

Erprobung von Hilfsmitteln bei infantiler Cerebralparese mit der Bewegungs- und Ganganalyse

Frau Prof. Dr. Renée Lampe

Dia 1

Dia 2 Überblick

Wegen meiner Tätigkeit am Spastiker-Zentrum München befasst sich mein beruflicher Alltag hauptsächlich mit der infantilen Zerebralparese und anderen neuroorthopädischen Erkrankungen.

Zunächst werde ich einen aktuellen Überblick über die Zerebralparese und die Spastik geben und Ätiologie, Klassifikation und Therapieformen darstellen und vielfältige Anwendungsmöglichkeiten des Ganglabors aufzeigen.

Dia 3 Ätiologie

Die ätiologische Einteilung in prä-, peri- und postnatal bleibt unscharf, da sich Entwicklungsstörungen des Gehirns infolge von anlagebedingten Fehlbildungen nicht ausreichend von pränatal exogenen Schädigungen unterscheiden lassen.

Bei der PVL handelt es sich um den typisch klassischen weißen Substanzdefekt im sich entwickelnden Gehirn. Der Inzidenzhöhepunkt liegt bei der 23. bis 24. Schwangerschaftswoche, ein Zeitraum, der durch Oligodendrozytenreifung und Migration gekennzeichnet ist.

Auf dem Bild mit der PVL ist ein nach hinten gekippter Coronarschnitt eingestellt, periventrikulär ist das Gewebe echoreich, in dem echoreichen Gewebe sind kleine schwarze Zysten. Diese entsprechen einer zystischen PVL.

Posthämorrhagische Ventrikelerweiterung mit oder ohne Shuntnotwendigkeit

Dia 4 Definition ICP

Die Zerebralparese ist eine bleibende Bewegungsstörung aufgrund einer nicht fortschreitenden Schädigung des Gehirns in frühen Entwicklungsphasen

Die ICP ist keine einheitliche Erkrankung, sondern ein Symptomenkomplex. Er fasst eine Gruppe von statischen Enzephalopathien zusammen, die klinisch gekennzeichnet sind durch die motorische Störung.

Sie ist die vorherrschende aber nicht die einzige Komponente.

Die ICP zeigt sich neurologisch durch motorische Störungen wie Spastik, Dyskinese, Ataxie

So sind neben den orthopädischen Defiziten neurologischen Ursprungs mehrere Funktionssysteme mit einbezogen wie:

- Störungen der Wahrnehmungsverarbeitung
- Störungen der Sprache
- Störungen der kognitiven Entwicklung,
- Epilepsien und Verhaltensauffälligkeiten

Dia 5 Traditionelle Klassifikation

Das klinische Bild ist meist geprägt von der **Spastik** mit einem erhöhten Muskeltonus, abnormen Haltungs- und Bewegungsmustern.

Dystonien zeigen sich durch abnorme Muskelkontraktionen, die zu ausfahrenden Bewegungsabläufen führen und zu abnormen dystonen Stellungen.

Die **Ataxie** zeigt sich vor allem durch Dysmetrie und Intensionstremor und in den unteren Extremitäten durch Rumpf-, Stand- und Gangataxie.

Die hier dargestellten traditionellen Klassifikationen sind anerkannt und international verwendet. Sie weisen allerdings Grenzen auf. Die traditionelle Klassifikation erweist sich zwar nützlich in der Zuordnung der schon anerkannten klinischen Bilder, ist aber wenig hilfreich bei der Frühdiagnose und frühzeitigen Zuordnung.

Dia 6 Therapieformen

Die Physiotherapie spielt eine zentrale Rolle in der Behandlung der ICP.

Die Zahl der Therapiekonzepte nimmt ständig zu. Viele Studien wurden zur Wirksamkeit von Physiotherapien durchgeführt mit häufig widersprüchlichem Ergebnis, ihre Wirksamkeit oder Nichtwirksamkeit im Sinne einer evidence-based Medizin ist noch nicht endgültig bewiesen.

Die klassische biomechanische Wirkungsweise von Einlagen und Fußorthesen wirkt über Kräfte und Hebel. Diese Funktion wird zusehends durch „weiche“ Konzepte ergänzt.

Bei Botulinumtoxin A handelt es sich um ein Toxin, das durch Clostridium botulinum gebildet wird und die neuromuskuläre Synapse selektiv blockiert, indem es die Freisetzung von Acetylcholin hemmt.

Inhibitorisch wirkende Substanzen wie z.B. Lioresal hemmen poly- und monosynaptische Reflexe und beeinflussen die Spastik.

