

Prä- und posttherapeutische Larynxbildgebung

Die häufigste Indikation für eine CT- oder MRT-Untersuchung des Larynx stellt die präoperative Abklärung eines bioptisch nachgewiesenen Larynxtumors dar [1, 2, 3, 4, 5]. Die primäre Beurteilung des Larynx erfolgt mittels Endoskopie, die sowohl eine Beurteilung der Schleimhautoberfläche als auch gezielte Biopsien für die histologische Diagnosesicherung ermöglicht. Da die Endoskopie jedoch eine genaue Beurteilung der Tiefeninfiltration von Tumoren nicht zuverlässig leisten kann, sind für ein gezieltes, stadiengerechtes Therapiekonzept und die Beurteilung der Prognose eines Patienten mit einem Larynxkarzinom zusätzliche diagnostische Informationen notwendig. Sowohl CT als auch MRT ermöglichen eine zuverlässige Beurteilung der Lokalisation, Größe und Tiefenausdehnung einer Läsion. Funktionserhaltende, partielle Laryngektomien und kombiniert operativ-, strahlen- und chemotherapeutische Behandlungskonzepte verlangen eine möglichst genaue prätherapeutische Tumordarstellung. Die Komplementarität von Endoskopie und Schnittbildverfahren setzt somit eine sehr enge interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Radiologen, HNO-Chirurgen, Strahlentherapeuten und Pathologen voraus.

Die Suche nach Rezidiven oder Fernmetastasen bei bereits behandelten Patienten mit Larynxkarzinomen einerseits und die Suche nach Metastasen oder Zweitumoren im Rahmen der primären Abklärung bei bioptisch gesicherten fortgeschrittenen Tumoren andererseits sind

die häufigsten Indikationen einer PET-CT-Untersuchung [6, 7, 8].

Der vorliegende Übersichtsartikel befasst sich mit der Rolle von CT, MRT und PET-CT bei

- der präoperativen Abklärung von Larynxtumoren,
- der Beurteilung posttherapeutischer Zustände,
- entzündlichen Larynxläsionen,
- Missbildungen,
- Zysten,

- Laryngozeilen,
- Frakturen und
- Stimmbandlähmungen.

Technische Aspekte

Ziel dieses Artikels ist es, die Grundzüge der Larynxuntersuchung mittels CT, MRT und PET-CT aufzuzeigen, ohne auf herstellungsspezifische Details einzugehen, da sich die Untersuchungsprotokolle – be-

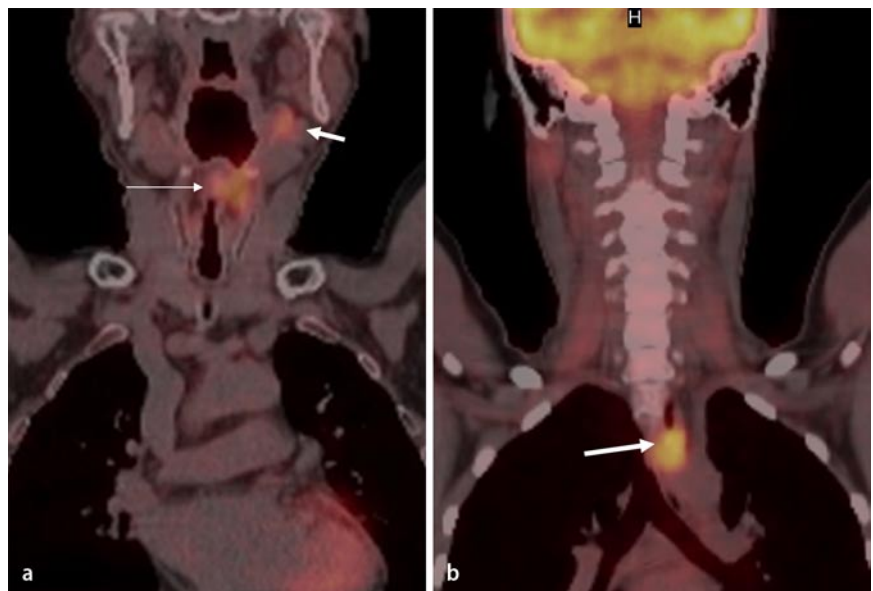


Abb. 1 ▲ **a, b** Die koronaren Bilder einer PET-CT-Untersuchung, die im Rahmen des präoperativen Stagings eines ausgedehnten Larynxkarzinoms durchgeführt wurden, zeigen den supraglottischen Tumor (**a**, langer Pfeil) mit Ausbreitung in das Krikoarytenoidgelenk und mit einer ipsilateralen Lymphknotenmetastase (**a**, kurzer Pfeil). Als Zufallsbefund wurde ein hypermetabolischer Fokus im thorakalen Ösophagus gefunden (**b**, Pfeil). Die anschließend erfolgte endoskopische Biopsie bestätigte den Zweitumor im Ösophagus

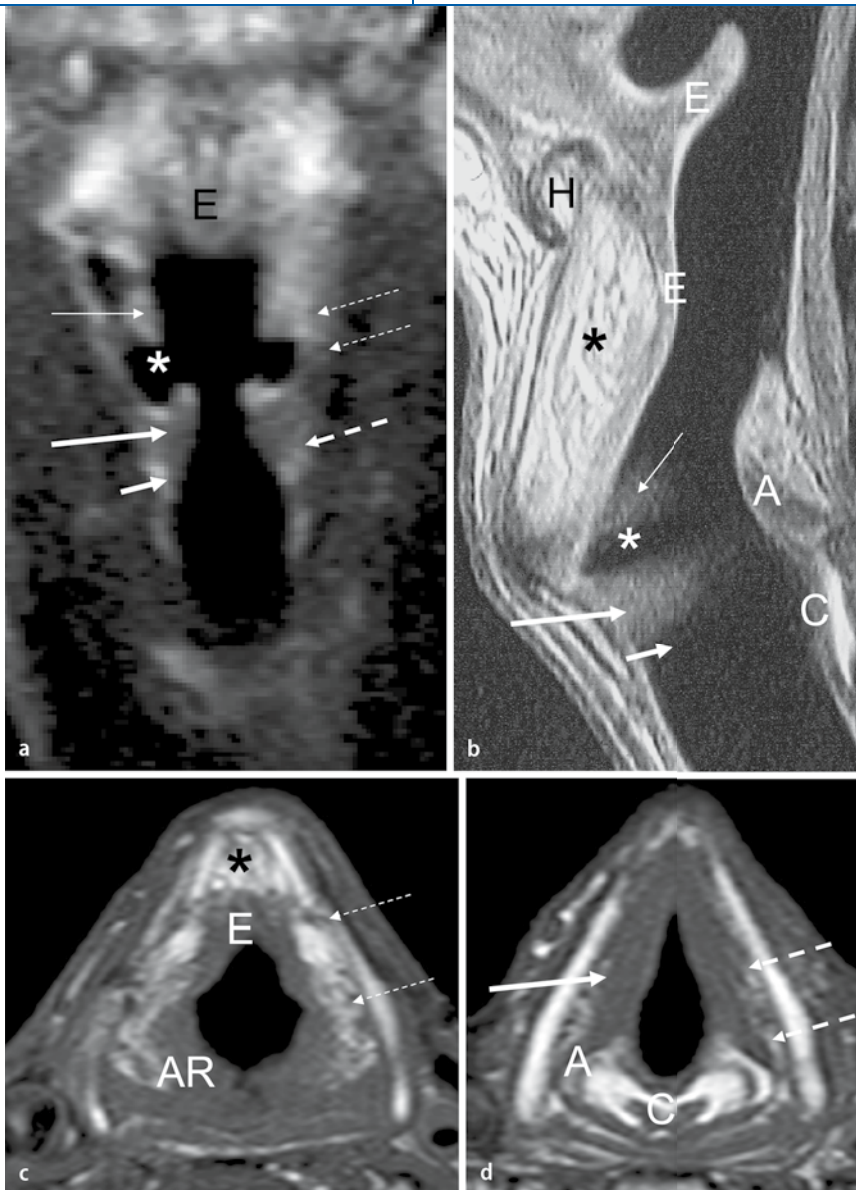


Abb. 2 ▲ Normale Larynxanatomie. **a** Koronares T1-FSE-Bild, **b** sagittales T1-FSE-Bild nach i.v.-Applikation von Gd-DTPA. Die 3 Etagen des Larynx sind erkennbar: die Supraglottis mit den fetthaltigen Taschenfalten (*dünne Pfeile*), die Glottis mit den praktisch nur aus Muskulatur (M. thyroarytenoideus) bestehenden Stimmbändern (*dicke lange Pfeile*) und die Subglottis (*dicke kurze Pfeile*). Zwischen den Taschenfalten und den Stimmbändern liegt der lufthaltige Ventriculus laryngis (*weiße Asterisks*). Der paarige paraglottische Raum besteht praktisch nur aus Fettgewebe auf Höhe der Supraglottis (*dünn gestrichelte Pfeile*). Auf Höhe der Glottis ist der paraglottische Fettstreifen sehr dünn (*dicke gestrichelte Pfeile*), der größte Teil des paraglottischen Raumes enthält Muskulatur. Der normale fetthaltige präepiglottische Raum (*schwarzer Asterisk*) ist sowohl auf sagittalen als auch axialen Schichten (**c** axiales T1-FSE-Bild auf Höhe der Supraglottis ohne KM-Gabe) gut zu sehen. **d** Axiales T1-FSE-Bild auf Höhe der Glottis ohne KM-Gabe. E Epiglottis, AR aryepiglottische Falte, A Arytenoidknorpel, C Ringknorpel, H Hyoid. Zu beachten ist, dass in der Supraglottis der präepiglottische und paraglottische Raum ineinander übergehen

dingt durch die rasante technologische Entwicklung – fortlaufend ändern.

Computertomographie (CT)

Die CT-Untersuchung des Larynx wird mittels Multidetektorspiraltechnik unmit-

telbar nach Kontrastmittelinjektion (Gesamtdosis 35–40 mg Jod) durchgeführt. Dabei wird je nach Gerätetyp eine Kollimation von 4×1 mm bis 64×0,6 mm gewählt. Die Schichtdicke beträgt meistens 1–1,5 mm, rekonstruiert alle 0,75 mm, wodurch qualitativ hochwertige 2D-Rekons-

truktionen im der koronaren und sagittalen Ebene und so genannte „3D-virtuelle Endoskopiebilder“ erzielt werden können. Eine native Untersuchung, d. h. vor der Kontrastmittelapplikation, ist nach unserer Erfahrung nicht nötig, da die applizierte Gesamtstrahlendosis nicht unnötig erhöht werden sollte. Das Untersuchungsgebiet der CT erstreckt sich von der Schädelbasis bis zum Aortenbogen, um eine gleichzeitige vollständige Beurteilung aller Lymphknotenstationen zu ermöglichen. Während der Untersuchung liegt der Patient in entspannter Rückenlage. Er wird angewiesen, während der Datenaufnahme oberflächlich zu atmen, nicht zu schlucken und sich nicht zu bewegen. Wir bevorzugen die Datenaufnahme während der oberflächlichen Atmung und nicht in Apnoe, da eine gute Evaluation der vorderen und hinteren Kommissur nur bei geöffneter Glottis möglich ist. Bei speziellen Fragestellungen (Hypopharynxbefall, Ausdehnung in den Ventriculus laryngis) werden zusätzliche Schichtaufnahmen in Apnoe oder während Valsalva-Manövern angefertigt.

Magnetresonanztomographie (MRT)

Für die MRT bei 1,5 und 3 T werden speziell konstruierte Oberflächenspulen vorzugsweise mit Parallelakquisitionstechnik verwendet. Wie bei der CT-Untersuchung erstreckt sich das Untersuchungsgebiet von der Schädelbasis bis zum oberen Mediastinum. Der Patient liegt dabei in entspannter Rückenlage und wird angewiesen, während der Datenaufnahme oberflächlich zu atmen, nicht zu schlucken oder zu husten und sich nicht zu bewegen. Zunächst wird ein laterales Topogramm angefertigt, gefolgt von axialen T2-FSE-Bildern und axialen T1-FSE-Sequenzen vor und nach i.v.-Applikation von Gadoliniumchelaten (z. B. 0,1 mmol/kg KG Magnevist, Schering, Berlin). Für spezielle Fragestellungen (kraniokaudale Tumorausdehnung im präepiglottischen und paraglottischen Raum, Ventrikelbefall) können zusätzliche sagittale und koronare T1-FSE-Sequenzen nach i.v.-Kontrastmittelapplikation mit oder ohne Fettsättigung angefertigt werden, falls dies aufgrund der bereits erfolgten Sequenzen

nicht klar ersichtlich ist. STIR- und Diffusionssequenzen können zusätzlich angefertigt werden, falls Unklarheit in Bezug auf einen möglichen Lymphknotenbefall besteht. Für die meisten Untersuchungen genügen aber die ersten 3 bereits erwähnten Sequenzen (T2-FSE, T1-FSE vor und nach KM-Gabe) für eine zuverlässige Diagnosestellung.

Die Schichtdicke beträgt üblicherweise 3 bis maximal 4 mm bei einem Schichtabstand von 0 bis maximal 1 mm. Dabei werden die Schichten parallel zur Glottis angefertigt, um die anatomischen Strukturen des Larynx besser beurteilen zu können. Weitere typische Parameter: Bildformat 16–20×16–20 cm und die Matrix 512×256–512. Die Untersuchungszeit bei einer Feldstärke von 1,5 T beträgt – bei Anwendung des oben genannten Protokolls – etwa 30 min. Da Dyspnoe und Hustenanfälle mit Schleimexpektorations ein häufiges Problem bei der Bildgebung mittels MRT darstellen, werden die Patienten angewiesen, eine Glocke zu läuten, die es ermöglicht, die Sequenz zu stoppen und fortzufahren, nachdem der Patient gehustet hat. Somit kann die Zahl der nichtdiagnostischen Untersuchungen erheblich reduziert werden. Bei unseren Patienten sind über 98% aller MRT-Untersuchungen des Halses von diagnostisch adäquater Bildqualität.

