

Experimentelle Untersuchungen zur Beurteilung der Wirksamkeit von Ultraschall bei der Tendinitis des Pferdes.

P. R. Keg

Klinik für Großtierchirurgie der Universität Utrecht

Einleitung

Die therapeutische Anwendung von Ultraschall bei Sportverletzungen fand in den letzten Jahren in der Humanmedizin zunehmend Verbreitung. Die Behandlungsmethode könnte grundsätzlich beim Pferd auch Anwendung finden. Leichte bis mittelschwere Sehnenentzündungen wären möglicherweise mit Ultraschall erfolgreich zu therapieren. Nach der Behandlung von ungefähr hundert Trabern mit klinischer Tendinitis hatten wir einen positiven Eindruck von der Wirksamkeit der Methode. Gingen wir ursprünglich von einer Erfolgsrate hinsichtlich einer vollständigen funktionellen Heilung von 40 % bei den klassischen Therapiemethoden Brennen, Blistern und Sehnen-Splitting nach *Asheim* aus, so konnten wir nach der Anwendung von Ultraschall mit 60 % rechnen. Als Kriterium für eine vollständige Wiederherstellung gilt die Teilnahme an mindestens vier Rennen, wobei der Zeitabstand zwischen den Rennen und Rennleistung den Bedingungen vor der Behandlung entsprechen müssen. Der beobachtete Therapieerfolg veranlaßte uns, die Wirksamkeit des Ultraschalls auf die Heilung von traumatisiertem Sehngewebe beim Pferd anhand eines Experiments zu überprüfen.

Material und Methoden

Für das Experiment standen uns 6 Ponys zur Verfügung. Die Tiere hatten klinisch gesunde Beugesehnen. Bei den Pferden wurde jeweils am rechten Vorderbein eine Tendinitis der oberflächlichen Beugesehne provoziert. Hierzu injizierten wir an drei Stellen im Abstand von je 1 cm fünf Milligramm einer Collagenase/Protease-Kombination (Sigma Collagenase Typ 1-s) in die oberflächliche Beugesehne im Bereich des mittleren Metacarpus. Nach einer Woche wurden die Beugesehnen der linken Gliedmaßen entsprechend behandelt. Diese linken Gliedmaßen wurden in der Folgezeit mit Ultraschall der Intensi-

Zusammenfassung

Die Arbeit beschreibt eine experimentelle Untersuchung über die Wirksamkeit von Ultraschall auf enzymatisch provozierte Tendinitiden bei Ponys. Zur Beurteilung wurden die Parameter Schwellung, Palpation und Lahmheit herangezogen. Dabei zeigten die beschallten Gliedmaßen in jeder Hinsicht bessere Ergebnisse als die nicht beschallten. Auch die Ergebnisse der pathohistologischen Untersuchungen weisen auf geringere Entzündungsreaktionen an den mit Ultraschall behandelten Sehnenstrukturen hin.

Ultrasound therapy of tendinitis in the horse

The clinical use of ultrasound therapy was investigated in ponies with enzymatically induced tendinitis of both frontlegs. Only one leg was treated with ultrasound. Clinical evaluation included the degree of swelling, pain on palpation and lameness. These parameters were in favour in the treated legs. Histological examination revealed a milder inflammatory reaction in the tendons treated with ultrasound.

tät von 0,9–1,0 Watt · cm⁻², einem Pausen-Impuls-Verhältnis von 8:2 und einer Frequenz von 1 MHz täglich 10 Minuten bestrahlt. Die Behandlung zog sich über einen Zeitraum von 3 Wochen. Die zu behandelnden Partien wurden rasiert, um eine ausreichende Schallübertragung zu gewährleisten. Als Kopplungssubstanz kam Sonogel zur Anwendung. Während der Behandlung wurde der Schallkopf langsam über das erkrankte Gebiet bewegt. Der klinische Verlauf der so behandelten artifiziellen Tendinitiden wurde anhand des Schwellungsgrades und anhand der Lahmheit am Ende der Versuchsperiode beurteilt. Nachdem die Therapie abgeschlossen war, wurden die Ponys nach 2 bis 12 Wochen euthanasiert. Die interessierenden Sehnenstücke wurden präpariert und histologisch untersucht. Die Ergebnisse wurden ähnlich dem Modell nach Watkins (1985) quantifiziert, d. h. nach Zellenreichtum, Übereinstimmung der Zellen mit Tenozyten, der Zellausrichtung und dem Blutgefäßgehalt (Abb. 1).