Die operativen Behandlungsoptionen umfassen ein breites Spektrum an Weichteileingriffen in Form von intramuskulären Myotomien, Tenotomien, Sehnentransfers. An zweiter Stelle folgen knöcherne Korrekturingriffe in Form von Osteotomien und Arthrodesen.

Die Operationsindikation und die Auswahl der geeigneten operativen Behandlungstechnik beruht jedoch nicht nur auf der exakten Analyse der motorischen Funktionsbeeinträchtigung, sondern erfordert auch eine Beurteilung der intellektuellen Fähigkeiten, der Motivation des Patienten.

Dia 7 Orthopädischer Algorithmus (1)

Die orthopädische Kette beginnt mit der Zustandsanalyse des Patienten.

In der Diagnostik wird der Schwerpunkt zwangsläufig auf die Defizite fokussiert um zur Diagnosestellung und zu einer realistischen Prognose zu gelangen.

Dem komplexen Störungsbild der ICP angepasst kann die Diagnostik sehr aufwändig und differenziert je nach Fragestellung sein.

Weil die ICP grundsätzlich nicht heilbar ist stellt die Kenntnis über die zur Verfügung stehenden Ressourcen (Fähigkeiten/Muster) des Patienten einen besonders zu gewichtenden Faktor bei der Wahl der Therapie dar.

Dem Patienten mit ICP steht im Vergleich zum Gesunden möglicherweise ein anderes Ressourcenspektrum zur Verfügung, wie z.B. die stärkere Gewichtung der Reflexmotorik. Diese Ressourcen darf man ihm durch ungünstig ansetzende Operationen nicht nehmen. Zur Analyse der Ressourcen steht eine vielfältige z.T. hochmoderne Messmethodik, wie z.B. Ganganalyse, zur Verfügung.

Diagnostik und Ressourcen des Patienten bestimmen die Therapie.

Das endgültige Therapieziel kann nicht eine völlige Normalisierung des Gangbildes sein, sondern eine angemessene den Möglichkeiten des Patienten entsprechende Gelenkstellung und Funktion langfristig zu erreichen.

Dia 8 Orthopädischer Algorithmus (2)

Die drei messtechnisch zu untersuchenden Phasen im orthopädischen Algorithmus betrachten wir hier an Beispielen mit der Gang- und Bewegungsanalyse.

Bei dem Patienten links wird ein Bewegungsdefizit einseitig in der Hüfte festgestellt, die zu einer Unsymmetrie der Bodenkräfte führt.

Die Ressourcenanalyse bei dem mittleren Patienten zeigt einen verstärkten Rückgriff auf die Reflexmotorik im Gangablauf.

Zur Kontrolle des Therapieerfolgs wird rechts die Entlastung des Fußes im orthopädischen Schuh kontrolliert, gleichzeitig wird kontrolliert, ob dadurch die Bewegung im Knie möglicherweise ungünstig beeinflusst wird, was in diesem Beispiel nicht der Fall ist.

Dia 9 Ganglabor

Sie sehen hier den Grundriss unseres Ganglabors. In der Mitte des Raums ist die Gangstrecke dargestellt.

Videoaufzeichnungen erfolgen mit 4 digitalen Videokameras. Die Kameras können beliebig im Raum positioniert werden.

Im Laufsteg integriert sind Kraftmessplatten, die der Patient beim Gehen mit einem Fuß betritt.

Ebenfalls in der Laufstrecke integriert ist eine Druckverteilungsmessplatte.

Muskelaktivitäten werden über ein 8-Kanal-EMG an definierten Muskeln aufgezeichnet.

Dia 10 Bewegungsanalyse

Gefilmt wird mit vier Kameras rundum angeordnet.

Die lichtreflektierenden Marker können per Bildanalysesoftware automatisch erkannt werden.

Bestimmt wird die Raumbewegung von Gelenkpunkten und die Winkelbewegung der Gelenke.

Man kann sich den Menschen aus festen Segmenten aufgebaut vorstellen, die nur an den Gelenken gegeneinander beweglich sind.

Dia 11 Bodenkräfte

Mit der Kraftmessplatte werden die Bodenkräfte auf den Probanden aufgezeichnet.

Die Gewichtskraft sämtlicher Körperteile des Körpers überträgt sich über die Kontaktfläche des Fußes zum Boden. Dazu kommen noch dynamische Kräfte aus der Bewegung, z.B. horizontale Brems- und Beschleunigungskräfte.

