

# Parapharyngealraum: bildgebende Diagnostik und Intervention

## Parapharyngeal Space: Diagnostic Imaging and Intervention

### Autorinnen/Autoren

Thomas J. Vogl<sup>1</sup> , Iris Burck<sup>1</sup>, Timo Stöver<sup>2</sup>, Rania Helal<sup>1,3</sup>

### Institute

- 1 Clinic for Radiology and Nuclear Medicine, Hospital of the Goethe University Frankfurt Center of Radiology, Frankfurt am Main, Germany
- 2 Clinic for Ear, Nose and Throat Medicine, Hospital of the Goethe University Frankfurt, Frankfurt am Main, Germany
- 3 Department of Diagnostic and Interventional Radiology, Ain Shams University Faculty of Medicine, Cairo, Egypt

### Keywords

pharynx, interventional procedures, head/neck, MR-imaging, MR-angiography

eingereicht 27.2.2024

akzeptiert nach Revision 13.9.2024

Artikel online veröffentlicht 2024

### Bibliografie

Fortschr Röntgenstr

DOI 10.1055/a-2419-9782

ISSN 1438-9029

© 2024, Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag KG, Oswald-Hesse-Straße 50, 70469 Stuttgart, Germany

### Korrespondenzadresse

Prof. Thomas J. Vogl

Clinic for Radiology and Nuclear Medicine, Hospital of the Goethe University Frankfurt Center of Radiology, Frankfurt am Main, Germany  
T.vogl@em.uni-frankfurt.de

 English version at: <https://doi.org/10.1055/a-2419-9782>.

### ZUSAMMENFASSUNG

**Hintergrund** Die bildgebende Diagnostik des Parapharyngealraums (PPR) stellt aufgrund der komplexen Lagebeziehung eine besondere Herausforderung an die bildgebende radiologische Diagnostik und Intervention dar. Dabei ist eine sehr gute und präzise Differenzialdiagnose anhand der Bildgebungskriterien und der topografischen Zusammenhänge möglich. Zudem besteht im Zweifelsfall die Möglichkeit einer bildgebenden – in der Regel CT-gesteuerten – Biopsie bis hin zur Drainage.

**Methode** Durch eine genaue Analyse der Literatur einschließlich der neuesten Artikel werden in dieser Übersicht die

grundlegenden und aktuellen bildgebenden Anwendungen für die verschiedenen PPR-Pathologien und das differenzialdiagnostische Schema zur Zuordnung der jeweiligen Läsionen exakt beschrieben. Darüber hinaus werden die Einsatzmöglichkeiten der interventionellen Radiologie vorgestellt.

**Ergebnisse** Entsprechend der Häufigkeit werden die verschiedenen Pathologien des PPR von angeborenen Fehlbildungen über Entzündungen bis hin zu Tumoren diskutiert. Charakteristische Kriterien und neuerdings auch der Einsatz fortschrittlicher bildgebender Verfahren und die Einführung der Künstlichen Intelligenz (KI) erlauben eine sehr präzise differenzialdiagnostische Eingrenzung und unterstützen dabei die weitere Diagnostik und Therapie. Nach exakter Zugangsplanung lassen sich nahezu alle Pathologien des PPR mittels CT-gestützter Verfahren biopsieren oder ggf. auch drainieren.

**Schlussfolgerung** Die bildgebende radiologische Diagnostik spielt eine wichtige Rolle bei der Diagnose und Therapieplanung von PPR-Pathologien.

### Kernaussagen

- Läsionen des PPR machen etwa 1–2% aller Pathologien der Kopf- und Halsregion aus. In der Mehrzahl handelt es sich um benigne Läsionen und inflammatorische Prozesse.
- Bleiben differenzialdiagnostische Fragen offen, kann ggf. über eine CT-gesteuerte Biopsie Material gewonnen werden. Ausschlusskriterien sind dabei hypervaskularisierte Prozesse, insbesondere das Paragangliom oder Angiome.
- Der Einsatz Künstlicher Intelligenz (KI) bei der Kopf-Hals-Bildgebung verschiedener Pathologien wie automatische Tumorsegmentierung, pathologische TNM-Klassifikation, Erkennung metastasierter Lymphknoten und extranodale Ausbreitung hat in den letzten Jahren stark zugenommen.

### Zitierweise

- Vogl TJ, Burck I, Stöver T et al. Parapharyngeal Space: Diagnostic Imaging and Intervention. Fortschr Röntgenstr 2024; DOI 10.1055/a-2419-9782

### ABSTRACT

**Background** Diagnosis of lesions of the parapharyngeal space (PPS) often poses a diagnostic and therapeutic challenge due to its deep location. As a result of the topographical relationship to nearby neck spaces, a very precise differential diagnosis is possible based on imaging criteria. When in doubt, imaging-guided – usually CT-guided – biopsy and even drainage remain options.

**Method** Through a precise analysis of the literature including the most recent publications, this review precisely describes the basic and most recent imaging applications for various PPS pathologies and the differential diagnostic scheme for assigning the respective lesions in addition to the possibilities of using interventional radiology.

**Results** The different pathologies of PPS from congenital malformations and inflammation to tumors are discussed according to frequency. Characteristic criteria and, more recently, the use of advanced imaging procedures and the introduction of artificial intelligence (AI) allow a very precise differential diagnosis and support further diagnosis and therapy. After precise access planning, almost all pathologies of the PPS can be biopsied or, if necessary, drained using CT-assisted procedures.

**Conclusion** Radiological procedures play an important role in the diagnosis and treatment planning of PPS pathologies.

### Key Points

- Lesions of the PPS account for about 1–2% of all pathologies of the head and neck region. The majority are benign lesions and inflammatory processes.
- If differential diagnostic questions remain unanswered, material can – if necessary – be obtained via a CT-guided biopsy. Exclusion criteria are hypervascularized processes, especially paragangliomas and angiomas.
- The use of artificial intelligence (AI) in head and neck imaging of various pathologies, such as tumor segmentation, pathological TMN classification, detection of lymph node metastases, and extranodal extension, has significantly increased in recent years.

## Einleitung

Die klinische Untersuchung von Prozessen des Parapharyngealraums (PPR) ist aufgrund der tiefen Lage und der Gefäß-/Nervenbeziehung problematisch. Oft lassen sich sogar große Läsionen nicht mittels Inspektion oder Palpation detektieren.

Die bildgebende Diagnostik hingegen benutzt die komplexe Anatomie der Region für die differenzialdiagnostische Einordnung. Bildgebende Verfahren, die heute im Wesentlichen zum Einsatz kommen, sind die modernen Techniken der kontrastmittelverstärkten Computertomografie, der MRT und der MR-Angiografie und in seltenen Fällen auch der Einsatz der PET-CT. Angiografische Verfahren erfolgen in der Regel zur Interventionsplanung oder -durchführung. Die aktuelle Forschung konzentriert sich auf den Einsatz der Künstlichen Intelligenz (KI) zur Diagnose und Prognose parapharyngealer Tumoren.

Im Folgenden werden die topografischen Aspekte des PPR, die Lagebeziehung zu den angrenzenden Räumen des Halses und die Möglichkeiten der differenzialdiagnostischen Klassifizierung vorgestellt.

