenverdickungen im US
- Kenntnis der Wertigkeit der verschiedenen bildgebenden Verfahren für die Detektion von Gallenblasen- und Gallenwegskonkrementen
- Bildgebende Befunde des Gallenblasenkarzinoms im US, CT und MRT; Differentialdiagnose Gallenblasenkarzinom oder Cholezystitis
- Bildgebende Befunde beim Cholangiokarzinom am Leberhilus (Klatskin-Tumor); Kenntnis des Tumorstagings hinsichtlich der verschiedenen Therapieoptionen (Resektion, Paliation)
- Bildgebende Befunde stenosierender Veränderungen an der Papille; Differentialdiagnose Papillenkarzinom oder Papillensklerose
- Bildgebende Befunde bei der sklerosierenden Cholangitis (dominante Stenose) in der MRCP, Kenntnisse der verschiedenen Wertigkeiten von MRCP und ERCP bei der Diagnose und mögliche Komplikationen.
- Kenntnis der wichtigsten chirurgischen Verfahren am Gallengang und der möglichen Komplikationen (Leak, Stenose, Konkremente).

### ***Pankreas***

- Kenntnis der kongenitalen Anomalien: Pankreas anulare und Pankreas divisum
- Bildgebende Befunde bei ödematöser und nekrotisierender Pankreatitis sowie Komplikation der akuten Pankreatitis (Abszess, Fistel, Pseudoaneurysma, Milzvenenthrombose, WON) einschließlich des CT-Gradings (Revised Atlanta Klassifikation)
- Bildgebende Befunde bei chronischer Pankreatitis im Nativ-Röntgen, im US, CT, MRT/MRCP
- Bildgebende Befunde bei Pseudozysten sowie Kenntnis der Therapieoptionen

- (Follow-up, perkutan-interventionell, endoskopisch-interventionell, chirurgisch)
- Bildgebende Befunde des Adenokarzinoms im US, CT und MRT, Tumorstaging hinsichtlich Resektabilität.
  - Kenntnis der Differentialdiagnose Adenokarzinom versus entzündlicher Pseudotumor
  - Bildgebende Befunde NET des Pankreas
  - Bildgebende Befunde zystischer Pankreasläsionen und ihre Differentialdiagnose: Pseudozyste, seröses Zystadenom, muzinöses Zystadenom/Zystadenokarzinom, IPMT und seltene zystische Tumore
  - Kenntnis der wichtigsten chirurgischen Verfahren (Whipple) und bildgebende Befunde bei postoperativen Komplikationen

### ***Milz***

Diagnose einer Splenomegalie und Kenntnis ihrer Ursachen sowie Erkennen einer Nebmilz (v.a. intrapankreatisch)

- Bildgebende Befunde Hämangiom und Zyste der Milz und ihrer Differentialdiagnosen

# Muskuloskelettale Radiologie

## ❖ Einleitung

Die Muskuloskelettale Bildgebung schließt alle Aspekte der medizinischen Bildgebung ein. Insbesondere schließt die Anatomie, Funktion, Krankheit und jene Teile der interventionellen Radiologie und minimalen invasiven Therapie ein soweit sie das muskuloskelettale System betrifft. Das betrifft daher die Bildgebung in Orthopädie, Trauma, Rheumatologie, metabolische und endokrine Erkrankungen aber auch Aspekte der pädiatrischen und onkologischen Radiologie. Die Bildgebung der Wirbelsäule betrifft sowohl den muskuloskelettalen als auch den neuroradiologischen Bereich.

## ❖ Basiswissen

Der Begriff „Basiswissen.“ wie er in diesem Dokument verwendet wird, ist jenes Wissen, das ein kompetenter Radiologe nach seiner Ausbildung haben muss. Es stellt daher einen essentiellen Bestandteil der Ausbildung dar. Im Bereich des muskuloskelettalen System umfasst es somit Anatomie, radiologische Technik, sowie

- grundlegendes klinisches Wissen (Innere Medizin, Chirurgie, Pathologie und Pathophysiologie, soweit es das muskuloskelettale System betrifft)
- Wissen um „*good clinical practice*.“
- Wissen um die Indikationen, Kontraindikationen sowie potentielle Gefahren (insbesondere ionisierender Strahlung und MR) im Bereich des muskuloskelettalen System zum Einsatz gelangender Verfahren und Techniken, und
- Wissen um und Management von Komplikationen.
- Kenntnis der muskuloskelettalen Anatomie soweit sie für die klinische Diagnose relevant ist.
- Kenntnis der normalen Varianten soweit sie Krankheiten imitieren können.
- Kenntnis der muskuloskelettale Erkrankungen und Trauma soweit sie in konv. Radiologie, CT, MRT, Arthrographie, nuklearmedizinisch sowie sonographisch nachweisbar sind.
- Kenntnis der Differentialdiagnosen.

## ❖ Erstes Ausbildungsjahr

Für die meisten Auszubildenden ist das erste Ausbildungsjahr auch die erste Möglichkeit, sich radiologische Fähigkeiten anzueignen. Am Ende des ersten Ausbildungsjahres sind die Grundlagen der Radiologie, namentlich Anatomie, Physik und radiologische Technik abgedeckt. Dazu wird Basiswissen über die, für die Bildgebung des muskuloskelettalen Systems relevante, regionale Anatomie sowie die technischen Aspekte der basalen radiologischen Prozeduren erworben.

Die Auszubildenden sollten mit den unten angeführten Techniken und deren Anwendung auf das muskuloskeletalen System vertraut werden. Die unter Basiswissen/-fähigkeiten angeführten Techniken werden unter Aufsicht eines anerkannten Ausbildner erlernt und ausgeführt. Von den optionalen Techniken sollten so viele wie möglich überblicksmäßig erlernt werden. Diese optionalen Techniken werden Lernziele des Basiswissen/-fähigkeiten im zweiten bis vierten Ausbildungsjahr.

◇ **Basiswissen/-fähigkeiten**

- Konventionelle Radiologie
- Computertomographie (CT)
- Magnetresonanztomographie (MRT)

◇ **Optional**

- Ultraschall (US)
- Arthrographie
- Angiographie
- Nuklearmedizin

❖ **Zweites bis viertes Ausbildungsjahr**

Während des zweiten, dritten und vierten Ausbildungsjahres sollten die Auszubildenden eine strukturierte Ausbildung in allen Subspezialitäten der klinischen Radiologie erhalten. Dies kann in einer modularen Form erfolgen, mit entsprechenden Erweiterungen um organsystembasierte, technikbasierte, krankheitsbasierte oder altersbasierte Subspezialitäten. Alternativ kann die Ausbildung, abhängig vom Ausbildungsprogramm und der klinischen Verfügbarkeit, in einer mehr generalisierten Form erfolgen, mit Ausbildung in zwei oder mehr Organsystemen zu jedem gegebenen Zeitpunkt. Welche Form auch immer gewählt wird, sollte der muskuloskeletale Teil des zweiten bis vierten Ausbildungsjahres annähernd 17 Wochen dauern. Dabei sollte beachtet werden, dass muskuloskeletale Bildgebung Teil der pädiatrischen und Notfall-Radiologie und in einem geringeren Ausmaß Teil der onkologischen Radiologie ist.

◇ **Basiswissen**

- In der klinischen Praxis relevante muskuloskeletale Anatomie
- Manifestationen muskuloskelettaler Erkrankungen und Traumata und ihr Erscheinungsbild in
  - Konventioneller Radiologie
  - CT
  - MRT
  - Arthrographie
  - Nuklearmedizin und
  - US.
- Relevante Differentialdiagnosen entsprechend dem klinischen und radiologischen Erscheinungsbild einer Erkrankung bzw. Trauma des

## muskuloskelettalen System

### ◇ **Basisfähigkeiten**

- Überwachung und Befundung konventioneller radiologischer Untersuchungen welche relevant sind für die Diagnose von Erkrankungen des muskuloskelettalen System inklusive Trauma
- Überwachung und Befundung von CT-Untersuchungen des muskuloskelettalen System inklusive Trauma
- Überwachung und Befundung von MRT-Untersuchungen des muskuloskelettalen System inklusive Trauma
- Überwachung und Befundung von CT- und MRT-Untersuchungen von Traumapatienten inklusive Akutbefundung
- Patientenkommunikation und relevante (Vor-)Befunderhebung
- Verwendung aller verfügbarer Daten (Klinik, Labor, Bildgebung) um eine präzise Diagnose oder Differentialdiagnose zu erstellen

### ◇ **Basiserfahrung**

- Erfahrung in relevanten Kontrastmitteluntersuchungen (z.B. Arthrographie)

### ◇ **Optional**

- Befundung nuklearmedizinischer Untersuchungen des muskuloskelettalen System, insbesondere Skelettszintigraphie, PET und PET-CT
- Bewusstsein über die Rolle, und wo durchführbar, Assistenz bei Diskographien, Facettengelenksarthrographien und Vertebroplastie
- Assistenz bei bildgebungsgeführten Knochenbiopsien und Drainagen im Bereich des muskuloskelettalen System
- Interpretation Densitometrie
- Vertrautheit mit den Anwendungsmöglichkeiten der Angiographie im Bereich des muskuloskelettalen System

## ❖ **Lehr- und Lernziele**

### ◇ **Trauma**

#### *Frakturen und Luxationen*

- Fraktur- und Luxationstypen, Klassifikationssysteme
- Erscheinungsbild im reifen Skelett
- Erscheinungsbild im unreifen Skelett - inklusive normale Skelettreifung
- Gelenke (chondral und osteochondral) .– inklusive Osteochondrosis dissecans
- Heilung und Komplikationen
  - o Verzögerte/fehlende Heilung
  - o Avaskuläre Nekrose
  - o Sympathische Reflexdystrophie

- o Myositis ossificans
- Stressfrakturen (Ermüdungs- und Insuffizienzfrakturen)
- Avulsionsfrakturen
- Pathologische Frakturen
- Nicht unfallbedingte Verletzungen

