

# Ein Beitrag zur Differenzierung der Lahmheitsdiagnostik durch eine modifizierte „Hohe 4-Punkt-Anästhesie“

Maren Hellige<sup>1</sup>, Florian Geburek<sup>1</sup>, Ines Lautenschläger<sup>1</sup>, Karl Rohn<sup>2</sup>, Carsten Staszyc<sup>3</sup> und Peter Stadler<sup>1</sup>

Klinik für Pferde<sup>1</sup>, Institut für Biometrie, Epidemiologie und Informationsverarbeitung<sup>2</sup> und Anatomisches Institut<sup>3</sup> der Tierärztlichen Hochschule Hannover

## Zusammenfassung

Zur Diagnose schmerzhafter Veränderungen im Bereich der Metakarpalregion stellt die hohe 4-Punkt Anästhesie eine bedeutsame Untersuchung dar. Dabei ist es üblich, die Leitungsanästhesie des oberflächlichen (Nn. palmares medialis et lateralis) und des tiefen Anteils (Nn. metacarpei palmaris medialis et lateralis) des diagnostisch relevanten Nervensystems simultan zu anästhesieren. Es stellte sich die Frage, ob eine weitergehende Differenzierung der schmerzhaften Lokalisation durch eine gesonderte Anästhesie des oberflächlichen Systems einerseits und des tiefen Systems andererseits möglich ist. Zur Beurteilung der Diffusion des Lokalanästhetikums wurden einerseits in vivo Untersuchungen mit Röntgenkontrastmittel über den Verlauf von 30 Minuten untersucht und andererseits am Präparat Injektionen mit gefärbtem Lokalanästhetikum durchgeführt, die anschließend anhand von Gefrierschnitten ausgewertet wurden. Es wurde keine signifikante Veränderung der Verteilung des Röntgenkontrastmittels über eine Zeit von 30 Minuten an der Lokalisation des oberflächlichen und des tiefen Systems festgestellt. Die in vitro Injektionen an das oberflächliche System mit gefärbtem Lokalanästhetikum zeigten in keinem der untersuchten Fälle eine farbliche Anreicherung im Bereich des tiefen Nervensystems. Zudem wurden klinische und bildgebende Befunde von lahmen Pferden (n=59) analysiert, bei denen die Anästhesie des oberflächlichen oder des tiefen Systems in der proximalen palmaren Region des Metakarpus (hohe 4-Punkt Anästhesie) positiv ausfiel. Dabei wurde zunächst das oberflächliche System anästhesiert (2 x 2ml 2%ige Mepivacain-Lösung subfaszial). Bei negativem Ausfall erfolgte die Anästhesie des tiefen Systems (2 x 2 ml 2%ige Mepivacain-Lösung). Nach positivem Ausfall der so durchgeführten hohen-4-Punkt Anästhesie wurden ergänzende bildgebende Verfahren (Sonographie, Röntgen) zur Diagnosesicherung eingesetzt. Bei positivem Ergebnis der Anästhesie des oberflächlichen Systems wurden folgende Diagnosen gestellt: Desmitis des Ansatzes des M. interosseus an den Gleichbeinen, Tendovaginitis der Fesselbeugesehnscheide, Desmitis des Unterstützungsbandes der tiefen Beugesehne, Tendopathie der oberflächlichen bzw. tiefen Beugesehne. Fiel dagegen erst die Anästhesie des tiefen Systems positiv aus, wurde in 92% der Fälle eine Insertionsdesmopathie des M. interosseus diagnostiziert. Fehlinterpretationen sind bei der Leitungsanästhesie des tiefen Systems nach Punktion und Anästhesie des Karpometacarpalgelenkes möglich. Im Gegensatz zum üblichen Vorgehen erlaubt die zeitversetzte Anästhesie der Nn. palmares und der Nn. metacarpei palmaris eine differentialdiagnostische Abgrenzung der Insertionsdesmopathie des M. interosseus von Tendopathien der Beugesehnen und Erkrankungen der Fesselbeugesehnscheide.

**Schlüsselwörter:** diagnostische Anästhesien, Pferd, hohe Vierpunkt Anästhesie, Leitungsanästhesie, Lahmheit, Diagnostik, hohe Palmarnerveanästhesie

## Differentiation of lameness diagnostic by a modified high 4 point nerve block

The high 4-point block is an important diagnostic analgesia to localise pain in the proximal and mid metacarpal region. In most instances a simultaneous analgesia of the palmar nerves and the palmar metacarpal nerves is performed. However, the purpose of this study was to distinguish the painful region by a delayed anaesthesia of the palmar and metacarpal nerves. It was hypothesized that the modified high 4-point block is a more effective means to localize pain in the proximal and mid metacarpal region. In order to investigate this, the study was conducted in three parts (a-c). a) A retrospective analysis of data from horses with positive high 4-point block. b) An in vivo study to verify the diffusion characteristics of contrast medium at the two different localisations of the high 4-point block. c) An in vitro study on cadaveric limbs with a local dye anaesthetic solution to evaluate the diffusion at the locations of palmar nerve injection. a) Clinical and diagnostic imaging findings of 59 horses with positive analgesia of the palmar or palmar metacarpal nerves (modified high 4-point block) in the proximal metacarpal region were analysed. In all cases the lateral and medial palmar nerves were anaesthetized first with 2 ml of 2% Mepivacain solution (Scandicain®) on each side approximately 3 cm distal to the carpometacarpal joint. If this block did not improve the lameness, the lateral and medial palmar metacarpal nerves were anaesthetized 15 minutes later by applying 2 ml of 2% Mepivacain solution (Scandicain®) laterally and medially at the same level as before (representing the second step of the high 4-point block). In case of a positive response to the modified high 4-point block cases were worked up further using ultrasound and radiology. If analgesia of the medial and lateral palmar nerves was positive, the following diagnoses were confirmed: desmitis of the suspensory ligament branches, tendosynovitis of the digital flexor tendon sheath, desmitis of the accessory ligament of the deep digital flexor tendon, tendinitis of the superficial or deep digital flexor tendon. However, in 96% of the horses with a positive anaesthesia of the medial and lateral palmar metacarpal nerves, a desmitis at the origin of the suspensory ligament or an avulsion fracture in the proximal metacarpal region was stated as the cause of lameness. b) In the in vivo study 2 x 2 ml of radiopaque contrast medium were used to perform the high 4-point nerve block (palmar or palmar metacarpal nerves respectively) in both forelimbs of six nonlame horses. Lateromedial and dorsopalmar radiographs were obtained 0, 5, 10, 15, 20, 25 and 30 mins after injection and analysed subjectively and objectively. There was no significant diffusion after the specified timing from the medial and lateral palmar nerves site dorsally towards the palmar metacarpal nerves. c) The in vitro study was performed on cadaveric limbs to evaluate the diffusion of local dye anaesthetic solution in the region of the lateral and medial palmar nerves. The injection to the limbs was performed as in study b described above. 10 mins after the injection the cadaveric limbs were frozen at -20°C and subsequently cut transversally at one centimetre intervals starting at carpometacarpal joint. The diffusion characteristics of the dye anaesthetic solution were analysed subjectively. There was no diffusion of the dye anaesthetic solution dorsally from the palmar nerves towards the metacarpal nerves. In conclusion, we could prove that local analgesia of the palmar nerves at the level of the high 4-point block does not diffuse towards the palmar metacarpal nerves. Therefore, a modified high 4-point block permits a differentiation between proximal suspensory desmitis and other soft tissue pathology in the proximal and mid metacarpal region.

