Rückenmarksnahe Verfahren

Lukas Kirchmair

ANÄSTHESIE FORUM

ALPBACH

REPETITORIUM

Physiologische und Pharmakologische Grundlagen

Fasertyp	Myelin	µm	m/s	Empf.	Funktion
Aα	+++	12-20	60-120	+	Motorik Proprioz.
Aβ	++	5-12	30-70	++	Berührung
Aγ	+	3-6	15-30	++	Tonus
Aδ	+	1-4	12-25	+++	Schmerz/T
B	(+)	<3	3-15	++++	Symp.
C	-	<1	0,5-2,0	++++	Schmerz/T u.w.

Wirkmechanismus

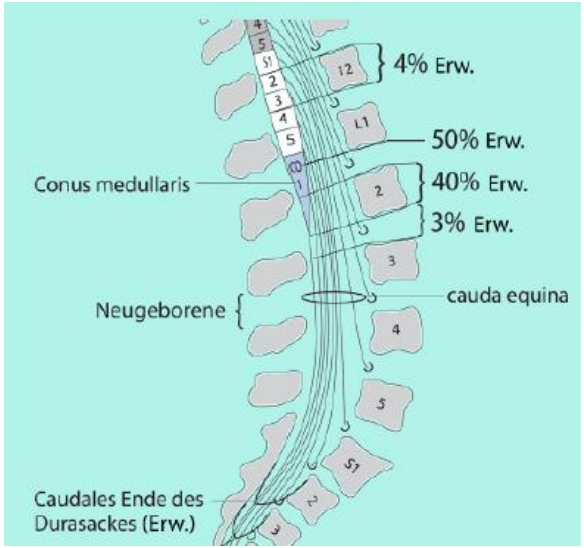
- Injektion in den Subarachnoidalraum
- Ausbreitung im Liquor
- Diffusion in neurales Gewebe
  - Spinalnervenwurzeln (vorwiegender Wirkort)
  - Ganglion spinale
  - Rückenmark

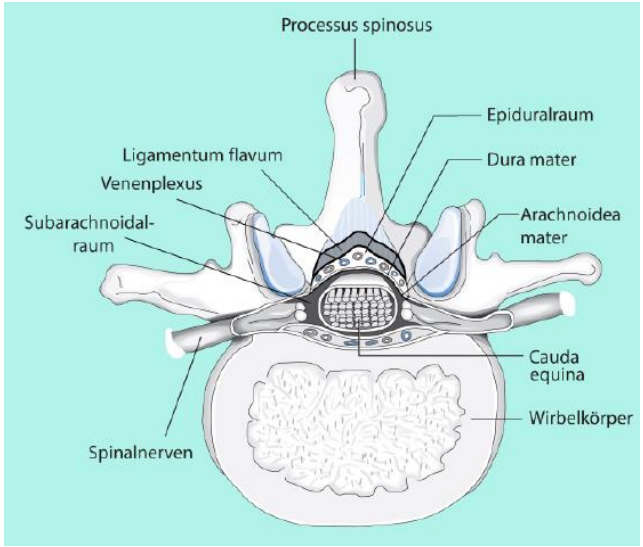
Bridenbaugh P, et al. Spinal (Subarachnoid) Neural Blockade.
In: Cousins MJ, Bridenbaugh P. Neural Blockade in Clinical Anesthesia and Management of Pain. 3rd edition, 1998. Lippincott-Raven

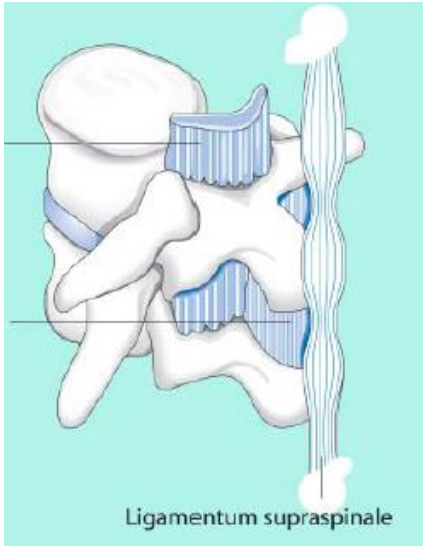
ANÄSTHESIE FORUM
ALPBACH
REPETITORIUM

Spinalanästhesie: Grundlagen

Anatomie







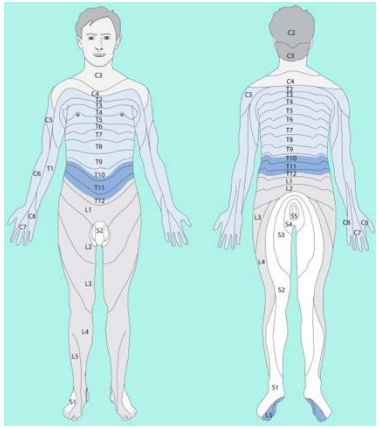
Gerheuser, F., & Crass, D. (2005). [Spinal anaesthesia]. *Der Anaesthesist*, *54*(12), 1245–67.

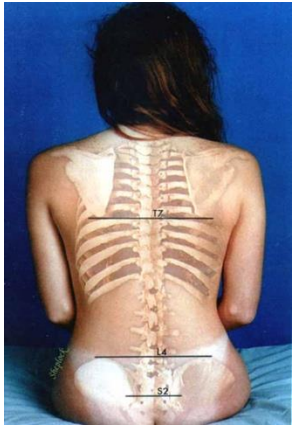
Anatomie der WS

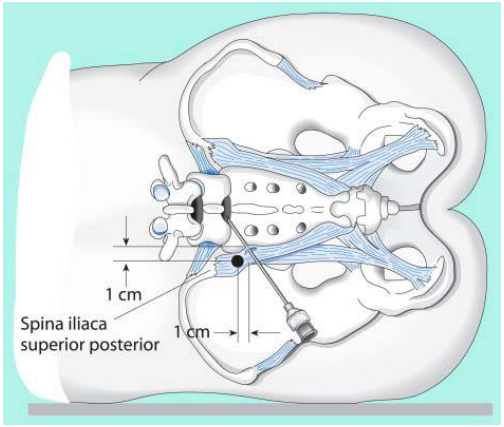
- Haut
- Lig. supraspinale
- Lig. interspinale
- Lig. flavum
- Dura mater
- Subduralraum
- Arachnoidea
- Subarachnoidalraum

ANÄSTHESIE FORUM
ALPBACH
REPETITORIUM

Anatomie







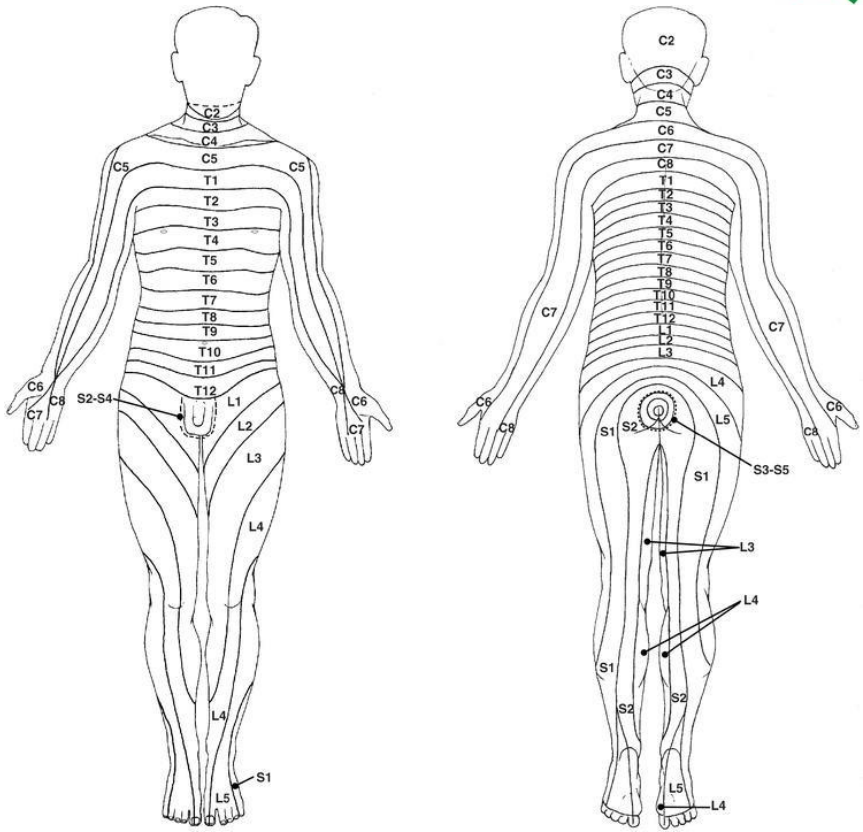
Memo:

