

Ultra-High-Frequency Ultrasound: A Modern Diagnostic Technique for Studying Melanoma



Authors

Alfonso Reginelli¹, Anna Russo², Daniela Berritto³,
Vittorio Patane¹, Carmen Cantisani⁴, Roberto Grassi¹

Affiliations

- 1 Department of Precision Medicine, University of Campania, Luigi Vanvitelli School of Medicine and Surgery, Napoli, Italy
- 2 Department of Radiology, University of Campania, Luigi Vanvitelli School of Medicine and Surgery, Napoli, Italy
- 3 Department of Clinical and Experimental Medicine, Foggia University Hospital, Foggia, Italy
- 4 UOC of Dermatology, Umberto I Polyclinic of Rome, Roma, Italy

Bibliography

Ultraschall in Med 2023; 44: 360–378

Published online: April 17, 2023

DOI 10.1055/a-2028-6182

ISSN 0172-4614

© 2023, Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14,
70469 Stuttgart, Germany

ABSTRACT

The development of new ultra-high-frequency devices with a resolution of 30 μm makes it possible to use ultrasound in the study of new small anatomical units and to apply this tool to new fields of pathology. Cutaneous melanoma is a severe skin disease with an incidence of approximately 160 000 new cases each year and 48 000 deaths. In this paper, we evaluate the role of HFUS in the diagnosis of cutaneous melanoma, describe the sonographic appearance of skin layers in the pre-excision phase as well as of lesion features, and correlate the characteristics with pathological examination.

Learning objectives

- 1. Knowledge of ultra-high-frequency ultrasound
- 2. Understanding of the role of ultrasound in dermatologic disease
- 3. Understanding of the role of ultrasound in the diagnosis of melanoma
- 4. Description of our experience studying melanocytic lesions, including knowledge of surface anatomy and technical considerations
- 5. Conclusions

Introduction

Imaging of the skin layer is often tricky with conventional ultrasound (US). Therefore, clinical cutaneous US imaging has been limited to high-frequency probes with values of 18 to 20 MHz and millimetric spatial resolution.

Despite this technical limitation, US offers more powerful support in diagnostic procedures too. This has been made possible thanks to latest-generation ultra-high-resolution transducers recently introduced in routine clinical practice. These transducers, first developed for small animal imaging, can reach frequencies as high as 70 MHz.

Today, “ultra-high-frequency” refers to the best transducers currently available in medical ultrasound. Thanks to their excellent resolution, which is high enough to detect half a grain of sand, these transducers are revealing new never-before-seen scenarios in medical imaging.

Using greater frequencies than conventional US, it is possible to achieve increased spatial resolution but to the detriment of penetration depth, which corresponds to less than 1 cm from the outer skin layer when using 70 MHz frequencies.

This patented technology allows for the finest resolution of any general-purpose US system today.

This paper presents the role and the potential clinical applications of ultra-high-frequency ultrasound (UHFUS) in cutaneous imaging, based on our experience with a commercially available US system equipped with a 22 to a 70 MHz linear-array transducer. This method produces an image capable of depicting up to 30 μm within the first 3 cm from the outer body surface.

Ultrahochfrequenz-Ultraschall: Eine moderne Diagnosetechnik zur Untersuchung von Melanomen



Autorinnen/Autoren

Alfonso Reginelli¹, Anna Russo², Daniela Berritto³, Vittorio Patane¹, Carmen Cantisani⁴, Roberto Grassi¹

Institute

- 1 Department of Precision Medicine, University of Campania, Luigi Vanvitelli School of Medicine and Surgery, Napoli, Italy
- 2 Department of Radiology, University of Campania, Luigi Vanvitelli School of Medicine and Surgery, Napoli, Italy
- 3 Department of Clinical and Experimental Medicine, Foggia University Hospital, Foggia, Italy
- 4 UOC of Dermatology, Umberto I Polyclinic of Rome, Roma, Italy

Bibliografie

Ultraschall in Med 2023; 44: 360–378

Published online: 2023

DOI 10.1055/a-2028-6182

ISSN 0172-4614

© 2023. Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14, 70469 Stuttgart, Germany

ZUSAMMENFASSUNG

Die Entwicklung neuer Ultrahochfrequenzgeräte mit einer Auflösung von 30µm ermöglicht den Einsatz von Ultraschall bei der Untersuchung neuer kleiner anatomischer Einheiten und den Einsatz dieser Methode in neuen Bereichen der Pathologie. Das kutane Melanom ist eine schwere Hauterkrankung mit einer jährlichen Inzidenz von etwa 160 000 Neuerkrankungen und 48 000 Todesfällen. In diesem Beitrag bewerten wir die Rolle des HFUS bei der Diagnose des kutanen Melanoms, beschreiben das sonografische Erscheinungsbild der Hautschichten in der Präexzisionsphase sowie die Merkmale der Läsion und vergleichen sie mit der pathologischen Untersuchung.

Lernziele

- 1. Kenntnisse über Ultrahochfrequenz-Ultraschall
- 2. Die Rolle des Ultraschalls bei dermatologischen Erkrankungen
- 3. Die Rolle des Ultraschalls bei der Diagnose von Melanomen
- 4. Unsere Erfahrungen bei der Untersuchung melanozytärer Läsionen, Kenntnis der Oberflächenanatomie und technische Überlegungen
- 5. Schlussfolgerungen

Einleitung

Die Bildgebung der Hautschicht ist mit konventionellem Ultraschall (US) oft schwierig. Daher ist die klinische kutane US-Bildgebung auf den Einsatz von Hochfrequenzsonden mit Frequenzen von 18–20 MHz und eine räumliche Auflösung im Millimeterbereich beschränkt.

Trotz dieser technischen Einschränkung bietet der US auch in der Diagnostik eine sehr leistungsfähige Unterstützung. Möglich wurde dies durch ultrahochoflösende Schallköpfe der neuesten Generation, die vor Kurzem in die klinische

Routinepraxis eingeführt wurden. Diese Schallköpfe, die zunächst für die Bildgebung bei Kleintieren entwickelt wurden, erreichen Frequenzen von bis zu 70 MHz.

Mit „Ultra-Hochfrequenz“ bezeichnen wir heute die besten Schallköpfe, die es derzeit im medizinischen Ultraschall gibt. Dank ihrer hervorragenden Auflösung, die ausreicht, um ein halbes Sandkorn zu erkennen, eröffnen diese Schallköpfe neue, noch nie dagewesene Möglichkeiten in der medizinischen Bildgebung.

Durch die Verwendung höherer Frequenzen als bei der konventionellen US-Technik ist es möglich, eine höhere räumliche Auflösung zu erzielen, auch wenn dies zu Lasten der Eindringtiefe geht, die

bei Verwendung von 70-MHz-Frequenzen weniger als 1 cm von der äußeren Hautschicht beträgt.

Diese patentierte Technologie ermöglicht die feinste Auflösung aller heutigen Universal-US-Systeme.

1. Knowledge of ultra-high-frequency ultrasound

Transducers routinely used for ultrasonography of superficial structures are linear-array transducers with frequencies of up to 20 MHz that provide excellent image detail (axial resolution of 250–500 μm) [1–3].

UHFUS allows the examination of small parts with high-resolution images with a dynamic, real-time, and comparative, where applicable, evaluation [4].

At the beginning of the 2000 s, UHFUS debuted in the clinical scenario as a diagnostic technique characterized by a frequency range between 30 and 100 MHz and a resolution up to 30 microns [5–7].

Compared to conventional ultrasound (CUS), UHFUS has superior spatial resolution even with the limitation of a low penetration depth, which is within 3–1 cm.

Probes with a frequency of 48 MHz have a penetration depth of 23.5 mm, whereas probes with a frequency of 70 MHz allow scanning of the first 10.0 mm under the surface.

With a probe with a frequency of 48 MHz, it is possible to evaluate lesions with a diameter between 1 and 2 cm, while with 70 MHz transducers, it is possible to assess lesions < 1 cm [8–12].

This method depends on the operator more than other methods, since the probes are extremely sensitive to the examiner's hand movements. However, UHFUS has extreme versatility and applicability and is inexpensive, noninvasive, and repeatable. UHFUS literature is continuously developing. This promising technology overcomes many of the limitations of ultrasound examination seen in the case of lower frequency.

The term UHFUS is often misused in clinical language because of a lack of agreement about the cutoff value for discriminating between “very high” and “ultra-high” frequencies.

The CUS technique refers to probes with frequencies from 10 to 15 MHz. Bhatta et al. considered a frequency greater than 10 MHz to be high-frequency US (HFUS), whereas Polanska et al. considered 20 MHz to be the cutoff value for the definition of HFUS. Shung et al. defined HFUS probes as having frequencies > 30 MHz [13–16].

Sonographic properties in tissues are well known in the case of examinations conducted by machines at frequencies up to 20 MHz. However, in the case of US performed at frequencies between 20 and 100 MHz, the tissue pro-

perties are less well known since few studies regarding attenuation, backscatter, and speed of sound are available. However, these parameters seem to be closely related to the organization and concentration of collagen and other proteins.

Ultrasound provided a breakthrough in dermatology as soon as fixed-frequency equipment (20–100 MHz) became available. In fact, thanks to the technical capability of this equipment, it is able to distinguish skin layers. Despite the promising features, these transducers have a low penetration index (about 5 mm at 20 MHz) [6, 17]. Tumor thickness is one of the most important factors in determining surgical strategy in the treatment of melanoma. Highly accurate preoperative evaluation of cutaneous melanoma lesions is essential for establishing an optimal therapeutic approach. Today, multi-channel US machines have standard incorporated multi-frequency equipment with processors and probes whose frequencies vary from 15 to 22 MHz. This equipment uses sensitive color and power Doppler and slim probes that can successfully adapt to the skin contours in the different parts of the body. Moreover, hockey stick-shaped probes allow adequate contact with the surface when exploring complex regions of body, such as the face, the tongue, the ear pinna, or the fingernails. The main advantages of using variable-frequency ultrasound are the fair ratio between penetration and resolution, the real-time capability, and the ability to detect and sample both texture and blood flow changes. The limitations of this technique relate to melanin-like pigment detection, the detection of flat epidermal-only lesions, and the detection of ≥ 0.1 mm lesions [16–18].

