

WERKBOEK  
KINDERRADIOLOGIE



# **Werkboek kinderradiologie**

Onder redactie van  
G. Lameer-Engel en A. Martijn

**Stichting Bevordering  
Kinderradiologie**

Deze uitgave is mogelijk gemaakt door financiële bijdragen van Abbott, Beatrix Kinderkliniek (Academisch Ziekenhuis Groningen), Delta Lloyd, Guerbet, Nutricia, Philips Medical Systems, Schering, de Sophia Stichting voor het Zieke Kind en de Stichting Voorzorg.

Dit boek is verschenen in de serie “Werkboeken kindergeneeskunde”  
Eindredactie C.M.F. Kneepkens

VU Uitgeverij is een imprint van  
VU Boekhandel/Uitgeverij bv  
De Boelelaan 1105  
1081 HV Amsterdam

ISBN 90-5383-828-7  
NUR 876

Zetwerk: JAPES, Amsterdam  
Omslag: Studio Rijnen / JAPES, Amsterdam  
Druk: Wilco, Amersfoort

© 2003 Stichting Bevordering Kinderradiologie

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of op enige manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

# VOORWOORD

Het begon allemaal heel bijzonder. Op initiatief van de SBKR, de Stichting Bevordering Kinderradiologie, werden door kinderradiologen en kinderartsen cursussen georganiseerd voor kinderartsen. Deze cursussen waren erg succesvol. Het bijzondere van de onderneming was de oprechte overtuiging van beide beroepsgroepen dat goed wederzijds begrip en goede kennis van elkaars vak noodzakelijk zijn om bij kinderen goede radiologische informatie te verkrijgen. Als de aanvraag voor radiologisch onderzoek de klinische vraagstelling niet duidelijk vermeldt, mag men van het onderzoek niet veel verwachten. Vanuit deze ervaring is een aantal kinderradiologen en kinderartsen met gemeenschappelijke belangstelling enthousiast gaan werken aan een mooi en duidelijk werkboek. Belangrijk was daarbij de stuwende kracht van Carel Lameer, radioloog. Het is heel verdrietig dat hij het resultaat, waarop hij zeker trots zou zijn geweest, niet meer heeft mogen zien. De tekst is tot stand gekomen in nauw overleg tussen de kinderradiologen en de kinderartsen, steeds met aandacht voor de relevantie ervan voor beide disciplines. De meewerkende kinderradiologen komen zowel uit de academische als uit de algemene praktijk.

Het werkboek is bedoeld als praktische richtlijn voor kinderartsen in algemene en academische ziekenhuizen. Het vervangt niet de uitgebreide kinderradiologische handboeken, maar het kan op heldere en eenvoudige wijze bijdragen aan het belang van goed radiologisch onderzoek bij kinderen. Wij zijn allen die aan de totstandkoming van het werkboek hebben meegewerkt, veel dank verschuldigd. Deze unieke samenwerking tussen twee disciplines die in de dagelijkse praktijk veel met elkaar te maken hebben, kan als voorbeeld dienen voor toekomstige projecten.

Maart 2003  
Hans Büller  
Gerda Lameer-Engel  
Pieter Sauer

# INHOUDSOPGAVE

Voorwoord		5
Medewerkers		7
Gebruikte afkortingen		8
Deel I: Technische aspecten		
<b>Hoofdstuk</b>	<b>1</b> Algemene aspecten	11
	<b>2</b> Beeldvorming	16
Deel II: Beoordeling		
<b>Hoofdstuk</b>	<b>3</b> De thoraxfoto	29
	<b>4</b> Het buikoverzicht	35
	<b>5</b> Skeletfoto's	41
Deel III: Orgaanpathologie		
<b>Hoofdstuk</b>	<b>6</b> Longen en luchtwegen	53
	<b>7</b> Maag-darmkanaal	72
	<b>8</b> Lever, galwegen en pancreas	100
	<b>9</b> Nieren en urinewegen	107
	<b>10</b> Skelet en bewegingsapparaat	120
	<b>11</b> Centraal zenuwstelsel	143
Register		170

# MEDEWERKERS

- dr. F.J.A. Beek**, kinderradioloog,  
UMC Wilhelmina Kinderziekenhuis, Utrecht
- A.S. Devos**, kinderradioloog,  
Sophia Kinderziekenhuis, Erasmus Medisch Centrum, Rotterdam
- dr. H.C. Holscher**, kinderradioloog,  
Juliana Kinderziekenhuis, Rode Kruis Ziekenhuis, Den Haag
- P.P.G. Kramer**, kinderradioloog,  
Driebergen
- G.A.P. de Kort**, radioloog,  
UMC, Utrecht
- G. Lameer-Engel**, kinderarts,  
Astmacentrum Heideheuvel, Hilversum
- dr. M.H. Lequin**, kinderradioloog,  
Sophia Kinderziekenhuis, Erasmus Medisch Centrum, Rotterdam
- dr. A. Martijn**, kinderradioloog,  
Academisch Ziekenhuis Groningen
- Prof.dr. M. Meradji**, kinderradioloog,  
Sophia Kinderziekenhuis, Erasmus Medisch Centrum, Rotterdam
- dr. R.A.J. Nievelstein**, kinderradioloog,  
UMC Wilhelmina Kinderziekenhuis, Utrecht
- dr. R.R. van Rijn**, kinderradioloog,  
Emma Kinderziekenhuis AMC, Amsterdam
- dr. S.G.F. Robben**, kinderradioloog,  
Academisch Ziekenhuis Maastricht
- Prof.dr. L.S. de Vries**, neonatoloog,  
UMC Wilhelmina Kinderziekenhuis, Utrecht
- T.D. Witkamp**, radioloog,  
UMC Utrecht

## GEBRUIKTE AFKORTINGEN

ADEM	Acute demyeliniserende encefalomyelitis
ALARA	<i>As low as reasonably achievable</i> (betreft de stralendosis)
BMAD	“Kennelijke” botdichtheid ( <i>bone mineral apparent density</i> )
BMD	Botdichtheid ( <i>bone mineral density</i> )
BPD	Bronchopulmonale dysplasie
CF	Cystische fibrose
CHD	Congenitale hernia diaphragmatica
CT	Computertomografie
DEXA	<i>Dual energy X-ray absorptiometry</i>
DMSA	<sup>99m</sup> Tc-Dimercaptosuccinezuur
DXA	<i>Dual energy X-ray absorptiometry</i>
ERCP	Endoscopische retrograde cholangiopancreaticografie
HR-CT	Hogeresolutie-CT
IRDS	Idiopathisch respiratoir <i>distress</i> -syndroom
IVP	Intraveneus pyelogram
MAG-3	<sup>99m</sup> Tc-Mercaptoacetyltriglycine
MBIG	<sup>131</sup> I-meta-iodobenzylguanidine
MCUG	Mictiecysto-uretrografie
MRA	MRI-angiografie
MRCP	MRI-cholangiopancreaticografie
MRI	Kernspintomografie ( <i>magnetic resonance imaging</i> )
PET	Positronemissietomografie
SPECT	<i>Single photon emission CT</i>
UPJ	Ureteropelviene overgang



# DEEL I: TECHNISCHE ASPECTEN



# Hoofdstuk 1

## ALGEMENE ASPECTEN

*P.P.G. Kramer*

### Inleiding

De eerste medische röntgenfoto in Nederland werd gemaakt op 28 januari 1896, precies één maand na de bekendmaking van de ontdekking van de “X-stralen” door Conrad Wilhelm Röntgen. De eerste klinische röntgenfoto bij een kind werd gemaakt op 12 maart van hetzelfde jaar. Het was een handfoto van een 10- à 11-jarig kind; de belichtingstijd was 78 min (Figuur 1-1). De röntgenfoto's werden gemaakt in het laboratorium van een middelbare school te Maastricht. De radiologie bij kinderen is dus vrijwel even oud als de algemene radiologie.



**Figuur 1-1.** De eerste röntgenfoto bij een kind in Nederland, gemaakt op 12 maart 1896.

## Wat is kinderradiologie?

Radiologie is het maken van foto's met behulp van röntgenstralen, inclusief computertomografie (CT) en angiografie, geluidsgolven (echografie), kernspintomografie (MRI) en dergelijke. Kinderradiologie is het uitoefenen van de radiologie bij kinderen, dat wil zeggen bij lichamen die tot aan de volwassen leeftijd continu veranderen door groei en rijping. Vanwege deze veranderingen moet de radioloog de leeftijd van het kind bij het beoordelen van de verkregen beelden voortdurend in het oog houden. Kinderradiologie is niet moeilijker dan radiologie bij volwassenen, maar veronderstelt gerichte kennis en kunde bij de radioloog. Kinderradiologie bestrijkt het hele lichaam en is daarmee het meest uitgebreide deelspecialisme van de radiologie.

**Doel.** Het doel van de kinderradiologie en van het kinderradiologisch onderzoek is om met zo weinig mogelijk ioniserende stralen snelle en adequate diagnostiek van afwijkingen bij kinderen uit te voeren, zodat gerichte behandeling kan leiden tot betere kwaliteit van de kindertijd en de volwassen leeftijd.

## Verschillen met de algemene radiologie

De kinderradiologie verschilt in veel opzichten van de dagelijkse praktijk van de algemene radiologie.

**Instelling.** Het vereist een aparte mentaliteit om met kinderen om te gaan, ongeacht of dit nu pasgeborenen, kleuters of grotere kinderen zijn. Het is vaak deze houding die bepaalt of een onderzoek wel of niet lukt. Daarnaast vinden veel radiologen het moeilijk om te maken te hebben met patiënten die zelf niet kunnen aangeven waar de pijn zit of wat er aan de hand is. Het zodanig interpreteren van symptomen, dat gericht onderzoek kan worden uitgevoerd, vereist langdurige ervaring. Bovendien worden kinderen vaak vergezeld door ouders, grootouders, broertjes en zusjes, die meestal bij het onderzoek aanwezig mogen zijn. Voor veel algemene radiologen is dat nog steeds een moeilijk te accepteren situatie.

**Pathologie.** Er zijn kinderziekten en ziekten van volwassenen. Bij kinderen komen aangeboren afwijkingen, ontwikkelingsstoornissen, groeistoornissen, voedingsstoornissen en dergelijke voor, die soms reeds bij de geboorte te herkennen zijn. Aandoeningen die op alle leeftijden voor kunnen komen, presenteren zich bij kinderen vaak anders dan bij volwassenen.

**Techniek.** Kinderen zijn zeer beweeglijk en hebben een snelle ademhaling en een snelle hartactie. Op de afdeling kinderradiologie moet dan ook apparatuur aanwezig zijn die in zeer korte tijd afbeeldingen kan maken. Dit is meestal de “zwaarste” apparatuur, die in een zeer korte tijd een hoge energie kan leveren, en daardoor ook de duurste. Ditzelfde geldt voor CT- en MRI-apparatuur.

**Vergoedingen.** De financiering van de afdeling kinderradiologie verschilt van die van de afdeling algemene radiologie. Onderzoek bij kinderen vergt 25 tot 50% meer tijd, hetgeen economisch zeer onvoordelig is. Het kost altijd moeite om te bereiken dat het duurste apparaat wordt aangeschaft voor het kleinste aantal onderzoeken. Dit heeft ook consequenties voor het management. Met minder onderzoeken moet de afdeling toch efficiënt draaien. Pogingen om voor onderzoeken bij kinderen andere tarieven te verkrijgen, zijn tot nu toe gestrand.

**Logistiek.** Door het andere soort patiënten en begeleiders is ook de logistiek op de afdeling kinderradiologie anders dan op de afdeling algemene radiologie. Het is niet altijd mogelijk om op tijd met een onderzoek te beginnen, bijvoorbeeld omdat het kind op de klinische afdeling een infuus moet krijgen, hetgeen soms problemen geeft. Onderzoeken kunnen uitlopen, bijvoorbeeld omdat een procedure als het inbrengen van een catheter onverwachte moeilijkheden oplevert. De voorbereiding van het kind op het onderzoek en de voorlichting van de ouders vergen meer tijd dan bij volwassenen. Men heeft ook meer tijd nodig om een kind goed te instrueren hoe het tijdens het onderzoek moet inademen, uitademen, geluiden maken en dergelijke.

**Personeel.** De radiologie wordt uitgeoefend door radiologen in samenwerking met laboranten. De samenwerking tussen radioloog en laborant is in de kinderradiologie mogelijk intensiever dan in de algemene radiologie. Ook de laborant heeft eigen kennis en kunde nodig om de kinderradiologie goed uit te oefenen. De laborant is bovendien vaak de eerste die met het kind en zijn begeleiders in aanraking komt en speelt dus een grote rol bij opvang en begeleiding. De laboranten van de radiologische afdelingen van de kindziekenhuizen hebben hiermee grote ervaring. Elk (algemeen) ziekenhuis zou uit de groep laboranten diegenen moeten selecteren die genegen zijn zich in te zetten voor de kinderradiologie en te zorgen voor een voor kinderen geschikte omgeving.

**Inrichting.** De ruimten waar het kind wordt onderzocht, moeten zo min mogelijk beangstigend zijn. Aangepaste muurdecoraties spelen een belangrijke rol, ook al omdat men dan het kind kan instrueren om bijvoorbeeld naar rechts of links te kijken door te wijzen op een foto van een dier of een tekening op de

muur. Voor een kind is het verder prettig als de onderzoeker een loodschort draagt met kindvriendelijke afbeeldingen. Daardoor kan er een beter contact met het kind worden opgebouwd.

## Uitoefening van de kinderradiologie

Er is verschil tussen kinderradiologie en door algemene radiologen bedreven radiologie bij kinderen. Kinderradiologen werken volgens strenge normen, onder andere binnen de Europese gemeenschap voor de kinderradiologie vastgesteld en uitgegeven. Deze normen bevatten voor zover het röntgenstralen betreft duidelijke en strenge stralingshygiënische voorschriften.

**Stralenbelasting.** Bij een goede indicatie is in Nederland, in tegenstelling tot in sommige Zuid-Europese landen, de stralenbelasting geen contra-indicatie meer. Wel moeten de onderzoeken worden uitgevoerd met een zo laag mogelijke stralendosis (*as low as reasonably achievable*; het ALARA-principe). Bij CT bijvoorbeeld moet de radioloog de parameters aanpassen aan het onderzoek bij kinderen. In de buitenlandse literatuur wordt soms de zorg uitgesproken dat de stralenbelasting bij CT te groot zou zijn. Als het onderzoek echter volgens de normen wordt uitgevoerd, dan weegt ook daarbij de stralenbelasting op tegen de te verwachten diagnostische winst. De beste stralenbescherming is een goed onderzoek dat geen herhaling behoeft. Goede immobilisatie en goede vakken-nis zijn hierbij van zeer groot belang.

**Overleg met de kinderarts.** Omdat een goede indicatie voor het onderzoek essentieel is, is overleg tussen radioloog en aanvrager uitermate belangrijk. De indicatiestelling moet voor de radioloog duidelijk zijn, hij moet kunnen beslissen of hij de vraagstelling kan beantwoorden zonder gebruik te maken van röntgenstralen, bijvoorbeeld met echografie of MRI, en of het gevraagde onderzoek het meest geschikte is. De beslissing over het type onderzoek dat wordt uitgevoerd, ligt bij de radioloog.

**Overgevoelighedsreacties.** Contrastmiddelen veroorzaken soms overgevoelighedsreacties. Mogelijke overgevoeligheid voor jodium vereiste vroeger vaak voorzorgsmaatregelen en uiterste voorzichtigheid. Met de nieuwe niet-ionische contrastmiddelen is de kans op overgevoelighedsreacties drastisch verkleind. Kinderen die een overgevoelighedsreactie kregen bij gebruik van de “oude” contrastmiddelen, vertonen die meestal niet met de nieuwe middelen (zie Hoofdstuk 2). Bij kinderen jonger dan zes maanden zijn bijwerkingen zeer zeld-

zaam. Afgezien van bekende overgevoeligheid en dehydratie kennen contrastmiddelen bij kinderen geen contra-indicaties.

**Verschillende scholen.** De kinderradiologische afdelingen zijn onderling verschillend wat betreft de uitvoering van onderzoeken. Deze verschillen worden veroorzaakt door de ervaringen van de kinderradiologen. Waar de ene school bij het opheffen van een meconiumileus Gastrografine<sup>®</sup> gebruikt, raadt de andere school dit middel af wegens de zeer hoge osmolariteit. Waar op de ene afdeling de repositie van een invaginatie bij voorkeur met lucht wordt uitgevoerd, gebruikt men op de andere afdeling een waterig niet-ionisch contrastmiddel. Hoewel de verschillende methoden alle kunnen resulteren in vergelijkbare goede resultaten, zijn ze vaak onderwerp van discussie in de kring van kinderradiologen.

**Axioma's.** In de kinderradiologie gelden vier axioma's die van belang zijn voor het goed uitoefenen van de kinderradiologie.

*Een kind is geen kleine volwassene.* Dit axioma geldt ook elders in de kindergeneeskunde en in alle specialismen die met kinderen te maken hebben.

*Hoe kleiner het kind, hoe "zwaarder" het apparaat.* Een klein kind heeft een snelle ademhaling en een snelle hartactie. De tijd waarin de röntgenopname wordt gemaakt, moet zo kort zijn dat deze bewegingen worden "stilgezet" op de foto. Het röntgenapparaat moet dus in een zeer korte tijd (1 à 2 msec) genoeg energie kunnen leveren om een goede foto te maken.

*Bij een goede indicatie is de stralendosis geen contra-indicatie.* Met de in Nederland gebruikte apparatuur is de stralenbelasting zo laag dat deze op zichzelf geen contra-indicatie is.

*Het kind is (bijna) nooit de oorzaak van het mislukken van een onderzoek.* Als radioloog en laborant voldoende ervaring, kennis, kunde en interesse hebben, mislukt een onderzoek bijna nooit.

## Literatuur

Haller JO, Slovis TL. *Pediatric Radiology*. 2e druk. Heidelberg: Springer Verlag, 1995.

Hoffmans HJ. *Proefnemingen met de röntgensche stralen*. Maastricht: Leiter-Nijpels, 1896.

## Hoofdstuk 2

### BEELDVORMING

*P.P.G. Kramer*

#### Inleiding

In dit boek wordt niet uitgebreid ingegaan op de fysische principes en eigenschappen van de diverse (kinder)radiologische onderzoekstechnieken. Deze worden behandeld in uitstekende boeken als het Nederlandse *Leerboek Radiologie*. Summier worden die specifieke aspecten besproken die van belang zijn voor beter begrip van de kinderradiologie door de kinderarts.

Bij de beeldvorming in de kinderradiologie wordt gebruik gemaakt van röntgenstralen, geluidsgolven (echografie), MRI en gammastralen (nucleaire geneeskunde; scintigrafie).

### RÖNTGENONDERZOEK

#### Fysische principes

Röntgenstralen zijn elektromagnetische stralen die in wisselende mate door weefsels in het lichaam worden geabsorbeerd. De mate van absorptie hangt af van het atoomnummer (van de overheersende atomen) en de dichtheid van de weefsels. Calcium in bot heeft een hoog atoomnummer en een grote dichtheid, terwijl lucht een zeer laag atoomnummer heeft en een zeer lage dichtheid. Wanneer een röntgenbundel op een lichaam valt, worden stralen die door hard weefsel gaan, zoals bot, meer geabsorbeerd dan stralen die door lucht gaan. Het beeld op de foto wordt gevormd door de stralen die uit het lichaam treden. Door de absorptieverschillen ontstaat een intensiteitsverschil op de röntgenfoto, waardoor de weefsels in grijstinten worden weergegeven. Waar veel stralen zijn geabsorbeerd, ontstaan witte partijen en waar weinig stralen zijn geabsorbeerd,



zwarte gedeelten. Op een thoraxfoto worden de botstructuren bijvoorbeeld wit afgebeeld, de weke delen grijs en de longen zwart.

Niet alle röntgenstralen hebben dezelfde kwaliteit (“hardheid”). Hoe harder een straal, dus hoe korter zijn golflengte, hoe gemakkelijker hij het lichaam en dus ook bijvoorbeeld bot passeert. De contrasten tussen de uitredende stralen kunnen daardoor minder worden: de foto is “hard”. Men kan ook teveel van een bepaalde soort stralen geven. Dat levert een te zwarte foto op. De contrastverschillen zijn dan onveranderd, maar de foto is “overbelicht”.

## Conventioneel röntgenonderzoek

Van “conventioneel” onderzoek spreekt men bij “gewone” röntgenfoto’s en doorlichtingsonderzoeken. CT en angiografie, die ook gebruik maken van röntgenstralen, worden daar niet toe gerekend.

**Standaardröntgenfoto’s.** Thoraxfoto’s, skeletfoto’s en dergelijke worden door de laboranten gemaakt op de zogenaamde buckytafel. Dit is een onderzoektafel met daarboven een vrij beweegbare röntgenbuis en eronder een cassetelade. In de cassetelade is een raster verwerkt dat stroostralen wegvangt, waardoor de fotokwaliteit verbetert.

**Doorlichtingsonderzoeken.** Bij doorlichtingsonderzoeken doet de radioloog, geassisteerd door de laborant, functioneel onderzoek bij het kind, zoals slokdarm-maag-darmonderzoek en onderzoek van de urinewegen. Hierbij wordt vaak gebruik gemaakt van video-opnamen, waardoor de beelden vaker kunnen worden bekeken zonder dat het kind aan extra röntgenstralen wordt blootgesteld. Door de digitalisering kunnen de beelden digitaal worden opgeslagen en op een monitor worden bekeken.

**Interventies.** De meest voorkomende interventies in de conventionele radiologie zijn reponeren van invaginatie, opheffen van meconiumileus, puncties en drainages. Hierop wordt in de betreffende hoofdstukken nader ingegaan. Ook worden interventies aan de bloedvaten uitgevoerd, zoals embolisatie bij bloedingen en vaatrijke tumoren.

## Overige onderzoekstechnieken

**Computertomografie.** Bij CT draait de röntgenbuis rond het kind, waarbij de röntgenstralen aan de andere kant van het kind worden opgevangen door vele meedraaiende detectoren. Door computerbewerking van de informatie kunnen dwarsdoorsneden van het lichaam worden gemaakt. Door het draaiingsvlak enigszins te kantelen, kan men ook schuine doorsneden verkrijgen. Dit is voornamelijk van belang bij het maken van opnamen van hersenen en schedel.

De nieuwere CT-apparatuur biedt tevens de mogelijkheid om het tafelblad met de patiënt tijdens de opnamen door het opnamevlak (de *gantry*) te schuiven, waardoor de verzamelde informatie een spiraalvormige “doorsnede” van de patiënt geeft (spiraal-CT). Dit zorgt voor snellere verzameling van de informatie, die door de computer wordt vertaald in vlakke sneden. De nieuwste generatie CT-apparatuur gebruikt meerdere rijen detectoren, waardoor meer doorsneden tegelijkertijd kunnen worden gemaakt en de onderzoekstijd nog sterker wordt gereduceerd (*multislice*-spiraal-CT).

Met deze nieuwe technieken worden de CT-beelden in zeer korte tijd verkregen, waardoor de kans op bewegingsonscherpte kleiner is. Dit is vooral voor kinderen van belang, omdat sedatie en anesthesie daarbij vaak achterwege kunnen blijven. Anderzijds dreigt daardoor het gevaar dat men CT routinematig en dus te vaak gaat uitvoeren, waardoor de stralendosis wordt verhoogd. Verder maakt computerbewerking het mogelijk om ook in andere vlakken beelden te reconstrueren. Voor deze reconstructies is echter een grote resolutie nodig, waardoor mogelijk de dosis ioniserende stralen hoger moet zijn.