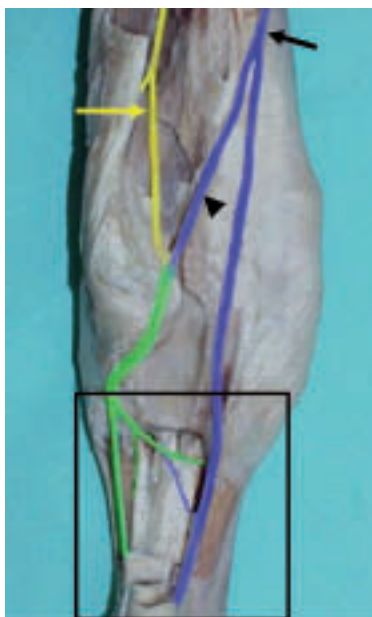
**Keywords:** diagnostic analgesia, horse, high 4-point nerve block, lameness, diagnostic, radiography, proximal suspensory desmitis

## Einleitung

Bei der orthopädischen Untersuchung lahmer Pferde haben Leitungsanästhesien nach wie vor eine herausragende Bedeutung zur Detektion des Gliedmaßenabschnittes mit der schmerzhaften Region. Im distalen Bereich der Gliedmaßen herrscht weitgehend Einigkeit über die Lokalisationen, die Durchführung, die Möglichkeiten und Grenzen der Leitungsanästhesien. Im Bereich des proximalen Metakarpus ist jedoch weiterhin unklar, ob in dieser Region eine differenzierte Schmerzausschaltung möglich ist. In der Literatur werden unterschiedliche Methoden zur reversiblen Schmerzausschaltung beschrieben (Dyson 1984, Ford et al. 1989, Schmotzer und Timm 1990, Keg et al. 1996). Diese fehlende Übereinstimmung resultiert aus unterschiedlicher Beschreibung der Innervation und aus der Unklarheit darüber, ob Diffusionsvorgänge grundsätzlich zu einer lokalen Infiltration mit Desensibilisierung sowohl des oberflächlichen als auch des tiefen Systems führen (Stadler et al. 2001).

## Neuroanatomie

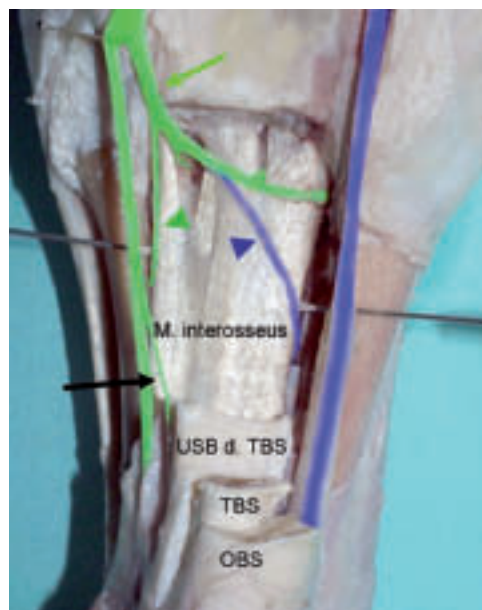
Die klinisch bedeutsamen Nerven am Vorderfuß des Pferdes gehen aus dem N. medianus und dem N. ulnaris hervor, die sich in ein oberflächliches und ein tiefes Nervensystem aufzweigen. Im distalen Drittel des Unterarms teilt sich der N. medianus in den medial fortlaufenden N. palmaris medialis und in den lateral ziehenden N. palmaris lateralis des oberflächlichen palmaren Nervensystems. Der N. palmaris lateralis verbindet sich noch im Unterarmbereich mit dem R. palmaris des N. ulnaris und zieht dann außerhalb des Karpaltunnels über das Karpalgelenk (Abb. 1a). Während der N.



**Abb. 1a** Anatomische Darstellung der Nerven palmar am Karpalgelenk und dem proximalen Metakarpus des Pferdes. schwarzer Pfeil: N. medianus, gelber Pfeil: R. palmaris des N. ulnaris, schwarze Pfeilspitze: N. palmaris lateralis, schwarzes Rechteck: Ausschnittvergrößerung Abb. 1b

*Palmar view of the nerves in the carpal- and proximal metacarpal region of the horse. black arrow: median nerve. yellow arrow: palmar part of the ulnar nerve. black arrowhead: lateral palmar nerve, black rectangle: magnification Abb. 1b*

palmaris medialis nur Anteile des N. medianus enthält, besteht der N. palmaris lateralis aus Ästen des N. medianus und des N. ulnaris (Wissdorf et al. 2010) und wird damit zu einem Mischnerven (Pohlmeier 1989). Unmittelbar distal des Karpalgelenkes tritt der R. profundus des R. palmaris n. ulnaris auf die palmare Fläche des Metacarpus III und wird hier vom M. interosseus bedeckt, den er über mehrere Zweige versorgt (Nickel et al. 1991). Der R. profundus teilt sich proximal am Metakarpus in den N. metacarpeus palmaris medialis und in den N. metacarpeus palmaris lateralis (Abb. 1b), die das tiefe palmarne Nervensystem repräsentieren (Sack 1975). Der M. interosseus wird daher sowohl durch Nerven-



**Abb. 1b** Ansicht der Nervensysteme am proximalen Metakarpus des Pferdes. USB d. TBS: Unterstützungsband der tiefen Beugesehne, TBS: tiefe Beugesehne, OBS: oberflächliche Beugesehne, Grüner Pfeil: R. profundus des N. palmaris lateralis; grüne Pfeilspitze: N. metacarpeus palmaris lateralis; blaue Pfeilspitze: N. metacarpeus palmaris medialis; schwarzer Pfeil: Ast des N. metacarpeus palmaris lateralis an das Unterstützungsband der tiefen Beugesehne *Palmar view of the nerves at the proximal metacarpus of the horse. M. interosseus: suspensory ligament, USB d. TBS: accessory ligament of the deep digital flexor tendon, TBS: deep digital flexor tendon, OBS: superficial digital flexor tendon, green arrow: deep branch of the lateral palmar nerve; green arrowhead: lateral palmar metacarpal nerve; blue arrowhead: medial palmar metacarpal nerve; black arrow: branch of the : lateral palmar metacarpal nerve to the accessory ligament of the deep flexor tendon*

fasern des N. ulnaris als auch des N. medianus innerviert. In Folge dessen führt eine alleinige Anästhesie des N. ulnaris oberhalb des Os carpi accessorium nicht zur vollständigen Schmerzfremheit des M. interosseus medius (Muyllé et al. 1998). Die Anteile des N. medianus sind insbesondere für Schmerzen aus dem Bereich der Fesselträgerschenkel relevant, da durch eine Anästhesie der N. ulnaris allein keine Lahmfreiheit von am Fesselträgerschenkel induziertem Schmerz erreicht wurde (Keg et al. 1996).

## Diagnostische Anästhesien am proximalen Metakarpus

Für den Bereich des proximalen Metakarpus sind verschiedene Anästhesien in der Literatur beschrieben. Die hohe Pal-

marnerven-anästhesie (HPA, high palmar nerve block) wird von einigen Autoren als einseitige, laterale Punktion im proximalen Drittel des Röhrlbeines vorgenommen (*Schmotzer* und *Timm* 1990, *Keg* et al. 1996).

Dabei wird eine 22 G Kanüle von lateral zwischen der tiefen Beugesehne bzw. dem Unterstützungsband der tiefen Beugesehne und dem M. interosseus nach medial vorgeschoben bis die Nadelspitze medial unter der Haut palpierbar ist. Dann werden zunächst 2 ml des 2%igen Lokalanästhetikums subkutan abgesetzt und unter Zurückziehen der Kanüle jeweils 6 ml subfaszial am N. palmaris medialis und am N. palmaris lateralis appliziert. Weitere 2 ml des Lokalanästhetikums werden lateral subkutan abgesetzt, bevor die Kanüle aus der Haut austritt. Mit Hilfe dieser Anästhesie wurden Schmerzen aufgrund einer durch Applikation von Kollagenase in den lateralen Fesselträgerschenkel induzierten Desmitis anästhesiert (*Keg* et al. 1996). Offen bleibt inwieweit durch diese Form der HPA auch der Ursprung der M. interosseus und damit Anteile des tiefen palmaren Nervensystems durch Diffusion erreicht werden.

