

# Nichtinvasive bildgebende Diagnostik bei Hauterkrankungen im Kindesalter

## Einleitung

Seit längerer Zeit gibt es bildgebende Methoden, die eine nichtinvasive Diagnostik von Hautveränderungen ermöglichen. In der Routine bereits etabliert sind die konfokale Lasermikroskopie (KLM) und die optische Kohärenztomographie (OCT). Die KLM stellt horizontale Schnittbilder der Haut von  $500\ \mu\text{m} \times 500\ \mu\text{m}$  mit einer Auflösung von  $1\ \mu\text{m}$  und einer Eindringtiefe von bis zu  $250\ \mu\text{m}$  dar, die zu Mosaiken von bis zu  $8\ \text{mm} \times 8\ \text{mm}$  zusammengesetzt werden können. Die OCT liefert hingegen dreidimensionale Bilder von  $6\ \text{mm} \times 6\ \text{mm}$  und einer Tiefe bis zu  $1,5\ \text{mm}$  mit einer Auflösung um  $8\ \mu\text{m}$ . Die KLM ist in der Dermatologie aufgrund ihrer hohen zellulären Auflösung insbesondere zur Differenzialdiagnostik pigmentierter Hauttumoren etabliert, eignet sich aber auch zur Diagnostik epithelialer Tumoren, von Hautinfektionen und -infestationen sowie zur Verlaufsbeobachtung und Therapiekontrolle bei entzündlichen Hauterkrankungen. Die Domäne der OCT ist die Diagnostik epithelialer Hauttumoren wie Basalzellkarzinome. Da hiermit auch im dynamischen Mode Blutgefäße dargestellt werden können, eignet sich die OCT auch zur Beurteilung von Tumorgefäßen und von entzündlichen Hautveränderungen. Beide Methoden sind nichtinvasiv und arbeiten in Echtzeit, sodass Messungen verschiedener Hautveränderungen und Verlaufsuntersuchungen derselben Stelle problemlos möglich sind.

In der pädiatrischen Dermatologie kann eine Vielzahl an Diagnosen durch den geschulten Blick klinisch gestellt

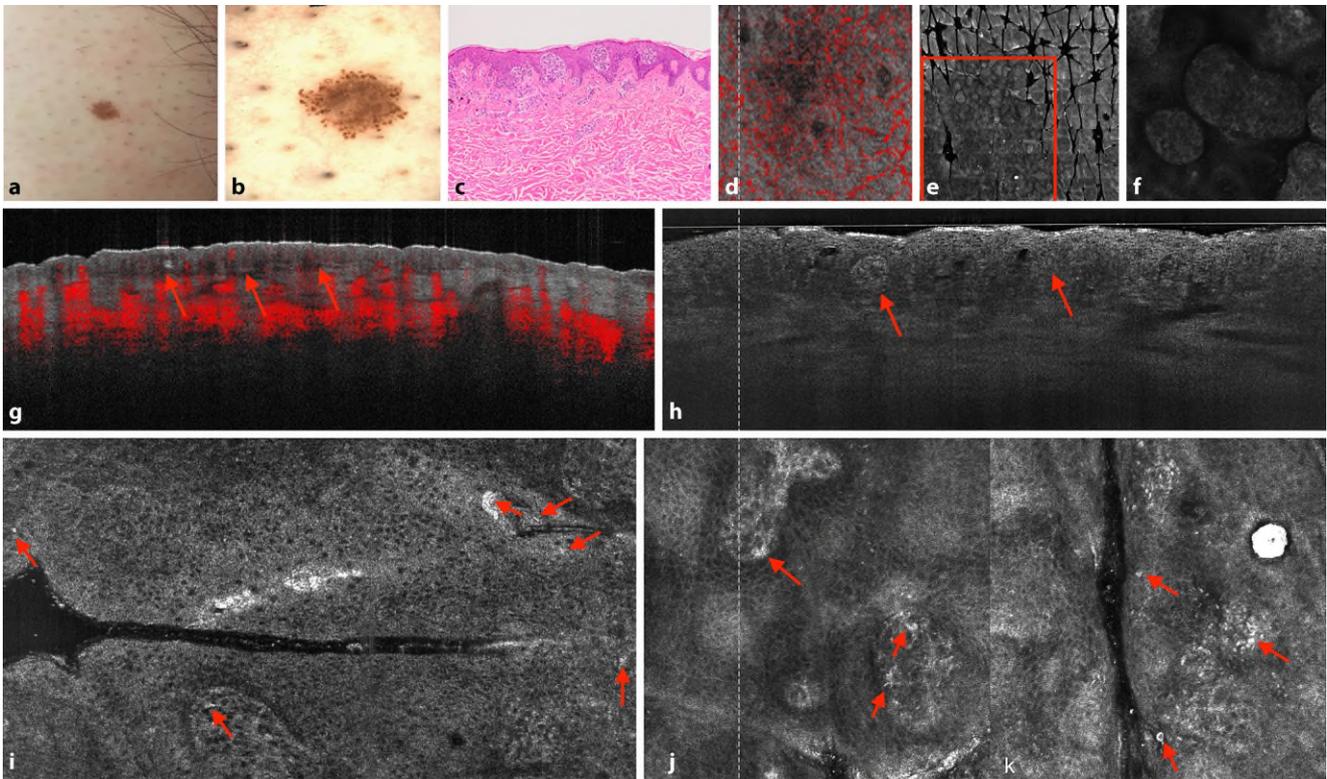
werden. Anders als bei Erwachsenen wird die Indikation für eine Hautbiopsie im Kindesalter eher zurückhaltend gestellt. Der Grund hierfür liegt vor allem daran, eine psychische Belastung durch den operativen Eingriff selbst zu vermeiden oder an Sicherbedenken für die erforderliche (Lokal-)Anästhesie. Bildgebende Verfahren erlauben hierbei eine niederschwellige weiterführende und nichtinvasive Untersuchung von unklaren Hautveränderungen bei Kindern. Unstrittig hingegen bleibt der Stellenwert der Hautbiopsie bei der Abklärung potenziell maligner Veränderungen, die im Kindesalter eher selten sind. Im Folgenden werden exemplarisch potenzielle Einsatzmöglichkeiten der KLM und OCT in der Kinderdermatologie aufgezeigt und diskutiert, ohne hierbei Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben.