**Angiografie.** Bij angiografie worden bloedvaten afgebeeld door een contrastmiddel te injecteren in de bloedbaan. De röntgencontrastmiddelen absorberen röntgenstralen sterk, waardoor het bloed in de bloedvaten op de röntgenfoto wit wordt afgebeeld. Het onderzoek van de bloedvaten vindt tegenwoordig voor een groot deel plaats met echografie, CT en MRI. Angiografie wordt bij kinderen vrijwel niet meer toegepast. Er zijn nog enkele specifieke indicaties overgebleven, zoals ter voorbereiding van interventies aan de bloedvaten, neurologisch onderzoek, moya-moya-ziekte, periarteritis nodosa en cerebrovasculaire accidenten.

**Bronchografie.** Ook bronchografie is vrijwel geheel uit het arsenaal van onderzoeksmethoden verdwenen, ten gunste van CT en MRI. Bij zeer kleine pasgeborenen kan bronchografie soms nodig zijn omdat de maten van de bronchiaalboom zo gering zijn dat ze met CT niet goed kunnen worden bestudeerd. Het onderzoek wordt echter nog slechts zo zelden uitgevoerd (enkele malen per

jaar), dat het meest geschikte contrastmiddel niet meer wordt gemaakt. Nu wordt eventueel verdund barium gebruikt. Voor het uitvoeren van dit onderzoek is echter de nodige ervaring vereist.

## Toepassingen

Alle mogelijkheden die in de radiologie bij volwassenen worden toegepast, worden ook gebruikt bij kinderen. Aangezien het object in de kinderradiologie zoveel kleiner is, heeft men in het verleden speciale röntgenapparatuur ten behoeve van kinderen ontwikkeld met ingebouwde of aangebouwde mogelijkheden voor immobilisatie, rotatie en dergelijke. Hetzelfde kan echter worden bereikt met de normale losse hulpmiddelen. Bovendien kunnen niet alle kinderen, van prematuur tot adolescent, met dezelfde aangepaste apparatuur worden onderzocht. Tegenwoordig worden daarom alle kinderen onderzocht met de krachtigste apparatuur voor volwassenen, waarmee de kortste belichtingstijden mogelijk zijn.

## Schadelijke werking

De in de kinderradiologie gebruikte doses zijn dermate laag dat geen schadelijke werking meer aantoonbaar is. Het is niet uit te sluiten dat chromosomale mutaties optreden, maar genetische schade is zeer moeilijk vast te stellen. Men neemt aan dat genetische schade bij diagnostisch gebruik van röntgenstralen niet in verhoogde mate optreedt. Gezien deze onzekerheid neemt men toch zoveel mogelijk stralenbeschermende maatregelen, zoals afdekken van naburige gebieden, filtering van de röntgenbundel en gebruik van zeer korte doorlichtingstijden.

De grondregel bij de toepassing van röntgenstralen is het ALARA-principe: men gebruikt bij een bepaalde vraagstelling steeds de laagst mogelijke dosis.

## Contrastmiddelen

Men onderscheidt negatieve en positieve contrastmiddelen. Lucht en gas zijn negatieve contrastmiddelen: ze geven op de röntgenfoto een zwart beeld. Lucht is normaal aanwezig in longen en grotere luchtwegen, gas in maag en darmen. Positieve contrastmiddelen geven op de röntgenfoto een wit beeld. De momen-

teel meest gebruikte contrastmiddelen zijn de bariumhoudende en jodiumhoudende contrastmiddelen. Bariumhoudende contrastmiddelen worden onder andere gebruikt voor onderzoek van het spijsverteringskanaal. De jodiumhoudende contrastmiddelen worden onderverdeeld in ionische en niet-ionische middelen. De ionische contrastmiddelen hebben een vrij jodiummolecuul. Bij de niet-ionische blijft het jodium gekoppeld, waardoor de kans op overgevoelheidsreacties kleiner is.

## Dosis

De dosis röntgenstraling die tijdens een onderzoek wordt gegeven, is onder meer afhankelijk van de ervaring van de onderzoeker en de gebruikte apparatuur. Exacte doses per onderzoek zijn dan ook moeilijk te geven. Bovendien kent de literatuur verschillende manieren om de dosis vast te stellen, zoals intrededosis, uittrededosis en geabsorbeerde dosis, hetgeen interpretatie en vergelijking moeilijk maakt. De gemeten dosis moet worden gezien in het licht van alle factoren die deze bepalen. In hoeverre bijvoorbeeld CT van de longen een hogere dosis vergt dan een thoraxfoto en hogeresolutie-CT (HR-CT) weer een hogere dosis dan “gewone” spiraal-CT, is afhankelijk van techniek, aantal doorsneden en dergelijke.

Steeds geldt dat de aanvragend arts met de radioloog overlegt over de noodzaak van het onderzoek in relatie tot de dosis en dat zij nagaan of het onderzoek kan worden uitgevoerd met een techniek die een lagere dosis vereist of waarbij geen röntgenstralen nodig zijn.

## ECHOGRAFIE

### Fysische principes

Echografie wordt uitgevoerd met geluidsgolven met een frequentie boven 20.000 Hz. Dit ultrageluid wordt geproduceerd door een piëzo-elektrisch kristal. Een transducer zet het elektrische signaal om in ultrasone energie. Het ultrageluid kan tot een zekere diepte in weefsels doordringen. Op het grensvlak van twee weefsels ontstaan echo's, die weer worden opgevangen door de transducer en omgezet in elektrische signalen. Na omvorming worden de signalen afgebeeld op een monitor of een film. Omdat ultrageluid slecht wordt geleid door lucht,

wordt de ruimte tussen de transducer en de huid van de patiënt opgevuld met een gel.

In het lichaam bevinden zich ophopingen van vocht waarin geen echo's kunnen worden opgewekt, zoals in de urineblaas, cysten, galblaas, met vocht gevulde darmen en dergelijke. Deze zijn op de foto zwart. Ook bloed wordt zwart weergegeven, omdat de echo van de bloedcellen door de beweging van het bloed de transducer niet bereikt. Met behulp van het Doppler-effect kan men het bloed echter een kleur geven. Bij *kleuren-Doppler-echografie* worden de signalen van het van de transducer afgaande bloed in blauw en die van het naar de transducer toekomende bloed in rood afgebeeld.

Luchthoudend longweefsel wordt niet afgebeeld. De niet-bewegende organen, zoals lever, hersenen en tumoren, geven een mengeling van grijze en witte echoreflecties. De ultrageluidsgolven gaan niet door bot en kalk en vertonen erachter een zwarte "slagschaduw". Ook vet is slecht doordringbaar voor ultrageluid.

Nieuwe apparatuur en analysetechnieken maken het tegenwoordig mogelijk om met echografie driedimensionale beelden te verkrijgen.

## Toepassingen

Bij kinderen heeft echografie de voorkeur boven andere technieken. Er worden geen röntgenstralen gebruikt en de apparatuur is relatief klein en daardoor minder bedreigend voor het kind. Omdat kinderen meestal nog weinig vet in het lichaam hebben, is echografie bij hen uitermate goed toepasbaar en accuraat. Bij zuigelingen is bovendien de fontanel van het schedeldak nog open, zodat deze als venster kan dienen voor echografisch onderzoek van de hersenen. Ook voor het aantonen van congenitale heupluxatie en dergelijke kan echografie bij zuigelingen goed worden gebruikt.

Wel is duidelijk geworden dat het resultaat van het echografisch onderzoek sterk afhangt van de ervaring van de onderzoeker. Meestal is de onderzoeker een radioloog. Deze kan echter onder zijn supervisie het onderzoek laten uitvoeren door de arts-assistent radiologie of de laborant.

## Schadelijkheid

Tot op heden zijn geen schadelijke bijwerkingen van normaal gebruik van ultrageluid bekend. Er blijft echter onzekerheid bestaan. Voor gebruik van geluidsgolven gedurende lange tijd en in zeer hoge frequenties, zoals bij driedimensio-

nale opnamen nodig is, is men zeer terughoudend waar het niet zuiver diagnostische doeleinden betreft. Hetzelfde geldt bijvoorbeeld voor prenatale langdurige kleuren-Doppler-echografie.

## KERNSPINTOMOGRAFIE

### Fysische principes

MRI berust op het gedrag van protonen in het lichaam in een magnetisch veld. De patiënt wordt in een magnetisch veld gebracht, waardoor de protonen zich in een “noord-zuidpositie” rangschikken. Als deze positie door middel van een radiopuls wordt verstoord, is de wijziging in de ligging van de protonen afhankelijk van het soort weefsel waarin ze zich bevinden. Wanneer de protonen na het stoppen van de puls weer terugkeren naar hun oorspronkelijke positie in het magnetisch veld, zenden zij zelf een radiopuls uit. Deze kan worden opgevangen en via computerbewerking worden verwerkt tot grijstinten. In elk soort weefsel hebben de protonen hun eigen beweeglijkheid; elk weefsel heeft daardoor een andere respons op de radiopuls.

We spreken bij MRI van spin-echosequenties. De meest gebruikte zijn de T1- en T2-sequenties. T1 is een anatomische, T2 een “pathologische” sequentie. In de T1-sequentie is vet wit, stromend bloed en vloeistoffen donker en bot zwart. In de T2-sequentie zijn vet en stromend bloed donker, vloeistof wit en bot zwart, terwijl ook bijna alle pathologische gebieden wit zijn.

De uit het lichaam komende signalen zijn elektromagnetische golven. Zij kunnen een groot weefselcontrast weergeven. Een van de voordelen van MRI is dat alle vlakken in het lichaam kunnen worden afgebeeld. De anatomische informatie is groot. Een nadeel is dat het onderzoek vrij tijdrovend is, waardoor bij jonge kinderen sedatie of anesthesie noodzakelijk is. Verder kan het nodig zijn om contrastmiddelen toe te dienen. Een ander nadeel is dat de apparatuur zeer kostbaar en het onderzoek dus duur is.

**Terminologie.** Een aantal in dit boek voorkomende begrippen wordt hier nader uitgelegd. Bij *MRI-angiografie* (MRA) worden de weefsels rond de bloedvaten door selectieve elektromagnetische pulsen onderdrukt. Hierdoor krijgt men een (witte) afbeelding van alleen de bloedvaten zonder, zoals bij conventionele angiografie, gebruik te maken van contrastmiddelen. *Diffusie- en perfusie-MRI* is een techniek om met of zonder contrastmiddel de doorbloeding van delen van

de hersenen en andere organen te beoordelen. Met *spectroscopie* kunnen biochemische (metabole) processen worden bestudeerd. Dit gebeurt door het analyseren van bijvoorbeeld de spectra van fosfaat-31 en waterstof-1. Dit onderzoek vindt voornamelijk plaats bij spierziekten en hersenaandoeningen. *Functionele MRI* is een techniek om op het MRI-beeld de activiteit van de cortex van de hersenen waar te nemen na externe stimulatie.

**Toekomst.** De ontwikkelingen wat betreft de mogelijkheden van MRI gaan razendsnel en de toepassingsmogelijkheden nemen ook bij kinderen snel toe. Men moet grote ervaring hebben in de toepassing van MRI om in een bepaalde situatie aan de kinderarts te kunnen vertellen wat de mogelijkheden zijn.

## Contrastmiddelen

De bij MRI gebruikte contrastmiddelen zijn zogenaamde paramagnetische materialen, die de relaxatietijden T1 en T2 kunnen beïnvloeden, zoals magnesium, mangaan, gadolinium en ijzer. Het meest gebruikt wordt gadolinium-di-ethyleentriaminepenta-aceetzuur (Gd-DTPA). Contrastmiddelen voor onderzoek van darmen (ijzer), longen en lever zijn in een vergevorderd ontwikkelingsstadium.

## Toepassingen

Pasgeborenen en zuigelingen kunnen vaak zonder sedatie worden onderzocht, maar bij kinderen tussen 1 en 5 jaar oud is meestal wel sedatie of algehele anesthesie nodig. MRI heeft voor gebruik bij kinderen de voordelen dat er geen schadelijke straling wordt gebruikt en dat het beeld grote anatomische nauwkeurigheid toont. MRI wordt het meest toegepast voor onderzoek van de hersenen. Ook afwijkingen in mediastinum, urinewegen, genitalia, gewrichten (kraakbeen), wervelkolom, ruggenmerg en beenmerg zijn met MRI fraai af te beelden.

CT en MRI vullen elkaar aan. Soms kan men voor de diagnostiek volstaan met CT en soms met MRI, maar beide onderzoeken geven niet dezelfde informatie. MRI is nog niet erg geschikt voor het onderzoek van botweefsel, hoewel het merg en de omgevende weefsels duidelijk kunnen worden afgebeeld. Ook de longen zijn nog niet goed beoordeelbaar. Door de beweeglijkheid van de darm levert onderzoek van het maag-darmkanaal nog steeds problemen op. Ook hierin is overigens een zeer snelle ontwikkeling gaande.

## Schadelijkheid

Van MRI is geen schadelijke werking aangetoond. Wel is de noodzaak van sedatie of anesthesie een risicofactor.

## SCINTIGRAFIE

### Fysische principes

Bij scintigrafie (“nucleaire geneeskunde”) maakt men gebruik van radionucliden voor het afbeelden van organen door middel van gammastralen. Men koppelt een radionuclide aan een voor een bepaald orgaan specifiek transportmiddel (tracer), waardoor de radionuclide selectief in het doelorgaan terecht komt. Vanaf de plaats waar het radioactief materiaal wordt opgeslagen, stuurt het gammastralen uit. Deze kan men vastleggen op een film of in een computer. Aangezien de radionuclide actief door het orgaan wordt opgenomen, kan men zo tevens functionele informatie verkrijgen. De resolutie van de verkregen afbeeldingen is echter zeer slecht. Een beter contrast verkrijgt men met positron-emissietomografie (PET) en door *single photon emission CT* (SPECT), waarbij de gebruikte radionuclide in een cyclotron wordt gemaakt. Deze radionucliden beschikken over een hoge stralingsenergie en hebben een zeer korte halveringstijd.

Men moet zich realiseren dat een radionuclide continu straalt, terwijl bijvoorbeeld röntgenstralen wegvallen zodra men de röntgenbuis uitschakelt. Naast de aard van de straling en de toedieningsvorm zijn het de halveringstijden die de dosis bepalen die de patiënt ontvangt. Omdat de radionuclide via de urine wordt uitgescheiden, is de urine radioactief. Een veel gebruikte radionuclide is technetium-99m, dat een halveringstijd heeft van zes uur. Nucleaire geneeskunde heeft als voordelen dat het de mogelijkheid biedt fysiologisch, functioneel onderzoek te doen en dat het matig duur is en weinig invasief.

### Toepassingen

Bij kinderen wordt skeletscintigrafie veelvuldig gebruikt voor het aantonen van traumata en tumoren of metastasen. Onderzoek van de nierfunctie wordt gedaan met behulp van  $^{99m}\text{Tc}$ -dimercaptosuccinezuur (DMSA) en  $^{99m}\text{Tc}$ -mercap-



toacetyltriglycine (MAG-3). Ook ventilatie-perfusiescintigrafie wordt bij kinderen vaak verricht. Voor de ventilatiescintigrafie wordt de radionuclide geïnhaled; voor de longperfusie wordt de radionuclide in de bloedbaan gebracht via een perifere vene. Scintigrafie speelt verder een grote rol in de kinderoncologie en de kinderneurologie.

## Schadelijkheid

Zolang de radionuclide in het lichaam werkzaam is, is er continue straling. De stralingsdosis wordt over het algemeen beoordeeld als gering. Een nadeel bij het werken met isotopen is, dat ook de omgeving van de patiënt (verpleegkundigen, ouders en anderen) aan de straling blootstaat.

## DIGITALISERING

### Inleiding

In het verleden werden röntgenfilms in een donkere kamer ontwikkeld. Ongeveer twintig jaar geleden werd vrijwel overal overgegaan op het gebruik van automatische ontwikkelmachines, waarbij echter nog steeds chemicaliën werden gebruikt. Deze chemicaliën moesten ook weer worden afgevoerd. Langzamerhand is deze “natte” manier van ontwikkelen bijna overal verdwenen en vervangen door gecomputeriseerde beeldvorming. De foto's die op de buckytafels worden gemaakt, worden als beelden vastgehouden in fosforplaten die in een speciale lezer lichtflitsen geven, die worden gedigitaliseerd. Het beeld bestaat dus uiteindelijk uit een computerbestand dat naar elke monitor kan worden vervoerd.

Er bestaat inmiddels ook apparatuur die de opname direct digitaliseert zonder tussenkomst van een fosforplaat. Op de röntgenafdeling kunnen deze röntgenbeelden worden gemanipuleerd totdat contrast en zwarting optimaal zijn. Daarna kunnen de foto's weer worden geprint op filmmateriaal, zodat de behandelend arts toch weer een *hard copy* heeft om op een lichtkast te hangen. Binnen niet al te lange tijd is ook deze *hard copy* verdwenen en bestaan de “lichtkasten” alleen nog uit combinaties van vier, zes of acht beeldschermen die de foto's naast en achter elkaar kunnen weergeven, tezamen met klinische ge-

gevens, laboratoriumuitslagen en dergelijke. Doorlichting, CT, MRI en echografie zijn in principe reeds volledig gedigitaliseerde onderzoeksmethoden.

**Archivering.** De digitalisering van de radiologie houdt in dat het röntgenarchief binnen niet al te lange tijd volledig vervangen wordt door een gedigitaliseerd archief. Zolang er apparatuur is die deze archieven kan lezen, kan iedere foto tot in lengte van jaren bewaard blijven. Het oude archief wordt steeds kleiner omdat de nog bestaande foto's kunnen worden gescand en in het gedigitaliseerde archief bewaard. Het belangrijkste probleem is nog dat het computergeheugen op de afdeling groot genoeg moet zijn om opnamen inderdaad te kunnen bewaren en terug te vinden. Vanaf elke afdeling kan men dan het archief raadplegen en de opgeslagen beelden op een monitor bekijken. Men kan de foto dus bekijken zodra deze op de röntgenafdeling is bewerkt. Dit mag uiteraard niet leiden tot vermindering van het contact tussen kinderartsen en radiologen.

Een ander probleem is, hoe de beoordeelde beelden op het juiste moment naar de juiste plaats kunnen worden gestuurd, bijvoorbeeld voor röntgenbesprekingen. Ook moeten de beelden beschikbaar zijn bij een volgend bezoek van de patiënt aan röntgenafdeling of andere afdeling. Het is niettemin te verwachten dat binnen een aantal jaren (vrijwel) alle röntgenafdelingen in Nederland volledig gedigitaliseerd zullen zijn.

## Literatuur

Bloem JL, Roos A de (red). *Leerboek Radiologie*. Houten: Bohn Stafleu Van Loghum, 1995.

## DEEL II: BEOORDELING



# Hoofdstuk 3

## DE THORAXFOTO

*A. Martijn*

### Inleiding

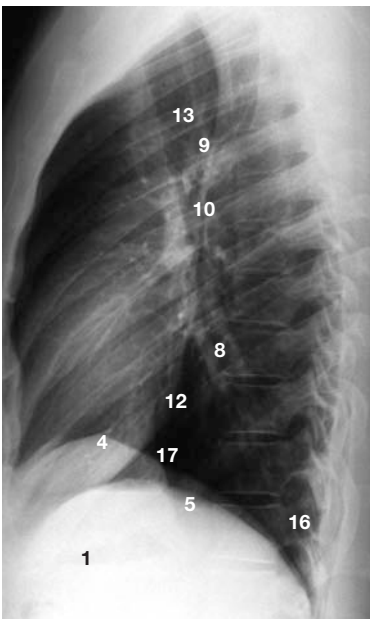
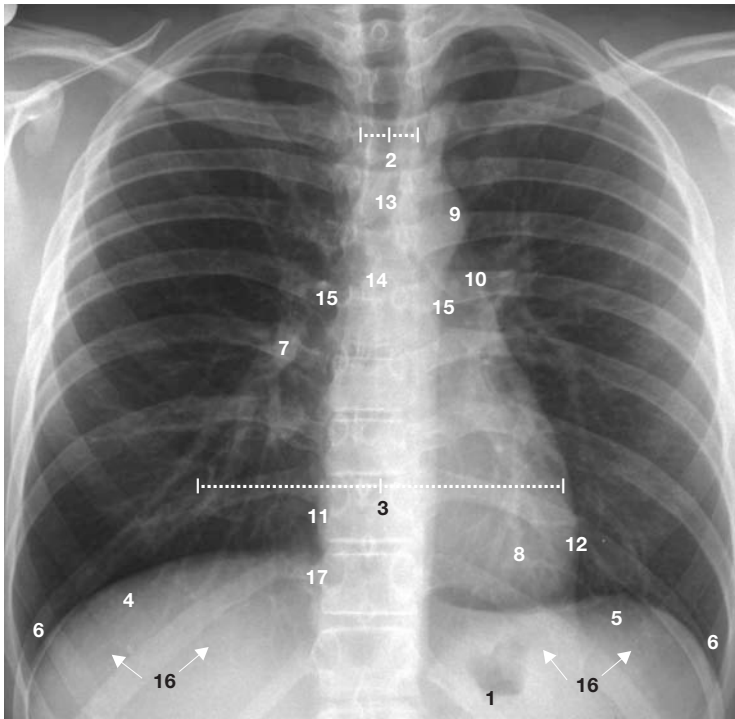
Om goede beoordeling van een thoraxfoto mogelijk te maken, zijn goede positionering van de patiënt en een goede opnametechniek noodzakelijk. Een standaard “voor-achterwaartse” thoraxopname wordt in principe gemaakt met horizontale stralengang en de patiënt in verticale positie en met de borst tegen de röntgenplaat. De röntgenstralen komen van dorsaal, zodat de opname in feite achter-voorwaarts is. Zo neemt het hart het kleinste oppervlak in. De thoraxopname wordt gemaakt met korte belichtingstijd (enkele msec) en relatief laag kilovoltage (50 à 85 kV). Verder zijn een snelle film-schermbcombinatie en een focus-filmafstand van tenminste 120 cm nodig.

### Beoordeling

De thoraxfoto wordt systematisch beoordeeld aan de hand van onderstaande criteria. Vergelijk de opnamen in Figuur 3-1.

**Belichting.** De belichting is goed als diafragmahoek en hartcontour scherp zijn en de vaten achter het hart en in de dorsale sinus pleurae te vervolgen zijn. De wervelkolom is door de schaduw van het hart heen zichtbaar.

**Positie.** Bij een goed gepositioneerde (staande) patiënt is links en rechts op de thoraxfoto de afstand tussen proximale clavicula en processus spinosus gelijk en projecteert het sternoclaviculaire gewricht zich ongeveer ter hoogte van vierde thoracale wervel. De afstand tussen het ventrale uiteinde van de 5e rib en de processus spinosus is links en rechts eveneens gelijk. Als deze maten niet gelijk zijn, dan is de patiënt op de foto gedraaid naar de kant met de grootste afstand.



**Figuur 3-1.** Normale thoraxopname. **Boven:** achter-voorwaarts, **onder:** zijdelings. 1: vloeistofspiegel in de maagfundus; 2: afstand van proximale clavicula tot processus spinosus; 3: afstand van ventrale uiteinde 5e rib tot processus spinosus; 4: diafragmahoek rechts; 5: diafragmahoek links; 6: laterale sinus pleurae; 7: arteria pulmonalis rechter onderkwab; 8: kleine tak van de linker onderkwabsarterie; 9: aorta; 10: truncus pulmonalis; 11: rechteratrium; 12: linkerventrikel; 13: trachea; 14: carina; 15: linker en rechter hoofdbronchus; 16: dorsale sinus pleurae; 17: vena cava inferior.

