

## Klinische Wertigkeit

Die FBA dient zur Abklärung suspekter oder pathologischer Herzfrequenzmuster unter der Geburt.

Die Interpretation der FBA sollte in Kenntnis des initialen pH-Werts, des Geburtsfortschritts und der klinischen Befunde bei Mutter und Fetus erfolgen. Bei einem pH  $\geq 7,25$  (*physiologisch*) muss bei persistierendem suspektem CTG die FBA nach 30 Minuten wiederholt werden. Bei einem pH-Wert zwischen 7,24 und 7,21 (*Präazidose*) muss die FBA innerhalb von 30 Minuten wiederholt oder die Entbindung erwogen werden. Ein pH von 7,20 (*Azidose*) erfordert die sofortige Intervention [64].

### Cave



Ein pH  $\leq 7,2$  (Azidose) erfordert die rasche Entbindung, insbesondere wenn eine metabolische Azidose (BE  $> -9,8$  mmol/l) vorliegt.

Mit der Bestimmung des fetalen Säure-Basen-Haushalts lässt sich die hohe Falsch-positiv-Rate des CTG reduzieren und die intrapartale diagnostische Sicherheit durch eine kombinierte Überwachung erhöhen.

## Limitation

Die invasive FBA bedarf strenger Indikationsstellung und Beachtung von *Kontraindikationen* (mütterliche Infektionen, fetale Gerinnungsstörungen, Frühgeburtlichkeit).

Die FBA bildet nur eine Momentaufnahme ab und muss abhängig vom CTG-Verlauf wiederholt werden.

### Cave



Eine terminale Bradykardie oder anhaltende Tachykardie ohne Geburtsfortschritt erfordert eine sofortige Intervention ohne Kenntnis des aktuellen fetalen Säure-Basen-Status.

Die Fehlerrate liegt zwischen 11% und 20% [203]. Bei der Interpretation müssen der physiologische intrapartale fetale pH-Abfall und eine mögliche maternogene Aziditätssteigerung beachtet werden.

## 3.1.4 Fetale Magnetoenzephalografie

U. Schneider

Während die morphologische Beurteilung der fetalen Hirnentwicklung mittels Sonografie und MRT gut gelingt, ist die funktionelle Untersuchung der fetalen Hirnfunktion auf die indirekte Beurteilung integrierter Hirnleistungen wie fetale Bewegungsmuster (GM) oder die zeitliche Assoziation neurovegetativer Variablen im Rahmen des BPP [133] angewiesen. Mitte der 1980er-Jahre wurde das Konzept der fetalen Magnetoenzephalografie (fMEG)

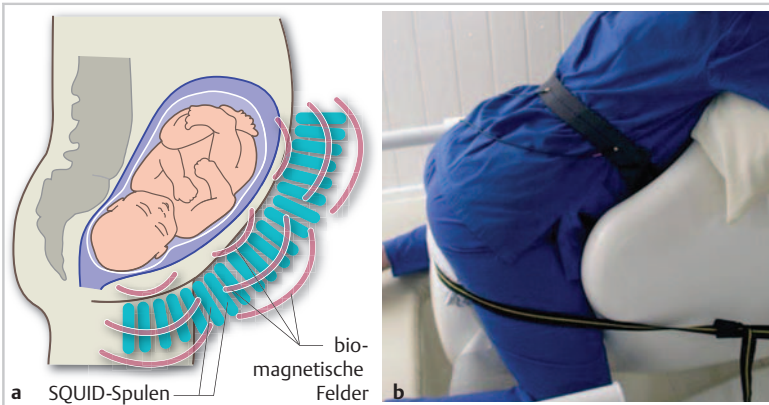
mit dem Ziel entwickelt, einen direkten neurophysiologischen Zugangsweg zum fetalen Gehirn zu beschreiben [33].

Erregung im Gewebe basiert auf der Verschiebung elektrischer Ladungsträger. Mit jedem gerichteten Stromfluss entsteht zwangsläufig ein zur Stromflussrichtung konzentrisches *magnetisches Feld*. Dieses Magnetfeld breitet sich im Gegensatz zum Volumenstromfluss, auf dem bspw. das EKG oder Elektrokortikogramm basieren, nahezu unabhängig von den Leitungseigenschaften der umgebenden Gewebe aus und ist auch in der Lage, die Körperoberfläche zu durchdringen. Die Stärke des Magnetfelds an der Körperoberfläche ist von der Anzahl der gleichzeitig und gleichgerichtet erregten Körperzellen und deren Abstand zur Oberfläche (in 2.–3. Potenz) abhängig.

Die Entwicklung sog. *Superconducting Quantum Interference Devices* (SQUID), hochsensibler Magnetfeldantennen, ermöglicht es, diese biomagnetischen Felder, die nur einen Bruchteil der Stärke des Erdmagnetfelds und zivilsatorisch bedingter Umgebungsfelder ausmachen, aufzuzeichnen und zu quantifizieren. Alle SQUID, die bisher zur fMEG eingesetzt wurden, arbeiten nur unter Kühlung in flüssigem Helium (sog. Tieftemperatur-SQUID). Weitere Voraussetzungen sind technische Applikationen zur Abschirmung externer Störfelder (z. B. die Antennenkonfiguration als Gradiometer, Betrieb in magnetisch geschirmten Messkammern) und die Optimierung des Abstands zur Quelle, die zum Aufbau speziell für die fMEG entwickelter Untersuchungszentren geführt haben (► Abb. 3.12).

Konzeptionelles Korrelat der bei der fMEG untersuchten biomagnetischen Felder des menschlichen Fetus in utero sind die tangential zur Schädeloberfläche angeordneten Pyramidenzellen des Kortex. Während beim geborenen Menschen das MEG und EEG teils identische, teils komplementäre Informationen enthalten, ist der Fetus in utero derart gut elektrisch isoliert, dass es zur fMEG keine elektrische Alternative gibt.

Die zu erwartenden biomagnetischen Felder des Fetus sind von sehr geringer Intensität. Sie besitzen an der mütterlichen Bauchoberfläche nach den Erfahrungen mit der fMEG eine Magnetfeldstärke in einer Größenordnung von weniger als 25 Femtotesla ( $25 \times 10^{-15}$  T) (Erdmagnetfeld:  $10^{-4}$  T). Angesichts einer Vielzahl unvermeidbarer *magnetischer Störungen*, die um mehrere Zehnerpotenzen stärker sind (kardiales Magnetfeld der Mutter und des Fetus, muskuläre Aktivität, Atemexkursionen, fetale Bewegungen), gelingt eine Detektion der gesuchten biomagnetischen Felder nur unter Einsatz verschiedenster hochkomplexer Artefaktunterdrückungsalgorithmen, nur bei zeitlicher Assoziation der zu erwartenden kortikalen Erregung mit einem definierten Reiz (evozierte Aktivität) nach entsprechender Mittelungsanzahl („Signal Averaging“ zur Rauschunterdrückung), unter Anwendung eingestreuter devianter Reize zur Verminderung von Habituationseffekten und nur in einer Größenordnung von 50–60% der untersuchten Fälle verlässlich [187], [116], [125], [142].



**Abb. 3.12** Speziell zur fMEG entwickeltes Multikanal-Gradiometer-SQUID-Messgerät (SARA: SQUID Array for Reproductive Assessment), installiert am Biomagnetischen Zentrum des Universitätsklinikums Tübingen (mit freundlicher Genehmigung).