### ***Spezielle Verletzungen der Knochen und Gelenke***

- Schädel- und Gesichtsschädelfrakturen
- Wirbelsäulenfrakturen – inklusive Spondylolyse
- Schultergürtel
  - o Sternoclavicular- und Acromioclavicularluxationen
  - o Claviculafrakturen
  - o Scapulafrakturen
  - o Schulterluxation, Instabilität
- Obere Extremität
  - o Humerusfrakturen
  - o Ellbogenfrakturen, -luxation
  - o Frakturen und Luxationen des proximalen und distalen Unterarms
  - o Handgelenksfrakturen, -luxationen
  - o Handfrakturen, -luxationen
- Frakturen und Luxationen des Beckens – inklusive begleitende Weichteilverletzungen
- Untere Extremität
  - o Hüftfrakturen, -luxationen
  - o Oberschenkelfrakturen
  - o Unterschenkelfrakturen – inklusive Sprunggelenk
  - o Rückfußfrakturen
  - o Tarsometatarsalfrakturen, -luxationen
  - o Vorfußfrakturen, -luxationen

### ***Weichteile***

- Schulter
  - o Rotatorenmanschette, Labrum glenoidale, Bizepssehne
- Handgelenk
  - o Discus triangularis Komplex
- Knie
  - o Menisci, Kreuzbänder, Seitenbandapparat, Knorpel
- Knöchel
  - o Sehnen und Bänder

### **◇ Infektionen**

- Akute, subakute und chronische Osteomyelitis
  - o Wirbelsäule
  - o Übriges Skelett

- Posttraumatische Osteomyelitis
- Tuberkulose
  - o Wirbelsäule
  - o Übriges Skelett
- Seltene Infektionen (z.B. Lepra, Brucellose – Hauptmanifestationen)
- Weltweit häufigere Parasitosen (z.B. Echinococcus)
- Weichteilinfektionen
- HIV-Assoziierte Infektionen

#### ◇ **Tumore und tumorartige Läsionen**

##### ***Knochen***

- Grundlagen der Tumorcharakterisierung (z.B. Erscheinungsbild bei unterschiedlichen Modalitäten) und des Tumorstaging
- Knochenbildende Läsionen
  - o Osteome und Knocheninseln
  - o Osteoid osteom und Osteoblastom
  - o Osteosarkom
- Knorpelbildende Läsionen
  - o Osteochondrom
  - o Enchondrom
  - o Chondroblastom
  - o Chondromyxoid-Fibrom
  - o Chondrosarkom (zentral und peripher)
- Fibröse Läsionen
  - o Fibröser kortikaler Defekt/nichtossifizierendes Fibrom
  - o Fibröse Dysplasie
  - o Fibrosarkom/Malignes fibröses Histiozytom
- Hämatopoetische und retikuloendotheliale Läsionen
  - o Riesenzelltumor
  - o Langerhans-Zell-Histiozytose
  - o Ewing Sarkom, Lymphom, Leukämie
  - o Myelom, Plasmozytom
- Tumorartige Läsionen
  - o Simple Knochenzyste
  - o Aneurysmatische Knochenzyste
- Metastasen
- Andere
  - o Chordom
  - o Adamantinom

##### ***Weichteile***

- Fettgewebe
  - o Lipom

- o Liposarkom
  - Nervengewebe
    - o Neurofibrom
    - o Schwannom
  - Gefäße
    - o Hämangiom
  - Weichteilsarkome
- ◇ **Hämatologische Erkrankungen**
- Hämoglobinopathien
    - o Sichelzellenanämie
    - o Thalassämien
  - Myelofibrose
- ◇ **Metabolische, endokrinologische und toxischbedingte Erkrankungen**
- Rachitis und Osteomalazie
  - Primärer und sekundärer Hyperparathyroidismus - inklusive chronisches Nierenversagen
  - Osteoporose – inklusive Basiswissen Densitometrie
  - Fluorose
- ◇ **Gelenke**
- Degenerative Veränderungen
    - o Wirbelsäule – inklusive Bandscheiben und Facettengelenke
    - o Periphere Gelenke
  - Entzündliche Veränderungen
    - o Rheumatoide Arthritis
    - o Juvenile rheumatoide Arthritis
    - o Spondylitis ankylosans
    - o Psoriasisarthritis
    - o Enteropathische Arthropathien
    - o Infektiös (Pyogen und Tuberkulose)
  - Kristallarthropathien
    - o Phyrophosphatarthropathie
    - o Hydroxilapatidkristall-Ablagerungskrankheit
    - o Gicht
  - Tumorartige Läsionen
    - o Ganglion
    - o Synovialchondromatose
    - o Pigmentierte villonoduläre Synovitis
  - Neuroarthropathien
    - o Diabetischer Fuß
    - o Charcot-Gelenk
    - o Pseudo-Charcot (Steroidinduziert)

- Komplikationen des prothetischen Gelenksersatz (Hüfte und Knie)
- ◇ **Angeborene und entwicklungsbedingte Veränderungen, Pädiatrie**
  - Wirbelsäule
    - Skoliose (kongenital und idiopathisch)
    - Klippel-Feil Syndrom
    - Dysraphien
  - Schulter
    - Sprengel-Deformität
  - Hand und Handgelenk
    - Madelung-Deformität
  - Hüfte
    - Angeborene Dysplasie
    - Coxitis fugax
    - M. Perthes
    - Epiphysiolyse des proximalen Femurs
  - Dysplasien
    - Multiple epiphysäre Dysplasie
    - Achondroplasie
    - Osteogenesis imperfecta
    - Sklerosen (Osteopetrose, Melorheostose, Osteopoikilose)
    - Tumorartig (Multiple kongenitale Exostosen und Enchondromatose Ollier)
    - Neurofibromatosen
- ◇ **Verschiedenes**
  - Paget-Krankheit
  - Sarkoidose
  - Hypertrophe Osteoarthropathie
  - Transistorische Osteoporose
  - Osteonekrose
  - Knocheninfarkt
  - Charakterisierung von Weichteilverkalkungen/-ossifikationen

## **Angiographie & Interventionelle Radiologie**

### **❖ Einleitung**

Die Interventionelle Radiologie beinhaltet die Aspekte der Anatomie, Physiologie und Pathophysiologie aller Organsysteme des Körpers sowie des Achsen- und Stammskeletts.

Sie befasst sich mit den diagnostischen Verfahren zur Diagnosesicherung und therapeutischen Techniken zur Behandlung verschiedenster Krankheitsbilder. Wesentlich erscheint auch ein Basiswissen an Materialkunde und die Kenntnis

alternativer Behandlungsverfahren.

Ziel ist das Wissen um die Möglichkeiten interventioneller Verfahren, deren Indikation und Anwendung, die Komplikationsraten und das Patientenmanagement.

## ❖ **Anatomie & Physiologie**

### ◇ **Topographische und funktionelle Anatomie**

Nachzuweisen sind:

Kenntnisse der relevanten anatomischen Strukturen, ihre Beziehungen zueinander in den einzelnen Untersuchungsmethoden (konventionelles Röntgen, Ultraschall, CT, MRT, Angiographie).

- Weichteile und Skelettelemente
- Lage, Verlauf und Form der Gefäße, Gallenwege, Harnwege
- Topographie der Organe inklusive Umschlagfalten der Aufhängeapparate
- Relevante Kollaterale und Anastomosen
- Kenntnisse der funktionellen Verhältnisse bei Dilatation/Okklusion

### ◇ **Physiologie**

- Basisbegriffe der normalen Funktion
- Blutversorgung, venöser Abstrom
- relevante Druckverhältnisse
- arteriell, venös, Gallenwege, Harnwege, Körperhöhlen, etc.

## ❖ **Methoden, Technik & Ergebnisse**

Kenntnisse (und Fertigkeiten) über Ablauf und Durchführung aller angeführten Methoden sind nachzuweisen.

### ◇ **Diagnostische Techniken**

#### *Invasive, bildgebende Verfahren*

- Angiogramme
  - Indikationen
  - Technik
    - Zugangswege
    - Punktionstechniken
  - Materialkunde
    - Katheter
    - Führungsdrähte
    - Schleusensysteme
  - Organsysteme
    - Periphere Angiographien
    - Viszeralarterien
    - Zerebrale Angiographien

- Kontrastmittel
  - Injektionsart
    - o Menge, Flußrate
- Pharmakoangiographien
- Komplikationen
  
- Venogramme
  - Indikationen
  - Technik
    - Zugangswege
    - Punktionstechniken
  - Materialkunde
  - Organsysteme
    - Periphere Phlebographien
    - Zentrale Phlebographien
    - Organsysteme
      - o Pulmonalisangiographie
    - Venensampling, Stimulaionstests
      - o Sinus Petrosus
      - o Nebenschilddrüsen
      - o Nebennieren
      - o Bauchspeicheldrüse
      - o Lebervenen
  - Kontrastmittel
  - Komplikationen
- Cholangiogramme
  - Indikationen
  - Technik
    - ☐ perkutan
    - ☐ intravenös
  - Kontrastmittel
  - Komplikationen
- Urogramme
  - Indikationen
  - Technik
  - Kontrastmittel
- Lymphangiogramme
  - Indikationen
  - Technik

***Punktionsdiagnostik (siehe unten):***

- Hals
- Mediastinum
- Thorax

- Leber
- Pankreas
- Niere
- Nebenniere
- Retroperitoneum
- Becken
- Extremitäten
- Achsenskelett

#### ◇ **Therapeutische Verfahren:**

##### **Arterien**

##### *perkutane transluminale Angioplastie (PTA) / rekanalisierende Verfahren*

- **Ballonangioplastie**
  - Materialkunde
    - over the wire
    - rapid exchange/monorail
    - Führungskatheter/Schleuse
- **Stent unterstützte Angioplastie**
  - Materialkunde
    - Ballon expandierbar
    - Selbstexpandierend
    - Metalleigenschaften
- **Alternative Verfahren**
  - intraluminale Radiatio
  - cutting balloon
  - Cryoplasty
  - Atherektomie
  - Subintimale Rekanalisation
  - Laser
  - Technik/Zugangswege:
    - Retrograde Punktion
    - Antegrade Punktion
    - Cross-over-Verfahren
    - Transbrachialer, -axillärer, -radialer Zugang
    - Seldinger Technik
    - Führungskatheter
  - Medikation
  - Ergebnisse
  - Komplikationen

## ***Fibrinolyse***

### ➤ **Periphere arterielle Fibrinolyse**

- Indikationen-klinische Symptome
- Technik
- Medikamente
  - Actilyse
  - Urokinase
  - GbIIa/IIIb-Inhibitoren
- Ergebnisse
- Komplikationen

### ➤ **Perkutane Thrombektomie**

- Indikationen-klinische Symptome
- Technik
  - Mechanische Systeme
  - Manuelle Systeme
- Ergebnisse
- Komplikationen