**Stralengang.** Het belangrijkste criterium ter beoordeling van de stralengang is de vloeistof-luchtspiegel in de maag. Als deze zichtbaar is, dan is de opname met horizontale stralengang gemaakt. Bij met verticale stralengang gemaakte foto's is geen vloeistofspiegel zichtbaar, hebben de vaten in boven- en ondervelden een gelijk kaliber en is de projectie van het hart wat groter.

**Inademingsstand.** Bij een goede inademingsstand heeft de trachea een gestrekt verloop en projecteert deze zich over de wervelkolom. Verder staan de diafragmahoekpels tenminste ter hoogte van de dorsale zijde van de achtste rib. Bij een slechte inademingsstand bocht de trachea ter hoogte van het sternoclaviculaire gewricht naar rechts uit. Dit fenomeen wordt *buckling* genoemd; het wordt veroorzaakt doordat de normaliter aan de linkerzijde gelegen aortaboog uitbocht naar links tegengaat. *Buckling* naar links is altijd afwijkend.

**Diafragma, sinus pleurae en pleura.** Diafragmahoekpel en sinus pleurae moeten scherp afgrensbaar zijn. De linker diafragmahoekpel staat meestal wat lager dan de rechter. De pleurabladen zijn in principe niet zichtbaar.

**Longen.** Van de longen moeten niet alleen luchthoudendheid en bronchiën worden beoordeeld, maar ook de vaattekening. Vaten zijn te herkennen als witte streepvormige structuren, uitgaande van de hilus. Ze zijn tot ongeveer tweederde van de afstand hilus-borstwand te vervolgen; het kaliber neemt geleidelijk af. Bronchiën die in de lengterichting zijn getroffen, zijn rond de hilus te zien als dubbele witte lijnen met daartussen lucht; zijn ze transversaal getroffen, dan ogen ze als een wit cirkeltje om een zwart gebiedje. Arterie en bronchus lopen altijd naast elkaar; zijn ze transversaal getroffen, dan is een "brilletje" zichtbaar met één mat glas.

Linker- en rechterhemithorax zijn symmetrisch. Bij de staande patiënt zijn als gevolg van de zwaartekracht de vaten in de bovenvelden dunner dan die in de ondervelden.

**Hart en mediastinum.** De contouren van het hart moeten scherp afgrensbaar zijn. De hart-thoraxratio is afhankelijk van inademingsstand en fase van de hartcyclus. Als bij een goede inademingsstand het hart in de systole is afgebeeld, draagt deze ratio in de eerste vier levensweken ongeveer 60% en bij oudere kinderen maximaal 50%. Bij een slechte inademingsstand en met het hart in de diastole is de ratio groter.

De longhili bestaan uit vaten en luchtwegen. Klieren zijn normaliter niet zichtbaar. De rechter hoofdbronchus verloopt wat steiler dan de linker en de hoek van de carina is scherp. In het mediastinum zijn trachea en aorta de be-

langrijkste zichtbare structuren. De aortaknop ligt in principe aan de linkerkant van de trachea en veroorzaakt hierop een impressie.

In de eerste twee tot drie levensjaren is ook de thymus zichtbaar. Deze is in het voorste mediastinum gelegen, kan sterk variëren in omvang, mede afhankelijk van de inademingsstand, en kan ook asymmetrisch zijn. De thymus kan de hartcontour volledig bedekken. De rechtercontour van de thymus kan zich door de ligging in het interlobium presenteren als wat wordt genoemd het *sail sign*. Als het zachte thymusweefsel de rib- en tussenribscontouren van de ventrale thoraxwand volgt, spreekt men van het *wave sign*.

**Skelet en weke delen.** Bij de evaluatie van het skelet let men niet alleen op de normale anatomie, maar ook op structuur en kalkhoudendheid. Deze kunnen aanwijzingen vormen voor gegeneraliseerde ziekteprocessen. De weke delen worden beoordeeld op symmetrie en dikte.

**Andere aspecten.** De beoordeling van de thoraxfoto is niet volledig als geen aandacht wordt geschonken aan de ligging van beademingstube, maagsonde en dergelijke. Bovendien let men op ligging en grootte van de onder het diafragma gelegen organen als lever en maag.

## Algemene pulmonale problemen

**Essentiële begrippen.** Men spreekt van *hyperinflatie* als in de periferie lucht wordt vastgehouden (*air trapping*) ten gevolge van verminderde diameter van de luchtwegen. Bij *atelectase* treedt volumeverlies van een longdeel op door afsluiting van de kleinere luchtwegen en vermindering van de collaterale circulatie. *Consolidatie* duidt op verlies van luchthoudendheid van een longdeel, waarbij de lucht is vervangen door een andere substantie, bijvoorbeeld vocht. *Bronchiale en interstitiële verdikking* uit zich als verlies van scherpte van de bronchuswanden en verlies van vaattekening als gevolg van oedeem of ontstekingsinfiltraat.

**Luchthoudendheid.** Bij longproblemen moet men aandacht besteden aan de luchthoudendheid van de long en linker- en rechterthoraxhelft onderling vergelijken. Bilateraal te sterk luchthoudend longweefsel kan het gevolg zijn van niet-obstructieve factoren als zeer diepe inademingsstand en “luchthonger” (bijvoorbeeld bij dehydratie) en van centrale obstructie door vaatring, mediastinale massa of corpus alienum. Bilateraal verminderd luchthoudend longweef-



sel wordt gezien bij slechte inademingsstand, opgezette buik en bilaterale atelectasen.

De interpretatie van unilaterale te sterke luchthoudendheid hangt af van de grootte van de betreffende hemithorax. Een grote hemithorax past bij emfyseem en pneumothorax; een kleine hemithorax past bij hypoplasie, het syndroom van Swyer-James en bronchusobstructie. Hetzelfde geldt voor een hemithorax die grijs wordt afgebeeld of verminderd luchthoudend is. Is de betreffende hemithorax vergroot, dan moet men denken aan pleuravocht, een grote tumor of hernia diaphragmatica congenita; bij een kleine hemithorax denkt men aan atelectase en pulmonale agenesie. Een te grijze hemithorax bij een patiënt in rugligging kan duiden op pleuravocht; linker en rechter thoraxhelft kunnen daarbij hetzelfde volume hebben.

**Pneumothorax.** Bij pneumothoraxdiagnostiek moet men zich afvragen hoe de positie van de patiënt is ten opzichte van de stralengang. Verder speelt de omvang van de pneumothorax een rol. Lucht gaat naar het hoogste punt en veroorzaakt hyperlucentie. Een pneumothorax kenmerkt zich door collaps van de long, waardoor deze meestal niet meer tegen de laterale thoraxwand aanligt. Tussen longweefsel en thoraxwand is dan een zwarte rand van lucht zichtbaar, waarin geen longtekening zichtbaar is. Men let hierbij vooral op de apex van de long, de sinus pleurae, de diafragmahoekpels, de laterale thoraxwand en de hartcontour. Deze hyperlucentie kan ontbreken als de foto is genomen met de patiënt in rugligging. Wel kunnen dan hartcontour en diafragmahoekpel aan de zijde van de (onvolledig) gecollabeerde long scherper zichtbaar zijn dan aan de niet-aangedane zijde.

**Pneumomediastinum.** Een pneumomediastinum kenmerkt zich door gasophoping centraal in de thorax, meestal boven de hartcontour. De kwabben van de thymus zijn door lucht omgeven en afgrensbaar van de hartschaduw: het *angel wing sign*. Het andere belangrijke criterium voor pneumomediastinum is de aanwezigheid van gasophoping in de hals, niet te verwarren met subcutaan emfyseem.

Een groot pneumomediastinum kan worden verward met pneumothorax, maar er zijn enkele verschillen. Bij houdingsveranderingen verplaatst de lucht zich niet zoals bij pneumothorax, op de dwarse opname is het gas hoog retrosternaal gelokaliseerd en in rugligging met horizontale stralengang bevindt de lucht zich niet op het hoogste punt achter het sternum, maar meer in craniale richting.

**Pleuravocht.** Vocht is minder doorlaatbaar voor röntgenstralen dan lucht. Over het algemeen is de aanwezigheid van pleuravocht op een thoraxopname gemakkelijk vast te stellen door verbreding van de laterale pleura of een stompe sinus pleurae. Het normale longweefsel grenst dan niet meer aan de laterale thoraxwand, het is ervan gescheiden door een grijze band zonder longtekening.

In bijzondere gevallen kunnen hydrostatische krachten ertoe leiden dat het pleuravocht zich subpulmonaal ophoopt, tussen long en diafragmaoepel, en niet of nauwelijks langs de laterale thoraxwand. Aan de linkerzijde is dan de afstand tussen de top van de luchtbel in de maag en de “diafragmaoepel” vergroot; aan de rechterzijde is de top van de “diafragmaoepel” naar lateraal verplaatst. Bij de liggende patiënt leidt het zich dorsaal ophopende pleuravocht tot een grijzere aanblik van de betreffende hemithorax. Bij twijfel aan de aanwezigheid van pleuravocht kan echografie uitkomst bieden.

**De afwijkende kant.** Het kan bij een thoraxfoto moeilijk zijn om vast te stellen wat de afwijkende kant is. Men kan dan de volgende vuistregels benutten. De kant met afgenomen vaattekening is de afwijkende kant, de kant met normale of toegenomen vaattekening is de niet-afwijkende kant. De hemithorax die kleiner en volledig grijs is, is de afwijkende kant. De kant die tijdens inspiratie en expiratie het minst verandert, is de afwijkende kant.

## Literatuur

- Swischuk LE. The chest. In: *Emergency imaging of the acutely ill or injured child*. 4e druk. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, 2000:1-117.
- Wilson AG. Interpreting the chest. In: Grainger RG, Allison D (red). *Grainger & Allison's diagnostic radiology*. 3e druk. New York: Churchill Livingstone, 1997:22-243.

## Hoofdstuk 4

# HET BUIKOVERZICHT

*M. Meradji*

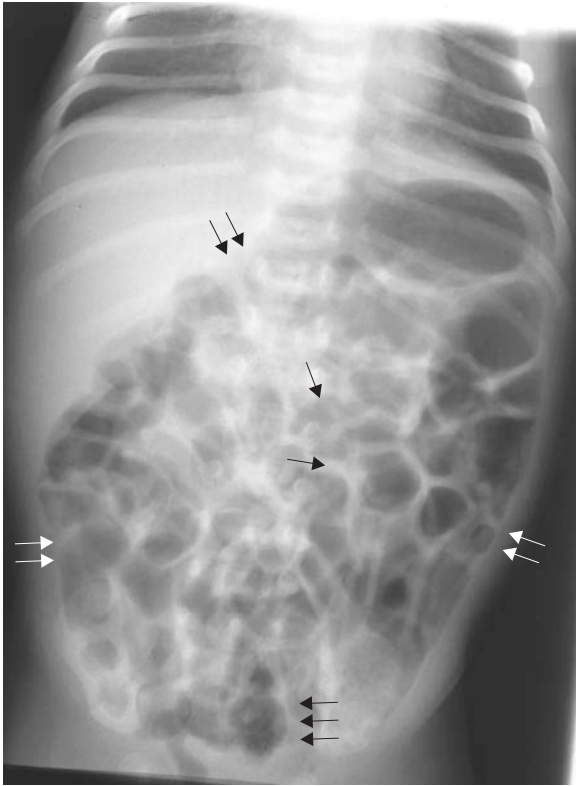
### Inleiding

Ondanks de beschikbaarheid van alle moderne mogelijkheden van beeldvorming blijft het buikoverzicht als eerste diagnosticum een belangrijke rol spelen bij diverse aandoeningen van het maag-darmkanaal en soms ook van de retroperitoneale organen. Een belangrijk voordeel is, dat een buikoverzicht overal, ook op de verpleegafdelingen, snel en zonder voorbereiding kan worden vervaardigd. Het onderzoek is niet invasief en de stralenbelasting is verhoudingsgewijs laag. Verder maakt het de selectieve toepassing mogelijk van andere, duurdere en meer invasieve technieken. De indicaties voor het buikoverzicht worden gegeven in Hoofdstuk 7. Zie ook Hoofdstuk 16 van het *Werkboek kindergastro-enterologie*.

### Techniek

Op de röntgenafdeling wordt het buikoverzicht gemaakt op de buckytafel, waarbij door het wegvangen van de stroostraling een scherper beeld wordt verkregen. Bij op de verpleegafdeling vervaardigde opnamen ontbreekt die mogelijkheid. Bovendien is op zaal de stralenhigiëne niet optimaal doordat de bedden dicht naast elkaar staan; verder ontstaat er een vergrotingseffect door de kortere afstand tussen röntgenbuis en filmcassette: maximaal 80 cm, tegenover gemiddeld 100 cm in de röntgenkamer. Tenslotte worden bij jongens op de röntgenafdeling de gonaden routinematig afgeschermd met lood, wat op de verpleegafdeling niet altijd mogelijk is. Bij meisjes is een dergelijke bescherming niet mogelijk.

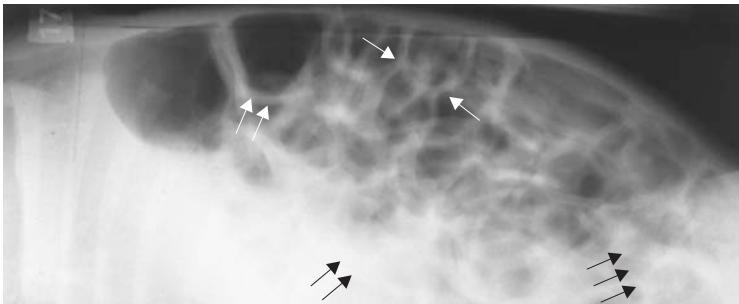
Een buikoverzicht kan op meerdere manieren worden gemaakt (Figuur 4-1). De belangrijkste manier is de opname in rugligging met verticale stralengang, eventueel aangevuld met of vervangen door opnamen in staande of zittende positie met horizontale stralengang. De positie van de luchthoudende darm-



**Figuur 4-1.** Blanco buikoverzicht van een 17 dagen oude zuigeling.

**Boven:** overzichtsfoto in rugligging en met verticale stralengang. Normaal luchthoudende dunnedarmlissen (enkele pijl), colon (dubbele pijl) en rectum (driedubbele pijl).

**Onder:** overzichtsfoto met horizontale stralengang. De dunnedarmlissen liggen onder de buikwand (enkele pijl), colon transversum onder de maagblaas en colon ascendens en descendens dorsaal (dubbele pijl); het rectum is met lucht gevuld (driedubbele pijl).



lissen is afhankelijk van de lichaamshouding. Met name in de kinderradiologie wordt het zittende of staande buikoverzicht vaak vervangen door een opname in rugligging met horizontale stralengang.

Zowel de opnamen in staande of zittende positie als die in rugligging met horizontale stralengang zijn geschikt om vochtspiegels en intraperitoneale luchtophoping bij perforatie te herkennen. In het laatste geval kunnen zwaar

zieke patiënten blijven liggen. Bovendien blijft de anatomische positie van de darmen onveranderd, waardoor dikke en dunne darm gemakkelijker van elkaar kunnen worden onderscheiden. De luchthoudende dunnedarmlissen liggen los onder de buikwand, colon ascendens en descendens liggen net als het rectum gefixeerd en meer naar dorsaal en het colon transversum wordt caudaal van de maag afgebeeld. Tenslotte zijn intraperitoneale verkalkingen op de opname in rugligging met horizontale stralengang soms beter zichtbaar, omdat overprojectie van darmgas ontbreekt.

## Systematische beoordeling

Voorafgaand aan de beoordeling van het buikoverzicht beoordeelt men de kwaliteit van de opname. Men let op belichting en positionering. Onderbelichte opnamen met een laag kilovoltage of een korte belichtingstijd hebben weinig contrast, terwijl opnamen met lange belichtingstijd een te contrastrijke foto geven. In beide gevallen kan het buikoverzicht moeilijk te beoordelen zijn. Ook bewegingsonscherpte bemoeilijkt de beoordeling.

Op de foto moeten zowel diafragma als symfyse zichtbaar zijn. Naast de patiëntgegevens moeten ook leeftijd en geslacht op de film zijn afgedrukt, evenals de rechts- of linksmarkering. Een vochtspiegel in de maag wijst erop dat de opname is gemaakt met de patiënt in zittende of staande positie.

Bij de beoordeling van het buikoverzicht moet men onderscheid maken tussen de retroperitoneale organen en orgaandelen en de intraperitoneaal gelegen organen. Nieren, pancreas, bijnieren, ureters en blaas, duodenum, colon ascendens en colon descendens liggen alle retroperitoneaal; dunnedarmlissen, colon transversum, sigmoïd, lever, milt en adnexa liggen intraperitoneaal. Bij de systematische beoordeling moet men zich niet alleen concentreren op de te verwachten pathologie, maar ook structuur en anatomie van de andere organen zorgvuldig bekijken. Men beoordeelt de volgende onderdelen.

**Buikwand.** De buikwand kan het best worden beoordeeld op de opname in rugligging met horizontale stralengang. Men let in het bijzonder op oedeem. Bij oudere kinderen kan het subcutane vet, dat een lagere dichtheid heeft, soms worden onderscheiden van de spieren.

**Diafragma.** Men let altijd op scherpte en vorm van het diafragma. Bij koorts en buikpijn zoekt men zorgvuldig naar aanwijzingen voor een basale pneumonie. Soms staat het rechter diafragma hoger dan het linker; met name in rugligging is

dat fysiologisch. Verdichtingen in de costofrenische hoek hebben meestal pleuravocht of pleuropneumonische processen als oorzaak.

**Maag-darmkanaal.** Van het maag-darmkanaal zijn met name van belang de luchthoudendheid van de verschillende compartimenten en de topografische positie van maag, jejunum, ileum en colon. De maag ligt normaal in de linkerbovenbuik, mediaal van de miltschaduw. De afstand tussen diafragma en maagcontour neemt toe bij subpleurale vochtophoping. De hoeveelheid gas in de maag varieert, maar te veel gas met of zonder vochtspiegel wijst op veranderde motoriek met ledigingsstoornis of op toegenomen luchtaanbod door ademhalingsproblemen of andere pathologie. Het duodenum bevat onder normale omstandigheden weinig gas. Van de jejunumlussen beoordeelt men wanddikte, aanwezigheid van vochtspiegels en wijdte. Na herhaald braken bevat het jejunum, net als de maag, vrijwel geen lucht.

De ileumlussen zijn normaal in de rechteronderbuik gelokaliseerd en kunnen uitgezet zijn bij obstructie en bij ontstekingen. De lokalisatie van het caecum in de rechteronderbuik is van groot diagnostisch belang, met name bij invaginatie. Het caecum is dan niet meer zichtbaar; op die plaats vindt men het uitgezette ileum.

Colon ascendens, transversum en descendens zijn vooral herkenbaar aan de haustratie. Ontstekingsprocessen kenmerken zich door duidelijk zichtbare slijmvliesverdikking en verdwijnen van de haustratie. Het colon bevat in het algemeen lucht en feces, waardoor lengte en breedte goed beoordeelbaar zijn. Chronische obstipatie kan leiden tot verlenging van het sigmoïd, in ernstige gevallen ook van het linkerdeel van het colon. Bij obstipatie is vaak veel ontlasting zichtbaar in het colon (coprostase). Bij pasgeborenen kan een smal en weinig luchthoudend rectum wijzen op de ziekte van Hirschsprung, meconiumplug-syndroom en meconiumileus.

**Retroperitoneale structuren.** Men beoordeelt de niercontouren voor zover deze zichtbaar zijn en de laterale begrenzing van de m. psoas. Vervaging van deze psoaslijn wijst op lokale pathologie.

**Verkalkingen.** Men let bij de beoordeling van de buikoverzichtsfoto in het bijzonder op de aanwezigheid van intra- en retroperitoneale verkalkingen. Galblaasstenen vindt men in de rechterbovenbuik, maar cholelithiasis is bij kinderen relatief zeldzaam. Concrementen in urinewegen en galblaas zijn overigens niet altijd zichtbaar op het buikoverzicht. Voor de opsporing van niet-opake concremente is echografie beter geschikt.

Intraperitoneale verkalkingen komen voor bij getordeerde en necrotisch veranderde mesenteriale cysten en meconiumperitonitis. Door cystische fibrose (CF) veroorzaakte, vlekkerige pancreasverkalkingen vindt men alleen bij oudere kinderen. Parasitaire aandoeningen als echinococose veroorzaken lineaire verkalkingen rond de cysten.

Teratomen kunnen verbeningen en verkalkingen van organoïd weefsel bevatten. Verkalkingen moeten worden onderscheiden van ossificatiehaarden buiten het skelet. Bij ossificatie is een botachtige structuur aanwezig; naast teratomen kunnen ook spieren en pezen ossificatie vertonen.

**Lever en milt.** De lever wordt beoordeeld naar positie, grootte en vorm. De herkenning van vetlijnen is van groot belang, evenals die van intrahepatische verkalkingen en luchtophelingen. De miltschaduw is links lateraal onder het diafragma gelokaliseerd. Bij splenomegalie kunnen maag en colon naar mediaal en caudaal worden verdrongen. Bij situs inversus en isomerisme zijn de posities van milt en lever van belang.

**Ruimte-innemende processen.** Deze worden gekenmerkt door grote ronde of ovale “schaduwen” op het buikoverzicht. Intraperitoneale processen veroorzaken sterke verdringing en soms obstructie van de darmlijnen. Retroperitoneale processen veroorzaken pas verdringing als ze zeer groot zijn. Tumoren uitgaande van de inwendige genitalia kunnen de gehele buik vullen. Forse blaasretentie kan zich overigens ook voordoen als ruimte-innemend proces.

**Skelet.** De skeletonderdelen van het buikoverzicht zijn de onderste ribben, de laag-thoracale en lumbosacrale wervels en het bekken. Bij de beoordeling daarvan wordt gelet op mineralisatie, misvormingen, ontstekingen, tumoren en traumata. Ook de heupgewrichten moeten worden beoordeeld, met name bij spasticiteit, omdat daarbij luxaties en misvormingen kunnen optreden.

## Literatuur

- Cipel L. *Radiology of the acute abdomen in the newborn: a self teaching manual*. New York: Grene & Stratton, 1978.
- Franken EA. *Gastrointestinal imaging in pediatrics*. 2e druk. Philadelphia: Harper & Row, 1982.
- Buonomo C, Taylor GA, Share JC, Kirks DR. Gastrointestinal tract. In: Kirks DR (red). *Practical pediatric imaging*. 3e druk. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1998:822-1008.

- Kneepkens CMF, Taminiau JAJM, Polman HA (red). *Werkboek kindergastro-enterologie*. 2e druk. Amsterdam: VU Uitgeverij, 2002.
- Parker BR. The abdomen and gastrointestinal tract. In: Silverman F, Kuhn J (red). *Caffey's Pediatric X-ray diagnosis*. 9e druk. St. Louis: Mosby, 1993:893-1144.
- Swischuk LE. Alimentary tract. In: *Imaging of the newborn, infant, and young child*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1997:353-564.
- Stringer OA, Babys PS (red). *Pediatric gastrointestinal imaging and intervention*. 2e druk. Hamilton: BC Decker, 2000.



