



Inhalt

Vorwort	VII	4	Ultraschallgestützte Injektion	24
Allgemeiner Hinweis	VII	4.1	Vorbereitung auf die Injektion – Sedierung	24
Abkürzungen und Symbole	VIII	4.2	Ultraschallanwendung zur Injektion	25
Evidenzklassen	IX	5	Literatur Teil A	36
A Grundlagen	1	B Kopf – Hals	39	
1 Zerebralpareesen	2	6 Einleitung	40	
1.1 Einteilung der Zerebralpareesen	2	7 Speicheldrüsen	40	
1.2 Gross Motor Function Classification System	3	8 Sonografische Anatomie	40	
2 Botulinumtoxin	8	8.1 Gl. parotis	40	
2.1 Präparate und Zulassungen	8	8.2 Gl. submandibularis	41	
2.2 Botulinumtoxin-Therapie im Kindesalter	9	8.3 Gll. sublinguales	42	
2.3 Dosierungsempfehlungen	9	9 Sialorrhöe	43	
2.4 Sicherheit und Nebenwirkungen	10	9.1 Speichelproduktion und Sialorrhöe	43	
2.5 Evidenz	11	9.2 Quantifizierung der Sialorrhöe	44	
2.6 Dauer der Anwendung – Langzeitanwendung	12	9.3 Therapie der Sialorrhöe	44	
2.7 Muskellokalisation zur Injektion	12	9.4 Dosierungsempfehlungen	44	
3 Ultraschallanwendung	13	9.5 Evidenz	45	
3.1 Technische Grundlagen des Ultraschalls	13	10 Praktisch-anatomische Angaben für den Bereich Kopf – Hals	46	
3.2 Technische Voraussetzungen für die Muskelsonografie	14	10.1 Oberkiefer – M. masseter	47	
3.3 Sonomorphologie der Muskulatur	14	10.2 Unterkiefer – Gl. submandibularis	48	
3.4 Schallebenen	15	10.3 Oberkiefer – Gl. parotis	50	
3.5 Standardebenen am Stütz- und Bewegungsapparat	15	11 Literatur Teil B	52	
3.6 Querschnitte zur ultraschallgestützten Injektion	17			



C	Obere Extremität	53	D	Untere Extremität	129
12	Einleitung	54	16	Einleitung	130
12.1	Studienlage zur oberen Extremität	54	17	Spastische Gangmuster	130
12.2	Dosierung – Verdünnung an der oberen Extremität	54	17.1	Gangmuster bei bilateraler spastischer Zerebralparese (BS-CP)	131
12.3	Therapieziele an der oberen Extremität	58	17.2	Gangmuster bei unilateraler spastischer Zerebralparese (US-CP)	137
13	Spastische Bewegungsmuster an der oberen Extremität	58	18	Hüftluxationen – hip at risk	142
13.1	Spastische Bewegungsmuster an der Schulter	58	18.1	Röntgenologische Hüftbeurteilung	144
13.2	Spastische Bewegungsmuster am Ellenbogen	59	18.2	Hüfttampel	146
13.3	Spastische Bewegungsmuster an der Hand	59	19	Praktisch-anatomische Angaben für die untere Extremität	148
14	Praktisch-anatomische Angaben für die obere Extremität	62	19.1	Hüfte	149
14.1	Schultergelenk	63	19.2	Knie	168
14.2	Schulter	76	19.3	Sprunggelenk	176
14.3	Ellenbogen	82	19.4	Fuß und Zehen	188
14.4	Handgelenk	94	20	Literatur Teil D	200
14.5	Finger	108	E	Anhang	201
14.6	Daumen	118		Index	202
15	Literatur Teil C	128			

A Grundlagen

1 Zerebralpareesen

1.1 Einteilung der Zerebralpareesen

Die Zerebralparese (CP) stellt die häufigste motorische Behinderung im Kindesalter dar. Ihre Prävalenz beträgt 2–3 ‰, das entspricht einer Häufigkeit von zwei bis drei Fällen auf 1.000 Lebendgeborene. Die Prävalenz steigt mit der Frühgeburtlichkeit stark an. Bei der CP handelt es sich um eine große Gruppe ätiologisch sehr unterschiedlicher Krankheitsbilder, die auf der Phänomenologie basiert. Die Definition der SCPE-Arbeitsgruppe (*Surveillance of Cerebral Palsy in Europe*) schlägt folgende Synopsis vor:

Die CP enthält eine Gruppe von Krankheitsbildern, die

- zu einer Störung von Bewegung, Haltung und motorischer Funktionen führen,
- permanent, aber nicht unveränderlich sind,
- durch eine nicht progrediente Störung/Läsion/Auffälligkeit des sich entwickelnden/unreifen Gehirns entstehen.

Bei der Diagnosestellung sollten folgende Erkrankungen ausgeschlossen werden:

- progrediente Erkrankungen, die zu einem Verlust erworbener Fähigkeiten führen
- spinale Erkrankungen
- muskuläre Hypotonie als isoliertes neurologisches Zeichen

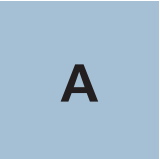
Die Nomenklatur wurde zwischenzeitlich angepasst, sodass hinsichtlich der topografischen Verteilung nur noch zwischen **unilateralen** und **bilateralen** spastischen Zerebralpareesen unterschieden wird. Die Bezeichnung Hemi-, Di-, Tri- und Tetraparese wurde verlassen. Auch ist die Bezeichnung -plegie im deutschen Sprachgebrauch unüblich, da sie dem Kraftgrad 0 und damit einer vollständigen Lähmung entspricht. Anhand des dominierenden neurologischen Symptoms wird eine Einteilung in drei Unterformen vorgenommen:

- spastische Zerebralpareesen
- dyskinetische Zerebralpareesen
- ataktische Zerebralpareesen

Die dyskinetische Form wiederum wird anhand der vorherrschenden Symptome in eine dystone oder choreoathetotische Unterformen unterschieden. Tabelle 1.1 gibt eine Zusammenfassung der neurologischen Kriterien der einzelnen Formen.

Typ	Subgruppen	Neurologische Kriterien	
Spastische CP		Muskelhypertonie	Gesteigerte Reflexe, Hyperreflexie Pyramidenbahnzeichen, z. B. Babinski-Reflex
		Pathologische Reflexe	
		Resultierend in abnormen Bewegungs- und Haltungsmustern (wie Spitzfußstellung, Innenrotation und Adduktion in der Hüfte, Pronation und Flexion im Unterarm)	
Dyskinetische CP		Unwillkürliche, unkontrollierte, sich wiederholende, teilweise stereotype Bewegungen	
		Persistierende Primitivreflexe (Moro-Reaktion, ATNR: asymmetrisch-tonischer Nackenreflex)	
		Wechselnder Muskeltonus	
	Dystone CP, dominiert durch:	Abnorme Haltung (kann hypokinetisch imponieren)	Charakteristisch sind unwillkürliche Bewegungen, verzerrte Willkürbewegungen und abnorme Haltung aufgrund von anhaltenden Muskelkontraktionen (langsame Rotation, Extension, Flexion von Körperteilen)
		Hypertonie (Tonus wechselnd, leicht evozierbare Tonuserhöhung)	
Choreoathetotische CP, dominiert durch:	Hyperkinesie (vermehrte Aktivität, Bewegungstürme)	Chorea: schnelle, unwillkürliche, zuckende, oft fragmentierte Bewegungen	
	Hypotonie (Muskeltonus fluktuierend, aber eher vermindert)	Athetose: langsamere, ständig wechselnde, windende oder drehende Bewegungen	
Ataktische CP		Stand- und Gangataxie mit gestörter Balance	Bei der ataktischen CP besteht ein Verlust von geordneter Muskelkoordination, sodass Bewegungen mit abnormer Kraft, Rhythmus und Präzision durchgeführt werden
		Dysmetrie mit über- und unterschließender Zielbewegung	
		Häufig Tremor, v. a. ein langsamer Intensionstremor	
		Erniedrigter Muskeltonus	

Tab. 1.1: Einteilung der Zerebralpareesen in Subtypen anhand der vorherrschenden neurologischen Symptome (mod. nach Krägeloh-Mann 2007). Beim Auftreten verschiedener neurologischer Symptome sollte die Zuordnung nach dem dominierenden Symptom vorgenommen werden





Die spastische Form der CP dominiert mit 90 % der Betroffenen deutlich, 6 % entfallen auf die dyskinetische CP mit den Subgruppen dystone und choreoathetotische CP und 4 % auf die ataktischen Formen (Abb. 1.1, nach Krägeloh-Mann 2007).

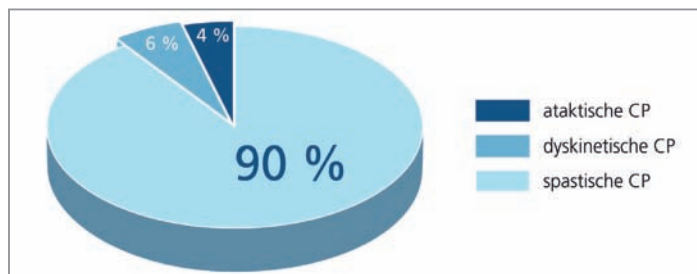


Abb. 1.1: Häufigkeit der unterschiedlichen Formen der CP

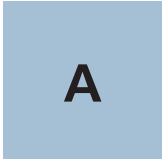
Zur Standardisierung und zur Ausarbeitung von Therapiealgorithmen ist eine möglichst genaue Eingrenzung des Krankheitsbildes mit seinen Einschränkungen notwendig. Dazu ist zum einen die Einteilung anhand der vorherrschenden neurologischen Symptome (Tab. 1.1) und zum anderen anhand der topografischen Verteilung erforderlich. Für die Grobmotorik hat sich das Gross Motor Function Classification System etabliert.

1.2 Gross Motor Function Classification System

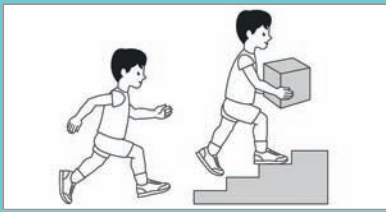
Das Gross Motor Function Classification System (GMFCS) ist ein standardisiertes, gut validiertes und reliables System zur Klassifizierung der motorischen Beeinträchtigung von Patienten mit Zerebralpareese (Palisano et al. 2000, 2006; Hanna et al. 2009). Es wurde 1997 entwickelt und klassifiziert die Patienten innerhalb einer 5-Punkte-Ordinalskala (Palisano et al. 1997).

Das GMFCS leitet sich von der Gross Motor Function Measure (GMFM) ab und orientiert sich an den motorischen Meilensteinen. Es wurde zunächst für Patienten mit CP bis zu einem Alter von zwölf Jahren angelegt und umfasste fünf Klassen für vier unterschiedliche Altersstufen (vor dem 2. Lebensjahr, zwischen dem 2. und 4. Lebensjahr, zwischen dem 4. und 6. Lebensjahr, zwischen dem 6. und 12. Lebensjahr). Zwischenzeitlich wurde es um die Altersstufe von 12 bis 18 Jahren erweitert. Die folgenden Tabellen 1.2 bis 1.6 geben die Expanded-and-Revised-Form (GMFCS – E & R) wieder (Palisano et al. 2008).

Mithilfe des Klassifikationssystems ist eine bessere Beschreibung der motorischen Beeinträchtigungen möglich, da die Zerebralpareese eine breite Entität darstellt. Therapiealgorithmen orientieren sich zunehmend an dem vorliegenden System.