2. Developing an understanding of the role of ultrasound in the diagnosis of dermatologic diseases

Probes over 14 MHz allow accurate diagnosis of several dermatologic pathologies thanks to the real-time examination of cutaneous and subcutaneous several layers. Moreover, some literature is reporting magnificent image detail in the US evaluation of the nail complex and its most common anomalies.

Based on the study conducted by Wortsman et al., there is high concordance between UHFUS and histology in the identification of skin annexes [19].

High-frequency US has also been shown to be capable of evaluating connective tissue disorders [20].

Skin thickness can be monitored in the follow-up of systemic sclerosis given that an increase in skin thickness is

In diesem Beitrag werden die Rolle und die potenziellen klinischen Anwendungen des Ultrahochfrequenz-Ultraschalls (UHFUS) bei der dermatologischen Bildgebung vorgestellt, wobei wir uns auf unsere Erfahrungen mit einem handelsüblichen US-System stützen, das mit einem 22–70-MHz-Linear-Array-Schallkopf ausgestattet ist. Diese Methode führt zu einem Bild, das bis zu 30 µm innerhalb der ersten 3 cm der äußeren Körperoberfläche abbilden kann.

1. Kenntnisse über Ultrahochfrequenz-Ultraschall

Für die Ultraschalluntersuchung oberflächlicher Strukturen werden üblicherweise Linear-Array-Schallköpfe benutzt; mit Frequenzen bis zu 20 MHz, die eine hervorragende Bildqualität liefern (axiale Auflösung von 250–500 µm) [1–3].

UHFUS ermöglicht die Untersuchung von Kleinteilen mit hochauflösenden Bildern und, sofern geeignet, eine dynamische, Echtzeit- und vergleichende Auswertung [4].

Anfang 2000 begann mit UHFUS in der klinischen Praxis eine Diagnosetechnik, die sich durch einen Frequenzbereich zwischen 30 und 100 MHz und eine Auflösung von bis zu 30 Mikrometern auszeichnet [5–7].

Im Vergleich zum konventionellen Ultraschall (CUS) hat UHFUS eine bessere räumliche Auflösung, auch wenn die Eindringtiefe mit 3–1 cm gering ist.

Sonden mit einer Frequenz von 48 MHz haben eine Eindringtiefe von 23,5 mm, während Sonden mit einer Frequenz von 70 MHz das Scannen der ersten 10,0 mm unter der Oberfläche ermöglichen.

Mit einer Sonde von 48 MHz können Läsionen mit einem Durchmesser zwischen 1 und 2 cm beurteilt werden, während mit 70-MHz-Schallköpfen Läsionen < 1 cm beurteilt werden können [8–12].

Diese Methode ist mehr als die anderen auf den Bediener angewiesen, da die Sonden sehr empfindlich auf die Handbewegungen des Untersuchers reagieren. Die UHFUS-Methode ist jedoch äußerst vielseitig anwendbar, kostengünstig, nicht invasiv und reproduzierbar. Die UHFUS-Literatur wird ständig aktualisiert. Diese vielversprechende Technologie hebt einen Großteil der Einschränkungen der Ultraschalluntersuchung auf, die mit niedrigeren Frequenzen durchgeführt wird.

Der Begriff UHFUS wird im klinischen Sprachgebrauch häufig falsch verwendet, da keine Einigkeit über einen Grenzwert besteht, der zwischen „sehr hohen“ und „ultrahohen“ Frequenzen unterscheidet.

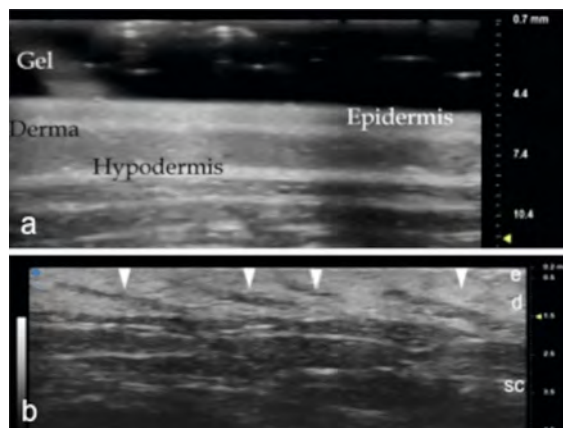
Die CUS-Technik bezieht sich auf Sonden mit Frequenzen von 10 bis 15 MHz. Bhatta et al. sprechen von Hochfrequenz-US (HFUS) bei einer Frequenz von mehr als 10 MHz, während Polanska et al. 20 MHz als Grenzwert für die Definition von HFUS ansahen. Shung et al. definierten HFUS-Sonden ab Frequenzen von > 30 MHz [13–16].

Die sonografischen Eigenschaften von Geweben sind bei Untersuchungen mit Geräten mit Frequenzen bis 20 MHz geläufig; bei US-Untersuchungen mit Frequenzen zwischen 20 und 100 MHz sind die Gewebeeigenschaften jedoch in geringerem Maße bekannt, da nur wenige Studien über Dämpfung, Rückstreuung und Schallgeschwindigkeit vorliegen. Diese Parameter scheinen jedoch eng mit der Organisation und Konzentration von Kollagen und anderen Proteinen zusammenzuhängen.

Ultraschall hat der Dermatologie zum Durchbruch verholfen, sobald Geräte mit fester Frequenz (20–100 MHz) verfügbar wurden. Dank der technischen Möglichkeiten der Geräte sind sie in der Lage, Hautschichten zu unterscheiden; trotz ihrer vielversprechenden Eigenschaften weisen sie einen niedrigen Penetrationsindex auf (etwa 5 mm bei 20 MHz) [6, 17]. Die Tumordicke ist einer der wichtigsten Faktoren für die Festlegung der chirurgischen Strategie bei der Behandlung von Melanomen. Eine hochpräzise präoperative Bewertung melanozytärer Läsionen ist für die Festlegung eines optimalen therapeutischen Ansatzes unerlässlich. Heutzutage sind Mehrkanal-US-Geräte standardmäßig mit Multifrequenz-Geräten mit Prozessoren und Sonden ausgestattet, deren Frequenzen von 15 bis 22 MHz variieren. Dieses Gerät verwendet empfindliche Farb- und Leistungsdoppler sowie schlanke Sonden, die sich erfolgreich an die Hautkonturen in den verschiedenen Körperregionen anpassen können. Verschiedene Teile der Körperhautkontur werden mit Lichtsonden erfasst und mit empfindlichen Farb- und Leistungsdopplern ausgewertet. Darüber hinaus ermöglichen Hockeystick-Sonden einen guten Kontakt mit der Oberfläche, wenn komplexe Körperregionen wie Gesicht, Zunge, Ohrmuschel oder Fingernägel untersucht werden. Die Hauptvorteile bei der Verwendung von Ultraschall mit variabler Frequenz sind das ausgewogene Verhältnis zwischen Eindringtiefe und Auflösung, die Echtzeitfähigkeit und die Möglichkeit, sowohl Textur- als auch Blutflussänderungen zu erkennen und zu erfassen. Grenzen dieses Verfahrens gibt es beim Nachweis von melaninähnlichen Pigmenten, dem Nachweis von flachen epidermalen Läsionen und dem Nachweis von > 0,1 mm großen Läsionen [16–18].

2. Die Rolle des Ultraschalls bei der Diagnose von Dermatologischen Erkrankungen

Sonden mit Frequenzen von mehr als 14 MHz ermöglichen dank der Echtzeituntersuchung der verschiedenen kutanen und subkutanen Schichten eine exakte Diagnostik bei verschiedenen dermatologischen Erkran-



► **Fig. 1** Normal skin. In **a** UHFUS of normal skin at 70 MHz shows different distinctive layers of epidermal “entry echo,” dermis, and subcutaneous tissue. A copious amount of gel was applied to the skin’s surface without using a spacer or other devices. In **b** pilifer bulbs are visible (arrowheads).

► **Abb. 1** Normale Haut. **a** UHFUS von normaler Haut bei 70 MHz zeigt verschiedene deutliche Schichten des epidermalen „Eintrittsechos“, der Dermis und der Subkutis. Auf die Hautoberfläche wurde viel Gel aufgetragen; kein Einsatz von Abstandshaltern oder anderen Hilfsmitteln. **b** Zu sehen sind Haarfollikel (Pfeilspitzen).

associated with disease severity and predicts visceral involvement risk, survival, and prognosis [21].

Skin epidermal and dermal thickness variations were analyzed by Firooz et al. [22].

Considering HFUS in other systemic disease, Chao et al. evaluated stiffness and total thickness of plantar foot in diabetic patients versus healthy ones [23].

UHFUS has also been used for the characterization and monitoring of glycosaminoglycan deposits and myxedematous inflammation in the eyelid and pretibial regions in patients with Graves’ disease before and after UVA-1 phototherapy treatment [24].

Many studies have already reported the possible use of UHFUS in different dermatologic disorders. Particularly, Chen et al. showed how 30 MHz UHFUS was capable of diagnosing lichen (atrophic and sclerotic) before histology, excluding the clinically suspected differential diagnosis of scleroderma (morphea) [25]. Using UHFUS, Murray et al. showed the echo-features of scleroderma. In particular, in 32 patients, they found the typical epidermal thinning and increased deeper perfusion of the morphea plaques [26]. Oranges et al. studied 50 patients suffering from hidradenitis suppurativa. 48 to 70 MHz probes can be used to identify previously unobservable findings [27]. Guerin-Moreau et al. explored the UHFUS features of pseudoxanthoma elasticum in 15 photoexposed and 11 photopro-

tected patients and also compared the results with 72 diabetic patients and 40 healthy subjects [28].

Preoperative UHFUS examination of non-melanoma skin neoplasia, such as squamous or basal cell carcinoma, demonstrated good correspondence with histology [29–31].

In a case report of basal cell carcinoma, UHFUS was used for presurgical mapping of tumor margins [32].

3. Developing an understanding of the role of ultrasound in the diagnosis of melanoma

As previously reported, UHFUS can be used to examine normal skin anatomy (layers and annexes) as well as pathologic conditions, such as cutaneous lesions, and also for the diagnosis of skin malignancies. UHFUS is a valid tool for most of dermatologic conditions thanks to its capability to provide real-time images of the epidermis and dermis layers as well subcutaneous layers [16, 18].

Extensive clinical background knowledge and semeiotic ultrasonographic imaging findings are mandatory for the routine usage of this technique.

