

Therapeutischer Ultraschall

BARBARA BOCKSTAHLER, DAVID LEVINE

Grundlagen

DEFINITION

Ultraschallwellen entsprechen physikalisch Schallwellen haben jedoch eine viel höhere, für das menschliche Gehör unhörbare Frequenz.

▲ Die Frequenzen, die in der Therapie genutzt werden, liegen üblicherweise bei 1,0 und 3,3 MHz

Um die therapeutischen Wirkungen des Ultraschalles zu verstehen, ist es notwendig, sich kurz mit den physikalischen Eigenschaften von Schallwellen und deren Effekte auf Gewebe zu beschäftigen.

- Schallwellen sind mechanischen Schwingungen in longitudinaler Richtung, die von einer Schallquelle erzeugt werden.
- ▲ Schallwellen stellen eine Form mechanischer Energie dar.
- Bewegt sich eine Schallwelle durch ein Gewebe werden die Moleküle des Gewebes komprimiert und dekomprimiert
- Stoßen benachbarte Moleküle aneinander wird die Energie vom einem zum anderen Molekül übertragen und Frequenz und Amplitude der angestoßenen Moleküle steigen.

ULTRASCHALL UND MATERIE¹

Im luftleeren Raum können sich Ultraschallwellen nicht ausbreiten – sie benötigen dazu Materie.

Ultraschall und Grenzflächen

Treffen die Ultraschallwellen auf Grenzflächen (z. Bsp. die Haut oder Knochen) treten verschiedene physikalische Effekte auf

- Reflektion: Die reflektierte Welle reist dabei im gleichen Winkel, in dem sie auf die Grenzfläche aufgetroffen ist, wieder von dieser weg
- ▲ Dies hat eine wichtige Konsequenz: treffen ein- und ausreisende Wellen aufeinander interferieren diese miteinander, sie können sich dabei gegenseitig
 - ▶ verstärken, erlangen dadurch eine größere Amplitude und damit höhere Energie oder aber
 - ▶ gegenseitig auslöschen
 - ▶ Dieser Effekt wird als die Bildung von stehenden Wellen bezeichnet
- Refraktion: An der Grenze zwischen zwei Geweben ändert die eintretende Welle ihre Richtung

Absorption

Treffen die Wellen im Gewebe auf Moleküle werden diese in Vibrationen versetzt und stoßen aneinander, dabei

- ▲ wird die kinetische Energie der Schallwelle in Wärme umgewandelt
- nimmt die Energiemenge, die von dem Gewebe absorbiert wird, mit der Entfernung zur Schallquelle (dem Behandlungskopf) exponentiell ab
- ▲ absorbieren Gewebe mit großen Mengen struktureller Proteine (z. B. Knochen) viel Energie, Gewebe mit hohem Wassergehalt (z.B. Fett) geringere Mengen.

- ▶ Besonders an der Knochenoberfläche kann es zu einer starken Wärmeentwicklung kommen – dies kann erhebliche Schmerzen verursachen
- hängt die Absorption auch von der Frequenz der Ultraschallwellen ab
 - ▶ 3,3 MHz Ultraschall hat eine kleiner Wellenlänge als 1 MHz Ultraschall und wird daher schon in einer deutlich kürzeren Distanz absorbiert

1,0 MHz Ultraschall wird daher eher zur Behandlung tieferer Gewebe, 3,3 MHz Ultraschall zur Therapie oberflächlicher Gewebe verwendet

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- ▲ Ultraschallwellen stellen eine Form mechanischer Energie dar
- ▲ Durch Komprimierung und Dekomprimierung von Gewebemolekülen wird Energie übertragen
- An Grenzflächen können Ultraschallwellen sowohl ihre Richtung als auch ihre Intensität ändern
- Die Menge der Energie, die vom Gewebe absorbiert wird, nimmt mit der Entfernung zur Schallquelle (Behandlungskopf) exponentiell ab
- Die Absorption der Energie in den Geweben hängt von zwei Faktoren ab
 - ▶ dem Gehalt der Gewebe an strukturellen Proteinen und
 - ▶ der Frequenz des Ultraschalles
- Knochen absorbiert sehr viel Energie, was zu einer starken Erhitzung des Knochens führen kann
- ▲ 1,0 MHz Ultraschall wird daher zur Behandlung tieferer Gewebe, 3,3 MHz Ultraschall zur Therapie oberflächlicher Gewebe verwendet

ERZEUGUNG DES ULTRASCHALLS¹

Jedes Ultraschallgerät hat einen piezoelektrischen Kristall, der im Handstück angebracht ist – dieser ist für die Erzeugung der Ultraschallwellen verantwortlich. Bestimmte Kristalle produzieren unter Druck- und Zugwirkung an ihrer Oberfläche elektrische Ladungen – dies bezeichnet man als piezoelektrischen Effekt.