1.2.1 GMFCS Stufe I

 <p>Gehen ohne Einschränkungen Einschränkungen der höheren motorischen Fähigkeiten</p>	Vor dem 2. Lebensjahr	<ul style="list-style-type: none"> Die Kinder bewegen sich in und aus dem Sitz auf dem Boden; freies Sitzen ohne Abstützen auf dem Boden, beide Hände sind dabei frei zum Spielen. Die Kinder krabbeln, ziehen sich zum Stand hoch und laufen einige Schritte mit Festhalten an Möbeln entlang. Die Kinder laufen zwischen dem 18. Lebensmonat und dem 2. Lebensjahr frei ohne eine zusätzliche Gehhilfe.
	Zwischen dem 2. und 4. Lebensjahr	<ul style="list-style-type: none"> Die Kinder sitzen frei auf dem Boden, beide Hände können zum Hantieren mit Gegenständen benutzt werden. Bewegungsübergänge in und aus dem Sitz vom Boden zum Stand sind ohne fremde Hilfe möglich. Die bevorzugte Fortbewegung ist das freie Gehen ohne Gehhilfen.
	Zwischen dem 4. und 6. Lebensjahr	<ul style="list-style-type: none"> Die Kinder können sich auf einen Stuhl selbstständig hinsetzen, sitzen bleiben und wieder aufstehen ohne Zuhilfenahme der Hände. Sie können selbstständig vom Boden und aus einem Stuhl aufstehen ohne Zuhilfenahme von Gegenständen zur Unterstützung. Die Kinder können innerhalb/außerhalb der Wohnung frei gehen und frei Treppen steigen. Beginnende Fähigkeit zu rennen und zu hüpfen.
	Zwischen dem 6. und 12. Lebensjahr	<ul style="list-style-type: none"> Die Kinder können zu Hause, in der Schule, außerhalb und in der Umgebung frei gehen. Die Kinder können ohne zusätzliche körperliche Hilfe Bordsteine herauf- und hinabsteigen sowie Treppen steigen ohne Festhalten am Geländer. Rennen und Hüpfen sind möglich, aber Geschwindigkeit, Gleichgewicht und Koordination sind eingeschränkt. Die Kinder können an körperlichen Aktivitäten und am Sport teilnehmen, abhängig von persönlichen Wünschen und Umweltbedingungen.
	Zwischen dem 12. und 18. Lebensjahr	<ul style="list-style-type: none"> Die Jugendlichen gehen zu Hause, in der Schule, draußen und in der Umgebung frei. Die Jugendlichen sind in der Lage, Bordsteine ohne körperliche Hilfe hinauf- und hinuntersteigen sowie Treppen steigen ohne Benutzung des Geländers zu bewältigen. Rennen und Hüpfen sind möglich, aber Schnelligkeit, Gleichgewicht und Koordination sind eingeschränkt. Die Jugendlichen können an körperlichen Aktivitäten und am Sport teilnehmen, abhängig von persönlichen Wünschen, Umweltbedingungen und Möglichkeiten.

Tab. 1.2: GMFCS Stufe I (deutsche Übersetzung mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. V. Mall, Arbeitsgruppe Bewegungsstörungen, Zentrum für Kinder- und Jugendmedizin, Universität Freiburg; Grafik: Kerr Graham, Bill Reid, Adrienne Harvey, Royal Children's Hospital Melbourne)

3.2 Technische Voraussetzungen für die Muskelsonografie

Wie bereits in Kap. 3.1 ausgeführt, kommen bei der Muskelsonografie ausschließlich Linearschallköpfe zur Anwendung. Diese haben folgende Vorteile:

- Keine Verzerrung im Nahbereich
- geometrietreue Darstellung
- große Kontaktfläche und damit gute Ankopplung



Abb. 3.2: Linearschallkopf für die Muskelsonografie

7,5 MHz galten lange Zeit als Mindestanforderung an den Schallkopf, mit ihnen wird eine Eindringtiefe von etwa 8 cm erreicht. Bei 10 MHz beträgt die Eindringtiefe 6 cm, bei 12 MHz 4 cm. Höherfrequente Schallköpfe bieten Vorteile im Nahbereich. Am häufigsten sind Multifrequenz-Schallköpfe im Einsatz. Diese lassen – je nach Erfordernis – eine Verstellung innerhalb eines vordefinierten Frequenzbereichs zu. In unserem Haus kommt ein 12-MHz-Multifrequenz-Schallkopf zum Einsatz, der einen Verstellbereich von 7–12 MHz besitzt; er kann je nach Erfordernis auf 7, 8, 10 oder 12 MHz eingestellt werden.

Bei der **Bildoptimierung** gibt es verschiedene Faktoren, die die Qualität beeinflussen (Tab. 3.1). Der Untersucher muss für optimale Untersuchungsbedingungen für sich und seinen Patienten sorgen. So vermindert das Ablegen der Hand/des Arms während der Untersuchung und vor allem während der Injektion Bewegungsartefakte und erhöht die Treffergenauigkeit. Gedämpftes Licht im Untersuchungsraum erhöht den Kontrast und erleichtert die Erkennung kleiner Strukturen auf dem Bildschirm des Ultraschallgerätes, erschwert aber u. U. die Injektion (siehe Tab. 3.1)

Optimale Bedingungen für die Muskelsonografie sind gegeben, wenn die folgenden Voraussetzungen erfüllt sind:

- Hoher dynamischer Bereich (viele Graustufen)
- mäßige Sendeintensität
- mäßige Empfangsverstärkung
- Konstanz des Tiefenausgleichs (TGC)
- möglichst mehrere Foci (geräteabhängig) für eine optimierte Ortsauflösung
- zur Gewebebeurteilung orthograd verlaufender Beschallungswinkel
- wenig Druck auf das Gewebe

Patientenbedingte Faktoren	<ul style="list-style-type: none"> • Vorbereitung des Patienten auf die Untersuchung • Mitarbeit des Patienten während der Untersuchung, z. B. Sedierung
Gerätebedingte Faktoren	<ul style="list-style-type: none"> • Technische Voraussetzungen Gerät/Schallkopf • Monitoreinstellungen (Helligkeit/Kontrast) • Schallkopfauswahl: Passt der gewählte Schallkopf zur Untersuchung? • Ist die Eindringtiefe für den Patienten ausreichend? • Gesamtverstärkung (gain): alle empfangenen Signale können gleichsinnig verstärkt (heller dargestellt) oder abgeschwächt (dunkler dargestellt) werden • Tiefenselektive Verstärkung (time gain control, TGC): laufzeitabhängige Verstärkung, d. h. selektiv für einen bestimmten Tiefenbereich • Fokus: Ist der Fokus richtig platziert?
Untersucherbedingte Faktoren	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretation und Einstellung des Bildes • Qualifikation des Untersuchers • Preprocessing: Anpassung des Bildes während der laufenden Untersuchung • Postprocessing: Anpassung des stehenden (eingefrorenen) Bildes • Ist die Ankoppelung optimal (genügend Gel)? • Ist der Dynamikbereich optimal gewählt?

Tab. 3.1: Einflussfaktoren auf die Bildqualität

Werden diese Bedingungen nicht eingehalten, so kann dies zur Verfälschung der Echointensität führen.

Eine Beurteilung der Muskulatur während der Injektion von Botulinumtoxin ist nicht möglich, da der Schallkopf für die Injektion in der Regel gekippt wird und damit kein orthograde Beschallungswinkel vorhanden ist. Soll eine Beurteilung der Muskulatur erfolgen, so muss diese getrennt von der Injektion, i. d. R. vorab, erfolgen.

3.3 Sonomorphologie der Muskulatur

Die Strukturen der Muskulatur stellen sich im Ultraschallbild schwarz (echoarm) oder weiß (echoreich) dar (Tab. 3.2), Knorpel bleibt echofrei. Ein Beispiel für die Sonomorphologie am Oberarm gibt Abb. 3.3.

Echoarm (schwarz im Ultraschallbild)	Echoreich (weiß im Ultraschallbild)
	Knochen (mit Schallschatten)
	Synovialis
Muskel	Fiederung innerhalb des Muskels
	Bänder, Sehnen (je nach Schallausbreitung)
	Periartikuläres Gewebe (unregelmäßig mit echoreichen/-armen Bezirken)
Gefäße (mit Pulsation, ggf. Doppler-, Farbdopplereinsatz)	Kanüle
Flüssigkeit/BTX	Nerven (Myelinscheide)

Tab. 3.2: Darstellung der Strukturen der Muskulatur im Ultraschallbild



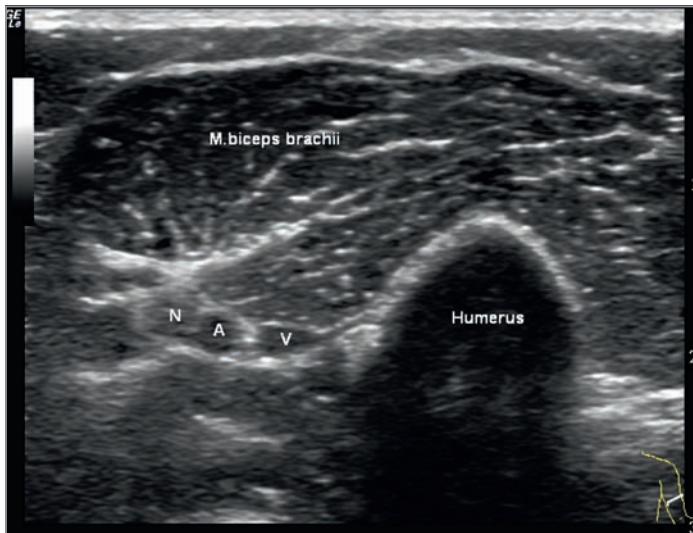


Abb. 3.3: Sonomorphologie am kindlichen Oberarm mit Darstellung von Muskulatur, Septen, Gefäßen, Nerv und Knochen mit Schallschatten.
N: N. medianus, **A/V:** A. und V. brachialis

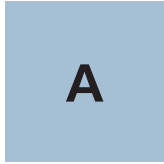
Die empfohlenen Orientierungen erfordern ein Drehen des Schallkopfes zwischen linker und rechter Extremität, sodass deckungsgleiche Bilder entstehen. Dabei kommt es zu einer gegenläufigen Bewegung von Schallkopf und Bildschirmbild.

Bei der diagnostischen Untersuchung einer Region ist die Darstellung von Längs- und Querschnitt unerlässlich. Soll die zu behandelnde Muskulatur vor der Injektion beurteilt und z. B. das Ausmaß der Echogenitätserhöhung festgestellt werden, so sollten beide Ebenen dargestellt werden. Insbesondere im Bereich der Wadenmuskulatur finden sich dabei wertvolle diagnostische Hinweise. Für die alleinige Injektion reicht in den meisten Fällen die Darstellung des Querschnitts aus, da in erster Linie Hinweise zur topografischen Abgrenzung gewonnen werden sollen.

3.4 Schallebenen

Für die Vereinheitlichung der Untersuchungsbedingungen ist die Definition von Schallebenen erforderlich. Dabei existieren innerhalb der Deutschen Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (DEGUM) unterschiedliche Richtlinien in verschiedenen Sektionen und Arbeitskreisen. Bei der ultraschallgestützten Injektionstechnik mit Botulinumtoxin finden die Empfehlungen des Arbeitskreises Bewegungsorgane der DEGUM Anwendung, die in Abbildung 3.4 wiedergegeben sind. Standarduntersuchungsebenen wurden von der DEGUM im Jahr 1997 für Gelenke festgelegt. Den neurologisch tätigen Kollegen sind parallel die Definitionen für die Nerven- und Muskelsonografie bekannt, die von den hier dargestellten abweichen.