With respect to skin neoplasms, UHFUS is capable of detecting the skin cancer level in the case of invasion of deep layers, any satellite lesions, subcutaneous metastases, and nodal locations. UHFUS allows visualization of the relationship between the primary disease location and other anatomical structures such as adjacent nerves and fat-fascia borders. Thus, it can provide supporting information for presurgical local staging [33]. It is reasonable to predict a more widespread role in this field for UHFUS in the not-too-distant future, thereby allowing more accurate evaluation of skin lesions involving deeper layers [33, 34] (► **Fig. 1a**).

Cutaneous melanoma (CM) has a high incidence rate, even among young people, with an incidence in 2013 of about 76 250 new cases and 9180 deaths, according to Scally et al., and in 2014 of about 76 100 new cases in the USA according to Li et al.

Males are approximately 1.5 times more likely to develop melanoma than females. However, according to other studies, the different prevalence among the two sexes must be analyzed in relation to age. The incidence rate of melanoma is more significant in women than men until they reach the age of 40 years. Then, by the age of 75 years, the incidence is almost 3 times as high in men versus women. The leading risk factors for melanoma oncogenesis are ultraviolet (UV) exposure, melanocytic nevi, genetic susceptibility, and family history. Artificial UV ex-

kungen. Darüber hinaus gibt es in der Fachliteratur ausgezeichnete Detailaufnahmen zur US-Beurteilung des Nagelkomplexes und seiner häufigsten Anomalien.

Auf der Grundlage einer von Wortsman et al. durchgeführten Studie besteht eine hohe Übereinstimmung zwischen UHFUS und Histologie bei der Identifizierung von Hautanhangsgebilden [19].

Hochfrequenz-US hat sich auch bei der Beurteilung von Bindegeweberkrankungen als geeignet erwiesen [20].

So kann die Hautdicke bei der Verlaufskontrolle der systemischen Sklerose überwacht werden, da die Zunahme der Hautdicke mit dem Schweregrad der Erkrankung zusammenhängt und auch das Risiko einer viszeralen Beteiligung, das Überleben und die Prognose vorhersagt [21]. Die Veränderungen der epidermalen und dermalen Hautdicken wurden von Firooz et al. analysiert [22].

Im Hinblick auf HFUS bei anderen systemischen Erkrankungen untersuchten Chao et al. die Steifigkeit und Gesamtdicke der Fußsohle bei Diabetikern im Vergleich zu Gesunden [23].

UHFUS wurde auch zur Charakterisierung und Überwachung von Glykosaminoglykan-Einlagerungen und myxödematösen Entzündungen der Augenlider und der prätibialen Regionen bei Patienten mit Morbus Basedow vor und nach einer UVA-1-Phototherapie eingesetzt [24].

Zahlreiche Studien haben bereits über die mögliche Anwendung von UHFUS bei verschiedenen dermatologischen Erkrankungen berichtet. Insbesondere zeigten Chen et al., wie 30MHz-UHFUS in der Lage war, Lichen sclerosus et atrophicus vor der Histologie zu diagnostizieren und die klinisch vermutete Differenzialdiagnose der zirkumskripten Sklerodermie (Morphea) auszuschließen [25]. Mittels UHFUS zeigten Murray et al. die Echo-Merkmale der Sklerodermie. Insbesondere fanden sie bei 32 Patienten die typische Ausdünnung der Epidermis und die erhöhte Durchblutung der Morphea-Plaques [26]. Oranges et al. untersuchten 50 Patienten, die an Hidradenitis suppurativa litten. Durch den Einsatz von 48–70-MHz-Sonden wurden zuvor unbeobachtete Befunde identifiziert [27]. Guerin-Moreau et al. untersuchten die UHFUS-Merkmale von Pseudoxanthoma elasticum bei 15 nicht lichtgeschützten und 11 lichtgeschützten Patienten und verglichen die Ergebnisse mit 72 Diabetikern und 40 gesunden Probanden [28].

Präoperative UHFUS-Untersuchungen von epithelialen Neoplasien wie Plattenepithel- oder Basalzellkarzinomen zeigten eine gute Übereinstimmung mit der Histologie [29–31].

In einem Fallbericht über ein Basalzellkarzinom wurde UHFUS zur präoperativen Kartierung der Tumorränder verwendet [32].

3. Die Rolle des Ultraschalls bei der Diagnose von Melanomen

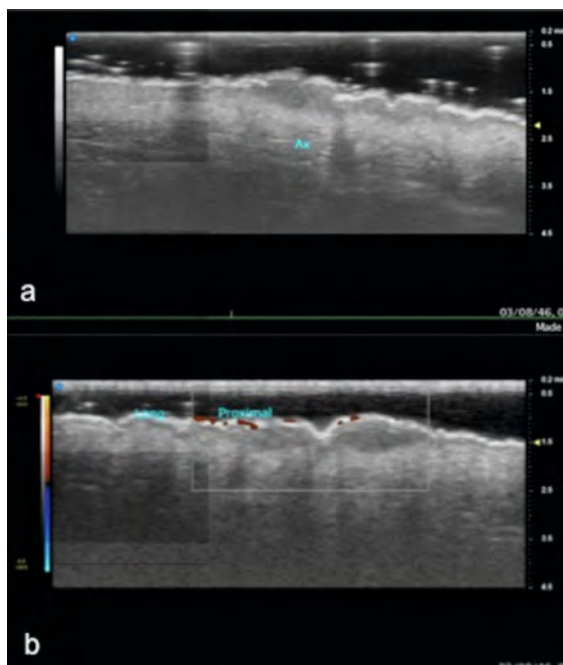
Wie bereits berichtet, hat sich UHFUS bei der Untersuchung der normalen Hautanatomie (Schichten und Anhänge) und von pathologischen Zuständen wie der Erkennung von Hautläsionen und zur Diagnose von Haut-Malignomen bewährt. UHFUS ist dank seiner Fähigkeit zur Echtzeit-Bildgebung der Schichten von Epidermis, Dermis, aber auch der Subkutis, ein geeignetes Verfahren für die meisten dermatologischen Beschwerden [16, 18].

Für die routinemäßige Anwendung dieser Technik sind umfassende Kenntnisse des klinischen Hintergrunds und der charakteristischen sonografische Befunde erforderlich.

Bei Neoplasien der Haut ist UHFUS in der Lage, den Grad der Invasion des Hautkrebses in tiefere Schichten, Satellitenläsionen, subkutane Metastasen und die Lage der Knoten zu bestimmen. Mit UHFUS lässt sich die Beziehung zwischen der primären Krankheitslokalisation und anderen anatomischen Strukturen wie benachbarten Nerven und Fett-Faszien-Grenzen darstellen. Somit unterstützt er das präoperative lokale Staging [33]. Es ist zu erwarten, dass UHFUS auf diesem Gebiet in absehbarer Zukunft eine größere Rolle spielen wird, da er eine genauere Beurteilung von Hautläsionen in tieferen Schichten ermöglicht [33, 34] (► **Abb. 1a**).

Das kutane Melanom (CM) hat eine hohe Inzidenzrate, auch bei jungen Menschen, mit einer Inzidenz von etwa 76 250 neuen Fällen und 9180 Todesfällen im Jahr 2013 nach Scally et al. und von etwa 76 100 neuen Fällen im Jahr 2014 in den USA nach Li et al.

Bei Männern ist die Wahrscheinlichkeit, an einem Melanom zu erkranken, etwa 1,5-mal höher als bei Frauen. Allerdings sollte anderen Studien zufolge die unterschiedliche Prävalenz bei beiden Geschlechtern im Zusammenhang mit dem Alter analysiert werden: Die Inzidenzrate des Melanoms ist bei Frauen bis zum Alter von 40 Jahren höher als bei Männern, im Alter von 75 Jahren ist die Inzidenz bei Männern dann fast 3-mal so hoch wie bei Frauen. Die wichtigsten Risikofaktoren für die Entstehung des Melanoms sind die UV-Exposition, die Anzahl der melanozytären Nävi, die genetische Anfälligkeit und entsprechende Ergebnisse der Familienanamnese. Künstliche UV-Bestrahlung kann ebenfalls eine Schlüsselrolle bei der Entstehung eines Melanoms spielen. Etwa 1 von 10 Patienten mit der Anamnese Melanom wird wahrscheinlich multiple primäre Melanome entwickeln. Die



► **Fig. 2** Melanocytic skin lesion UHFUS study. UHFUS shows well-defined, superficial, hypoechoic, heterogeneous lesion (a) with low superficial Doppler sign (b).

► **Abb. 2** UHFUS-Untersuchung einer melanozytären Hautläsion. Der UHFUS zeigt eine gut definierte, oberflächliche, hypoechoische, heterogene Läsion (a) mit geringen oberflächlichen Dopplerzeichen (b).

posure may also play a key role in melanoma development. About 1 in 10 patients with a prior history of melanoma is likely to develop multiple primary melanomas. Cutaneous melanoma prognosis basically depends on vertical growth corresponding to the histopathological Breslow index. This index positively predicts the possibility of node involvement as well as distant metastasis risk. Other important histologic prognostic factors are the Clark level, mitotic rate as the number of mitoses/mm², and the possible presence of ulcerations. Age, male sex, and location are also associated with a bad prognosis. Highly accurate preoperative evaluation of cutaneous melanoma lesions is essential for improving the survival rate and establishing an optimal therapeutic approach [35].

High-resolution US helps to assess all aspects of locoregional melanoma [36].

High-frequency transducers are capable of estimating tumor depth, defined as the Breslow index. A Doppler modality is able to detect intra-tumor vessels and characterize their distribution, thereby improving diagnostic accuracy (► Fig. 2).

Modern UHFUS equipment gives details similar to histology in the visualization of the skin layers and appendages. Standard two-dimensional linear US with a frequency

from 40 to 100 MHz allows imaging of the epidermis. Probes ranging from 15 to 22 MHz allow imaging of the epidermis and dermis, including the adjacent tissues 1 to 2 cm deep with respect to the basal dermal layer. Thanks to recent US technology advances, in particular multi-channel color Doppler with probes able to reach more than 15 MHz, it is now possible to observe skin layers with good resolution and define echo structure patterns of the epidermis and dermis. Moreover, despite sonography limitations with respect to detecting melanin-like pigments, UHFUS is pivotal in noninvasive tumor assessment and it contributes to the assessment of critical decision management due to its capability to evaluate skin thickness and blood flow. The literature increasingly includes ultrasound semiotics with respect to primary melanoma lesions.