Positronenemissionstomographie-Computertomographie (PET-CT)

Die PET-CT mit dem Glukoseanalogon Fluoro-desoxy-D-Glukose (FDG) stellt neuerdings eine wichtige komplementäre Untersuchungsmodalität für die Primärabklärung von HNO-Tumoren, vorwiegend aber für die Suche von Rezidiven nach chirurgischen Eingriffen oder nach kombinierten strahlen- und chemotherapeutischen Behandlungen (■ **Abb. 1**). Zusätzlich wird die PET-CT dann eingesetzt, wenn die Interpretation vorangegangener Untersuchungen (CT oder MRT) unklar war. Bei der PET-CT-Untersuchung werden anatomische (CT) und metabolische Daten (PET) koregistriert. Dadurch werden die anatomische Lokalisation von Herden mit abnorm hoher Glukoseaufnahme und die Interpretation der PET-Daten erleichtert [6, 7, 8]. Leider ist

Radiologe 2008 DOI 10.1007/s00117-008-1765-z
© Springer Medizin Verlag 2008

M. Becker · K. Burkhardt · A.S. Allal · P. Dulguerov · O. Ratib · C.D. Becker
Prä- und posttherapeutische Larynxbildgebung

Zusammenfassung

Sowohl CT als auch MRT und neuerdings die PET-CT sind unentbehrliche Zusatzuntersuchungen zur Diagnostik und Stadieneinteilung von Tumoren des Larynx. Sie sind der klinischen Untersuchung (einschließlich endoskopischer Biopsie) beigeordnet und ergänzen diese komplementär. Eine sehr genaue Kenntnis der submukösen Tumorausbreitungswege, der diagnostischen Zeichen der Tumorf infiltration und deren Konsequenzen für Stadieneinteilung und Therapie sind unentbehrlich für die Interpretation von CT-, MRT- und PET-CT-Bildern. Sowohl CT als auch MRT sind hochsensitive Untersuchungen zum Nachweis der neoplastischen Infiltration des präepi- und paraglottischen Raums, der Subglottis und des Knorpels. Die Spezifität ist jedoch mit beiden Methoden weniger hoch als zunächst erwartet, wodurch eine Tendenz zum Überschätzen der Tumorausbreitung resultiert. Neuere Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass die Spezifität der MRT mittels Anwendung neu-

er diagnostischer Kriterien signifikant verbessert werden kann, da eine Unterscheidung zwischen Tumor und peritumoraler Entzündung in vielen Fällen möglich ist. Der sehr hohe negative Vorhersagewert der beiden Schnittbildverfahren ist aus klinischer Sicht wichtig, da es ermöglicht, die neoplastische Knorpelinfiltration auszuschließen. Beide Methoden verbessern signifikant die prätherapeutische Stagingtreffsicherheit, wenn sie zusätzlich zur Endoskopie eingesetzt werden. Bei submukösen Tumoren liefern sowohl CT als auch MRT wertvolle Hinweise auf eine mögliche Ätiologie, auf das Ausmaß des submukösen Wachstums und die geeignete Biopsiestelle. Sie spielen auch eine wichtige Rolle bei der Diagnose von Laryngozelen, der Abklärung von N.-laryngeus-recurrens-Paresen und Larynxfrakturen.

Schlüsselwörter

Tumoren · CT · MRT · Positronenemissionstomographie- (PET-)CT · Knorpel · Staging

Pretherapeutic and posttherapeutic laryngeal imaging

Abstract

Cross-sectional imaging with CT, MRI and more recently PET CT plays an indispensable complementary role to endoscopy in the pretherapeutic diagnostic and staging of laryngeal neoplasms and in the evaluation of the operated or irradiated larynx. Adequate interpretation of the CT, PET CT and MR images requires a thorough knowledge of the patterns of submucosal spread and familiarity with the diagnostic signs of neoplastic invasion as seen with each modality. In addition, one should be aware of the implications of imaging for staging and treatment. Both CT and MR imaging are highly sensitive for the detection of neoplastic invasion of the preepiglottic and paraglottic spaces, subglottic region and cartilage. The high negative predictive value of both CT and MRI allows a relatively reliable exclusion of neoplasm cartilage invasion. The specificity of both CT and MRI is, however, moderately high and both methods may, therefore, overestimate the extent of tumor spread. However, recent investiga-

tions have shown that the specificity of MRI may be significantly improved by using new diagnostic criteria which allow differentiation of tumor from peritumoral inflammation in many instances. Both cross-sectional imaging methods also significantly improve the pretherapeutic staging accuracy of laryngeal tumors if used in addition to clinical examination and endoscopic biopsy. In the presence of a submucosal mass, CT and MRI play a key role for the diagnosis, as they may characterize the lesion, reliably depict its submucosal extent and guide the endoscopist to perform deep biopsies which allow the definitive histological diagnosis. Cross-sectional imaging also plays a key role in the evaluation of laryngoceles, recurrent laryngeal nerve paralysis and fractures.

Keywords

Neoplasms · CT · MRI · Positron emission tomography CT · Cartilage · Staging

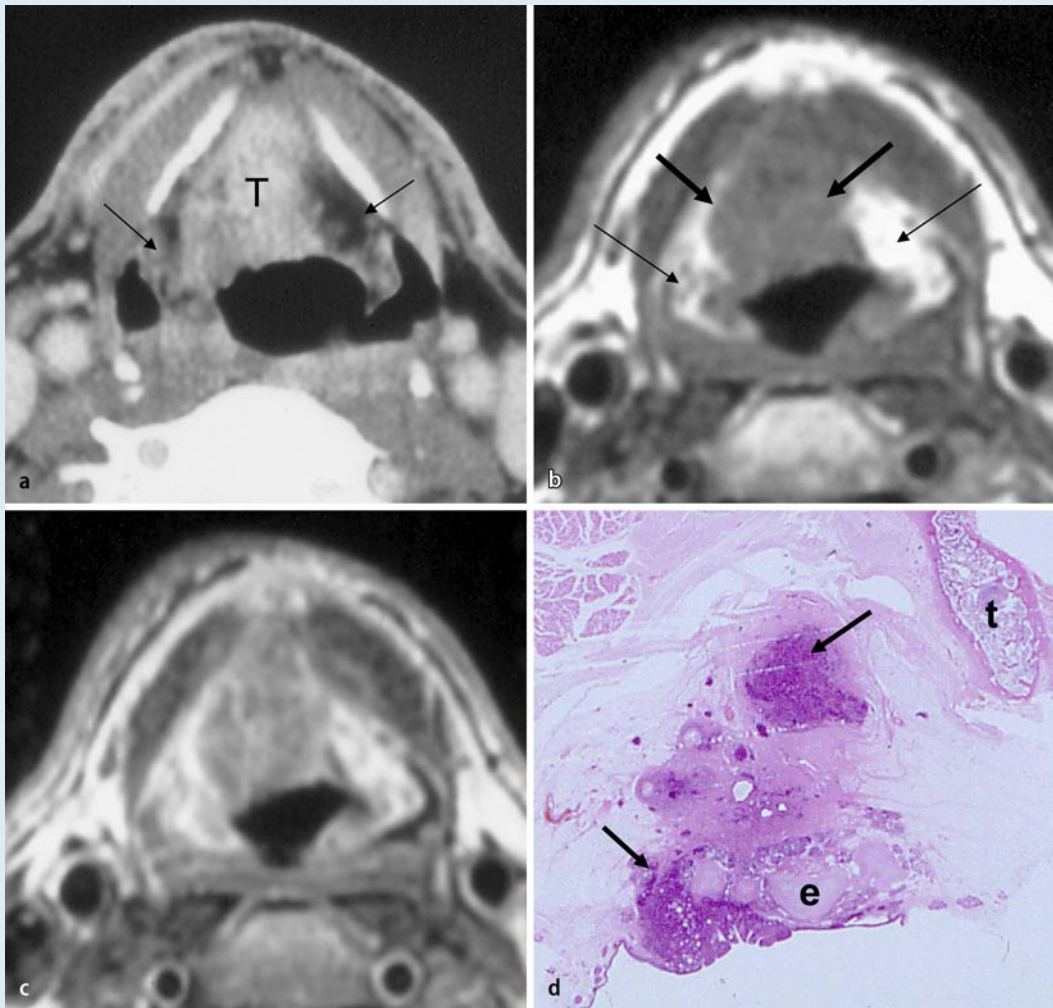


Abb. 3 **a** Axiales CT-Bild nach KM-Gabe. Supraglottischer Larynx tumor, ausgehend von der Epiglottis mit Infiltration des präepiglottischen Raums (T). Der paarige paraglottische Raum ist tumorfrei (dünne Pfeile). Die axialen T1-FSE-Bilder auf gleicher Höhe ohne (b) und nach i.v.-KM-Gabe (c) zeigen einen hypointensen Tumor im präepiglottischen Raum mit mäßiger KM-Anreicherung (dicke Pfeile). Man beachte, dass der paraglottische Raum (dünne Pfeile) tumorfrei ist. d Der axiale histologische Schnitt auf gleicher Höhe bestätigt den radiologischen Befund. Die Pfeile in d weisen auf den ausgedehnten Tumorbefall des präepiglottischen Raums hin. e Epiglottisknorpel, t Schildknorpel. (Mit freundlicher Genehmigung aus [5])

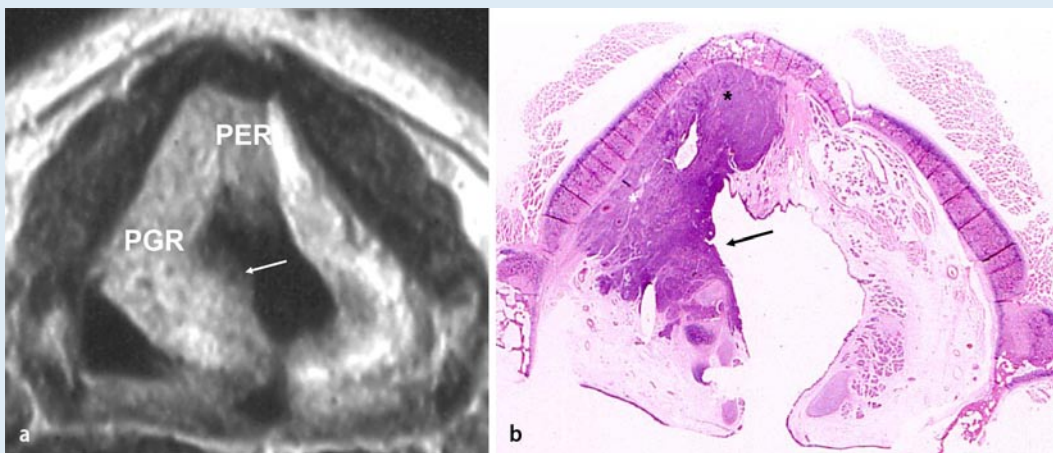


Abb. 4 **a** Axiales KM-angereichertes T1-FSE-Bild auf Höhe der Supraglottis und der dazu gehörende histologische Schnitt auf gleicher Höhe (b). Endoskopisch wurde bei diesem Patienten ein kleiner Tumor im Bereich der rechten Taschenfalte und der ventralen Fläche der aryepiglottischen Falte nachgewiesen (Pfeile in a und b). Die Glottis- und Subglottisschleimhaut war dagegen intakt. Ausgedehnter Befall des paraglottischen Raums rechts (PGR) mit vollständiger Obliteration des normalerweise hier anzutreffenden Fettgewebes. Beachte das hohe Signal des normalen kontralateralen paraglottischen Fettgewebes. Vom paraglottischen Raum hat sich der Tumor auch in den präepiglottischen Raum ausgedehnt (PER)

aber die PET-CT-Untersuchung nicht absolut spezifisch, da ein erhöhter Glukosemetabolismus bei einer ganzen Reihe entzündlicher oder infektiöser Krankheiten auch angetroffen werden kann.

Schnittbildanatomie

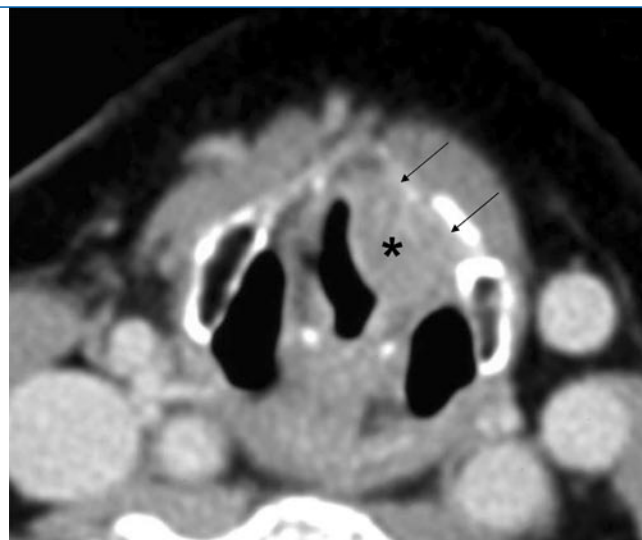
Die Schnittbildanatomie des Larynx ist von vielen Autoren beschrieben worden [1, 2, 3, 4, 5]. Sie soll im Rahmen dieses Artikels nur insoweit besprochen werden, als sie für Diagnostik und Therapie der Tumoren dieser Region Bedeutung hat. Die kompartimentale Gliederung des Larynx ist von entscheidender Bedeutung für die lokale Ausbreitung von Tumoren. Die Etagen des Larynx (Supraglottis, Glottis und Subglottis) sind am besten auf koronaren und sagittalen MRT-Bildern sichtbar (■ Abb. 2).

