

Ultraschall Emissionen: Thermische (TI) und mechanische (MI) Indizes



Autoren

C. Kollmann¹, G. ter Haar², L. Doležal³, M. Hennerici⁴, K. Å. Salvesen⁵, L. Valentin⁶

Institute

Die Institutsangaben sind am Ende des Beitrags gelistet.

VNR 2760512013141213240

eingereicht 16.5.2012

akzeptiert 21.4.2013

Bibliografie

DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1335843>
 Published online: 16.7.2013
 Ultraschall in Med 2013; 34: 422–434 © Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York · ISSN 0172-4614

Korrespondenzadresse

Prof. Christian Kollmann
 Center for Medical Physics & Biomedical Engineering,
 Medical University Vienna
 Waehringer Gürtel 18–20
 AKH Wien E 4L
 1090 Wien
 Österreich
 Tel.: ++43/1/4 04 00 7 37 30
 Fax: ++43/1/4 04 00 39 88
christian.kollmann@meduniwien.ac.at

Fortbildungsziele



- ▶ Kenntnis des allgemeinen Expositionsprinzips und dessen Anwendung
- ▶ Erkennen der Grenzen des Konzepts und dessen Kehrseiten
- ▶ Kenntnis der damit verbundenen Konsequenzen für die Sicherheit
- ▶ Kenntnis der Grenzwerte für TI/MI, die einen Handlungsbedarf nach sich ziehen

Grundlegende Terminologie



ALARA – As Low As Reasonably Achievable – so niedrig wie vernünftigerweise erreichbar

Ein Prinzip, das möglichst immer angewandt werden sollte. Ziel ist der Einsatz der niedrigsten Geräteeinstellungen, die noch dazu dienen, die geforderte diagnostische Information bei einer sonografischen Untersuchung zu erhalten, um dadurch die Ultraschallexposition eines Patienten gering zu halten.

FDA – U. S. Food and Drug Administration
 Amerikanische Behörde, die für den Schutz der öffentlichen Gesundheit verantwortlich ist, indem sie die Sicherheit und Wirksamkeit von Human- und Tierarzneimitteln, biologischen Produkten, Medizinprodukten, Lebensmitteln, Kosmetikartikeln und strahlenemittierenden Geräten sichert.

MI – Mechanischer Index

Eine dimensionslose Größe, die online berechnet wird, um das Gefahrenpotenzial der mechanischen Ursachen in Zusammenhang mit dem Ultraschallfeld grob abzuschätzen. Dieser Index ist von den jeweiligen Geräteeinstellungen abhängig und lässt auf die nicht thermischen biologischen Wirkungen schließen.

ODS – Output Display Standard

Ein amerikanischer Standard, der die Berechnung und Darstellung von TI und MI beschreibt.

TI – Thermischer Index

Eine dimensionslose Größe, die online berechnet wird, um das Gefahrenpotenzial der thermischen Ursachen in Zusammenhang mit dem Ultraschallfeld grob abzuschätzen. Dieser Index ist von den jeweiligen Geräteeinstellungen abhängig und zeigt einen möglichen Temperaturanstieg an. Ein höherer TI bedeutet, dass der Temperaturanstieg größer sein kann als bei niedrigerem TI. Je nach Gewebeverhältnis, das in der Anwendung untersucht wird, werden 3 verschiedene Indizes definiert:

TIS – Thermischer Index für Weichgewebe

TIB – Thermischer Index für Knochen im Fokus

TIC – Thermischer Index für kraniale Anwendungen

Einleitung



Die Exposition von Geweben durch Ultraschall steht in Zusammenhang mit 2 biophysikalischen Mechanismen, die biologische Veränderungen hervorrufen: thermische und mechanische Mechanismen. Beide Wechselwirkungen hängen von der Gerätekonfiguration ab und bestimmen die Sicherheit einer Ultraschallexposition. Das „American Institute for Ultrasound in Medicine“ (AIUM) und die „National Electrical Manufacturers Association“ (NEMA) haben 1991 ein Schema eingeführt, das den Nutzer über die Exposition bei jeder Untersuchung informiert [1]. Dieser Standard, dessen Abkürzung als ODS – „Output Display Standard“ bekannt ist, gibt die Gleichungen zur Berechnung der thermischen (TI) und mechanischen (MI) Indizes an, die mit der sonografischen Untersuchung verbunden sind. Der internationale Standard IEC 62 359 (Ed. 2) vereinigt die Konzepte des ODS und erklärt die Grundprinzipien und die Herleitung der Gleichungen im Detail. Der Benutzer erhält diese Informationen aktuell mittels optischer Anzeige immer, wenn die Untersuchungseinstellungen verändert werden [1, 2].

Ultrasound Output: Thermal (TI) and Mechanical (MI) Indices



Educational objectives



- ▶ to know the general exposure concept and its application
- ▶ to recognize the concept's limitations and drawbacks
- ▶ to get to know related safety implications
- ▶ to be familiar with TI/MI limits that require user action during scanning

Basic Terminology



ALARA – As Low As Reasonably Achievable

A principle that should be followed whenever possible. The aim is to use the lowest machine settings that are compatible with obtaining the required diagnostic information during an ultrasound investigation, and thus to reduce the patient's exposure to ultrasound.

FDA – U. S. Food and Drug Administration

American agency that is responsible for protecting public health by assuring the safety, efficacy and security of human and veterinary drugs, biological products, medical devices, the nation's food supply, cosmetics, and products that emit radiation.

MI – Mechanical Index

A unitless parameter that is calculated online to give a rough estimate of the risk, from mechanical causes, associated with the ultrasound beam. This is dependent on the actual settings of the device and is indicative of non-thermal bio-effects.

ODS – Output Display Standard

An American Standard that describes the calculation and display of TI and MI.

TI – Thermal Index

A unitless parameter that is calculated online to give a rough estimate of the risk, from thermal causes, associated with the ultrasound beam. This is dependent on the actual settings of the device and is indicative for the potential for a temperature rise. A higher TI means that the temperatu-

re rise might be greater than at a lower TI. Depending on the tissue path for the application, 3 different indices are defined:

TIS – Thermal Index for soft tissue

TIB – Thermal Index with bone near the focus

TIC – Thermal Index for cranial applications

Introduction



The exposure of tissue to ultrasound is associated with two biophysical mechanisms for producing biological change: thermal and mechanical. Both interaction mechanisms depend on the configuration of the device, and determine the safety of an ultrasound exposure. A scheme that helps to inform the user about the exposure being used during any examination was introduced by the American Institute for Ultrasound in Medicine (AIUM) and National Electrical Manufacturers Association (NEMA) in 1991 [1]. This standard known by the shortened name of "Output Display Standard – ODS" gives equations for calculating a thermal index (TI) and a mechanical index (MI) associated with an ultrasound scan. The international standard IEC 62 359 (Ed. 2) incorporates the ideas of the ODS and explains the rationale and derivation of the equations in detail. The user is updated with this information using a visual display whenever the scan settings are changed [1, 2].

