

3 Anteriore Schädelbasis

Thomas J. Vogl, Rania Helal

Die anteriore Schädelbasis stellt als knöcherne Begrenzung zwischen dem Nasopharynx einerseits und dem Frontalhirn andererseits eine besondere Herausforderung für die radiologische und klinische Diagnostik dar. Diese Region ist Ursprung einer Reihe von primär ossären Läsionen, ist jedoch häufiger durch Infiltration von Läsionen mit nasopharyngealem oder intrakraniellem Ursprung betroffen.

Die klinische Untersuchung beruht im Wesentlichen auf der Inspektion, Palpation und Probeexzision sowie auf der Funktionsdiagnostik der in dieser Region zur Versorgung gehörenden Hirnnervenstrukturen. Aufgrund der klinisch unzugänglichen Lage der anterioren Schädelbasis werden Läsionen in dieser Region zumeist erst in einem fortgeschrittenen Stadium diagnostiziert und erfordern deshalb eine exakte radiologische Erfassung der Läsionen, um das weitere therapeutische Prozedere zu planen. Das Verständnis der komplexen anatomischen Gegebenheiten dieser Region ist unabdingbar für den exakten Einsatz von bildgebenden Verfahren und die Erfassung differenzialdiagnostischer Kriterien.

Für die Differenzialdiagnostik ist insbesondere die Evaluation von Raumforderungen der Schädelbasis wichtig. Die bildgebende Diagnostik beruht zurzeit im Wesentlichen auf dem Einsatz der CT, seltener der DVT (in der Regel ohne Kontrastmittelapplikation) und der MR-Verfahren. In seltenen Fällen wird sie ergänzt durch angiografische Verfahren auf Basis der nicht invasiven CTA und MRA, selten auch der invasiven Angiografie.

In diesem Kapitel sollen nach der Vorstellung der Topografie und der wesentlichen untersuchungstechnischen Aspekte sowie der vielen Pathologien die wesentlichen Differenzialdiagnosen dieser Region herausgearbeitet werden. Dabei imponieren Raumforderungen der vorderen Schädelbasis als lufthaltige, liquide oder solide Raumforderungen:

- Bei der lufthaltigen Raumforderung erfolgt eine detaillierte, didaktisch ausgerichtete Differenzialdiagnostik, die in Variationen von tumorösen über entzündliche zu posttherapeutischen Diagnosen reicht.
- Die zweithäufigste Differenzialdiagnose der anterioren Schädelbasis umfasst die Evaluation von Raumforderungen mit liquidem Inhalt.
- Ihnen stehen solide Raumforderungen der anterioren Schädelbasis gegenüber, die entweder kranialen oder kaudalen Ursprungs sind.
- Ein weiteres differenzialdiagnostisches Muster umfasst die Sklerosierung mit oder ohne Raumforderung der vorderen Schädelbasis sowie osteolytische Prozesse mit Weichteilkomponenten.

3.1 Topografie

Das Os sphenoidale ist die knöcherne Grundstruktur der anterioren Schädelbasis. Dieses anatomisch komplexe Gebilde formt zum einen den Boden der mittleren Schädelbasis und des parasellären Sinus cavernosus und enthält zum anderen die Hypophyse in der Sella turcica sowie eine Reihe von Neuroforamina mit neurovaskulären Strukturen. Die Form des Os sphenoidale entspricht der Gestalt eines Vogels mit abgespreizten Flügeln. Anatomisch lässt sich das Os sphenoidale in einen Körper (Corpus sphenoidale), 2 nach lateral gerichtete Flügel (Alae minor et major) und 2 nach inferior gerichtete Fortsätze (Processus pterygoidei) unterteilen. Der Corpus

sphenoidale ist kubisch und enthält 2 luftgefüllte Hohlräume, den Sinus sphenoidalis. Die dorsale Begrenzung des Os sphenoidale bildet das Dorsum sellae mit dem jeweils lateral liegenden Processus clinoideus posterior, der als Anheftungsstelle für das Tentorium dient.

Der Sinus sphenoidalis liegt im Corpus sphenoidale und wird in der Regel durch eine sich von kranial nach kaudal erstreckende, dünne Knochenlamelle in 2 luftgefüllte Hohlräume unterteilt. Diese Hohlräume sind häufig asymmetrisch und können sich nach lateral bis in die Alae minor et major bzw. nach laterokaudal bis zum Palatum pterygoideum erstrecken. Der Sinus sphenoidalis steht im anterosuperiore Bereich über 2 Öffnungen, die in den Recessus sphenoethmoidale münden, mit der Fossa nasalis in Verbindung. Nach lateral geht der Corpus sphenoidale in die Alae majores über, die leicht nach kranial ziehen. Diese bilden zum einen den Boden für die anterolateral gelegenen Hirnanteile und enthalten zum anderen eine Reihe von Neuroforamina. Die inferiore Begrenzung bildet den lateralen Teil der Fissura orbitalis inferior und die mediale Begrenzung den lateralen Teil der Fissura orbitalis superior.

Die Alae minores artikulieren mit ihrem posterioren Ende mit dem Orbitadach des Os frontale. Im medioposteriore Anteil befindet sich der Processus clinoideus anterior, der die anteriore Anheftungsstelle für das Tentorium bildet. Eine Durafalte überbrückt den anterioren und medialen Processus clinoideus. Sie kann verkalken und bildet dann das Foramen caroticoclinoidale. Der Canalis opticus mit dem N. (Nervus) opticus und der A. ophthalmica durchquert die mediale Anheftungsstelle des Ala minor am Corpus sphenoidale.

Die dreieckige Fissura orbitalis wird medial durch den Corpus sphenoidale, kranial durch die Ala minor und kaudal durch die orbitale Fläche der Ala major begrenzt. Durch diese Öffnung ziehen die Nn. (Nervi) oculomotorius, trochlearis sowie abducens und die orbitalen Äste der A. meningea media sowie die Sympathikusäste des Plexus caroticus internus, Äste der A. lacrimalis und die V. (Vena) ophthalmica.

Der Processus pterygoideus entspringt jeweils am unteren medialen Anteil der Alae majores und setzt sich dabei aus je einer Lamina medialis und einer Lamina lateralis zusammen, die im anterioren Bereich verschmelzen. Die Fossa pterygoidea liegt als Rinne zwischen den beiden Flächen und dient als Ursprung für den M. (Musculus) pterygoideus medialis. Zusätzlich bildet die Vorderseite des Processus pterygoideus die dorsale Begrenzung der Fossa pterygopalatina. Die Lamina lateralis bildet einen Anteil der medialen Begrenzung der Fossa infratemporalis und dient als Ansatz für den M. pterygoideus lateralis. Die Lamina medialis bildet die laterale Grenze der Fossa pterygoidea, an der der M. pterygoideus medialis ansetzt. Der superiore Anteil der anterioren Begrenzung bildet dabei die posteriore Grenze der Fissura pterygomaxillaris. Die Fascia pharyngobasilaris ist am posterioren Ende der Lamina medialis befestigt, während der M. constrictor pharyngis superior weiter inferior inseriert. Die Lamina medialis mündet inferior in einen hakenartigen Fortsatz, den Hamulus pterygoideus, um den die Sehne des M. tensor veli palatini geschlungen ist.

Tab. 3.1 Neuroforamina der Schädelbasis und ihre neurovaskulären Strukturen.