Tipp
 Die diagnostische Untersuchung der Muskulatur erfolgt mit Darstellung von Längs- und Querschnitt. Zur topografischen Abgrenzung an der Muskulatur hat sich der Querschnitt etabliert, auf dem Längsschnitt kann nach der Injektion die Ausbreitung des Toxins besser nachverfolgt werden.



3.5 Standardebenen am Stütz- und Bewegungsapparat

Geht es um diagnostische Fragestellungen, so existieren die im Folgenden dargestellten Standardebenen für eine systematische Untersuchung. Das systematische Vorgehen kann insbesondere Anfängern zum Erlernen der Technik nahegelegt werden, damit sie sich einen standardisierten Untersuchungsgang aneignen. Die festgelegten Ebenen dienen der Beurteilung von Gelenken und gelenknaher Strukturen. Für die Muskulatur müssen sie um weitere Ebenen ergänzt werden.



Abb. 3.4: An die Empfehlungen der DEGUM (Arbeitskreis Bewegungsorgane) angelehnte Standardebenen für die ultraschallgestützte Injektionstechnik mit Botulinumtoxin

Von den Standardebenen am Stütz- und Bewegungsapparat übernommen werden kann die einheitliche Nomenklatur der Schnittebenen in:

- Längs- oder Querschnitt
- ventrale oder dorsale Schnittebene
- mediale, mediane oder laterale Schnittebene
- proximale oder distale Schnittebene

Entsprechend der geschalteten anatomischen Struktur tragen einzelne Ebenen auch Eigennamen (z. B. metakarpophalangealer oder perimalleolärer Längsschnitt).



3.6.3 Untere Extremität – Beugeseite

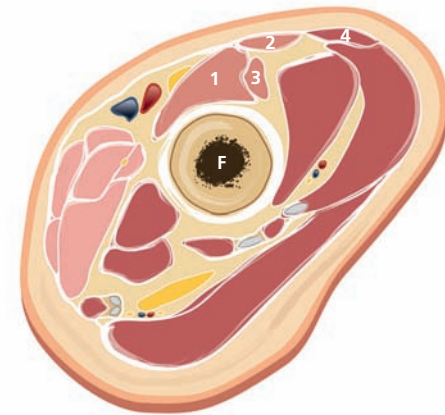
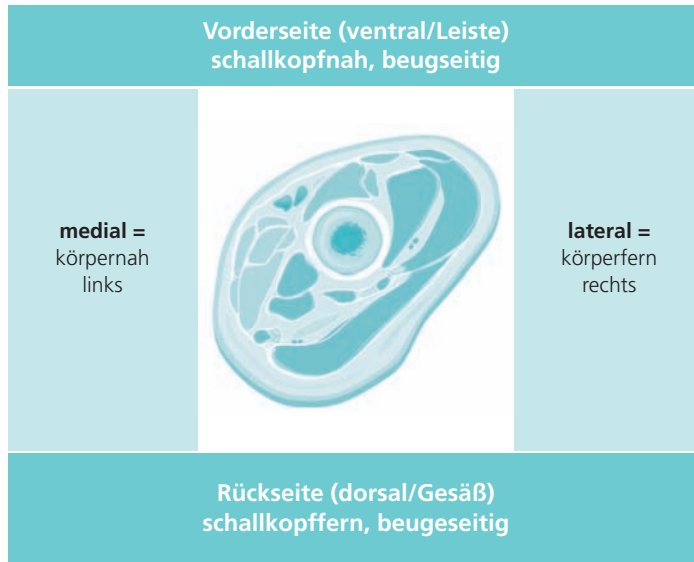


Abb. 3.19: Leiste. 1: M. iliopsoas, 2: M. sartorius, 3: M. rectus femoris, 4: M. tensor fasciae latae, F: Femur

A

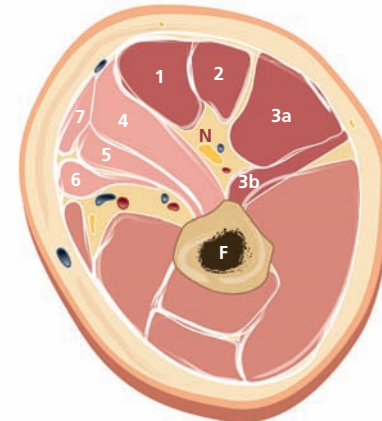
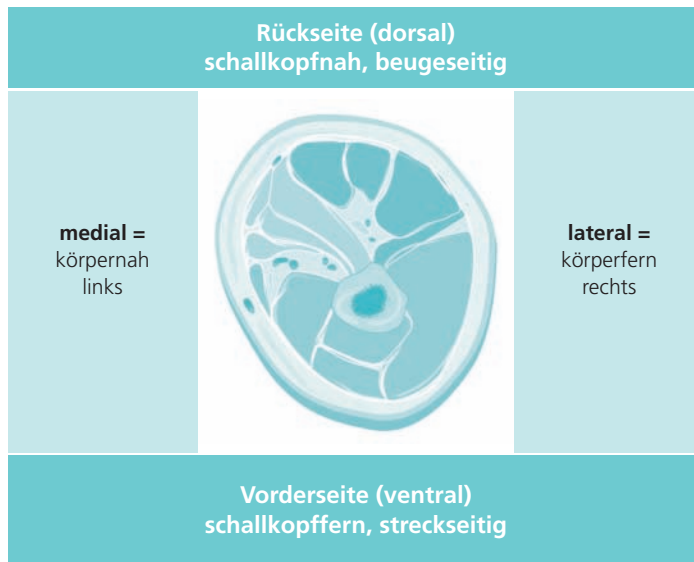


Abb. 3.20: Oberschenkel, Beugeseite. 1: M. semimembranosus, 2: M. semitendinosus, 3a: M. biceps femoris (Caput longum), 3b: M. biceps femoris (Caput breve), N: N. ischiadicus, 4: M. adductor magnus, 5: M. adductor brevis, 6: M. adductor longus, 7: M. gracilis, F: Femur

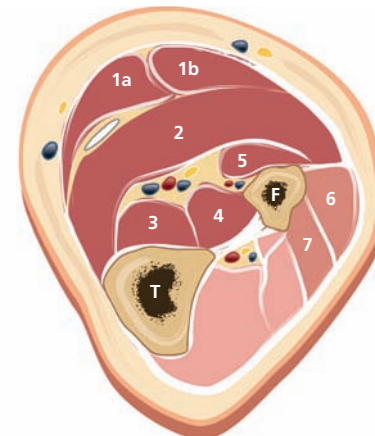
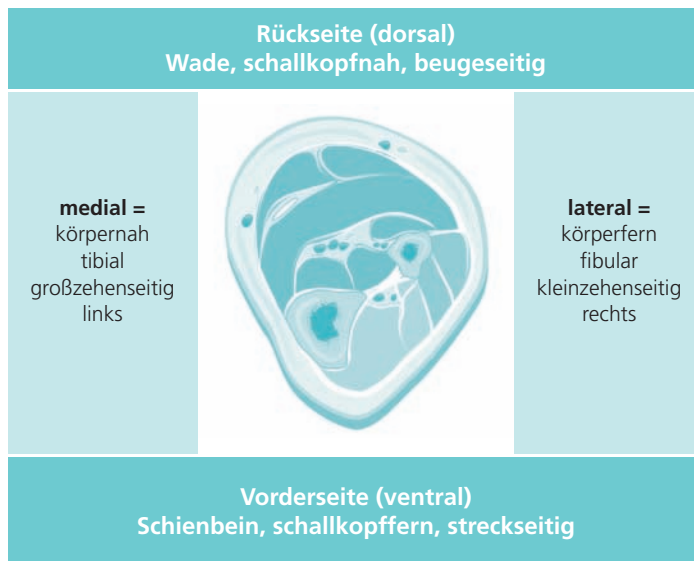


Abb. 3.21: Unterschenkel, Beugeseite (Wade). 1a: M. gastrocnemius (Caput mediale), 1b: M. gastrocnemius (Caput laterale), 2: M. soleus, 3: M. flexor digitorum longus, 4: M. tibialis posterior, 5: M. flexor hallucis longus, 6: M. peroneus longus, 7: M. peroneus brevis, T: Tibia, F: Fibula



3.6.4 Untere Extremität – Streckseite

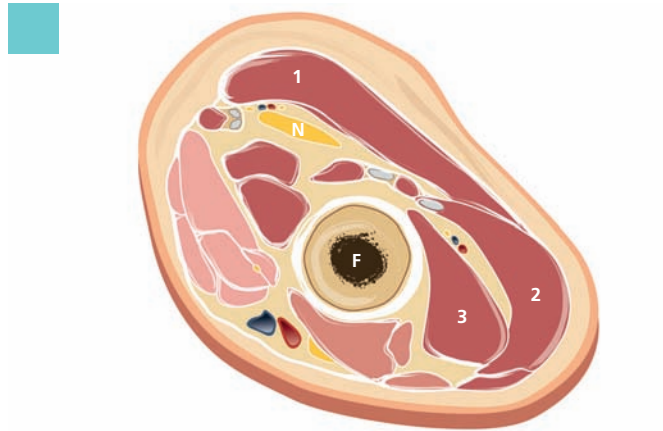


Abb. 3.22: **Gesäß.** 1: M. gluteus maximus, 2: M. gluteus medius, 3: M. gluteus minimus, N: N. ischiadicus, F: Femur

Rückseite (dorsal/Gesäß)
schallkopfnah, streckseitig

medial =
körpernah
links

lateral =
körperfern
rechts

Vorderseite (ventral/Leiste)
schallkopffern, beugeseitig

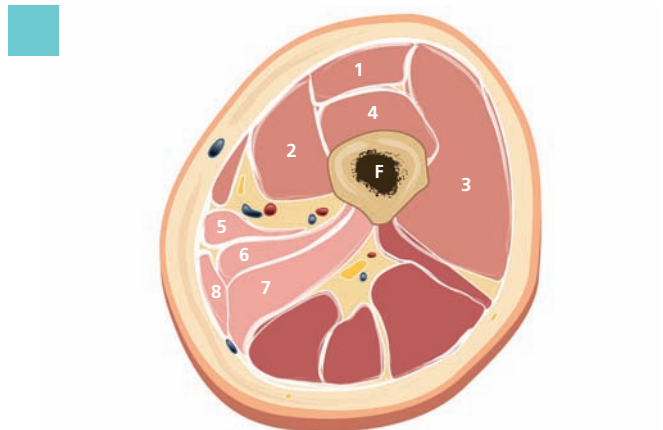


Abb. 3.23: **Oberschenkel, Streckseite.** 1: M. rectus femoris, 2: M. vastus medialis, 3: M. vastus lateralis, 4: M. vastus intermedius, 5: M. adductor longus, 6: M. adductor brevis, 7: M. adductor magnus, 8: M. gracilis, F: Femur

