

DIPLOMARBEIT

APPLIKATION KLEINER VOLUMINA IN DEN
LUMBALEN BEREICH DES TRUNCUS SYMPATHICUS

GIBT ES EIN IDEALES VOLUMEN?

eingereicht von

Gernot Wiener

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor(in) der gesamten Heilkunde
(Dr. med. univ.)**

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt am

Institut für makroskopische und klinische Anatomie

unter der Anleitung von

Erster Betreuer: Sen.Scientist Priv.-Doz. Dr.med.univ. **Georg Feigl**

Zweiter Betreuer: Univ.-Prof. Prim. Dr. **Rudolf Likar**

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich diese Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 08.03.2016

Gernot Wiener eh.

VORWORT UND DANKSAGUNG

Wie bereits Theophrastus Bombastus von Hohenheim, genannt Paracelsus, bemerkt hat, macht allein die Dosis das Gift, aber nicht nur das, sie macht auch das Medikament. In unserer Zeit, wo die meisten Medikamente in nur einer oder zumindest wenigen verschiedenen Konzentrationen vorliegen, lässt sich demnach auch sagen: Allein das Volumen bedingt, ob eine Arznei wirksam, wirkungslos oder aber giftig ist. Noch mehr gilt dies, wenn das Volumen nicht auf den ganzen Körper verteilt, sondern lokal appliziert wird, etwa in Körperhöhlen. Daher freut es mich besonders mit dieser Arbeit einen kleinen, aber, so bleibt zu hoffen, nicht unwesentlichen Anteil an der Erweiterung des medizinischen Wissens beitragen zu dürfen, haben wir doch alle auch deswegen einen besseren Blick auf die Welt, weil wir auf den Schultern von Riesen sitzen, wie Paracelsus einer war.

Besonderer Dank gilt meinem Betreuer und Freund Georg Feigl, der mich immer unterstützt und mit seinem Vorbild gelehrt hat, dass akademische Strebsamkeit nicht nur in der Blüte, sondern gerade auch dann wichtig ist, wenn die breite Masse das eigene Engagement nicht zu würdigen weiß.

Natürlich danke ich auch meiner Lebensgefährtin Eva Thunhart, die mich besonders in schwierigen Zeiten immer wieder unterstützt und aufgebaut hat, die immer an mich geglaubt hat und mir auch manchmal auf die Zehen gestiegen ist, wenn die Motivation darnieder lag. Auch meinen Eltern, besonders meiner Mutter, die mich immer unterstützt hat, auch wenn ich, aus einer Apotheker-Familie kommend, nicht ganz die erwartete Richtung eingeschlagen habe.

Außerdem natürlich dem gesamten Institut für Anatomie der MUG, im Besonderen natürlich dem Vorstand Professor Friedrich Anderhuber, Professor Andreas Weiglein und Walter Rosmarin für ihre Unterstützung und die Erlaubnis die Arbeit an diesem Institut durchführen zu dürfen sowie Professor Rudolf Likar vom Klinikum Klagenfurt. Ganz besonders aber dem Kollegium der Demonstratoren, in dem ich viele Jahre nicht nur eine akademische, sondern auch eine menschliche Heimat gefunden habe, mit dem ich viele gesellige und lehrreiche Stunden verbringen durfte und mit dem mich weit mehr verbindet als eine Arbeitsstelle. Denn die Lehre mag zwar die Tochter der Forschung sein, aber sie ist auch ihre Zukunft!

ABSTRACT

In 20 Leichen, die nach der Thielschen Methode konserviert waren, wurden nacheinander je 1 mL bis 5 mL Kontrastmittel von dorsal zum lumbalen Grenzstrang auf Höhe des dritten Lendenwirbels injiziert. Die Ausbreitung des Kontrastmittels wurde in 18 der Leichen CT gestützt dokumentiert und vermessen. Es konnte gezeigt werden, dass die Ausbreitung immer gewissen Mustern folgt und eine Applikation im Single-Shot-Verfahren für die Blockade auch der angrenzenden Ganglien des Grenzstranges ausreichend sein kann. Außerdem konnte gezeigt werden, dass bedenkliche Ausbreitungen zum Foramen intervertebrale schon bei 1 mL möglich sind und dass eine Ausbreitung entlang des großen Psoasmuskels sehr häufig ist. Es wurden auch Ausbreitungen zur Aorta, der Vena cava, ins Mesenterium und zur Niere gefunden. Ein ideales Volumen konnte nicht konkret bestimmt werden, aber größere Volumina als 3mL bergen ein erhöhtes Risiko von Komplikationen und verbessern die Blockade nicht.

We injected contrast medium in the amount of 1 mL up to 5 mL in 20 cadavers, preserved in the method of Thiel, using a dorsal way to the lumbar sympathetical trunc on the level of third lumbar vertebra. The spreading of the contrast medium was shown and analyzed via CT Scan in 18 cadavers. We could show, that the contrast medium always follows certain patterns and that the single-shot-procedure could be sufficient even in blocking the nearby ganglia. Additionally we could show, that alarming spreads into the intervertebral foramen can occur even by 1 mL and that the spreading along the psoas major muscle is very common. We also found spreads to the aorta, the vena cava, the mesenterium and the kidney. An ideal volume could not be determined for sure, but higher volumes than 3 mL conceal an increased risk of complications and don't improve the block.

INHALTSVERZEICHNIS

APPLIKATION KLEINER VOLUMINA IN DEN LUMBALEN BEREICH DES TRUNCUS SYMPATHICUS.....	0
<i>EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG</i>.....	3
VORWORT UND DANKSAGUNG	4
ABSTRACT	5
EINLEITUNG UND GRUNDLAGEN	10
Allgemeines	10
Anatomische Situation.....	11
Physiologische Situation	14
Allgemeines	14
Blutdruck und Durchblutung	15
Schmerzyndrome	15
Klinische Situation	16
Arten der klinischen Blockade	17
MATERIAL UND METHODEN.....	21
Material.....	21
Methodik.....	21
Statistik	23
Der Gummilatex und andere Probleme.....	24
RESULTATE	27
Demographie.....	27
Vermessung.....	27
1mL.....	28
2ml	30
3ml	31
4ml	32
5ml	33
Auffälliges und Muster	34
Quantitative Ausbreitung.....	34
Qualitative Ausbreitung.....	37
3D-Darstellung	39
DISKUSSION	44

Demographie.....	44
Vermessung.....	44
Interpretation der quantitativen Vermessung	44
Interpretation der qualitativen Messung	46
Ausbreitung im und am Musculus Psoas	46
Die Vasalen Kontakte.....	48
Konfluenzen	49
Ausbreitung zur Niere.....	50
Gesamtbetrachtung der Messergebnisse.....	50
Singleshot oder Doubleshot?.....	52
Das ideale Volumen	52
Vergleich mit Vorarbeiten.....	54
Kastner 2011	54
Sayson et al 1997	57
Feigl et al 2014.....	58
Pennekamp et al 2013.....	58
Feigl et al 2007	59
Einschränkungen.....	59
Conclusio	60
ANHANG	62
Literaturverzeichnis.....	62
Erhobene Daten.....	64
Auftreten der Ausbreitungsmuster bei Erhöhung des Volumens	75
Mittelwerte der quantitativen Messung in mm	75

ABBILDUNGS UND GRAPHIKVERZEICHNIS

Abbildung 1: Zwerchfell und innere Hüftmuskeln.....	10
Abbildung 2: Vegetative nerven der untersuchten Region.....	11
Abbildung 3: Ein r. lumb. Grenzstrangganglion, Zg. des Autors	13
Abbildung 4: CT-Schnitt : Osteophyt und Gummilatex in Arterien.....	24
Abbildung 5: CT-Schnitt: Ringförmige Kalkablagerung in der Aorta	24
Abbildung 6: CT-Schnitt: Artefakte in großen Gefäßen	25
Abbildung 7: CT-Schnitt: 3ml Kontrastmittel.....	37
Abbildung 8: 3D Bild: Ausbreitung bei 2ml	40
Abbildung 9: 3D Bild: Ausbreitung bei 1ml	40
Abbildung 10: 3D Bild: Ausbreitung bei 3ml.....	41
Abbildung 11: 3D Bild: Ausbreitung bei 5ml.....	42
Abbildung 12: 3D Bild: Ausbreitung bei 4ml.....	42
Graphik 1: Durchschnittliche Ausbreitung bei 1ml	28
Graphik 2: Anzahl der Ausbreitungen von 1ml.....	29
Graphik 3: Durchschnittliche Ausbreitung bei 2ml	30
Graphik 4: Anzahl der Ausbreitungen von 1ml und 2ml	31
Graphik 5: Durchschnittliche Ausbreitung bei 3ml	31
Graphik 6: Anzahl der Ausbreitungen von 1ml bis 3ml.....	32
Graphik 7: Durchschnittliche Ausbreitung bei 4ml	32
Graphik 8: Anzahl der Ausbreitungen von 1ml bis 4ml.....	33
Graphik 9: Durchschnittliche Ausbreitung bei 5ml	33
Graphik 10: Anzahl der Ausbreitungen von 1ml bis 5ml	34
Graphik 11: Vergleich des Durchschnitts der maximalen Abstände	35
Graphik 12: Vergleich des Durchschnitts der maximalen Abstände räumlich.....	36
Graphik 13: Übersicht der KM Ausbreitung in anatomische Bereiche	38
Graphik 14: Zuwächse des Auftretens neuer Ausbreitungen.....	39

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Statistische Daten der Leichen sowie daraus erhobene Basiswerte	23
Tabelle 2: Vergleich der Ausbreitungsmuster mit Kastner.....	55
Tabelle 3: Auftreten der Ausbreitungsmuster bei Erhöhung des Volumens	75
Tabelle 4: Mittelwerte der quantitativen Messung in mm	75

EINLEITUNG UND GRUNDLAGEN

ALLGEMEINES

Bereits seit der Entdeckung, dass Schmerzreize durch anatomisch definierte Strukturen, die Nerven, an das Gehirn weitergeleitet werden und schließlich als Schmerz in das Bewusstsein gelangen, war gleichsam auch die Idee geboren, durch permanente oder vorübergehende Unterbrechung dieser Bahnen, den Schmerz zu behandeln. (Halsted 1885) Die Applikation von Cocain und seinen Derivaten in den Bereich des Nervs vermindert oder verhindert aber nicht

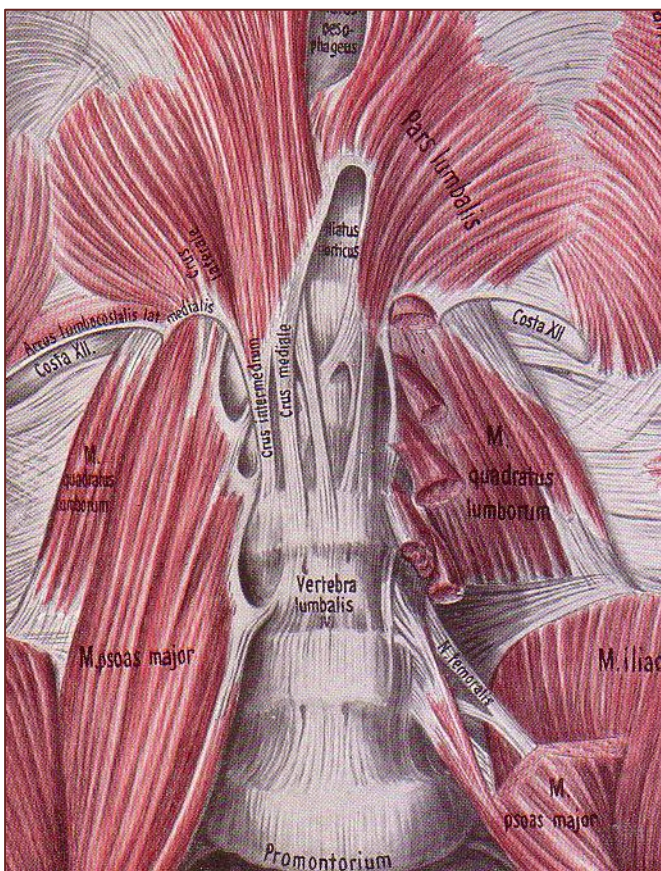


ABBILDUNG 1: ZWERCHFELL UND INNERE HÜFTMUSKELN (RAUBER UND KOPSCH 1929)

nur die Übertragung von Schmerzreizen, sondern, abhängig von Dosis und Konzentration, praktisch aller Informationen, die der Nerv von der Peripherie in das ZNS (Afferenz) sowie von dort in die Peripherie (Efferenz) überträgt. Dies gilt nicht nur für die peripheren Nerven, die Haut und Bewegungsapparat versorgen, sondern auch für diejenigen, die die Funktion unserer Eingeweide steuern, auch wenn diese ausnahmslos in der Tiefe des Kopfes, Halses und des Rumpfes liegen. Diese vegetativen Nerven lassen sich grob in drei Kategorien einordnen, nämlich das an den gastrointestinalen Bereich gebundene enterische Nervensystem, das diesem zulaufende parasympathische System und schließlich das Sympathische System, das jedoch, im

Gegensatz zu den anderen beiden, feine und feinste Äste bis in die distalste Peripherie aussendet. Die zentrale Struktur dieses Sympathischen Systems ist der, in einer Strickleiter paravertebral verlaufende, Grenzstrang, Truncus sympathicus. Sein Lendenanteil (pars lumbalis) hat vielfältige medizinische Bedeutung weswegen seine Blockade gelegentlich vorgenommen wird, jedoch mit recht unterschiedlichen Volumina. Mit der Frage nach der Verbreitung dieser Volumina und den sich daraus möglicherweise ergebenden klinischen Konsequenzen beschäftigt sich diese Arbeit. (Waldeyer A. und Mayet A 1993b)

ANATOMISCHE SITUATION

Der Truncus sympathicus, im weiteren einfach Sympathikus genannt, ist ein strickleiterartig angeordnetes Geflecht aus Nervensträngen und Ganglien, das sich von der Schädelbasis bis ins kleine Becken zieht und stets mehr oder minder ventrolateral der Wirbelkörper liegt. Mit Ausnahme des Halsympathikus ist entlang dieser Strickleiter immer je ein sympathisches Ganglion dem auf gleicher Höhe liegenden Spinalnerv embryologisch zugeordnet mit dem es

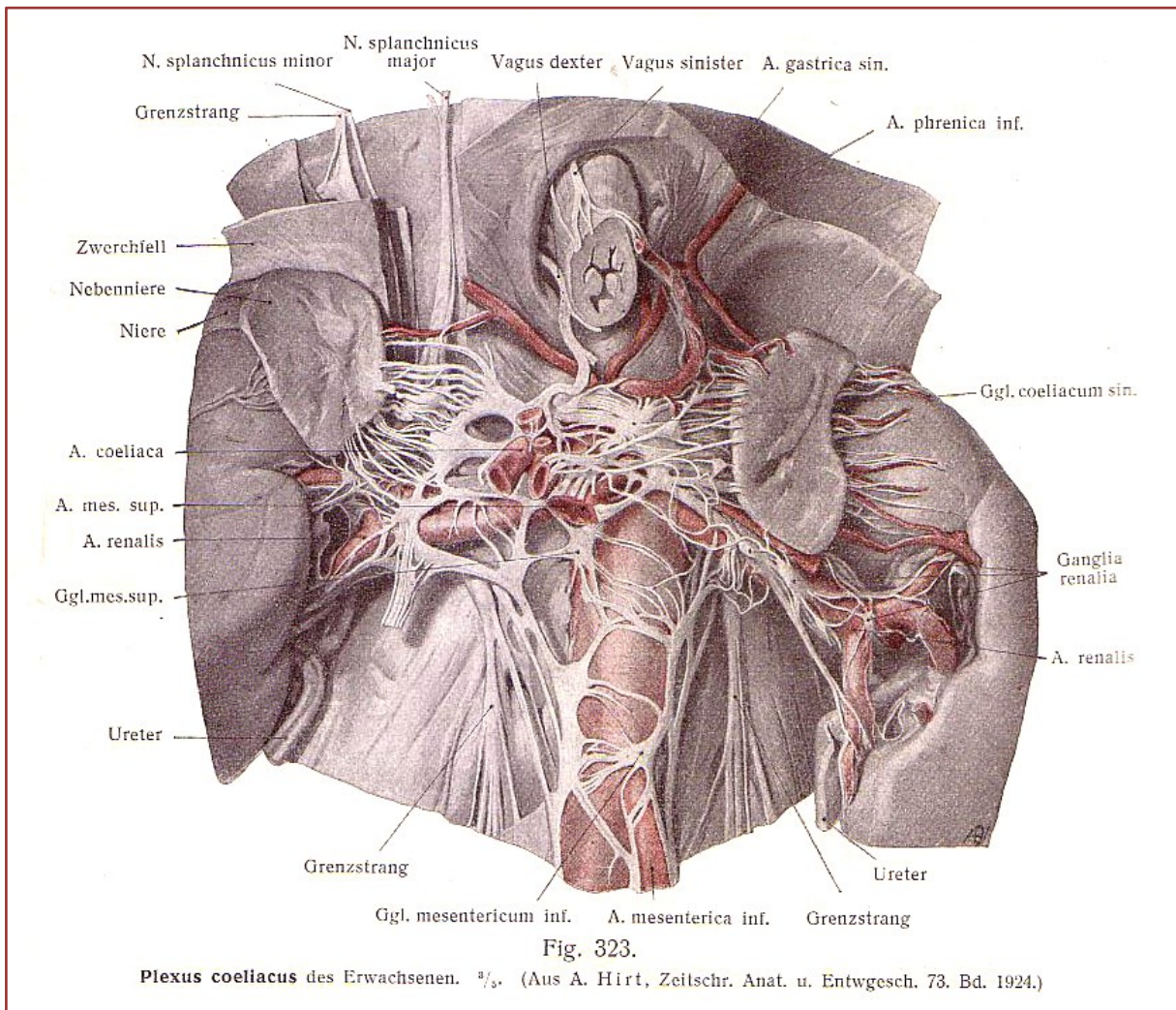


ABBILDUNG 2: VEGETATIVE NERVEN DER UNTERSUCHTEN REGION (RAUBER UND KOPSCH 1929)

über einen R. communicans albus (weißer Ast) und dem R. communicans griseus (grauer Ast) verbunden ist. Außerdem gibt jedes Ganglion einen oder mehrere NN splanchnici an die inneren Organe und/oder zur Bildung verschiedenster Plexus ab, oft in unmittelbarer Nachbarschaft. Das letzte Ganglion, das Ganglion impar, üblicherweise vor dem Os sacrum in der Tiefe des Beckens gelegen, kann als zwei verschmolzene Ganglien aufgefasst werden. Die Situation im Hals ist etwas verschieden zum restlichen Körper, da es dort nur drei Ganglien gibt (obwohl wir ja 8 Halsspinalnerven finden) und diese auch keine RR communicantes albi aufweisen und daher

ihre gesamte ZNS-Information über das bestbekannte Ganglion stellatum bzw. das erste Brustganglion beziehen müssen.

Die Situation im lumbalen Bereich ist eine gänzlich andere. Wir finden meist 4 Ganglien auf beiden Seiten, manchmal mehr (bis zu 7) manchmal nur eines (Clara 1942). Embryologisch werden zwar 5 Ganglien angelegt und jedes von ihnen hat seinen eigenen weißen und grauen Ast, aber aus bisher nicht näher untersuchten Gründen, gibt es im lumbalen Bereich, eine recht starke Tendenz zur Verschmelzung. Jedes Ganglion aber ist, zumindest, mit seinem cranialen und caudalen Nachbarn verbunden und alle gemeinsam mit dem, in relativer Nähe gelegenen, Plexus aorticus. (Pick und Howden 1999, S. 805) (Drenckhahn und Zenker 1994, S. 635) Bezüglich dieser Variabilität ist sich nicht nur die anatomische Literatur einig, das kann auch im Rahmen einer Sektion relativ schnell und einfach nachgeprüft werden, vorausgesetzt natürlich man verwendet eine frische Leiche oder zumindest keine Präparation, die Farbe und Konsistenz des Gewebes stark verändert, weil sonst das neurale Gewebe schwer bis gar nicht von den umliegenden bindegewebigen Strukturen zu unterscheiden ist. An Leichen, die nach der Thielschen Methode konserviert sind, ist das meist ohne weiteres möglich und hauptsächlich von der eigenen Expertise im Umgang mit dem Werkzeug abhängig. (Thiel 1992)

Das führt uns zu dem anatomischen Teil, wo sich die Literatur nicht mehr so einig ist, denn der Sympathikus und seine Ganglien haben engsten Kontakt mit der jeweiligen Faszie, die die Wirbelsäule ventral umgibt. Im Hals ist das die Fascia prevertebralis, als tiefstes Blatt der drei Halsfaszien, im Brustkorb ist das die Fascia endothoracica und im Bauch die Fascia transversalis. Diese Faszien sind nicht zu verwechseln mit der Pleura oder dem Peritoneum, auch wenn sie in großen Bereichen miteinander verwachsen sind, bleiben es unterschiedliche Strukturen. Es handelt sich immer um eine bindegewebige Hülle, die die tiefsten ventralen Strukturen des Halses, der Brust und des Bauches, also im Wesentlichen die Muskeln, Wirbelkörper und Bandscheiben sowie deren Gefäße, einschließt. Der Sympathicus, also die strickleiterartige Struktur, der sogenannte Grenzstrang, liegt ausnahmslos auf dieser Faszie also ventral davon. Allerdings verbindet sich die bindegewebige Hülle der Ganglien und des Sympathicus, das Epineurium, oft mit dieser Faszie wodurch der Eindruck entsteht, die Ganglien befänden sich innerhalb der Faszie. Außerdem bilden verschieden Nerven, wie etwa die NN. splanchnici an verschiedensten Stellen epifasciale Plexus aus, wodurch die Identifikation des eigentlichen Grenzstranges mitunter schwierig werden kann. Welche Besonderheiten finden wir nun im lumbalen Bereich, die wesentlich anders zu anderen sympathischen Gebieten sind? Der gesamte lumbale Bereich ist geprägt von Darm und seinem Gekröse, dementsprechend ausgeprägt sind die sympathischen Plexus, die sich hier, gemeinsam mit dem jeweiligen

Parasympathicus, als Plexus mesentericus superior und inferior, Plexus renalis, Plexus intermesentericus und schließlich Plexus hypogastricus superior, darstellen. Die MM psoates, der kleine (minor) und der große (major) begrenzen die Situation nach lateral und ihre Faszie verwächst oft mit der F. transversalis. (Manche Autoren sind der Meinung sie wird von ihr gebildet, (Waldeyer A. und Mayet A 1993a, S. 246–255)) Ventral finden sich die Aorta und die V. cava inferior, jeweils kurz vor ihrer Bifurkation bzw Konfluenz, die Aorta gibt ihren dritten enterischen Hauptast, die A. mesenterica inferior ab (L3), etwas oberhalb davon die beiden AA. Renales (L2). Außerdem kommt es hier zu den cranialsten Wechselverbindungen zwischen linkem und rechtem Grenzstrang, die direkt prävertebral verlaufen und nicht über einen Plexus führen.



ABBILDUNG 3: EIN RECHTES LUMBALES GRENZSTRANGGANGLION, ZEICHNUNG DES AUTORS FREI NACH (PLATZER 1991)

Die Rami communicantes grisei laufen auch hier zu ihren jeweiligen Spinalnerven zurück und versorgen somit die oberflächlichen Hautschichten entlang der jeweiligen Dermatome L1 bis L5, also im Groben die sensiblen Gebiete des N. iliohypogstricus, N. ilioinguinalis, N. genitofemoralis, N. cutaneus femoris lateralis, N. obturatorius, des N. femoralis und des N. peroneus communis, die mediale und anteriore Haut des Beines und Fußes. Abbildung 3 zeigt eine Bleistift-Zeichnung des Autors in der man gut die Lage eines sympathischen Ganglions auf Höhe L3 erkennen kann. Vena cava und Aorta sind weggedrängt, wodurch der Blick nach dorsal frei wird. In näherer Umgebung entspringen der N. genitfemoralis, der sich bald in seine beiden Hauptäste auftrennt, sowie der N. cutaneus femoris lateralis, der der lange im M. psoas verbleibt und dann recht flach auf dem M. iliacus liegend nach lateral zieht, um den seitlichen Oberschenkel sensibel zu versorgen. Gerade diese beiden Nerven können bei einer Blockade des lumbalen Sympathikus beleidigt werden und erhalten deshalb noch erhöhte Aufmerksamkeit. (Cunningham's Textbook of Anatomy 1953; Rohen et al. 1998; Sieglbauer 1944)

Über den periaortalen Plexus, der sich wie ein Netz um die Aorta schlingt, gelangen lumbale sympathische Fasern mit der linken und rechten A. iliaca externa zur A. femoralis und mit ihr zu

allen Arterien des Beines (mit Ausnahme natürlich der ganz proximalen und dorsalen Gebiete, die von sacralen Arterien versorgt werden). Damit ist der lumbale Sympathikus gemeinsam mit dem sacralen Sympathikus der vegetative Nerv der unteren Extremität. Die besagten periaortalen Plexus werden hauptsächlich vom lumbalen Sympathikus versorgt und diese bewerkstelligen die sympathische Innervation der Arterien und Arteriolen der unteren Extremität.