Im deutschsprachigen Raum wird unter dem Begriff der HPA meistens eine beidseitige Anästhesie des oberflächlichen Systems, nämlich der Nn. palmares medialis et lateralis im proximalen Viertel des Metacarpus verstanden (*Edinger* 2010). Mit dieser Anästhesie wurden mittlere und distale Anteile der oberflächlichen und tiefen Beugesehne, der Schenkel und der Ansatz des M. interosseus sowie die Fesselbeugesehnenscheide desensibilisiert (*Edinger* 2009). Bei Applikation von 20 ml einer Methylenblaulösung am palmaro-proximalen Metacarpus zur Infiltrationsanästhesie des tiefen Systems (Nn. metacarpei palmares medialis und lateralis) wurde in 37% der Fälle eine Diffusion des Farbstoffes in die distalen Aussackungen des Karpometakarpalgelenkes festgestellt (*Ford* et al. 1989).

Für die Anästhesie des tiefen Nervensystems wird außerdem die laterale Palmarnerven-anästhesie unmittelbar distal des os carpi accessorium beschrieben (*Dyson* 1984, *Ford* et al. 1989, *Schmotzer* und *Timm* 1990). Dabei werden auch Anteile des oberflächlichen Systems anästhesiert und häufig (in 68% der Fälle) die Karpalbeugesehnenscheide unbeabsichtigt punktiert (*Ford* et al. 1989). Dagegen wurde bei perineuraler Injektion von Methylenblau an den N. palmaris lateralis auf Höhe des Os carpi accessorium von medial eine Diffusion oder Injektion in die Karpalbeugesehnenscheide vermieden (*Castro* et al. 2005).

Mit der so genannten „hohen 4 - Punkt Anästhesie“ (high four point block) werden durch die Infiltration der Nn. metacarpei palmares lateralis und medialis einerseits und die perineurale Injektion der Nn. palmares medialis et lateralis andererseits das oberflächliche sowie das tiefe System simultan anästhesiert (*Ford* et al. 1989, *Rijkenhuizen* 2001, *Stashak* 2002, *Bassage II* und *Ross* 2003). Wird unmittelbar distal des proximalen Endes des Griffelbeines injiziert, wird dabei auch der Ursprung des M. interosseus desensibilisiert (*Stanek* und *Girtler* 2002). Eine positive Anästhesie des Mediokarpalgelenkes kann aufgrund der Kommunikation mit dem Karpometakarpalgelenk und einer Diffusion des Anästhetikums durch die Gelenkkapsel in der Region des Fesselträgerursprungs zu der Fehldiagnose einer Arthropathie des Karpalgelenkes führen,

wenn tatsächlich eine Erkrankung des Fesselträgerursprungs vorliegt (*Ford* et al. 1988).

Da die in der Literatur beschriebenen diagnostischen Leitungsanästhesien im proximalen Bereich des Metacarpus und in der Karpalregion keine differenzierte Diagnostik erlauben, sollte überprüft werden, ob die zeitversetzte Anästhesie des oberflächlichen und des tiefen Systems in diesem Bereich eine Verbesserung bedeutet.

## Material und Methoden

### Kontrastmitteluntersuchung

Für diese Studie wurde bei 6 nicht lahmen Warmblutpferden im Alter zwischen vier und 21 Jahren an beiden Vordergliedmaßen Injektionen mit Röntgenkontrastmittel an einer Gliedmaße an die Lokalisation des oberflächlichen Systems und an der kontralateralen Vordergliedmaße an die des tiefen Systems folgendermaßen durchgeführt: Nach aseptischer Vorbereitung des Injektionsfeldes (scheren, sterile Waschung mit HiBiSCRUB®, Chlorhexidinguconat, Regent Medical, Manchester) wurden jeweils 2 ml eines riodensens Kontrastmittels Iohexol (Omnipaque® 300 mg/ml, Molekulargewicht 821,17 g/mol, Bayer Schering Pharma, Leverkusen, Deutschland) im proximalen Drittel des Metacarpus ca. 3 cm distal des Karpometakarpalgelenkes subfaszial mit einer 22 G (0,7 x 30 mm) Kanüle lateral und medial an die Lokalisation des N. palmaris lateralis und N. palmaris medialis appliziert, wobei die Kanüle im ca. 45° Winkel zur Gliedmaße in proximale Richtung vorgeschoben wurde. Alle Injektionen wurden am aufgehobenen und leicht (45°) gebeugten Vorderbein ausgeführt.

Für die Injektionen an das tiefe System erfolgte die Vorbereitung wie zuvor beschrieben. Es wurden jeweils 2 ml des Röntgenkontrastmittels mit einer 20 G (0,9 x 40 mm) Kanüle lateral und medial an die Lokalisation des N. metacarpus palmaris lateralis und N. metacarpus palmaris medialis appliziert, wobei die Kanüle zunächst im 90° Winkel über die Kontur des Griffelbeines hinweg und dann in den Winkel zwischen Metacarpus und Griffelbein vorgeschoben wurde. Alle Injektionen wurden von einem Untersucher durchgeführt.

Anschließend wurden direkt nach der Injektion und 5, 10, 15, 20, 25 und 30 Minuten post injectionem digitale Röntgenaufnahmen (Gleichspannungsgenerator OPTIMUS 80®, Hochleistungsröhre Typ SRO 33100 der Firma Philips Medizinsysteme, Hamburg, Röntgenkassetten mit dem Format 24 x 30 cm (Typ CC) der Firma Fuji Photo Film, Fokus-Objekt-Abstand von 100 cm) des proximalen Metacarpus in dorso-palmarer (0°) und latero-medialer (90°) Projektionsrichtung angefertigt. Zwischen den jeweiligen radiologischen Aufnahmen wurden die zu untersuchenden Pferde nicht bewegt. Im Anschluss an die Untersuchung wurde zum Schutz der Injektionsstellen ein hoher Polsterverband angelegt und nach 48 Stunden entfernt.

Mit Hilfe einer kalibrierten Bildbetrachtungssoftware (easyl-MAGE®, VetZ GmbH, Hannover) wurden die radiologischen Aufnahmen anschließend subjektiv und objektiv ausgewertet, wobei insgesamt 168 radiologische Aufnahmen statistisch

analysiert wurden. Die subjektive Auswertung beinhaltete die Beschreibung der Kontrastmittelverteilung bzw. eines Verteilungsmusters über den dokumentierten Zeitraum. Bei der objektiven Auswertung wurde die Ausdehnung des Kontrastmittels an der Lokalisation des oberflächlichen (n=6) als auch an der des tiefen Nervensystems (n=6) auf den radiologischen Aufnahmen über den Verlauf von 30 Minuten (n= ) in den Projektionsrichtungen 90° (lateromedial) und 0° (dorsopalmar) jeweils dreimal von einem Untersucher in Länge, Breite und Tiefe vermessen.

#### Statistik

Die Annahme auf Normalverteilung der Modellresiduen der Parameter musste nach Prüfung mittels Q-Q-Plot (hier nicht dargestellt) sowie Shapiro-Wilk-Test abgelehnt werden. In Folge wurde der Einfluss von 7 äquidistanten Messzeitpunkten zwischen 0-30 Minuten post injectionem mit der nichtparametrischen Einweg-Analyse für repeated measurement geprüft (Friedmann-Test mit Cochran-Mantel-Haenszel Statistik). Unterschiede mit einem p-Wert <0.05 wurden als statistisch signifikant berücksichtigt. Die Auswertungen erfolgten mit dem Statistikprogramm SAS, Version 9.2 (SAS Institute, Cary, NC).

#### Diffusionsstudie

Es wurden sechs Vordergliedmaße von Pferden ohne orthopädische Erkrankungen direkt im Anschluss an die Euthanasie im Ellenbogengelenk abgesetzt und die Injektionen unmittelbar danach durchgeführt. Pro Injektion wurde jeweils 2 ml 2%iges Mepivacainhydrochlorid (Scandicain®, AstraZeneca) mit Methylenblau in einer Verdünnung von 10 zu 1 subfaszial im proximalen Drittel des Metakarpus lateral und medial an die Lokalisation des N. palmaris lateralis und des N. palmaris medialis appliziert. Alle Injektionen wurden am leicht (45°) gebeugten Vorderbein von demselben Untersucher ausgeführt.