- Wird an ein solches Kristall ein Wechselstrom angelegt, ändert das Kristall seine Form, und es entstehen Ultraschallwellen, deren Frequenz von der Frequenz des Wechselstroms abhängt.
- Alle Ultraschallgeräte haben ein Handstück mit einem Behandlungskopf, in den ein piezoelektrisches Kristall eingebaut ist, mit dessen Hilfe der Ultraschallstrahl erzeugt wird
- Der austretende Strahl ist annähernd zylindrisch und hat ungefähr den Durchmesser des Schallkopfes, ist aber nie völlig uniform, und es werden zwei verschiedene Bereiche unterschiedendie Nahzone, die als Fresnel Zone bezeichnet wird und die
 - ▶ Fernzone, die Fraunhofer Zone genannt wird
- ▲ In der Nahzone weist der Strahl eine hohe Irregularität auf – dieser Bereich wird therapeutisch genutzt.
- ▲ Die Irregularität wird durch die konstante Bewegung des Schallkopfes während der Therapie ausgeglichen
- Die Länge der Nahzone hängt direkt vom Quadrat des Radius des Behandlungskopfes und invers von der Wellenlänge ab.

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Ultraschallwellen werden mit Hilfe von piezoelektrischen Kristallen und Wechselstrom erzeugt
- Therapeutisch wird die Nahzone des Ultraschallstrahles genutzt
 - ▶ Diese weist eine hohe Irregularität auf
 - ▶ Diese wird durch die konstante Bewegung des Schallkopfes während der Therapie ausgeglichen

Schallparameter²

INTENSITÄT

Die Intensität beschreibt die Energie, die pro Flächeneinheit transportiert wird. Die Intensität wird in Watt/cm² oder Joule/sec/cm² angegeben.

- Je nachdem ob ein kontinuierlicher oder gepulster Modus verwendet wird, ändert sich die pro Zeiteinheit abgegebene Energiemenge
- Die durchschnittlich abgegebene Energie über einen gewissen Zeitraum ist ein wichtiges Maß für den gepulsten Modus

SCHALLMODUS

Wie oben erwähnt, wird durch die Vibration der Moleküle im Gewebe die Ultraschallenergie in Wärme umgewandelt, es treten jedoch auch mechanische Effekte auf. Welcher dieser Effekte im Vordergrund steht, hängt im Wesentlichen Modus des verwendeten Ultraschalles ab:

kontinuierlicher US

- Der an den Behandlungskopf angelegte Strom wird kontinuierlich über die gesamte Behandlungszeit abgegeben - man spricht vom kontinuierlichen Ultraschall

gepulster US

- Der Strom wird in Bursts abgegeben (für eine bestimmte Zeit läuft der Strom, ist dann für eine bestimmte Zeit aus, geht wieder an usw.) - man spricht vom gepulsten Ultraschall

An:Aus Ratio und Duty cycle

- Die An:Aus Ratio beschreibt das Verhältnis der Zeit, in der ein Ultraschallimpuls erzeugt wird und jener, in der kein Impuls erzeugt wird
- Der Duty cycle beschreibt die Pulslänge als einen Prozentsatz der gesamten An- und Aus-Zeit
- Ein Beispiel: die Dauer des erzeugten Impulses beträgt 2 ms, die Aus-Zeit 8 ms; es ergibt sich
 - ▶ eine An:Aus Ratio von 1:4 (die Aus-Zeit ist viermal so lang wie die An-Zeit)
 - ▶ ein Duty cycle von 20% (der gesamte Zyklus beträgt 10 ms. Die 2 ms An-Zeit entspricht demnach 20% des Gesamtzyklus)

▲ Je kürzer die An- und je länger die Aus-Zeiten sind, desto geringer ist auch die Energie, die in das Gewebe übertragen wird, das bedeutet zum Beispiel

- ▶ Bei einer An:Aus Ratio von 1:4 (2 ms : 8 ms) wird weniger Energie übertragen als bei einer An:Aus Ratio von 1:10 (1 ms : 10 ms)

GUT ZU WISSEN

Durch das Pulsieren wird die Energie, die zur Gewebeerwärmung führt reduziert, allerdings ist sie hoch genug, dass die durchschnittliche Energie pro Impuls die mechanischen Effekte der Ultraschalltherapie in den Vordergrund stellt

Modus und Intensität

Der verwendete Modus (kontinuierlich oder gepulst) beeinflusst die übertragene Energiemenge wesentlich:

- Wenn z.B. in einem gepulsten Modus mit einem Verhältnis von 1:4 Impulslänge die durchschnittliche Intensität während der Impulsintervallen 0,5 W/cm² verwendet wird, bräuchte man im kontinuierlichen Modus nur 0,1 W/cm² um das Gewebe im selben Ausmaß zu erwärmen

FREQUENZ

Üblicherweise werden in der physikalischen Therapie die Frequenzen 1,0 MHz und 3,3 MHz eingesetzt.

Wellen mit 1,0 MHz werden in einer Tiefe von 2-5 cm, solche mit 3 MHz in 0-3 cm absorbiert

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

Die Intensität beschreibt die Energie, die pro Flächeneinheit transportiert wird. Die Intensität wird in Watt/cm² oder Joule/sec/cm² angegeben. Man unterscheidet kontinuierlichen und gepulsten Ultraschall

- Je nachdem ob ein kontinuierlicher oder gepulster Modus verwendet wird, ändert sich die pro Zeiteinheit abgegebene Energiemenge
- Ultraschallwellen mit 1.0 MHz dringen tiefer in das Gewebe ein als solche mit 3.3 MHz

