

Behandlung des „Kissing Spines“-Syndroms beim Pferd – Teil 1: Literaturübersicht zur Wirksamkeit konservativer Therapiemethoden

Natalie Baudisch, Christoph Lischer und Anna Ehrle

Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie, Freie Universität Berlin

Zusammenfassung: „Kissing Spines“ ist ein häufiger Röntgenbefund, der den Engstand der Dornfortsätze beschreibt und meist im Bereich der thorakolumbalen Wirbelsäule von Pferden auftritt. Die Symptome sind unspezifisch und korrelieren nicht zwangsläufig mit dem Schweregrad der Röntgenbefunde. Röntgenologische Veränderungen an den Dornfortsätzen müssen nicht für Rückenbeschwerden verantwortlich sein, deshalb sollten andere Ursachen immer in Betracht gezogen werden. Die klinische Relevanz radiologisch diagnostizierter Engstände kann daher mit Hilfe von Lokalanästhesien überprüft werden. Bei der Therapie von Engständen lassen sich konservative und chirurgische Behandlungsmethoden unterscheiden. Zu den konservativen Therapieoptionen zählt unter anderem die systemische oder lokale Medikation mit beispielsweise Entzündungshemmern, Muskelrelaxantien oder Bisphosphonaten. Zudem wird in dieser Literaturübersicht auf die Anwendung von Mesotherapie, Stoßwellentherapie, neuromuskuläre Elektrostimulation, energetisch kapazitivem resistivem Transfer, Infrarot-Therapie, Kinesiotaping und Akupunktur eingegangen. Manuelle Therapieformen wie die Physiotherapie und Massage, Chiropraktik und Osteopathie, sowie Trainings- und Bewegungsregime werden anschließend diskutiert. Ziel der Literaturübersicht ist es, die verschiedenen Behandlungsmöglichkeiten zur Therapie von Engständen der Dornfortsätze beim Pferd gegenüberzustellen. Basierend auf der zur Verfügung stehenden Literatur erscheint eine Kombinationstherapie, die eine lokale Behandlung und einen gezielten Muskelaufbau beinhaltet, bis dato am vielversprechendsten zu sein.

Schlüsselwörter: Kissing Spines, Pferd, Dornfortsätze, Therapie, medikamentös, konservativ

The treatment of the „Kissing Spines“-Syndrome in the horse – Part 1: Review about the conservative management

„Kissing Spines“ or „impinging/overriding dorsal spinous processes“ in the area of the thoracolumbar spine are amongst the back pathologies most commonly diagnosed in the equine athlete. The condition is defined as the narrowing of the interspinous space to less than 4 mm. Clinical signs are non-specific and do not necessarily correlate with the severity of radiographic findings. Regional analgesia is recommended for the diagnosis of clinically significant overriding spinous processes, as narrowing of the interspinous may be detected radiographically in horses with and without signs of thoracolumbar pain. A variety of medical and surgical treatment options are available for the management of clinically relevant overriding spinous processes in the horse. Medical management may involve systemic or local administration of anti-inflammatory drugs, muscle relaxants and bisphosphonates. Additionally, specific techniques like mesotherapy, shockwave therapy, neuromuscular electrical stimulation, capacitive resistive electric transfer, infrared therapy, kinesio-taping and acupuncture are described. Further manual therapies including physiotherapy and massage, chiropractic and osteopathy as well as specific aspects of training and exercise are discussed in this literature review. Part 1 of the literature review aims to detail the literature available concerning the conservative treatment options for the management of horses with overriding spinous processes. The review of the current literature highlights the importance of a combined therapy that includes local treatment as well as a consistent exercise protocol in order to achieve optimal rehabilitation in horses with thoracolumbar pain associated with overriding spinous processes.

Keywords: Kissing Spines, horse, dorsal spinous processes, therapy, medication, conservative

Zitation: Baudisch N., Lischer C., Ehrle A. (2022) Behandlung des „Kissing Spines“-Syndroms beim Pferd – Teil 1: Literaturübersicht zur Wirksamkeit konservativer Therapiemethoden. *Pferdeheilkunde* 38, 217–234; DOI 10.21836/PEM20220303

Korrespondenz: Natalie Baudisch, Freie Universität Berlin, Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie, Oertzenweg 19b, 14163 Berlin; n.baudisch@fu-berlin.de

Eingereicht: 16. Januar 2022 | **Angenommen:** 10. März 2022

Einleitung

Das „Kissing Spines“-Syndrom wird von vielen Autoren als ein häufiges Rückenproblem beim Pferd angegeben (Jeffcott 1979 und 1980, Townsend et al. 1986, Haussler et al. 1999,

Ranner und Gerhards 2002). Die englischen Begriffe „Kissing Spines“, impinging- oder overriding spinous processes beschreiben die zugehörige röntgenologische Diagnose, nämlich den Engstand von Dornfortsätzen der thorakolumbalen Wirbelsäule des Pferdes (Abbildung 1), der am häufigsten im

Bereich zwischen dem 13. Thorakalwirbel und dem 1. Lendenwirbel auftritt (Walmsley et al. 2002, Cousty et al. 2010, Coomer et al. 2012, Jacklin et al. 2014). Per definitionem ist von einem Engstand zu sprechen, wenn der Abstand der Processus spinosi weniger als 4 mm beträgt (Zimmerman et al. 2011). Bei der Anfertigung der Röntgenbilder ist hier zu beachten, dass der Abstand der Dornfortsätze unter anderem von der Richtung des Strahlengangs und von der Kopf-Hals-Haltung des Pferdes abhängt (Bernier et al. 2012, Djernaes et al. 2017).

Die Ätiologie der Erkrankung ist noch ungeklärt. Diskutierte Ursachen sind beispielsweise exzessive nutzungsassoziierte Bewegungen, verfrühtes Einreiten oder eine Über-/Fehlbelastung durch die Reiter*innen (Ranner 1997, Sager 1997, Driver et al. 2018). Während Sinding und Berg (2010) bei der Untersuchung von 25 unter drei Monate alten Warmblutfohlen zeigten, dass keines einen Engstand der Dornfortsätze aufwies, stellte Weinberger (2005) bei einer röntgenologischen Untersuchung von Vollblütern bei 50% der Jährlinge, also vor dem Beritt, erhebliche Befunde fest. Auch im ausgestorbenen Wildpferd *Equus occidentalis* konnten bereits Engstände der Dornfortsätze festgestellt werden (Klide 1989).

Coomer et al. (2012) stellten die Hypothese auf, dass Engstände mit einem Kompartmentsyndrom und/oder einer Desmitis der im Interspinalraum gelegenen Bänder, der Ligamenta interspinalia, einhergehen. Diese zeigten strukturelle Veränderungen und eine Zunahme der Innervation bei Pferden mit Engständen. Letzteres könnte die thorakolumbalen Schmerzen mancher Pferde mit Engständen erklären (Ehrle et al. 2019). Pferde mit einem Engstand der Dornfortsätze können unspezifische Symptome wie allgemeinen Leistungsabfall, Verhaltensänderungen und Unrittigkeit, Palpationsdolenz oder ein unregelmäßiges Gangbild zeigen (Jeffcott 1980, Nowak 1988, Kreling und Lauk 1996, Ranner 1997, Sager 1997, Garcia-Lopez 2018, Riccio et al. 2018, Brown et al. 2019). Engstände lassen sich röntgenologisch diagnostizieren (Abbildung 2A), es ist allerdings zu beachten, dass Veränderungen an den Dornfortsätzen auch häufig bei asymptoma-



Abb. 1 Seitenansicht der thorakalen Wirbelsäule eines Pferdes mit Engständen der Dornfortsätze auf Höhe des 14./15. und 17./18. Thorakalwirbels (markiert mit rotem Stern). | *Lateral view of the equine thoracic spine with impinging dorsal spinous processes at the level of the 14th/15th and 17th/18th thoracic vertebrae (indicated with red asterix).*

tischen Pferden festgestellt werden (Jeffcott 1979, Townsend et al. 1986, Pettersson et al. 1987, Ranner 1997, Ranner und Gerhards 2001, Ranner und Gerhards 2002, Erichsen et al. 2004, Holmer 2005, Brunken et al. 2006, Holmer et al. 2007, Cousty et al. 2010, Turner 2011, Geiger 2012, de Graaf et al. 2015, Geiger und Gerhards 2015, Clayton und Stubbs 2016). Dennoch treten, laut Stadler und Martens (2006), Engstände bei Pferden mit diagnostizierten Rückenproblemen dreimal häufiger auf als bei asymptomatischen Pferden. Neben der ausführlichen klinischen Untersuchung können weiterführende diagnostische Methoden wie die Szintigraphie (Abbildung 2B) oder Lokalanästhesie zur Analyse der klinischen Relevanz von Engständen aufschlussreich sein (Ranner 1997, Ranner und Gerhards 2001, Zimmerman et al. 2012, Brown et al. 2019, van Zadelhoff et al. 2019).

Die Behandlungsmöglichkeiten für Pferde mit Engständen der Dornfortsätze sind vielfältig und beinhalten sowohl konservative als auch chirurgische Therapiemethoden (Walmsley et al. 2002, Paulekas und Haussler 2009, Denoix und Dyson 2011, Coomer et al. 2012, Jacklin et al. 2014, Haussler 2018). Laut aktueller Umfragen basiert die Wahl der Behandlungsmethode häufig auf demographischen Faktoren sowie der Vorliebe und Spezialisierung des/der behandelnden Tierarztes/Tierärztin (Haussler 2015, Riccio et al. 2018, Treß et al. 2021).

Ziel dieser Literaturübersicht ist es die verschiedenen Therapiemethoden für Pferde mit Engständen der Dornfortsätze mit ihren Risiken und Erfolgsaussichten, basierend auf der zur Verfügung stehenden Evidenz, kritisch zu untersuchen und gegenüberzustellen. In diesem Teil der Literaturübersicht werden konservative und im zweiten Teil chirurgische Therapiemethoden vorgestellt. Zu diesem Zweck erfolgte eine systematische Literaturrecherche über Pubmed, Medline und Google Scholar mit den folgenden Suchbegriffen ohne Einschränkungen: „back“ oder „spine“

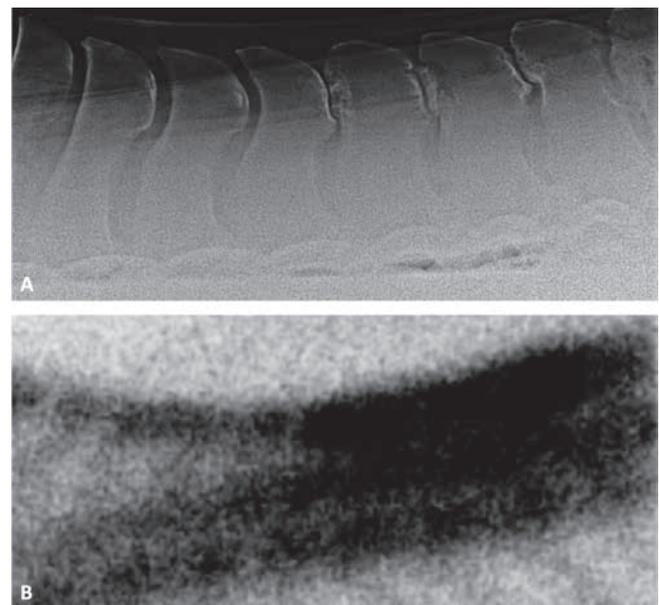


Abb. 2 Latero-laterale Röntgenaufnahme (A) sowie zugehöriges Szintigraphiebild (B) der caudalen thorakalen Wirbelsäule eines Pferdes mit multiplen Engständen der Dornfortsätze. | *Latero-lateral radiographic (A) and scintigraphic (B) view of the thoracic spine of a horse with multiple overriding dorsal spinous processes.*

und „kissing spines“ oder „impinging spinous processes“ oder „overriding spinous process“ und „pain“ oder „treatment“ oder „therapy“ oder „manual“ oder „exercise“ oder „injection“ oder „surgery“ und „equine“ oder „horse“. Weitere Studien wurden der Literaturliste relevanter Artikel entnommen.

Lokale Infiltration

Durch eine lokale Applikation soll eine hohe Konzentration des Medikaments am Wirkort erzielt und systemische Effekte minimiert werden (Costantino et al. 2011, Pekarek et al. 2011, Stout et al. 2019). Zusätzlich führt die langsame Diffusion durch das Gewebe gegebenenfalls zu einer verlängerten Wirkdauer und verringert so den Medikamenteneinsatz (Costantino et al. 2011, Mammucari et al. 2012).

Kortikosteroide

Glukokortikoide wirken antiinflammatorisch und analgetisch (Calignano et al. 1985, Majetschak et al. 2000, Findley und Singer 2016) und werden bei Engständen der Dornfortsätze am häufigsten zur lokalen Infiltration verwendet (Jacklin 2014, Garcia-Lopez 2018, Riccio et al. 2018, Treß et al. 2021). Die Injektion erfolgt am sedierten Pferd, sodass durch das Herabhängen des Kopfes eine Flexion der Wirbelsäule und somit eine Erweiterung der Interspinalräume entsteht (Marks 1999, Allen et al. 2010, Berner et al. 2012).

Injektionen sind inter- oder perispinal möglich (Abbildung 3) (Denoix und Dyson 2011, Coomer et al. 2012, Haussler 2015, Findley und Singer 2016). Die exakte Platzierung der Kanüle zwischen den Dornfortsätzen kann sich mitunter schwierig gestalten, da das Ligamentum interspinale (LIS) mittig nur ca. 1,5 mm breit ist (Marks 1999, Ramey und Daft 2003, Head 2014, Findley und Singer 2016). Anstelle des LIS werden über 90% der vermeintlich interspinalen Injektionen in die epaxiale Muskulatur appliziert (Ramey und Daft 2003). Tritt in diesen Fällen trotzdem eine klinische Besserung ein, so ist von einer Entzündungshemmung und Analgesie innerhalb der Muskulatur, der Diffusion in den interspinalen Raum oder von einer systemischen Absorption der Medikation auszugehen (Ramey und Daft 2003).

Am häufigsten werden die Kortikosteroide Triamcinolon Acetat, Methylprednisolon Acetat, Beta-, Flu- und Dexamethason

für die lokale Injektionsbehandlung bei Pferden mit Rückenschmerzen eingesetzt (Denoix und Dyson 2011, Haussler 2015, Findley und Singer 2016, Treß et al. 2021). Die empfohlenen Dosierungen sind in Tabelle 1 angegeben.

Gängig sind außerdem Kombinationen mit Lokalanästhetika (Mepivacain, Bupivacain, Lidocain) oder Sarapin (Marks 1999, Stanek 2003, Fonseca et al. 2006, Denoix und Dyson 2011, Findley und Singer 2016, Papich 2016b, Treß et al. 2021). Sarapin, ein Pflanzenextraktpräparat aus Sarraceniacen, wird häufig als vermeintlich lokales Analgetikum genutzt (Haussler und Jeffcott 2014, Findley und Singer 2016, Riccio

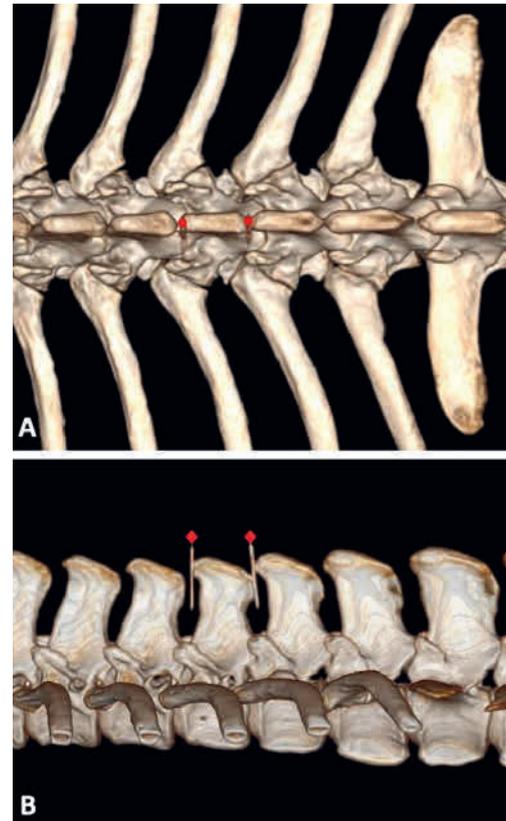


Abb. 3 Dorso-ventrale (A) und latero-laterale (B) computertomographische Darstellung der thorakolumbalen Wirbelsäule eines Pferdes. Die roten Rauten zeigen die Position der Kanülen mittig zwischen den Dornfortsätzen für die Interspinalen Injektion. | Dorso-ventral (A) and latero-lateral (B) computed tomographic images of the equine thoracolumbar spine demonstrating the needle position in midline between the dorsal spinous processes for interspinous injections (red square).

Tab. 1 Dosierung und Behandlungsregime häufig verwendeter Kortikosteroide für die lokale Injektionsbehandlung im Bereich der Processus Spinosi der thorakolumbalen Wirbelsäule des Pferdes. | Dosages of corticosteroids commonly used for local injection in the area of the equine thoracolumbar spine.