Regulations controlling the sale of equipment throughout the world make reference to the ODS, and hence to the thermal and mechanical indices. Manufacturers wishing to sell equipment in the US, as well as in Europe, now must design equipment with a visual MI and/or TI display (▶ Fig. 1), and it is these indices that give users of ultrasound equipment initial information with which to judge its safe use. The validity of the assumptions underlying the calculations used for TI and MI, which have their limitations, has still not

VNR 2760512013142120055

Tab. 1 Maximale akustische Emissionswerte gemäß ODS/FDA für verschiedene Applikationen.

Anwendung	nicht ODS-konform (Track 1)	ODS-konform (Track 3)
	$I_{SPTA,3}$ (mW/cm ²)	$I_{SPTA,3}$ (mW/cm ²)
periphere Gefäße	720	720
Herz	430	720
fetale Bildgebung & andere ¹	94	720
Augen	17	50

$I_{SPTA,3}$: „spatial-peak temporal-average intensity“ (örtlicher Spitzenwert der zeitlich gemittelten Intensität) reduziert um den Dämpfungskoeffizienten (0,3 dB cm⁻¹ MHz⁻¹) in Bezug auf Weichgewebe. Diese Intensität ist der Maximalwert der zeitlich gemittelten Intensität in einem akustischen Feld oder einer bestimmten Ebene.

¹ Abdominal, intraoperativ, pädiatrisch, kleine Organe (Brust, Schilddrüse, Hoden usw.), Gehirn des Neugeborenen und Erwachsenen.

Die Regelungen, die weltweit den Verkauf von Geräten kontrollieren, orientieren sich am ODS und an den thermischen und mechanischen Indizes. Hersteller, die ihre Ausstattung in den USA sowie in Europa verkaufen möchten, müssen jetzt Geräte mit optischer Anzeige von MI und/oder TI konzipieren (► **Abb. 1**), und es sind diese Indizes, die dem Benutzer der Ultraschallapparatur die Erstinformation liefern, mit der die Gebrauchssicherheit bewertet werden kann. Es ist noch nicht ausreichend untersucht, welche Wertigkeit die der Be-

rechnung von TI und MI zugrunde liegenden begrenzten Annahmen haben [3]. Dennoch stellen TI und MI einen ersten Schritt dar, um den Anwender über Sicherheitsaspekte zu informieren.

Je nach Entscheidung des Herstellers, inwieweit dessen Ultraschallsysteme mit dem ODS übereinstimmen oder nicht, hat die FDA zweigleisige Auflagen in Bezug auf die maximalen Emissionsleistungen herausgegeben (► **Tab. 1**). Track 1 betrifft Systeme, die nicht mit dem ODS übereinstimmen, während die Empfehlungen von Track 3 für ODS-konforme Systeme gelten. Ein Hauptmerkmal des ODS liegt darin, dass die Verantwortlichkeit für die Sicherheit seit jeher beim Anwender liegt und seit Beginn der ODS-Einführung die Obergrenzen der Emissionskraft für fast alle Anwendungen deutlich erhöht wurden. Nur in der Ophthalmologie sind die Werte aufgrund der geringeren Durchblutung des Auges niedriger.

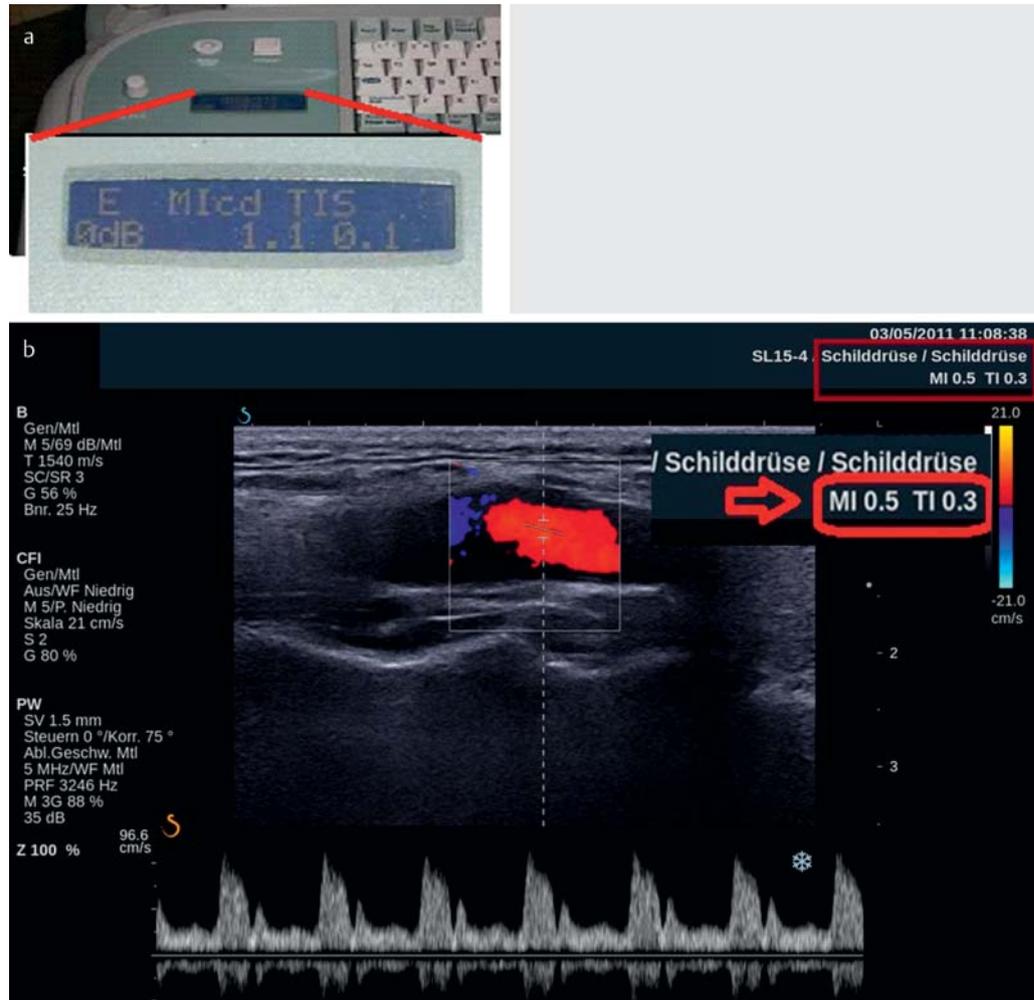
Wissenschaftliche Grundlagen

Der mechanische Index – MI

Die Berechnung des mechanischen Indexes nutzt den gemessenen Spitzenwert des Unterdrucks p_r in Megapascal (Mpa), wobei der „gedämpfte“

Abb. 1 TI-/MI-Indizes werden in Echtzeit auf dem Monitor/der Konsole (oben) oder im Ultraschallbild (unten) angezeigt.