Biologische Effekte

THERMALE EFFEKTE^{1,2}

Das Maß der Temperaturerhöhung der Gewebe hängt von verschiedenen Effekten ab

- Dem Maß der Energieabsorption (und damit der Intensität, der Behandlungsdauer und dem Ultraschallmodus)
- Der Wärmekapazität des Gewebes: je höher der Wassergehalt des Gewebes desto höher ist die Wärmekapazität. Das bedeutet, dass beispielsweise Muskulatur sich bei der gleichen zugeführten Energie weniger erwärmt als Knochengewebe
- Der Wärmeübertragung: so wird z.B. die Gewebeerwärmung reduziert, indem es durch den Blutfluss zu einer effektiven Verteilung der Wärme kommt.
- Die Zusammensetzung des Gewebes (Fettverteilung, Tiefe des Gewebes, Menge an Bindegewebe, Knochen und Muskeln im Behandlungsgebiet) beeinflusst ebenfalls die Wärmeentwicklung

GUT ZU WISSEN

Um einen therapeutischen Effekt zu erreichen, muss die Gewebetemperatur um 1° bis 4° Grad Celsius erhöht werden

Die Erwärmung des Gewebes in therapeutische Bereiche führt zu

- Verbessert Dehnbarkeit des Bindegewebes
- Erhöhtem Blutfluss
- Erhöhter metabolischer Aktivität
- Milden entzündlichen Reaktionen

MECHANISCHE EFFEKTE^{1,2}

Durch das Pulsieren wird die Energie, die zur Gewebeerwärmung führt reduziert, allerdings ist sie hoch genug, dass die durchschnittliche Energie pro Impuls die mechanischen Effekte der Ultraschalltherapie in den Vordergrund stellt.

Kavitation

Durch den Einfluss der Ultraschallwellen entstehen im Gewebe dünne Gasbläschen: dieses Phänomen wird als Kavitation bezeichnet.

Stehende Wellen

Treffen ein- und ausreisende Wellen aufeinander, interferieren diese miteinander, sie können sich dabei gegenseitig verstärken, erlangen dadurch eine größere Amplitude und damit höhere Energie, oder aber sich gegenseitig auslöschen.

▲ **Durch das Bewegen des Schallkopfes wird die Entstehung dieser stehenden Wellen weitgehend verhindert**

Akustische Strömung

Bei der Reise von Ultraschallwellen durch das Gewebe entsteht ein sogenannter Strahlungsdruck, der Druck auf die Zellwände ausübt und zu einer Mikroströmung im Gewebe führt.

GUT ZU WISSEN

- In der Entzündungsphase der Wundheilung hat der gepulste Ultraschall einen proinflammatorischen Effekt, er
 - ▶ stimuliert Mastzellen, Thrombozyten, Neutrophile und Macrophagen²
 - ▶ und beschleunigt somit diese Phase der Heilung
- In der proliferativen Phase hat der gepulste Ultraschall einen pro-proliferativen Effekt, er
 - ▶ Steigert die Proteinsynthese³, Fibroblastenbildung und Kollagensynthese⁴
- In der Remodellierungsphase, in der sich die Kollagenfasern reorientieren und sich der Kollagentyp vom vorherrschenden Typ III in Typ I ändert, verbessert der gepulste Ultraschall diese Prozesse und verbessert die Widerstandskraft der entstehenden Narbe⁵⁻⁷

HIGHLIGHTS AUS DER FORSCHUNG

- Beim Hund führte die Anwendung eines 3.3 MHz Ultraschalles in der Oberschenkelmuskulatur zu folgenden Temperaturanstiegen⁸
 - ▶ Mit 1,0 W/cm² um 3,0 °C in 1 cm Tiefe aber nur 1,6 C° in 3 cm Tiefe
 - ▶ Mit 1,5 W/cm² um 4,6 C° in 1 cm Tiefe und 2,4 C° in 3 cm Tiefe
 - ▶ Die Gewebetemperatur kehrte innerhalb von 10 Minuten wieder auf den Ausgangswert zurück
- Der Vergleich von kontinuierlichem und gepulstem Ultraschall an der Achillessehne des Hundes mit 1 und 1,5 W/cm² zeigte, dass
 - ▶ kontinuierlicher Ultraschall zu einer größeren Erwärmung als der gepulste Modus führt.
 - ▶ im kontinuierlichen Modus 1,5 W/cm² zu einer stärkeren Erwärmung als 1 W/cm² führen
 - ▶ die Beugung des Tarsalgelenkes nach der Behandlung verbessert war, dieser Effekt aber nur fünf Minuten anhielt⁹

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Das Maß der Temperaturerhöhung der Gewebe hängt von dem Maß der Energieabsorption (und damit der Intensität, der Behandlungsdauer und dem Ultraschallmodus) und Eigenschaften des behandelten Gewebes ab
 - ▶ Um einen therapeutischen Effekt zu erreichen, muss die Gewebetemperatur um 2° bis 4° Grad Celsius erhöht werden
 - ▶ Die Erwärmung des Gewebes führt zu verbesserter Dehnbarkeit des Bindegewebes, erhöhtem Blutfluss, erhöhter

metabolischer Aktivität und milden entzündlichen Reaktionen¹

- Gepulster Ultraschall erzeugt proinflammatorische und proliferative Effekte, er
 - ▶ Stimuliert Mastzellen, Thrombozyten, Neutrophile und Macrophagen
 - ▶ Steigert die Proteinsynthese³, Fibroblastenbildung und Kollagensynthese
- In der Remodellierungsphase verbessert der gepulste Ultraschall die Narbenbildung

