

Motorik des Kindes

Entwicklung – Störung - Intervention

Motorik

= Gesamtheit aller Steuerungs- und Funktionsprozesse, welche der Haltung und Bewegung zugrunde liegen

- Motorische **Fähigkeiten** = alle Strukturen und Funktionen, die für den Erwerb und das Zustandekommen von Bewegungen verantwortlich sind (Ausdauer, Kraft, Geschwindigkeit und Koordination)
- Motorische **Fertigkeiten** = sichtbare und komplexe Bewegungshandlungen (Laufen, Springen oder Werfen)
- **Neuromotorik** = neurologische Funktionsabläufe des Bewegungsverhalten (Reflexverhalten, Haltungskontrolle, eigentliche Fortbewegung, Greiffunktionen, adaptive motorische Funktionen wie Schreiben)

Gliederung/Aufbau

1. Grundlagen der Anatomie und Physiologie --> Sensomotorik
2. Die motorische Entwicklung im Verlauf der Kindheit
3. Störungsbilder und deren Pathophysiologie
4. Interventionen mit Patientenbeispiel

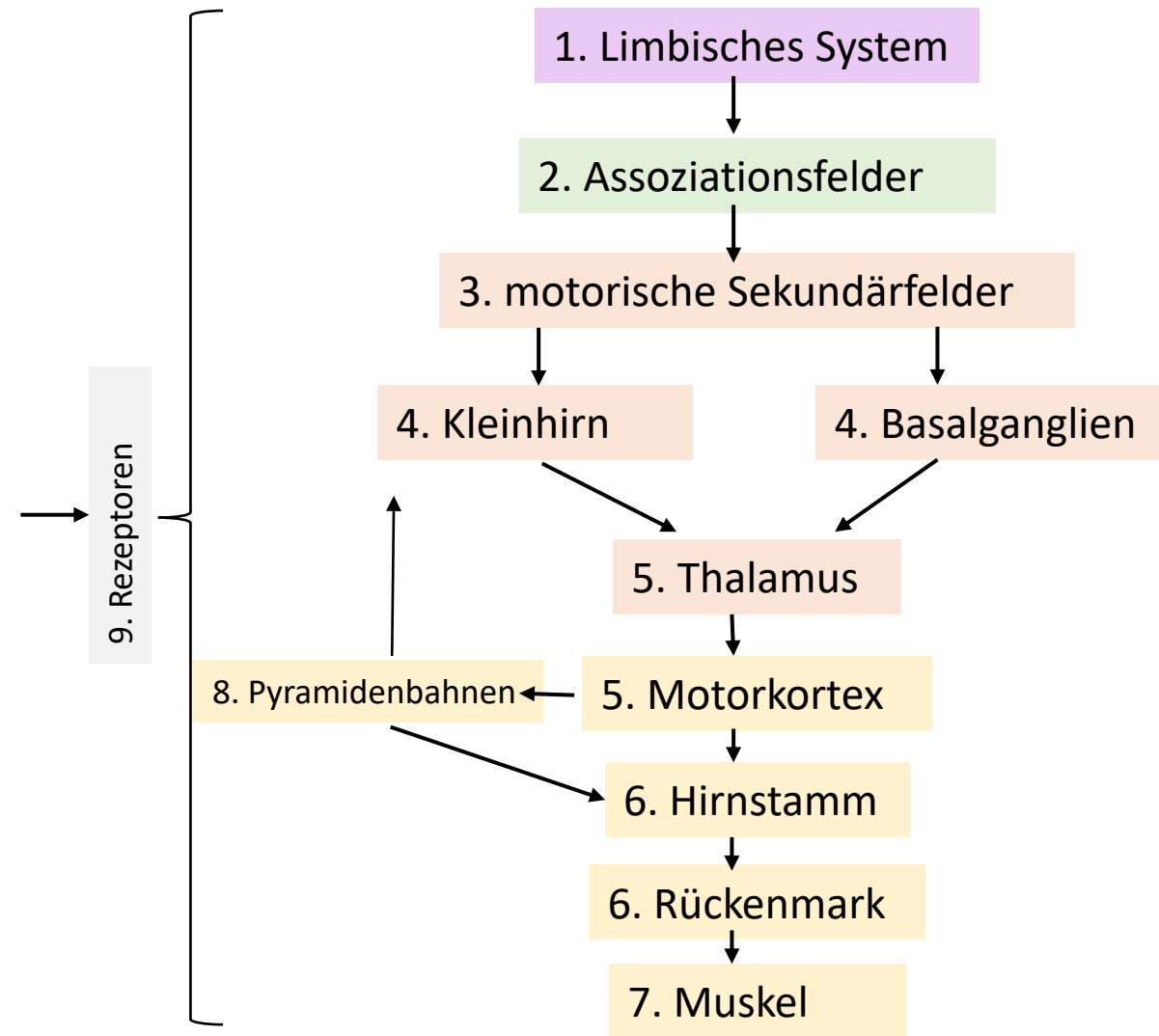
1. Grundlagen der Anatomie und Physiologie -Sensomotorik im Überblick-



Motorisches System im Überblick

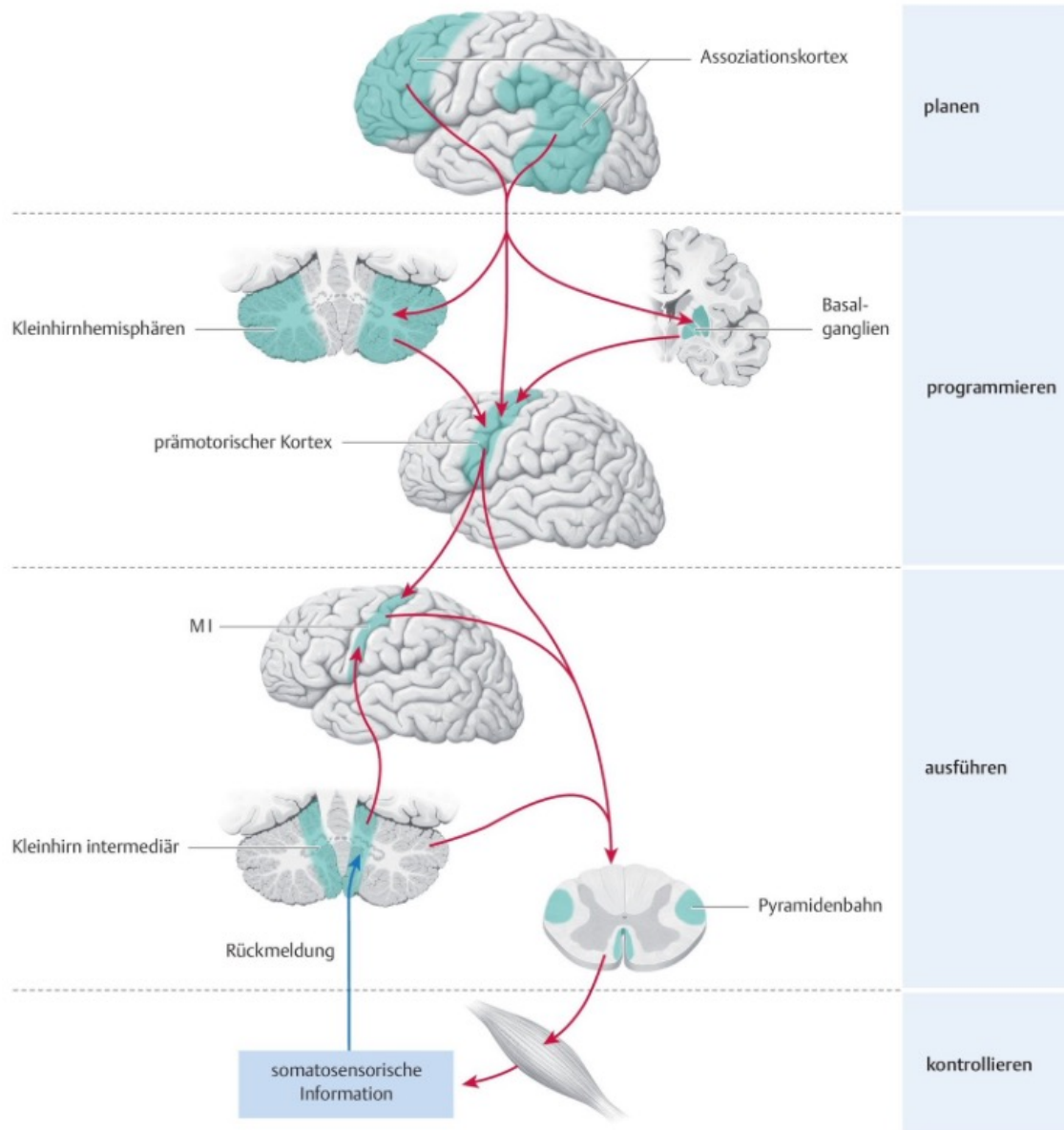
- Motor. Impulse meist im **Gyrus praecentralis** des Frontallappens und angrenzenden Kortexarealen generiert → **1. motorisches Neuron**
- Impulsweiterleitung **über den Hirnstamm** zum **Rückenmark** → Interneurone → auf **2. motorisches Neuron**
- Impulse **über Nervenplexus** und **periphere Nerven** zur **Muskulatur** → Reizübertragung an motor. Endplatte

Somatomotorik im Überblick



1. Anfang steht Absicht/ innere Motivation best. Ziel zu erreichen
 2. präfrontaler Kortex, posteriorer parietaler Kortex → entwickeln Handlungsstrategie
 3. Konkrete Planung der Abfolge
 4. modulieren Bewegungspläne und stimmen sie fein ab
-
5. Moduliertes Bewegungsprogramm über Thalamus, besonders dem Motorkortex zugeleitet → veranlasst Ausführung
 6. Ausführung über Efferenzen, den Pyramidenbahnen → Weiterleitung zu Motoneuronen in Hirnstamm und Rückenmark
 7. Axone übermitteln Impulse an die entsprechenden Skelettmuskeln in Peripherie
-
8. Pyramidenbahn sendet über Kollaterale Kopie der Informationen an Kleinhirn → kann korrigierend einwirken
 9. ständige sensorische Rückmeldungen aus Peripherie, auf alle Strukturen rückwirken

Anhand eines Beispiels: „Ich habe Durst!?“



Baumann et al. 2018

- Was muss ich tun, um das Ziel zu erreichen? → Ich muss das volle Glas greifen

- Wie muss ich das tun?
 - Wo befindet sich das Glas?
 - Wie schwer ist es wohl?
 - Welche Muskeln und in welchem Ausmaß benötige ich, um das Glas zu anzuheben und zu mir zu führen?

- Auftrag an entsprechende Skelettmuskulatur in der Peripherie → Kontraktion von Arm- und Handmuskulatur, um das Glas zu greifen

- Inhalt im Glas schwankt; Windstoß kommt von der Seite; Berührung einer anderen Person etc.