Wichtige Orientierungspunkte S1, L3-L4, Th10, Th 7, Th 5

Zugänge: Median, paramedian, Taylor

Differentialblock

- Sympathischer Block (2 Segmente höher)
- Sensorischer Block (2 Segmente höher)
- Motorischer Block

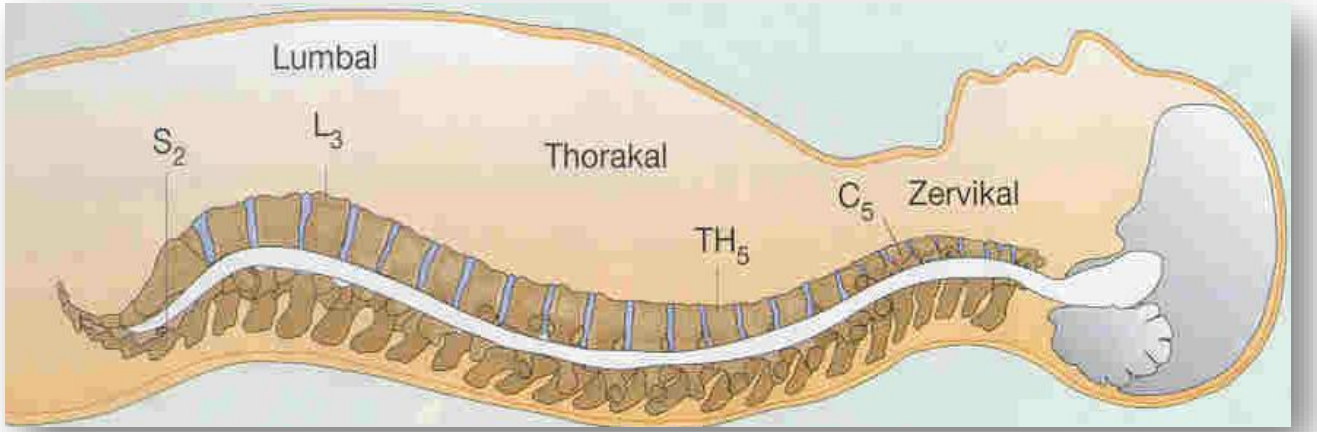


Mendoza J.E. (2011) Dermatome. In: Kreutzer J.S., DeLuca J., Caplan B. (eds) Encyclopedia of Clinical Neuropsychology. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-0-387-79948-3_725

Lokalanästhetika

- Chloroprocain
- Prilocain 2% hyperbar
- Bupivacain 0,5% isobar/ hyperbar
- Ropivacain 0,5% isobar
- Mepivacain 4% hyperbar

Ausdehnung Spinalanästhesie



Memo:

Ausdehnung abhängig von **Barizität**, Dosis, Lagerung, Liquormenge, Alter, WS-Anatomie, Adipositas, intraabd. Druck

Barizität

- Verhältnis der Dichten von LA und CSF bei 37°C (Dichte ≠ spez. Gewicht)
- Isobar/ hyperbar (temperaturabhängig)
- hyperbar: Zusatz von Glucose 5% (80mg/ml)
- Liquordichte variabel

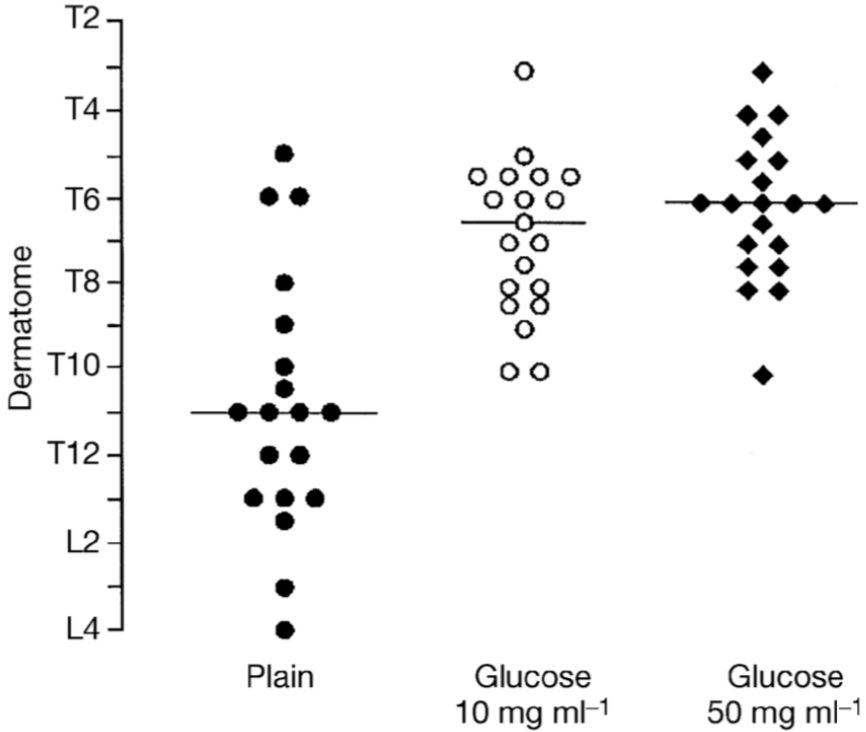
Liquordichte

- Die Liquordichte ist normalverteilt
- vergleichbare Dichtewerte bei Männern und postmenopausalen Frauen
- Schwangere am Termin weisen die geringste Liquordichte auf

Hyperbar vs. Isobar ?

- Hyperbar:
  - Behält bei 37°C hyperbare Eigenschaft (Zusatz von Glukose 80mg/ml)
  - Bimodale Ausbreitung (kranial/ kaudal)
  - Ausdehnung in die Brustkyphose
  - Schnellere Anschlagszeit, kürzere Wirkdauer
- Isobar:
  - Bei Körpertemp. isobar bis hypobar
  - erhebliche Streubreite
  - längere Wirkdauer (höhere Konz. um die Injektionsstelle)

15mg Ropivacain in 3ml



Whiteside JB, et al. (2001). Spinal anaesthesia with ropivacaine 5 mg ml(-1) in glucose 10 mg ml(-1) or 50 mg ml(-1). *British Journal of Anaesthesia*, *86*(2), 241–244.

Zusätze

- Opioide:
  - Fentanyl (spinale Wirkung)
  - Sufentanil (spinale und supraspinale Wirkung)
  - Hydromorphon

  - Morphin (prolongierte Zirkulation im Liquor, Atemdepression bis 24 Stunden)
  - Dosen unter 400µg relativ sicher

- NW aller Opioide: Pruritus, Harnverhalt

Zusätze

- Alpha-Agonisten:
  - Clonidin, Dexmedetomidin (Verkürzung der Anschlagzeit, Verlängerung der Blockade, Bradykardie, Hypotension)
- Adrenalin, Neostigmin (spielen keine Rolle mehr)

ANÄSTHESIE FORUM
ALPBACH
REPETITORIUM

Spinalanästhesie und Organfunktionen

Spinalanästhesie und Organfunktionen

- Kreislauf
  - HZV/ SV↓, SVR↓, dadurch BD↓, HF↑↓↔,
  - abh. von der Höhe der Blockade
  - kompensatorische Gegenregulation oberhalb der Blockade
- Respiratorisches System
  - Vt konstant (Zwerchfell)
  - Abnahme der Vc (Abnahme des ERV)
- ZNS:
  - Sedierung, verminderter afferenter Input in die Formatio reticularis

Spinalanästhesie und Organfunktionen

- GI-Trakt:
  - symp. Fasern T6-L1
  - gesteigerte Peristaltik
  - hepatischer Blutfluss reduziert (BD↓)
- Niere
  - RBF bleibt konstant
  - Harnverhalt
- endokrines System
  - Verminderung des „neuroendocrine stress response“

Bradykardie und Asystolie

- Bradykardien in bis zu 13%
- multifaktoriell:
  - verminderter venöser Rückstrom
  - Sympathikusblockade
  - erhöhter Vagotonus
  - „reverse bainbridge reflex“ (rechtsatriale Druckrezeptoren)
- Atropin bei einsetzender Bradykardie
- Volumengabe
- Adrenalin

Bradykardie und Asystolie

- Asystolie in 6,4 : 10 000
- V.a. bei jungen und gesunden Pat. (ASA I)
- Vorbestehende Vagotonie/ Bradykardie <60/min
- Blockadehöhe >Th5
- Therapie mit Beta-Blocker