Der präepiglottische Raum enthält Fett- und Bindegewebe und wird durch den Schildknorpel und die Membrana thyrohyoidea ventralseits begrenzt, durch das Lig. hyoepiglotticum kranialseits, durch den Petiolus der Epiglottis und das Lig. thyroepiglotticum kaudalseits und durch die Epiglottis dorsalseits. Lateral mündet dieser Raum in den paarigen paraglottischen Raum, der Raum zwischen der Mukosa und den Larynxknorpeln liegt. Im supraglottischen Larynx enthält der paraglottische Raum praktisch nur Fettgewebe, auf Glottishöhe vorwiegend Muskulatur (M. thyroarytenoideus) und nur wenig Fett. Die kaudale Begrenzung des paraglottischen Raums ist der Conus elasticus, die laterale Begrenzung der Schildknorpel und die Membrana thyrocricoidea. Sowohl der präepiglottische als auch der paraglottische Raum stellen wichtige Ausbreitungswege für Larynx Tumoren dar.

Plattenepithelkarzinome

Etwa 95% aller Larynx Tumoren sind Plattenepithelkarzinome. Rauchen und Alkoholkonsum sind die wichtigsten ätiologischen Faktoren. Die Diagnose dieser Tumoren wird endoskopisch gestellt, Schnittbildverfahren werden im Rahmen des prätherapeutischen Stagings eingesetzt. Die Interpretation von CT- und MRT-Bildern des Larynx setzt die genaue

Abb. 5 ▶ Axiales CT-Bild nach i.v.-KM-Applikation. Endoskopisch war die Mukosa der Taschenfalten intakt, allerdings fand man bei der Panendoskopie einen kleinen Larynxtumor ausgehend vom linken Ventriculus Morgagni (Asterisk). Beachte, dass der linke paraglottische Raum bereits infiltriert ist und der Tumor sich bis zum linken Schildknorpel erstreckt (dünne Pfeile)



Kenntnis der typischen, submukösen Ausbreitungswege dieser Tumoren voraus. Im Folgenden wird – in vereinfachter Form – auf die charakteristischen Ausbreitungswege von Larynx Tumoren und auf ihre Konsequenzen für Tumorstaging und Therapie eingegangen.

Submuköse Tumorausbreitungswege

Supraglottische Larynx Tumoren können von der Schleimhaut der Epiglottis (■ Abb. 3), den Taschenfalten (■ Abb. 4) des Ventriculus laryngis (■ Abb. 5), der Interarytenoidregion und der ventralen Fläche der aryepiglottischen Falten (■ Abb. 4) ausgehen. Epiglottistumoren können durch die natürlichen Perforationen der Epiglottis Zugang zum präepiglottischen Raum finden. Innerhalb des präepiglottischen Raums breitet sich der Tumor in kraniokaudaler oder lateroposteriorer Richtung in die beiden paraglottischen Räume aus (letztere kommunizieren im supraglottischen Larynx mit dem präepiglottischen Raum, ■ Abb. 2).

Präepiglottischer Raum

Die Infiltration des präepiglottischen Raums, die endoskopisch nicht eruiert werden kann, bedeutet nach der TNM-Klassifikation ein Tumorstadium T₃, therapeutisch gesehen jedoch keine Kontraindikation für partielle, stimmerhaltende Operationen. Allerdings scheint die ausgedehnte Infiltration des präepiglottischen Raums von einer erhöhten Rezi-

divrate nach Strahlentherapie begleitet zu sein [2, 3, 4]. Sowohl CT als auch MRT sind sehr zuverlässig bei der Beurteilung der tumorbedingten Infiltration des präepiglottischen Raums (■ Abb. 3 und 4). Radiologisch-pathologische Korrelationsstudien basierend auf Ganzorganschnitten haben gezeigt, dass die Sensitivität der CT und MRT für die Erfassung der tumorbedingten Infiltration des präepiglottischen Raums mit beiden Methoden 100% beträgt, die Spezifität 93% für die CT und 84–90% für die MRT. Da die peritumorale Entzündung – ein Vorgang, der in unmittelbarer Nähe des Tumors auftritt, – von der Tumormasse selbst nicht zuverlässig unterschieden werden kann, können falsch-positive Beurteilungen des präepiglottischen Raums mit CT und MRT in etwa 10–15% aller Fälle resultieren.

Paraglottischer Raum

Tumoren, die ihren Ursprung im Ventriculus laryngis haben, neigen dazu, den paraglottischen Raum sehr früh zu infiltrieren. Diese so genannten „lateralen supraglottischen“ Tumoren können sich dann ungehindert in kraniokaudaler Richtung innerhalb des paraglottischen Raums ausbreiten. Häufig ist dann der größte Teil des Tumors endoskopisch nicht sichtbar, da er submukös gelegen ist (■ Abb. 5). Die ausgedehnte Infiltration des paraglottischen Raums stellt eine Kontraindikation für bestimmte Techniken der partiellen Laryngektomie dar. Radiologisch-pathologische Korrelationsstudien basierend auf Ganzorganschnitten haben gezeigt, dass

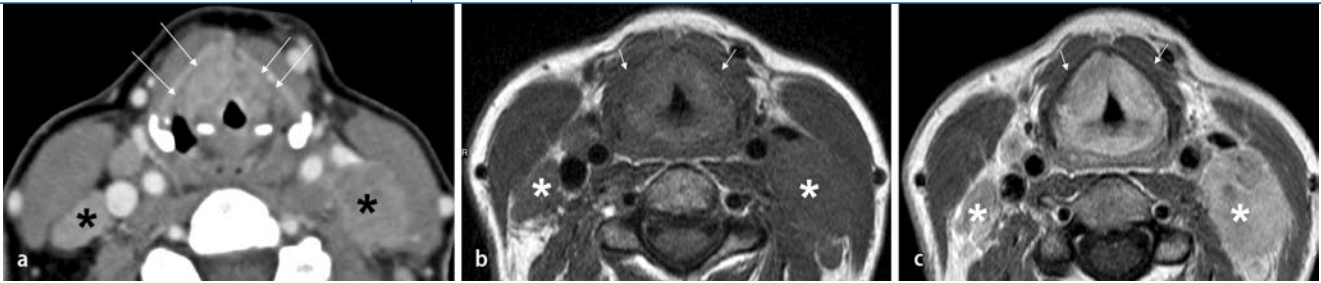


Abb. 6 ▲ CT- und MRT-Bilder eines supraglottischen Plattenepithelkarzinoms mit bilateralen Lymphknotenmetastasen bei einer jungen Frau. **a** Das CT-Bild nach KM-Gabe zeigt auf Höhe der Taschenfalten einen beidseitigen Tumor, der die beiden paraglottischen Räume infiltriert und bis zum Schildknorpel beidseits vorgedrungen ist (*lange Pfeile*). Beachte, dass die Dichte des nichtossifizierten Knorpels in etwa der Dichte des Tumors entspricht, wodurch eine Beurteilung der Tiefeninfiltration erschwert wird (s. Text). **b** Die T1-FSE-Bilder auf gleicher Höhe und T1-FSE-Bilder nach KM Gabe (**c**) zeigen die Tumorausdehnung bis zum Schildknorpel beidseits, der Schildknorpel selbst nimmt aber kein KM auf und ist somit nicht befallen (*kurze Pfeile*). Asterisks kennzeichnen die ausgedehnten bilateralen Lymphknotenmetastasen

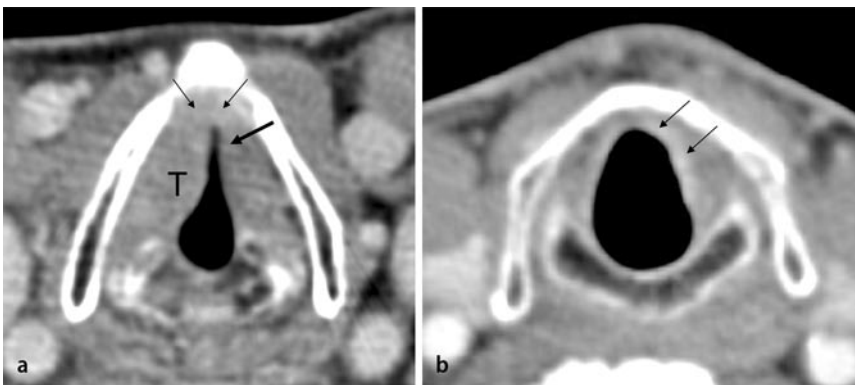


Abb. 7 ▲ Axiale CT-Bilder nach i.v.-KM-Applikation auf Glottishöhe (**a**) und auf Höhe der oberen Subglottis (**b**). Tumor ausgehend vom rechten anterioren Stimmband (T) mit Beteiligung der vorderen Kommissur (*dünne Pfeile*) und des anterioren kontralateralen Stimmbandes (*dicker Pfeil*). Beachte den Befall der Subglottis (**b**, *dünne Pfeile*)

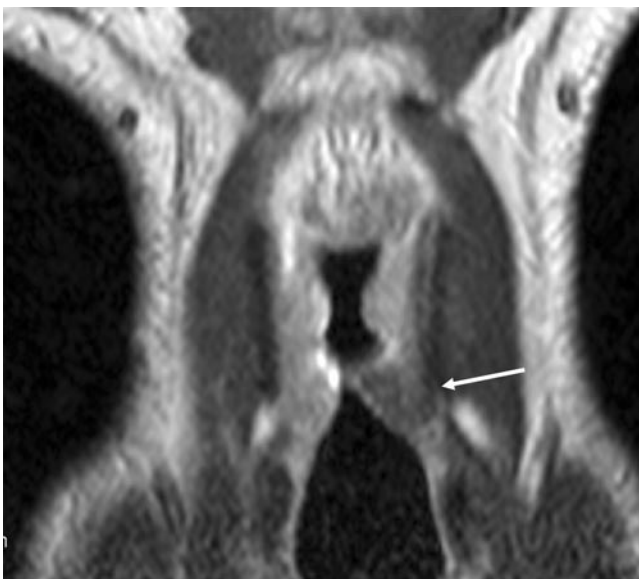


Abb. 8 ◀ Im koronaren T1-FSE-Bild nach KM Gabe ist ein ausgedehntes linksseitiges Glottiskarzinom mit Stimmbandfixation (T3 gemäß TNM-Klassifikation) zu erkennen. Der Tumor infiltriert den paraglottischen Raum (*Pfeil*)

die Sensitivität der CT und MRT für die Erfassung der tumorbedingten Infiltration des paraglottischen Raums jeweils 93 und 97% beträgt, die Spezifität für beide Schnittbildverfahren jedoch nur 50–76%.

Da weder CT noch MRT mit den heute vorhandenen Sequenzen einen Tumor von einer peritumoralen Entzündung im paraglottischen Raum zuverlässig unterscheiden können, resultiert eine relativ

niedrige Spezifität und somit ein Überschätzen der Tumorausdehnung mit beiden Bildgebungstechniken.

Aryepiglottische Falte

Tumoren der ventralen Fläche der aryepiglottischen Falte breiten sich vorzugsweise in kraniokaudaler Richtung nach vorne zum präepiglottischen Raum hin aus (■ **Abb. 4**), nach hinten zur Interarytenoidregion, Krikoarytenoidgelenk und zum Hypopharynx hin. Wird das Krikoarytenoidgelenk infiltriert, ist eine partielle stimmerhaltende Laryngektomie nicht mehr möglich. Alle supraglottischen Larynxtumoren weisen unabhängig von der Lokalisation bereits früh Lymphknotenmetastasen auf (■ **Abb. 6**).