Kortikosteroid	Dosierung zur lokalen Anwendung	Literaturquelle
Triamcinolon Acetat	0,02–0,04 mg/kg Maximale Gesamtdosis: 10–30 mg pro Pferd, bzw. 0,022–0,044 mg/kg	(Bertone und Horspool 2004, Haussler 2015, Papich 2016b)
Methylprednisolon Acetat	40–60 mg/Injektionsstelle Maximale Gesamtdosis: 200 mg pro Pferd	(Bertone und Horspool 2004, Denoix und Dyson 2011, Haussler 2015, Papich 2016a)
Flumethason	0,5–1 mg/Injektionsstelle Maximale Gesamtdosis: 4 mg pro Pferd	(Denoix und Dyson 2011, Haussler 2015)
Dexamethason	1,5–2,5 mg/Injektionsstelle Maximale Gesamtdosis: 10 mg pro Pferd	(Denoix und Dyson 2011, Haussler 2015)

et al. 2018). Jedoch konnte weder beim Pferd noch in groß angelegten humanmedizinischen Doppelblind-Studien ein signifikanter schmerzlindernder Effekt von Sarapin nachgewiesen werden (Harkins et al. 1997, Manchikanti et al. 2004, Levin 2009, Campos et al. 2013). Zudem ist das Präparat in Deutschland nicht für die Anwendung beim Pferd zugelassen. Nach der Injektionsbehandlung sollte die Therapie während einer mehrwöchigen Bodenarbeitsphase mit Dehnungsübungen sowie Wirbelsäulenmobilisation und -kräftigung ergänzt werden (Turner 2011, Haussler 2015, Fiske-Jackson 2018). Im Fokus steht die Stärkung der ventralen Bauchmuskulatur, beziehungsweise der gesamten Rumpfstabilität (Hodges und Richardson 1996, Coomer et al. 2012, Haussler 2015, Fiske-Jackson 2018).

Während dieser Rehabilitationsphase wird der Einsatz von Nichtsteroidalen Antiphlogistika (NSAID) von manchen Autoren angeraten, um die antiinflammatorische und analgetische Wirkung der lokalen Steroide zu verstärken (Jacklin 2014, Fiske-Jackson 2018). Stoßwellentherapie und Myorelaxantien können den Heilungsverlauf potenziell zusätzlich positiv beeinflussen (Stanek 2003, Allen et al. 2010, Denoix und Dyson 2011, Haussler 2015, Riccio et al. 2018). Trotz allem benötigen viele Pferde multiple Injektionsbehandlungen, um den Therapieerfolg aufrechtzuerhalten (Coomer et al. 2012, Haussler und Jeffcott 2014, Jacklin 2014, Fiske-Jackson 2018). Garcia-Lopez (2018) empfiehlt bei Bedarf ein Behandlungsintervall von sechs bis zwölf Monaten.

In den im Folgenden aufgeführten Studien wurden nur radiologisch bestätigte Engstände behandelt, jedoch wurden vor der Behandlung keine Lokalanästhesien zur Diagnosesicherung durchgeführt (Turner 2011, Coomer et al. 2012).

In einer Untersuchung von Turner et al. (2011) erzielte die lokale Injektion von Glukokortikoiden bei 55% der insgesamt 31 behandelten Pferde ein gutes bis sehr gutes Ergebnis. Als erfolgreich behandelt galten Pferde, die gemäß Besitzeraussage sowie der tierärztlichen Nachuntersuchung keine klinischen Symptome mehr zeigten, und wieder volle Leistung erbringen konnten. Das Trainingsprogramm hatte in dieser Studie eine wichtige Bedeutung. Wenn eine entspannte vorwärts-abwärts Bewegung des Pferdes nicht möglich war, wurde die Therapie als nicht erfolgreich eingestuft (Turner 2011).

Coomer et al. (2012) verglichen das Resultat einer Desmotomie des Ligamentum interspinale mit den Ergebnissen vorangegangener interspinaler Methylprednisolon-Injektionen (≤ 40 mg pro Interspinalraum, ≤ 160 mg/500 kg Pferd). Sechs Wochen nach Injektion waren zunächst 34 der 38 behandelten Pferde symptomlos oder zeigten eine Besserung der Rückenbeschwerden. Eine erneut auftretende Schmerzsymptomatik stellte sich bei 19 Pferden im Median nach 75 Tagen (zwischen 12–334 Tagen) ein. Von diesen 19 Pferden wurden sieben chirurgisch behandelt, drei in den Ruhestand geschickt und acht mehrfach medikamentös behandelt. Das verwendete Behandlungsintervall ist in diesen Fällen unbekannt. Von diesen acht Pferden konnten vier wieder normal genutzt werden und bei vier Pferden stellten sich eine Lahmheit ein. Zusammengefasst lag die Erfolgsrate der medikamentösen Behandlung hier somit bei 42%.

In einer internationalen Umfrage wurden Komplikationen wie lokale Hautreizungen und oberflächliche Hautinfektionen nach lokaler Injektion von ca. 35% und Abszessbildung von 8% der befragten Tierärzte/Tierärztinnen als selten auftretende Komplikation beschrieben (Treb et al. 2021). Zusätzlich existiert ein Bericht in dem zwei Fälle von Abszessbildung innerhalb der Rückenmuskulatur nach intramuskulären Glukokortikoid-Injektionen in Kombination mit Lokalanästhetika beim Pferd genauer dokumentiert wurden. Beide Pferde entwickelten nach der Abszessspaltung Langzeitfolgen in Form von Dellen in der Muskulatur, Schmerzhafteigkeit und Rittigkeitsproblemen (Stanek 2003). Auch in der Humanmedizin existieren diverse Berichte von Abszessen in Folge von Rückeninjektionen (Rotman-Pikielny et al. 2003, Puehler et al. 2005, Park et al. 2007). In solchen Fällen spielt vermutlich die Glukokortikoid-bedingte lokale Immunsuppression und das daraus resultierende, erhöhte Infektionsrisiko eine Rolle (Davenpeck et al. 1998, Stanek 2003, Stout et al. 2019).

Die Entstehung von Laminitis wird immer wieder mit der Kortikosteroidmedikation in Verbindung gebracht (Johnson et al. 2002, Cornelisse und Robinson 2013). Im Speziellen Triamcinolon Acetat steht in Verdacht mit der Hufreheerkrankung assoziiert zu sein (Harkins et al. 1993, French et al. 2000). Hierfür konnten jedoch in klinischen Studien bisher keine signifikanten Hinweise gefunden werden (McCluskey und Kavenagh 2004, Potter et al. 2019). In einer pro- und retrospektiven Untersuchung wurden Pferde aufgrund verschiedenster Erkrankungen mit Glukokortikoiden behandelt. Hufrehe trat nur bei 0,6 (10 von 1565 Pferden) bis 1% (2 von 205 Pferden) der Pferde innerhalb von 14 Tagen nach Glukokortikoid-Einsatz auf (Potter et al. 2019). Auch im Vergleich zur Prävalenz von Hufrehe bei Pferden im Allgemeinen, scheint die Erkrankung bei Glukokortikoid-behandelten Tieren nicht häufiger aufzutreten als bei anderen (Potter et al. 2019). Im Jahr 2016 wurden 13 Studien zu diesem Thema retrospektiv auf Evidenz geprüft. Auch hier konnte kein kausaler Zusammenhang zwischen Glukokortikoid-Einsatz und Hufrehe festgestellt werden (McGowan et al. 2016). Dennoch sollte die Medikation mit Glukokortikoiden bei Pferden mit bekannter Hufrehe-Vorerkrankung, equinem metabolischen Syndrom, pituitary pars intermedia dysfunction (equines Cushing Syndrom) oder anderen Risikofaktoren mit Vorsicht stattfinden (Cornelisse und Robinson 2013, Leclere 2017). Die Maximaldosis pro Pferd sollte auch bei der Behandlung mehrerer Engstände nicht überschritten werden (Tabelle 1).

Im Gegensatz zur Humanmedizin gibt es bis dato keine publizierten Studien zu Therapieerfolgen mittels epiduraler Medikation bei Rückenbeschwerden des Pferdes (Manchikanti et al. 2010, McIntosh und Hall 2011, Roth et al. 2014).

Mesotherapie

Bei der Mesotherapie werden multiple dünne, kurze (27 gauge, 4 mm) Nadeln auf Höhe der Läsion sowie caudal davon intradermal platziert (Allen et al. 2010, Denoix und Dyson 2011, Turner 2011, Mammucari et al. 2012, Haussler und Jeffcott 2014, Fiske-Jackson 2018, Garcia-Lopez 2018). Zur intradermalen Injektion werden verschiedene Kombinationen aus

Lokalanästhetika, Kortikosteroiden, Muskelrelaxantien, Homöopathika und Infusionslösungen verwendet (Allen et al. 2010, Denoix und Dyson 2011, Turner 2011, Haussler und Jeffcott 2014, Fiske-Jackson 2018). So soll über Typ I- und Typ II-Nervenfasern die Schmerzweiterleitung innerhalb des entsprechenden Segmentes blockiert werden (Denoix und Dyson 2011, Fiske-Jackson 2018). Für diese Theorie ist bis dato allerdings keine wissenschaftliche Evidenz vorhanden.

Das Protokoll von Turner et al. (2011) wurde bisher lediglich im Rahmen eines Kongressbandes (American Association of Equine Practitioners) veröffentlicht. Es beinhaltet die Injektion einer Kombination aus Entzündungshemmern und Ringer-Laktat an 720 Stellen pro Pferd, appliziert zwischen dem Widerrist und der Kruppe. Zwanzig (62%) von 32 Pferden zeigten basierend auf der Beurteilung durch Tierarzt/Tierärztin und Besitzer*in eine deutliche Besserung der klinischen Symptome. Eine weitere Gruppe von 110 Pferden wurde in dieser Studie mit Stoßwellentherapie, Mesotherapie und Training behandelt. Fünfundneunzig dieser Pferde (86%) zeigten eine deutliche Besserung, während 15 Pferde sich nicht oder nur unbefriedigend besserten. Eine reduzierte Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Therapie wurde bei Pferden unter fünf Jahren, beziehungsweise Pferden mit mehr als vier betroffenen Dornfortsätzen festgestellt. Die Autoren geben an, dass das Training für eine erfolgreiche Therapie am relevantesten ist, Stoßwellentherapie und Mesotherapie sollen lediglich unterstützend wirken (Turner 2011).

Mesotherapie wurde von Allen et al. (2010) in variablen Kombinationen mit Stoßwellentherapie, Glukokortikoid-Injektionen, Tiludronat-Infusionen und Training angewandt. Für die Mesotherapie wurden Multi-Injektoren genutzt, mit denen in je drei Reihen pro Seite im Abstand von 4 cm infiltriert wurde. Anschließend sollten die Pferde drei bis fünf Tage ruhen und dann über sieben Tage das Training langsam wieder aufnehmen. Sechshundsechzig der 74 behandelten Pferde (89%) zeigten nach dieser Kombinationstherapie eine klinische Besserung. Allerdings blieb die Verbesserung nur bei 23 (31%) Pferden für länger als sechs Monate bestehen (Allen et al. 2010).

In der Humanmedizin ist die Mesotherapie als erfolgreiche Alternative zur systemischen, beziehungsweise intramuskulären Behandlung von akutem und chronischem Rückenschmerz beschrieben (Costantino et al. 2011, Mammucari 2014, Ferrara et al. 2017). Im Rahmen eines systematischen Reviews wurden 16 Studien mit insgesamt 2422 Patienten, die an muskuloskelettalen Schmerzen litten, überprüft (Mammucari et al. 2012). Es wurden verschiedene Medikamente wie NSAIDs, Myorelaxantien, EDTA, Calcitonin, Vasodilatoren oder Lokalanästhetika eingesetzt. Nach der Behandlung trat bei der Mehrheit der Patienten eine Schmerzreduktion ein. Es wird jedoch auch hier deutlich, dass eine Kombination mit anderen Therapieoptionen bessere Resultate liefert als die Mesotherapie allein (Mammucari et al. 2012).

Intradermale Injektionen von isotoner Kochsalzlösung oder sterilem Wasser sind in der Humanmedizin ebenfalls beschrieben (Mårtensson und Wallin 1999, Ivan et al. 2013, Lee et al. 2013, Cui et al. 2016, Brown-Elliott und Philley 2017, Ferrara et al. 2017). Beide Lösungen, vor allem aber steriles Wasser, verursachen während der Injektion lokal einen ste-

chenden Schmerz (Lee et al. 2013, Cui et al. 2016). Nach der Behandlung stellte sich in allen aufgeführten Studien ein signifikanter analgetischer Effekt ein (Mårtensson und Wallin 1999, Lee et al. 2013, Cui et al. 2016, Ferrara et al. 2017). Für die Injektion von sterilem Wasser ist im Vergleich zur Kochsalzlösung eine größere Schmerzreduktion dokumentiert (Cui et al. 2016). Es wird vermutet, dass dies in der osmotischen Wirkung des sterilen Wassers und der damit verbundenen stärkeren Ausdehnung des umliegenden Gewebes begründet ist (Mårtensson und Wallin 1999, Cui et al. 2016). Im Vergleich zur Medikamenten-Mesotherapie zeigte sich die Injektion von Kochsalzlösung auf lange Sicht (zwölf Wochen) weniger erfolgreich, erschien aber im Hinblick auf Risiken und Kosten dennoch eine gute Alternative zu sein (Ferrara et al. 2017).

Systemische Medikation

Nichtsteroidale Antiphlogistika (NSAIDs)

NSAIDs wirken unter anderem antiinflammatorisch (Vane 1976, Tobin et al. 1986) und analgetisch (Vane 1976, Cashman 1996). Die alleinige systemische Gabe von NSAIDs erscheint keine sinnvolle Langzeitleistung zu sein und zeigt bei der Therapie von Engständen meist eine unzureichende Wirkung (Marks 1999, Denoix und Dyson 2011, Jacklin 2014, Findley und Singer 2016). NSAIDs sollten lediglich unterstützend zu anderen Therapiemethoden während der initialen Rehabilitationszeit verabreicht werden (Jacklin 2014, Findley und Singer 2016, Fiske-Jackson 2018).

Muskelrelaxantien

Muskelrelaxantien werden zur symptomatischen Behandlung von Muskelspasmen und in Kombination mit anderen Therapiemethoden auch bei Engständen der Dornfortsätze eingesetzt (Rumpler et al. 2014, Findley und Singer 2016, Haussler et al. 2020). Häufig kommt bei Pferden Methocarbamol, ein zentral wirksames Muskelrelaxans, zum Einsatz (Knych et al. 2016). Methocarbamol kann intravenös (10 mg/kg iv) (Denoix und Dyson 2011) oder per os in einer Dosierung von 1–4 mg/kg bei mäßiger, oder 4–11 mg/kg bei starker Hypertonie verabreicht werden (Haussler 2015). Findley und Singer (2016) beschreiben eine ausschleichende Behandlung über 15 Tage. Vorsichtig sollte man laut humanmedizinischer Artikel bei vorliegenden Nieren- oder Leberstörungen sein (Artner et al. 2020). Methocarbamol ist in Deutschland nur als humanmedizinisches Arzneimittel zugelassen und es fehlen bisher Studien zur Effektivität beim Pferd.

In humanmedizinischen Studien führten zentral wirksame Muskelrelaxantien zu einer deutlichen, kurzwirksamen Reduktion von akuten Schmerzen im Bereich des unteren Rückens (Berry und Hutchinson 1998, van Tulder et al. 2003, Emrich et al. 2015, Abdel Shaheed et al. 2017), hatten aber auch Nebenwirkungen wie Schwindel und Schläfrigkeit zur Folge (Berry und Hutchinson 1998, van Tulder et al. 2003). Eine Kombination aus NSAID und Muskelrelaxans zeigt beim Menschen bessere Resultate als die alleinige Therapie mit NSAIDs (Borenstein et al. 1990, Berry und Hutchinson 1998, Emre 1998, Sirdalud Ternelin Asia-Pacific Study Group 1998, Beebe

et al. 2005). Da für eine Schmerzreduktion bei chronischem Rückenschmerz auch in humanmedizinischen Studien bisher keine ausreichende Evidenz besteht (Chou 2010, Abdel Shaheed et al. 2017) wird eine Therapie mit Muskelrelaxantien derzeit nur für akute Schmerzschübe und auch nur für eine kurze Behandlungsdauer empfohlen (Dillon et al. 2004, Abdel Shaheed et al. 2017). Wichtig zu beachten ist, dass Methocarbamol in der Liste der verbotenen Substanzen der FEI und in der Liste II der Anti-Doping- und Medikamentenkontroll-Regeln der Deutschen Reiterlichen Vereinigung aufgeführt ist und somit zu den im Wettkampf verbotenen Substanzen gehört.

Bisphosphonate

Einfache, stickstofffreie Bisphosphonate, wie Clodronsäure und Tiludronat, führen zur Apoptose von Osteoklasten (Lehenkari et al. 2002, Rogers et al. 2011) und wirken antiapoptotisch auf Osteoblasten und Osteozyten (Bellido und Plotkin 2011). Folglich werden Knochenresorption (Ammann et al. 1993, Bonjour et al. 1995, Delguste et al. 2007) und Knochenumgestaltung reduziert (Rodan und Fleisch 1996). Außerdem wird Tiludronat eine antiinflammatorische (Barbier et al. 1986, Mönkkönen et al. 1997) und Clodronsäure eine analgetische und stimulierende Wirkung auf die Osteoblastendifferenzierung zugesprochen (Bonabello et al. 2001, Itoh et al. 2003, Shima et al. 2016, Saviola et al. 2017).