Fig. 1 TI/MI index values are displayed in real-time on the screen/console (above) and/or ultrasound image (below) depending on the mode used.



been fully explored [3]. However, the TI and MI indices represent an initial step towards informing the user about safety issues.

Depending on the manufacturer's decision whether diagnostic ultrasound systems are compliant with the ODS, the FDA gave two-track restrictions for the maximum output intensity (► **Table 1**). Track 1 is valid for systems that do not follow the ODS, while track 2 recommendations are for systems compliant with the ODS. A major feature of the ODS is that the responsibility for safety is transferred to the user since, at the time of its introduction, the upper limits on output power were significantly increased for most applications. Only the ophthalmic levels are lower because of the low blood perfusion of the eye.

Basic science

The mechanical index – MI

The mechanical index calculation uses the measured peak-rarefactional pressure p_r in megapascal (Mpa), where the “attenuated” peak-rarefactional acoustic pressure ($p_{r\alpha}(z_{MI})$) at the depth z_{MI} is derived from a measurement in water under laboratory conditions, and assuming a coefficient to account for ultrasonic attenuation by tissue in the beam path:

$$MI = \frac{p_{r\alpha}(z_{MI})}{C_{MI} \sqrt{f_{awf}}}$$

where f_{awf} is the acoustic working frequency in MHz and C_{MI} is a normalizing coefficient (1MPa MHz^{-1/2}).

MI is unitless, and has a maximum allowable value of 1.9 as defined by the ODS [1, 2]. Increased pulse amplitudes result in proportionately higher MI values.

Acoustic cavitation is the formation and activity of small (micron-sized) gas bubbles in an ultrasound field. There are two types of cavitation: inertial (previously called transient) with changes in volume of the bubbles and eventual collapse and non-inertial (also named stable) with oscillations of the bubbles but no change in volume.

The bubbles oscillate and collapse in response to the ultrasound pressure wave, creating localized streaming, pressures changes or further secondary effects (e.g. adiabatic reactions). The rationale for using the MI relies on the fact that there is a threshold acoustic pressure needed to cause cavitation, and hence potential damage. In order to try to relate the mechanical index to what might happen in vivo, the pressure measured in water is reduced by two factors which increase with both ultrasonic frequency and depth:

- The first is the “attenuation” factor, which gives an estimate of the acoustic pressure within the tissue, assuming a simple tissue model (a process called derating). In general an acoustic at-

Table 1 Maximum acoustic output exposure levels according to ODS/FDA for applications.

use	not compliant with ODS (track 1) ISPTA.3 (mW/cm ²)	compliant with ODS (track 3) ISPTA.3 (mW/cm ²)
peripheral vessel	720	720
cardiac	430	720
fetal imaging & other ¹	94	720
ophthalmic	17	50

ISpta.3: spatial-peak temporal-average intensity reduced by an attenuation coefficient (0.3 dB cm⁻¹ MHz⁻¹) corresponding to soft tissue. This intensity is the maximum value of the temporal-average intensity in an acoustic field or in a specified plane

¹ Abdominal, intraoperative, pediatric, small organs (breast, thyroid, testes etc.), neonatal brain, adult brain

tenuation coefficient α of 0.3 dB cm⁻¹ MHz⁻¹ is chosen as a compromise.

- The second is a frequency dependence of $1/\sqrt{\text{frequency}}$. This factor is a conservative estimate, intended to compensate for the increase in the cavitation threshold with frequency, although underlying evidence for this dependence in tissue is still sparse.

The thermal index – TI

The thermal index values are intended to give a rough guide to the user about the probable maximum temperature rise during ultrasonic exposure at the particular settings in use.

The method of determination of the thermal index depends on the tissue model for different exposure conditions (TIS, TIB or TIC). In general, the thermal indices are steady state estimates based on the acoustic output power required to heat a particular target tissue, calculated as the ratio of the attenuated acoustic power at a specified point (P) to the attenuated acoustic power required to raise the temperature at that point by 1 °C (P_{deg}), and using a homogeneous tissue 0.3 dB cm⁻¹ MHz⁻¹ attenuation model:

$$TI = \frac{P}{P_{deg}}$$

The TI has thus been deliberately defined to be without units and has a maximum allowed value of 6 [2, 4, 5]. The equations have evolved from calculations giving estimates of worst-case average values and should not be interpreted as the numerical value of heating in degrees Centigrade within insonated tissues.

Tissue models for calculating TI values

The models used for predicting temperature rise are more varied than those for the mechanical index (MI).

Three thermal index categories are used (► **Table 2**) and depend on different tissue models. The largest value calculated is displayed.

In each case the category used takes account of the three main factors which control heating:

- The potential of the beam to heat tissue depends on the total acoustic output power,



Spitzenwert des Unterdrucks ($p_{\text{rx}}[z_{\text{MI}}]$) in der Tiefe z_{MI} aus der Messung in Wasser unter Laborbedingungen abgeleitet wurde, und einen Koeffizienten, der die Ultraschalldämpfung durch Gewebe im Strahlenfeld berücksichtigt, angenommen wurde:

$$MI = \frac{P_{\text{rx}}(z_{\text{MI}})}{C_{\text{MI}} \sqrt{f_{\text{awf}}}}$$

wobei f_{awf} die akustische Arbeitsfrequenz in MHz und C_{MI} ein Normalisierungs-Koeffizient (1MPa MHz^{-1/2}) ist.

Der MI ist eine dimensionslose Größe und hat nach ODS-Definition einen maximal erlaubten Höchstwert von 1,9 [1, 2]. Erhöhte Pulsamplituden führen zu proportional höheren MI-Werten. Unter akustischer Kavitation versteht man die Ausbildung und Aktivität von kleinen (Mikrometer großen) Gasbläschen in einem Ultraschallfeld. Es gibt 2 Arten der Kavitation: Die träge (zuvor transient genannte) Kavitation mit Veränderungen des Bläschen Volumens und letztendlichem Kollaps und die nicht träge (auch stabil genannte) Kavitation mit Oszillationen der Bläschen ohne Volumenänderung. Als Reaktion auf die Ultraschalldruckwelle oszillieren und kollabieren die Bläschen und verursachen eine lokale Strömung, Druckänderungen und weitere Sekundäreffekte (z. B. adiabatische Reaktionen). Die Begründung für die Anwendung des MI beruht auf der Tatsache, dass eine Schalldruckschwelle nötig ist, um die Kavitation und somit einen möglichen Schaden hervorzurufen. Um den mechanischen Index mit dem möglichen In-vivo-Geschehen in Bezug zu setzen, wird der in Wasser gemessene Druck um 2 Faktoren reduziert, die sowohl mit der Schallfrequenz als auch mit der Tiefe zunehmen:

- ▶ Der erste Faktor ist der „Dämpfungsfaktor“, der eine Abschätzung über den Schalldruck innerhalb eines Gewebes gibt, indem ein einfaches Gewebemodell angenommen wird (ein Vorgang, der Derating genannt wird). Im Allgemeinen wird ein akustischer Dämpfungskoeffizient α von 0,3 dBcm⁻¹MHz⁻¹ als Kompromiss gewählt.
- ▶ Der zweite Faktor ist die Frequenzabhängigkeit $1/\sqrt{\text{frequency}}$. Dieser Faktor ist eine konservative Annahme mit dem Ziel, die Erhöhung der Kavitationsschwelle durch die Frequenz zu kompensieren, obwohl es kaum zugrunde liegende Beweise für eine derartige Abhängigkeit im Gewebe gibt.