## Methodik

Für die KLM steht ein CE-zertifiziertes konfokales Lasermikroskop VivaScope 1500 (Firma Mavig, München, Bayern, Deutschland) zur Verfügung. Die zu untersuchende Hautstelle muss ausreichend plan sein, um einen Magnetring auf die Haut aufzukleben, der an dem großen Messkopf fixiert wird. Zunächst wird ein auflichtmikroskopisches Bild des Messareals aufgenommen, in dem dann eine Navigation möglich ist. Die Hautoberfläche wird über einen Tropfen Immersionsöl an das Glasfenster im Magnetring und dann über Ultraschallgel im Ring an die Optik angekoppelt, um Artefakte durch Luftblasen zu verringern. Nach Fokus-

sierung der Hautoberfläche wird ein  $500\ \mu\text{m} \times 500\ \mu\text{m}$  großes Horizontalbild der Haut dargestellt, das vertikal von der Oberfläche des Stratum corneum schrittweise in die Tiefe verschoben werden kann. Ab ca.  $250\ \mu\text{m}$  Tiefe wird das Bild aufgrund von Streuartefakten zunehmend unscharf. Durch Lateralverschiebung des Messkopfes können horizontale Mosaiken einer Fläche von bis zu  $8\ \text{mm} \times 8\ \text{mm}$  aufgenommen werden, was einige Minuten dauert. In dieser Zeit sollte sich die Patientin/der Patient möglichst wenig bewegen, da aufgrund der hohen Auflösung bereits winzige Verschiebungen der Ebene Artefakte verursachen. An das VivaScope kann ein Handstück angekoppelt werden, mit dem sich Einzelbilder aufnehmen lassen. Diese flexibilisieren den Messvorgang. Allerdings ist dabei aufgrund der fehlenden Übersicht – es sind keine Auflichtbilder und Mosaiken darstellbar – eine exakte Lokalisation schwierig zuzuordnen.

Die OCT wird mit dem VivoSight Dx (Firma Michelson Diagnostics, Maidstone, Kent, UK) durchgeführt. Hier ist keine Vorbehandlung der Haut erforderlich. Der flexible Messkopf wird auf die zu messende Stelle aufgesetzt, und sofort werden in Echtzeit ein Kamerabild und ein zweidimensionales OCT-Tiefenschnittbild der Haut von  $6\ \text{mm} \times 2\ \text{mm}$  dargestellt. Dieses kann durch automatische Lateralverschiebung zu einem dreidimensionalen Bild von  $6\ \text{mm} \times 6\ \text{mm}$  Fläche zusammengesetzt werden, was  $15\ \text{s}$  dauert. Simultan dargestellt werden dann ein Horizontal- und ein Tiefenschnittbild, in denen man ma-



**Abb. 1** ▲ Spitz-Nävus. Klinisches (a), dermatoskopisches (b), histologisches (c), horizontales (d) und vertikales (g) dynamisches-optisches-Kohärenztomographie-Bild (D-OCT-Bild) eines Spitz-Nävus. e Übersichtsaufnahme des Spitz-Nävus in der konfokalen Lasermikroskopie (KLM). f, j Dermoeidermale Junktion. k Epidermis in der KLM. h Vertikale, i horizontale LC („linefield-confocal“-)OCT(optische Kohärenztomographie)-Aufnahme des Spitz-Nävus. Weitere Erläuterungen s. Text

nuell die Ebenen verschieben kann, und die Hautoberfläche. Ein angekoppeltes Auflichtmikroskop kann dann korrespondierende dermatoskopische Bilder aufnehmen. Im dynamischen Mode dauert die Messzeit 60s. Hier ist es wie bei der KLM wichtig, Bewegungen während des Messvorganges zu vermeiden, da die dynamische OCT (D-OCT) bewegte Pixel detektiert und als Blutfluss rot im strukturellen OCT-Graustufenbild darstellt.

Eine sehr innovative Weiterentwicklung stellt die „linefield-confocal OCT“ (LC-OCT) dar, mit der die Vorteile der KLM und OCT miteinander verknüpft werden. Die LC-OCT stellt dreidimensionale Bilder von 1,2mm × 0,5mm × 0,5mm mit einer Auflösung von 1–3µm dar. Die Messung erfolgt mit einem flexiblen Handstück, die Hautoberfläche wird lediglich durch einen Tropfen Immersionsöl optisch angekoppelt. Für die LC-OCT steht bislang lediglich ein Prototyp (DAMAE Medical, Paris, Frankreich) zur Verfügung.

KLM und OCT wurden bereits in zahlreichen Studien zu verschiedenen Indikationen als diagnostische Methoden eingesetzt und überprüft, die auch pädiatrische Fälle beinhalten. Wir haben exemplarisch Hautveränderungen mit den drei Methoden gemessen und diskutieren die Literatur, um das Potenzial der bildgebenden Diagnostik auch in der Kinderdermatologie darzulegen: Nävus Spitz, Lichen sclerosus et atrophicus, Skabies, Tinea.