Trotz der methodischen Exklusivität verhindert seit ihrer Erstbeschreibung die angesichts höchsten methodischen Aufwands lediglich eingeschränkte Nutzbarkeit eine Verbreitung der Methode, die auch heute nicht über den Status einer interessanten Anwendung in der klinisch orientierten Grundlagenforschung hinauskommt.

**Merke**

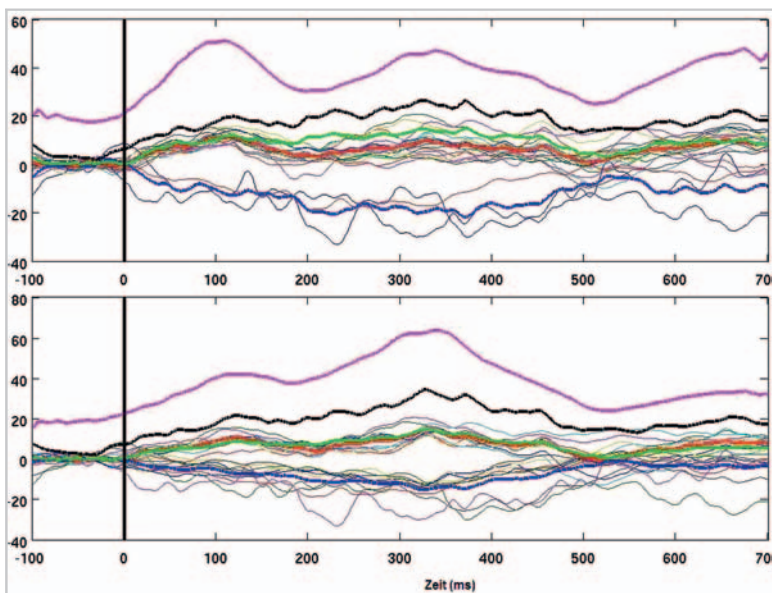
**M!**

Fetale Magnetenzephalografie ist eine Methode der klinisch orientierten Grundlagenforschung.

Als Stimulusmodalitäten kommen auditorische und visuelle Reize infrage, wobei aus klassischen tierexperimentellen Studien die Transmission von Tönen über die Bauchdecken in die Fruchthöhle besser beschrieben und kalkulierbar ist als die Applikation von Lichtblitzen [80]. Die kortikalen Anteile des *auditorisch evozierten Signal-komplexes* (CAER: Cortical auditory evoked Response) weisen selbst beim Erwachsenen eine hohe interindividuelle Variabilität der Latenzzeiten auf.

Die frühesten in der Literatur beschriebenen erfolgreichen Aufzeichnungen fetaler CAER datieren auf den Übergang vom 2. zum 3. Schwangerschaftstrimester: wenn eine Funktion der zentralen Hörbahn erwartet werden darf und die Verschiebung im Verhältnis von Größe des Fetus zur Fruchtwassermenge die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Bewegungsartefakten verringert (27–29 SSW). Von diesem Zeitpunkt an lassen sich mit großer interindividueller Schwankungsbreite der Latenzzeiten 1–2 Komponenten der CAER unabhängig voneinander bei einem mittleren Prozentsatz der Ungeborenen detektieren (► Abb. 3.13). Die beschriebenen Latenzzeitbereiche überlappen marginal (100–200 ms bzw. 200–420 ms) und nehmen für beide Komponenten gestationsalterabhängig ab. Diese trajektorielle Entwicklung setzt sich bis ins Neugeborenenalter fort, hier lässt sich die prominenteste Komponente der CAER bei etwa 200 ms Latenzzeit nachweisen [97].

CAER eignen sich somit grundsätzlich als funktionelle Entwicklungsmarker der intrauterinen Hirnreifung, fehlende Detektion lässt jedoch nicht auf eine Funktionseinschränkung der Reizverarbeitung schließen.



**Abb. 3.13** Zeitverlauf der kortikalen Antwort des Fetus in utero auf einen auditorischen Reiz. Die optimale Anzahl verwendeter Mittelungen ist interindividuell verschieden. Die Repräsentation der beiden Komponenten der CAER (hier mit einer Peak Latenz von 119 und 331 ms) in den Messkanälen unterscheidet sich. Der magentafarbene Signalverlauf stellt jeweils die Mittelung der 20 Kanäle mit der besten Signalrepräsentation für die jeweilige Komponente dar (Größenachse: arbiträre Einheiten).

Neben den Komponenten der CAER kann eine *fetale Mismatch-Negativität* (MMN) nachgewiesen werden. Die MMN ist Ausdruck diskriminativ-kortikaler Reizverarbeitung und entsteht, wenn deviante Reize in eine Reihe von Standardreizen (Veränderung der Tonfrequenz, Intensität und/oder Länge) eingestreut werden. Die MMN kann in einem hohen Prozentsatz sowohl bei Neugeborenen als auch bei Feten ausgelöst werden, bei denen eine Detektion der CAER auf den Standardton gelingt [97], [66].

Der fMEG liegt ein bahnbrechendes Konzept zugrunde. Unabhängig von der hochsensiblen Messtechnik, die in der Lage ist, die minimal kleinen magnetischen Feldänderungen quantitativ zu registrieren, ist ihre erfolgreiche Durchführung jedoch von einer Reihe von Faktoren abhängig, die vom Untersucher nicht beeinflussbar sind. Es existiert kein Goldstandard, gegen den die Signale vergleichbar sind, um ihre Verlässlichkeit zu verifizieren. Auch hochentwickelte Extraktionsalgorithmen vermögen es nicht in allen Fällen, die mitunter zu geringen Signalintensitäten der gesuchten kortikalen Erregungen von den unvermeidbaren magnetischen Begleiterscheinungen menschlichen Daseins zu trennen.

Die fMEG vermag somit auf dem Gebiet der Grundlagenforschung einen hervorragenden Beitrag zum Verständnis der funktionellen Hirnreifung und deren Störungen in utero zu leisten, allerdings um den Preis eines hohen technischen und finanziellen Aufwands. Das Vorhaben, mit der fMEG eine Methode der funktionellen Diagnostik der fetalen Reizverarbeitung bzw. kortikalen Reifung in der klinischen Routine zu etablieren, ist – realistisch betrachtet – zum jetzigen Zeitpunkt an seine Auflösungsgrenze gestoßen.

### 3.1.5 Fetale Magnetresonanztomografie

B. Ertl-Wagner, I. K. Koerte

#### Voraussetzungen und Grundlagen

Die fetale MRT hat in den letzten Jahren in der fetalen Diagnostik zunehmend an Bedeutung gewonnen [215], [31], [167]. Hierbei ist zu betonen, dass es sich bei der fetalen MRT jedoch nicht um eine Screeningmethode handelt. Sie kommt zum Einsatz, wenn die fetale Ultraschalluntersuchung einen weiter abklärungsbedürftigen Befund ergeben hat [139], [130]. Häufige Indikationen sind bspw.:

- Fehlbildungen des Gehirns sowie aller Organe
- fetale Wachstums- und Gedeihstörungen
- Fragestellungen zur Lungenentwicklung
- Fragestellungen zur fetoplazentaren Einheit

Bislang gibt es keine großzahligen prospektiven Studien, die den Mehrwert der fetalen MRT in Ergänzung zur Ultraschalluntersuchung nachweisen. Die Erfahrungen der letzten Jahre sind insbesondere bei der Untersuchung

des ZNS jedoch sehr vielversprechend. In mehr als 50% der Fälle ergab die MRT zusätzliche Informationen, die in 30% der Fälle auch zur Änderung der Diagnose und darüber hinaus in 15% der Fälle zur Änderung des therapeutischen Prozedere führten [118].