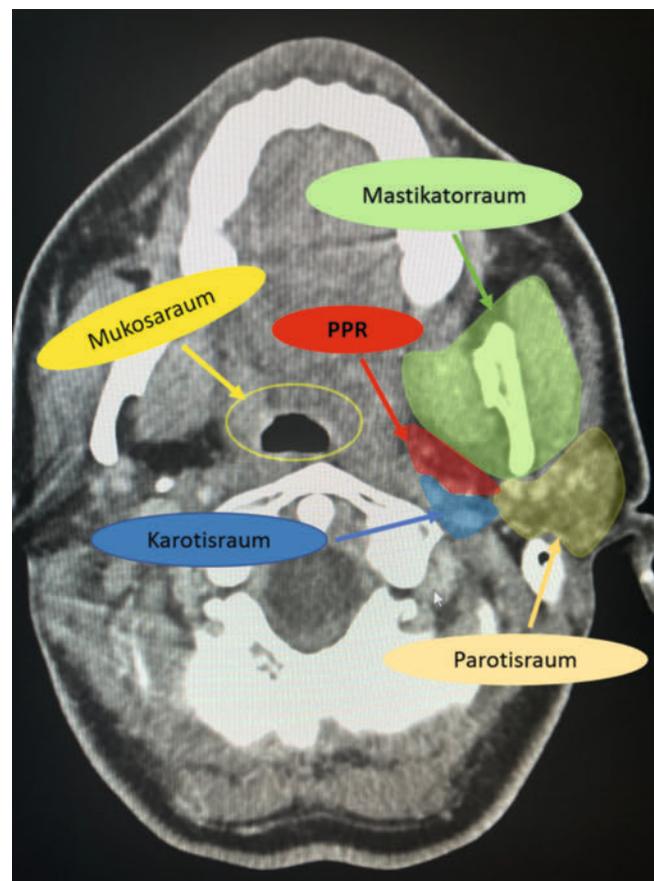
## Anatomie

Der PPR befindet sich im suprahyoidalen Bereich, hat die Form einer auf der Spitze stehenden Pyramide und erstreckt sich von der Schädelbasis bis zum Os hyoideum. Der PPR wird unterteilt in ein prästyloides und ein poststyloides (Karotisraum) Kompartiment (durch Faszien, die vom Styloid zum Musculus tensor veli palatini reichen) [1].

### Die Begrenzungen des PPR (► Abb. 1) [2]

- Mediale Begrenzung:** das mittlere Blatt der Halsfaszie mit dem M. levator veli palatini, dem M. tensor veli palatini und dem M. constrictor pharyngis superior.
- Laterale Begrenzung:** das oberflächliche Blatt der Halsfaszie über die mediale Wand des Mastikatorraumes.

- Kaudale Begrenzung:** die Verbindung von M. digastricus und dem großen Horn des Os hyoideum.
- Superiore Begrenzung:** die Unterfläche des Felsenbeines (im Bereich der Schädelbasis).



► **Abb. 1** Parapharyngealraum (PPR) und die umgebenden tiefen Halsräume.

► **Tab. 1** Inhalt des Parapharyngealraum.

	prästyloides Kompartiment	poststyloides Kompartiment (Karotisraum)
Inhalt	Fett	A. carotis interna
	kleine oder ektopische Speicheldrüse	V. jugularis interna
	Ein Ast des N. mandibularis (Ast für den M. tensor veli palatini)	Hirnnerven IX-XII
	Äste der Arteria maxillaris interna	Sympathikus (Ganglion cervicale superius)
	A. pharyngea ascendens	Lymphknoten
	pharyngealer Venenplexus	

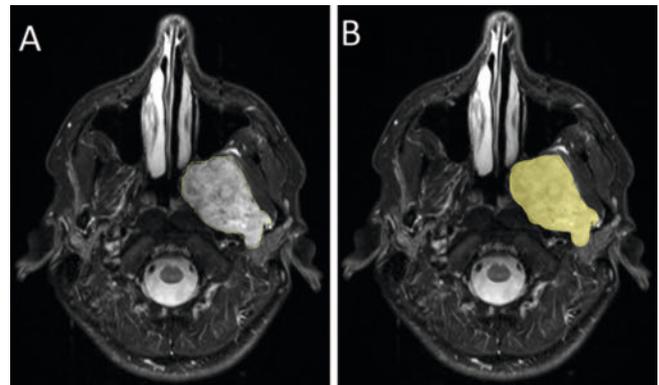
Der genaue Einblick in die anatomische Struktur spielt eine große Rolle bei der Differenzierung von PPR-Läsionen (► **Tab. 1**). Weiterhin erlaubt die exakte Kenntnis des jeweiligen Kompartiments eine Differenzialdiagnostik von dort lokalisierten Läsionen, überwiegend Raumforderungen der Speicheldrüsen, branchiogene Zysten und Lipome. Poststyloidal handelt es sich in der Regel um Paragangliome, neurogene Tumoren und Pathologien der Gefäße wie der A. carotis und der V. jugularis. Weitere parapharyngeale Raumforderungen sind zurückzuführen auf Metastasen, Lymphknoten oder andere seltene Tumore.

## Bildgebende Verfahren

Die Computertomografie (CT) für alle Pathologien im Kopf-/Halsbereich wird in der Regel unter Verwendung intravenöser jodhaltiger Kontrastmittel durchgeführt, um Weichteilläsionen und inflammatorische Prozesse sowie die angrenzenden Gefäßstrukturen besser abgrenzen zu können. Der Einsatz der nativen CT kann ebenfalls hilfreich sein, um das Vorhandensein von Verkalkungen oder Fett festzustellen [3]. Mithilfe des Dual-Energy-CT können hier sekundär Nativbilder errechnet werden, die den zusätzlichen Einsatz der Nativdiagnostik nicht mehr erforderlich machen. Bei stark vaskularisierten Raumforderungen oder bei Kompression der Gefäßstrukturen bietet die CT-Angiografie eine zusätzliche Option der Rekonstruktion. Insbesondere zur Evaluation der arteriellen Feeder sowie des venösen Abstroms sind diese Verfahren gut geeignet.

Die Magnetresonanztomografie (MRT) mit ihren Techniken der MR-Angiografie ist aufgrund der exzellenten Weichteildarstellung ohne Strahlenexposition ein wesentliches Untersuchungsverfahren zur Beurteilung von Tumoren in der Kopf-/Halsregion. Der Hauptnachteil besteht darin, dass die Bildaufnahmen im Vergleich zur CT relativ lange dauern, währenddessen der Patient sich nicht bewegen darf. Bei PPR-Läsionen umfasst die MRT-Basissequenzen (T1w, T2w, T1w+Kontrast) zusätzlich zu Fett-Suppressionstechniken (TIRM/STIR, Dixon, Spectral Fat sat). Auch bei der Beurteilung von Infektionen und Tumoren ist die diffusionsgewichtete Bildgebung wichtig. Gefäß- und Perfusionssequenzen (z. B. 3D TOF, DCE) werden bei Gefäßmalformationen und zur Analyse der Gewebepfusion eingesetzt [4].

Nuklearmedizinische Verfahren: Bei der Diagnose einiger Läsionen kann eine Isotopenbildgebung erforderlich sein, z. B. MIBG

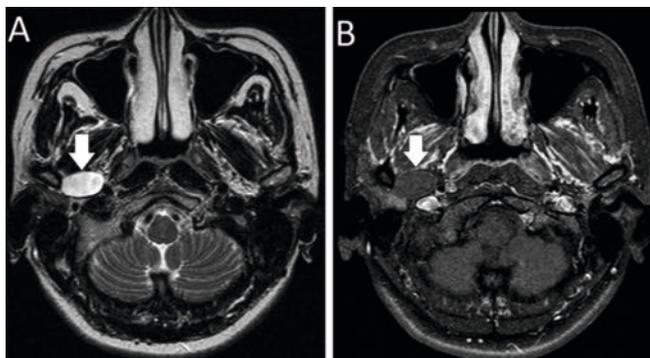


► **Abb. 2** A und B Fettunterdrückte T2w-MRT-Bilder, die die manuelle Segmentierung eines großen Schwannoms im parapharyngealen Raum und in der Fossa infratemporalis links eines Patienten zeigen.