4. Description of our experience in the study of melanocytic lesions, including knowledge of surface anatomy and technical considerations

In this paper, we evaluated the role of HFUS in the diagnosis of cutaneous melanoma and the description of skin layers in the pre-excision phase, as well as the US appearance of these lesions in correlation with pathological examination.

Ultra-high-frequency ultrasound is important for identifying skin layers and for characterizing skin lesions. Its usage increases the accuracy of lesion thickness measurement, which is an essential preoperative evaluation for establishing the best therapeutic approach.

Images included in this article were acquired using a commercially available US system (Vevo MD; Fujifilm Visual Sonics, Amsterdam, the Netherlands) with a 25–48–70-MHz linear-array transducer (► Fig. 3).

The probe used was UHF 70 MHz, which can automatically select frequencies based on the analyzed structure (► Fig. 4, 5).

Based on our experience, we have mainly evaluated flat melanocytic lesions and only a few nodular exophytic lesions.

Based on clinical dermatoscopic features strongly indicative of melanoma, different melanocytic lesions were analyzed, and excisional biopsy was requested.

Ultrasound was performed preoperatively before excision.

Technical aspects

The exam starts with systematic inspection of the external surface of the skin at the site being examined. Later, a



► **Fig. 3** Ultrasound scanner with three ultra-high-frequency probes (25–48–70-MHz) by Vevo MD, Fujifilm Visual Sonics (a). Linear probe of 70 MHz (b).

► **Abb. 3** Ultraschallscanner mit 3 Ultrahochfrequenz-Sonden (25–48–70 MHz) von Vevo MD, Fujifilm VisualSonics, (a). Lineare Sonde mit 70 MHz (b).

Prognose des kutanen Melanoms hängt im Wesentlichen vom vertikalen Wachstum ab und entspricht dem histopathologischen Breslow-Index. Dieser Index sagt auch die Möglichkeit einer Knotenbeteiligung und das Fernmetastasierungsrisiko positiv voraus. Weitere wichtige histologische Prognosefaktoren sind der Clark-Level, die Mitoserate (Anzahl der Mitosen/mm²) und eventuell vorhandene Ulzerationen. Alter, männliches Geschlecht und Lokalisation sind ebenfalls mit einer schlechten Prognose verbunden. Eine hochpräzise präoperative Beurteilung von kutanen melanozytären Läsionen ist für die Verbesserung der Überlebensrate und die Festlegung eines optimalen therapeutischen Ansatzes unerlässlich [35].

Hochauflösende Ultraschalluntersuchungen helfen bei der Beurteilung aller Aspekte des lokoregionalen Melanoms [36].

Hochfrequenz-Schallköpfe sind in der Lage, die Tumortiefe, definiert als Breslow-Index, zu bestimmen. Mit der Dopplermodalität lassen sich die Tumorgefäße aufspüren und ihre Verteilung charakterisieren, was die diagnostische Genauigkeit verbessert (► **Abb. 2**).

Moderne UHFUS-Geräte liefern bei der Visualisierung der Hautschichten und Hautanhangsgebilde ähnliche Details wie die Histologie. Der 2-dimensionale lineare Standard-US mit Frequenzen von 40–100 MHz ermöglicht die Darstellung der Epidermis. Sonden mit einer Frequenz von

15–22 MHz ermöglichen die Darstellung der Epidermis und der Dermis, einschließlich des angrenzenden Gewebes in einer Tiefe von 1–2 cm in Bezug auf die basale Hautschicht. Dank der jüngsten Fortschritte in der US-Technologie, insbesondere des Mehrkanal-Farbdopplers mit Sonden, die eine Frequenz von mehr als 15 MHz erreichen können, ist es nun möglich, die Hautschichten mit einer guten Auflösung zu beobachten und Echostrukturmuster der Epidermis und Dermis zu definieren. Trotz der Einschränkungen der Sonografie bei der Erkennung von melaninähnlichen Pigmenten ist der UHFUS bei der nicht invasiven Tumorbeurteilung von zentraler Bedeutung und trägt aufgrund seiner Fähigkeit, die Hautdicke und den Blutfluss zu beurteilen, zu einer kritischen Entscheidungsfindung bei. In der Literatur finden sich zunehmend sonografische Marker bei primären melanozytären Läsionen.

4. Unsere Erfahrungen bei der Untersuchung melanozytärer Läsionen, Kenntnis der Oberflächenanatomie und technische Überlegungen

In diesem Beitrag haben wir die Rolle des HFUS bei der Diagnose von kutanen Melanomen, die Charakterisierung der Hautschichten in der Präexzisionsphase und das sonografische Erscheinungsbild dieser Läsionen in Korrelation mit der Pathologie bewertet.

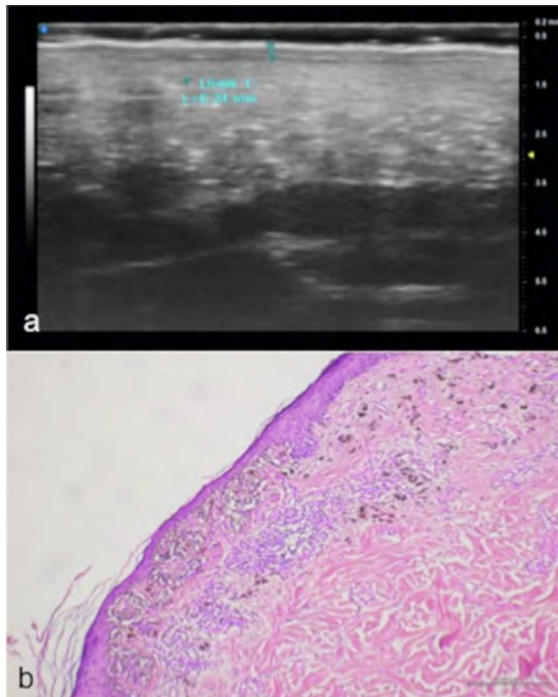
Ultrahochfrequenz-Ultraschall ist wichtig für die Identifizierung von Hautschichten und die Charakterisierung von Hautläsionen. Sein Einsatz erhöht die Genauigkeit der Messung der Läsionsdicke: eine wesentliche präoperative Bewertung zur Festlegung des besten therapeutischen Ansatzes.

Die in dieser Publikation gezeigten Bilder wurden mit einem handelsüblichen US-System (Vevo MD; Fujifilm VisualSonics, Amsterdam, Niederlande) mit einem 25–48–70-MHz-Linear-Array-Schallkopf aufgenommen (► **Abb. 3**).

Als Sonde wurde ein UHF-70-MHz-Schallkopf verwendet, der automatisch Frequenzen auf der Grundlage der untersuchten Struktur auswählen kann (► **Abb. 4, 5**).

Unsere Erfahrung beruht auf der Untersuchung von hauptsächlich flachen melanozytären Läsionen und nur wenigen knotigen exophytischen Läsionen.

Anhand der klinischen dermatoskopischen Merkmale, die stark auf ein Melanom hinweisen, wurden verschiedene melanozytäre Läsionen analysiert und eine Exzisionsbiopsie angefordert.



► **Fig. 4** UHFUS example of a superficial skin lesion appears as a linear hypoechoic lesion within the hyperechoic epidermis and the dermis (a). Histological examination of the lesion confirms malignant melanocytes confined to the epidermis and epidermal adnexal structures (melanoma in situ) (b).

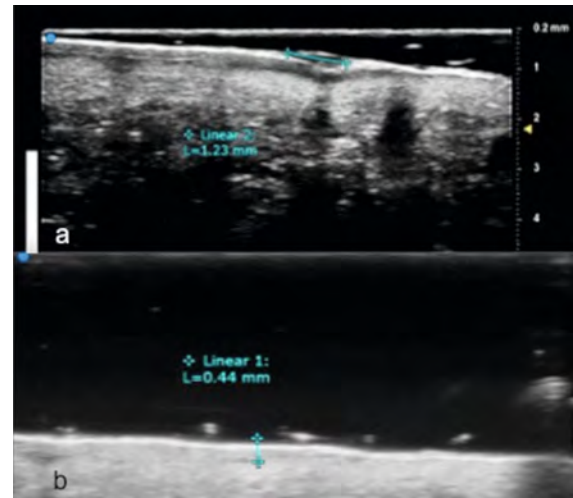
► **Abb. 4** UHFUS einer oberflächlichen Hautläsion, die als lineare hypoechoische Läsion innerhalb der hyperechoischen Epidermis und Dermis erscheint (a). Die histologische Untersuchung der Läsion bestätigt maligne Melanozyten, die auf die Epidermis und epidermale Adnexstrukturen beschränkt sind (Melanoma in situ) (b).

thick layer of gel is applied between the skin and the probe in order to obtain the best focal point. To avoid phenomena caused by the compression of superficial structures, it is essential to be as delicate as possible when handling the probe in terms of pressure applied to the outer surface of the skin. In the case of ulcerative lesions, sterile gel should be used.

A dermatologic HFUS exam properly performed by a specialist includes identification of the exact topography in the exam followed by evaluation of the different skin layers, their thickness and vascularization, and any pathology-related findings.

Sagittal and axial B-mode images are to be acquired in order to obtain data on lesion features and borders. Blood flow can be explored with the use of US color Doppler.

The evaluation of lesions, when present, should be performed with a three-dimensional evaluation in order to determine size, depth and thickness, calcifications or ne-



► **Fig. 5 a** UHFUS longitudinal view of fusiform hypoechoic lesions that involve the epidermis and dermis. **b** UHFUS transverse view shows superficial spreading with Breslow of 0.44 mm in the epidermis and superior dermis by proliferation of melanocytic lesion, with irregular distribution in a case of melanoma.

► **Abb. 5 a** UHFUS-Längsschnitt mit fusiformen, hypoechoischen Läsionen in Epidermis und Dermis. **b** UHFUS-Transversalschnitt zeigt die oberflächliche Ausbreitung mit einem Breslow-Wert von 0,44 mm in der Epidermis und der oberen Dermis durch Proliferation einer melanocytären Läsion, mit unregelmäßiger Verteilung bei einem Melanom.

erosis foci, content (e. g., cystic, solid, mixed), involvement of adjacent structures, exact location vascularization, exact location, presence of satellite and transit metastases, and the relative vascularization (using Eco-Color Doppler).

US features

Healthy Skin

Knowledge of the ultrasonographic appearance of normal skin is necessary in order to evaluate abnormalities.

Skin characteristics may vary based on anatomical region, race, and age.