Die fetale MRT unterscheidet sich in vielen Aspekten von der MRT des Kindes oder des Erwachsenen. Der Fetus wird dabei bereits im Mutterleib untersucht, ist also der eigentlich zu untersuchende Patient. Gleichzeitig ist es aber die werdende Mutter, die für die Untersuchung auf der Untersuchungsfläche des MRT-Scanners gelagert wird. Der Untersucher hat dabei kaum Einfluss auf die Lagerung des Fetus selbst und auf dessen Bewegungen – hier ist ein hohes Maß an Aufmerksamkeit des Untersuchers und ein stetes Anpassen der Schichtführung an die Lage des Fetus gefordert.

Meist wird die fetale MRT an einem 1,5-Tesla-MRT-Scanner durchgeführt. Es gibt allerdings auch begrenzte Berichte zu fetalen MRT-Untersuchungen an 3-Tesla-Magnetresonanztomografen. Als Spulen werden in der Regel klassische Oberflächen-Körper-Spulen, sog. *Body Coils*, verwendet. Dies sind Phased-Array-Spulen mit meist 4–8 Elementen.

#### Merke

#### M!

Um eine gute Bildqualität zu erzielen, ist es besonders wichtig, dass die Spule möglichst nah an der zu untersuchenden Körperregion des Fetus liegt. Dies erfordert – gerade bei einem großen Bauchumfang bzw. einem bereits großen Fetus – oft eine Anpassung der Lage der Spule auf dem Bauch der werdenden Mutter im Verlauf der Untersuchung. Auch kann eine Umlagerung der Mutter erforderlich werden.

Meist wird eine fetale MRT erst ca. ab der 18. oder 19. SSW durchgeführt. Je kleiner und jünger der Fetus ist, desto stärker beeinträchtigen Bewegungen des Fetus die Untersuchung. Je größer der Fetus hingegen ist, desto wichtiger wird es, auf die korrekte Lage der Körperspule in Relation zu der zu untersuchenden Region zu achten und diese ggf. umzulagern.

Generell sind bei der Planung und Durchführung einer fetalen MRT also zahlreiche Faktoren zu beachten, u. a.:

- Gestationsalter
- Größe des Fetus
- Bewegungen des Fetus
- Lage des Fetus
- Lagerung der Spule in Relation zur Lage des Fetus

Für die fetale MRT gelten die gleichen *Kontraindikationen* wie für die MRT des geborenen Kindes oder des Erwachsenen. Es sollte z. B. dezidiert nach mütterlichen Herzschrittmachern oder Defibrillatoren sowie nach anderen ferromagnetischen Implantaten oder Fremdkörpern gefragt werden.

### Cave



Die Gabe von i. v. MR-Kontrastmitteln – die in aller Regel auf dem Kontrast von Gadolinium in einer Chelatbindung basieren – ist in der Schwangerschaft kontraindiziert und für die fetale MRT auch nicht notwendig.

Bislang konnte keine schädigende Wirkung der MRT auf die Entwicklung des Embryos oder des Fetus nachgewiesen werden [191], [46], [14], [113]. Häufig fragen werdende Mütter, ob die Geräusche, die durch die MRT-Untersuchung entstehen, gefährlich für den Fetus sind. Dazu gibt es bislang keine sicheren Daten. Allerdings erscheint eine Schädigung des Gehörs des Fetus sehr unwahrscheinlich, da der Lärm durch das Fruchtwasser und die mütterliche Bauchdecke abgeschwächt wird [12].

### Fetale MRT-Untersuchung

Nach der Lagerung der werdenden Mutter auf der Untersuchungsliege und dem Positionieren der Spule wird die Liege in die Öffnung des Scanners gefahren. Je nach dem Stadium der Schwangerschaft und der individuellen Situation kann die Schwangere in Rückenlage oder in Linksseitenlage positioniert werden. Das Zentrum der Spule – das wiederum direkt auf dem Fetus liegen sollte – soll zur Untersuchung im Isozentrum des Magnetresonanztomografen liegen.

Hierauf wird zunächst eine schnelle *Übersichtssequenz* in 3 Ebenen angefertigt, um die Lage des Fetus zu eruieren und die weiteren Sequenzen planen zu können. Als Übersichtssequenz eignet sich bspw. eine SSFP-Sequenz (SSFP: Steady State free Precession). Bereits auf dieser Sequenz sind viele Informationen zur Anatomie und ggf. Pathologie des Fetus enthalten. Zudem zeigt sie die Lage des Fetus im Uterus, aber auch Fruchtwasser, Plazenta, Zervix und umgebende Strukturen des mütterlichen Abdomens.

Von hier ab wird die Untersuchung immer entlang der Achsen des Fetus, nicht der Mutter, geplant, um entsprechende axiale, koronare und sagittale Schichtführungen zu erzielen. Es ist dabei wichtig, immer die als Letztes durchgeführte Sequenz sofort anzusehen, um die weiteren Sequenzen entsprechend anzupassen. Dies kann z. B. notwendig werden, wenn sich der Fetus bewegt hat oder wenn sich unerwartete Auffälligkeiten zeigen.

Hierauf werden in der Regel *ultraschnelle T2-gewichtete* Sequenzen angewendet [167]; dies sind bspw. Turbo-Spin-Echo- oder SSFP-Sequenzen. Sie sollten in allen 3 Ebenen, also axial, koronar und sagittal, akquiriert werden. Sie bilden die Basis der fetalen MR-Diagnostik, da sie schnell anzufertigen sind und gleichzeitig aufgrund der Flüssigkeitsverhältnisse (Fruchtwasser, flüssigkeitsgefüllte Lunge etc.) einen hervorragenden Kontrast bieten.

Zusätzlich werden gerne *sehr dicke T2-gewichtete* Schichten durch den Fetus angewendet – meist mit einer Schichtdicke zwischen 3 und 5 cm – um die räumlichen

Beziehungen besser beurteilen zu können. Diese können allerdings die dünnere MRT nicht ersetzen.

*Dynamische* Sequenzen sind Sequenzen, bei denen meist relativ dicke Schichten rasch hintereinander akquiriert werden. Diese können dann als Film abgespielt werden. Dynamische Sequenzen sind u. a. zur Beurteilung des Schluckakts und des Bewegungsmusters des Fetus hilfreich.

Jede fetale MRT-Untersuchung sollte auch *T1-gewichtete* Sequenzen beinhalten; hier werden meist T1-gewichtete FLASH-Sequenzen (FLASH: Fast low Angle Shot) in einer maternalen Atemanhalte-Technik verwendet. Diese helfen in der Diagnostik von Blutungen, sind aber insbesondere auch für die abdominale Bildgebung mit Darstellung des Mekoniums und der Leber wichtig.

*Echoplanare* Sequenzen (EPI: Echoplanar Imaging) können hilfreich sein [40], um Blutabbauprodukte, insbesondere auch älteren Datums, zu detektieren. Zudem sind sie hilfreich, um verknöcherte Anteile von knorpeligen Anteilen der Röhrenknochen abzugrenzen.

*Diffusionsgewichtete* Sequenzen helfen, ischämische Läsionen des Gehirns zu detektieren [87]. Zudem stellen sie die interne Struktur der Nieren besser dar [182]. In den letzten Jahren wurden auch DTI-Sequenzen (DTI: Diffusions-Tensor-Imaging) mit Erfolg in der fetalen MRT zur Darstellung von Fasertrakten angewendet. Mithilfe der funktionellen MRT (fMRT) konnte eine Aktivierung durch visuelle und auditorische Stimuli nachgewiesen werden [76], [98]. Auch MR-Spektroskopien kommen zur Anwendung, wobei die lange Akquisitionszeit hier v. a. bei ausgeprägten Kindsbewegungen limitierend sein kann.