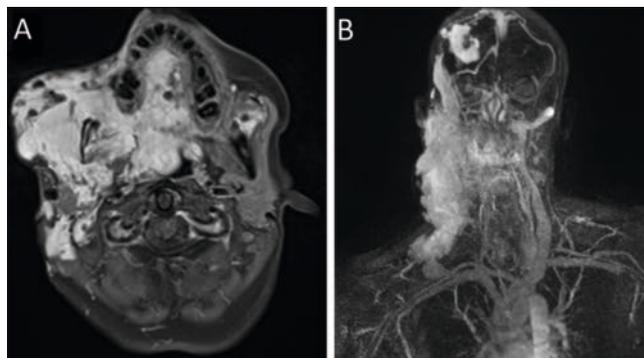
bei Paragangliomen. Bei Verdacht auf Metastasen oder auch Lymphomen beruht die vollständige Abklärung in vielen Fällen auf den Einsatz einer PET-CT.

**Künstliche Intelligenz (KI) und Maschinelles Lernen (ML):** KI ermöglicht die Nutzung von Computeralgorithmen, um Aufgaben auszuführen, die normalerweise menschliche Intelligenz erfordern [5]. Maschinelles Lernen (ML) ist ein Zweig der KI, der mithilfe von Algorithmen Muster in Bilddaten von Patienten erkennen kann [6]. Deep Learning, ein Teilbereich von ML, kann durch den Einsatz von Rekonstruktionsmethoden, die auf die Rohdaten und Bildgebungsdomänen angewendet werden, das Bildrauschen verringern. Radiomics: Unter Radiomics versteht man die Nutzung quantitativer Bildmerkmale zur Bereitstellung prognostischer Informationen [6].

Der Einsatz von KI bei der Kopf-Hals-Bildgebung verschiedener Pathologien hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Beispiele für diese Anwendungen sind die automatische Tumorsegmentierung (mit vergleichbaren Ergebnissen wie manuelle Segmentierungen durch Experten (► **Abb. 2**)), die pathologische TNM-Klassifikation, Tumorgraduierung, Differenzialdiagnose, die Erkennung metastasierter Lymphknoten und die extranodale Ausbreitung. Darüber hinaus kann eine relativ exakte Tumorprognose sowie ein Behandlungsansprechen bei dem jeweiligen Patienten gegeben werden [6, 7].



► **Abb. 3** **A** Axiale MRT-Abbildung eines Patienten mit atypischer Branchialspaltzyste, die sich mit einem hyperintensiven Signal in den T2w-Sequenzen darstellt. **B** Es zeigt keine Kontrastanreicherung im Postkontrast-T1w-Bild.



► **Abb. 4** MRT-Abbildungen eines Patienten mit einem riesigen venösen Hämangiom. **A** Im axialen T1w + KM-MRT-Bild erscheint es als Weichteilraumforderung, die sich von der frontoparietalen Region bis zum Brusteingang abwärts erstreckt und mehrere Halsräume einschließlich Mundbodenraum, Parapharyngealraum, Karotisraum, Mastikatorraum und Parotisraum einnimmt, verbunden mit einer Verengung des Nasopharynx und Oropharynx. **B** MR-Angiografie-TWIST-3D MIP-Bild nach KM-Gabe.

## Bildgebungskriterien: Pathologische Prozesse des PPRs

### Angeborenen Fehlbildungen

#### Atypische 2. Branchialspaltzyste (Kiemenspaltzyste)

##### ► **Abb. 3**

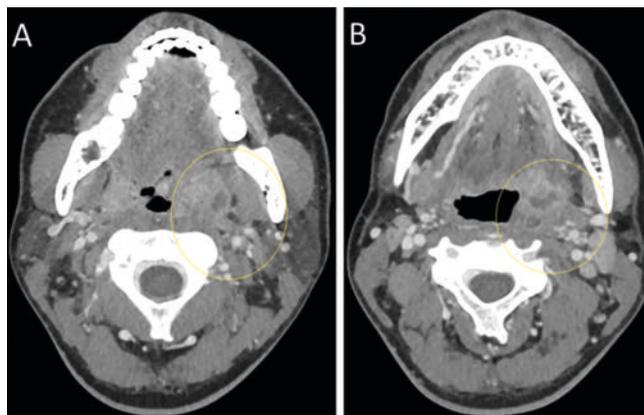
Reste der zweiten Kiemenspalte sind die häufigsten Anomalien der Kiemenspalte. Der PPR ist ein sehr seltener Ort für eine 2. Branchialspaltzyste. Diese Zysten sind normalerweise asymptomatisch. In seltenen Fällen können sie, insbesondere bei einer Infektion, eine Vorwölbung im Rachen oder eine Kompression der Hirnnerven verursachen.

Im CT und MRT ähneln die bildgebenden Befunde der Kiemenspaltzysten denen von Zysten in anderen Körperteilen. Sie zeigen sich als gut begrenzte, homogene, zystische Läsionen mit flüssigem Inhalt (hypodens im CT, niedriges T1- und hohes T2-Signal im MRT). In Fällen mit hohem Proteingehalt kann der Gehalt im CT relativ hyperdens sein und ein hohes Signal in T1 zeigen. Die Zyste zeigt keine Kontrastmittelanreicherung, außer bei einer Infektion, wo ein dünner Rand der Kontrastmittelanreicherung möglich ist [8].

#### Gefäßmalformationen

Gefäßmalformationen sind im PPR sehr selten. Diese können in Form von venösen oder lymphatischen Malformationen auftreten. Die venösen Malformationen (► **Abb. 4**) können einem pleomorphen Adenom ähneln (was im PPR häufiger vorkommt). Sie erscheinen als gut umschriebene Raumforderung mit leichter Lobulierung und weisen in der CT ein isodenses Signal, in der T1w-MRT-Sequenz ein isointenses Signal und in der T2w-MRT-Sequenz ein hyperintensives Signal auf. Im MRT können bei Phlebolithen Signalausfälle vorhanden sein, die auch im nativen CT bestätigt werden können. Die Kontrastmittelanreicherung der venösen Malformationen erfolgt verzögert und zeigt eine langsame Auswaschung [9].

Lymphatische Malformationen treten meist im frühen Kindesalter auf. Im MRT erscheinen sie als multilokale zystische Läsionen, die mehrere Halsräume einnehmen, ohne die umgebenden Strukturen zu verdrängen [10].



► **Abb. 5** **A** Die axialen CT-Abbildungen eines Patienten zeigen einen konfluierenden gemischten intra-/peritonsillären Abszess linksseitig mit Beteiligung des Parapharyngealraums oropharyngeal und entsprechender umgebender perifokaler Ödematisierung/Schwellung sowie Einengung der Luftsäule. **B** Außerdem gibt es eine begleitende reaktive zervikale Lymphadenopathie.

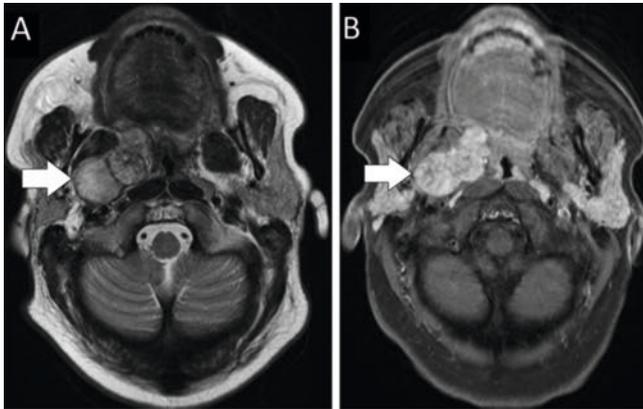
### Entzündungen

#### Infektion (► **Abb. 5**)

Infektionen können über Tonsillen, Zähne, Speicheldrüsen oder das Mittelohr in den PPR gelangen.