## Ergebnisse

### Spitz-Nävus

Pigmentierte Spitz-Nävi (auch pigmentierter Spindelzelltumor Reed genannt) sind gutartige melanozytäre Tumoren, die klinisch und dermatoskopisch sehr heterogen erscheinen und aufgrund ihres alarmierenden Aussehens mit einem malignen Melanom verwechselt werden können. Oft lässt sich dies nur durch eine Biopsie klären. In diesem

Fall aber können die nichtinvasiven diagnostischen Methoden komplementierend zur Dermatoskopie eine Hilfe bei der – wenn auch nicht immer eindeutigen – schmerzfreien Diagnostik bei Kindern sein [12]. In **Abb. 1** z. B. ist ein Spitz-Nävus (**Abb. 1a, c**) dargestellt, der dermatoskopisch (**Abb. 1b**) ein globuläres Muster aufweist. Das symmetrische Aussehen (mit den regulären Blutgefäßen) lässt die Läsion gutartig erscheinen (**Abb. 1a, d**). Die dynamische optische Kohärenztomographie (D-OCT) zeigt eine flache Läsion (rote Pfeile in **Abb. 1g**), in der vertikalen LC-OCT sind sogar die Nester zu erkennen (rote Pfeile in **Abb. 1h**). In der Epidermis sieht man jedoch ein Honigwabemuster mit einzelnen runden pagetoiden Zellen (rote Pfeile in **Abb. 1k**). An der dermoepidermalen Junktion zeigt sich ein reguläres Schollenmuster (**Abb. 1e, f**). In der junctionalen und oberen Dermis finden sich auch spindelige oder polygonale Zellen (rote Pfeile in **Abb. 1i, j**). Diese Merk-

male sind sowohl in der KLM als auch in der LC-OCT zu entdecken. Dennoch ersetzen diese Methoden bei atypischen Befunden nicht die Histologie.

## Lichen sclerosus et atrophicus

Zur Diagnostik und zum Therapiemonitoring eines Lichen sclerosus et atrophicus gibt es bisher nur wenige Fallberichte über den Einsatz nichtinvasiver Methoden. Klinisch zeigt sich in [Abb. 2a](#) ein weißer landkartenähnlicher Fleck mit atrophischer pergamentartiger Oberfläche mit rötlicher Umrandung. In der polarisierten Dermatoskopie sind weiße strukturlose helle Areale (rote Sterne in [Abb. 2b](#)) und Teleangiektasien (rote Pfeile in [Abb. 2b](#)) sichtbar.

In der OCT hingegen wirkt die Epidermis ausgedünnt (roter Balken in [Abb. 2d](#)), und die dermoepidermale Junction imponiert verwaschen, aber erkennbar (roter Pfeil in [Abb. 2d](#)). Insgesamt zeigt sich die Signalintensität des Gewebes erhöht (roter Kasten in [Abb. 2f](#)), und eine starke Hypervaskularität ist zu sehen. Letzteres zeigt sich sowohl anhand der dunklen länglichen Strukturen (rote Pfeile in [Abb. 2f](#)), als auch in der dynamischen OCT anhand der roten Farbmarkierung, die Blutbestandteilen entspricht ([Abb. 2g](#)). Auch sind folliculäre Hornpfropfen (rote Pfeile in [Abb. 2c, e](#)) in der OCT zu sehen, wie sie auch histologisch gefunden werden.

## Skabies

KLM und OCT werden bereits dazu verwendet, um nichtinvasiv einen Befall mit Skabiesmilben festzustellen. Mit der neuen LC-OCT kann die Skabiesmilbe nicht nur schmerzfrei, in Echtzeit schnell in der Ambulanz oder am Patientenbett in der Haut nachgewiesen werden, sondern nach Behandlung auch der Therapieerfolg überprüft werden. Klinisch zeigt sich beispielsweise wie in [Abb. 3](#) eine rötliche Makula ([Abb. 3a](#)). Dermatoskopisch ([Abb. 3b, c](#)) ist eine dreieckige bräunliche Struktur zu sehen mit einem weißlichen länglichen Gang dahinter. In der OCT zeigt sich die Milbe in ihrer Höhle (roter Pfeil in [Abb. 3d](#)), genauso wie sie in höherer detailgetreuerer Auf-

lösung auch in der vertikalen Aufnahme der LC-OCT (■ Abb. 3g) festgestellt werden kann. Die exakte Lokalisation der Milbe in der Epidermis und im Stratum corneum lässt sich mit der KLM und LC-OCT bestimmen. *Sarcoptes scabiei* stellt sich sowohl in der KLM (■ Abb. 3e) als auch in der LC-OCT (■ Abb. 3f) als ein rundliches Gebilde mit einem gerippten Exoskelett, Beinen und inneren Organen in einer Höhle dar.

## Dermatophyten

Die Routinediagnostik einer Mykose ist aufwendig, kosten- und zeitintensiv und erfolgt mithilfe der Mikroskopie des Nativpräparats, der Pilzkultur, PCR (Polymerasekettenreaktion) oder in Einzelfällen auch mittels Histologie inklusive PAS („periodic acid–Schiff reaction“-Färbung. Der kulturelle oder molekularpathologische Erregernachweis ist v. a. dann erforderlich, wenn eine Systemtherapie indiziert ist. Nichtinvasive Verfahren wie die KLM und die D-OCT, die in Echtzeit und in vivo Pilzelemente und die mit ihnen einhergehende Entzündung detektieren können, eignen sich daher v. a. für eine Verlaufskontrolle oder auch zur Identifikation von geeigneten Hautpartien zur Materialgewinnung für die Erregerdiagnostik.

In ■ Abb. 4a sieht man den Fuß eines Patienten mit einer weißlich-gelblichen, trockenen Schuppung im Sinne einer Tinea pedum durch eine Infektion mit *Trichophyton mentagrophytes*. Dermatologisch findet man weißliche Schuppen über einem gering erythematösen Grund mit punktförmig gruppierten Gefäßen (rote Pfeile) (■ Abb. 4b). In der KLM sind die Dermatophyten als längliche helle dünne faserartige Strukturen in Hyphenform zu erkennen (rote Pfeile in ■ Abb. 4c, d). Außerdem fallen parallel signalreiche, Sporen-ähnliche Cluster (grüne Pfeile) wie in der Histopathologie auf (■ Abb. 4c, d).