Die Länge einer fetalen MRT-Untersuchung variiert je nach der Pathologie und dem daraus resultierenden Untersuchungsprotokoll, dem Ausmaß der fetalen Bewegungen und auch der Atembewegungen der Mutter. Im Schnitt ist mit einer Untersuchungszeit von etwa 30 Minuten zu rechnen.

### Häufige Befunde in der fetalen Magnetresonanztomografie

#### Merke

#### M!

Auch wenn bei einer fetalen MRT eine vorrangige Indikation zu einer Untersuchung des ZNS besteht, muss dennoch immer auf alle abgebildeten Befunde geachtet werden.

Anders als bei Untersuchungen von Erwachsenen, bei denen eine MRT-Untersuchung des Kopfes für gewöhnlich an der Schädelbasis endet, ist eine fetale MRT in den meisten Fällen eine Ganzkörperuntersuchung. Dies bedeutet, dass bei der Betrachtung und Beurteilung der Bilder auch auf den ganzen Körper des Fetus bzw. zumindest auf alle abgebildeten Anteile geachtet werden muss – also bspw. auf Lungen [119], [219], Zwerchfell, Leber, Nieren [166], Harnblase und Extremitäten.

Zugleich müssen auch die Strukturen genau angesehen und beurteilt werden, die den Fetus umgeben, wie Fruchtwasser, Plazenta und Uterus. Auch auf miterfasste Anteile des mütterlichen Abdomens, bspw. die Nieren der werdenden Mutter, ist zu achten.

Um eine fetale MRT des *Neurokraniums* beurteilen zu können, muss der Befunder neben der genauen Kenntnis der Anatomie insbesondere mit den Prinzipien der fetalen Hirnentwicklung eng vertraut sein. Hierfür ist es wichtig, die physiologischen Zeitrahmen für die Entwicklung der germinalen Matrixzone, für die Migration der Neuronen und für die Gyrierung zu kennen, um eine gestörte Hirnentwicklung identifizieren zu können.

Eine häufige Indikation zur MRT des fetalen Neurokraniums stellt die unklare Erweiterung der Seitenventrikel in der Ultraschalluntersuchung dar [29]. Hierfür kann es mehrere Gründe geben [81], die sich in der fetalen MRT meist gut differenzieren lassen. Zunächst sollte dabei auf die genaue Form der Seitenventrikel und auf die Größe und Form des 3. und 4. Ventrikels geachtet werden.

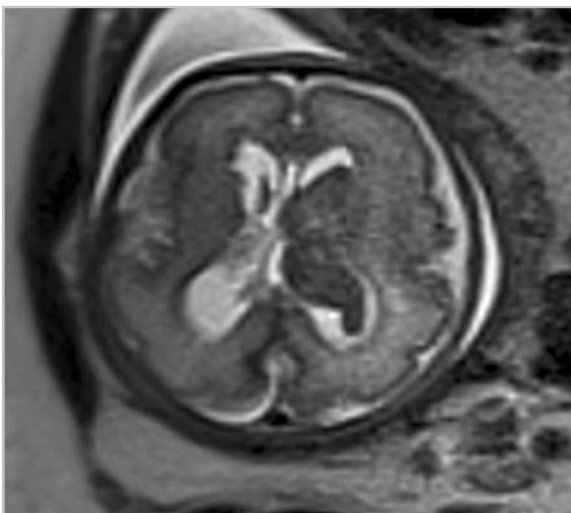
Eine relativ häufige Ursache für eine Erweiterung der Seitenventrikel ist eine Blutung mit Ventrikeleinbruch, die zu einer Stenose des Aquädukts durch Blutclots geführt hat. Oft sind hier in der fetalen MRT noch Blutgerinnsel im Ventrikelsystem zu sehen (► Abb. 3.14). Auch lassen sich nicht selten noch Blutabbauprodukte im periventrikulären Hirnparenchym nachweisen. Der 4. Ventrikel ist hier im Vergleich zu den anderen Hirnkammern diskrepanzschmal.

Eine weitere Ursache für eine Erweiterung der Seitenventrikel ist eine Balkenagenesie bzw. -dysgenese, also ein vollständiges bzw. partielles Fehlen des CC [143]. Hier sind koronare Sequenzen besonders hilfreich, da sich in ihnen die kreuzenden Fasern der Balkens oft besonders

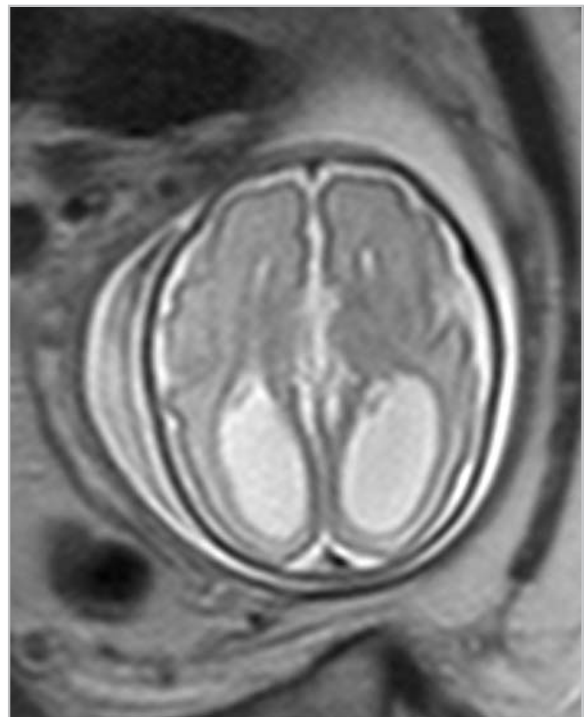
gut nachweisen lassen. In einer exakt mittig angefertigten sagittalen Schicht im Bereich der Falx cerebri sollte sich physiologischerweise in der fetalen MRT der Balken als dünne Struktur abgrenzen lassen; bei einem Fehlen des Balkens lassen sich die medianen Sulci bis in den 3. Ventrikel weiterverfolgen. Zudem zeigen die axialen Schichten die typische kolpozephalische Konfiguration der Seitenventrikel (► Abb. 3.15).

Auch an andere Ursachen für erweiterte Seitenventrikel ist zu denken, z. B. an einen komprimierenden Tumor, eine idiopathische Aquäduktstenose oder Defektzonen des Hirnparenchyms mit einer E-vacuo-Erweiterung [81], [174]. Eine Erweiterung der Seitenventrikel in der fetalen MRT kann aber durchaus idiopathisch sein; die Ursache bleibt dann unklar [78].