Cave: Bis zu 1 Stunde nach Anlage beschrieben

ANÄSTHESIE FORUM
ALPBACH
REPETITORIUM

Spinalanästhesie beim geriatrischen Patienten

ANÄSTHESIE FORUM ALPBACH REPETITORIUM

Physiologie

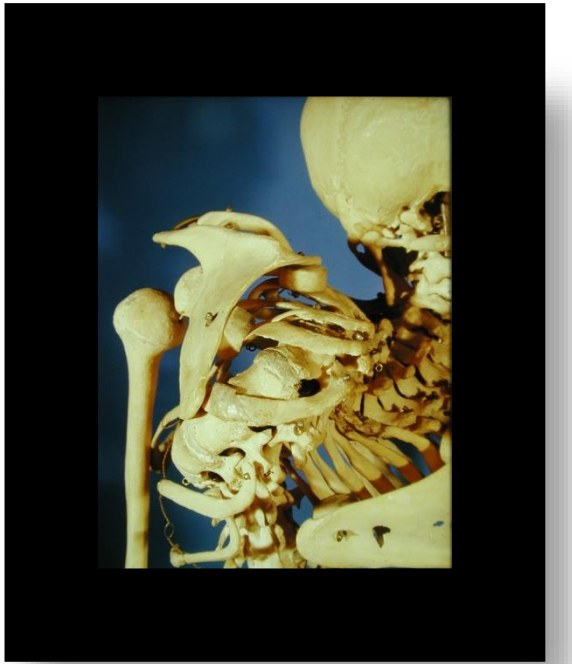
- Vermindertes Plasmavolumen
- Herabgesetzte myokardiale Kontraktilität
- Abschwächung autonomer Reflexe

- Begleiterkrankungen
- Medikamente (beta-Blocker etc.)

Pharmakodynamik beim alten Patienten

- Höhere Niveaus werden erreicht
- Interindividuelle Unterschiede
- Ausgeprägtere BD-Abfälle

- Erhöhte Empfindlichkeit auf LA



Paqueron X et al. (2002) Brachial plexus nerve block exhibits prolonged duration in the elderly. *Anesthesiology*, *97*(5), 1245–1249.

Wong C. (2007) Spinal and Epidural Anesthesia. McGraw Hill.

Dosis und Alter

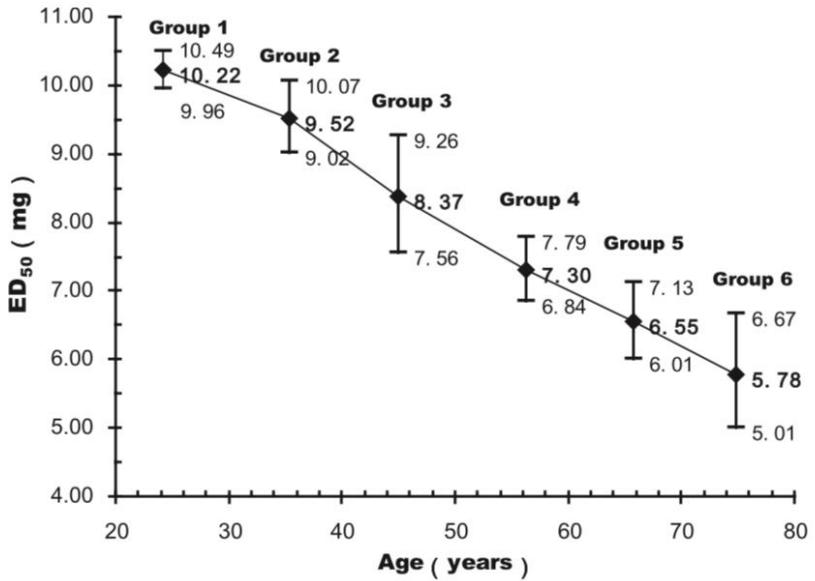


Figure 2. Median effective dose (ED_{50}; 95% confidence interval) for motor blockade of intrathecal bupivacaine for each of the 6 age groups, from 20 to 30 years to 71 to 80 years.

Chen M et al. (2014) The effect of age on the median effective dose (ED50) of intrathecally administered plain bupivacaine for motor block. *Anesthesia and Analgesia*, *118*(4), 863–868.

ANÄSTHESIE FORUM
ALPBACH
REPETITORIUM

Periduralanästhesie

Epiduralraum

- diskontinuierlich
- anterior/ lateral und posterior der Dura mater
- Spinalnerven, Fett-/ Bindegewebe, Lymphbahnen, epiduraler Venenplexus
- Venenplexus kommuniziert mit Azygos-System
- ap-Ausdehnung lumbal>thorakal>cervikal

Epiduralraum

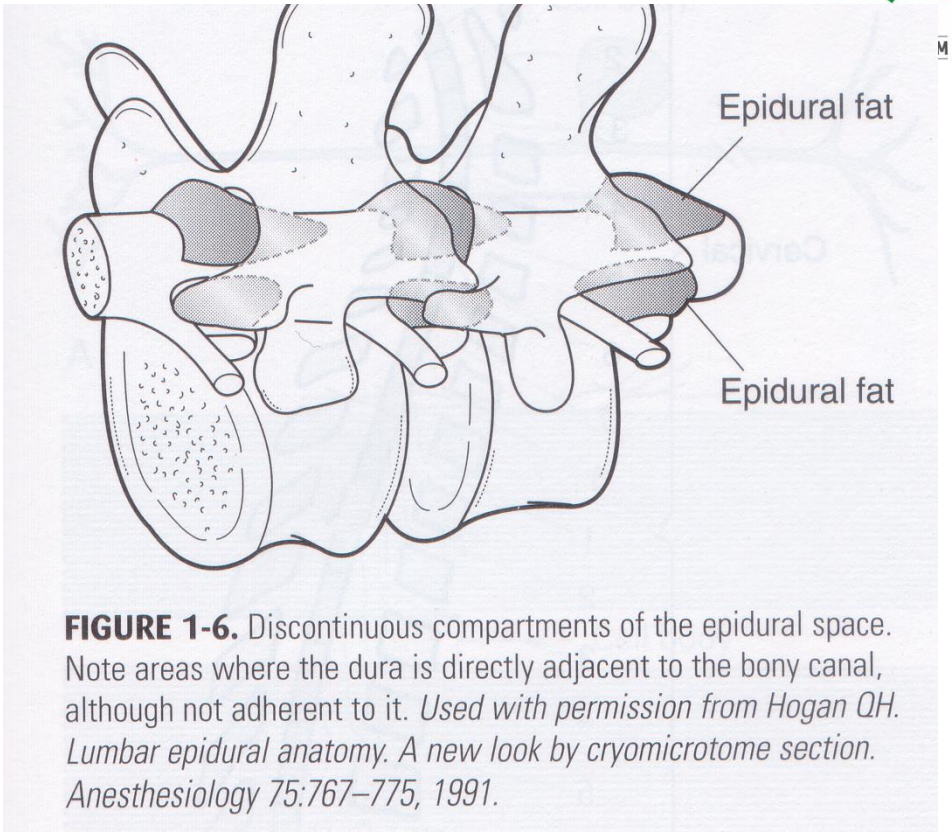
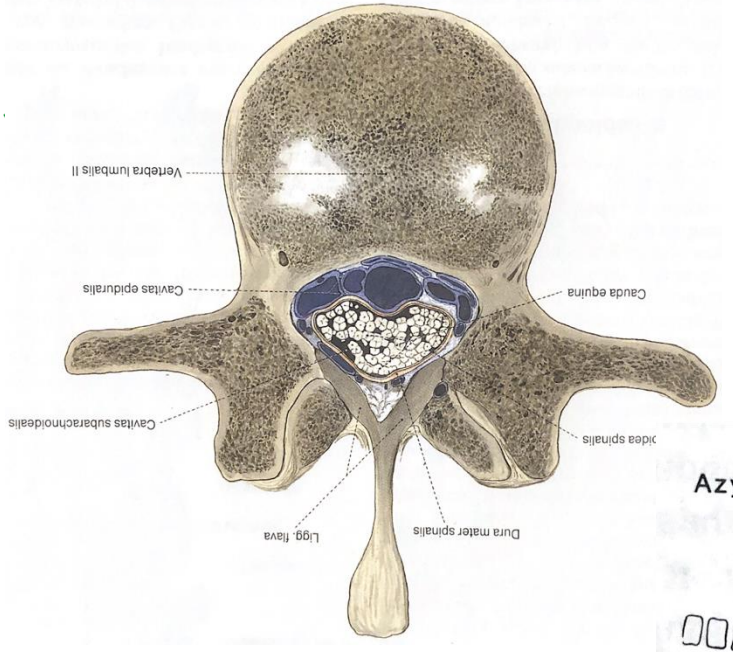