Foramina	Lokalisation	Nerven	Gefäße
Lamina cribrosa	Fossa cranialis anterior	Nn. olfactorii N. ethmoidalis anterior	A. ethmoidalis anterior V. ethmoidalis anterior
Canalis opticus	Ala minor Os sphenoidale	N. opticus	A. ophthalmica
Fissura orbitalis superior	zwischen der Ala minor und der Ala major	N. oculomotorius (III) N. trochlearis (IV) N. ophthalmicus (V1) N. abducens (VI)	V. ophthalmica superior
Foramen rotundum	Fossa cranialis medialis (inferior der Fissura orbitalis superior)	N. maxillaris (V2)	Arterie des Foramen rotundum V. emissaria
Foramen ovale	Fossa cranialis medialis (lateral der Sella)	N. mandibularis (V3)	R. meningeus accessorius Vv. emissariae
Foramen spinosum	posterolateral des Foramen ovale	R. meningeus	A. meningea media R. meningeus recurrens
Foramen lacerum	Basis der Lamina pterygoidea	N. petrosus major N. petrosus minor	Äste der A. pharyngea ascendens
Canalis pterygoideus (Vidii)	Os sphenoidale (inferomedial des Foramen rotundum)	N. canalis pterygoidei (N. Vidii)	A. canalis pterygoidei (A. Vidii)
Canalis caroticus	Os temporale (petröser Anteil)	Plexus sympatheticus	A. carotis interna
Foramen jugulare	posterolateral des Canalis caroticus	Pars nervosa: N. glossopharyngeus, Jacob-Nerv	–

A. = Arteria

N./Nn. = Nervus/Nervi

R. = Ramus

V./Vv. = Vena/Venae

3.2 Spezifische anatomische Strukturen

3.2.1 Basale Foramina

► Tab. 3.1 und ► Tab. 3.2 geben einen Überblick über die Neuroforamina der Schädelbasis und wie sie bildgebend dargestellt werden können.

Foramen rotundum

Das Foramen rotundum liegt inferior und lateral der Fissura orbitalis superior an der Basis der Ala major des Os sphenoidale. Die mediale Begrenzung des Foramens befindet sich in der lateralen Wand des Sinus sphenoidal. Jedoch kann in manchen Fällen auch das gesamte Foramen im Sinus sphenoidal liegen. Das Foramen rotundum verläuft leicht schräg von kraniomedial nach kaudolateral. Es verbindet die mittlere Schädelgrube mit der Fossa pterygopalatina und enthält den N. maxillaris und die Vv. (Venae) emissariae.

Der N. maxillaris versorgt sensibel die Haut des Mittelgesichts. Die Arterie des Foramen rotundum entspringt in der Fossa pterygopalatina als terminaler Ast der A. maxillaris interna und verläuft zusammen mit dem N. maxillaris. Dieses Gefäß ist eine wichtige Anastomose zwischen den kavernösen Ästen der A. carotis interna und der A. maxillaris interna.

Dieses Foramen kann optimal mittels frontaler CT-Schichtungen dargestellt werden.

Tab. 3.2 Topografische Beurteilbarkeit von Neuroforamina mittels unterschiedlicher bildgebender Verfahren.

Neuroforamina	Techniken und Schichtorientierung
Lamina cribrosa	CT, axial und frontal Tomografie, a.-p. und seitlich
Canalis opticus	CT, axial und frontal MRT, axial und frontal Aufnahme nach Rhese
Fissura orbitalis superior	CT, axial und frontal Tomografie, a.-p. und seitlich
Foramen rotundum	CT, frontal Nasennebenhöhlen, okzipitofrontal Schädelaufnahme, p.-a.
Canalis pterygoideus	CT, axial und frontal Tomografie, a.-p.
Foramen ovale	CT, axial und frontal MRT, frontal Schädelaufnahme, axial
Foramen spinosum	CT, frontal
Foramen lacerum	CT, axial und frontal MRT, axial und frontal

a.-p. = anteroposterior

CT = Computertomografie

MRT = Magnetresonanztomografie

p.-a. = posteroanterior

Foramen ovale

Das Foramen ovale, durch das der N. mandibularis, die A. meningea accessoria und die Vv. emissariae ziehen, ist im medialen Anteil des Ala major lokalisiert. Die intrakranielle Öffnung liegt posterolateral des Foramen rotundum, während die extrakranielle Öffnung an der Basis der Lamina lateralis zur Darstellung kommt.

Der N. mandibularis enthält sowohl sensible als auch motorische Fasern und versorgt die Mm. (Musculi) masseter, temporalis sowie pterygoidei motorisch und die Haut über der Temporalregion, des unteren Gesichts, der Lippen, der Mandibula, des temporomandibularen Gelenks sowie auch einen Teil der Dura sensibel.

Die A. meningea accessoria entspringt entweder direkt von der A. meningea media oder von der A. maxillaris interna unmittelbar distal der A. meningea media. Sie verläuft anterior des N. mandibularis durch das Foramen und versorgt den Pharynx und die Eustachi-Röhre.

Das Foramen ovale kann sowohl mittels axialer als auch mittels frontaler CT-Schichtungen abgebildet werden. Dabei können nicht nur interindividuelle, sondern auch im Seitenvergleich intraindividuelle Größenschwankungen des normalen Foramendurchmessers beobachtet werden. Läsionen, die sich durch das Foramen ovale ausbreiten, können mit der frontalen MRT am sichersten erfasst werden.

Foramen spinosum

Das Foramen spinosum verbindet die Fossa cranialis medialis mit der Fossa infratemporalis und liegt im posteromedialen Anteil des Ala major. Dabei befindet sich die intrakranielle Öffnung des Forams posterolateral des Foramen ovale und die extrakranielle Mündung anterolateral der Eustachi-Röhre. Durch dieses Foramen ziehen die A. und V. meningea media und der R. (Ramus) meningeus des N. mandibularis.

Die A. meningea media entspringt vom proximalen Anteil der A. maxillaris interna und verläuft durch das Neuroforamen zur Schädelbasis. In seltenen Fällen entspringt die A. meningea media auch direkt von der A. ophthalmica, sodass ein verkleinertes Foramen spinosum zur Darstellung kommt oder gar kein Foramen angelegt ist.

Eine optimale Darstellung dieses Foramens gelingt mittels frontaler CT und MRT.

Foramen lacerum

Der extrakranielle Anteil dieses Neuroforamens ist knorpelig überzogen (Fibrocartilago basalis). Das Foramen lacerum ist an der Basis der Lamina medialis lokalisiert und wird anterolateral durch die Ala major, posterior durch den petrosen Apex und medial vom Corpus sphenoidale und vom Basiokziput begrenzt. Die Öffnung des Canalis pterygoideus liegt weiter posterior im anterioren Anteil des Foramen lacerum.

Die A. carotis interna läuft nicht, wie früher angenommen, durch dieses Foramen, sondern liegt auf dem intrakraniellen, knorpeligen Überzug. Ein inkonstanter meningealer Ast der A. pharyngea ascendens sowie die Nn. petrosi major und minor durchdringen den knorpeligen Überzug und sind somit die einzigen Strukturen dieses Neuroforamens.

Das Neuroforamen kann mittels axialer und frontaler CT oder MRT abgebildet werden.

3.2.2 Canalis pterygoideus

Der Canalis pterygoideus liegt an der Basis des Flügelfortsatzes unterhalb und medial des Foramen rotundum im Corpus sphenoidale und verbindet die Fossa pterygopalatina mit dem Foramen lacerum. In seltenen Fällen kann er auch im Boden des Sinus sphenoidale verlaufen. Durch ihn ziehen die A. Vidii und der N. canalis pterygoidei, eine Verlängerung des N. petrosus major nach seiner Vereinigung mit dem N. petrosus profundus. Nach dem Verlassen des Kanals zieht der Nerv zum Ganglion pterygopalatinum und versorgt vegetativ die Glandula lacrimalis sowie die Mukosa der Nase, des Pharynx und des Gaumens.