Die Plasmakonzentration und Wirkung von Tiludronat scheint beim Pferd unabhängig davon zu sein, ob das Medikament einmalig als Dauertropfinfusion oder verteilt über mehrere Tage als Bolus (Tabelle 2) verabreicht wird (Delguste et al. 2008). In einer Studie von Mitchell et al. (2019) wurde die intramuskuläre Gabe von Clodronsäure beim Pferd beschrieben (Tabelle 2), die zu einer geringgradigen aber signifikanten klinischen Besserung von Hufrollen-assoziierten Lahmheiten führte, allerdings keine messbare Veränderung der Knochenumsatzmarker zur Folge hatte (Mitchell et al. 2019).

Coudry et al. (2007) untersuchten die intravenöse Anwendung von Tiludronat bei Pferden mit Osteoarthritis der Facettengelenke im Bereich der thorakolumbalen Wirbelsäule. Die Pferde wurden in zwei Gruppen eingeteilt: 14 Pferde erhielten eine Kochsalz- und 15 Pferde eine Tiludronat-Infusion. Die dorsoventrale Flexibilität der thorakolumbalen Wirbelsäule wurde im Trab (auf der Geraden und auf dem Zirkel) und im Galopp (auf dem Zirkel) vor der Behandlung, sowie 60 und 120 Tage danach anhand von Videoaufnahmen gemessen und verglichen. Diese Aufnahmen wurden von drei der Autoren visuell ausgewertet, welche der thorakolumbalen Beweglichkeit der Pferde Werte zwischen Null und Drei zuordneten. Nach 60 Tagen zeigten 80% (zwölf Pferde) der Tiludronat-Gruppe und 50%

(sieben Pferde) der Kontrollgruppe eine verbesserte Beweglichkeit der Wirbelsäule. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen konnte im Trab jedoch weder an Tag 60 noch an Tag 120 festgestellt werden. Signifikant war lediglich die erhöhte dorsale Flexibilität der Tiludronat-Gruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe im Galopp an Tag 60. Die Autoren schlossen daraus, dass die Behandlung mit Tiludronat bis Tag 60 eine Erhöhung der Flexibilität der thorakolumbalen Wirbelsäule ermöglicht und eine Aufrechterhaltung dieser Verbesserung bis Tag 120 bestehen kann (Coudry et al. 2007).

Es existiert aktuell keine Studie zur Effizienz von Bisphosphonaten zur Behandlung von Engständen der Dornfortsätze. Obwohl die Studie von Coudry et al. (2007) die Therapie von Osteoarthritis der Facettengelenke beschreibt, hat sie zur Folge, dass Bisphosphonate auch zur Behandlung von Engständen eingesetzt werden (Garcia-Lopez 2018). Zurzeit ist für Pferde in Deutschland allerdings lediglich ein Clodronsäure-Präparat, zur Anwendung bei Vorderbeinlahmheiten aufgrund von Umbauprozessen des Strahlbeins, zugelassen.

Über Nebenwirkungen von Bisphosphonaten bei Pferden ist nur wenig berichtet, was am geringen Stichprobenumfang innerhalb der Bisphosphonat-Studien liegen könnte (Mitchell et al. 2019). Vereinzelt traten transiente Kolik- und zentralnervöse Symptome auf (Frevel et al. 2017). In der Humanmedizin sind zusätzlich atypische Stressfrakturen und Kieferosteonekrosen beschrieben (Khosla et al. 2007, Silverman und Landesberg 2009, Abrahamsen 2010, Khosla et al. 2012, Shane et al. 2014). Da Bisphosphonate potenziell nephrotoxisch sind, wird beim Pferd empfohlen vor der Behandlung die Nierenwerte zu überprüfen und die Bisphosphonat-Behandlung nicht mit potenziell nephrotoxischen Medikamenten zu kombinieren (Duesterdieck-Zellmer 2018, U.S. Food and Drug Administration 2020). Die US-amerikanische Food and Drug Administration warnt explizit davor Tiludronat gleichzeitig mit einem NSAID anzuwenden, da dies das Risiko einer Nierentoxizität und eines akuten Nierenversagens erhöhen kann (U.S. Food and Drug Administration 2020).

Bedenken hat der Bisphosphonat-Einsatz auch bei jungen Pferden hervorgerufen (Koch et al. 2020). Bei sich im Wachstum befindenden Ratten führte die Verabreichung von hochdosiertem Bisphosphonat (10–12 mg/kg) auf lange Sicht zu einer signifikant verringerten Knochenlänge (Lepola et al. 1996, Koivukangas et al. 2001). Eine vergleichbare Langzeitstudie mit Pferden gibt es bisher nicht. In therapeutischen Dosen verabreichtes Bisphosphonat zeigte bei jungen Pferden innerhalb von 60 Tagen keine Auswirkung auf die Knochenstruktur (Richbourg et al. 2018). Aufgrund mangelnder Information über die genauen Langzeitfolgen raten Koch et al. (2020) bei jungen Pferden jedoch von der Bisphosphonat-Behandlung ab.

Tab. 2 Dosierung und Behandlungsregime von Bisphosphonaten beim Pferd. | *Dosage regimes for the administration of bisphosphonates in the equine patient.*

Bisphosphonat	Dosierung	Behandlungshinweise	Literaturquelle
Tiludronat	0,1 mg/kg i.v.	1x täglich für insgesamt 10 Tage	(Denoix et al. 2003, Delguste et al. 2008)
Tiludronat	1,0 mg/kg i.v.	zusammen mit 1l 0,9% NaCl als Dauertropfinfusion	(Coudry et al. 2007, Delguste et al. 2008, Whitfield et al. 2016)
Clodronat	1,4 mg/kg i.m.	aufgeteilt auf zwei Injektionsstellen	(Frevel et al. 2017, Mitchell et al. 2019)

Stoßwellentherapie

Stoßwellen sind kurzweilige, sich schnell ausbreitende Druckänderungen im Raum (Ueberle 1998, Ogden et al. 2001). Sie sind durch einen rapiden Druckanstieg über wenige Nanosekunden, gefolgt von einem Druckabfall und einer variablen Unterdruckphase am Ende gekennzeichnet (Ueberle 1998, Ogden et al. 2001, Wess 2004, Neumann 2012). Die extrakorporale Stoßwellentherapie (ESWT) wird in radiale und in energiereichere, fokussierte Stoßwellen unterteilt, wobei die fokussierten Stoßwellen im Vergleich zu den radialen eine größere Eindringtiefe besitzen (Imtiaz und Bilal 2011, Santamoto et al. 2019). Radiale Wellen sind, aufgrund ihres eher sinusförmigen Verlaufs, im engeren Sinne nicht als Stoß-, sondern als Druckwellen zu bezeichnen (Urhahne 2005, Imtiaz und Bilal 2011, Neumann 2012).

Die genaue Wirkungsweise der Stoßwellentherapie ist noch nicht vollständig geklärt (Santamoto et al. 2019). Grundsätzlich führen Stoßwellen zu einer direkten und indirekten mechanischen Kraffteinwirkung an Grenzflächen innerhalb des Gewebes (Ogden et al. 2001). Treffen Stoßwellen auf Grenzflächen erfolgt durch die Impulsübertragung eine direkte mechanische Kraffteinwirkung. Der indirekte Effekt entsteht infolge der am

Ende eintretenden Unterdruckphase, wodurch eine Kavitationsblase innerhalb des Gewebes entsteht. Diese kollabiert unter Bildung sekundärer Wellen. Der Kollaps ist in der Nähe von Grenzflächen nicht ungehindert möglich. Es entstehen daher sogenannte Mikrojets, welche mit hoher Geschwindigkeit auf die Grenzflächen stoßen und zu einer indirekten Kraffteinwirkung führen (Delius 1994, Wess 2004). Den so entstehenden mechanischen Reizen werden in der Pferdemedizin analgetische, und in der Humanmedizin zusätzlich angiogenetische, chondroprotektive und osteogenetische Effekte zugeschrieben (Ekkernkamp et al. 1992, Wang et al. 2002, Wang et al. 2003, Wang et al. 2012, Santamoto et al. 2019, Walewicz et al. 2019, Trager et al. 2020). Darüber hinaus wird diskutiert, ob eine klinische Besserung nach Stoßwellenbehandlung mit einer Beeinträchtigung, beziehungsweise Schädigung lokaler sensorischer Nervenendigungen im Zusammenhang steht (Ohtori et al. 2001, Wu et al. 2007, Imboden et al. 2009).

In der Humanmedizin konnte nach Anwendung von ESWT, bei Patienten mit chronischen Schmerzen im unteren Rücken, eine analgetische Wirkung dokumentiert werden (Lee et al. 2014, Han et al. 2015, Walewicz et al. 2019). Auch bei Pferden mit thorakolumbalen Schmerzen ist der Einsatz von ESWT be-

schrieben (McClure und Weinberger 2003, Allen et al. 2010, Turner 2011, Trager et al. 2020).

Vor der Behandlung sollten die entsprechenden Stellen geschoren, die Haut mit Isopropanol entfettet und Ultraschallgel aufgetragen werden (Schlachter und Lewis 2016, Trager et al. 2020). Die Dornfortsätze und die epaxiale Muskulatur werden mittels fokussierter Stoßwellen mit einer Fokustiefe von 35–80 mm behandelt (McClure und Weinberger 2003, Allen et al. 2010, Turner 2011, Trager et al. 2020). Trager et al. (2020) nutzten in ihrer Studie eine Energieflussdichte von 0,13 mJ/mm², während andere Autoren höhere (0,15 mJ/mm²) bis maximale Einstellungen beschreiben (McClure und Weinberger 2003, Allen et al. 2010, Turner 2011). Die Anzahl der Impulse variiert ebenfalls je nach Literatur zwischen 100–125 Impulsen pro betroffenem Dornfortsatz (McClure und Weinberger 2003, Trager et al. 2020). Nach der Behandlung sollte den Pferden eine mindestens zweitägige Pause gewährt werden (Allen et al. 2010, Trager et al. 2020). Die Anzahl der Nachbehandlungen ist abhängig vom Therapieerfolg (Haussler et al. 2020). Meist sind drei bis sechs Behandlungen im Abstand von zwei bis vier Wochen erforderlich (McClure und Weinberger 2003, Schlachter und Lewis 2016, Trager et al. 2020).

Ziel der Studie von Trager et al. (2020) war es, den Einfluss von ESWT auf die Nozizeption und die Muskelquerschnittsfläche von Pferden mit thorakolumbalen Schmerzen und epaxialer Muskelatrophie zu untersuchen. Mittels Druckalgometrie wurde über 56 Tage mehrfach die mechanische Schmerzschwelle (kg/cm²) im Bereich der thorakolumbalen Wirbelsäule bestimmt. ESWT wurde an den Tagen 0, 14 und 28 zwischen dem 12. Brust- und dem 5. Lendenwirbel mit 750 Impulsen pro Seite angewendet. Unabhängig vom Grad der Osteoarthritis oder der Engstände zeigten 83% (10 von 12 Pferden) eine signifikante Erhöhung der nozizeptiven Schwelle. Zwischen Tag 35 und 56 wurde keine weitere prozentuale Erhöhung der mechanischen Schmerzschwelle festgestellt, weshalb die Autoren von einer dreiwöchigen analgetischen Wirkung, infolge der dritten ESWT Behandlung, ausgehen. Es konnte keine Veränderung der Querschnittsfläche der untersuchten wirbelsäulenstabilisierenden Musculi multifidi festgestellt werden. Die Autoren empfehlen daher eine Kombination der Stoßwellenbehandlung mit Physiotherapie (Trager et al. 2020).

Turner (2011) untersuchte zwar nicht die alleinige Wirkung von ESWT, zeigte aber, dass eine Kombination aus ESWT, Meso- oder Kortikosteroidtherapie.

Neuromuskuläre Elektrostimulation

Neuromuskuläre Elektrostimulation (NMES) führt durch Elektroden auf der Haut zur Erzeugung von Aktionspotentialen, die eine Stimulation und Kontraktion der Muskulatur bewirken (Gregory und Bickel 2005, Schils 2009). Diese neuromuskuläre Erregung scheint sowohl in der Human-, als auch in der Pferdemedizin Muskelatrophie, -hypertonie und -spasmen entgegenzuwirken (Kern et al. 2004, Kern et al. 2005, Yan et al. 2005, Schils 2010, Schils et al. 2015). Zur Behandlung des Pferderückens werden meist sechs Elektroden, je drei rechts und drei links der Wirbelsäule, angebracht (Riedler et al. 2020).

NMES Geräte zeichnen sich durch eine Pulsdauer von 200–600 μ s, eine variable Volt-Amplitude und eine Frequenz von mehr als 50 Herz (Hz) aus (Schlachter und Lewis 2016). Die Spannung sollte dabei so hoch sein, wie sie vom Pferd gerade noch toleriert wird, da sich mit der Voltzahl auch die Eindringtiefe erhöht. Meist steigt die Akzeptanz während des Behandlungszeitraums an, weshalb auch die Spannung angepasst werden kann (Ravara et al. 2015, Schlachter und Lewis 2016).

Schils und Turner (2014) veröffentlichten eine retrospektive Studie, in der sie 241 Fälle von Pferden mit epaxialen Muskelschmerzen auswerteten, die mit NMES behandelt wurden. Die Schmerzlokalisierung lag bei 221 Pferden im Lumbosakral-, bei 18 im Thorakal- und bei zwei Pferden im Glutealbereich. Vor jeder NMES Therapie wurde palpatorisch der Muskeltonus bestimmt und einem von sechs Graden zugeordnet. Mit einer Frequenz von 60 Hz und einer Spannung zwischen 3,8–11 Volt wurden die Rücken der Pferde für 35 Minuten behandelt. Fünfzig Prozent der Pferde wurden zwei bis viermal und 50% der Pferde über fünfmal behandelt. Die meisten Behandlungen (58%) fanden in einem Zeitraum zwischen zwei Tagen und sechs Monaten statt. In der Studie waren unter anderem auch Pferde mit Engständen der Dornfortsätze vertreten. Die Behandlungsintervalle für diese Pferde lagen im Durchschnitt bei zweimal in 12–28 Stunden, dreimal in drei Wochen und 12-mal pro Jahr. Während dieser Behandlungsperiode wurden die Pferde weiterhin trainiert. Achtzig Prozent (191 Pferde) zeigten bereits nach 2 Therapieeinheiten eine Verbesserung des Muskeltonus um einen Grad. Bei 60% (142 Pferden) wurde eine anhaltende Reduktion des Muskeltonus für mindestens zwei Monate festgestellt (Schils und Turner 2014). Eine ähnliche Studie mit sechs Pferden, bei denen der Lumbosakralbereich dreimal wöchentlich über acht Wochen mit NMES behandelt wurde, zeigte nach durchschnittlich 4,3 Behandlungen eine Reduktion des Muskeltonus um einen Grad. Die Autoren vermuten, dass die NMES bedingte vermehrte Durchblutung und tägliche Muskularbeit zu einer Reduktion der Muskel-Hypertonie führt (Schils et al. 2015).

Was die vermutete anabole, muskelaufbauende Wirkung von NMES angeht so gibt es positive Berichte im Bereich der Larynxmuskulatur des Pferdes und auch an verschiedensten Behandlungslokalisationen wie z.B. der Oberschenkelmuskulatur des Menschen (Mucha 2004, Gondin et al. 2011, Kern 2014, Cercone et al. 2019). Für die Rückenmuskulatur des Pferdes konnte bisher allerdings keine eindeutig anabole Wirkung von NMES nachgewiesen werden.

Energetischer kapazitiver resistiver Transfer

Beim energetisch kapazitiven resistiven Transfer wird eine inaktive Elektrode am Sternum befestigt und eine aktive Elektrode auf der zu behandelnden Muskulatur des Pferdes angebracht. Die aktive Elektrode gibt dabei Hochfrequenzenergien in zwei Arten ab, kapazitiv und resistiv. Durch erstere wird vor allem oberflächlich Wärme erzeugt, während durch den resistiven Modus die Energie mit einer Frequenz von 448 kHz zur inaktiven Elektrode geleitet wird und so tiefere Körperschichten erwärmen soll (Becero et al. 2020).

Humanmedizinische Studien deuten darauf hin, dass es in behandelten Körperregionen zu einer erhöhten Temperatur, Durchblutung, Flexibilität, Hämoglobinkonzentration und Stammzellproliferation kommt (Hernández-Bule et al. 2014, Tashiro et al. 2017, Yokota et al. 2018, Rodríguez-Sanz et al. 2020).