In der vertikalen OCT (■ Abb. 4f) sind Hyperkeratosen (gelber Balken), aber auch längliche, parallel angeordnete, stark reflektierende Strukturen sichtbar (rote Pfeile). In der horizontalen OCT sind Schollen (■ Abb. 4g) und in der D-OCT ist eine deutliche Hypervas-

S. Schuh · A. B. Weins · J. Welzel

## Nichtinvasive bildgebende Diagnostik bei Hauterkrankungen im Kindesalter

### Zusammenfassung

Die optische Kohärenztomographie (OCT) und die konfokale Lasermikroskopie (KLM) ermöglichen eine nichtinvasive bildgebende Diagnostik der Haut. Gerade weil bei Kindern die Indikation für eine Hautbiopsie eher zurückhaltend gestellt wird, können OCT und KLM für die Abklärung von kindlichen Hautveränderungen hilfreich sein. Außerdem stellen Biopsien immer nur eine Momentaufnahme eines kleinen Bezirkes der Haut dar, während die nichtinvasiven Methoden ermöglichen, mehrere Lokalisationen im Zeitverlauf zu untersuchen, sodass

auch dynamische Veränderungen und Therapieverläufe sichtbar gemacht werden können. In der pädiatrischen Dermatologie eignen sie sich insbesondere zur Abklärung atypischer Pigmentläsionen, bei infektiösen Dermatosen wie Skabies oder Tinea und zur Diagnostik entzündlicher und degenerativer Dermatosen.

### Schlüsselwörter

Optische Kohärenztomographie · Konfokale Lasermikroskopie · Optische Biopsie · Pädiatrische Dermatologie · Therapiemonitoring

## Noninvasive diagnostic imaging in pediatric skin lesions

### Abstract

Optical coherence tomography (OCT) and reflectance confocal laser microscopy (RCM) allow noninvasive imaging diagnostics of the skin. Since the indication for a biopsy in children is generally made cautiously, OCT and KLM can be helpful in the clarification of pediatric skin lesions. In addition, biopsies only represent a snapshot of a small area of the skin, while noninvasive methods allow several locations to be examined over time, so that dynamic changes and the course of therapy can also be determined. In pediatric

dermatology, these diagnostic methods are particularly suitable for the clarification of atypical pigment lesions, for infectious dermatoses such as scabies or tinea, and for the diagnosis of inflammatory and degenerative dermatoses.

### Keywords

Optical coherence tomography · Reflectance confocal laser microscopy · Optical biopsy · Pediatric dermatology · Treatment monitoring

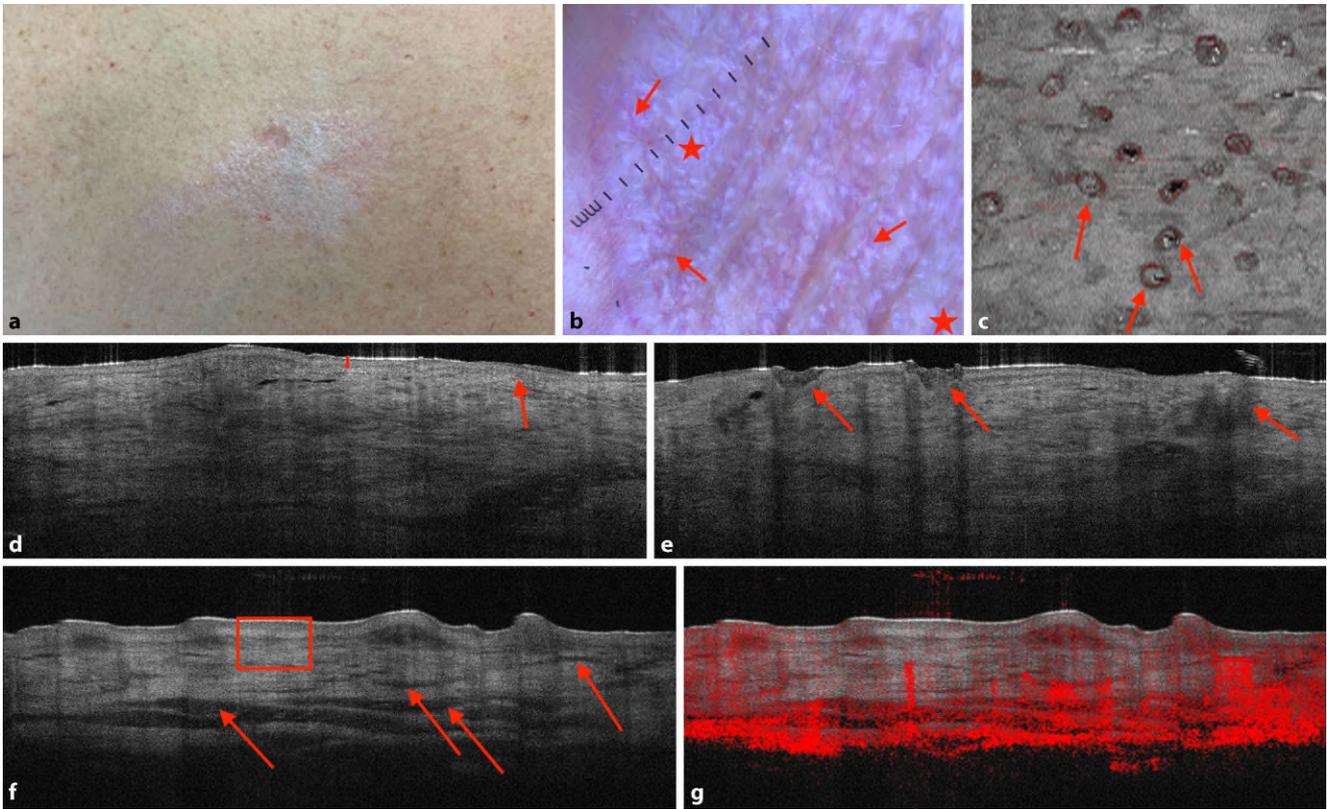
kularisation als Zeichen der Entzündung zu sehen (■ Abb. 4e). Auch innerhalb der Nagelplatte lassen sich Hyphen mittels der KLM und LC-OCT darstellen, während die OCT aufgrund der geringeren Auflösung nicht die Pilzelemente, sondern nur die charakteristischen Luftpfeile eines Dermatophytoms nachweisen kann.