Die A. Vidii, ein terminaler Ast der A. maxillaris interna, entspringt in der Fossa pterygopalatina, zieht um das Foramen spheno-palatina und verläuft zusammen mit dem N. Vidii durch den Canalis pterygoideus. Aufgrund der Nähe zum Foramen lacerum stellt die A. Vidii eine wichtige Kollaterale zur A. carotis interna dar.

3.2.3 Sella turcica

Die knöcherne Sella wird vom Keilbein gebildet. Ihre Begrenzungen sind beidseits lateral die Sinus cavernosi, dorsal das Dorsum sellae des Klivus. Der Boden der Sella wird vom Dach der Keilbeinhöhle gebildet. Die Gefäßversorgung wird durch 2 Arterien aus der A. carotis interna (Aa. hypophysiales superior und inferior) sowie über ein komplexes Portalgefäßsystem sichergestellt. Der venöse Abfluss verläuft über den Sinus cavernosus. Der Hypophyse benachbarte Strukturen sind rostral das Chiasma opticum, kaudal die Keilbeinhöhle und beidseits lateral der Sinus cavernosus.

Durch den Sinus cavernosus ziehen die A. carotis interna und der N. abducens. In seiner lateralen Wand verlaufen der N. oculomotorius, der N. trochlearis, der N. ophthalmicus und basal der N. maxillaris.

3.2.4 Sinus cavernosus

Der Sinus cavernosus liegt beidseits lateral im Corpus sphenoidale und reicht von der Spitze der Fissura orbitalis anterior bis zum Apex petrosus dorsal. Die Größenausdehnung beträgt ca. 2×1 cm. Der Sinus cavernosus wird von der A. carotis interna durchzogen, die in einem bindegewebigen Geflecht liegt und von einem sympathischen Plexus umgeben ist. Der N. abducens liegt ebenfalls im Sinus cavernosus und verläuft inferolateral zur A. carotis interna. Dagegen verlaufen (in der Reihenfolge von kranial nach kaudal) der N. oculomotorius, der N. trochlearis, der N. ophthalmicus und der N. maxillaris in der lateralen Wand des Sinus cavernosus. Dabei sind die einzelnen Nerven bindegewebig eingehüllt und zusätzlich durch Endothel vom venösen Blut im Sinus cavernosus getrennt.

Die Sella (kranial) und der Sinus sphenoidale (kaudal) sind beide medial des Sinus cavernosus gelegen. Die Meckel-Höhle mit dem Ganglion trigeminale befindet sich am posteroinferioren Anteil des Sinus cavernosus.

Der venöse Zustrom in den Sinus cavernosus erfolgt zum Teil über die V. ophthalmica sowie über die Vv. cerebri superficialis, media und inferior. Die Drainage verläuft über den Sinus petrosus superior in den Sinus transversus sowie über den Sinus petrosus inferior in die V. jugularis interna. Zusätzlich findet ein Abstrom des venösen Blutes über Venen statt, die durch das Foramen spheno-ideal in den venösen Plexus pterygoideus ziehen, über die Vv. emissariae des Foramen ovale und lacerum sowie über die V. ophthalmica in die V. facialis. Beide Sinus cavernosi stehen miteinander über den Plexus basalis auf dem Klivus sowie über anteriore und posteriore Sinus intercavernosi in Verbindung.

Der Blutfluss durch den Sinus cavernosus wird zum einen durch Pulsationen der A. carotis interna und zum anderen durch Gravitationseffekte bei unterschiedlicher Kopfneigung beeinflusst.

3.2.5 Klivus

Der Klivus als Teil der Schädelbasis liegt zwischen dem Foramen magnum und dem Dorsum sellae. Anterolateral wird der Klivus durch die Fissura petrooccipitale und weiter posterior durch die Synchondrose zwischen dem basiokzipitalen und dem exokzipitalen Anteil des Os occipitale begrenzt. Die obere anteriore Grenze des Kливus geht in den Corpus sphenoidale und den Sinus sphenoidale über. Dagegen zieht die untere Begrenzung nach posteroinferior und verbindet sich mit dem anterioren Anteil des Foramen magnum. Die extrakranielle Begrenzung des Kливus bildet der Nasopharynx.

Der Sinus petrosus inferior verläuft entlang der unteren lateralen Begrenzung des Kливus. Auf der endokraniellen Fläche des Kливus befindet sich ein venöser Plexus; zudem weist diese Fläche eine enge topografische Beziehung zur Pons und zur Medulla oblongata auf.

3.3 Spezifische Untersuchungsverfahren

Die bildgebende Diagnostik umfasst die konventionelle Röntgendiagnostik in okzipitomittler und okzipitofrontaler Technik, in Einzelfällen auch zusätzlich eine Schädelaufnahme p.-a. und seitlich. Heute wird auch die CT in frontaler und axialer Schichtorientierung nativ und nach Applikation von intravenösem Kontrastmittel eingesetzt. Für die Darstellung der Weichteilstrukturen der Schädelbasis hat sich die MRT als Methode der ersten Wahl durchsetzen können. In Einzelfällen werden bei bestimmten, insbesondere tumorösen Fragestellungen angiografische Techniken angewendet sowie vereinzelt nuklearmedizinische Verfahren, z.B. die Liquorraumszintigrafie.

In diesem Kapitel soll auf die Differenzialdiagnostik von Läsionen der anterioren Schädelbasis anhand der bildmorphologischen Kriterien eingegangen werden. Das Erscheinungsbild einer Läsion in einem bildgebenden Verfahren ist dabei die Grundlage für die Erarbeitung der letztendlichen Diagnose und ihrer Differenzialdiagnosen.

3.3.1 Ultraschall

Die Ultraschalluntersuchung dieser Region ist nur eingeschränkt möglich und dient der Beurteilung der Nasennebenhöhlen. Der posteriore Anteil des Sinus ethmoidalis und der Sinus sphenoidalis sind mit dieser Methode jedoch nicht, der anteriore Anteil des Sinus ethmoidalis und des Sinus frontalis nur eingeschränkt beurteilbar. Zum Einsatz kommt in der Regel der eindimensionale, amplitudenmodulierte Ultraschall (A-Scan) mit einem 3,5- bis 5-MHz-Schallkopf.

Mit dieser Methode lassen sich Schleimhautschwellungen, Sekretbildungen, Zysten, Zelen und Tumoren der Nasennebenhöhlen beurteilen. Weniger detaillierte Befunde können auch ohne räumliche Darstellung wie in der konventionellen Röntgenaufnahme erhoben werden. Indikationen des Ultraschalls in dieser Region sind akute und chronische Erkrankungen der Nasennebenhöhlen, die Verlaufskontrolle unter Therapie sowie die Untersuchung von Kindern und Schwangeren.

3.3.2 Konventionelle Röntgenaufnahmen

Die konventionellen Röntgentechniken in der Region der Schädelbasis sind durch die Verfügbarkeit von CT und MRT zunehmend in den Hintergrund gerückt worden. Primäre Indikationen für die Anfertigung von konventionellen Röntgenaufnahmen stellen jedoch nach wie vor traumatische Fragestellungen und Entzündungen der Nasennebenhöhlen dar. Darüber hinaus liefern Spezialaufnahmen bei bestimmten Fragestellungen zusätzliche Informationen; sie werden heute ergänzend zu den Schnittbildverfahren angefertigt. Bei Fragestellungen nach tumorösen Raumforderungen und ihrer Ausdehnung spielt die konventionelle Tomografie heute keine Rolle mehr, da sie die exakte Tumorausdehnung nur unzureichend oder gar nicht erfassen kann. Zudem bedeutet sie im Vergleich zur CT eine unverhältnismäßig höhere Strahlenbelastung für den Patienten.