Eine Veränderung der Bewegungsabläufe konnte in der Pferdemedizin von Becero et al. (2020) festgestellt werden. Der Einsatz von energetisch kapazitivem resistivem Transfer bei Pferden mit thorakolumbalen Schmerzen wurde bisher nur in einer Studie beschrieben. Diese bestand aus einer Kontroll- und einer Therapiegruppe mit jeweils neun Pferden. Die Behandlungen fanden viermal in einem Zeitraum von zwei Wochen statt. Vor und nach dem Behandlungszeitraum wurden klinische Untersuchungen und dreidimensionale Gangbildanalysen mit Hilfe von portablen Sensoren durchgeführt. Die sich daraus ergebenden Daten lassen vermuten, dass die Anwendung von hochenergetischem Strom die Bewegung von Pferden mit milden bis moderaten Rückenbeschwerden positiv beeinflussen könnte (Argüelles et al. 2020).

Infrarot-Therapie

Infrarot ist als elektromagnetische Strahlung mit einer Wellenlänge von 780 nm–1000 µm definiert. Man unterscheidet je nach Wellenlänge Infrarot-A, -B und -C Strahlen (Richter und Schmidt 2002, Sliney 2016).

In der Humanmedizin konnten Erfolge der Infrarot-Therapie bei der Behandlung von Schmerzen im unteren Rücken verzeichnet werden (Gale et al. 2006, Siems et al. 2010, Ervolino und Gazze 2015).

Untersuchungen bezüglich der Wirkung von Infrarot-Behandlungen beim Pferd existieren kaum. Kalinowski et al. (2008) untersuchten den Effekt einer Infrarot-C-Strahlungskabine bei Pferden mit Rückenproblemen. Die Infrarot-Gruppe, bestehend aus 20 Pferden mit Engständen der Dornfortsätze, wurde 14 Tage lang täglich für 30 Minuten bei 60 °C mit Infrarot-Strahlung (8–10 µm) behandelt und anschließend longiert. Die Kontrollgruppe bestehend aus 10 Pferden, wovon 8 Pferde Engstände hatten, wurde nur longiert. Nach diesen zwei Wochen wurden alle Pferde für vier weitere Wochen abschließend longiert. Die Ergebnisse von Provokationsproben sowie manuellen und algometrischen Beurteilungen wurden in Scores unterteilt. In fast allen Punkten zeigte die Infrarot-Gruppe zwischen Tag 0 und 14, beziehungsweise Tag 42, hoch- ($p \leq 0,01$) bis höchst- ($p \leq 0,001$) signifikante Besserungen im Vergleich zur Kontrollgruppe. Die Frage nach langfristigen Erfolgen bleibt allerdings offen (Kalinowski et al. 2008).

Kinesiotaping

Das Aufbringen von elastischem Tape auf die Haut wird als Kinesiotaping bezeichnet. Kinesiotape besteht aus Baumwollfasern und hypoallergenem Klebstoff und lässt sich auf 130–140 % seiner Länge im Ruhezustand strecken. Das Aufbringen des Tapes strafft die Haut und durch die Verbindung mit tieferliegenden Schichten soll dies unterschiedliche, positive Effekte

auf Haut, Faszien, Muskulatur, Gelenke und das lymphatische System haben (Gramatikova et al. 2014, Molle 2016).

Zellner et al. (2017) untersuchten den Einfluss von Kinesiotaping auf den Bewegungsablauf und die Muskelaktivität gesunder Pferde. Hier konnten nach der Anwendung keine signifikanten Unterschiede im Vergleich zu den Messungen vor- oder während der Tape-Applikation festgestellt werden (Zellner et al. 2017). Ebenfalls keine signifikante Veränderung erzielte der Versuch von Ericson et al. (2020). Die Autoren brachten Kinesiotape auf das ventrale Abdomen auf und betrachteten die Flexions-Extensions-Bewegung der Wirbelsäule im Trab (Ericson et al. 2020).

Bisher existiert keine Literatur zu Kinesiotaping bei Pferden mit Engständen der Dornfortsätze. Allerdings gibt es eine Studie, die den analgetischen Effekt von Kinesiotape im Bereich der thorakolumbalen Wirbelsäule untersuchte (Garcia Piqueres und Fores Jackson 2021). Dabei wurde die nozizeptive Schwelle mit Hilfe eines Algometers und die Empfindlichkeit mittels manueller Palpation vor dem Aufbringen des Tapes, eine Stunde nach Aufbringen und 24 Stunden nachdem das Tape entfernt wurde erfasst. Fünfzehn Pferde ohne klinisch auffällige Rückenbeschwerden wurden in die Studie aufgenommen. Randomisiert wurden die Pferde einer der folgenden Gruppe zugeordnet: entweder wurde das Tape mit oder ohne Spannung auf fünf Dornfortsätze aufgebracht. Im Anschluss an die Studie wechselten die Pferde die Gruppen und das Experiment wurde wiederholt. Eine Stunde nach Aufbringen des Tapes konnte in beiden Gruppen mittels Algometrie eine signifikante Erhöhung der nozizeptiven Schwelle festgestellt werden. Diese Beobachtung blieb allerdings nach der Entfernung des Tapes nicht bestehen. Die manuelle Palpation 24 Stunden nach Tape-Entfernung ergab eine Erhöhung der nozizeptiven Schwelle in beiden Gruppen: vor Aufbringen des Tapes waren bereits 78 % bzw. 80 % der beiden Gruppen schmerzfrei. Nach dem Entfernen zeigten sich 99 % bzw. 96 % schmerzfrei. Ob das Kinesiotape mit oder ohne Spannung aufgebracht wurde machte keinen signifikanten Unterschied (Garcia Piqueres und Fores Jackson 2021). Ein systematisches Review aus der Humanmedizin untersuchte den Effekt von Kinesiotaping auf chronische Schmerzen im unteren Rückenbereich. Es konnten positive Effekte festgestellt werden, die jedoch nicht signifikant waren (Trobec und Peršolja 2019).

Akupunktur

Der genaue Wirkmechanismus der Akupunktur ist noch nicht vollständig aufgeschlüsselt. Durch das Einbringen der Nadeln in Akupunkturpunkte werden lokale Reaktionen ausgelöst (le Jeune et al. 2016). Laut humanmedizinischer Studien scheint es unter anderem zur vermehrten Freisetzung von Endorphinen, Enkephalin, γ -Aminobuttersäure, Noradrenalin, Dopamin und Serotonin zu kommen (Cabýoglu et al. 2006, Wang et al. 2008, Lu und Lu 2013). Aufgrund der bekannten analgetischen und relaxierenden Effekte wird die Akupunktur auch unterstützend bei der Rehabilitation von Rückenerkrankungen des Pferdes eingesetzt (Haussler 2003, le Jeune et al. 2016). Bisher ist keine publizierte Studie bekannt, die die Wirksamkeit von Akupunktur bei Pferden mit Engständen der Dornfortsätze

evaluiert. Es wurden jedoch Untersuchungen bei Pferden mit Rückenbeschwerden unbekannter Genese durchgeführt. Ältere Untersuchungen, mit relativ geringer Evidenzstufe, zeigten bereits positive Effekte von Dry Needling, Laser- und Aqua-Akupunktur (Klide 1984, Martin und Klide 1987, Klide und Martin 1989, Martin und Klide 1997). Xie et al. (2005) verglichen die Anwendung von Elektro-Akupunktur mit der oralen Applikation von Phenylbutazon, beziehungsweise Kochsalzlösung. Eine signifikante Reduktion der thorakolumbalen Schmerzen konnte nach der dritten Akupunktur-Anwendung anhand von Pain Scores dokumentiert werden. Die Akupunktur-Gruppe war mit nur vier Pferden allerdings sehr klein (Xie et al. 2005).

In einer prospektiven, randomisierten Einfachblindstudie wurde die Wirkung von Akupunktur auf das Bewegungsmuster gesunder Pferde untersucht. Die Symmetrie der Kopfbewegung, die Bewegungsamplitude des Beckens und die Belastung, beziehungsweise das Abstoßen der Vorder- und Hintergliedmaßen wurde mit Hilfe von Sensoren und subjektiv durch zwei Tierärztinnen/Tierärzte erfasst und analysiert. Im Vergleich zur Kontrollgruppe konnte, insbesondere im Bereich des Beckens und der Hintergliedmaße, eine signifikante Verbesserung der Bewegungssymmetrie bei den Akupunktur-behandelten Pferden festgestellt werden (Dunkel et al. 2017). In Übereinstimmung mit diesen Ergebnissen waren die Resultate einer weiteren randomisierten, kontrollierten und verblindeten klinischen Studie. Hier wurden insgesamt 31 Pferde mit Lumbal- und Glutealschmerzen vor und direkt nach der Akupunktur- bzw. Sham-Behandlung mit Hilfe eines Fragebogens evaluiert. Der Fragebogen beinhaltete neun klinische Beurteilungskriterien, die von zwei unabhängigen Beobachtern (Pferdefachpersonal), unter Verwendung einer Skala von 0–3, bewertet wurden. Das Gesamtergebnis der 16 Pferde, welche mit Akupunktur behandelt waren, besserte sich basierend auf dieser Beurteilung klinisch ca. fünfmal mehr als die Pferde in der Kontrollgruppe (Varhus und Huisheng 2019).

In einer anderen Studie wurde eine signifikante Veränderung des thermographischen Bildes nach Akupunktur bei Pferden mit thermographisch diagnostizierten „Hot spots“ im Bereich der thorakolumbalen Wirbelsäule dokumentiert. Die Autoren vermuten daher, dass Akupunktur vasomotorische Störungen im Rückenbereich verringern kann (Bello et al. 2018). Thermographisch lassen sich gegebenenfalls warme Areale, welche auf akute Entzündungen hinweisen könnten, von kalten, weniger stark durchbluteten Arealen abgrenzen (von Schweinitz 1999). Obwohl die thermographische Untersuchung als diagnostisches Mittel zur Untersuchung von Engständen der Dornfortsätze beim Pferd beschrieben ist (Turner 2011), sollte die hohe Störanfälligkeit dieser Technik durch den Einfluss externer Strahlungsenergien (z.B. durch die Sonne), Bewegungen des Pferdes, hohe oder niedrige Umgebungstemperaturen (Ideal: 20°C) und Artefakte durch Hautveränderungen oder Verschmutzungen in Betracht gezogen werden (Turner 2018).

Cloprostenol, ein synthetisches Prostaglandin F_{2α} Analogon, wurde 2019 in einer Studie zur Pharmakopunktur bei 25 Vollblütern mit muskulär bedingten Rückenschmerzen eingesetzt (Sheta et al. 2019). Die Kontrollgruppe bestand aus fünf beschwerdefreien Pferden. Vor und nach Belastung wurden klinische Untersuchungen sowie Laboranalysen durchgeführt. Die Kontroll-

gruppe wurde ausschließlich an Tag 0 untersucht, während die Cloprostenol-Gruppe vor der Behandlung sowie an den Tagen zwei, vier und sechs nach der Pharmakopunktur evaluiert wurde. Die Studie ergab unter anderem eine signifikante Reduktion der Blut-Aspartat-Aminotransferase und Kreatinin-Phosphokinase-Werte innerhalb der Cloprostenol-Gruppe. Dies erklären die Autoren mit der analgetischen, antiinflammatorischen und muskelrelaxierenden Wirkung des Cloprostenols. Des Weiteren wurden Veränderungen des Blutbildes (U.a. Erhöhung der Anzahl der Blutplättchen und weißen und roten Blutzellen) und des Cortisolspiegels festgestellt. Die Autoren schließen daher aus ihrer Studie, dass eine Pharmakopunktur mit Cloprostenol Rückenbeschwerden lindern kann (Sheta et al. 2019).

Manuelle Therapie

Die manuelle Therapie beim Pferd umfasst hauptsächlich die Gebiete der Physiotherapie, Massage, Chiropraktik und Osteopathie (Haussler 2009). Unter Physiotherapie versteht man zunächst die Verbesserung der Körperfunktion durch aktive und passive Bewegung. Neben physikalischen Anwendungen wie Hitze, Kälte, Strom und Druck etc. ist auch die Massage eine physiotherapeutische Anwendung. In der Chiropraktik werden muskuloskeletale Funktionsstörungen der Wirbelsäule mit Hilfe von kurzen, schnellen Manipulationstechniken im Bereich der Gelenke behandelt. Ziel der Osteopathie ist es durch die manuelle Behandlung von Gelenken, Muskeln, Sehnen und Faszien die Selbstheilung des Körpers zu aktivieren (Kreling 2014).

Die chiropraktische Behandlung zeigte geringe, aber zum Teil signifikante Veränderungen der Kinematik der thorakolumbalen Wirbelsäule sowie des Beckenbereiches bei Pferden mit Rückenschmerzen (Gomez Alvarez et al. 2008). Haussler et al. (2007, 2010) untersuchten den Effekt von chiropraktischer Manipulation, im Sinne einer manuellen Druckausübung mit hoher Kraft und Geschwindigkeit aber niedriger Amplitude. Durch die Behandlung stieg neben der dorsoventralen Beweglichkeit, welche mit Hilfe eines Extensometers bestimmt wurde, auch die Kraft (gemessen mittels Druckmattensystem), die aufgebracht werden konnte, bis bei der induzierten Bewegung ein Widerstand aufkam. Letzteres könnte laut der Autoren auf eine höhere Drucktoleranz nach der Behandlung hindeuten (Haussler et al. 2007, Haussler et al. 2010). In Übereinstimmung mit dieser Vermutung zeigten weitere Studien, welche nur teilweise mit Kontrollgruppe stattfanden, eine therapiebedingte Erhöhung der nozizeptiven Schwelle, die mit Hilfe von Druckalgometrie bestimmt wurde (Haussler und Erb 2003, Sullivan et al. 2008). Haussler et al. (2010) dokumentierten zusätzlich die Steifigkeit der Wirbelsäule vor und nach der manuellen Therapie. Zur Berechnung der Steifigkeit wurden die Daten der Algometrie mit denen des Extensometers kombiniert. Das Ergebnis war zwar nicht signifikant, ergab aber eine erhöhte Steifigkeit im Vergleich zur Kontrollgruppe. Der genaue Hintergrund für dieses unerwartete Ergebnis bleibt zunächst ungeklärt (Haussler et al. 2010).

Auch manuelle Massage (inkl. Effleurage und Petrissage) der gesamten epaxialen Muskulatur der Hals-, Brust- und Kreuzbeinregion sowie der proximalen Brust- und Beckenmuskulatur führte in einer klinischen Studie im Bereich der kaudalen Wirbelsäule des Pferdes eine Woche nach Behandlung zu

einer signifikanten Erhöhung der nozizeptiven Schwelle um 12% und war der Therapie mit Phenylbutazon (8%) überlegen (Sullivan et al. 2008). Dennoch war Massage in dieser Untersuchung nicht so erfolgreich wie die chiropraktische Behandlung (27%) (Sullivan et al. 2008). Eine Cross-over-Studie mit acht Pferden schloss, dass eine Massage der Hintergliedmaßenmuskulatur die aktive und passive Protraktion erhöht (Hill und Crook 2010). Zudem resultierte Massage in einer Verringerung der Herzfrequenz, weshalb ihr eine stressreduzierende Wirkung zugesprochen wird (McBride et al. 2004, Lojek et al. 2013, Kowalik et al. 2017).

Die geringe Studienanzahl im Bereich manueller Therapien und die verschiedenen Versuchsaufbauten erschweren die Vergleichbarkeit. So wurden nicht immer kontrollierte Studien erstellt und die Arbeiten unterscheiden sich hinsichtlich der Behandlungsart und -häufigkeit sowie ihrer Patientenauswahl, die zum Teil aus Pferden mit klinisch relevanten thorakolumbalen Schmerzen (Gomez Alvarez et al. 2008) aber auch induzierten Schmerzen (Haussler et al. 2007) oder aus gesunden Pferden (Haussler und Erb 2003, Sullivan et al. 2008, Haussler et al. 2010, Hill und Crook 2010, Lojek et al. 2013, Kowalik et al. 2017) bestand.

Training

Sowohl in Kombination mit medikamentöser, als auch chirurgischer Therapie wurden Training und Dehnungsübungen als wichtige Faktoren für eine erfolgreiche Behandlung von Engständen der Dornfortsätze angegeben (Walmsley et al. 2002, Turner 2011). Training und Bewegungsprogramme zielen auf eine erhöhte Flexibilität, verbesserte Propriozeption und Balance, reduzierte Muskelhypertonie und auf eine Stärkung der ventralen Bauchmuskulatur, beziehungsweise der gesamten Rumpfstabilität ab (Paulekas und Haussler 2009, Coomer et al. 2012, Haussler 2015, Fiske-Jackson 2018).