Bleibt die Frage ob und wie man den Sympathikus auf einem CT-Bild überhaupt erkennen kann. Diese Frage beschäftigte Feigl und Kastner in ihrer Arbeit „The lumbar sympathetic trunk: its visibility and distance to two anatomical landmarks“ in der sie 54 Thielsche Leichen sezieren und den Abstand des Sympathikus zum medialen Rand des M. psoas sowie zur Basis des Proc. costalis (klinisch „transversus“) auf Höhe der Bandscheiben L2/L3, L3/L4 und L4/L5 maßen. Die erhaltenen Werte überprüften sie an 20 CT und MR Serien von zufällig ausgewählten Patienten. Es zeigte sich, dass sich der Sympathikus auf der Höhe L2/L3 jeweils 31mm vom Processus und 0,3mm vom Psoas befindet. Weiter unten liegt er 34mm bzw. 32,6mm vom Processus und 3,1mm bzw. 4,6mm vom Psoas. Diese Werte wären sogar ausreichend, um eine Kanüle zum Sympathikus zu führen, selbst wenn er nicht sichtbar wäre. Der mathematischen Genauigkeit zu Liebe, die einen Punkt im Raum nur durch drei Koordinaten oder aber den Schnittpunkt zweier Linien definieren kann, sei hier bemerkt, dass diese beiden Punkte durchaus ausreichen, da sich besagte Entfernungen, als Zirkelabschlag betrachtet, nur in einem einzigen Punkt schneiden. Dort liegt dann der Sympathikus.

PHYSIOLOGISCHE SITUATION

ALLGEMEINES

Der Sympathikus ist das morphologische Pendant zur physiologischen Stressreaktion oder, wenn man den negativen Ausdruck „Stress“ vermeiden möchte, der Vermittler der „Fight or Flight Reaction“. Seine wesentlichen Funktionen sind eine Verstärkung der Herztätigkeit, Verengung der peripheren Gefäße, Erweiterung der Bronchien, Erhöhung der Schweißsekretion, Erweiterung der Pupillen und Erhöhung des Blutzuckerspiegels. Sein wichtigster Gegenspieler ist der Parasympathikus (N. vagus, andere Hirnnerven und Sakralparasympathikus), der aber keine Ausläufer in die Extremitäten schickt, weswegen der Sympathikus dort nur humoral und physikalisch (z.B. pH-Wert & NO) reguliert wird.

Wie auch bei allen anderen Nerven unterscheiden wir beim Sympathikus Afferenzen und Efferenzen, jedoch können wir noch nicht mit Sicherheit sagen, ob alle sympathischen Nerven beide Qualitäten aufweisen, oder ob es auch rein efferente und rein afferente Stränge gibt. Mit

Sicherheit lässt sich nur sagen, dass alle Efferenzen über das Vorderhorn austreten und alle Afferenzen, nach Durchtritt durch das Spinalganglion, wieder in das Hinterhorn eintreten, genauso wie das auch bei den Spinalnerven der Fall ist. Im Gegensatz zu diesen ist die Umschaltung jedoch variabel. Manche Fasern schalten im Grenzstrangganglion um, manche erst in einem prävertebralen oder einem paraortalen Ganglion, manche möglicherweise gar nicht. (Rohkamm 2009)

BLUTDRUCK UND DURCHBLUTUNG

Der lumbale Sympathikus kontrolliert also die Engstellung der Arterien und Arteriolen des Beines und die Schweißsekretion in den vom Plexus lumbalis versorgten Bereichen. Das mag auf den ersten Blick wenig relevant erscheinen ist jedoch von elementarer Bedeutung für den Blutdruck und somit letztendlich für die gesamte Orthostatik, da sich nur etwa ein Fünftel des gesamten Blutes in den Arterien befindet (ergo ca. 1L). Aufgrund des hydrostatischen Druckes und der Größe der Beine würde sich ein nicht unwesentlicher Teil dieses vergleichsweise wenigen arteriellen Blutes in den Beinen befinden wenn ein dortiger Ausfall des Sympathikus (wie auch eine zu starke globale Hemmung)erfolgt. Dies kann daher schnell zu einem kritischen Abfall des Blutdruckes bis hin zur Bewusstlosigkeit führen, wenn das Blut in den Arterien der Beine versackt und dann in den Endstromgebieten der AA carotes und vertebrales fehlt (Schellong-Test). Umgekehrt ist daher eine lumbale Blockade des Sympathikus bei allen Erkrankungen oder Zuständen indiziert, die von einer vermehrten Durchblutung des Beines profitieren.

SCHMERZSYNDROME

Der Sympathikus scheint auch eine gewisse Rolle bei manchen Schmerzsyndromen zu spielen. Ein Schmerzreiz geht praktisch immer mit einer Erregung des Sympathikus einher, daher wurde schon früh die Frage gestellt, ob nicht auch eine Erregung des Sympathikus alleine Schmerzen auslösen kann oder ob ein vorhandener Schmerzreiz von der Aktivität des Sympathikus beeinflusst werden kann. Die (patho-)physiologischen Mechanismen werden derzeit erst erforscht, jedoch hat sich empirisch gezeigt, dass manche Patienten von einer Blockade des peripheren Sympathikus profitieren, daher dürfen wir wohl annehmen, dass er direkt oder indirekt an der Schmerzleitung oder Schmerzentstehung beteiligt ist. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, dass die beteiligten Transmitter, allen voran Noradrenalin und Serotonin sowohl hyperalgetisch als auch analgetisch wirksam werden können. Peripher appliziertes Serotonin, beispielsweise subkutan, löst eine Schmerzempfindung aus, im Hirn

jedoch wirkt es nicht nur analgetisch sondern auch euphorisierend, antidepressiv, anxiolytisch etc. und seine Wiederaufnahme im synaptischen Spalt wird bekanntlich gerade deswegen durch verschiedenste Antidepressiva gehemmt, mit zum Teil beachtlicher Wirkung. (Beck et al. 2002)

KLINISCHE SITUATION

Die vorübergehende oder permanente Blockade des lumbalen Sympathikus ist eine gelegentlich durchgeführte Methode, etwa um die Durchblutung eines oder beider Beine zu verbessern. Insbesondere bei Patienten, deren Situation ansonsten nur mehr eine Amputation zulässt, kann sie eine Chance bieten das Bein, den Fuß oder zumindest einen größeren Teil davon doch noch zu erhalten.

Eine eher im kosmetischen Bereich aber durchaus auch mit gewissem Leidensdruck verbundene Indikation ist die Hyperhidrosis pedis, also Schweißfüße, bei der man auch eine Blockade versuchen kann, jedoch sollte insbesondere hier, wie sonst aber auch, darauf geachtet werden, den Patienten über oben genannte orthostatische Probleme wie auch eine wahrscheinliche Rötung des Beines aufzuklären, die durch die Weitstellung der Arteriolen erfolgen kann. Bei verschiedenen Erkrankungen, besonders aus dem autoimmunologischen sowie rheumatischen Formenkreis, die mit ansonsten insuffizient behandelbaren Schmerzen der Beine und Füße einhergehen, kann man die Blockade versuchen. Besonders hier muss aber eine möglichst vollständige psychologische bzw. psychiatrische Abklärung erfolgen, zum einen weil möglicherweise keine Morphologie zu erkennen ist und zum anderen weil, wie generell bei allen Schmerzsyndromen, die seelische Komponente maßgeblich zum Outcome beiträgt.

Jankovic fasst in seinem Lehrbuch die Indikationen zur lumbalen Sympathikusblockade wie folgt zusammen:

„ Indikationen

Diagnostisch und prognostisch

- Differenzierung verschiedener Formen vasospastischer Erkrankungen im Bereich der unteren Extremitäten;
- prognostische Blockade zur Indikationsstellung für eine chirurgisches Sympathektomie oder eine neurolytische Blockade
- Kontrolle (Bestätigung) einer chirurgisch durchgeführten Sympathektomie

Therapeutisch

- Schmerzen durch Durchblutungsstörungen bei vasospastischen Erkrankungen im Bereich der unteren Extremitäten in Form arterieller oder venöser Dysfunktion oder

deren Kombination.

- Claudicatio intermittens;
- Embolien und Thrombosen;
- Thrombophlebitis und postphlebitisches Ödem
- Zustand nach rekonstruktiven vaskulären Eingriffen
- Zustand nach Erfrierungen oder Traumen
- komplexes regionales Schmerzsyndrom (complex regional pain syndrom, CRPS) Typ I und II;
- Phantom-Stumpf-Schmerz;
- Erythromelalgie;
- Akrozyanose
- Phlegmasia alba dolens
- lang anhaltende Infektionen des Beines;
- schlecht heilende Ulzera;
- Neuritiden nach Radiatio;
- Hyperhidrosis der unteren Körperhälfte;
- akute Phase der Herpes-zoster-Neuralgie;
- viszerale Schmerzen (z.B. Nierenkoliken).

Blockadeserie

Eine Serie von sechs bis acht Blockaden wird empfohlen. Bei nachgewiesener Besserung der Symptomatik können auch mehr Blockaden durchgeführt werden.

Kontraindikationen

- Antikoagulantienbehandlung;
 - Infektionen und Hauterkrankungen im Punktionsbereich;
 - Zusatz von Vasopressoren bei Patienten mit peripheren Durchblutungsstörungen.
- (Jankovic 2007, S. 270–271) „

ARTEN DER KLINISCHEN BLOCKADE

Klinisch unterscheidet man zwischen drei Arten der Sympathikusblockade. Der globalen (oder systemischen), beispielsweise mittels Betablockern wie Metoprolol oder Alphablockern wie Alfuzosin, der zentralen, durch Einstich oder Operation in den Grenzstrang bzw. prävertebralen Plexus und schließlich als drittes die periphere Blockade, bei der man ein Lokalanästhetikum peripher intraarteriell oder intravenös verabreicht um den jeweiligen sympathischen Plexus,

der ja in der Adventitia der jeweiligen Arterie liegt, zu blockieren (z.B. bei Mb. Raynaud). (Beck et al. 2002; Jankovic 2007)

Wenn man den lumbalen Sympathikus im Rahmen einer zentralen Blockade erreichen möchte benötigt man eigentlich nur Desinfektion, eine lange Nadel (min 15cm) und ein Lokalanästhetikum. Im Sinne der good clinical practice und nicht zuletzt aus juristischen Überlegungen, sei aber darauf hingewiesen, dass ein bildgebendes Verfahren, besonders bei wenig erfahrener Personal, dringendst empfohlen wird. Weitgehend durchgesetzt hat sich das Verfahren nach Reid, das auch wir für unsere Untersuchung angewendet haben. Man sticht in etwa zwei Finger breit lateral des durch die Haut tastbaren Processus spinosus (Höhe L2, L3 oder L4) in den auf dem Bauch liegenden Patienten ein. Bei eher schlanken Patienten empfiehlt sich ein Polster unter den Bauch zu legen, um die Lendenlordose etwas auszugleichen. Man sticht leicht (10 bis 20 Grad) nach medial, bei in den anderen beiden Ebenen orthogonal bis dezent kranial geführter Nadel, bis man entweder den Proc. costalis, klinisch als Processus transversus bekannt, oder den Wirbelkörper erreicht. Bei Kontakt mit dem Proc. costalis (nach wenigen Zentimetern Eindringtiefe) zieht man etwas zurück und versucht ihn cranial oder caudal zu umschiffen, wenn das nicht möglich ist versetzt man den Einstich selbst nach cranial oder caudal. Hat man Kontakt mit dem Wirbelkörper oder der Bandscheibe zieht man die Nadel erneut etwa 5 cm zurück und korrigiert vorsichtig nach lateral, um die Spitze ventrolateral des Wirbelkörpers zu platzieren. Spätestens hier ist eine bildgebende Kontrolle dringend zu empfehlen, schließlich hat man zu diesem Zeitpunkt bereits mindestens 13 cm Nadel quasi blind im Patienten versenkt! Insbesondere bei vorliegender Kachexie könnte man bis dahin schon allerhand punktiert haben, inklusive der Niere, ihren Gefäßen, die Aorta, die Vena cava oder gar den Darm. (Beck et al. 2002; Jankovic 2007)

Bei korrekter Lage wird aspiriert, danach appliziert man das Mittel, üblicherweise ein Lokalanästhetikum wie Lidocain. Ob eine Wirkung eintritt und welche kann meist bereits wenige Minuten post applicationem beurteilt werden. Die Menge, also das Volumen, des applizierten Mittels jedoch basierte bisher weitgehend auf Expertenmeinungen und persönlichen Erfahrungen, was mich, unter anderem, dazu veranlasste diese Arbeit zu schreiben.

Doch selbst wenn die Nadel unter radiologischer Kontrolle platziert wurde, können noch weitere ungewollte Komplikationen auftreten. Dazu gehören nicht nur Blockaden von in der Nähe befindlichen Strukturen, wie die Nerven des Plexus lumbalis (besonders N. genitofemoralis, N. cutaneus femoris lateralis), sondern auch Injektionen in Gefäße. Diese kann man versuchen durch Aspiration zu verhindern, jedoch ist die Tatsache, dass kein Blut kommt

alleine noch nicht ausreichend für den Ausschluss einer intravasalen Injektion, wie Haynsorth 1994 eindrucksvoll in seinem Fallbericht „Intralymphatic injection: Another complication of lumbar sympathetic block „ zeigt. Dabei hatte er einer 54 jährigen nach einem Verkehrsunfall und einem darauf folgenden Schmerzsyndrom versehentlich bei einer Sympathikusblockade das Therapeutikum in ein Lymphgefäß gespritzt. Dass dabei bei der Aspiration kein Blut kam, darf man als gegeben annehmen. (Jankovic 2007)

Jankovic empfiehlt in seinem Lehrbuch folgende Dosierungen:

„Dosierung

Diagnostisch

5 ml Lokalanästhetikum mit Kontrastmittel, z.B. 0,5% Prilocain, 0,5% Mepivacain, 0,5% Lidocain.

Therapeutisch

20 ml Lokalanästhetikum (Single-Kanülen-Technik).

10 ml Lokalanästhetikum pro Kanüle (bei 2- oder 3-Kanülen-Technik), z.B. 0,2-0,375% Ropivacain, 0,25% Bupivacain (0,25% Levobupivacain).

Neurolytika

3 ml pro Segment (Jankovic 2007, S. 274)“

Mit „diagnostisch“ meint Jankovic eine Blockade, die zeigen soll, ob der Zustand des Patienten durch die Blockade verbessert werden kann und, zur Absicherung, vor einer Neurolyse.

Kastner zeigte jedoch, dass diese Volumina äußerst kritisch zu sehen sind, da sie sich in dieser Höhe praktisch immer in ungewollte Regionen ausbreiten. Er applizierte 1 mL, 6 mL und 11 mL Kontrastmittel auf L2 und L4 und vermaß die Ausbreitung mittels CT. Er schreibt:

„Die erste Injektion von 5ml zeigte eine lokale Ausbreitung in der Ebene des jeweiligen Wirbels mit Auslauf in den retrorenalen Raum in Höhe von L2 und entlang des Psoas-Muskels in Höhe von L4. Signifikante vertikale Ausbreitung wurde auf beiden Ebenen beobachtet, mit unilateralem vertikalem Zusammenfluss in nahezu der Hälfte der Fälle. Weitere Injektionen zeigten eine weitläufigere kraniale und kaudale Ausbreitung mit unkontrollierter Dissemination in den Epiduralraum und auf die kontralaterale Seite. (Kastner Manuel 2011, S. IV)“

Likar empfiehlt daher in seiner Vorlesung bereits ein Jahr später:

“ Lokalanästhetika	neurolytische Substanzen
Bupivacain (0,25%; 0,5%)	6-7% Phenol
Mepivacain (0,5%; 1%)	7.10% Phenol/KM
Lidocain (1%)	96% Alkohol
1-5 ml pro Segment	1-2 ml pro Nadel“

(Likar 2012)

Jedoch blieb die Frage bislang offen, wie sich weniger als 5 mL in diesem Raum ausbreiten und ob man nicht eine gewisse Menge empfehlen kann. Daraus erwuchs das Design dieser Arbeit.

MATERIAL UND METHODEN

MATERIAL

Verwendet wurden insgesamt 20 Leichen, in Thielscher Lösung konserviert, aus dem Kollektiv des Instituts für Anatomie der MUG, originale Neuraltherapie Nadeln (Pajunk, 15cm, 21G, Erlangen, Deutschland; ich muss das aber noch checken) mit Seele, die uns von Prof. Likar am LKH Klagenfurt zur Verfügung gestellt wurden (herzlicher Dank auch an dieser Stelle), Röntgen Kontrastmittel (Ultravist) 1:1 mit NaCl sowie das hauseigene Siemens CT Emotion 6 (Siemens, Erlangen, Deutschland). (Thiel 1991)

METHODIK

Alle Leichname wurden vom Institut für makroskopische und klinische Anatomie zur Verfügung gestellt. Alle Leichname entstammen dem unter strengen Kriterien unterliegenden Spenderprogramms des Institutes und auch einem generellen Ethikkommissionsvotum der MUG. Durch die Auswahl von, mit Unterbrechungen, fortlaufenden Nummern einer Charge ergab sich nicht nur automatisch die Anonymisierung, sondern auch die Randomisierung der Leichen. Allerdings wurden manche Leichen exkludiert, weil sie mit roter Gummimasse in das arterielle System eingespritzt waren, welche unter bestimmten Voraussetzungen derart röntgendicht ist, dass keine Auswertung der Einspritzung möglich gewesen wäre. Leichen, bei denen bereits während der Aufnahme ohne Kontrastmittel (Nullaufnahme), abzusehen war, dass eine saubere Auswertung nicht möglich sein würde, wurden nicht in die Studie einbezogen. Das war aber der einzige Ausschlussgrund. Trotz dieser Maßnahme musste dennoch eine Leiche nach der KM-Einspritzung aus diesem Grunde von der Studie exkludiert werden. Die Leichen wurden auf den Bauch gelegt und auf den Tisch des CTs des Instituts bugsiert. Nach Aufsuchen des Processus spinalis durch transcutane Palpation wurde die Haut etwa zwei Finger (4cm) breit lateral desselben inzidiert und schließlich die Nadel eingeführt. Der Stich erfolgte in der sagittalen und frontalen Ebene weitgehend orthograd, in der transversalen etwa 20 Grad nach medial also auf den Wirbelkörper zu. Nach Berührung mit diesem wurde sie etwa zur Hälfte herausgezogen und schließlich um wenige Grad nach lateral korrigiert bis die Spitze anterolateral des Wirbelkörpers zu liegen kommt. Die Lage wurde mittels CT kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert.

Dann wurde eine Aufnahme zwischen L2 und L4 in 2mm Schichtdicke gemacht, um einen direkten Vergleich mit den folgenden Kontrastmittelaufnahmen zu bekommen (Nullbild). In weiterer Folge wurden, ohne die Lage der Nadel zu verändern, insgesamt fünfmal beidseits je

1mL Kontrastmittellösung in den Leichnam appliziert und dazwischen immer je eine Aufnahme gefahren. Dadurch erhielten wir ein Bild von der Verteilung des KM bei ein, zwei, drei, vier und schließlich fünf Milliliter Volumen.

Die entstandenen Aufnahmen wurden gesichtet, vermessen und auf etwaige Besonderheiten oder besonders typische Ausbreitungen untersucht. Die gesammelten Daten wurden in mehrere Excel-Tabellen eingetragen und statistisch ausgewertet. Insgesamt ergab sich ein Datensatz von 1125 Werten und einigen Dutzend Spezifika.

Bei der Vermessung wurde auf zwei Arten vorgegangen. Zum einen wurde jede Serie auf die Ausbreitung in den 6 anatomischen Raumachsen weg von der Nadelspitze vermessen. Vermessen wurde in der X-Achse, also nach cranial und caudal, auf ganze 2mm. Eine genauere Auflösung war aufgrund der Schnittdicke von 2mm nicht möglich. In den anderen Achsen wurde auf halbe Millimeter genau gemessen.

Die zweite Vermessung war die qualitative, also die Seiten-spezifische und vom Volumen abhängige Erfassung der Ausbreitungsmuster. Verwendet wurde zur Vermessung ein Computer des Institutes und das Programm „3D-DOCTOR 4.0.20081006“ der Able Software Corporation, das mit einem Schlüssel des Instituts zugänglich war.

STATISTIK

Von jeder der 20 Leichen wurden insgesamt 6 CT-Aufnahmereihen mit einer Schichtdicke von 2mm aufgenommen. Die erste Aufnahme war jeweils die Referenzaufnahme ohne Kontrastmitteleinspritzung, in weiterer Folge „Nullbild“ genannt. Die auf den Schnitten erkennbaren Verteilungen des Kontrastmittels wurden von der Nadelspitze weg jeweils in der x, y und z-Achse vermessen. Daher hätten sich insgesamt $20 \times 2 \times 5 \times 6 = 1200$ Werte ergeben. Da aber die Daten einer Leiche einem Softwareproblem zum Opfer fielen, eine Leiche auf beiden Seiten

nicht auswertbar war (Gummilatex) und eine weitere Leiche nur auf einer Seite auswertbar war, ergaben sich $1200 - 75 = 1125$ Werte zu gesamt 35 Seiten in 17,5 Leichen.

Weiters wurden die von Kastner beobachteten Ausbreitungsmuster so erfasst, dass nicht nur ihr Auftreten sondern auch das Volumen, bei dem dieses Muster erstmals nachweisbar, dokumentiert wurde. Daraus ergaben sich weitere Daten, die nicht nur mit den anderen erhobenen Daten sondern auch mit Kastners Ergebnissen verglichen werden konnten.

Etwaige offensichtliche Besonderheiten, wie etwa Skoliosen, Osteophyten oder Metallteile, die einst von orthopädischen Chirurgen eingesetzt worden waren, wurden ebenfalls miterfasst.

Die Aufbereitung und Analyse der Daten erfolgte mit Microsoft Excel 2010.

Geschlecht	Alter	Größe	Gewicht
f	57	163	64
m	65	181	73
f	88	150	52
f	66	150	52
m	82	180	74
f	62	162	61
m	70	180	82
m	93	176	73
m	82	178	89
f	81	164	74
m	69	165	62
f	94	152	48
f	84	161	64
f	66	162	58
f	67	163	58
f	61	164	53
m	60	181	87
m	72	173	64
Mittelwert	73,2777778	166,9444444	66
Max	94	181	89
Min	57	150	48
Stand.Abw.	11,36	10,30	11,83

TABELLE 1: STATISTISCHE DATEN DER LEICHEN SOWIE DARAUS ERHOBENE BASISWERTE

Die in Tabelle 1 gelisteten statistischen Daten der Leichen zeigen keinerlei Präferenz oder signifikante Abweichungen von den erwarteten Werten, weder in sich selbst, noch im Vergleich mit den Messwerten. Das war auch zu erwarten, denn wie bereits Kastner in seiner Arbeit bemerkt, wäre eine Korrelation zwischen diesen Standardwerten und den Ausbreitungen bei einer lumbalen Sympathikusblockade sehr wahrscheinlich schon im klinischen Bereich

aufgefallen. Schließlich wird dieses Verfahren schon seit Jahrzehnten an tausenden Patienten angewandt. Korrekterweise muss aber gesagt werden, dass unser statistisch gesehen kleines Kollektiv von 18 Leichen natürlich nicht so genaue Aussagen zulässt wie Kastners Kollektiv von 50, und dass viele Test, wie beispielsweise der Chi-Quadrat-Test, nur beschränkt aussagekräftig sind.

DER GUMMILATEX UND ANDERE PROBLEME

1) Da die Leichen ausnahmslos vom Institut für Anatomie der MUG zur Verfügung gestellt wurden, war ein nicht unerheblicher Teil von ihnen für die verschiedenen Sezierkurse, die das Institut anbietet, vorbereitet. Das bedeutet, dass nicht nur der gesamte Körper von der Thielschen Lösung durchdrungen, sondern auch, dass die Arterien einiger Leichen mit einer Gummilatexmasse eingespritzt waren.