Indikationen

THERMALE EFFEKTE

- Zustände des Weichteilgewebes die mit einer Verkürzung einhergehen
 - ▶ Kontrakturen, Narben
- Subakute und chronische Entzündungen
- Muskelverspannungen, Trigger Points

MECHANISCHE EFFEKTE

- Wundheilung
- Tendinitis

HIGHLIGHTS AUS DER FORSCHUNG

- Bei humanen Patienten mit Osteoarthritis des Kniegelenkes zeigte gepulster Ultraschall mit geringer Intensität einen positiven Effekt hinsichtlich Schmerz und Funktionalität¹⁰
- Ein Review stellte der Behandlung von Menschen mit Osteoarthritis mit therapeutischem Ultraschall ein positives Zeugnis aus, empfiehlt aber weiter Forschung in diesem Gebiet¹¹
- In zwei Fallberichten von Hunden mit partieller Avulsion des M. gastrocnemius beschrieben die Autoren eine Besserung der Lahmheit¹²
- Auch bei kalzifizierender Tendinitis der Schulter des Menschen wurden positive Effekte beschrieben¹³

Kontraindikationen & besondere Vorsicht

VERBRENNUNGEN

- ☹ **Im kontinuierlichen Modus oder niedrig gepulsten Modus kann es bei zu hoher Intensität, zu langer Behandlungsdauer und Nichtbewegen des Behandlungskopfes zu schweren Verbrennungen (üblicherweise der Haut) kommen**

KEINE ANWENDUNG

- Bei Schrittmacherpatienten
- Über dem Rückenmark nach Laminektomie, dem Sinus Caroticus oder cervicalen Ganglien, den Augen, dem graviden Uterus, dem Herz, Tumoren, Hoden, kontaminierten Wunden, chirurgischen Schnitten in den ersten 2 Wochen, offenen Epiphysenfugen
- Bei akuten Entzündungen (kontinuierlicher Ultraschall)

BESONDERE VORSICHT

- Bei Frakturen (umstritten, da therapeutischer Ultraschall in geringen Dosen auch als positiv für die Heilung beschrieben wurde⁹)
- Über Knochenvorsprüngen (Schmerz!)

- Keine Cold-Packs vor der Therapie (schränkt die Empfindsamkeit ein und verhindert die Fähigkeit des Tieres zu reagieren, wenn die Intensität zu hoch ist)
- Bei Verminderter Durchblutung, Sensibilitätsstörungen

Klinische Anwendung



link video

GRÖSSE DES BEHANDLUNGSGEBIETES

Die Größe des Behandlungsgebietes sollte nicht größer als 2-4 mal der Durchmesser des Behandlungskopfes sein², zum Beispiel

- bei einem 5 cm großen Kopf nicht größer als 10 bis maximal 20 cm² sein.
- Bei größeren Gebieten sollte dieses in die entsprechende Anzahl an Feldern aufgeteilt werden.

FREQUENZ

Die zu wählende Frequenz hängt von der Tiefe des Behandlungsgebietes ab: liegt das Zielgewebe²

- in 2-5 cm Tiefe benutzt man 1 MHz
- in 0,5 – 2 cm benutzt man 3.3 MHz (oft einfachheitshalber als 3 MHz bezeichnet)

MODUS

Prinzipiell gilt:

- Für chronische Prozesse, und um die Dehnbarkeit von Bindegewebe zu verbessern, benutzt man den kontinuierlichen Modus
- Zur Förderung der Wundheilung in akuten Stadien, auch bei entzündlichen Erkrankungen der Sehnen und Gelenke benutzt man den gepulsten Modus

INTENSITÄT

Prinzipiell gilt:

- Für akute und oberflächliche Krankheitsbilder – niedrige Dosierung
- ▲ Für chronische und tief liegende Zustände – höhere Dosierung je höher die Intensität und je höher die Puls-Ratio/Duty cycle, desto schneller erwärmt sich das Gewebe (z.B. erwärmt kontinuierlicher Ultraschall mehr als 50% gepulster, welcher mehr erwärmt als 20% gepulster)
- Es gibt keine allgemeinen, wissenschaftlich untermauerten Dosiseempfehlungen, meist werden Dosierungen zwischen 0,5 (akute Zustände) bis 2 (chronische Zustände) W/cm² angegeben

kontinuierlicher Modus

- Um das Gewebe um 2°C zu erwärmen werden 1-2 W/cm² benötigt, wobei in Bereichen mit viel Weichteilgewebe höhere Werte als in solchen mit wenig benötigt werden
- Soll konnektives Gewebe erwärmt werden, um dessen Dehnbarkeit zu verbessern, werden höhere Intensitäten verwendet als zur Schmerzbehandlung bei Verspannungen oder Trigger Punkten

▲ Immer auf die Reaktion des Patienten achten – das Tier zeigt an, ob die gewählte Intensität noch tolerabel ist

gepulster Modus

Durch die Pulsung ist die übertragene Energiemenge prinzipiell geringer, die Intensität kann daher höher gewählt werden (→ siehe Modus und Intensität).