Eine Infektion des PPR erscheint im CT als ödematöse Verdichtung des Fettgewebes. Im MRT ist im Vergleich zu anderen Fettgeweben in der T2w-Bildgebung ein erhöhtes Signal und in fettunterdrückten T1-gewichteten Abbildungen ein hyperintensives Signal nach Kontrastmittelgabe zu erkennen, was auf eine anormale Gewebeanreicherung schließen lässt.

Ein Abszess erscheint im CT als peripher anreichernde zystische Läsion mit nicht anreicherndem Zentrum. Im MRT scheint der Abszess normalerweise ein Zentrum mit einem anormalen hyperintensiven T2w-Signal mit niedrigem ADC zu haben. Eine anor-



► **Abb. 6** **A** MRT-Bild einer Patientin mit parapharyngealem pleomorphem Adenom rechts. Es zeigt ein hyperintenses Signal im T2w-Bild. **B** Postkontrastanreicherung im T1w + C-Bild.

male Gewebeanreicherung umgibt dieses nicht anreichernde Zentrum auf T1-gewichteten Bildern nach Kontrastmittelgabe. Die Hauptaufgabe der bildgebenden Diagnostik besteht darin, im CT oder MRT zwischen peritonsillären und parapharyngealen Abszessen zu unterscheiden, da dies entscheidend ist für die Wahl der Behandlungsmethode und die Art des chirurgischen Vorgehens. Im Falle eines Peritonsillarabszesses ist die Infektion im Mukosa-raum lokalisiert, der von dem mittleren Blatt der Halsfaszie begrenzt wird. In diesem Fall wird das Fett im PPR seitlich verschoben, ohne dass es zu einer Infektion kommt. Wenn die Infektion das mittlere Blatt der Halsfaszie umgangen und den PPR erreicht hat, ist das Fett im PPR trüb und verschiebt die Tonsillen und die Mukosa des Rachens nach medial. In beiden Fällen können vergrößerte Lymphknoten im retropharyngealen und poststyloiden Kompartiment des PPR verifiziert werden. Infektionen des poststyloiden Kompartiments des PPR (Karisraum) können eine Thrombophlebitis der V. jugularis interna verursachen. Auf CT-Bildern zeigt die Wand der V. jugularis interna eine Kontrastanreicherung, und das Lumen ist durch einen Thrombus verschlossen [11].

## Tumoren

### Speicheldrüsentumoren

Die häufigsten im PPR auftretenden Tumoren sind die Speicheldrüsentumoren (40–50%). Diese befinden sich hauptsächlich im prästyloiden PPR. Als Ursprung dieser Tumoren kommen in Frage entweder der tiefe Lappen der Parotis (keine Fettebene zwischen dem Tumor und der Parotis), ektopische Speicheldrüsenester oder kleine Speicheldrüsen der seitlichen Rachenwand (Fettebene zwischen dem Tumor und der Parotis). Der häufigste Typ ist das pleomorphe Adenom (► **Abb. 6**), das 80–90% aller Speicheldrüsenneoplasien im PPR ausmacht [12]. Auf CT-Bildern erscheinen pleomorphe Adenome normalerweise als gut abgegrenzte Läsionen mit glatten Rändern. Das pleomorphe Adenom kann inhomogen sein, wenn es mehrere Bereiche mit Nekrose oder Verkalkungen enthält. In der Regel kommt es zu einer starken Kontrastanreicherung und in wenigen Fällen zu einer nur peripheren Kontrastanreicherung. Im MRT zeigen pleomorphe Adenome zudem einen gut abgegrenzten Rand

mit Lobulierungen. Sie erscheinen mit einem iso-hypointensen Signal in T1w und einem deutlich hyperintensen Signal in T2w (heterogen bei großen Läsionen). Wie im CT zeigen sie auch im MRT eine starke Kontrastanreicherung. Im MRT ist die Kapsel in der Regel leichter zu erkennen als auf CT-Bildern (in Form eines hypointensen Rings in T2w) [13]. Auch andere Arten benigner Speicheldrüsenentzündungen können auftreten, z. B. Warthin-Tumor und Adenome.

Maligne Speicheldrüsentumoren im PPR sind selten. Dazu können Plattenepithelkarzinome (PLECA) (► **Abb. 7**), adenoidzystische Karzinome, Karzinome ex pleomorphes Adenom (CXPA), Mukoepidermoidkarzinome, Adenokarzinome und Azinuszellkarzinome gehören [14].

Aktuelle Studien haben das Potenzial von Deep-Learning-Modellen bei der Unterscheidung zwischen malignen und benignen Speicheldrüsentumoren gezeigt. Durch die Anwendung dieser Modelle kann die Notwendigkeit einer Biopsie oder chirurgischen Resektion bei vielen Patienten reduziert werden [15].

Weitere neuere Studien haben das Potenzial des Einsatzes von Radiomics bei der Unterscheidung zwischen parapharyngealen pleomorphen Adenomen und neurogenen Tumoren basierend auf der Texturanalyse von T2w-Bildern gezeigt [16].

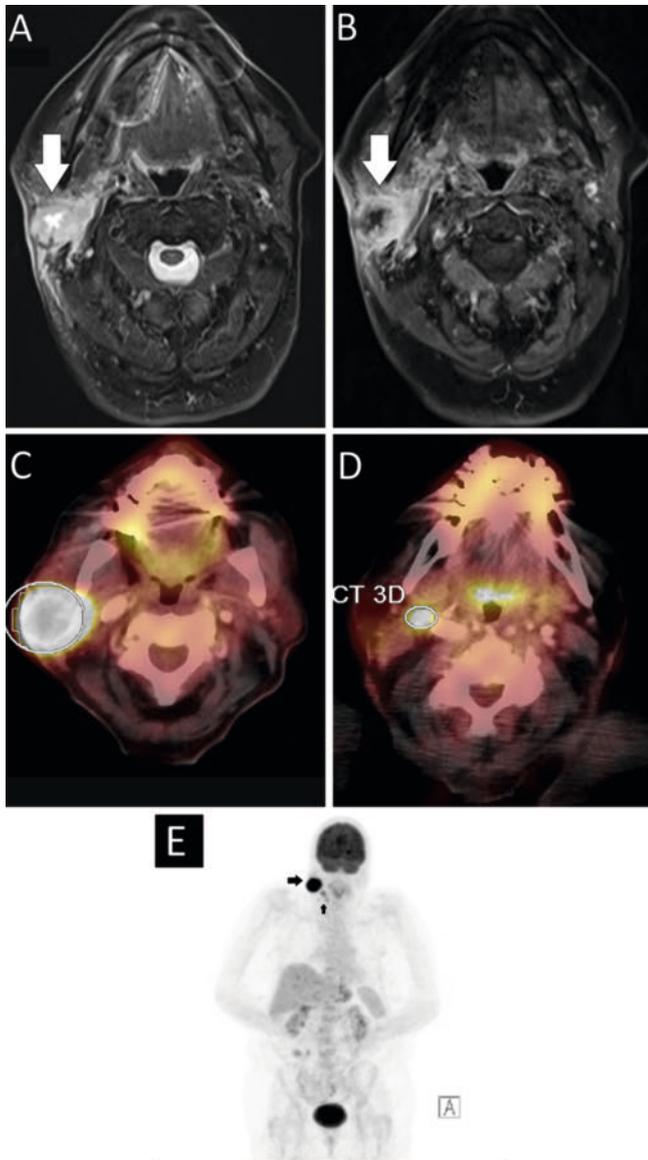
Auch in einer aktuellen Studie wurden Deep-Learning-Algorithmen in Kombination mit einer Anomalieerkennungsmethode verwendet, um im MRT zwischen benignen und malignen Speicheldrüsentumoren zu unterscheiden [17].