Diese erleichtert bei den verschiedenen Kursen nicht nur das Auffinden kleiner Gefäße, sondern auch deren Präparation wie auch die Unterscheidung zwischen Arterie und Vene oder Lymphbahnen. Jedoch hat diese Einspritzmasse für uns einen nicht unerheblichen Nachteil: Sie ist röntgendicht! (CT-Schnitt 1) Dass es nicht absolut unmöglich war die Verteilung des KM nachzuvollziehen liegt alleine daran, dass der Gummilatex im CT-Bild einen etwas anderen Grau Wert hat als das KM und sich, fast, immer scharf von der Umgebung abgrenzt und natürlich dem Verlauf der Arterien folgt. Durch eine

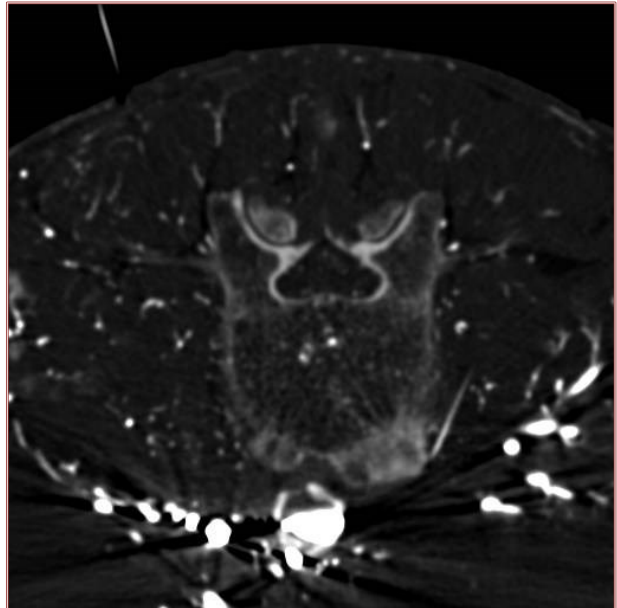


ABBILDUNG 4: CT-SCHNITT : OSTEOPHYT UND GUMMILATEX IN DER AORTA UND KLEINEREN ARTERIEN

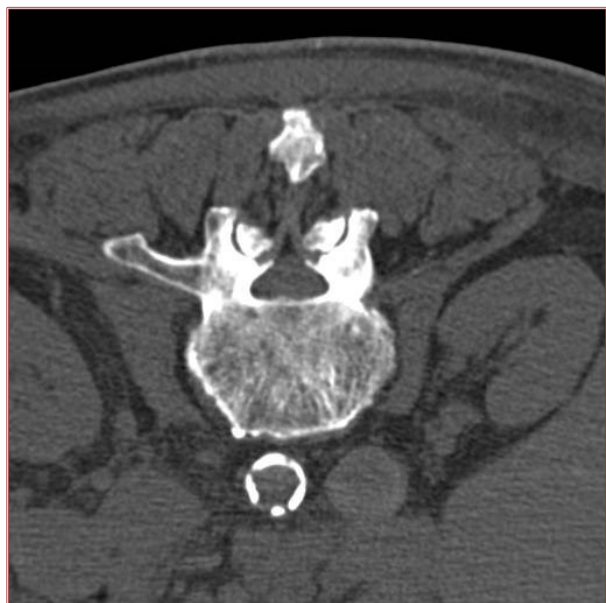


ABBILDUNG 5: CT-SCHNITT: RINGFÖRMIGE KALKABLAGERUNG IN DER AORTA

simple Erhöhung des Kontrastes oder eine Adaptation des Fensters kann man recht einfach zwischen KM und Einspritzung unterscheiden. Zusätzliche Sicherheit bringt der direkte Vergleich mit dem Nullbild, also dem, das ohne KM aufgenommen wurde.

- 2) Ein weiteres Problem stellte der Kalk dar. Der Kalkanteil der Wirbel war dabei weniger problematisch, da er ja anatomisch üblich verteilt ist. Problematischer waren da schon Osteophyten an der anterolateralen Wirbelfläche und Kalkanteile in der Wand der Arterien, vor allem der AA radicales und der Aorta.

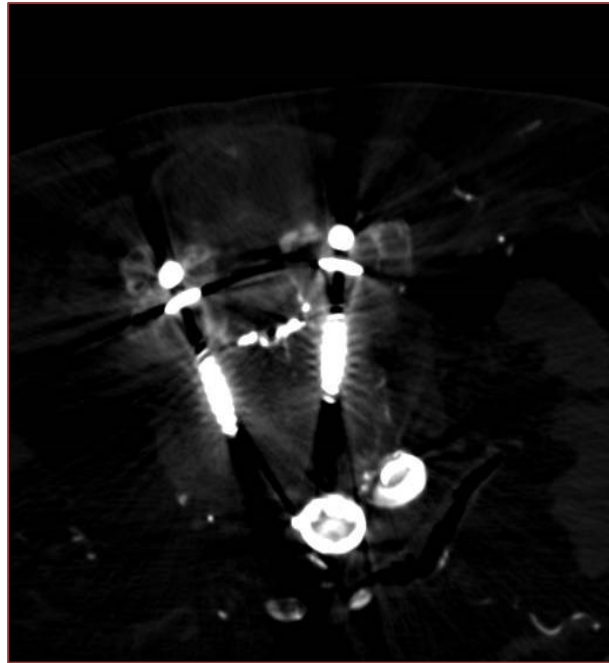


ABBILDUNG 6: CT-SCHNITT: ARTEFAKTE VON SCHRAUBEN UND GUMMILATEX ANSAMMLUNG IN GROßEN GEFÄßEN

Osteophyten behindern nicht nur das korrekte Platzieren der Nadel, sondern sind auch schwer von KM-Fahnen zu unterscheiden, die in der Peripherie der Ausbreitung ähnlich aussehen können. Intraarterielle Kalkablagerungen zeichnen sich durch eine sehr hohe Röntgendichte aus, die bisweilen die des KM erreicht, sodass nur mehr der direkte Vergleich mit dem Nullbild eine Aussage über vorhandenes KM erlaubt.

- 3) Das dritte Problem stellten Implantate dar, genauer jene, die von orthopädischen Chirurgen von dorsal tief hinein in den Wirbelkörper gebohrt wurden, meistens aus Titan oder ähnlich harten Legierungen bestehend, und die im CT kranzförmige Artefakte machen, die manchmal über den gesamten Aufnahmebereich reichen (CT-Schnitt 3). Diese Artefakte sind nicht nur bei der Auswertung lästig, sie bedingen auch eine verringerte Aussagekraft der Grauwerte in ihrer direkten Umgebung. Allerdings waren die Ausbreitungen des KM in den beiden betroffenen Leichen derart klar als solche erkenntlich, dass man die gemessenen Werte ohne weiteres als korrekt ansehen kann. (Wülker 2005)

Außerdem sei hier auch erwähnt, dass degenerative Veränderungen nicht nur bei der Punktion selbst ein Problem darstellen, sondern auch den Grenzstrang so verlagern können, dass er nicht mehr ohne weiteres auffindbar ist. Feigl und Kastner haben sich in ihrer Arbeit „Topography of the lumbar sympathetic trunk in normal lumbar spines and spines with spondylophytes (2010)“ damit beschäftigt. In 56 nach Thiel konservierten Leichen haben sie 11 Wirbelsäulen mit

Spondylophyten gefunden. Diese haben 12mal den Sympathikus nach ventrolateral, 6-mal nach dorsolateral und in einem Fall nach ventromedial gedrängt. Man wäre daher gut beraten beim Auftreten von Spondylophyten den Sympathikus eher weiter seitlich und hinten zu suchen als vor dem Wirbel, wo man vielleicht aus Gewohnheit mit der Kanülenspitze hin zu gelangen versucht. Erst wenn man ihn dort nicht findet, liegt er dann doch auf dem Wirbel, aber anscheinend nur in etwa 9% aller Fälle. (Feigl et al. 2010)

RESULTATE

DEMOGRAPHIE

Wie bereits von Kastner in der Vorarbeit gezeigt, gibt es keine Korrelation der Verteilungsmuster mit Größe oder Gewicht des Körpers. Auch auf den CT-Schnitten lässt sich recht deutlich eine Kachexie oder Adipositas erkennen, scheint aber insgesamt keine wesentliche Auswirkung auf die Ergebnisse zu haben. Eine mögliche Ausnahme bilden die beiden speziellen Fälle eines möglichen Cushing-Syndroms sowie die Ausbreitung zur Nierenkapsel aber dazu mehr an den jeweiligen Stellen. (Kastner 2011)

Initial geplant war die Untersuchung von 20 Leichen. Die Daten einer Leiche konnten aber auf Grund eines Softwareproblems nicht verwendet werden, die einer weiteren Leiche stellten sich bei der Bilddurchschau als nicht auswertbar heraus. Untersucht und ausgewertet wurden also insgesamt 8 männliche und 10 weibliche Leichen was einem Prozentsatz von 44,4% männlichen und 55,5% weiblichen entspricht. Weil aber bei einer Leiche offenbar auf einer Seite eine intravasale Injektion stattgefunden hatte, konnten von den 36 Seiten nur 35 in die endgültige Auswertung einbezogen werden. Sofern nicht anders angegeben, beziehen sich alle Wert immer auf diese 35 Seiten.

VERMESSUNG

Auflösungsbedingt war die Erfassung mit 0,5mm in der horizontalen Ebene sowie 2mm in der vertikalen Achse limitiert. Natürlich ergeben sich rechnerisch trotzdem Kommastellen, die in den verwendeten Graphiken aber auf ganze Zehntel gerundet wurden. In den Fällen, wo ein prävertebraler Zusammenfluss stattfand, wurde der mediale Wert nicht mehr erneut erfasst, da ja nicht mehr klar erkennbar war, von welcher Seite der ursprüngliche Anteil gekommen war. Stattdessen floss der letzte maximal gemessene Wert in die Berechnungen ein. Wenn das Kontrastmittel die obere oder untere Grenze der Aufnahmen erreicht hatte wurde dies mit dem jeweils letzten messbaren Abstand zur Nadelspitze angegeben. Diese beiden Tatsachen müssen bei der Interpretation der Grafiken berücksichtigt werden, bewirken sie doch eine Abflachung der kaudalen und kranialen Kurven, die besonders in den oberen Volumenbereichen (3-5mL) nicht mit der tatsächlichen Ausbreitung korreliert.

Die Messwerte sind immer als Ausbreitung entlang der gedachten x, y und z-Achse zu verstehen, außer es wird ausdrücklich anders angegeben. Dies war notwendig, um die Vergleichbarkeit der Werte bei der Vermessung zu erhöhen und die Messung ohne vorherige 3D-Rekonstruktion zu

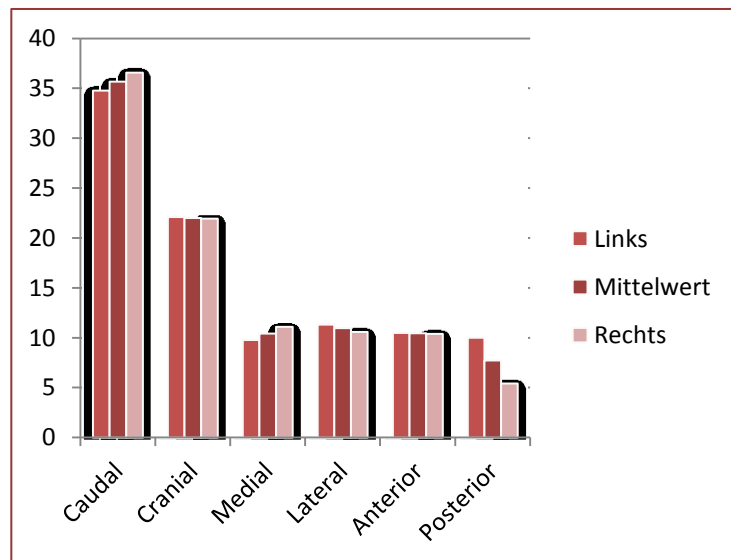
ermöglichen. Weiter wurden die Ausbreitungsmuster erfasst. Die jeweiligen Werte stellen zum einen die Häufigkeit, zum anderen das Volumen, bei dem diese Ausbreitung erstmals nachweisbar war, dar.

Die Gesamtdaten und einige Tabellen finden sich aus Gründen der Übersicht im Anhang. Tabellen, die sich aus ihnen ergeben und die zum Verständnis wichtig sind, sind direkt in die Arbeit eingebettet. Zur Veranschaulichung sind diese wiederum in Graphiken dargestellt.

1ML

Generell zeigt sich in ausnahmslos allen Messungen eine starke Tendenz zur Ausbreitung nach Kaudal, gefolgt von der Ausbreitung nach kranial. Diese ist so stark ausgeprägt, dass bereits nach

Applikation vom 1mL im Durchschnitt noch 35mm kaudal der Spitze KM nachweisbar ist. Bei gleichem Volumen steigt das KM im Durchschnitt auch 22 mm nach kranial auf, erreicht also insgesamt eine Ausdehnung von 57 mm in der longitudinalen Achse. Bei einer angenommen Dicke von 25mm für einen normalen Lumbalwirbelkörper und 8mm



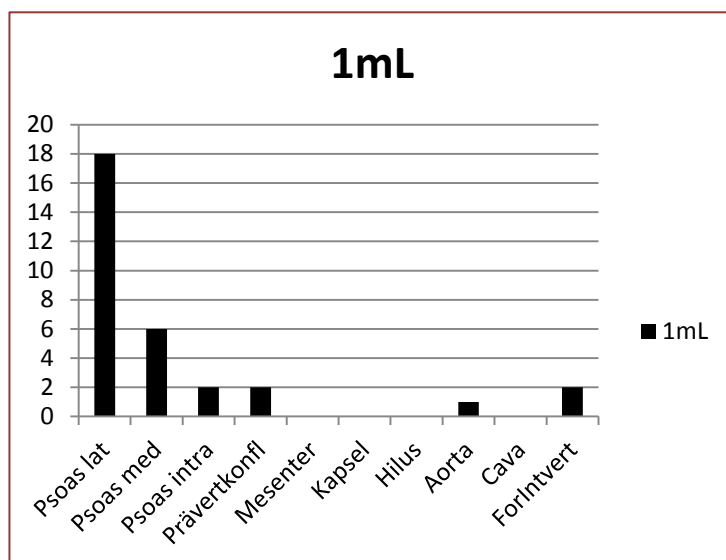
Dicke einer normalen Bandscheibe, zeigt sich somit in jedem Fall schon bei 1 mL eine deutliche Mitbeteiligung des kranialen und kaudalen Sympathikus-Segments. Im Vergleich dazu bleiben die Distanzen in der Horizontalen Ebene eher gering.

GRAPHIK 1: DURCHSCHNITTLICHE AUSBREITUNG BEI 1ML KM GEMESSEN VON DER KANÜLENSPITZE IN MILLIMETER, SEITENWEISE AUFGESCHLÜSSELT

Die Verteilung des KM bei 1mL zeigt bereits die typischen Muster, wie sie sich später fortsetzen werden (Graphik 1): Stärkste Ausbreitung nach kaudal (35 mm) sowie kranial (22 mm), eher geringe Ausbreitung nach lateral, medial und vorne (je 10-11 mm) und nach hinten (7,5 mm). Bereits in 2 Leichen ist die Ausbreitung nach longitudinal derart hoch, dass sie über den beobachteten Bereich hinausgeht (caudal 50 und 54mm, cranial 20 und 26mm). Bei einer weiteren Leiche erreicht das KM die Grenze nur cranial (36mm) bei noch einer nur caudal (40mm).

Bemerkenswert ist die Ausbreitung nach rechts hinten: Links 10 mm, Rechts 5 mm, während alle anderen Ausbreitung um maximal +/- 1mm variieren und somit ohne Signifikanz bleiben.

Allerdings wurden in dieser Studie nicht nur die Ausbreitung in Bezug zur Kanülenspitze untersucht, sondern auch die in Bezug auf die anatomischen Gegebenheiten. Recht schnell stellte sich, wie auch zu erwarten war, der M. psoas major, als relevanteste anatomische Struktur dar. Das KM folgte ihm und seiner Faszie fast schon regelmäßig, am häufigsten aber seinem ventralen Rand, eine Ausbreitung, die von Kastner „lateral“ genannt wird und die daher auch hier als laterale Psoasausbreitung („Psoas lat“) bezeichnet werden soll. Die zweite häufige ist die zwischen dem Muskel und dem Wirbelkörper beziehungsweise der Bandscheibe, nach dorsal verlaufen. Diese ist die mediale Psoasausbreitung („Psoas med“). Auch Ausbreitungen in einzelne Teile des Muskels selbst wurden beobachtet und als intrapsoatische Ausbreitung



GRAPHIK 2: ANZAHL DER AUSBREITUNGEN VON 1ML KM IN DEFINIERTE ANATOMISCHE BEREICHE

(„Psoas Intra“) bezeichnet. Weitere Ausbreitungen waren die entlang des ventralen Wirbelrandes zur anderen Seite hin („Prävertkonfl“), nach ventral vor die Aorta und zu ihren Gefäßen („Mesenter“), zur Nierenkapsel hin („Kapsel“), zum Nierenhilus („Hilus“), volle Umspülungen der Aorta („Aorta“), volle Umspülung der V. cava („Cava“) sowie eine Ausbreitung bis hin zum Foramen intervertebrale der jeweiligen Seite („ForIntVert“).

Diese Aufzählung der Muster dient jedoch nur der Übersicht, denn nicht alle diese Muster wurden bereits bei 1mL beobachtet.

An Mustern zeigt sich bei 1mL (Graphik 2) vor allem die Ausbreitung entlang der äußeren Psoasfaszie (Psoas lat). Sie tritt schon häufig auf, wobei diese Ausbreitung meist nur wenige Millimeter beträgt. In der Hälfte aller Leichen zeigt sich eine derartige Ausbreitung. Eine weitere häufige Form ist die entlang der inneren Psoasfaszie (Psoas med), also zwischen den Wirbelkörper und den Muskel nach dorsal ziehend. Sie findet sich 6-mal, also in 17% der Seiten.

Bei einer Leiche (0153 B185) fand sich bereits bei diesem geringen Volumen eine eindeutig nachweisbare Ausbreitung bis zum Foramen intervertebrale auf beiden Seiten! In weitere Folge wie auch bei genauerer Untersuchung der Bilder war diese Leiche aber unauffällig. Einziges

möglicherweise relevantes Detail war eine ausgeprägte Stammfettsucht und angedeutetes Vollmondgesicht, wie es bei einem Mb. Cushing typisch ist.

Alle weiteren Ausbreitungen treten nicht oder nur einmal, also selten auf. Wir fanden eine Ausbreitung zwischen die Psoasanteile, eine Konfluenz zur anderen Seite und einen Kontakt zur Aorta.

2ML

Bei 2mL baut sich die Ausdehnung nach kaudal um durchschnittlich 7mm auf 41 mm aus, die kraniale Ausbreitung beträgt 30 mm (Graphik3). In der Horizontalen breitet sich das KM nun etwas stärker aus auf 14 mm nach vorne, medial und lateral und 11 mm nach hinten. Die Grenze der Aufnahme im longitudinalen Bereich erreichen hier 4 weitere Leichen, also insgesamt schon 6, eine weitere nur kranial.

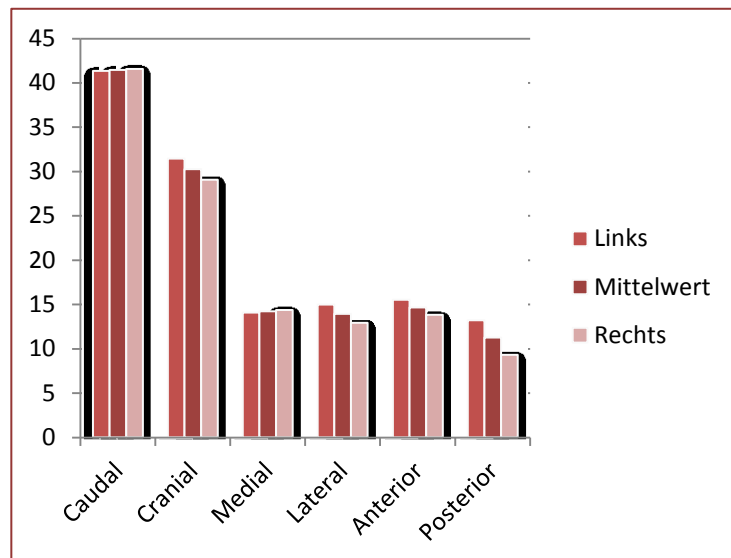
Die Tendenz zur geringen Ausbreitung nach rechts posterior

bleibt erhalten und beträgt nun 13,2 mm auf der linken und 9 mm auf der rechten Seite. Allerdings ist

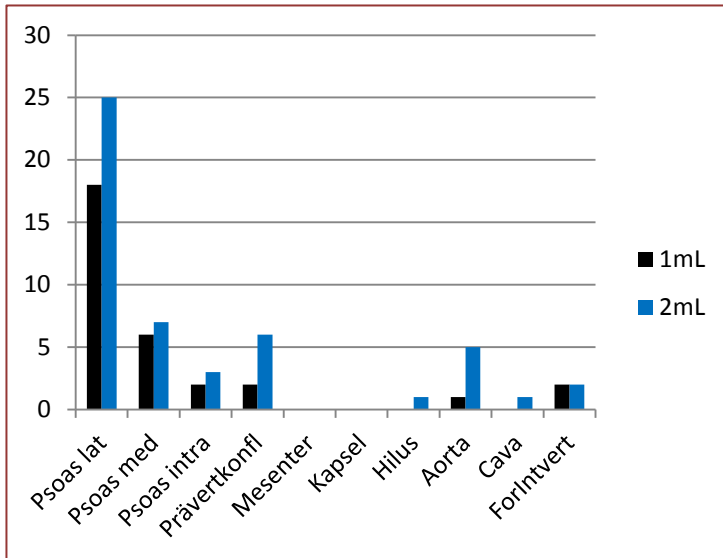
auch die Verbreitung nach rechts

anterior, lateral und kranial eingeschränkt, wenn auch nicht derart ausgeprägt. Lateral ergibt sich eine Differenz von 2 mm, vorne eine von 1,8 mm und nach oben von 1,5 mm

Die laterale Ausbreitung kommt auf weiteren 7 Seiten hinzu, was bedeutet, dass insgesamt schon 14 Leichen auf zumindest einer Seite eine solche aufweisen beziehungsweise, dass 25 untersuchte Seiten diese Ausbreitung bei 2 mL erkennen lassen (Graphik4). Ausbreitungen entlang des medialen Psoas oder in den Psoas hinein kommen je ein weiteres Mal vor. Kontakte zur Aorta erhöhen sich um 4 auf insgesamt 5 Seiten (Hier wird bewusst nicht Leichen geschrieben, da auch aortale Kontakte von der rechten Seite vorkommen können, was ergo auch bei einer Leiche zu zwei Aortenkontakten führt).



GRAPHIK 3: DURCHSCHNITTliche AUSBREITUNG BEI 2ML KM GEMESSEN VON DER KANÜLENSPITZE IN MILLIMETER, SEITENWEISE AUFGESCHLÜSSELT

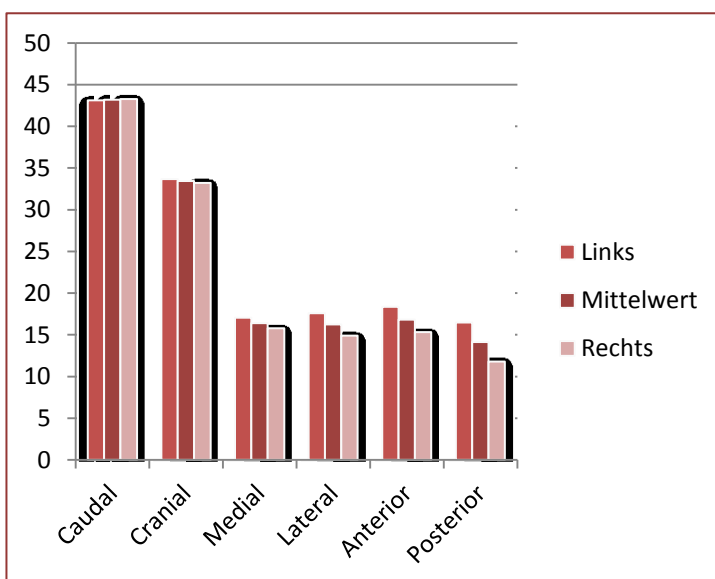


GRAPHIK 4: ANZAHL DER AUSBREITUNGEN VON 1ML UND 2ML KM IN DEFINIERTE ANATOMISCHE BEREICHE

Neu hinzu kommt eine Ausbreitung zum Nierenhilus auf der rechten Seite sowie eine Kontaktaufnahme mit der Vena Cava. Neu Ausbreitungen zum Foramen intervertebrale kommen nicht hinzu.