In ▶ Tab. 3.3 sind die wesentlichen Röntgentechniken im Bereich der anterioren Schädelbasis mit ihren Fragestellungen zusammengefasst.

Tab. 3.3 Konventionelle Röntgentechniken und ihre Indikationen bei Fragestellungen der Schädelbasis.

Techniken	Indikationen
Schädel p.-a. und seitlich	Beurteilung des knöchernen Schädels und der knöchernen Begrenzungen der Nasennebenhöhlen, der Orbita und der anterioren Schädelbasis (z. B. bei Verdacht auf Frakturen, Tumoren)
Gesichtsschädel seitlich	Beurteilung der ventrodorsalen Tumorausdehnung
Nasennebenhöhlen okzipitomittler (nach Walter)	Beurteilung von Kiefer- und Keilbeinhöhle
axiale Aufnahme nach Welin	Beurteilung von Stirnhöhle und Siebbeinzellen
Sellazielaufnahme	Beurteilung von Pyramidenspitzen, Labyrinth
Aufnahme nach Rhese	exaktere Beurteilung des dorsalen Orbitabereichs und des Canalis n. optici mit angrenzenden Strukturen
Tomografie seitlich und a.-p.	Beurteilung von <ul style="list-style-type: none"> • umschriebenen Knochendefekten und umschriebener Knochenausdünnung • Knocheneinschlüssen (Zysten, retinierten Zähnen) • Verlagerung der Wände der Nasennebenhöhlen • knochen- oder kalkdichter Wandaufflagerung

a.-p. = anteroposterior

n. = nervi

p.-a. = posteroanterior

3.3.3 Computertomografie

Die CT-Untersuchung der anterioren Schädelbasis erfolgt in der Regel mit einer Serie von transversalen Schichten in ca. 15°- bis 20°-Neigung zur orbitomeatalen Linie. Zusätzlich kann eine Untersuchung in semifrontaler Schichtorientierung mit maximal retroflektiertem Kopf des Patienten durchgeführt werden. Angestrebt wird dabei, dass die Schichtebene die orbitomeatale Linie im ca. 70°-Winkel kreuzt, d.h. senkrecht zum Klivus liegt. Sollte eine Reklination des Kopfes nicht möglich sein oder Zahnfüllungen aus Amalgam die Bildqualität zu sehr beeinträchtigen, können auch frontale Rekonstruktionen aus dünnen, axialen Aufnahmen angefertigt werden.

Die Dokumentation der Aufnahmen sollte in Weichteilfenster- und, je nach Fragestellung oder Befund, auch in Knochenfenster-technik erfolgen. Bei der Frage nach knöchernen Läsionen sollte zudem ein hochauflösender Knochenalgorithmus mit einem erweiterten Fenster (ca. 4000 HE) zum Einsatz kommen. Die Schichtdicke beträgt in der Regel 1–4 mm. Die axiale CT-Untersuchung dieser Region sollte vom Foramen magnum bis zu den suprasellären Zisternen reichen. Bei der Fragestellung nach Weichteilraumforderungen ist eine intravenöse Kontrastmittelapplikation notwendig.

Die wesentlichsten Vorteile der CT-Untersuchung in dieser Region im Vergleich zu den konventionellen Verfahren sind

- die überlagerungsfreie Darstellung von knöchernen Strukturen,
- eine deutliche Abgrenzbarkeit und Differenzierbarkeit von Weichteilstrukturen sowie
- die Möglichkeit sekundärer Rekonstruktionen zusätzlicher Ebenen bzw.
- einer 3-D-Darstellung des untersuchten Bereichs.

3.3.4 Magnetresonanztomografie

Für die Darstellung der anterioren Schädelbasis wird routinemäßig eine Kopfspule eingesetzt. Bei bestimmten Fragestellungen und erforderlicher hoher Ortsauflösung kann auch eine Helmholtz-Oberflächenspule verwendet werden.

Die Standarduntersuchung dieser Region erfolgt nach einer Übersichtssequenz in 3 Ebenen (Scout) mit T2w und T1w Sequenzen in axialer Schichtorientierung. Dabei hat sich eine Parameterkonstellation von TR = 3 000 ms und TE = 22–90 ms (Doppelecho) für die T2w und von TR = 700 ms und TE = 5 ms für die T1w Sequenz bewährt. Die Schichtdicke sollte 3–5 mm betragen. Nach der Applikation des Kontrastmittels Gadolinium-DTPA mit einer Standarddosis von 0,1 mmol/kg Körpergewicht wird die T1w Sequenz mit den gleichen Parametern wie bei der nativen Untersuchung wiederholt. Zusätzlich kommen nun T1w Sequenzen in frontaler und – in Abhängigkeit von der Fragestellung und dem Befund – auch in sagittaler Schichtorientierung zum Einsatz.

Je nach der Fragestellung und dem Befund in der nativen Untersuchung können zudem sog. Spezialsequenzen zum Einsatz kommen und diagnostische Mehrinformationen liefern. Dabei sind insbesondere die native arterielle und venöse MRA, eine Dynamiksequenz zur Erfassung der Kontrastmittelanflutung und die Fettunterdrückungssequenz vor und nach Kontrastmittelapplikation von Bedeutung:

- Mit der arteriellen und venösen MRA ist es möglich, den Verlauf der großen Gefäße dieser Region darzustellen und Aussagen zur Topografie von Tumor und Gefäß zu erhalten bzw. eine tumorbedingte Gefäßverlagerung, -kompression oder -pathologie (z.B. Fistelbildung, Aneurysma) nachzuweisen. In seltenen Fällen gelingt zudem die Darstellung der tumorversorgenden Gefäße.

- Mit der Kontrastmitteldynamik kann eine Aussage über den Vaskularisationsgrad einer Läsion getroffen werden. Das ermöglicht eine weitere Eingrenzung der Differenzialdiagnosen.
- Der Einsatz der Fettunterdrückungssequenz nach Kontrastmittelapplikation erweist sich als äußerst hilfreich für die Darstellung des Infiltrationsausmaßes einer Läsion in benachbarte Weichteilstrukturen.

Anatomisch sollten sich die axialen Aufnahmen von den suprasellären Zisternen bis zum Nasopharynx erstrecken, während die frontalen Aufnahmen vom anterioren Sinus frontalis bis zum Foramen magnum reichen sollten.

Der verbesserte Weichteilkontrast wie auch die multiplanare Schichtführung begründen die Überlegenheit der MRT in dieser Region.

T1-gewichtete Sequenzen

Diese Sequenztechnik erlaubt die Beurteilung der Tumorlokalisierung, der Morphologie, der Binnenstrukturen und der Verdrängung von benachbarten Strukturen. Dies schließt auch die Interpretation von strukturellen Veränderungen des hypointensen Liquor- und Ventrikelsystems mit ein.

T2-gewichtete Sequenzen

Diese Sequenztechnik ermöglicht vor allem die Charakterisierung pathologischer Gewebestrukturen und entzündlicher Veränderungen. Das betrifft in erster Linie die Differenzierung solider von zystischen Tumorkomponenten sowie die Erfassung von regressiven Veränderungen bei extraaxialen Tumoren. Bei Verwendung von stark T2w Sequenzen gelingt in ca. ¾ der Fälle eine Abgrenzung des Tumor vom umgebenden Ödem aufgrund der unterschiedlichen Signalintensitäten. Zusätzlich kommt dieser Sequenz ein hoher Stellenwert bei der Evaluierung von Tumorrezidiven bzw. -residualgewebe nach der Therapie zu.