Zu den wichtigsten Wirbelsäulenstabilisatoren gehören die Mm. Multifidi (Stubbs et al. 2006, Clayton et al. 2012, Garcia Lineiro et al. 2017). Verschiedenste Rückenpathologien gehen mit einer einseitigen Atrophie der Mm. multifidi einher (McGowan et al. 2007, Stubbs et al. 2010). Bisher wurde zwar noch nicht untersucht, ob dies speziell auch bei Engständen der Dornfortsätze der Fall ist, dennoch scheinen Rückenschmerzen im Allgemeinen bei Pferd und Mensch die tiefe Wirbelsäulenmuskulatur zu blockieren, was wiederum zu einer reduzierten Stabilität und weiteren Pathologien und Schmerzen führen kann (Hides et al. 1994, Hodges et al. 2006, McGowan et al. 2007). Dynamische Übungen zur Mobilisation, im Sinne von Flexions-, Extensions- und lateralen Beugeübungen, bewirken eine signifikante Erhöhung der Querschnittsfläche und eine Reduktion der Asymmetrie der Mm. Multifidi (Stubbs et al. 2011). Diese Übungen wurden in einer klinischen Studie bei acht Pferden über drei Monate fünfmal pro Tag und Woche durchgeführt (Stubbs et al. 2011). Gerade durch Übungen, bei denen sich das Pferd mit dem Kopf weit nach caudal in Richtung Hüfte oder Sprunggelenk bewegt, wird eine laterale Biegung der thorakolumbalen Wirbelsäule erreicht, was vermutlich zu einer Aktivierung der Mm. Multifidi führt (Clayton et al. 2012). Diese Beobachtung wird durch Studienergebnisse unterstützt, die eine Assoziation zwischen einer Hypertrophie der Mm. Multifidi und

einer erhöhten Haltungsstabilität nach 12 Wochen regelmäßig durchgeführten „Core Strength“ Übungen aufzeigen (Ellis und King 2020). Allerdings ist die Aussagekraft dieser Studie, aufgrund des Fehlens einer Kontrollgruppe der geringen Probandenzahl (7 Pferde mit unterschiedlichsten Lahmheiten), deutlich limitiert (Ellis und King 2020).

Zuletzt sei noch eine Studie über die Anwendung von Ganzkörper-Vibrations-Platten genannt. Halsberghe et al. (2017) verfolgten ein Protokoll bei dem diese Therapieform bei neun Pferden zweimal täglich für je 30 Minuten, fünfmal die Woche, über 60 Tage angewendet wurde. An den Tagen 0, 30 und 60 wurde die Querschnittsfläche und die Symmetrie der Mm. Multifidi ultrasonographisch bestimmt. Es konnte eine signifikante Erhöhung der Querschnittsfläche an Tag 30 und 60 und eine signifikante Angleichung der Muskelsymmetrie an Tag 60 festgestellt werden. Bei der Kontrolluntersuchung, bestehend aus fünf Pferden, wurde die Querschnittsfläche zunächst 30 Tage vor der Studie und an Tag 0 bestimmt. In diesem Zeitraum änderte sich die Querschnittsfläche der Mm. Multifidi nicht signifikant. Limitationen der Studie sind die geringe Anzahl der Pferde (9) und deren Inhomogenität bezüglich unterschiedlicher Lahmheiten und Rückenpathologien. Zwar wurden die Besitzer dazu angehalten, das Trainingsregime der Pferde drei Monate vor und während der Studie nicht zu verändern, dennoch handelte es sich nicht um ein standardisiertes Trainingsprogramm (Halsberghe et al. 2017).

Zum jetzigen Zeitpunkt liegen keine standardisierten, evidenzbasierten Behandlungsprotokolle für Pferde mit Engständen der Dornfortsätze vor. Daher erscheint es umso wichtiger durch eine Zusammenarbeit von Tierarzt/Tierärztin, manuellem/manueller Therapeut*in und Trainer*in ein individuelles Rehabilitationsprogramm für das betroffene Pferd zu entwickeln.

Diskussion

Die Möglichkeiten der konservativen Therapie von Engständen der Dornfortsätze beim Pferd sind vielfältig, aber keine der recherchierten Behandlungsmöglichkeiten erscheint erfolgsversprechend genug, um als alleinige Therapie empfohlen zu werden.

Ziel der Therapie sollte es daher sein, eine geeignete Behandlungskombination für das betroffene Pferd zu finden. So zeigte sich zum Beispiel eine Verbindung aus Stoßwellentherapie, Mesotherapie, Training und gegebenenfalls medikamentöser Therapie erfolgsversprechender als die alleinige Injektion von Glukokortikoiden oder Mesotherapie (Allen et al. 2010, Turner 2011, Coomer et al. 2012).

Hervorzuheben ist, dass ein konsequentes und geeignetes Trainingsprogramm zusammen mit Dehnungsübungen wiederholt als wichtiger Faktor für das erfolgreiche Management von Pferden mit Engständen der Dornfortsätze genannt wird (Walmsley et al. 2002, Turner 2011). Hierbei sollte gezielt auf eine Stärkung der Mm. Multifidi geachtet werden, um die Funktion dieser Muskeln als Stabilisatoren der thorakolumbalen Wirbelsäule zu optimieren (Stubbs et al. 2006, Clayton et al. 2012, Garcia Lineiro et al. 2017). Die Studien, die Trainingsempfehlungen

zum Aufbau der Mm. Multifidi beschreiben, enthalten viele Elemente aus dem Bereich der manuellen Therapie (Stubbs et al. 2011, Ellis und King 2020). Die Unterstützung eines ausgebildeten Therapeuten bei der gezielten Rehabilitation eines Pferdes mit Engständen der Dornfortsätze ist daher ratsam. Darüber hinaus können Applikationen wie Akupunktur, NMES oder Infrarot-Therapie unterstützend wirken und gegebenenfalls die klinische Symptomatik bei Rückenbeschwerden lindern (Xie et al. 2005, Kalinowski et al. 2008, Schils und Turner 2014, Schils et al. 2015, Varhus und Huisheng 2019). Die vorgestellten humanmedizinischen Studien dienen der erweiterten Darstellung potenzieller Wirkungsweisen verschiedener Therapien. Weitere Studien in der Pferdemedizin sind allerdings dringend erforderlich, da die Erkenntnisse aus dem humanmedizinischen Bereich nicht allgemein auf den Patienten Pferd übertragbar sind. Bei jeder Therapie ist zu bedenken, dass Engstände der Dornfortsätze eine röntgenologische Diagnose sind, die eine schlechte Korrelation mit den klinischen Befunden hat (Jeffcott 1979, Townsend et al. 1986, Pettersson et al. 1987, Ranner und Gerhards 2002, Erichsen et al. 2004, Holmer 2005, Holmer et al. 2007, Cousty et al. 2010, Turner 2011, de Graaf et al. 2015, Clayton und Stubbs 2016). Bei ausbleibendem Therapieerfolg ist es daher essenziell, die Diagnose zu überprüfen und Ursachen nicht nur im Bereich der thorakolumbalen Wirbelsäule, sondern darüber hinaus zum Beispiel im Zusammenhang mit dem Sattel oder dem restlichen Bewegungsapparat zu suchen (Nowak 1988, Landman et al. 2004, Geiger 2012, Mayaki et al. 2019). Allein weil die Schmerzursache oft nicht eindeutig den Dornfortsätzen zuzuordnen ist, sollte den konservativen Therapiemethoden zunächst immer Vorrang vor einer chirurgischen Intervention gegeben werden (Stanek 2003, Rubio-Martinez 2021).

Insgesamt ist die Studienlage über die Wirksamkeit der konservativen Therapieoptionen für die Behandlung von Pferden mit Engständen der Dornfortsätze sehr limitiert. Die Anzahl der Untersuchungen ist gering, die Probandenzahl meist klein und es fehlen in der Regel geeignete Kontrollgruppen. Die Diagnose einer Rückenerkrankung wie „Kissing Spines“ basiert oft auf subjektiven Einschätzungen und auch für die Beurteilung des Therapieerfolges fehlen in der Regel objektivierbare Kriterien. Prospektive, evidenzbasierte Untersuchungen sind daher dringend erforderlich und sollten darauf abzielen diese Lücken zu schließen.

Danksagung

Ein großer Dank gilt der Akademie für Tiergesundheit und der Elsa-Neumann-Stiftung für die Unterstützung dieser Arbeit.

Literatur

Pferdemedizin

- Allen A. K., Johns S., Hyman S. S., Sislak M. D., Davis S., Amory J. (2010) How to Diagnose and Treat Back Pain in the Horse. AAEP Proceedings 56, 384–388
- Argüelles D., Becero M., Munoz A., Saitua A., Ramon T., Gascon E., Sanchez de Medina A., Prades M. (2020) Accelerometric Changes before and after Capacitive Resistive Electric Transfer Therapy in Horses with Thoracolumbar Pain Compared to a SHAM Procedure. *Animals* 10, 2305; DOI 10.3390/ani10122305
- Becero M., Saitua A., Argüelles D., Sanchez de Medina A. L., Castejon-Riber C., Riber C., Munoz A. (2020) Capacitive resistive electric transfer modifies gait pattern in horses exercised on a treadmill. *BMC Vet. Res.* 16, 10; DOI 10.1186/s12917-020-2233-x
- Bello C. A. O., Vianna A. R. C. B., Nogueira K. (2018) Acupuncture in the restoration of vasomotor tonus of equine athletes with back pain. *J. Dairy Vet. Anim. Res.* 7, 140–144
- Berner D., Winter K., Brehm W., Gerlach K. (2012) Influence of head and neck position on radiographic measurement of intervertebral distances between thoracic dorsal spinous processes in clinically sound horses. *Equine Vet. J.* 44, 21–26; DOI 10.1111/j.2042-3306.2012.00678.x
- Bertone J. J., Horspool L. J. I. (2004) Appendix - Drugs and dosages for use in equines. *Equine Clin. Pharmacol.* W.B. Saunders Verlag, London, 365–380; DOI 10.1016/B978-0-7020-2484-9.50022-5
- Brown K. A., Davidson E. J., Orved K., Ross M. W., Stefanovski D., Wulster K. B., Levine D. G. (2019) Long-term outcome and effect of diagnostic analgesia in horses undergoing interspinous ligament desmotomy for overriding dorsal spinous processes. *Vet. Surg.* 49, 590–599; DOI 10.1111/vsu.13377
- Brunken G., De Besi N., Königsmann-Brunken D. (2006) Radiologische Untersuchungen an den Dornfortsätzen der Rückenwirbel. *Der Praktische Tierarzt* 87, 617–621
- Campos G. J., Chacón T. C., Cova F. J., Flores S. A., Rojas J. A., Risso A. J., Zerpa González H. A. (2013) Evaluation of the Local Analgesic Effects of a Commercial Aqueous Extract of *Sarracenia purpurea* and Ammonium Sulfate in the Equine Abaxial Sesamoid Block Model. *J. Equine Vet. Sci.* 33, 1004–1007; DOI 10.1016/j.jevs.2013.02.004
- Cercone M., Jarvis J. C., Ducharme N. G., Perkins J., Piercy R. J., Willand M. P., Mitchell L. M., Sledziona M., Soderholm L., Cheetham J. (2019) Functional electrical stimulation following nerve injury in a large animal model. *Muscle Nerve* 59, 717–725; DOI 10.1002/mus.26460
- Clayton H. M., Kaiser L. J., Lavagnino M., Stubbs N. C. (2012) Evaluation of intersegmental vertebral motion during performance of dynamic mobilization exercises in cervical lateral bending in horses. *Am. J. Vet. Res.* 73, 1153–1159; DOI 10.2460/ajvr.73.8.1153
- Clayton H. M., Stubbs N. C. (2016) Enthesophytosis and Impingement of the Dorsal Spinous Processes in the Equine Thoracolumbar Spine. *J. Equine Vet. Sci.* 47, 9–15; DOI 10.1016/j.jevs.2016.07.015
- Coomer R. P., McKane S. A., Smith N., Vandeweerd J. M. (2012) A controlled study evaluating a novel surgical treatment for kissing spines in standing sedated horses. *Vet. Surg.* 41, 890–897; DOI 10.1111/j.1532-950X.2012.01013.x
- Cornelisse C. J., Robinson N. E. (2013) Glucocorticoid therapy and the risk of equine laminitis. *Equine Vet. Educ.* 25, 39–46; DOI 10.1111/j.2042-3292.2011.00320.x
- Coudry V., Thibaud D., Riccio B., Audigié F., Didierlaurent D., Denoix J.-M. (2007) Efficacy of tiludronate in the treatment of horses with signs of pain associated with osteoarthritic lesions of the thoracolumbar vertebral column. *Am. J. Vet. Res.* 68, 329–337; DOI 10.2460/ajvr.68.3.329
- Cousty M., Retureau C., Tricaud C., Geffroy O., Caure S. (2010) Location of radiological lesions of the thoracolumbar column in French trotters with and without signs of back pain. *Vet. Rec.* 166, 41–45; DOI 10.1136/vr.c70
- de Graaf K., Enzerink E., van Oijen P., Smeenk A., Dik K. J. (2015) The radiographic frequency of impingement of the dorsal spinous processes at purchase examination and its clinical significance in 220 warmblood sporthorse. *Pferdeheilkunde* 31, 461–468; DOI 10.21836/PEM20150505
- Delguste C., Amory H., Doucet M., Piccot-Crezollet C., Thibaud D., Garnero P., Detilleux J., Lepage O. M. (2007) Pharmacological effects of tiludronate in horses after long-term immobilization. *Bone* 41, 414–421; DOI 10.1016/j.bone.2007.05.005