### Neurogene/vaskuläre Tumoren

Zu den neurogenen/vaskulären Tumoren des PPR zählen Paragangliome, Neurofibrome, Schwannome, maligne Tumoren der peripheren Nervenscheide (PNSTs) und maligne Paragangliome [14]. Die korrekte präoperative Identifizierung des Nervenursprungs peripherer Nervenscheidentumoren ist ein wichtiger Schritt, der die chirurgischen Ergebnisse und die Prognose verbessern kann. Neue Studien deuten darauf hin, dass der Carotis-Jugular-Winkel (CJW) verwendet werden kann, um den Nervenursprung des Tumors präoperativ vorherzusagen. Ein Winkel  $\geq 100^\circ$  sagt einen Vagus-Ursprung voraus und ein CJW von  $< 100^\circ$  einen Nicht-Vagus-Ursprung [18].

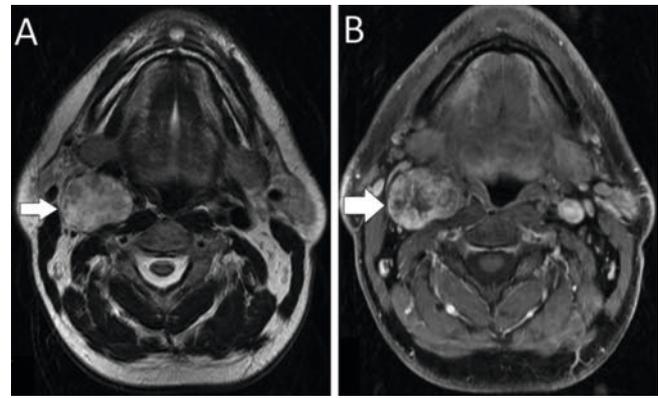
### Schwannom (► **Abb. 8**)

Das Schwannom ist der häufigste neurogene Tumor im PPR. Am häufigsten kommt es vom Nervus vagus, gefolgt von der zervikalen Sympathikusketten [19]. Schwannome sind hypovaskularisierte Tumoren, die in dynamischen Studien in der frühen Kontrastmittelpphase keine vermehrte Kontrastmittelanreicherung zeigen. Aufgrund des Verschlusses der venösen Drainage findet sich häufig ein deutliches Enhancement in der verzögerten Phase der Postkontrastsequenzen. Dies ist ein wichtiges Kriterium gegenüber den hypervaskularisierten Tumoren wie dem Paragangliom. Im T2w-MRT zeigen sie ein heterogenes hyperintenses Signal. Im CT erscheinen sie als gut umschriebene, runde bis ovale iso-hypodense Weichteilläsion, meist mit mäßiger heterogener Kontrastmittelanreicherung [20]. In einer kürzlich durchgeführten Studie wurde getestet, ob mit Hilfe des Diffusionskoeffizienten (ADC) im MRT zwischen PPR-Schwannomen und pleomorphen Adeno-



► **Abb. 7** MRT- und 18F-FDG PET-CT-Abbildungen eines Patienten mit Plattenepithelkarzinom der Glandula parotis. **A** In der fettunterdrückten T2w Sequenz zeigt sich eine rundliche, zentral nekrotisierende Läsion im kaudalen Pol rechts der Glandula parotis bis zur Cutis lateral und dem Parapharyngealraum medial reichend mit umgebender Ödembildung. **B** In der T1w Sequenz nach KM-Gabe zeigt sich eine kräftige KM-Anreicherung. **C** Im axialen PET-CT-Fusionsbild sieht man eine erhöhte Traceranreicherung in der Raumforderung der Parotis rechts (SUVmax 24,0). **D** Eine intensive fokale Anreicherung ist ebenfalls dokumentiert in den zervikalen Lymphknoten rechts des Level IIa (SUVmax 7,1). **E** Das Ganzkörper-PET-Bild zeigt eine Traceranreicherung der Parotisraumforderung und der rechten Halslymphknoten.

men unterschieden werden konnte. Die Ergebnisse zeigten, dass dies mittels der Schiefe- und Kurtosis-Maße der ADC-Histogramme möglich war (hohe Schiefe und niedrige Kurtosis bei Schwannomen), obwohl die mittleren ADC-Werte nicht unterschiedlich waren [21].

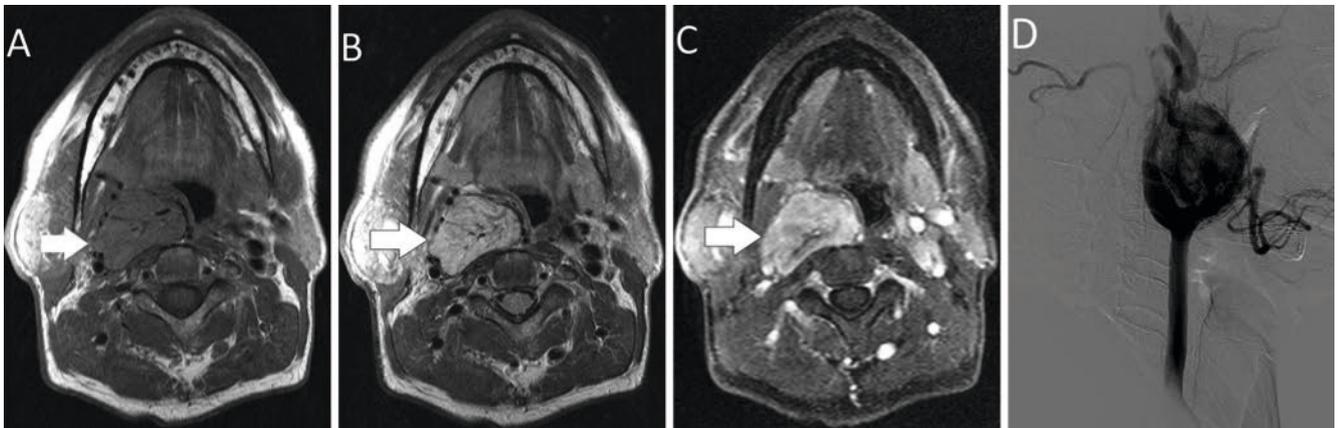


► **Abb. 8** **A** MRT-Abbildung eines Patienten mit parapharyngealem Schwannom rechts. Es zeigt sich eine parapharyngeale Raumforderung rechts mit heterogenem hyperintensens Signal in der T2w-Sequenz. **B** Inhomogene Kontrastanreicherung im T1w + C-Bild.

### Paragangliom (► Abb.9)

Bei den Paragangliomen im PPR wird primär differenziert zwischen dem vagalen Paragangliom, dem Glomus-caroticum-Paragangliom, dem Glomus jugulare Tumor sowie dem tympanalen Paragangliom. Kombinierte Formen sind dabei möglich.