Der thermische Index – TI

Die thermischen Indexwerte sollen dem Anwender als grobe Orientierungshilfe dienen in Bezug auf den möglichen maximalen Temperaturanstieg bei der Ultraschallexposition in der jeweiligen Benutzereinstellung.

Die Methode für die Bestimmung des thermischen Indexes hängt vom Gewebemodell bei ver-

schiedenen Expositionsbedingungen (TIS, TIB oder TIC) ab. Im Allgemeinen sind die thermischen Indizes Abschätzungen des Steady State, die auf der akustischen Emissionsleistung basieren, die nötig ist, um ein bestimmtes Zielgewebe aufzuheizen. Sie werden berechnet als das Verhältnis von gedämpfter Schallleistung zu einem speziellen Punkt (P) zur gedämpften Schallleistung, die für eine Temperaturerhöhung um 1° Celsius (P_{deg}) erforderlich ist und die dafür ein homogenes 0,3 dB cm⁻¹ MHz⁻¹ Gewebe-Dämpfungsmodell verwendet:

$$TI = \frac{P}{P_{\text{deg}}}$$

Der TI wurde bewusst als dimensionslose Größe definiert und hat einen maximal zulässigen Wert von 6 [2, 4, 5]. Die Gleichungen haben sich aus Berechnungen entwickelt, welche die „Worst case“-Durchschnittswerte abschätzen und sollten nicht als numerischer Wert der Erhitzung in Grad Celsius innerhalb eines beschallten Gewebes interpretiert werden.

Gewebemodelle für die Berechnung von TI-Werten

Die Modelle für die Vorhersage von Temperaturanstiegen sind vielfältiger als die für den mechanischen Index (MI).

Es werden 3 Arten von thermischen Indizes verwendet (► Tab. 2) und hängen von den verschiedenen Gewebemodellen ab. Der berechnete Höchstwert wird dargestellt.

In jedem Fall berücksichtigt die jeweilige Kategorie die 3 Hauptfaktoren, die die Erwärmung kontrollieren:

- ▶ Die Fähigkeit des Schallfelds, Gewebe zum Erwärmen zu bringen, hängt von der gesamten akustischen Emissionsleistung ab, die maßgeblich für die Definition des thermischen Indexes ist. Wenn die Erwärmung innerhalb von Geweben bewertet wird, dann wird die lokale Leistung durch das oben beschriebene, einfache homogene Dämpfungsmodell abgeschätzt. Unter bestimmten Bedingungen wird die akustische Leistung aus der Messung des örtlichen Spitzenwerts der zeitgemittelten Intensität („spatial peak temporal-average intensity“) I_{spta} unter einigen vereinfachenden Annahmen abgeschätzt. Alle Formeln enthalten die Leistung oder Intensität als einen der Faktoren.
- ▶ Die vom Gewebe absorbierte Energie wird berechnet, indem ein Wert für die Gewebeabsorption angenommen wird. Bei Knochen nimmt man an, dass ein konstanter Teil der Energie absorbiert wird, unabhängig von der verwendeten Ultraschallfrequenz. Bei Weichgeweben wird berücksichtigt, dass bei höheren Frequenzen mehr Energie eingebracht wird, und deshalb erscheint die Frequenz in der Formel.



index category	definition/application:
TIS	soft tissue within sound path (e. g. abdominal scanning)
TIB	bone near the focus of the beam (e. g. 2nd & 3rd trimester scanning)
TIC	bone is at the surface (e. g. pediatric/adult transcranial scanning)
MI	B-Mode scanning only

Table 2 Classification of index categories.

which is central to the definition of the thermal index. When heating is assessed within tissue, the local power is estimated using the simple homogeneous attenuation model described above. In some circumstances, acoustic power is estimated from a measurement of spatial peak temporal-average intensity, I_{spta} , using some simplifying assumptions. All formulas contain power or intensity as one of the factors.

- ▶ The energy absorbed in the tissue is calculated by assuming a value for tissue absorption. For bone, a constant fraction of the energy is assumed to be absorbed, independent of the ultrasonic frequency used. For soft tissue, account is taken of the greater energy deposited at higher frequencies, and therefore frequency appears in the formulas.
- ▶ The heat lost from the tissue depends on its thermal properties, and on the size of the beam. A number of assumptions are made in the models about the thermal capacity and conductivity of the tissue, and on the extent to which blood perfusion might be expected to cool the tissue. The constants which appear in the formulas are derived from these assumptions.

Which index is displayed – MI, TIS, TIB or TIC?

All four indices, MI, TIS, TIB and TIC, can be calculated for any beam generated by a scanner, and in principle all four could appear on the screen to advise the user about safety issues. Some manufacturers may choose to give such information to users, either because the user asks for such a display, or because prudent design encourages it. However, strict adherence to the ODS only requires the manufacturer to display an index under a somewhat restricted set of circumstances and after they reach certain threshold values (i. e. TI or MI have to be ≥ 0.4) [1]. The displayed index is selected as being that which might arguably dominate for any particular application (► **Table 2**). For B-mode imaging only the MI value is displayed. In pulsed Doppler, color Doppler and M-mode, the TI takes precedence. For these modes the selection from the three alternative TI values depends on the application. TIC is only displayed for transcranial applications. For any other application the manufacturer will display TIS or TIB, depending on which might seem to be more appropriate for the particular clinical application identified, although the user should have the ability to alter this selection. Nevertheless, it must be hoped

that manufacturers will display an index at all times, even though they are not actually obliged to do so.

Safety implications



The displayed index values can give very valuable information, previously hidden from the user, about the way in which the operation of the front panel controls alter both the pulse amplitude (and hence MI) and the time-average exposure intensity and acoustic power, and hence the mechanical and thermal risk potential.

The trend towards increasing values of mean pressure and intensity (► **Fig. 2a, b**) has continued for modern diagnostic equipment [4], which means that MI and TI values are also rising to the upper end within the FDA output limits.