Vorderseite (ventral)
schallkopfnah, streckseitig

medial =
körpernah
links

lateral =
körperfern
rechts

Rückseite (dorsal)
schallkopffern, beugeseitig

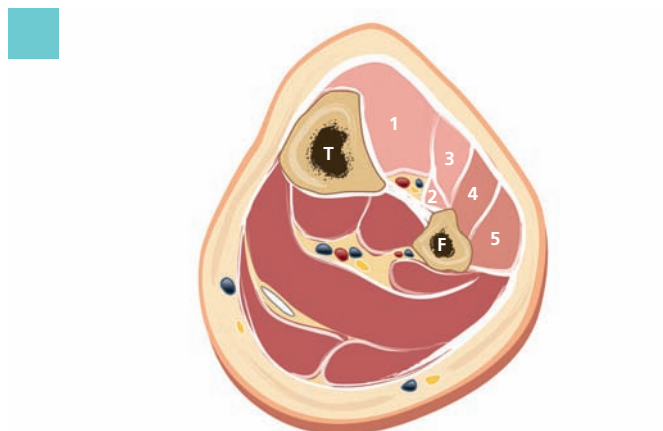


Abb. 3.24: **Unterschenkel, Streckseite (Schienbein).** 1: M. tibialis anterior, 2: M. extensor hallucis longus, 3: M. extensor digitorum longus, 4: M. peroneus brevis, 5: M. peroneus longus, T: Tibia, F: Fibula

Vorderseite (ventral)
Schienbein, schallkopfnah, streckseitig

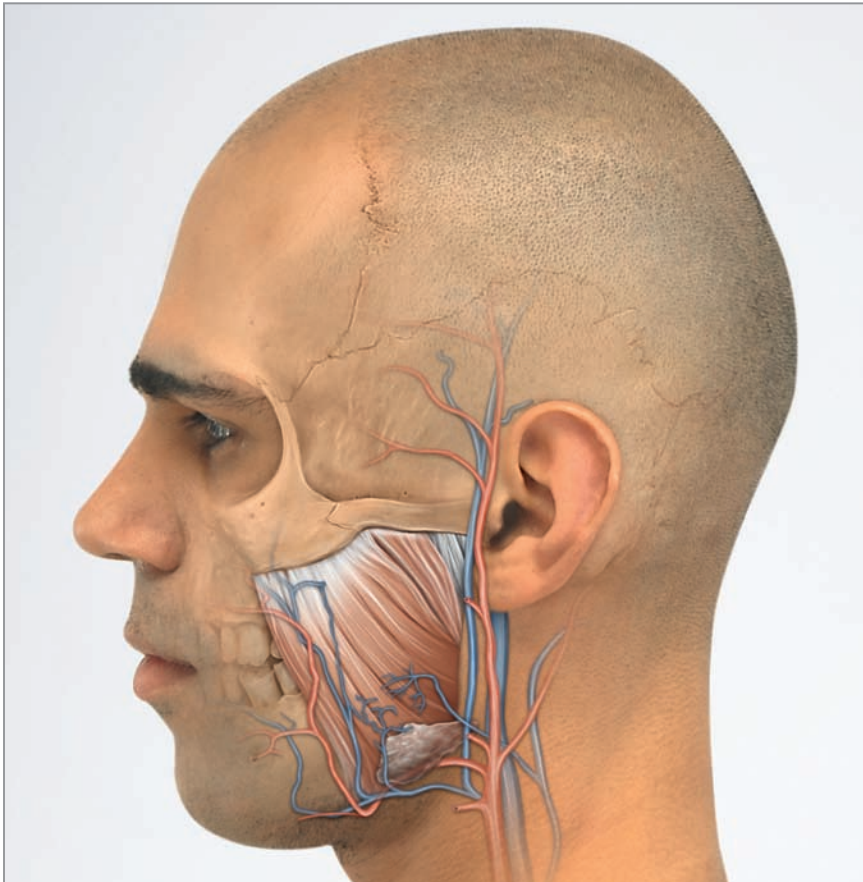
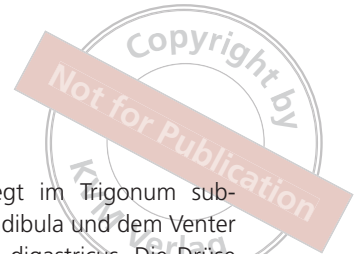
medial =
körpernah
tibial
großzehenseitig
links

lateral =
körperfern
fibular
kleinzehenseitig
rechts

Rückseite (dorsal)
Wade, schallkopffern, beugeseitig

A

10.2 Unterkiefer – Gl. submandibularis



Topografische Lage

Die Gl. submandibularis liegt im Trigonum submandibulare, zwischen Mandibula und dem Venter anterior et posterior des M. digastricus. Die Drüse wird in einen größeren, oberflächlichen und einen kleineren, tiefen Teil untergliedert.

Funktion:

- Hauptanteil an der Speichelproduktion, vor allem in Ruhe
- gemischte seromuköse Speicheldrüse

B



Lokalisation

Etwa in der Mitte des Unterkiefers unterhalb der Mandibula. Durch das Drüsengewebe können Gefäße ziehen (Äste der A. und V. facialis).

Tiefe: 1–2 cm

Hinweis: Die Gl. submandibularis hat eine glanduläre Echostruktur, vergleichbar mit der Schilddrüse.

Strukturen:

- Gl. submandibularis

Copyright by
Not for Publication

Praktisches Vorgehen

Die Punktion erfolgt an der Unterkante der Mandibula, etwa in der Mitte des Unterkiefers. Die Drüse ist als feste Struktur palpabel. Die Stichrichtung ist leicht kaudal gerichtet.

Lagerung des Patienten:

- Rückenlage
- Kopf zur Gegenseite gedreht
- sitzend

Hinweis: Der Kopf sollte durch eine Hilfsperson gut gehalten werden.



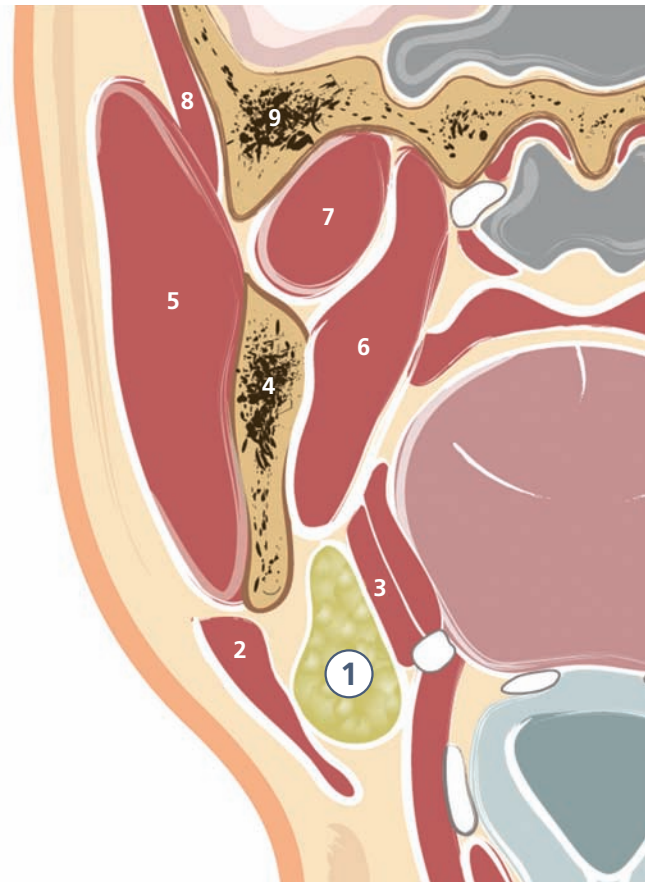
B

Topografische Hinweise

Beim Kind erfolgt in der Regel eine Injektion pro Drüse und Seite. Die Drüse hat eine feste Kapsel, deren Durchstechen bei der Injektion spürbar ist.

Cave: Um die Drüse herum verlaufen einige Äste der A. und V. facialis, eine intravasale Injektion muss ausgeschlossen werden. Im Zweifel sollte die Duplex-Funktion des Ultraschallgerätes genutzt werden.

- 1:** Gl. submandibularis, **2:** Platysma, **3:** M. digastricus, **4:** Mandibula, **5:** M. masseter, **6:** M. pterygoideus medialis, **7:** M. pterygoideus lateralis, **8:** M. temporalis, **9:** Os temporale



C Obere Extremität

12 Einleitung

Die Spastik an der oberen Extremität stellt an den Behandler höhere Anforderungen. Dies betrifft neben der Injektions- auch die Untersuchungstechnik. Besonders bei Kindern sind die Injektionen am Unterarm technisch schwieriger als an der Wade oder am Oberschenkel.

Die BTX-Therapie im Kindesalter fand ihre chronologische Verbreitung quasi von kaudal nach kranial: von der unteren über die obere Extremität bis zu den Speicheldrüsen. Somit bestehen längere klinische Erfahrungen mit Anwendungen an der unteren Extremität, was sich auch in der Studienlage widerspiegelt.

Eine Behandlung an der oberen Extremität wird eher später durchgeführt, da das Hauptaugenmerk zunächst auf dem Laufenlernen oder der Verbesserung des pathologischen Gangbildes liegt. Dabei gilt auch an der oberen Extremität ein früher Behandlungsbeginn für funktionelle Behandlungsziele als vorteilhaft. Bei einer späteren Behandlung stehen eher pflegerische Aspekte und die Verbesserung von Fehlstellungen im Vordergrund.

Auch im Bereich Untersuchungstechnik gibt es noch offene Fragen, da am Arm der ROM noch weniger mit der Funktion korreliert als am Bein. Hier sind Assessments gefragt, die uns eine zuverlässige Antwort z. B. über die Assistenzfunktion des betroffenen Arms bei einer unilateralen, spastischen Bewegungsstörung liefern.

12.1 Studienlage zur oberen Extremität

Die Studienlage für die obere Extremität ist insgesamt schlechter als diejenige für die untere Extremität (Tab. 12.1). Legt man höhere Evidenzklassen (I–III) zugrunde, so finden sich acht kontrollierte Studien mit 268 Patienten zur Behandlung an der oberen Extremität, sechs davon einfach- und zwei doppelblind. In den meisten Studien wurde eine Kombination aus Injektion und Ergotherapie gegen die alleinige Ergotherapie verglichen.

Die lokale Effektivität der BTX-Therapie an der oberen Extremität im Kindesalter ist belegt und in einer Cochrane Review zusammengefasst (Wasiak et al. 2004). In die Cochrane Review flossen lediglich zwei Studien ein, die die Kriterien randomisiert und kontrolliert (RCT) erfüllten.

Eine generelle Tonussenkung konnte in den meisten Studien nachgewiesen werden. Bei stärker beeinträchtigten Patienten können die Versorgung, Pflegbarkeit und das Handling, aber auch Fehlhaltungen verbessert werden (Friedman et al. 2000).