The epidermis, dermis, and hypodermis are the three layers of skin tissue.

Every layer has its own echogenicity depending on its main molecular component: keratin (epidermis), collagen (dermis), and fat lobules (subcutaneous).

The epidermis presents as a hypoechoic line; the dermis as a hyperechoic band that is less shiny than the epidermis; and the subcutaneous tissue as a hypoechoic layer with the presence of hyperechoic horizontal lines corresponding to fibrous septa therein (► **Fig. 1a**).

Vor der Exzision wurde präoperativ eine Ultraschalluntersuchung durchgeführt.

Technische Aspekte

Die Untersuchung beginnt mit einer systematischen Inspektion der äußeren Hautoberfläche an der zu untersuchenden Stelle. Danach wird eine dicke Gelschicht zwischen der Haut und der Sonde aufgetragen, um den besten Fokuspunkt zu erhalten. Um Phänomene zu vermeiden, die durch die Kompression der oberflächlichen Strukturen verursacht werden, ist es wichtig, die Sonde so behutsam wie möglich zu handhaben, was den auf die Hautoberfläche ausgeübten Druck angeht. Bei Vorliegen einer ulzerativen Läsion sollte vorzugsweise steriles Gel verwendet werden.

Eine dermatologische HFUS-Untersuchung, die vom Facharzt perfekt durchgeführt wird, umfasst die Identifizierung der genauen Topografie, gefolgt von der Bewertung der verschiedenen Hautschichten, ihrer Dicke und Vaskularisierung sowie etwaiger pathologischer Befunde.

Sagittale und axiale B-Mode-Bilder müssen angefertigt werden, um Daten über die Merkmale und Ränder der Läsion zu erhalten. Der Blutfluss kann mithilfe des US-Farbdopplers untersucht werden.

Wenn Läsionen vorhanden sind, sollten sie 3-dimensional beurteilt werden, um Größe, Tiefe und Dicke, Verkalkungen oder Nekroseherde, den Inhalt (z. B. zystisch, solide, gemischt), die Einbeziehung benachbarter Strukturen, die genaue Lokalisation der Vaskularisation, die genaue Lage, das Vorhandensein von Satelliten- und Transitmetastasen und die relative Vaskularisation (mit Eco-Color Doppler) zu bestimmen.

US-Merkmale

Gesunde Haut

Die Kenntnis der Ultraschallbefunde der normalen Haut ist notwendig, um deren Anomalien zu beurteilen.

Hinsichtlich der anatomischen Region, der Ethnie und dem Alter können die Hautmerkmale variieren.

Epidermis, Dermis und Hypodermis sind die 3 Schichten der Haut.

Jede Schicht hat ihre eigene Echogenität, die von ihrem molekularen Hauptbestandteil abhängt: Keratin (Epidermis), Kollagen (Dermis) und Fettgewebeläppchen (Subkutis).

Die Epidermis stellt sich als hypoechoische Linie dar, die Dermis als hyperechoisches Band, das weniger glänzt als die Epidermis, und das subkutane Gewebe als hypo-

echoische Schicht mit dem Vorhandensein von hyperechoischen horizontalen Linien, die den fibrösen Septen entsprechen (► **Abb. 1a**).

Echogenität und Dicke können je nach Alter des Patienten variieren.

Bei Neugeborenen ist sie leicht hypoechoisch; mit zunehmendem Alter kann man aufgrund der aktinischen Exposition und ihrer Schädigung das epidermale Band mit geringer Echogenität als hypoechoische Linie zwischen Epidermis und Dermis erkennen. Dieser sonografische Befund entspricht der histologischen Darstellung der Laxität der Papillae dermis und der Elastose.

Haarfollikel in nicht kahlen Hautarealen werden als hypoechoische fusiforme Strukturen beobachtet, die schräg angeordnet und je nach Stadium des Haarzyklus in der Dermis oder im subkutanen Gewebe lokalisiert sind (► **Abb. 1b**).

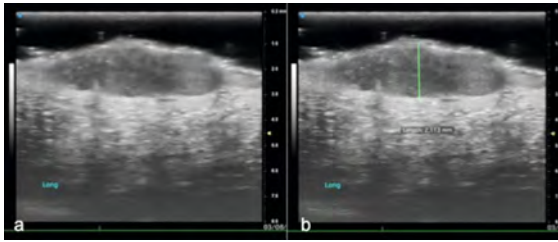
In der palmoplantaren Region befindet sich zwischen dem Stratum granulosum und dem Stratum corneum eine zusätzliche Schicht, das Stratum lucidum. Die HFUS-Bewertung dieser zusätzlichen Schicht zeigt eine bilaminare, hyperechoische Struktur, die wahrscheinlich durch den Kontrast zwischen der Epidermis und einem ausgeprägtem Stratum corneum entsteht. Die HFUS-Befunde der anderen Hautschichten sind ähnlich wie bei der nicht kahlen Haut.

Hauttumore

Hautneoplasmen, ob bösartig oder gutartig, zeigen sich als hypoechoische Bereiche, die einen natürlichen Kontrast zum umgebenden gesunden Gewebe bilden. Bei der Untersuchung müssen neben der Echogenität auch die 3-achsigen Maße, die Form der Läsion und eine Beteiligung tieferer Schichten (Muskeln, Knorpel, Knochen) beurteilt werden. Der Farbdoppler kann bei der Untersuchung der Vaskularisation nützlich sein, da er die Verteilung und Größe der intratumoralen Gefäße sichtbar macht.

Wir haben eine knotige melanozytäre Läsion mit 2 hyperechoischen Laminae festgestellt, die durch einen hypo/anechoischen Raum getrennt sind. Bei dieser Struktur handelt es sich wahrscheinlich um eine vaskuläre Neoformation des Tumors. Diese Hypothese wird auch durch die mit dem Farbdoppler gewonnenen Informationen gestützt.

Die Tumordicke sollte an der Stelle mit der größten Dicke gemessen werden, da kutane Läsionen heterogen sein können.



► **Fig. 6** **a** Nodular melanoma study with UHFUS with 70MHz probe. **b** UHFUS shows well-defined, solid, homogeneously hypoechoic malignant lesion in the dermis with measurement of thickness, invasion depth, and assessment of the borders of skin tumors.

► **Abb. 6** **a** UHFUS-Untersuchung eines nodulären Melanoms mit einer 70-Mhz-Sonde. **b** UHFUS zeigt eine gut definierte, solide, homogen hypoechoische, maligne Läsion in der Dermis mit Messung der Dicke, der Invasions-tiefe und der Beurteilung der Grenzen von Hauttumoren.

Echogenicity and thickness may vary according to the patient's age.

It is slightly hypoechoic in newborns. With increased age, due to actinic exposure and damage, it is possible to identify the epidermal band of low echogenicity as a hypoechoic line between the epidermis and the dermis. This is the sonographic finding corresponding to the histological representation of laxity of the papillary dermis and elastosis.

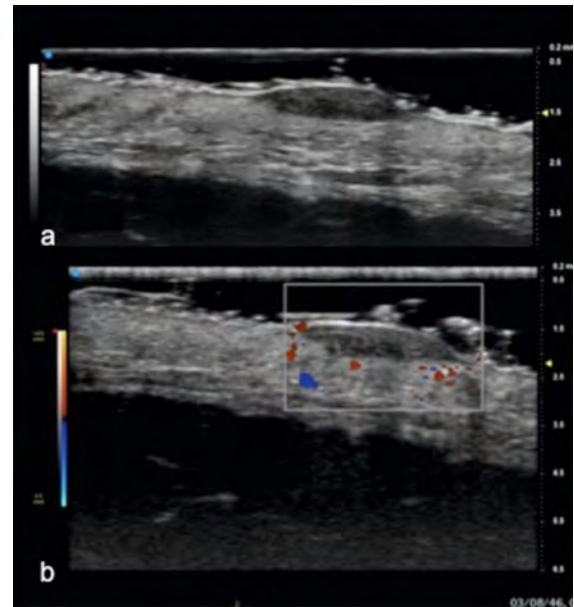
Hair follicles in non-glabrous skin areas are observed as hypoechoic fusiform structures obliquely arranged and localized in the dermis or subcutaneous tissue, depending on hair-cycle stage (► **Fig. 1b**).

In the palmoplantar region between the granular and corneous layers, there is an additional layer called the stratum lucidum. HFUS evaluation of this additional layer shows as bilaminar hyperechoic structure, probably resulting from the contrast between the epidermis and a sharp stratum corneum. HFUS findings for other skin layers are similar to those of non-glabrous skin.

Skin tumors

Skin neoplasms, whether malignant or benign, are seen as hypoechoic areas naturally contrasting with the surrounding healthy tissue. During the examination, besides echogenicity, it is necessary to evaluate the three-axial measures, the lesion shape, and any involvement of deeper layers (muscle, cartilage, bones). Color Doppler may be useful in the study of vascularization by making it possible to examine the distribution and size of intra-tumoral vessels.

We have analyzed a nodular melanoma lesion including two hyperechogenic laminae separated by a hypo/anecchoic space. This structure is probably a tumor vessel neo-



► **Fig. 7** **a** UHFUS shows well-defined, solid, homogeneously hypoechoic malignant lesion in the dermis. **b** Color and power Doppler studies help to identify vascularity in the lesions.

► **Abb. 7** **a** UHFUS zeigt eine gut definierte, solide, homogen hypoechoische, maligne Läsion in der Dermis. **b** Farb- und Power-Doppler-Untersuchungen helfen bei der Identifizierung der Vaskularität in den Läsionen.

formation. This hypothesis is supported by the information obtained from Eco-Color Doppler.

Tumor thickness measures should be obtained at the site with the greatest thickness since cutaneous lesions may be heterogeneous.

Melanocyte lesions are generally viewed as homogeneous and hypoechoic tissue, appearing well-defined, oval or fusiform, with smooth edges, and a variable degree of vascularization. In cases of ulceration, the epidermis may show irregularities and discontinuity, and it is possible to see increased echogenicity in the subcutaneous tissue.

In the case of an *in situ* melanoma lesion, US examination shows the presence of a regular hyperechoic band at the border between the lesion and the dermis. This structure is probably indicative of the radial growth phase of the lesion, in which the cells have not yet acquired the ability to invade the deeper layers of the skin. The satellite lesions (less than two centimeters from the primary lesion) or in transit (located more than two centimeters from the primary lesion) are hypoechoic, have an oval or round shape, smooth or lobulated margins, and variable degrees of heterogeneity and vascularization (► **Fig. 6, 7**).