# Hoofdstuk 5

## SKELETFOTO'S

*S.G.F. Robben*

### Inleiding

Het beeld van een conventionele röntgenfoto is opgebouwd uit slechts vier contrasterende weefselsoorten, in volgorde van dichtheid kalk, weke delen, vet en lucht. Soms is bovendien metaal zichtbaar, in de vorm van operatieclips of een corpus alienum, of kunststof, in de vorm van een catheter of een sonde. Omdat met name het contrast tussen de kalk in het skelet en de andere weefselsoorten groot is, zijn conventionele röntgenfoto's van het skelet zeer waardevol. Ze komen dan ook als eerste onderzoek in aanmerking bij de beeldvormende diagnostiek van het skelet en kunnen dienen als basis voor verdere diagnostiek.

### Uitvoering en techniek

Elke röntgenfoto is een vergrotingsopname. Het vergrotingseffect is bij skeletfoto's relatief gering, omdat het lichaamsdeel meestal op de röntgencassette ligt. De maten op de röntgenfoto komen dus niet overeen met de werkelijke maten van het betreffende bot. Bij digitale opnamen is de verhouding vaak helemaal zoek.

Het skeletdeel waarin de kinderarts is geïnteresseerd, moet minstens in twee richtingen worden afgebeeld: meestal in voor-achterwaartse en dwarse richting, soms, zoals bij de voet, in voor-achterwaartse richting en als "driekwartopname". Men doet dit omdat zelfs grote afwijkingen soms in één richting duidelijk aanwezig zijn, terwijl ze in een andere richting nauwelijks zichtbaar zijn.

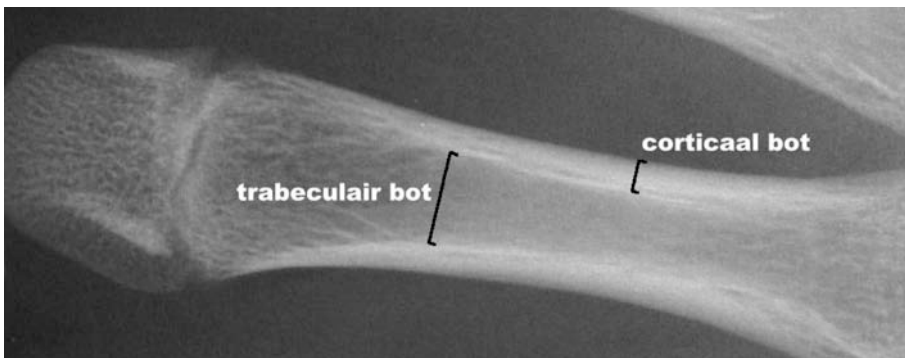
**Criteria voor een goede foto.** De gegevens van patiënt moeten op de foto te lezen zijn. Dit geldt ook voor andere essentiële informatie, bijvoorbeeld voor wat rechts en links is, of de patiënt staat of ligt, of de opname is gemaakt met het gewricht in endorotatie of in exorotatie. De foto moet goed belicht zijn: cortex moet van medullair bot te onderscheiden zijn, de medullaire botstructuur moet

te zien zijn en weke delen en vet moeten kunnen worden onderscheiden. Ten slotte moet het onderwerp centraal op de foto staan. Bij verdenking op een pols-afwijking maakt men dus geen opname van de hele onderarm, want dan komt de pols op het randje van de foto en wordt bijvoorbeeld de epifysairschijf niet goed vrij geprojecteerd.

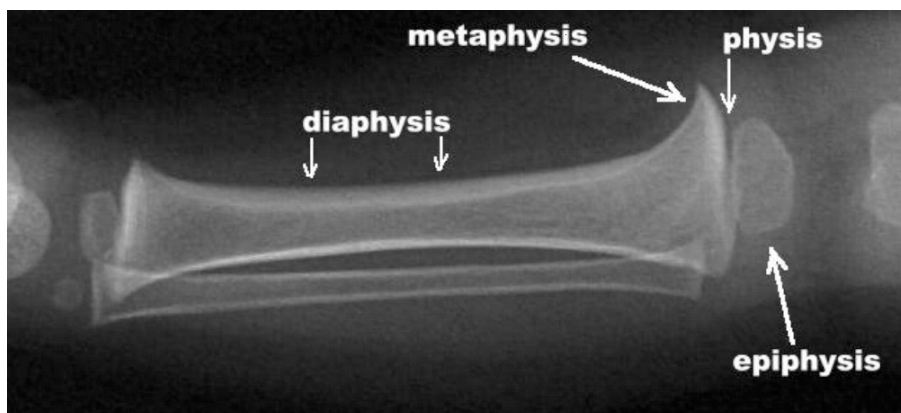
## Anatomische informatie

**Botweefsel.** Het skelet bestaat uit twee soorten bot: corticaal en trabeculair bot. Het corticale bot vormt de buitenste, solide koker van pijpbeen, met weinig röntgenologische structuur en hoge dichtheid, dus wit op de foto. Het trabeculair (medullaire) bot heeft een lagere dichtheid, waardoor het minder wit is, en toont de gelijkmatige architectuur van de trabeculatie, met name ter hoogte van de metafysen (Figuur 5-1).

De meeste pijpbeenderen bevatten twee groeischijven, die zich aan de beide uiteinden bevinden (Figuur 5-2). Het botdeel tussen beide groeischijven wordt diafyse genoemd, het overgangsgebied tussen diafyse en fyse heet metafyse. De epifyse bevindt zich aan de buitenzijde van de groeischijf en vormt het gewrichtsoppervlak, kop of kom; een epifyse die geen gewrichtsvlak vormt, wordt apofyse genoemd. Lengtegroei vindt plaats in de fyse door enchondrale botvorming in de richting van de metafyse. Hierdoor zijn metabole activiteit, celdeling en doorbloeding van de metafyse zeer hoog. Dit verklaart waarom bepaalde ziekten, zoals rachitis, maligne tumoren en osteomyelitis, zich vooral in de metafyse manifesteren.



**Figuur 5-1.** Corticaal en trabeculair bot in de falanx.



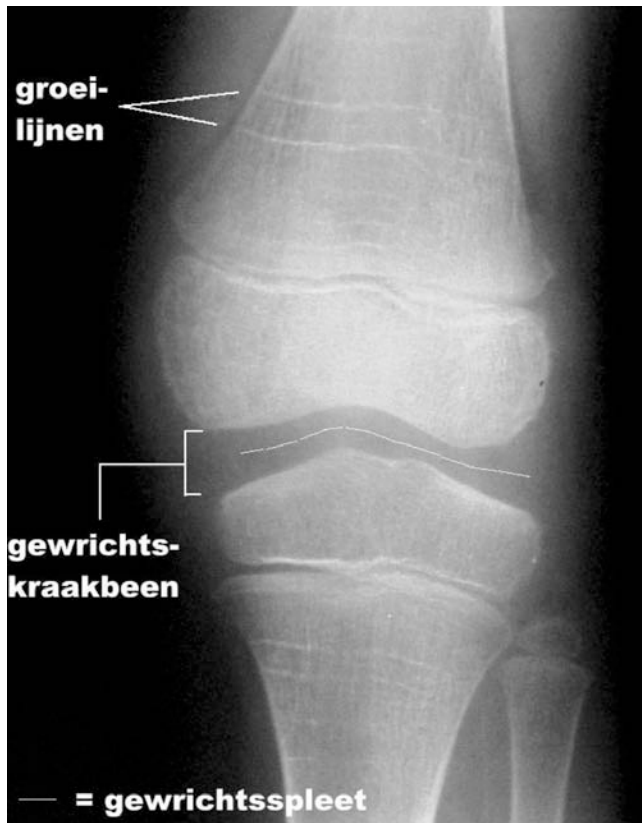
**Figuur 5-2.** Nomenclatuur van pijpbeenderen. Afgebeeld is de tibia.

**Intraossale structuren.** Voedende vaten passeren de cortex, vaak ter hoogte van de diafyse, en kunnen zichtbaar zijn als ronde of lineaire ophelderingen, naargelang het verloop van het vat. Kennis van de positie van deze vaten is nuttig om verwarring met pathologische ophelderingen te voorkomen.

**Verbindingen.** De meest bekende verbinding tussen twee botten is het synoviale gewricht of diarthrosis. Er bestaan echter ook andere verbindingen. Een kraakbenige verbinding, zoals de groeischijven en de verbinding tussen ribben en sternum, wordt synchondrose genoemd. Een fibreuze verbinding, zoals de schedelnaden, noemt men syndesmose, een benige verbinding synostose en de combinatie van kraakbenige en fibreuze verbinding, zoals de tussenwervelschijven en de symphysis pubis, symfyse.

In Figuur 5-3 wordt een synoviaal gewricht getoond. Elk synoviaal gewricht heeft een gewrichtskop en een gewrichtskom, gevormd door de epifysen. Op de röntgenfoto is alleen de ossificatiekern van de epifyse zichtbaar, niet het gewrichtskraakbeen. De ruimte tussen beide ossificatiekernen, vaak de gewrichtsspleet genoemd, wordt dus in feite in beslag genomen door gewrichtskraakbeen. De echte gewrichtsspleet is een nagenoeg virtuele ruimte, slechts gevuld met een dunne film van gewrichtsslijm.

De standaardanatomie van het skelet kent een groot aantal varianten van normaal. Vooral bij kinderen, met nog open groeischijven, zijn veel vormvarianten beschreven. Ter voorkoming van foute diagnosestelling is goede kennis van deze varianten essentieel. Ziekten kunnen zich overigens ook voordoen als normale varianten.



**Figuur 5-3.** Het kniegewricht als voorbeeld van synoviaal gewricht. De “gewrichtsspleet” bestaat in feite uit gewrichtskraakbeen.

## Systematische beoordeling

Zoals bij de thoraxfoto en het buikoverzicht werkt men bij de beoordeling van skeletfoto's ook “van buiten naar binnen”, men “bewaart het lekkerste voor het laatst”. De foto moet systematisch beoordeeld worden, waarbij pas aan het eind van de evaluatie wordt gekeken naar de afwijking die het meest in het oog springt. De aspecten die moeten worden beoordeeld, worden opgesomd in Tabel 5-1.

**Geslacht en leeftijd.** Beide vormen een belangrijke bijdrage aan de diagnose. Bepaalde ziekten hebben een piekincidentie op een bepaalde leeftijd. Een kind dat mankt en klaagt over het heupgewricht, heeft bijvoorbeeld op de leeftijd van

**Tabel 5-1. Systematische beoordeling van skeletfoto's**

---

**Algemeen**

---

Geslacht en leeftijd  
Belichting  
Weke delen

---

**Bot**

---

Botdensiteit  
Corticale en medullaire botstructuur  
Modellering  
Periost  
Vorm, grootte en structuur van de epifysen  
Epifysairschijven en tussenwervelruimten  
Metafysaire uiteinden  
Gewrichtskraakbeen  
Alles wat verder opvalt

---

1 à 2 jaar meer kans op niet-onderkende heupdysplasie, op de leeftijd van 4 à 6 jaar meer kans op coxitis fugax of ziekte van Perthes en in de prepuberteit meer kans op epifysiolyse van de femurkop. Ziekten kunnen ook een voorkeur hebben voor een bepaald geslacht. Bij de ziekte van Perthes is de verhouding tussen jongens en meisjes 4:1.

**Belichting.** De kwaliteit van de foto bepaalt de diagnostische waarde. Een slechte foto, die onder- of overbelicht is of waarop bepaalde botdelen niet zijn afgebeeld, moet worden overgemaakt.

**Weke delen.** Clinici kijken zelden bewust naar de weke delen. Ook al zijn de osale structuren prominent aanwezig, bij nauwkeurige inspectie zijn huid, spier en pezen van elkaar te onderscheiden door de tussenliggende vetlaagjes. Zo kan men vocht aantonen in knie- en elleboogsgewricht, maar ook lokaal oedeem is zichtbaar, posttraumatisch of als eerste teken van osteomyelitis.

**Botdichtheid.** Ook dit facet van de beoordeling van skeletfoto's wordt door cli-nici meestal overgeslagen. Verlaagde botdensiteit wijst op osteopenie, verhoogde op osteosclerose. Osteopenie kan zowel worden veroorzaakt door osteomalacie (verminderde mineralisatie van de organische matrix) als door osteoporose (afname van de botmassa zonder verandering in de verhouding tussen calciumgehalte en organische matrix). Aangezien osteoporose en osteomalacie radiologisch echter moeilijk te onderscheiden zijn, wordt bij de beschrijving van röntgenfoto's bij voorkeur de term osteopenie gebruikt. De belichting van de foto speelt overigens ook een belangrijke rol, waardoor het vaak lastig is om lichte vormen van diffuse ostepenie of osteosclerose aan te tonen. Als beide lichaamshelften op dezelfde foto staan, is het gemakkelijker om subtiële verschillen in botdensiteit op te merken.

*Osteopenie* is meestal het gevolg van inactiviteit. Door het hoge botmetabolisme kan calcium bij kinderen al in relatief korte perioden van inactiviteit worden gemobiliseerd, waardoor het bot kalkarm wordt. De pijnklachten van een kind met verlaagde botdensiteit van de ipsilaterale bekkenhelft moeten serieus worden genomen. Osteopenie komt ook voor bij voedingsdeficiënties en malabsorptiesyndromen. Osteoporose treedt op bij langdurig gebruik van corticosteroiden, osteomalacie bij vitamine D-deficiëntie.

*Osteosclerose* kan wijzen op metabole problemen als loodintoxicatie en hypervitaminose D, op genetische afwijkingen als osteopetrose en pycnodysostose en op ischemie. Bij pasgeborenen kan verhoogde botdensiteit fysiologisch zijn.

**Cortex.** Corticaal bot heeft een hoge densiteit (wit op de foto) en is homogeen, slechts onderbroken door voedende vaten. De microscopische anatomie is niet herkenbaar. Botresorptie door metabole processen, zoals primaire en secundaire hyperparathyreoïdie, vindt subperiostaal of endostaal plaats of langs de kanalen van Havers. In de cortex worden deze kanalen dan zichtbaar als corticale groeven, terwijl de cortex endostaal en met name subperiostaal onregelmatigheden vertoont, erosies genaamd. Bij ruimte-innemende processen in de medulla treedt endostale uitholling op.

Als de anamnese een trauma vermeldt, zoekt men in de cortex uiteraard naar fracturen. Een fractuur zonder bijpassende anamnese moet doen denken aan kindermishandeling.

**Medulla.** Bij osteopenie wordt de medullaire botstructuur prominent zichtbaar. Onderbreking van de medullaire botstructuur door een opheldering wordt gezien bij ruimte-innemende processen en osteomyelitis. Bij processen die langzaam groeien of weinig agressief zijn, zoals traag verlopende osteomyelitis en

dermoidcysten, ontstaat in het omgevende bot vaak een sclerotische rand, die ontbreekt bij snel groeiende en agressieve processen als Langerhans-celhistiocytose en acute osteomyelitis. Popcornachtige sclerose wijst op doorgemaakte botinfarcten. Vergroving van de medullaire botstructuur in een wervel wordt gezien bij intraossale hemangiomen.

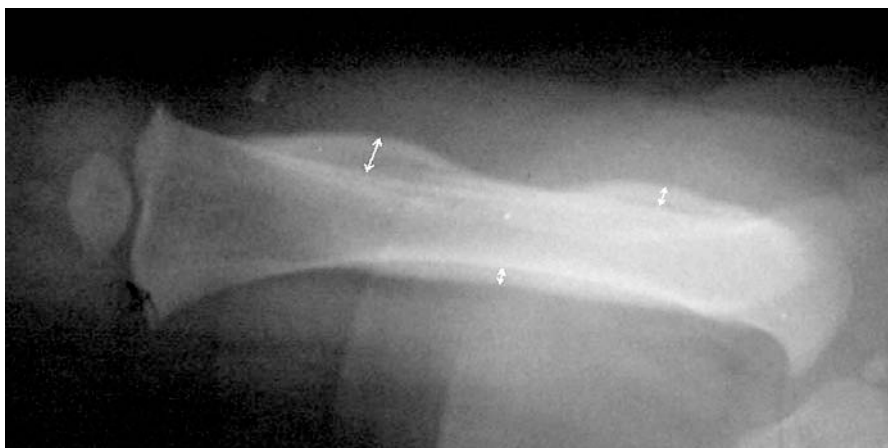
**Modellering.** Modellering is het proces waarbij het bot zijn definitieve vorm krijgt, dus het creëren van normale verhoudingen tussen de relatief brede epi-metafyse en de smalle diafyse. Hierdoor ontstaan de typische biconcave contouren.

Men spreekt van overtubulatie als de breedte van de diafyse achterblijft bij die van de metafyse. Het is een specifiek kenmerk dat bij allerlei neuromusculaire afwijkingen voorkomt, secundair aan de gestoorde motoriek, maar ook bij syndromale afwijkingen als osteogenesis imperfecta en pycnodysostose. Bij ondermodellering is de normale taillering afgenomen, waardoor het bot imponeert als plomp. Veel stapelingsziekten vertonen dit fenomeen. Bij enkele syndromen is de modelleringsstoornis beperkt tot de overgang van metafyse naar diafyse, resulterend in een zogenaamde erlenmeyermisvorming.

**Periost.** Het periost is een relatief dik vlies dat de cortex omgeeft en stopt waar het synoviale gewricht begint. Het periost is röntgenologisch niet zichtbaar, maar als het door wat voor reden dan ook van de cortex wordt opgetild, treedt langs het periost nieuwe botvorming op: de periostreactie (Figuur 5-4). Periostreacties treden dus op als zich weefsel of vocht tussen cortex en periost verzamelt. Bij fracturen en contusies is dat bloed, bij osteomyelitis pus en bij maligniteiten tumorweefsel.

Periostreacties ziet men verder als paraneoplastisch verschijnsel (zeldzaam), bij botinfarcering, hypervitaminose A en chronische longziekte. Deze laatste afwijking wordt hypertrofische osteoarthropathie van Marie-Bamberger genoemd. Ook prostaglandine E<sub>1</sub> veroorzaakt periostreacties, iatrogeen bij pasgeborenen bij wie de ductus arteriosus moet worden opengehouden, endogeen bij het osteoïd osteoom. Bij de ziekte van Caffey treedt een massale periostreactie op, waarvan de oorzaak onbekend is. Tot slot komen bij zeer jonge kinderen fysiologische "periostreacties" voor in het kader van remodelering.

**Epifyse.** Epifysen worden beoordeeld op grootte, vorm en botdensiteit. Te kleine epifysen zijn een teken van vertraagde botrijping; ze komen bij een groot aantal syndromen en metabole afwijkingen voor. Epifysen die niet alleen te klein zijn, maar ook afwijkend van vorm, passen bij epifysaire dysplasie. Als slechts een enkele epifyse kleiner is dan normaal, is er sprake van congenitale hypopla-



**Figuur 5-4.** Meerdere periostreacties (pijlen) in het femur bij de ziekte van Caffey.

sie of van een vascularisatiestoornis; bij beginnende ziekte van Perthes wordt vaak een kleinere epifyse gezien die verder volstrekt normaal is. Unilaterale vergrote epifyse wijst op chronische hyperemie, bijvoorbeeld bij chronische monoartritis.

Epifysaire vormafwijkingen komen voor bij diverse vormen van skeletdysplasie, waaronder de epifysaire dysplasieën, en verder posttraumatisch, postischemisch en idiopatisch (dysplasia epifysialis hemimelica). Diffuus verhoogde botdensiteit van de epifyse is vaak het eerste röntgenologische teken van avasculaire necrose. Sommige tumoren, zoals chondroblastoom, hebben een voorkeur voor epifysaire lokalisatie.

**Epifysairschijf en tussenwervelruimte.** Epifysairschijven (groeischilden) zijn verwijd bij rachitis, epifysiolyse (fractuur type 1 volgens de indeling van Salter en Harris) en in zeldzame gevallen bij verhoogde productie van groeihormoon. Versmalling treedt op bij versnelde skeletrijping, fractuur type 5 en focale epifysiodese.

Tussenwervelruimten hebben een andere opbouw dan epifysairschijven. Ze bestaan uit een nucleus pulposus omgeven door een anulus fibrosus. Dit zijn relatief inerte structuren. Verbreiding van de tussenwervelruimte is zeldzaam; meestal ontstaat die indruk door versmalling van de omgevende wervellichamen (platyspondylie), bij spondylo-epifysaire of spondylo-metafysaire dysplasie en achondroplasie. Versmalling is echter meestal wel reëel. Deze komt voor bij spondylodiscitis en bij beginnende blokwervelvorming, waarbij de synchondro-



se tussen beide wervellichamen de indruk wekt een tussenwervelruimte te zijn. Later ossificeert de synchondrose, zodat de blokwervel op de röntgenfoto herkenbaar is.

**Metafyse.** De metafyse wordt beoordeeld op de vorm ten opzichte van de epifyse, begrenzing en botdensiteit. De metafyse is verbreed bij rachitis en metafysaire dysplasie en secundair bij epifysaire pathologie, zoals de ziekte van Perthes. De normale metafyse heeft vooral op jongere leeftijd een enigszins convex uiteinde. Concaviteit treedt op bij rachitis en bij sommige skeletdysplasieën, zoals achondroplasie.

De normale metafyse is aan de kant van de groeischijf scherp en glad begrensd. De begrenzing wordt onscherp bij aandoeningen als rachitis, renale osteodystrofie en osteopetrose. Een onregelmatige, maar scherp afgrensbare begrenzing past bij metafysaire dysplasie. Sclerose van de metafysaire uiteinden treedt op bij loodintoxicatie en hypervitaminose D. Bij kinderen ouder dan 3 jaar zijn metafysaire ophelderingsbanden suspect voor leukemie; bij jongere kinderen is dit een vrij specifiek dystrofisch kenmerk.

**Gewrichtskraakbeen.** Het gewrichtskraakbeen is op een röntgenfoto niet te onderscheiden van de weke delen. De ruimte tussen benige kop en benige kom van een gewricht wordt opgevuld door gewrichtskraakbeen, dat dus slechts indirect zichtbaar is. Afwijkingen aan het gewrichtskraakbeen kunnen zich manifesteren als verbreding en als versmalling van de "gewrichtsspleet". Subtiele afwijkingen kunnen pas worden gediagnosticeerd als deze unilateraal voorkomen; dan kunnen linker- en rechtergewricht met elkaar worden vergeleken.

Versmalling van het gewrichtskraakbeen treedt vooral op bij chronische artritis door destructie ten gevolge van pannus of chondrolyse. Verbreding van het gewrichtskraakbeen komt veel minder vaak voor. Het wordt onder andere gezien bij de ziekte van Perthes en bij overproductie van groeihormoon en soms bij excessieve hoeveelheid gewrichtsvocht.

## Literatuur

- Keats TE. *Atlas of normal roentgen variants that may simulate disease*. 6e druk. St. Louis: Mosby, 1996.
- Swischuk LE. *Imaging of the newborn, infant, and young child*. 4e druk. Baltimore: Williams and Wilkins, 1997.



## DEEL III: ORGAANPATHOLOGIE



# Hoofdstuk 6

## LONGEN EN LUCHTWEGEN

*A. Martijn*

### Inleiding

Voor het interpreteren van de beelden op een thoraxopname is, zeker bij prematuren, kennis nodig van embryologie, fysiologie en pathofysiologie. Zo wordt het duidelijk waarom bepaalde ziektebeelden leiden tot bepaalde afwijkingen op de thoraxopname, waardoor complicaties van ziekte of therapie kunnen ontstaan en hoe deze zich op een thoraxopname presenteren. Bij de bespreking van de pathologie worden in dit hoofdstuk drie leeftijdscategorieën onderscheiden: pasgeborenen (25 tot 38 weken zwangerschapsduur), zuigelingen (tot de leeftijd van 1 jaar) en oudere kinderen.