3ML

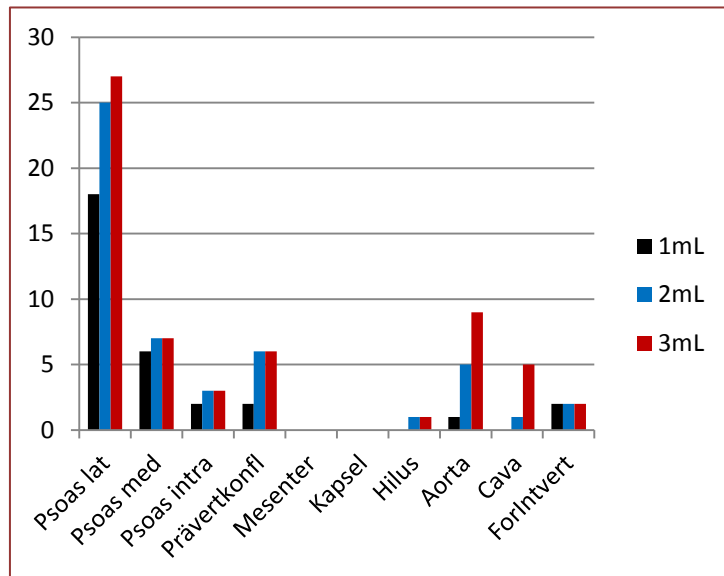
Bei der Applikation von 3mL KM zeigt sich bereits bei einigen Leichen, dass sich dieses prävertebral mit dem Volumen der gegenüberliegenden Seite verbindet. Dadurch kann natürlich bei diesen keine Angabe mehr über den medialen Abstand zur Nadelspitze gemacht werden. Im Wesentlichen bleibt der Trend aber erhalten (Graphik 5) Wir finden eine durchschnittliche Ausbreitung von kaudal 43 mm, kranial 33 mm, medial, lateral und anterior 16 mm Kanülenspitze in Millimeter, seitenweise aufgeschlüsselt, nach hinten 14 mm. Bei diesen Werten ist aber zu beachten, dass in der longitudinalen Ausbreitung immer nur der Wert der maximal verifizierbaren Ausdehnung in die Berechnung einfließt, der Durchschnittswert also im Vergleich zu wahren Ausdehnung immer zu niedrig ist.



GRAPHIK 5: DURCHSCHNITTLICHE AUSBREITUNG BEI 3ML KM GEMESSEN VON DER KANÜLENSPITZE IN MILLIMETER, SEITENWEISE AUFGESCHLÜSSELT

Im Seitenvergleich bleibt die bekannte geringe Ausbreitung nach hinten rechts erhalten und beträgt hier 16 mm links und 11 mm rechts. Auch die Verbreitung nach rechts anterior und lateral ist weiter eingeschränkt mit einer Differenz von je 3mm.

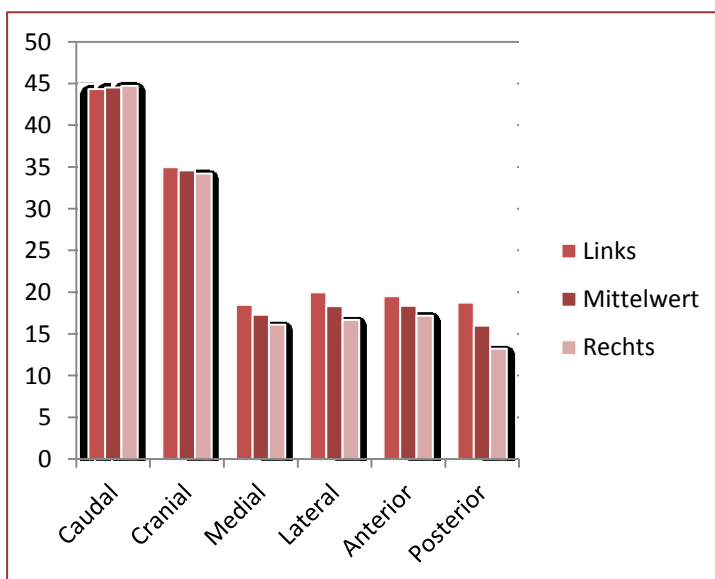
An Besonderheiten zeigt sich hier (Graphik 6): Auf weiteren vier Seiten kommt eine neue laterale Ausbreitung hinzu, womit diese insgesamt bei 29 von 37 Seiten vorliegt (69,2%). Dies stellt beinahe das Maximum der Ausbreitungsanzahl des lateralen Typs dar. In weitere Folge kommt nur ein neues laterales Muster vor, wohl aber steigt die Strecke der Ausbreitung praktisch überall, wie auch die Graphik der quantitativen Ausbreitung oben zeigt. Vier weitere Cavakontakte kommen hinzu, bei den anderen Mustern gibt es keinen Zuwachs.



GRAPHIK 6: ANZAHL DER AUSBREITUNGEN VON 1ML BIS 3ML KM IN DEFINIERTE ANATOMISCHE BEREICHE

4ML

Bei Applikation von 4mL KM kommt es zu weiterer Ausbreitung vor allem longitudinal und nur in zwei von allen untersuchten Leichen erreicht das KM nicht die Grenzen des Vermessungsbereiches (Graphik 7). In 4 dieser Leichen wird er nur kranial oder kaudal erreicht, in den anderen 12 Leichen hat sich das KM sowohl kranial als auch kaudal über den Messbereich ausgebreitet. Durchschnittlich erreicht das KM eine Ausdehnung von kaudal 44mm, kranial 34 mm, medial 17 mm, lateral und anterior 18 mm, posterior 15 mm.



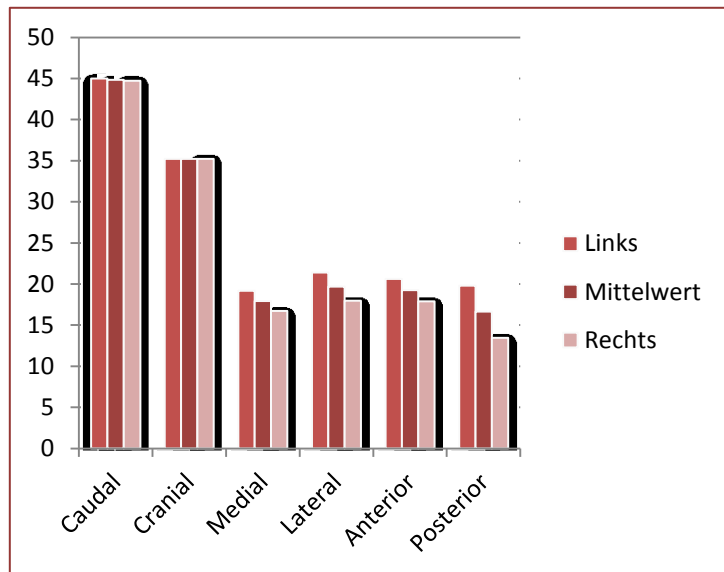
GRAPHIK 7: DURCHSCHNITTliche AUSBREITUNG BEI 4ML KM GEMESSEN VON DER KANÜLENSPITZE IN MILLIMETER, SEITENWEISE AUFGESCHLÜSSELT

mm, medial 17 mm, lateral und anterior 18 mm, posterior 15 mm.

Bezüglich der Seitenunterschiede ändert sich auch hier, abgesehen vom Zuwachs, wenig. Das bekannte Typicum, nämlich die deutlich verringerte Ausbreitung des Kontrastmittels nach dorsal rechts bleibt erhalten und beträgt hier 18 mm links und 13 mm rechts. Die Ausbreitung rechts bleibt generell im Horizontalen eingeschränkt, allerdings nimmt die Signifikanz in

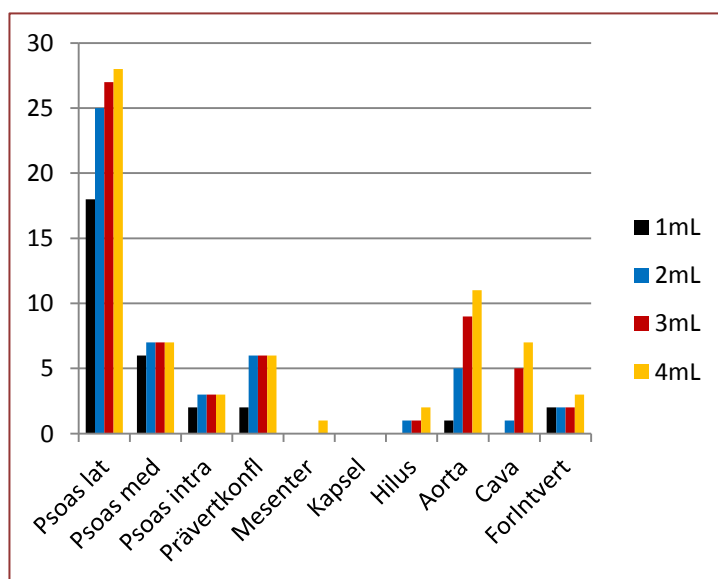
Anbetracht der generell größeren Distanz etwas ab. Die Differenz beträgt medial und anterior etwa 2,5 mm, lateral etwa 3 mm. In Bezug zum Durchschnittswert entspricht das einer Abweichung von etwa 10% nach oben und unten. Bei der Ausbreitung nach hinten jedoch ergibt sich im Vergleich zum Mittel auch hier noch eine Abweichung von mehr als 17 %, also doch noch deutlich.

Zum ersten Mal kommt es hier zu einer vollständigen Umspülung der Aorta bei einer Leiche, bei zwei weiteren wird die Vena cava vollständig umspült, aber auch je 2 neue Kontakte zu den beiden großen Gefäßen kommen hinzu (Graphik 9). Eine neue Ausbreitung zum Spinalnerv und eine weitere



GRAPHIK 9: DURCHSCHNITTLICHE AUSBREITUNG BEI 5ML KM GEMESSEN VON DER KANÜLENSPITZE IN MILLIMETER, SEITENWEISE AUFGESCHLÜSSELT

Ausbreitung entlang der lateralen Psoasfaszie konnten beobachtet werden. Auch wenn schon bei kleineren Volumina dezente Kontrastmittelansammlungen ventral der Aorta oder der Vena cava zu sehen waren, zeigte sich hier nun erstmals eine eindeutige Ausbreitung ins Mesenterium, die als großes präaortales Konvolut imponierte (Leiche 0154 B179). Insgesamt betrachtet flacht sich der Zuwachs der Muster hier deutlich ab. Schon bei 3 mL waren nur mehr wenige neue Ausbreitungen hinzugekommen, allerdings zeigte sich ein imposanter



GRAPHIK 8: ANZAHL DER AUSBREITUNGEN VON 1ML BIS 4ML KM IN DEFINIERTE ANATOMISCHE BEREICHE

Zuwachs bei den großen Gefäßen. Bei 4 mL nun scheint die Flüssigkeit nun den größten Teil des zur Verfügung stehenden Raumes aus zu füllen und sich nur mehr in geringem Maße Wege in die Peripherie zu suchen.

5ML

Bei 5mL bleiben die bekannten Eigenschaften bestehen, im longitudinalen Bereich ändert sich das Ergebnis nicht wesentlich, in den anderen Ebenen kommen nur mehr geringe Ausdehnungen hinzu (Graphik 10). Es kommen auch keine weiteren Konfluenzen mehr hinzu. Die Ausdehnung beträgt durchschnittlich kaudal 45,7mm, kranial 36,2mm, medial 16,6mm, lateral 20,2mm, anterior 19,4mm und posterior 17,4mm. Gerade hier sei noch einmal angemerkt, dass es sich bei den longitudinalen Werten um sicherlich deutlich zu geringe Werte handelt, bedingt durch die Überschreitung des Beobachtungsfeldes.

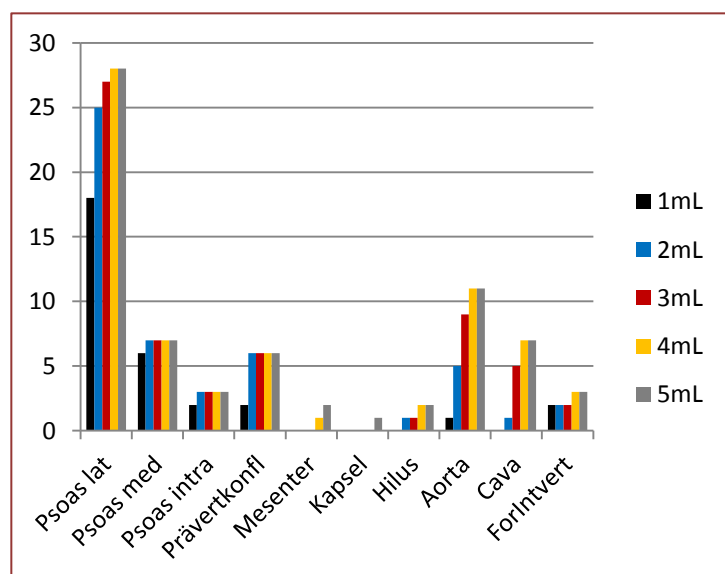
Die bekannten Muster bleiben bei 5mL erhalten und betragen hier 19 mm links und 13 mm rechts hinten, während die Ausbreitung in die anderen Richtungen von der Differenz nicht so ausgeprägt aber dennoch deutlich erkennbar sind.

Eine weitere volle Aortenumspülung sowie ein erstmaliges Vordringen zur Nierenkapsel auf der linken Seite als besondere Ausprägung der lateralen Psoasvariante treten auf. Auch eine weitere mesenteriale Ausbreitung konnte beobachtet werden. Alle weiteren Ausbreitungen zeigen keinen Zuwachs (Graphik 11). Vergleicht man nun diese Werte mit den vorherigen Volumina, wie das in der gezeigten Grafik ohne weiteres möglich ist, kann man gut erkennen, dass es, was die Muster angeht, zwischen 4 mL und 5 mL fast keinen Unterschied mehr gibt. Ein Zuwachs von 2 Mustern auf 1mL wirkt im Vergleich zu den großen Zuwächsen bei den kleineren Volumina geradezu lächerlich wenig, wenn auch die Lokalisation der Zuwächse klinisch bedenklich sein mag.

AUFFÄLLIGES UND MUSTER

QUANTITATIVE AUSBREITUNG

Wenn man nun die einzelnen Mittelwerte der quantitativen Messung in Bezug auf die Ausrichtung in den räumlichen Achsen zusammenführt, ergibt sich folgendes Muster wie es in Graphik 12 dargestellt ist. Daraus und aus den vorhergehenden Grafiken und Daten sind verschiedene Zusammenhänge deutlich



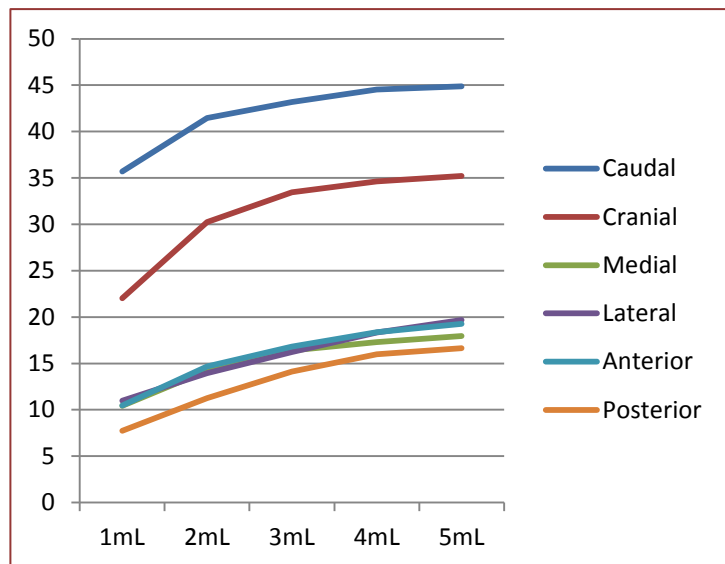
GRAPHIK 10: ANZAHL DER AUSBREITUNGEN VON 1ML BIS 5ML KM IN DEFINIERTE ANATOMISCHE BEREICHE

ersichtlich:

1. Mit steigendem Volumen steigt auch die Ausbreitung im Gewebe. Diese Feststellung mag zwar banal sein, doch ist sie mir der Vollständigkeit halber wichtig, weil bisweilen gewisse logische Gesetzmäßigkeiten missachtet, verschwiegen oder gar umgekehrt werden, um so manche fragwürdige oder esoterische Methode zu erklären.

2. Die Ausbreitung ist annähernd logarithmisch, wobei aber bedacht werden muss, dass die Ausbreitung in der Vertikalen durch die Begrenzung des beobachteten Feldes künstlich abgeflacht ist. Die horizontale Ausbreitung jedoch ist von diesem systemischen Fehler nicht betroffen. Sie ist initial niedrig und zeigt dann einen flachen Anstieg und ist in alle Richtungen annähernd gleich groß, nach hinten

aber etwas geringer. Sie ist also nicht durch das Beobachtungsfenster künstlich begrenzt und spiegelt daher die Ausbreitung nach anterior, posterior und lateral korrekt wieder. Die Ausbreitung nach medial ist abgeflacht, weil prävertebrale Konfluenzen nur mit dem letzten messbaren Wert vor der Konfluenz in die Berechnung einfließen. Ihr Wert ist daher mit steigendem Volumen tendenziell etwas zu niedrig, da insgesamt 6 der Leichen ab 2 mL derartige Zusammenflüsse vor dem Wirbel zeigen.



GRAPHIK 11: VERGLEICH DES DURCHSCHNITTS DER MAXIMALEN ABSTÄNDE DES NACHWEISBAREN KM GEMESSEN VON DER KANÜLENSPITZE IN MILLIMETER

3. Die Ausbreitung in der Vertikalen ist zu jedem beliebigen Zeitpunkt größer als in der Horizontalen, nach kranial etwa doppelt, nach kaudal sogar etwa 2,5-mal so groß. Selbst nach 5mL erreicht keine der horizontalen Kurven den initialen Wert des vertikalen Pendants. Die Ausbreitung erfolgt also ausnahmslos am stärksten seitlich entlang der Wirbelsäule und erst in zweiter Linie in die Peripherie. Da es sich jedoch um Durchschnittswerte handelt, bedeutet das nicht, dass in Einzelfällen eine durchaus weitere Ausbreitung auch in die Peripherie erfolgen kann.

4. Die Ausbreitung nach Kaudal ist immer die stärkste.

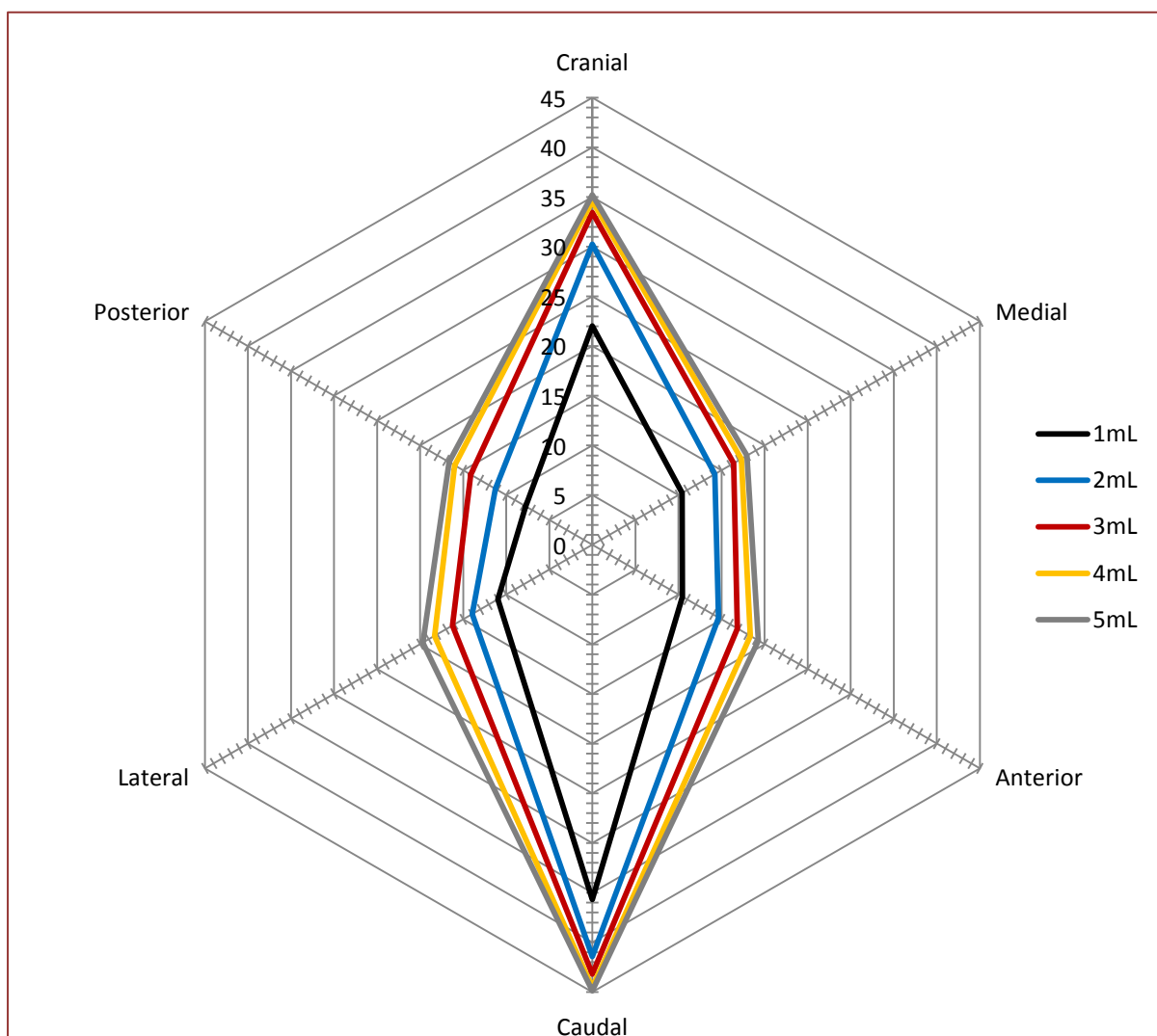
5. Die Ausbreitung nach posterior ist immer die schwächste.

6. Die Ausbreitung auf der rechten Seite ist immer etwas geringer als auf der linken.

Zur noch besseren Verdeutlichung des Zuwachses zeigt die folgende Grafik 13 die Werte in einer räumlichen Anordnung, wie sie gegeben wäre, wenn man den untersuchten Raum von rechts, vorne, oben betrachten würde. Die Achsen sind in mm beschriftet, die Farbe der Kurven repräsentiert, wie bei den Säulengrafiken weiter oben, das applizierte Volumen:

Man erkennt hier deutlich die einzelnen Ausbreitung und Volumina in Bezug auf die räumliche Anordnung. Eine Spindelform, wie sie auch zu erwarten ist wenn man sich die 3D Berechnungen ansieht, von denen ausnahmslos alle eine Art Schuppen- oder Spindelform haben, ergänzt durch einzelne Zacken der Ausbreitung in die Peripherie, wie sie im nächsten Absatz beschrieben werden. Weiter sieht man hier auch schön den großen Ausbreitungszuwachs zu Beginn bis auf etwa 3 mL und danach nur mehr geringe Zuwächse auf 4 und 5 mL.

Ein weiteres beobachtetes Phänomen ist die unterschiedliche posteriore Ausbreitung. Das KM breitet sich auf der rechten Seite nicht nur durchschnittlich, sondern in beinahe jeder Leiche



GRAPHIK 12: VERGLEICH DES DURCHSCHNITTS DER MAXIMALEN ABSTÄNDE DES NACHWEISBAREN KM GEMESSEN VON DER KANÜLENSPITZE IN MILLIMETER IN RÄUMLICH ORIENTIERTER FORM

weniger stark nach hinten aus als auf der linken Seite. Schon bei 1mL ist dieser Trend deutlich erkennbar und er bleibt auch interessanterweise in etwa gleich (etwa 4,5 mm Differenz), egal bei welchem Volumen. Generell scheint die Ausbreitung auf der rechten Seite eingeschränkt, insbesondere ab 3mL.