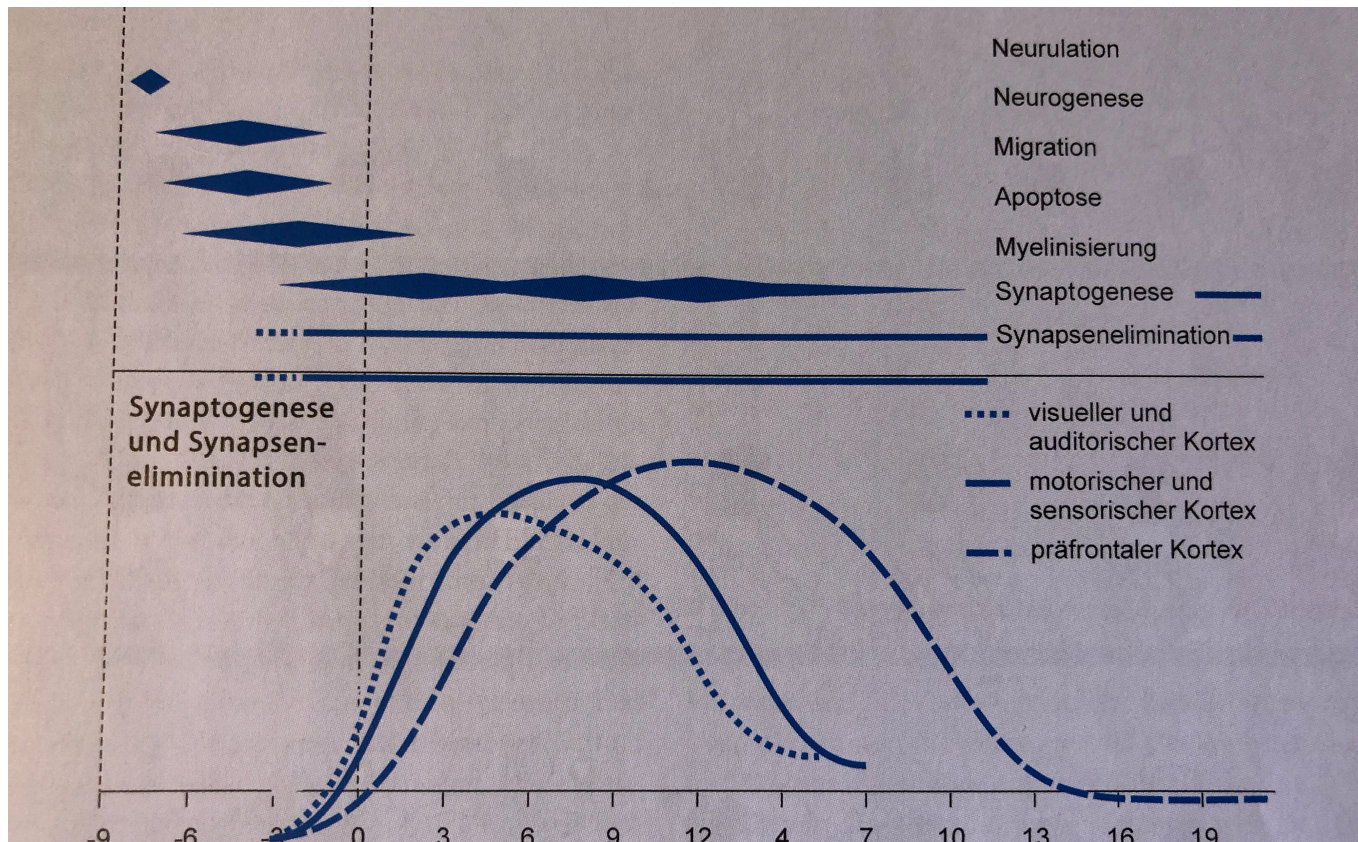
2. Die motorische Entwicklung im Verlauf der Kindheit



Wachstum und Entwicklung im Allgemeinen

- Kindliche Entwicklung anhand der folgenden 3 Prozesse charakterisiert:
 - **Wachstum:** quantitative Zunahme,
z.B.: Körpergröße, Muskelkraft oder Wortschatz
 - **Differenzierung:** qualitative Zunahme, morphologisch und funktionell
z.B. Ausbildung Greiffunktion
 - **Spezifizierung:** Festlegung Funktionen durch Anpassung an Umwelt
(in Pubertät weitgehend abgeschlossen)
z.B. die Motorik beim Aneignen des Schreibens
- → Kinder entwickeln sich ganzheitlich, Teilbereiche wie Motorik oder Sprache oder Kognition oder visuelles System... stehen in einer ständigen Wechselwirkung miteinander

Neuronale Entwicklung



- Rückenmark und Hirnstamm bei Geburt vollständig organisiert
- Visuelle Systeme reifen rascher als motorische oder frontale Kortex
- Zum Zeitpunkt Geburt: sensorische Funktionen wie Sehen, Hören und Tasten weitestgehend entwickelt
- Motorische und höhere kognitive Funktionen noch nicht ausgereift
- Synaptogenese zuerst in posterioren Anteilen des Kortex und später in frontalen Arealen
- In später Adoleszenz Synapsenelimination in Kortexbereiche, für komplexe kognitive Leistungen verantwortlich (Gedächtnis, Gefühlsregulation oder logisches Denken)
- Myelinisierung Axone ist protrahierter Prozess mit versch. Entwicklungsschüben im Alter von 2,8 - 12 Jahren

Maturation pre-, peri- and postnatally

- Eyre, J. A. (2003). **Developmental plasticity of the corticospinal system**. *Plasticity in the Human Nervous System*. S. Boniface and U. Ziemann. Cambridge, Cambridge University Press: 235-249.
- Eyre, J. A., S. Miller, et al. (2000). "Functional corticospinal projections are established prenatally in the human foetus permitting involvement in the development of spinal motor centres." *Brain* 123 (Pt 1): 51-64.
- Eyre, J. A., S. Miller, et al. (1991). "Constancy of central conduction delays during development in man: investigation of motor and somatosensory pathways." *J Physiol* 434: 441-52.



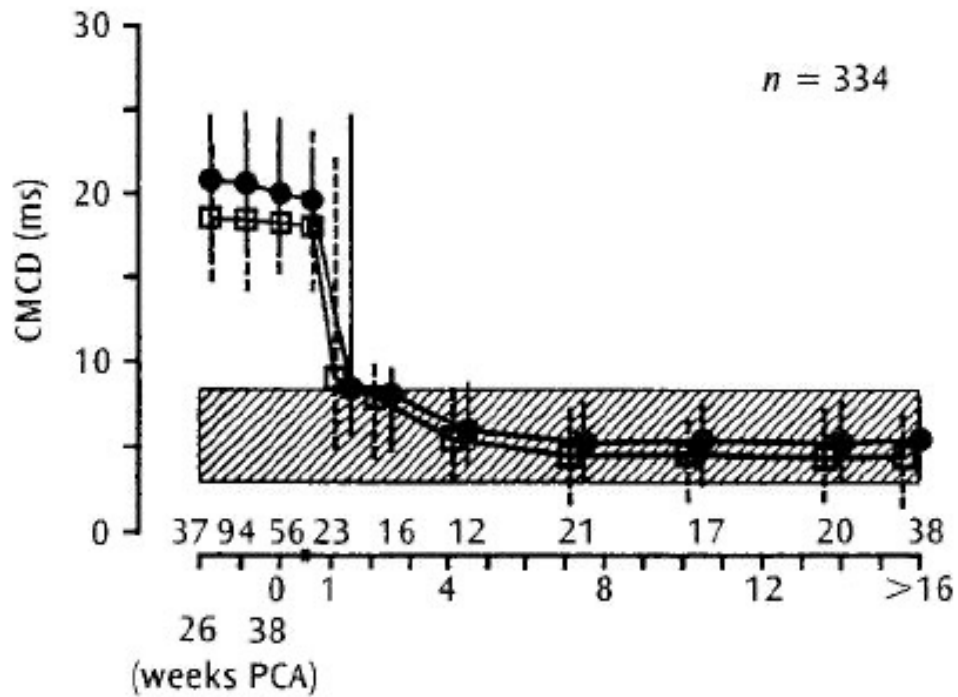
Fig. 8.2. Electromagnetic stimulation of the motor cortex in a newborn infant using a 9cm coil. Background muscle activity in biceps brachii is being evoked using the traction reflex. Motor action potentials in biceps brachii are being recorded using surface-mounted electrodes.



Fig. 8.3. Electromagnetic stimulation of the spinal motor nerve in a newborn baby by placing the 6cm coil over the cervical spine.

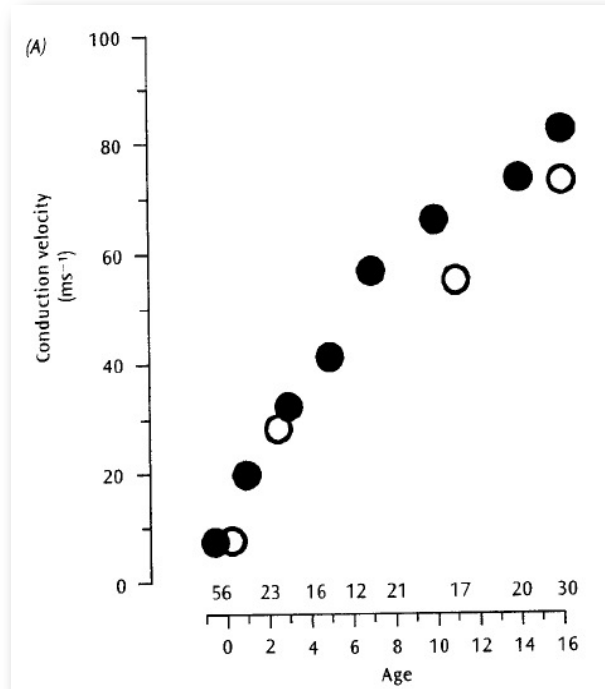
Maturation peri-natally

- Rapid decrease of CMCD around birth
- Myelinisation
- Increase in axon diameter

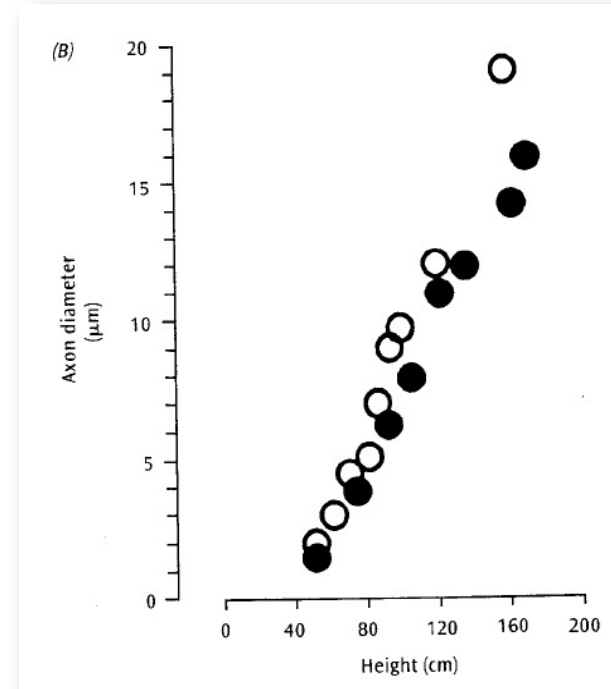


<i>Parameter</i>	<i>CMCT facilitated</i>
End of dynamic phase (y)	~3
Beginning of stable phase (y)	~5