BEHANDLUNGSDAUER

- In einem Behandlungsgebiet mit einer Größe, die dem 2-3 fachen des Durchmessers des Behandlungskopfes entspricht, ist eine Behandlungsdauer von 5-10 min notwendig, um eine effektive Gewebeerwärmung herbei zu führen¹⁵.
- ▲ Als Faustregel gilt: für jedes Mal, dass der Ultraschallkopf in das Behandlungsgebiet passt 4 min, zum Beispiel bei einem Ultraschallkopf mit 2 cm² Durchmesser und einem Behandlungsgebiet von (Abbildung 1a und 1b).
 - ▶ 8 cm²: 16 min
 - ▶ 6 cm²: 12 min



Abb. 1a und 1b: Der Ultraschallkopf passt zweimal in das Behandlungsfeld – die Behandlungsdauer beträgt acht Minuten

BEHANDLUNGSFREQUENZ UND DAUER

Akute bis subakute Beschwerden:

- Kürzere Abstände (zum Beispiel 3 mal wöchentlich)
- Kürzere Behandlungsdauer (zum Beispiel 1-2 Wochen)

Chronische Beschwerden

- Längere Abstände (zum Beispiel 1-2 mal in der Woche)
- Längere Behandlungsdauer (oft mehrere Wochen)

Diese Angaben sind als allgemeine Empfehlungen zu verstehen, da sie vom jeweiligen Krankheitsbild und der individuellen Reaktion des Patienten mitbestimmt werden.

ANKOPPLUNG²

Wie oben beschrieben werden Ultraschallwellen an Grenzflächen reflektiert. Diese Reflektion beträgt an der Luft annähernd 100 Prozent! Es ist darum notwendig, zwischen dem Schallkopf und der Haut ein geeignetes Kontaktmedium aufzubringen. Dazu eignen sich

- Ultraschallgel: Zur Ankopplung sind die handelsüblichen Ultraschallgele bestens geeignet. (Abbildung 2). Bei der direkten Ankopplung wird der Schallkopf direkt auf die Haut aufgesetzt. Es ist darauf zu achten, dass der gesamte Behandlungsbereich gleichmäßig mit Gel bedeckt ist, um die exakte Übertragung des Ultraschalls zu gewährleisten.
- Gel-Pads: sie sind als große Gel-Pads (z.B. Aquaflex Gel-Pad) oder kleine Pads, die genau auf den Behandlungskopf passen (z.B. GelShot™) erhältlich. Die Verwendung von Gel ist dann nicht mehr notwendig.
- Wasser: Bei kleinen unregelmäßigen Bezirken, zum Beispiel den kleinen Zehengelenken, ist eine gleichmäßige Übertragung oftmals nicht gewährleistet. Dieses Problem kann umgangen werden, in dem eine indirekte Ankopplung eingesetzt wird. Darunter versteht man die Behandlung unter Wasser in Keramik oder Kunststoffwannen. Der Schallkopf wird unter Wasser in 1-2 cm Abstand über die zu behandelnde Körperfläche geführt. Bei nicht wasserscheuen Tieren lassen sich so sehr gut die Pfoten und das Karpal- beziehungsweise Sprunggelenk behandeln (Abbildung 3)



Abb. 2: Verwendung eines handelsüblichen Ultraschallgels.

Abb. 3: Indirekte Ankopplung im Wasser. Der Schallkopf wird unter Wasser in 1-2 cm Abstand über die zu behandelnde Körperfläche geführt.



Abb. 4: Der Schallkopf muss parallel zur Oberfläche gehalten werden

- ▲ Die Tiere müssen immer geschoren oder rasiert werden. Durch die Haare ist keine effektive Übertragung der Energie möglich.
- ▲ Der Behandlungskopf muss kontinuierlich bewegt werden um eine Überhitzung des Gewebes zu verhindern. Dies kann linear oder zirkulär erfolgen.

HIGHLIGHTS AUS DER FORSCHUNG

- ▲ In einer Studie konnte eindeutig gezeigt werden, dass trotz einer dicken Schicht Ultraschallgel kaum eine Erwärmung des Gewebes erfolgte, wenn die Tiere nicht rasiert wurden.
- 👁 Es kam im Gegenteil zu einer sehr starken Erhöhung der Temperatur in den Haaren und der Oberhaut!¹⁴

TECHNIK

Der Behandlungskopf muss während der Therapie immer kontinuierlich kreis- oder spiralförmig bewegt werden, um eine Überhitzung des Gewebes zu vermeiden!

- Dynamische Beschallung: Diese Methode wird für die überwiegende Anzahl der Behandlungen verwendet. Der Schallkopf wird mit leichtem Druck langsam über das zu behandelnde Gebiet geführt.
 - ▶ Die empfohlene Geschwindigkeit beträgt 4 cm/Sekunde
 - ▶ Dabei empfiehlt sich eine sanfte kreis- oder spiralförmige Bewegung des Behandlungskopfes.
 - ▶ Es ist wichtig, den Behandlungskopf nicht schräg zum Behandlungsbereich aufzusetzen, um verstärkte Reflexionen am Gewebeübergang zu vermeiden. Der Behandlungskopf muss parallel zur Oberfläche gehalten werden (Abbildung 4).
- Semistatische Beschallung: Diese erfolgt bei sehr kleinen Behandlungsgebieten, zum Beispiel Myogelosen
 - ▶ der Schallkopf wird sehr langsam und mit kleineren Bewegungen geführt
- ▲ Um eine Schädigung des Gewebes zu vermeiden, muss die Intensität reduziert werden

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Die Ankopplung kann direkt mittels Ultraschallgels oder indirekt unter Wasser erfolgen
- Die Tiere müssen immer geschoren werden
- Die Größe des Behandlungsgebietes sollte nicht größer als 2-4 mal der Durchmesser des Behandlungskopfes sein
- Die Bewegung des Schallkopfes sollte mit 4 m/s erfolgen
- Für jedes Mal, dass der Ultraschallkopf in das Behandlungsgebiet passt, werden 4 min Behandlungszeit kalkuliert
- Die Dosisempfehlungen liegen zwischen 0,5 und 2 W/cm²

Phonophorese

DEFINITION

Phonophorese wird verwendet, um topisch applizierte Medikamente transdermal in das Gewebe zu verbringen.