QUALITATIVE AUSBREITUNG

Die Verteilungsmuster, die Kastner in

seiner Arbeit untersucht hatte, treten auch hier auf. Da bei mir aber nur auf einer Wirbelhöhe (L3) appliziert wurde, konnten die von ihm beschriebenen longitudinalen Konfluenzen nicht gefunden werden, wenn

auch die longitudinale Ausbreitung in jeder Leiche die mit Abstand stärkste ist. Die horizontalen, prävertebralen Konfluenzen wurden aber auch hier gefunden. (Kastner 2011)

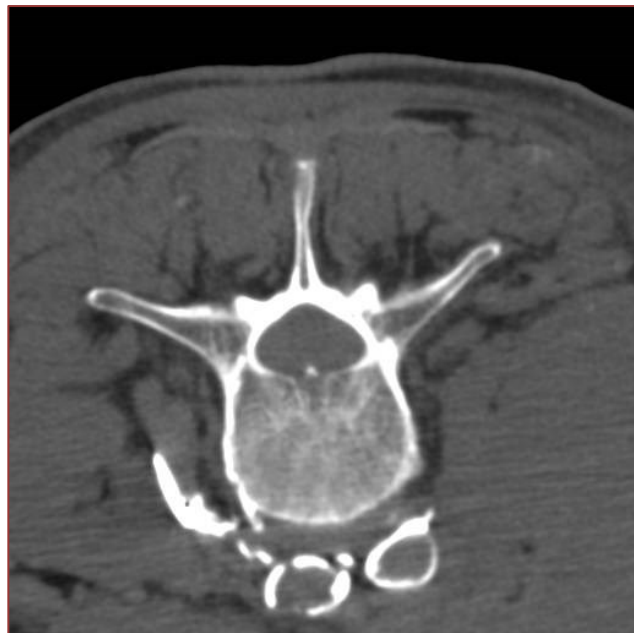


ABBILDUNG 7: CT-SCHNITT: 3ML

KONTRASTMITTEL:

LATERALE UND INTRAPSOATISCHE AUSBREITUNG LINKS SOWIE VOLLSTÄNDIGE UMSPÜLUNG DER AORTA UND DER VENA CAVA

Die mit Abstand häufigste Verteilung, abgesehen von der lokalen Ansammlung um die Nadelspitze herum, ist die entlang der Außenfaszie des M. psoas, welche Kastner die laterale Ausbreitung nennt. Bei 15 von 17 Leichen war diese auf der linken und bei 9 von 18 Leichen auf der rechten Seite zu finden, allerdings in unterschiedlich starker Ausprägung von nur ca. 10mm bis zu mehr als 50mm (CT-Schnitt 4)

Die nächst häufigere Ausbreitung war die rund um die beiden großen Gefäße, wobei die pericavale bei 6 von 18 und die periaortale bei 9 von 17 Leichen zu finden war. Von diesen genannten bildeten (bei 5mL) 4 eine vollständige ringförmige um die Cava und 5 eine solche um die Aorta.

Weitere Ausbreitungsmuster konnten einwandfrei identifiziert werden nämlich die entlang der medialen Psoasfaszie (Kastners mediale), die entlang der dorsalen Nierenkapsel und die zum Nierenhilus selbst.

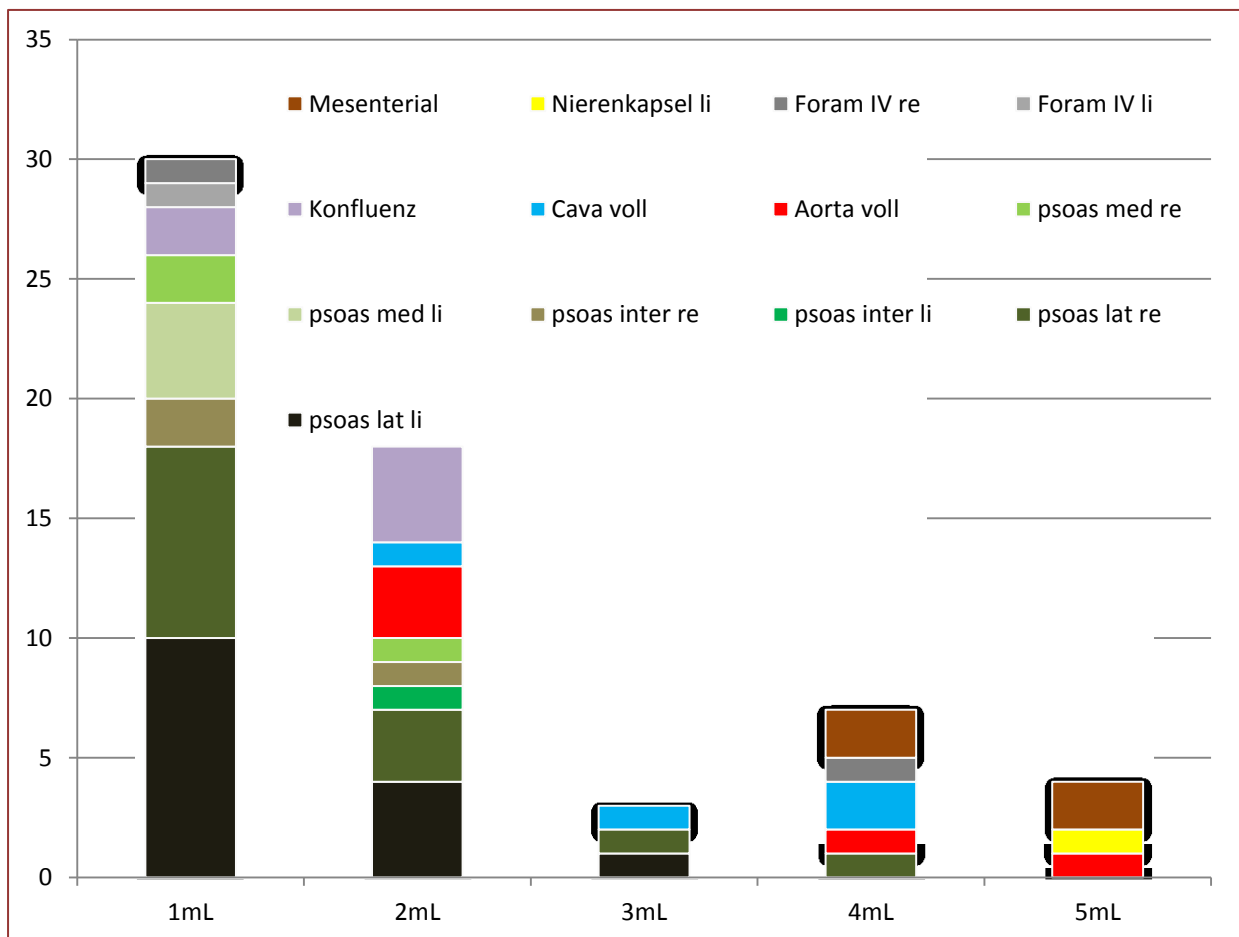
Die mediale Psoas-Ausbreitung kam links bei 4, rechts bei 2 Leichen vor, die Nierenkapsel links bei 1 und der Nierenhilus wurde bei einer Leiche auch auf der linken Seite erreicht.

Die Ausbreitung bis hin zum Foramen intervertebrale kann man als extremste Form der Ausbreitung entlang der medialen Psoas Faszie ansehen. Sie wurde einmal links und zweimal rechts gefunden.

All diese Muster sind verständlicherweise nicht exklusiv, d.h. es kamen natürlich Kombinationen der Verteilungen vor, insbesondere die Kombination mit der lateralen Psoas-Ausbreitung als, mit Abstand, häufigste Version. Dementsprechend sind auch die Prozentualen Werte ausschließlich als Anteil am Kollektiv zu verstehen und ergeben somit weit mehr als 100%

Der Wert „Prozentbeide“ beschreibt den Anteil einer Verteilung gerechnet auf beide Körperhälften (also insgesamt 37 Werte)

Die folgenden beiden Grafiken zeigen weitere Beziehungen zwischen den Ausbreitungsmustern, die von den bisherigen Grafiken nicht oder nicht so schön dargestellt wurden. Es sind die Muster



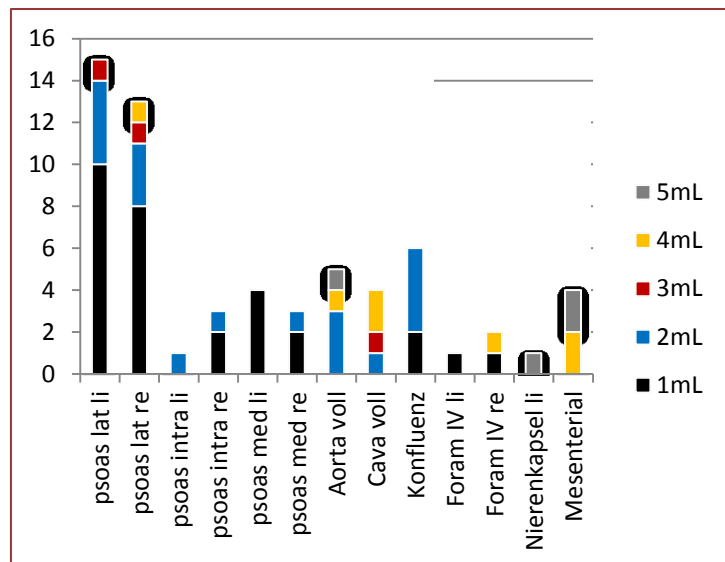
GRAPHIK 13: ÜBERSICHT DER KM AUSBREITUNG IN ANATOMISCHE BEREICHE: PSOAS IN DIVERSEN GRÜNTÖNEN, DIE ANDEREN WERTE IN INTUITIVER FARBGEBUNG

in Bezug auf Volumen und Seite dargestellt, allerdings mit jeweils vertauschten Achsen, was wiederum verschiedene Aspekte deutlicher hervortreten lässt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden spezielle Aspekte, wie etwa eine aortale Umspülung

von rechts oder eine cavale Umspülung von links nicht weiter differenziert, sondern einfach als aortal oder caval eingerechnet.

In Grafik 14 kann man gut ablesen wie häufig die einzelnen Ausbreitungsmuster in Summe vorkommen, besonders wenn man bedenkt, dass 37 Seiten untersucht wurden und die oberste Marke bei 35 liegt. Da die weiteren Säulen jeweils Zuwächse darstellen kann man rein statistisch davon ausgehen, dass es schon bei Applikation von 1 mL unwahrscheinlich ist nicht irgendein Muster zu erzeugen, bei 2 mL ist es äußerst unwahrscheinlich und so weiter. Schließlich wurden bei 3 mL in genannten 37 Seiten (in 18 Leichen) 51 Muster gefunden. Allerdings handelt es sich bei diesen Mustern zum überwiegenden Teil um Psoas-Varianten (in der Grafik als Grüntöne gekennzeichnet) sowie prävertebrale Konfluenzen (violett) und nur zu einem geringen Anteil um klinisch bedenkliche Ausbreitungen, wie zum Foramen intervertebrale (grau)

In der zweiten Grafik (Grafik 15) sind die Achsen getauscht wodurch man auch die seitenspezifische Häufigkeit der einzelnen Ausbreitungen einsehen kann. Der Farbcode der jeweiligen Volumina wurde analog zu den anderen Grafiken beibehalten. Was diese



Graphik zeigt, was nicht auch schon an den anderen ablesbar wäre, ist die verringerte Anzahl an lateralen Psoas Ausbreitungen auf der rechten Seite, die mit ein Grund für die insgesamt niedrigere Ausbreitung rechts sein kann.

Beide Grafiken geben eine Übersicht über die beobachteten Muster, sowie ihre Häufigkeit und ihr erstmaliges Auftreten bei einem bestimmten Volumen und stellen somit, gemeinsam mit der Spindelgrafik der quantitativen Messungen, das Herzstück dieser Arbeit dar und sind daher von besonderem Interesse.

3D-DARSTELLUNG

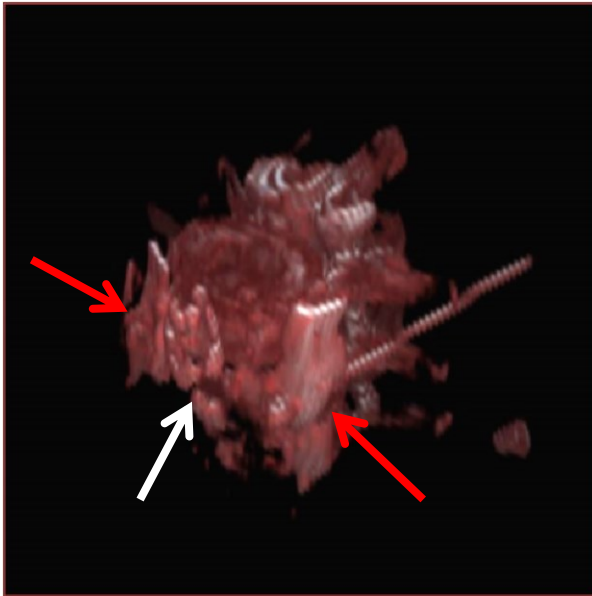


ABBILDUNG 9: 3D BILD: AUSBREITUNG BEI 1ML

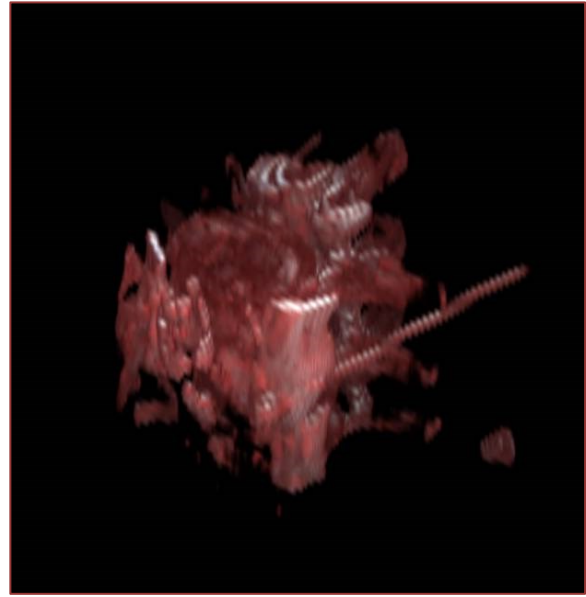


ABBILDUNG 8: 3D BILD: AUSBREITUNG BEI 2ML

Eine ursprünglich für alle Leichen geplante 3D-Darstellung des Kontrastmittels wurde aufgrund der schwierigen Abgrenzung zum röntgendichten Gummilatex in den Arterien nur bei den 6 nativen Leichen, also bei denen, deren Arterien nicht mit Gummilatex eingespritzt waren, durchgeführt. Begründung war initial zum einen ein Benefit bei der Vermessung und zum anderen ein zusätzlicher Erkenntnisgewinn, besonders im Vergleich zu den 3D-Darstellungen in

Kastners Arbeit. Ein Vorteil bei der Vermessung stellte sich nicht ein, sogar im Gegenteil. Die 3D-Bilder sind ungleich schwieriger zu vermessen und auch nur schlecht miteinander zu vergleichen, weil der wichtigste Bezugspunkt, die Spitze der Kanüle, im Zentrum der Ausbreitung liegt und dadurch praktisch nicht erkennbar ist. Auch der erhoffte Erkenntnisgewinn durch die 3D Darstellung stellte sich nicht ein, allerdings sind die Bilder, wie auch die Grafiken der Daten, eine gute Möglichkeit der Darstellung der Verhältnisse. Natürlich erlauben Übung und Routine auch eine Konstruktion eines Bildes im Geiste allein per Durchsicht der Schnittbilder, aber ein 3D-Bild ist doch mit weniger Anstrengung zu betrachten und außerdem, aus besonders aufschlussreichen Blickwinkeln, auch als 2D-Bild aussagekräftig. Stellvertretend für die Vielfalt der möglichen Betrachtungswinkel sei hier eine Serie der genannten 3D-Bilder gezeigt. Es handelt sich um Aufnahmen der Leiche 0128 A191 in ansteigendem Volumen und Blickwinkel von rechts, vorne, oben, also analog dem Blickwinkel, wie er von Grafik 13 vermittelt werden soll, nur von der linken Seite:

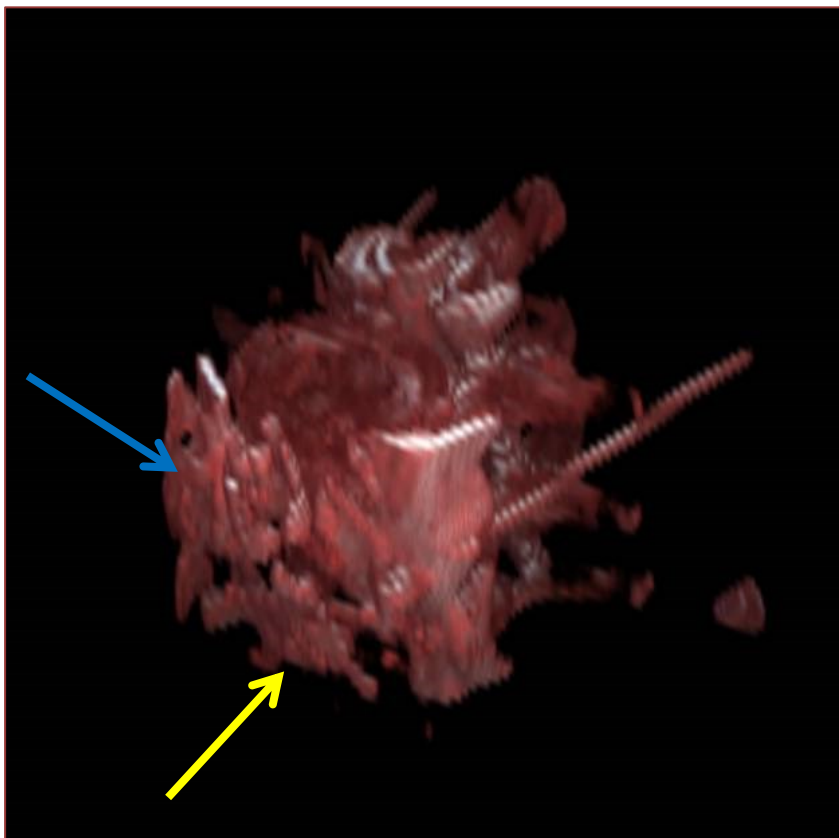


ABBILDUNG 10: 3D BILD: AUSBREITUNG BEI 3ML

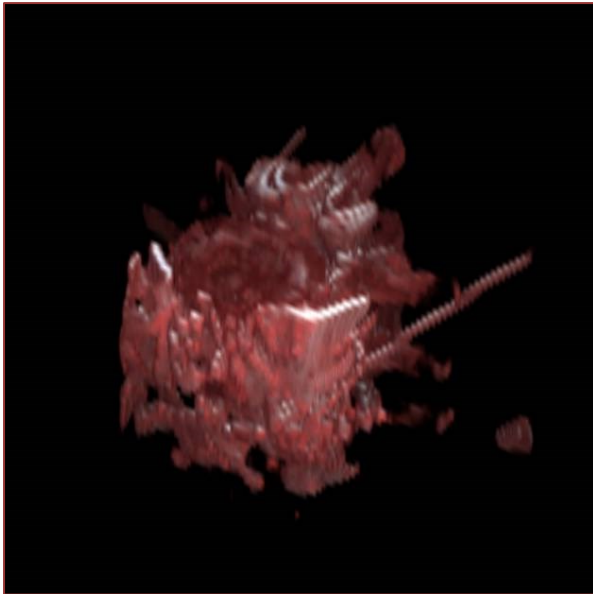


ABBILDUNG 12: 3D BILD: AUSBREITUNG BEI 4ML

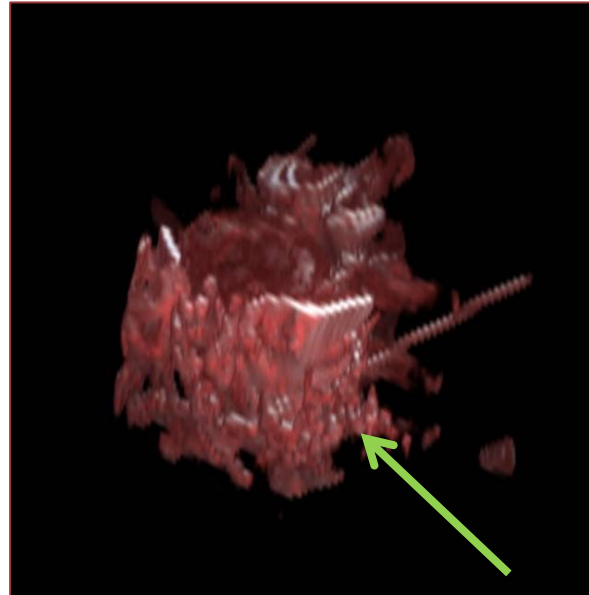


ABBILDUNG 11: 3D BILD: AUSBREITUNG BEI 5ML

Die (links gesetzte) Kanüle dringt vom rechten Rand des Bildes zwischen den beiden Processus costales an den lateralen Rand des Wirbels, die rechte Kanüle ist nicht zu sehen, weil sie vom Wirbelkörper verdeckt wird. Man erkennt gut die Wirbel wie auch kleine, schuppige Kalzifikationen (weißer Pfeil) in der Aorta, die direkt auf dem Wirbel liegt. Rund um die Spitze der Kanüle (nicht sichtbar) verteilt sich das KM (rote Pfeile) und füllt den vorhandenen Raum aus. In diesem Fall prominent und leicht erkennbar an der lateralen Psoasfaszie, was dem KM eine schuppige Form verleiht, vielleicht auch entfernt an die abgezogene Borke eines Baumes erinnernd. Im rechten Bildbereich, also räumlich hinter der Aorta, kann man das KM der Gegenseite erkennen. Auch dieses breitet sich entlang der lateralen Psoasfaszie aus. Bei der Betrachtung der ersten beiden Bilder ist wohl leicht nach zu vollziehen, dass die Konzentration von KM im Bereich der Kanülenspitze bereits bei 1 mL ihr Maximum erreicht hat. Der Bildausschnitt ist etwa 8 cm hoch und das KM erreicht bereits bei der ersten Applikation nach kranial und kaudal die Grenze des Beobachtungsbereiches.

Beim 3 mL Bild ist, abgesehen von der noch stärkeren Psoasausbreitung, nun auch eine prävertebrale (aber retroaortale) Konfluenz im unteren Bereich zu erkennen, die entfernt an ein Gleithörnchen im Flug erinnert (gelber Pfeil): Eine flache Struktur mit vier Zipfeln, in direkter Verlängerung zur Kanüle. Was hier nicht so gut zu erkennen ist, aber aus den Schnitten ersichtlich ist, ist eine, bei 3 mL bereits vorhandene, volle Umspülung der Vena cava, die sich aber im hinteren Bildteil erahnen lässt (blauer Pfeil).

Die letzten beiden Bilder, also die von 4 und 5 mL sollen der Vollständigkeit halber auch noch gezeigt werden. Hier kann man im Vordergrunderkennen, dass sich das KM auf der Schuppe in kleine Flocken ergießt, besonders gut zu sehen im letzten Bild (grüner Pfeil). Dabei handelt es sich um das Bindegewebe, das die linke Arteria renalis umgibt und welches das KM bereits bei 4

mL zum Nierenhilus führt. Aufgrund des Blickwinkels überlagert sich dieser Bereich leider recht stark mit dem rechten Processus costalis des vierten Lendenwirbels, aber zumindest im letzten Bild (5 mL) ist die Ausbreitung, deutlich zu sehen.

DISKUSSION

DEMOGRAPHIE

Untersucht wurden insgesamt 8 männliche und 10 weibliche Leichen, was einem Prozentsatz von 44,4% männlichen und 55,5% weiblichen entspricht. Wie bereits bei Kastner ergaben sich auch bei unserer Untersuchung keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Geschlechtern oder signifikante Korrelationen zu Größe, Gewicht oder Alter.

VERMESSUNG

In Anbetracht der relativ großen Datenmenge und der daraus erwachsenden Interpretationen ist es übersichtlicher die einzelnen Aspekte nacheinander zu beleuchten und erst am Ende in eine gemeinsame Betrachtung zusammenfließen zu lassen. Wir behalten thematisch die Reihenfolge der Vermessung bei und beginnen daher mit dem quantitativen Teil.