Maturation post-natally



- Linear relationship between Conduction velocity & Age



- Axon diameter & Height

Development – Connectivity of the pyramidal tract

- Maturation at preschool age

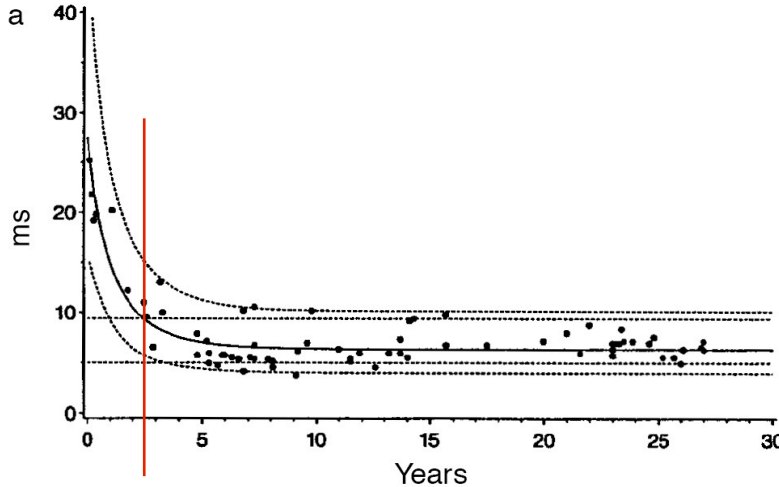
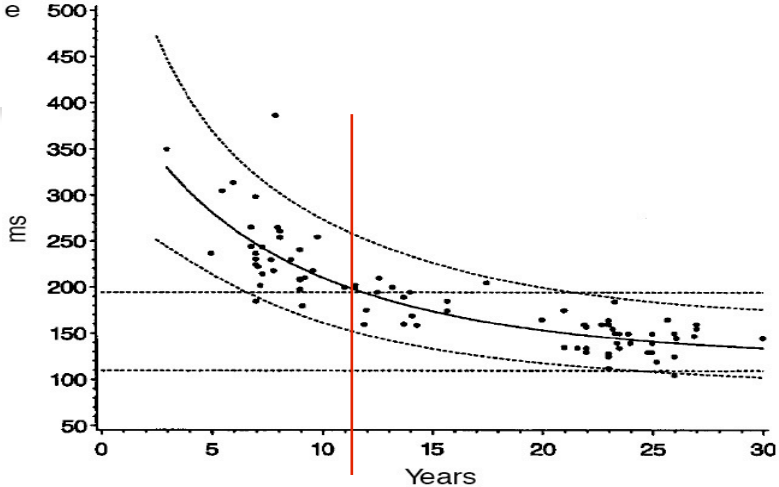


Table II: Dynamic and stable phases of measured parameters

Parameter	CMCT facilitated	CMCT relaxed	ART	VBM	TAP	DIA	TRK error%
End of dynamic phase (y)	~3	~7	~9	~6	~12	~10	~12
Beginning of stable phase (y)	~5	~10	~15	>20	>20	>20	>20
Adult mean (SD)	6.8 ms (0.9)	8.5 ms (0.7)	225 ms (35)	6.8m/s (1.2)	145 ms (21)	3.5 Hz (0.8)	43.6 (1.2)

CMCT, central motor conduction time; ART, auditory reaction time; VBM, velocity of a ballistic movement; TAP, tapping; DIA, diadochokinesis; TRK, tracking; ~, approximately.

Wachstum und Entwicklung

- Zunahme des Axon-Durchmessers und Myelinisierung sorgen für Konstanz im System, Anpassung an zunehmende Körpergröße
- Es kommt zunächst zu einem Neuronen-Überschuss, dann zu zunehmender Differenzierung und Spezifizierung („Pruning“, 2.-4. LJ und 14.-16 LJ)
- Aktivitätsabhängig bildet so ein individuell-effizientes System aus. Genetische Faktoren und Umweltfaktoren spielen dabei eine wichtige Rolle
- Beispiel für zunehmende Differenzierung und Spezifizierung sind das allmähliche Verschwinden von Spiegelbewegungen und zunehmende Differenziertheit und Geschwindigkeit bei alternierenden Bewegungen („Hubschrauber“) im Vorschul- und Schulalter

3. Störungsbilder und deren Pathophysiologie

Kind mit bilateral spastischer CP

- Alter 5 Jahre
- Ätiologie: PVL
- Bilateral spastische Cerebralparese links > rechts
 - Körpermotorische Fähigkeiten nach GMFCS III
 - Handmotorische Fähigkeiten nach Mini MACS I
 - Kommunikative Fähigkeiten nach CFCS I
- Allgemeine Entwicklungsverzögerung
- Hüftampel gelb
- V.a. Gesichtsfelddefekt bds. nach unten mit konsekutiver Kopfschiefhaltung

Video

Video

Video

Cerebrales Läsionsmuster: Periventrikuläre Leukomalazie (PVL)

- Leukomalazien = weiße, narbige Veränderungen des Hirngewebes
- Bis zur 35. SSW ist das periventrikuläre Marklager ein hochaktives Proliferations- und Migrationsgebiet
- Reich vaskularisiert da hoher Energieverbrauch
- Vulnerabel da nur von provisorischer Qualität: nach Ende der Migration bildet sich das Gefäßsystem wieder zurück

Cerebrales Läsionsmuster: Periventrikuläre Leukomalazie (PVL)

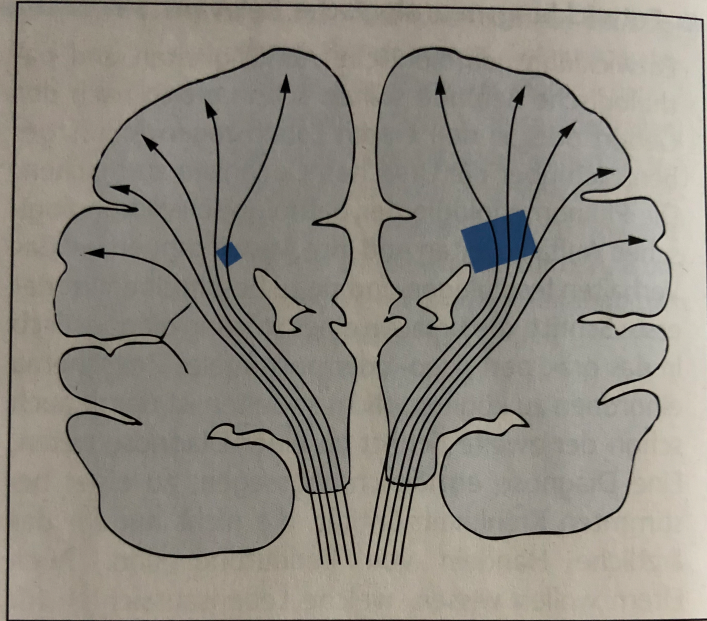
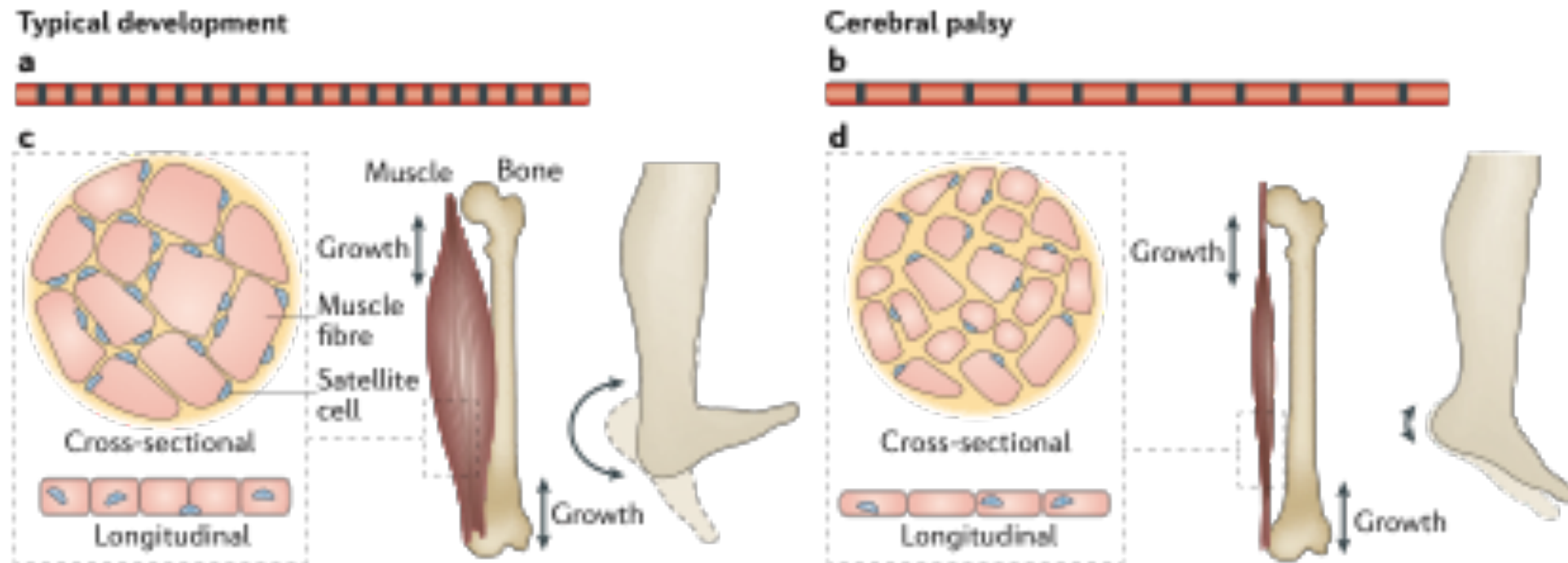


Abb. 2.6 Schematische Darstellung der periventrikulären Leukomalazien (PVL) im koronaren Schnitt. Rechts ist eine ausgedehnte, links eine umschriebene, periventrikuläre Gliosezone dargestellt, die verständlich macht, dass je nach Ausdehnung der PVL nur die Beine oder Rumpf, Arme und Gesicht betroffen werden (Krägeloh-Mann, nach: Volpe 2008).