Glottis

Am häufigsten entspringen Glottistumoren von der vorderen Stimmbandhälfte. Sie neigen dazu, die vordere Kommissur zu infiltrieren (■ **Abb. 7**). Die Infiltration der vorderen Kommissur wird sowohl endoskopisch als auch mittels Schnittbildverfahren leicht diagnostiziert. Von der vorderen Kommissur kann sich der Tumor in das kontralaterale Stimmband, nach kranial in den supraglottischen Larynx, nach kaudal in die Subglottis (■ **Abb. 7**) und nach vorne in den Schildknorpel ausbreiten. Wenn Stimmbandtumoren sich nach lateral ausbreiten, erreichen sie den paraglottischen Raum (■ **Abb. 8**). Die Infiltration des paraglottischen Raums führt zum klinischen Bild der Stimmbandfixation (■ **Abb. 8**). Innerhalb des paraglottischen Raums können sie sich dann in

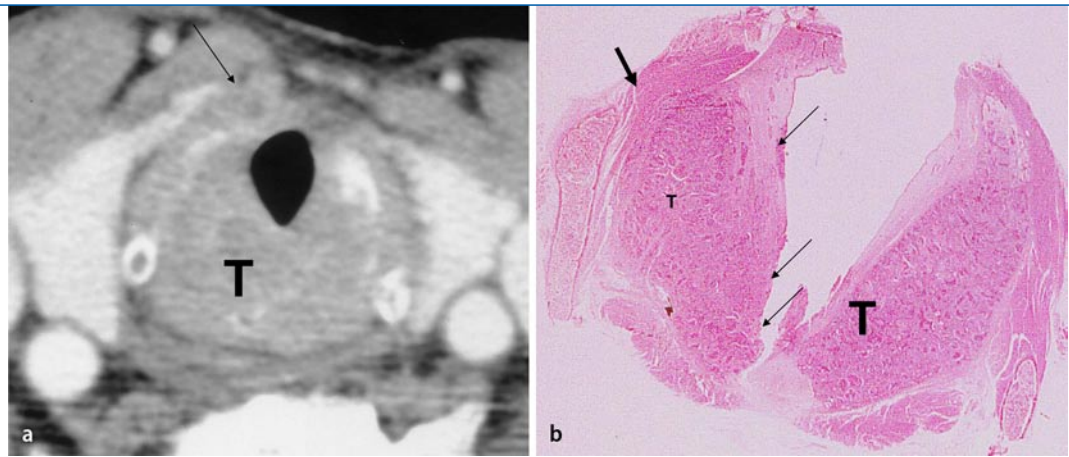


Abb. 9 ▲ a Axiales KM-angereichertes CT-Bild auf Höhe der Subglottis und der dazu gehörende histologische Schnitt auf gleicher Höhe (b). Primär subglottischer Larynxtumor (T) mit zirkumferentieller Einengung der Subglottis und ausgedehnter Destruktion des Ringknorpels. Die endoskopischen Biopsien waren nur an den mit *dünnen Pfeilen* markierten Stellen in b positiv. Der *kurze dicke Pfeil* in b und der *dünne Pfeil* in a deuten auf die Infiltration der Schilddrüse und der Halsweichteile

kraniokaudaler Richtung ausbreiten, wie vorhin beschrieben. Diese kraniokaudale Ausbreitung kann besonders gut auf koronaren MR-Schnittbildern oder auf koronaren 2D-CT-Rekonstruktionen gezeigt werden

Subglottis

Der Befall der Subglottis wird relativ häufig bei Stimmbandkarzinomen angetroffen. Bei der Erfassung des submukösen Subglottisbefalls, der klinisch-endoskopisch okkult sein kann, spielen CT und MRT eine sehr wichtige Rolle (■ Abb. 7). Basierend auf endoskopisch-radiologisch-pathologischen Korrelationsstudien beträgt die Sensitivität der endoskopischen Biopsie für die Erfassung des tumorbedingten Subglottisbefalls 82–86%. Die Sensitivität von CT und MRT hingegen ist höher und beträgt 93 bzw. 96%. Bei kleinen Glottistumoren sind Lymphknotenmetastasen selten. Erst beim fortgeschrittenen Tumorstadium mit Mehretagenbeteiligung, Knorpelbefall und extralaryngealer Tumorausbreitung werden Lymphknotenmetastasen häufig angetroffen.

Primär subglottische Larynxkarzinome sind selten (■ Abb. 9). Sie haben eine Tendenz, die Trachea, den Ösophagus und die Schilddrüse zu infiltrieren. Lymphknotenmetastasen sind häufiger als bei Stimmbandkarzinomen und werden in den paratrachealen, prätrachealen, inferioren jugulären und superioren mediastinalen Lymphknotenstationen ange-

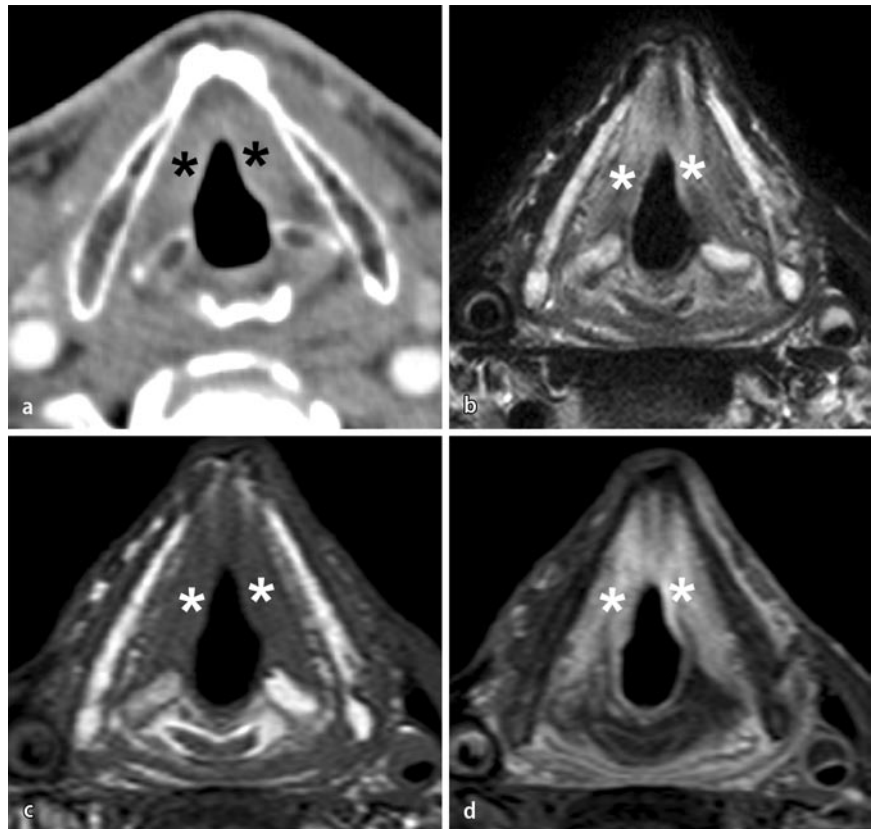


Abb. 10 ▲ a Beidseitiger Stimmbandtumor auf Höhe der Glottis ohne Befall des Schildknorpels, axiales CT-Bild nach KM-Gabe (Asterisks). Der Schildknorpel ist vollständig ossifiziert mit einem fetthaltigen und somit relativ hypodensen Markraum, der von einer hyperdensen Kortikalis umgeben ist. Bilateraler Stimmbandtumor (Asterisks) beim gleichen Patienten mit Beteiligung der vorderen Kommissur und ohne Beteiligung des paraglottischen Raums, axiales T2-FSE-Bild (b), T1-FSE (c) und T1-FSE nach KM-Gabe und mit Fettunterdrückung (d). Beachte das charakteristische Verhalten von ossifiziertem Knorpel im MR. Aufgrund seines Fettgehalts ist der Markraum des Schildknorpels hyperintens auf T2-FSE- und T1-FSE-Bildern. Auf den fettsupprimierten T1-FSE-Bildern nach KM-Applikation lässt sich keine KM-Aufnahme feststellen. Die Kortikalis ist hypointens auf allen Sequenzen (s. Text)

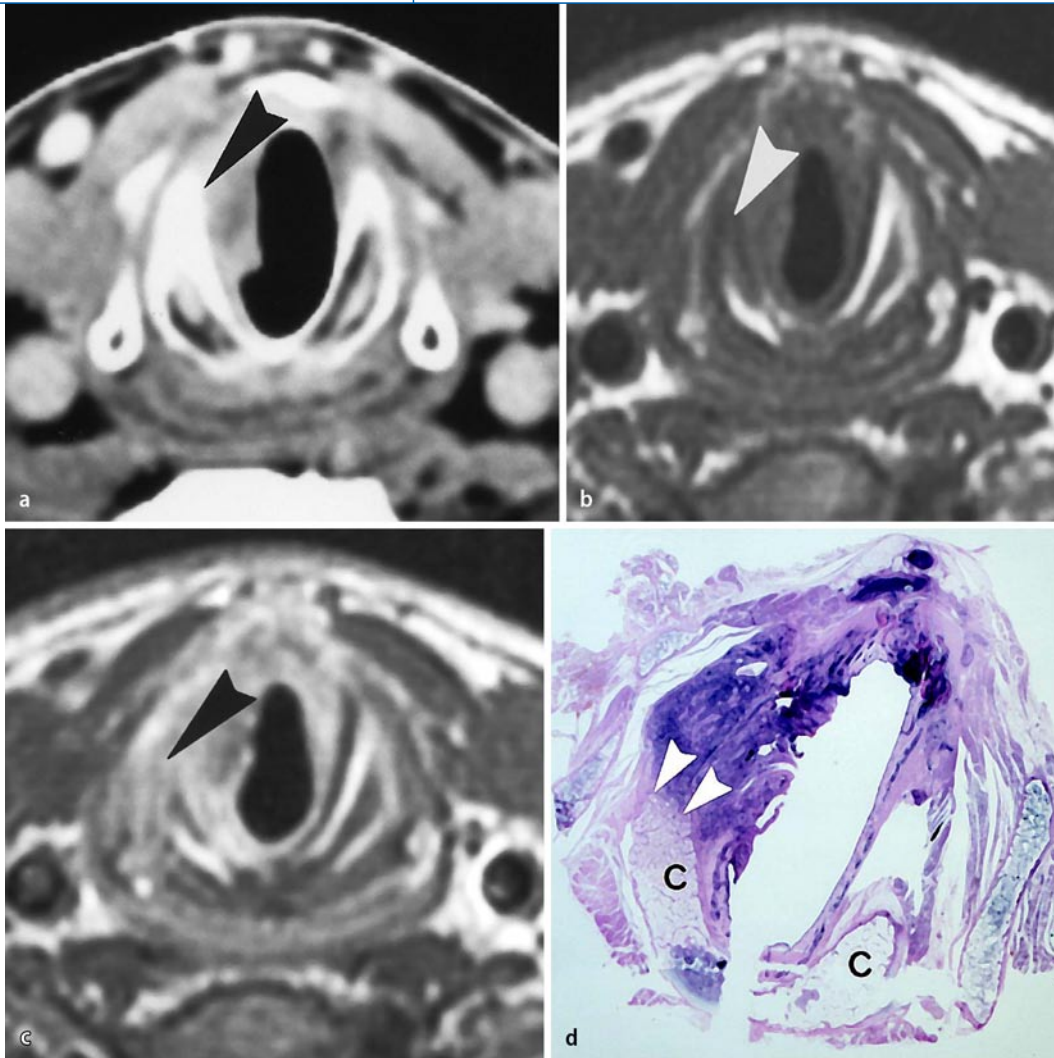


Abb. 11 ◀ Glottosubglottischer Tumor mit Sklerose des anliegenden rechten Ringknorpels (Pfeilspitze), axiales CT-Bild nach KM-Gabe (a). b Auf dem T1-SE-Bild sind der Tumor und der anliegende Ringknorpel (Pfeilspitze) hypointens. c Nach KM-Gabe beobachtet man eine KM-Anreicherung (Pfeil) im Krikoid und im anliegenden Tumor. Somit besteht der Verdacht eines Befalls des Ringknorpels. d Histologisch war der Knorpel infiltriert (Pfeilspitzen). C Krikoid. (Aus [16] mit Genehmigung des Verlegers)

troffen. Deshalb sollte bei primär subglottischen und Glottistumoren mit sekundärem Subglottisbefall das obere Mediastinum genauestens untersucht werden.

Knorpelbefall

Die tumorbedingte Infiltration des Schild- und Ringknorpels ist mit einem höheren Tumorstadium (T₃ oder T₄) und einer schlechteren Prognose verbunden [9, 10, 11, 12, 13]. Obwohl die therapeutischen Optionen bei der Behandlung des Larynxkarzinoms sehr stark von einer Institution zur anderen variieren, wird wegen des Risikos der Radioosteonekrose vielerorts die Knorpelinfiltration als eine relative Kontraindikation zur Radiotherapie angesehen. Außerdem gilt die Knorpelinfiltration von Schild- und Ringknorpel als eine Kontraindikation für verschiedene partielle Laryngektomien [1, 2, 3, 4, 10, 11, 12, 13]. Die Diagnose der tumorbedingten

Knorpelinfiltration verlangt somit besondere Aufmerksamkeit.