Auf der Schnittbildgebung ist das typische Erscheinungsbild des Paraganglioms eine gut definierte Weichteilmasse an einer charakteristischen Stelle. Tumoren des Glomus caroticum treten auf der Ebene der Karotisgabel mit Aufspreizung der A. carotis externa und A. carotis interna auf. Das Glomus-caroticum-Paragangliom kann nach der Shamblyn-Klassifikation (zur Vorhersage des Blutverlusts) in Abhängigkeit vom Grad der Gefäßadhäsion/des Gefäßkontakts in drei Gruppen eingeteilt werden: (I) <180-Grad-Kontakt, (II) 180–270-Grad-Kontakt, (III) >270-Grad-Kontakt. Basierend auf Größe und Grad der Adhäsion mit den umliegenden Gefäßen kann so eingeschätzt werden, inwieweit eine Operation zum Ziel führt. Das vagale Paragangliom verlagert die A. carotis externa und A. carotis interna nach vorne und die V. jugularis interna nach hinten. Die Netterville-Glasscock-Klassifikation unterteilt das vagale Paragangliom in drei Gruppen: Gruppe A: auf den Hals beschränkt, Gruppe B: mit Ausdehnung auf das Foramen jugularis und Gruppe C: Invasion durch das Foramen jugularis [22]. Im MRT zeigen Paragangliome normalerweise ein hypointenses Signal in den T1w-MRT-Bildern und ein mäßiges hyperintensens Signal in den T2w-MRT-Bildern. Sie können heterogen mit Bereichen von Flow Void-Signalen oder intraläsionalen Blutungen als kleine hypointense Herde in T2w und kleine hyperintense Herde in T1w erscheinen (Salz und Pfeffer-Muster). Im Post-Kontrast-MRT zeigen sie eine frühe und starke Kontrastmittelanreicherung [23]. Die intraläsionale Vaskularisation kann durch den Einsatz nativer 3D-Time-of-Flight (TOF) und der 3D-Post-Kontrast-Sequenz weiter visualisiert werden. Es sollte bedacht werden, dass Paragangliome an mehreren Stellen gleichzeitig auftreten können, wodurch immer auch nach dem Vorliegen weiterer Paragangliome gesucht werden muss [24]. Im Vergleich zur konventionellen MRT können fortgeschrittene MRT-Techniken den Blutfluss messen und die Metabolitenzusammensetzung der Paragangliome beurteilen. Die MRT-Perfusion (MRP) bewertet die Blutzufuhr auf der



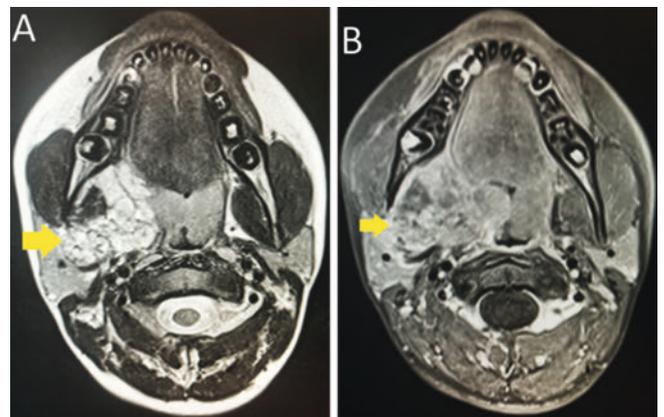
► **Abb. 9** A MRT-Abbildung eines Patienten mit Glomus caroticum. Es zeigt sich eine hypervaskuläre Raumforderung im parapharyngealen Raum rechts auf Höhe der Karotisbifurkation in T1w. B Flow Voids in der nativen T2w-Sequenz. C starkes inhomogenes Enhancement. D Digitale Subtraktions-Angiografie (DSA), die den stark vaskularisierten Tumor im Bereich der Karotisbifurkation zeigt.

Ebene der Kapillaren. Sie kann mit oder ohne (arterielle Spinmarkierung) Verwendung eines Kontrastmittels auf Gadoliniumbasis durchgeführt werden. Die MRP-Hämodynamik zeigt einen erhöhten Blutfluss, eine höhere Spitzenanreicherung und eine kürzere Zeit bis zur Spitzenanreicherung bei Paragangliomen im Vergleich zu Schwannomen. Da Paragangliome ein großes Kapillarnetzwerk mit arteriovenöser Nebenleitung und leichtem extravaskulärem Leck haben, haben sie normalerweise niedrige K trans- und Kep-Werte. Eine MR-Spektroskopie wird bei Paragangliomen nicht routinemäßig durchgeführt, kann jedoch in bestimmten Fällen erhöhte Succinatwerte (bei 2,4 ppm) zeigen. Die nukleare Bildgebung spielt auch bei der Paragangliom-Bildgebung eine wichtige Rolle. Da beispielsweise Somatostatin-Analoga wie DOTATATE eine große Affinität zu bestimmten Rezeptortypen haben, die in extraadrenalen Paragangliomen überexprimiert werden, zeigte die 68Ga-DOTATATE-PET/CT im Vergleich zur konventionellen CT und MRT eine höhere Erkennung von Läsionen und Metastasen [21].

In Fällen mit mehreren Paragangliomen ist die Behandlung aufgrund der komplexen neurovaskulären Strukturen, die verletzungsgefährdet sind, immer anspruchsvoller. Die präoperative Beurteilung der Beziehung zwischen Tumor und neurovaskulären Strukturen ist daher von entscheidender Bedeutung. Die Einführung computergestützter 3D-Modelle und 3D-Druckmodelle kann bei der präoperativen Planung hilfreich sein. Die Bildakquise für die präoperativen Bild- und Planungsdaten erfolgt vor allem mittels CT und MRT [25].

### Neurofibrom ► Abb. 10

Das Neurofibrom tritt im PPR in der Regel bei Neurofibromatose Typ 1 auf. Ein solitäres Neurofibrom ist radiologisch nur schwer von einem Schwannom zu unterscheiden. Sie können auch als multiple hypodense Läsionen mit variabler Kontrastanreicherung auftreten und mehrere tiefe Halsräume umfassen (da sie sich entlang der Nervenäste ausbreiten). Im MRT erscheinen sie isointens zur Muskulatur in T1w und hyperintens in T2w. Sie können auch in Postkontrastsequenzen eine homogene/heterogene Anreicherung zeigen [26].



► **Abb. 10** A MRT-Abbildung einer Patientin mit Neurofibrom im Parapharyngealraum rechts. Es handelt sich um ein heterogenes T2w-Bild mit kleinen zystischen Bereichen. B heterogene Kontrastmittelanreicherung.

### Lipom

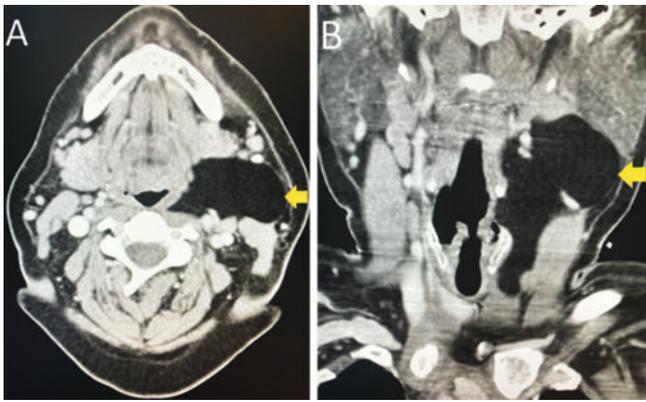
Im PPR kommen Lipome selten vor (► **Abb. 11**). Da Lipome aus Fett bestehen, weisen sie in der CT (nicht anreichernde Läsion mit charakteristisch niedriger Dichte) und im MRT (hyperintens in T1w und T2w +/- inneren Septierungen) meist das gleiche Signal des Unterhautfettgewebes auf. Die Erkennung dieser Läsionen wird auch durch die Verwendung von Lipidsuppressionssequenzen im MRT erleichtert [27].