Die Präparate wurden in vertikaler Position fixiert und nach 10 Minuten in dieser Positionierung bei -20°C eingefroren. Nach Ablauf von drei Tagen wurden von diesen Präparaten transversale Gefrierschnitte von je 1 cm Schichtdicke beginnend im Metakarpalgelenk angefertigt und die Diffusion des Lokalanästhetikums anhand der Färbung im Bereich des oberflächlichen Nervensystems beurteilt.

#### Retrospektive Kasuistik

Aus dem Patientengut der Klinik für Pferde der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover wurden retrospektiv klinische und bildgebende Befunde von 59 Pferden ausgewertet, bei denen im Rahmen der speziellen orthopädischen Lahmheitsuntersuchung die modifizierte hohe 4-Punkt Anästhesie auf Höhe der Griffelbeinköpfchen positiv ausfiel. Das Patientengut setzte sich aus 32 Wallachen, 24 Stuten und 3 Hengsten im Alter von 4 bis 23 Jahren zusammen. Das durchschnittliche Alter der Pferde lag bei 12,2 Jahren und es waren 40 Warmblüter (Hannoveraner, Oldenburger, Altoldenburger, Brandenburger, Würtemberger, Rheinländer), 4 Island-Pferde,

3 Quarter Horses, 3 Appaloosa, 4 Deutsche Reitponys, 1 Paso Fino, 1 Lusitano, 1 Kaltblutpferd, 1 Araber, und ein Pinto vertreten. Die Pferde wurden aufgrund einer seit 4 Wochen bis 5 Monaten andauernden Lahmheit erstmalig in der Klinik für Pferde vorgestellt und zeigten eine deutlich geringgradige Lahmheit einer Vordergliedmaße beim Vorführen an der Hand auf der Geraden auf hartem Boden. Im direkten Anschluss an die klinische Untersuchung wurden die Leitungsanästhesien, beginnend mit der TPA1 vorgenommen. Bei den Patienten, die in diese Studie einbezogen wurden, verliefen die diagnostischen Anästhesien der distalen Gliedmaße bis zur Interosseusanästhesie negativ (keine oder nur geringgradige Verbesserung der Grundlahmheit).

Nach aseptischer Vorbereitung des Injektionsfeldes (scheren, sterile Waschung mit HiBiSCRUB®, Chlorhexidingluconat, Regent Medical, Manchester) wurde zunächst das oberflächliche System mit 2 x 2 ml 2%iges Mepivacainhydrochlorid (246 g/mol, Scandicain®, AstraZeneca) mit einer 22 G (0,7 x 30 mm) Kanüle lateral und medial anästhesiert. Nach ca. 10 Minuten erfolgte eine Überprüfung des Anästhesieergebnisses. Bei negativem Ausfall erfolgte die Anästhesie des tiefen Systems mit 2 x 2 ml 2%iges Mepivacainhydrochlorid (Scandicain®, AstraZeneca) mit einer 20 G (0,9 x 40 mm) Kanüle lateral und medial, wobei die Kanülenspitze im Winkel zwischen Metakarpus und Griffelbein platziert wurde. Die Anästhesien wurden jeweils nach aseptischer Vorbereitung der Injektionsstelle am aufgehobenen Bein von verschiedenen Untersuchern (M.H., F.G., I.L.) durchgeführt. Der Ausfall der Anästhesie des tiefen Systems wurde ebenfalls 10 Minuten nach der Injektion bewertet. Die Patienten wurden zwischen der Injektion des Lokalanästhetikums im Behandlungsraum und der erneuten Beurteilung auf der Vorführbahn lediglich über diese Strecke geführt. Weitere Bewegung wurde nach den Anästhesien vermieden. Es wurde überprüft, ob bei positivem Ausfall der Anästhesie des oberflächlichen Systems (Gruppe A) einerseits bzw. bei positiver Anästhesie des tiefen Systems (Gruppe B) andererseits mit Hilfe der Ergebnisse der klinischen und weiterführenden Diagnostik (Röntgen, Ultraschall) die Erkrankung spezifischer anatomischer Strukturen zugeordnet werden konnte. Der Ausfall der Anästhesie wurde als „positiv“ bewertet, wenn die Patienten nach der Anästhesie im Tab auf der Geraden auf hartem Boden lahmfrei waren. Bei elf Patienten war die Anästhesie des oberflächlichen Systems positiv und es lagen sowohl klinisch als auch ultrasonographisch pathologische Befunde der Fesselbeugehenscheide vor. In diesen Fällen wurde daraufhin eine intrasynoviale Anästhesie der entsprechenden gemeinsamen Fesselbeugehenscheide durchgeführt.

## Ergebnisse

### Kontrastmitteluntersuchung

Injektionen des Röntgenkontrastmittels an die Lokalisation des oberflächlichen Systems

Das Röntgenkontrastmittel stellte sich ausschließlich im palmararen Bereich der Gliedmaße dar. In 3 der 6 untersuchten Gliedmaßen wurde in der dorso-palmararen Projektionsrichtung auf den radiologischen Aufnahmen Verteilungen von 6 mm Breite dargestellt, die nach abaxial glatt konturiert waren und einen parallelen Verlauf von lateralen und medialer

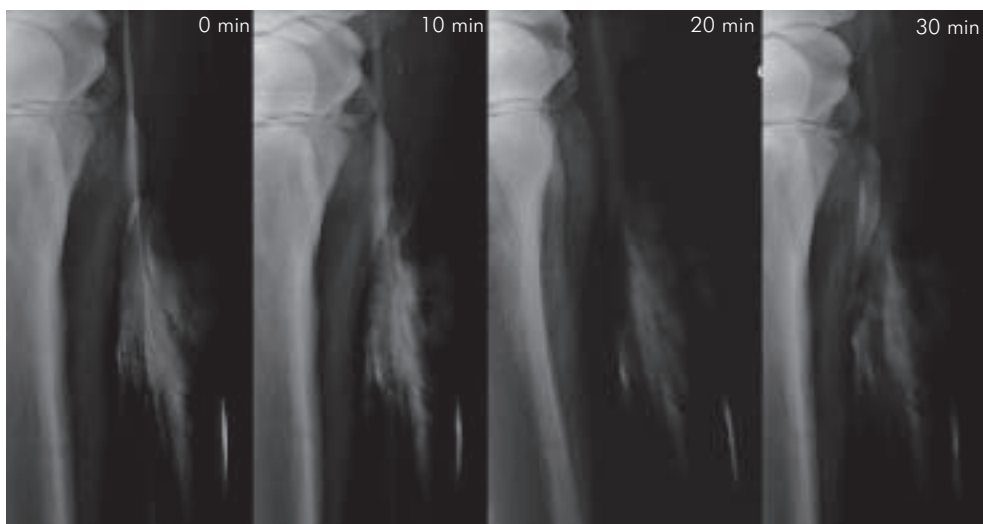


Injektionsstelle zueinander zeigten. Nach axial hingegen stellte sich das Kontrastmittel diffus und von geringerer Röntgendichte dar. In 2 der 6 Fälle wurde direkt nach der Injektion auf den latero-medialen Röntgenaufnahmen eine schmale bandartige Verteilung (2 mm) des Röntgenkontrastmittels nach proximal bis zum Os carpi accessorium festgestellt (Abb. 2). Dabei erschien diese proximale Verteilung konturiert und von nahezu gleichmäßiger Röntgendichte. In keinem der untersuchten Fälle wurde sowohl direkt nach der Injektion als auch im Verlauf des Beobachtungszeitraums von 30 Minuten eine Ausbreitung des Kontrastmittels bis zum Röntgenshatten des palmaren Metakarpus festgestellt. In allen drei Richtungen

wurde kein signifikanter Einfluss der Zeit auf die Ausbreitung des Kontrastmittels festgestellt.