Typische Charakteristika der Bodenkraft beim Gehen:

blau ist die Vertikalkomponente F_z der Bodenkraft. Sie hat zwei Hauptmaxima, beim Auftreten der Ferse und der Belastung durch das Körpergewicht und das zweite beim Abrollen und Abstoßen mit dem Vorfuß. Die Vertikalkraft übersteigt in den Maxima das Körpergewicht um ca. 25% und liegt im Zwischenminimum ungefähr 25 % tiefer.

grün die Komponente in Gangrichtung – zuerst wird der Läufer gebremst, die Kraft ist negativ, dann stößt er sich aktiv wieder ab, F_y wird positiv. Der Vorzeichenwechsel legt den Übergang von der Auftrittphase zur Abstoßphase fest

Die rote Querkraft F_x entsteht durch das seitliche Hin- und Herpendeln des Körperschwerpunkts. Bei stark schwankendem Gang oder Hinken vergrößert sich die Querkraft F_x , ebenso bei breitbeinigem Gang.

Bei verschiedenen Krankheitsbildern, z.B. Paresen, fehlen die schraffiert gezeichneten dynamischen Anteile fast ganz.

Dia 12 Gelenkmomente, Muskelaktivitäten

Die synchron aufgezeichneten Bodenkraftmessungen und Videoanalyse ermöglichen zusammengefasst die Berechnung von Gelenkmomenten. (Aus dem Video: Position der Gelenke für den Hebelarm, aus der Kraftmessplatte Position und Richtung des Kraftvektors) - in diesem vereinfachten Modell wird quasistatisch von Bild zu Bild gerechnet.

Die Farben der eingezeichneten Muskelzüge geben die synchron mit aufgezeichneten gemessenen Muskelaktivitäten wieder. Rot: hohe EMG-Aktivität, blau: keine EMG-Aktivität

Auf der paretischen Seite sind die Gelenkmomente deutlich geringer - der Proband geht immer so, dass der Bodenkraftvektor näher an den Gelenkachsen vorbeiläuft, das initiale Plantarflexionsmoment des Sprunggelenks fehlt völlig (Fußheberschwäche).

Dia 13 Rückschlüsse auf Hilfsmittelfunktion

Durch eine Einlage oder einen orthopädischen Schuh mit Keilabsatz kann der Kraftangriffspunkt nach rückwärts verlagert werden. Dadurch verlängert sich auch die Ganglinie.

Dia 14 Stabilisierung des Sprunggelenks durch orthopädischen Schuh

Die Patientin erzeugt dieses Gelenkmoment ausschließlich passiv durch starkes Vorkippen des Unterschenkels.

Bei der Patientin mit Spina bifida entsteht ein Gelenkmoment erst zu Ende des Bodenkontakts, vorher bleibt der Bodenkraftvektor sehr gelenknahe.

Die Kernspinanalyse links zeigt, dass die Patientin eine fast völlig reduzierte Unterschenkelmuskulatur hat und kein muskuläres Moment erzeugen kann.

Das Vorkippen des Unterschenkels wird kompensiert durch die Flexionsstellung im Kniegelenk, die der normal ausgeprägte Quadrizeps halten muss.

Dia 15 Ringorthese: Ganglinie, Gelenkwinkel, Patient mit spastischer Hemiparese

Ringorthese: Ganglinie, Kniegelenkwinkel

Im Seitenvergleich zeigt sich auf der kranken Seite eine kurze Ganglinie. Der Patient belastet vor allem den Vorfuß.

Es zeigt sich keine Änderung der Ganglinie mit und ohne Orthese.

Es zeigen sich unregelmäßige Bewegungen im OSG mit Ringorthese, z.T. mehr Plantarflexion

Die Knieextension ist initial vor Einleiten der Schwungphase zunehmend, es zeigt sich mehr Knieextension beim Abstoßen mit der Ringorthese.

Dia 16 Rückschlüsse auf Hilfsmittelfunktion

Veränderung der Kinematik durch Orthesen

Bei einem Patienten mit einer spastischen Diplegie war eine Versorgung mit einer kurzen und einer langen Orthese erfolgt. Die lange Orthese hat eine Kondylenfassung.

- Die Kniestreckung und die Kniegelenkstabilität werden in der Standphase durch die lange Orthese verbessert
- Die Knieflexion in der Schwungphase wird erhöht

Dia 17 Spastischer Spitzfuß -> Knick-Plattfuß

Eine andauernde Fehlbelastung des Fußes kann diesen dauerhaft schädigen

Dia 18 Plantare Druckverteilung im Schuh mit und ohne Einlage

Die Barfußmessung im zuvor gezeigten Dia dient in erster Linie der Diagnostik.

Zur Kontrolle der Funktion eines Hilfsmittels, wie hier einer orthopädischen Einlegesohle wird die Druckverteilungsmessung im Schuh eingesetzt.

Die Einlage im beispiel verteilt den Druck gleichmäßiger, der Druck im Vorfuß wird reduziert.