**Conventionele röntgenopnamen.** Voor de meeste thoraxafwijkingen is een voor-achterwaartse opname voldoende. Een dwarse opname is nodig bij ruimte-innemende processen en bij het scoren van interstitiële longafwijkingen zoals bij CF.

**Computertomografie en kernspintomografie.** Verder onderzoek van het longparenchym is mogelijk met conventionele CT; voor onderzoek van het interstitium is hogeresolutie-CT nodig. Mediastinale processen zijn beter te onderzoeken met MRI.

### Embryologie

De belangrijkste stadia van de longontwikkeling zijn het ontstaan van de bronchi uit de longknoppen rond de 16e foetale week en de canaliculaire ontwikkeling van de distale bronchi tussen de 16e en de 24e week. Rond de 24e week beginnen de type II-pneumocyten surfactans te maken en tussen de 24e en de 40e week valt de terminale luchtzakfase, waarin bronchioli en alveoli zich ontwikkelen. Na de geboorte gaat de ontwikkeling van de alveoli verder, tot hun aantal

rond het 8e levensjaar ongeveer het tienvoudige is van dat bij de geboorte. De belangrijkste functie van surfactans is verlaging van de oppervlaktespanning in de alveoli. Hierdoor blijven deze openstaan tijdens de ademhalingscyclus en wordt pulmonaal oedeem tegengegaan. Dit leidt tot een afname van de ademhalingsarbeid. De bloedvaten van de zich ontwikkelende long ontspringen eerst uit de dorsale aorta (sequestratie); later ontwikkelen zich de arteriae en venae pulmonales. Tot de 16e week zijn de vaten preacinair; tijdens de ontwikkeling van de alveoli ontstaan de acinaire vaten.

De middendarm, die rond de 5e foetale week door zijn snelle groei buiten de buikholte komt te liggen, keert rond de 12e week weer in de buikholte terug. De membranae pleuroperitoneales sluiten zich rond de 7e week. Bij verstoring van dit mechanisme bestaat de kans op een hernia diaphragmatica congenita (dorsaal gelegen; hernia van Bochdalek), waarbij het tijdstip van de verplaatsing van de darm naar de thoraxholte bepalend is voor de mate waarin long- en longvaatontwikkeling worden beïnvloed.

Premature longen verschillen wezenlijk van rijpe longen: ze hebben minder en kleinere terminale luchtwegen, die meer in diameter variëren, het interstitium is dikker en de elasticiteit is minder. Op jongere leeftijd is de collaterale circulatie minder ontwikkeld (minder kanalen van Lambert en poriën van Kohn) dan op wat oudere leeftijd, zodat de longen gevoeliger zijn voor schadelijke effecten. Jongere longen reageren daarop met meer peribronchiale verdichting en meer gebieden met atelectase of hyperinflatie.

De neusbijholten ontwikkelen zich pas goed na de geboorte. De sinus maxillares zijn vanaf de leeftijd van ongeveer 2 à 6 maanden zichtbaar, de sinus ethmoidales vanaf ongeveer 1 à 2 jaar. De sinus frontales beginnen zichtbaar te worden tussen het 7e en het 10e levensjaar.

## Sinusitis

Sinusitis wordt veroorzaakt door uitvloedbelemmering van het siccet van de neusbijholten. De meest voorkomende oorzaken zijn virale infecties en allergie. Bij kinderen zijn loopneuzen en nachtelijke hoestbuien de belangrijkste symptomen; vaak bestaat ook otitis media. Hoofdpijn, een frequent symptoom bij volwassenen, is zeldzaam. Nogal eens worden gesluisde neusbijholten gevonden zonder dat er sinusitisklachten bestaan. Bij pasgeborenen komt sinusitis niet voor.

**Diagnostiek.** Het eerst aangewezen onderzoek is een neusbijholteopname volgens Waters (Figuur 6-1). Hierbij wordt het hoofd iets achterover gehouden, ten-



**Figuur 6-1.** Opname volgens Waters. Beiderzijds is slijmvlieszwelling zichtbaar, rechts een vloeistofspiegel: sinusitis maxillaris duplex.

einde de sinus maxillares vrij te projecteren. De sinus frontales worden beoordeeld op de neusbijholteopname volgens Caldwell, met het hoofd iets voorover. Sinusitis kenmerkt zich door slijmvlieszwelling of een vloeistofspiegel; volledige sluiting van de sinus kan worden veroorzaakt door volledige vulling met vloeistof of zeer forse slijmvlieszwelling. Geringe slijmvlieszwelling, minder dan 3 mm, heeft eigenlijk geen betekenis.

Over het algemeen is er een goede correlatie tussen de klinische diagnose en de afwijkingen op de foto. Als bij twijfel een duidelijke uitspraak toch nodig is, zoals bij oncologische patiënten, en als bijkomende verschijnselen, zoals cellulitis orbitae en mastoïditis, moeten worden vastgelegd, verricht men CT of MRI. Hiermee kunnen de sinus ethmoidales en sphenoidales en de weke delen in en rond de neusbijholten beter in beeld worden gebracht. Voor de afbeelding van de benige structuren heeft CT de voorkeur.

## Stridor

Stridor ontstaat ten gevolge van obstructie in de luchtwegen. Bij inspiratoire of gecombineerd inspiratoire-expiratoire stridor is de obstructie in de hogere lucht-

wegen gelegen, in het traject van orofarynx tot juist boven de thoraxapertuur. Afhankelijk van de lokalisatie kunnen stemveranderingen en dysfagie begeleidende symptomen zijn. Bij expiratoire stridor ligt de oorzaak onder de thoraxapertuur.

Inspiratoire stridor wordt in het eerste levensjaar vaak veroorzaakt door congenitale pathologie, zoals micrognathie, macroglossie, trachea stenose en larynxweb. Op latere leeftijd zijn corpora aliena en infecties de belangrijkste oorzaken van inspiratoire stridor; pseudo-kroep komt vooral voor tussen 6 maanden en 3 jaar, epiglottitis (overigens zeldzaam geworden sinds de Hib-vaccinatie) tussen 3 en 6 jaar. Een overzicht van de beeldvormende diagnostiek bij stridor wordt gegeven in Tabel 6-1.

**Diagnostiek bij inspiratoire stridor.** Bij *inspiratoire stridor* maakt men een dwarse halsopname met laag kilovoltage aan het einde van een inspiratie. Daarop zijn alle anatomische structuren te herkennen, zoals de basis van de tong in

**Tabel 6-1. Diagnostiek bij inspiratoire en expiratoire stridor<sup>1</sup>**

TECHNIEK	ZUIGELINGEN		OUDERE KINDEREN	
	INSPIRATOIR	EXPIRATOIR	INSPIRATOIR	EXPIRATOIR
Dwarse halsopname	+	+	+	+
Thoraxopname	-	+	+	+
Doorlichting	-	(+)	-	(+)
Slokdarmonderzoek	-	(+)	-	(+)
CT en MRI	Indien verder onderzoek noodzakelijk is			

<sup>1</sup>: +: zinvol; (+): soms zinvol; -: niet zinvol.

de orofarynx, de epiglottis, de vallecula, de aryepiglottische plooi, de sinus piriformis en de subglottische trachea. Ook prevertebrale weke delen, tonsillen en adenoid zijn op deze opname goed te beoordelen.

Bij pseudo-kroep is de hypofarynx sterk luchthoudend, met normale epiglottis en aryepiglottische plooi, de stembanden zijn verdikt, de subglottische trachea is vernauwd en lijkt op een gotisch kerkvenster. Bij epiglottitis zijn epiglottis en aryepiglottische plooi gezwollen. In het klassieke geval is er geen zwelling van de proximale trachea; is dat wel het geval, dan is differentiatie van pseudo-kroep mogelijk omdat de epiglottis is aangedaan. Epiglottitis is een levensbedreigende aandoening; röntgenonderzoek is daarbij niet geïndiceerd. Een voor-achterwaartse tracheaopname kan soms van nut zijn bij de diagnos-



tiek van tracheavernauwing. CT en MRI komen in aanmerking als geen oorzaak wordt gevonden en bij aanwezigheid van een prevertebrale massa, ter beoordeling van uitbreiding en omringende structuren.

**Diagnostiek bij expiratoire stridor.** De belangrijkste oorzaken van *expiratoire stridor* zijn bij zuigelingen tracheomalacie en vaatring en bij oudere kinderen mediastinale tumoren en corpora aliena in de lagere luchtwegen. Men maakt niet alleen een dwarse halsopname, maar ook een voorachterwaartse opname van trachea en thorax; bij verdenking op vaatring of corpus alienum in de slokdarm wordt deze eventueel aangevuld met contrastopnamen van de slokdarm. Bij tracheomalacie tonen de opnamen van hals en thorax geen afwijkingen; bij doorlichting wordt een gemakkelijk collaberende trachea gezien. De trachea kan echter beter worden beoordeeld met starre endoscopie. Bij verdenking op een vaatring, bijvoorbeeld een dubbele aortaboog, moet bij de conventionele opnamen worden gelet op de positie van de aorta en bij de dwarse thoraxopname op impressie van de trachea. Bij het slokdarmonderzoek kan men aan de hand van plaats en verloop van de impressie vaak vaststellen welke afwijkende vaatstructuur aanwezig is. Met MRI kan het verloop van de vaten zeer goed worden bepaald.

Bij mediastinale tumoren wordt met MRI de mate van uitbreiding bepaald. Radio-opake corpora aliena zijn goed zichtbaar op de thoraxopname; bij niet-radio-opake corpora aliena let men op secundaire kenmerken als hyperinflatie en onderbreking van de luchtkolom in de grote luchtwegen. Bevindt het vreemd lichaam zich in een hoofdbronchus, dan zijn aan die zijde hyperinflatie van de long en geringere excursies bij doorlichting zichtbaar. Deze verschijnselen kunnen ontbreken; een goede anamnese blijft essentieel. Bij twijfel kan bronchoscopie eventueel worden voorafgegaan door CT van de bronchiaalboom, die met de huidige snelle apparatuur vaak zonder sedatie of narcose kan plaatsvinden.

## Cyanose

Congenitale hartafwijkingen worden onderscheiden in cyanotische en niet-cyanotische aandoeningen. Elektrocardiografie en echocardiografie komen als eerste onderzoeken in aanmerking. Op de thoraxopname let men op de cardiale contour en de longvaattekening. In dit hoofdstuk wordt niet verder ingegaan op de specifieke contourveranderingen bij hartaandoeningen als de tetralogie van Fallot. Vaak is de hartvorm echter dusdanig dat hierop geen zekere diagnose mogelijk is. Dwarse thoraxopnamen zijn niet geïndiceerd. Zeer belangrijk is het om

**Tabel 6-2. Indeling aangeboren hartafwijkingen**

---

**Niet-cyanotisch, toegenomen longvaattekening**

---

Ventrikelseptumdefect  
Atriumseptumdefect  
Persisterende ductus arteriosus

---

**Niet-cyanotisch, normale longvaattekening**

---

Coarctatio aortae  
Klepafwijkingen (behalve afwijkingen van de valvula tricuspidalis)

---

**Cyanotisch, toegenomen longvaattekening**

---

Transpositie van de grote vaten  
Truncus arteriosus  
Totaal abnormale longvenedrainage

---

**Cyanotisch, afgenomen longvaattekening**

---

Tetralogie van Fallot  
Pulmonalisatresie

---

op de vaattekening te letten die toegenomen, normaal of afgenomen kan zijn. De basiscriteria van de belangrijkste hartafwijkingen staan bijeen in Tabel 6-2.

## Ademhalingsproblemen: algemeen

Ademhalingsproblemen kunnen, afhankelijk van de leeftijd, wijzen op uiteenlopende ziektebeelden, waarbij anamnese en klinische verschijnselen mede bepalend zijn voor de (differentiaal)diagnose. Een voor-achterwaartse thoraxopname is het eerst aangewezen onderzoek. Een laterale opname is in feite alleen nodig als onduidelijkheid bestaat over de plaats van de op de voor-achterwaartse foto zichtbare afwijkingen. Ook andere onderzoeken leveren geen wezenlijke bijdrage aan de diagnostiek.

## Acute aandoeningen bij pasgeborenen

De belangrijkste longaandoeningen bij (premature) pasgeborenen zijn idiopathisch respiratoir *distress*-syndroom (IRDS), *wet lung*, meconiumaspiratie en infecties. Deze ziektebeelden worden klinisch gekenmerkt door na de geboorte optredende verschijnselen van intrekkingen van de intercostale ruimten, kreunen, steunende ademhaling en grauw zien.

**Idiopathisch respiratoir *distress*-syndroom.** IRDS, tegenwoordig ook wel surfactansdeficientiesyndroom genoemd, is een ziektebeeld van prematuren geboren na een zwangerschapsduur van minder dan 34 weken, veroorzaakt door surfactanstekort bij structurele onrijpheid van de longen. Als gevolg hiervan kunnen de alveoli zich niet goed ontplooiën en ontstaat er atelectase. De centrale luchtwegen blijven open, leidend tot het klassieke radiologische beeld van IRDS: een slechte inademiingsstand, een grijs of granulaïr longbeeld en een luchtbronchogram. De ernst van de IRDS wordt (bij niet-beademde patiënten) vastgelegd met de Giedion-score, waarbij graad 1 staat voor een reticulogranulaïr beeld, graad 2 voor een reticulogranulaïr beeld plus luchtbronchogram, graad 3 voor bovendien een wazige of niet-afgrensbare hartcontour en graad 4 voor volledig grijze longen zonder afgrensbaar hart of diafragma.

**Complicaties van IRDS.** De bij IRDS optredende complicaties zijn het gevolg van het barotrauma van de positiegedrukbeademing en de zuurstoftoxiciteit. De belangrijkste complicaties zijn persisterende ductus arteriosus, pulmonaal interstitieel emfyseem, pneumothorax en pneumomediastinum en bronchpulmonale dysplasie.

*Persisterende ductus arteriosus.* Door hypoxie kan de ductus langer openblijven; de hoge vaatweerstand leidt tot een rechts-linksshunt. Als de therapie (beademing en exogene surfactanstoediening) aanslaat, daalt de vaatweerstand en ontstaat er een links-rechtsshunt. De begeleidende radiologische verschijnselen zijn vasculaire congestie (dikkere vaten), pulmonaal oedeem (diffuse grijsheid, uitstralend vanuit de hilus) en enige toename in grootte van de hartcontour. Dit beeld kan zich al na drie dagen manifesteren; in de helft van de gevallen zijn de radiologische afwijkingen aanwezig vóór de klinische verschijnselen. De ductus kan met Doppler-echografie in beeld worden gebracht.

*Pulmonaal interstitieel emfyseem.* Door de hoge beademingsdrukken treedt overrekking van de luchtwegen op. Dit kan leiden tot wandbeschadigingen, waardoor zich lucht in het interstitium kan verzamelen. Radiologisch is dit zichtbaar als diepe inademiingsstand, toegenomen omvang van de centrale luchtwegen, vanuit de hilus naar perifeer uitstralende ophelderingen, atelectati-

sche gebieden als gevolg van de compressie en soms bulleuze emfysemateuze afwijkingen.

*Pneumothorax en pneumomediastinum.* Deze afwijkingen kunnen “spontaan” ontstaan, maar meestal zijn ze het gevolg van de beademing door scheuren in de luchtwegwand. Anders dan pneumothorax, verloopt pneumomediastinum in het algemeen symptomeloos. Op de thoraxopname is pneumothorax zichtbaar door longweefsel dat niet doorloopt tot de thoraxwand, ophelderingen langs mediastinum, hart en de diafragmaoepel en diepe, hyperlucente sinus pleurae. De contouren van de thoracale organen zijn aan de aangedane zijde scherper dan aan de niet-aangedane zijde. Bij spanningspneumothorax neemt de luchtophoping met elke ademhaling toe (*air trapping*), waardoor de mediastinale structuren worden verdrongen naar de niet-aangedane zijde (Figuur 6-2). Pneumomediastinum kenmerkt zich door een opgetilde thymusschaduw (*angel wing sign*) en vaak door gasophoping in de halsstreek. Pneumomediastinum kan een enkele keer leiden tot pneumoperitoneum of pneumopericard.

*Bronchopulmonale dysplasie.* Bronchopulmonale dysplasie (BPD) of chronische longziekte van prematuren wordt veroorzaakt door destructie van het longparenchym als gevolg van zuurstof toxiciteit en beademing. In het parenchym ontstaan overblazen en atelectatische gebieden. Omdat atelectase bescherming biedt tegen zuurstof toxiciteit, behouden de alveoli in de atelectatische gebieden de mogelijkheid om verder uit te groeien. De overblazen gedeelten verworden tot bullae of fibrotische gebieden. Uiteindelijk ontstaat pulmonale hypertensie met verminderde compliantie van de long. Als late complicatie vindt men tracheomalacie en granuloomvorming in het gebied waar de beademingstube tegen de tracheawand heeft gelegen.

De diagnose BPD berust op het blijven bestaan van afhankelijkheid van zuurstoftherapie na de leeftijd van 1 maand. Op latere leeftijd ontstaan restrictieve ademhalingsproblemen. Radiologisch is BPD gekenmerkt door hyperinflatie, gebieden met kleinere of grotere atelectatische afwijkingen en hyperlucente gebieden.

**Wet lung.** Dit is een conditie die vooral voorkomt bij kinderen met een postconceptionele leeftijd van meer dan 34 weken. Risicofactoren zijn diabetes mellitus bij de moeder, sectio caesarea en snelle vaginale partus. Normaliter wordt het amnionvocht uit de longen geperst door compressie in het geboortekanaal; bij *wet lung* is dit mechanisme tekortgeschoten. Het klassieke röntgenbeeld is een diepe inademingsstand, symmetrisch toegenomen tekening uitstralend vanuit de hilus, vocht in de fissura minor en in ernstige gevallen cardiomegalie. Geringe



**Figuur 6-2.** IRDS met spanningspneumothorax rechts en pneumomediastinum. Rechts in de hals is gas zichtbaar, de thymusschaduw links is opgetild (*angel wing sign*).

zuurstoftoediening is vaak voldoende; binnen 24 tot 48 uur is het thoraxbeeld doorgaans genormaliseerd.

**Meconiumaspiratie.** Bij meconiumaspiratie heeft het kind in utero meconium geloosd, dat bij de geboorte wordt geaspireerd. Het komt vaker voor bij pasgeborenen met een postconceptionele leeftijd van meer dan 36 weken, met name bij serotiniteit. Radiologisch kenmerkt het beeld zich door hyperinflatie met irregulaire asymmetrische luchthoudendheid van de longen en atelectatische gebieden en vlekkelijke onscherpe verdichtingen als gevolg van door galzuren veroorzaakte chemische pneumonitis (rechts meer dan links). De meest voorkomende complicaties van de behandeling zijn pneumothorax, pneumomediastinum en persisterende pulmonale hypertensie van pasgeborenen.

**Infectie.** Bij pasgeborenen veroorzaken longinfecties op de thoraxopname diffus vlekkelijke afwijkingen. Een bijzondere vorm van longontsteking is de neonatale groep B-streptokokkenpneumonie. Radiologisch is dit beeld nauwelijks te onderscheiden van IRDS; alleen is de inademingsstand vaak wat dieper.

## Acute aandoeningen bij zuigelingen en oudere kinderen

**Luchtweginfecties.** Deze vormen de meest voorkomende reden voor vervaardiging van een thoraxopname. Op jonge leeftijd zijn het met name virale infecties die een rol spelen. De kleinere luchtwegen reageren bij jonge kinderen anders op infectie dan op latere leeftijd. Er treedt vooral bronchuswandverdikking op, waarbij door de eigenschappen van de bronchi met name atelectasen ontstaan.

Virale infecties kenmerken zich vaak door seizoensgebondenheid en clustering van ziektegevallen. De kinderen hebben al een paar dagen matige koorts of zijn verkouden met hoesten en keelpijn. Op de thoraxopname zijn generaliseerde hyperinflatie, perihilaire verdichting en onscherp begrensde verdikking van de bronchuswand zichtbaar. Verder kunnen aanwezig zijn segmentele atelectasen, hiluskliervergroting en een heel enkele keer pleuravocht. Als complicatie kunnen in een of meer gebieden bronchopneumonische infiltraten ontstaan.

Bacteriële infecties kenmerken zich door ontbreken van seizoensgebondenheid en geïsoleerd voorkomen, door het snel ontstaan van ernstige ziekte met hoge koorts en door goed lokaliseerbare longafwijkingen. De thoraxopname toont vaak consolidatie van één longdeel met een luchtbronchogram in het aangedane segment, terwijl hiluskliervergroting en pleuravocht aanwezig kunnen zijn. Consolidaties blijven in het aangedane longdeel, wat ze onderscheidt van atelectasen, die op korte termijn van plaats kunnen veranderen. Eerdere thoraxopnamen kunnen bij de beoordeling hiervan behulpzaam zijn.

**Detectie van infiltraten en atelectasen.** Grote afwijkingen worden op een thoraxopname over het algemeen niet gemist. Kleinere segmentale afwijkingen kunnen op de voor-achterwaartse opname worden gemist, maar als men weet waar men op moet letten, is een dwarse opname zelden meer nodig. Als de hartcontour of de diafragmacontour niet afgrensbaar is, betekent dit dat het aan deze structuur grenzende longdeel niet meer luchthoudend is. Dit staat bekend als het silhouetteken: het niet meer zichtbaar of afgrensbaar zijn van een normaal wel aanwezige contour (Tabel 6-3).

**Enkele typische longinfecties.** Veel infecties geven geen specifiek beeld, zodat meestal niet goed kan worden aangegeven welk micro-organisme de verwekker is. Verder kunnen bij klassieke beelden mengvormen voorkomen, zodat ze niet altijd als zodanig te herkennen zijn.

*Bronchitis* en *bronchiolitis* bij zuigelingen komen met name in het winterseizoen voor op basis van infectie met het respiratoir-syncytieel virus. De tho-

**Tabel 6-3. Lokalisatie longafwijkingen op grond van de röntgenbevindingen**

LOKALISATIE RÖNTGENAFWIJKINGEN	LOKALISATIE LONGAFWIJKINGEN
Linker hartgrens (silhouetteken)	Lingula
Rechter hartgrens (silhouetteken)	Middenkwab
Diafragma-koepel (silhouetteken)	Onderkwab
Achter het hart	Onderkwab
Achter en ter hoogte van de hilus	Bovenste segment onderkwab
In de dorsale sinus pleurae	Onderkwab
Hoog in de thoraxholte	Bovenkwab

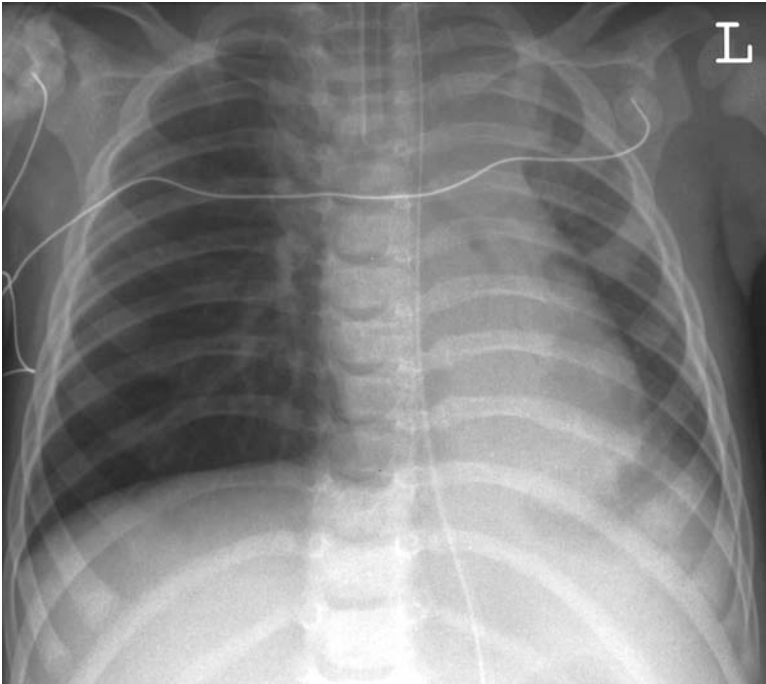
thoraxopname toont hyperinflatie met toegenomen parahilaire interstitiële tekening, verspringende segmentale atelectasen en een diffuus, onscherp, vlekkelig infiltratief beeld (Figuur 6-3).