Hyaline Larynxknorpel

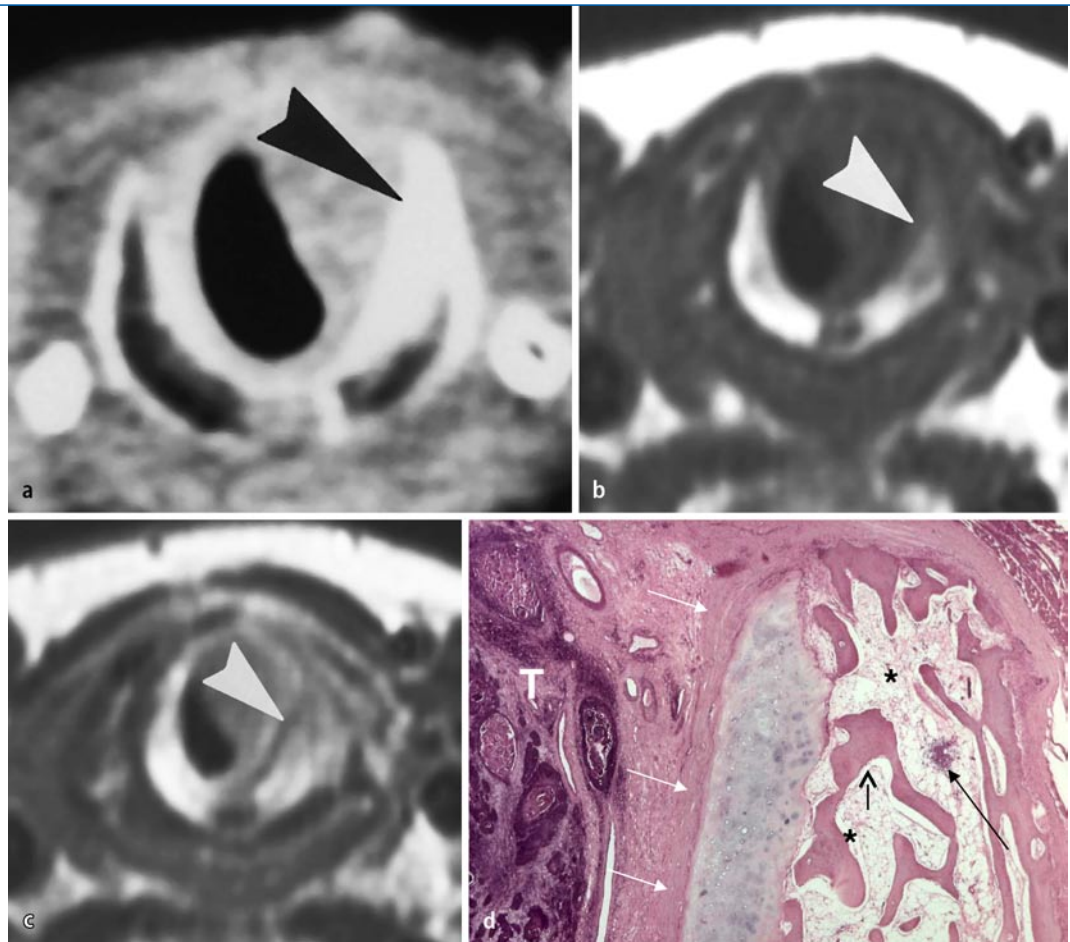
Die hyalinen Larynxknorpel (Schild-, Ring- und Aryknorpel) verknöchern ab dem 20. Lebensjahr. Dieser Verknöcherungsprozess ist variabel und geschlechtsspezifisch. Die ossifizierten Knorpelanteile bestehen histologisch aus einem Markraum (mit Knochentrabekeln, Fettmark und erythropoetischem Mark), der von einer Kortikalis umgeben ist. Die nichtossifizierten Knorpelanteile bestehen aus hyalinem Knorpelgewebe. Im CT-Bild haben diese nichtossifizierten hyalinen Knorpelanteile eine ähnliche Dichte wie Larynxtumoren und im MR-Bild eine niedrige Signalintensität auf den T₁- und T₂-gewichteten Sequenzen und keine nachweisbare Kontrastmittelaufnahme (Abb. 6). Die ossifizierten Knorpelan-

teile haben die Charakteristika von Knorpelgewebe (Abb. 10). Der Markraum ist aufgrund des hohen Fettgehalts im CT-Bild hypodens und im MR-Bild hyperintens auf den T₁-SE- und T₂-FSE-Sequenzen. Nach KM Gabe lässt sich im gesunden ossifizierten Knorpel keine KM-Aufnahme nachweisen. Die Kortikalis des ossifizierten Knorpels ist stark hyperdens im CT-Bild und stark hypointens auf sämtlichen MR-Sequenzen (Abb. 10).

Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, dass Tumorzellen bevorzugt ossifizierten Knorpel infiltrieren. Nichtossifizierter hyaliner Knorpel ist dagegen relativ resistent gegenüber Tumorbefall. Die neoplastische Knorpelinfiltration umfasst 3 Stadien:

- Zunächst induziert die Tumornähe entzündliche Veränderungen im anliegenden ossifizierten Knorpel. Diese Entzündung ist verbunden mit Knochenneubildung.

Abb. 12 ► Glottissubglottischer Tumor mit Sklerose des anliegenden linken Ringknorpels (*Pfeilspitze*), axiales CT-Bild nach KM-Gabe (**a**). **b** Auf dem T1-SE-Bild sind der Tumor und der anliegende Ringknorpel (*Pfeilspitze*) hypointens. **c** Nach KM-Gabe beobachtet man eine KM-Anreicherung (*Pfeil*) sowohl im Tumor als auch im Krikoid. Somit besteht der Verdacht eines Befalls des Ringknorpels. **d** Histologisch war der Knorpel nicht infiltriert, sondern nur entzündlich verändert. Die *weißen Pfeile* zeigen auf das intakte Perichondrium, der *schwarze Pfeil* auf einen Lymphfollikel im entzündlich veränderten Markraum (*schwarze Asterisks*). *TT* Tumor. (Aus [16] mit Genehmigung des Verlegers)



- In einem zweiten Stadium werden die neu gebildeten Knochentrabekel durch aktivierte Osteoklasten partiell resorbiert. Die Osteoklasten werden durch Prostaglandine und Interleukine aktiviert, die durch Tumorzellen sezerniert werden. Histologische Studien haben gezeigt, dass Knochenabbau und -neubau häufig nebeneinander im Markraum von ossifiziertem Knorpel stattfinden (Knochenumbau).
- Erst in einem letzten Schritt findet die tatsächliche Infiltration des Larynxknorpels durch Tumorzellen statt. Zunächst ist der eigentliche Tumordurchbruch mikroskopisch, dann makroskopisch, aber limitiert auf den Markraum, und zuletzt findet die Zerstörung der äußeren Kortikalis und des äußeren Perichondriums mit Tumordurchbruch nach extralaryngeal statt.

Diagnosestellung

CT

Die CT kann für die Diagnose der neoplastischen Knorpelinfiltration eingesetzt werden. Allerdings variieren die Daten aus der Literatur sehr stark in Bezug auf Sensitivität und Spezifität [14, 15]. In einer prospektiven Studie haben wir 8 verschiedene CT-Zeichen zur Diagnose der Knorpelinfiltration anhand einer Serie von 111 operierten Patienten untersucht [14]. Alle Operationspräparate wurden mittels axialer Ganzorganschnitte histologisch verarbeitet und die CT-Bilder mit den korrespondierenden histologischen Schnitten verglichen. Aufgrund der Ergebnisse dieser Arbeit sind die Sklerose, Erosion, Lyse und der extralaryngeale Tumordurchbruch die nützlichsten CT-Zeichen zur Diagnose der tumorbedingten Knorpelinfiltration (■ Abb. 11, 12, 13, 14). Jedes dieser Zeichen entspricht histologisch einem charakteristischen Stadium der Knorpelinfiltration.

Sklerose. Sklerose ist als eine vermehrte Ossifikation eines Knorpels in unmittelbarer Tumornähe definiert. Histologisch entspricht dieses Zeichen einem Knochenneubau und ist somit ein indirektes Zeichen der Knorpelinfiltration (■ Abb. 11). Die Sensitivität dieses Zeichens ist hoch, die Spezifität jedoch niedrig (Thyroid 40%; Krikoid 76%; Arytenoid 79%). Mit anderen Worten: wenn ein Tumor einem sklerotischen Knorpel anliegt, bedeutet dies nicht automatisch, dass der Knorpel infiltriert ist (■ Abb. 12). Plant man jedoch eine chirurgische Therapie, muss ein sklerotischer Knorpel entfernt werden, da das Risiko, Tumorgewebe zurückzulassen, 50–60% beträgt.

Erosion und Lyse. Findet ein Tumoreintritt in den ossifizierten Knorpel statt, werden die Zeichen der Erosion und Lyse im CT sichtbar. Die Erosion entspricht einer kleinen Destruktion limitiert auf die Kortikalis, die eigentliche Lyse entspricht einem größeren Defekt des Markraums (■ Abb. 13). Histologisch entsprechen

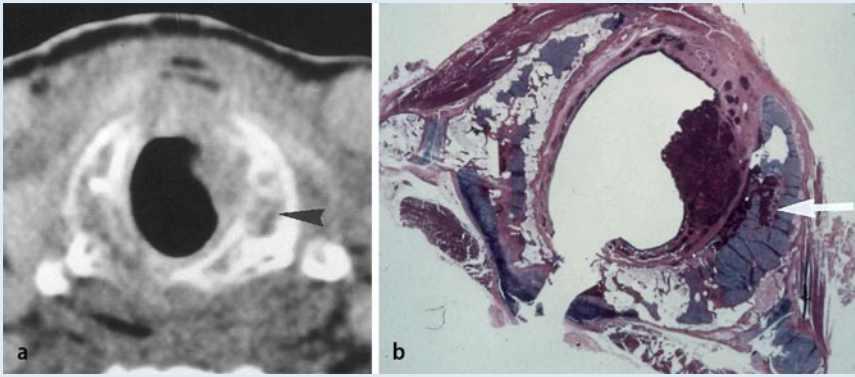


Abb. 13 ◀ Das axiale CT-Bild nach KM-Gabe (a) zeigt einen glottosubglottischen Tumor mit Lyse des Ringknorpels links (schwarze Pfeilspitze). Histologisch war der Knorpel infiltriert (b, weißer Pfeil). (Aus [14] mit Genehmigung des Verlegers)

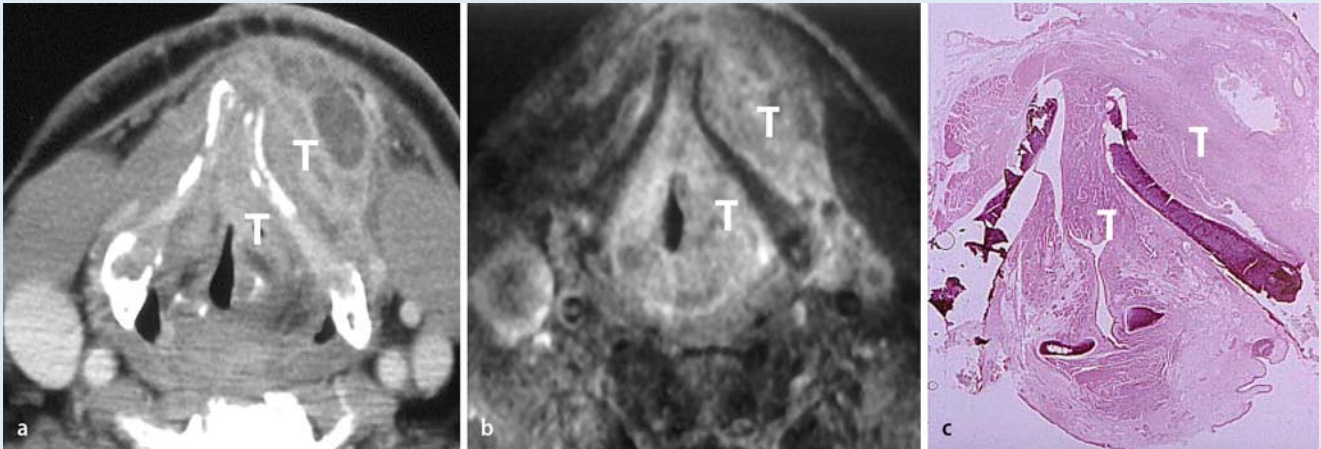


Abb. 14 ▲ a Im axialen CT-Bild nach KM-Gabe ist ein ausgedehnter supraglottischer Larynxtumor mit extralaryngealem Tumordurchbruch links (T) nachweisbar. b Das T1-SE-Bild nach Gabe von KM zeigt den Tumor (T) mit einer deutlichen KM-Aufnahme auf beiden Seiten des Schildknorpels, dem diagnostischen Zeichen des extralaryngealen Wachstums entsprechend. c Der histologische Ganzorganschnitt auf gleicher Höhe bestätigt den radiologischen Befund. (Aus [1] mit Genehmigung des Verlegers)

beide Zeichen einem tatsächlichen Tumoreinbruch in den Knorpel. Somit sind sowohl die Erosion als auch die Lyse sehr spezifische Zeichen der Knorpelinfiltration (Spezifität 93%). Die Sensitivität dieser beiden Zeichen ist hingegen nicht sehr hoch, da sie einer bereits fortgeschrittenen Tumordinfiltration entsprechen (Sensitivität 54%).

Extralaryngealer

Tumordurchbruch. Wenn die äußere Kortikalis und das äußere Perichondrium durchbrochen werden, wird das Zeichen des extralaryngealen Durchbruchs im CT-Bild sichtbar (■ Abb. 14). Dies entspricht histologisch einem massiven Knorpelbefall mit Infiltration der extralaryngealen Muskulatur, ist also ein sehr spätes Zeichen der Infiltration. Wie erwartet ist dieses CT-Zeichen hoch spezifisch (Spezifität 95%), jedoch kaum sensitiv (Sensitivität nur 44%). Wendet man eine Kombi-

nation aller dieser 4 CT-Zeichen an, resultiert eine hohe Sensitivität für die Detektion des Knorpelbefalls im CT (91%), jedoch eine relativ niedrige Spezifität (68%). Der negative Vorhersagewert dieser Kombination von 4 CT-Zeichen ist aber sehr hoch, nämlich 95%. Mit anderen Worten, fehlen diese Zeichen im CT, kann eine Knorpelinfiltration nahezu ausgeschlossen werden [14].