In exophytic lesions the epidermal layer is generally markedly hyperechoic, appearing as an irregular and continu-

Melanozytäre Läsionen werden im Allgemeinen als homogenes und hypoechoisches Gewebe betrachtet, das gut abgegrenzt, oval oder fusiform, mit glatten Rändern und einem variablen Vaskularisierungsgrad erscheint. Bei Ulzerationen kann die Epidermis Unregelmäßigkeiten und Diskontinuitäten aufweisen, und es ist möglich, eine erhöhte Echogenität im subkutanen Gewebe zu erkennen.

Bei der Läsion eines In-situ-Melanoms zeigt die US-Untersuchung das Vorhandensein eines regelmäßigen hyperechoischen Bandes an der Grenze zwischen der Läsion und der Dermis. Diese Struktur ist wahrscheinlich ein Hinweis auf die radiale Wachstumsphase der Läsion, in der die Zellen noch nicht die Fähigkeit erworben haben, in die tieferen Hautschichten einzudringen. Die Satellitenläsionen (weniger als 2 cm von der Primärläsion entfernt) oder Transitielläsionen (mehr als 2 cm von der Primärläsion entfernt) sind hypoechoisch, haben eine ovale oder runde Form, glatte oder lobulierte Ränder und einen variablen Grad an Heterogenität und Vaskularisierung (► **Abb. 6, 7**).

Bei exophytischen Läsionen ist die Epidermis in der Regel deutlich hyperechoisch und erscheint als unregelmäßige und durchgehende Linie mit gezackten Rändern, unter denen sich hypoechoisches Gewebe zwischen der Epidermis und der darunter liegenden Dermis befindet.

Andererseits ist bei einer Läsion mit subkutaner Entwicklung die hypoechoische Infiltration der Läsion unterhalb der hyperechoischen Hautlinie gut erkennbar, die über der Hypoechogenität der Läsion selbst sichtbar ist. Mithilfe der US-Untersuchung können die Tiefe der Läsion und ihr Durchmesser gemessen und die Ränder der Läsion sowie etwaige Lymphknoteninfiltrationen beurteilt werden.

Bei sehr kleinen Läsionen im subkutanen Gewebe (flache Läsionen) können mit der Ultraschallfrequenz auch millimetergroße Läsionen beurteilt werden, die als hypoechoisches Gewebe mit überwiegend hyperechoischen und gut umschriebenen Rändern erscheinen.

Einige Faktoren sollten als mögliche Ursache für Fehler bei der Messung der Tumordicke mit HFUS in Betracht gezogen werden. Die Größe des Tumors könnte überschätzt werden, wenn mit Krebs assoziierte Entzündungsprozesse vorliegen oder vor der Untersuchung, bei hypertrophen periläsionalen Drüsen und einer Naevus-Melanom-Assoziation. Im Gegensatz dazu kann das Vorhandensein von Ulzerationen dazu führen, dass die Tumordicke unterschätzt wird.

Metastatische Läsionen sollten mit unterschiedlichen Frequenzen untersucht werden, da sie je nach Lokalisation und Größe mit einer bestimmten Frequenz gut zu erkennen oder mit einer anderen völlig unsichtbar sein können.

HFUS hat eine bessere Sensitivität und Spezifität als die klinische Untersuchung beim Nachweis von Melanometastasen in regionalen Lymphknoten. Im Ultraschall sind metastatische Lymphknoten rund, mit klaren Rändern und hypoechoischem oder echoluzentem Zentrum (Nekrose), während die reaktive Lymphadenopathie ein elliptisches Aussehen mit hyperechoischem Zentrum und zentraler Vaskularisierung aufweist.

5. Schlussfolgerungen

Aus unserer Erfahrung und der aktuellen Literatur lässt sich schließen, dass UHFUS bei der Untersuchung melanozytärer Läsionen weit verbreitet ist. UHFUS ist eine nicht invasive und reproduzierbare Bildgebungsmethode, und eine fachgerechte Untersuchung liefert Informationen über die mögliche Rolle von UHFUS bei der Prävention, Diagnose, Operationsplanung und Nachsorge verschiedener Erkrankungen. Die Literatur über UHFUS ist noch in der Entwicklung begriffen, aber Ultraschallfrequenzen scheinen die Antwort auf mehrere klinische Fragestellungen zu sein, was die hochauflösende Untersuchung, sowohl der normalen Anatomie als auch pathologischer Prozesse angeht. Bei melanozytären Läsionen ist UHFUS daher ein nützliches Instrument für den Dermatologen, das einen guten Abgleich mit der pathologischen Anatomie ermöglicht.

Fördermittel

„Program Valere“ by University of Campania „Luigi Vanvitelli“ (DR 05–04/01/2018)

Interessenkonflikt

Erklärung zu finanziellen Interessen

Forschungsförderung erhalten: nein; Honorar/geldwerten Vorteil für Referententätigkeit erhalten: nein; Bezahlter Berater/interner Schulungsreferent/Gehaltsempfänger: nein; Patent/Geschäftsanteile/Aktien (Autor/Partner, Ehepartner, Kinder) an Firma (Sponsor der Veranstaltung): nein; Patent/Geschäftsanteile/Aktien (Autor/Partner, Ehepartner, Kinder) an Firma (Nicht-Sponsor der Veranstaltung): nein.

Erklärung zu nichtfinanziellen Interessen

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

Korrespondenzadresse

Prof. Daniela Berritto

Department of Clinical and Experimental Medicine, University of Foggia
Via Antonio Gramsci 89
71100 Foggia
Italy
Tel.: +39/39 32 42 05 22
daniela.berritto@unifg.it

ous line with jagged margins, below which the presence of hypoechoic tissue is interposed between the epidermis and the underlying dermis.

On the other hand, in the case of lesions with hypodermic development, the hypoechoic infiltration of the lesion below the hyperechoic skin line is well evident, which is visible above the hypoechogenicity of the lesion itself. Thanks to US examination, the depth of the lesion and its diameter can be measured, and the margins of the lesion as well as any lymph node infiltrations can be evaluated.

In very small lesions contained in the subcutaneous tissue (flat lesions), the use of ultra-high-frequency allows evaluation of even millimeter-sized lesions, which appear as hypoechoic tissue with predominantly hyperechoic and well circumscribed margins.

Some factors should be considered as a possible cause of error in the measurement of tumor thickness with HFUS. The size of the tumor could be overestimated in the presence of inflammatory processes associated with cancer, or, prior to the examination procedure, in the case of hypertrophic perilesional glands and nevus-melanoma association. In contrast, the presence of ulceration may result in an underestimation of the tumor thickness.

Metastatic lesions should be examined at different frequencies since they could be visible with one particular frequency and completely invisible with another, depending on the site and size.

HFUS has better sensitivity and specificity than clinical examination in the detection of melanoma metastases in regional lymph nodes. On ultrasound, metastatic lymph nodes are round, with clear edges and a hypoechoic or echolucent center (necrosis), whereas reactive lymphadenopathy presents with an elliptical aspect with a hyperechoic center and central vascularization.

5. Conclusion

In conclusion, from our experience and the current literature, UHFUS has wide applicability in the study of melanocytic lesions. UHFUS is a noninvasive and repeatable imaging method, and a proper examination provides information on the possible role of UHFUS in the prevention, diagnosis, surgical planning, and follow-up of various pathological conditions. The literature on UHFUS is still evolving, but ultra-high frequencies appear to be the answer to several clinical problems related to the high-resolution investigation of both normal anatomy and pathological processes. Therefore, in melanomatous lesions, UHFUS represents a useful tool for dermatologists and provides good comparison with pathological anatomy.

Funding

“Program Valere” by University of Campania “Luigi Vanvitelli” (DR 05–04/01/2018)

Conflict of Interest

Declaration of financial interests

Receipt of research funding: no; receipt of payment/financial advantage for providing services as a lecturer: no; paid consultant/internal trainer/salaried employee: no; patent/business interest/shares (author/partner, spouse, children) in company: no; patent/business interest/shares (author/partner, spouse, children) in sponsor of this CME article or in company whose interests are affected by the CME article: no.

Declaration of non-financial interests

The authors declare that there is no conflict of interest.

Correspondence

Prof. Daniela Berritto

Department of Clinical and Experimental Medicine, University of Foggia
Via Antonio Gramsci 89
71100 Foggia
Italy
Tel.: +39/39 32 42 05 22
daniela.berritto@unifg.it

References

- [1] Albano D, Aringhieri G, Messina C et al. High-Frequency and Ultra-High Frequency Ultrasound: Musculoskeletal Imaging up to 70 MHz. *Seminars in Musculoskeletal Radiology* 2020; 24: 125–134. doi:10.1055/s-0039-3401042
- [2] Brown JM, Yablon CM, Morag Y et al. US of the Peripheral Nerves of the Upper Extremity: A Landmark Approach. *RadioGraphics* 2016; 36: 452–463. doi:10.1148/rg.2016150088
- [3] Albano D, Messina C, Usuelli FG et al. Magnetic resonance and ultrasound in achilles tendinopathy: Predictive role and response assessment to platelet-rich plasma and adipose-derived stromal vascular fraction injection. *European Journal of Radiology* 2017; 95: 130–135. doi:10.1016/j.ejrad.2017.08.006
- [4] Izzetti R, Vitali S, Aringhieri G et al. Ultra-High Frequency Ultrasound, A Promising Diagnostic Technique: Review of the Literature and Single-Center Experience. *Canadian Association of Radiologists Journal* 2020; 72: 418–431. doi:10.1177/0846537120940684
- [5] Pierfelice TJ, Gaiano N. Ultrasound-Guided Microinjection into the Mouse Forebrain In Utero at E9.5. *Journal of Visualized Experiments* 2010. doi:10.3791/2047
- [6] Foster FS, Hossack J, Adamson SL. Micro-ultrasound for preclinical imaging. *Interface Focus* 2011; 1: 576–601. doi:10.1098/rsfs.2011.0037
- [7] Vogt M, Knüttel A, Hoffmann K et al. Comparison of High Frequency Ultrasound and Optical Coherence Tomography as Modalities for High Resolution and Non Invasive Skin Imaging. Vergleich von hochfrequentem Ultraschall und optischer Kohärenztomographie als Modalitäten für die hochauflösende und nichtinvasive Abbildung der Haut. *Biomedizinische Technik/Biomedical Engineering* 2003; 48: 116–121. doi:10.1515/bmte.2003.48.5.116