Für das Erwachsenenalter liegt die einzige randomisierte, doppelblinde und placebokontrollierte Studie vor, die eine Injektionsbehandlung mit BTX an der oberen Extremität mit einer oralen Medikation vergleicht. 60 Patienten mit einer Spastik nach Schlaganfall oder Schädel-Hirn-Trauma wurden einer von drei Behandlungsgruppen zugeordnet:

1. BTX-Injektion + orales Placebo
2. Placeboinjektion + Tizanidin
3. Placeboinjektion + orales Placebo

Studie	Design	Patientenzahl [n]	Zielkriterien
Wallen et al. 2007	SB/CT	80	BTX vs. BTX + Ergo vs. Ergo vs. keine Behandlung
Russo et al. 2007	SB/CT	43	BTX + Ergo vs. Ergo
Kawamura et al. 2007	DB/CT	39	Dosisvergleich
Lowe et al. 2007	SB/CT	(42)*	Sicherheit, BTX + Ergo vs. Ergo
Lowe et al. 2006	SB/CT	42	Dosis/Verdünnung, BTX + Ergo vs. Ergo
Speth et al. 2005	SB/CT	20	BTX + Ergo vs. Ergo
Fehlings et al. 2000	SB/CT	30	BTX + Ergo vs. Ergo
Corry et al. 1997	DB/PC	14	Placebo

Tab. 12.1: Studien zur Behandlung der kindlichen Spastik an der oberen Extremität mit Botulinumtoxin. Es wurden nur Studien der Evidenzklassen I–III berücksichtigt. *: Folgestudie, SB: einfachblind; DB: doppelblind; PC: placebokontrolliert; CT: kontrollierte Studie

Die BTX-Therapie war dabei sicherer (weniger Nebenwirkungen) und effektiver (größere Tonusreduktion) als die orale Medikation und wurde als Therapie der ersten Wahl empfohlen (Simpson et al. 2009).

12.2 Dosierung – Verdünnung an der oberen Extremität

Seit einigen Jahren wird bei der Behandlung von Kindern mit CP an der oberen Extremität immer häufiger von den an der unteren Extremität üblichen Dosierungen und Verdünnungen abgewichen. Die bis dahin gültigen Konsensusempfehlungen aus dem Jahr 2000 sahen eine Dosis von 1–3 I. E. Botox®/kg KG für die Muskeln der oberen Extremität vor. Als Verdünnung waren 2–2,5 ml NaCl pro Vial üblich (Graham 2000). In jüngerer Zeit hat sich eine niedrige Dosis in einem geringen Verdünnungsvolumen als vorteilhaft erwiesen (*Low-dose-/High-concentration-Technik*; Lowe et al. 2006; Sätälä et al. 2006; Kawamura et al. 2007).

Erste Untersuchungen zum Thema Injektionsvolumen/-dosis und Denervationsfläche gehen in die 1990er-Jahre zurück (Shaari u. Sanders 1993) und wurden am Tiermodell durchgeführt. An der oberen Extremität des Erwachsenen fehlt bislang der Nachweis eines Bezugs zwischen Konzentration und Wirkung (Francisco et al. 2002; Gracies et al. 2009). Bei einem Vergleich der gleichen Dosis (60 I. E. Botox®) in zwei verschiedenen Volumina zur Behandlung der adulten Spastik an der oberen Extremität (Handgelenks- und Fingerflexoren) zeigte sich keine signifikante Differenz. Beide Behandlungsgruppen profitierten signifikant von der Verbesserung des Muskeltonus (Francisco et al. 2002).

Bei der Untersuchung des Einflusses von Verdünnung und endplattenorientierter Injektion bei der Behandlung der Beugespastik im Ellenbogengelenk fand sich ein signifikanter Vorteil, wenn höhere





Volumina (100 I. E./ml vs. 20 I. E./ml Botox®) und eine endplattenorientierte Injektion erfolgte (Gracies et al. 2009). Weitere Untersuchungen, insbesondere an den kleinen Muskeln des Unterarms, sind erforderlich um Klarheit bringen.

Bislang war nur am M. biceps brachii die Lokalisation der Endplattenregion in Bezug auf externe Landmarks bekannt (Amirali et al. 2007). Bei anderen Muskeln war dies nicht der Fall, sodass keine klare Empfehlung zur Endplattenlokalisierung ausgesprochen werden konnte. In einer autoptischen, anatomischen Pilotstudie wurden weitere Muskeln untersucht (Deshpande et al. 2006): Analysiert wurden die Lage der Endplattenzonen (auch in Bezug auf anatomische Landmarks) sowie die Muskelfaserorientierung, um eine Empfehlung für den/ die Injektionspunkt(e) aussprechen zu können. Die Injektionstechnik

und Wirksamkeit der BTX-Therapie soll damit weiter verbessert werden. In Muskeln, in denen die **Endplattenzone** bandförmig **in der Breite** verläuft, werden die Injektionen eher nebeneinander platziert (z. B. Mm. biceps brachii, brachialis, pronator teres, flexor carpi ulnaris usw.), möglicherweise reichen hier auch geringere Verdünnungen aus. In Muskeln mit bandförmig **in der Länge** verlaufenden Endplatten erscheinen mehrere Injektionen untereinander in Verbindung mit einem höheren Verdünnungsvolumen vorteilhaft (z. B. Mm. gastrocnemius, soleus, tibialis anterior et posterior, biceps femoris).

In den folgenden acht Abbildungen 12.1 a–h ist der Verlauf der Endplattenzonen (gepunktete Linie) für die Muskeln der oberen Extremität dargestellt, in den Abbildungen 12.2 a–h für die Muskeln der unteren Extremität (mod. nach Deshpande 2006).

Endplattenzonen von Muskeln der oberen Extremität



Abb. 12.1 a: M. biceps brachii: Injektion in der Mitte des Oberarms, in der Breite

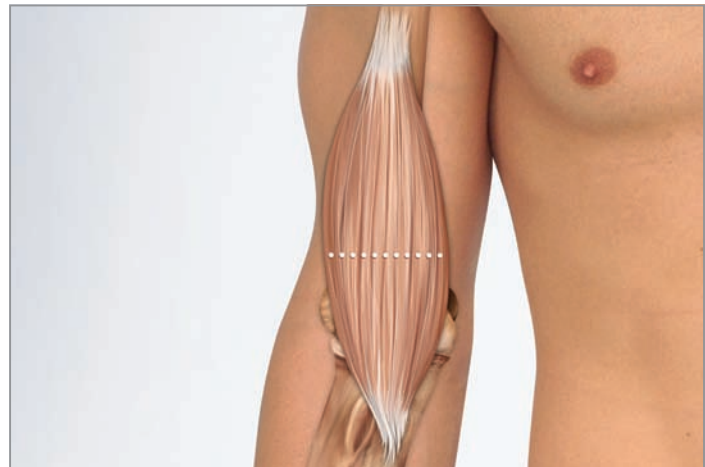


Abb. 12.1 b: M. brachialis: Injektion im unteren Drittel des Oberarms, in der Breite



Abb. 12.1 c: M. pronator teres: Injektion im oberen Viertel des Unterarms, in der Breite

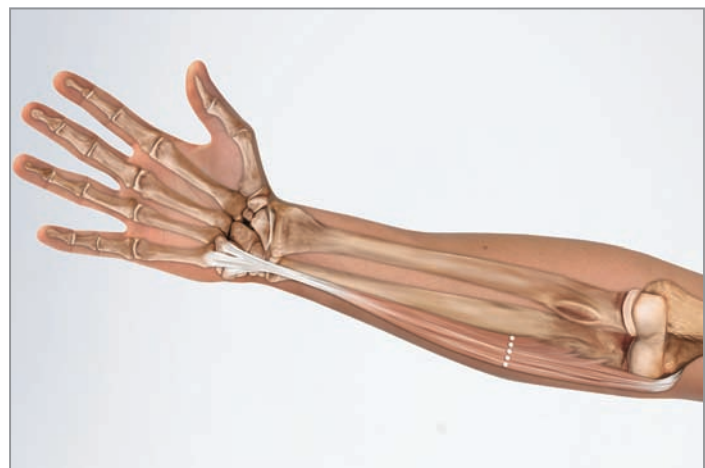


Abb. 12.1 d: M. flexor carpi ulnaris: Injektion im oberen Drittel des Unterarms, in der Breite





An der Hand werden vier spastische Muster unterschieden:

1. Spastisch ge Faustete Hand
2. Greif- oder Krallenhand
3. Lumbrikalhand
4. Eingeschlagener Daumen

13.3.1 Spastisch gebeugte/gefaustete Hand

Die spastisch gebeugte Hand stellt die häufigste Handfehlstellung dar (Abb. 13.3). Insbesondere den Pädiater sollte eine ständig ge Faustete Hand bei einem Säugling oder Kleinkind veranlassen, eine eingehende klinische Untersuchung und ggf. weitere Diagnostik einzuleiten. Das klinische Bild ist geprägt durch eine komplette Beugung im Handgelenk sowie der Finger. Häufig begleitet wird die gebeugte Hand von einer Thumb-in-palm-Fehlstellung (Kap. 13.3.4).

Klinisches Bild:

- Flexion im Handgelenk
- Flexion der Langfinger II–V
 - in den Grundgelenken
 - in den proximalen Interphalangealgelenken (PIP)
 - in den distalen Interphalangealgelenken (DIP)
- variable Fehlstellung des Daumens

Die Beteiligung der folgenden Muskelgruppen sollte in einer klinischen Untersuchung abgeklärt werden:

- M. flexor carpi radialis
- M. flexor carpi ulnaris
- M. flexor digitorum superficialis
- M. flexor digitorum profundus



Abb. 13.3: Spastisch ge Faustete Hand (mit eingeschlagenem Daumen)

13.3.2 Greif- oder Krallenhand

Bei der spastischen Greif- oder Krallenhand findet sich eine (Über-) Streckung in den Grundgelenken (Metakarpophalangealgelenke, MCP) bei gleichzeitiger Beugung in den proximalen und distalen Interphalangealgelenken (PIP und DIP, Abb. 13.4).

Bedingt ist diese Fehlstellung durch eine Kokontraktion (synergistische antagonistische Wirkung) von Fingerbeugern und -streckern. Auch bei dieser Fehlstellung kann begleitend eine variable Flexion des Daumens hinzutreten.

Klinisches Bild:

- Extension im Handgelenk
- Extension in den Fingergrundgelenken II–V (MCP)
- Flexion der Langfinger in den Mittel- und Endgelenken II–V
 - in den proximalen Interphalangealgelenken (PIP)
 - in den distalen Interphalangealgelenken (DIP)
- variable Fehlstellung des Daumens

Die Beteiligung der folgenden Muskelgruppen sollte in einer klinischen Untersuchung abgeklärt werden:

- M. flexor digitorum superficialis
- M. flexor digitorum profundus
- M. extensor digitorum communis

Die Extension im Handgelenk durch den M. extensor digitorum communis sorgt physiologischerweise für eine Vorspannung der Fingerbeuger, sodass der M. flexor digitorum superficialis optimal arbeiten kann.



Abb. 13.4: Spastische Greif- oder Krallenhand

Je distaler die Beschwerdesymptomatik, desto stärker sind die Fingerbeuger beteiligt (Mm. flexor digitorum superficialis et profundus). Die Fingerbeuger sind auch allein in der Lage, zu einer kompletten Flexionsfehlstellung (mit Beugung des Handgelenks) zu führen.

Als Faustregel kann gelten: Je deutlicher die Fingergrundgelenke (MCP) in Nullstellung oder in Extension stehen, desto eher muss der M. extensor digitorum communis behandelt werden.



13.3.3 Lumbrikalhand

Die Lumbrikalhand ist charakterisiert durch eine Flexion der Grundgelenke (MCP) bei gleichzeitiger Extension der Mittelgelenke (PIP und DIP; Abb. 13.5). Besonders häufig wird diese Handfehlstellung bei schwer behinderten Patienten (höherer GMFCS-Grad) mit einer bilateralen, spastischen Zerebralparese (Tetraparese) beobachtet.