## ***Supraaortale Äste:***

### ➤ **A. subclavia, Truncus brachiocephalicus**

- Indikation - klinische Symptome
  - Subclavian Steal Syndrom (SSS)
  - Claudicatio
  - Vertebro-basiläre Insuffizienz
  - Thoracic-outlet-syndrom
- Stenose
  - Technik
- Verschuß
  - Technik
- Ergebnisse
- Komplikationen

### ➤ **A. carotis communis**

- Indikation – klinische Symptome
- Technik
  - Abgangsstenose
  - Bifurkationsstenose
- Ergebnisse
- Komplikationen

### ➤ **A. carotis interna (extrakraniell)**

- Indikation – klinische Symptome
  - Symptomatisch vs. asymptomatisch

- Therapiemöglichkeiten
- Techniken
  - Protektionssysteme
- Komplikationen
- Ergebnisse
  
- **A. carotis interna (intrakraniell)**
  - siehe Neuroradiologie
  
- **A. vertebralis (extrakraniell)**
  - Indikation – klinische Symptome
    - Vertebro-basiläre Insuffizienz
    - Extra-/intrakranielle Stenose
  - Techniken
  - Ergebnisse
  - Komplikationen
  
- **A. vertebralis (intrakraniell)**
  - Siehe Neuroradiologie
  
- **axillaris, A. brachialis, A. radialis**
  - Indikation – klinische Symptome
    - Shunt-Anastomosen-Stenosen
  - Technik
  - Ergebnisse
  - Komplikationen

### ***Beckenarterien***

- Indikation – klinische Stadien (Fontaine, Rutherford, TASC)
- Techniken
  - Stenose, Verschuß
  - Antegrad, retrograd, cross-over, transbrachial, kissing-Verfahren
  - PTA vs. Stent
- Ergebnisse
- Komplikationen

### ***Beinarterien***

- Indikation – klinische Stadien
- Techniken
  - Antegrad, cross-over
  - Subintimal
  - Stenose.– Verschluss
  - PTA vs. Stent, Stentgraft
- AFS, A.poplitea, US-Arterien
- Ergebnisse

- Komplikationen

### *Nierenarterien*

- Indikation – klinische Symptome
  - Hypertonie
  - eingeschränkte NF
  - Organerhalt
  - Fibromuskuläre Dysplasie
- Techniken
  - PTA vs. Stent
  - Ostiale Stenosen
- Ergebnisse
- Komplikationen

### *Truncus coeliacus*

- Indikation - klinische Symptome
  - Arteriosklerotische Stenose, Lig. arcuatum
  - Kollateralkreislauf
- Techniken
  - Transbrachial, - femoral
- Ergebnisse
- Komplikationen

### ➤ **mesenterica superior**

- Indikation – klinische Symptome
  - Angina abdominalis
  - ASKL, Dissektion
  - Non-occlusive disease
  - Riolan´sche Anastomose
- Techniken
  - Transbrachial, -femoral
- Ergebnisse
- Komplikationen

### □ **mesenterica inferior**

- Indikation – klinische Symptome
- Technik
- Ergebnisse
- Komplikationen

### *Aorta*

- Indikation .– klinische Symptome

- Aortenisthmus-Stenose
- Infrarenale Aortenstenose
- Bifurkationsstenose
- Techniken
  - Großlumige Ballons
  - Doppel-Ballon-Technik
  - Stent
  - Stentgraft
- Ergebnisse
- Komplikationen

## ***Venen***

### ➤ **Zugangswege**

- Antegrade Punktion
- Retrograde Punktion
- Transcubitaler, -axillärer, -subclaviärer Zugang
- Transjugulärer Zugang
- Transfemoraler Zugang
- Seldinger Technik

### ➤ **Hämodialyse-Shunts:**

- Indikation - klinische Symptome
- Cimino-Brescia-Shunt
- Prothesen
- Zentrale Venen
- Techniken
- Komplikationen

### ➤ **Vena cava superior/inferior**

- Indikation – klinische Symptome
  - Obere/untere Einflußstauung
- Kollateralkreislauf
- Techniken
  - Stent-PTA
- Ergebnisse
- Komplikationen

### ➤ **Becken- und Beinvenen**

- Indikation – klinische Symptome
- Tiefe Becken- und Beinvenenthrombose
- Chronische Okklusion
- Beckensporn
- Techniken
  - PTA
  - Lokale Lysetherapie

- Ergebnisse
- Komplikationen

#### ➤ **Lebervenen**

- Indikation – klinische Symptome
  - Budd-Chiari
  - Venous occlusive disease (VOD)
  - Anastomosenstenosen (LTx)
- Techniken
- Ergebnisse
- Komplikationen

#### *Pfortader*

- Indikation – klinische Symptome
  - Porto-systemischer Druckgradient
  - Anatomie extra-/intrahepatisch
  - Zugangswege
  - Portale Hypertension
  - Varizen, spontane Shunts
  - Thrombose
  - Akut, chronisch
  - Stenose
  - Tumor
  - postentzündlich
  - LTx

#### ➤ **TIPS**

- Indikationen – klinische Symptome
  - Varizenblutung
  - Aszites
  - Seltene Indikationen
- Techniken
- Ergebnisse
- Komplikationen

#### *Venöse Interventionen*

#### ➤ **TIPS** (siehe oben)

#### ➤ **Varizenbehandlung**

- Indikationen - klinische Symptome
  - Körperstamm
  - Varicocele
  - Mann/Frau

- Gastrointestinale Varizen
- TIPS
- Perkutan, transhepatisch
- V. umbilicalis
- Techniken
  - Embolisation
  - Sklerosierung
  - LASER (Körperstamm)
- Ergebnisse
- Komplikationen

➤ **Perkutane Anlage von venösen Langzeitkathetern**

- Indikationen - klinische Symptome
- Techniken
- Ergebnisse
- Komplikationen

➤ **Vene-cava-Filter**

- Indikationen - klinische Symptome
- Filter-Typen
- Techniken
  - Zugangswege
- Ergebnisse
- Komplikationen

***Endovaskuläre Therapie von Aortenaneurysmen***

- Indikationen - klinische Symptome
- Diagnostische Abklärung
- Stent-Grafts
- Techniken
  - Infrarenales Aortenaneurysma
  - Thorakales Aortenaneurysma
- Ergebnisse
  - Re-Interventionen
- Komplikationen
- Strukturelle Voraussetzungen

***Endovaskuläre Therapie von peripheren Aneurysmen***

- Indikationen - klinische Symptome
- Diagnostische Abklärung
- Techniken
  - Stent-grafts
  - Embolisation
- Ergebnisse

- Komplikationen

### ***Interventionen am GI-Trakt***

#### **➤ Ösophagus**

- Indikationen - klinische Symptome
- Techniken
  - Stent-Typen
  - Dilatation
- Material
- Ergebnisse
- Komplikationen

#### **➤ Gastrointestinal-Trakt**

- Indikationen - klinische Symptome
- Techniken
  - Stents
  - Dilatation
- Material
- Ergebnisse
- Komplikationen

#### **➤ Perkutane Gastrostomie**

- Indikationen - klinische Symptome
- Technik
- Ergebnisse
- Komplikationen

### ***Tracheo-Bronchial-System***

- Indikationen - klinische Symptome
- Techniken
  - Stent-Typen
  - Metall
  - Stentgrafts
  - Plastik
- Ergebnisse

### ***Wirbelsäule***

#### **➤ Vertebroplastie-Kyphoplastie**

- Indikationen - klinische Symptome
- Techniken
  - CT, DL
- Material
- Ergebnisse
- Komplikationen

➤ **Perkutane Bandscheibenbehandlung**

- Indikationen - klinische Symptome
- Techniken
- Ergebnisse

➤ **Perkutane Schmerzbehandlung**

- Indikationen - klinische Symptome
- Techniken
  - Nervenwurzelblockaden
  - Facettenblockade
- Ergebnisse
- Komplikationen

**Schmerztherapie**

- Indikationen-klinische Symptome
- Techniken
  - Perkutane Neurolyse des Truncus coeliacus
  - Perkutane Neurolyse des Sympaticus
- Ergebnisse
- Komplikationen

*Perkutane Embolisation – okklusive Verfahren*

➤ **Materialkunde**

- Embolisationsmaterialien
  - Spiralen
  - Flüssige Embolisate
  - Korpuskuläre Embolisate
  - Alkohol
  - Sklerosierungsmittel
  - Verschlusfebene
  - temporäre vs. permanente Okklusion
- Katheter/Mikrokatheter
  - Führungskatheter
  - Ballonkatheter

➤ **Kopf-Hals**

- Indikationen – klinische Symptome
  - Hämangiome & vaskuläre Malformationen
  - Paragangliome (siehe Neuroradiologie)
  - Epistaxis
  - Traumatische Gefäßläsionen
- Techniken
  - Perkutan

- Endoluminal
- Ergebnisse
- Komplikationen

#### ➤ **Lunge & Thorax**

- Indikationen – klinische Symptome
- Pulmonalarterien
  - AV-Malformationen
  - Traumatische Gefäßläsionen
  - Bronchialarterien
  - Hämoptysen
- Interkostalarterien & Thoraxwandarterien
  - Traumatische Gefäßläsionen
  - AV-Malformationen
  - Tumor-Embolisation
- Techniken
- Ergebnisse
- Komplikationen

#### ➤ **Niere**

- Indikationen – klinische Symptome
  - Aneurysmen
  - AV-Fisteln/Malformationen
  - Traumatische Gefäßläsionen
  - Tumore
- Techniken
- Ergebnisse
- Komplikationen

#### ➤ **Leber**

- Indikationen (arteriell)
  - Aneurysmen
  - AF-Malformationen/Fisteln
  - Posttraumatische Gefäßläsionen
  - Tumoremobilisation
  - Chemo-Embolisation
- Indikationen (portalvenös)
  - Perkutane, präoperative Pfortader-Embolisation
  - Transhepatische Varizenembolisation
- Techniken
- Ergebnisse
- Komplikationen

➤ **Milz**

- Indikationen – klinische Symptome
  - Aneurysmen
  - Hypersplenismus
  - Traumatische Gefäßläsionen
  - Postentzündliche Gefäßläsionen
- Technik
- Ergebnisse
- Komplikationen

➤ **Gastrointestinaltrakt**

- Indikationen – klinische Symptome
  - Obere und untere gastrointestinale Blutung
  - Aneurysmen
  - Postentzündliche Gefäßläsionen
  - Varizen
- Technik
- Ergebnisse
- Komplikationen