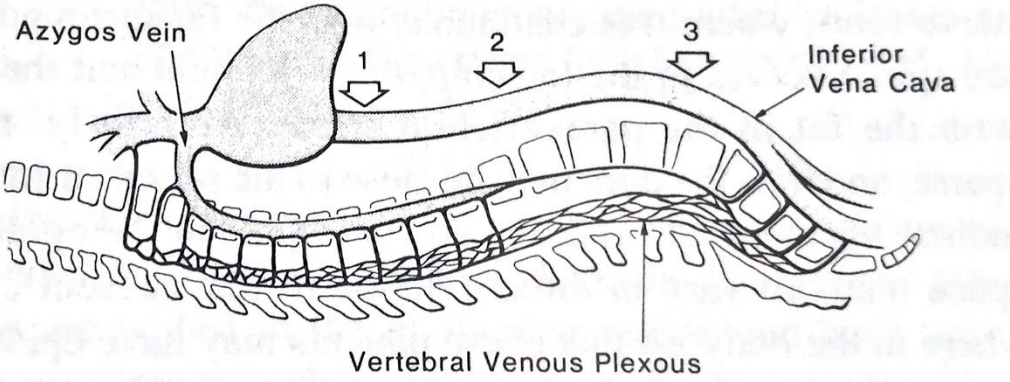
FIGURE 1-6. Discontinuous compartments of the epidural space. Note areas where the dura is directly adjacent to the bony canal, although not adherent to it. *Used with permission from Hogan QH. Lumbar epidural anatomy. A new look by cryomicrotome section. Anesthesiology 75:767–775, 1991.*

Lirk P, Hogan Q: Spinal & Epidural Anatomy.

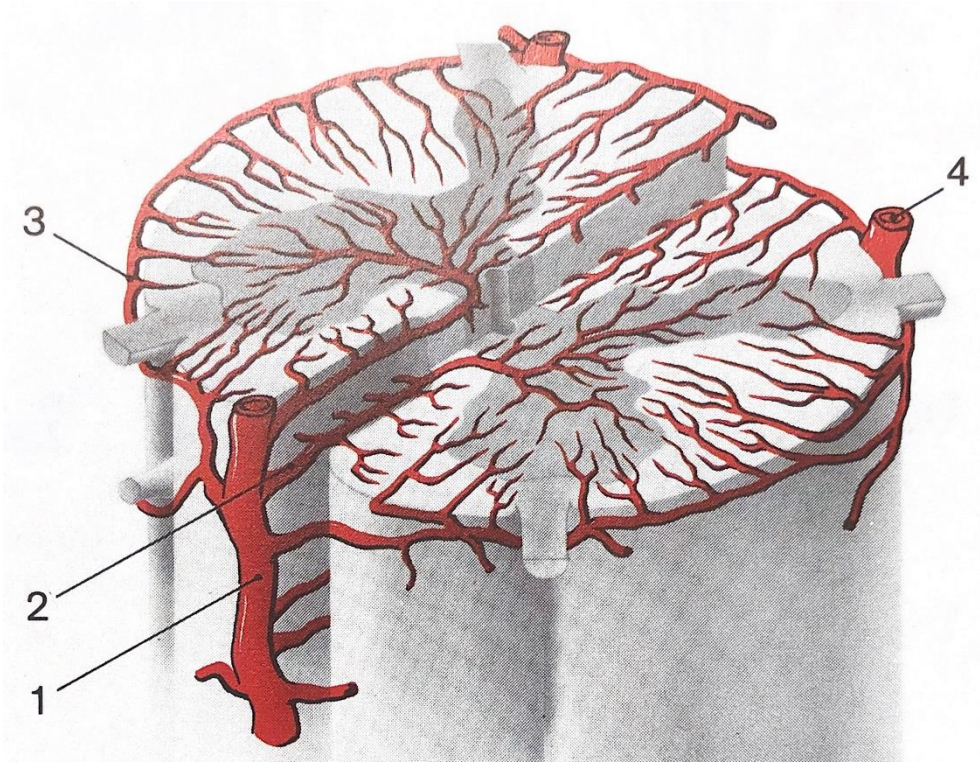
In Wong CA: Spinal & Epidural Anesthesia. McGraw Hill, 2007.

Rauber/Kopsch: Anatomie des Menschen Band III. Thieme Verlag 1987



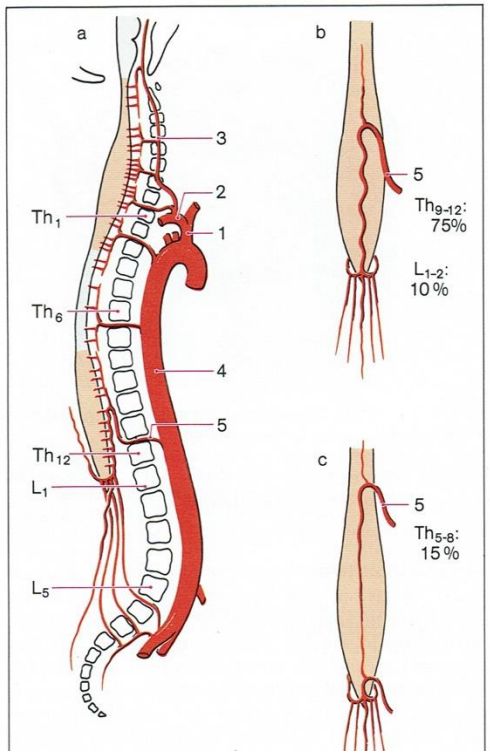


Cousins M, Veering BT. Epidural Neural Blockade.
In: Cousins MJ, Bridenbaugh P. Neural Blockade in Clinical Anesthesia and Management of Pain. 3rd edition, 1998. Lippincott-Raven



A. spinalis anterior

Rauber/Kopsch: Anatomie des Menschen Band III. Thieme Verlag 1987



Arterielle Gefäßversorgung des Rückenmarks

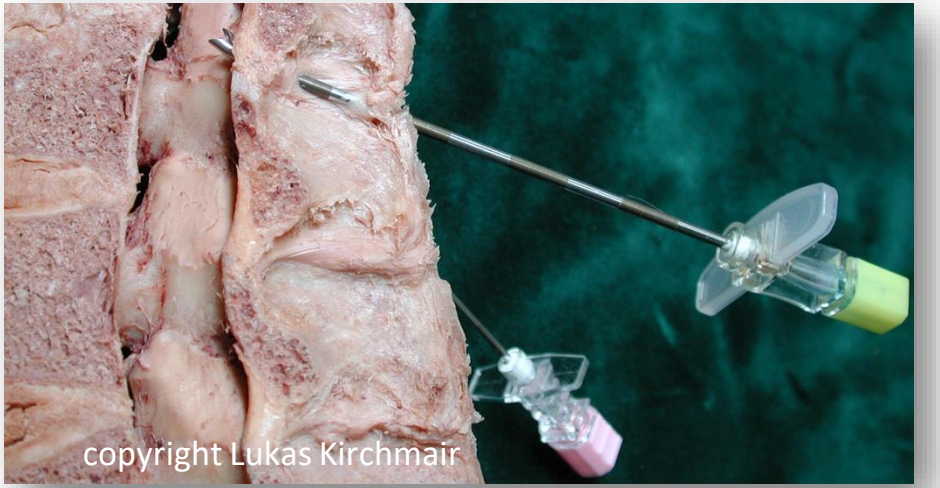
Arterielle Versorgungsgebiete:

- oberes Halsterritorium C1-TH2
- mittleres Brustterritorium TH3-TH8
- unteres Lenden- und Sakralterritorium ab TH9

1 Truncus brachiocephalicus
2 A. subclavia dextra
3 Aa. vertebrales
4 Pars thoracica aortae
5 A. radicularis magna

Rauber/Kopsch: Anatomie des Menschen Band III.Thieme Verlag 1987

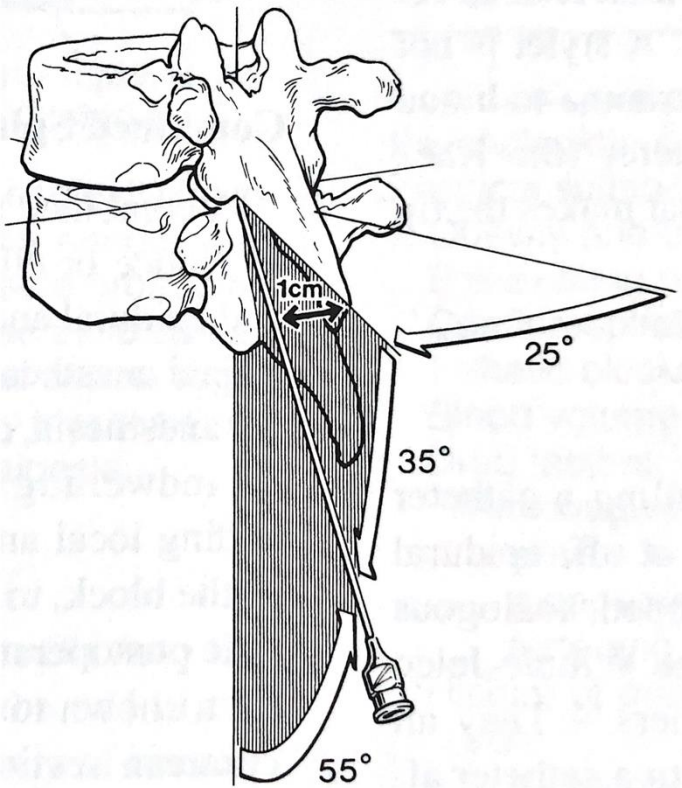
Technik



Ausdehnung Epiduralraum:
zervikal: 1-2mm
thorakal: 3 mm
lumbal: 5-6 mm

LOR: loss of resistance mit NaCl (lumbal, thorakal)
hängender Tropfen (zervikal, thorakal)