Klinisches Bild:

- Flexion der Grundgelenke II–V (MCP)
- Extension in den Mittel- und Endgelenken II–V
 - in den proximalen Interphalangealgelenken (PIP)
 - in den distalen Interphalangealgelenken (DIP)
- variable Fehlstellung des Daumens

Die Beteiligung der folgenden Muskelgruppen sollte in einer klinischen Untersuchung abgeklärt werden:

- Mm. lumbricales manus
- M. flexor digitorum profundus

Zu dieser charakteristischen Fehlstellung kommt es durch den Zug der Mm. lumbricales manus, die den Sehnen des M. flexor digitorum profundus entspringen. Auch hier handelt es sich um eine Kokontraktion zweier verschiedener Muskelgruppen; die Beteiligung der einzelnen Muskeln ist getrennt voneinander zu prüfen.



Abb. 13.5: Spastische Lumbrikalhand

Der M. flexor digitorum profundus ist einziger Beuger der Fingerendgelenke (PIP), seine Beteiligung kann durch passive Bewegung im Endgelenk geprüft werden. Die Grundgelenke müssen in Flexion gehalten werden!

13.3.4 Eingeschlagener Daumen (Thumb-in-palm-Fehlstellung)

Die Fehlstellung des Daumens darf nicht isoliert betrachtet, sondern muss bei allen genannten Handfehlstellungen geprüft werden (spastisch gebeugte Hand, Greif- oder Krallenhand und Lumbrikalhand)! Diverse Muskeln können variabel an der Fehlstellung beteiligt sein.

Die Beteiligung der folgenden Muskelgruppen sollte in einer klinischen Untersuchung abgeklärt werden:

- M. flexor pollicis longus
- M. flexor pollicis brevis
- M. adductor pollicis
- M. opponens pollicis



Abb. 13.6: Spastisch eingeschlagener Daumen

Der Daumen besitzt acht Muskeln, die an den Bewegungen beteiligt sind (Tab. 13.2). Vier davon sind kräftig und von Bedeutung für die Grobmotorik, sie sind extrinsisch am Unterarm gelegen. Dazu zählen der M. flexor pollicis longus volarseitig sowie dorsal die Mm. extensor pollicis brevis et longus und der M. abductor pollicis. Die übrigen vier Muskeln sind wichtig für feinmotorische Aufgaben. Drei davon liegen im Bereich des Thenars (Mm. abductor pollicis, flexor pollicis et opponens pollicis), einer – der M. adductor pollicis – zwischen erstem und zweitem Strahl.

Extrinsische Daumenmuskeln (grobmotorische Aufgaben)		Intrinsische Daumenmuskeln (feinmotorische Aufgaben)	
Volarseitig	M. flexor pollicis longus	Thenar	M. abductor pollicis brevis
Dorsalseitig	M. extensor pollicis longus		M. flexor pollicis brevis
	M. extensor pollicis brevis	M. opponens pollicis	M. adductor pollicis brevis
	M. abductor pollicis longus		

Tab. 13.2: Die acht Muskeln des Daumens

Flexion im Endgelenk = M. flexor pollicis longus
 Flexion im MCP-Gelenk = M. flexor pollicis brevis
 Adduktion = M. adductor pollicis longus et brevis
 Opposition = M. opponens pollicis
 Extension im Endglied = M. extensor pollicis longus



14.1.3 M. trapezius (Pars transversa)



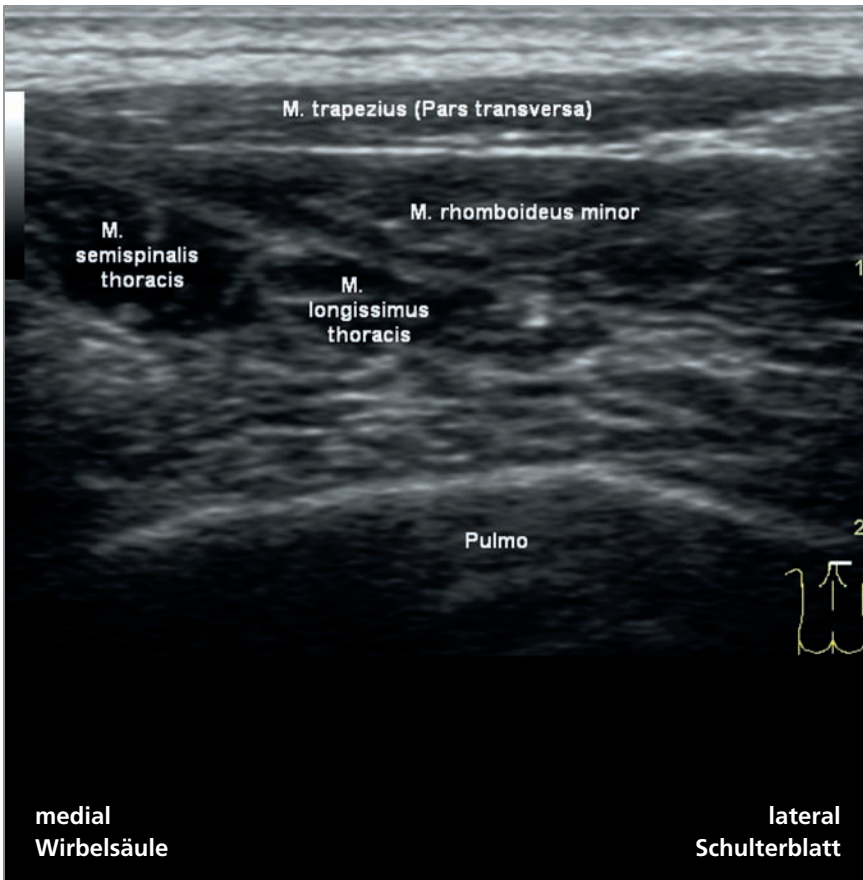
Topografische Lage

Die Pars transversa des M. trapezius zieht vom Processus spinosi des 5. Hals- bis 3. Brustwirbelkörpers zum medialen Rand des Akromions und zur oberen Kante der Spina scapulae.

Funktion:

- Fixierung der Skapula am Rumpf
- zieht die Skapula medialwärts

C



Lokalisation

Der Muskel liegt oberflächlich. Lateral darunter liegt der M. rhomboideus minor, medial darunter der M. semispinalis thoracis.

Tiefe: 0,5 cm

Strukturen:

- M. trapezius (Pars transversa)
- M. rhomboideus minor
- M. semispinalis thoracis
- M. longissimus thoracis
- Pulmo

Praktisches Vorgehen

Die Injektion erfolgt oberflächlich ca. 1–2 cm vom oberen, medialen Rand der Skapula entfernt auf einer waagerechten Linie zwischen Spina scapulae und Wirbelsäule.

Lagerung des Patienten:

- Bauchlage
- sitzend



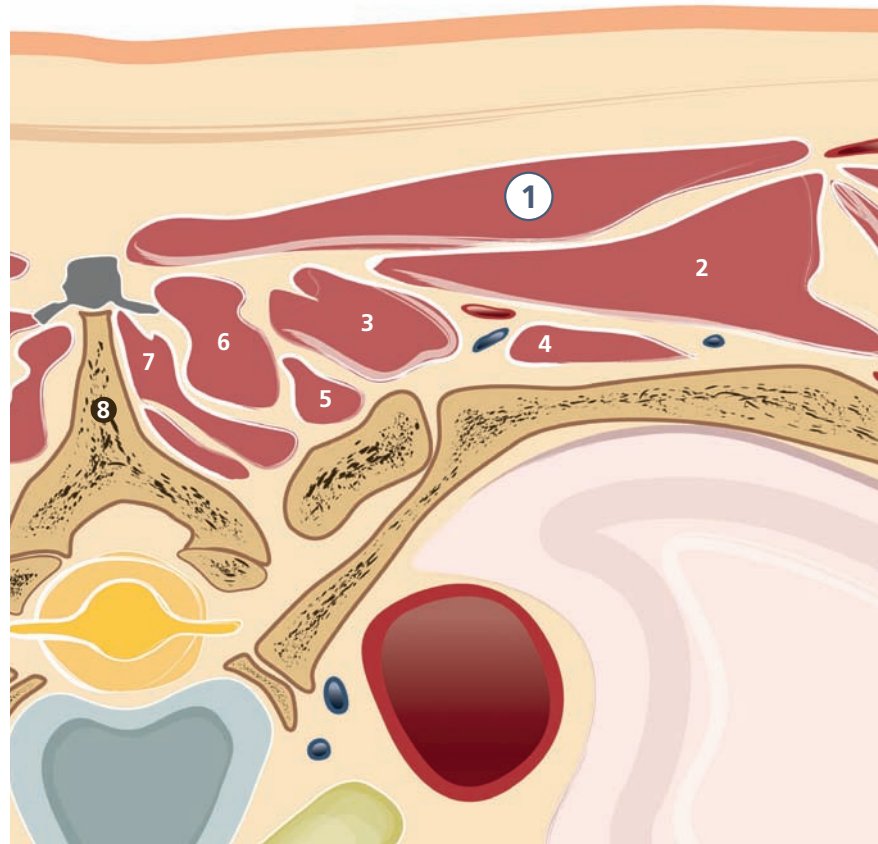
C

Topografische Hinweise

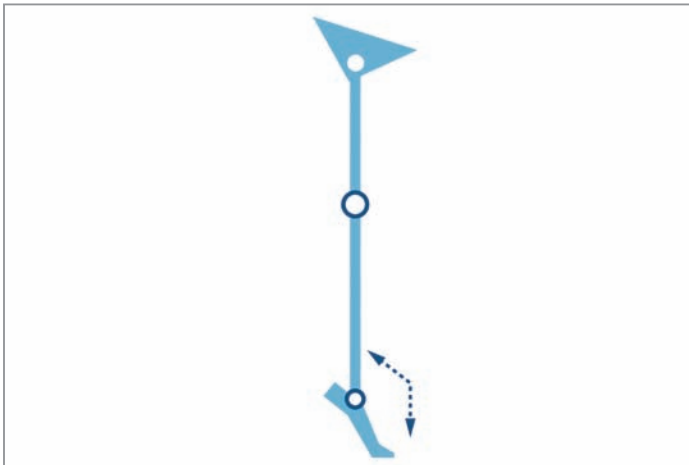
Bei zu tiefer Injektion wird der M. rhomboideus erreicht.

Cave: Theoretisch besteht die Möglichkeit, bei sehr tiefer Injektion einen Pneumothorax zu verursachen.