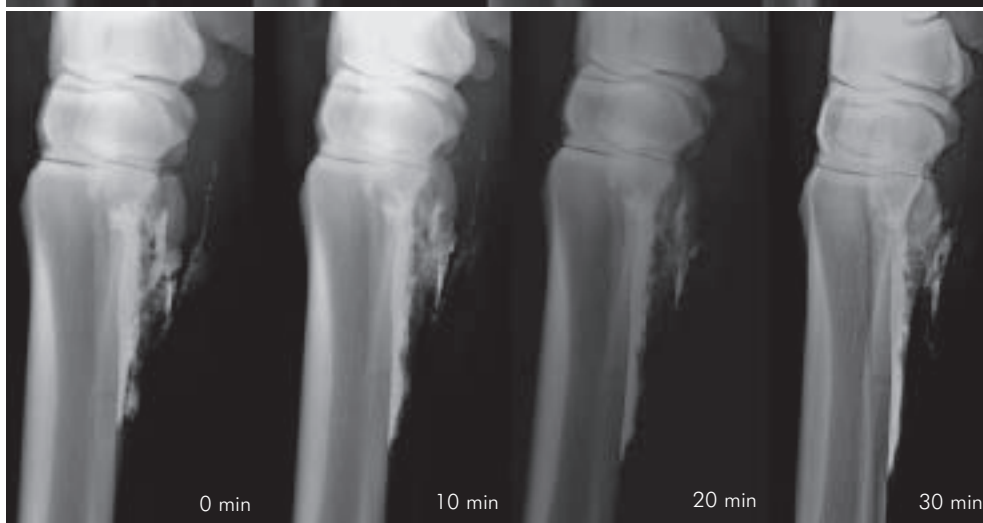
Injektionen des Röntgenkontrastmittels an die Lokalisation des tiefen Systems

Das Röntgenkontrastmittel zeigte direkt nach der Applikation in fünf der sechs untersuchten Fälle ein ähnliches Verteilungsmuster im proximalen Drittel des palmaren Metakarpus zwischen den Griffelbeinen (Abb. 4). Im zentralen Bereich des proximalen Metakarpus direkt unterhalb des Karpometakar-



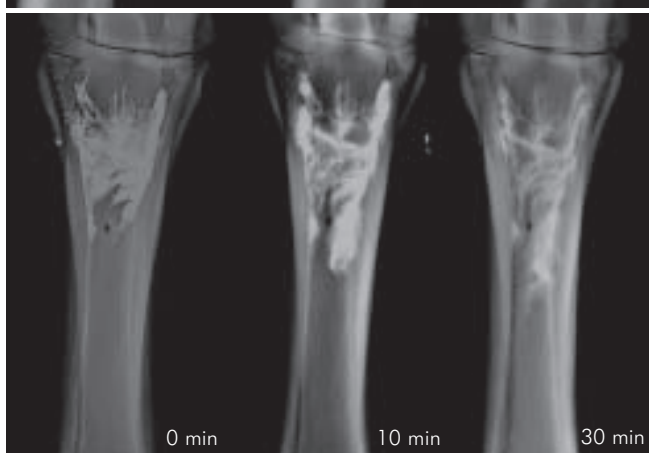
**Abb. 2** Latero-mediale Röntgenaufnahme der proximalen Metakarpalregion nach Injektion von 2 ml Iohexol (Omnipaque®) mit Darstellung der Verteilung im Verlauf von 30 Minuten in der Region der Anästhesie des oberflächlichen Nervensystems eines Pferdes.

*Lateromedial radiograph views of a proximal metacarpus obtained 0, 10, 20 and 30 min after injection of 2 ml contrast medium over the lateral and medial palmar nerves at the region of high four point block.*



**Abb. 3** Latero-mediale Röntgenaufnahme der proximalen Metakarpalregion nach Injektion von 2 ml Iohexol (Omnipaque®) mit Darstellung der Verteilung im Verlauf von 30 Minuten in der Region der Anästhesie des tiefen Nervensystems eines Pferdes.

*Lateromedial radiograph views of a proximal metacarpus obtained 0, 10, 20 and 30 min after injection of 2 ml contrast medium over the lateral and medial palmar metacarpal nerves at the region of high four point block.*



**Abb. 4:** Dorsopalmar Röntgenaufnahme der proximalen Metakarpalregion nach Injektion von 2 ml Iohexol (Omnipaque®) mit Darstellung der Verteilung im Verlauf von 30 Minuten in der Region der Anästhesie des tiefen Nervensystems eines Pferdes. Links im Bild die Röntgenaufnahme direkt nach der Injektion (Zeitpunkt 0 Min), mittlere Aufnahme 10 Minuten post injectionem, rechts im Bild die Röntgenaufnahme derselben Gliedmaße 30 Minuten nach Injektion.

*Dorsopalmar radiograph views of a proximal metacarpus obtained 0, 10 and 30 min after injection of 2 ml contrast medium over the lateral and medial palmar metacarpal nerves at the region of high four point block. Left is the radiograph 0 minutes after injection.*

palgelenkes war kein Kontrastmittel darstellbar. Nach abaxial wurde über den untersuchten Zeitraum keine Ausdehnung des Kontrastmittels festgestellt, die an die äußere laterale bzw. mediale Kontur der Griffelbeine heranreichte. Jedoch verteilte sich das Röntgenkontrastmittel axial in die distale Richtung entlang des Metakarpus. Die Verteilung des Kontrastmittels veränderte sich über den Zeitraum von 30 Minuten auf den dorsopalmaren Aufnahmen dahingehend, dass die Konturen verstrichen und weicher gezeichnet erscheinen. In 2 weiteren Fällen wurde direkt nach der Injektion eine strichförmige Verteilung des Kontrastmittels in die palmaro-proximale Richtung dargestellt (Abb. 3). In keinem der Fälle wurde Röntgenkontrastmittel im Gelenkspalt des Karpometakarpalgelenks auf den Röntgenaufnahmen während des untersuchten Zeitraumes nachgewiesen.

### Diffusionsstudie

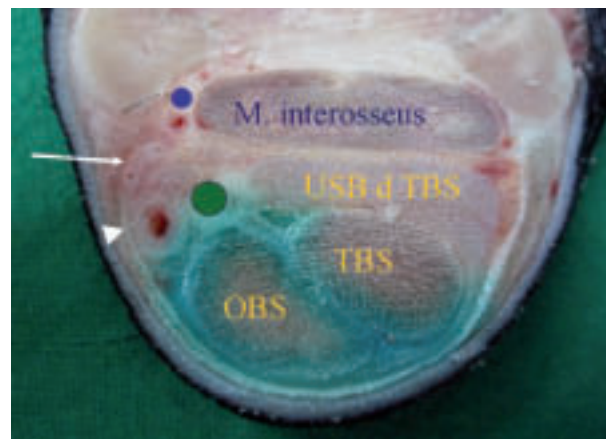
Bei der Auswertung der transversalen Gefrierschnitte war die Färbung jeweils deutlich subfaszial darstellbar. In allen untersuchten Schnitten waren sowohl die Faszie, als auch die oberflächliche und die tiefe Beugesehne an ihren Rändern angefärbt. Eine Färbung der Unterhaut lag hingegen bei keinem Präparat vor. Bei fünf Präparaten wurde eine Anfärbung der Nn. palmares lateralis und medialis bzw. der unmittelbaren Umgebung festgestellt. Bei dem sechsten Präparat wurde die Färbung lediglich im Bereich des N. palmaris medialis (Abb. 5) festgestellt. In keinem der Fälle bei denen das gefärbte Lokalanästhetikum an die Lokalisation des oberflächlichen Nervensystems injiziert worden ist, wurde die Färbung nach dorsal über die Tiefe des Unterstützungsbandes der tiefen Beugesehne hinaus im Bereich der N. metacarpei medialis oder lateralis (tiefes System) festgestellt.

### Retrospektive Kasuistik

Bei 56% der Patienten war bereits die Anästhesie des oberflächlichen Systems positiv (Gruppe A). Fiel jedoch erst die Anästhesie des tiefen Systems positiv aus, wurden diese Pferde der Gruppe B zugeordnet (Tab. 1).