MRT

Die Diagnose der Knorpelinfiltration mit der MRT wird aufgrund des Vergleichs der Signalintensitäten der Larynxknorpel in den verschiedenen Sequenzen gestellt [1, 15, 16]. Wenn Tumorgewebe und anliegender Knorpel im T1-SE-Bild hypointens erscheinen, auf dem T2-FSE-Bild hyperintens, und wenn eine KM-Anreicherung auf dem T1-SE-/FSE-Bild im Knorpel stattfindet, wird die Diagnose einer Knorpelinfiltration im MRT-Bild gestellt

(■ Abb. 11, 12). Wie bei der CT ist der Nachweis von extralaryngealem Tumor ein Zeichen einer bereits sehr stark fortgeschrittenen Infiltration, die einem Tumorstadium T4 gemäß TNM-Klassifikation entspricht (■ Abb. 14). Fehlen diese Zeichen, kann die Knorpelinfiltration aufgrund des hohen negativen Vorhersagewerts der MRT nahezu ausgeschlossen werden (negativer Vorhersagewert 92–96%). Obwohl die Sensitivität der MRT für die Erfassung der Knorpelinfiltration sehr hoch ist (89–94%), ist die Spezifität weniger gut (74% für alle Knorpel zusammen, jedoch nur 54% für den Schildknorpel). Somit neigt die MRT wie die CT zu einem Überschätzen der Tumorausbreitung, da eine Differenzierung zwischen Tumor und peritumoraler Entzündung mittels MRT nicht möglich ist, insbesondere im Schildknorpel, wo die peritumorale Entzündung besonders häufig anzutreffen ist. Sowohl CT als auch MRT sind jedoch sehr

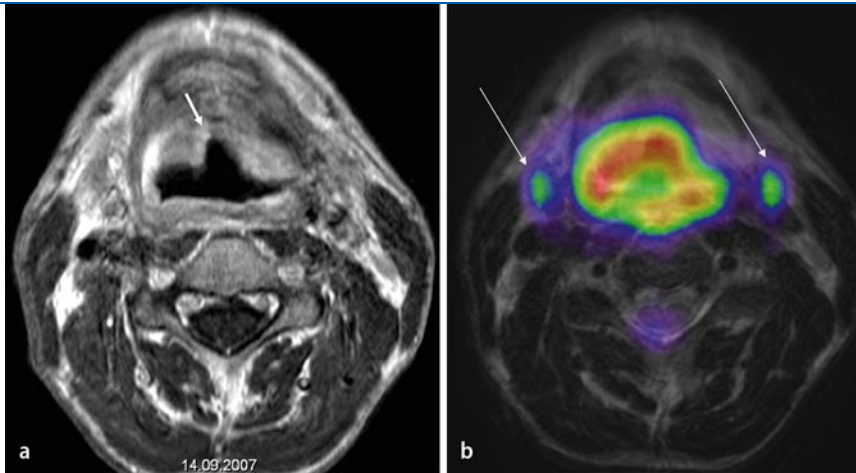


Abb. 15 ▲ Non-Hodgkin-Lymphom mit Larynx- und bilateralem Lymphknotenbefall. **a** Im T1-FSE-Bild nach KM-Gabe dargestellt ist der zirkumferenzielle Tumor, der den supraglottischen Larynx infiltriert und zu einer Ulzeration der Epiglottis führt (**a**, *Pfeil*). Die Lymphknoten wurden in der MRT als normal beurteilt (minimaler Durchmesser ca. 8 mm). **b** Das MR-PET-Bild, entstanden aus der Fusion von MR- und PET-Daten, zeigt die abnorm hohe Aktivität im supraglottischen Larynx, aber auch den bilateralen Lymphknotenbefall (**b**, *lange Pfeile*). Die Befunde wurden bioptisch bestätigt

zuverlässig, wenn es um den Ausschluss der Knorpelinfiltration geht, da der negative Vorhersagewert mit beiden Untersuchungen zwischen 95 und 97% liegt.

Neuere Untersuchungen haben ergeben, dass man durch neue diagnostische Kriterien die Spezifität der MRT signifikant verbessern kann, ohne die Sensitivität dabei zu senken, d. h. man kann mit einem signifikantem Prozentsatz Entzündung von Tumor innerhalb des Knorpels unterscheiden [17]. Die neuen MRT-Kriterien besagen, wenn die Signalintensität im Knorpel auf dem T2-FSE-Bild höher erscheint als diejenige des anliegenden Tumors und/oder die Kontrastmittelaufnahme auf dem T1-SE-/FSE-Bild im Knorpel höher ist als im anliegenden Tumor, sollte der Knorpel als entzündlich verändert beurteilt werden [17]. Wenn aber auf dem T2-FSE-Bild der Knorpel eine ähnliche Signalintensität aufweist wie der anliegende Tumor und die Kontrastmittelaufnahme des Knorpels ähnlich ist wie die des anliegenden Tumors, sollte der Knorpel als von Tumor befallen eingestuft werden. Mit diesen neuen Kriterien kann die Spezifität der MRT von 54 auf 75% beim Schildknorpel und von 74 auf 82% bei allen Knorpeln zusammen angehoben werden [17].

T-Klassifikation

Ziel des TNM-Systems ist es, die Prognose eines Patienten zu erfassen und die kli-

nische Forschung zu erleichtern. Beim Larynxkarzinom entspricht das pT-Stadium dem pathologischen, postoperativen Tumorstadium und kann als Goldstandard für eine Tumorklassifikation angesehen werden. In vielen Fällen, wenn nämlich der Patient nicht operiert, sondern nur bestrahlt wird oder aber vor der Einleitung einer Therapie, steht jedoch nur ein klinisches, prätherapeutisches Tumorstadium zur Verfügung. Dieses prätherapeutische Tumorstadium beruht auf allen verfügbaren Informationen, nämlich klinischer Untersuchung, Endoskopie mit Biopsie und Schnittbildverfahren. Die Richtlinien der UICC als auch Untersuchungen an verschiedenen Institutionen empfehlen die CT- oder MRT-Untersuchung zum Zweck des Tumorstagings [1, 9, 18, 19, 20]. Verschiedene Autoren, inklusive die Erfahrung an unserer Institution zeigen, dass klinische Untersuchung und endoskopische Biopsie allein eine Stagingtreffsicherheit von nur 52–64% aufweisen. Diese unbefriedigenden Zahlen ergeben sich aus der Unterschätzung der Tiefeninfiltration mittels Endoskopie [4, 18, 19, 20]. Braucht man hingegen zusätzlich zur klinischen Untersuchung und endoskopischer Biopsie die CT oder MRT, ist die Stagingtreffsicherheit signifikant höher und beträgt 80–88% mit der CT bzw. 85–86% mit der MRT.

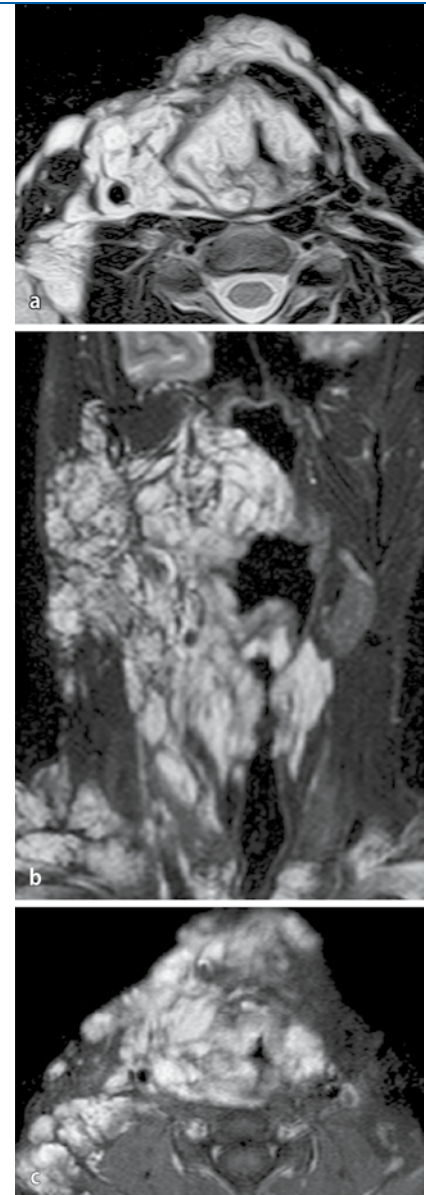


Abb. 16 ▲ Ausgedehnte zervikofaziale venöse Malformation mit Beteiligung des Larynx und einem charakteristischen radiologischen Erscheinungsbild. Die axialen T2-FSE- (**a**) und koronaren STIR-Bilder (**b**) zeigen die hohe Signalintensität der Läsion, die nicht nur den Larynx und Pharynx einnimmt, sondern auch den parapharyngealen Raum, die Kaumuskeln, die Halsweichteile und die rechte Parotis. Nach KM-Gabe kommt es zu einer massiven Anreicherung, die auf dem fettgesättigten T1-SE-Bild (**c**) besonders gut ersicht ist

Seltene Laryxntumoren

Im Gegensatz zu den klassischen Plattenepithelkarzinomen können Tumoren anderer Histologien und einige atypische Plattenepithelkarzinome vollständig submukös gelegen sein [21, 22, 23, 24, 25]. Wiederholte endoskopische Biopsien

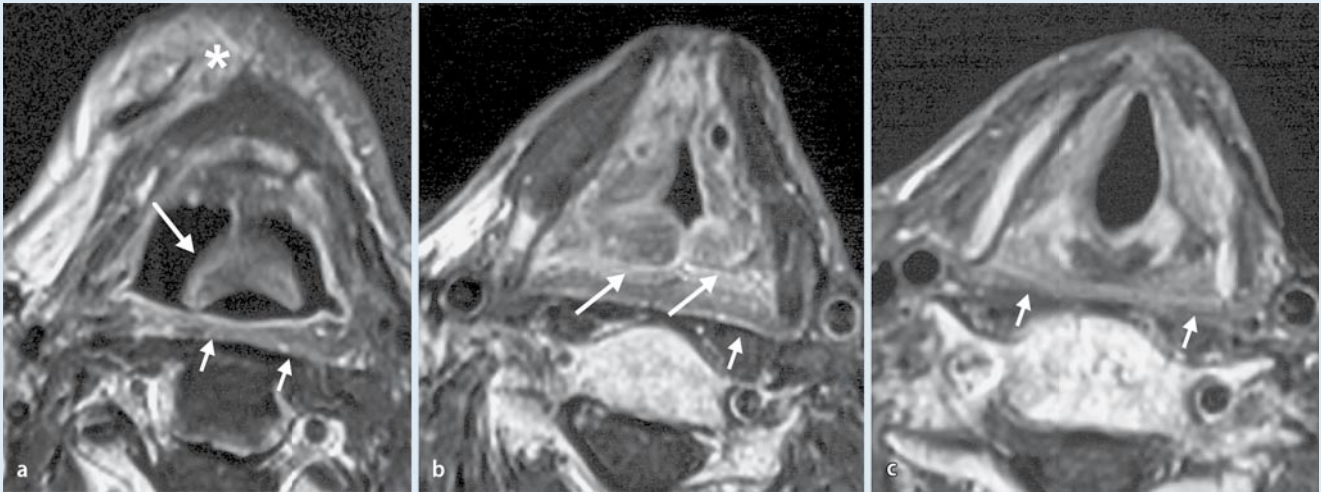


Abb. 17 ▲ Charakteristisches Erscheinungsbild des Larynx nach einer Strahlentherapie. Axiale T1-FSE-Bilder nach KM-Gabe: Ausgedehntes Ödem der Epiglottis (**a**, *Pfeil*), der beiden aryepiglottischen Falten (**b**, *Pfeile*) und etwas weniger ausgeprägt der Glottis (**c**). Beachte die starke KM-Aufnahme der Mukosa und die symmetrische Verteilung der ödematösen Veränderungen. Ausgeprägtes Ödem auch der anterioren Halsweichteile (*Asterisk*) und des Retropharyngealraums (*kurze Pfeile*)

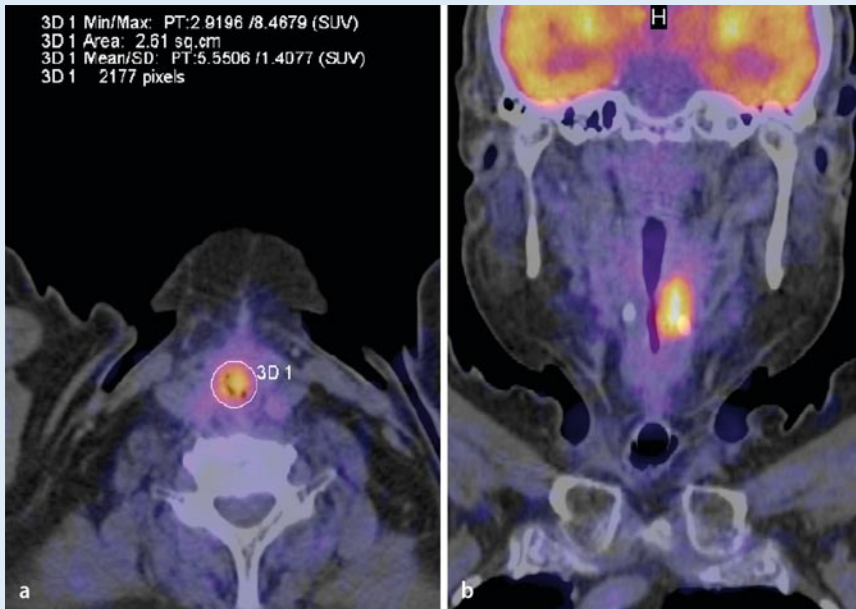


Abb. 18 ◀ Plattenepithelkarzinomrezidiv 2 Jahre nach totaler Laryngektomie und postoperativer Nachbestrahlung. Die axialen (**a**) und koronaren (**b**) PET-CT-Bilder weisen einen Herd mit hoher metabolischer Aktivität (SUV 5,6) im Neopharynx nach, der verdächtig auf ein Rezidiv ist. Eine endoskopische Biopsie bestätigte den Verdacht