➤ **Becken**

- Indikationen – klinische Symptome
  - Traumatische Gefäßläsionen
  - Aneurysmen (A. iliaca int.)
  - AV-Malformationen/Fisteln
  - Uterusmyom-Embolisation
  - Varikozelen
  - Tumorblutung
- Technik
- Ergebnisse
- Komplikationen

➤ **Achsenskelett & Extremitäten**

- Indikationen – klinische Symptome
  - Tumorembolisation
  - Metastasen
  - Präoperativ, palliativ
  - Periphere vaskuläre Malformationen
  - Hämangiome (perkutan)
  - Traumatische Gefäßläsionen
- Technik
- Ergebnisse

- Komplikationen

### ***Perkutane transhepatische biliäre Interventione***

#### **➤ Perkutane transhepatische Cholangio Drainage (PTCD)**

- Indikationen - klinische Symptome
- Techniken
  - Zugangswege
  - Extern
  - extern-intern
  - innere Schienung (Plastik vs. Metall, Stentgraft)
- Ergebnisse
- Komplikationen

#### **➤ Perkutane transhepatische Cholecystostomie**

- Indikation – klinische Symptome
- Technik
- Ergebnisse
- Komplikationen

### ***Perkutane nephrologische Interventionen***

#### **➤ Nephrostomie**

- Indikationen - klinische Symptome
- Technik
  - Zugangsweg
- Ergebnisse
- Komplikationen

### ***Perkutane Abszess- und Flüssigkeitsdrainage***

- Indikationen - klinische Symptome
  - Körperhöhlen und Organsysteme
- Techniken
  - Planung des Zugangsweges
  - Materialkunde
  - Punktion und Katheterinsertion
  - Seldinger od. Trokart-Technik
  - Entleerung und Spülung
  - Katheternachsorge
- Ergebnisse
- Komplikationen

### ***Pleuradrainage***

- Indikationen - klinische Symptome
  - Erguss

- Pneumothorax
- Technik
  - Materialkunde
- Ergebnisse
- Komplikationen

### ***Fremdkörperentfernung***

- Indikationen
- Technik
  - Materialkunde
- Ergebnisse

### ***Perkutane Biopsie***

- Indikationen
- Techniken
  - Materialkunde
  - Zugangswege
- Ergebnisse
- Komplikationen

### ***Radiofrequenz-Ablation***

- Physikalische Grundlagen
- Geräte-Typen
  - Indikationen
  - Organsysteme
  - Techniken
  - Ergebnisse
  - Komplikationen

### ***Interstitielle Tu-Therapie***

- Perkutane Alkoholinjektion
  - Indikationen
    - Tumorablation
    - Zystenverödung
    - Hämangiomsklerosierung
  - Technik
  - Ergebnisse
  - Komplikationen

### **❖ Basissymptome der Pathologie**

Kenntnisse über anatomische und pathologische Begriffe, pathophysiologische Mechanismen, Komplikationen und Folgemöglichkeiten.

# Kinderradiologie

## ❖ *Einleitung*

### ◇ **Ziele der Teilausbildung Kinderradiologie sind:**

- Eine allgemeine Einführung in die Kinderradiologie
- Erwerb ausreichender Kenntnisse, um vom Erwachsenen abweichende pädiatrische Normalbefunde, Normvarianten oder typische pädiatrische pathologische Befunde zumindest zu erkennen und zu entscheiden, ob und welche (spezielle pädiatrische) bildgebende Verfahren oder Interventionen einzusetzen sind.

### ◇ **Dauer der pädiatrischen Ausbildung:**

12 Wochen

### ◇ **Ausbildungsverantwortlicher:**

Ausgebildeter Kinderradiologe/ausgebildete Kinderradiologin

### ◇ **Kenntnisse aller kinderradiologischer Untersuchungstechniken inkl. nuklearmedizinischer Verfahren**

### ◇ **Inhalte:**

### ◇ **Was jeder angehende Facharzt/Fachärztin über Kinderradiologie wissen sollte.“**

Das Spezialgebiet Kinderradiologie erstreckt sich auf sämtliche Organe und Körperregionen. Die allgemeinen Grundlagen sollten in den anderen Ausbildungsabschnitten bereits erworben worden sein, die kinderradiologische Ausbildung bezieht sich speziell auf die einschlägige Altersgruppe (PatientInnen unter 16 Jahren).

Zur Kinderradiologie gehört weiters die fetale Bildgebung; besondere Bedeutung kommt seit der Einführung des fetalen Screenings dem perinatalen Bildgebungsmanagement

zu, welches zu den zentralen Aufgaben des Kinderradiologen/der Kinderradiologin zu zählen ist.

Besonderes Augenmerk in der Ausbildung sollte auf die bildgebende Diagnostik und Intervention bei Säuglingen, Kleinkindern und Schulkindern gelegt werden. In der

Adoleszenz besteht ein Übergang zur „Erwachsenenradiologie.“ und die Krankheitsbilder werden denen Erwachsener ähnlich.

### ❖ **Grundkenntnisse**

Die im Folgenden genannten Bereiche sollten in den anderen Ausbildungsabschnitten bereits unterrichtet worden sein, in diesem Abschnitt sollen die kinderspezifischen Erkrankungen und Veränderungen hervorgehoben werden.

Einige der nachstehend angeführten Pathologien sind selten, sie finden jedoch trotzdem Erwähnung, damit der Auszubildende darüber Bescheid weiß, Detailkenntnisse werden in diesem Abschnitt jedoch noch nicht vermittelt.

#### ◇ **Erkrankungen des Tracheobronchialsystems, der Lunge sowie der Pleura**

- Kenntnis über die für bestimmte Altersgruppen charakteristischen entzündlichen Erkrankungen der Atemwege und Lufträume und die für die Altersgruppen charakteristischen Erreger entzündlicher Erkrankungen
- Erkennen von typischen interstitiellen und lobären Lungeninfektionen und Lungenabszessen
- Erkennen typischer kindlicher Atemwegserkrankungen wie RSV-Bronchiolitis, Kenntnis über Risikofaktoren und akute spätere Komplikationen
- Erkennen spezifischer Infektionen, Kenntnis über die kindliche Tuberkulose
- Kenntnis von opportunistischen Infektionen bei immunsupprimierten Kindern
- Erkennen der Veränderungen bei zystischer Fibrose
- Erkennen von Bronchiektasien
- Erkennen von Pleuraergüssen und Empyemen
- Erkennen eines Pneumothorax
- Kenntnis der Komplikationen von Asthma bronchiale
- Erkennen von Erkrankungen der unreifen Lunge und deren Komplikationen, insbesondere Barotrauma und Bronchopulmonale Dysplasie
- Erkennen und Untersuchung von verschluckten Fremdkörpern
- Erkennen und Untersuchung von infiltrativen Lungenerkrankungen
- Erkennen angeborener bronchopulmonaler Missbildungen und deren Präsentation im Neugeborenenalter sowie deren Spätmanifestationen
- Erkennen angeborener Lobäremphyseme und deren Präsentation im Neugeborenenalter sowie deren Spätmanifestationen
- Erkennen von Rundherden und Expansionen sowie weiterführende Untersuchungen
- Erkennen von Metastasen
- Untersuchungsmethoden bei speziellen klinischen Fragestellungen wie z.B. Stridor und rezidivierende Infektionen

### **Mediastinum**

- Kenntnis und weiterführende Abklärung von mediastinalen Raumforderungen

### **Zwerchfell**

- Erkennen von Zwerchfelllähmungen sowie Zwerchfellhernien

### **Diverses**

- Kenntnis und Beurteilung von Thoraxtraumata

### **Herz bildgebung**

- Kenntnis von angeborenen Herzfehlern
- Erkennen abnormer Herzkonturen
- Erkennen pulmonaler Perfusionsanomalien
- Verständnis der unterschiedlichen Rolle der verschiedenen Bildgebungsmodalitäten wie Ultraschall, MRT und CT bei der Untersuchung von kindlichen Herzerkrankungen

### **Radiologie des Gastrointestinaltrakts**

- Untersuchungsmethoden und Bildgebung von angeborenen gastrointestinalen Fehlbildungen im Neugeborenenalter sowie im späteren Lebensalter.

Dies beinhaltet:

- Ösophagusatresie
  - Tracheoösophageale Fistel
  - Funktionsstörungen der Speiseröhre und gastroösophagealer Reflux
  - Malrotation und Situsabnormitäten
  - Duodenalatresie und Duodenalstenosen
  - Dünn- und Dickdarmatresie
  - Morbus Hirschsprung und Neuronale Intestinale Dysplasie (NID)
  - Duplikaturen
- Untersuchung von Neugeborenen mit Wegsamkeitsstörungen, wie z.B.
    - Mekoniumileus
    - Mekoniumpfropfsyndrom
  - Hypertrophische Pylorusstenose
  - Chronisch entzündliche Darmerkrankungen bei Kindern
  - Appendizitis
  - Gastroenteritis
  - Intussuseption
  - Untersuchung von abdominellen Raumforderungen
  - Bildgebung bei verschluckten Fremdkörpern
  - Untersuchungsmethoden bei folgenden klinischen Problemen:
    - Chronisch (rezidivierende) Bauchschmerzen
    - Chronische Obstipation
    - Malabsorption

- Verdacht auf Darmpassagehindernis und Ileus
- Erbrechen bei Neugeborenen
- Abdominelle Traumata

### ***Hepatobiliäre Erkrankungen***

- Pathologie und Untersuchungsmethoden des Neugeborenenikterus
- Pathologie und Untersuchungsmethoden des Ikterus
- Choledocholithiasis bei Kindern
- Angeborene Missbildungen der Gallengänge einschließlich Choledochuszyste
- Hepatobiliäre Tumore
- Trauma
- Tumore

### ***Milz***

- Trauma
- Angeborene Milzanomalien einschließlich Asplenie, Polysplenie, etc.
- Hämatologische Erkrankungen
- Raumforderungen

### ***Pankreas***

- Trauma
- Angeborene Malformationen und Erkrankungen
- Tumore

### ***Endokrinologische Erkrankungen***

Kenntnis über die Untersuchung von:

- Wachstumsstörungen und Wachstumshormonmangel
- Anomalien der Schilddrüse, Schilddrüsenstoffwechselstörungen einschließlich Struma und Entzündungen
- Nebennierenerkrankungen bei Kindern inklusive Neuroblastom und neonatale Nebennierenblutung
- Nebennierenbeteiligung im Rahmen hormoneller Störungen