In general, the risk for non-thermal bioeffects arising during use of diagnostic equipment depends on the frequency used and many current transducers are capable of generating rarefaction pressures exceeding 1 MPa.

The potential risk of causing thermal effects in sensitive organs and other tissue, especially during fetal scanning, increases linearly with exposure time, but exponentially with temperature. The heating risk also depends strongly on the dwell time, transducer movement and the presence of bone.

TI/MI values displayed during routine scans of different application fields have been determined [6] and confirm that the maximum values of TI indices occur when color or spectral Doppler modes are chosen, especially during angiology or cardiology examinations.

The British Medical Ultrasound Society (BMUS) [7] recommends a need for user action for special examinations if the displayed TI/MI values exceed limits specific to different applications derived from in-vitro observations and animal experiments (► **Table 3**). For the user it is essential to obey the ALARA principle in general [8, 9] and especially for obstetric examinations. The maximum scanning times recommended for specific displayed indices given by BMUS may be followed to lower the potential risk [7]. However, the fact that many modern scanners are capable of generating exposures towards the upper end of the permitted range means that it is important for the user to monitor the actual displayed values and to follow safety guidelines. It should be remembered that images may be improved at low



Index Kategorie	Definition/Applikation:
TIS	Weichgewebe innerhalb des Schallwegs (z. B. Untersuchung des Abdomens)
TIB	Knochen in der Nähe des Fokus des Schallfelds (z. B. Untersuchung im 2. und 3. Trimester)
TIC	Knochen an der Oberfläche (z. B. transkraniale Untersuchung bei Kindern / Erwachsenen)
MI	Nur B-Modus Untersuchung

Tab. 2 Übersicht über die Index-Arten.

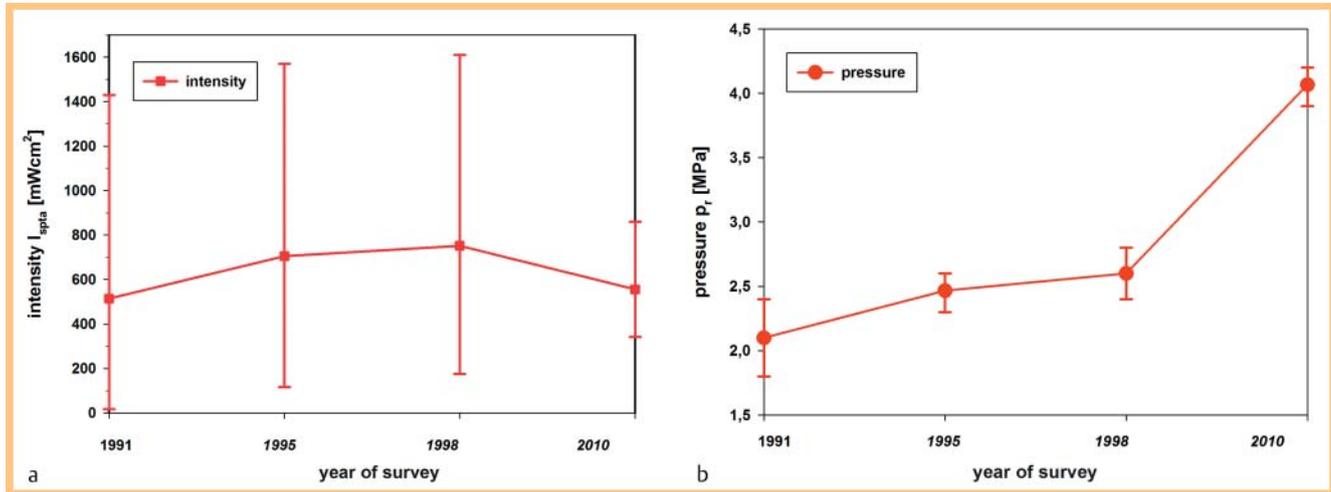


Abb. 2 **a** Geräte-Emissionen: Maximal-Intensitäten gemittelt über alle Modi (Datenpunkte zeigen MW und STD) [4]. **b** Geräte-Emissionen: Negativer Spitzen-Druck gemittelt über alle Modi (Datenpunkte zeigen MW und STD) [4].

Fig. 2 **a** Output surveys: maximum intensity values averaged over all modes (data points show the mean and standard deviation) [4]. **b** Output surveys: maximum rarefactional pressure values averaged over all modes (data points show the mean and standard deviation) [4].

► Der Wärmeverlust des Gewebes hängt von dessen thermischen Eigenschaften ab und von der Größe des Schallfelds. In den Modellen wurde eine Reihe von Annahmen in Bezug auf Wärmekapazität und -leitfähigkeit des Gewebes gemacht und in welchem Ausmaß der Blutstrom in der Lage wäre, das Gewebe abzukühlen. Die Konstanten, die in den Formeln auftreten, sind aus diesen Annahmen abgeleitet.

Welcher Index wird angezeigt – MI, TIS, TIB oder TIC?

Alle 4 Indizes MI, TIS, TIB und TIC können für jedes vom Scanner erzeugte Schallfeld errechnet werden und im Prinzip könnten alle 4 am Monitor erscheinen, um dem Anwender Sicherheitsprobleme anzuzeigen. Einige Hersteller mögen diesen Weg gehen, um ihren Nutzern diese Informationen zugänglich zu machen, entweder weil die Anwender eine solche Anzeige wünschen oder weil ein schlaues Design dies ermöglicht. Allerdings fordert die enge Anlehnung an den ODS vom Hersteller lediglich, dass die ein Index unter gewissermaßen beschränkten Bedingungen angezeigt wird und erst nachdem die Indizes bestimmte Schwellenwerte erreichen (z. B. müssen TI oder MI $\geq 0,4$ betragen) [1]. Als angezeigter Index wird derjenige ausgewählt, der gerade bei einer bestimmten Anwendung dominiert (► **Tab. 2**). Im B-Bild wird nur der MI dargestellt. In der Duplex-Sonografie, im Farb-Doppler und M-Modus übernimmt der TI die

Führung. In diesen Modi hängt die Auswahl der 3 unterschiedlichen TI-Werte von der Anwendung ab. Der TIC wird nur bei transkraniellen Untersuchungen angezeigt. Bei allen anderen Anwendungen wird der Hersteller den TIS oder TIB anzeigen, je nachdem, welcher für die spezielle klinische Anwendung geeigneter erscheint, in jedem Fall sollte jedoch der Nutzer die Möglichkeit haben, diese Auswahl abzuändern. Dennoch bleibt zu hoffen, dass die Hersteller einen Index jederzeit anzeigen, selbst wenn sie zurzeit dazu nicht verpflichtet sind.