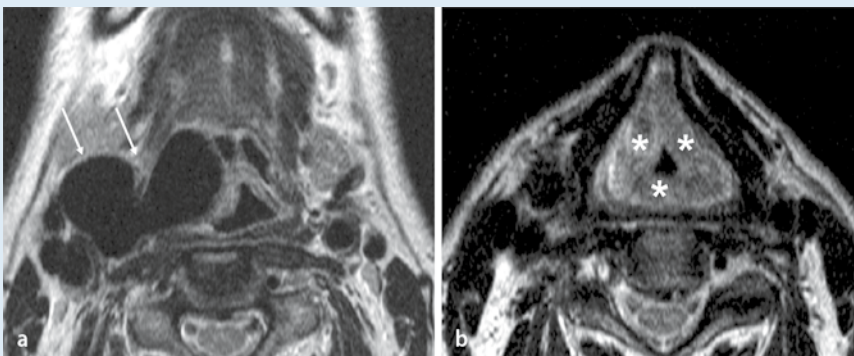


Abb. 19 ◀ Äußere Laryngozele, bedingt durch einen supraglottischen Tumor. **a**, **b** Luftgefüllte äußere Laryngozele, die sich zwischen Hyoid und Schildknorpel in die Halsweichteile rechts erstreckt (*lange Pfeile*), axiale T2-FSE-Bilder. Die Ursache in diesem Fall ist die Obstruktion des Ventriculus laryngis durch einen ausgedehnten, bilateralen supraglottischen Tumor (*Asterisks*). Beachte, dass auf den T2-FSE-Bildern die aryepiglottischen Falten und die Taschenfalten aufgrund ihres Fettgehalts hyperintens sein sollten. In diesem Fall aber sind sie leicht hypointens, womit der Verdacht auf eine Tumorf infiltration erweckt wird. Die anderen MR-Sequenzen und die endoskopische Biopsie bestätigten den Verdacht einer ausgedehnten tumorösen Infiltration

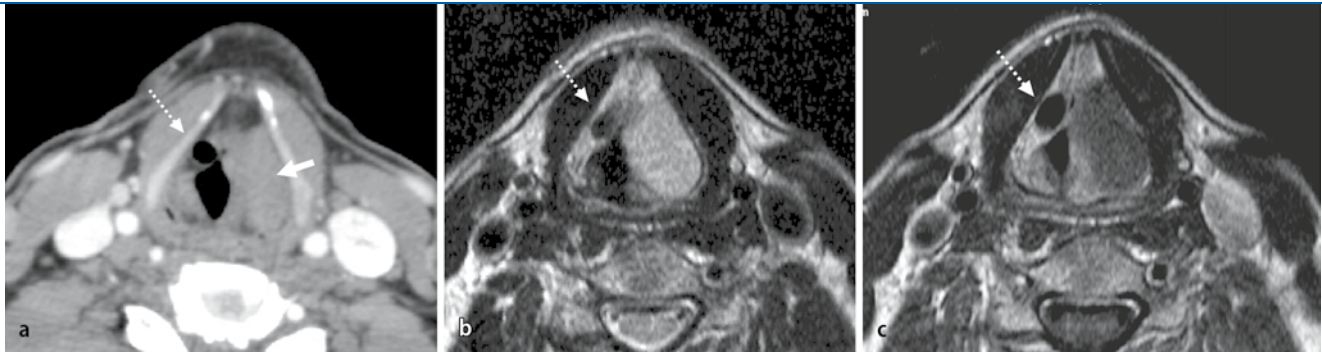


Abb. 20 ▲ Flüssigkeitsgefüllte Laryngozele links und luftgefüllte Laryngozele rechts bei einem Glasbläser. Wenn Laryngozele Flüssigkeiten mit einem höheren Proteingehalt beinhalten, können diese auf den CT-Bildern als „solide“ Raumforderungen imponieren (**a**, *Pfeil*). In der MR-Untersuchung dagegen, wie hier auf dem T2-FSE- (**b**) und dem T1-SE-Bild nach KM-Gabe (**c**) wird aufgrund des Signalverhaltens schnell ersichtlich, dass es sich um eine flüssigkeitsgefüllte Laryngozele handelt. Der gestrichelte Pfeil zeigt auf eine kleinere, luftgefüllte, kontralaterale Laryngozele



Abb. 21 ▲ N.-laryngeus-recurrens-Parese, bedingt durch ein Aortenaneurysma mit Kompression des linken N. laryngeus recurrens. Die CT-Bilder auf Höhe des Larynx zeigen die Atrophie des linken Stimmbandes und die Erweiterung des linken Ventrículos Morgagni (**b**, *Pfeil*), die paramediane Stellung der aryepiglottischen Falte links (**a**, *dünnere Pfeil*) und die Erweiterung des linken Sinus piriformis (**a**, *dickere Pfeil*). Ausgedehntes Aortenaneurysma (**c**, *Pfeil*) als Ursache der Stimmbandlähmung

können somit negativ ausfallen, wodurch eine Verzögerung der Diagnose eintritt. Endoskopisch imponieren die meisten seltenen Larynxtumoren allenfalls als eine Vorwölbung, die von intakter Schleimhaut bedeckt ist. Sowohl CT als auch MRT spielen eine wichtige Rolle nicht nur bei der Entdeckung dieser Tumoren, sondern auch bei der Wahl einer geeigneten Biopsiestelle, um wiederholte negative Biopsien zu vermeiden.

Einige seltene Larynxtumoren können zusätzlich mittels CT und MRT zuverlässig charakterisiert werden, wie chondrogene Tumoren, Lipome, Hämangiome und melanotische maligne Melanome. Chondrosarkome sind die häufigsten Sarkome des Larynx. Ausgangspunkt der meisten Chondrosarkome ist der Ringknorpel, gefolgt vom Schildknorpel und Arytenoid [22, 23, 25]. Laryngeale Chondrosarkome haben die CT- und MRT-Charakteristika von Chondrosarkomen in anderen Körperlokalisationen. Sie zeigen typische „Popcorn“-artige Verkalkungen im CT und haben eine sehr hohe

Signalintensität auf den T2-gewichteten Sequenzen aufgrund des hohen Wassergehalts ihrer chondrogenen Matrix. Die Unterscheidung zwischen einem Chondrosarkom niedrigen Malignitätsgrads und einem benignen Chondrom ist sowohl radiologisch als auch pathologisch-anatomisch nicht immer möglich.

Obwohl Lymphome mit Beteiligung des Waldeyerschen Rings und zervikalem Lymphknotenbefall im Kopf-Hals-Bereich häufig auftreten, ist eine Beteiligung des Larynx relativ selten. Bei diesen Patienten wird oft im Rahmen der prätherapeutischen Abklärung eine PET-CT-Untersuchung durchgeführt und die Informationen verschiedener Untersuchungsmodalitäten werden im Hinblick auf eine optimale Beurteilung kombiniert (■ **Abb. 15**).

Adenoidzystische und mukoepidermoide Karzinome des Larynx sind selten und gehen von den submukös gelegenen kleinen Speicheldrüsen aus. Sie sind bei Männern und Frauen gleichermaßen anzutreffen und sind häufig unter einer in-

takten Mukosa gelegen. Die perineurale Ausbreitung entlang des N. laryngeus recurrens ist typischerweise beim adenoidzystischen Karzinom des Larynx anzutreffen, und die häufig bilaterale Stimmbandlähmung ist oftmals das erste klinische Symptom.

Laryngeale Lipome können aufgrund des Fettgehalts und der fehlenden KM-Aufnahme sowohl in der CT als auch MRT (fettgesättigte Sequenzen) zuverlässig diagnostiziert werden. Ausgedehnte zervikofaziale Malformationen und Hämangiome des Larynx zeigen ein sehr hohes Enhancement nach KM-Applikation (■ **Abb. 16**). Die Identifikation von Phlebolithen (leichter in der CT als in der MRT) erlaubt eine zuverlässige Unterscheidung gegenüber anderen hypervaskulären laryngealen Raumforderungen wie z. B. Paragangliomen und Metastasen von hypervaskulären Tumoren, die allerdings extrem selten im Larynx anzutreffen sind.



Abb. 22 ▲ Tuberkulose mit Larynx-, Lymphknoten- und Lungenbefall bei einem jungen Mann, der wegen einer Dysphonie vorstellig wurde. Bei der klinischen Untersuchung wurden ein ulzerierter Tumor in der Supraglottis gefunden und mehrere indurierte Lymphknoten palpiert. Die sagittalen T1-SE-Bilder mit Fettunterdrückung zeigen einen Tumor mit Epiglottisbefall (**a**, Pfeil), zervikale Lymphknotenpakete (**b**, Pfeile) und disseminierte apikale Lungeninfiltrate (**c**), die den Verdacht auf eine Tuberkulose lenkten. Das konventionelle Thoraxbild und die Sputumuntersuchung bestätigten den Befund

Larynx posttherapeutisch

Die Therapiekonzepte des Larynxkarzinoms wurden in den letzten Jahren einem Wandel unterzogen. Im Allgemeinen werden lokalisierte Tumorstadien fast ausschließlich laserchirurgisch behandelt, während zur Therapie fortgeschrittener Tumoren zunehmend larynxerhaltende primäre Radiochemotherapien zum Einsatz kommen, aber auch partielle stimmerhaltende Laryngektomien. Die totale Laryngektomie wird vorwiegend bei Rezidiven nach Radiochemotherapie angewendet. Die Wahl der geeigneten Therapiemethoden wird durch viele verschiedene Parameter beeinflusst, z. B. Tumorstadium, Tiefeninfiltration und Größe, histologischer Differenzierungsgrad

und das Vorhandensein von Lymphknoten- oder Fernmetastasen. In diesem Artikel ist es aufgrund der Komplexität dieses Themas und der heute weltweit bestehenden Kontroversen zur Behandlung des Larynxkarzinoms nicht möglich, alle zum Einsatz kommenden Therapiemöglichkeiten im Einzelnen zu besprechen. Im Folgenden werden nur die für die Bildgebung relevanten Informationen in Kürze diskutiert.

Chirurgische Behandlung

Die chirurgische Behandlung des Larynxkarzinoms bezweckt eine onkologisch zuverlässige Resektion des Tumors und, wenn immer möglich, ein Erhalten der Larynxfunktionen (Sprechen, Schlu-

cken, Atmen). Die totale Laryngektomie, bei der der gesamte Kehlkopf entfernt und die Trachea nach außen abgeleitet wird (Tracheostoma), stellt einen multilierenden Eingriff dar, der zu einer erheblichen Beeinträchtigung der Lebensqualität führt. Die partiellen, stimmerhaltenden Laryngektomien hingegen beruhen auf der Tatsache, dass wesentliche Larynxfunktionen auch nach ausgedehnten chirurgischen Resektionen beibehalten werden können. Zu den am häufigsten durchgeführten partiellen Laryngektomien gehören die horizontale supraglottische Laryngektomie, die vertikale Hemilaryngektomie und die Krikohyoido(epiglottotomie).

Nur wenige Studien haben die Bildgebungscharakteristika des operierten Larynx und die Rolle der CT oder MRT bei der Erfassung von Rezidiven untersucht [26]. Da der operierte Larynx im Allgemeinen mittels indirekter Endoskopie sehr gut einsehbar ist, werden Schnittbildverfahren nicht routinemäßig bei der postoperativen Kontrolle eingesetzt. CT, MRT und PET-CT kommen meistens dann zum Einsatz, wenn bei der klinischen Untersuchung der Verdacht auf ein Rezidiv im operierten Larynx besteht.

Strahlentherapie

Beim bestrahlten Patienten erschweren die strahleninduzierten Veränderungen im Kopf-Hals-Bereich die radiologische und v. a. klinische Beurteilung [2, 27]. Da Rezidive unter einer vollkommen normal aussehenden Mukosa auftreten können und die endoskopische Biopsie negativ ausfallen kann, sind Schnittbildverfahren sehr nützlich. In vielen Institutionen werden Patienten mit einer geringen Rezidivwahrscheinlichkeit nach Strahlentherapie klinisch kontrolliert, und eine CT oder MRT wird nur bei einem klinischen Verdacht auf Rezidiv durchgeführt. Dagegen werden Patienten mit einer hohen Rezidivwahrscheinlichkeit nach Strahlentherapie routinemäßig mittels CT oder MRT kontrolliert.

Bei den meisten Patienten mit erfolgreicher Strahlentherapie (>60 Gy) ist eine signifikante Reduktion des ursprünglichen Tumolvolumens 3–4 Monate nach Abschluss der Behandlung zu erwarten.

Lässt sich dagegen eine Tumormasse mit einem Volumen von mehr als 50% des ursprünglichen Tumolvolumens 3–4 Monate nach Abschluss der Strahlentherapie mittels CT oder MRT nachweisen, spricht dies für eine Tumorpersistenz und somit für ein Versagen der Strahlentherapie [2, 28, 29].