Lateraler Zugang



Cousins M, Veering BT. Epidural Neural Blockade.
In: Cousins MJ, Bridenbaugh P. Neural Blockade in Clinical Anesthesia and Management of Pain. 3rd edition, 1998. Lippincott-Raven

Ligamentum flavum

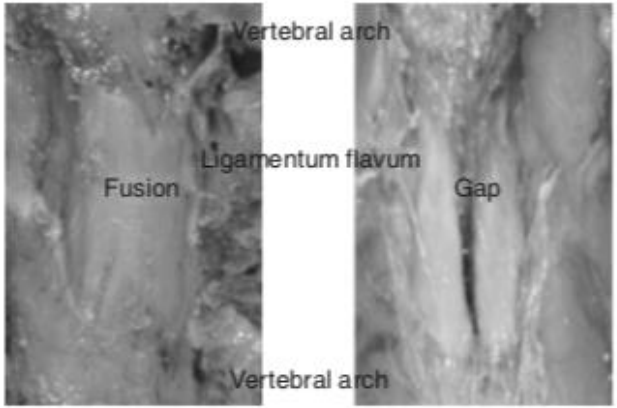


Fig 1 Variations in lower thoracic ligamentum flavum morphology. Left, complete fusion; right, gap throughout entire height.

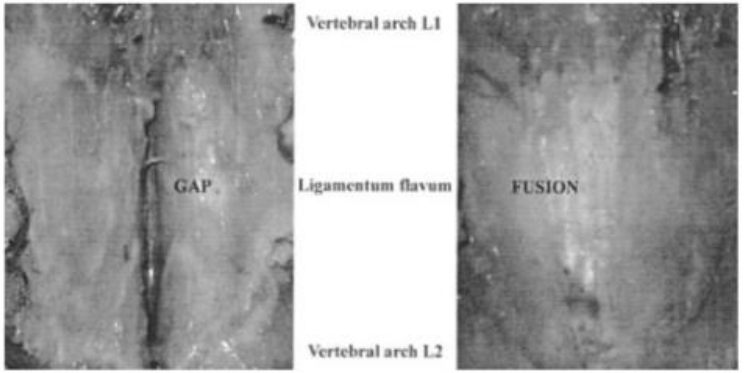
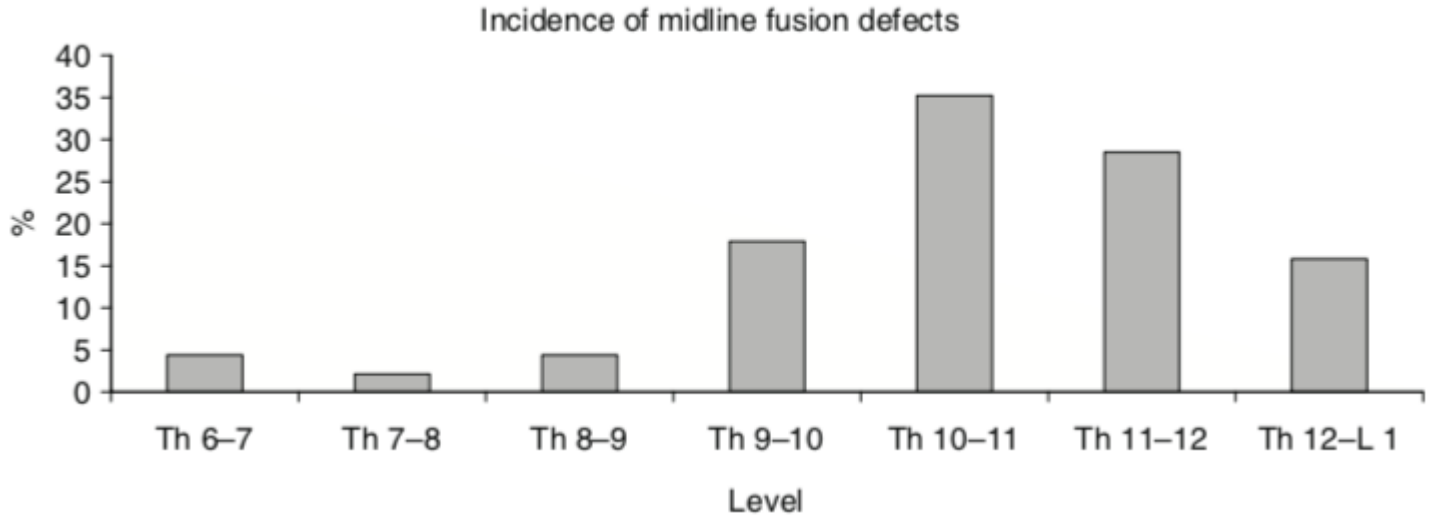


Figure 1. Variations in ligamentum flavum morphology. Right = complete fusion; Left = gap throughout entire height.

Ligamentum flavum

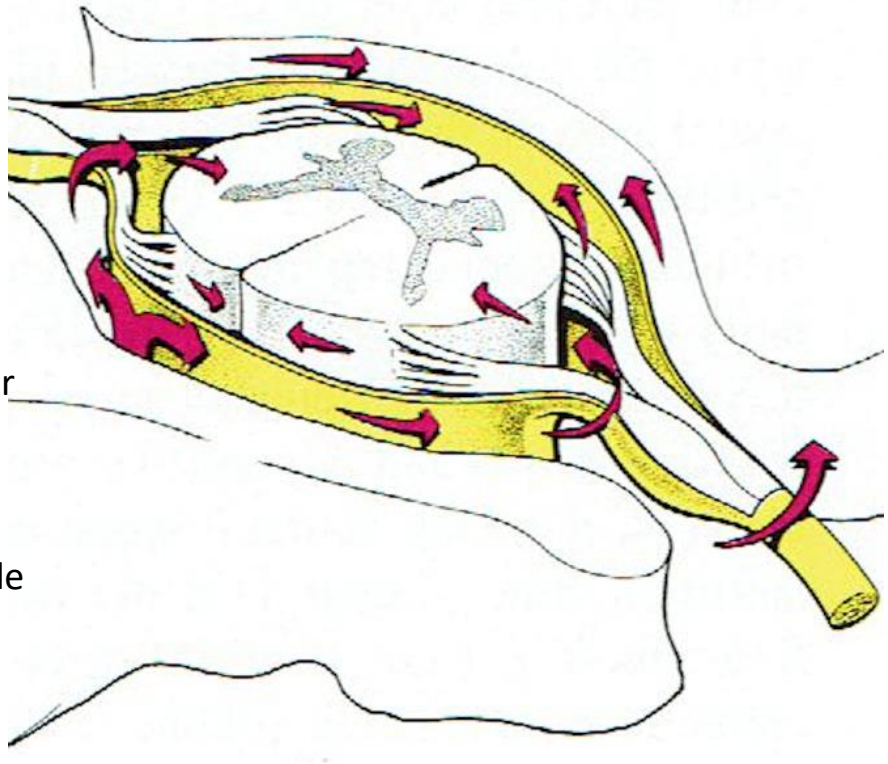


Lirk P, et al. (2005) Incidence of lower thoracic ligamentum flavum midline gaps. *British Journal of Anaesthesia*, *94*(6), 852–855.