T1-gewichtete Sequenzen nach Kontrastmittelapplikation

Insgesamt wird durch die Applikation des paramagnetischen Kontrastmittels Gadolinium-DTPA die Differenzierung des Tumors von den umgebenden Strukturen signifikant verbessert. Dieses Kontrastmittel vermag eine pathologische Blut-Hirn-Schranke zu permeieren und führt dann zu einer Reduktion der T1-Relaxationszeit von Tumoren. Alle extraaxialen wie axialen Läsionen der Schädelbasis können so diagnostisch exakt erfasst und klassifiziert werden.

3.3.5 Nuklearmedizinische Untersuchungstechniken

Nuklearmedizinische Untersuchungstechniken wie die Skelettszintigrafie spielen in dieser Region bei der Frage nach einer lokalisierten oder generalisierten Beteiligung ossärer Strukturen durch primäre und sekundäre Läsionen eine wesentliche Rolle. Darüber hinaus können spezielle Techniken wie die Immunszintigrafie Aufschluss über die Tumorphistologie geben oder werden wie bei der Liquorraumszintigrafie eingesetzt, um eine Fistelbildung zu lokalisieren.

Skelettszintigrafie

Bei den knochenbildenden Systemerkrankungen und Tumoren kommt es 2–6 h nach einer intravenösen Injektion von ^{99m}Tc -MDP ($\text{Tc} = \text{Technetium}$, $\text{MDP} = \text{Methyldiphosphonat}$) zu einer meist intensiven Anreicherung des Radionuklids. Diese ist zwar artunspezifisch, aber deutlich sensitiver als röntgendiagnostische Verfahren insbesondere bei der Diagnostik einer Osteomyelitis. Bei entsprechender klinischer Symptomatik und noch negativen Röntgenaufnahmen ist die Skelettszintigrafie indiziert. Darüber hinaus eignet sie sich für die Verlaufskontrolle einer Osteomyelitis sowie auch von therapierten Malignomen mit ossärer Beteiligung. Im Fall eines Rezidivs kann mit ihr bereits frühzeitig eine erneute Aktivitätszunahme in gleicher oder anderer Lokalisation dokumentiert werden. Diese stellt dabei einen unspezifischen bildgebenden Befund dar.

Eine Aktivitätsanreicherung findet sich vor allem bei Knochendestruktionen durch maligne Tumoren, Knochenmetastasen, systemische maligne Erkrankungen (Lymphom, eosinophiles Granulom), benigne Knochentumoren (Osteom, Osteochondrom), Morbus Paget und fibröse Knochendysplasie sowie bei entzündlichen Veränderungen (Osteomyelitis, Sinusitis mit reaktiver Knochenbeteiligung). Eine mäßig erhöhte Aktivität kann jedoch auch posttherapeutisch noch nach vielen Jahren beobachtet werden.

Imunszintigrafie

Tumoren wie z.B. das Neuroblastom können mit radioaktiv markierten Metaboliten oder Antimetaboliten szintografisch nachgewiesen werden. Dabei kommt u.a. das Derivat des Guanethidins, MIBG (Metajodbenzylguanidin), zum Einsatz. Es handelt sich dabei um spezifische Tumornachweismethoden.

Liquorraumszintigrafie

Diese Untersuchung wird bei der Diagnostik von primären (durch Trauma) oder sekundären (iatrogenen) Liquorfisteln eingesetzt. Nach intrathekaler Applikation der radioaktiven Substanz wird seitengrenzt gemessen und die Aktivitätsanreicherung wird dokumentiert. Bei Vorliegen einer Fistel kann über der betroffenen Seite eine Aktivitätsvermehrung verzeichnet und durch Aktivitätsmessungen des abtropfenden Liquors bestätigt werden.

3.4 Spezifische Befunde

In diesem Kapitel sollen zunächst die wichtigsten Pathologien der anterioren Schädelbasis vorgestellt werden. Dabei erfolgt die Gliederung nach der Morphologie der Läsion unter Miteinbeziehen differenzialdiagnostischer Überlegungen. Das Spektrum der Läsionen der anterioren Schädelbasis reicht von kongenitalen Missbildungen und Variationen über Tumormanifestationen und traumatisch induzierte bis hin zu posttherapeutisch bedingten Veränderungen.

Die Gesichtsschädelregion mit dem oberen Ausläufer der Schädelbasis stellt eines der wesentlichen Merkmale der individuellen Persönlichkeit dar. Abweichungen von der Norm sind dort besonders auffällig. Im Rahmen bildgebender Verfahren unter Berücksichtigung klinischer Daten müssen mögliche Formveränderungen exakt dokumentiert und beschrieben werden.

Die klinische Symptomatik bei Pathologien der anterioren Schädelbasis ist häufig unspezifisch und beruht im Wesentlichen auf morphologischen Symptomkonstellationen. Dabei ist die Formveränderung des Gesichts im Bereich der supraorbitalen Abschnitte das auffälligste Symptom. Mögliche Ursachen sind folgende:

- Missbildungen, Tumoren,

- Gesichtsschwellungen,
- Hautveränderungen im Gesichtsbereich,
- Lähmungen im Gesichtsbereich,
- motorische Lähmungen,
- Funktionsstörungen und sensible Lähmungen,
- Schmerzen im Schädelbasisbereich,
- Hals-Nasen-Ohren-Erkrankungen,
- Zahn-Kiefer-Erkrankungen,
- Neuralgien,
- endokranielle Ursachen.

Die Pathologie der anterioren Schädelbasis kann von Missbildungen über Tumoren, Formveränderungen, Entzündungen, Degenerationen, vaskuläre Läsionen und Traumata bis hin zu Therapiefolgen reichen. In der Reihenfolge der zunehmenden Häufigkeit kommen folgende Erkrankungen vor:

- Missbildungen,
- Tumoren,
- Entzündungen.

Grundlagen der exakten Evaluierung einer Läsion der anterioren Schädelbasis sind neben der Anamnese die klinische Untersuchung und der Einsatz der Rhinoskopie. Die weiterführende Diagnostik umfasst neben der Bestimmung der Blutwerte und evtl. einer Liquordiagnostik vor allem den Einsatz bildgebender Verfahren, da die direkte visuelle Beurteilung in dieser Region nur bedingt möglich ist. Dies gilt insbesondere für die Beurteilung von therapieinduzierten Veränderungen und die Fragestellung nach einem Tumorrezidiv.

3.4.1 Läsionen kranialen Ursprungs

Tumoröse Raumforderungen kranialen Ursprungs sind häufiger Enzephalozelen oder primär vorliegende Arachnoidalzysten. Bei den primären Tumoren stehen Tumoren im Vordergrund, die von den Hirnhäuten ausgehen, wie die Dermoidzyste oder das Meningeom. Weitere dort vorkommende Tumoren sind das Kraniopharyngeom oder das Hypophysenadenom, das Neurinom oder das Ästhesiointerneuroblastom. Entzündliche tumoröse Prozesse sind häufig Mukozelen. Ein Hämatom kann traumatisch bedingt oder iatrogen sein.