Bei den Pferden, die aufgrund des positiven Ausfalls der Leitungsanästhesie des oberflächlichen Systems der Gruppe A zugeordnet wurden (n=33), sind folgende Diagnosen gestellt worden: 33% Tendovaginitis der gemeinsamen Fesselbeuge-

sehnscheide (n=11), 21% Desmitis des Fesselträgerschenkels (n=7), 18% Tendinitis der oberflächlichen Beugesehne (n=6), 15% Tendinitis der tiefen Beugesehne (n=5), 9% Desmitis des Fesselringbandes (n=3). In einem Fall wurde eine Desmitis des Unterstützungsbandes der tiefen Beugesehne diagnostiziert (3%). Bei den elf Pferden der Gruppe A, bei denen eine intrasynoviale Anästhesie der Fesselbeugesehnscheide durchgeführt wurde, verlief diese Anästhesie positiv. Bei den Pferden, bei denen aufgrund des positiven Ausfalls der Leitungsanästhesie des tiefen Systems eine Zuordnung in die Gruppe B erfolgte, wurden hingegen folgende Diagnosen gestellt: 92% Insertionsdesmopathie des M. interosseus (n=24), 4% Avulsionsfraktur des Fesselträgers am proximalen Metacarpus III (n=1), 4% Desmitis der Ligg. metacarpea interossea (n=1).



**Abb. 5** Gefrierschnitt des proximalen Anteils des Metacarpus mit der Ausbreitung des mit Methylenblau gefärbten Lokalanästhetikums nach Injektion an die mediale Lokalisation zur Anästhesie des oberflächlichen Nervensystems. USB d. TBS: Unterstützungsband der tiefen Beugesehne, TBS: tiefe Beugesehne, OBS: oberflächliche Beugesehne, Grüner Kreis: N. palmaris medialis (oberflächliches System). Blauer Kreis: N. metacarpeus palmaris medialis (tiefes System). Pfeil: V. digitalis palmaris communis II. Pfeilspitze: A. digitalis palmaris communis II.

*Cross-sectional image of the right front limb at the level of the proximal metacarpal area with the diffusion of the dye local anaesthetic solution at the medial aspect after injection at the localisation of the medial palmar nerve as a part of the modified high 4 – point block. M. interosseus: suspensory ligament, USB d. TBS: accessory ligament of the deep digital flexor tendon, TBS: deep digital flexor tendon, OBS: superficial digital flexor tendon, Green circle: medial palmar nerve. Blue circle: medial palmar metacarpal nerve. Arrow: medial palmar vein. Arrowhead: medial palmar artery.*

**Tab. 1** Verteilung der Patienten der retrospektiven Kasuistik (n = 59) in Gruppe A (n = 33) und Gruppe B (n = 26) aufgrund des Ergebnisses der modifizierten hohen 4-Punkt Anästhesie und den jeweiligen Diagnosen.

*Patients (n = 59) of the retrospective cases with positive response to the palmar (group A) or palmar metacarpal nerve anaesthesia (group B) and their different diagnoses.*

Positive Anästhesie des oberfl. Systems – Gruppe A		Positive Anästhesie des tiefen Systems – Gruppe B	
Diagnosen	n	Diagnosen	n
Tendovaginitis d. Fesselbeugesehnscheide	11	Insertionsdesmopathie d. M. interosseus	24
Desmitis d. Fesselträgerschenkel	7	Avulsionsfraktur am prox. Metacarpus	1
Tendinitis d. OBS	6	Desmitis Lig. metacarpea interossea	1
Tendinitis d. TBS	5		
Desmitis d. Fesselringbandes	3		
Desmitis d. Unterstützungsbandes d. TBS	1		

## Diskussion

Es liegen sowohl Studien zum Transport von Kontrastmittel über das Lymphsystem (Helling 2008) als auch zur Diffusion von Lokalanästhetika im Rahmen diagnostischer Anästhesien mit radiodensen Kontrastmitteln (Nagy et al. 2009, 2010) und mit farbgebenden Lösungen (z.B. Methylenblau) in verschiedenen Abschnitten der Gliedmaße des Pferdes (Ford et al. 1988, Castro et al. 2005, Hughes et al. 2007, Nagy et al. 2009, Nagy et al. 2010) vor.

In der vorliegenden Studie konnte die Verteilung des Kontrastmittels mit Hilfe der digitalen Röntgentechnik sowohl nach Applikation im Bereich des tiefen als auch des oberflächlichen Nervensystems in Länge, Breite und Tiefe über den Zeitraum von 30 Minuten post injectionem beurteilt und weitgehend quantitativ ausgewertet werden. Nach der Injektion an die Nerven des oberflächlichen Nervensystems zeigte sich radiologisch keine Ausbreitung bis in die Region des tiefen Nervensystems. Die Grenze der Ausdehnung des Kontrastmittels nach dorsal verlief bei allen sechs Pferden nahezu einheitlich und weitgehend ohne Überlagerung mit dem Röntgenshatten der Griffelbeine (siehe Abb. 2). Die feinen Metakarpalnerven und auch der R. profundus verlaufen ca. 1-2 cm weiter dorsal als der Röntgenshatten des Kontrastmittels und auch die Färbung des Gewebes nach der Methylenblau-Injektion zeigt im Anästhesiebereich des oberflächlichen Nervensystems eine ähnlich geringe Ausdehnung nach dorsal. Deshalb scheint eine Desensibilisierung des tiefen Nervensystems nach der Injektion von 2 ml des Anästhetikums an die Palmarnerven im Rahmen der Routinediagnostik mit hoher Wahrscheinlichkeit (Ponsold 1967) nicht zu erfolgen. Dagegen kann nach Applikation an die Nn. metacarpei palmares eine Ausdehnung des Röntgenkontrastmittels nach palmar bis an die Nn. palmares lateralis und/oder medialis nicht ausgeschlossen werden. Das bedeutet, dass eine selektive Differenzierung der schmerzbehafteten Region nur dann möglich ist, wenn grundsätzlich mit der Betäubung des oberflächlichen Nervensystems begonnen wird. Die hier erarbeitete Vorgehensweise scheint früheren Vorschlägen zu einer differenzierten Diagnostik bei Erkrankungen im Bereich des proximalen Metakarpus mit Hilfe diagnostischer Anästhesien überlegen zu sein. Für einen längeren Zeitraum wurde davon ausgegangen, dass mit Hilfe der Anästhesie des N. ulnaris unter anderem eine Erkrankung im Bereich des Fesselträgerursprungs sicher diagnostiziert werden konnte (Whet und Jones 1981). Erst mit dem Nachweis der Mischinnervation im Bereich der lateralen Gliedmaßenhälfte, unterhalb der Lokalisation zur Anästhesie des N. ulnaris wurde bestätigt, dass bei Schmerzen im Bereich des Fesselträgerursprungs eine vollständige Schmerzfreiheit durch eine Anästhesie des N. ulnaris allein nicht erreicht werden kann (Muyllé et al. 1998).

Neben der diagnostischen Unsicherheit in Bezug auf die Anästhesie des N. ulnaris wird die exakte Feststellung der Schmerzursache durch eine mögliche Diffusion des Anästhetikums in die Gelenkkapsel des Karpometakarpalgelenkes erschwert.

Die distalen Aussackungen des Karpometakarpalgelenkes befinden sich palmar zwischen der axialen Seite des Metacarpus II und IV und der abaxialen Fläche des M. interosseus

mit einer durchschnittlichen Ausdehnung von ca. 2,5 cm (Ford et al. 1988) und liegen in unmittelbarer Nähe der Nn. metacarpei palmares, so dass eine Fehlpunktion dieser Aussackung bei der Durchführung der hohen 4-Punkt Anästhesie möglich ist. In der vorliegenden Studie wurden deshalb die Injektionen ca. 3 cm distal des Karpometakarpalgelenkes vorgenommen. Eine Diffusion kann einerseits nach intraartikulärer Injektion des Anästhetikums in die Art. mediocarpa in die Richtung der Metakarpalnerven und andererseits nach Anästhesie der Metakarpalnerven in die Richtung des Karpometakarpalgelenkes stattfinden (Ford et al. 1988, Ford et al. 1989).