Folgen für die Sicherheit

Die angezeigten Index-Werte können sehr wertvolle Informationen geben, die dem Anwender bisher verborgen waren, und zwar inwieweit die Bedienung der Frontkonsole sowohl die Pulsamplitude (und dadurch den MI) als auch die zeitgemittelte Emissionsintensität und akustische Leistung beeinflusst und somit auch das mögliche mechanische und thermische Gefahrenpotenzial. Bei modernen diagnostischen Geräten hat sich der Trend zu steigenden mittleren Druck- und Intensitätswerten (► **Abb. 2a, b**) fortgesetzt [4], was bedeutet, dass auch die MI- und TI-Werte bis zu den Obergrenzen der Emissionen gemäß FDA ansteigen.



index value	kind of user action
MI > 0.3	reduce exposure time for neonatal lung & intestine
MI > 0.7	potential risk with ultrasound contrast agents
TI > 0.7	reduce exposure time while scanning embryo & fetus
TI > 1	eye scanning not advisable
TI > 3	do not apply while scanning embryo or fetus

Table 3 Limits of TI/MI indices that require user action especially in obs/gyn.

output settings by increasing the receive gain. Good practice would maximize these settings before increasing those affecting the transmit power.

Limitations of TI/MI indices



As with any method of evaluating risk, some care is necessary in the use and interpretation of these index values. The conditions under which indices must be displayed to the user according to the ODS are given above. In addition several other limitations to in-vivo conditions exist and these are briefly listed below:

- ▶ simple assumptions for tissue models are used (these are not adequate for describing 1st trimester scanning through a full bladder or conversely, heating of poorly/highly perfused tissue is probably under-/overestimated)
- ▶ “reasonable worst-case” physiology and anatomy is assumed (but patients vary widely!)
- ▶ temperature rise in tissue due to transducer surface self-heating has not been taken into account
- ▶ finite amplitude effects are not included (non-linearity effects)
- ▶ the scanning time is not considered (e.g. temperature rise due to stationary scanning is underestimated)
- ▶ thermal indices are steady state estimates and may not be appropriate for new imaging techniques (e.g. radiation force imaging, pulse or pulse burst imaging, shear wave techniques)
- ▶ the TI value displayed on-screen is not correlated directly to the actual temperature change (depending on the way calculations are performed, an error by a factor of 2 or even 6 is possible!)

- ▶ TI/MI values are not valid for ultrasound contrast agent applications (contrast agents lower the threshold of cavitation)
- ▶ the method used by the manufacturer to update the index dynamically may use algorithms not specified by the ODS (resulting errors should be described in the user manual, and may be as great as 100%)

Conclusion



In conclusion, the user is informed by the indices principally about the levels of exposure changes during scanning. These initiatives should be encouraged and refined in the future, and users will come to expect that such information is available and useful. The actual display of the mechanical and thermal indices represents an important step in this direction. It is very important, however, to recognize that there are still real difficulties in the complete on-line representation of the heating and cavitation hazard, and the display of the TI or MI on the screen should only be taken to be generally indicative of the possibility of a safety concern, and not of well validated measurements of the true heating or cavitation potential caused in tissue during any actual scanning procedure. Prudent use of the equipment settings combined with the ALARA principle is appropriate for balancing the risk to benefit of the scanned patient. In order to be able to follow the ALARA principle, the ultrasound operator must understand the information provided by the indices on-screen. Unfortunately, the evidence is that such knowledge may be lacking among ultrasound experts (10–13). More education of ultrasound users with respect to questions of ultrasound safety is clearly needed.



Index-Wert	spezieller Handlungsbedarf
MI > 0,3	Verringerung der Expositionszeit bei Lunge und Darm von Neugeborenen
MI > 0,7	mögliches Risiko bei Einsatz von Ultraschallkontrastmitteln
TI > 0,7	Verringerung der Expositionszeit bei Untersuchung von Embryo & Fetus
TI > 1	Augenuntersuchung nicht angeraten
TI > 3	keine Untersuchung von Embryo & Fetus

Tab. 3 Grenzwerte für TI-/MI-Indizes, die einen Handlungsbedarf nach sich ziehen (besonders in Geburtshilfe/Gynäkologie).

Im Allgemeinen ist das Risiko für nicht thermische Bioeffekte, die während der Benutzung der diagnostischen Ausstattung auftreten, abhängig von der verwendeten Frequenz und viele der üblichen Schallköpfe sind in der Lage, negative Druckamplituden von mehr als 1 MPa zu erzeugen.

Das potenzielle Risiko, thermische Effekte in sensiblen Organen oder anderen Geweben, insbesondere bei Untersuchung des Fetus, hervorzurufen, steigt linear mit der Expositionszeit, jedoch exponentiell mit der Temperatur an. Das Erhitzungsrisiko hängt daher sehr stark von der Verweildauer, den Bewegungen des Schallkopfs und dem Vorhandensein von Knochen ab.

Die bei Routineuntersuchungen für verschiedene Applikationen angezeigten TI/MI-Werte wurden bestimmt [6] und bestätigten, dass Höchstwerte für TI-Indizes auftreten, wenn Farb-Doppler oder Spektral-Doppler gewählt werden, insbesondere bei angiologischen und kardiologischen Untersuchungen.

Die „British Medical Ultrasound Society“ (BMUS) [7] schlägt vor, dass ein Handlungsbedarf für spezielle Untersuchungen erforderlich ist, wenn die dargestellten TI/MI-Werte Grenzen überschreiten, die spezifisch für die unterschiedlichen Anwendungen sind und die aus In-vitro-Beobachtungen und aus Tierversuchen abgeleitet wurden (☉ **Tab. 3**). Für den Anwender ist es vorrangig, das ALARA-Prinzip im Allgemeinen zu befolgen [8, 9], ganz besonders jedoch bei Untersuchungen in der Geburtshilfe. Die maximalen Untersuchungszeiten, die für die dargestellten spezifischen Indizes von der BMUS empfohlen werden, sollten eingehalten werden, um ein mögliches Risiko gering zu halten [7]. Allerdings bedeutet die Tatsache, dass die modernen Scanner in der Lage sind, Emissionen am oberen Ende des erlaubten Bereichs zu erzeugen, dass für den Nutzer die Überwachung der tatsächlich angezeigten Werte auf dem Monitor und die Einhaltung der Sicherheitsrichtlinien wichtig sind.

Man sollte sich daran erinnern, dass die Bilder bei niedrigen Emissionseinstellungen verbessert werden können, indem man die Empfangsverstärkung vergrößert. Eine vorbildliche Praxis versucht, diese Einstellungen zu maximieren, bevor man diejenigen erhöht, die sich auf die Sendeleistung auswirken.