Wirkmechanismus

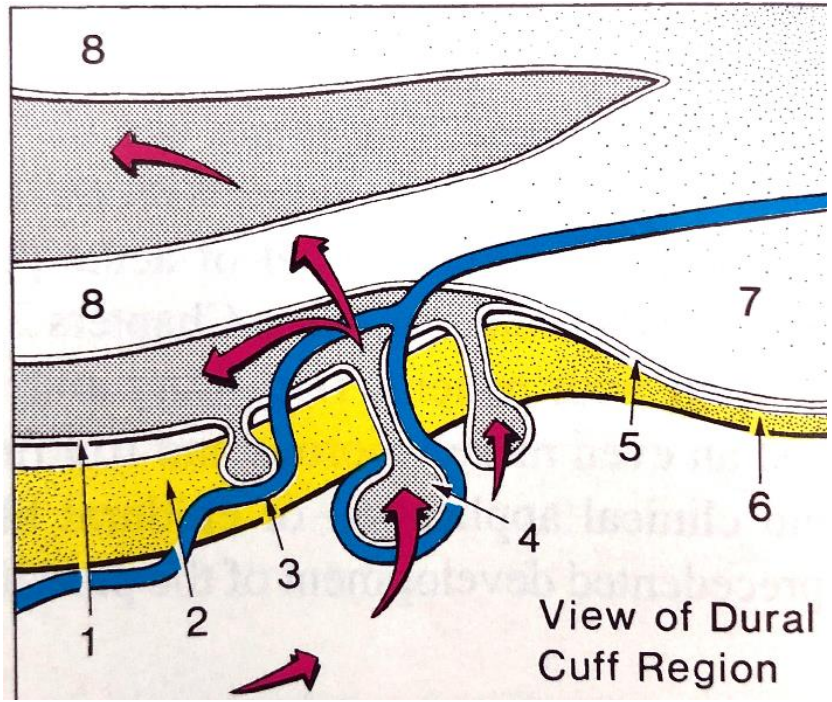
- Spinalnervenwurzeln
- Spinalganglien
- Diffusion durch Dura mater, Verteilung im Liquor
- Diffusion epiduraler Opioide

- segmentale/ begrenzte Ausbreitung der Blockade



Cousins M, Veering BT. Epidural Neural Blockade.
In: Cousins MJ, Bridenbaugh P. Neural Blockade in Clinical Anesthesia and Management of Pain. 3rd edition, 1998. Lippincott-Raven

Wirkmechanismus



Cousins M, Veering BT. Epidural Neural Blockade.
In: Cousins MJ, Bridenbaugh P. Neural Blockade in Clinical Anesthesia and Management of Pain. 3rd edition, 1998. Lippincott-Raven

Punktionsort

Eingriff	Punktionshöhe
Thorakotomie	Th 7
Oberbaucheingriff (Magen, Pankreas)	Th 8-9
Aortenchirurgie	Th 10-12
Gynäkologische/ Urologische Eingriffe	Th 10-12
Sonstige Laparotomien	Th 10
Untere Extremität (Becken etc.)	L2-L3
Geburtshilfe	Empfehlung kaudal L2

ANÄSTHESIE FORUM
ALPBACH
REPETITORIUM

Physiologische Effekte

thorakale PDA und Organfunktionen

- Herz/Kreislauf:
  - syst. und diastol. RR-Abfall durch Vasodilatation (RAAS)
  - Vasodilatation in blockierten Arealen kompensiert durch Vasokonstriktion in nicht blockierten Arealen
  - Abschwächung des Barorezeptor-Reflexes

thorakale PDA und Organfunktionen

- Herz/ Kreislauf
  - entscheidend ist die Blockade T1-T4⬆
  - Reverse Bainbridge-Reflex (Bradykardie, RR↓)
  - Effekte auf HF unterschiedlich
  - Wenig bis kein Einfluss auf diastol. Funktion (negativer Effekt bei diastolischer Dysfunktion?)⬇

Wink J et al. (2019) Effects of Thoracic Epidural Anesthesia on Neuronal Cardiac Regulation and Cardiac Function. *Anesthesiology*, *130*(3), 472–491.

thorakale PDA und Organfunktionen

- Herz/Kreislauf:
  - Negativ inotroper Effekt (LV & RV)
  - CO ↔ (Nachlastsenkung durch Vasodilatation)
  - verbesserter koronarer BF
  - Senkung des myokardialen O2 Verbrauchs

  - Klinischer Effekt??⬇

Wink J et al. (2019) Effects of Thoracic Epidural Anesthesia on Neuronal Cardiac Regulation and Cardiac Function. *Anesthesiology*, *130*(3), 472–491.

thorakale PDA und Organfunktionen

- Herz/Kreislauf:
  - Effekte sind ausgeprägter unter gesteigertem Sympathikotonus/ Stress
  - verminderte kardiale Reserve (RV & LV)
  - Abfall des CO bei Nachlasterhöhung!

Wink J et al. (2019) Effects of Thoracic Epidural Anesthesia on Neuronal Cardiac Regulation and Cardiac Function. *Anesthesiology*, *130*(3), 472–491.

thorakale PDA und Organfunktionen

- Respiratorisches System
  - VC, TLC, IRV, ERV, FRC↓
  - AMV↓
  - FEV1, FVC↓
  - Keine neg. Auswirkungen bei COPD/ Asthma
  - positive Effekte bei Adipositas

Die Veränderungen sind z.T. nur minimal und abhängig vom Ausmaß der Blockade.

thorakale PDA und Organfunktionen

- Gastrointestinaltrakt:
  - Blockade der Nn. splanchnici T5-T12
  - mesenteriale Venodilatation
  - intestinaler BF↑ (Pankreas)
  - Peristaltik/ Sekretion↑
  - Relaxierung der Sphinkteren
  - keine Beeinträchtigung der Anastomosenheilung

thorakale PDA und Organfunktionen

- Niere:
  - Kein Effekt auf RBF
  - Harnretention v.a. bei lumbaler PDA
- Gerinnung:
  - Weniger thrombembolische Ereignisse

ANÄSTHESIE FORUM
ALPBACH
REPETITORIUM

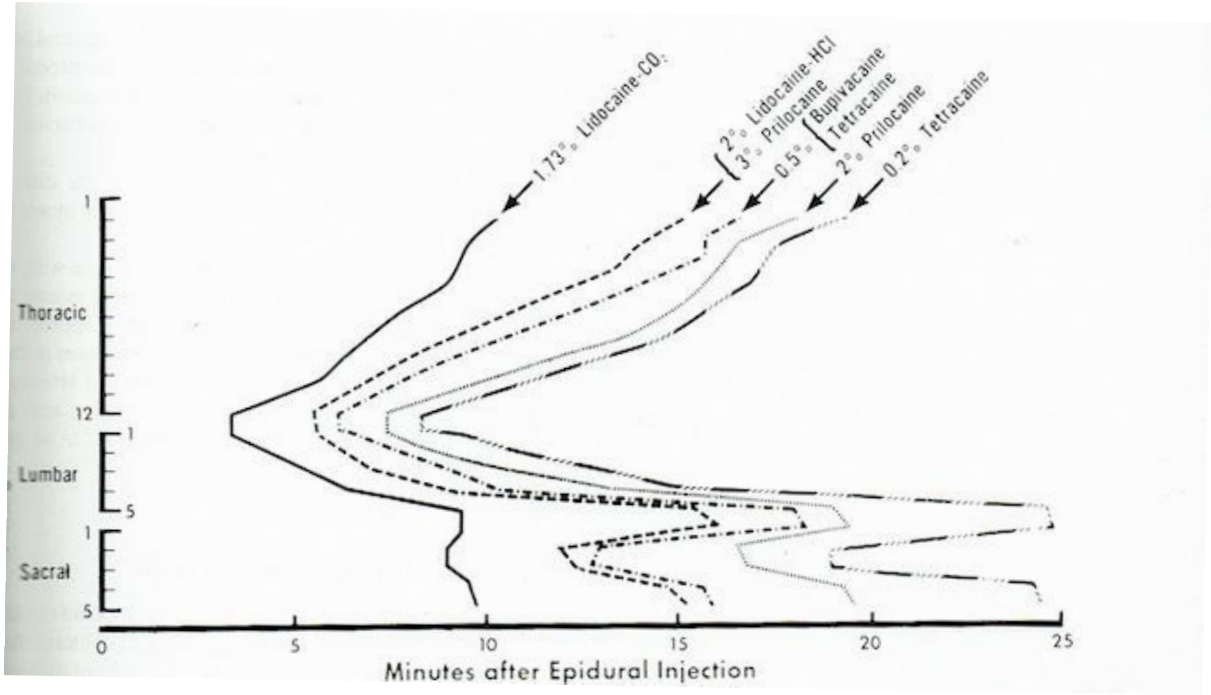
Pharmakologie der Periduralanästhesie

Grundsätzliche Überlegungen

- Periduralanästhesie vs. Periduralanalgesie
- intraoperativ vs. postoperativ
- Ausbreitung, Punktionsort
- Motorische Blockade vs. Analgesie
- Hämodynamik

Wahl des Lokalanästhetikums

Lokalanästhetikum				
Ropivacain	2mg/ml	5mg/ml	7,5mg/ml	10mg/ml
Bupivacain	2,5mg/ml	5mg/ml		
Lidocain	10mg/ml +/- Epinephrin	20mg/ml +/- Epinephrin		
Chloroprocain	?	??	???	