Ergebnisse

Der klinische Verlauf einer durch Collagenase/Protease provozierten, künstlichen Tendinitis ist dem der traumatischen Sehnenentzündung sehr ähnlich. Schwellung, vermehrte Wärme und Schmerz sind am ersten Tag nach der Injektion am deutlichsten. Dies gilt auch für den Grad der Lahmheit. Hinsichtlich der Ausprägung bestehen jedoch Unterschiede. Drei Tage nach der Injektion wurden die Gliedmaßen wieder normal belastet.

Die unterschiedliche Ausprägung der klinischen Symptome bei den verschiedenen Probanden konnte bei der Wiederholung der Injektion an den jeweiligen linken Vorderbeinen nach einer Woche entsprechend beobachtet werden. Jedoch waren die lokalen Reaktionen deutlich heftiger als bei den ersten Behandlungen. Zu Beginn der Ultraschalltherapie waren die zu behandelnden Sehnen erheblich geschwollen. Während der ersten Behandlungswoche nahm der Umfang der Schwellung bereits schnell ab, und



Abb. 1: Ultraschallbehandelte Sehne. Zellreichtum gering erhöht und viel Übereinstimmung mit Tenocyten. Longitudinale Ausrichtung gut. Blutgefäßgehalt mäßig (Vergrößerung 125 \times).

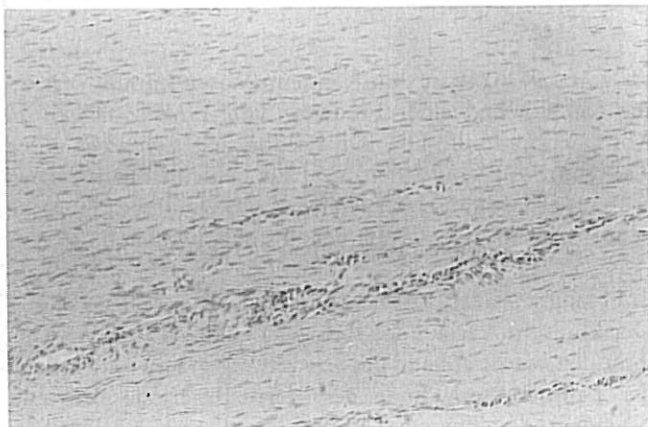


Abb. 2: Sehne ohne Behandlung. Zellreichtum deutlich erhöht und viel weniger Ähnlichkeit mit Tenocyten. Longitudinale Ausrichtung leicht zerstört. Blutgefäßgehalt erhöht (Vergrößerung 125 \times).

nach Abschluß der Bestrahlungsperiode waren die behandelten Sehnen bei allen Ponys auffällig weniger geschwollen als die nicht behandelten (Abb. 1).

Eine Woche nach Abschluß der Behandlungen zeigten noch 2 der 6 Pferde geringgradige Lahmheit an den nicht behandelten Gliedmaßen. Die anderen Ponys waren lahmfrei.

Die histologischen Befunde sind so zu interpretieren, daß insgesamt die behandelten Sehnen dem Bild gesunden Sehnenorgans ähnlicher sind als die nicht behandelten. Die Gruppe der bestrahlten erreichte 86 %, die Gruppe der nicht bestrahlten 58 % des maximalen Ergebnisses. Auch am einzelnen Tier zeigt die behandelte Sehne immer ein besseres Bild als die unbehandelte (Tab. 2).

Diskussion

Nach *Silver et al.* (1983) wird die Sehnenheilung durch kutanes Brennen nicht positiv beeinflusst. Das perforierende Brennen kann wegen möglicher Adhäsionsbildung sogar schädlich sein. Auch durch die scharfe Einreibung mit Rotem Blister, was in der Wirkung einer milden Form des Brennens entspricht, kann keine beschleunigte Sehnenheilung erwartet werden. Das Sehnen-Splitting nach Asheim ist nach unserer Meinung ebenfalls mit der Gefahr

der Adhäsionsbildung belastet. Obendrein fällt allgemein auf, daß all diese „Therapien“ in der Humanmedizin keine Anwendung finden, wo doch die Tendinitis in der Sportmedizin ein erhebliches Problem darstellt.