*Haemophilus influenzae-pneumonie* kwam vóór invoering van de Hib-vaccinatie frequent voor bij schoolgaande kinderen. De pneumonie debuteert met symptomen passend bij een virale infectie. De thoraxopname toont een gemengd interstitieel-alveolair beeld met asymmetrische peribronchiale verdichting en een vlekkelig beeld van infiltratie met een geringe hoeveelheid pleuravocht.

*Pneumonie door aspiratie van koolwaterstoffen.* De thoraxopname kan in de eerste 6 uur na aspiratie nog een normaal beeld geven; als een meer dan 6 uur na aspiratie gemaakte thoraxopname normaal is, dan is het onwaarschijnlijk dat later nog longafwijkingen ontstaan. De thoraxopname toont pleuravocht en beiderzijds basaal een vlekkelig infiltratief beeld. Deze vorm van pneumonie kan tot longdestructie leiden.

*Streptokokkenpneumonie en stafylokokkenpneumonie* komen op alle leeftijden voor. Streptokokkenpneumonie leidt tot lobaire consolidatie, stafylokokkenpneumonie tot multilobaire of segmentale consolidatie. Binnen enkele dagen vormt zich veel pleuravocht en kan empyeem ontstaan, met abscesvorming als gevolg. Het herstel is traag; drainage van het empyeem is moeilijk.

*Pneumocystis carinii-pneumonie* wordt vooral gezien bij alle vormen van afweerstoornissen, bijvoorbeeld tijdens chemotherapie en aids. De eerste afwijkingen zijn parahilaire zichtbaar, met een fijn-granulair beeld. Op den duur kunnen de longen op de thoraxopname geheel grijs worden. Pleuravocht en hilusklievergroting zijn zelden aanwezig. De longen zijn apicaal minder gesluierd dan elders en het totale longvolume is vaak verminderd.

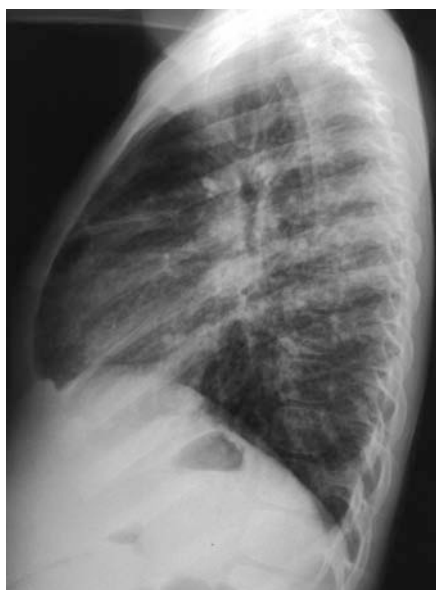
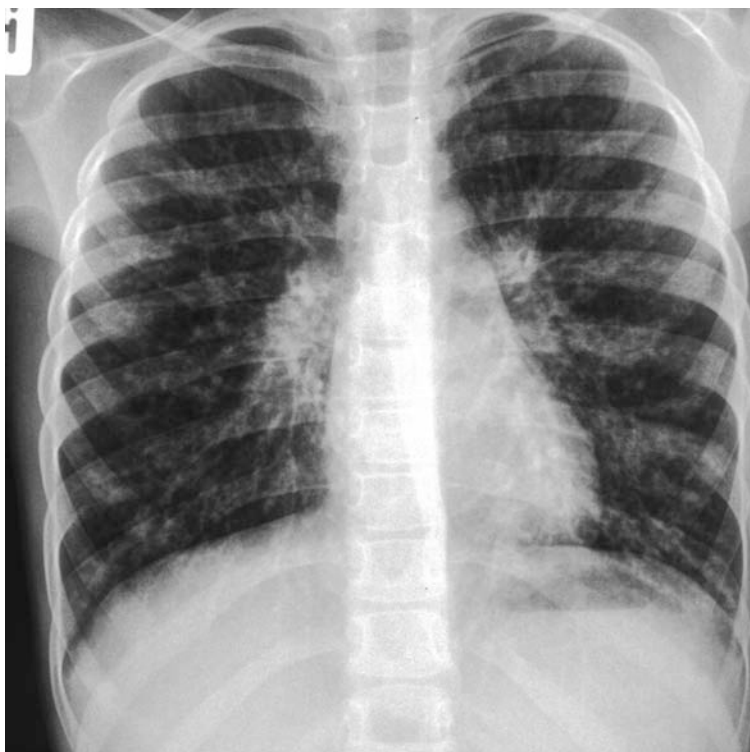


**Figuur 6-3.** Pneumonie veroorzaakt door respiratoir-synctieel virus. Door atelectasen in boven- en onderkwab van de linkerlong is het longvolume kleiner; het hart is naar links verplaatst. De diafragmakoepel is links niet afgrensbaar (silhouetteken) en rechtsboven is een kleine atelectase zichtbaar. Verder valt op dat de beademingstube te diep zit: deze rust op de carina.

## Chronische niet-chirurgische aandoeningen

Bij zuigelingen is BPD de meest voorkomende longaandoening. Bij oudere kinderen zijn astma en CF de meest voorkomende afwijkingen. Hierbij staan niet zozeer longafwijkingen voorop, maar afwijkingen van de luchtwegen. De bevindingen bij radiologisch onderzoek kunnen bij deze ziekten in de beginfase variëren van een volledig normaal beeld tot een bronchitisachtig beeld met hyperinflatie en peribronchiale verdichting. Bij progressie van het ziektebeeld kunnen recidiverende atelectasen ontstaan, veroorzaakt door mucuspluggen, waarbij de afwijkingen vaak in hetzelfde segment recidiveren. Algemene complicaties zijn pneumothorax en pneumomediastinum.





**Figuur 6-4.** Boven: achter-voorwaartse en onder: zijdelingse thoraxfoto bij een patiënt met cystische fibrose. Hyperinflatiestand met bronchuswandverdickning en forse hili. Er zijn kleine perifere atelectasen zichtbaar en hyperlucente gebiedjes.

**Cystische fibrose.** Anders dan bij astma worden de afwijkingen bij CF steeds ernstiger naarmate het ziekteproces vordert. De bronchuswandverdikking neemt sterker toe en er bestaat vaak hiluskliervergroting. Recidiverende pluggen leiden tot lokale hyperinflatie en met name in de bovenvelden gelokaliseerde atelectasen (Figuur 6-4). Mede door de begeleidende infecties leidt dit tot lineaire of cystische bronchiëctasieën en blijvende atelectasen. In een latere fase treedt fibrosering op en ontstaan collaterale bloedvoorziening en pulmonale hypertensie.

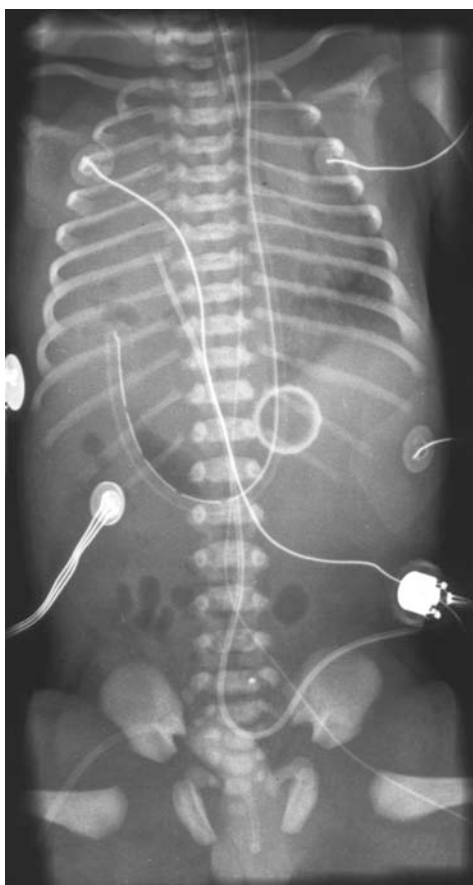
Radiologisch kenmerkt CF zich dus door gegeneraliseerde en lokale hyperinflatie, bronchuswandverdikking, atelectasen, met name in de bovenvelden, kleinere perifere gebieden met atelectasen en hyperinflatie, hiluskliervergroting, bronchiëctasieën en pulmonale hypertensie. Voor de radiologische evaluatie van CF zijn verschillende scoringsmethoden beschikbaar. Deze berusten op gradering van de ernst van de radiologische afwijkingen en tonen over het algemeen goede correlatie met de klinische bevindingen. Voor het scoren is zowel een voor-achterwaartse als een dwarse opname nodig. Als uitgebreide beoordeling van interstitium en bronchi nodig is, bijvoorbeeld voor de evaluatie van bronchiëctasieën, is HR-CT het aangewezen onderzoek. Het oplossend vermogen van thoraxopnamen is wat dat betreft te klein.

## Chirurgische aandoeningen bij pasgeborenen

De belangrijkste congenitale aandoeningen bij jonge zuigelingen zijn slokdarmatresie en congenitale hernia diaphragmatica (CHD). Deze aandoeningen betreffen niet primair de longen, maar manifesteren zich wel met longklachten. Slokdarmatresie wordt besproken in Hoofdstuk 7.

**Congenitale hernia diaphragmatica.** Naarmate de CHD vroeger in de ontwikkeling is ontstaan, leidt die tot ernstiger ontwikkelingsproblemen van de long aan de aangedane zijde. Als echter een groot deel van de buikorganen naar de thorax is verplaatst, kan ook de contralaterale long hypoplastisch worden. Doordat de pleuraholte gevuld raakt met buikorganen, worden de mediastinale organen, inclusief slokdarm, trachea en grote vaten, verdrongen naar de contralaterale zijde. CHD komt links vijfmaal vaker voor dan rechts, omdat aan de rechterzijde de lever het gat in de diafragmaoepel afdekt.

Op een direct na de geboorte gemaakte thoraxopname is de aangedane kant niet luchthoudend; het duurt enige tijd voordat de darmlissen zich met lucht hebben gevuld. Differentiaaldiagnostisch moet gedacht worden aan cysteus-adenomatoïde longmalformatie. De radiologische kenmerken van CHD



**Figuur 6-5.** Congenitale hernia diaphragmatica rechts. Mediastinum en hart zijn naar links verplaatst (let op de ligging van de beademingstube). De rechter thoraxhelft is grijs door vulling met de gehernieerde lever (let op de ligging van de veneuze navelcatheter). De maag is naar rechts-craniaal verplaatst (let op de ligging van de maagsonde).

zijn een grote hemithorax die aanvankelijk radio-opaak is en met lucht gevulde darmen blijkt te bevatten, verplaatsing van de mediastinale structuren naar de contralaterale zijde en abnormale positie van maagsonde, beademingstube en arteriële en veneuze navelcatheter (Figuur 6-5). In verreweg de meeste gevallen is de diagnose duidelijk en is verder onderzoek niet noodzakelijk. Met echografie kan eventueel de positie van de lever worden bepaald.

**Congenitaal lobair emfyseem.** Congenitaal lobair emfyseem kan in de eerste levensdagen debuteren met ademhalingsmoeilijkheden, maar vaker komt de aandoening in de loop van het eerste levensjaar aan het licht, als de patiënt na een virale infectie niet opknapt en progressief ademhalingsproblemen krijgt. De afwijking wordt vooral gevonden in de bovenkwabben, links vaker dan rechts. De oorzaak kan zijn gelegen in bronchiale afwijkingen of externe druk op de

bronchus, maar vaak is de oorzaak niet duidelijk. Meestal is een voor-achterwaartse thoraxopname voldoende voor de diagnose; in probleemgevallen geeft conventionele CT de diagnose. In de eerste levensdagen kan het aangedane gebied radio-opaak zijn, maar na afvoer van het vocht via de bronchiën of de lymfatische banen is het gebied op de thoraxopname hyperlucent. Er vindt verplaatsing plaats van het mediastinum naar de contralaterale zijde; de ipsilaterale onderkwab wordt gecompriëerd.

De klinische bevindingen bepalen het beleid. In acute gevallen is lobectomie nodig, maar de aandoening kan ook spontaan verdwijnen.

## Chirurgische aandoeningen bij zuigelingen en oudere kinderen

Bij oudere kinderen zijn de klinische verschijnselen vaak zeer uiteenlopend, afhankelijk van de aard van de afwijking en de lokalisatie in de thoraxholte. Duidelijke symptomen zijn doorgaans niet aanwezig; algemene malaise, subfebriële temperatuur, hoesten en kortademigheid kunnen voorkomen. De afwijking kan een toevalsbevinding zijn of de rest van een eerder doorgemaakte aandoening, zoals een abces na een luchtweginfectie.

**Bronchogene cysten.** Afhankelijk van omvang en lokalisatie veroorzaken deze cysten ademhalingsmoeilijkheden of zijn ze symptomeloos. De afwijking komt het meest voor bij de carina; over het algemeen bestaat er geen verbinding met de luchtweg. De cysten zijn meestal met vloeistof gevuld.

Op de thoraxopname zijn bronchogene cysten zichtbaar als een grotere of kleinere massa in het middelste mediastinum. Als ze langs de trachea zijn gelegen, is een ronde wekedelenschaduw zichtbaar; alleen cysten die groot genoeg zijn, kunnen ook zichtbaar zijn ter hoogte van de carina. Afhankelijk van de omvang kunnen mediastinale structuren verplaatst zijn of is er hyperinflatie van een longgedeelte. Verdere evaluatie kan plaatsvinden met MRI, waarbij de afwijking zichtbaar is als ronde met vocht gevulde cyste. Ook de omringende structuren kunnen met MRI optimaal worden beoordeeld.

**Longsequestratie.** Deze aandoening wordt meestal ontdekt bij de evaluatie van recidiverende infecties. Het is een aanlegstoornis van de long, waarbij de arteriële bloedvoorziening door de aorta descendens wordt verzorgd. In de meeste gevallen heeft de sequester geen verbinding met de bronchi. De afwijking is meestal dorso-mediaal in het onderveld gelokaliseerd, vaker links dan rechts. De veneuze afvloed varieert.

Kenmerkende bevinding bij radiologisch onderzoek is een driehoekige verdichting dorso-mediaal, achter het hart. Met Doppler-echografie kan de aberrante arterie wordt afgebeeld, maar MRI heeft de voorkeur omdat daarmee in eens alle informatie over afwijking en vaten kan worden verkregen.

**Ruimte-innemende processen in het voorste mediastinum.** Ruimte-innemende processen kunnen worden ingedeeld naar lokalisatie: voorste, middelste en achterste mediastinum, longen en thoraxwand. Als eerste onderzoek worden thoraxopnamen gemaakt in twee richtingen, ter bepaling van de ligging van het proces en het effect op de omringende structuren. Hierbij let men speciaal op het skelet en verder op consistentie, vorm en eventuele verkalkingen.

Afwijkingen in het voorste mediastinum kunnen, als ze groot genoeg zijn, ademhalingsmoeilijkheden veroorzaken door verplaatsing van de trachea. De omvang van de thymus veroorzaakt eigenlijk nooit problemen. De belangrijkste abnormale processen zijn lymfomen en leukemie, teratomen, thymomen en schildkliervergroting. Op de zijdelings thoraxopname is het proces retrosternaal zichtbaar. Teratomen kenmerken zich door de aanwezigheid van vet, met lagere densiteit, en verkalkingen. De vergrote schildklier ligt meestal hoog in het mediastinum; bij prepuberale kinderen kan het hele mediastinum zijn opgevuld. Bij lymfomen, in het bijzonder T-cellymfomen, is vaak pleuravocht aanwezig. Voor verdere differentiatie van de massa gebruikt men bij voorkeur MRI, maar ook CT met intraveneus contrast behoort tot de mogelijkheden. Bij schildklierafwijkingen wordt aanvullend scintigrafie verricht: een “koude” nodus is vaak maligne, een actieve is benigne.

In het onderste deel van het voorste mediastinum kan zich een diafragma-defect voordoen, de *hernia van Morgagni*. Op de dwarse thoraxopname is dan direct tegen de thoraxwand een abnormale luchthoudende configuratie zichtbaar, soms imponerend als een darmlis; op de voor-achterwaartse opname is de laesie paramediaan gelegen. Verder onderzoek kan bestaan uit echografie of contrastonderzoek van de tractus digestivus. Soms is CT noodzakelijk.

**Ruimte-innemende processen in het middelste mediastinum.** Processen in het middelste mediastinum betreffen meestal vergrote lymfklieren bij infectie of maligniteit. Ook een hernia hiatus oesophagei kan een abnormale schaduw caudaal in het middelste mediastinum veroorzaken. Op de thoraxopname in twee richtingen imponeert klierpathologie als verbreding van het mediastinum en kan bij een hernia hiatus oesophagei een abnormale luchtconfiguratie zichtbaar zijn. Bij lymfadenopathie bestaat verder onderzoek uit MRI, bij hernia hiatus oesophagei uit slokdarmonderzoek en proximale endoscopie.

**Ruimte-innemende processen in het achterste mediastinum.** Afgezien van de hernia van Bochdalek, de meest voorkomende vorm van CHD (zie hierboven), zijn processen in het achterste mediastinum over het algemeen van neurologische oorsprong. De meest voorkomende afwijkingen zijn ganglioneuroom en neuroblastoom. Op thoraxopnamen liggen deze afwijkingen dorsaal direct tegen de wervelkolom; soms zijn er kleine verkalkingen in zichtbaar. Men beoordeelt vooral ook de ribben: deze afwijkingen kunnen de ribben aan de dorsale zijde uit elkaar drukken en met name het ganglioneuroom kan door de langzame groei usurering veroorzaken (Figuur 6-6). De tumoren kunnen zich in het spinale kanaal uitbreiden via het foramen intervertebrale (“zandloper tumor”). Voor verdere evaluatie is MRI het meest geschikt.



**Figuur 6-6.** Neuroblastoom. Er is een ruimte-innemend proces zichtbaar links achter het hart, uitgaande van het mediastinum posterius. De ruimten tussen de ribben 6-7 en 7-8 links zijn dorsaal groter dan de andere tussenribsruimten. De ribben 6 en 7 links zijn dorsaal gedeformeerd en wat dunner (usurering). Verplaatsing van het middelste mediastinum: de trachea is distaal smaller en de linker hoofdbronchus verloopt gestrekt.

**Ruimte-innemende processen in de longen.** Ruimte-innemende processen in de longen, ook metastasen, vereisen naast thoraxopnamen in twee richtingen conventionele CT. MRI is minder geschikt voor de evaluatie van het longparenchym, maar bij processen in de thoraxwand kunnen met MRI consistentie en uitbreiding van het proces goed worden vastgelegd. Beoordeling van het skelet op de thoraxopnamen is essentieel. Echografie kan in een aantal gevallen van nut zijn.

## Literatuur

- Hedlund GL, Griscom NT, Cleveland RH, Kirks DR. Respiratory system. In: Kirks DR (red). *Practical pediatric imaging*. 3e druk. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1998:619-820.
- Swischuk LE. Respiratory system. In: *Imaging of the newborn, infant, and young child*. 4e druk. Baltimore: Williams & Wilkins, 1997:1-158.
- Swischuk LE. Nasal passages, mandible and upper airway. In: *Imaging of the newborn, infant, and young child*. 4e druk. Baltimore: Williams & Wilkins, 1997:159-198.
- Swischuk LE. The chest. In: *Emergency radiology of the acutely ill or injured child*. 4e druk. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, 2000:1-118.
- Swischuk LE. Upper airway, nasal passages, sinuses, and mastoids. In: *Emergency radiology of the acutely ill or injured child*. 4e druk. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, 2000:119-145.

# Hoofdstuk 7

## MAAG-DARMKANAAL

*A. Devos en M. Meradji*

### Inleiding

Gezien de lange levensverwachting van kinderen moet er constant naar worden gestreefd om complicaties van beeldvormend onderzoek te vermijden. Dit kan door probleemgericht te werken, de psychische belasting zo laag mogelijk te houden en de ingrepen zo min mogelijk invasief te laten zijn. Daarbij moet zorgvuldig het juiste beeldvormende onderzoek worden gekozen; dat kan alleen bij goed inzicht in klinische verschijnselen en technische mogelijkheden. Maag-darmafwijkingen bij kinderen kunnen vaak goed en voldoende in beeld worden gebracht met buikoverzicht, contrastonderzoek en echografie. CT, MRI en scintigrafie komen pas later aan bod.

De indeling in dit hoofdstuk is gebaseerd op leeftijdscategorieën en klinische verschijnselen. Acute en niet-acute ziektebeelden worden apart behandeld, evenals aangeboren en verworven afwijkingen. Deze indeling maakt het mogelijk om de diagnostische mogelijkheden gerichter te benutten en overdiagnostiek te vermijden.

**Blanco buikoverzicht.** Het buikoverzicht kan waardevolle informatie opleveren en vergemakkelijkt de juiste keuze van andere onderzoeken. In acute situaties wordt gekozen voor een buikoverzicht in twee richtingen (liggend voor-achterwaarts met verticale stralengang en lateraal met horizontale stralengang). Voor technische aspecten en beoordeling van het buikoverzicht wordt verwezen naar Hoofdstuk 4.

**Echografie.** Echografie heeft in de laatste 20 jaar een belangrijke plaats verworven bij de diagnostiek van maag-darmaandoeningen. Het onderzoek kan aan het bed worden uitgevoerd, is niet belastend voor de patiënt, maakt geen gebruik van ioniserende straling en kan gemakkelijk worden herhaald. Onderzoek bij niet-acute aandoeningen vereist wel voorbereiding met laxantia en een nuchtere toestand. Echografie kan als eerste beeldvormend onderzoek worden



aangewend bij vermoeden van appendicitis, pylorushypertrofie en invaginatie; sensitiviteit en specificiteit zijn hoog. Bij veel andere aandoeningen kan echografie worden gebruikt voor screening of follow-up. Alle intra-abdominale organen kunnen tijdens een enkel echografisch onderzoek worden beoordeeld en met kleuren-Doppler-echografie kan daarbij aanvullende informatie worden verkregen aangaande de vaatvoorziening van pathologische aandoeningen.

**Contrastonderzoek.** Door het gebruik van contrast tijdens onderzoek van het maag-darmkanaal kan zowel anatomie als motoriek van de onderzochte organen aan de hand van contouren en contourveranderingen gedetailleerd worden weergegeven. Bij afwijkingen van de proximale tractus digestivus wordt het contrastmiddel, afhankelijk van vermogen tot coöperatie en klinische toestand, oraal of via een voedingssonde toegediend (maag-darmpassage). De voedingssonde maakt het mogelijk het contrastmiddel aan het einde van het onderzoek weer te verwijderen. Bij afwijkingen van de distale tractus digestivus, vanaf het ileum, wordt het contrastmiddel rectaal toegediend (coloninloop).