1: M. trapezius, **2:** M. rhomboideus major, **3:** M. longissimus thoracis, **4:** M. iliocostalis thoracis, **5:** Mm. rotatores thoracis, **6:** M. semispinalis thoracis, **7:** M. multifidus, **8:** Processus spinosus



17.1.1 Spastischer Spitzfuß



Beckenkipfung	Normal oder anterior
Hüftflexion/-extension	Normal
Knieflexion/-extension	Normal bis rekurviert
Sprunggelenk Dorsalextension/Plantarflexion	Spitzfuß $\alpha > 90^\circ$

Tab. 17.1: Typ I – Spastischer Spitzfuß (true equinus)



Abb. 17.2: Spastischer Spitzfuß bei bilateraler spastischer Zerebralparese

Typisierung:

- Häufige Indikation für die BTX-Therapie
- Knie kann gestreckt oder überstreckt (rekurviert) sein

Spastizität:

- M. gastrocnemius und M. soleus (Untersuchung durch den Silverskjöld-Test)
- M. tibialis posterior (spastischer Klumpfuß)

Behandlungsalgorithmus bei Spitzfuß

BTX bei rein spastischer Komponente

- + Funktionsorthesen
- + Lagerungsorthesen
- + Cast bei beginnender struktureller Komponente
- + OP beim strukturellen Spitzfuß/Klumpfuß

Behandlungsalgorithmus bei Spitz-Knickfuß

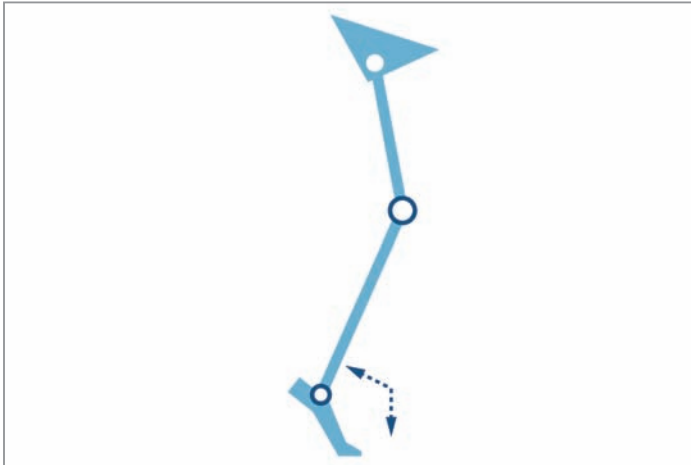
Spitzfußkomponente mit BTX behandeln

- + Knickfußkomponente mit Orthese führen
- + auf korrekte Einstellung des Rückfußes achten
- + Operation bei Progredienz/struktureller Deformität oder globaler Instabilität (Schaukelfuß)





17.1.2 Spastischer Spitzfuß mit gebeugtem Knie



Beckenkipfung	Normal oder anterior
Hüftflexion/-extension	Normal bis flektiert
Knieflexion/-extension	Flektiert
Sprunggelenk Dorsalextension/Plantarflexion	Spitzfuß $\alpha > 90^\circ$

Tab. 17.2: Typ II – Spastischer Spitzfuß mit gebeugtem Knie (jump knee)



Abb. 17.3: Spastischer Spitzfuß mit gebeugtem Knie bei bilateraler spastischer Zerebralparese

Typisierung:

- Spitzfuß am Ende der Standbeinphase
- Hüft- und Kniegelenk zu Beginn der Standbeinphase stark flektiert, zum Ende der Standbeinphase unzureichend extended
- steifes Knie durch Kokontraktion von medialer ischiokruraler Muskelgruppe und M. rectus femoris möglich

Spastizität:

- M. gastrocnemius und M. soleus
- mediale ischiokrurale Muskelgruppe
- bei steifem Knie auch M. rectus femoris



Behandlungsalgorithmus bei Kniebeugespastik

BTX bei rein tonischer Verkürzung

- + Lagerungsothesen (mit/ohne Gelenk)
- + Gipse bei beginnender struktureller Komponente (Cave: gleichzeitige Hüftdezentrierung!)
- + OP-Indikation bei struktureller Verkürzung



18.1 Röntgenologische Hüftbeurteilung

Bei der Beurteilung des Risikos für die Entwicklung einer Hüftluxation bei von Kindern mit Zerebralparese haben sich einige Kriterien als wichtig erwiesen (Abb. 18.6, Tab. 18.1). Auch durch den Nicht-Radiologen lassen sich aus dem Röntgenbild wichtige Informationen lesen. Die Schnittstelle zum Orthopäden/Kinderorthopäden kann durch die Kenntnis dieser Kriterien weiter optimiert werden.

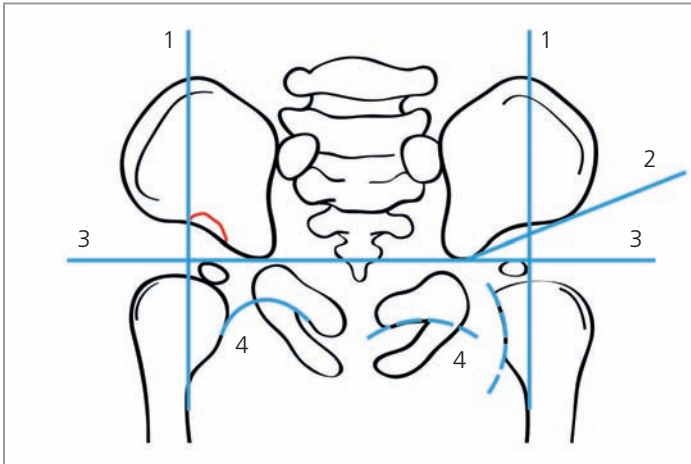


Abb. 18.6: Verschiedene Beurteilungskriterien an der Hüfte. **1:** Ombredanne-Senkrechte, **2:** AC-Winkel (AC = Acetabulum), **3:** Hilgenreiner-Linie, **4:** Shenton-Ménard-Linie. Auf der linken Bildhälfte ist ein unauffälliger und rechts ein pathologischer Befund dargestellt

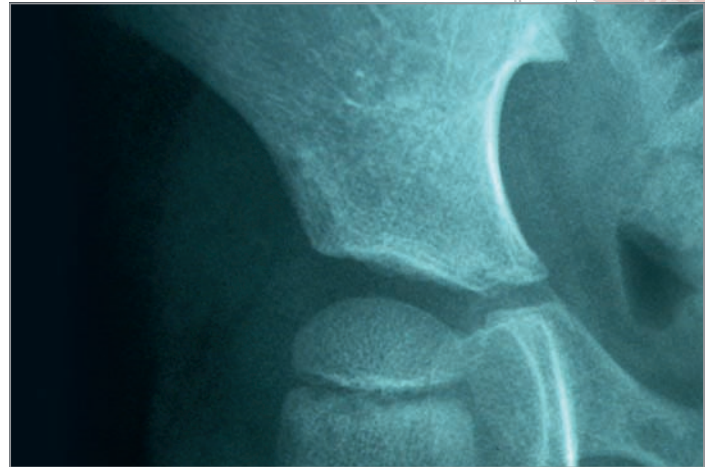


Abb. 18.7: Beckenübersichtsaufnahme eines Patienten mit bilateraler spastischer Zerebralparese. Zu erkennen ist das Ende der Sklerosierungslinie, von der aus die Ombredanne-Senkrechte zu Bestimmung des Migrationsindex gefällt wird

Auf der Beckenübersichtsaufnahme des Kindes mit Zerebralparese sollten die folgenden Parameter beurteilt werden (mod. nach Robin et al. 2009):

- Integrität der Shenton-Ménard-Linie
- Kontur des Hüftkopfes
- Form der Hüftpfanne
- Beckenschiefstand

D

Ombredanne-Senkrechte	Lot von der lateralen Hüftpfannendachecke auf die Hilgenreiner-Verbindungslinie
Hilgenreiner-Linie	Nach lateral verlängerte Verbindungslinie der Fußpunkte der Y-Fugen
Shenton-Ménard-Linie	Verbindung der Konturen der medialen Schenkelhalskontur und des unteren Schambeinastes
AC-Winkel	Acetabulumwinkel oder Pfannendachwinkel nach Hilgenreiner: Winkel zwischen der Y-Fuge und der Hilgenreiner-Linie zum Pfannenerker; wichtiger Winkel zur Beurteilung der Hüftdysplasie, es existieren alters- und geschlechtsgebundene Werte

Tab. 18.1: Messlinien an der Hüfte

Die Ombredanne-Senkrechte wird bei Kindern mit Zerebralparese an der Stelle gefällt, an der die Sklerosierungslinie abbricht (Abb. 18.7). Dieser Punkt kann gegenüber der lateralen Pfannendachecke differieren.

Integrität der Shenton-Ménard-Linie

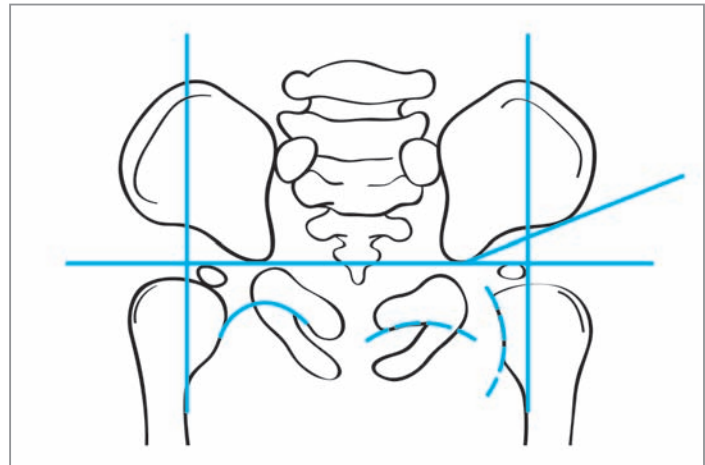


Abb. 18.8: Auf der rechten Bildseite pathologischer Befund mit unterbrochener Shenton-Ménard-Linie, links unauffälliger Befund. Eine Stufenbildung in der Linie deutet auf eine Dezentrierung hin



Kontur des Hüftkopfes

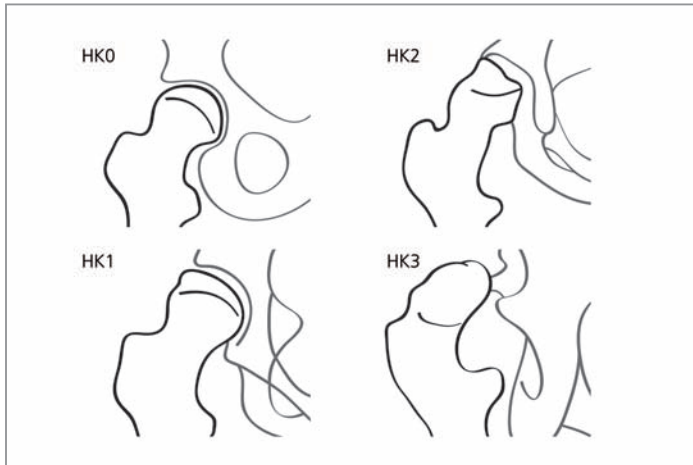


Abb. 18.9: Einteilung der Kontur des Hüftkopfes bei Vorliegen einer spastischen Bewegungsstörung in vier Schweregrade. **HK0:** keine Deformität, **HK1:** leichte Deformität, **HK2:** moderate Deformität, **HK3:** schwere Deformität (mod. nach Robin 2009)

Beckenschiefstand

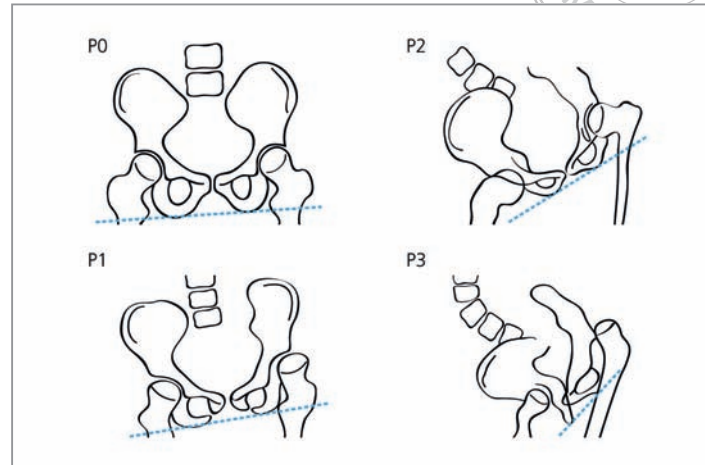


Abb. 18.11: Einteilung des Beckenschiefstandes bei Vorliegen einer spastischen Bewegungsstörung in vier Schweregrade. **P0:** kein Beckenschiefstand (< 10°), **P1:** leichter Beckenschiefstand (10–25°), **P2:** moderater Beckenschiefstand (25–45°), **P3:** schwerer Beckenschiefstand (> 45°) (mod. nach Robin 2009)