Grenzen der TI/MI-Indizes



Wie bei jeder Methode der Risikobewertung ist bei der Anwendung und Interpretation dieser Indizes eine gewisse Sorgfalt nötig. Die Bedingungen, unter denen die Indizes dem Benutzer gemäß ODS angezeigt werden müssen, sind oben aufgeführt. Zusätzlich gibt es verschiedene andere Begrenzungen in Bezug auf die Bedingungen in vivo und diese sind kurz unten aufgezählt:

- ▶ Für die Gewebe-Modelle werden einfache Annahmen angewandt (diese sind jedoch nicht ausreichend, um eine Ersttrimester-Untersuchung durch die volle Blase zu beschreiben oder im Gegenzug kann der Erwärmung in gering durchblutetem Gewebe möglicherweise unterschätzt und in stark durchblutetem Gewebe überschätzt werden).
- ▶ Die dem „worst case“ (Schlimmstfall) angemessene Physiologie und Anatomie werden vorausgesetzt (die Patienten zeigen jedoch große individuelle Unterschiede!).
- ▶ Der Temperaturanstieg im Gewebe durch Selbsterhitzung des Schallkopfs wurde nicht berücksichtigt.
- ▶ Druckamplituden-Effekte sind nicht eingeschlossen (nicht lineare Effekte).
- ▶ Die Untersuchungszeit ist nicht berücksichtigt (z.B. wird der Temperaturanstieg aufgrund des stationären Scannens unterbewertet).
- ▶ Die thermischen Indizes sind Abschätzungen des stabilen Zustands und sind für neue bildgebende Verfahren nicht unbedingt geeignet (z.B. Radiation Force Imaging, Pulse oder Pulse Burst Imaging, Shearwave-Techniken).
- ▶ Die am Monitor angezeigten TI-Werte stimmen nicht mit der tatsächlichen Temperaturveränderung überein (je nach Berechnungsmethode ist ein Irrtum mit einem Faktor von 2 bis sogar 6 möglich!).
- ▶ Die TI/MI-Werte beziehen sich nicht auf Untersuchungen mit Ultraschallkontrastmitteln (Kontrastmittel erniedrigen die Kavitationsschwelle).
- ▶ Die Methoden des Herstellers für die dynamische Anpassung des Indexes kann sich auf Algorithmen stützen, die nicht durch den ODS vorgegeben wurden (die daraus resultierenden Fehler sollten im Handbuch beschrieben sein, diese können sogar 100% betragen).



Schlussfolgerungen

▼
Abschließend lässt sich sagen, dass der Anwender durch die Indizes in erster Linie darüber informiert wird, inwiefern sich die Expositionswerte während der Untersuchung verändern. In Zukunft sollten derartige Initiativen gefördert und verbessert werden und die Anwender werden erwarten, dass ihnen diese Informationen zugänglich und von Nutzen sind. Die aktuelle Anzeige der mechanischen und thermischen Indizes stellt einen bedeutenden Schritt in diese Richtung dar. Allerdings ist es sehr wichtig, sich bewusst zu machen, dass einige wichtige Probleme in Bezug auf die vollständige On-line-Darstellung des Wärme- und Kavitationsrisikos weiter bestehen bleiben und dass die Anzeige von TI und MI am Monitor nur als allgemeiner Hinweis auf ein Sicherheitsrisiko angesehen werden sollte, nicht jedoch als gut evaluierte Messungen des tatsächlichen Erwärmungs- und Kavitationspotenzials, welches im Gewebe während einer aktuell durchgeführten Messung erreicht wird. Der umsichtige Umgang mit den Geräteeinstellungen in Kombination mit dem ALARA-Prinzip ist ausreichend, um Risiko und Nutzen für den untersuchten Patienten abzuwägen. Für die Einhaltung des ALARA-Prinzips muss der Ultraschallanwender den Informationsgehalt der am Monitor dargestellten Indizes verstehen. Leider gibt es Anzeichen dafür, dass dieses Wissen bei den Ultraschallexperten fehlen kann [10–13]. Weitere Schulungen von Ultraschallanwendern in Bezug auf Sicherheitsfragestellungen sind hier eindeutig vonnöten.

Institute

- ¹ Center for Medical Physics & Biomedical Engineering, Medical University Vienna
- ² Physics Department, Royal Marsden Hospital, Sutton
- ³ Institute of Biophysics, Medical Faculty of Palacký University, Olomouc
- ⁴ Neurologische Universitätsklinik, Universitätsmedizin Mannheim
- ⁵ National Center for Fetal Medicine, Department of Obstetrics and Gynaecology, St. Olavs Hospital, Trondheim University Hospital, Trondheim
- ⁶ Department of Obstetrics and Gynecology, Malmö University Hospital, Malmö

Literatur

- 1 American Institute of Ultrasound in Medicine (AIUM), National Electrical Manufacturers Association (NEMA). Standard for Real-time Display of Thermal and Mechanical Acoustic Output Indices on Diagnostic Ultrasound Equipment. 1st rev. Laurel, MD: American Institute of Ultrasound in Medicine; Rosslyn, VA: National Electrical Manufacturers Association; 1998. US Department of Health and Human Services, Food and Drug Administration, 1993, Revised 510(k) Diagnostic Ultrasound Guidance for 1993.
- 2 IEC 62359. Ultrasonics – Field characterization – Test methods for the determination of thermal and mechanical indices related to medical diagnostic ultrasonic fields. International Standard IEC 62359 Ed.2.0, Geneva: 2010-10.
- 3 *Abbott JG*. Rationale and derivation of MI and TI: a review. *Ultrasound Med Biol* 1999; 25: 431–441
- 4 *Martin K*. The acoustic safety of new ultrasound technologies. *Ultrasound* 2010; 18: 110–118
- 5 National Council on Radiation Protection and Measurements. Exposure criteria for medical diagnostic ultrasound: I. Criteria based on thermal mechanisms. NCRP Report No. 113 Bethesda MD: NCRP; 1992
- 6 *Ter HG*. Results of a Survey of Exposure Conditions used in Ultrasound Scans in the UK, February 2007. *Ultrasound* 2008; 16: 110–113
- 7 BMUS. Guidelines for the safe use of diagnostic ultrasound equipment. Safety Group of the British Medical Ultrasound Society; 2009, www.bmus.org
- 8 ECMUS Safety committee. Clinical Safety Statement for Diagnostic Ultrasound. EFSUMB, www.efsumb.org
- 9 ECMUS. Safety committee Guidelines. EFSUMB, www.efsumb.org
- 10 *Marsál K*. The output display standard: has it missed its target? *Ultrasound Obstet Gynecol* 2005; 25: 211–4
- 11 *Sheiner E, Shoham-Vardi I, Abramowicz JS*. What do clinical users know regarding safety of ultrasound during pregnancy? *J Ultrasound Med* 2007; 26: 319–325
- 12 *Akhtar W, Arain MA, Ali A et al*. Ultrasound biosafety during pregnancy: what do operators know in the developing world?: national survey findings from Pakistan. *J Ultrasound Med* 2011; 30: 981–985
- 13 *Houston LE, Allsworth J, Macones GA*. Ultrasound is safe... right? Resident and maternal-fetal medicine fellow knowledge regarding obstetric ultrasound safety. *J Ultrasound Med* 2011; 30: 21–27

CME-Fragen **Ultraschall Emissionen: Thermische (TI) und mechanische (MI) Indizes**

1 Welche Aussage trifft zu? Der Output Display Standard (ODS) ...

- A gibt Aufschluss über die Voreinstellungen am Display.
- B gibt die Gleichungen für die Berechnung des thermischen und des mechanischen Indexes an.
- C gibt nur die Gleichung für die Berechnung des mechanischen Indexes an.
- D gibt nur die Gleichung für die Berechnung des thermischen Indexes an.
- E hat keine Relevanz für die klinische Anwendung.