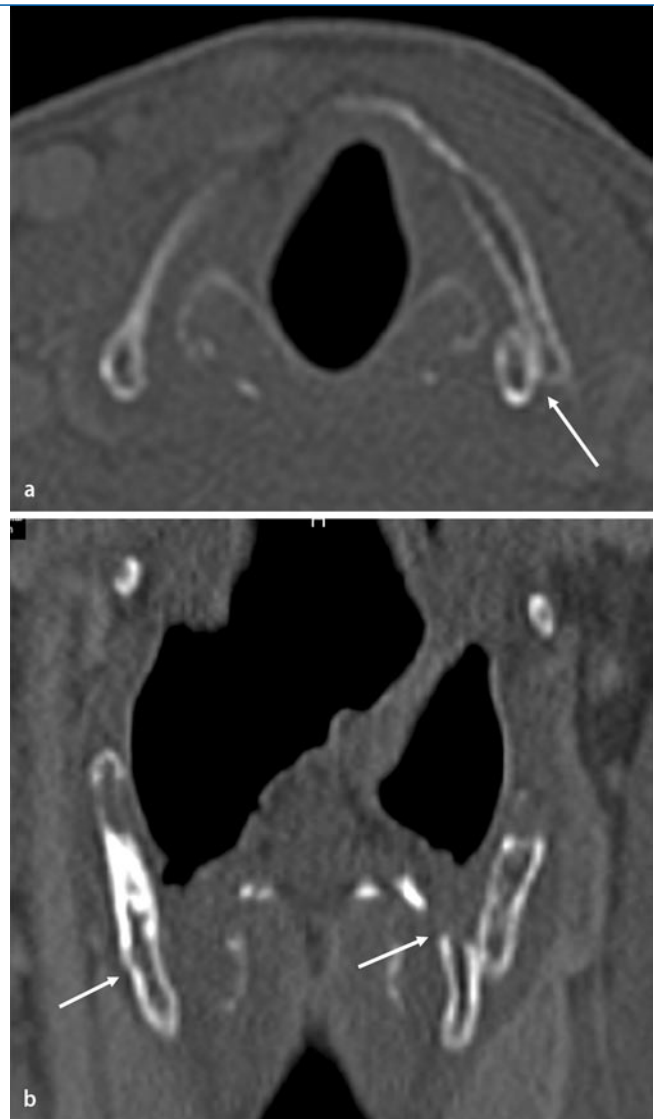
Nach hochdosierter Strahlentherapie im Kopf- und Halsbereich findet man auf CT- und MRT-Bildern ein symmetrisches, KM aufnehmendes Ödem des supraglottischen Larynx und deutlich weniger ausgeprägt der Glottis und Subglottis, ein Ödem des subkutanen Fettgewebes und des Retropharyngealraums und die Zeichen einer Sialadenitis (bedingt durch die Radiotherapie). Dieses entzündliche Ödem verschwindet meistens nach 12 Monaten, allerdings ist eine Persistenz nach 24 Monaten oder sogar lebenslanglich relativ häufig (■ **Abb. 17**). Sind fokale Raumforderungen im bestrahlten Larynx auf CT-, MRT- oder PET-CT-Bildern zu erkennen, sollte die Diagnose eines Rezidivs gestellt werden, eine endoskopische Biopsie ist dann unerlässlich. Die PET-CT erweist sich als besonders hilfreich bei der Suche nach Rezidiven insbesondere bei denjenigen Patienten, bei denen eine kombinierte operative und radiochemotherapeutische Behandlung durchgeführt wurde (■ **Abb. 18**). Verschiedene klinische Studien untersuchen momentan in größeren Serien die Zuverlässigkeit der PET-CT bei der Erfassung von Rezidiven.

Andere Larynxpathologien

Laryngozele

Bei den Laryngozelelen handelt es sich um Ausweitungen des Sinus Morgagni durch erhöhten intraglottischen Druck (typischerweise infolge von Pressen, Husten, bei Glasbläsern oder Blasmusikern). Seltene Ursachen von Laryngozelelen stellen die postinflammatorische Stenose, ein Tumor (der zu einer Obstruktion des Ventriculus Morgagni führt, ■ **Abb. 19**), oder eine posttraumatische Läsion dar. Beidseitige Laryngozelelen kommen in 20–30% aller Fälle vor (■ **Abb. 20**). Eine Infektion der Laryngozele (Laryngopyozele) tritt bei 10% aller Laryngozelelen auf. Laryngozelelen

Abb. 23 ▶ Schildknorpelfraktur nach einem Autounfall. Das axiale CT-Bild (a) und die koronare 2D-Rekonstruktion (b) weisen die dislozierte Schildknorpelfraktur nach, die einen fast horizontalen Verlauf hat (Pfeile)



können in innere und äußere eingeteilt werden. Bei den inneren Laryngozelelen kommt es zu einer Aussackung innerhalb des Kehlkopfs im paraglottischen Raum (■ **Abb. 20**), äußere gehen mit einer Hernierung durch die Membrana hyothyroidea zwischen oberer Schildknorpelkante und Zungenbein einher (■ **Abb. 19**). In der CT und MRT erscheinen Laryngozelelen als scharf begrenzte Formationen mit luft- oder flüssigkeitshaltigem Inhalt und dünner Wand. Allerdings ist bei einer sekundären Infektion (Laryngopyozele) die Wand verdickt und sie zeigt eine erhöhte KM-Aufnahme.

N.-laryngeus-recurrens-Parese

Die N.-laryngeus-recurrens-Parese ist die häufigste Stimmbandlähmung. Die CT- und MRT-Bildgebungscharakteris-

tika leiten sich von der Tatsache ab, dass der M. thyreothyroideus gelähmt und daher atrophisch ist. Somit ist die N.-laryngeus-recurrens-Parese radiologisch anhand der Atrophie des betroffenen Stimmbandes, des erweiterten ipsilateralen Ventrikels, der Atrophie der aryepiglottischen Falte und des erweiterten ipsilateralen Sinus piriformis zu erkennen (■ **Abb. 21**). Obwohl die häufigste Ursache einer N.-laryngeus-recurrens-Parese iatrogen ist (Folge operativer Schilddrüseneingriffe), sollten weitere Ätiologien, die zu einer Kompression des N. laryngeus recurrens entlang seines gesamten Verlaufs führen, gezielt gesucht werden. Da der linke N. laryngeus recurrens unterhalb des Aortenbogens und der rechte N. laryngeus recurrens unterhalb der A. subclavia verlaufen, kommen mediastinale Raumforderungen (Bron-

chus-, Ösophaguskarzinome, Lymphknotenmetastasen), aber auch Aneurysmata und granulomatöse Erkrankungen mit Lymphknotenbefall (z. B. Tuberkulose) als Ursache für eine Kompression in Frage (■ Abb. 21).

Entzündliche Larynxerkrankungen

Entzündliche Larynxerkrankungen wie z. B. die akute Epiglottitis und der Morbus Krupp werden klinisch diagnostiziert und benötigen keine Bildgebung. Granulomatöse Erkrankungen hingegen (Tuberkulose, Syphilis, Lepra, Toxoplasmose) sind häufig aufgrund ihres ausgedehnten ulzerierenden Mukosabefalls von Plattenepithelkarzinomen klinisch und radiologisch nur schwer zu unterscheiden. Bei Befall anderer Organe, z. B. der Lunge bei Tuberkulose, kann die Diagnose einer Tuberkulose, sofern diese nicht bekannt ist, vom Radiologen suggeriert und weiterführende Untersuchungen (endoskopische Biopsie, Sputumuntersuchung) können zur Bestätigung der vermuteten Diagnose eingesetzt werden (■ Abb. 22).

Trauma

Larynxfrakturen treten als seltene Folge stumpfer oder scharfer Gewalteinwirkung auf. Klinische Symptome sind Schmerzen, Dysphonie, Aphonie, Hämoptoe, Luftnot und Emphysem. Die Sicherung der Atemwege meistens mittels Tracheotomie ist in der akuten Notfallsituation am allerwichtigsten. Anschließend kann die Abklärung mittels Bildgebung durchgeführt werden. Die hochauflösende CT mit Knochenfenstern und 2D-Rekonstruktionen in der koronalen und sagittalen Ebene ist die Untersuchungsmethode der Wahl (■ Abb. 23). Bei jungen Patienten, bei denen die Larynxknorpel noch nicht ossifiziert sind und somit die Frakturverläufe nicht zuverlässig identifiziert werden können, wird die MRT zur Diagnosestellung eingesetzt, da sie eine ausgezeichnete Darstellung der noch nicht ossifizierten Knorpelanteile ermöglicht, aber auch von Hämatomen, Epiglottisavulsionen und tief eindringenden Schleimhautläsionen [1].

Fazit für die Praxis

Sowohl CT als auch MRT sind unentbehrliche Zusatzuntersuchungen zur Endoskopie im Rahmen der präoperativen Diagnostik und Stadieneinteilung von Larynxtumoren, aber auch bei der Beurteilung posttherapeutischer, infektiöser und posttraumatischer Zustände. Eine sehr enge interdisziplinäre Zusammenarbeit und die Kenntnis der Konsequenzen der Bildgebung für die Therapie sind die wichtigsten Voraussetzungen für den optimalen Einsatz von CT, MRT und PET-CT.

Korrespondenzadresse

PD Dr. M. Becker

Abteilung für Hals-Nasen-Ohren-Radiologie,
Hôpitaux Universitaires de Genève,
Rue Micheli-du-Crest 24, CH-1211 Genève,
Schweiz
Minerva.Becker@hcuge.ch

Interessenkonflikt. Die korrespondierende Autorin gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

1. Becker M, Burkhardt K, Dulguerov P, Allal AS (2008) Imaging of laryngeal and hypopharyngeal cancer. *Eur J Radiol* 66(3): 460–479
2. Hermans R (2006) Staging of laryngeal and hypopharyngeal cancer: value of imaging studies. *Eur Radiol* 16: 2386–2400
3. Yousem DM, Tufano RP (2004) Laryngeal imaging. *Neuroimaging Clin North Am* 14(4): 611–624
4. Becker M (1998) Larynx and hypopharynx. *Radiol Clin North Am* 36(5): 891–920
5. Becker M (2002) Malignant lesions of the larynx and hypopharynx. In: Hermans R, Baert AL, Sartor K (eds) *Imaging of the larynx. Diagnostic imaging series*. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 57–84
6. Schöder H, Yeung HWD, Gonen M et al. (2004) Head and neck cancer: clinical usefulness and accuracy of PET CT image fusion. *Radiology* 231: 65–72
7. Connell CA, Corry J, Milner AD et al. (2007) Clinical impact of and prognostic stratification by F-18 FDG PET/CT in head and neck mucosal squamous cell carcinoma. *Head Neck* 29(11): 986–995
8. Greven KM, Williams DW III, Keyes JW jr et al. (1994) Distinguishing tumor recurrence from irradiation sequelae with positron emission tomography in patients treated for larynx cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 29: 841
9. Wittekind CH, Klimpfänger M, Sobin LH (eds) (2005) *TNM atlas: illustrated guide to the TNM/pTNM classification of malignant tumors*. Springer, Berlin Heidelberg New York
10. Castelijns JA, van den Brekel MWM, Tobi H et al. (1996) Laryngeal carcinoma after radiation therapy: correlation of abnormal MR imaging signal patterns in laryngeal cartilage with the risk of recurrence. *Radiology* 198: 151–155
11. Ljumanovic R, Langendijk JA, Schenk B et al. (2004) Supraglottic carcinoma treated with curative radiation therapy: identification of prognostic groups with MR imaging. *Radiology* 232(2): 440–448
12. Ljumanovic R, Langendijk JA, van Watteringen M et al. (2007) MR imaging predictors of local control of glottic squamous cell carcinoma treated with radiation alone. *Radiology* 244(1): 205–212
13. Castelijns JA, Becker M, Hermans R (1996) The impact of cartilage invasion on treatment and prognosis of laryngeal cancer. *Eur Radiol* 6: 156–169
14. Becker M, Zbären P, Delavelle J et al. (1997) Neoplastic invasion of the laryngeal cartilage: reassessment of criteria for diagnosis at CT. *Radiology* 203: 521–532
15. Castelijns JA, Gerritsen GJ, Kaiser MC et al. (1988) Invasion of laryngeal cartilage by cancer: comparison of CT and MR imaging. *Radiology* 167: 199–206
16. Becker M, Zbären P, Laeng H et al. (1995) Neoplastic invasion of the laryngeal cartilage: comparison of MR imaging and CT with histopathologic correlation. *Radiology* 194: 661–669
17. Becker M, Zbären P, Casselman JW et al. (2008) Neoplastic invasion of the laryngeal cartilage: reassessment of criteria for diagnosis at MR imaging. *Radiology* 249: 551–559
18. Sulfaro S, Barzan L, Querin F et al. (1989) T staging of the laryngohypopharyngeal carcinoma: a 7-year multidisciplinary experience. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 115: 613–620
19. Zbären P, Becker M, Laeng H (1996) Pretherapeutic staging of laryngeal cancer: clinical findings, computed tomography and magnetic resonance imaging versus histopathology. *Cancer* 77: 1263–1273
20. Zbären P, Becker M, Laeng H (1997) Staging of laryngeal cancer: endoscopy, computed tomography and magnetic resonance imaging versus histopathology. *Eur Arch Otolaryngol* 254: 117–122
21. Mancuso AA, Hanafey WN (1983) Elusive head and neck carcinomas beneath intact mucosa. *Laryngoscope* 93: 133–139
22. Stiglbauer R, Steurer M, Schimmerl S et al. (1992) MRI of cartilaginous tumors of the larynx. *Clin Radiol* 46: 23–27
23. Wippold FJ, Smirniotopoulos JG, Moran CJ et al. (1993) Chondrosarcoma of the larynx: CT features. *AJNR* 14: 453–459
24. Becker M, Moulin G, Kurt AM et al. (1998) Atypical squamous cell carcinoma of the larynx and hypopharynx: radiologic features and pathologic correlation. *Eur Radiol* 8: 1541–1551
25. Becker M, Moulin G, Kurt AM et al. (1998) Non-squamous cell neoplasms of the larynx: radiologic-pathologic correlation. *Radiographics* 18(5): 1189–1209
26. Maroldi R, Battaglia G, Nicolai P et al. (1997) CT appearance of the larynx after conservative and radical surgery for carcinomas. *Eur Radiol* 7: 418–431
27. Becker M, Schroth G, Zbären P et al. (1997) Long-term changes induced by high-dose irradiation of the head and neck region: imaging findings. *Radiographics* 17: 5–26
28. Mukherji SK, Mancuso AA, Kotzur IM et al. (1994) Radiologic appearance of the irradiated larynx. Part 1. Expected changes. *Radiology* 193: 141–148
29. Mukherji SK, Mancuso AA, Kotzur IM et al. (1994) Radiologic appearance of the irradiated larynx. Part 2. Primary site response. *Radiology* 193: 149–154