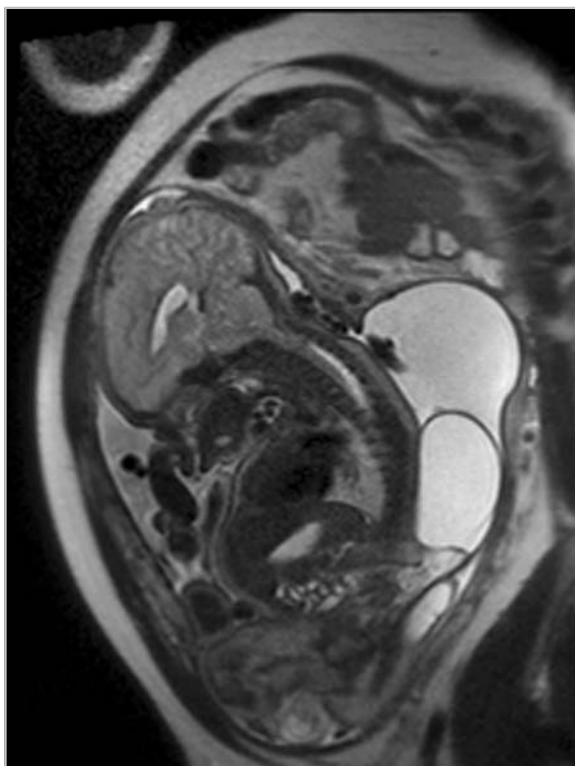
Der Verdacht auf *Fehlbildungen der hinteren Schädelgrube* ist ebenfalls eine häufige Indikation zur fetalen MRT, da sich die hintere Schädelgrube in der sonografischen Untersuchung bisweilen nur eingeschränkt einsehen lässt. Hier sind insbesondere die Chiari-Malformationen und die Fehlbildungen des Dandy-Walker-Formenkreises zu nennen [1], [34], [112]. Chiari-II-Malformationen sind mit einer Meningomyelozele assoziiert – es sollte daher immer genau auf die gesamte Neuroachse einschließlich der ganzen Wirbelsäule geachtet werden (► Abb. 3.16).



**Abb. 3.14** Axiale T2-gewichtete Sequenz bei einem Fetus mit ausgeprägtem intraventrikulärem Blutclot und Erweiterung der Seitenventrikel.



**Abb. 3.15** Axiale T2-gewichtete Sequenz bei einem Fetus mit Balkenagenesie; es zeigt sich die typische kolpozephalische Konfiguration der Seitenventrikel.



**Abb. 3.16** Sagittale T2-gewichtete Sequenz bei einem Fetus mit einer Chiari-II-Malformation und einer großen lumbalen Meningomyelozele.

## 3.2 Postnatal

### 3.2.1 Neurologische Untersuchung und neurologische Leitsymptome

G. Jorch

#### Körpermaße

Minderwuchs und Hochwuchs, Untergewicht (Dystrophie) und Übergewicht (Adipositas) sowie Mikrozephalus und Makrozephalus sind nicht selten typische Merkmale genetischer oder erworbener fetoinfantiler Erkrankungen. Jede Untersuchung beginnt deshalb mit der Erfassung dieser Messwerte und dem Eintrag in Perzentilenkurven, die die aktuellen Messwerte der Population wiedergeben, der der Patient entstammt.

Bei der Interpretation der im Liegen gemessenen Körperlänge bzw. im Stehen gemessenen Körpergröße muss mit zunehmendem Alter, spätestens ab 18 Monaten, die Größe der genetischen Eltern mitberücksichtigt werden, da deren Perzentile als genetische Zielperzentile betrachtet wird. Für Frühgeborene gilt das *korrigierte Alter*, d.h. das postnatale Alter minus die Zeitspanne, um die das Kind zu früh geboren wurde. Das Körpergewicht wird auf die Körperlänge bezogen. Dies kann durch den Vergleich

der jeweiligen Perzentilen geschehen, aber auch durch Berechnung des Body-Mass-Index (BMI), für den altersabhängige Perzentilenkurven vorliegen. Der als größter messbarer Umfang definierte frontookzipitale Kopfumfang korreliert – auch bei unterschiedlichen Schädelformen – gut mit dem Hirnvolumen, sodass seiner Messung eine große Bedeutung bei jeder fetoinfantilen neurologischen Untersuchung zukommt.

Nicht nur die Lage eines Einzelmesswerts auf der Perzentilenkurve ist diagnostisch verwertbar, sondern insbesondere auch der *Verlauf der Messwerte* in Bezug zur Perzentilenkurve. Gewöhnlich entwickeln sich nämlich Körpermaße entlang einer Perzentile. So kann ein Kopfumfang auf der 90. Perzentile, der noch wenige Wochen zuvor einen Wert auf der 50. Perzentile aufwies, ein wichtiger Hinweis auf einen sich entwickelnden Hydrozephalus sein, obwohl beide Werte im Normalbereich liegen („perzentilenflüchtiges Wachstum“).

Ein Messwert unterhalb der 3. Perzentile oder oberhalb der 97. Perzentile ist nicht zwangsläufig „pathologisch“. Im Gegenteil haben die meisten dieser Kinder keine Erkrankung. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Krankheit ursächlich ist, ist gegenüber Kindern mit Messwerten zwischen der 3. und 97. Perzentile aber deutlich erhöht. Das begründet den diagnostischen Handlungsbedarf.

#### Äußere Merkmale

Bestimmte äußerlich sichtbare Auffälligkeiten treten bei *genetischen Syndromen* gehäuft auf. Wenngleich sie für sich keinen Krankheitswert haben oder eine Diagnose begründen, sind sie diagnostisch unspezifisch hinweisend. Zu diesen „Stigmata“ gehören deformierte tief sitzende Ohrmuscheln, nach außen ansteigende („mongoloid“) bzw. absteigende („antimongoloid“) Lidspalten, hohe oder flache Stirn, kurzer Schädelängsdurchmesser („Brachyzephalus“), enger oder weiter Augenabstand, kleine, breite oder aufwärts gerichtete äußere Nase, schmale flache Nasolabialregion, schmale Oberlippe, breiter oder schmaler Mund, vorstehender Ober- bzw. Unterkiefer („maxilläre bzw. mandibuläre Prognathie“), zurückstehender Ober- bzw. Unterkiefer („maxilläre bzw. mandibuläre Retrognathie“), tiefer Haaransatz an Stirn oder Nacken, tief ansetzender Daumen, auffällig kurzer Kleinfinger mit adduziertem Endglied („Klinodaktylie“), Vierfingerfurche, breiter Mamillenabstand, Nabelbruch, breiter Abstand zwischen Großzehe und zweiter Zehe („Sandalenlücke“).

#### Hintergrundwissen

Neurologische Syndrome sind häufig verbunden mit Mikrozephalus. Seltener und somit spezifischer ist ein assoziierter Makrozephalus (► Tab. 3.1).

Andere äußerlich sichtbare Merkmale sind diagnostisch spezifischer. Dazu gehören die Brushfield-Flecken und der Epikanthus (Morbus Down), Hauttumoren, Pigmenta-

**Tab. 3.1** Wichtige neurologische Erkrankungen mit Makrozephalus.

Erkrankungen mit Makrozephalus
posthämorrhagischer Hydrozephalus
Fehlbildungshydrozephalus
Subduralerguss
Glutarazidurie
Morbus Canavan
Morbus Alexander
Mukopolysaccharidose
Gangliosidose
zystische Leukodystrophie
Mitochondriopathie
Neurofibromatose
Sotos-Syndrom

nomalien und Auffälligkeiten an Haaren und Nägeln (neurokutane Syndrome), Makroglossie (endokrinometabolische Krankheiten), Syndaktylie (Smith-Lemli-Opitz-Syndrom [SLOS]), Sakralgrübchen (Spina bifida occulta), gespannte, vorgewölbte Fontanelle (Hirndruck), Blutungen bei der Netzhautinspektion (Hirnblutung), ein pulssynchrones Geräusch bei der Auskultation auf der Kalotte (V.-Galenii-Aneurysma), Sonnenuntergangsphänomen (Hy-