- [8] Bobadilla F. Pre-surgical high resolution ultrasound of facial basal cell carcinoma: correlation with histology. *Cancer Imaging* 2008; 8: 163–172. doi:10.1102/1470-7330.2008.0026
- [9] Izzetti R, Vitali S, Aringhieri G et al. Discovering a new anatomy: exploration of oral mucosa with ultra-high frequency ultrasound. *Dentomaxillofacial Radiology* 2020; 49. doi:10.1259/dmfr.20190318
- [10] Izzetti R, Vitali S, Aringhieri G et al. The efficacy of Ultra-High Frequency Ultrasonography in the diagnosis of intraoral lesions. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology* 2020; 129: 401–410. doi:10.1016/j.oooo.2019.09.012
- [11] Izzetti R, Vitali S, Oranges T et al. Intraoral Ultra-High Frequency Ultrasound study of oral lichen planus: A pictorial review. *Skin Research and Technology* 2019; 26: 200–204. doi:10.1111/srt.12777
- [12] Izzetti R, Vitali S, Gabriele M et al. Feasibility of a combination of intraoral UHFUS and CBCT in the study of peri-implantitis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology* 2019; 127: e89–e94. doi:10.1016/j.oooo.2018.08.014
- [13] Visconti G, Bianchi A, Hayashi A et al. Ultra-high frequency ultrasound preoperative planning of the rerouting method for lymphaticovenular anastomosis in incisions devoid of vein. *Microsurgery* 2020; 40: 717–718. doi:10.1002/micr.30600
- [14] Hwang M, Piskunowicz M, Darge K. Advanced Ultrasound Techniques for Pediatric Imaging. *Pediatrics* 2019; 143. doi:10.1542/peds.2018-2609
- [15] Polańska A, Dańczak-Pazdrowska A, Jałowska M et al. Current applications of high-frequency ultrasonography in dermatology. *Advances in Dermatology and Allergology* 2017; 34: 535–542. doi:10.5114/ada.2017.72457
- [16] Berritto D, Iacobellis F, Rossi C et al. Ultra high-frequency ultrasound: New capabilities for nail anatomy exploration. *Journal of Dermatology* 2017; 44: 43–46. doi:10.1111/1346-8138.13495
- [17] Greco A, Mancini M, Gargiulo S et al. Ultrasound Biomicroscopy in Small Animal Research: Applications in Molecular and Preclinical Imaging. *Journal of Biomedicine and Biotechnology* 2012; 2012: 1–14. doi:10.1155/2012/519238
- [18] Aluja Jaramillo F, Quíasúa Mejía DC, Martínez Ordúz HM et al. Nail unit ultrasound: a complete guide of the nail diseases. *Journal of Ultrasound* 2017; 20: 181–192. doi:10.1007/s40477-017-0253-6
- [19] Wortsman X, Carreño L, Ferreira Wortsman C et al. Ultrasound Characteristics of the Hair Follicles and Tracts, Sebaceous Glands, Montgomery Glands, Apocrine Glands, and Arrector Pili Muscles. *Journal of Ultrasound in Medicine* 2018; 38: 1995–2004. doi:10.1002/jum.14888
- [20] Cannaò PM, Vinci V, Caviggioli F et al. Technical feasibility of real-time elastography to assess the peri-oral region in patients affected by systemic sclerosis. *Journal of Ultrasound* 2014; 17: 265–269. doi:10.1007/s40477-014-0119-0
- [21] Ionescu R, Rednic S, Damjanov N et al. Repeated teaching courses of the modified Rodnan skin score in systemic sclerosis. *Clin Exp Rheumatol* 2010; 28: S37–S41
- [22] Firooz A, Rajabi-Estarabadi A, Zartab H et al. The influence of gender and age on the thickness and echo-density of skin. *Skin Research and Technology* 2017; 23: 13–20. doi:10.1111/srt.12294
- [23] Chao CYL, Zheng Y-P, Cheing GLY. Epidermal Thickness and Biomechanical Properties of Plantar Tissues in Diabetic Foot. *Ultrasound in Medicine & Biology* 2011; 37: 1029–1038. doi:10.1016/j.ultrasmedbio.2011.04.004
- [24] Tognetti L, Cinotti E, Perrot J-L et al. Preliminary experience of the use of high-resolution skin ultrasound for the evaluation of extrathyroidal manifestations of Graves' disease and response to UVA-1 phototherapy. *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine* 2019; 35: 129–131. doi:10.1111/phpp.12442
- [25] Chen H-C, Kadono T, Mimura Y et al. High-Frequency Ultrasound as a Useful Device in the Preliminary Differentiation of Lichen Sclerosus et Atrophicus from Morphea. *The Journal of Dermatology* 2004; 31: 556–559. doi:10.1111/j.1346-8138.2004.tb00554.x
- [26] Murray A, Moore T, Manning J et al. Non-invasive Imaging of Localised Scleroderma for Assessment of Skin Blood Flow and Structure. *Acta Dermato Venereologica* 2016; 96: 641–644. doi:10.2340/00015555-2328
- [27] Oranges T, Vitali S, Benincasa B et al. Advanced evaluation of hidradenitis suppurativa with ultra-high frequency ultrasound: A promising tool for the diagnosis and monitoring of disease progression. *Skin Research and Technology* 2019; 26: 513–519. doi:10.1111/srt.12823
- [28] Guérin-Moreau M, Leftheriotis G, Le Corre Y et al. High-frequency (20–50 MHz) ultrasonography of pseudoxanthoma elasticum skin lesions. *British Journal of Dermatology* 2013; 169: 1233–1239. doi:10.1111/bjd.12545
- [29] Nassiri-Kashani M, Sadr B, Fanian F et al. Pre-operative assessment of basal cell carcinoma dimensions using high frequency ultrasonography and its correlation with histopathology. *Skin Research and Technology* 2013; 19: e132–e138. doi:10.1111/j.1600-0846.2012.00619.x
- [30] Rohrbach DJ, Muffoletto D, Huihui J et al. Preoperative Mapping of Nonmelanoma Skin Cancer Using Spatial Frequency Domain and Ultrasound Imaging. *Academic Radiology* 2014; 21: 263–270. doi:10.1016/j.acra.2013.11.013
- [31] Sica A, Vitiello P, Caccavale S et al. Primary Cutaneous DLBCL Non-GCB Type: Challenges of a Rare Case. *Open Med (Wars)* 2020; 15: 119–125. doi:10.1515/med-2020-0018
- [32] Hayashi K, Okuyama R, Uhara H. Water-based correction fluid is a useful skin marker for determination of the tumor margin of basal cell carcinoma under high-frequency ultrasound. *The Journal of Dermatology* 2016; 43: 823–825. doi:10.1111/1346-8138.13260
- [33] Bard RL. High-Frequency Ultrasound Examination in the Diagnosis of Skin Cancer. *Dermatol Clin* 2017; 35: 505–511. doi:10.1016/j.det.2017.06.011
- [34] Belfiore MP, Reginelli A, Russo A et al. Usefulness of High-Frequency Ultrasonography in the Diagnosis of Melanoma: Mini Review. *Front Oncol* 2021; 11: 673026. doi:10.3389/fonc.2021.673026
- [35] Brancaccio G, Napolitano S, Troiani T et al. Eighth American Joint Committee on Cancer (AJCC) melanoma classification: what about stage IIC? *Br J Dermatol* 2018; 179: 1422–1423. doi:10.1111/bjd.17145
- [36] Reginelli A, Belfiore MP, Russo A et al. A Preliminary Study for Quantitative Assessment with HFUS (High-Frequency Ultrasound) of Nodular Skin Melanoma Breslow Thickness in Adults Before Surgery: Interdisciplinary Team Experience. *Curr Radiopharm* 2020; 13: 48–55. doi:10.2174/1874471012666191007121626

CME-Questions

Question 1

Ultra-high-frequency ultrasound equipment allows visualization of skin layers thanks to:

- A Probes with frequency of 15–20 MHz or higher
- B Only probes with frequency of 100 MHz
- C Only probes with frequency of 50 MHz
- D Only probes with frequency of 30 MHz
- E Only probes with frequency of 70 MHz

Question 2

The Breslow Index corresponds to:

- A The degree of vertical growth of the lesion
- B The degree of horizontal growth of the lesion
- C The degree of lesion vascularization
- D Morphologic index of the lesion
- E Morphologic and vascular index of the lesion

Question 3

Melanocytic lesions present the following echo-structure

- A Inhomogeneous iso-hypoechoogenic
- B Hyper-echoogenic with posterior shadow cone
- C Hypo-echoogenic with necrotic core
- D Hypo-echoogenic with internal calcifications
- E Hyper-echoogenic with internal calcifications

Question 4

Ultra-high-frequency ultrasound allows examination of the following structures:

- A Skin, pilifer follicle, and nail complex
- B Skin
- C Nail complex
- D Liver
- E Abdominal organs

Question 5

Satellite lesions present the following characteristics:

- A Hypo-echogenicity, round or oval shape, lobulated margins, variable degree of vascularization
- B Hyper-echogenicity, oval shape, smooth margins, normal vascularization
- C Iso-echogenicity, oval shape, smooth margins, no vascularization
- D Iso-echogenicity, oval shape, smooth margins, increased vascularization
- E Hyper-echogenicity, round shape, regular margins, increased vascularization

Question 6

Thanks to the use of UHFUS probes, it is possible to study:

- A Cutaneous and subcutaneous layers
- B Cutaneous, subcutaneous, and subfascial layers
- C Cutaneous layer, subcutaneous layer, and deep lymph nodes
- D Cutaneous layer, subcutaneous layer, and the pathway of deep nerves
- E Muscles, deep fascia, and entheses

Question 7

UHFUS with frequency probes up to 70 MHz:

- A Makes it possible to achieve a resolution of 30 μm
- B Makes it possible to achieve a resolution of 10 μm
- C Makes it possible to achieve a resolution of 20 μm
- D Makes it possible to achieve a resolution of 5 μm
- E Makes it possible to achieve a resolution of 15 μm

Question 8

UHFUS with frequency probes up to 70 MHz:

- A Provides imaging details of the first 10 mm below the scanning surface.
- B Provides imaging details of the first 10 cm below the scanning surface.
- C Provides imaging details of the deep body structures.
- D Provides imaging details of the first 2 μm below the scanning surface.
- E Provides imaging details of the first 30 μm below the scanning surface.