2 Der thermische Index (TI) ...

- A kann als Temperaturanstieg in Grad Celsius interpretiert werden.
- B sollte nicht als Temperaturanstieg in Grad Celsius interpretiert werden.
- C kann als der geringste im Gewebe zu erwartende Temperaturanstieg interpretiert werden.
- D bezieht sich nicht auf die Dämpfung im Gewebe.
- E verkörpert die maximale Temperatur, die in Wasser unter Laborbedingungen gemessen wird.

3 Gemäß dem Output Display Standard beträgt der maximal erlaubte TI-Wert ...

- A 0,7.
- B 1,0.
- C 1,9.
- D 6,0.
- E 3,0.

4 Gemäß dem Output Display Standard beträgt der maximal erlaubte MI-Wert ...

- A 0,7.
- B 1,0.
- C 1,9.
- D 6,0.
- E 3,0.

5 Wie viele Kategorien für den thermischen Index werden definiert?

- A 1
- B 2
- C 3
- D 4
- E 5

6 Das potenzielle Risiko, thermische Effekte in sensiblen Geweben oder Organen hervorzurufen, ...

- A steigt linear mit der Expositionszeit und linear mit der Temperatur.
- B steigt exponentiell mit der Expositionszeit und exponentiell mit der Temperatur.
- C steigt exponentiell mit der Expositionszeit und linear mit der Temperatur.
- D steigt nicht linear mit der Expositionszeit aber exponentiell mit der Temperatur.
- E steigt linear mit der Expositionszeit und exponentiell mit der Temperatur.

7 Welche Aussage, die dem TI-/MI-Konzept zugrunde liegt, ist falsch?

- A Der Temperaturanstieg im Gewebe aufgrund der Selbsterhitzung des Schallkopfs wurde nicht berücksichtigt.
- B Die Druckamplitudeneffekte sind nicht eingeschlossen.
- C Die dem „worst case“ angemessene Physiologie und Anatomie werden vorausgesetzt.
- D Die Untersuchungszeit wird berücksichtigt.
- E Einfache Annahmen für Gewebemodelle werden angewandt.

8. Welche Aussage trifft zu, wenn der TI-Wert > 3 beträgt?

- A Dieser Wert tritt bei modernen Geräten nicht auf.
- B Dies tritt nicht auf: Der TI ist auf 1,9 begrenzt.
- C Es gibt kein potenzielles thermisches Risiko.
- D Der Embryo oder Fetus sollte nicht untersucht werden.
- E Dieser Wert sollte benutzt werden, um ein gutes Doppler-Bild zu erhalten.

9. TI-/MI-Werte werden ...

- A aktualisiert, immer wenn der Patient wechselt.
- B aktualisiert, immer wenn der Anwender wechselt.
- C immer aktualisiert, sobald die Untersuchungseinstellungen verändert werden.
- D jede Sekunde aktualisiert.
- E überhaupt nicht aktualisiert, da sie feste Berechnungen der Voreinstellung sind.

10 Die höchsten TI-Werte treten am wahrscheinlichsten auf, ...

- A wenn der M-Modus gewählt wird.
- B wenn Farb-Doppler- und Spektral-Doppler-Moden gewählt werden.
- C wenn der B-Modus gewählt wird.
- D wenn der 3D- oder 4D-Modus gewählt wird.
- E wenn die größte Verstärkung oder TGC-Einstellungen gewählt werden.

CME-Questions **Ultrasound Output: Thermal (TI) and Mechanical (MI) Indices**

1 Which statement is correct? The Output Display Standard ...

- A gives information about pre-settings on the display
- B gives equations for calculating a thermal and mechanical index
- C only gives equations for calculating a mechanical index
- D gives equations for calculating a thermal index only
- E is not relevant at all for clinical use

2 The thermal index (TI)

- A should be interpreted as the temperature rise in degrees centigrade
- B should not be interpreted as the temperature rise in degrees centigrade
- C should be interpreted as the minimum temperature rise that might be expected in tissue
- D does not account for attenuation in tissue
- E represents the maximum temperature measured in water under laboratory conditions

3 According to the Output Display Standard the maximum allowable TI value is ...

- A 0.7
- B 1.0
- C 1.9
- D 6.0
- E 3.0

4 According to the Output Display Standard the maximum allowable MI value is ...

- A 0.7
- B 1.0
- C 1.9
- D 6.0
- E 3.0

5 How many thermal index categories are defined?

- A 1
- B 2
- C 3
- D 4
- E 5

6 The potential risk of causing thermal effects to sensitive tissue or organs ...

- A increases linearly with exposure time and linearly with temperature
- B increases exponentially with exposure time and exponentially with temperature
- C increases exponentially with exposure time and linearly with temperature
- D does not increase linearly with exposure time and exponentially with temperature
- E increases linearly with exposure time and exponentially with temperature

7 Which statement underlying the TI/MI concept is not correct?

- A temperature rise in tissue due to transducer surface self-heating has not been taken into account
- B finite amplitude effects are not included
- C "reasonable worst-case" physiology and anatomy is assumed
- D the scanning time is considered
- E simple assumptions for tissue models are used

8 Which statement is correct when the value of TI is > 3

- A this value does not occur for modern machines
- B this does not occur: the TI is limited to 1.9
- C there is no potential thermal risk
- D the embryo or fetus should not be scanned
- E this value should be used to obtain a good Doppler image

9 TI/MI values are ...

- A updated whenever the patient changes
- B updated whenever the user changes
- C updated whenever the scan settings are changed
- D updated every second
- E not updated because they are fixed pre-set calculations

10 The highest TI values are most likely to occur ...

- A when the M-mode is chosen
- B when color and spectral Doppler modes are chosen
- C when the B-mode is chosen
- D when the 3D or 4D-mode is chosen
- E when the highest gain or TGC settings are chosen

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 (UJM/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/SSUM anerkannt. Die Kontrolle der Fortbildung durch die SGUM/SSUM erfolgt im Auftrag der FMH (Foederation 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 abonniertes 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.