### Metastasierte Adenopathie

Lymphknotenmetastasen können auch im PPR nachgewiesen werden. Sie entstehen in der Regel bei Primärtumoren aus dem Naso- und Oropharynx, seltener auch bei malignen Tumoren der Schilddrüse.

### Tumoren von anderen Halsräumen:

- Eine Pathologie in den umgebenden tiefen Halsräumen kann zu einer Verschiebung des parapharyngealen Fetts im prästy-



► **Abb. 11** CT-Abbildung eines Patienten mit Lipom im Parapharyngealraum, das sich kaudal entlang der medialen Seite des M. sternocleidomastoideus erstreckt.

loiden Kompartiment in verschiedene Richtungen führen. Dies kann dazu beitragen, die Differenzialdiagnose auf jeden Raum einzugrenzen. Maligne Tumoren aus benachbarten Halsräumen können auch direkt in den PPR eindringen.

- Die häufigsten Pathologien, die in den jeweiligen umliegenden Räumen auftreten können, sind in ► **Tab. 2** dargestellt.

## Interventionelle radiologische Verfahren

Die invasive Angiografie oder digitale Subtraktionsangiografie (DSA) (► **Abb. 12**) wird in Einzelfällen bei der Abklärung und der präinterventionellen Planung einiger Gefäßläsionen empfohlen. Dies wird in der Regel mit einer präoperativen Embolisierungstherapie kombiniert und kann insbesondere bei Paragangliomen, Angiofibromen und intravaskulären Metastasen als präoperative Therapiestrategie geplant werden. Das Ziel der Tumorembolisierung ist der selektive Verschluss der A. carotis externa oder der A. subclavia durch den Einsatz verschiedenster Embolisierungsmaterialien. Sie kann unmittelbar vor der Operation oder im Intervall von 1–3 Tagen präoperativ durchgeführt werden, um einen Verschluss der erforderlichen Gefäße zu ermöglichen, ohne dass Kollateralkreisläufe geöffnet werden. Diese Verfahren tragen dazu bei, den Blutverlust während der Operation zu reduzieren und die Gesamtprognose der Patienten zu verbessern [28].

Neuere Strategien erlauben auch bei komplexen infiltrativen Paragangliomen und vaskulären Metastasen einen primären Einsatz von Embolisierungstechniken zum Downsizing und zur Ortskontrolle von Tumoren, die nicht operabel sind.

CT-gesteuerte Biopsie (► **Abb. 13**) Die CT ist die Methode der Wahl für bildgestützte Biopsien tiefsitzender PPR-Läsionen, die klinisch nicht erreicht werden können. In einigen Fällen können auch MRT oder Ultraschall eingesetzt werden. Meistens wird dies in der nativen CT durchgeführt; bei Läsionen, die eng mit der A. carotis in Zusammenhang stehen, kann jedoch ein Kontrastmittel verwendet werden. In vielen Fällen wird die Operation unter örtlicher Betäubung oder unter Sedierung durchgeführt, in manchen Fällen ist jedoch auch eine Vollnarkose möglich. Suprahyoidale Halsbiopsien können über verschiedene Zugänge erfolgen, z. B. über sub-

► **Tab. 2** Kompartimente im Parapharyngealraum mit den vorkommenden Pathologien.

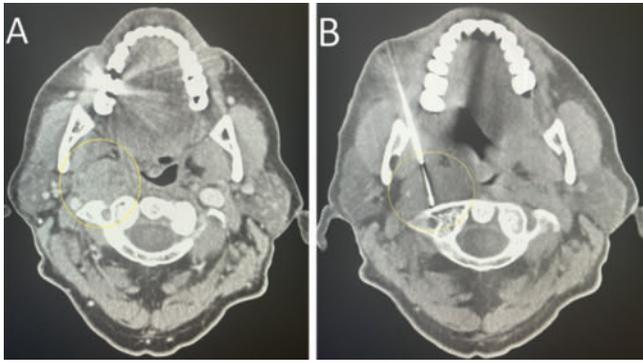
Kompartiment	Vorkommende Pathologien
Parotisraum	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parotistumoren</li> <li>Infektionen</li> <li>Lymphadenopathie</li> </ul>
Mastikatorraum	<ul style="list-style-type: none"> <li>Odontogener Prozess</li> <li>Osteomyelitis der Mandibula</li> <li>Osteoblastom</li> <li>Chondrosarkom</li> <li>Osteosarkom</li> <li>Hämangiom</li> </ul>
Mukosarium	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tonsillitis</li> <li>Tonillenabszess</li> <li>Tonsillenkarcinom</li> <li>Lymphom</li> <li>Tumor der kleinen Speicheldrüsen</li> <li>juveniles Nasen-Rachen-Fibrom</li> </ul>
Retropharyngealraum	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reaktive Adenopathie</li> <li>Zellulitis</li> <li>Abszess</li> <li>Lymphknotenmetastasen</li> <li>Lymphom</li> </ul>
Prävertebraler Raum	<ul style="list-style-type: none"> <li>Metastase im Bereich der Wirbelsäule</li> <li>Osteomyelitis mit Abszess.</li> </ul>



► **Abb. 12** A Digitale Subtraktionsangiografie (DSA) der Halsgefäße bei einem Patienten mit parapharyngealer Läsion. Bei der selektiven Darstellung der A. carotis externa sind mehrere Feeder mit einem Hauptfeeder von der A. parapharyngea ascendens, aber auch Feeder von der A. occipitalis zu sehen, die den Tumor versorgen. B In der Angiografie ist ein deutlicher Flush mit früher venöser Phase zu erkennen. Dies ist am ehesten vereinbar mit einem Glomustumor.

zygomatische, retromandibuläre, paramaxilläre, submastoide und transorale Zugänge. Diese Eingriffe verlaufen in der Regel ohne größere Komplikationen (wie z. B. Verletzungen wichtiger Blutgefäße und Nerven), wenn sie gut geplant und von einem Experten durchgeführt werden. Es können jedoch geringfügige Komplikationen wie Schmerzen, leichte Infektionen, Blutungen und/oder vasovagale Reaktionen auftreten [28].

CT-gesteuerte Drainage (► **Abb. 14**) Wie bei CT-gesteuerten Biopsien erfolgt auch die Drainage von Abszessen und großen Zysten sowie die Platzierung von Drainagen unter CT-Steuerung.



► **Abb. 13** **A** CT-gesteuerte Punktion einer parapharyngealen suspekten Raumforderung zwecks histologischer Sicherung. **B** Nach Lokalanästhesie wurde eine 18G-Punktionskanüle eingeführt. Anschließend erfolgte eine vorsichtige Probeentnahme. Es wurden keine lokalisierten Komplikationen festgestellt. Die endgültige histologische Diagnose war eine metastatische Lymphadenopathie.



► **Abb. 14** **A** CT-Abbildung einer 12-jährigen Patientin mit Peritonsillarabszess mit linker parapharyngealer Ausdehnung. **B** CT-gesteuerte Punktion mit vollständiger Drainage. Nach sorgfältiger Lagerung der Patientin in Rückenlage (Narkose) und Lokalanästhesie, Einführung einer Punktionsnadel in den Parapharyngealraum. Aspiration einer blutigen, cremigen, eitrigen Flüssigkeit von 3 ml. Durch das Entfernen des hypodensen Saumes wird eine vollständige Evakuierung erreicht.