Eine ungewollte Anästhesie des Gelenkes durch Diffusion oder durch direkte Fehlpunktion wurde in der vorliegenden Studie dadurch vermieden, dass unterhalb der Gelenkaussackungen injiziert wurde. Die Möglichkeit der unbeabsichtigten Punktion des Gelenkes wird als Ursache einer eventuellen Fehlinterpretation diskutiert (Bassage und Ross 2003, Carter 2005). Insbesondere die Kontrastmittelverteilung auf den dorso-palmaren Röntgenaufnahmen in dieser Studie zeigt, dass bis ca. 10 Minuten nach der Injektion eine Deposition des Kontrastmittels in die palmaro-distalen Gelenkaussackungen und den Gelenkspalt des Karpometakarpalgelenkes nicht erfolgt ist (siehe Abb. 4). Nach 30 Minuten ist dagegen eine geringgradige Kontrastanreicherung zumindest unilateral (siehe Abb. 4) nicht vollständig auszuschließen. Dieses bestätigt die klinische Erfahrung anderer Autoren, die ebenfalls eine Überprüfung der Anästhesie nach 10 Minuten empfehlen (Dyson und Genovese 2010).

Insgesamt ist eine sichere Diagnose einer Erkrankung des Fesselträgerursprungs nur möglich, wenn neben den klinischen, ultrasonographischen und evtl. magnetresonanztomographischen Befunden die Anästhesie im Bereich des Fesselträgerursprungs mit einer vollständigen Lahmfreiheit einhergeht. Bei einer Erkrankung der distalen Karpalgelenksreihen ist eine vollständige Lahmfreiheit bei einer eventuellen Diffusion des Anästhetikums in Richtung der palmaro-distalen Gelenkaussackungen nach Anästhesie des tiefen Systems eher nicht zu erwarten (Dyson und Genovese 2010). Eine weitere Differenzierung zwischen einer Erkrankung des Fesselträgerursprungs einerseits und den distalen Karpalgelenksreihen andererseits erscheint in vielen Fällen mit Hilfe der Provokationsproben möglich zu sein. Bei 50% der Erkrankungen im Ursprungsbereich des Fesselträgers fällt die Beugeprobe der distalen Gliedmaße positiv aus, dagegen ist ein positiver Ausfall der Karpalgelenksbeugeprobe bei dieser Erkrankung nicht beschrieben (Bertone 2011). Alle bisher beschriebenen Methoden zur Betäubung der Region des Fesselträgerursprungs sind wenig spezifisch. Auch die hier beschriebene Vorgehensweise garantiert nicht vollständig die selektive Anästhesie des Fesselträgerursprungs. Die Methode bedeutet allerdings einen weiteren Schritt in diese Richtung. Insbesondere die Erkenntnis, dass bei alleiniger Betäubung der Metakarpalnerven die Diffusion des Anästhetikums in die Richtung und im Sinne einer Infiltration der Palmarnerven nicht ausgeschlossen werden kann, umgekehrt die Diffusion aus der Lokalisation des oberflächlichen Nervensystems nach dorsal jedoch eher unwahrscheinlich ist spricht dafür, die Betäubung der Palmarnerven im Rahmen der hohen 4-Punkt Anästhesie grundsätzlich vorher durchzuführen.

Entgegen einer Untersuchung, in der Kontrastmittelapplikation im Bereich der tiefen 4-Punkt Anästhesie untersucht wurde (Nagy et al. 2010), ist in der vorliegenden Studie lediglich in zwei Fällen eine Verteilung des Kontrastmittels in einem schmalen Verlauf in die proximale Richtung auf den radiologischen Aufnahmen dargestellt worden (Abb. 3). Diese Kontrastmittelverteilung könnte entlang des lymphatischen Systems verlaufen sein, ist aber im Vergleich zu anderen Studien (Helling 2008, Nagy et al. 2010) über eine deutlich kürzere Strecke darstellbar.

In der Literatur wird die Verteilung von Röntgenkontrastmittel an der Lokalisation von Leitungsanästhesien in vivo beschrieben (Nagy et al. 2009, 2010), um anhand dieser Untersuchungen Rückschlüsse auf die Diffusion von Lokalanästhetikum bei der Durchführung von diagnostischen Anästhesien am Patienten zu erhalten. Die Bewegung der Pferde nach Injektion von Kontrastmittel zeigte keinen Einfluss auf die Kontrastmittelverteilung (Nagy et al. 2009). Allerdings haben die radiodensen Kontrastmittel ein deutlich höheres Molekulargewicht (Iohexol: 821,17 g/mol) als die Lokalanästhetika, die für Leitungsanästhesien bei Pferden eingesetzt werden (Mepivacainhydrochlorid: 246 g/mol). Daher sollte der Rückschluss von der Verteilung eines Röntgenkontrastmittels auf das Diffusionsverhalten von Lokalanästhetika beim Pferd durch eine weitere Untersuchung abgesichert werden. In der vorliegenden Studie wurde die Verteilung des Röntgenkontrastmittels durch die Ausbreitung eines üblichen Lokalanästhetikums (2%iges Mepivacainhydrochlorid, Scandicain®, AstraZeneca), das mit einem Farbzusatz (Methylenblau) versetzt wurde, bestätigt. Aufgrund dieser Ergebnisse erscheint es möglich, einen klinischen Bezug zu der retrospektiven Kasuistik herzustellen.

Bei 59 orthopädischen Patienten mit einer Lahmheit im Bereich der Vordergliedmaßen und dem Verdacht einer Erkrankung im Bereich des proximalen Metakarpalbereiches wurde eine selektive perineurale Anästhesie wie oben beschrieben durchgeführt. Alle Patienten wiesen neben den klinischen Befunden, die entweder auf die Erkrankung von Strukturen des Versorgungsbereiches des tiefen Nervensystems (Fesselträgerursprung, evtl. Anteile der Griffelbeine, Ligg. metacarpeae interosseaee und der proximale Metakarpus) oder von Strukturen, die vom oberflächlichen System innerviert werden (tiefe Beugesehne, oberflächliche Beugesehne, distale Karpalbeugesehnscheide, distaler Fesselträger, Unterstützungsband der tiefen Beugesehne, Fesselbeugesehnscheide; Pohlmeier 1989, Wissdorf et al. 2010) bildgebende Befunde auf. Da nicht nur im Bereich der Zehe (Merz 1993) sondern auch in der hier untersuchten Metakarpalregion bildgebende Befunde vorliegen können, deren Schmerzrelevanz im Einzelfall fraglich ist, wurde zur endgültigen Diagnosefindung die selektive Anästhesie im proximalen Metakarpalbereich durchgeführt. Die Ergebnisse der vorliegenden Kasuistik bestätigen bei elf Pferden die Untersuchungen von Keg et al. (1992), der Schmerzen aufgrund von Erkrankungen der oberflächlichen und tiefen Beugesehne mit einer Anästhesie des oberflächlichen Nervensystems ausschalten konnte.

In weiteren elf Fällen, in denen die Anästhesie des oberflächlichen Systems positiv ausfiel, lieferte die klinische und bildgebende Untersuchung Hinweise auf eine Erkrankung der

Fesselbeugesehnscheide, die durch eine positive Anästhesie dieser synovialen Einrichtung bestätigt wurden. Bei einem weiteren Pferd wurde nach positiver Anästhesie des tiefen Nervensystems eine Avulsionsfraktur mit einem Fragment im Bereich der Verteilung des Anästhetikums am proximalen Metakarpus festgestellt. Bei Lahmheiten aufgrund von Avulsionsfrakturen im Bereich des Metakarpus kann allerdings die Anästhesie der Nn. metacarpei sowohl positiv als auch negativ ausfallen und erst durch die Anästhesie des Mediokarpalgelenkes eine Besserung der Lahmheit erreicht werden (Bramlage et al. 1980).

Bisher ungeklärt ist die Innervation des Unterstützungsbandes der tiefen Beugesehne. Bei Präparationen zur anatomischen Darstellung (Stadler et al. 2001) wurden, im Gegensatz zu der derzeitigen Vorstellung (Sack 1975, Dyson 2007) Nervenstränge vom tiefen System zum Unterstützungsband nachgewiesen (Abb. 1b).