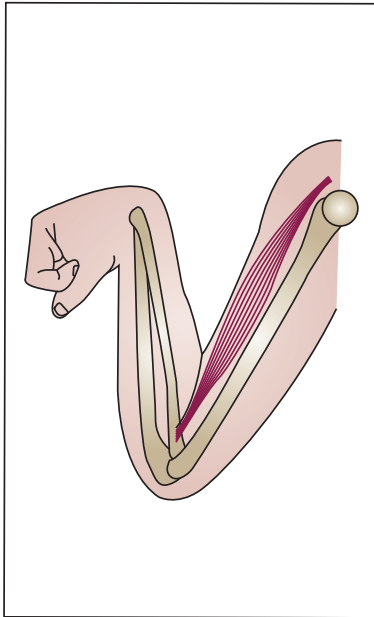
Folgen für das Nervensystem

- Polysynaptische Innervation auf spinaler Ebene
- Wahrscheinlich Ausbleiben der Reduktion auf eine monosynaptische Innervation von Muskelfasern
- Selektive Willkürkontrolle beeinträchtigt
- Gestörte Makro- und Mikroarchitektur des Muskels



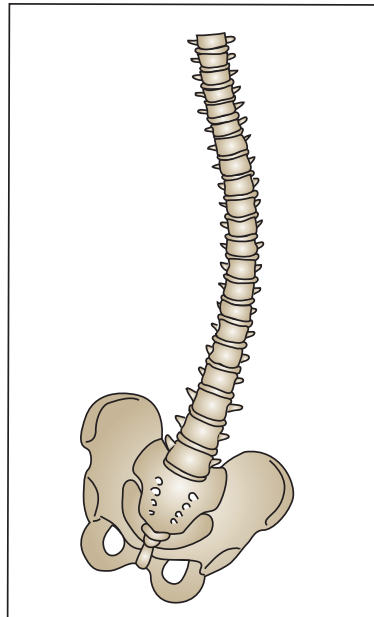
Folgen für das Skelettsystem

Upper limb



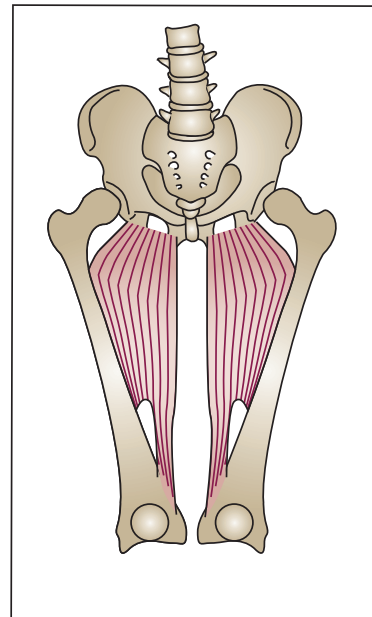
Posture/
contractures

Spine/pelvis



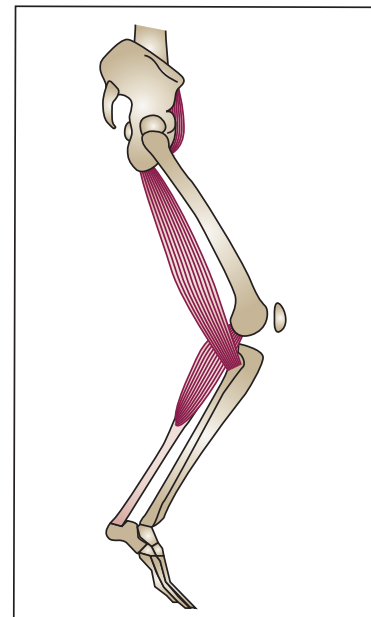
Scoliosis

Hips



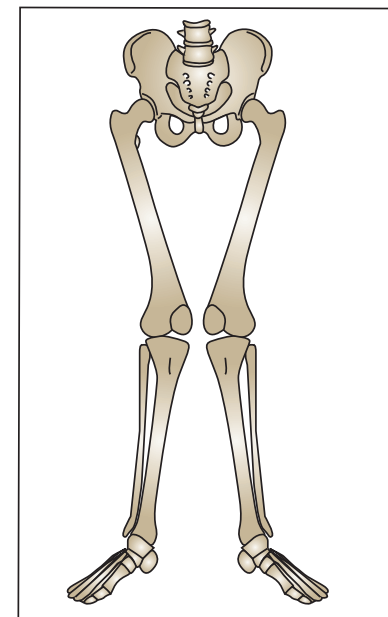
Hip displacement

Lower limbs



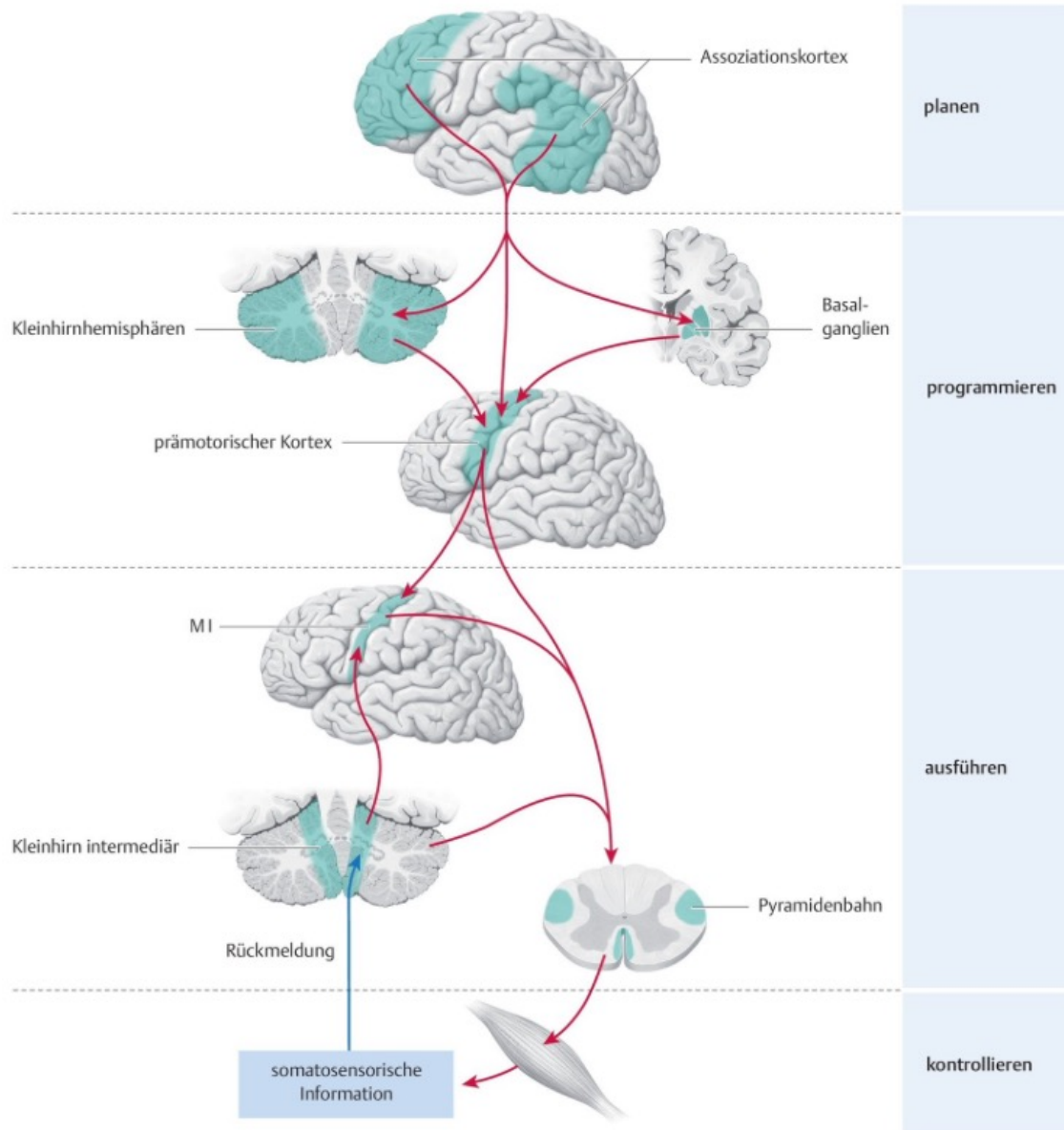
Contractures

Lower limbs



Bony torsion

Anhand eines Beispiels: „Ich habe Durst!?“



Baumann et al. 2018

- Was muss ich tun, um das Ziel zu erreichen? → Ich muss das volle Glas greifen

- Wie muss ich das tun?

- Wo befindet sich das Glas?
- Wie schwer ist es wohl?
- Welche Muskeln und in welchem Ausmaß benötige ich, um das Glas zu anzuheben und zu mir zu führen?

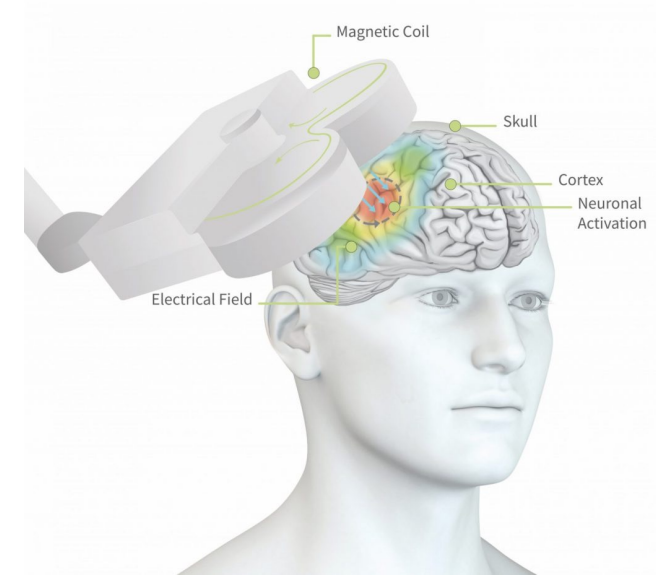
- Auftrag an entsprechende Skelettmuskulatur in der Peripherie → Kontraktion von Arm- und Handmuskulatur, um das Glas zu greifen

- Inhalt im Glas schwankt; Windstoß kommt von der Seite; Berührung einer anderen Person etc.