- Delguste C., Amory H., Guyonnet J., Thibaud D., Garnerio P., Detilleux J., Lepage O. M., Doucet M. (2008) Comparative pharmacokinetics of two intravenous administration regimens of tiludronate in healthy adult horses and effects on the bone resorption marker CTX-1. *J. Vet. Pharmacol. Ther.* 31, 108–116; DOI 10.1111/j.1365-2885.2007.00936.x
- Denoix J. M., Thibaud D., Riccio B. (2003) Tiludronate as a new therapeutic agent in the treatment of navicular disease: a double-blind placebo-controlled clinical trial. *Equine Vet. J.* 35, 407–413; DOI 10.2746/042516403776014226
- Denoix J. M., Dyson S. J. (2011) Chapter 52 - Thoracolumbar Spine. *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*. Ross M., Dyson S. Elsevier Verlag, Philadelphia, PA, 592–605
- Djernaes J. D., Nielsen J. V., Berg L. C. (2017) Effects of X-Ray Beam Angle and Geometric Distortion on Width of Equine Thoracolumbar Interspinous Spaces Using Radiography and Computed Tomography—a Cadaveric Study. *Vet. Radiol. Ultrasound* 58, 169–175; DOI 10.1111/vru.12466
- Driver A., Henson F., Kidd J. A., Lamas L. P., Pilsworth R. (2018) *Back Pathology. Equine Neck and Back Pathology*. Henson F. M. D., Wiley Blackwell Verlag, Hoboken, 2. Auflage, 195–238
- Duesterdieck-Zellmer K. F. (2018) Einsatz von Bisphosphonaten beim Pferd—eine Literaturübersicht. *Tierärztl. Praxis G* 46, 323–333; DOI 10.15653/TPG-170804
- Dunkel B., Pfau T., Fiske-Jackson A., Veres-Nyeki K. O., Fairhurst H., Jackson K., Chang Y. M., Bolt D. M. (2017) A pilot study of the effects of acupuncture treatment on objective and subjective gait parameters in horses. *Vet. Anaesth. Analg.* 44, 154–162; DOI 10.1111/vaa.12373
- Ehrle A., Ressel L., Ricci E., Merle R., Singer E. R. (2019) Histological examination of the interspinous ligament in horses with overriding spinous processes. *Vet J* 244, 69–74; DOI 10.1016/j.tvjl.2018.12.012
- Ellis K. L., King M. R. (2020) Relationship Between Postural Stability and Paraspinal Muscle Adaptation in Lameness Undergoing Rehabilitation. *J. Equine Vet. Sci.* 91, 103–108; DOI 10.1016/j.jevs.2020.103108
- Erichsen C., Eksell P., Holm K. R., Lord P., Johnston C. (2004) Relationship between scintigraphic and radiographic evaluations of spinous processes in the thoracolumbar spine in riding horses without clinical signs of back problems. *Equine Vet. J.* 36, 458–465; DOI 10.2746/0425164044877341
- Ericson C., Stenfeldt P., Hardeman A., Jacobson I. (2020) The Effect of Kinesiotape on Flexion-Extension of the Thoracolumbar Back in Horses at Trot. *Animals* 10, 301; DOI 10.3390/ani10020301
- Findley J., Singer E. (2016) Equine back disorders 2. Treatment options. *In Practice* 38, 33–38; DOI 10.1136/inp.i75
- Fiske-Jackson A. (2018) Diagnosis and management of impinging spinous processes. *Equine* 2, 15–21
- Fonseca B. P. A., Alves A. L. G., Nicoletti J. L. M., Thomassian A., Hussni C. A., Mikail S. (2006) Thermography and ultrasonography in back pain diagnosis of equine athletes. *J. Equine Vet. Sci.* 26, 507–516; DOI 10.1016/j.jevs.2006.09.007
- French K., Pollitt C. C., Pass M. A. (2000) Pharmacokinetics and metabolic effects of triamcinolone acetonide and their possible relationships to glucocorticoid-induced laminitis in horses. *J. Vet. Pharmacol. Therap.* 23, 287–292; DOI 10.1046/j.1365-2885.2000.00288.x
- Frevel M., King B. L., Kolb D. S., Boswell R. P., Shoemaker R. S., Janicek J. C., Cole R. C., Poole H. M., Longhofer S. L. (2017) Clodronate disodium for treatment of clinical signs of navicular disease – a double-blinded placebo-controlled clinical trial. *Pferdeheilkunde* 33, 271–279; DOI 10.21836/pem20170308
- Garcia Lineiro J. A., Graziotti G. H., Rodriguez Menendez J. M., Rios C. M., Affricano N. O., Victorica C. L. (2017) Structural and functional characteristics of the thoracolumbar multifidus muscle in horses. *J. Anat.* 230, 398–406; DOI 10.1111/joa.12564
- Garcia-Lopez J. M. (2018) Neck, Back, and Pelvic Pain in Sport Horses. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 34, 235–251; DOI 10.1016/j.cveq.2018.04.002
- Garcia Piqueres M., Fores Jackson P. (2021) Evaluation of Kinesio Taping Applied to the Equine Thoracolumbar Spine: Clinical Response and Mechanical Nociceptive Threshold. *J. Vet. Med. Res.* 28, 1–11; DOI 10.21608/jvrm.2021.84001.1039
- Geiger C. (2012) Radiologische Befunderhebung an der Brustwirbelsäule des Pferdes gemäß des Röntgenleitfadens 2007 unter Berücksichtigung der klinischen Relevanz. *Diss. Med. Vet. LMU München*
- Geiger C. P., Gerhards H. (2015) Radiologische Befunderhebung an der Brustwirbelsäule des Pferdes gemäß des Röntgenleitfadens 2007 unter Berücksichtigung der klinischen Relevanz. *Pferdeheilkunde* 31, 39–48; DOI 10.21836/PEM20150106
- Gomez Alvarez C. B., L'Ami J. J., Moffat D., Back W., van Weeren P. R. (2008) Effect of chiropractic manipulations on the kinematics of back and limbs in horses with clinically diagnosed back problems. *Equine Vet. J.* 40, 153–159; DOI 10.2746/042516408X250292
- Halsberghe B. T., Gordon-Ross P., Peterson R. (2017) Whole body vibration affects the cross-sectional area and symmetry of the m. multifidus of the thoracolumbar spine in the horse. *Equine Vet. Educ.* 29, 493–499; DOI 10.1111/eve.12630
- Harkins J. D., Carney J. M., Tobin T. (1993) Clinical Use and Characteristics of the Corticosteroids. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 9, 543–562; DOI 10.1016/s0749-0739(17)30385-1
- Harkins J. D., Mundy G. D., Stanley S. D., Sams R. A., Tobin T. (1997) Lack of local anaesthetic efficacy of Sarapin in the abaxial sesamoid block model. *J. Vet. Pharmacol. Therap.* 20, 229–232; DOI 10.1111/j.1365-2885.1997.tb00100.x
- Haussler K. K., Stover S. M., Willits N. H. (1999) Pathologic changes in the lumbosacral vertebrae and pelvis in Thoroughbred racehorses. *Am. J. Vet. Res.* 60, 143–153
- Haussler K. K. (2003) *Complementary Therapies for the Treatment of Musculoskeletal Disorders*. Curr. Ther. Equine Med. Robinson N. E., W. B. Saunders Verlag, London, 5. Ausgabe, 567–571
- Haussler K. K., Erb H. N. (2003) Pressure algometry: Objective assessment of back pain and effects of chiropractic treatment. *Proc. Am. Ass. Equine Practnrs* 49, 66–70
- Haussler K. K., Hill A. E., Puttlitz C. M. und McLlwraith C. W. (2007) Effects of vertebral mobilization and manipulation on kinematics of the thoracolumbar region. *Am. J. Vet. Res.* 68, 508–516; DOI 10.2460/ajvr.68.5.508
- Haussler K. K. (2009) Review of Manual Therapy Techniques in Equine Practice. *Journal of Equine Vet. Sci.* 29, 849–869; DOI 10.1016/j.jevs.2009.10.018
- Haussler K. K., Martin C. E., Hill A. E. (2010) Efficacy of spinal manipulation and mobilisation on trunk flexibility and stiffness in horses: a randomised clinical trial. *Equine Vet. J.* 42, 695–702; DOI 10.1111/j.2042-3306.2010.00241.x
- Haussler K. K., Jeffcott L. B. (2014) Back and pelvis. *Equine Sports Medicine and Surgery*. Hinchcliff K. W., Kaneps A. J., Geor R. J., Elsevier Health Sciences Verlag, London, 2. Auflage, 419–456
- Haussler K. K. (2015) *Managing Back Pain*. Robinson's Current Therapy in Equine Medicine. Sprayberry K. A., Robinson N. E., W. B. Saunders Verlag, London, 7. Auflage, 92–96
- Haussler K. K. (2018) Equine Manual Therapies in Sport Horse Practice. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 34, 375–389; DOI 10.1016/j.cveq.2018.04.005
- Haussler K. K., King M. R., Peck K., Adair H. S. (2020) The development of safe and effective rehabilitation protocols for horses. *Equine Vet. Educ.* 33, 143–151; DOI 10.1111/eve.13253
- Head M. J. (2014) Treatment of equine back pain. *Vet. Nurs. J.* 27, 383–386; DOI 10.1111/j.2045-0648.2012.00212.x
- Hill C., Crook T. (2010) The relationship between massage to the equine caudal hindlimb muscles and hindlimb protraction. *Equine Vet. J. Suppl.* 38, 683–687; DOI 10.1111/j.2042-3306.2010.00279.x
- Holmer M. (2005) Röntgenbefunde an den Dornfortsätzen klinisch rückengesunder Warmblutpferde. *Diss. Med. Vet. LMU München*
- Holmer M., Wollanke B., Stadtbäumer G. (2007) Röntgenveränderungen an den Dornfortsätzen von 295 klinisch rückengesunden Warmblutpferden. *Pferdeheilkunde* 23, 507–511; DOI 10.21836/PEM20070506

- Imboden I., Waldern N. M., Wiestner T., Lischer C. J., Ueltschi G., Weishaupt M. A. (2009) Short term analgesic effect of extracorporeal shock wave therapy in horses with proximal palmar metacarpal/plantar metatarsal pain. *Vet. J.* 179, 50–59; DOI 10.1016/j.tvjl.2007.09.020
- Jacklin B. D. (2014) Kissing spines: advances in treatments. *Equine Health* 17, 30–33
- Jacklin B. D., Minshall G. J., Wright I. M. (2014) A new technique for subtotal (cranial wedge) osteotomy in the treatment of impinging/overriding spinous processes: description of technique and outcome of 25 cases. *Equine Vet. J.* 46, 339–344; DOI 10.1111/evj.12215
- Jeffcott L. B. (1979) Radiographic Features of the Normal Equine Thoracolumbar Spine. *Vet. Radiol.* 20, 140–147
- Jeffcott L. B. (1980) Disorders of the thoracolumbar spine of the horse - a survey of 443 cases. *Equine Vet. J.* 12, 197–210; DOI 10.1111/j.2042-3306.1980.tb03427.x
- Johnson P. J., Slight S. H., Ganjam V. K., Kreeger J. M. (2002) Glucocorticoids and laminitis in the horse. *Vet. Clin. Equine* 18, 219–236; DOI 10.1016/s0749-0739(02)00015-9
- Kalinowski S., Rohn K., Kreling K., Stadler P. (2008) Die Therapie von Pferden mit Rückenproblemen in einer Infrarot-Strahlungskabine. *Pferdeheilkunde* 24, 313–324; DOI 10.21836/PEM20080302
- Klide A. M. (1984) Acupuncture for treatment of chronic back pain in the horse. *Acupunct. Electrother. Res.* 9, 57–70; DOI 10.3727/036012984816714848
- Klide A. M. (1989) Overriding vertebral spinous processes in the extinct horse, *Equus occidentalis*. *Am J Vet Res* 50, 592–593
- Klide A. M., Martin B. B. Jr. (1989) Methods of stimulating acupuncture points for treatment of chronic back pain in horses. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 195, 1375–1379
- Knych H. K., Stanley S. D., Seminoff K. N., McKemie D. S., Kass P. H. (2016) Pharmacokinetics of methocarbamol and phenylbutazone in exercised Thoroughbred horses. *J. Vet. Pharmacol. Ther.* 39, 469–477; DOI 10.1111/jvp.12298
- Koch D. W., Goodrich L. R., Smanik L. E., Steward S. K., Ernst N. S., Trumble T. N., Parks A. H., Haussler K. K., King M., Ellis K., Stubbs N. C. (2020) Principles of Therapy for Lameness. Adams and Stashak's Lameness in Horses. Baxter G. M., Wiley Blackwell Verlag, Hoboken. 6. Auflage, 875–947
- Kowalik S., Janczarek I., Kedziński W., Stachurska A., Wilk I. (2017) The effect of relaxing massage on heart rate and heart rate variability in purebred Arabian racehorses. *Anim. Sci. J.* 88, 669–677; DOI 10.1111/asj.12671
- Kreling I., Lauk H. D. (1996) Die operative Behandlung des Kissing spines-Syndroms beim Pferd - 50 Fälle. Teil 1: Diagnostische Methoden. *Pferdeheilkunde* 12, 79–85; DOI 10.21836/PEM19960201
- Kreling K. (2014) Sportmedizin vs. Alternative manuelle Behandlungsmethoden – wer macht was? *Pferdespiegel* 17, 88–90; DOI 10.1055/s-0034-1368440
- Landman M. A. A. M., Blaauw J. A., van Weeren P. R., Hofland L. J. (2004) Field study of the prevalence of lameness in horses with back problems. *Vet. Rec.* 155, 165–168; DOI 10.1136/vr.155.6.165
- le Jeune S., Henneman K., May K. (2016) Acupuncture and Equine Rehabilitation. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 32, 73–85; DOI 10.1016/j.cveq.2015.12.004
- Leclere M. (2017) Corticosteroids and Immune Suppressive Therapies in Horses. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 33, 17–27; DOI 10.1016/j.cveq.2016.11.008
- Lojek J., Lojek A., Soborska J. (2013) Effect of classic massage therapy on the heart rate of horses working in hippotherapy. Case study. *Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW. Animal Sci.* 52, 105–111
- Marks D. (1999) Medical Management of Back Pain. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 15, 179–194; DOI 10.1016/s0749-0739(17)30171-2
- Martin B. B. Jr., Klide A. M. (1987) Treatment of chronic back pain in horses. Stimulation of acupuncture points with a low powered infrared laser. *Vet. Surg.* 16, 106–110; DOI 10.1111/j.1532-950x.1987.tb00919.x
- Martin B. B., Klide A. (1997) Diagnosis and Treatment of Chronic Back Pain in Horses. *AAEP Proceedings* 43, 310–311
- Mayaki A. M., Intan-Shameha A. R., Noraniza M. A., Mazlina M., Adamu L., Abdullah R. (2019) Clinical investigation of back disorders in horses: A retrospective study. (2002–2017). *Vet. World* 12, 377–381; DOI 10.14202/vetworld.2019.377-381
- McBride S. D., Hemmings A., Robinson K. (2004) A preliminary study on the effect of massage to reduce stress in the horse. *J. Equine Vet. Sci.* 24, 76–81; DOI 10.1016/j.jevs.2004.01.014
- McClure S., Weinberger T. (2003) Extracorporeal shock wave therapy: Clinical applications and regulation. *Clin. Techn. Equine Pract.* 2, 358–367; DOI 10.1053/j.ctep.2004.04.007
- McCluskey M. J., Kavenagh P. B. (2004) Clinical use of triamcinolone acetonide in the horse (205 cases) and the incidence of glucocorticoid-induced laminitis associated with its use. *Equine Vet. Educ.* 16, 86–89; DOI 10.1111/j.2042-3292.2004.tb00272.x
- McGowan M., Stubbs N., Hodges P. W., Jeffcott L. B. (2007) Epaxial musculature and its relationship with back pain in the horse. RIRDC Horse Projects completed in 2006–07 and Horse Research in Progress as at June 2007
- McGowan C., Cooper D., Ireland J. (2016) No evidence that therapeutic systemic corticosteroid administration is associated with laminitis in adult horses without underlying endocrine or severe systemic disease. *Vet. Evid.* 1. 2–16; DOI 10.18849/ve.v1i1.12.g19
- Mitchell A., Watts A. E., Ebetino F. H., Suva L. J. (2019) Bisphosphonate use in the horse: what is good and what is not? *BMC Vet. Res.* 15, 211; DOI 10.1186/s12917-019-1966-x
- Mitchell A., Wright G., Sampson S. N., Martin M., Cummings K., Gaddy D., Watts A. E. (2019) Clodronate improves lameness in horses without changing bone turnover markers. *Equine Vet. J.* 51, 356–363; DOI 10.1111/evj.13011
- Molle S. (2016) Kinesio Taping Fundamentals for the Equine Athlete. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 32, 103–113; DOI 10.1016/j.cveq.2015.12.007
- Nowak M. (1988) Die klinische, röntgenologische und szintigraphische Untersuchung bei den sogenannten Rückenproblemen des Pferdes. *Pferdeheilkunde* 4, 193–198; DOI 10.21836/PEM19880503
- Papich M. G. (2016a) Methylprednisolone. *Saunders Handbook of Veterinary Drugs*. Saunders Verlag, Philadelphia. 4. Auflage, 517–519
- Papich M. G. (2016b) Triamcinolone Acetonide, Triamcinolone Hexacetonide, Triamcinolone Diacetate. *Saunders Handbook of Veterinary Drugs*. Saunders Verlag, Philadelphia. 4. Auflage, 806–808
- Paulekas R., Haussler K. K. (2009) Principles and Practice of Therapeutic Exercise for Horses. *J. Equine Vet. Sci.* 29, 870–893; DOI 10.1016/j.jevs.2009.10.019
- Pettersson H., Strömberg B., Myrin I. (1987) Das thorakolumbale, interspinale Syndrom (TLI) des Reitpferdes Retrospektiver Vergleich konservativ und chirurgisch behandelter Fälle. *Pferdeheilkunde* 3, 313–319; DOI 10.21836/PEM19870606
- Potter K., Stevens K., Menzies-Gow N. (2019) Prevalence of and risk factors for acute laminitis in horses treated with corticosteroids. *Vet. Rec.* 185, 82; DOI 10.1136/vr.105378
- Ramey D. W., Daft B. (2003) An investigation into the feasibility of interspinous injections in the horse. *J. Equine Vet. Sci.* 23, 440–442; DOI 10.1053/j.jevs.2003.08.027
- Ranner W. (1997) Das „Rückenproblem“ beim Pferd: eigene Untersuchungen und kritische Betrachtung. *Diss. Med. Vet. LMU München*.