Die vorliegende Kasuistik beschreibt ausschließlich Fälle, bei denen die vorangehenden Anästhesien negativ und entweder die Anästhesie des oberflächlichen oder die des tiefen Systems positiv ausfiel. Die Strukturen mit klinischen bzw. bildgebenden Befunden dieser Patienten waren nach Betäubung der sie versorgenden Nervensysteme (oberflächliches bzw. tiefes System) schmerzfrei. Das klinische Ergebnis, das auf eine Selektivität der hier angewandten Anästhesietechnik hinweist, wird durch den experimentellen Anteil dieser Studie erhärtet. Zusammenfassend erscheint mit Hilfe der zeitversetzten hohen 4-Punkt Anästhesie eine separate Betäubung zuerst des oberflächlichen und anschließend des tiefen Nervensystems am proximalen Metakarpus möglich. Dies erlaubt eine weitgehend sichere Diagnostik bei Erkrankungen der Beugesehnen und deren Sehnscheiden einerseits und der Absicherung evtl. klinischer und bildgebender Befunde am Fesselträgerursprung als Schmerzursache andererseits.

## Literatur

- Bassage II L. H. und Ross M. W. (2003) Diagnostic Analgesia. In: Ross M.W. und Dyson S.J. (Hrsg.): *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*, Saunders, St. Louis, 104-106
- Bertone A. L. (2011) The Metacarpus and Metatarsus In: Baxter G.M.: *Adams & Stashak's Lameness in Horses*, Wiley-Blackwell, Chichester, sixth edition, 644-648
- Bramlage L. R., Gabel A. A. und Hackett R. P. (1980) Avulsion Fractures of the Origin of the Suspensory Ligament in the Horse. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 176, 1004-1010
- Carter G. K. (2005) Diagnostic Anesthesia in the Lameness Examination: Potential Areas of Confusion. *AAEP Proceedings* 51, 1 – 5
- Castro F. A., Schumacher J. S., Pauwels F. und Blackford J. T. (2005) A New Approach for Perineural Injektion of the Lateral Palmar Nerve in the Horse. *Vet. Surg.* 34, 539-542
- Dyson S.J. (1984) Nerve blocks and lameness diagnosis in the horse. In *Pract.* 6, 102 – 107
- Dyson S. J. (2007) *Diagnosis and Management of Common Suspensory Lesions in the Forelimbs and Hindlimbs of Sport Horses*. *Clin. Tech. Equine Pract.* 6, 179-188
- Dyson S. J. und Genovese R. L. (2011) The suspensory Apparatus In: Ross M.W. und Dyson S.J. (Hrsg.): *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*, second edition, Saunders, St. Louis, 104-106
- Edinger J. (2009) Lahmheitsuntersuchung des Pferdes, *Der Praktische Tierarzt* 90 Suppl.6, 4-17



- Edinger J. (2010) Orthopädische Untersuchung der Gliedmaßen und der Wirbelsäule In: Wissdorf H., Gerhards H., Huskamp B., Deegen E. (Hrsg.): Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes. M. & H. Schaper Verlag Hannover, 3. Auflage, 907-916
- Ford T. S., Ross M. W. und Orsini P. G. (1988) Communication and boundaries of the middle carpal and carpometacarpal joints in the horses. *Am. J. Vet. Res.* 49, 2161-2164
- Ford T. S., Ross M. W. und Orsini P. G. (1989) A Comparison of Methods for Proximal Palmar Metacarpal Analgesia in Horses. *Vet. Surg.* 18, 146-150
- Helling T. (2008) Morphologische und radiologische Darstellung der Lymphgefäße und Bedeutung der manuellen Lymphdrainage im Bereich der Beugesehnen des Pferdes. Diss. med. vet. Hannover
- Hughes T. K., Eliashar E. und Smith R. K. (2007) In Vitro Evaluation of a Single Injection Technique for Diagnostic Analgesia of the Proximal Suspensory Ligament of the Equine Pelvic Limb. *Vet. Surg.* 36, 760-764
- Keg P. R., van den Belt A. J. M., Merkens H. W., Barneveld A. und Dik K. J. (1992) The effect of regional nerve blocks on the lameness caused by collagenase induced tendinitis in the midmetacarpal region of the horse: a study using gait analysis and ultrasonography to determine tendon healing. *Zentralblatt Veterinärmedizin A* 39, 349-364
- Keg P. R., Schamhardt H. C., van Weeren P. R. und Barneveld A. (1996) The effect of the high palmar nerve block and the ulnar nerve block on lameness provoked by a collagenase-induced tendinitis of the lateral branch of the suspensory ligament. *Vet. Quarterly* 18 Suppl 2, 103-105
- Merz A. (1993) Röntgenologische Reihenuntersuchung der Zehen und Sprunggelenke warmblütiger deutscher Auktionspferde der Zuchtverbände Bayern, Hessen, Holstein, Westfalen und Züchter der Trakehner Warmblutpferde. Diss. Med. Vet. Hannover
- Muyllé S., Desmet P., Simoens P., Lauwers H. und Vlamincck L. (1998) Histological study of the innervation of the suspensory ligament of the forelimb of the horse. *Vet. Rec.* 142, 606-610
- Nagy A., Bodo G., Dyson S. J., Szabo F. und Barr A. R. S. (2009) Diffusion of contrast medium after perineural injection of the palmar nerves: An in vivo and in vitro study. *Equine vet. J.* 41, 379-383
- Nagy A., Bodo G., Dyson S. J., Compostella F. und Barr A. R. S. (2010) Distribution of radiodense contrast medium after perineural injection of the palmar and palmar metacarpal nerves (low 4-point nerve block): An in vivo and ex vivo study in horses. *Equine vet. J.* 42, 512-518
- Nickel R., Schummer A., Seiferle E. und Böhme G. (1991) Lehrbuch der Anatomie der Haustiere Nervensystem, Sinnesorgane, endokrine Drüsen, Verlag Paul Parey, Berlin, 3. Aufl., 264
- Pohlmeyer K. (1989) Die für die klinische Untersuchung bedeutsamen Nerven am Vorder- und Hinterfuß des Pferdes. *Der Praktische Tierarzt* 4, 22-26
- Ponsold A. (1967) Lehrbuch der gerichtlichen Medizin für Mediziner und Juristen, 3. Aufl, Thieme Verlag Stuttgart
- Rijkenhuizen A. B. M. (2001) Die diagnostischen Anästhesien an der Vordergliedmaße des Pferdes. *Pferdeheilkunde* 17, 330-338
- Sack W. O. (1975) Nerve Distribution in the Metacarpus and Front Digit of the Horse. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 167, 298-305
- Schmotzer W. B. und Timm K. I. (1990) Local anesthetic Techniques for Diagnosis of Lameness. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 6, 705-728
- Stadler P., Staszyc C., Wagels R. und Blaich U. (2001) Die hohe Palmarernerven- (Plantarnerven-) anästhesie – Gibt es noch Indikationen? *Pferdeheilkunde* 17, 387-388
- Stanek C. und Girtler D. (2002) Diagnostische Leitungsanästhesien an der Vorderextremität des Pferdes: ein Vorschlag zur Standardisierung. *Pferdeheilkunde* 18, 617-621
- Stashak T. S. (2002) Examination for Lameness In: Stashak T. S.: Adams' Lameness in Horses, Lippincott Williams & Williams, Philadelphia, fifth edition, 163-165
- Wheat J. D. und Jones K. (1981) Selected Techniques of Regional Anesthesia. *Vet. Clin. North Am. Large Anim. Pract.* 3, 223-246
- Wissdorf H., Otto B., Geburek F., Fürst A., Hertsch B., Keller H. und Huskamp B. (2010) Unterarmbereich In: Wissdorf H., Gerhards H., Huskamp B., Deegen E. (Hrsg.): Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes. M. & H. Schaper Verlag Hannover, 3. Auflage, 450 und 481

Dr. Maren Hellige  
 Klinik für Pferde  
 Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover  
 Bünteweg 9  
 30559 Hannover  
 maren.hellige@tiho-hannover.de