Zur Beurteilung einer Behandlungsmethode ist Grundvoraussetzung, vergleichbare Bedingungen zu realisieren. Bei Unfallverletzungen kann das Ausmaß der Gewebsschädigung sehr unterschiedlich sein. Die von *Silver et al.* (1983) mit Collagenase provozierte Tendinitis ist wegen ihrer Uniformität und Ähnlichkeit mit dem Unfalltrauma als Modell einer Sehnenentzündung für Versuchsarrangements dieser Art geeignet. Um eine sichere Aussage überhaupt erst zu ermöglichen, wurde dieses Modell für das von uns durchgeführte Experiment gewählt. Nur so lassen sich individuelle Unterschiede hinsichtlich der Heilungspotenz minimieren. Die zweite Collagenase/Protease-Injektion rief bei jedem der Ponys eine heftigere lokale Reaktion hervor als die erste. Diese Beobachtung konnten wir während eines anderen Versuchs bei der auch mehrfach wiederholten Injektion von reiner Collagenase nicht machen. Es ist deshalb wahrscheinlich, daß die Protease oder die Kombination für diese Erscheinung verantwortlich ist. Bei Versuchen über die Absorption und Reflexion von 1-MHz-Ultraschallwellen wurde festgestellt, daß bestenfalls nur 60 % des Schalls die Hautschichten durchdringen. Oft sind dies auch deutlich weniger. Wir wählten aus diesem Grunde am Gerät eine Intensität von 0,9–1,0 Watt \cdot cm $^{-2}$, um an der Sehne mit 0,5 Watt \cdot cm $^{-2}$ rechnen zu können. Wir richteten uns dabei nach Ergebnissen der Untersuchungen von *Harvey* (1975), *Webster* (1980) und *Fyfe* (1984), die einen therapeutischen Effekt von 1 MHz Ultraschall dieser Intensität nachgewiesen haben. *Harvey* (1975) und auch *Webster* (1980) berichten über erhöhte Eiweiß- und Collagensynthese in einer Fibroblastenkultur bei einer Bestrahlung von 1 MHz und 0,5 Watt \cdot cm $^{-2}$. *Fyfe* (1984) wies eine erhöhte Permeabilität von Blutgefäßen unter dem Einfluß von therapeutischem Ultraschall nach. In Anbetracht all dieser Effekte kann von Ultraschall eine positive Wirkung bei der Sehnenheilung erwartet werden.

Das schnelle Abklingen der klinischen Symptome wie Schwellung und Lahmheit nach der Beschallung läßt auf eine Reduzierung der durch die Collagenase/Protease hervorgerufenen Entzündungsreaktion schließen. Diese Beobachtung wird durch die histologischen Befunde unterstützt. Der Vergleich der Gewebsschnitte aus den beschallten Sehnenpartien mit denen, die nicht behandelt wurden, zeigt, daß in ersteren eine deutlich weniger stürmisch verlaufende Entzündungsreaktion abläuft.

Andere Arbeiten berichten ebenfalls über positive Effekte der Ultraschall-Behandlung bei Mensch, Ratte, Meerschwein und Pferd. In einer Gruppe von 76 Epicondylitis-Patienten wurde von *Binder* (1985) eine gute Wiederherstellung bei 63 % der Fälle nach Beschallung festgestellt. Dem gegenüber stand eine Besserungsrate von 29 % bei einer Placebogruppe.

Hustler (1978) untersuchte die Wirkung von Ultraschall auf eine experimentelle Kontusion am Ohr von Meerschweinchen. Die behandelte Seite zeigte dabei eine deutlich bes-

sere Heilungstendenz als die unbehandelte. Bei Ratten konnte Fyfe 1989 eine schnellere Ödemresorption nachweisen.

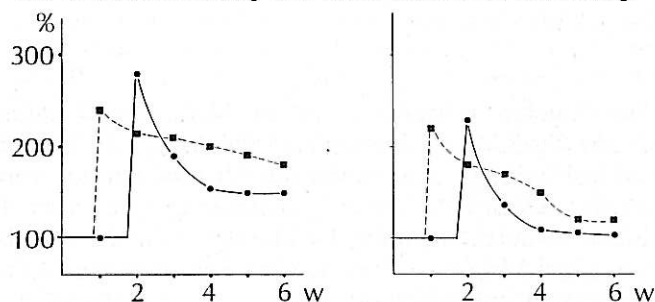
Morcos (1978) behandelte Pferde, bei denen ein Sehnen-Splitting nach Asheim an der oberflächlichen Beugesehne durchgeführt wurde mit Ultraschall. Sechs Wochen nach der Operation zeigten histologische Untersuchungen eine schnellere Heilung der beschallten Sehnen im Vergleich zu einer Placebogruppe. Unsere Ergebnisse stimmen mit den hier zitierten überein. Nachdem das Brennen als Therapiemethode der Sehnenentzündung unüblich geworden ist, scheint nun eine Technik konservativer Behandlung zur Verfügung zu stehen, die es erlaubt, diese Erkrankung mit guter Aussicht auf Erfolg zu therapieren. Hinsichtlich einer Langzeitwirkung können wir aufgrund unserer derzeitigen Resultate noch keine endgültigen Aussagen machen. Hierzu wären experimentelle Untersuchungen über z. B. Elastizität und Zugfestigkeit von behandelten im Vergleich zu nicht behandelten Sehnen durchzuführen.