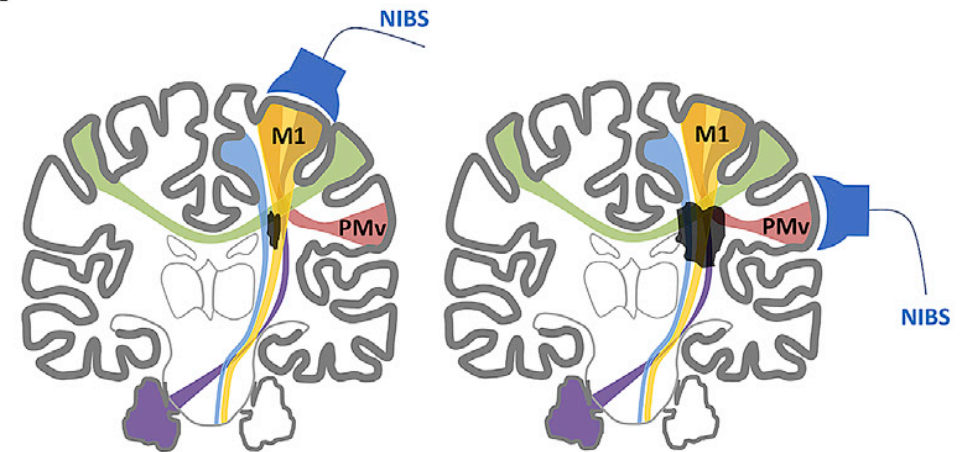
4. Interventionen



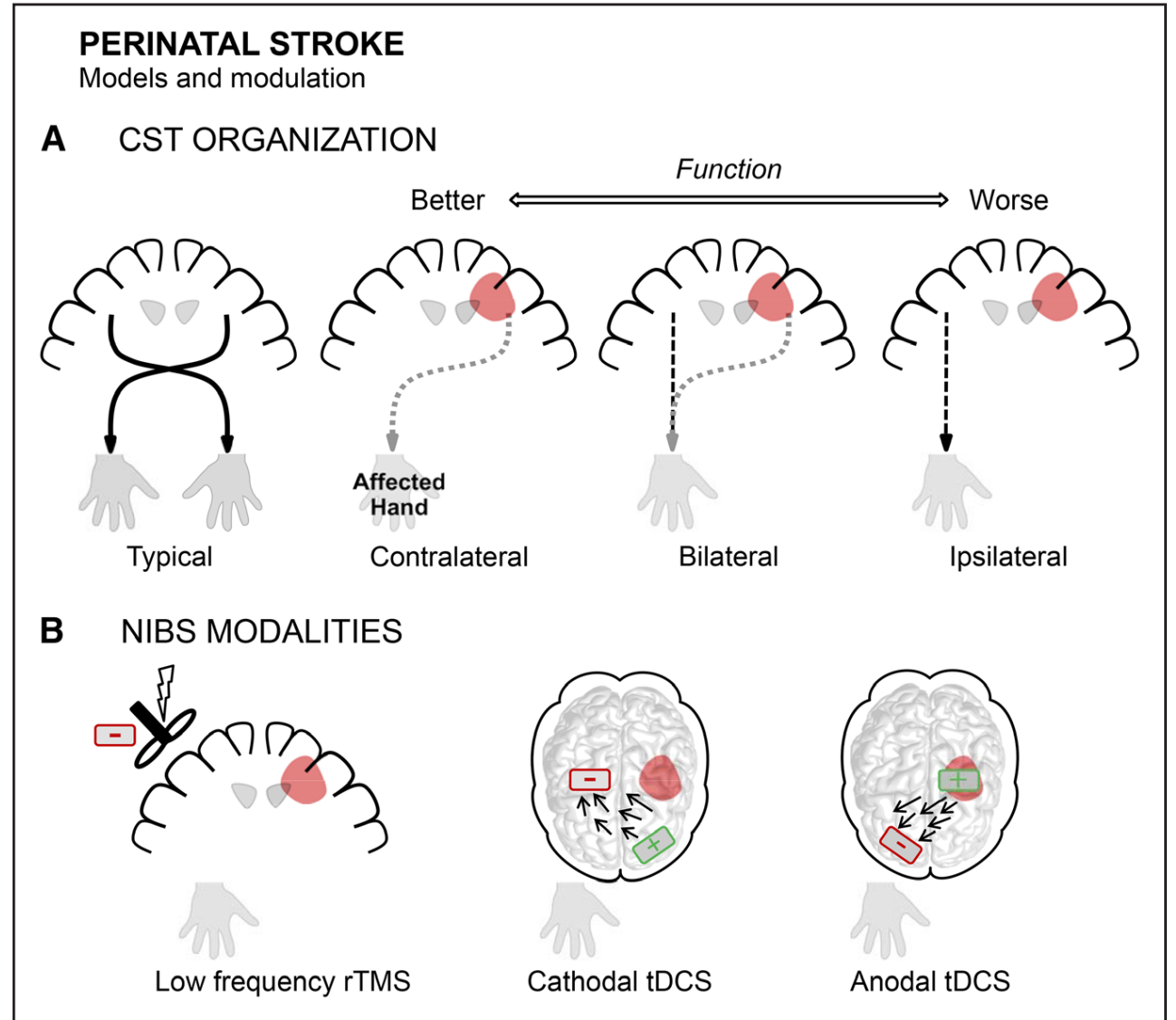
Auf das Gehirn einwirkende Verfahren: Nichtinvasive Hirnstimulation (NIBS)



A Cortical targets for patient-tailored brain stimulation based on structural damage

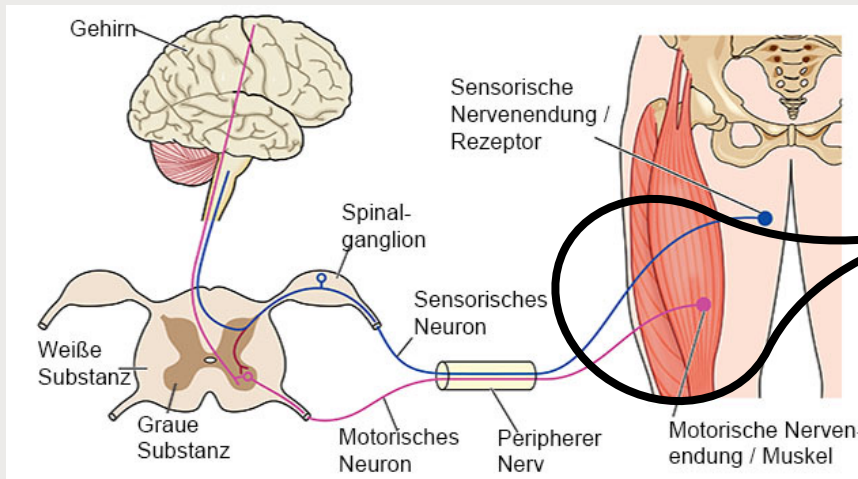


Repetitive transkranielle
Magnetstimulation
(rTMS)
Transkranielle
Gleichstrombehandlung
(tDCS)

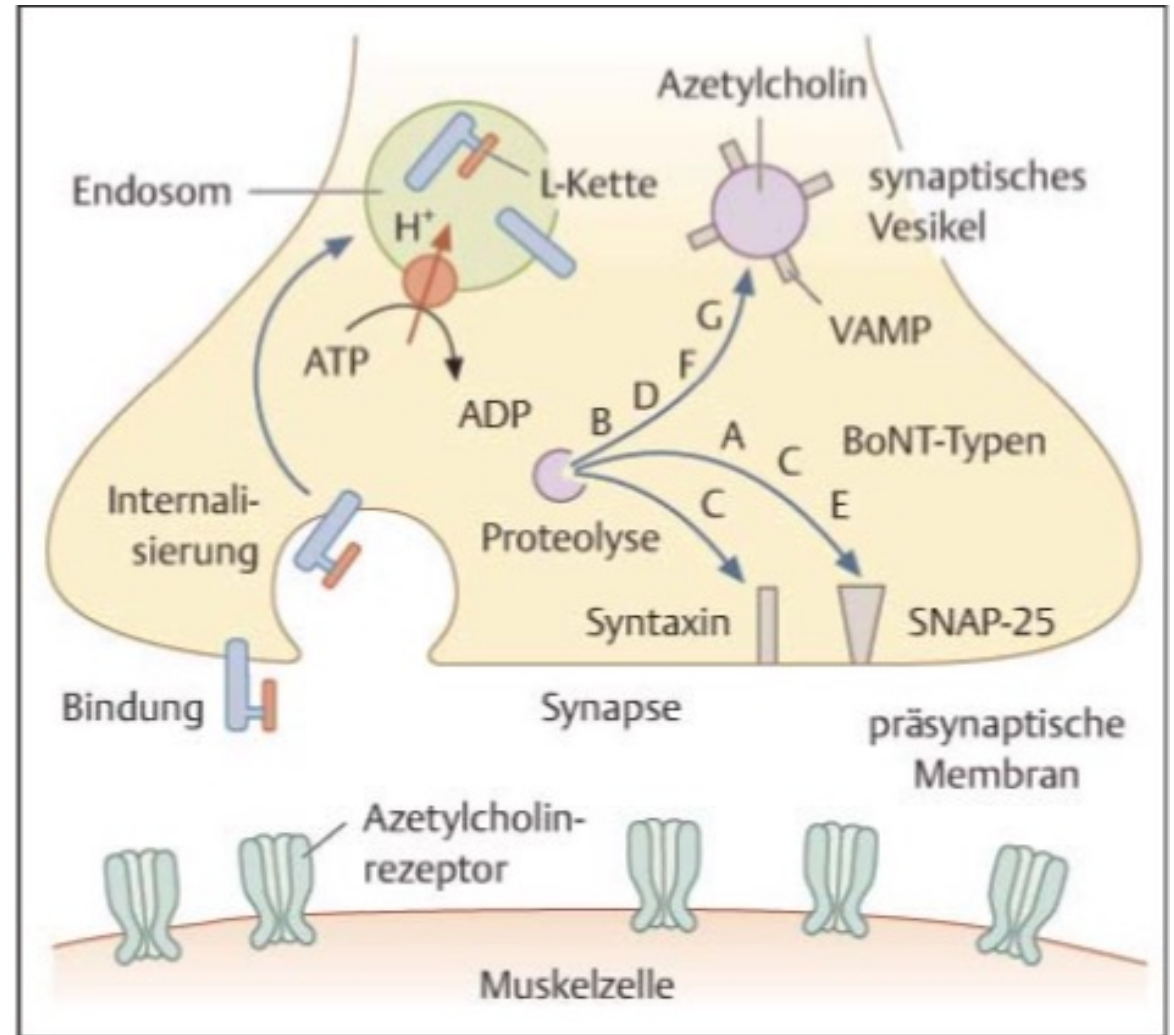


BoNT Injektion

- Wirkt an der motorischen Endplatte im Muskel



https://www.der-querschnitt.de/archive/7778/shutterstock_104298341-blamb-nervensystem



Efferenz / Muskel / Ia Afferez: Botulinumtoxin A

- **Wirkung: Blockiert Übertragung** von Signalen zwischen Nerv und Zielmuskel → Ein Übermäßige Versteifung der Muskulatur nimmt ab
- Zusätzliche Blockade an der an der Muskelspindel: afferente Signale zum Rückenmark nehmen ab
- Nachteil: Kann Muskelatrophie indizieren, insbesondere in Kombination mit Gipsen oder übermäßiger Orthetik
- Abnahme der Spastizität → Muskel kann besser willkürlich bewegt (und leichter gedehnt) werden → Reduktion von Fehlhaltungen und spastischen Bewegungsstörungen wie Spitzfuß oder Überkreuzen der Beine
- Wirkung lässt innerhalb ca. 3 Monaten nach
- Wirkung abhängig von Schweregrad der Spastik, Alter des Kindes, Intensität anschließender Therapie

Medikament	Wirkstoff	Hersteller	Spezifische Unterschiede	Dosisverhältnis
Botox®	Onabotulinum toxin-A (ONA)	Allergan	Mit 900 kD ist Botox ein größerer Proteinkomplex als Dysport, bleibt daher lokaler um Injektionsstelle	1:1
Xeomin®	Incobotulinum toxin-A (INCO)	Merz	reines Botulinumtoxinprotein (150 kD), keine Additive, darum keine Kühlung, weniger neutralisierende Auto-Antikörperbildung	1:1
Dysport®	Abobotulinum toxin-A (ABO)	Ipsen	Proteinmischung (500 & 300 kD), da kleiner als Botox, verteilt sich weiter, ggf. mehr Diffusion in benachbarten Muskeln, cave Nebenwirkungen	Dosisverhältnis Botox/Xeomin zu Dysport 1:2,5; d. h. (ungefähr) doppelte Dosis bei Dysport

Patientenbeispiel:

Muskeln bds.

M. iliacus

M. tensor fasciae latae

M. rectus femoris

M. Adductor longus

M. gracilis

M. semitendinosus

M. semimembranosus

- BoNT Injektionen mit Xeomin 02/2020

Video

Muskelfaszie und Muskel: Perkutane Myofasziotomie nach Ulzibat/Nazarov

→ Bisher keine Literatur zur Methode, Erfahrungen:

- Geringer postoperativer Schmerz
- Leichtere Mobilisierung
- Sehr gute Akzeptanz durch Patienten/Angehörige
- Sehr gute anatomische Kenntnisse erforderlich
- Kombinationsmöglichkeit mit aufwändig knöchernen Korrekturen
- Bereicherung für Untersuchung und Behandlungsspektrum

Gordon AB, Baitd GO, McMulkin ML, Caskey PM, Ferguson PL.