- Ranner W., Gerhards H. (2001) Diagnostik bei Verdacht auf Rückenkrankungen beim Pferd. *Pferdeheilkunde* 17, 225–232; DOI 10.21836/PEM20010305
- Ranner W., Gerhards H. (2002) Vorkommen und Bedeutung von Rückenkrankungen – insbesondere des „Kissing Spine“-Syndroms – bei Pferden in Süddeutschland. *Pferdeheilkunde* 18, 21–33; DOI 10.21836/PEM20020103
- Ravara B., Gobbo V., Carraro U., Gelbmann L., Pribyl J., Schils S. (2015) Functional Electrical Stimulation as a Safe and Effective Treatment for Equine Epaxial Muscle Spasms: Clinical Evaluations and Histochemical Morphometry of Mitochondria in Muscle Biopsies. *Europ. J. Transl. Myol.* 25, 4910; DOI 10.4081/ejtm.2015.4910
- Riccio B., Frascetto C., Villanueva J., Cantatore F., Bertuglia A. (2018) Two Multicenter Surveys on Equine Back-Pain 10 Years after a Part. *Front. Vet. Sci.* 5, 195; DOI 10.3389/fvets.2018.00195
- Richbourg H. A., Mitchell C. F., Gillett A. N., McNulty M. A. (2018) Tiludronate and clodronate do not affect bone structure or remodeling kinetics over a 60 day randomized trial. *BMC Vet. Res.* 14, 105; DOI 10.1186/s12917-018-1423-2
- Riedler D. C., Zsoldos R. R., Robel M., Jobst I. D., Licka T. F. (2020) Movement Caused by Electrical Stimulation of the Lumbosacral Region in Standing Horses. *J. Equine Vet. Sci.* 91, 103116; DOI 10.1016/j.jevs.2020.103116
- Rubio-Martinez L. M. (2021) Complications of Surgery for Impingement of Dorsal Spinous Processes. *Complications in Equine Surgery*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken. 1. Auflage, 833–842
- Rumpler M. J., Colahan P., Sams R. A. (2014) The pharmacokinetics of methocarbamol and guaifenesin after single intravenous and multiple-dose oral administration of methocarbamol in the horse. *J. Vet. Pharmacol. Ther.* 37, 25–34; DOI 10.1111/jvp.12068
- Sager J. (1997) Die Erkrankungen der Processus spinosi der Brust- und Lendenwirbelsäule des Pferdes: eine klinische und röntgenologische Studie. *Diss. Med. Vet. Freie Univ. Berlin*.
- Schils S. J. (2009) Review of electrotherapy devices for use in veterinary medicine. In *Proceedings of the 55th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners*, Las Vegas, NV, 68–73
- Schils S. J. (2010) Functional electrical stimulation (FES) for use in equine medicine. Performance diagnosis and purchase examination of elite sport horses. *Lindner A.* Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands, 103–108
- Schils S. J., Turner T. A. (2014) Functional electrical stimulation for equine epaxial muscle spasms: retrospective study of 241 clinical cases. *Comp. Exerc. Physiol.* 10, 89–97; DOI 10.3920/cep13031
- Schils S., Carraro U., Turner T., Ravara B., Gobbo V., Kern H., Gelbmann L., Pribyl J. (2015) Functional Electrical Stimulation for Equine Muscle Hypertonicity: Histological Changes in Mitochondrial Density and Distribution. *J. Equine Vet. Sci.* 35, 907–916; DOI 10.1016/j.jevs.2015.08.013
- Schlachter C., Lewis C. (2016) Electrophysical Therapies for the Equine Athlete. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 32, 127–147; DOI 10.1016/j.cveq.2015.12.011
- Sheta E., Farghali H., Ragab S., Hassan N., El-Sherif A. (2019) Stimulation of Bladder Acupoints by Cloprostenol for Treating Back Soreness in Athletic Horses. *J. Acupunct. Meridian Stud.* 12, 166–171; DOI 10.1016/j.jams.2019.07.001
- Sinding M. F., Berg L. C. (2010) Distances between thoracic spinous processes in Warmblood foals: a radiographic study. *Equine Vet J* 42, 500–503; DOI 10.1111/j.2042-3306.2010.00113.x
- Stadler P., Martens I. (2006) Brustwirbelsäule/Lendenwirbelsäule als Ursache für Rittigkeitsprobleme – Diagnose. *bpt-Kongress, Nürnberg 2006, Tagungsband*, S. 62–68
- Stanek C. (2003) Zur tiefen Infiltration der langen Rückenmuskulatur beim Pferd: Komplikationen und forensische Aspekte. *Pferdeheilkunde* 19, 46–48; DOI 10.21836/PEM20030107
- Stubbs N. C., Hodges P. W., Jeffcott L. B., Cowin G., Hodgson D. R., McGowan C. M. (2006) Functional anatomy of the caudal thoracolumbar and lumbosacral spine in the horse. *Equine Vet. J.* 38, 393–399; DOI 10.1111/j.2042-3306.2006.tb05575.x
- Stubbs N. C., Riggs C. M., Hodges P. W., Jeffcott L. B., Hodgson D. R., Clayton H. M., McGowan C. M. (2010) Osseous spinal pathology and epaxial muscle ultrasonography in Thoroughbred racehorses. *Equine Vet. J.* 42, 654–661; DOI 10.1111/j.2042-3306.2010.00258.x
- Stubbs N. C., Kaiser L. J., Hauptman J., Clayton H. M. (2011) Dynamic mobilisation exercises increase cross sectional area of musculus multifidus. *Equine Vet. J.* 43, 522–529; DOI 10.1111/j.2042-3306.2010.00322.x
- Sullivan K. A., Hill A. E., Haussler K. K. (2008) The effects of chiropractic, massage and phenylbutazone on spinal mechanical nociceptive thresholds in horses without clinical signs. *Equine Vet. J.* 40, 14–20; DOI 10.2746/042516407x240456
- Tobin T., Chay S., Kamerling S., Woods W. E., Weckman T. J., Blake J. W., Lees P. (1986) Phenylbutazone in the horse: a review. *J. Vet. Pharmacol. Therap.* 9, 1–25; DOI 10.1111/j.1365-2885.1986.tb00008.x
- Townsend H. G. G., Leach D. H., Doige C. E., Kirkaldy-Willis W. H. (1986) Relationship between spinal biomechanics and pathological changes in the equine thoracolumbar spine. *Equine Vet. J.* 18, 107–112; DOI 10.1111/j.2042-3306.1986.tb03559.x
- Trager L. R., Funk R. A., Clapp K. S., Dahlgren L. A., Werre S. R., Hodgson D. R., Pleasant R. S. (2020) Extracorporeal shockwave therapy raises mechanical nociceptive threshold in horses with thoracolumbar pain. *Equine Vet. J.* 52, 250–257; DOI 10.1111/evj.13159
- Treß D., Merle R., Lischer C., Ehrle A. (2021) Diverse treatment strategies for horses with ‘Kissing spines’ – international survey of equine orthopaedic specialists. In *ECVS online Annual Scientific Meeting*.
- Turner T. A. (2011) Overriding spinous processes in horse: diagnosis, treatment and outcome. *Proceedings of the 57th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners* 57, 424–430
- Turner T. (2018) *Thermography. Equine Neck and Back Pathology: Diagnosis and Treatment*. Henson F. M. D. Wiley Blackwell Verlag, Hoboken. 2. Auflage, 165–174
- Urhahne P. (2005) *Klinische Studie zur Behandlung häufiger Erkrankungen des Bewegungsapparates des Pferdes mittels fokussierter extrakorporaler Stoßwellentherapie (ESWT)*. *Diss. Med. Vet. LMU München*
- U.S. Food and Drug Administration (2020) TILDREN and OSPHOS for Navicular Syndrome in Horses - Information for Equine Veterinarians, <https://www.fda.gov/animal-veterinary/resources-you/tildren-and-osphos-navicular-syndrome-horses-information-equine-veterinarians#references>. (14.12.2021)
- van Zadelhoff C., Ehrle A., Merle R., Jahn W., Lischer C. (2019) Thoracic processi spinosi findings agree among subjective, semiquantitative, and modified semiquantitative scintigraphic image evaluation methods and partially agree with clinical findings in horses with and without thoracolumbar pain. *Vet. Radiol. Ultrasound* 60, 210–218; DOI 10.1111/vru.12695
- Varhus J., Huisheng X. (2019) A Randomized, Controlled and Blinded Study Investigating the Effectiveness of Acupuncture for Treating Horses with Gluteal or Lumbar Pain. *Am. J. Trad. Chin. Vet. Med.* 14, 23–30
- von Schweinitz D. Graf (1999) Thermographic Diagnostics in Equine Back Pain. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 15, 161–177; DOI 10.1016/s0749-0739(17)30170-0
- Walmsley J. P., Pettersson H., Winberg F., McEvoy F. (2002) Impingement of the dorsal spinous processes in two hundred and fifteen horses: case selection, surgical technique and results. *Equine Vet. J.* 34, 23–28; DOI 10.2746/042516402776181259
- Weinberger T. (2005) *Auswertung Röntgenologischer Rückenuntersuchungen bei Vollblütern - Befunde und Bezug zur Leistungsfähigkeit anhand der Rennergebnisse*. *Tagung über Pferdekrankheiten, Equitana, Essen 4.-5. März 2005, Tagungsband* 61–64

- Whitfield C. T., Schoonover M. J., Holbrook T. C., Payton M. E., Sippel K. M. (2016) Quantitative assessment of two methods of tiludronate administration for the treatment of lameness caused by navicular syndrome in horses. *Am. J. Vet. Res.* 77, 167–173; DOI 10.2460/ajvr.77.2.167
- Xie H., Colahan P., Ott E. A. (2005) Evaluation of electroacupuncture treatment of horses with signs of chronic thoracolumbar pain. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 227, 281–286; DOI 10.2460/javma.2005.227.281
- Zellner A., Bockstahler B., Peham C. (2017) The effects of Kinesio Taping on the trajectory of the forelimb and the muscle activity of the *Musculus brachiocephalicus* and the *Musculus extensor carpi radialis* in horses. *PLoS One* 12, e0186371; DOI 10.1371/journal.pone.0186371
- Zimmerman M., Dyson S., Murray R. (2011) Comparison of Radiographic and Scintigraphic Findings of the Spinous Processes in the Equine Thoracolumbar Region. *Vet. Radiol. Ultrasound* 52, 661–671; DOI 10.1111/j.1740-8261.2011.01845.x
- Zimmerman M., Dyson S., Murray R. (2012) Close, impinging and overriding spinous processes in the thoracolumbar spine: the relationship between radiological and scintigraphic findings and clinical signs. *Equine Vet. J.* 44, 178–184; DOI 10.1111/j.2042-3306.2011.00373.x
- ### Humanmedizin/Sonstige
- Abdel Shaheed C., Maher C. G., Williams K. A., McLachlan A. J. (2017) Efficacy and tolerability of muscle relaxants for low back pain: Systematic review and meta-analysis. *Eur J Pain* 21, 228–237; DOI 10.1002/ejp.907
- Abrahamsen B. (2010) Bisphosphonate adverse effects, lessons from large databases. *Current Opinion in Rheumatology* 22, 404–409; DOI 10.1097/BOR.0b013e32833ad677
- Ammann P., Rizzoli R., Caverzasio J., Shigematsu T., Slosman D., Bonjour J.-P. (1993) Effects of the Bisphosphonate Tiludronate on Bone Resorption, Calcium Balance, and Bone Mineral Density. *Bone Mineral Res.* 8, 1491–1498; DOI 10.1002/jbmr.5650081212
- Artner J., Hofbauer H., Steffen P. R. P. (2020) Methocarbamol. *Medikamente in der Schmerztherapie, Analgetika, Koanalgetika und Adjuvantien von A-Z.* Springer Verlag, Berlin. 1. Auflage, 262–264
- Barbier A., Brelvière J. C., Remandet B., Roncucci R. (1986) Studies on the chronic phase of adjuvant arthritis: effect of SR 41319, a new diphosphonate. *Ann. Rheum. Dis.* 45, 67–74; DOI 10.1136/ard.45.1.67
- Beebe F. A., Barkin R. L., Barkin S. (2005) A Clinical and Pharmacologic Review of Skeletal Muscle Relaxants for Musculoskeletal Conditions. *American Journal of Therapeutics* 12, 151–171; DOI 10.1097/01.mjt.0000134786.50087.d8
- Bellido T., Plotkin L. I. (2011) Novel actions of bisphosphonates in bone: Preservation of osteoblast and osteocyte viability. *Bone* 49, 50–55; DOI 10.1016/j.bone.2010.08.008
- Berry H., Hutchinson D. R. (1998) Tizanidine and Ibuprofen in Acute Low-back Pain: Results of a Double-blind Multicentre Study in General Practice. *J. Intern. Med. Res.* 16, 83–9; DOI 10.1177/030006058801600202
- Bonabello A., Galmozzi M. R., Bruzzese T., Zara G. P. (2001) Analgesic effect of bisphosphonates in mice. *Pain* 91, 269–275; DOI 10.1016/S0304-3959(00)00447-4
- Bonjour J.-P., Ammann P., Barbier A., Caverzasio J., Rizzoli R. (1995) Tiludronate: Bone Pharmacology and Safety. *Bone* 17, 473–477; DOI 10.1016/8756-3282(95)00344-9
- Borenstein D. G., Lacks S., Wiesel S. W. (1990) Cyclobenzaprine and naproxen versus naproxen alone in the treatment of acute low back pain and muscle spasm. *Clinical therapeutics* 12, 125–131
- Brown-Elliott B. A., Phillely J. V. (2017) Rapidly Growing Mycobacteria. *Microbiol Spectr* 5; 1–19; DOI 10.1128/microbiolspec.TNM17-0027-2016
- Cabýoglu M. T., Ergene N., Tan U. (2006) The mechanism of Acupuncture and clinical applications. *Int. J. Neurosci.* 116, 115–125; DOI 10.1080/00207450500341472
- Calignano A., Carnuccio R., Di Rosa M., Ialenti A., Monaco S. (1985) The anti-inflammatory effect of glucocorticoid-induced phospholipase inhibitory proteins. *Agents Actions* 16, 60–62; DOI 10.1007/BF01999650
- Cashman J. N. (1996) The mechanism of action of NSAIDs in analgesia. *Drugs* 52, 13–23; DOI 10.2165/00003495-199600525-00004
- Chou R. (2010) Pharmacological Management of Low Back Pain. *Drugs* 70, 387–402; DOI 10.2165/11318690-000000000-00000
- Costantino C., Marangio E., Coruzzi G. (2011) Mesotherapy versus Systemic Therapy in the Treatment of Acute Low Back Pain: A Randomized Trial. *Evid. Based Compl. Alternat. Med.* 2011, 317183; DOI 10.1155/2011/317183
- Cui J. Z., Geng Z. S., Zhang Y. H., Feng J. Y., Zhu P., Zhang X. B. (2016) Effects of intracutaneous injections of sterile water in patients with acute low back pain: a randomized, controlled, clinical trial. *Braz. J. Med. Biol. Res.* 49, e5092; DOI 10.1590/1414-431X20155092
- Davenpeck K. L., Zagorski J., Schleimer R. P., Bochner B. S. (1998) Lipopolysaccharide-induced leukocyte rolling and adhesion in the rat mesenteric microcirculation regulation by glucocorticoids and role of cytokines. *J. Immunol.* 161, 6861–6870
- Delius M. (1994) Medical applications and bioeffects of extracorporeal shock waves. *Shock waves* 4, 55–72
- Dillon C., Paulose-Ram R., Hirsch R., Gu Q. (2004) Skeletal muscle relaxant use in the United States: data from the Third National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III). *Spine (Phila Pa 1976)* 29, 892–896; DOI 10.1097/00007632-200404150-00014
- Ekkernkamp A., Bosse A., Haupt G., Pommer A. (1992) Der Einfluss der extrakorporalen Stoßwellen auf die standardisierte Tibiafraktur am Schaf. *Aktuelle Aspekte der Osteologie.* Ittel T. H., Sieberth H.-G., Matthias H. H.. Springer Verlag, Berlin Heidelberg. 1. Ausgabe, 307–310
- Emre M. (1998) The gastroprotective effects of tizanidine: an overview. *Curr. Therap. Res.* 59, 2–12
- Emrich O. M. D., Milachowski K. A., Strohmeier M. (2015) Methocarbamol bei akuten Rückenschmerzen. *MMW - Fortschritte der Medizin* 157, 9–16; DOI 10.1007/s15006-015-3307-x
- Erolino F., Gazze R. (2015) Far infrared wavelength treatment for low back pain: Evaluation of a non-invasive device. *Work* 53, 157–162; DOI 10.3233/WOR-152152
- Ferrara P. E., Ronconi G., Viscito R., Pascuzzo R., Rosulescu E., Ljoka C., Maggi L., Ferriero G., Foti C. (2017) Efficacy of mesotherapy using drugs versus normal saline solution in chronic spinal pain: a retrospective study. *Int. J. Rehabil. Res.* 40, 171–174; DOI 10.1097/MRR.0000000000000214
- Gale G. D., Rothbart P. J., Li Y. (2006) Infrared therapy for chronic low back pain: a randomized, controlled trial. *Pain Res. Manag.* 11, 193–196; DOI 10.1155/2006/876920
- Gandin J., Cozzone P. J., Bendahan D. (2011) Is high-frequency neuromuscular electrical stimulation a suitable tool for muscle performance improvement in both healthy humans and athletes? *Europ. J. Appl. Physiol.* 111, 2473–2487; DOI 10.1007/s00421-011-2101-2
- Gramatikova M., Nikolova E., Mitova S. (2014) Nature, application and effect of kinesio-taping. *Activities in Physical Education and Sport* 4, 115–119
- Gregory C. M., Bickel C. S. (2005) Recruitment Patterns in Human Skeletal Muscle During Electrical Stimulation. *Physical Therapy* 85, 358–364; DOI 10.1093/ptj/85.4.358
- Han H., Lee D., Lee S., Jeon C., Kim T. (2015) The effects of extracorporeal shock wave therapy on pain, disability, and depression of chronic low back pain patients. *J. Phys. Ther. Sci* 27, 397–399; DOI 10.1589/jpts.27.397
- Hernández-Bule M. L., Páino C. L., Trillo M. Á., Úbeda A. (2014) Electric Stimulation at 448 kHz Promotes Proliferation of Human Mesenchymal Stem Cells. *Cellular Physiology and Biochemistry* 34, 1741–1755; DOI 10.1159/000366375