### ***Urogenitaltrakt***

- Kenntnis des normalen Erscheinungsbildes des kindlichen Urogenitaltraktes.
- Kenntnisse über den sinnvollen Einsatz bildgebender Verfahren bei Erkrankungen des Urogenitaltraktes
- Kenntnis der sich mit dem Wachstum ändernden Anatomie der Urethra bei Knaben und Mädchen
- Kenntnis der klinischen Diagnostik, der Pathologie und der Bildgebung bei entzündlichen Erkrankungen des Harntraktes
- Durchführung von Ultraschalluntersuchungen des Harntraktes bei Kindern einschließlich des Einsatzes der Dopplerverfahren
- Indikationen und Durchführung sowie Befundung einer MCU

- Kenntnisse über klinische Relevanz und Gradeinteilung des vesikoureteralen Refluxes in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht
- Pyonephrose und Abszesse der Nieren, ihre Untersuchung und interventionelle Behandlung
- Erkennen angeborener Normvarianten und Fehlbildungen der ableitenden Harnwege mittels Ultraschalls und deren weiterführende bildgebende Abklärung.
- Kenntnisse über die bildgebende Untersuchung von Hydronephrose und Hydroureter mittels Ultraschalls und weiterführender Untersuchungsmethoden wie Belastungsrenographien, insbesondere mittels nuklearmedizinischer Verfahren sowie weiterer moderner bildgebender Verfahren wie Magnetresonanztomographie
- Kenntnisse über klinische Relevanz und bildgebende Abklärung obstruktiver Erkrankungen des Harntraktes (Ureterabgangsstenose, ureterovesikale Obstruktion, infravesikale Obstruktion insbesondere posteriore urethrale Klappen)
- Kenntnis der Mitbeteiligung der ableitenden Harnwege und deren Komplikationen bei spinalen Dysraphien und anderen Neuropathien – insbesondere Kenntnisse über bildgebende Diagnostik bei neurogener Blasenstörung und non-neurogenen funktionellen Störungen des unteren Harntraktes
- Erkennen von Harnblasendivertikeln
- Erkennen von Harnblasenextrophien
- Indikationen für urodynamische Untersuchungen
- Kenntnis polyzystischer Nierenerkrankungen in allen Formen
- Erkennen von Steinen in den ableitenden Harnwegen und deren Untersuchungsmethoden
- Kenntnis der diagnostischen Abklärung bei Hämaturie
- Kenntnis renaler Mitbeteiligung bei systemischen Erkrankungen
- Kenntnis der Bildgebung bei nephrotischem Syndrom und Glomerulonephritis
- Erkennen von Wilms-Tumoren und deren weitere Evaluierung
- Erkennen von Becken- und Blasentumoren und deren weitere Evaluierung

### ***Gynäkologie***

- Kenntnisse über die altersabhängige Morphologie der Ovarien, des Uterus und der Vagina
- Erkennen von Ovarialzysten in unterschiedlichen Lebensaltern sowie Erkennen von Hydro(Metro)kolpos
- Kenntnis der Untersuchungstechniken bei Intersex, vom Neugeborenenalter bis zum Jugendlichenalter
- Erkennen von Ovarialtorsionen und Ovarialtumoren bei Kindern und Jugendlichen
- Kenntnis der Untersuchungstechniken des unteren Harntrakts bei Anomalien des urogenitalen Sinus und weiblicher genitaler Anomalien
- Kenntnis der postnatalen Bildgebung fetaler Uropathien

- Kenntnis über Prune-Belly-Syndrom
- Kenntnis über Harntraktprobleme in Assoziation mit Analatresie
- Kenntnisse über Erkrankungen und Fehlbildungen des Urachus
- Erkennen von Ovarialtorsionen und Ovarialtumoren bei Kindern und Jugendlichen
- Kenntnis über Zeichen vorzeitiger und verzögerter Pubertät und entsprechende Bildgebung
- Kenntnis über Uterus-, Vaginal- und Beckentumoren sowie deren bildgebende Diagnostik

### ***Mammaerkrankungen***

- Kenntnis der pathologischen Veränderungen bei Mammazysten, Abszessen und Mammatumoren mittels Ultraschalls und MR bei Kindern

### ***Hoden***

- Kenntnis der Untersuchungsmethoden bei Maldescensus
- Erkennen von Epididymitis und Orchitis
- Erkennen von Hodentorsionen
- Erkennen von Hodentumoren und deren weitere Abklärung

### ***Muskuloskelettales System***

- Kenntnisse über Morbus Perthes und die einschlägige Bildgebung
- Kenntnisse über andere Formen aseptischer Nekrosen des Skeletts und über Osteochondritis dissecans

### ***Infektionen***

- Kenntnis der Säuglingsosteomyelitis inklusive septischer Arthritis, der Osteomyelitis des Kindesalters und der adoleszenten Phase – Kenntnis der entsprechenden Befunde und Kenntnis über die bildgebende Diagnostik und Intervention
- Kenntnis des Erscheinungsbildes spinaler Infektionen
- Kenntnis von Weichteilinfektionen
- Kenntnisse von Sonderformen der hämatogenen Osteomyelitis (subakute und primär chronische Formen der Osteomyelitis sowie multifokale symmetrische, chronisch rekurrende Osteomyelitis unbekannter Ätiologie - SAPHOSyndrom)
- Erkennen von Komplikationen bei Fremdkörperpenetration
- Grundlagenkenntnisse über Tropenkrankheiten
- Kenntnis von juveniler (Spondylo-)Discitis

### ***Angeborene Erkrankungen***

- Erkennen der angeborenen Hüftdysplasie mittels Ultraschalls und Übersichtsradiografie
- Kenntnis der Bildgebung von Skelettdysplasien
- Erkennen anderer isolierter angeborener Missbildungen wie Sprengler-Schulter,

Kirner-Deformität, etc.

- Kenntnis der Untersuchung von angeborenen und erworbenen Skoliosen
- Kenntnis der Untersuchung von Muskeldystrophien

### ***Rheumatologie***

- Kenntnis über die Klassifikation der juvenilen, rheumatoiden Arthritis
- Wissen über rationellen Einsatz bildgebender Verfahren bei juveniler, rheumatoider Arthritis
- Erkennen der Komplikationen mittels Bildgebung
- Erkennen von Bedingungen, die im Gegensatz zur klinischen Präsentation bei juveniler Arthritis stehen

### ***Neurologische Erkrankungen***

- Indikation von Untersuchungstechniken
- Erkennen von Normalbefunden mittels Übersichtsradiografie, Ultraschall, CT und MR
- Verständnis für die Entwicklung der normalen Myelinisierung
- Erkennen von Schädel- und Gesichtsschädelverletzungen
- Intrakranielle Verletzungen einschließlich Kindesmissbrauch und deren Komplikationen
- Hirntumoren, Spinaltumoren, Orbitaltumoren
- Untersuchung von intraokularen Fremdkörpern
- Infektionen des Gehirnes, der Hirnhäute, der Orbita, der Nasennebenhöhlen und deren Komplikationen
- Erkrankungen des unreifen Gehirnes mittels Ultraschalls und MR
- Angeborene Missbildungen von Gehirn und Wirbelsäule
- Wirbelsäulenverletzungen
- Entwicklungsstörungen, Migrationsstörungen
- Hydrocephalus
- Gefäßmissbildungen einschließlich erworbener und angeborener Malformationen
- Wirbelsäulenmissbildungen, deren Bildgebung und klinische Präsentation wie z.B. Klumpfuß und Dermalsinus
- Kraniofaciale Missbildungen einschließlich Kraniosynostose
- Angeborene Erkrankungen des Ohrs
- Angeborene und erworbene Taubheit
- Zahnradiologie

### ***Diverses***

Die folgenden Erkrankungen beziehen sich oft auf mehrere Organe und sind hier extra erwähnt, sodass dem Auszubildenden deren wechselndes klinisches Erscheinungsbild bewusst wird.

- Nicht unfallbedingte Verletzungen, Verdacht auf Kindesmisshandlung (nonaccidental injury .– NAI, Battered Child, Schütteltrauma)

- AIDS bei Kindern
- Lymphome bei Kindern
- Gefäßmissbildungen einschließlich Lymphödeme
- Kollagenosen einschließlich Myofibromatose
- Endokrinologische Erkrankungen
- Untersuchung bei Kleinwuchs und Wachstumsstörungen
- Phakomatosen (tuberöse Sklerose, Neurofibromatose, etc.)
- Langerhanszell-Histiozytose

## ❖ **Technische, kommunikative und Entscheidungsfindungsfähigkeiten**

### ◇ **In Ergänzung zum erworbenen Wissen über Erkrankungen bei Kindern sollte sich der Auszubildende auch Wissen und Erfahrung über folgende Themen aneignen:**

- Grundlegende Bedeutung der Bildgebung unter Berücksichtigung des kindlichen Erkrankungsbildes
- Stärken und Schwächen der unterschiedlichen Bildgebungsmodalitäten bei typisch kindlichen Pathologien
- Spezielle Anforderungen bei Kindern betreffend die Geräteausstattung, Notwendigkeit von Sedierung und Anästhesie, Physiologie von Säuglingen und das psychologische Management bei Kindern
- Anpassung der Bildgebungsmodalitäten bei Kindern in Bezug auf Strahlenminimierung, allgemeine Untersuchungsoptimierung speziell bei CT und Durchleuchtung, sowie Indikationen für den Einsatz von Kontrastmitteln (Röntgenverfahren, Ultraschallverfahren und Magnetresonanztomographieverfahren)
- Richtlinien für Untersuchungen bei den häufigsten klinischen Fragestellungen
- Richtiger Ablauf der Bildgebung in Bezug auf die klinische Fragestellung
- Strahlenschutz, Geräteausstattung, Rechtsvorschriften, Aufklärung und Einverständnis in Bezug auf Kinder
- Verständnis der Risiko-Nutzen-Analyse (ALARA-Prinzip)
- Kommunikation mit Kindern und deren Eltern als auch mit den medizinischen Kollegen
- Verständnis der unerlässlichen Bedeutung interdisziplinärer klinischradiologischer Besprechungen, formell und informell

### ◇ **Die Betonung in diesem gesamten Kapitel liegt in der Auswirkung des Unterschiedes zwischen Kindern und Erwachsenen**