## Diskussion

Nichtinvasive diagnostische Methoden liefern morphologische Informationen von Hautläsionen, die so nur – wenn überhaupt – mithilfe der Histologie gewonnen werden können. Die zur Histologie notwendige Biopsie ist jedoch invasiv, schmerzhaft und deshalb gerade bei Kindern nur bei absoluter Notwen-

digkeit als diagnostisches Werkzeug zu erwägen. Außerdem lässt sich mittels einer Biopsie nur ein kleines Hautfragment einmalig untersuchen, während die bildgebenden Methoden ein Monitoring mehrerer Läsionen über die Zeit ermöglichen.

Insbesondere bei der Diagnostik von Spitz-Nävi können die nichtinvasiven Geräte im Hinblick auf die Differenzialdiagnose zu einem malignen Melanom wertvolle Informationen liefern und somit Biopsien vermeiden. Pellacani et al. untersuchten Spitz-Nävi im Vergleich mit Melanomen und dysplastischen Nävi [17]. Hier konnte festgestellt werden, dass sich Spitz Nävi durch das Vorhandensein eines scharf abgrenzbaren Randes, junctionaler Nester und Melanophagen von Melanomen unterscheiden [16].



**Abb. 2** ▲ Lichen sclerosus et atrophicus. Klinisches (a), dermatoskopisches (b), horizontales (c) und vertikales dynamisches-optisches-Kohärenztomographie(D-OCT)- (g) und OCT(optische Kohärenztomographie) (d-f)-Bild eines extragenitalen Lichen sclerosus et atrophicus. Weitere Erläuterungen s. Text

Mithilfe der KLM und im Vergleich mit der Dermatoskopie wurden neben der Evolution von Spitz-Nävi sogar verschiedene Subtypen mit unterschiedlichen histologischen Kriterien identifiziert [4, 16, 17]. Wir haben beispielsweise einen globulären Spitz-Nävus in **Abb. 1** demonstriert, in dem auch einzelne Spindelzellen auftreten. Spindelzellige Zellen und eine periphere Spaltbildung sind laut Guida et al. pathognomonisch für Spitz-Nävi, während epidermaler Zellpleomorphismus, zahlreiche weit verteilte atypische Zellen in der dermoepidermalen Junction und ausgeprägter Pleomorphismus innerhalb der Nester eher für die Diagnose eines Melanoms sprechen [7]. Insbesondere für die globulären oder Starburst-Spitz-Nävi scheint die KLM sinnvoll zu sein, während sie bei den anderen Subtypen keine weitere Erkenntnis bringt [7]. Zur Differenzialdiagnose des Nävus Spitz zählt auch das juvenile Xanthogranulom, das ebenso mit der KLM diagnostiziert werden kann, somit können auch weitere

„falsche Freunde“ ausgeschlossen werden [18]. Dennoch können in der KLM manchmal Spitz-Nävi auffälliger aussehen, als sie es sind, und so fokale atypische Zellen als maligne beurteilt werden, ähnlich wie im Fall des akralen pigmentierten Nävus, publiziert von Iriarte et al., der sich histologisch als benigne herausstellte [8].

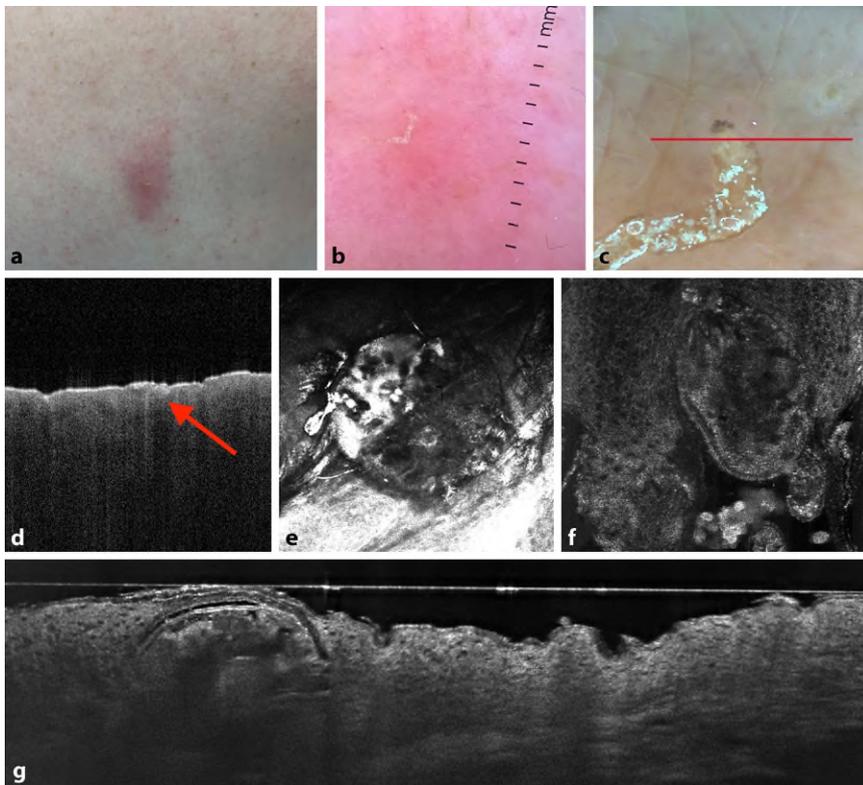
### » Nichtinvasive diagnostische Methoden liefern morphologische Informationen von Hautläsionen

Während der Nävus Spitz klinisch nur schwer eindeutig zu diagnostizieren ist, fällt einem die Diagnose eines Lichen sclerosus et atrophicus klinisch vielleicht leichter. Bis heute jedoch gibt es keine standardisierte Therapie für den Lichen sclerosus. Es stehen einige topische und systemische Behandlungsmöglichkeiten zur Verfügung, jedoch ist nicht ganz klar,

wie lange über das klinische Ansprechen hinaus behandelt werden sollte. Hierbei könnten die nichtinvasiven diagnostischen Geräte hilfreich sein. Kreuter et al. beschrieben die Veränderungen der Haut bei einer erfolgreichen Behandlung eines extragenitalen hypertrophen Lichen sclerosus mit topischem Calcipotriol in der KLM [10].