Cousins M, Veering BT. Epidural Neural Blockade.
In: Cousins MJ, Bridenbaugh P. Neural Blockade in Clinical Anesthesia and Management of Pain. 3rd edition, 1998. Lippincott-Raven

Adjuvantien/Zusätze epidural

Opioide

Adrenalin

α2-Agonisten

Bikarbonat

Epidurale Opioide

spinale Analgesie (Hinterhorn):

- Diffusion durch Meningen

supraspinale Analgesie:

- Verteilung/ Zirkulation im Liquor
- Systemische Absorption

Epidurale Opioide

ANÄSTHESIE FORUM ALPBACH REPETITORIUM

Spinale Analgesie durch hydrophile Substanzen:

- Alfentanil
- Hydromorphon
- Morphin

Supraspinale Analgesie durch lipohile Substanzen (syst. Absorption):

- Fentanyl (Bolus vs. Kont.)
- Sufentanil

Epidurales Adrenalin

- 5µg/ml bzw. 1:200.000
- Wirkungsverlängerung von kurzwirksamen LA (Lidocain)
- regionale Vasokonstriktion (Effekt auch bei systemischer Gabe)
- Pharmakokinetische Modifikationen von epidural applizierten LA und Fentanyl
- Hypoalgetische Effekte durch Bindung an spinale α2-Rezeptoren

- Beschleunigung der Anschlagzeit von Lidocain (“top-up“)

Epidurales Clonidin

- Analgesie vorwiegend auf spinaler Ebene (α2A-Rezeptor-Subtyp)
- Spinal/epidural > iv-Gabe
- Dosen 75-150µg in Komb. mit LA
- Kont. 2µg/kg/h

- Beachte Nebenwirkungen

Epidurales Dexmedetomidin

- Verkürzung der Anschlagzeit (Ropiv., Bupiv., Levobupiv.)
- Dosierung von 0,5-1µg/kg KG
- Effektivere Analgesie als Clonidin, Fentanyl, Sufentanil
- Bradykardie, Hypotension, Sedierung (nicht signifikant)

Zhang, X., Wang, D., Shi, M. & Luo, Y. Efficacy and Safety of Dexmedetomidine as an Adjuvant in Epidural Analgesia and Anesthesia: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Clin Drug Invest* **37**, 343–354 (2017).

Zhang, T., Yu, Y., Zhang, W. & Zhu, J. Comparison of dexmedetomidine and sufentanil as adjuvants to local anesthetic for epidural labor analgesia: a randomized controlled trial. *Drug Des Dev Ther* **13**, 1171–1175 (2019).

Na-Bikarbonat

- Alkalinisierung erhöht den Anteil der freien Base
- Nur mit Lidocain (Präzipitate mit Ropiv., Bupiv.)
- Signifikante Beschleunigung der Anschlagzeit

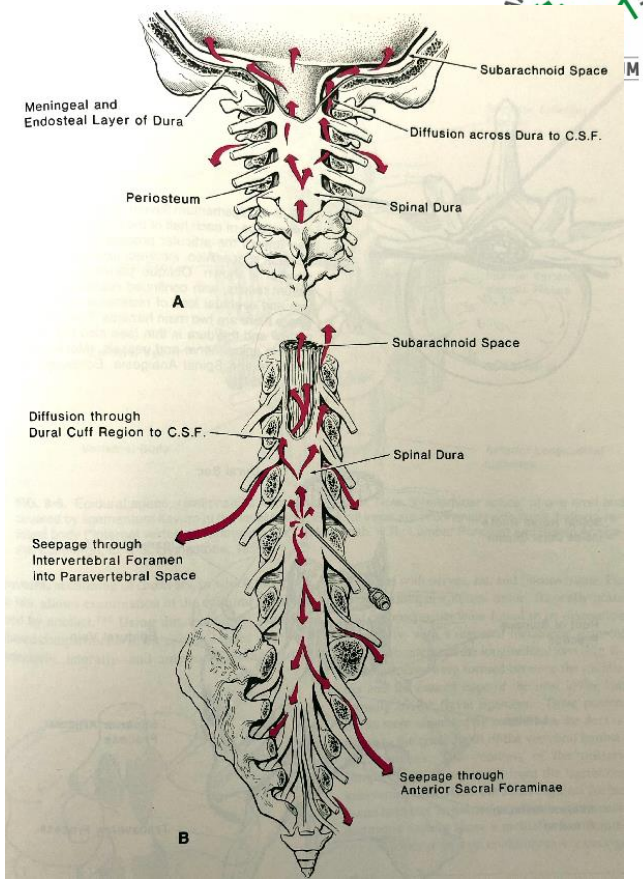
Ausbreitung einer Epiduralanästhesie:

- Punktionsort
- Volumen (1-2ml/ Segment als Richtwert) bzw. Dosis (Vol. x Konz.)
- Schwangerschaft
- Alter
- Körpergröße

- Gewicht
- Lagerung

Ausbreitung: Punktionsort

- Verzögerte Ausbreitung kaudal von L5 (Durchmesser der sakralen Nervenwurzeln, S1!)
- Je höher der Punktionsort, umso langsamer die kraniale Ausbreitung



Cousins M, Veering BT. Epidural Neural Blockade.
In: Cousins MJ, Bridenbaugh P. Neural Blockade in Clinical Anesthesia and Management of Pain. 3rd edition, 1998. Lippincott-Raven

Ausbreitung: Volumen, Dosis

- Was wird verglichen?
- Bsp.:
  - PDA L1-L2
  - Lidoacain 2% 10ml (200mg)
  - Lidocain 1% 20ml (200mg)
  - Gleiche Ausbreitung der sensiblen Blockade
  - Äquieffektive Dosen, doppeltes Volumen

Salinas FV: Pharmacology of Drugs used for Spinal and Epidural Anesthesia and Analgesia.
In Wong CA: Spinal & Epidural Anesthesia. McGraw Hill, 2007.