#### *Übersichtsradiografie:*

Supervidierte Befundung von pädiatrischen Übersichtsbildern, speziell in Bezug auf Unfall- und Notfallsradiologie (A. & E.), Thorax, Abdomen und

## Muskuloskelettsystem

### ***Durchleuchtung:***

- Indikation, Durchführung und Befundung von Passageuntersuchungen des
  - o Gastrointestinaltraktes bei Neugeborenen
- Adaptierte Kontrastmittelunterbrechungen des Magen-Darmtraktes bei
  - o Kindern zur Diagnose und Abklärung gastrointestinaler Erkrankungen sowie speziell bei gastroösophagealem Reflux, Aspiration und (chronischer) Obstipation bei neurologisch unauffälligen und neurologisch beeinträchtigten Kindern
- Kenntnis über Defäkographie im Kindesalter (Indikationen!)
- Durchführung einer MCU
- Diagnose und kinderradiologisch-interventionelle Behandlung einer
  - o Intussuseption
- Videoschluckakt

### ***Dünndarmuntersuchungen mittels Ultraschalls, Magnetresonanztomographie (und Computertomographie)***

### ***Urographie:***

Verständnis und Indikation für IV und MR-Urographie und die Durchführung von beiden Techniken bei Kindern

### ***Ultraschall:***

Dieser Punkt beinhaltet Dopplersonographietechniken (Duplex-, Farb- und Powerdoppler) aller Altersgruppen inklusive Frühgeborene einschließlich des Gefahrenpotentials. Der Auszubildende sollte Ultraschalluntersuchungen unter Supervision selbst durchführen. Die Erfahrung sollte folgende Untersuchungsregionen beinhalten:

- Abdomen
- Urogenitaltrakt
- Leber und Milz
- Gynäkologie
- Neugeborenenenschädel
- Hals
- Thorax
- Auge
- Muskuloskelettales System
- Dopplerultraschall: Hals und Abdomen

### ***CT:***

Der Auszubildende sollte Kenntnisse über die Technik und Indikationen von CTUntersuchungen bei Kindern erlangen, insbesondere die spezifischen Lowdose-

Protokolle, insbesondere weiters spezifische Kontrastmittelanwendungen und CTA. Ebenso sollten Kenntnisse in der Befundung von CT- Untersuchungen von Kopf, Hals, Thorax, Abdomen, Becken, Muskuloskelettsystem erworben werden.

**MR:**

Kenntnisse betreffend MR beinhalten Neuroradiologie, Wirbelsäule, Abdomen inkl. Urogenitaltrakt, muskuloskelettales System, Gefäßsystem und spezielle Anwendungen in der Onkologie.

**Angiographie und interventionelle Radiologie:**

Kenntnisse und Fertigkeiten auf diesem Gebiet liegen außerhalb der Grundkenntnisse, sollten aber anlassbedingt in die Ausbildung eingeschlossen werden.

**Fetal Imaging:**

Kenntnisse auf diesem Gebiet sind in der Ausbildung nicht enthalten, aber wenn sich die Möglichkeit für fetale MR und Ultraschall bietet, sollte der Auszubildende mit den Möglichkeiten und den Indikationen vertraut gemacht werden. Außerdem sollte auf die Multidisziplinarität dieser Thematik hingewiesen werden.

◇ **Kenntnisse über PET und PET-CT sowie Indikationen im Kindesalter**

## **Urogenitale Radiologie**

❖ **Einleitung:**

Ziel dieses Lehrzielkatalogs ist die umfassende Vorbereitung der Ausbildungsärzte in urogenitaler Radiologie für die Facharztprüfung des Faches Diagnostische Radiologie. Es werden nachfolgende Anforderungen gestellt:

- ◇ Vertiefte Kenntnis der relevanten embryologischen, anatomischen, physiologischen und klinischen Aspekte im Bereich der Uro-, Nephro- und Gynäko-Radiologie.
- ◇ Klares Verständnis der Rolle der Radiologie im Management dieser Subspezilitäten
- ◇ Vollständiges Wissen über Indikationen, Kontraindikationen, Komplikationen und Limitationen der einzelnen Untersuchungstechniken
- ◇ Detaillierte Kenntnis und Expertise betreffend Untersuchungsprotokolle in der Bildgebung von urologischen, nephrologischen und gynäkologischen Fragestellungen

❖ **Voraussetzung und Anforderungen:**

- ◇ Die Ausbildung sollte in einer radiologischen Abteilung erfolgen, welche u.a. auch die radiologische Versorgung der klinischen Abteilungen Urologie, Nephrologie und Gynäkologie gewährleistet. Eine enge Kooperation mit der

Pathologie ist erwünschenswert.

- ◇ Die radiologische Abteilung sollte Zugang zu allen fortschrittlichen Bildgebungsmodalitäten haben (konventionelle Radiologie, US inklusive Doppler, CT, MRT und interventionelle Radiologie). Die Ausstattung sollte in ausreichender Anzahl und Qualität zur Verfügung stehen.
- ◇ Zugang zu einer entsprechenden Fachbibliothek, die einerseits eine adäquate Auswahl der wichtigsten Standardwerke der urogenitalen Radiologie beinhaltet, andererseits auch Fachjournale der entsprechenden Subspezialitäten zur Verfügung stellt.
- ◇ Ausbildungsunterlagen sollten den Ausbildungsärzten zur Verfügung gestellt werden und einem regelmäßigen update unterzogen werden. Vom Ausbildungsarzt/ärztin wird die Ausarbeitung bzw. Erstellung einer Fallsammlung erwartet.

### ❖ **Allgemeines:**

- ◇ Während der urogenitalen Ausbildung sollte der/die Ausbildungsarzt/ärztin die überwiegende Zeit diesem Interessensgebiet widmen und vertiefte Kenntnisse der radiologischen Techniken und Bildgebungs-Charakteristika erwerben. Zusätzlich wird vom/von der Ausbildungsarzt/-ärztin erwartet, sich Kenntnisse des klinischen Erscheinungsbildes und der Pathohistologie der jeweiligen Erkrankungen anzueignen. Auch sollte der/die Ausbildungsarzt/ärztin Kenntnisse über andere Untersuchungsmöglichkeiten bzw. Tests erlangen, die für die Interpretation der Bildgebung von Bedeutung sein können.
- ◇ Angiographische Untersuchungen benötigen zusätzliche spezielle Fertigkeiten und sind daher für die Absolvierung der urogenitalen Ausbildung keine grundsätzliche Voraussetzung. Es wird aber vom/von der Ausbildungsarzt/ärztin sehr wohl die Erlernung von bildgebungs-gestützten Biopsien von Nieren, Nebennieren, Lymphknoten und der Prostata, letztere in bestimmten Zentren und in Zusammenarbeit mit klinischen Kollegen. Weiters sollte auch die Drainage von Läsionen in Organen des Urogenitaltrakts bzw. Retroperitoneums (z. B. Abszessdrainage, Nephrostomie) erlernt werden.
- ◇ Die Teilnahme an klinischen Besprechungen wird erwartet
- ◇ Der/die Ausbildungsarzt/ärztin sollte vertraut sein mit der aktuellen Literatur der urogenitalen Bildgebung durch Studium der wichtigsten Lehrbücher sowie von Originalarbeiten in Fachzeitschriften. Ausbildungsärzte sollten angeleitet werden, an wissenschaftlichen Projekten teilzunehmen und Kenntnisse über Design, Ausführung und Analyse von wissenschaftlichen Projekten erlangen. Sie sollten ermutigt werden wissenschaftliche Arbeiten auf internationalen Kongressen zu präsentieren.

### ❖ **Theoretisches Wissen:**

Am Ende der Ausbildung sind von den Facharztkonzipienten nachfolgend aufgelistete Kenntnisse zu erwarten:

## ◇ **Bildgebung Niere, Harntrakt & männlicher Genitaltrakt und Nebennieren**

### *Normale Anatomie und anatomische Normvarianten*

- **Retroperitoneum** einschließlich Retroperitonealräume und Krankheitsausbreitung
- **Nebennieren** einschließlich Lage und Anatomie
- **Nieren** einschließlich Lage, normale Anatomie und Normvarianten, fetale Lappung, Bertinische Säulen, Sinuslipomatose, Nierenmalformationen
- **Obere ableitende Harnwege** (Nierenbeckenkelchsystem, Ureter, Duplikationen, Ektopie, Fusionen),
- **Unterer Harntrakt** (Blase, Urethra) einschließlich Anatomie der Blasenwand und der Physiologie der Miktion, Segmente der Urethra und Lokalisation der urethralen Drüsen
- **Prostata** einschließlich zonaler Anatomie im US und der MRT
- **Scrotum** einschließlich US und MR-Anatomie des scrotalen Inhalts (testikulär und extratestikulär) sowie Doppler Anatomie der testikulären und extratestikulären Blutversorgung

## ◇ **Embryologie der Harn- und Geschlechtsorgane**

### *Physiologie der Nieren – Kontrastmittelausscheidung*

- Physiologie der renalen KM-Ausscheidung (iodinierte und Gd-basierte Kontrastmittel)
- Kontrastmittel-Enhancementkurven innerhalb der verschiedenen Nierenkompartimente
  - Mechanismus der glomerulären Filtration des Kontrastmittels
  - Einfluss der Nieren auf die Kontrastmittelkonzentration im Harn
  - Abhängigkeit der Kontrastmittelkonzentration im Harn von der osmotischen Wirksamkeit von Kontrastmitteln
- Konzentrationen und Dosierungen von Kontrastmitteln
- Kontrastmitteltoxizität einschließlich Definition, Risikofaktoren, Vermeidung der KM-Nephrotoxizität, Vorsichtsmaßnahmen bei Diabetikern unter Metformin.
- ESUR KM- Guidelines

### *Nebennieren*

- Physiologie der Nebennierenrinde
- Physiologie des Nebennierenmarks

## ❖ **Untersuchungsmethoden**

### ◇ **Sonographie der Nieren und des Harntraktes**

#### *Niere*

- Sonographische Untersuchungstechniken der Niere verstehen und

selbständig durchführen: B-Bild Sonographie, Farbdoppler- und Duplexsonographie, Power-Doppler