### » Nichtinvasive Geräte können bei der Differenzialdiagnose Spitz-Nävus oder malignes Melanom helfen

Die KLM eignet sich aber nicht nur zum Therapiemonitoring von extragenitalem, sondern auch von genitalem Lichen sclerosus, wie es Mazzili et al. bei einem Patienten zeigten [15]. Jacquemus et al. konnten bei extragenitalem Lichen sclerosus mit der KLM folliculäre Hornpfropfen nachweisen, ebenso wie sie auch in unserem Fall in **Abb. 2c, e** mit der OCT sicht-



**Abb. 3** ▲ Skabies. Klinisches (a), dermatoskopisches (b, c), OCT(optische Kohärenztomographie)- (d), KLM(konfokale Lasermikroskopie)- (e) und LC-OCT(„linefield-confocal OCT“)- (horizontal f, vertikal g) Bilder der mit Skabies infizierten Läsion

bar sind [9]. Das Gleiche sowie lymphozytäre Infiltrate zwischen den groben homogenen Kollagenbündeln konnten auch Lacarruba et al. bei der Korrelation des Lichen sclerosus mit der Klinik, Dermatoskopie, KLM und Histologie zeigen [11]. Darüber hinaus wurden auch in unserem Fall wie bei Ring et al. eine erhöhte Vaskularität sowie eine verschwommene epidermale Junctionszone festgestellt [19]. Der Rückgang der erhöhten, entzündlich bedingten Durchblutung könnte im Verlauf ebenfalls nachverfolgt werden.

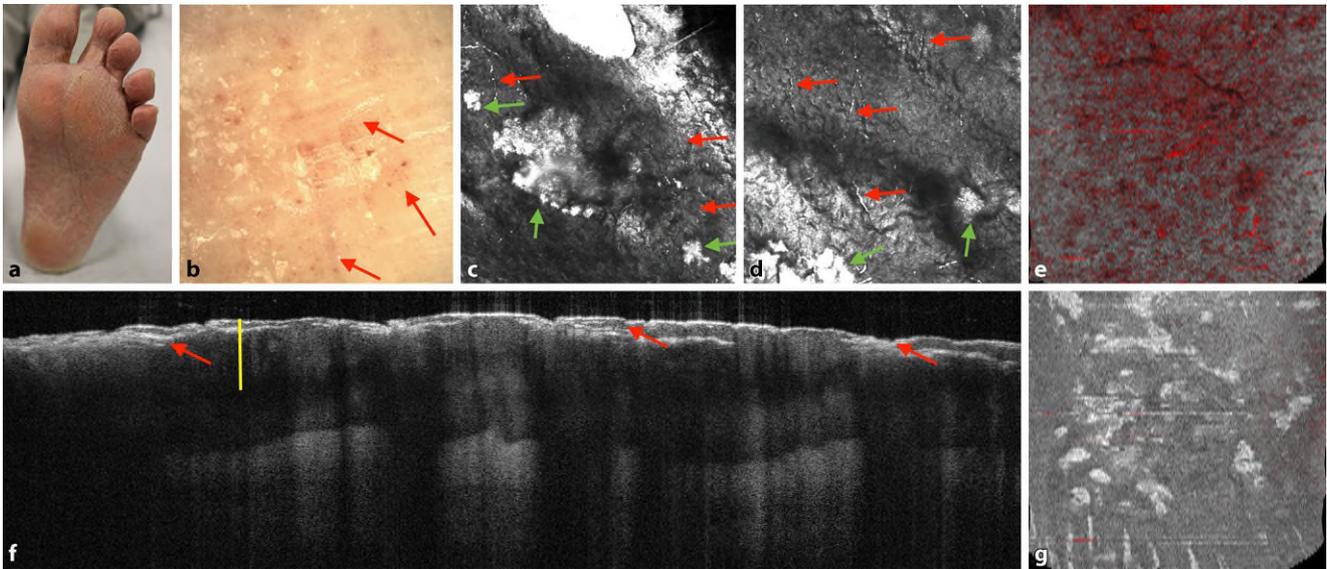
Doch nicht nur zum Monitoring des Lichen sclerosus eignen sich die nichtinvasiven diagnostischen Geräte sehr gut, auch für die Diagnostik und die Verlaufskontrolle der Skabies sind sie hilfreich. Dies konnten bereits einige Studien für KLM [3, 5, 6] und OCT [2] belegen. Mit der OCT kann, so wie auch in unserem Fall in **Abb. 3d** sichtbar, die Milbe mit ihrer Höhle und den darin enthaltenen Kotballen bzw. Eiern nur in groben Umrissen gezeigt werden [2]. Im Gegensatz dazu ermöglicht die KLM die Identifikation der Anatomie der Skabiesmilbe in

zellulärer Auflösung [3]. Die Sensitivität der Dermatoskopie ist etwas höher als die der KLM (95% vs. 92%) [3]. Daher ist zu empfehlen, wenn beide Geräte verfügbar sind, dass zunächst die Dermatoskopie als schnelles, einfaches Verfahren durchgeführt und dann die KLM bei unsicheren Befunden verwendet wird, um die Diagnose zu bestätigen [3]. Das neue Gerät, die LC-OCT, kombiniert die Vorteile der OCT und KLM. Es wird ein dermatoskopisches, horizontales und vertikales hochauflösendes Bild gleichzeitig erstellt [21]. Weiterhin gelingt es mit der LC-OCT, *Sarcoptes scabiei* innerhalb von wenigen Sekunden in aller Genauigkeit darzustellen wie in **Abb. 3c, f, g** [21]. Daten zur Sensitivität und Spezifität fehlen allerdings bei dieser neuen Methode noch.