- Die Ultraschallwellen führen zu einer Vasodilatation, welche es den Medikamenten durch die gesteigerte Permeabilität erleichtert das Zielgewebe zu erreichen.
- Der Ultraschall übt einen Druck auf die Medikamente aus, der die Transmission durch das Stratum Corneum erleichtern soll
- Üblicherweise werden Analgetika und antiinflammatorische Substanzen lokal im Bereich von Muskeln, Sehnen, Bändern oder Weichteilgeweben eingesetzt¹⁶

BIOLOGISCHE GRUNDLAGEN

Ultraschall kann vier biologische Effekte im Körper hervorrufen: chemische, biologische und mechanische Reaktionen sowie thermale Effekte. Wird der Ultraschall verwendet, um chemische Reaktionen zu hervorzurufen, kann eine verbesserte Heilung erreicht werden. Die Phonophorese verbessert den Transfer von Flüssigkeiten und Nährstoffen in das Gewebe.

INDIKATIONEN

- Tendinitis
- Bursitis
- Arthritis

KONTRAINDIKATIONEN

Die Kontraindikationen entsprechen denen des normalen Ultraschalles, es kommen Medikamentenunverträglichkeiten, beziehungsweise deren Kontraindikationen hinzu.

KLINISCHE ANWENDUNG

Bei der Phonophorese kann das Ankopplungsmedium auch als Medikament dienen. Typische Kopplungsmedien sind

- Mineralöle
- Wassermischbare Cremes und Gele

Prinzipiell wird das Medium auf die Haut aufgebracht und dann der Ultraschall appliziert.

Die Eindringtiefe des Medikamentes liegt in einem Bereich von 1 bis 2 mm. Um eine bessere Effizienz zu erreichen, sollte die Haut hydriert werden, da ein zu geringer Feuchtigkeitsgehalt die Übertragung der Ultraschallwellen behindert:

- Dazu wird ein warmes angefeuchtetes Handtuch für 10-15 Minuten vor der Behandlung angebracht
- Nach Beendigung der Behandlung kein ein Okklusivverband die Hydratation, Erwärmung und Vasodilatation erhalten

GUT ZU WISSEN

- Die Menge der absorbierten Medikamente hängt ab von
 - ▶ Der Molekülgröße des Medikamentes
 - ▶ Dem Verteilungskoeffizienten
 - ▶ Dem Protein- und Wassergehalt des Gewebes
 - ▶ Der Frequenz und Intensität des Ultraschalles
- Üblicherweise wird gepulster Ultraschall verwendet
- Wie bei der Standardbehandlung muss der Behandlungskopf konstant in kleinen Kreisen über die Behandlungsfläche bewegt werden, um Verletzungen des Gewebes zu verhindern
- Typische Parameter sind
 - ▶ Nicht-thermaler gepulster Ultraschall
 - ▶ Duty cycle 20 bis 60%
 - ▶ 0,8 bis 1,5 W/cm²
 - ▶ 5 bis 7 Minuten Behandlungszeit

HIGHLIGHTS AUS DER FORSCHUNG

- Phonophorese und ein Okklusivverband verbessern, im Vergleich zu einer Placebobehandlung, die Absorption von Dexamethason¹⁷
- Bei Patienten mit verschiedenen Erkrankungen von Sehnen und Faszien konnte kein zusätzlicher therapeutischer Effekt im Vergleich zu normalem Ultraschall dargestellt werden¹⁸
- Die periphere Phonophorese bringt wenig Zugewinn bei der Beeinflussung der zentralen Mechanismen der Nozizeption im Vergleich zum normalen Ultraschall¹⁹

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Phonophorese steigert den Transfer von Flüssigkeiten und Nährstoffe in das Gewebe durch Steigerung der Permeabilität des Gewebes
- Phonophorese kann verwendet werden, um die Effekte topisch applizierter Analgetika und antiinflammatorischer Medikamente zu verbessern
- Die Forschung ergibt keinen eindeutigen Hinweis auf die Effektivität der Phonophorese