- Kriterien für die Auswahl eines für die Sonographie der Nieren geeigneten Schallkopfes
- Optimierung der Einstellungsparameter
- Qualitätskriterien der Nierenultraschalluntersuchung
- Beschreibe die standardisierte sonographische Darstellung und Vermessung der Nieren sowie die Bilddokumentation bei normalem und pathologischem Befund
- Sonomorphologie der Nieren sowie des Nierenbeckenkelchsystems
- Häufigsten Schallartefakte in der Sonographie der Harnwege
- Farb-Doppler- Duplexsonographie der Nieren
- Definiere den Widerstandsindex und erkläre dessen diagnostische Bedeutung
- Wert der Farbdoppler-Powerdopplersonographie für die Parenchymdiagnostik der Nieren

### ***Blase***

- Sonographische Untersuchungstechnik der Blase verstehen und selbständig durchführen
- Auswahl eines für die systematische Sonographie der Harnblase geeigneten Schallkopfes
- Sonographische Untersuchungstechnik der Harnblase
- Sonomorphologie der normalen Blase (Wanddicke bei guter Füllung, innere Begrenzung der Wand, Echogenität des Blaseninhaltes)
- Wertigkeit der Sonographie für die Diagnostik der prävesikalen Ureteren
- Jet-Phänomen und dessen diagnostische Bedeutung

### ◇ **Konventionelle Kontrastmitteluntersuchungen**

#### ***Ausscheidungsurographie***

- Indikationen
- Prinzip der Ausscheidungsurographie sowie den Untersuchungsablauf einschließlich Abdomenübersichtsaufnahme
- Qualitätskriterien eines Urogramms
- Kontrastmitteldosis die für die Durchführung der IV-Urographie empfohlen wird (Jodgehalt des Kontrastmittels: mg/ml; Kontrastmitteldosis: ml/kg Körpergewicht)
- Indikationen für spezielle Techniken wie Aufnahme in Bauchlage, Aufnahme in schrägen Durchmessern, Aufnahmen im Stehen, Aufnahmen nach Miktion, Spätaufnahmen
- Erkläre die Ureterkompression und nenne Indikationen und Kontraindikationen sowie alternative Techniken zur Verbesserung der Darstellung des Nierenbeckenkelchsystems und der Harnleiter

## ◇ Zystographie – Urethrographie

### ***Retrograde Zystographie (statische Zystographie)***

- Definition
- Indikationen
- Untersuchungstechnik, Projektionen der zur Dokumentation geforderten Aufnahmen
- Bedeutung der adäquaten Blasenfüllung für die diagnostische Aussage der Untersuchung unter besonderer Berücksichtigung der Diagnostik des Blasentraumas

### ***Dynamische retrograde Urethrographie beim Mann***

- Definition
- Indikationen
- Untersuchungstechnik
- Art der Kontrastfüllung der Harnröhre
- Menge und Jodgehalt des verwendeten Kontrastmittels
- Welche Projektionsebenen zur Darstellung Urethra während der Kontrastfüllung darg
- Qualitätskriterien der retrograden Urethrographie
- Röntgenanatomie der Urethra und anatomische Merkmale durch die die segmentale Unterteilung der vorderen und hinteren Urethra erfolgt
- Komplikationen dieser Untersuchung

### ***Miktionszystourethrographie***

- Definition
- Indikationen
- Untersuchungstechnik
- Dokumentation eines Refluxes (Bedeutung der Angabe des Zeitpunktes des Auftretens des Refluxes: während der Füllungsphase oder während der Entleerungsphase, Beurteilung des Refluxgrades)

### ***Computertomographie***

- Normale Dichtewerte urologischer Organe
- Phasen des CT-Nephrogramms
- Protokolle für Untersuchung von Nieren- und Nebennierentumoren
- CT-Angiographie der Nieren
- Protokoll für Pyelonephritidiagnostik
- Protokoll für Steindiagnostik und Obstruktion
- CT-Urographie einschließlich Technik, Indikationen, Kontraindikationen und Limitationen
- Protokolle für die Diagnostik des unteren Harntraktes
- Tumorstaging von Blasenkarzinomen

- Verlaufskontrolle nach Operation von Blasenkarzinomen durch Zystektomie
- CT-Zystographie bei Trauma (die zystographische Technik entspricht der statischen Zystographie)

### ***Magnetresonanztomographie***

- Indikationen und Sequenzen für die MRT der Nieren und Nebennieren
- Normales Erscheinungsbild der Nieren in T1w und T2w
- Technik dynamischer Perfusionsuntersuchungen von Nierentumoren
- Fettunterdrückende Sequenzen und ihre Bedeutung für das Staging von Nierentumoren
- Protokolle für MR-Angiographie der Nierenarterien einschließlich Technik und KM-Applikation sowie Evaluierung des Stenosegrades
- Protokoll bei Obstruktion einschließlich statische und KM-verstärkte MRU
  - Prinzip der statischen MR-Urographie
  - Signalintensität solider Gewebe bei der Abbildung der Harnwege mittels statischer MR-Urographie
  - Nachteile der T2-gewichteten MRU mittels Projektionsbildtechnik (single shot) bei Erwachsenen im Vergleich zur Dünnschicht-Multislice-Technik
  - Vorteile der Multislice-Technik
  - die Bedeutung der Dünnschichttechnik für die Qualität von MIPRekonstruktionen
  - Indikationen, Vorteile und Nachteile der statischen MRU bei Erwachsenen
  - Indikation und Technik der T1-gewichteten MR-Ausscheidungsurographie
  - Mechanismen zur Verbesserung der Bildqualität der MR-Urographie durch kombinierte Anwendung von Furosemid und eines nierengängigen MRKontrastmittels
  - Beeinflussung der Bildqualität durch Anwendung kleiner bzw. großer Messfelder (field of view – FOV)
  - Warum Notwendigkeit besteht MIP-Rekonstruktionen der ableitenden Harnwege zusammen mit Quellbildern zu beurteilen
- Protokoll zum Staging des Harnblasenkarzinoms
  - Maßnahmen zur Ausschaltung von Bewegungsartefakten
  - Anatomie der Blasenwand auf T1- und T2-gewichteten Aufnahmen
  - Blasenkarzinome auf T1- und T2-gewichteten Aufnahmen und die daraus resultierenden Möglichkeiten des Tumorstaging
  - Bedeutung von Kontrastmitteluntersuchungen für die Beurteilung des Tumorstadiums und nenne dafür geeignete Sequenzen
  - Nenne MR-Techniken, die die Differentialdiagnose zwischen Tumor und gutartigem Granulationsgewebe nach Biopsie ermöglichen
  - Vorgangsweise bei Diagnose und Staging von Blasekarzinomen
    - Erstdiagnose
    - Stellenwert des klinischen Staging
    - Stellenwert des MR-Staging
- Protokoll zum Staging des Prostatakarzinoms einschließlich Möglichkeiten und

Limitationen der „konventionellen.“ MRT, Vorteile der dynamischen KMverstärkten MRT, Verwendung der Rektalspule

- MR-Spektroskopie, Stellenwert und Technik

#### ◇ **Diagnose von pathologischen Veränderungen**

##### ***Niere und ableitende Harnwege***

- Kongenitale Anomalien/Erkrankungen
- Obstruktion
- Uro-/Nephrolithiasis
- Infektionen
- Tumore
- Zystenerkrankungen
- Nephropathien
- Vaskuläre Erkrankungen
- Nierentransplantat
- Trauma

##### ***Harnblase***

- Kongenitale Anomalien/Erkrankungen
- Obstruktion
- Entzündung
- Tumore
- Trauma
- Inkontinenz & funktionelle Störungen
- Blasenersatz

##### ***Urethra***

- Kongenitale Veränderungen
- Strikturen
- Divertikel
- Trauma

##### ***Prostata und Samenblasen***

- Kongenitale Erkrankungen
- Benigne Prostatahyperplasie
- Prostatitis
- Tumore

##### ***Hoden & Skrotum***

- Kongenitale Veränderungen
- Entzündung
- Torsion
- Tumore

### ***Penis***

- Impotenz

### ***Nebennieren***

- Charakterisierung von Raumforderungen

## ◇ **Bildgebung gynäkologischer Organe**

### ***Sonographie***

- Sonographische Untersuchungstechniken der gynäkologischen Organe verstehen und selbstständig durchführen
- Erklärung der Vor- und Nachteile des abdominellen und transvaginalen Ultraschalls
- Kenntnis der Indikationen und Kontraindikationen einer Hysterosonographie

### ***Hysterosalpingographie***

- Kenntnis der Untersuchungstechniken
- Kenntnis der Indikationen und Kontraindikationen
- Kenntnis von möglichen Komplikationen

### ***Computertomographie***

- Kenntnis von Protokollen
- Kenntnis der Indikationen und Kontraindikationen
- Vorbereitung der Patientinnen
- Kenntnis der Strahlendosis

### ***Magnetresonanztomographie***

- Kenntnis von Untersuchungsprotokollen
- Indikationen und Kontraindikationen
- Patientenvorbereitung (Glucagon, vaginale & rectale Markierung)

## ◇ **Anatomie gynäkologischer Organe**

- Kenntnis der normalen Anatomie des Uterus und der Ovarien im Ultraschall
- Zonale Anatomie des Uterus in der MRT
- Uterusanomalien (Kategorie I-VII)
- Unterscheidung prä- und postmenopausale Anatomie
- Beschreibung der verschiedenen Beckenkompartimente
- Rolle des M. levator ani in der Physiologie des Beckenbodens
- Welche Modalitäten sind zur Darstellung des Beckenbodens geeignet
- Beurteilung anatomischer Strukturen bei Inkontinenz

## ◇ **Diagnose von pathologischen Veränderungen**

◇

### ***Uterus***

- Kongenitale Anomalien
- Tumore (benigne/maligne)
  - Myometrium
  - Endometrium
  - Cervix
- Entzündungen
- Adenomyose
- Funktionelle Störungen

### ***Ovarien***

- Zysten
- Tumore
- Funktionelle Störungen (z.B. Pubertas præcox, polycyst. Ovarien)
- Endometriose

### ***Tuben***

- Entzündungen
- Tumore
- Infertilität

### ***Beckenboden***

- Prolaps
- Inkontinenz

# Technisch-physikalische Grundlagen der diagnostischen Radiologie inklusive Strahlenschutz

## ❖ **Bildgebung mit ionisierenden Strahlen**

### ◇ **Allgemeine Grundlagen**

- Ionisierende und nicht-ionisierende Strahlen
- Direkt und indirekt ionisierende Strahlen
- Atomaufbau (Ordnungszahl, Massenzahl)
- Bindungsenergie der Elektronen
- Radioaktivität ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -Strahlen, Halbwertszeit, Aktivität)
- Photonenstrahlen (Röntgen- und  $\gamma$ -Strahlen)
- Eigenschaften von Photonen (Quanten, Energie, Wellenlänge, Spektrum)