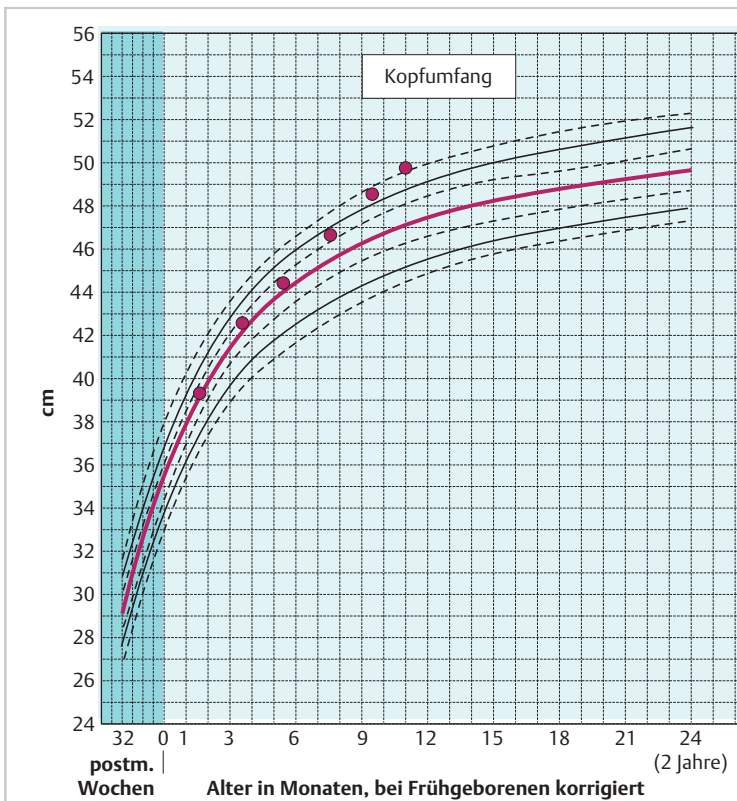
drozephalus) und Gelenkfehlstellungen (angeborene neuromuskuläre Erkrankung).

Ferner sind manche angeborenen neurologischen Erkrankungen verbunden mit Anomalien oder Fehlbildungen der inneren Organe Herz und große Gefäße, Urogenitalsystem und Magen-Darm-Trakt.

Besonderen Stellenwert hat die Untersuchung des Auges, da die Netzhaut das einzige *sichtbare Areal des Nervensystems* ist, die Papille Informationen über den Hirndruck gibt und außerdem 5 Hirnnerven das Auge und seine unmittelbare Umgebung innervieren.

## Bewusstseinslage

Grundlage jeder neurologischen Untersuchung beim Neugeborenen und Säugling ist die Registrierung des *Vigilanzgrads* bei jedem Untersuchungsschritt. Insbesondere Prechtl hat darauf hingewiesen, dass neben umgebungs- und untersucherabhängigen Variablen die Vigilanz (von ihm als „Verhaltenszustand“ eingeführt) das Untersuchungsergebnis wesentlich bestimmt [168]. Er definiert 6 solcher Verhaltenszustände (► Tab. 3.2, ► Abb. 3.17, ► Abb. 3.18). Davon betreffen je einer den ruhigen bzw. den aktiven natürlichen Schlaf und 3 den Wachzustand. Ein sechster Verhaltenszustand dient der Zuordnung „anderer“ Zustände wie Koma, zerebraler Anfall oder Narkose.

**Abb. 3.17** Perzentilenflüchtige Zunahme des Kopfumfangs bei Hydrozephalus.

**Tab. 3.2** Verhaltenszustände nach Prechtl (Quelle: [168]).

Zustand	Beschreibung
1	ruhiger Schlaf Augen geschlossen, Atmung regelmäßig, keine Spontanmotorik außer „Startles“ und Kinnkloni, Muskeltonus erhöht
2	aktiver Schlaf Augen geschlossen, Atmung unregelmäßig, Spontanbewegungen, erniedrigter Muskeltonus, schnelle (REM) und langsame Bulbusbewegungen
3	ruhiger Wachzustand Augen geöffnet, keine groben Bewegungen
4	aktiver Wachzustand Augen geöffnet, grobe Bewegungen, kein Weinen
5	Erregungszustand Augen geöffnet oder geschlossen, Weinen
6	abnormer Zustand andere Zustände wie Bewusstlosigkeit oder zerebraler Anfall

### Cave



Wenn diese Verhaltenszustände nicht berücksichtigt werden, drohen Bewertungsfehler beim Untersuchungsbefund. So sind plötzliches Zusammenzucken („Startle“) und Kinnkloni normale Phänomene im Zustand 1 (ruhiger Schlaf) beim Neugeborenen, anfallsverdächtig aber in anderen Stadien, während Zuckungen der mimischen Muskulatur und der Extremitäten, schnelle und langsame Bulbusbewegungen sowie ein schlaffer Muskeltonus Merkmale des Stadiums 2 (aktiver Schlaf) sind.

Als *Referenzzustand* für die Beurteilung von Muskeltonus, Körperhaltung und die Prüfung von Reflexen und Reaktionen gilt der Zustand 3 (ruhiger Wachzustand), mit Einschränkungen Zustand 2 und 4, während Spontanbewegungen, Traktionsversuch, Kopfkontrolle, Kriechen und Schreitreflex (► Abb. 3.19) am besten im Zustand 4 (aktiver Wachzustand) beurteilt werden können. Untersuchungen im Zustand 1, 5 (erregtes Schreien) und 6 (Koma) eignen sich nur für bestimmte Fragestellungen und basale Reflexprüfungen wie Pupillenreaktion und Babinski-Reflex.

Gesunde Frühgeborene und Reifgeborene verbringen den weitaus größten Teil des Tages im Schlaf, insbesondere im aktiven Schlaf. Der Zustand 3 (ruhiger Wachzustand) als optimaler Ausgangszustand für eine neurologische Untersuchung wird in der Regel nur einige Male am Tage erreicht. Die besten Chancen für eine Untersuchung bestehen, wenn ein Neugeborenes gut ausgeschlafen und nicht zu hungrig ist, d.h. während der Fütterungszeit, indem man diese für die Untersuchung unterbricht, oder 1–2 Stunden nach einer Mahlzeit, indem man die Kinder weckt.

Intensivbehandelte Frühgeborene befinden sich nicht selten – bedingt durch zerebrale Akutkomplikationen



**Abb. 3.18**

- a Reifgeborenes im Zustand 1 nach Prechtl (Quelle: Jorch G, Hübler A, Hrsg. Neonatologie. Stuttgart: Thieme; 2010).
- b Reifgeborenes im Zustand 2 nach Prechtl.
- c Reifgeborenes im Zustand 3 nach Prechtl (Quelle: Jorch G, Hübler A, Hrsg. Neonatologie. Stuttgart: Thieme; 2010).

und Analgosedierung – im Zustand 6. Deshalb muss sich die neononeurologische Befunderhebung in den ersten beiden Lebenswochen häufig auf die Erhebung *basaler Befunde* wie Spontanbewegungen der Extremitäten, der mimischen Muskulatur, der Zunge und der Bulbi, das spontane Atemmuster, die Körperhaltung und den Muskeltonus beschränken. Selbst die Prüfung der Pupillen-





Abb. 3.19 Schreit-reflex.

reaktion ist beim intensivbehandelten Frühgeborenen im Inkubator erschwert und bei gleichzeitiger Behandlung mit bestimmten Kreislaufmedikamenten (Adrenalin, Dopamin, Dobutamin, Atropin) oder augenärztlicher Untersuchung nach medikamentöser Weitstellung der Pupillen nicht aussagekräftig.