Literatur

1. Robertson V, Ward A. *Ultrasound. Electrotherapy explained*. 4 ed: Elsevier, 2006;251-311.
2. Levine D, Watson T. *Therapeutic Ultrasound. Canine Rehabilitation and Physical Therapy*. 2 ed: Elsevier, 2014;328-341.
3. Harvey W, Dyson M, Pond JB, et al. *The stimulation of protein synthesis in human fibroblasts by therapeutic ultrasound*. *Rheumatol Rehabil* 1975;14:237.
4. Ramirez A, Schwane JA, McFarland C, et al. *The effect of ultrasound on collagen synthesis and fibroblast proliferation in vitro*. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29:326-332.
5. Nussbaum E. *The influence of ultrasound on healing tissues*. *J Hand Ther* 1998;11:140-147.
6. Gan BS, Huys S, Sherebrin MH, et al. *The effects of ultrasound treatment on flexor tendon healing in the chicken limb*. *J Hand Surg Br* 1995;20:809-814.
7. Yeung CK, Guo X, Ng YF. *Pulsed ultrasound treatment accelerates the repair of Achilles tendon rupture in rats*. *J Orthop Res* 2006;24:193-201.
8. Levine D, Millis DL, Mynatt T. *Effects of 3.3-MHz ultrasound on caudal thigh muscle temperature in dogs*. *Vet Surg* 2001;30:170-174.
9. Loonam J, Millis D, Stevens M, et al. *The effect of therapeutic ultrasound on tendon heating and extensibility*. 30th *Veterinary Orthopedic Society* 2003.
10. Loyola Sanchez A, Ramirez Wakamatzu MA, Vazquez Zamudio J, et al. *[Effect of low-intensity pulsed ultrasound on regeneration of joint cartilage in patients with second and third degree osteoarthritis of the knee]*. *Reumatol Clin* 2009;5:163-167.
11. Rutjes AW, Nuesch E, Sterchi R, et al. *Therapeutic ultrasound for osteoarthritis of the knee or hip*. *Cochrane Database Syst Rev* 2010:CD003132.
12. Mueller MC, Gradner G, Hittmair KM, et al. *Conservative treatment of partial gastrocnemius muscle avulsions in dogs using therapeutic ultrasound – A force plate study*. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2009;22:243-248.
13. Ebenbichler GR, Erdogmus CB, Resch KL, et al. *Ultrasound therapy for calcific tendinitis of the shoulder*. *N Engl J Med* 1999;340:1533-1538.
14. Steiss JE, Adams CC. *Effect of coat on rate of temperature increase in muscle during ultrasound treatment of dogs*. *American Journal of Veterinary Research* 1999;60:76-80.
15. Lehmann JF, Delateur BJ, Stonebridge JB, et al. *Therapeutic temperature distribution produced by ultrasound as modified by dosage and volume of tissue exposed*. *Arch Phys Med Rehabil* 1967;48
16. Steiss JE, Levine D: *Physical Agent Modalities*. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice* 2005,35(6):1317-1333.:662-666.
17. Saliba S, Mistry DJ, Perrin DH, Gieck J, Weltman A. *Phonophoresis and the Absorption of Dexamethasone in the Presence of an Occlusive Dressing*. *JAT*. 2007;42(3):349–354.
18. Klaiman MD, Shrader JA, Danoff JV, et al. *Phonophoresis versus ultrasound in the treatment of common musculoskeletal conditions*. *Med Sci Sports Exerc*. 1998;30:1349–1355.
19. Hsieh, Y. *Effects of Ultrasound and Diclofenac Phonophoresis on Inflammatory Pain Relief: Suppression of Inducible Nitric Oxide Synthase in Arthritic Rats*. *Physical Therapy*, 2006; 86: 39-49.

81 x 43 mm

Abbildung 1a und 1b: Der Ultraschallkopf passt zweimal in das Behandlungsfeld – die Behandlungsdauer beträgt acht Minuten

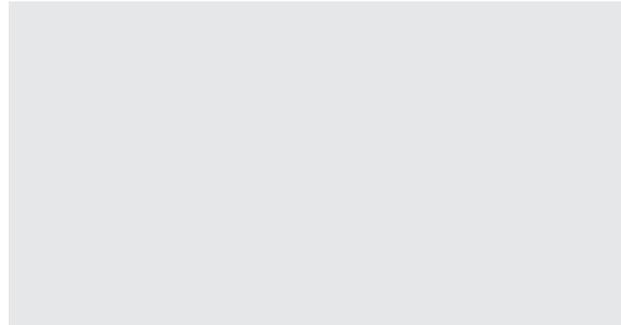


Abbildung 1a und 1b: Der Ultraschallkopf passt zweimal in das Behandlungsfeld – die Behandlungsdauer beträgt acht Minuten

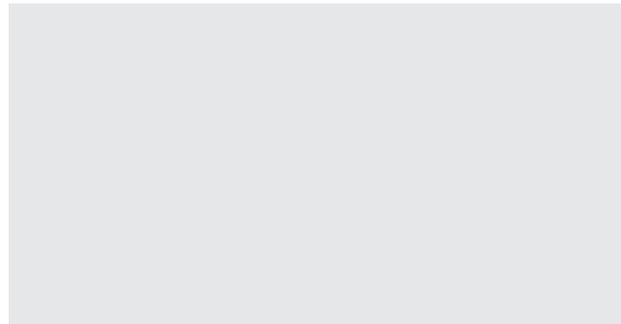


Abbildung 1a und 1b: Der Ultraschallkopf passt zweimal in das Behandlungsfeld – die Behandlungsdauer beträgt acht Minuten

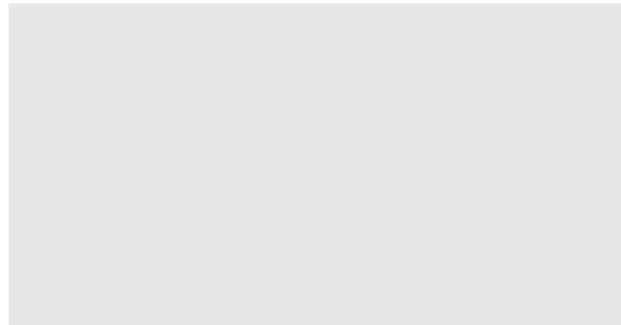


Abbildung 1a und 1b: Der Ultraschallkopf passt zweimal in das Behandlungsfeld – die Behandlungsdauer beträgt acht Minuten