Genauso schnell, in vivo und in Echtzeit können unspezifisch Pilzinfektionen mit den nichtinvasiven diagnostischen Instrumenten diagnostiziert und der Therapieerfolg kann überprüft werden.

Dermatophyten wie bei *Tinea corporis* oder *Tinea capitis* weisen Hyphen und

Sporen auf, die in der KLM aufgrund ihrer hohen Reflexivität als lineare, z. T. verzweigte Strukturen nachweisbar sind [13, 14, 23]. Dies ist auch in **Abb. 4c, d** zu sehen. Die Sporen bei einer *Candida*- oder anderen Hefepilzinfektion können generell weniger gut entdeckt werden. Zusätzlich lässt sich die mit Pilzinfektionen oft einhergehende Entzündung mit der D-OCT sehr gut darstellen [22]. Der Nachweis der Inflammation in der dynamischen OCT beeinflusst so die Therapie der Mykose, da zusätzlich zu einem Antimykotikum ein entzündungshemmendes Kortikosteroid hilfreich sein kann. Des Weiteren sind die OCT und KLM in der Lage, auch eine Onychomykose, jedoch ohne einen Hinweis auf den genauen Erreger, zu diagnostizieren. Selbst das Dermatophytom, das sich klinisch als mehrere nach proximal, spitz zulaufende, gelbe Streifen präsentiert, kann laut Verne et al. mit der OCT dargestellt werden [24]. In der OCT wirkt eine gesunde Nagelplatte durchsichtig und homogen signalarm. Bei einer Onychomykose können mit der OCT schon wenige Pilzelemente im Nagel als weiße, hyperreflexive, z. T. längliche Strukturen detektiert werden [1, 20]. Dadurch können mit der OCT das Ausmaß des Nagelbefalls an einem oder allen Nägeln, an verschiedenen Lokalisationen des Nagels und der Rückgang unter Therapie nachverfolgt werden. Die OCT ist ebenso wie die KLM sehr sensitiv, aber relativ unspezifisch verglichen mit den anderen Methoden [20]. Rothmund et al. konnten schon 2013 zeigen, dass die KLM vergleichbar mit der PAS-Färbung ist und dem KOH(Kaliumhydroxid)-Präparat überlegen ist. Die PCR hingegen besitzt die höchste Sensitivität, gefolgt von der KLM, PAS-Färbung und dem KOH-Präparat. Die KLM und das KOH-Präparat weisen eine hohe Spezifität auf, während die KLM den höchsten positiv prädiktiven Wert liefert, ähnlich wie das KOH-Präparat und die OCT. Die mykologische Kultur zeigte die geringste Sensitivität und den schlechtesten negativen prädiktiven Wert, dennoch sind die Kultur und PCR die einzigen Techniken, die Genus und Spezies der Pilze identifizieren können. Aufgrund der niedrigen Spezifität ist die OCT zur Pilzdiagnostik



**Abb. 4** ▲ Tinea. Klinisches (a), dermatoskopisches (b), KLM(konfokale Lasermikroskopie)- (c, d), horizontales dynamisches-optisches-Kohärenztomographie(D-OCT)- (e), vertikales (f) und horizontales (g) OCT(optische Kohärenztomographie)-Bild einer Tinea pedum. Weitere Erläuterungen s. Text

am wenigsten geeignet. Jedoch lässt sich mit der dynamischen OCT sehr gut die mit den Pilzinfektionen einhergehende Entzündung darstellen (s. oben), was den anderen Methoden fehlt. In Bezug auf die Differenzierung der Spezies ist die PCR der mykologischen Kultur zeitlich und im Hinblick auf die Sensitivität deutlich überlegen [20]. Mit der OCT sind jedoch auch Nagelveränderungen bei Psoriasis und Lichen ruber von der Onychomykose abgrenzbar, da dort keine Pilzstrukturen identifiziert werden können [1].

## Ausblick

Abschließend ist zu sagen, dass diese Entitäten nur ein paar Beispiele für den Einsatz der nichtinvasiven diagnostischen Geräte bei Kindern darstellen. Diese Methoden können noch bei vielen weiteren Krankheiten oder Hautveränderungen angewandt werden, wie z. B. zur Therapiekontrolle bei atopischer Dermatitis, zur Darstellung der Gefäßversorgung eines Hämangioms etc. Diese schmerzfreien Geräte können schnell, in vivo und in Echtzeit bei der Diagnostik helfen, sind daher sehr kinderfreundlich und bergen ein großes Potenzial, in Zukunft in der Diagnostik und bei der Verlaufskontrolle von kinderdermatologischen Erkrankungen eine große Rolle zu spielen.

## Fazit für die Praxis

### Der Einsatz von nichtinvasiven diagnostischen Geräten bei Kindern

- kann hilfreich sein bei der Diagnostik von Spitz-Nävi in Abgrenzung zum Melanom,
- eignet sich zum Therapiemonitoring beim Lichen sclerosus et atrophicus,
- eignet sich schnell, einfach, schmerzfrei zur in vivo Diagnostik und Verlaufskontrolle von Skabies – v. a. in Kombination mit der Dermatoskopie,
- ermöglicht den unspezifischen Erregernachweis und die Therapiekontrolle einer Pilzinfektion in Echtzeit und in vivo.