INTERPRETATION DER QUANTITATIVEN VERMESSUNG

Die quantitative Messung, also diejenige entlang der anatomischen Achsen, diene der leichteren Kontrolle und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse im Vergleich zu qualitativen Messung. Die einzelnen Achsen und Abstände sowie die Kanülenspitze sind streng definiert, wohingegen beispielsweise eine laterale psoatische Ausbreitung einen gewissen Interpretationsspielraum lässt. Ab wann kann man eine solche verifizieren? Nach 1mm entlang der Faszie, nach 2mm oder nach 5mm? Und von wo misst man diesen Wert? Von der Kanülenspitze oder von der Muskelgrenze oder aber von der Faszien grenze? Aus all diesen Gründen war es wichtiger festzustellen dass und ab welchem Volumen die Ausbreitung vorkommt und nicht wie weit sie geht. Um aber eine statistische Vergleichbarkeit zu verbessern war also die beschriebene quantitative Messung erforderlich. Wurde aber ein besonders kritischer Punkt erreicht wurde dies gesondert vermerkt, wie etwa eine Ausbreitung ins Foramen intervertebrale.

Aus Kastners Arbeit geht bereits hervor, dass die longitudinale Ausbreitung die stärkste ist, daher waren wir nicht überrascht auch in dieser Untersuchung ein solche zu finden. Die rasche Progredienz bei derart geringem Volumen ist jedoch bemerkenswert. Bereits bei der Applikation von nur einem Milliliter bildet sich eine durchschnittlich 57mm lange Kontrastmittelsäule entlang der Wirbelsäule, deren Ausdehnung in der horizontalen weitere 7-10mm erreicht. Diese Größe ist Vergleichbar mit der eines männlichen Daumens. Natürlich ist nie der gesamte Raum erfüllt von KM, aber es ist der Raum mit dem man nach der Applikation

mit direkter Wirkung eines Medikamentes rechnen muss. Dieses Muster tritt bei allen Leichen in ähnlicher Form auf und, mit Ausnahme der Ausbreitung entlang des M. psoas, erfolgen nur eher selten Ausbreitungen in die Peripherie.

Aus akademischen Überlegungen ergibt sich aus der regelmäßigen massiven longitudinalen Ausbreitung außerdem, dass sich der Sympathikus in diesem Bereich in einem nach kranial und kaudal offenen Raum befinden muss, der gegen die anderen Ebenen durch stärkere bindegewebige Züge begrenzt ist. Es ist interessant, dass ein derartiges „Spatium sympathicum lumbale“ oder „Spatium paravertebrale lumbale“ anscheinend bisher nicht näher betrachtet wurde.

Aus der Spindelform und der Konstante der Grauwerte des KM in Nähe der Kanülenspitze ergibt sich außerdem, dass theoretisch schon ein Milliliter ausreichen müsste um den ganzen Grenzstrang auf Höhe eines Segmentes zu umspülen. Dass das klinisch bisweilen nicht ausreicht, erklärt sich unter anderem durch ungenaue Positionierung der Nadel, durch die Kollateralstränge des Sympathikus im lumbalen Bereich sowie durch zu geringe Konzentration oder Wirksamkeit des Lokalanästhetikums, eventuell verbunden mit zu rascher Resorption desselben. Gerade bei der permanenten Blockade, also der Sympathikolyse, empfiehlt beispielsweise auch Jankovic nur 3mL.

Die Applikation jedes weiteren Milliliters erhöht zwar die Ausbreitung entlang des Grenzstranges, jedoch genauso die in die Peripherie, ist aber gleichzeitig nicht mit einer Erhöhung des KM an der Kanülenspitze verbunden. In ausnahmslos allen betrachteten und auswertbaren Seiten findet sich bereits bei 1 mL eine dichte Ansammlung von KM rund um die Kanülenspitze, die auch bei Zugabe von weiterem KM nicht mehr dichter wird.

Ein Phänomen das bisher gänzlich ungeklärt ist und das uns weiterhin rätselhaft ist, ist das Phänomen der gehemmten Ausbreitung nach rechts, vor allem hinten. Während sich die Ausbreitung auf allen anderen Achsen und bei allen Volumina unauffällig annähernd symmetrisch verhalten (+/-1-1,5mm) gibt es eine gehemmte Ausbreitung nach rechts hinten. Bereits bei Applikation von 1mL beträgt sie im Durchschnitt etwa 4-5 mm(!) weniger als links und kurioserweise ändert sich dieser Abstand fast nicht, sondern bleibt zwischen 4,6mm und 5,3mm, egal welches Volumen man betrachtet. Dies führt auch dazu, dass der durchschnittliche Wert der posterioren Ausbreitung stets geringer ist als der in die anderen horizontalen Richtungen. In Wahrheit ist jedoch nur der rechte „zu kurz“. Würde man den linken alleine nehmen, wäre er genauso wie alle anderen. Was aber kann die Ursache sein?

Beim erwachsenen Menschen gibt es auf den ersten Blick keinen plausiblen Grund anzunehmen, dass sich Kontrastmittel weniger stark ausbreitet, wenn es an der rechten Wirbelseite entlang nach hinten gleitet, als wenn es das links tun würde. Schließlich ist der Körper in diesem Bereich praktisch symmetrisch aufgebaut. Gerade der muskulo-skelettale Aufbau der Wirbelsäule ist derart symmetrisch und gleichförmig, dass es oft schwer fällt ganze Wirbel ihrer korrekten Höhe zuzuordnen, wenn man ihre direkten Nachbarn nicht als Vergleich heranziehen darf. Einen kleinen Unterschied gibt es jedoch, aber ob dieser auch tatsächlich die Ursache für das beobachtete Phänomen ist, können erst weitere Untersuchungen zeigen: Die rechten Zwerchfellschenkel sind üblicherweise etwas stärker ausgeprägt als ihre linken Gegenstücke und inserieren kräftig zwischen L2 und L3. Es wäre denkbar das durch ihren repetitiven, jahrzehntelangen Zug in diesem Bereich, das Bindegewebe narbiger als auf der linken Seite würde und dadurch eine Ausbreitung nach dorsal und/oder in alle Richtungen gehemmt würde.

Diese Frage und ihre Beantwortung dürfte jedoch hauptsächlich akademisch interessant sein und klinisch keine weiteren Konsequenzen haben, da es ja nur um einen durchschnittlichen Wert geht und ja sehr wohl auch rechtsseitige Maxima und alle Ausbreitungsmuster auf beiden Seiten vorkommen. Außerdem wäre eine ausgeprägte Minderausbreitung auf einer Seite klinisch wahrscheinlich bereits aufgefallen, wird doch faktisch immer links und rechts die gleiche Menge infiltriert und nicht etwa rechts etwas mehr.

INTERPRETATION DER QUALITATIVEN MESSUNG

Die qualitative Auswertung war die klinisch wichtigere, da die Ausbreitung in andere Bereiche als die des Grenzstranges praktisch immer ungewollt sind und ein Risiko für Nebenwirkungen der lumbalen Blockade darstellen.

Aus Gründen der Übersicht werden die einzelnen Aspekte der Ausbreitungsmuster in eigenen Kapiteln besprochen und erst im Anschluss zusammen interpretiert.

AUSBREITUNG IM UND AM MUSCULUS PSOAS

Die Ausbreitungen in und am Psoas sind mit Abstand die häufigsten, ja sie sind geradezu der Regelfall. Das wundert wenig, wenn man sich die räumliche und anatomische Beziehung des Bereiches vor Augen führt und bedenkt, dass besagter Muskel bei jeder Infiltration zumindest teilweise durchstoßen wird. Doch bei aller Verständlichkeit ist diese Ausbreitung dennoch eine ungewollte Nebenerscheinung, die das Risiko auf Nebenwirkungen erhöht.

Die Ausbreitung entlang der äußeren, bauchigen, den Muskel bedeckenden Psoasfaszie, also die, die Kastner und wir die „laterale“ nennen, ist unter allen die häufigste. Bereits bei Einspritzung von nur 1 mL KM weisen 18 von gesamt 35 (51%) Seiten eine derartige Ausbreitung auf, bei 3 mL ist dieser Wert auf 29 von 35 gestiegen (82%). Wenn also nur in 18 % der Seiten kein solches Muster auftritt kann man wohl ohne schlechtes Gewissen behaupten, dass es sich um den Regelfall handelt. Klinisch reicht diese Erkenntnis allein aus aber akademisch stellt sich die Frage nach dem Grund. Muss man davon ausgehen, dass es eine vorbestehende anatomische Verbindung zwischen dem paravertebralen Raum und der lateralen Psoasfaszie gibt? Dafür spricht, dass die Anzahl der Muster nach 3mL nicht weiter steigt, auch nicht bei 5mL. Würde es sich um eine artifizielle Verbindung handeln, die durch den Druck des KM erst eröffnet wird, müsste sich eine annähernd lineare Zuwachverteilung zeigen, ähnlich wie sich das bei der Gefäßumspülung zeigt. Dagegen spricht, dass die Ausbreitung nicht bei jeder Seite, ja nicht einmal bei jeder Leiche auftaucht. Weil aber die untersuchten Leichen ein Alter von 57 bis 94 Jahre, im Schnitt 73,7 Jahre aufwiesen, könnte eine ursprünglich vorhandene Verbindung auch durch entzündliche, rheumatische oder sonstige degenerative Veränderungen verschlossen worden sein.

Radiologisch zeigt sich diese Ausbreitung als Sichel, Stachel oder Schuppe, die sich exakt entlang der Oberfläche des M. psoas ausbreitet. Dabei kann sie Kontakt mit der Nierenkapsel oder der dorsal von ihr liegenden Fettkapsel aufnehmen. Eine Ausbreitung weiter nach dorsal bis zum Übergang der Psoasfaszie in die des M. quadratus lumborum wurde nicht beobachtet, wird aber von Kastner beschrieben und dürfte daher eine bloße Frage des Volumens sein.

Die Ausbreitung entlang der inneren, dem Wirbelkörper und der Bandscheibe anliegenden Psoasfaszie, die Kastner und wir die „mediale“ nennen, ist nicht so häufig aber dennoch nicht selten und bemerkenswert, da sie bereits bei 1mL auftritt aber dann nicht mehr häufiger wird. Bis 5 mL kommt nur eine einzige zusätzliche Seite vor, die dieses Muster zeigt und diese auch schon bei 2 mL. Allerdings birgt diese Ausbreitung eine ganz besondere Gefahr, denn sie führt in der Hälfte ihres Auftretens zu einer Ausbreitung ins Foramen intervertebrale und damit zur potentiellen Blockade des Spinalnervs, was dann zu Lähmungen und Gefühlsstörungen der unteren Extremität führt, also einer nicht unerheblichen Komplikation. Am schlimmsten jedoch wäre eine Affektion des ZNS, über eine Kontaktaufnahme mit den Meningen, weil dann unter Umständen ein (vorübergehender) Querschnitt die Folge wäre. Kastner beschreibt diese Möglichkeit als „epidurale Ausbreitung“. Die Ausbreitung nach medial entspricht einer (forcierten) Lockerung des M. psoas von seinem Kontakt zur seitlichen Wirbelkörperwand, was bemerkenswert ist, da dort sein Ursprung liegt. Möglicherweise begünstigen postmortale, autolytische Prozesse in diesem Bereich die Ausbreitung, was erklären könnte, warum ihre Häufigkeit konstant bleibt. Der autolytische Muskel lässt die Flüssigkeit von Anfang an durch,

weil er dem Volumen nur wenig Widerstand bietet, der fest verwachsene, nicht autolytische, lässt das nicht zu, auch nicht bei geringer Erhöhung des applizierten Volumens. Eine genauere Abklärung würden aber nur Untersuchungen am Lebenden ermöglichen.

Ein drittes Muster, das jedoch niemals alleine vorkommt, ist die Ausbreitung in den Muskel hinein. Diese Ausbreitung folgt anscheinend den sympathischen Rami hin zum Spinalnerv oder kleinen begleitenden Gefäßen. Sie trat insgesamt 3mal auf, 2mal links, 1mal rechts, allerdings schon bei 1ml (2x) und bei 2mL. Auch sie würde, sofern der Muskel weit genug durchwühlt wird, zu einer Anästhesie des jeweiligen Spinalnervs führen, was wir aber nicht beobachten konnten. Auch in diesem Falle könnte eine autolytische Komponente zur Ausbreitung beigetragen haben, es könnte sich aber auch um eine anatomische Normvariante handeln. Der Psoas bildet ja in diesem Bereich mehrere kleine Arcus aus, die sich zwischen den Wirbelkörpern aufspannen, deren Ansatzpunkte sich im oberen und unteren Drittel des Wirbelkörpers finden und das Mitteldrittel frei lassen, um die Gefäße sowie Rami communicantes nach dorsal passieren zu lassen. Hauptursprung des Psoas ist ja im Bereich der Bandscheiben. Wenn das KM in diesen Bereich eindringt, könnte das radiologisch von einem echten Einwühlen in den Muskel selbst nur schwer unterschieden werden.

Im Gegensatz zu den beiden anderen Psoasausbreitungen, die im Querschnitt ein langes, dünnes, lanzettliches Aussehen haben, zeigt die intrapsoatische Ausbreitung ein faserig-laziertes Bild, das so auch radiologisch die dortige anatomische Situation wider spiegeln: Die einzelnen Nervenfasern und Gefäße suchen sich ihren eigenen Weg zwischen den einzelnen Faserbündeln und folgen dabei keinen offensichtlichen Gesetzmäßigkeiten. Auch diese Ausbreitung könnte ab einem gewissen Volumen den Spinalnerv erreichen, was aber bei dieser Untersuchung nicht beobachtet werden konnte.

DIE VASALEN KONTAKTE

Kontakte zu verschiedensten Blutgefäßen sind wegen der Lage des Sympathikus unumgänglich. Man darf davon ausgehen, dass paravertebral liegende Venenplexus und die nach dorsal ziehenden Radiculargefäße, unter ihnen die bestbekannte Arteria Adamkiewicz, praktisch bei jeder Infiltration des Sympathikus auf dieser Höhe mitbetroffen sein können, gerade wenn sie durch eine falsch vorgeschobene Nadel aufgeschlitzt werden. Eine Beteiligung der beiden Hauptgefäße jedoch, also der Aorta und der Vena cava, ist wegen der räumlichen Trennung durch größere Mengen Bindegewebe nicht derart plausibel. Dass sie dennoch so häufig auftritt und in 9 Seiten sogar zu einer vollständigen ringförmigen Umspülung des Gefäßes führt lässt einen Schluss zu: So wie das KM die Faszien entlang des M. psoas folgt, so bahnt es sich auch seinen Weg entlang der kleinen Gefäße, die von der Aorta zum Wirbel, beziehungsweise vom

Wirbel zur Cava ziehen. Die Annahme, dass es sich nicht um eine banale Einsickerung in das umliegende Gewebe handelt wird von der generell guten Abgrenzung rund um das Gefäß unterstützt. Das KM kommt von dorsal, folgt dann einem kleinen Gefäß und gräbt sich einen Raum zwischen die das Gefäß umschließenden Bindegewebsblätter, vermutlich zwischen die Adventitia und die anliegenden retroperitonealen beziehungsweise perivasalen und mesenterialen Blätter, aber das lässt sich durch die vorhandene Auflösung (1x1x2mm) der Bilder nicht mit Sicherheit sagen.

Klinisch betrachtet ist eine derartige Ansammlung problematisch, nicht zuletzt, weil damit periaortale Plexus, allen voran der Plexus mesentericus inferior und der Plexus hypogastricus superior, geblockt werden könnten, besonders wenn man nach dem Block zu schnell wieder aufsteht und das Mittel der Schwerkraft folgt. Die Funktion dieser Plexus beschränkt sich durchaus nicht nur auf den Sympathikus der unteren Extremität, sondern versorgt einen Großteil der Beckeneingeweide mit sympathischer und auch parasympathischer Information. Gerade diese Ausbreitung würde die vorkommenden Miktionsprobleme und Sexualstörungen verschiedener Art, die nach einer Blockade auftreten können und für die Patienten sehr belastend sind, erklären.

In seltenen Fällen, wir konnten zwei mit Sicherheit identifizieren, wird dieser Verlauf noch nach präaortal, also mesenterial, fortgesetzt, was wenig verwundert, gehen doch in etwa auf dieser Höhe die A. mesenterica inferior und etwaige akzessorische Arterien wie etwa die untere renale Polararterie von der Aorta ab. Wenn sich das KM also die Bindegewebeblätter von Gefäßen und Nerven entlang ausbreitet, ist es plausibel, dass es nicht an der Aorta halt macht, sondern sich noch weiter ausbreitet. Dass wir dieses Phänomen nur zweimal beobachten konnten mag zum einen an den geringen Volumina, zum anderen an der eingeschränkten mesenterialen Beurteilbarkeit durch den Gummilatem liegen. Durch den verwendeten hohen Druck bei der Gefäß Injektion sowohl der Konservierungsflüssigkeit und auch des Latex kommt es immer wieder zu kleinen und kleinsten Gefäßzerplatzungen, auch im Bereich des Gekröses. In dieser Situation kann es sehr schwierig werden eine dezente KM-Fahne von ausgetretenem Gummilatem zu unterscheiden.

KONFLUENZEN

Dass Zusammenflüsse zwischen zwei Räumen stattfinden, die nur etwa 5cm voneinander entfernt sind, mag auf den ersten Blick wenig wundern. Warum aber bei weitem nicht alle Leichen eine prävertebrale Konfluenz zeigen, manche bei 1 mL, manche später, viele gar nicht, bleibt nicht beantwortet.

Denn angenommen es gäbe eine natürliche, anatomisch oder embryologisch her zu leitende Verbindung zwischen dem rechten und dem linken Raum, müsste sich diese Verbindung deutlich häufiger zeigen. Angenommen es gäbe eine ebenso her zu leitende Trennung, wie etwa ein „Septum sagittale prävertebrale lumbale“, dann müsste die Konfluenz deutlich seltener sein oder eher gar nicht vorkommen. Durch die vorliegenden Ergebnisse jedoch lassen sich keine eindeutigen Schlüsse auf das eine oder das andere ziehen. An dieser Stelle muss jedoch bedacht werden, dass alle Leichen zwischen 57 und 94 Jahre alt waren, im Schnitt 73,7 Jahre. Eine postulierte ehemals vorhandene prävertebrale Verbindung könnte im Laufe des Lebens von Vernarbungen etwa durch rheumatische Prozesse vollständig verschlossen worden sein. Die Verteilung der Ergebnisse stützt diese Vermutung, auch wenn die Häufigkeit recht hoch erscheint. Gänzliche Aufklärung würden aber wohl nur Studien bei deutlich jüngeren Personen bringen.

Statistisch zeigt sich eine prävertebrale Konfluenz bei 1 mL bei 2 Leichen (5,7 %), bei 2 mL kommen zwei weitere hinzu (11,4 %).

AUSBREITUNG ZUR NIERE

Die Ausbreitung zur Niere ist selten und geschieht über zwei Wege. Der Erste ist der entlang der äußeren Psoasfaszie. Diese hat direkten Kontakt mit den bindegewebige Blättern der Fettkapsel der Niere, anscheinend besonders bei kachektischer Konstitution. Das KM kriecht diese Blätter entlang und gelangt auf diesem Weg zur Nierenkapsel. Es handelt sich also um eine besondere Version der lateralen Psoasausbreitung.

Der zweite Weg ist der entlang der Nierengefäße. Das KM kriecht dabei zur Aorta oder V. cava und folgt dann dem Strang der renalen Gefäße in Richtung Hilus. Es handelt sich dabei also um eine besondere Version der Ausbreitung zu den großen Gefäßen, genau wie die mesenteriale Ausbreitung auch eine solche ist. Beide Ausbreitungen sind aber selten. Beide Ausbreitungen traten nur je einmal auf.

GESAMTBETRACHTUNG DER MESSERGEBNISSE

Auch wenn wir durch Kastners Arbeit schon recht gut wussten, dass sich das Kontrastmittel weit ausbreitet, waren wir doch überrascht über die Distanzen, die schon bei geringen Volumina wie 1 mL erreicht werden. Obwohl sich die Ausbreitung insgesamt in Grenzen hält, beträgt sie doch im Durchschnitt 57 mm in der longitudinalen Richtung, was ja klinisch erwünscht ist, da dadurch die angrenzenden Ganglien ebenfalls erreicht werden, sowie je etwa 10mm nach vorne und zu den Seiten hin und 7mm nach hinten. Diese Ausmaße entsprechen ziemlich genau denen eines durchschnittlichen männlichen Daumens und damit einem Raum von etwa 18 mL

Volumen! Das heißt eine Flüssigkeit, die in diesen Raum eingespritzt wird verhält sich nicht wie bei einer Injektion in andere Gewebe wie etwa Fett, wo sich eine annähernd gleichmäßige, kugelige bis ovoide Ausbreitung zeigt, sondern sie verhält sich kriechend, spindelförmig oder sternförmig, den kleinsten verfügbaren Schwachstellen zwischen den Faszien folgend, ähnlich wie sich ein subdurales Hämatom seinen Weg zwischen die vorhandenen Blätter bahnt und diese auseinander drängt. Leider gibt es im Vorhinein anscheinend keine Möglichkeit abzuschätzen wie sich das KM verhalten wird. Rein statistisch wird es sich am meisten longitudinal ausbreiten und dann entlang der äußeren Psoasfaszie nach lateral hinten gleiten, aber wovon das abhängt ist nicht klar ersichtlich, nein es ist anscheinend noch nicht einmal möglich vom Verhalten auf der einen Seite auf das auf der Gegenseite zu schließen. Nur 7 der 18 Leichen zeigen auf beiden Seiten die laterale Psoas Ausbreitung, wohingegen sie bei den restlichen 11 nur auf einer Seite oder gar nicht zu beobachten ist. Außerdem ist sie in den meisten Fällen nicht gleich stark ausgeprägt. Vorherzusagen, ob also eine laterale Ausbreitung stattfinden wird ist statistisch vergleichbar mit einem Münzenwurf, unabhängig davon ob kontralateral diese Ausbreitung gefunden wurde oder nicht. Mit der Injektion jedes weiteren Milliliters steigt nicht nur die Ausbreitung der Flüssigkeit in den initial vorhandenen Mustern sondern auch die Wahrscheinlichkeit eines zusätzlichen Musters. Eine vollständige Umspülung der Aorta oder der Cava kommt bei 1mL nicht vor. Es gibt zwar einzelne Berührungen mit der jeweiligen Hinterwand aber eine vollständige Umspülung, also ein geschlossener KM-Ring in der Adventitia, tritt frühestens bei 2mL auf. Mit der Applikation jedes weiteren Milliliters kommen weitere Umspülungen hinzu. Insgesamt (5mL) dringt das KM bei 6 Leichen deutlich sichtbar in die Adventitia der Cava und bei 9 Leichen in die Adventitia der Aorta ein oder umspült das Gefäß sogar vollständig.

Alle weiteren klinisch bedeutsamen Ausbreitungen kommen erst ab 4 mL vor, mit einer Ausnahme: Das Foramen intervertebrale. Diese Ausbreitung darf wohl als bedenklichste von allen gelten, kann sie doch zu schweren neurologischen Ausfällen der ipsilateralen Extremität führen. Dass wir sie bereits bei 1 mL zum ersten Mal beobachten konnten ist nur ein weiterer Grund zur Sorge. Allerdings muss relativierend eingeräumt werden, dass es sich dabei um eine einzelne Leiche handelte, die eine stark an ein Cushing-Syndrom erinnernde Fettverteilung und Vollmondgesicht aufwies. Die, durch einen erhöhten Kortisol-Spiegel verursachte, geringere Stabilität des Bindegewebes könnte dazu führen, dass sich das KM besonders schnell und besonders weit ausbreiten konnte. Das wäre zwar eine plausible Erklärung, würde aber wohl einige Folgefragen aufwerfen wie beispielsweise: Ist ein Cushing-Syndrom eine (relative) Kontraindikation für eine lumbale Sympathikusblockade?

Plausibel ist die Annahme schon und auch folgendes spricht unter Umständen dafür: Die einzige weitere Ausbreitung zum Foramen intervertebrale fand sich erst bei 4 mL. Für eine valide Aussage aber sind 3 Fälle in 2 Leichen sicherlich zu wenig.

SINGLESHOT ODER DOUBLESHOT?

Unter Beachtung sowohl der quantitativen als auch der qualitativen Messungen scheint ein Singleshot auf L3 auch für die Klinik ausreichend. Ein Doubleshot, also die gleichzeitige Applikation auf L2 und L4, wie sie Kastner untersucht hat, bringt für die Umspülung der sympathischen Stränge offenbar keine wesentlichen Vorteile. Sofern die Nadel korrekt positioniert ist, breitet sich das Mittel vornehmlich paravertebral aus und umspült also auch die angrenzenden Segmente suffizient.