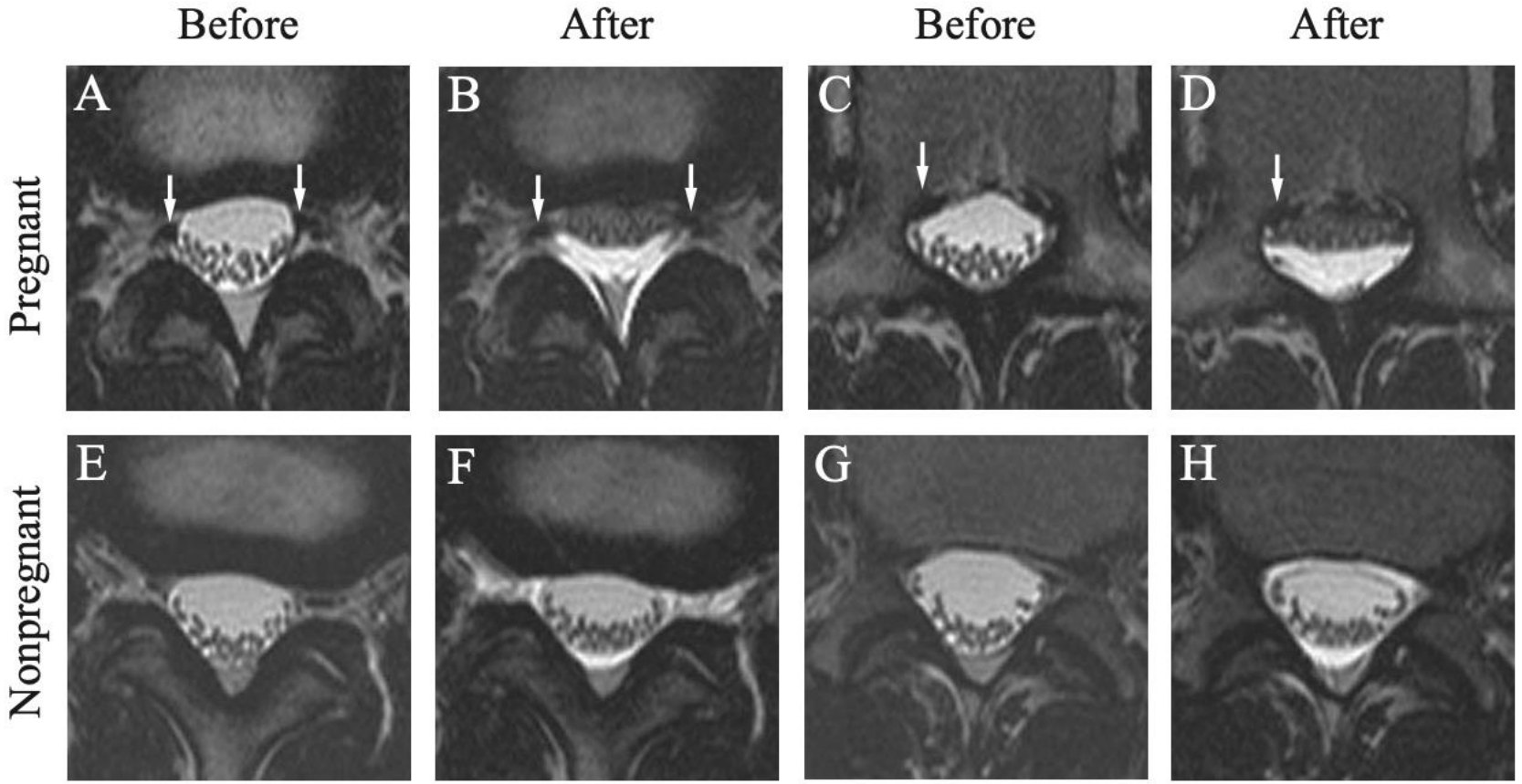
Ausbreitung: Volumen, Dosis

- Was wird verglichen?
- Bsp.:
  - PDA L1-L2
  - Lidoacain 3% 10ml (300mg)
  - Lidocain 1% 30ml (300mg)
  - Höhere Ausbreitung der sensiblen Blockade um ca. 4-5 Segmente
  - Äquieffektive Dosen, dreifaches Volumen

Salinas FV: Pharmacology of Drugs used for Spinal and Epidural Anesthesia and Analgesia.
In Wong CA: Spinal & Epidural Anesthesia. McGraw Hill, 2007.

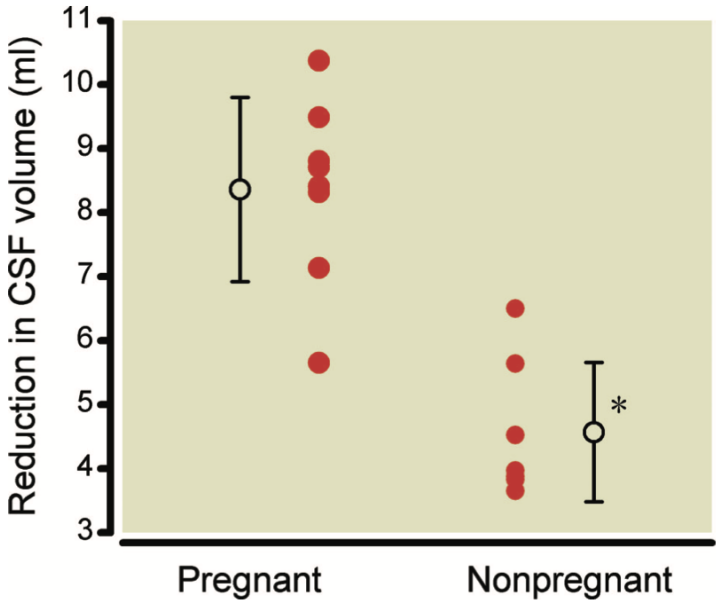
Ausbreitung: Schwangerschaft

- unterschiedliche Ergebnisse
- grundsätzlich werden höhere Niveaus erreicht
- abhängig von der Art der sensiblen Testung
  - TENS (höhere Niveaus feststellbar)
  - Klinische Testung (pinprick, Temperatur)

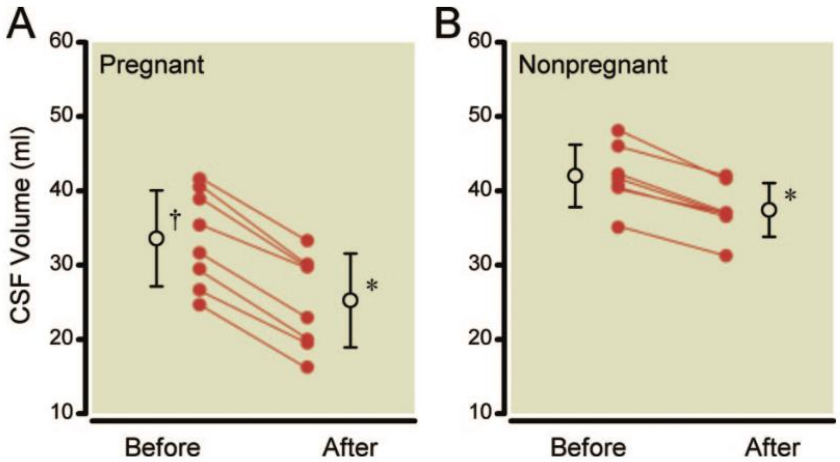


Higuchi, H., Takagi, S., Onuki, E., Fujita, N. & Ozaki, M. Distribution of Epidural Saline Upon Injection and the Epidural Volume Effect in Pregnant Women. *Anesthesiology* **114**, 1155–1161 (2011).

Ausbreitung: Schwangerschaft



10ml NaCl 0,9%



Higuchi, H., Takagi, S., Onuki, E., Fujita, N. & Ozaki, M. Distribution of Epidural Saline Upon Injection and the Epidural Volume Effect in Pregnant Women. *Anesthesiology* **114**, 1155–1161 (2011).

Ausbreitung: Alter

- Interindividuelle Unterschiede

- Höhere Ausbreitung mit zunehmendem Alter
  - Veränderte Pharmakokinetik
  - beschränkter lateraler Austritt (deg. Veränderungen)
  - Vermindertes epidurales Fett, höhere Compliance

15 ml Ropivacain 1%

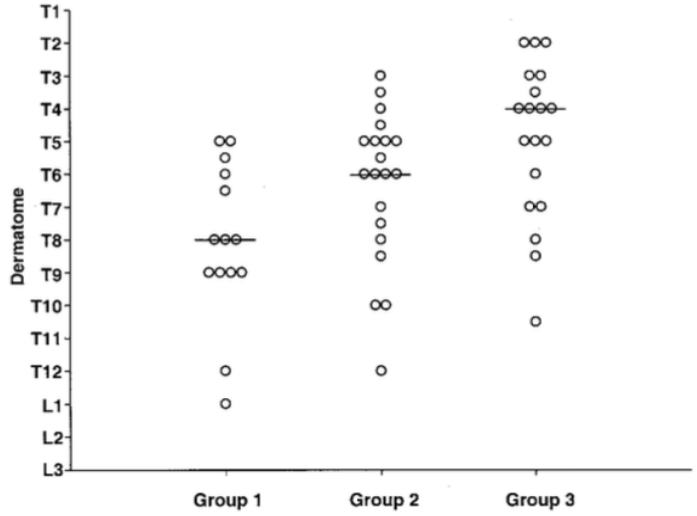


Figure 1. Median (horizontal lines) and individual (dots) upper levels of analgesia for the three age groups (Group 1: 18–40 yr; Group 2: 41–60 yr; Group 3: ≥61 yr).

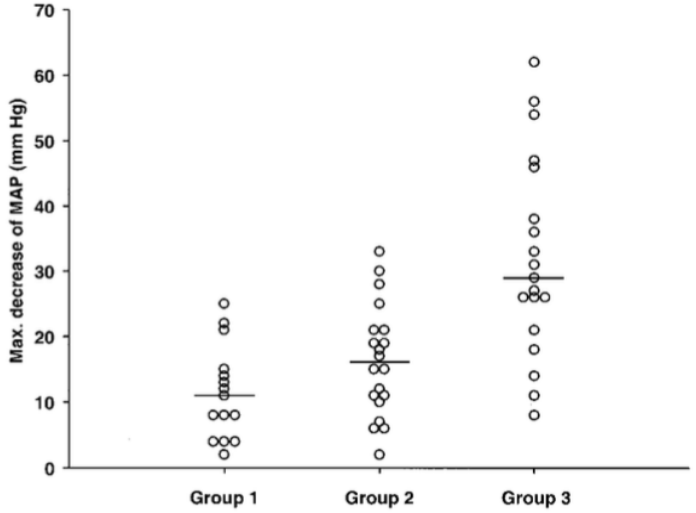


Figure 2. Median (horizontal lines) and individual values (dots) of the maximum decrease of the mean arterial blood pressure (MAP; mm Hg) during the first hour after the induction of epidural anesthesia for the three age groups (Group 1: 18–40 yr; Group 2: 41–60 yr; Group 3: ≥61 yr).

Simon MJG, et al. (2002). The effects of age on neural blockade and hemodynamic changes after epidural anesthesia with ropivacaine. *Anesthesia and Analgesia*, *94*(5), 1325–30.

ANÄSTHESIE FORUM
ALPBACH
REPETITORIUM

Ende