Für die halbquantitative Beschreibung der Bewusstseinsbeeinträchtigung bei Reifgeborenen werden auch der *Sarnat-Score* (► Tab. 3.3) und der *Thompson-Score* (► Tab. 3.4) genutzt.

Bei der Untersuchung von Säuglingen muss mit steigendem Alter zunehmend die jeweilige Bezugsperson mit einbezogen werden. Am besten beginnt die Untersuchung mit der Beobachtung des spielenden oder auf dem Schoß der Mutter sitzenden Kindes. Auch bestimmte Untersuchungsteile, z. B. Überprüfung der Pupillenreaktion und Kopfwendung zur Geräuschquelle, werden am besten hier durchgeführt. Das Auskleiden geschieht spielerisch im Laufe der Untersuchung. Der Untersuchungsraum muss warm und darf nicht zu hell sein.

Die Beschreibung von *Bewusstlosigkeit* ist in der deutschen medizinischen Nomenklatur nicht einheitlich, zumal auch die Begriffe Koma, Sopor, Somnolenz, Stupor etc. verwandt werden. Wir schlagen vor, den Begriff *Bewusstlosigkeit* synonym mit Koma zu verwenden und allein durch die beiden Kriterien „fortgesetzter Augenschluss“ und „fehlendes Augenöffnen auf Weckreiz“ zu definieren. Somnolenz wäre dann synonym mit Schläfrigkeit und kennzeichnet den Augenschluss, der durch Weckreiz unterbrochen werden kann. Die Begriffe Stupor und Sopor sind verzichtbar. Das Augenöffnen bei einem nicht reagierenden zerebral schwer geschädigten Neugeborenen oder Säugling oder während eines zerebralen Anfalls kennzeichnet einen Zustand, der weder mit *Bewusstlosigkeit* noch mit Wachzustand bezeichnet werden kann. Beim Hirntod dahingegen, definiert als irreversible Trias aus Koma, Apnoe und zerebraler Areflexie, liegt eine irreversible *Bewusstlosigkeit* vor.

Da die neurologischen Befunde vigilanzabhängig sind und nicht davon ausgegangen werden kann, dass der optimale Untersuchungszustand allen Befunden zugrunde liegt, hat es sich bewährt, im Neugeborenen- und Säuglingsalter die bei wiederholten Untersuchungen gemessene *Bestleistung* für die neurologische Leistungsbeurteilung zugrunde zu legen. Dies ist deshalb logisch, weil auch bei einem Kind mit normaler Hirnfunktion zwar untersuchungsbedingt gelegentlich auch mal ein abnormes Ergebnis erhoben werden kann, ein dauerhaft zerebral geschädigter Patient aber niemals normale Untersuchungsleistungen erbringen wird.

Tab. 3.3 Sarnat-Score zur Beurteilung des Schweregrads einer postnatalen HIE während der 1. Lebenswoche (Quelle: [181]).

Merkmale	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3
Bewusstsein	hellwach	schläfrig	bewusstlos
Tonus/Reflexe	gesteigert	uneinheitlich	schlaff
Dauer	<1 Tag	<5 Tage	>5 Tage
EEG	normal	δ-Muster	flach/Burst Suppression
Prognose	fast immer gut	überwiegend gut	fast immer schlecht

Tab. 3.4 Thompson-Score (Quelle: [202]). Der höchste im Verlauf der HIE erreichte Punktwert in der 1. Lebenswoche wird gewertet. Ein Punktwert von 15 oder mehr ist verbunden mit einem abnormen neurologischen Untersuchungsergebnis mit 12 Monaten (Positive predictive Value 92 %, Negative predictive Value 82 %, Sensitivity 71 %, Specificity 96 %).

Punkte	0	1	2	3
Muskeltonus	normal	erhöht	erniedrigt	völlig schlaff
Bewusstsein	normal	hellwach	schläfrig	bewusstlos
Anfälle	keine	<3/Tag	>2/Tag	
Haltung	normal	Faustschluss	Beugehaltung	Streckhaltung
Moro-Reflex	normal	vermindert	erloschen	
Handgreif-reflex	normal	vermindert	erloschen	
Saugen	normal	vermindert	erloschen	
Atmung	normal	Hyperpnoe	Apnoen	Atemhilfe
Fontanelle	normal	gespannt	vorgewölbt	

## Tonus, Haltung und Motorik

### Frühgeborene, Neugeborene, Säuglinge im 1. Trimenon

Die visuelle und videogestützte Beobachtung von Haltung und Bewegung hat in der Untersuchungstechnik bei Neugeborenen einen noch höheren Stellenwert als in den folgenden Altersstufen, insbesondere wenn die Umgebungsbedingungen (Inkubator, Intensivtherapie) andere Untersuchungstechniken erschweren [3].

*Haltungs- und Bewegungsasymmetrien* können eine spätere spastische Hemi- oder Triparese bereits in den ersten Lebenswochen anzeigen. Bereits sehr unreife Frühgeborene zeigen meistens eine Beugehaltung der oberen Extremitäten, während die Beine häufig noch gestreckt werden. Beim Reifgeborenen überwiegt die Beugehaltung aller Extremitäten. Der *Muskeltonus* ist beim Reifgeborenen vergleichsweise hoch, beim Frühgeborenen eher schlaff. Dies müsste bei korrekter Apgar-Bewertung regelmäßig zu einem Punktabzug beim Kriterium Muskeltonus führen. Allerdings nehmen die meisten Untersucher wohl eine intuitive Korrektur vor, indem sie 2 Punkte für den Muskeltonus bei einem gesund erscheinenden Frühgeborenen vergeben, auch wenn der Muskeltonus frühgeborenentypisch gegenüber einem Reifgeborenen herabgesetzt ist.

Bei allgemeiner Muskelhypotonie („Floppy Infant“) liegen Arme und Beine in Rückenlage auf der Liegefläche auf. Die Beine sind dabei im Hüftgelenk abduziert und außenrotiert, im Kniegelenk gebeugt („Froschhaltung“). Die Arme sind im Ellenbogengelenk gebeugt und die Handflächen sind für den Betrachter sichtbar. Ein allgemein erhöhter Muskeltonus zeigt sich meistens in einer Verstärkung der Arm- und Beinbeugung. Die für eine beginnende Spastik typische Haltung mit Opisthotonus, Schulterretraktion, Faustschluss und steifer Streckung der Beine mit Überkreuzungstendenz zeigt sich selten vor dem 4. Lebensmonat, manchmal auch erst mit 8–10 Monaten.

#### Merke

#### M!

Ein perinataler Hirnschaden wird in den ersten Lebensmonaten manchmal übersehen, weil die typischen Zeichen einer CP erst ausgeprägt werden, wenn die motorischen Nervenbahnen einen gewissen Entwicklungsstand erreicht haben. Der Befund „grobneurologisch normal“ bei Entlassung aus der postnatalen neonatologischen Behandlung erweist sich später manchmal als irreführend.

Typische Haltungs- und Bewegungsauffälligkeiten bei definierten Erkrankungen (z. B. bei Erb-Lähmung) werden in den entsprechenden Kapiteln dieses Buches beschrieben.