Kongenitale Missbildungen

Die häufigsten Missbildungen im Bereich der Schädelbasis betreffen mediane oder laterale Spaltbildungen sowie Dysplasien im Bereich des Os frontale. Weitere Missbildungsformen sind kraniomandibulofaziale Dysostosen, Kraniostenosen, otomandibuläre und otopalatinodigitale Missbildungen (► Tab. 3.4). Aufgabe der bildgebenden Diagnostik ist es dort, die Morphologie zu beschreiben, die betroffenen ossären Strukturen zu identifizieren sowie die Lagebeziehungen zu vaskulären und nervalen Strukturen festzuhalten.

Kraniostenose

Kernaussagen



Die Diagnostik von Kraniostenosen und Kraniosynostosen beruht heute im Wesentlichen auf dem Einsatz der CT mit 3-D-Rekonstruktion der Oberfläche. Häufig werden noch zusätzlich Schädelaufnahmen angefertigt.

Tab. 3.4 Synopsis der Missbildungen der vorderen Schädelbasis.

Befunde	Morphologie in der CT	Morphologie in der MRT
Kraniostenose	ossäre Läsion, ggf. ossäre Auftreibung	erschwere Differenzierung
Arachnoidalzyste	Dichte äquivalent zu Liquor, ggf. ossäre Destruktion	Signalintensität äquivalent zu Zysten
Meningozele	zentral überwiegend hypodens (Dichte äquivalent zu Liquor); ossäre Läsion	Weichteilraumforderung; zentral Signalintensität äquivalent zu Zysten
Enzephalozele	zentral überwiegend isodens (Dichte äquivalent zu Hirnparenchym); ossäre Läsion	Weichteilraumforderung; zentral überwiegend hirnparenchymäquivalente Signalintensität

CT = Computertomografie

MRT = Magnetresonanztomografie

Definition

Bei den Kraniostenosen oder Kraniosynostosen handelt es sich um einen vorzeitigen Verschluss der Schädelnähte.

Pathophysiologie und Ätiologie

Unterteilt wird dieses Missbildungssyndrom in primäre und sekundäre Kraniostenosen. Die sekundären Formen sind dabei häufig Begleiterscheinungen einer primären hämatologischen, metabolischen oder ossären Erkrankung bzw. in selten Fällen auch iatrogen induziert, wie z.B. nach Shunt-Anlagen bei einem Hydrozephalus.

Demografie

Kraniostenosen oder Kraniosynostosen treten im Normalfall um das 3. Lebensjahr auf. Dabei ist das männliche Geschlecht ca. viermal häufiger betroffen als das weibliche.

Klinik, Therapie und Prognose

Je nach Art der vorzeitigen Verknöcherung von Schädelnähten entstehen unterschiedliche Formen der Missbildung wie z.B. der Brachyzephalus (Frontalnaht und Lambdanaht) und der Plagiozephalus (unilateral Frontalnaht und Lambdanaht).

Bildgebung

Bildgebung



- Konventionelles Röntgen: Es werden Schädelübersichtsaufnahmen in 2 Ebenen angefertigt.
- CT: Neben den Schädelübersichtsaufnahmen in 2 Ebenen ist vor allem die High-Resolution-CT mit 3-D-Rekonstruktion der Kalottenoberfläche von entscheidender Bedeutung (► Abb. 3.1, ► Abb. 3.2 und ► Abb. 3.3).
- MRT: Die MRT wird nur bei zusätzlichen Weichteilveränderungen bzw. -missbildungen eingesetzt.

Differenzialdiagnose

Differenzialdiagnosen



Es ist keine relevante Differenzialdiagnose von Kraniostenosen bzw. Kraniosynostosen bekannt.

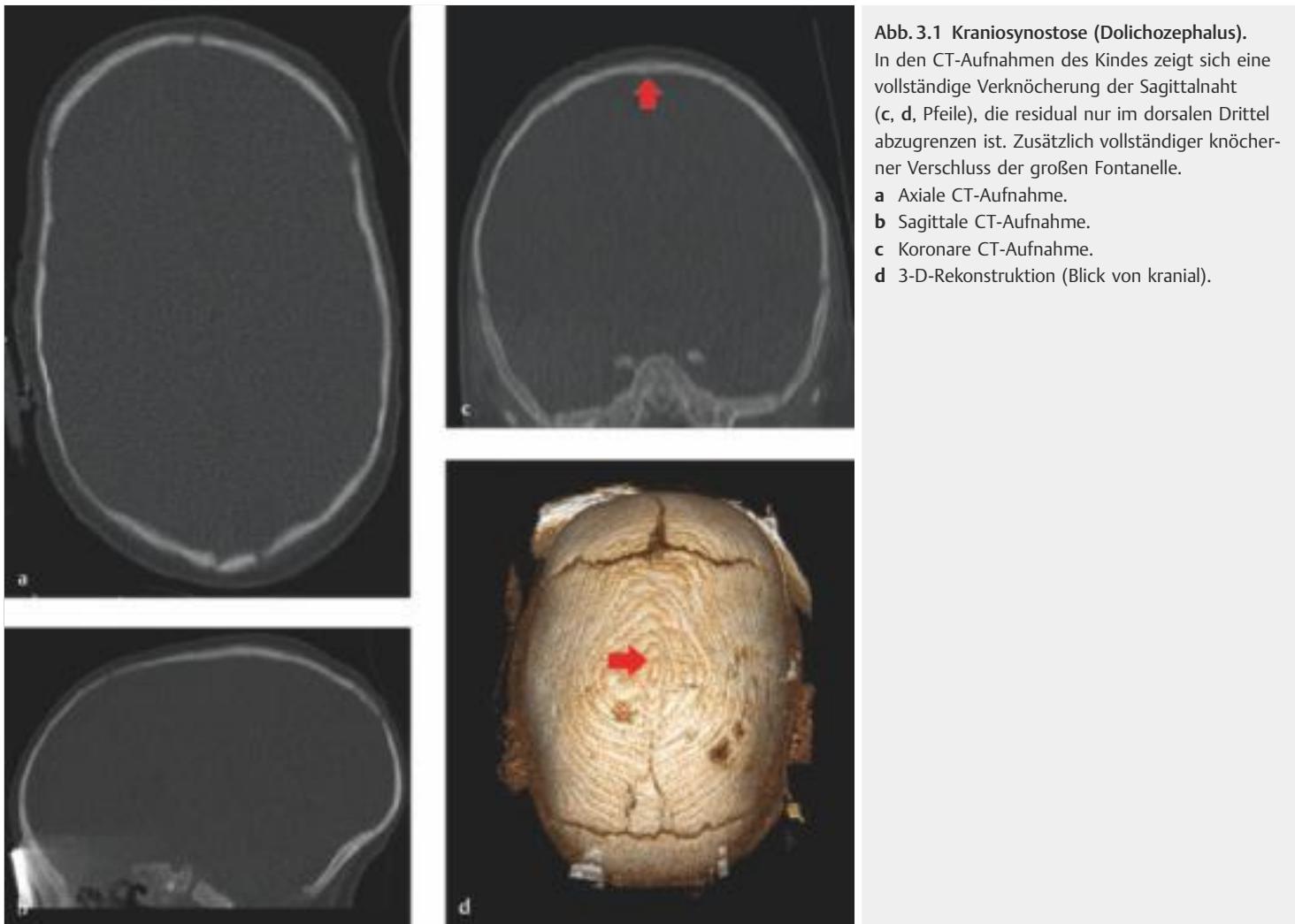


Abb. 3.1 Kraniosynostose (Dolichocephalus).
In den CT-Aufnahmen des Kindes zeigt sich eine vollständige Verknöcherung der Sagittalsuture (c, d, Pfeile), die residual nur im dorsalen Drittel abzugrenzen ist. Zusätzlich vollständiger knöcherner Verschluss der großen Fontanelle.