Men gebruikt bariumsuspensie of een ionisch of niet-ionisch wateroplosbaar (jodiumhoudend) contrastmiddel. De keuze van het contrastmiddel wordt bepaald door de klinische conditie van de patiënt. Bij risicopatiënten, prematuren en pasgeborenen wordt een niet-ionisch contrastmiddel gebruikt, waarmee de kans op dehydratie lager is. Bij risicopatiënten is barium gecontraïndiceerd.

**Computertomografie.** CT is vanwege de stralingsbelasting minder geschikt voor acute pathologie van het maag-darmkanaal, met uitzondering van stomp buiktrauma en complexe intra-abdominale abcessen of sepsis. De uitgebreidheid van ruimte-innemende processen kan beter worden beoordeeld met CT dan met echografie.

**Kernspintomografie.** Alhoewel MRI bij kinderen vaak als diagnosticum wordt gebruikt, is er geen rol voor deze techniek bij acute maag-darmproblematiek. Het is de beste techniek voor het identificeren en lokaliseren van ruimte-innemende processen, maar de noodzaak van narcose of sedatie bij jonge kinderen, de lange onderzoekstijden en de hoge kosten werken remmend op het gebruik ervan. Bij aandoeningen van pancreas en galwegen speelt MRI wel een belangrijke rol; met MRI-cholangiopancreaticografie (MRCP) kunnen de intra- en extrahepatische galwegen op niet-invasieve manier goed in beeld worden gebracht (zie Hoofdstuk 8).

**Scintigrafie.** Deze techniek geeft waardevolle informatie bij het onderzoek naar het divertikel van Meckel, sommige intraperitoneale tumoren, occulte maag-darmbloedingen en duplicaturen.

**Endoscopie.** Dit onderzoek speelt een essentiële rol bij de diagnostiek van maag-darmaandoeningen. Proximale en distale endoscopie wordt uitgebreid besproken in de Hoofdstukken 13 en 14 van het *Werkboek kindergastro-enterologie*.

## Congenitale aandoeningen bij pasgeborenen

**Slokdarmpatresie.** Slokdarmpatresie is met een frequentie van 1:3000 pasgeborenen de meest voorkomende aangeboren afwijking van de slokdarm. Van de vijf typen atresie die worden onderscheiden, is de variant met distale tracheo-oesofageale fistel met 87% de meest voorkomende. Slokdarmpatresie wordt vaak gezien als onderdeel van de VACTERL-associatie (zie Hoofdstuk 18 van het *Werkboek kindergastro-enterologie*). De klinische verschijnselen zijn speekselophoping in de farynx, braken tijdens en onmiddellijk na de voeding, (progressieve) ademhalingsproblemen tijdens de voeding en aspiratie. Voedingssondes blijven hoog in de slokdarm steken (Tabel 7-1).

*Beeldvormende diagnostiek.* Deze dient in de eerste plaats om de klinische diagnose te bevestigen en verder om het type atresie en de aanwezigheid van tracheo-oesofageale fistel en begeleidende misvormingen (longen, nieren, skelet) vast te stellen (Tabel 7-2). Met een radio-opake voedingssonde in situ wordt een thorax-buikopname gemaakt, waarop ook het distale deel van de hals moet zijn afgebeeld; de sonde ligt dan opgekruld in het bovenste deel van de slokdarm. Ook kunnen in de longen consolidatiezones zichtbaar zijn, ontstaan door recidiverende aspiraties. De aanwezigheid van lucht in maag en darmen op het buikoverzicht impliceert de aanwezigheid van een tracheo-oesofageale fistel.

Contrastonderzoek is zelden nodig en bovendien riskant in verband met het gevaar van aspiratie. Als bij twijfel aan de diagnose toch contrastonderzoek moet worden verricht, dan wordt een niet-ionisch contrastmiddel gebruikt. Bovendien wordt een tweede voedingssonde in de slokdarmstomp ingebracht om overtollig contrastmateriaal te kunnen opzuigen. Echografie is geïndiceerd voor evaluatie van de overige inwendige organen.

**Tabel 7-1. Klinische verschijnselen van maag-darmafwijkingen**

AANDOENING	BRAKEN	OPGEZETTE BUIK	BUIKPIJN	DEFECATIE- PROBLEMEN (MECONIUM)	LONGEN, ANDERE PROBLEMEN
<b>Aangeboren afwijkingen bij pasgeborenen</b>					
Slokdarmaatresie	+	-	-	(+)	++
Tracheo- oesofageale fistel	-	-	-	-	+++
Hernia hiatus oesophagei	+++	-	-	-	+
Duodenumobstructie	+++	-	-	+	(+)
Meconiumperitonitis	++	+++	++	+++	(+)
Dunnedarmaatresie	++	++	-	+++	(+)
Meconiumileus	++	++	+	+++	(+)
Meconiumplug- syndroom	(+)	+	-	+++	-
Ziekte van Hirschsprung	+	++	-	+++	-
Anorectale malformatie	-	+	-	+++	-
<b>Verworven aandoeningen bij pasgeborenen</b>					
Slok darmperforatie	-	-	-	-	Pneumo- mediastinum
Maag-darmperforaties	(+)	+++	+++	(+)	-
Necrotiserende enterocolitis	+	+++	+++	++	-
Functionele darmobstructie	+	++	+	+++	-
<b>Aangeboren afwijkingen bij zuigelingen</b>					
Volvulus	+++	(+)	++	+	-
Duplicatuur	+	-	++	++ (Bloed)	-
Divertikel van Meckel	+	(+)	+	+	-
Intraperitoneale cyste	-	+	-	-	-

**Tabel 7-1. (vervolg)**

AANDOENING	BRAKEN	OPGEZETTE BUIK	BUIKPIJN	DEFECATIE- PROBLEMEN (MECONIUM)	LONGEN, ANDERE PROBLEMEN
<b>Verworven aandoeningen bij zuigelingen</b>					
Gastro-enteritis	++	(+)	++	+++	–
Pylorushypertrofie	+++	–	+	+	–
Invaginatie	++	–	+++	++	–
<b>Aandoeningen bij oudere kinderen</b>					
Corpus alienum slokdarm	++	–	–	–	Benauwd
Corpus alienum maag/darm	(+)	–	–	–	–
Slokdarmstenose	+++	–	–	–	Aspiratie
Buikpijn, kolieken	+	–	+++	+	–
Ulcus pepticum	++	–	+++	(+)	–
Colitis ulcerosa	(+)	–	+++	+++	–
Ziekte van Crohn	+	(+)	++	+++	–
Ileus	+++	++	+	+	–
Appendicitis	++	(+)	(+)	(+)	Koorts

**Tracheo-oesofageale fistel zonder atresie.** Deze aandoening, ook wel H-fistel genoemd, betreft 3% van de totale groep kinderen met “slokdarmatresie”. Hoestaanvallen en benauwdheid tijdens of na het slikken en recidiverende infecties van de longen zijn de belangrijkste symptomen (Tabel 7-1). Differentiaal-diagnostisch moet worden gedacht aan slikstoornissen; overvulling van de orofarynx met contrast kan overloop naar de proximale trachea veroorzaken, waarbij een tracheogram ontstaat zonder dat er een fistel is.

*Beeldvormende diagnostiek.* De thoraxopname toont hyperinflatie; met name in de rechter bovenkwab kan een consolidatiezone zichtbaar zijn. Voor contrastonderzoek wordt een voedingssonde in de proximale slokdarm ingebracht, waardoor een kleine hoeveelheid niet-ionisch contrastmiddel wordt toegediend. De negatieve intrathoracale druk tijdens de inspiratie zorgt voor aanzuigen van het contrastmiddel, dat door de fistel spontaan de trachea invloeit. Zo wordt de fistel goed afgebeeld. Het onderzoek wordt op video vastgelegd (Tabel 7-2).

**Tabel 7-2. Volgorde van beeldvormende diagnostiek bij maag-darmafwijkingen**

AANDOENING	BUIK- OVERZICHT	THORAX- FOTO	ECHO- GRAFIE	CONTRASTONDERZOEK		CT, MRI	SCINTI- GRAFIE	ENDO- SCOPIE
				ORAAL	RECTAAL			
<b>Aangeboren afwijkingen bij pasgeborenen</b>								
Slokdarmatresie	1	1	2	3	-	-	-	-
Tracheo-oesofageale fistel	-	1	2	1	-	-	-	-
Hernia hiatus oesophagei	-	2	4	1	-	-	3	-
Duodenumobstructie	1	2	3	4	5	-	-	-
Meconiumperitonitis	1	3	2	-	-	-	-	-
Dunnedarmatresie	1	2	-	-	-	-	-	-
Meconiumileus	1	4	3	2	2	-	-	-
Meconiumplugsyndroom	1	-	-	-	2	-	-	-
Ziekte van Hirschsprung	1	-	-	-	2	-	-	-
Anorectale malformatie	1	-	2	-	3	4	-	-
						(Via AP)		
<b>Verworven aandoeningen bij pasgeborenen</b>								
Slokdarmperforatie	3	1	-	2	-	-	-	-
Maag-darmperforaties	1	2	-	-	-	-	-	-
Necrotiserende enterocolitis	1	-	2	-	3	-	-	-
Functionele darmobstructie	1	-	3	-	2	-	-	-

**Tabel 7-2. (vervolg)**

AANDOENING	BUIK- OVERZICHT	THORAX- FOTO	ECHO- GRAFIE	CONTRASTONDERZOEK		CT, MRI	SCINTI- GRAFIE	ENDO- SCOPIE
				ORAAL	RECTAAL			
<b>Aangeboren afwijkingen bij zuigelingen</b>								
Volvulus	1	-	2	3	4	-	-	-
Duplicatuur	1	-	2	5	6	4	3	-
Divertikel van Meckel	1	-	2	5	6	4	3	-
Intraperitoneale cyste	2	-	1	-	-	3	-	-
<b>Verworven aandoeningen bij zuigelingen</b>								
Gastro-enteritis	1	-	2	-	-	-	-	-
Pylorushypertrofie	-	-	1	2	-	-	-	3
Invaginatie	2	-	1	-	1	3	-	-
<b>Aandoeningen bij oudere kinderen</b>								
Corpus allienum slokdarm	-	1	-	3	-	-	-	2
Corpus allienum maag/darm	1	-	-	3	-	-	-	2
Slokdarmstenose	-	2	-	1	-	-	-	3
Buikpijn, kolieken	2	-	1	3	4	-	5	-
Ulcus pepticum	4	-	3	2	-	-	-	1
Colitis ulcerosa	4	-	2	-	3	-	-	1
Ziekte van Crohn	6	-	1	3	4	5	-	2
Ileus	1	-	3	-	2	4	-	-
Appendicitis	2	3	1	-	-	4	-	-

**Cardia-insufficiëntie en hernia hiatus oesophagei.** Cardia-insufficiëntie met of zonder hernia hiatus oesophagei geeft aanleiding tot gastro-oesofageale reflux. Van een *sliding hernia* spreekt men als de slokdarm-maagovergang afwisselend abdominaal en intrathoracaal is gelegen; bij een paraoesofageale hernia hernieert de maag naast de slokdarm tot in de thoraxholte, maar blijft de positie van de cardia ongewijzigd. De symptomen van cardia-insufficiëntie zijn persistent braken met of zonder bloedbijmenging tijdens of na de voeding. Aspiratie van refluxmateriaal kan leiden tot recidiverende aspiratiepneumonieën (Tabel 7-1). Differentiaaldiagnostisch moet met name worden gedacht aan obstructie van de maaguitgang en van de proximale dunne darm.

*Beeldvormende diagnostiek.* De basisdiagnostiek bestaat uit proximale endoscopie en 24-uurs-pH-meting (zie hoofdstuk 21 van het *Werkboek kindergastro-enterologie*). De radiologische evaluatie omvat een thoraxopname en contrastonderzoek; ook echografie en scintigrafie behoren tot de diagnostische mogelijkheden (Tabel 7-2). Recidiverende aspiratie is op de thoraxopname zichtbaar als consolidatiezones, met name in de rechter long.

Contrastonderzoek met bariumpap is niet alleen geschikt om gastro-oesofageale reflux aan te tonen en de ernst ervan vast te leggen, maar ook om de anatomie van slokdarm, slokdarm-maagovergang en maag te bestuderen en passagebelemmering ter hoogte van de maaguitgang en in het eerste deel van de dunne darm vast te stellen. Ook motiliteitsstoornissen, wandverdikking, ulceratie en stenosen kunnen zichtbaar worden gemaakt. Met provocatietechnieken kan gastro-oesofageale reflux worden opgewekt.

In sommige centra worden echografie en scintigrafie toegepast bij de diagnostiek van gastro-oesofageale reflux. Deze technieken zijn echter minder informatief dan de hierboven besproken onderzoeken.

**Duodenumobstructie.** Obstructie van het duodenum kan volledig (atresie) of partieel zijn (stenose). Atresieën hebben intrinsieke oorzaken, zoals intra-uteriene vasculaire accidenten. Stenosen kunnen bijvoorbeeld het gevolg zijn van malrotatie met of zonder volvulus, duodenumweb, pancreas anulare en duplicatuurcysten. Duodenumatresie en -stenose komen vaker voor bij kinderen met het syndroom van Down. De klinische verschijnselen van duodenumobstructie zijn persistent gallig braken, eventueel leidend tot dehydratie (Tabel 7-1).

*Beeldvormende diagnostiek.* De diagnostische procedure omvat buikoverzicht, echografie en eventueel contrastonderzoek (Tabel 7-2). Op het buikoverzicht is bij atresie en ernstige stenose sterke dilatatie van duodenum en bulbus duodeni zichtbaar, leidend tot een luchtcontour die het *double bubble sign* wordt genoemd (Figuur 7-1). Dit fenomeen ontbreekt als de patiënt fors heeft gebrakt, na plaatsing van een maagsonde en als wisselende passage door de



**Figuur 7-1.** Buikoverzicht van een pasgeborene met duodenatresie. Uitgezette maag en proximale duodenum (*double bubble*); verder is in het abdomen geen lucht zichtbaar.

obstructie mogelijk is, zoals bij malrotatie. Eventueel wordt via een maagsonde opnieuw lucht ingebracht om het *double bubble sign* op te wekken. Als distaal van het duodenum lucht is te zien in de darmtractus, moet in de eerste plaats worden gedacht aan malrotatie.

Echografie toont bij malrotatie abnormale ligging en abnormaal verloop van arteria en vena mesenterica superior, terwijl het dunnedarmpakket zich in de rechter bovenbuik bevindt. Ter bevestiging van de diagnose is contrastonderzoek nodig, in de vorm van maag-darmpassage of coloninloop. De maag-darmpassage maakt het mogelijk om de dunnedarmlissen en de hoek van Treitz exact te lokaliseren. Om het aspiratierisico te verminderen, wordt het contrastmiddel in kleine hoeveelheden toegediend via een maagsonde. Met de colonin-



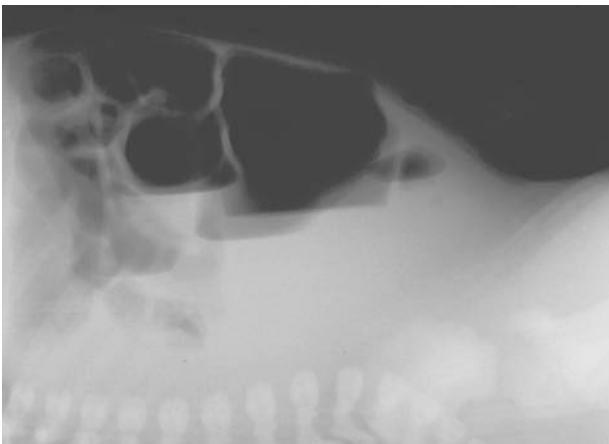


**Figuur 7-2.**

Buikoverzicht van een pasgeborene met ileumatresie.

**Boven:** uitgezette dunnedarmlussen met naar distaal toenemend kaliber.

**Onder:** zijdelingse opname met uitgezette dunnedarmlussen en vloeistofspiegels.



loop wordt de afwijkende ligging van de dunnedarmlissen ten opzichte van het colon indirect aangetoond.

**Obstructie van jejunum en ileum.** Door dilatatie en ophoping van grote hoeveelheden secret is het deel vóór de obstructie jejunum- en ileumatesie sterk uitgezet. De buik is meer of minder opgezet, al naargelang het niveau van de obstructie, het aantal betrokken darmlissen en de mate van verwijding van de lissen. De kinderen braken gallig, zij het minder heftig dan bij duodenumobstructie, en de meconiumproductie is sterk gereduceerd of opgeheven (Tabel 7-1). In de differentiaaldiagnose staan meconiumperitonitis of meconiumileus gecombineerd met atresie.

*Beeldvormende diagnostiek.* In ongecompliceerde gevallen kan men volstaan met een buikoverzicht in twee richtingen (Tabel 7-2). De voor-achterwaartse opname toont fors uitgezette dunnedarmlissen, de laterale opname met horizontale stralengang multipole vloeistofspiegels (Figuur 7-2). Bij een meer distaal gelegen obstructie zijn de dunnedarmlissen vóór de atresie sterk uitgezet door de grotere secretretentie. In gecompliceerde gevallen kan colonloop of echografie van nut zijn. Hierbij wordt een microcolon gevonden.

**Meconiumperitonitis.** Bij een intra-uteriene darmperforatie, meestal als gevolg van een vasculair accident met ischemie, komt meconiumhoudende darminhoud in de peritoneale holte. Secundair kan atresie ontstaan. Meconium veroorzaakt een aseptische chemische peritonitis, waarbij door necrose diffuse of lokale schaalvormige calcificaties kunnen ontstaan. Een pasgeborene met meconiumperitonitis heeft een bolle, pijnlijke buik, het kind braakt gallig en produceert geen meconium (Tabel 7-1). Het beeld moet worden onderscheiden van dunnedarmatesie.

*Beeldvormende diagnostiek.* De diagnose meconiumperitonitis wordt bevestigd door buikoverzicht en echografie. Contrastonderzoek is niet noodzakelijk (Tabel 7-2). Het buikoverzicht toont een uitgezet, opaak abdomen. Anders dan bij gewone atresie zijn de darmlissen niet of minder sterk uitgezet. Vaak zijn grillige verkalkingen zichtbaar. Lucht en spiegels kunnen ontbreken. Met echografie kunnen niet alleen calcificaties zichtbaar worden gemaakt, maar ook meconium, extraluminair meconium en cystische vochtophopingen. Het peritoneum is gezwollen, echografisch zichtbaar als verdikte darmwanden.

**Meconiumileus.** Bij meconiumileus bestaat functionele obstructie van de darm door ophoping van taai meconium, voornamelijk in distale ileum en caecum. Vaak is er ook een microcolon, dat enig meconium kan bevatten. Meconiumileus is vaak de eerste manifestatie van CF. In de eerste 48 uur na de geboorte

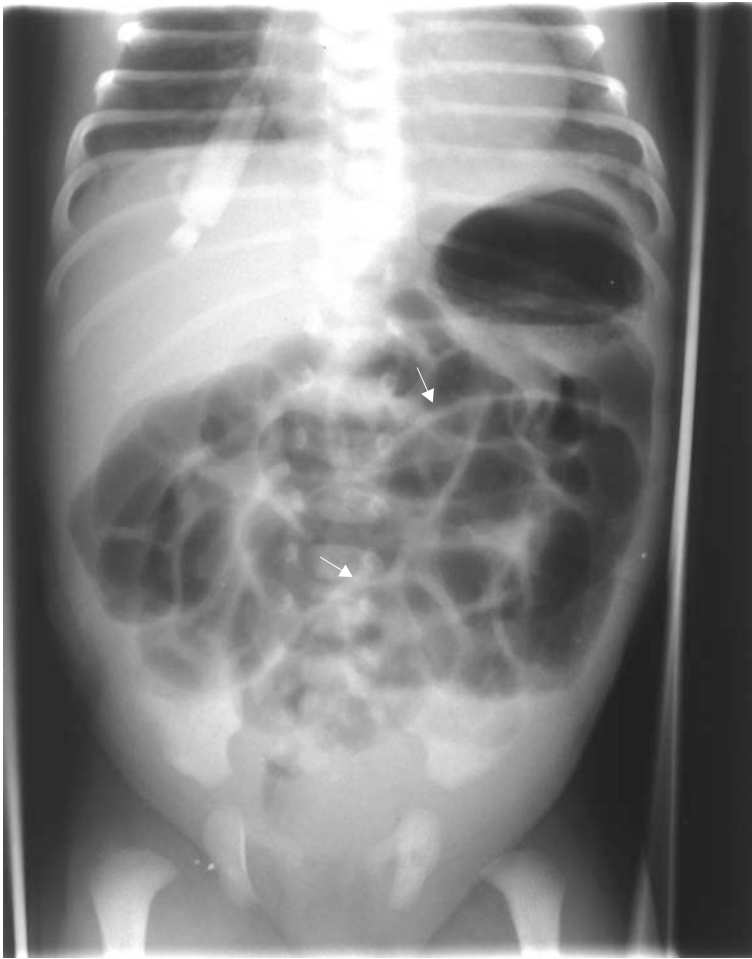
wordt geen meconium geloosd. De buik wordt toenemend bol en het kind braakt gallig (Tabel 7-1). Bij ernstige meconiumileus staat ileumatresie in de differentiaaldiagnose; daarbij wordt echter geen meconium in het colon aangetroffen en zijn er duidelijk grotere spiegels zichtbaar op de laterale opname. Meconiumileus en dunnedarmatresie kunnen samen voorkomen.

*Beeldvormende diagnostiek.* Deze omvat buikoverzicht, echografie en contrastonderzoek (Tabel 7-2). Voor-achterwaarts en lateraal buikoverzicht tonen fors met lucht gevulde, uitgezette dunnedarmlissen. Soms is het *soap bubble sign* zichtbaar in de rechter onderbuik, veroorzaakt door ophoping van meconium in ileum en caecum. Vochtspiegels ontbreken, tenzij bij dreigende perforatie met een doorbloedingsstoornis van de darmwand, waarbij spiegels wijzen op de ernst van de toestand. Een enkele keer vindt men aanwijzingen voor perforatie. Bij echografie kan het ingedikte meconium worden aangetoond in de dunnedarmlissen tussen navel en rechter bekkenkam. De ophoping van meconium neemt in proximale richting af.

Een coloninloop met hypertoon, jodiumhoudend contrastmiddel, bijvoorbeeld 1:4 tot 1:2 verdunde Gastrografine<sup>®</sup>, is geïndiceerd ter bevestiging van de diagnose en ter mobilisatie van het meconium. Gezien het hoge risico (circa 30%) op perforatie wordt aanbevolen om deze procedure in meerdere zittingen en zeer voorzichtig te verrichten.

**Meconiumplugsyndroom.** Bij meconiumplugsyndroom bestaat er net als bij meconiumileus een functionele obstructie. Het komt vooral voor bij prematuren en bij kinderen van diabetische moeders. De passage door het distale colon is vertraagd; de meconiumplug ontstaat door stase en indikking van het meconium. Het syndroom kan samengaan met het *small left colon syndrome*, waarbij het colon descendens versmald is; de meconium blijft juist proximaal daarvan steken. In de eerste 48 uur na de geboorte wordt geen meconium geloosd. De buik is matig opgezet; soms braakt het kind (Tabel 7-1). Meconiumileus en meconiumplugsyndroom zijn klinisch niet gemakkelijk van elkaar te onderscheiden, maar het effect van rectale manipulatie is verschillend. Ook de ziekte van Hirschsprung staat in de differentiaaldiagnose van meconiumplugsyndroom (zie verderop).