Zwei Stiche auf einer Seite bedeuten daher nur ein unnötiges Risiko für Komplikationen, die mit dem zusätzlichen Stich einhergehen, aber keinen Benefit bei der Infiltration des sympathischen Gewebes. Die Doubleshot-Technik sollte daher nur dann angewendet werden, wenn ein Singleshot auf L3 nicht möglich oder insuffizient ist, beispielsweise weil eine dortige Raumforderung die Infiltration schwierig oder unmöglich macht. Im Vergleich mit den Vorarbeiten (siehe dort) scheint aber eine Infiltration auf L4 komplikationsreicher zu sein, besonders was den N. genitofemoralis betrifft. Auch eine mögliche Insuffizienz durch periaortal gelegene Kollateralen würde durch den Doubleshot nicht verringert.

DAS IDEALE VOLUMEN

Eine der ursprünglichen Motivationen zu dieser Arbeit war die Frage, ob ein ideales Volumen unterhalb von Kastners untersuchten 6 mL identifizierbar ist. Auch wenn sich zu Beginn der Arbeit eine Präferenz in Richtung 3mL abzeichnete, konnte diese Vermutung bei genauerer Betrachtung nicht gänzlich aufrechterhalten werden.

Schon bei der Applikation von nur 1mL zeigt die Hälfte der infiltrierten Seiten eine laterale Psoasausbreitung. Insgesamt zeigen 30 von 35 Seiten (85%) irgendeine auffällige Ausbreitung. Das bedeutet, dass es zumindest kein sicheres Volumen gibt, bei dem Komplikationen ausgeschlossen werden können oder zumindest nicht in einem Bereich, der mit den derzeitigen Lokalanästhetika einen suffizienten Block ermöglichen kann. Allerdings zeigt die quantitative Vermessung bei diesem Volumen eine durchschnittliche Strecke von knapp 11 mm nach lateral wie auch etwa 10 mm in die anderen horizontalen Richtungen und 57 mm entlang des Grenzstranges. Zusammenfassend kann man also sagen, dass bei 1mL mit 80%

Wahrscheinlichkeit das Mittel nur etwa 1cm in irgendeine Richtung von der Kanülenspitze weg läuft. Das dürfte ein Wert sein mit dem man in der Klinik arbeiten kann. Gleichzeitig kommen Kontakte mit den großen Gefäßen oder der Niere bei dieser Dosis praktisch nicht vor (1 von 37) und im Bereich um die Kanülenspitze wird sofort die maximale Konzentration an KM erreicht. Eine Ausbreitung zum Foramen intervertebrale kann aber auch hier schon nicht mehr sicher ausgeschlossen werden.

3 mL hingegen imponieren sowohl quantitativ als auch qualitativ schon relativ gefährlich. Bei den untersuchten 35 Seiten wurden insgesamt 61 Ausbreitungsmuster gefunden, keine einzige der untersuchten Leichen zeigt bei diesem Volumen kein Muster. Anders gesagt: Bei keiner einzigen der 18 Leichen bleiben 3 mL Kontrastmittel ausschließlich im Bereich des Truncus sympathicus! Selbst wenn man die laterale Psoas Ausbreitung als häufigstes Muster wegnimmt, bleiben immer noch 33 Seiten übrig, die irgendein anderes Muster zeigen. Außerdem zeigen sich bei 3 mL bereits ein Großteil der aortalen Kontakte und Umspülungen und eine von zwei Ausbreitungen zum Nierenhilus. All das kombiniert mit einer durchschnittlichen Ausbreitung von schon etwa 15 mm in alle Richtungen, longitudinal sogar 76 mm, was in etwa dem Raum entspricht, der von den beiden Zeigefingern und Mittelfingern eingenommen wird, wenn man die Hände faltet. Ein beeindruckender Raum für unscheinbare 3 mL Flüssigkeit!

Wenn also bei 1 mL zwar viele Muster auftreten, jedoch wenige klinisch bedenkliche und die nur in geringem Ausmaß, bei 3 mL aber schon recht viele und die deutlich weiter, liegt die Vermutung nahe, 2 mL, also die Mitte dieser beiden Werte, wäre das ideale Volumen. Doch auch dies kann nicht ohne Einschränkung behauptet werden, denn bei 2 mL erspart man sich statistisch nur 3 der zusätzlichen Muster, die man bei 3 mL hätte, hat aber gleichzeitig quantitativ eine deutlich geringere Ausbreitung (71 vs. 76 mm longitudinal, 14 vs. 16 mm horizontal).

Der logische Schluss wäre daher: Wenn man schon mehr als 1 mL appliziert, sollte man schon gleich 3 mL nehmen, weil 2 mL viele Muster aber nur wenig Ausbreitung bringen. Dass das im klinischen Alltag oder gar als Richtlinie keine glückliche Formulierung ist, leuchtet natürlich ein, weswegen wir hier die Empfehlung für 1-3 mL pro Seite geben, aber je weniger desto besser.

Allerdings muss man bedenken, dass es sich hierbei um das gesamte applizierte Volumen handelt. Wenn also die Nadelpositionierung schwierig ist und bereits eine gewisse Menge KM appliziert wurde, muss man diese Menge in die gesamte Menge einrechnen und dann weniger Anästhetikum (oder Lytikum) applizieren. Alternativ könnte man vielleicht einige Minuten warten, bis das KM vom Körper absorbiert wurden ist, was sich im klinischen Alltag aber sicher nicht als erstrebenswertes Prozedere bezeichnen lässt, allein schon weil während der gesamten

Zeit die Kanüle im Körper verbleiben müsste und ihre Lage nicht verändern dürfte. Man wird daher in Versuchung geraten eine gewisse Menge Therapeutikum zu nehmen, egal ob schon KM gespritzt wurde oder nicht. Davon ist aber, zumindest was die Ergebnisse dieser Arbeit nahelegen, dringend abzuraten. Denn für die Ausbreitung ist es unerheblich welche Flüssigkeit gespritzt wurde, sondern nur wie viel. Bei angenommenen 1mL KM und 3mL Therapeutikum wird sich diese Mischung genauso ausbreiten, wie wenn 4mL Therapeutikum genommen worden wären. Außerdem wäre, trotz der Ausbreitung, wegen der Verdünnung mit dem KM, die Wirkung am Sympathikus noch geringer! Die anzustrebende Lösung wäre daher, auf jegliches KM zu verzichten und eine radiologisch gut sichtbare Kanüle zu verwenden, um das Volumen möglichst niedrig zu halten.

Kommen wir nun aber zu den höheren Volumina: Was diese Arbeit zeigt, sowohl durch die quantitative als auch durch die qualitative Auswertung, ist, dass eine Applikation von 4 mL oder mehr mit hoher Wahrscheinlichkeit keinerlei Benefit und nur klinische Risiken bringt. Denn auch wenn ein Großteil der Muster schon früher auftritt, muss man davon ausgehen, dass die Strecke, die zurückgelegt wird, mit dem applizierten Volumen steigt, sonst würde der quantitative Aspekt ja nicht weiter ansteigen. Andererseits steigt die Umspülung des Sympathikus direkt an der Kanülenspitze schon von 1 mL auf 2 mL nicht mehr an, weswegen die einzige Intention für noch mehr Volumen nur die Blockade der angrenzenden kranialen und kaudalen Anteile des Grenzstranges sein kann. Außerdem kommen folgende Muster erst bei 4 mL zum ersten Mal vor: die volle Cava-Umspülung, die Berührung der Nierenkapsel und die mesenteriale Ausbreitung. Bei 5 mL kommen diese noch häufiger vor.

Natürlich steigt mit höherem Volumen auch die Ausbreitung entlang des Grenzstranges und somit die Wahrscheinlichkeit einer suffizienten Blockade angrenzender Ganglien. Ob das aber die damit einhergehenden Risiken rechtfertigt, besonders bei Multimorbidität und vielen Behandlungen, muss klinisch und individuell entschieden werden.

VERGLEICH MIT VORARBEITEN

KASTNER 2011

Die wohl wichtigste Vorarbeit ist wohl die von Kastner „Lumbale Sympathikusblockade: Quo vadis liquore“ Graz 2011 in der er in fast gleicher Technik insgesamt 40 Leichen je 1mL, 6mL und 11mL in Höhe L2 und L4 appliziert. Fast gleich deshalb, weil er aus technischen Gründen die initiale Lage der Kanülenspitze nicht kontrollieren konnte, weshalb ein erklecklicher Anteil des KMs intravasal (7%) oder in den Ureter (2%) appliziert wurde. Ersteres ist auch uns passiert, was zum Ausschluss von 2 Seiten führte. Zweiteres wurde bei uns nicht beobachtet. Das

damalige einzelilige CT am Institut ließ aus Zeitgründen kein Nullbild zu, so wie wir es machen konnten. In allen weiteren Aspekten ergibt sich jedoch ein insgesamt kohärentes Bild zu dieser Untersuchung. Folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die untersuchten vergleichbaren Ausbreitungsmuster und ihrer Häufigkeit in Prozent:

Typus	Kastner 2011	Wiener 2015
Psoas lateral	80%	80%
Psoas medial	23%	20%
Prävertebral / ventral	49%	42%
Periaortal	22%	31%
Pericaval	7%	20%
Foramen intervertebrale	2%	8%

TABELLE 2: VERGLEICH DER AUSBREITUNGSMUSTER DES KM MIT DER ARBEIT VON KASTNER, ALLE WERTE BEZIEHEN SICH AUF SEITEN UND GESAMTES AUFTRETEN.

Zu beachten ist hierbei, dass die Werte „periaortal“ und „pericaval“ hier jegliche Ausbreitung des KM dorthin meinen und nicht volle Umspülungen. Außerdem beschreibt der Wert „Prävertebral/ ventral“ hier nicht etwa eine Konfluenz, sondern jegliche Ausbreitung nach ventral. Diese Werte entstanden aus Kastners Rohdaten und stammen nicht direkt aus seiner Arbeit.

Größte Auffälligkeit der ansonsten kohärenten Ergebnisse ist die erstaunlich niedrige Anzahl pericavaler Ausbreitungen in Kastners Arbeit beziehungsweise mein hoher Wert. Selbst wenn nur die absolut vollständigen Umspülungen (Ringformationen, 4 Stück) eingerechnet werden, ergeben sich 11,5%, was immer noch deutlich mehr ist als bei Kastner. Zweite Auffälligkeit bezieht sich auf die Ausbreitung ins Foramen intervertebrale. Kastner beschreibt diese deutlich seltener und auch erst bei 11mL, wohingegen sie bei uns bereits bei 1mL auftritt und das auch noch beidseits. Allerdings, und das wurde bereits oben erwähnt, könnte es sich dabei um eine Besonderheit im Rahmen eines Mb. Cushing handeln, zumindest hatte besagte Leiche (0153 B185) starke Anzeichen dafür. Das würde uns zwar unsere Auswertung verhunzen, ist aber nicht minder interessant, könnte es doch bedeuten, dass Cushing eine (relative) Kontraindikation für eine lumbale Sympathikusblockade sein sollte.

Da Kastner initial auch 1mL appliziert, würde man vermuten, dass sich die Messergebnisse in diesem Bereich ähneln, jedoch tut er dies sowohl auf L2 als auch auf L4. wodurch es praktisch sofort zu einer longitudinalen Konfluenz kommt, die er auch beschreibt, die aber wiederum seine Ausdehnungswerte auf fast das Doppelte der meinen steigen lassen. Das erklärt zwar die vergleichsweise hohen Werte bei Kastner, jedoch erscheint unter diesem Aspekt betrachtet die niedrige Cava-Umspülung noch bemerkenswerter, müsste sie doch bei mehr Volumen auch

ansteigen und nicht seltener werden. Aber auch der Vergleich bei 2mL, also entsprechend 1 mL auf L2 und 1 mL auf L4, ergibt bei Kastner noch immer deutlich höhere Werte in der quantitativen Messung, ja selbst bei 3mL sind die Werte bei Kastner noch deutlich höher.

Erst der Vergleich mit 4mL ergibt annähernd ähnliche Werte in der horizontalen Ausbreitung. Die vertikale Ausbreitung ist bei Kastner natürlich auch dadurch viel größer, da er auf zwei Ebenen (L2 und L4) infiltriert und alleine dadurch schon einen viel größeren Bereich abdeckt. Zu den großen Werten bleibt zu vermuten, dass die Messmethode eine unterschiedliche ist. Während in dieser Arbeit ausschließlich entlang der anatomischen Achsen und von der Spitze der jeweiligen Nadel vermessen wurde, ist es denkbar, dass Kastner vom Mittelpunkt des Wirbelkörpers oder die Strecke entlang der jeweiligen Ausbreitung vermessen hat, was aus seiner Arbeit nicht eindeutig hervorgeht.

Zusätzlich ist mir bekannt, dass Kastner damals einen recht langsamen Einzeiler zur Bildgebung verwendet hat, der einige Minuten brauchte, um nur eine einzige Dosis aufzunehmen. Da dieser Einzeiler aber inzwischen durch eine deutlich schnellere Maschine ersetzt wurde, wäre es auch denkbar, dass seine höheren Werte durch Diffusion oder Einsickerung entstanden sind, einfach weil das KM deutlich mehr Zeit hatte sich aus zu breiten. Die Aufnahmen mit dem neuen Gerät dauerten etwa 2 Minuten pro Dosis und es wurden niemals Pausen während einer Leiche, sondern immer nur dazwischen gemacht. Korrekt betrachtet und in Hinblick auf die klinische Relevanz wären also nicht Kastners Werte zu groß, sondern meine zu klein, einfach weil wir zu schnell waren.

Trotzdem möchte ich bemerken, dass die Werte von Kastner durchaus plausibel und nicht absurd groß sind und dass er auf die 1 mL Werte nicht sein Hauptaugenmerk legte, sondern viel mehr auf die 6 mL und die 11 mL. Hätte er schon von Beginn an vermutet, dass er bei 6 mL die großen Ausdehnungen beobachten wird, hätte er seine Arbeit wohl mit kleineren Volumina gestaltet (und ich hätte mich wohl mit einem anderen Thema beschäftigen müssen).

So unterschiedlich die quantitativen Messungen von Kastner und mir sind, so ähnlich sind die Ausbreitungsmuster:

Bereits bei der Einspritzung von lediglich 1mL Kontrastmittel zeigen sich auch bei mir die bereits von Kastner beschriebenen Ausbreitungsmuster, allerdings sind sie nicht so imposant. Der Grund dafür ist die große longitudinale Konfluenz verbunden mit dem recht geringen vorhandenen Raum. Dadurch bewirkt eine Applikation von je 1mL auf L2 und L4 bei Kastner eine fast schon doppelt so große Ausbreitung als die der von mir applizierten 1mL auf L3. Alle Muster aber kommen in vergleichbarer Häufigkeit vor, wie die Tabelle deutlich zeigt.

Einzig die pericavale Ausbreitung zeigt einen deutlichen Unterschied für den ich keine plausible Erklärung habe, der aber auch ein statistischer Ausreißer sein könnte.

Insgesamt betrachtet kann man aber sagen, dass meine Ergebnisse die Erkenntnisse von Kastner bestätigen, erweitern und, abgesehen von der erwähnten Quantität bei 1 mL, in keinem weiteren Punkt von seinen Beobachtungen abweicht, was ein starkes Indiz für die Signifikanz und Richtigkeit sowohl seiner als auch meiner Ergebnisse ist.

SAYSON ET AL 1997

Eine weitere wichtige Arbeit ist die von Sayson, Samuel; et al 1997: „Incidence of Genitofemoral Nerve Block During Lumbar Sympathetic Block: Comparison of Two Lumbar Injection Sites“. Dabei wurde das Auftreten von Blockaden des N. genitofemoralis im Rahmen von Sympathikusblockaden auf Höhe L2 und L4 an 30 Patientinnen und Patienten untersucht. 40% von ihnen, die einen Block auf Höhe L4 hatten, erhielten dadurch auch eine unbeabsichtigte Blockade des N. genitofemoralis, allerdings niemand auf L2. Das ist umso bemerkenswerter, weil Sayson immerhin 10mL Bupivacain applizierte, also eine Menge, die nach unseren Erkenntnissen durchaus reichen müsste um auf alle Fälle eine Ausbreitung entlang der äußeren Psoasfaszie zu erzeugen und damit auch im Bereich von L3, wo der Nerv den Psoas durchbricht. Warum daher bei 10mL nur 40% Blockaden auftreten wo doch bei uns schon bei 5mL 75% eine Ausbreitung dorthin zeigen, ist eine nicht unwesentliche Frage. Eine Erklärung dafür könnte sein, dass eine optisch nachvollziehbare Ausbreitung in ein Gebiet, wie weiter oben erwähnt, nicht per se auch eine dort auftretende Klinik bedeutet. Das mag an der beim Lebenden dauernd erfolgenden Resorption des Therapeutikums liegen, möglicherweise aber auch an zusätzlichen Zuflüssen zum Nerv, vor allem aber daran, dass die weitaus stärkste Ausbreitung immer longitudinal stattfindet und die Ausbreitung nach lateral weitgehend auf der jeweiligen Wirbelhöhe stattfindet. Demzufolge wären Saysons 40% laterale Ausbreitungen auf L4, die so stark sind, dass sie den Nerv auf seinem Weg nach lateral, vorne, unten, auf dem Psoas liegend, schon erreichen. Unsere 75% Ausbreitungen sind aber jegliche Ausbreitungen auf dem Psoasbauch, egal welchen Ausmaßes, und nicht nur jene, die den Nerv erreichen, was auf unseren Aufnahmen auch gar nicht verifizierbar wäre, da der Nerv im CT als solcher nicht oder nur sehr schwer erkennbar ist. (Sayson et al 1997)

FEIGL ET AL 2014

Relevant ist in diesem Zusammenhang auch die Arbeit "Susceptibility of the genitofemoral and lateral femoral cutaneous nerves to complications from lumbar sympathetic blocks: is there a morphological reason?" von (Feigl et al 2014). In dieser Arbeit untersuchte er über mehrere Jahre hinweg insgesamt 118 Leichen in Thielscher Konservierung und verfolgte von oberflächlich kommend den N. genitofemoralis und den N. cutaneus femoris lateralis, also die beiden Nerven, die im Bereich bei L3 üblicherweise den Plexus lumbalis verlassen und in die Peripherie ziehen. In 87,3% der Seiten fand er einen, der gängigen Lehrmeinung durchaus nicht konkordanten, Verlauf des N. genitofemoralis entlang des medialen Psoasrandes in unmittelbarer Nähe zum Truncus sympathicus. Wenn aber dieser Nerv derart häufig in direkter Nachbarschaft zum Sympathikus zu liegt, warum treten dann nicht Blockaden desselben viel häufiger auf, sondern anscheinend nur halb so oft (obwohl natürlich 40% bei Sayson auch noch viel ist)? Dass er bei einer Blockade auf L2 bei Sayson gar nicht betroffen ist, wirft weitere Fragen auf, ist doch die weitaus stärkste Ausbreitung immer longitudinal und müsste daher den Nerv auch erreichen. Selbst wenn wir annehmen, dass nur die Hälfte der vom Anästhetikum erreichten Nerven auch tatsächlich blockiert wird, müsste es doch unerheblich sein, ob das im Rahmen einer longitudinalen oder lateralen Ausbreitung geschieht.

PENNEKAMP ET AL 2013

Pennekamp et al haben 2013 einen Fall publiziert, der uns auch hier interessiert: „Permanent Lesion of the Lateral Femoral Cutaneous Nerve after Low-Volume Ethanol 96% Application on the Lumbar Sympathetic Chain“. Er beschreibt darin den Fall eines männlichen 30 jährigen, der nach einem Achillessehnenriss, Operation und Tc99-Szintigraphie ein CRPS entwickelt, also ein Schmerzsyndrom, bei dem eine Sympathikusblockade indiziert ist. Er appliziert auf L3 erst 4mL Bupivacain, was zur Schmerzlinderung (und Temperaturanstieg der Haut) führt. Er tut dies, genau wie wir, unter CT-Kontrolle. Nach 5h lässt die Wirkung nach weswegen er 5 Tage später eine Neurolyse mit 2mL 96% Ethanol auf L3 durchführt. Daraufhin ist der Schmerz monatelang gelindert, Komplikationen treten keine auf. Dann aber wächst der Sympathikus nach und der Patient wird erneut neurolysiert. Aus nicht erläuterten Gründen tut Pennekamp dies aber diesmal auf Höhe L4, nicht L3, und verursacht dadurch nicht nur eine vorübergehende Irritation des N. genitofemoralis, sondern auch eine, verzögert auftretende aber dafür permanente Hypästhesie des N. cutaneus femoris lateralis. Der Sympathikusblock war zwar erfolgreich, aber auch 6 Monate danach besteht die Hypästhesie. Um eine Blutung auszuschließen hat Pennekamp aber bereits einen Tag nach der L4-Applikation

ein MR gemacht, auf dem man deutlich sieht, wie sich ein dünner Film Ethanol über einen großen Teil des M. Psoas bis weit in die Peripherie zieht und auch nach kranial bis auf L3 sowie nach kaudal bis auf L5 und den Bereich der Verschmelzung mit dem M. iliacus. (Pennekamp und et al 2013)

Diese Arbeit zeigt anschaulich, dass es sogar beim gleichen Körper einen relevanten Unterschied macht, wo man injiziert. Daraus kann man freilich nicht ableiten, dass eine Injektion auf L4 riskanter wäre als auf L3 oder L2, sehr wohl aber, dass man das Vorgehen eher nicht ändern sollte, wenn man bereits eine suffiziente und komplikationsfreie Höhe gefunden hat. Wissenschaftlich war der Fall natürlich ein Glücksfall, für den Patienten aber eher nicht, auch wenn eine Hypästhesie am rechten Oberschenkel bei weitem nicht die schlimmste Folge einer unkontrollierten Ausbreitung eines Neurolytikums ist. Wenn man aber sein Alter bedenkt (Patient ist so alt wie der Autor) und, dass dieser Fall mit einer simplen Achillessehnenruptur begonnen hatte, dennoch bisher ein eher unglücklicher Ausgang.

FEIGL ET AL 2007

Feigl hat in einer weiteren Arbeit (Comparison of Different Injectate Volumes for Stellate Ganglion Block: An Anatomic and Radiologic Study, 2007) die Ausbreitung verschiedener Volumina im Bereich des Ganglion stellatum untersucht. Dabei zeigte er, dass sich 5mL KM ziemlich lokal und vor allem longitudinal ausbreiten, wohingegen sich 10 mL und 20 mL sehr weit entlang der tiefen Nackenmuskulatur in die Peripherie ausbreiten. Das wiederum entspricht sowohl unseren als auch Kastners Ergebnissen, auch wenn es sich dabei natürlich um eine gänzlich andere Region handelt: Lokale, vor allem longitudinale Ausbreitung bei kleinem, periphere, den Muskeln folgende Ausbreitung bei großem Volumen.

EINSCHRÄNKUNGEN

Relativierend muss darauf hingewiesen werden, dass sich die Ergebnisse rein prinzipiell, nicht ohne weiteres auf den lebenden Organismus übertragen lassen, allerdings nicht so sehr, was die initiale Verteilung, sondern vielmehr was die klinische Folge dieser Verteilung anbelangt, wie auch oben bei den Vergleichen mit den Vorarbeiten schon erwähnt. Zum einen kann man davon ausgehen, dass, durch Pulsation der Gefäße und Muskelspannung, die Ausdehnung beim Lebenden noch stärker ausgeprägt sein könnte, zum anderen bedeutet die hier gemessene Nachweisbarkeit von Kontrastmittel nicht zwangsläufig eine (ausreichende oder relevante) Wirkung von Lokalanästhetikum oder Neurolytikum. Auch andere Effekte, wie etwa eine postulierte und prinzipiell mögliche osmotische Komponente, könnten beim Lebenden zu

anderen Ergebnissen, insbesondere zu einer peripheren Resorption und damit geringerer Ausbreitung, führen. Trotzdem darf man aber hier, wie auch in vielen anderen Bereichen, davon ausgehen, dass die beobachteten anatomischen Gegebenheiten, ein guter und harter Anhalt für die klinischen Gegebenheiten sein werden, wie sie es ja auch in so vielen anderen Bereichen sind. Denn eine Regel bleibt auch weiterhin aufrecht: Ein Mittel kann nur in einem Bereich nutzen oder schaden, den es auch erreicht. Offenbar kann es sehr viele Bereiche erreichen und nur weil es dort nicht immer schadet, heißt das nicht, dass die Ausbreitung dorthin unbedenklich ist.