## Korrespondenzadresse

### Dr. S. Schuh

Klinik für Dermatologie und Allergologie, Kinderdermatologisches Zentrum, Universitätsklinikum Augsburg Sauerbruchstr. 6, 86179 Augsburg, Deutschland sandra.schuh@uk-augsburg.de

## Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** S. Schuh, A.B. Weins und J. Welzel geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

## Literatur

1. Abuzahra F, Spöler F, Först M, Brans R, Erdmann S, Merk HF, Obrigkeit DH (2010) Pilot study: optical coherence tomography as a non-invasive diagnostic perspective for real time visualisation of onychomycosis. *Mycoses* 53:334–339
2. Banzhaf CA, Themstrup L, Ring HC, Welzel J, Mogensen M, Jemec GB (2013) In vivo imaging of *Sarcoptes scabiei* infestation using optical coherence tomography. *Case Rep Dermatol* 5:156–162
3. Cinotti E, Labeille B, Cambazard F, Biron AC, Chol C, Leclercq A, Jaffelin C, Perrot JL (2016) Videodermoscopy compared to reflectance confocal microscopy for the diagnosis of scabies. *J Eur Acad Dermatol Venereol* 30:1573–1577
4. Ferrari C, Longo C, Stanganelli I, Magi S, Mazzoni L, Pellacani G, Argenziano G, Ribero S, Moscarella E (2017) Evolution of Spitz naevi: a dermoscopic and confocal follow-up of 26 cases. *Br J Dermatol* 176:1098–1100
5. Francisco G, Eilers S, Haroon A, Virmani P, Cha J, Pappert A, Rao B (2018) No wonder it itches: quick bedside visualization of a scabies infestation using reflectance confocal microscopy. *J Cutan Pathol* 45:877–879
6. Fustà-Novell X, Morgado-Carrasco D, Alejo B, Riera-Monroig J, Puig S (2020) Diagnosis and treatment response monitoring of scabies with reflectance confocal microscopy: a diagnostic pearl. *Indian J Dermatol Venereol Leprol* 86:101–103
7. Guida S, Pellacani G, Cesinaro AM, Moscarella E, Argenziano G, Farnetani F, Bonamonte D, Longo C (2016) Spitz naevi and melanomas with similar

- dermoscopic patterns: can confocal microscopy differentiate? *Br J Dermatol* 174:610–616
8. Iriarte C, Rao B, Haroon A, Kirkorian AY (2018) Acral pigmented Spitz nevus in a child with transepidermal migration of melanocytes: Dermoscopic and reflectance confocal microscopic features. *Pediatr Dermatol* 35:e99–e102
  9. Jacquemus J, Debarbieux S, Depaape L, Amini M, Balme B, Thomas L (2016) Reflectance confocal microscopy of extra-genital lichen sclerosus atrophicus. *Skin Res Technol* 22:255–258
  10. Kreuter A, Gambichler T, Sauermann K, Jansen T, Altmeyer P, Hoffmann K (2002) Extragenital lichen sclerosus successfully treated with topical calcipotriol: evaluation by in vivo confocal laser scanning microscopy. *Br J Dermatol* 146:332–333
  11. Lacarrubba F, Pellacani G, Verzi AE, Pippione M, Micali G (2015) Extragenital lichen sclerosus: clinical, dermoscopic, confocal microscopy and histologic correlations. *J Am Acad Dermatol* 72:550–552
  12. Lallas A, Apalla Z, Ioannides D, Lazaridou E, Kyrgidis A, Broganelli P, Alfano R, Zalaudek I, Argenziano G (2017) International Dermoscopy Society. Update on dermoscopy of Spitz/Reed naevi and management guidelines by the International Dermoscopy Society. *Br J Dermatol* 177:645–655
  13. Liansheng Z, Xin J, Cheng Q, Zhiping W, Yanqun L (2013) Diagnostic applicability of confocal laser scanning microscopy in tinea corporis. *Int J Dermatol* 52:1281–1282
  14. Mandel VD, Manfredini M, Giusti F, Pellacani G, Alessandrini A, Piraccini BM, Starace M (2019) The importance of reflectance confocal microscopy for the diagnosis and the follow-up of tinea capitis. *G Ital Dermatol Venereol* 154:591–593
  15. Mazzilli S, Giunta A, Galluzzo M, Garofalo V, Campione E, Di Prete M, Orlandi A, Airdigò M, Bianchi L (2019) Therapeutic monitoring of male genital lichen sclerosus: usefulness of reflectance confocal microscopy. *G Ital Dermatol Venereol*. <https://doi.org/10.23736/S0392-0488.19.06292-8>
  16. Pellacani G, Cesinaro AM, Grana C, Seidenari S (2004) In vivo confocal scanning laser microscopy of pigmented Spitz nevi: comparison of in vivo confocal images with dermoscopy and routine histopathology. *J Am Acad Dermatol* 51:371–376
  17. Pellacani G, Longo C, Ferrara G, Cesinaro AM, Bassoli S, Guitera P, Menzies SW, Seidenari S (2009) Spitz nevi: In vivo confocal microscopic features, dermoscopic aspects, histopathologic correlates, and diagnostic significance. *J Am Acad Dermatol* 60:236–247
  18. Pimenta R, Leal-Filipe P, Oliveira A (2019) Reflectance confocal microscopy for the noninvasive diagnosis of cutaneous juvenile xanthogranuloma. *Skin Res Technol* 25:106–107
  19. Ring HC, Mogensen M, Hussain AA, Steadman N, Banzhaf C, Themstrup L, Jemec GB (2015) Imaging of collagen deposition. *J Eur Acad Dermatol Venereol* 29:890–898
  20. Rothmund G, Sattler EC, Kaestle R, Fischer C, Haas CJ, Starz H, Welzel J (2013) Confocal laser scanning microscopy as a new valuable tool in the diagnosis of onychomycosis—comparison of six diagnostic methods. *Mycoses* 56:47–55
  21. Ruini C, Schuh S, Pellacani G, French L, Welzel J, Sattler E (2020) In vivo imaging of sarcoptes scabiei infestation using Line-field Confocal Optical Coherence Tomography. *J Eur Acad Dermatol Venereol*. <https://doi.org/10.1111/jdv.16671>
  22. Schuh S, Drechsel C, Welzel J (2020) Pilze suchen – was hilft? *Akt Dermatol* 46:1–6
  23. Veasey JV, Meneses OMS, da Silva FO (2019) Reflectance confocal microscopy of tinea capitis: comparing images with results of dermoscopy and mycological exams. *Int J Dermatol* 58(7):849–851
  24. Verne SH, Chen L, Shah V, Nouri K, Tosti A (2018) Optical coherence tomography features of Dermatophytoma. *JAMA Dermatol* 154:225–227