- a Axiale CT-Aufnahme.
- b Sagittale CT-Aufnahme.
- c Koronare CT-Aufnahme.
- d 3-D-Rekonstruktion (Blick von kranial).

Arachnoidalzyste

Kernaussagen

Die Arachnoidalzyste stellt einen häufigen Zufallsbefund im Bereich der Schädelbasis dar und zeigt typische Signalveränderungen in der CT und der MRT.



Definition

Bei der Arachnoidalzyste handelt es sich um eine entwicklungsbedingte Abnormalität des Subarachnoidalraums.

Pathophysiologie und Ätiologie

Diese Läsionen können sich während der antenatalen Entwicklung progressiv ausdehnen und sind überwiegend in der mittleren Fossa cranialis lokalisiert. Der exakte Mechanismus der Entstehung ist bislang unbekannt, obwohl eine Vielzahl von Theorien existiert.

Demografie

Es handelt sich um eine häufige Fehlbildung.

Klinik, Therapie und Prognose

Häufig ist das Vorliegen von Arachnoidalzysten mit keiner klinischen Symptomatik assoziiert. Lediglich bei großen Zysten kann es zu sekundären Nerven- oder Gefäßkompressionen oder Verlagerungen von zerebralen Leitstrukturen kommen.

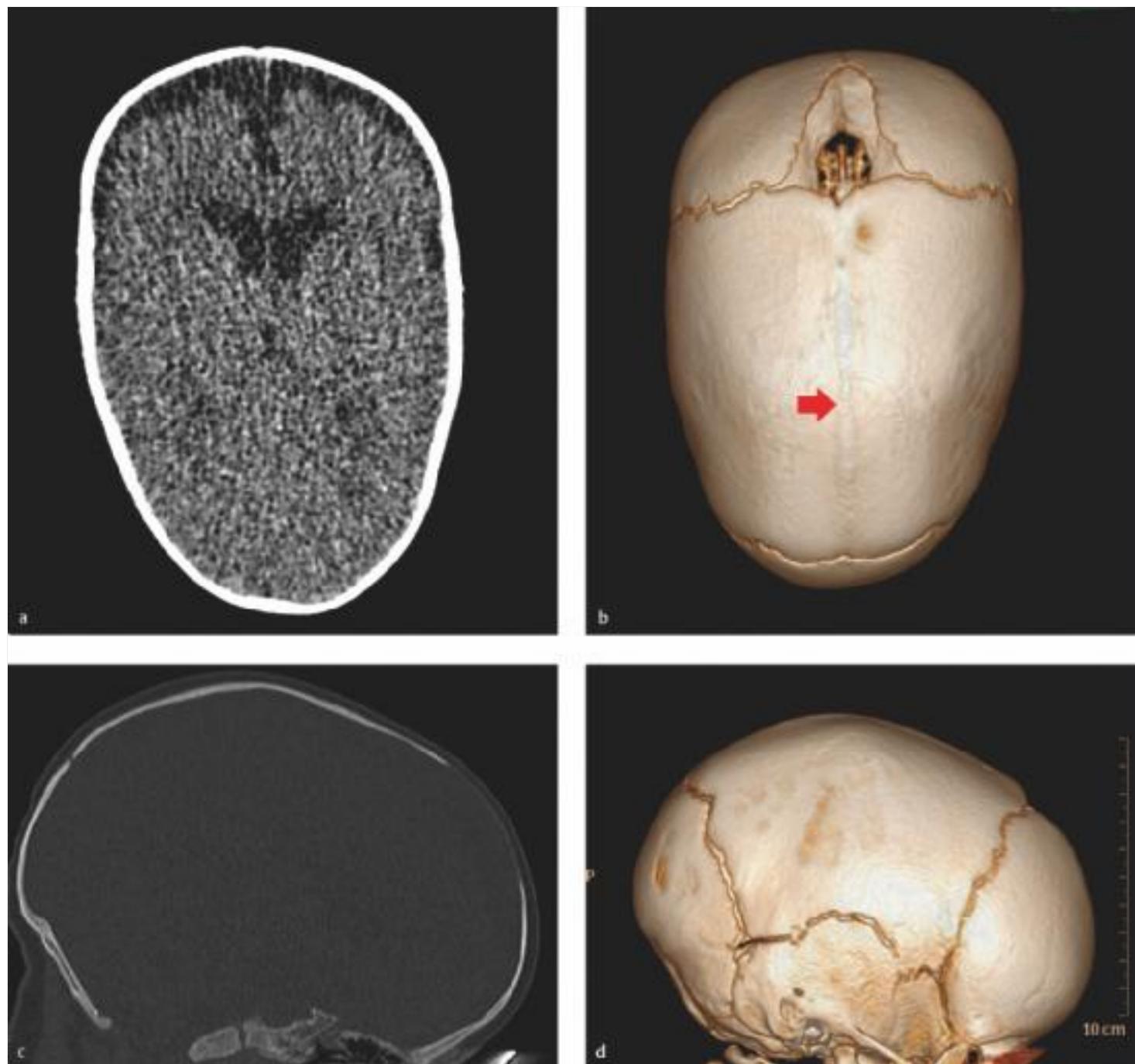


Abb. 3.2 Kraniosynostose (Dolichocephalus). Die CT-Aufnahmen dieses Kindes zeigen eine vorzeitige Ossifikation der Sagittalsuture (b, Pfeil). Sutura coronalis, Sutura lambdoidea und Sutura squamosa sind offen.

- a Axiale CT-Aufnahme.
- b 3-D-Rekonstruktion (Blick von kranial).
- c Sagittale CT-Aufnahme.
- d 3-D-Rekonstruktion (Blick von lateral).

Bildgebung

Sowohl in der CT als auch in der MRT kommen diese Läsionen mit einer Signalintensität ähnlich der von intraventrikulärer Flüssigkeit zur Darstellung (► Abb. 3.4). Knöcherne Affektionen der Schädelbasis werden am besten in der kranialen CT erfasst. Dabei können insbesondere eine Ausdünnung des Os temporale, eine Anhebung des Ala minor und eine anteriore Dislokation des Ala major beobachtet werden.

In der MRT kann die exakte Lagebeziehung und Ausdehnung der Arachnoidalzyste durch die multiplanare Schichtführung besser erfasst werden.