In der Mitte der Standphase zeigt sich aber ein punktuell erhöhter Druck der Pelotte, der durch Fehlplatzierung dieser verursacht wird.

Dia 19 Druckmessung in Nancy-Hilton-Orthese

Die Patientin wurde mit einer Nancy-Hilton-Orthese bei infantiler Cerebralparese mit neurogenem Knick-Hackenfuß versorgt. In den Druckmessungen zeichnet sich ab, dass vor allem der Rückfußbereich im Gang belastet wird. Die vormodellierte Pelotte im Mittelfußbereich bildet sich als Druckerhöhung ab.

Dia 20 Individuelle Anfertigung von CNC-gefrästen Einlegesohlen

Eine Anwendung der Pedographie ist zur Diagnose zur Verordnung von therapeutischen Einlegesohlen,

Die heutzutage Computergesteuert produziert werden.

Damit kann der Erfolg oder Misserfolg der Therapie objektiver nachvollzogen und korrigiert werden

Die Herstellung von Einlegesohlen bleibt dennoch häufig ein frustrierendes Unterfangen,

Das liegt im Prinzip an der sehr hohen Gewichtslast auf den Füßen,

Eine echte Entlastung ist nicht möglich weil sich die Schwerkraft der Erde nicht abschirmen lässt, sondern nur Umverteilung.

Dia 21 Sitz-Druckverteilung im Rollstuhl

Die Dekubitusprophylaxe spielt bei Patienten die dauerhaft auf den Rollstuhl angewiesen sind eine große Rolle.

Die Wirksamkeit von Dekubituskissen wurde hier mit einer Druckverteilungsmessmatte überprüft.

Dia 22 Stabilisierungseigenschaften von Handgelenkorthesen

Mit dem Messdummy rechts oben werden die Stabilisierungseigenschaften von Handgelenkorthesen untersucht.

Die Messkurven zeigen unterschiedliche Stabilität und Rigidität verschiedener Orthesen im Vergleich zum Gips.

Je flacher die Hystereseurve, desto stabiler ist die Orthese.

Dia 23 Stabilisierungswirkung von Schuhen

Moment-Winkel-Messgerät zur Bestimmung der Auslenkwinkel bei Einleitung von Drehmomenten bzgl. der Sprunggelenkachsen.

Messung mit Probanden

Von außen werden Gelenkmomente eingeleitet, die Winkelbewegungen zur Folge haben. Ein steifer Schuh lässt weniger Bewegung zu, die Hystereseurve wird flacher.

Je flacher die Hystereseurve, desto stabilisierender ist der Schuh

Dia 24 Sichelfuß / AV-Schuh / Dreibackeneinlage

Der Hilfsmittelkatalog gibt 8° Vorfußabduktion für den AV-Schuh vor. Zur Realisierung dieser Vorgabe wird ein normaler Schuh-Leisten aufgeschnitten und entsprechend aufgeklappt.

Im MR zeigt sich dass dabei eher die Großzehe in eine Hallux-Valgus-Position gedrängt wird.

Die Drei-Backen-Einlage kann individueller angepasst werden und damit das Metatarsaleköpfchen in Korrekturposition korrigieren.

Dia 25 Bewegungsuntersuchung Hemiparese

Wegen der Schwäche der Abduktoren rechts wird der Schwerpunkt des Rumpfes in der Standphase des rechten Beins über das Hüftgelenk bewegt um das Gleichgewicht zu halten.

Durch den Stockeinsatz wird das Duchenne-Hinken deutlich reduziert.

Dia 26 Teilentlastungstraining

Am Schluss noch eine etwas abseitige Verwendung der Druckmessplatte:

Messung der Belastungsverteilung auf Ferse Vorfuß und die Gehstütze.

Mittleres Diagramm rechts: Kraftbelastung unter Rückfußbereich (rote Markierung), Vorfußbereich (grüne Markierung) schwarz ist Gesamtfuß und Gehstütze (blaue Markierung)

Dia 27 Schlussgedanke

•Die auf Fuß und Sprunggelenk begrenzten Hilfsmittel beeinflussen in unseren Beispielen den Bewegungsablauf nur wenig

- Wir wollen noch einmal betonen, dass es sich hier bisher um Einzelergebnisse handelt.

- Die Versorgung mit Hilfsmitteln bei spastischen Patienten bedarf zunächst einer gründlichen individuellen Untersuchung.

Die angewendeten Messmethoden sind als Routinemessmethode dort sinnvoll, wo sie Einfluss z.B. auf die Hilfsmittelversorgung haben (Druckmessung ja, Kernspin nein), und zur Verlaufskontrolle

Kategorisierung von Befunden sollte zurückhaltend erfolgen

Dia 28