► Additional questions on the next page...

CME Questions

Continuation ...

Question 9

UHFUS with frequency probes up to 70 MHz:

- A Is not dependent on the operator
- B Is less sensitive to the examiner's hand movements compared to conventional US
- C Is extremely sensitive to the examiner's hand movements compared to conventional US
- D Is not dependent on the operator but is sensitive to the examiner's hand movements
- E Is dependent on the operator but is not sensitive to the examiner's hand movements

Question 10

In the case of melanoma complicated by ulcerations, UHFUS can be used to demonstrate:

- A Irregular and discontinuous epidermis with increased echogenicity of surrounding subcutaneous tissue
- B Regular and hyperechoic epidermis
- C Homogeneous epidermis with increased vascularization
- D In the case of ulcerations US imaging is not performed
- E Epidermis results are regular and continuous while below the epidermis appears hyperechoic because of a phlogistic phenomenon

Punkte sammeln auf CME.thieme.de



Diese Fortbildungseinheit ist in der Regel 12 Monate online für die Teilnahme verfügbar. Unter <https://eref.thieme.de/CXLG6MI> oder über den QR-Code kommen Sie direkt zur Startseite des Wissenstests und zum Artikel. Sie finden dort auch den genauen Einsendeschluss. Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, finden Sie unter <https://cme.thieme.de/hilfe> eine ausführliche Anleitung.

Wir wünschen viel Erfolg beim Beantworten der Fragen!

VNR 2760512023163515802



Frage 1

Ultrahochfrequenz-Ultraschallgeräte ermöglichen die Visualisierung von Hautschichten

- A durch Sonden mit einer Frequenz von 15–20 MHz oder höher.
- B nur durch Sonden mit einer Frequenz von 100 MHz.
- C nur durch Sonden mit einer Frequenz von 50 MHz.
- D nur durch Sonden mit einer Frequenz von 30 MHz.
- E nur durch Sonden mit einer Frequenz von 70 MHz.

Frage 2

Der Breslow-Index entspricht dem

- A Grad des vertikalen Wachstums der Läsion.
- B Grad des horizontalen Wachstums der Läsion.
- C Grad der Vaskularisierung der Läsion.
- D morphologischen Index der Läsion.
- E morphologischen und vaskulären Index der Läsion.

Frage 3

Melanozytäre Läsionen weisen folgende Echo-Strukturen auf:

- A Inhomogen isohypoechoogen
- B Hyperechoogen mit posteriorem Schattenkegel
- C Hypoechoogen mit nekrotischem Kern
- D Hypoechoogen mit internen Verkalkungen
- E Hyperechoogen mit internen Verkalkungen

Frage 4

Mit dem Ultrahochfrequenz-Ultraschall lassen sich folgende Strukturen untersuchen:

- A Haut, Haarfollikel und Nagelkomplex
- B Haut
- C Nagelkomplex
- D Leber
- E Bauchorgane

Frage 5

Satellitenläsionen weisen die folgenden Merkmale auf:

- A Hypoechoogenität, runde oder ovale Form, gelappte Ränder, unterschiedlicher Grad der Vaskularisierung
- B Hyperechoogenität, ovale Form, glatte Ränder, normale Vaskularisierung
- C Isoechoogenität, ovale Form, glatte Ränder, keine Vaskularisierung
- D Isoechoogenität, ovale Form, glatte Ränder, verstärkte Vaskularisierung
- E Hyperechoogenität, runde Form, regelmäßige Ränder, verstärkte Vaskularisierung

Frage 6

Dank der Verwendung von UHFUS-Sonden ist die Untersuchung folgender Strukturen möglich:

- A Kutane und subkutane Schichten
- B Kutane, subkutane und subfasziale Schichten
- C Kutane Schicht, subkutane Schicht und tiefe Lymphknoten
- D Kutane Schicht, subkutane Schicht und der Verlauf der tiefen Nerven
- E Muskeln, tiefe Faszien und Entesen

Frage 7

Der UHFUS mit Frequenzsonden bis zu 70 MHz

- A ermöglicht eine Auflösung von 30µm.
- B ermöglicht eine Auflösung von 10µm.
- C ermöglicht eine Auflösung von 20µm.
- D ermöglicht eine Auflösung von 5µm.
- E ermöglicht eine Auflösung von 15µm.

► Weitere Fragen auf der folgenden Seite...

Frage 8

Der UHFUS mit Frequenzsonden bis zu 70 MHz

- A liefert Bildgebungsdetails der ersten 10 mm unterhalb der Scanoberfläche.
- B liefert Bildgebungsdetails der ersten 10 cm unter der Scanoberfläche.
- C liefert Bildgebungsdetails der tiefen Körperstrukturen.
- D zeigt Bildgebungsdetails der ersten 2 μm unterhalb der Scanoberfläche.
- E liefert Bildgebungsdetails der ersten 30 μm unterhalb der Scanoberfläche.

Frage 9

Der UHFUS mit Frequenzsonden bis zu 70 MHz

- A ist nicht vom Bediener abhängig.
- B reagiert im Vergleich zum konventionellen US weniger empfindlich auf Handbewegungen des Untersuchers.
- C reagiert im Vergleich zum konventionellen US extrem empfindlich auf die Handbewegungen des Untersuchers.
- D ist nicht vom Bediener abhängig, reagiert aber empfindlich auf die Handbewegungen des Untersuchers.
- E ist vom Bediener abhängig, reagiert aber nicht empfindlich auf die Handbewegungen des Untersuchers.

Frage 10

Bei einem Melanom mit Ulzeration kann man mittels UHFUS folgendes nachweisen:

- A Unregelmäßige und diskontinuierliche Epidermis mit erhöhter Echogenität des umgebenden subkutanen Gewebes
- B Regelmäßige und hyperechoische Epidermis
- C Homogene Epidermis mit erhöhter Vaskularisierung
- D Bei Ulzerationen wird keine US-Bildgebung durchgeführt.
- E Die Epidermis ist gleichmäßig und durchgängig, während die darunter liegende Epidermis aufgrund eines phlogistischen Phänomens hyperechoisch erscheint.

Continuing Medical Education (CME) – important note for readers outside Austria, Germany and Switzerland

At present, certification of the Continuing Medical Education features in Ultraschall in der Medizin/European Journal of Ultrasound (UIM/EJU) is officially recognised by the German and Austrian medical associations and by the Swiss Ultrasound Society. Participants residing in other countries may please address their national medical association or their national specialist society for recognition of their CME scores.

Participation is possible via internet under <http://cme.thieme.com>. For one Continuing Medical Education unit you will be credited with 3 score points. To be awarded this score, 70% of the questions must have been answered correctly. The CME unit in the present issue is available online for 12 months for CME participation.

CME participation for this article can be done online under <http://cme.thieme.com>.

CME-Fortbildung mit Ultraschall in der Medizin

Für Teilnehmer in Deutschland

Die Fortbildung in Ultraschall in der Medizin wurde von der Nordrheinischen Akademie für Ärztliche Fort- und Weiterbildung für das Fortbildungszertifikat anerkannt, das heißt, die Vergabe der Punkte kann direkt durch die Thieme Verlagsgruppe erfolgen. Die Fortbildung in Ultraschall in der Medizin gehört zur Kategorie „strukturierte interaktive Fortbildung“. Entsprechend einer Absprache der Ärztekammern werden die von der Nordrheinischen Akademie für Ärztliche Fort- und Weiterbildung anerkannten Fortbildungsveranstaltungen auch von den anderen zertifizierenden Ärztekammern anerkannt.

Für Teilnehmer in Österreich

Die Fortbildungspunkte der Ultraschall in der Medizin werden gemäß der Novellierung der DFP-

Richtlinien vom 23.6.2005 (§26 Abs. 3) auch von den österreichischen Ärztekammern anerkannt.

Für Teilnehmer in der Schweiz

Die Fortbildungspunkte der Ultraschall in der Medizin werden gemäß der Richtlinien der SGUM im Rahmen der 15 Credits für das Selbststudium anerkannt. Die Kontrolle der Fortbildung durch die SGUM/SSUM erfolgt im Auftrag der FMH (Federation Medicorum Helveticorum) im Rahmen der Fortbildungsordnung.

Datenschutz

Ihre Daten werden ausschließlich für die Bearbeitung dieser Fortbildungseinheit verwendet. Es erfolgt keine Speicherung der Ergebnisse über die für die Bearbeitung der Fortbildungseinheit notwendige Zeit hinaus. Die Daten werden nach Versand der Testate anonymisiert. Namens- und Adressangaben dienen nur dem Versand der Testate. Die Angaben zur Person dienen nur statistischen Zwecken und werden von den Adressangaben getrennt and anonymisiert verarbeitet.

Teilnahme

Jede Ärztin und jeder Arzt soll das Fortbildungszertifikat erlangen können. Deshalb ist die Teilnahme am CME-Programm von Ultraschall in der Medizin nicht an ein Abonnement geknüpft! Die Teilnahme ist im Internet unter <http://cme.thieme.de> möglich. Im Internet muss man sich registrieren, wobei die Teilnahme an Fortbildungen abonnierter Zeitschriften ohne Zusatzkosten möglich ist. Die Fortbildungseinheit in diesem Heft ist 12 Monate online für eine CME-Teilnahme verfügbar.

Teilnahmebedingungen

Für eine Fortbildungseinheit erhalten Sie 3 Fortbildungspunkte im Rahmen des Fortbildungszertifikats. Hierfür müssen 70% der Fragen richtig beantwortet sein.

CME-Fortbildung für Nicht-Abonnenten

Teilnehmer, die nicht Abonnenten von Ultraschall in der Medizin sind, können für die Internet-Teilnahme dort direkt ein Guthaben einrichten, von dem pro Teilnahme ein Unkostenbeitrag abgebucht wird.

Die CME-Teilnahme für diesen Beitrag ist online möglich unter <http://cme.thieme.de>.

CME.thieme.de

CME-Teilnahme

- ▶ Viel Erfolg bei Ihrer CME-Teilnahme unter <http://cme.thieme.de>
- ▶ Diese Fortbildungseinheit ist 12 Monate online für eine CME-Teilnahme verfügbar.
- ▶ Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, unter <http://cme.thieme.de/hilfe> finden Sie eine ausführliche Anleitung.