### ◇ **Wechselwirkung der Röntgenstrahlen**

- Kohärente Streuung, Compton-Streuung, photoelektrischer Effekt
- Linearer Schwächungskoeffizient, Schwächungsgesetz
- Abhängigkeit der Schwächung von Energie und Ordnungszahl, K-Kanten
- Bedeutung der Effekte für verschiedene Absorber (Weichteilgewebe, Knochen, Leuchtstoffe, Kontrastmittel, Blei)

### ◇ **Radiographisches Bild**

- Kontrast, Streustrahlung, Streustrahlenraster
- Faktoren der Bildschärfe/-unschärfe
- Sehphysiologische Grundlagen der Bildperzeption (Kontrast- und Auflösungsumfang des menschlichen Sehsystems, Blendung, Adaption, Limitation der Bilderfassung)

### ◇ **Filmbasierte Radiographie**

- Fluoreszenz und Phosphoreszenz
- Radiophotolumineszenz (optisch stimulierte Lumineszenz)
- Verstärkerfolien, Leuchtstoffe
- Röntgenfilmaufbau (Sensibilisierung)
- Filmentwicklung und -fixierung
- Gradationskurve (optische dichte, Empfindlichkeit, Steilheit, Schwärzungsumfang)
- Zusammenhang von Belichtungs- und Schwärzungsumfang (Hartstrahltechnik, Lungenfilme)
- Film-Verstärkerfolien-Kombinationen (Empfindlichkeitsklassen)
- Belichtungsautomatik

### ◇ **Digitale Radiographie**

- Digitale Bilder, Bildmatrix

- Systeme: CR (Speicherfolien), Festkörperdetektoren (direkt-indirekt), CCD
  - Kontrast- und Ortsauflösung, Dynamischer Bereich, Detective Quantum Efficiency (DQE)
  - Dosisindikatoren
  - Kennlinien
  - Quantenrauschen und Bildqualität
  - Digitale Bildverarbeitung (LUT, Gammakorrektur, Ortsfrequenzfilterung, Energiesubtraktion, Datenkompression)
  - Typische Artefakte
- ◇ **Durchleuchtung:**
- Elektronenoptischer Bildverstärker
  - Obertisch-Untertisch, C-Bogen
  - Zusammenhang zwischen Dosis und Bildqualität in der DL
  - Faktoren des Bildrauschens in der DL
  - Dosisleistungsregelung (Kennlinien, Auswirkung auf Bild und Patientendosis)
  - Zoom bei BV/Flat panel, Dosis bei Zoom (Eingangsdosis, imparted energy, effektive Dosis)
  - Bildqualitäts- und Dosisaspekte des Streustrahlenrasters
  - Gepulste DL, zeitliche Filterung
  - Möglichkeiten der Dosisreduktion
  - Bildqualität und Rauschen in der DL
  - Gepulste DL, zeitliche Filterung
  - Dosis in der DL, Möglichkeiten der Dosisreduktion
  - DSA
  - Durchleuchtung mit digitalen Festkörperdetektoren
- ◇ **Spezielle Röntgenverfahren**
- Mammographie (radiologische Anforderungen, Anoden und Filter, Fokusgröße, Kompression, Mammographiekassetten, Belichtungsautomatik)
  - Mobile Geräte
  - Klassische Tomographie (Panoramaaufnahmen)
- ◇ **Computertomographie**
- CT-Bauarten
  - Spiral- und Multislice CT (Pitch, Schichtdicke, Rotationszeit)
  - Verfahren der Bildrekonstruktion (Kernel)
  - Kontrast- und Ortsauflösung
  - HU Skala, typische HU Werte (Luft, Knochen, Wasser, Weichteile ..), Fensterung (typische Fenster für Lunge, Weichteile, Knochen)
  - Dosis: CTDI, DLP, Zusammenhang Dosis.-Bildqualität bei CT
  - Röhrenstrommodulation
  - Artefakte (Ring- und Aufhärtungsartefakt, Partialvolumen-Artefakt)
  - MPR, MIP, Virtuelle Endoskopie, VR (Volume Rendering)

- Prinzipien der EKG Triggerung (prospektiv, retrospektiv)

#### ◇ **Bildgebung mit Ultraschall**

- Schallausbreitung (Schallgeschwindigkeit in Gewebe, Reflexion, Brechung, Streuung; Frequenzen in der Diagnostik)
- Absorption von Ultraschall (Schwächung in Gewebe, biologische Wirkungen)
- Prinzipien der Bildgebung (Echolotverfahren, Dopplereffekt)
- Komponenten eines US-Gerätes (Transducer als Sender und Empfänger, Transducertypen, Arten der Fokussierung, Funktion des Tiefenausgleichs)
- Scanverfahren (Prinzipien von A, B und M-Mode, von CW-, gepulstem-, Duplex-, Colour- und Power-Doppler)
- Charakterisierung eines US-Strahls (axiale und laterale Auflösung, US-Intensität, zeitliche und örtliche Spitzen- und Mittelwerte, Grenzwerte)
- Artefakte (Brechung, Zystenrandschatten, konkave Linsen), multiple Echos (Reverberation, Kometenartefakte), Spiegelartefakte, Absorptionsartefakte, Side-lobe- und Geschwindigkeitsartefakte)
- Auswahlkriterien für Ultraschallköpfe pro Untersuchung, wichtigste Untersuchungs- und Bildparameter für optimale B-Bild-, Doppler- und Farbdoppleruntersuchungen
- Mögliche biologische Wirkung und Risiken

### ❖ **Magnetresonanztomographie**

#### ◇ **Physikalische Prinzipien der Signalformung:**

- Spin, Larmor Frequenz, RF Puls
- T1, T2, T2\*
- Mechanismen der Kontrastentstehung, TR, TE

#### ◇ **Prinzipien der Bildrekonstruktion**

- Schichtselektion
- Frequenzkodierung
- Phasenkodierung
- k-Raum (basale Eigenschaften, k-Raum Füllung)

#### ◇ **Pulssequenzen:**

- Grundlegende Sequenztypen (Spinecho, Gradientenecho, Inversion Recovery, Turbospinecho)
- Scanparameter (FOV, NEX, Matrix, Schichtdicke, Phasenkodierschritte), Flipwinkel, Bandbreite, rectangular FOV, Gap, Signal/Rauschverhältnis)
- Methoden der Gewebeunterdrückung (Fettunterdrückungsmethoden, FLAIR)

◇ **Artefakte:**

- Chemical shift, Suszeptibilitätsartefakt, Aliasing, Bewegungsartefakt

◇ **MR Hardware:**

- Statisches Magnetfeld (Feldstärke, Homogenität, shim)
- Gradienten
- Magnet (Elektromagneten, Supraleitung)
- Spulen (Phased array, Oberflächenspulen, Sende- und Empfangsspulen)

◇ **MR-Sicherheitsaspekte:**

- Statisches Feld
- Gradienten
- RF
- SAR
- Kontraindikationen
- Verhaltensregeln im Umfeld von MRT-Geräten

❖ **Strahlenschutz und Qualitätssicherung**

◇ **Dosisgrößen und grundlegende Begriffe der Strahlenbiologie:**

- Energiedosis (Gray)
- Messmethoden für die Energiedosis (Ionisationskammern, Flächendosisprodukt-Messgeräte, Thermolumineszenzdosimeter)
- Stochastischer und deterministischer Effekt
- Radiobiologische Wirksamkeit (linearer Energietransfer, Strahlengewichtsfaktor q)
- Energiedosis (Gray)
- Äquivalentdosis (Sievert)
- Effektive Dosis (Gewebewichtungsfaktoren, Interpretation)
- Strahlenrisiko und Altersabhängigkeit stochastischer und deterministischer Strahlenschäden

◇ **Praktischer Strahlenschutz:**

- ALARA-Prinzip
- Abstandsquadratgesetz, Aufenthaltsdauer, Abschirmung
- Schutzausrüstung (Bleiäquivalent, Halbwertsschichtdicke)
- Baulicher Strahlenschutz (Überwachungsbereich, Kontrollbereich)

◇ **Gesetzliche Grundlagen**

- Internationale Richtlinien, Standards und EU-Direktiven
- Nationale Gesetzgebung (Strahlenschutzgesetze, -verordnungen)
- Gesetzlich festgelegte Verantwortlichkeiten, der Strahlenschutzbeauftragte
- Ärztliche und physikalische Überwachung des Personals

- Qualitätssicherung (Abnahme- und Konstanzprüfung)

#### ◇ **Strahlenschutz des Patienten**

- Dosisverteilung im Patienten (Eingangs-, Oberflächen- und Austrittsdosis, Organdosis, Dosisverteilung im CT)
- Messung von Patientendosen
- Methoden der Dosisreduktion (Röhrenspannung, Zusatzfilter, Ausgleichsfilter, Bleischürzen, Abstand, DL-Kennlinien)
- Leitlinien für gute Bildgebung
- Konzept von Rechtfertigung und Optimierung
- Typische Dosiswerte wichtiger Untersuchungen (Eintrittsdosen, Dosis-Flächenprodukte, Dosis-Längenprodukte, wichtige Organ- und Effektivdosiswerte)
- Diagnostische Referenzwerte
- Verfahren mit höherem Risiko (Hochdosisverfahren, Schwangere, pädiatrische Radiologie)

#### **Statistik – die Basics**

- Median – Mean
- Datentypen (Nominal-, Ordinal-, Intervaldaten)
- Standardabweichung, Quartilen
- Genauigkeit eines Diagnostischen Tests:
  - Richtig Positive / Negative
  - Falsch Positive / Negative
  - Sensitivität und Spezifität
  - Positiver / Negativer Vorhersagewert
  - Accuracy
- Prävalenz, Inzidenz
- ROC Kurve
- Hypothesentest, statistische Signifikanz, p- Wert
- Statistische Power
- Sample Size
- Konfidenzintervall
- Studienarten (Kohortenstudie, Fall-Kontroll Studie, randomisiert, kontrolliert)

#### **Impressum:**

Eigentümer & Copyright:

Österreichische Röntgengesellschaft

Am Gestade 1

A-1010 Wien

Tel.: +43/1/532 05 07

Email: [office@oerg.at](mailto:office@oerg.at)