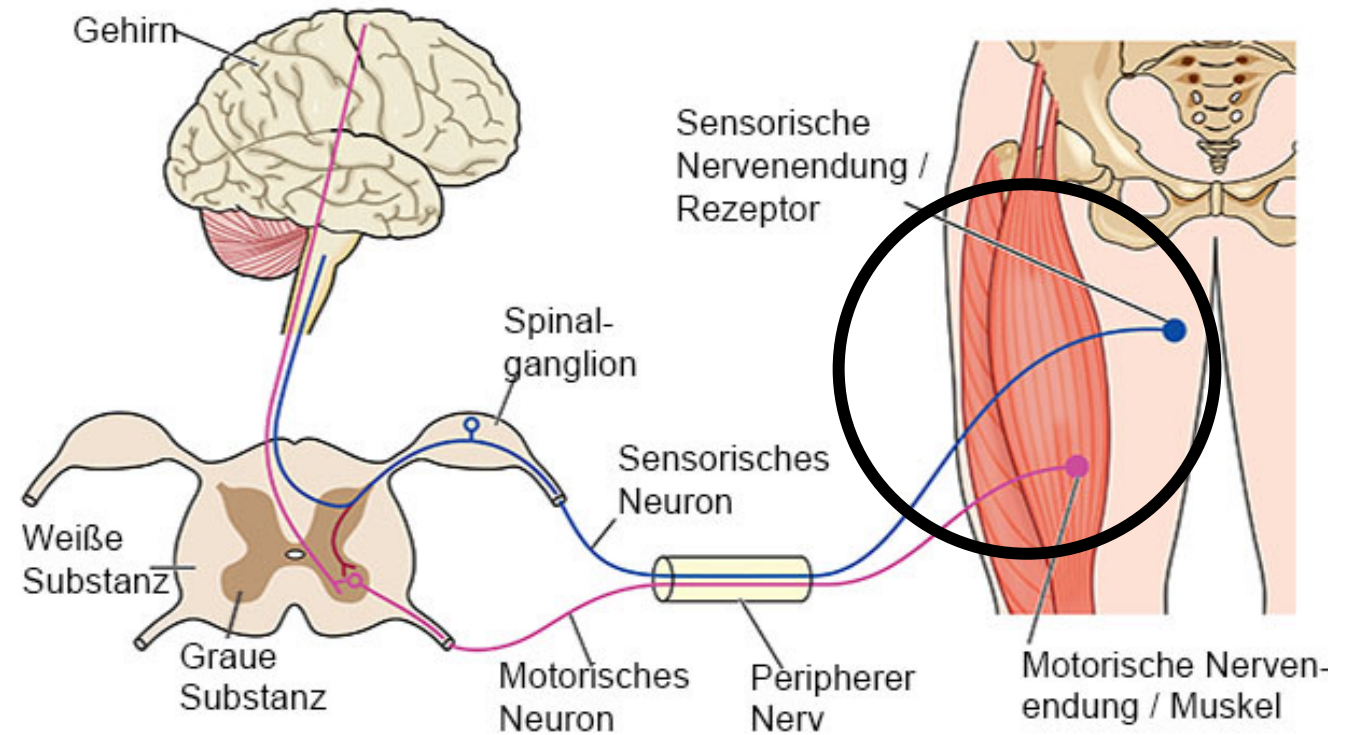
• **J Pediatr Orthop 2008;28:324-9.**

• Deutlich verbesserte Kniestreckung beim Auftritt in Ganganalyse nach perkutaner Kniebeugerverlängerung bei Mehrfacheingriff, keine Vergleichsgruppe mit offener OP

Thompson, N, Stebbins J, Seniorou M, Wainwright AM, Newham DJ, Theologis TN. JBJS (Br)

• Kürzere OP-Zeit, weniger Blutverlust, schnellere Mobilisation, weniger Kraftverlust, gleiche Gangverbesserung bei perkutaner Operation im Vergleich zu offener OP

Myofasziotomie



https://www.der-querschnitt.de/archive/7778/shutterstock_104298341-blamb-nervensystem

Patientenbeispiel nach Myofasziotomie und 11 Wochen Reha

- Myofasziotomie 07.2020

Muskeln UEX	Muskeln OEX
M. gastrosoleus bds.	M. biceps brachii links
M. tensor fasciae latae bds.	M. pronator teres links
M. adductor longus bds.	
M. gracilis bds.	
M. semitendinosus bds.	
M. semimembranosus bds.	
M. gluteus medius links	

Video

Video

Video

Ganganalyse Post Myofasziotomie

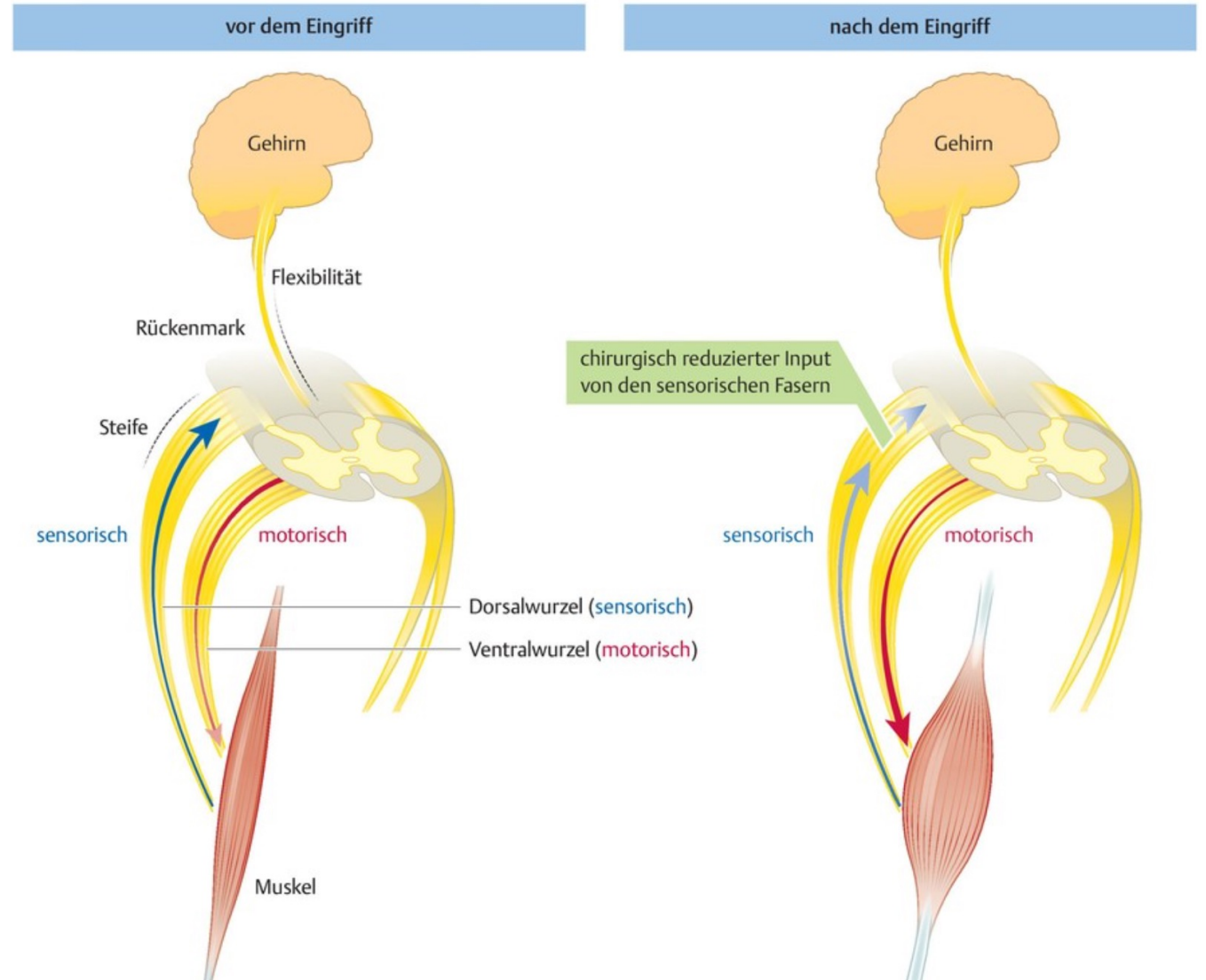
Patientenbeispiel Treppe steigen

Video

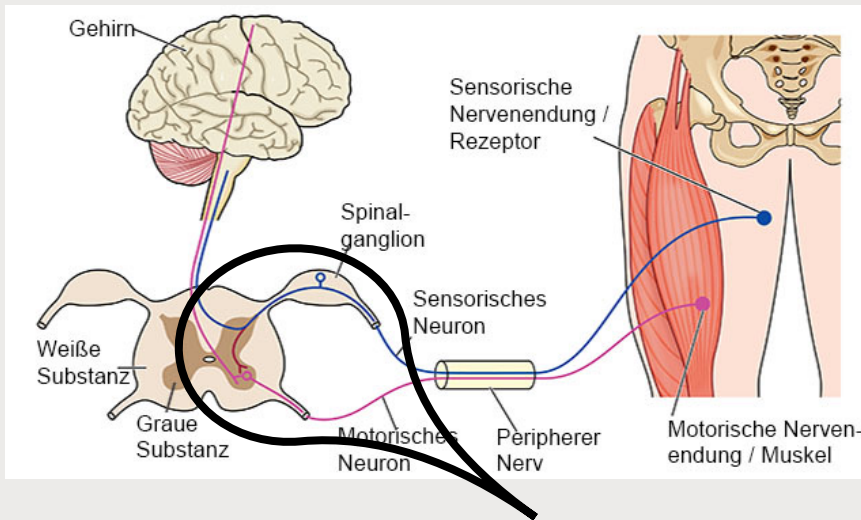
Hinterwurzel / afferenz und interspinale Konnektivität

Selektive dorsale Rhizotomie (SDR)