Andere interventionelle radiologische Verfahren können verwendet werden, insbesondere die perkutane Sklerotherapie bei venösen und lymphatischen Malformationen, intraarterielle Chemotherapie bei Karzinomen sowie Verfahren der intraarteriellen Chemotherapie wie auch Embolisation bei symptomatischen Tumoren oder Lymphknotenmetastasen.

### Interessenkonflikt

Die Autorinnen/Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

### Literatur

- [1] Bulut OC, Giger R, Alwagdani A et al. Primary neoplasms of the parapharyngeal space: diagnostic and therapeutic pearls and pitfalls. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2021; 278 (12): 4933–4941. doi:10.1007/s00405-021-06718-4
- [2] Koenig LJ, Tamimi D, Perschbacher SE. Parapharyngeal space. In: Koenig LJ, Tamimi D, Perschbacher SE, Eds.; *Diagnostic Imaging part I: Oral and Maxillofacial* second ed. Elsevier; 2017: 168–171
- [3] Dammann F, Bootz F, Cohnen M et al. Diagnostic imaging modalities in head and neck disease. *Dtsch Arztebl Int* 2014; 111: 417–423. doi:10.3238/arztebl.2014.0417
- [4] Widmann G, Henninger B, Kremser C et al. MRI Sequences in Head & Neck Radiology – State of the Art. *MRI-Sequenzen in der Kopf-Hals-Radiologie – State of the Art. Fortschr Röntgenstr* 2017; 189 (5): 413–422. doi:10.1055/s-0043-103280
- [5] Pham N, Ju C, Kong T et al. Artificial Intelligence in Head and Neck Imaging. *Semin Ultrasound CT MR* 2022; 43 (2): 170–175. doi:10.1053/j.sult.2022.02.006
- [6] Chinnery T, Arifin A, Tay KY et al. Utilizing Artificial Intelligence for Head and Neck Cancer Outcomes Prediction From Imaging. *Canadian Association of Radiologists Journal* 2021; 72 (1): 73–85. doi:10.1177/0846537120942134
- [7] Tortora M, Gemini L, Scaravilli A et al. Radiomics Applications in Head and Neck Tumor Imaging: A Narrative Review. *Cancers (Basel)* 2023; 15 (4): 1174. doi:10.3390/cancers15041174.
- [8] Shin JH, Lee HK, Kim SY et al. Parapharyngeal second branchial cyst manifesting as cranial nerve palsies: MR findings. *AJNR Am J Neuroradiol* 2001; 22 (3): 510–512
- [9] Tomblinson CM, Fletcher GP, Lidner TK et al. Parapharyngeal Space Venous Malformation: An Imaging Mimic of Pleomorphic Adenoma. *AJNR Am J Neuroradiol* 2019; 40 (1): 150–153. doi:10.3174/ajnr.A5859
- [10] Shin JH, Lee HK, Kim SY et al. Imaging of parapharyngeal space lesions: focus on the prestyloid compartment. *AJR Am J Roentgenol* 2001; 177 (6): 1465–1470. doi:10.2214/ajr.177.6.1771465
- [11] Hirvonen J, Heikkinen J, Nyman M et al. MRI of acute neck infections: evidence summary and pictorial review. *Insights Imaging* 2023; 14 (1): 5. doi:10.1186/s13244-022-01347-9.
- [12] Akin I, Karagöz T, Mutlu M et al. Pleomorphic adenomas of the parapharyngeal space. *Case Rep Otolaryngol* 2014; 2014: 168401. doi:10.1155/2014/168401
- [13] Kakimoto N, Gamoh S, Tamaki J et al. CT and MR images of pleomorphic adenoma in major and minor salivary glands. *Eur J Radiol* 2009; 69 (3): 464–472. doi:10.1016/j.ejrad.2007.11.021
- [14] Riffat F, Dwivedi RC, Palme C et al. A systematic review of 1143 parapharyngeal space tumors reported over 20 years. *Oral Oncol* 2014; 50 (5): 421–430. doi:10.1016/j.oraloncology.2014.02.007
- [15] Xia X, Feng B, Wang J et al. Deep Learning for Differentiating Benign From Malignant Parotid Lesions on MR Images. *Front Oncol* 2021; 11: 632104. Published 2021. doi:10.3389/fonc.2021.632104
- [16] Zheng X, Huang C, Yu B et al. Differentiation of neurogenic tumours and pleomorphic adenomas in the parapharyngeal space based on texture analysis of T2WI. *BMC Oral Health* 2023; 23(1): 548. Published 2023. doi:10.1186/s12903-023-03283-6
- [17] Faur AC, Buzaş R, Lăzărescu AE et al. Current Developments in Diagnosis of Salivary Gland Tumors: From Structure to Artificial Intelligence. *Life* 2024; 14 (6): 727. doi:10.3390/life14060727
- [18] Wong CE, Huang CC, Chuang MT et al. Quantification of vessel separation using the carotid-jugular angle to predict the nerve origin of neck peripheral nerve sheath tumours: a pooled analysis of cases from the literature and a single-center cohort. *Int J Surg* 2023; 109(9): 2704–2713. Published 2023. doi:10.1097/JS9.0000000000000491

- [19] Katre MI, Telang RA. Schwannoma of parapharyngeal space: a case report. *Indian J Surg* 2015; 77 (1): 79–81. doi:10.1007/s12262-013-0911-7
- [20] Kulkarni M. Vagal Schwannoma and Carotid Body Tumor: Magnetic Resonance Imaging Appearance and Differential Diagnosis. *Int J Head Neck Surg* 2015; 6 (4): 195–196
- [21] Kunimatsu N, Kunimatsu A, Miura K et al. Differentiation between pleomorphic adenoma and schwannoma in the parapharyngeal space: histogram analysis of apparent diffusion coefficient. *Dentomaxillofacial Radiology* 2023; 52 (7): 20230140. doi:10.1259/dmfr.20230140
- [22] Lin EP, Chin BB, Fishbein L et al. Head and Neck Paragangliomas: An Update on the Molecular Classification, State-of-the-Art Imaging, and Management Recommendations. *Radiol Imaging Cancer* 2022; 4 (3): e210088. doi:10.1148/rycan.210088
- [23] McClelland AC, Shifteh K, Burns J. Advances in Head and Neck Paraganglioma Imaging. *Adv Clin Radiol* 2022; 4 (1): 195–214
- [24] Heckl S, Bösmüller H, Ioanoviciu SD et al. Imaging Diagnosis of Glomus Tumors of the Head and Neck – Bildgebung bei Glomustumoren des Kopfes und Halses (Paragangliom, Chemodektoma). *Fortsch Röntgenstr* 2015; 187 (6): 409–414. doi:10.1055/s-0035-1552000
- [25] Li L, Xu H, Chen X et al. Management of Multiple Head and Neck Paragangliomas With Assistance of a 3-D Model. *Ear, Nose & Throat Journal* 2023; 102 (6): 362–368. doi:10.1177/01455613211009441
- [26] Mukherji SK, Chong V. Neurofibroma. In: Mukherji SK, Chong V, Eds.; *Atlas of Head and Neck Imaging* Stuttgart: Thieme; 2004
- [27] Pal P, Singh B, Sood AS. Unusual parapharyngeal lipoma. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg* 2015; 67 (Suppl. 1): 158–160. doi:10.1007/s12070-014-0797-0.
- [28] Gandhi D, Gemmete JJ, Ansari SA et al. Interventional neuroradiology of the head and neck. *AJNR Am J Neuroradiol* 2008; 29 (10): 1806–1815. doi:10.3174/ajnr.A1211