- Hides J. A., Stokes M. J., Saide M., Jull G. A., Cooper D. H. (1994) Evidence of lumbar multifidus muscle wasting ipsilateral to symptoms in patients with acute/subacute low back pain. *Spine* 19, 165–172; DOI 10.1097/00007632-199401001-00009
- Hodges P. W., Richardson C. A. (1996) Inefficient Muscular Stabilization of the Lumbar Spine Associated With Low Back Pain: A Motor Control Evaluation of Transversus Abdominis. *Spine* 21, 2640–2650; DOI 10.1097/00007632-199611150-00014
- Hodges P., Holm A. K., Hansson T., Holm S. (2006) Rapid atrophy of the lumbar multifidus follows experimental disc or nerve root injury. *Spine* 31, 2926–2933; DOI 10.1097/01.brs.0000248453.51165.0b
- Imtiaz A., Bilal M. (2011) Extracorporeal shock wave therapy. *Encyclopedia of Sports Medicine*, Micheli L. J.. SAGE Publications, Thousand Oaks. 1. Auflage, 480–481
- Itoh F., Aoyagi S., Furihata-Komatsu H., Aoki M., Kusama H., Kojima M., Kogo H. (2003) Clodronate stimulates osteoblast differentiation in ST2 and MC3T3-E1 cells and rat organ cultures. *Europ. J. Pharmacol.* 477, 9–16; DOI 10.1016/j.ejphar.2003.08.011
- Ivan M., Dancer C., Koehler A. P., Hobby M., Lease C. (2013) Mycobacterium chelonae abscesses associated with biomesotherapy, Australia, 2008. *Emerg. Infect. Dis.* 19, 1493–1495; DOI 10.3201/eid1909.120898
- Kern H., Boncompagni S., Rossini K., Mayr W., Fanò G., Zanin M. E., Podhorska-Okolow M., Protasi F., Carraro U. (2004) Long-term denervation in humans causes degeneration of both contractile and excitation-contraction coupling apparatus, which is reversible by functional electrical stimulation (FES): a role for myofiber regeneration? *J. Neuropathol. Exp. Neurol.* 63, 919–931; DOI 10.1093/jnen/63.9.919
- Kern H., Rossini K., Carraro U., Mayr W., Vogelauer M., Hoellwarth U., Hofer C. (2005) Muscle biopsies show that FES of denervated muscles reverses human muscle degeneration from permanent spinal motoneuron lesion. *J. Rehabil. Res. Dev.* 42, 43–53; DOI 10.1682/jrrd.2004.05.0061
- Kern H. (2014) Funktionelle Elektrostimulation Paraplegischer Patienten. *Europ. J. Transl. Myol.* 24, 2940; DOI 10.4081/ejtm.2014.2940
- Myol. 24, 2940; DOI 10.4081/ejtm.2014.2940
- Khosla S., Burr D., Cauley J., Dempster D. W., Ebeling P. R., Felsenberg D., Gagel R. F., Gilsanz V., Guise T., Koka S., McCauley L. K., McGowan J., McKee M. D., Mohla S., Pendrys D. G., Raisz L. G., Ruggiero S. L., Shafer D. M., Shum L., Silverman S. L., Van Poznak C. H., Watts N., Woo S. B., Shane E. (2007) Bisphosphonate-associated osteonecrosis of the jaw: report of a task force of the American Society for Bone and Mineral Research. *J. Bone Miner. Res.* 22, 1479–1491; DOI 10.1359/jbmr.0707onj
- Khosla S., Burr D., Cauley J., Dempster D. W., Ebeling P. R., Felsenberg D., Gagel R. F., Gilsanz V., Guise T. (2007) Bisphosphonate-associated osteonecrosis of the jaw: report of a task force of the American Society for Bone and Mineral Research. *J. Bone Miner. Res.* 22, 1479–1491; DOI 10.1359/jbmr.0707onj
- Khosla S., Bilezikian J. P., Dempster D. W., Lewiecki E. M., Miller P. D., Neer R. M., Recker R. R., Shane E., Shoback D., Potts J. T. (2012) Benefits and risks of bisphosphonate therapy for osteoporosis. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 97, 2272–2282; DOI 10.1210/jc.2012-1027
- Koivukangas A., Tuukkanen J., Hannuniemi R., Jämsä T., Kippo K., Jalovaara P. (2001) Effects of Long-Term Administration of Clodronate on Growing Rat Bone. *Calc. Tissue Int.* 69, 350–355; DOI 10.1007/s00223-001-2036-4
- Lee N., Webster J., Beckmann M., Gibbons K., Smith T., Stapleton H., Kildea S. (2013) Comparison of a single vs. a four intradermal sterile water injection for relief of lower back pain for women in labour: a randomised controlled trial. *Midwifery* 29, 585–591; DOI 10.1016/j.midw.2012.05.001
- Lee S., Lee D., Park J. (2014) Effects of extracorporeal shockwave therapy on patients with chronic low back pain and their dynamic balance ability. *Phys. Ther. Sci.* 26, 7–10; DOI 10.1589/jpts.26.7
- Lehenkari P. P., Kellinsalmi M., Nöpänkangas J. P., Ylitalo K. V., Mönkkönen J., Rogers M. J., Azhayeve A., Väänänen H. K., Hassinen I. E. (2002) Further Insight into Mechanism of Action of Clodronate: Inhibition of Mitochondrial ADP/ATP Translocase by a Nonhydrolyzable, Adenine-Containing Metabolite. *Mol. Pharmacol.* 61, 1255–1262; DOI 10.1124/mol.61.5.1255
- Lepola V. T., Hannuniemi R., Kippo K., Lauren L., Jalovaara P., Vaananen H. K. (1996) Long-Term Effects of Clodronate on Growing Rat Bone. *Bone* 19, 191–196; DOI 10.1016/8756-3282(95)00439-4
- Levin J. H. (2009) Prospective, double-blind, randomized placebo-controlled trials in interventional spine: what the highest quality literature tells us. *Spine J.* 9, 690–703; DOI 10.1016/j.spinee.2008.06.447
- Lu D. P., Lu G. P. (2013) An Historical Review and Perspective on the Impact of Acupuncture on U.S. Medicine and Society. *Med. Acupunct.* 25, 311–316; DOI 10.1089/acu.2012.0921
- Majetschak M., Obertacke U., Waydhas C., Nast-Kolb D., Ulrich Schade F. (2000) Mediatorenmodulation bei Sepsis und Multiorganversagen. *Unfallchirurg* 103, 903–907; DOI 10.1007/s001130050639
- Mammucari M., Gatti A., Maggiori S., Sabato A. F. (2012) Role of mesotherapy in musculoskeletal pain: opinions from the Italian society of mesotherapy. *Evid. Based Compl. Alternat. Med.* 43, 6959; DOI 10.1155/2012/436959
- Mammucari M. (2014) Low Back Pain in Patients With Systemic Analgesic Intolerance Managed With Mesotherapy: A Case Report. *J. Med. Cases* 5, 238–240; DOI 10.14740/jmc1743w
- Manchikanti K. N., Pampati V., Damron K. S., McManus C. D. (2004) A Double-Blind, Controlled Evaluation of the Value of Sarapin in Neural Blockade. *Pain Physician* 7, 59–62
- Manchikanti L., Cash K. A., McManus C. D., Pampati V., Benjamin R. M. (2010) Preliminary results of a randomized, double-blind, controlled trial of fluoroscopic lumbar interlaminar epidural injections in managing chronic lumbar discogenic pain without disc herniation or radiculitis. *Pain Physician* 13, E279–292
- Mårtensson L., Wallin G. (1999) Labour pain treated with cutaneous injections of sterile water: a randomised controlled trial. *Brit. J. Obstetr. Gynaecol.* 106, 633–637; DOI 10.1111/j.1471-0528.1999.tb08359.x
- McIntosh G., Hall H. (2011) Low back pain (acute). *BMJ Clin Evid* 2011, 1102
- Mönkkönen J., Similä J., Rogers M. J. (1997) Effects of Tiludronate and Ibandronate on the secretion of proinflammatory cytokines and nitric oxide from macrophages in vitro. *Life Sci.* 62, 95–102; DOI 10.1016/s0024-3205(97)01178-8
- Mucha C. (2004) Effekte der funktionellen Elektrostimulation (FES) auf die postoperative Atrophie des Musculus quadriceps femoris bei vorderer Kreuzbandrekonstruktion. *Physik. Med. Rehabil. Kurortmed.* 14, 249–253; DOI 10.1055/s-2004-828314
- Neumann K. B. (2012) Untersuchung der Wirkung Extrakorporaler Stoßwellentherapie auf die Haut. *Diss. Rer. Nat. Universität Hamburg*
- Ogden J. A., Tóth-Kischkat A., Schultheiss R. (2001) Principles of Shock Wave Therapy. *Clin. Orthop. Rel. Res.* 387, 8–17; DOI 10.1097/00003086-200106000-00003
- Ohtori S., Inoue G., Mannoji C., Saisu T., Takahashi K., Mitsuhashi S., Wada Y., Takahashi K., Yamagata M., Moriya H. (2001) Shock wave application to rat skin induces degeneration and reinnervation of sensory nerve fibres. *Neurosci. Lett.* 315, 57–60; DOI 10.1016/s0304-3940(01)02320-5
- Park M. S., Moon S. H., Hahn S. B., Lee H. M. (2007) Paraspinal abscess communicated with epidural abscess after extra-articular facet joint injection. *Yonsei. Med. J.* 48, 711–714; DOI 10.3349/ymj.2007.48.4.711
- Pekarek B., Osher L., Buck S., Bowen M. (2011) Intra-articular corticosteroid injections: a critical literature review with up-to-date findings. *Foot* 21, 66–70; DOI 10.1016/j.foot.2010.12.001

- Puehler W., Brack A., Kopf A. (2005) Extensive abscess formation after repeated paravertebral injections for the treatment of chronic back pain. *Pain* 113, 427–429; DOI 10.1016/j.pain.2004.11.001
- Richter W., Schmidt W. (2002) Milde Ganzkörper-Hyperthermie mit Infrarot-C-Strahlung. *Dtsch. Zschr. Onkol.* 34, 49–58; DOI 10.1055/s-2002-33986
- Rodan G. A., Fleisch H. A. (1996) Biphosphonates: Mechanisms of action. *J. Clin. Invest.* 97, 2692–2696
- Rodríguez-Sanz J., Pérez-Bellmunt A., López-de-Celis C., Lucha-López O. M., González-Rueda V., Tricás-Moreno J. M., Simon M., Hidalgo-García C. (2020) Thermal and non-thermal effects of capacitive-resistive electric transfer application on different structures of the knee: a cadaveric study. *Sci Rep* 10, 22290; DOI 10.1038/s41598-020-78612-8
- Rogers M. J., Crockett J. C., Coxon F. P., Monkkonen J. (2011) Biochemical and molecular mechanisms of action of bisphosphonates. *Bone* 49, 34–41; DOI 10.1016/j.bone.2010.11.008
- Roth K. E., Kremer M., Maier G. S., Sariyar M., Rompe J. D., Kappis B. (2014) Epidural injection shows no advantages over oral medication and physiotherapy in the treatment of sciatica, irrespective of the duration of symptoms. *Z. Orthop. Unfall* 152, 46–52; DOI 10.1055/s-0033-1360276
- Rotman-Pikielny P., Levy Y., Eyal A., Shoenfeld Y. (2003) Pyomyositis or „Injectiositis“ - Staphylococcus aureus Multiple Abscesses Following Intramuscular Injections. *IMAJ* 5, 295–296
- Santamato A., Beatrice R., Micello M. F., Fortunato F., Panza F., Ristogiannis C., Cleopazzo E., Macarini L., Picelli A., Baricich A., Ranieri M. (2019) Power Doppler Ultrasound Findings before and after Focused Extracorporeal Shock Wave Therapy for Achilles Tendinopathy: A Pilot Study on Pain Reduction and Neovascularization Effect. *Ultrasound Med. Biol.* 45, 1316–1323; DOI 10.1016/j.ultrasmedbio.2018.12.009
- Saviola G., Abdi-Ali L., Povino M. R., Camprostrini L., Sacco S., Dalle Carbonare L., Carbonare L. D. (2017) Intramuscular clodronate in erosive osteoarthritis of the hand is effective on pain and reduces serum COMP: a randomized pilot trial-The E.R.O.D.E. study (Erosive Osteoarthritis and Disodium-clodronate Evaluation). *Clin. Rheumatol.* 36, 2343–2350; DOI 10.1007/s10067-017-3681-y
- Shane E., Burr D., Abrahamson B., Adler R. A., Brown T. D., Cheung A. M., Cosman F., Curtis J. R., Dell R., Dempster D. W., Ebeling P. R., Einhorn T. A., Genant H. K., Geusens P., Klaushofer K., Lane J. M., McKiernan F., McKinney R., Ng A., Nieves J., O’Keefe R., Papapoulos S., Howe T. S., van der Meulen M. C., Weinstein R. S., Whyte M. P. (2014) Atypical subtrochanteric and diaphyseal femoral fractures: second report of a task force of the American Society for Bone and Mineral Research. *J. Bone Miner. Res.* 29, 1–23; DOI 10.1002/jbmr.1998
- Shima K., Nemoto W., Tsuchiya M., Tan-No K., Takano-Yamamoto T., Sugawara S., Endo Y. (2016) The Bisphosphonates Clodronate and Etidronate Exert Analgesic Effects by Acting on Glutamate- and/or ATP-Related Pain Transmission Pathways. *Biol. Pharm. Bull.* 39, 770–777; DOI 10.1248/bpb.15-00882
- Siems W., Bresgen N., Brenke R., Siems R., Kitzing M., Harting H., Eckl P. M. (2010) Pain and mobility improvement and MDA plasma levels in degenerative osteoarthritis, low back pain, and rheumatoid arthritis after infrared A-irradiation. *Acta Biochim. Pol.* 57, 313–319
- Silverman S. L., Landesberg R. (2009) Osteonecrosis of the Jaw and the Role of Bisphosphonates: A Critical Review. *Am. J. Med.* 122, S33–S45; DOI 10.1016/j.amjmed.2008.12.005
- Sirdalud Ternelin Asia-Pacific Study Group (1998) Efficacy and gastroprotective effects of tizanidine plus diclofenac versus placebo plus diclofenac in patients with painful muscle spasms. *Current Therapeutic Research* 59, 13–22; DOI 10.1016/S0011-393X(98)85019-4
- Sliney D. H. (2016) What is light? The visible spectrum and beyond. *Eye* 30, 222–229; DOI 10.1038/eye.2015.252
- Stout A., Friedly J., Standaert C. J. (2019) Systemic Absorption and Side Effects of Locally Injected Glucocorticoids. *PM R* 11, 409–419; DOI 10.1002/pmrj.12042
- Tashiro Y., Hasegawa S., Yokota Y., Nishiguchi S., Fukutani N., Shirooka H., Tasaka S., Matsushita T., Matsubara K., Nakayama Y., Sonoda T., Tsuboyama T., Aoyama T. (2017) Effect of Capacitive and Resistive electric transfer on haemoglobin saturation and tissue temperature. *International Journal of Hyperthermia* 33, 696–702; DOI 10.1080/02656736.2017.1289252
- Trobec K., Peršolja M. (2019) Efficacy of kinesio taping in reducing low back pain. *Health Sci.* 7, 1–8; DOI 10.17532/jhsci.2017.410
- Ueberle F. (1998) Shock Wave Technology. Extracorporeal Shock Waves in Orthopaedics. Siebert W., Buch M. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg. 1. Auflage, 59–60
- van Tulder M. W., Touray T., Furlan A. D., Solway S., Bouter L. M. (2003) Muscle relaxants for non-specific low-back pain within the framework of the Cochrane collaboration. *Spine* 28, 1978–1992; DOI 10.1097/01.BRS.0000090503.38830.AD
- Vane J. R. (1976) The mode of action of aspirin and similar compounds. *J. Allergy Clin. Immunol.* 58, 691–712; DOI 10.1016/0091-6749(76)90181-0
- Walewicz K., Taradaj J., Rajfur K., Ptaszkowski K., Kuszewski M. T., Sopel M., Dymarek R. (2019) The Effectiveness Of Radial Extracorporeal Shock Wave Therapy In Patients With Chronic Low Back Pain: A Prospective, Randomized, Single-Blinded Pilot Study. *Clin. Interv. Aging* 14, 1859–1869; DOI 10.2147/CIA.S224001
- Wang C. J., Huang H. Y., Pai C. H. (2002) Shock wave-enhanced neovascularization at the tendon-bone junction: an experiment in dogs. *J. Foot Ankle Surg.* 41, 16–22; DOI 10.1016/s1067-2516(02)80005-9
- Wang C. J., Wang F. S., Yang K. D., Weng L. H., Hsu C. C., Huang C. S., Yang L. C. (2003) Shock wave therapy induces neovascularization at the tendon-bone junction. A study in rabbits. *J. Orthop. Res.* 21, 984–989; DOI 10.1016/s0736-0266(03)00104-9
- Wang C. J., Sun Y. C., Wong T., Hsu S. L., Chou W. Y., Chang H. W. (2012) Extracorporeal shockwave therapy shows time-dependent chondroprotective effects in osteoarthritis of the knee in rats. *J. Surg. Res.* 178, 196–205; DOI 10.1016/j.jss.2012.01.010
- Wang S. M., Kain Z. N., White P. (2008) Acupuncture analgesia: I. The scientific basis. *Anesth Analg* 106, 602–610; DOI 10.1213/01.ane.0000277493.42335.7b
- Wess O. (2004) Physikalische Grundlagen der extrakorporalen Stoßwellentherapie. *J. Mineralstoffw. Muskuloskelet. Erkr.* 11, 7–18
- Wu Y. H., Lun J. J., Chen W. S., Chang F. C. (2007) The electrophysiological and functional effect of shock wave on peripheral nerves. *Ann. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* 2007, 2369–2372; DOI 10.1109/iembs.2007.4352803
- Yan T., Hui-Chan C. W., Li L. S. (2005) Functional electrical stimulation improves motor recovery of the lower extremity and walking ability of subjects with first acute stroke: a randomized placebo-controlled trial. *Stroke* 36, 80–85; DOI 10.1161/01.Str.0000149623.24906.63
- Yokota Y., Sonoda T., Tashiro Y., Suzuki Y., Kajiwara Y., Zeidan H., Nakayama Y., Kawagoe M., Shimoura K., Tatsumi M., Nakai K., Nishida Y., Bito T., Yoshimi S., Aoyama T. (2018) Effect of Capacitive and Resistive electric transfer on changes in muscle flexibility and lumbopelvic alignment after fatiguing exercise. *Journal of Physical Therapy Science* 30, 719–725; DOI 10.1589/jpts.30.719