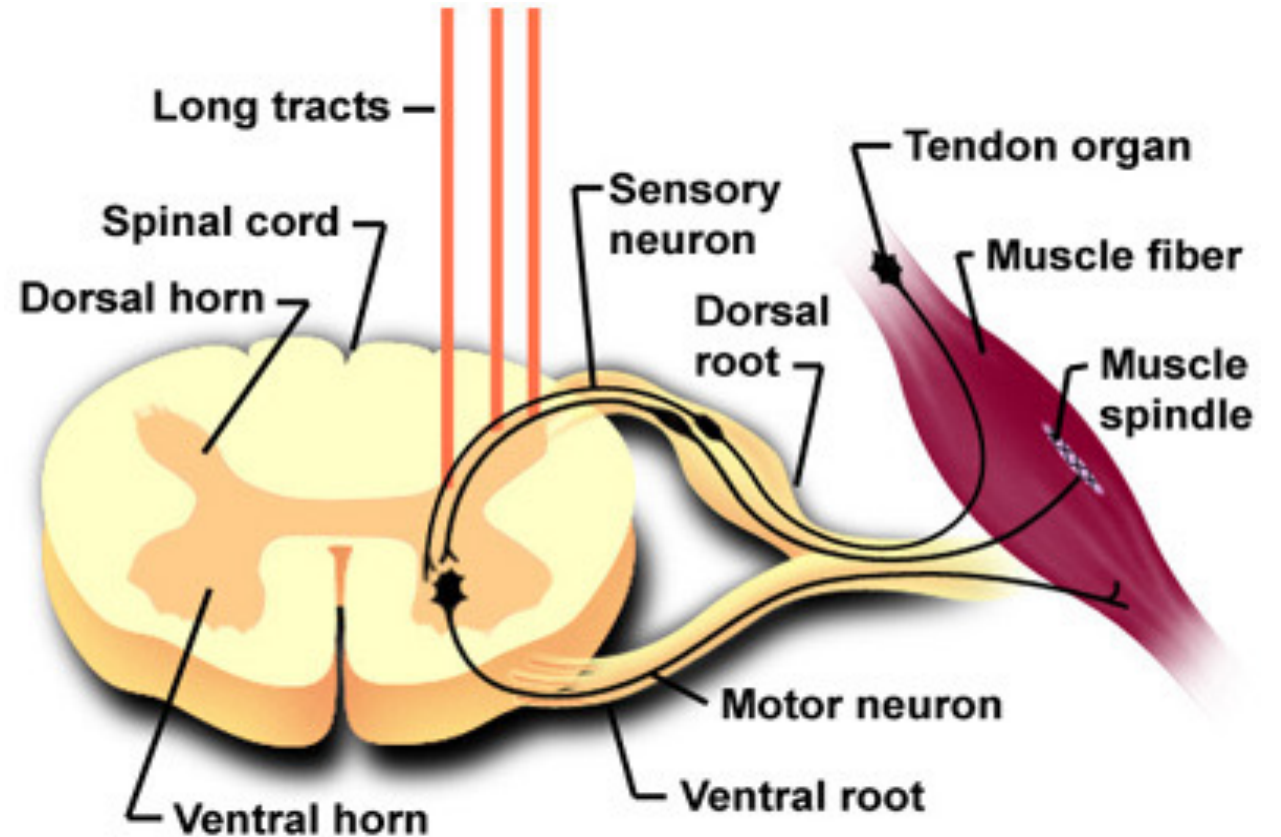
- Mikrochirurgischer Eingriff
- Selektive Durchtrennung der motorischen Anteile der dorsalen Wurzeln (Afferenzen)
- Reflexbogen, der zur Spastik führt, reduzieren
- Kinder zwischen 6 und 10 Jahren



Selektive Dorsale Rhizotomie



https://www.der-querschnitt.de/archive/7778/shutterstock_104298341-blamb-nervensystem



© Dr. A. Bevot, Universitätskinderklinik Tübingen
Selektive dorsale Rhizotomie Prinzip

SDR

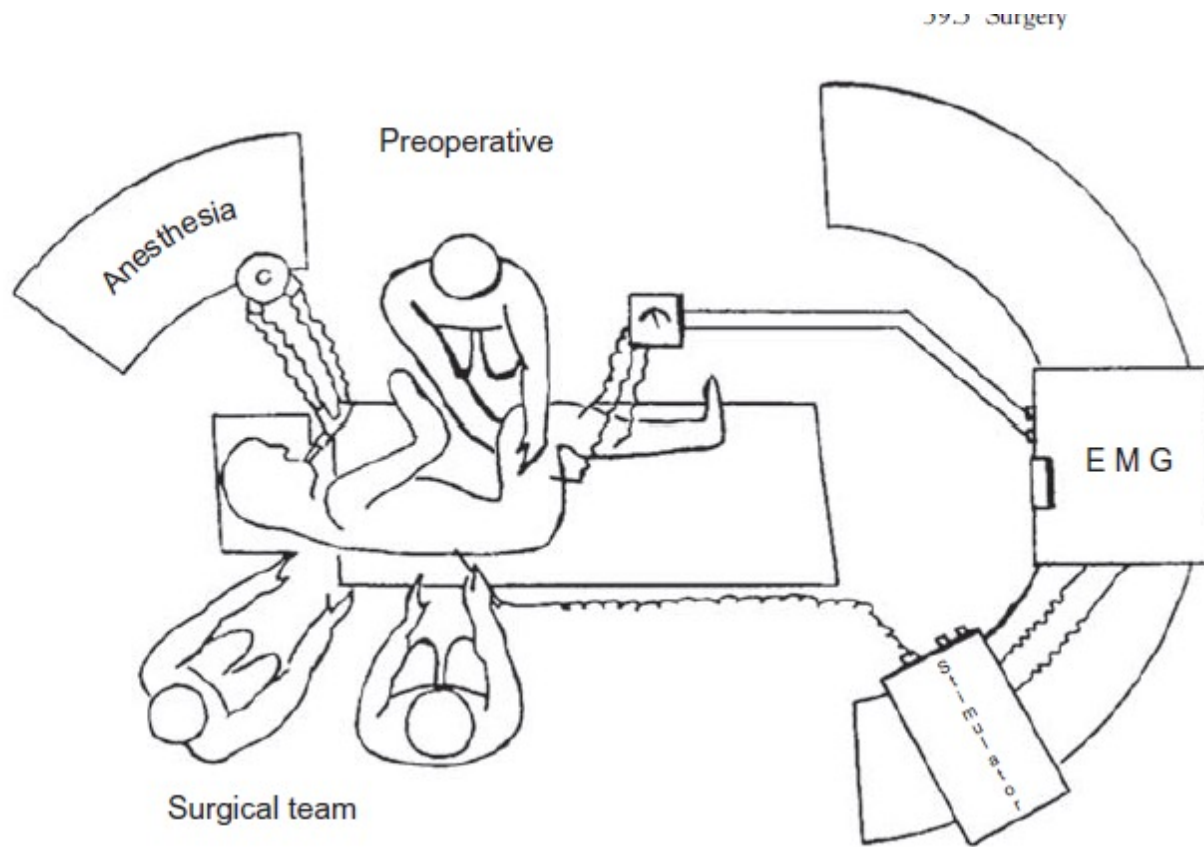


FIGURE 39.5 Sketch of the OR setting by Claude Gross. OR, operation room. Source: From Privat JM, Benezech J, Frerebeau P, Gros C. Sectorial posterior rhizotomy, a new technique of surgical treatment for spasticity. *Acta Neurochir* 1976;35:181–95.

SDR

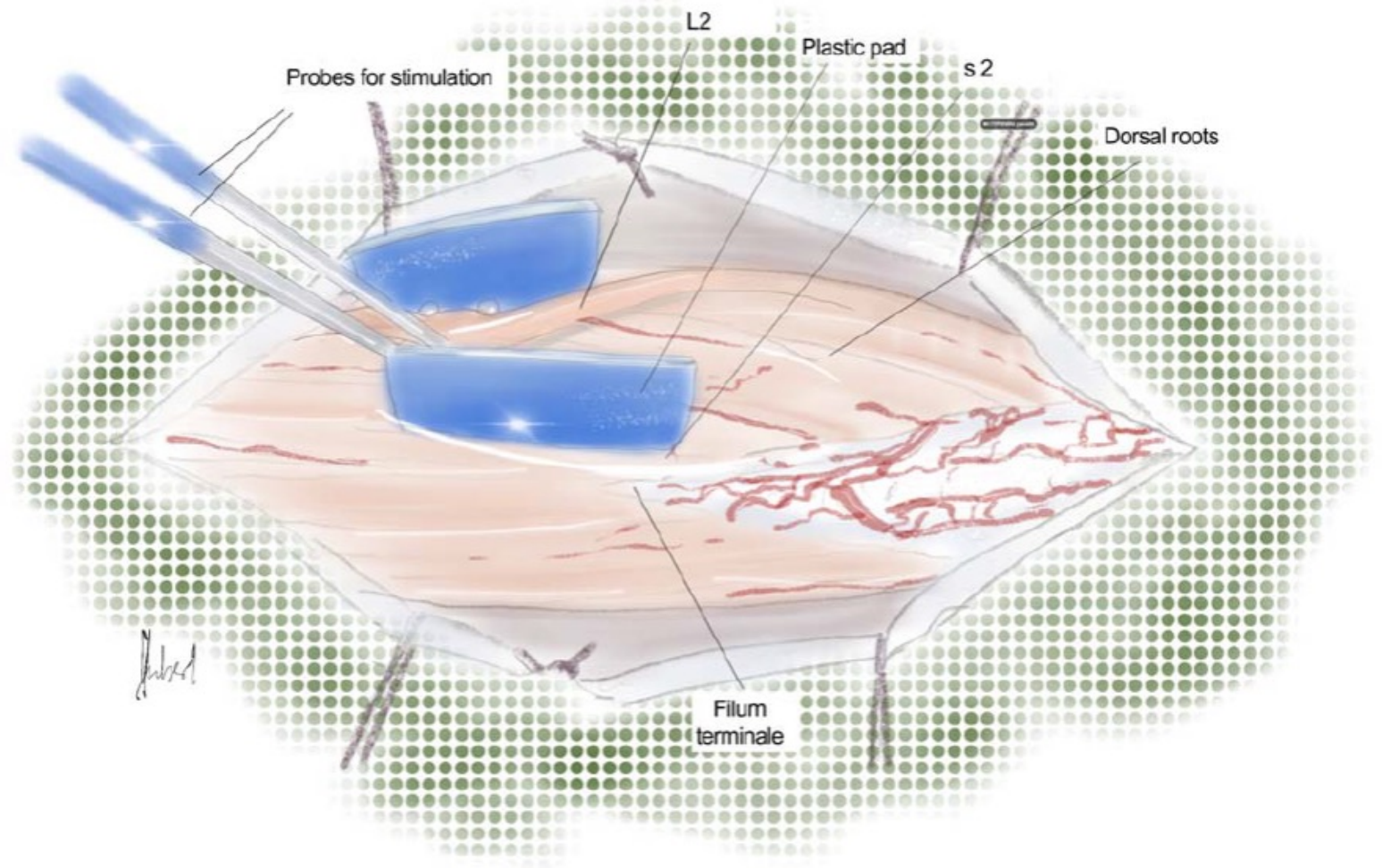


FIGURE 39.8 Surgical sketch: isolation of the sensory roots L2 to S1. Source: *Courtesy Hannes Haberl.*

SDR

Response to 50 Hz train stimuli	Grading	Decision
Unsustained or single discharge	0	Preferably spare
Sustained discharge of appropriate ipsilateral muscle group	1	Preferably spare
Sustained discharge of adjacent ipsilateral muscle group	2	Preferably spare
Sustained discharge of distant ipsilateral muscle group	3	Preferably cut
Sustained discharge of contralateral muscle group with or without ipsilateral involvement	4	Preferably cut

FIGURE 39.9 Grading system according to Phillips and Park. Source: From Phillips LH, Park TS. *Electrophysiological mapping of the segmental anatomy of the muscle of the lower extremity*. *Muscle Nerve* 1991;14:1213–8.