Form der Hüftpfanne

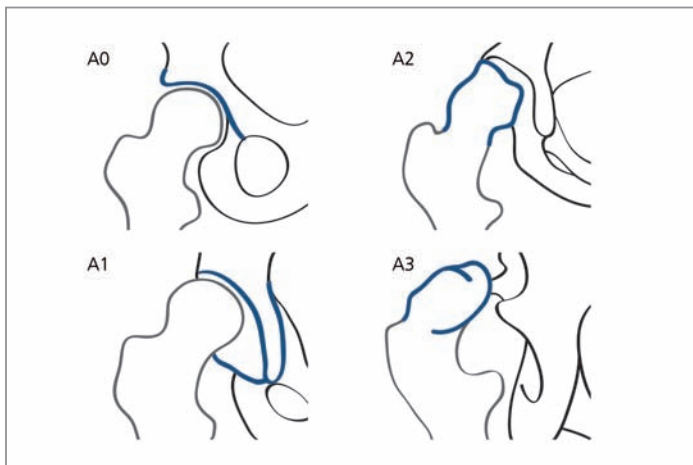
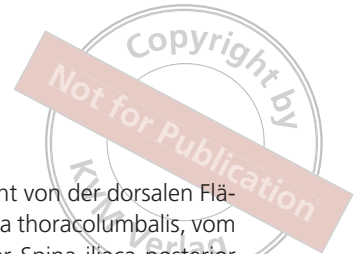


Abb. 18.10: Einteilung der Form der Hüftpfanne bei Vorliegen einer spastischen Bewegungsstörung in vier Schweregrade. **A0:** normales Acetabulum, **A1:** dysplastisches Acetabulum, **A2:** schmaler gotischer Bogen, **A3:** großer gotischer Bogen (mod. nach Robin 2009)



19.1.2 M. gluteus maximus



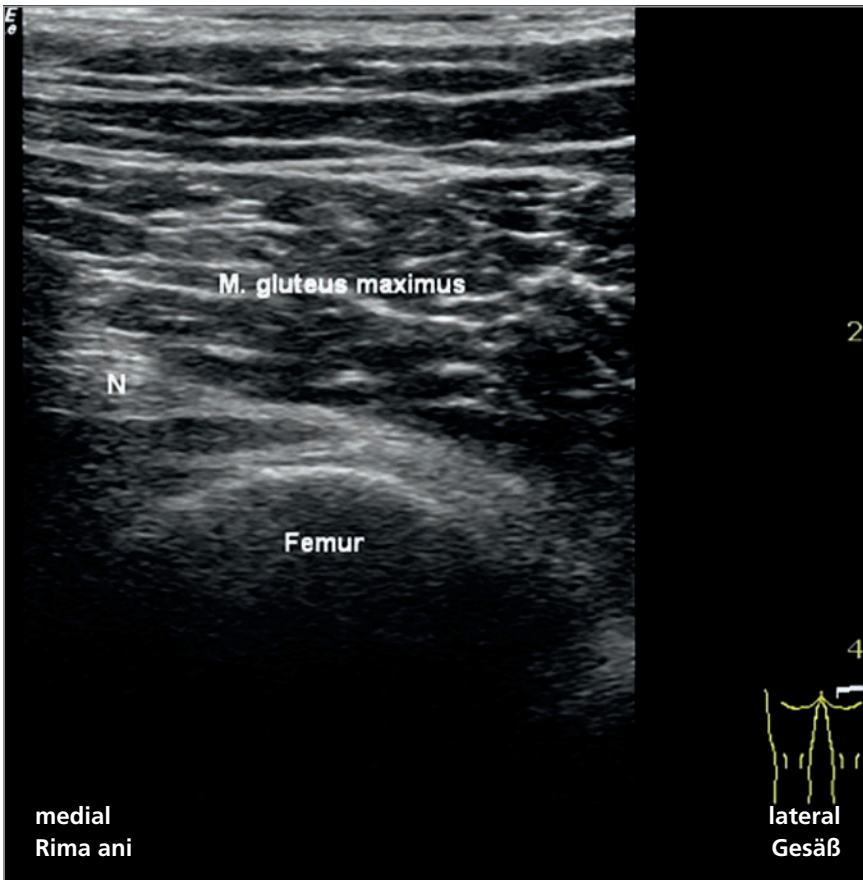
Topografische Lage

Der M. gluteus maximus zieht von der dorsalen Fläche des Os sacrum, der Fascia thoracolumbalis, vom lateralen Os sacrum und der Spina iliaca posterior superior mit seinem **kranialen Teil** zum Tractus iliotibialis und mit seinem **kaudalen Teil** zur Tuberositas glutea.

Funktion:

- Aufrichtung des Rumpfes aus der gebückten Haltung
- Stabilisierung des Rumpfes
- Abflachung der Lendenlordose
- Extension in der Hüfte
- Außenrotation in der Hüfte
- Stabilisierung der Kniestreckung über den Tractus iliotibialis

D



Lokalisation

Der Muskel liegt oberflächlich in der Gesäßregion. In der Tiefe ist das Femur mit Schallschatten darstellbar.

Tiefe: 2–3 cm

Hinweis: Direkt unter dem Muskel verläuft der N. ischiadicus.

Strukturen:

- M. gluteus maximus
- Femur
- N: N. ischiadicus

Praktisches Vorgehen

Die Injektion erfolgt in der Mitte einer gedachten Linie zwischen Trochanter major und Spina iliaca posterior superior.

Hinweis: Kräftiger und großer Muskel, benötigt mehrere Injektionspunkte.

Lagerung des Patienten:

- Bauchlage



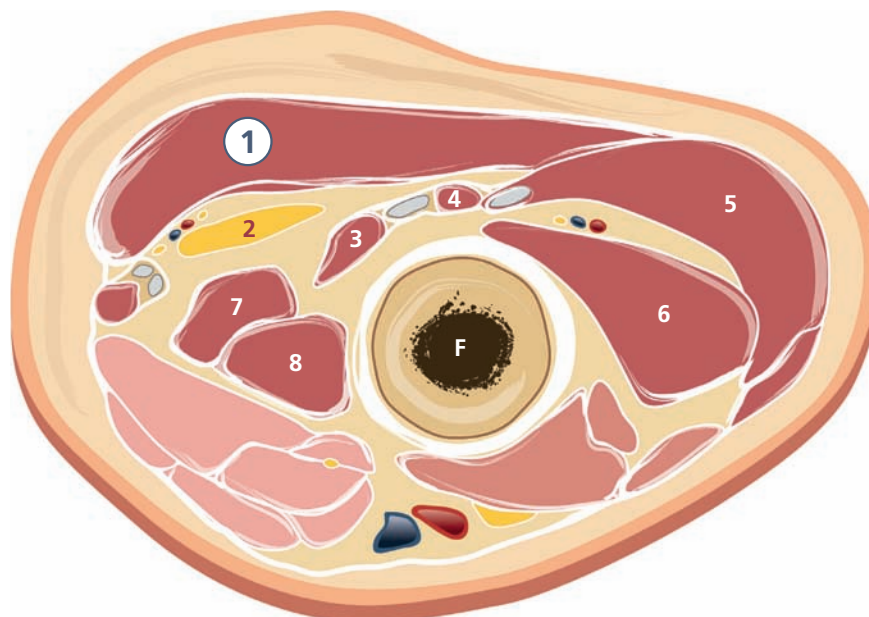
D

Topografische Hinweise

Der Muskel liegt oberflächlich unter der Subkutis. Zu oberflächlich wird in die Subkutis injiziert, zu weit lateral wird der M. gluteus medius getroffen.

Cave: Auf den Verlauf des N. ischiadicus achten, dieser könnte sonst geschädigt werden. Der Nerv liegt medial und distal der angegebenen Injektionsstelle.

1: M. gluteus maximus, **2:** N. ischiadicus, **3:** M. gemellus inferior, **4:** M. gemellus superior, **5:** M. gluteus medius, **6:** M. gluteus minimus, **7:** M. quadratus femoris, **8:** M. obturatorius externus, **F:** Femur



19.3.4 M. tibialis posterior



Topografische Lage

Der M. tibialis posterior zieht von den proximalen zwei Dritteln der Facies posterior tibiae et medialis fibulae und der Membrana interossea cruris zum Os naviculare, Os cuboideum, den Ossa cuneiformia I–III und den Ossa metatarsalia II–IV.

Funktion:

- Supination des Fußes im unteren Sprunggelenk
- Plantarflexion im oberen Sprunggelenk

Hinweis: Der M. tibialis posterior ist an der spastischen Klumpfußstellung (Pes equinovarus) beteiligt.

D



Lokalisation

Der Muskel liegt direkt hinter der Tibiakante der Membrana interossea cruris auf. Darüber liegen medial der M. soleus und unmittelbar oberhalb der M. flexor digitorum longus.

Dargestellt ist die ventrale Injektionstechnik.

Tiefe: 2–4 cm

Strukturen:

- M. tibialis posterior
- M. soleus
- * M. flexor digitorum longus
- GCM: M. gastrocnemius, Caput mediale
- M. flexor hallucis longus
- Tibia
- Membrana interossea cruris



Praktisches Vorgehen

Die Injektion erfolgt entweder von **dorsal** (Patient in Bauchlage) durch den M. gastrocnemius und den M. soleus hindurch oder als **ventrale Injektionstechnik** direkt an der medialen Tibiakante in der Mitte des Unterschenkels (Patient in Rückenlage, Bein abduziert und außenrotiert), jeweils im oberen bis mittleren Drittel des Muskels. Im Bild dargestellt ist die ventrale Injektionstechnik.

Die dorsale Injektionstechnik erfordert kein Umlagern, wenn gleichzeitig der M. gastrocnemius behandelt wird. Die Nadel kann vom medialen Bauch des M. gastrocnemius in die Tiefe bis zum M. tibialis posterior vorgeschoben werden.

Hinweis: Bei mehreren Injektionspunkten wird bandförmig in der Länge injiziert (oberes Viertel bis Mitte des Unterschenkels).

Es wird auch beim Kleinkind eine lange Injektionsnadel (40 mm Länge) benötigt.

Lagerung des Patienten:

- Rückenlage
- Bein außenrotiert
- Knie flektiert
- alternativ: Bauchlage



D

Topografische Hinweise

Weil der Muskel in der Tiefe hinter der Tibia liegt, müssen M. soleus und M. flexor digitorum longus durchstoßen werden.

Im oberen (proximalen) Drittel der Wade ist der Muskel dicker, im Verlauf nach distal wird er dünner, der M. flexor digitorum longus dafür dicker.

Cave: Da bei der **ventralen Injektionstechnik** die Injektion entlang der Tibiakante erfolgt, muss vermieden werden, dass das Periost berührt wird (Schmerz!).

Zwischen M. soleus und M. tibialis posterior verläuft das Gefäß-Nerven-Bündel aus A. und V. tibialis posterior und N. tibialis.

1: M. tibialis posterior, **2:** N. tibialis, **3:** A. + V. fibularis **4:** M. soleus, **5:** M. peroneus longus, **6:** M. extensor digitorum longus, **7:** M. tibialis anterior, **8:** M. flexor digitorum longus, **F:** Fibula, **T:** Tibia