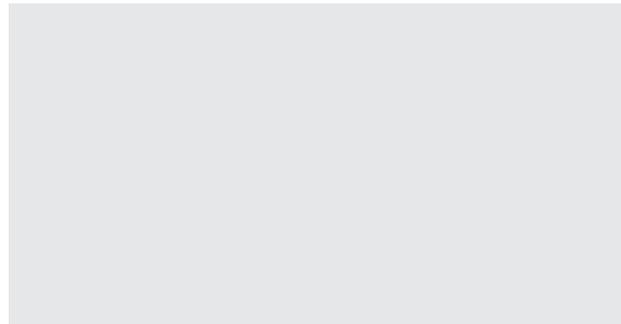


Abbildung 1a und 1b: Der Ultraschallkopf passt zweimal in das Behandlungsfeld – die Behandlungsdauer beträgt acht Minuten

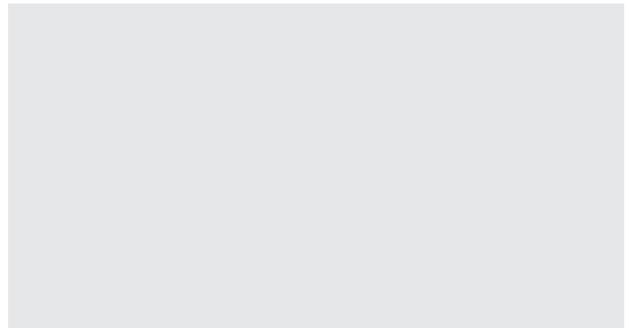


Abbildung 1a und 1b: Der Ultraschallkopf passt zweimal in das Behandlungsfeld – die Behandlungsdauer beträgt acht Minuten

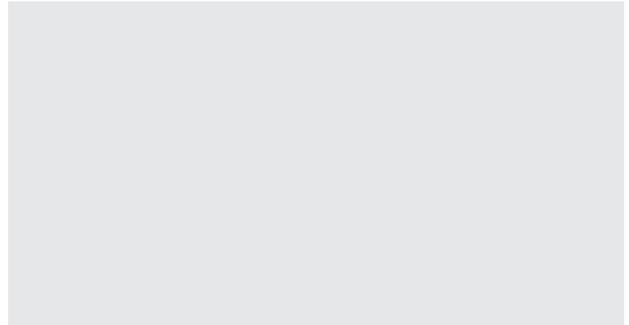


Abbildung 1a und 1b: Der Ultraschallkopf passt zweimal in das Behandlungsfeld – die Behandlungsdauer beträgt acht Minuten

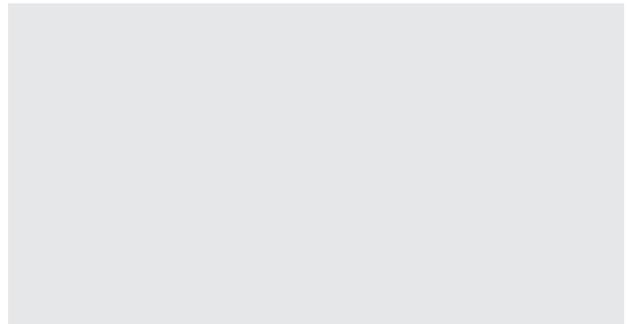


Abbildung 1a und 1b: Der Ultraschallkopf passt zweimal in das Behandlungsfeld – die Behandlungsdauer beträgt acht Minuten

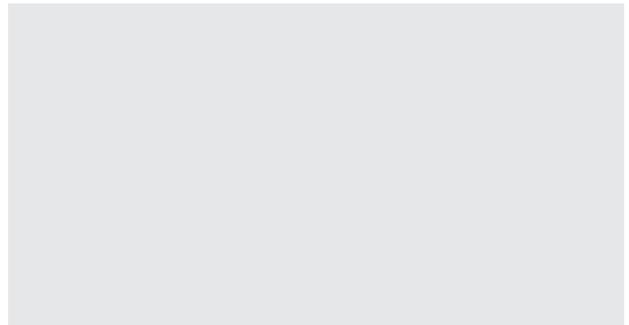


Abbildung 1a und 1b: Der Ultraschallkopf passt zweimal in das Behandlungsfeld – die Behandlungsdauer beträgt acht Minuten

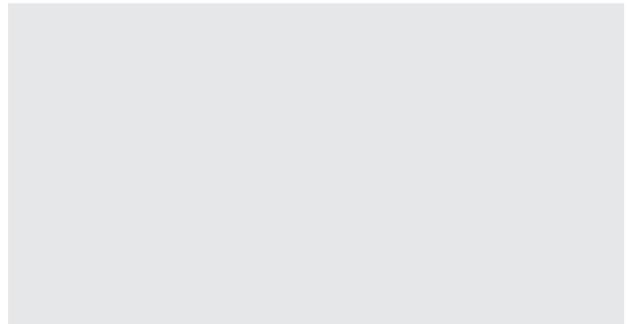


Abbildung 1a und 1b: Der Ultraschallkopf passt zweimal in das Behandlungsfeld – die Behandlungsdauer beträgt acht Minuten