Patientenbeispiel nach SDR

-
- SDR 03/2021 der Wurzeln L1-S2

Video



Video



Video

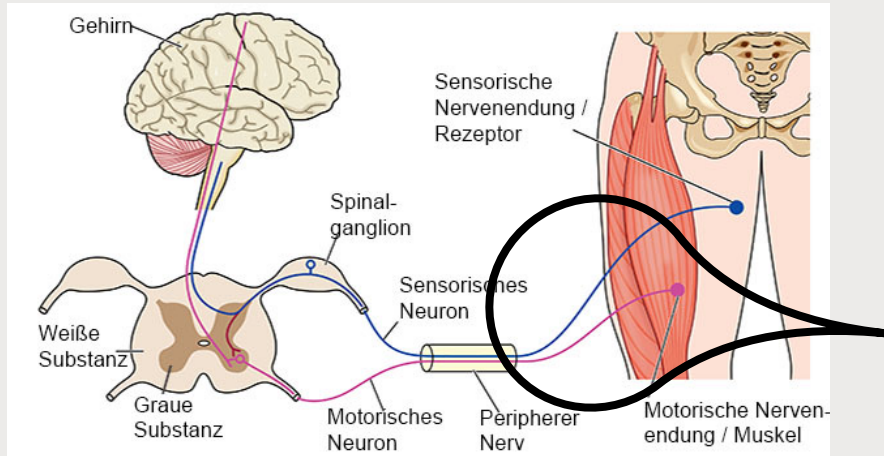
Video

Video

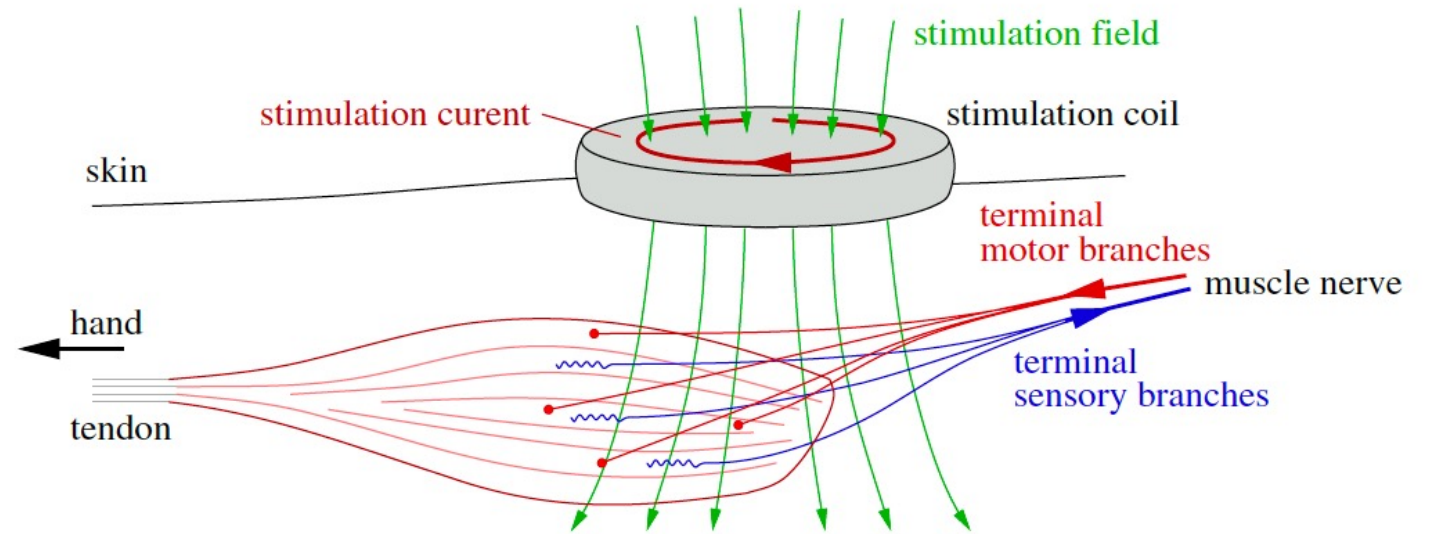
Repetitive periphere Magnetstimulation

- Prinzip der elektromagnetischen Induktion
 - Stimulationspuls ruft im leitfähigen Gewebe ein **elektrisches Feld** hervor (gedachte Leiterschleife)
- Entstehen von **Stromflüssen in physiologischer** Größenordnung
 - Depolarisation & Aktionspotenzial an Nervenfasern
 - Rekrutierung ausreichende Anzahl motorischer Einheiten
 - Kontraktion der Muskelfaser
- **Direkte Stimulation:** Motoneurone vor/ im Endplattenbereich (Efferenzen)
- **Indirekte Stimulation:** Muskelspindeln, H-reflex, Mechanorezeptoren durch Muskelkontraktion (Afferenzen)

Repetitive periphere Magnetstimulation



https://www.der-querschnitt.de/archive/7778/shutterstock_104298341-blamb-nervensystem



Behrens et al, IEEE Medicine an Biology AIC; 2006

Patientenbeispiel: Gluteus Stimulation bei Kind mit bilat. Spast. CP, GMFCS II

Video



Baumann et al.2018

Therapie

Aktivitätbasierte und zielorientierte Therapie

- Grundprinzipien:
 - Repetition mit Variation
 - Aufgabenspezifisch
 - Handlungsorientiert
 - Aktive Partizipation
 - Enriched Environment
- **Interdisziplinäre** Zusammenarbeit im Team (Physio, Ergo, Logo, Psych, Arzt, Pflege)
- Orientierung an den Ebenen der **ICF** → Funktion, Aktivität, Partizipation, Umweltfaktoren, Personenbezogene Faktoren
- Gemeinsame Zielfindung mit dem Patienten
 - Goal Attainment Scaling (GAS), SMART
- **Übergreifende Ziele:** Motorische Entwicklungsförderung, Erhalt der Strukturen, Verhinderung Deformitäten, Verbesserung der Mobilität

Unterstützung durch Robotik, Virtual Rehab, UK

- Lokomat
- Armeo
- Unterstütze Kommunikation
- Serious Gaming



Messwerte während Verlauf

Patientenbeispiel

GMFM 66	03.2021	05.2021
Punkte	51,1	55,4
Verbesserung	freihändig stehen, Einbeinstand mit festhalten, kontrolliert auf den Boden setzen, Hocke, Gegenstand aufheben, 10 Schritte an Hand gehalten	

10MWT	08.2020	08.2020	03.2021	05.2021
langsam	14:38 sek. /24 Schritte	14:78 sek. / 24 Schritte	22,23 Sek	22,16
schnell	15:21 sek / 25 Schritte	Fehlende Compliance	22,16 sek	9,30
Hilfsmittel	Rollator	PW	PW, Unterschenkelorthesen + Orthesenschuhe	PW, Unterschenkelorthesen + Orthesenschuhe

Messwerte während Verlauf Patientenbeispiel

Functional Mobility Scale	Prä-OP Myofasziotomie	Post-OP Myofasziotomie	Post-OP SDR
Aufnahme	22N	1NN	211
Entlassung		222	322

Rating

1

Uses wheelchair:

May stand for transfers, may do some stepping supported by another person or using a waler/frame.



Rating

2

Uses Kaye walker or frame:

Without help from another person.



Rating

3

Uses crutches:

Without help from another person.



5m

50m

500m

Rating

4

Uses sticks (one or two):

Without help from another person.



Rating

5

Independent on level surfaces:

Does not use walking aids or need help from another person.* Requires a rail for stairs.

* If uses furniture, walls, fences, shop fronts for support, please use 4 as the appropriate description.



Rating

6

Independent on all surfaces:

Does not use any walking aids or need any help from another person when walking, running and climbing stairs.

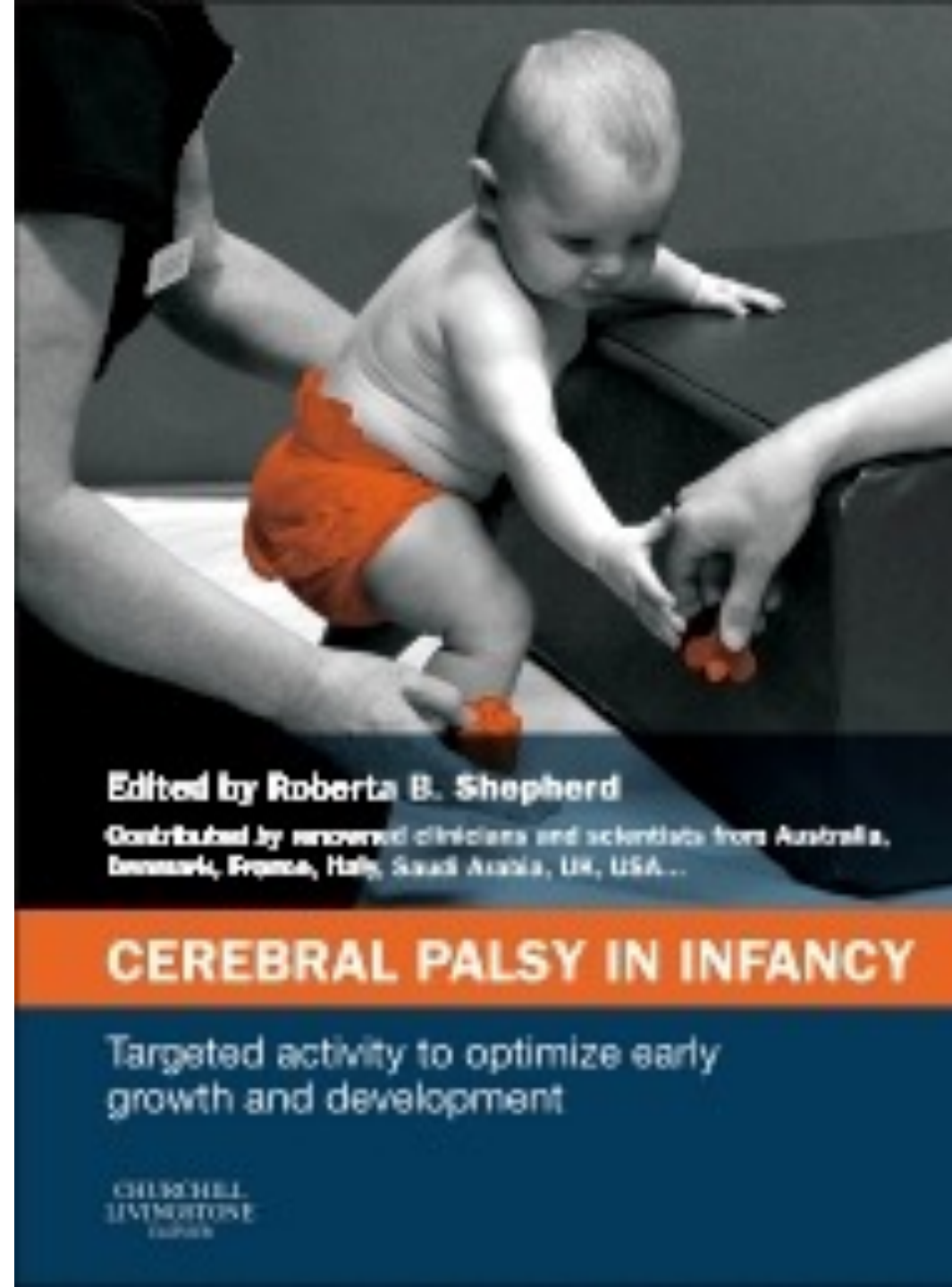


Remo frei stehen

- Video

Zusammenfassung

- Verständnis ist Voraussetzung für sinnvolle Therapie
- Hoher Bedarf für Forschung zu Ursachen und Therapie bleibt bestehen



Kontakt Vogtareuth

- Zentrales Belegungsmanagement:
 - Telefon 08038 90 1411
 - Vog.zbm@schoen-klinik.de