Häufigkeit und Bewegungsausmaß der *Spontanmotorik* hängen sehr vom jeweiligen Verhaltenszustand ab und

haben einen eingeschränkten diagnostischen Stellenwert. Beides korreliert mit der späteren zerebralen Prognose nur wenig. Die Kombination von Bewegungsarmut, schlaffem Muskeltonus mit Apnoeigung und wachem Blick allerdings muss an eine neuromuskuläre Erkrankung denken lassen.

Allgemein wichtiger ist die Beobachtung der Bewegungsqualität. Variable, elegante erscheinende Fingerbewegungen in mehreren Ebenen sind ein Zeichen für zerebrale Integrität, während monotone, zuckende Bewegungen in einer Ebene nicht selten abnorme Zustände anzeigen. Dabei sind – auch bei Bewegungen anderer Muskelgruppen – Zitterigkeit (rasch aufeinander folgende gleichartige Bewegungen bei meistens erhöhtem Muskeltonus, Synonym: Tremor), Kloni (gleichartige Bewegungen mit einer Frequenz von 1–3/Sekunde und rascher Beugekomponente, gefolgt von langsamer Streckung) und Myoklonien (schüttelnde, grobschlägige Bewegungen) zu unterscheiden. Klassische tonisch-klonische Bewegungsabfolgen (z. B. beim Grand Mal in höherem Alter) sind eher untypisch für Neugeborene. Diese zeigen entweder tonische Streckungen oder Beugekloni bzw. Myoklonien.

Eine den Fingerbewegungen ähnliche Hinweiskraft kommt dem *Blick* zu. Dabei scheinen die erfahrende Schwester und die entspannt beobachtende Mutter intuitiv die Bulbusmotorik und hier insbesondere die Blickfolgebewegungen zu bewerten. Für normale Blickfolgebewegungen sind verschiedene Hirnstrukturen erforderlich, sodass nur bei weitgehender zerebraler Integrität der Blick normal erscheint.

Für die Wertung komplexer und prognostisch wichtiger Spontanbewegungselemente beim Neugeborenen scheint medizinischer Sachverstand nicht unbedingt erforderlich zu sein. Jedenfalls zeigte eine Studie, dass die intuitive Bewertung der „Normalität“ der Spontanmotorik nicht vom Grad der medizinischen Kenntnis und Erfahrung abhing [3].

### Säuglinge und Kleinkinder vom 4.–18. Lebensmonat

Muskeltonus, Körperhaltung und Spontanmotorik lassen sich in dieser Entwicklungsphase mit weitgehendem Abschluss des Hirnvolumenwachstums zunehmend nach den gleichen Grundsätzen beurteilen wie im späteren Alter. Spätestens mit 18 Monaten laufen gesunde Kinder frei und sicher, können auch kleine Gegenstände mit den Fingern ergreifen, die aktive Sprache verfügt über die ersten Worte.

#### Hintergrundwissen

#### i

Ein perfekter Zangengriff korreliert besser mit späterer Intelligenz als Laufen mit 12 Monaten, da daran mehr übergeordnete Hirnfunktionen beteiligt sind.

Bei vorliegender CP lässt sich erkennen, ob diese spastisch, dyskinetisch, choreoathetotisch, ataktisch oder schlaff ist, der Nachweis von Neugeborenenreflexen ist immer als pathologisch zu werten.

**Cave**

Wegen der Dynamik der Entwicklung haben Entwicklungstests in dieser Altersspanne eine besondere Bedeutung. Sie basieren auf der Bestimmung des Alters, an dem bestimmte Fähigkeiten beherrscht werden („Meilensteinprinzip“). Es ist aber unerlässlich, dass Kinder, die auffällige Entwicklungstestergebnisse haben, ergänzend nach kinderneurologischem Standard untersucht werden, um für Diagnosestellung und Therapie die richtigen Schlüsse zu ziehen. Ansonsten besteht die Gefahr, dass sich aus einem abnormen entwicklungsneurologischen Testergebnis als einzige Konsequenz die Verordnung von Physiotherapie oder Ergotherapie ergibt.

Es sollten mindestens ein neuromuskulärer Status erhoben und die Hirnnervenfunktion überprüft werden. Der *neuromuskuläre Status* umfasst den aktiven und passiven Bewegungsumfang der Gelenke, die Untersuchung des Muskeltonus, eine Abschätzung der Muskelkraft, die Erfassung von Fibrillation oder Faszikulation einzelner Muskelfaserbündel, Ermüdbarkeit der Muskulatur und Bewertung der Spontanbewegungen nach Geschwindigkeit, Richtung, Ablauf und Häufigkeit. Die *Hirnnerven* lassen sich beim Neugeborenen und Säugling wie folgt prüfen:

- I: Reaktion auf Vanille
- II: Blickfolgebewegungen bei Präsentation markanter Gegenstände bzw. Streifen mit unterschiedlichem Abstand, Pupillenreaktion auf Licht
- III: Augenstellung und Augenbewegungen
- IV: Augenstellung und Augenbewegungen
- V: Reaktion auf Glukose oder Fructose auf der Zunge, Saugen und Zubeißen, Sensibilität im Gesicht und Mundraum
- VI: Augenstellung und Augenbewegungen
- VII: Mundwinkelbewegungen und Lidschluss
- VIII: Hörprüfung (Hirnstammaudiometrie [BERA], otoakustische Emissionen [OAE], Tonaudiometrie)
- IX: Schlucken
- X: Schlucken
- XI: Kopfwendung
- XII: Zungenmotorik

## Reflexe und Reaktionen

### Neugeborenenreflexe

Unter dem Begriff Neugeborenenreflexe werden Reflexe und Reaktionen zusammengefasst, die bei gesunden Neugeborenen spätestens am Ende der 1. Lebenswoche auslösbar sind und sich nach der Neugeborenenzeit zurückbilden [121]. Auch bei Frühgeborenen lassen sich diese



Abb. 3.20 Babinski-Reflex.

Reflexe mit zunehmender Reife auslösen. Einige Reflexe verschwinden bereits im 2. Lebensmonat (z. B. Puppenaugenphänomen), andere können bis zum Ende des 1. Lebensjahres persistieren (z. B. Babinski-Reflex) (► Abb. 3.20, ► Tab. 3.5).

**Merke****M!**

Die Persistenz oder das Wiederauftreten von Neugeborenenreflexen zu einem späteren Zeitpunkt ist immer als pathologisch zu werten.

Beim oralen *Suchreflex* (Rooting Reflex) verzieht das Kind seinen Mundwinkel an der sanft mit dem Finger (oder Brustwarze) berührten Seite, öffnet den Mund und versucht, daran zu saugen (► Abb. 3.21). Der Reflex ist im hungrigen Wachzustand gut auslösbar, zeigt zerebrale

Tab. 3.5 Nachweisbarkeit von Neugeborenenreflexen (Quellen: [168], [121]).

Reflex	Nachweisbarkeit	Zustand nach Prechtl
Saug- und Suchreflex	bis 3. LM	4
Glabellareflex	bis 2. LM	1, 2, 3, 4
Babkin-Reflex	bis 2. LM	3, 4
Puppenaugenphänomen	bis 2. LM	3, 4
optischer oder akustischer Blinzelreflex	> 12. LM	3, 4
asymmetrischer tonischer Nackenreflex	bis 6. LM	3, 4
Handgreifreflex	bis 4. LM	3, 4
Babinski-Reflex	bis 12. LM	1, 2, 3, 4, 5
Moro-Reaktion	bis 6. LM	3, 4
Magnetreflex	bis 3. LM	4
Galant-Reflex	bis 4. LM	3, 4
Schreitreflex	bis 3. LM	4, 5

LM: Lebensmonat