CONCLUSIO

Es ergeben sich für die Klinik und akademisch daher aus dieser Arbeit mehrere Erkenntnisse:

- 1) Die lumbale Sympathikusblockade ist prinzipiell eine gute Methode und sollte auch weiterhin angewendet werden, weil sie, sofern man die Kanülenspitze korrekt positioniert, das Mittel in konzentrierter Form direkt zum Grenzstrang bringt und weil sich das Mittel auch noch entlang des Grenzstranges ausbreitet und somit weitere Ganglien umspült.
- 2) Es ist besser nur auf L3 zu infiltrieren (Singleshot) als auf L2 und L4 (Doubleshot). Die Ausbreitung ist ohnehin eine ähnliche, denn Kastner (Doubleshot) beschreibt longitudinale Konfluenzen bei praktisch jeder Leiche und unsere Untersuchung zeigt, dass die Längsausbreitung in beide Richtungen die stärkste ist. Daher wäre es wohl sinnvoll dem Patienten die Hälfte der Stiche zu ersparen, besonders wenn man bedenkt, dass solche Blockaden in Serien von mindestens 5 Sitzungen durchgeführt werden. Außerdem geben Vorarbeiten Anlass zur Vermutung, dass eine Applikation auf L4 riskanter scheint als eine höhere, zumindest was den GNF und den LCFN angeht.
- 3) Eine möglichst genaue Positionierung der Kanülenspitze ist essentiell, da jeder Milliliter zusätzlich, nicht nur die Ausbreitung zur Seite hin (durchschnittlich ca. 2 mm pro mL in alle Richtungen) erhöht, sondern auch die Wahrscheinlichkeit von Komplikationen. Diese Erkenntnis ist zwar fast so alt wie die Lokalanästhesie selbst, findet aber auch hier Erwähnung, weil sie ein weiteres Mal Bestätigung gefunden hat.
- 4) Allem Anschein nach ist es nicht möglich im Vorhinein zu erkennen welches Ausbreitungsmuster vorliegen wird. Nur in einem einzigen Fall ergab sich eine Korrelation, nämlich bei der Leiche mit der beidseitigen Ausbreitung ins Foramen intervertebrale, was wiederum auch zu wenig für eine valide Aussage ist.
- 5) Es scheint zwar kein ideales Volumen für die Infiltration zu geben, aber jede Applikation von mehr als 3 mL bringt mit hoher Wahrscheinlichkeit keine Vorteile und nur Risiken.

- 6) Es gibt offenbar eine Regel mäßige anatomische Verbindung zwischen dem paravertebralen Raum und den Faszien des Psoas, vor allem der vorderen bzw. lateralen, der anscheinend bisher noch keine größere Aufmerksamkeit geschenkt wurde.
- 7) Es gibt Grund zur Vermutung, dass es eine prävertebrale Verbindung hinter den großen Gefäßen gibt, die sich aber im Laufe des Lebens verschließen kann.
- 8) Eine zum rechten lumbalen Grenzstrang hin gespritzte Flüssigkeit breitet sich regelmäßig weniger stark aus, als sie das auf der linken Seite tun würde. Eine Erklärung könnte im Zusammenhang mit den Zwerchfellpfeilern stehen, ist aber rein spekulativ.
- 9) Wesentliche Ergebnisse der Arbeit von Kastner konnten bestätigt werden, zum anderen konnten wir aber durch einzelne Unterschiede relevante neue Aspekte zeigen, auch im Vergleich mit anderen Vorarbeiten.
- 10) Ein Morbus Cushing könnte eine mögliche Kontraindikation für eine lumbale Sympathikusblockade darstellen. Die Annahme stützt sich zwar nur auf eine Leiche, ist aber in der Ausprägung beindruckend und pathophysiologisch plausibel.

Diese Arbeit wirft einen Fokus auf viele von Kastners Erkenntnissen, beantwortet manche Fragen, manche nicht, wirft manche neue auf. Auch wenn es manchmal stockte und ich Angst hatte in all den Zahlen zu ertrinken, bin ich doch am Ende wieder oben aufgeschwommen und kann sagen: Es hat mich gefreut meinen Beitrag zu leisten!

ANHANG

LITERATURVERZEICHNIS

- Cunningham's Text-book of Anatomy (1953). 9. Aufl. London: Oxford University Press.
- Beck, H.; Martin E.; Motsch, J.; Am Schulte Esch, J. (2002): Schmerztherapie. 4 Bände: Thieme (4).
- Clara, Max (1942): Das Nervensystem des Menschen. Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag.
- Drenckhahn, Detlev; Zenker, Wolfgang (1994): Benninghoff Anatomie. Makroskopische Anatomie, Embryologie und Histologie des Menschen. Niere, reproduktionsorgane, endokrine Drüsen, Nervensystem, Sinnesorgane, Haut. 15. Aufl. 2 Bände (2).
- Feigl, Georg; et al (2007): Comparison of Different Injectate Volumes for Stellate Ganglion Block: An Anatomic and Radiologic Study. In: *Reg Anesth Pain Med* 2007.
- Feigl, Georg; et al (2014): Susceptibility of the genitofemoral and lateral femoral cutaneous nerves to complications from lumbar sympathetic blocks: is there a morphological reason? In: *British Journal of Anaesthesia*. Online verfügbar unter <http://bj.oxfordjournals.org/>.
- Feigl, Georg; Kastner, Manuel; et al: The lumbar sympathetic trunk: its visibility and distance to two anatomical landmarks. In: *Surg Radiol Anat* (35), S. 99–106.
- Feigl, Georg; Kastner, Manuel; et al (2010): Topography of the lumbar sympathetic trunk in normal lumbar spines and spines with spondylophytes. In: *British Journal of Anaesthesia*.
- Halsted, William S. (1885): Practical Comments on the use and abuse of Cocaine. Suggested by its invariably successful employ. Ment in more than a thousand minor surgical operations. In: *New York Medical Journal*, S. 294–295.
- Haynsworth, Robert (1994): Intralymphatic injection: Another complication of lumbar sympathetic block. In: *Anesthesiology* Februar (80), S. 460–461.
- Jankovic, Danilo (2007): Regionalblockaden & Infiltrationstherapie: Lehrbuch und Atlas. 4. Aufl. Berlin: ABW Wissenschaftsverlag.
- Kastner, Manuel (2011): Lumbale Sympathikusblockade: Quo vadis liquore? Ergebnisse einer morphologischen und radiologischen Studie. Diplomarbeit. Medizinische Universität Graz, Graz. Institut für Anatomie.
- Likar, R. (2012): Sympathicusblockaden. Grundlagen, Techniken, Indikationen, Monitoring. Klagenfurt, 2012.
- Pennekamp, Werner; et al (2013): Permanent Lesion of the Lateral Femoral Cutaneous Nerve after Low-Volume Ethanol 96% Application on the Lumbar Sympathetic Chain. In: *Pain Physician* (16), S. 391–397.
- Pick; Howden (1999): Gray's Anatomy. Philadelphia: Running Press.
- Platzer, W. (1991): Pernkopf Anatomie. Atlas der topographischen und angewandten Anatomie des Menschen. Sonderausgabe 2. Band, Bauch, Becken und untere Extremität. München, Wien, Baltimore: Urban und Schwarzenberg.
- Rauber; Kopsch (1929): Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen. Abtlg. 5 und 6: Nervensystem, Sinnesorgane. 13. Aufl. 4 Bände. Leipzig: Thieme.
- Rauber; Kopsch (1929): Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen. Abtlg. 3: ;Muskeln, Gefäße. 13. Aufl. 4 Bände. Leipzig: Thieme.
- Rauber; Kopsch (1929): Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen. Abtlg. 2: Knochen, Bänder. 13. Aufl. 4 Bände. Leipzig: Thieme.

- Rohen, Johannes; Yokochi, Chihiro; Lütjen-Drecoll, Elke (1998): Anatomie des Menschen. Photographischer Atlas. 4. Aufl. 1 Band. Stuttgart, New York: Schattauer.
- Rohkamm, Reinhard (2009): Taschenatlas Neurologie. 3. Aufl. Stuttgart, New York: Thieme.
- Sayson, Samuel; et al (1997): Incidence of Genitofemoral Nerve Block During Lumbar Sympathetic Block: Comparison of Two Lumbar Injection Sites. In: *Regional Anesthesia* (22(6)), S. 569–574.
- Schmid, M.; Kissling, R., Curt, A. (2006): Sympathetic skin response: Monitoring of CT-guided lumbar sympathetic blocks. In: *Radiology* (241).
- Sieglbauer, F. (1944): Normale Anatomie des Menschen. 6. Aufl. Berlin, Wien: Urban und Schwarzenberg.
- Thiel, Walter (1992): Die Konservierung ganzer Leichen in natürlichen Farben. Wien, Amsterdam: Elsevier.
- Waldeyer A.; Mayet A (1993): Anatomie des Menschen. Allgemeine Anatomie, Rücken, Bauch, Becken, Bein. 16. Aufl. Berlin. New York: de Gruyter (1).
- Waldeyer A.; Mayet A (1993): Anatomie des Menschen. Kopf und Hals, Auge, Ohr, Gehirn, Arm, Brust. 16. Aufl. Berlin. New York: de Gruyter (2).
- Werner Pennekamp; et al (2013): Permanent Lesion of the Lateral Femoral Cutaneous Nerve after Low-Volume Ethanol 96% Application on the Lumbar Sympathetic Chain. In: *Pain Physician* (16), S. 391–397.
- Wülker, Nikolaus (2005): Taschenlehrbuch orthopädie und Unfallchirurgie. Unter Mitarbeit von Kluba, Rehart, Reize, Roetman und Rudert. Stuttgart, New York: Thieme.

ERHOBENE DATEN

Alle Werte, sofern nicht anders angegeben, sind Millimeter

Die Angaben unter „Anmerkungen“ sind orientierend und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die jeweiligen angeführten Tabellen geben alle beobachteten Muster an, wodurch die Vollständigkeit der Daten gewährleistet ist.

LEICHE NR 0125 B20

GUMMILATEXINJEZIERT, WEIBLICH, 57A, 163CM, 64KG

	Links						Rechts						Anmerkungen	
	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	24x14x5 große KM Ansammlung prävertebral, dem Durchstichkanal folgend	
1mL	50	20	3	12,5	14,5	15	86	30	9	9	12	0		Psoas medial links
2mL	50	20	5	13	16	16	86	32	9	9	11	0		
3mL	50	20	10	13	30	16	86	34	9	9	11	0		Psoas lateral rechts
4mL	50	20	10	13	30	16	86	34	10	10	11	0		vollständige Cavaumpspülung
5mL	50	20	10	13	30	16	86	34	10	10	11	0		

LEICHE NR 0126 B22

GUMMILATEXINJEZIERT, MÄNNLICH, 65A, 181CM, 73KG

	Links						Rechts						Anmerkungen	
	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	bilateral ausgeprägte Adamkiewicz, cava mit Gummilatex	
1mL	50	20	17	19	3	18,5	64	15	7,5	19,5	15	10		li Erreichen der Aorta mit der Nadel
2mL	56	20	18	20	3	19	66	15	10	20	26,5	10		Umspülung Aorta und Cava
3mL	56	20	18	20	3	19	74	28	14	22,5	26,5	11		schlechtere Auflösung als vorherige Schnitte
4mL	56	20	18	20	3	19	76	28	14	22,5	26,5	13,5		
5mL	56	20	18	20	3	19	76	28	14	23,5	26,5	14		

LEICHE NR 0127 A161

GUMMILATEXINJEZIERT, WEIBLICH, 88A, 150CM, 52KG

	Links						Rechts						Anmerkungen
	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	Luftblasen an der linken Kanülenspitze
1mL	0	0	0	0	0	0	30	32	17,5	10,5	7,5	0	Li kein Wert, Lage im Diskus
2mL	28	30	16	18	6	0	38	36	21,5	11	11	6	Psoas lateral links
3mL	32	38	16	19	6	0	40	38	21,5	11,5	19,5	6	Prävertebrale KM-Konfluenz, Cavaumsp.
4mL	32	38	16	21	6	0	52	38	21,5	11,5	19,5	6	
5mL	32	38	16	30	7	0	52	38	21,5	11,5	20	6	

LEICHE NR 0128 A191

NATIV, WEIBLICH, 66A, 150CM, 52KG

	Links						Rechts						Anmerkungen
	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	Psoas lateral beidseits bei 1mL Psoas medial links bei 1mL
1mL	40	36	18,5	9,5	14,5	0	30	22	9	6	19	10	Präaortaler KM-Fleck
2mL	40	36	18,5	9,5	16,5	0	30	46	20	6	19	10	
3mL	42	36	18,5	9,5	19	10	30	46	20	6	19	10	Prävertebrale KM-Konfluenz, Cavaumsp.
4mL	42	36	18,5	35	20	10	30	46	20	6	28	10	Vollständige Aortenumspülung
5mL	42	36	18,5	40	21	11	30	46	20	5	29	10	

LEICHE NR 0130 B131

GUMMILATEXINJEZIERT, MÄNNLICH, 82A, 180CM, 74KG

	Links						Rechts						Anmerkungen
	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	
													Linke Nadel steht caudalwärts
24	24	5	5,5	13,5	2	24	12	10	4,5	7,5	0	24	
24	36	10	8,5	14	5	36	12	10	7	11	0	24	Aortenkontakt des KM
26	42	12	10	18	5	40	14	10	11,5	11	0	26	Halbe Cavaumspülung
38	44	14	10	20	5	44	16	13	18	20	0	38	
40	44	14	15	20	5	44	18	15,5	18	20	0	40	

LEICHE NR 0140 D79

GUMMILATEXINJEZIERT, MÄNNLICH, 83A, 170CM, 60KG

	Links						Rechts						Anmerkungen
	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	
													Nicht auswertbar. Links möglicherweise Intravasale Injektion, rechts kein KM, alle Bilder gleich
1mL													
2mL													
3mL													
4mL													
5mL													

LEICHE NR 0141 B58

GUMMILATEXINJEZIERT, WEIBLICH, 62A, 162CM, 61KG

	Links						Rechts						Anmerkungen
	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	
1mL	24	20	11	4	9	7,5	22	16	19	6	3,5	4	Psoas lateral rechts
2mL	34	40	14	5	18	8	36	40	20	8	5	14	Psoas lateral links
3mL	34	42	14	8	20	8,5	50	52	20	9,5	6	18	Prävertebrale KM-Konfluenz
4mL	36	46	14	8,5	20	9,5	50	52	20	12,5	9,5	25	
5mL	38	48	14	8,5	21	9,5	50	54	20	12,5	10,5	25	

LEICHE NR 0142 B16

GUMMILATEXINJEZIERT, MÄNNLICH, 70A, 180CM, 82KG

	Links						Rechts						Anmerkungen
	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	
1mL	24	24	5	11	7	11,5	32	14	13	4	10,5	3	Linke Nadel steil caudalwärts
2mL	42	36	7	14,5	8,5	14	42	20	18	5	13	3	Psoas lateral links
3mL	50	40	7,5	18,5	9	20	42	34	19,5	5,5	14	7,5	Aortenkontakt von rechts (!)
4mL	50	40	9	19,5	9	20	50	34	19,5	8	14	7,5	
5mL	50	40	9	21	9	20	50	34	19,5	9,5	14	7,5	

LEICHE NR 0143 B47

GUMMILATEXINJEZIERT, MÄNNLICH, 93A, 176CM, 73KG

	Links						Rechts						Anmerkungen
	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	Linke Nadel caudaler, großer Osteophyt rechts
1mL	56	24	4	18,5	15,5	22	32	16	5	7	19	5,5	Psoas lateral links
2mL	68	38	4,5	18,5	16,5	22,5	50	30	9	7	21	6	Psoas lateral und medial rechts
3mL	68	38	8,5	19	18,5	25	50	36	9	11	21	13	
4mL	68	38	8,5	21	19	31,5	50	42	9	18	21	21	
5mL	68	38	8,5	21	19	31,5	50	44	9	21	21	22,5	

LEICHE NR 0144 B61

GUMMILATEXINJEZIERT, MÄNNLICH, 82A, 178CM, 89KG

	Links						Rechts						Anmerkungen
	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	
1mL	18	18	7	9	20,5	2	32	24	4	12	13	7	Psoas lateral rechts, Aortenkontakt
2mL	22	24	15	12	21,5	8,5	44	30	18,5	15	15	7,5	
3mL	24	36	25	19	24,5	14,5	46	32	22	16	17	16	Psoas lateral links, halbe Aortenumspülung
4mL	26	38	25	19	29	15	46	32	22	17	17,5	16	Prävertebrale KM-Konfluenz
5mL	30	38	25	19	30	17	46	32	22	17,5	17,5	16	Präaortal/Mesenteriale Konfluenz

LEICHE NR 0145 B08

NATIV, WEIBLICH, 81A, 164CM, 74KG

	Links						Rechts						Anmerkungen
	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	Nierentiefstand rechts
1mL	42	36	10	19	17	28	52	26	17	20,5	10	14	Prävertebrale Konfluenz
2mL	50	40	10	20	21	31	52	26	17	28,5	10	21	
3mL	54	40	10	21	22	37	52	26	17	31	10	23	Präaortaler, mesenterialer Fleck
4mL	54	40	10	29	22	50	52	26	17	32,5	10	24	Vollständige Cavaumspülung
5mL	54	40	10	30	22	52	52	26	17	35	10	24	

LEICHE NR 0147 B15

GUMMILATEXINJEZIERT, MÄNNLICH, 69A, 165CM, 62KG

	Links						Rechts						Anmerkungen
	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	Osteosynthetisch saniert
1mL	54	26	17,5	3	15	14,5	48	20	20	11	8	4	
2mL	54	26	32	3	30	16	48	26	23	16	9	5	Präaortaler KM-Fleck
3mL	54	26	45	4	30	19	48	26	32	16	9	6,5	Retroaortaler Kontakt von rechts (!)
4mL	54	26	45	5	30	21	48	28	32	17,5	9	7	Präartoale KM-Konfluenz
5mL	54	26	45	5	30	24	48	30	32	19	9	8	

LEICHE NR 0148 B17

GUMMILATEXINJEZIERT, WEIBLICH, 94A, 152CM, 48KG

	Links						Rechts						Anmerkungen
	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	Eingeschränkte Aussagekraft da rechts Ausbreitung in der CavaWand, Sehr großer Osteophyt im li Psoas
1mL	44	14	11,5	24,5	8	21							Psoas lateral links
2mL	48	18	11,5	35,5	18	25							
3mL	48	20	11,5	37	19	31,5							
4mL	48	22	11,5	37	20	31,5							
5mL	48	24	11,5	37	20	35							Kontakt zur Nierenkapsel hinten links

LEICHE NR 0149 B33

GUMMILATEXINJEZIERT, WEIBLICH, 84A, 161CM, 64KG

	Links						Rechts						Anmerkungen
	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	Aortenaneurysma bis 45mm Durchmesser
1mL	44	28	3	4	8	13,5	24	26	6,5	9,5	13	2,5	Psoas letaral u. medial links
2mL	46	30	4	7	8	18	46	26	14	15,5	14	12,5	Psoas lateral rechts, volle Aortenumsp.
3mL	46	32	22	16,5	15,5	19	46	26	18	19	19	17	
4mL	46	38	25	16,5	15,5	20	46	26	24,5	19,5	21	17	
5mL	46	38	27	16,5	23	20	46	26	25,5	19	21	17	

LEICHE NR 0150 B46

GUMMILATEXINJEZIERT, WEIBLICH, 66A, 162CM, 58KG

	Links						Rechts						Anmerkungen
	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	
1mL	36	22	20,5	12,5	17,5	0	42	12	11,5	8,5	18	12	Psoas lat li, Psoas medial und intra rechts
2mL	40	32	23,5	17	18	0	42	16	11,5	10	23	17	Retroaortale Ausbreitung
3mL	42	34	23,5	22	18,5	8	42	26	12	11	24	20,5	
4mL	42	36	26	22	19	8	42	28	12	15	24	20,5	Re zum Foramen intervertebrale
5mL	42	36	28	22	19	9	42	32	13	15	25	20,5	

LEICHE NR 0153 B185

NATIV, WEIBLICH, 67A, 163CM, 58KG

	Links						Rechts						Anmerkungen
	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	
													Linke Nadel steiler nach cranial, Körperform an Mb Cushing erinnernd
1mL	44	8	20	15,5			22	50	16	22			Psoas medial bds, rechts auch lateral
2mL	56	42	33	14	17	20	24	62	18	24,5	10	19,5	Psoas links lateral
3mL	56	42	33	19	25	20	25	62	19,5	25	14	22,5	Bds ab 1mL bis ins Foramen intervertebrale
4mL	56	42	36,5	19	25	20	25	62	19,5	25,5	18	24,5	Halbe Cavaumspülung
5mL	56	42	36,5	20	30	23	25	62	19,5	26,5	20	26	

LEICHE NR 0154 B179

GUMMILATEXINJEZIERT, WEIBLICH, 61A, 164CM, 53KG

	Links						Rechts						Anmerkungen
	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	Große Adamkiewicz und großer Osteophyt rechts
1mL	14	14	4	5,5	4,5	4	24	22	15	8	8	7,5	
2mL	24	18	8	8,5	14,5	9	28	24	17	10	9,5	7,5	Psoas lateral links
3mL	30	20	8	11	14,5	9	28	28	17,5	10,5	9,5	10,5	
4mL	36	26	18	13	25	9	28	30	17,5	11	11,5	10,5	Präaortales KM-Konvolut
5mL	40	26	26	15	25,5	9	28	30	17,5	11	18	10,5	

LEICHE NR 0155 B197

NATIV, MÄNNLICH, 60A, 181CM, 87KG

	Links						Rechts						Anmerkungen
	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	infrarenal rechts liegender Draht oder Katheter unbekannter Funktion
1mL	40	30	11,5	23	6,5	13	48	28	13,7	22	13,5	15,5	Psoas lateral beidseits
2mL	40	46	13	32,5	15	18	48	32	16	28,5	16,5	25,5	Links intrapsoatisch
3mL	40	46	13,5	34,5	20	26,5	48	40	16,5	31	19	28	Halbe Cavaumspülung
4mL	40	46	13,5	34,5	20	38,5	48	40	17,5	31	20	32,5	
5mL	40	46	14	35	22	38,5	48	40	18	32	20	32,5	

LEICHE NR 0157 B198

NATIV, MÄNNLICH, 72A, 173CM, 64KG

	Links						Rechts						Anmerkungen
	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	
1mL	22	34	7,5	8	15	8	10	30	6	11	10	3	Linke Nadel steil cranial, Multiple kleinste graniforme Verdichtungen in der Rückenmuskulatur
2mL	22	34	10,5	13	18	8	32	50	6	11,5	24	3	Psoas lateral beidseits
3mL	24	34	10,5	15,5	18	8,5	32	50	6,5	22	26	3	
4mL	24	34	12	16,5	19	13,5	32	54	6,5	25	29	3	
5mL	24	34	14	17,5	19,5	17	32	60	7	37,5	30	3	

AUFTRETEN DER AUSBREITUNGSMUSTER BEI ERHÖHUNG DES VOLUMENS

	<u>Links</u>					<u>Rechts</u>				
	1 mL	2 mL	3 mL	4 mL	5 mL	1 mL	2 mL	3 mL	4 mL	5 mL
KM an der lateralen Psoasfaszie	10	14	15	15	15	8	11	12	13	13
KM an der medialen Psoasfaszie	4	4	4	4	4	2	3	3	3	3
Intrapsoatisches KM	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Prävertebrale Konfluenz	1	3	3	3	3	1	3	3	3	3
Mesenteriales KM	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0
KM an der Nierenkapsel	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
KM im Nierenhilus	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1
Aortenberührung	1	5	7	9	9	0	0	2	2	2
Berührung der V. Cava	0	0	0	0	0	0	1	5	7	7
KM im Foramen intervertebrale	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2

TABELLE 3: AUFTRETEN DER AUSBREITUNGSMUSTER BEI ERHÖHUNG DES VOLUMENS

MITTELWERTE DER QUANTITATIVEN MESSUNG IN MM

	<u>Links</u>						<u>Rechts</u>					
	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior	Caudal	Cranial	Medial	Lateral	Anterior	Posterior
1 mL	34,78	22,11	9,78	11,33	10,50	10,03	36,59	21,94	11,09	10,61	10,42	5,44
2 mL	41,33	31,44	14,08	14,97	15,53	13,22	41,56	29,06	14,36	12,92	13,81	9,31
3 mL	43,11	33,67	17,03	17,58	18,36	16,47	43,28	33,22	15,78	14,89	15,31	11,81
4 mL	44,33	35,00	18,50	19,97	19,53	18,75	44,72	34,22	16,12	16,69	17,19	13,22
5 mL	45,00	35,22	19,17	21,42	20,61	19,81	44,72	35,22	16,72	17,97	17,92	13,47

TABELLE 4: MITTELWERTE DER QUANTITATIVEN MESSUNG IN MM