Tab. 1: Quantitative Beurteilung von Änderungen in histologisch abnormalen Gebieten

Ergebnis	1	2	3
Zellreichtum	Viel	Mäßig	Gering
Übereinstimmung der Zellen mit Tenozyten	< 1/3	1/3-2/3	> 2/3
Longitudinaler Zellausrichtung	< 1/3	1/3-2/3	> 2/3
Blutgefäßgehalt	Viel	Mäßig	Gering

ABNORMAL ←————→ NORMAL

Tab. 2: Sehnenschwellung bei 2 Ponies während der Behandlung.



Sehnenschwellung gemessen in latero-medialer Richtung in Prozenten von originaler Sehnendimension 100 % an der vertikalen Axis. Zeit in Wochen.

- = rechter O. B. Sehne, keine Behandlung
● = linker O. B. Sehne, mit U. S. Behandlung

Tab. 3: Histologische Beurteilung der Pony-Sehnen.

Pony	Linken O. B. Sehne, U. S. Behandlung	Rechten O. B. Sehne, keine Behandlung
1	10	8
2	9	8
3	11	6
4	12	7
5	9	7
6	11	6
Total	62+ 86 %	42+ Maximal 72 58 %

Das Maximal-Ergebnis für jede Sehne ist 12 (4 Criteria × 3 Gradationen). Ein hohes Ergebnis bedeutet dichter bei das Normalbild.

Literatur

- Binder, A., Hodge, G., Greenwood, A.M., Hazleman, B.L., und Page-Thomas, D.P. (1985): Is therapeutic ultrasound effective in treating soft tissue lesions. *Brit. Med. J.* 290, 512-514.
- Fyfe, M.C. und Chabl, L.A. (1980): The effect of ultrasound on experimental oedema in rats. *Ultrasound in Med. and Biol.* 6, 107-111.
- Fyfe, M.C. und Chabl, L.A. (1984): Mast cell degranulation and increased vascular permeability induced by „therapeutic“ ultrasound in the rat ankle joint. *Brit. J. Exp. Path.* 65, 671-676.
- Harvey, W. (1975): In vitro stimulation of protein synthesis in human fibroblasts by therapeutic levels of ultrasound. *Proc. 2. Eur. Cong. of ultrasonics in medicine. Excerpta Medica International Series 363*, 10-21.
- Hustler, J.E., Zaroo, A.P., und Williams, A.R. (1978): Ultrasonic modification of experimental bruising in the Guinea pig pinna. *Ultrasonics*, 223-228.
- Morcos, M.B. und Aswad, A. (1978): Histological studies of the effects of ultrasonic therapy on surgically split flexor tendons. *Equine Vet. J.* 10, 267-269.
- Silver, I.A., Brown, P.N., Goodship, A.E., Lanyon, L.E., McCullagh, K.G., Perry, G.C. und Williams, I.F. (1983): A clinical and experimental study of tendon injury, healing and treatment in the horse. *Equine Vet. J. Suppl 1*.
- Watkins, J.P., Auer, J.A. und Morgan, S.J. (1985): Healing of surgically created defects in the equine superficial flexor tendon: Collagen type transformation and tissue morphologic reorganisation. *Am. J. Vet. Res.* 46, 2091-2096.
- Webster, D.F., Harvey, W. und Dyson, M. (1980): The role of ultrasound induced cavitation in the „in vitro“ stimulation of collagen synthesis in human fibroblasts. *Ultrasonics*, 33-37.

Dr. P.R. Keg
Klinik für Großtierchirurgie
Universität Utrecht
Yalelaan 12
Postbus 80 153
3508 TD Utrecht