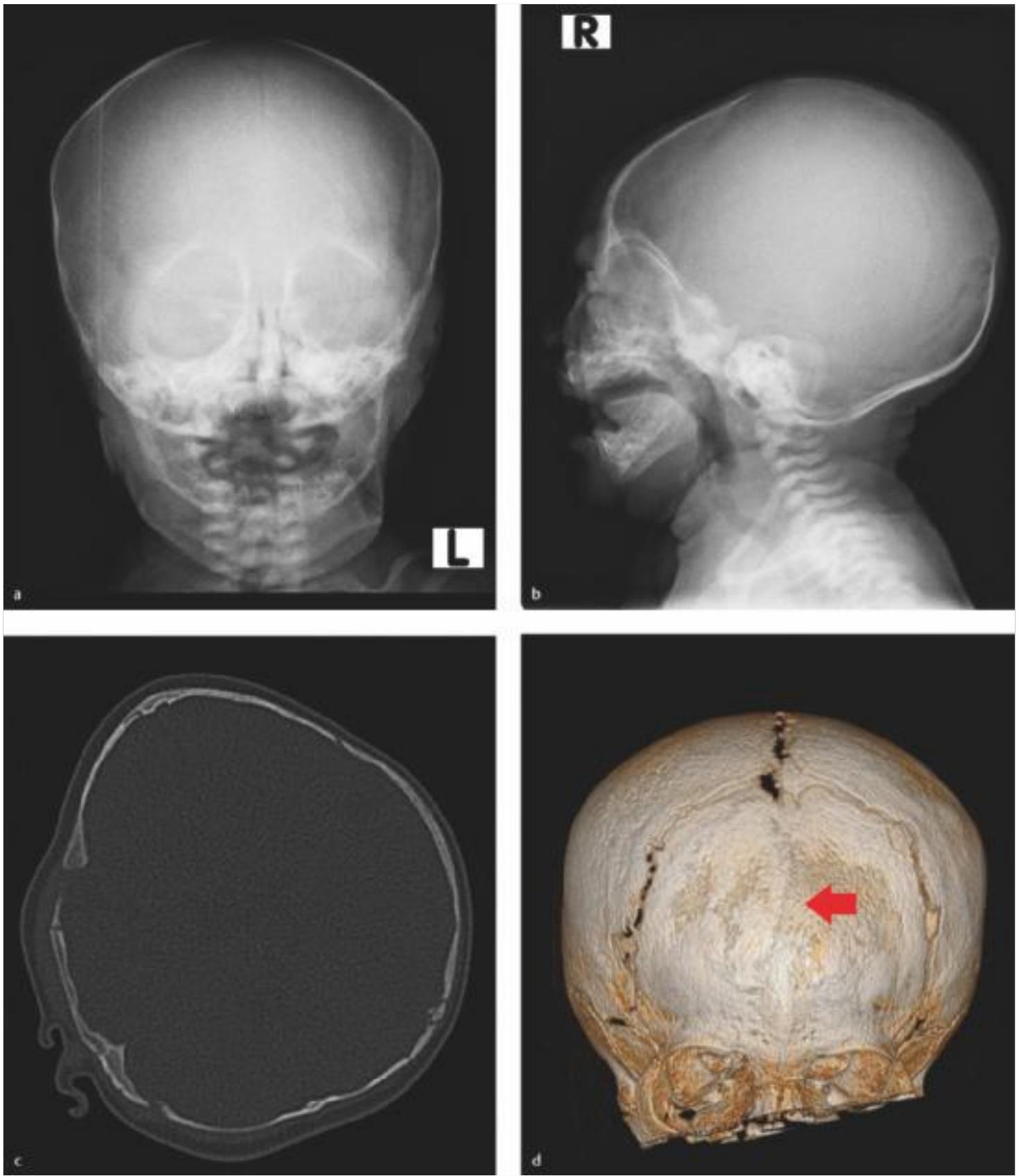


Abb. 3.3 Trigonocephalus mit Kraniosynostose der Metopic-Naht. In den CT-Bildern des Säuglings ist eine vorzeitige Verknöcherung der Metopic-Naht (d, Pfeil) mit parietookzipitaler Auswölbung der Schädelkalotte zu sehen.

- a Röntgenaufnahme des Schädels p.-a.
- b Röntgenaufnahme des Schädels seitlich.
- c Axiale CT-Aufnahme im Knochenfenster.
- d 3-D-Rekonstruktion.

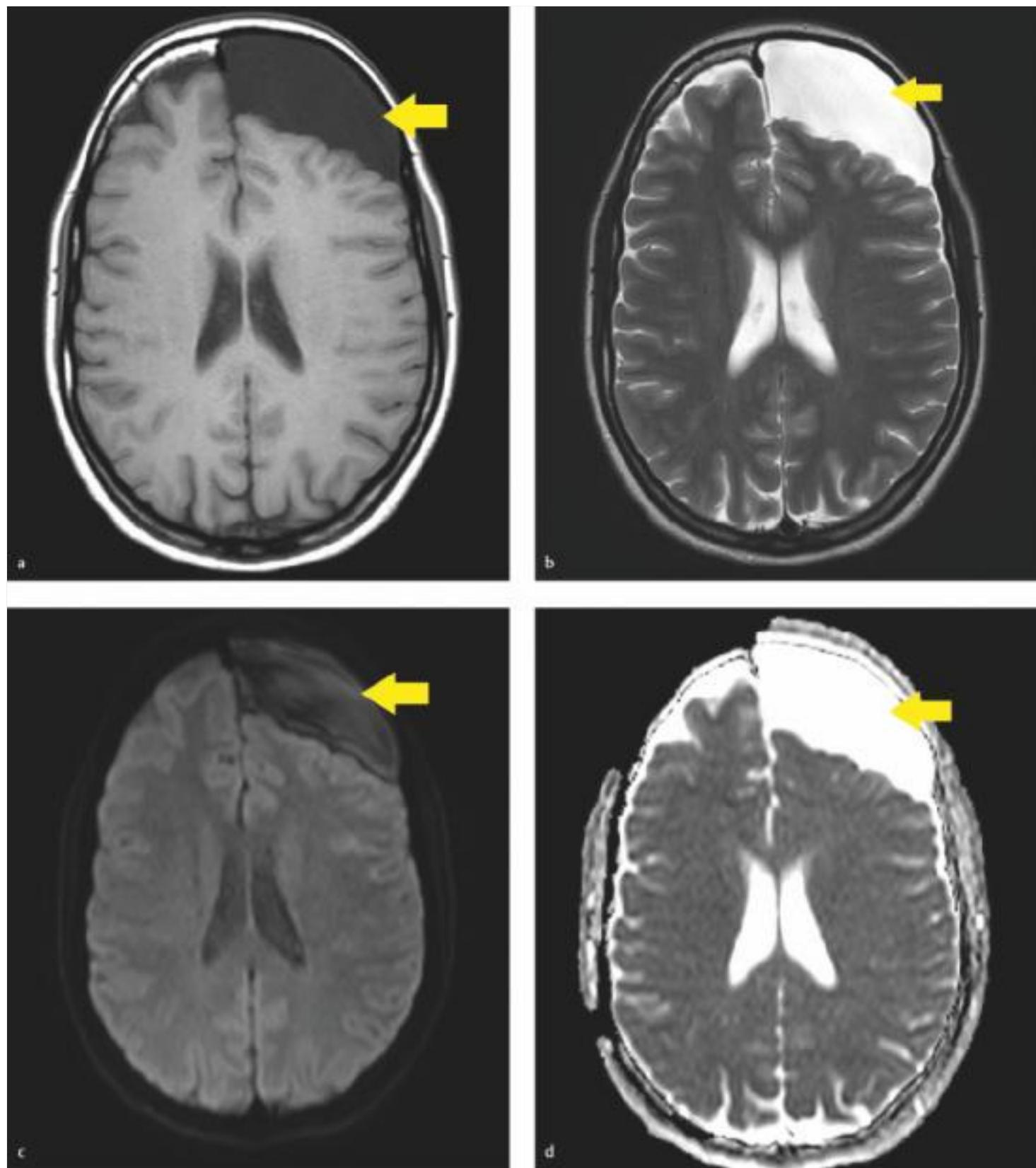


Abb. 3.4 Große Arachnoidalzyste linksfrontal. In den MRT-Aufnahmen des Patienten zeigt sich eine große liquorisointense, extraaxiale, nur lokale Raumforderung linksfrontal (a, b, Pfeile) ohne Diffusionsrestriktion (c, d, Pfeile).

- a T1w MRT-Sequenz.
- b T2w MRT-Sequenz.
- c DWI-Sequenz.
- d ADC-Sequenz.