*Beeldvormende diagnostiek.* De diagnostische procedures omvatten buikoverzicht en contrastonderzoek (Tabel 7-2). Op het buikoverzicht worden matig uitgezette dunnedarmlissen gezien, die uitgestrekt liggen en sterk luchthoudend zijn (Figuur 7-3). Het rectum bevat weinig of geen lucht. Op de laterale opname is geen vloeistofspiegel te zien, wat er op wijst dat de darm functioneel nog intact is.



**Figuur 7-3.** Buikoverzicht van een aterm pasgeborene met meconiumplugsyndroom. De dunne darm lussen liggen uitgespannen naast elkaar (pijlen).

Het contrastonderzoek is net als bij meconiumileus niet alleen diagnostisch, maar ook therapeutisch. Als de defecatie niet op gang is gekomen na een rectaal toucher, kan geprobeerd worden om dat door toediening van een fysiologisch zoutklysma te bereiken. Heeft dat geen effect, dan is contrastonderzoek noodzakelijk. Met een wateroplosbaar contrastmiddel wordt de ophoping van meconium in de verschillende colonsegmenten, zichtbaar als bandvormige uitsparingen, in beeld gebracht. In geval van *small left colon syndrome* is het co-



**Figuur 7-4.** Ziekte van Hirschsprung.  
**Boven:** buikoverzicht. Uitgezette dunne- en dikkedarmlussen met naar distaal toenemend kaliber van het colon.  
**Onder:** bij vulling van het rectosigmoid met contrast wordt het aganglionaire, nauwe distale segment zichtbaar.



lon descendens versmald. Tijdens het onderzoek komt de defecatie op gang en wordt de dikke darm geleidigd.

**Ziekte van Hirschsprung.** Bij de ziekte van Hirschsprung bestaat aganglionose, beginnend in het rectum en zich over een kleiner of groter deel van het colon en

soms zelfs tot in het ileum (totale aganglionose) uitstrekkend. Vrijwel altijd is de eerste meconiumlozing vertraagd tot na de eerste 24 uur. In de eerste levensmaanden bestaat altijd ernstige obstipatie (Tabel 7-1). In de neonatale periode is de buik bol en opgezet. Later kan enterocolitis ontstaan met stinkende diarree, koorts en eventueel sepsis. Bij rectaal toucher is het rectum nauw en leeg. Differentiaaldiagnostisch moet vooral worden gedacht aan het meconiumplugsyndroom en aan CF.

*Beeldvormende diagnostiek.* De radiodiagnostische procedure begint met een buikoverzicht, aangevuld met contrastonderzoek (Tabel 7-2). Het buikoverzicht toont een nauw rectum met weinig lucht en uitgezette dunne- en dikdarm-lissen; de breedte van de lissen neemt naar distaal toe (Figuur 7-4). De aanwezigheid van vloeistofspiegels wijst op enterocolitis. Met een coloninloop, die bij afwezigheid van complicaties met bariumpap wordt uitgevoerd, kunnen de lengte van het nauwe, aganglionaire segment en de overgangszone worden afgebeeld (Figuur 7-4). Het aganglionaire segment laat vaak ineffectieve irregulaire contracties zien, terwijl het ganglionaire gedeelte van het colon uitgezet blijft; soms zijn daar de kenmerken van irritatie door enterocolitis zichtbaar.

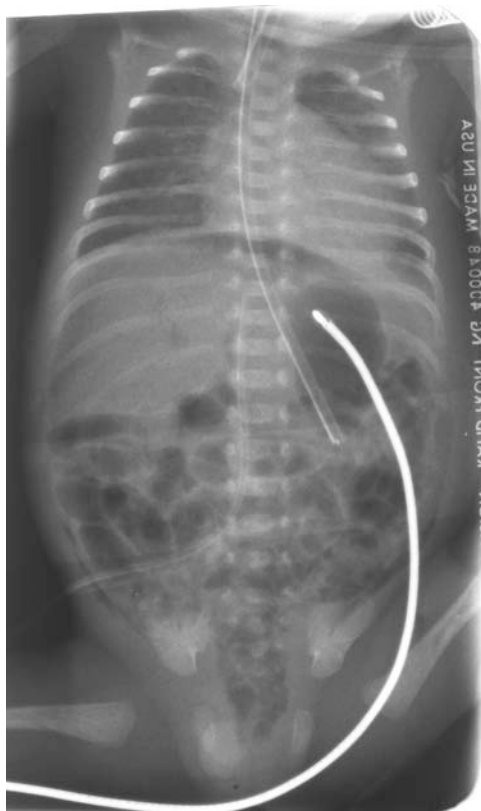
**Anorectale malformatie.** Anorectale malformaties zijn bij lichamelijk onderzoek al goed herkenbaar (Tabel 7-1).

*Beeldvormende diagnostiek.* Uitgebreid radiologisch onderzoek is noodzakelijk voor de classificatie van de afwijking en het in beeld brengen van de begeleidend misvormingen. Dit omvat buikoverzicht, echografie, MRI, contrastonderzoek en urologisch onderzoek (Tabel 7-2). Het buikoverzicht toont een uitgezet rectum, met name als het colon 24 uur na de geboorte voldoende lucht bevat; ook sacrum- en andere wervelafwijkingen kunnen zichtbaar zijn. Met echografie kunnen de bekkenbodemanatomie, de hoogte van de atresie, nierafwijkingen en andere misvormingen worden afgebeeld. MRI is nodig bij gecompliceerde gevallen, zoals voor het uitsluiten van een *tethered cord*, en om op latere leeftijd bekkenbodem en urinewegen in kaart te brengen.

Contrastonderzoek wordt tegenwoordig slechts verricht voorafgaande aan definitieve operatieve correctie. Het rectum wordt daarbij met wateroplosbaar contrastmiddel gevuld, waardoor de fistels in beeld komen. Met mictiecystografie wordt gezocht naar vesico-ureterale reflux en recto-uretrale fistels. Het urologisch onderzoek omvat verder echografie van nieren en urinewegen en in gecompliceerde gevallen intraveneuze pyelografie.

## Verworven afwijkingen bij pasgeborenen

**Iatrogene aandoeningen.** In de neonatale periode komen incidenteel iatrogene perforaties van het maag-darmkanaal voor. Een voedingssonde kan de slokdarm of maag perforeren en een thermometer of rectumcanule kan perforatie van het rectum veroorzaken. Slokdarmperforatie leidt tot pneumomediastinum en acute ademhalingsproblemen, maagperforatie en rectumperforatie tot pneumoperitoneum, zich presenterend als een pijnlijke, opgezette buik (Tabel 7-1).



**Figuur 7-5.** Buikoverzicht van een pasgeborene met ileumperforatie.

**Boven:** de aanwezigheid van intraperitoneaal lucht verradt zich door de toegenomen transparantie van het abdomen.

**Onder:** Op de zijdelingse opname is vrije lucht beter zichtbaar (pijlen).



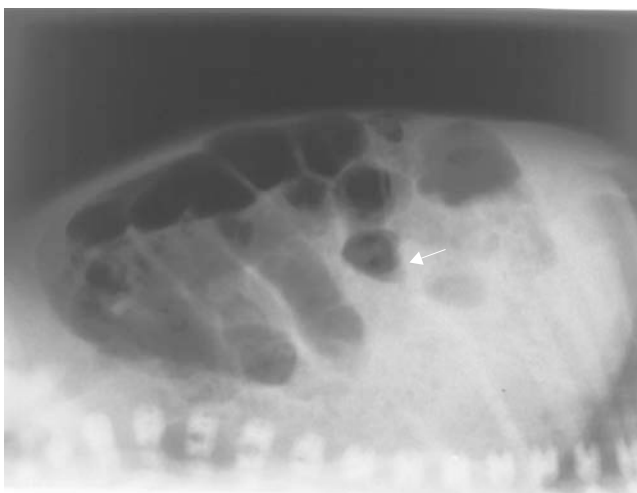


**Figuur 7-6.**

Buikoverzicht van een premature pasgeborene met necrotiserende enterocolitis.

**Boven:** op de voor-achterwaartse opname ziet men pneumatosis intestinalis (pijl), pneumoportogram (dubbele pijl) en uitgezette darmlussen met verdikte wanden (driedubbele pijl).

**Onder:** de zijdelingse opname toont geen aanwijzingen voor perforatie, maar wel pneumatosis intestinalis en enkele vochtspiegels (pijl).





*Beeldvormende diagnostiek.* Deze omvat thoraxopname of buikoverzicht (beide in twee richtingen) en contrastonderzoek in geval van slokdarmperforatie (Tabel 7-2). Bij slokdarmperforatie valt naast het pneumomediastinum ook de abnormale positie van de voedingssonde op. Oraal contrastonderzoek met een wateroplosbaar niet-ionisch contrastmiddel toont de lekkageplaats aan. Perforaties van maag en rectum (Figuur 7-5) zijn geen indicaties voor contrastonderzoek, maar eisen onmiddellijke chirurgische interventie.

**Necrotiserende enterocolitis.** NEC is in principe een ziekte van premature pasgeborenen en komt slechts incidenteel voor bij oudere kinderen. Bij het ontstaan spelen ischemie en sepsis een rol. Als complicaties kunnen gangreen en perforaties van de darm optreden. Zowel na conservatieve behandeling als na chirurgische interventie kunnen darmstenosen ontstaan. Necrotiserende colitis heeft een betere prognose dan NEC. De klinische symptomen van NEC zijn opgezette, blauw doorschemerende en pijnlijke buik met (vaak gallig) braken, maagretentie en bloederige en slijmerige ontlasting (Tabel 7-1). Differentiaal-diagnostisch moet vooral worden gedacht aan enterocolitis bij de ziekte van Hirschsprung, volvulus en invaginatie.

*Beeldvormende diagnostiek.* Bij verdenking op NEC verricht men buikoverzicht, echografie en contrastonderzoek (Tabel 7-2). De afwijkingen op het buikoverzicht zijn afhankelijk van het stadium van enterocolitis. Aanvankelijk is meteorisme zichtbaar met een fors opgezette buik, passend bij ileus, daarna ontstaan achtereenvolgens darmwandverdikking, pneumatosis intestinalis, lucht in het portale vaatbed, vrije of (bij afgedekte perforatie) gelokaliseerde lucht en ascites. Door de verstoorde darmassage ontbreekt lucht in het rectum. De pneumatosis intestinalis is vaak eerst te zien ter hoogte van de ileocaecale overgang, maar later doen ook colon, rectum en jejunum mee (Figuur 7-6). Soms zijn pneumatosis intestinalis en het pneumoportogram beter zichtbaar bij echografie.

Contrastonderzoek is zelden nodig en vanwege het risico op perforatie meestal zelfs gecontraïndiceerd. Bij pneumatosis intestinalis ziet men nodulaire, diffuse contrastuitsparingen in de darm.

**Functionele darmobstructie bij premature pasgeborenen.** Functionele darmobstructie bij prematuren wordt ook wel meconiumileusachtig syndroom genoemd, omdat net als bij meconiumileus een obstructie bestaat ter hoogte van distale ileum en caecum. De obstructie wordt echter niet veroorzaakt door meconium maar door ontlasting. Het is net als het meconiumplugsyndroom en de ziekte van Hirschsprung een motiliteitsstoornis van dunne en dikke darm, maar kan ook samenhangen met verteringsproblemen bij gebruik van te sterk

geconcentreerde voedingen (zoals bij het *milk curd syndrome*). De klinische symptomen zijn die van obstructie: bolle buik met soms een voelbare massa in de rechter onderbuik. De productie van meconium of ontlasting is gering en vertraagd en soms gestopt (Tabel 7-1).

**Beeldvormende diagnostiek.** Het buikoverzicht toont meestal uitgezette dunnedarmlissen met weinig of geen spiegels en een rectum zonder lucht. Luchtbellen die gevangen zitten in dikke en taaie ontlasting kunnen de rechter onderbuik een gespikkeld (*mottled*) aanzien geven. Er zijn weinig of geen spiegels zichtbaar. Contrastonderzoek dient met grote voorzichtigheid te gebeuren. Het wordt voornamelijk therapeutisch gebruikt, uitgevoerd met een wateroplosbaar, niet-ionisch contrastmiddel (Tabel 7-2). Laparotomie is geïndiceerd als de ontlasting zo niet kan worden gemobiliseerd en bij slechte klinische toestand.

## Congenitale aandoeningen bij zuigelingen

Na de neonatale periode worden congenitale aandoeningen minder frequent aangetroffen. Er zijn slechts enkele aandoeningen die zich eerst in de zuigelingsleeftijd kunnen manifesteren. Naarmate de kinderen ouder worden, wordt de kans steeds kleiner dat zich nog een aangeboren afwijking manifesteert.

**Volvulus.** Klinische manifestatie en diagnostische procedures blijven gelijk aan die bij pasgeborenen (Tabel 7-2). Malrotatie is op deze leeftijd vaak de primaire oorzaak.

**Duplicatuur.** Een duplicatuur is een ronde of spoelvormige structuur die mucosa van het intestinale type bevat, omgeven door een laag van glad spierweefsel. Het lumen staat soms in verbinding met nabij gelegen darmlissen. De klinische manifestatie is afhankelijk van lokalisatie en type; hetzelfde geldt voor de diagnostische bevindingen en procedures. De communicerende duplicaturen, tubulaire structuren met een kleinere of grotere verbinding met het darmlumen, hebben een normale darminhoud, inclusief lucht. De niet-communicerende duplicaturen zijn cystisch van aard. Een duplicatuur kan ectopische maagmucosa bevatten, waarin door ulceratie bloedingen kunnen ontstaan.

De meest frequente lokalisatie is de dunne darm, met een voorkeur in het terminale ileum (50%), gevolgd door slokdarm (20%), colon (13%) en duodenum (10%). Duplicaturen van de maag zijn relatief zeldzaam (5%). Naast bloedingen zijn volledige darmobstructie, volvulus en invaginatie bekende complicaties. Deze bepalen de symptomatologie (Tabel 7-1). Melena en hematemesis

kunnen ernstige anemie veroorzaken. Ook intermitterende buikpijn en andere algemene buiksymptomen kunnen door een duplicatuur veroorzaakt zijn.

*Beeldvormende diagnostiek.* Naast buikoverzicht of echografie kunnen contrastonderzoek en scintigrafie en eventueel CT of MRI nodig zijn (Tabel 7-2). Het eerst aangewezen onderzoek is een buikoverzicht, met name bij complicaties als volvulus en invaginatie. Met echografie kunnen vooral de niet-communiserende duplicaturen goed in beeld worden gebracht. De dunnedarmpassage brengt impressies van de darmwand en verplaatsing van darmlissen in beeld en kan bij communiserende duplicaturen ook de abnormale vorm van de lissen zichtbaar maken. Ectopisch maagslijmvlies kan met scintigrafie worden aangetoond.

**Divertikel van Meckel.** Het divertikel van Meckel is een restant van de ductus omphaloentericus, uitmondend in de buurt van de ileocaecale klep. De afwijking komt frequent voor, maar geeft meestal geen klachten: bij 1 tot 2% van alle obducties wordt een divertikel van Meckel gevonden. Complicaties ontstaan in de helft van de gevallen in de eerste 2 levensjaren. Ulceratie is vrij zeldzaam, maar kan recidiverende bloedingen en onbegrepen anemie veroorzaken. Verklevingen en littekenvorming kunnen obstructie-ileus en invaginatie veroorzaken, eventueel leidend tot “acute buik” (Tabel 7-1).

*Beeldvormende diagnostiek.* Afhankelijk van de symptomen komen in aanmerking buikoverzicht, echografie, scintigrafie, contrastonderzoek, CT en MRI (Tabel 7-2). Een buikoverzicht is geïndiceerd bij ernstige acute complicaties, zoals obstructie en invaginatie. Cystische divertikels zijn zichtbaar met echografie; het beeld is vergelijkbaar met dat van cystische duplicaturen. Scintigrafie kan ectopisch maagslijmvlies aantonen. Met contrastonderzoek in de vorm van dunnedarmpassage of coloninloop kunnen grotere divertikels soms worden afgebeeld.

**Intraperitoneale cysten.** Mesenteriumcysten en omentumcysten komen relatief frequent voor. Dankzij prenatale echografie worden ze tegenwoordig vaker gezien. Ze kunnen uni- en multiloculair zijn; door necrose kunnen omentumcysten calcificeren. De cysten zijn meestal asymptomatisch, maar door infectie of bloeding kunnen ze koorts of pijn veroorzaken en door steeldraai kan necrose ontstaan (Tabel 7-1). Volvulus is bij dit type cysten zeldzaam. Differentiaaldiagnostisch moet bij meisjes met een grote cyste in eerste instantie worden gedacht aan een ovariumcyste. Grote niet-communiserende duplicaturen kunnen zo’n dunne cystewand hebben dat deze echografisch lijkt op die van een mesenterium- of omentumcyste.

*Beeldvormende diagnostiek.* Op het buikoverzicht kan de aanwezigheid van een cyste worden gesuggereerd door verplaatsing van darmstructuren, obstructieverschijnselen en verkalkingen. Met echografie kunnen dergelijke cysten optimaal worden afgebeeld. Karakteristiek is hun relatie tot het mesenterium. De inhoud van de cysten is echovrij, maar kan door bloeding en infectie inhomogeen worden. CT en MRI komen alleen in twijfelgevallen aan bod (Tabel 7-2). Intraveneus contrast doet septa en cystewanden aankleuren.

## Verworven aandoeningen bij zuigelingen

**Gastro-enteritis.** Acute gastro-enteritis komt bij zuigelingen frequent voor. Voor de bespreking van klinische verschijnselen, diagnose, differentiaaldiagnose en behandeling wordt verwezen naar Hoofdstuk 23 van het *Werkboek kindergastro-enterologie*.

*Beeldvormende diagnostiek.* Een enkele keer wordt beeldvorming nodig geacht voor het onderscheid met andere acute maag-darmproblemen. Het buikoverzicht wordt altijd gemaakt in twee richtingen. De dunne- en dikkedarmlussen zijn matig uitgezet en bevatten vloeistofspiegels. Door fors braken of heftige diarree kan de buik vrij zijn van lucht. Bij echografie valt de grote hoeveelheid vocht in dunne- en dikkedarmlussen op; soms is hyperperistaltiek zichtbaar. Bij een ernstige ontsteking kunnen de darmwanden ook verdikt zijn.

**Pylorushypertrofie.** Pylorushypertrofie komt voor bij 1:1000 zuigelingen, bij jongens zes keer vaker dan bij meisjes. Meestal zijn de kinderen tussen 3 en 6 weken oud. De aandoening wordt klinisch gekenmerkt door projectielbraken met zichtbare peristaltiek over de maagregio. In de bovenbuik kan een zwelling palpabel zijn (Tabel 7-1). Langdurig heftig braken kan dehydratie en metabole alkalose veroorzaken. Differentiaaldiagnostisch moet worden gedacht aan gastrooesofageale reflux; de aandoeningen kunnen overigens samen voorkomen (syndroom van Rovinalta).

*Beeldvormende diagnostiek.* De symptomen zijn zo karakteristiek dat de diagnose meestal wordt gesteld op de klinische verschijnselen. Contrastonderzoek is obsoleet. Preoperatief kunnen met echografie de anatomie van het pyloruskanaal en de maaglediging worden onderzocht (Tabel 7-2). De verdikte pylorusmusculus is goed af te beelden; referentiewaarden voor lengte en dikte zijn beschikbaar. Men kan van pylorushypertrofie spreken bij een spierdikte van 3 mm of meer, bij een totale doorsnede van de pylorus van meer dan 10 mm en bij een lengte van het pyloruskanaal van meer dan 12 mm. Sensitiviteit en specificiteit



**Figuur 7-7.** Invaginatie. **Grote foto:** buikoverzicht, waarop weinig darmgas zichtbaar is. Het invaginaat bevindt zich in de rechter bovenbuik (pijlen). Het uitgezette ileum heeft de plaats van het caecum ingenomen (dubbele pijl). **Inzet:** echografische afbeelding van het invaginaat (dwarsdoorsnede), met concentrische afbeelding van ileum- en caecumwand (kocardefenomeen).

teit van echografie benaderen 100%. Bij twijfel kan water worden toegediend, waardoor hyperperistaltiek wordt geprovoceerd.

**Cardia-insufficiëntie en hernia hiatus oesophagei.** Deze bij zuigelingen frequent voorkomende problemen zijn hierboven reeds besproken.

**Invaginatie.** Invaginatie is een van de belangrijkste oorzaken van darmobstructie bij jonge kinderen. De piekprevalentie van primaire invaginatie ligt tussen 6 maanden en 3 jaar. In 90% van de gevallen betreft het ileocecale invaginatie, in 6% ileo-ileale en ileo-ileocecale invaginatie en in slechts 4% colocolische invaginatie. Als *lead point* gelden virale infecties en lymfadenopathie; hetgeen verklaart waarom de frequentie in lente en herfst het hoogst is. Secundaire invaginatie komt vooral voor onder de leeftijd van 3 maanden en bij kinderen ouder dan 5 jaar. Als oorzaken vindt men bijvoorbeeld lymfomen, divertikel van Meckel, duplicatuurcysten en purpura van Henoch-Schönlein. Het meest karakteristieke symptoom is koliekachtige buikpijn, optredend in aanvallen waartussen het kind geen klachten heeft (Tabel 7-1). Het kind ziet bleek en gaat braken en verliest uiteindelijk geleichting, bloedbevattend slijm via de anus. In de differentiaaldiagnose staan gastro-enteritis en obstipatie met buikpijnaanvallen.

*Beeldvormende diagnostiek.* Deze is tegenwoordig beperkt tot buikoverzicht en echografie; coloninloop wordt alleen nog gedaan in het kader van de therapie (Tabel 7-2). Op het buikoverzicht ziet men in de helft van de gevallen een wekedelenmassa waaromheen een sikkelvormige luchtfiguur van het colon zichtbaar is. Vaker blijkt het caecum leeg en onzichtbaar te zijn en het ileum uitgezet en naar opzij verdrongen (Figuur 7-7). De darmen bevatten weinig lucht en feces. In een later stadium kunnen gestrekte dunnedarmlissen met vloeistofspiegels zichtbaar worden.

Bij echografie oogt het invaginaat als een kokarde (*target-fenomeen* of *doughnut sign*), als het ware een doorsnede door de in elkaar gestulpte darmen. Het invaginaat ligt meestal rechts in de buik, in het colon ascendens, maar kan een enkele keer reiken tot in sigmoïd of rectum. Soms is in het centrum van de kokarde het *lead point* zichtbaar. Met kleuren-Doppler-echografie kunnen doorbloeding en vitaliteit van de darmen worden onderzocht. Ascitesvocht en intraluminaal vocht worden gezien in ernstige gevallen.

In 85% van de gevallen lukt het om het invaginaat door hydrostatische behandeling te reponeren. Meestal gebeurt dit tijdens een coloninloop met wateroplosbaar contrastmiddel, maar de doorlichting kan worden vervangen door echografie. Ook pneumatische repositie, door gedoseerde introductie van lucht, is mogelijk. Lukt de repositie niet of zijn er aanwijzingen voor peritoneale prikkeling en dehydratie, dan is chirurgische interventie geïndiceerd.

## Aandoeningen bij oudere kinderen

Congenitale aandoeningen komen bij oudere kinderen nog slechts zeer incidenteel voor. De klinische en diagnostische karakteristieken zijn hiervoor reeds beschreven.

**Corpora aliena.** Jonge kinderen slikken vrij frequent corpora aliena in. Het komt overigens ook regelmatig voor dat de ouders alleen aan ingestie ervan denken omdat een voorwerp zoek is geraakt. De symptomen zijn afhankelijk van het type object en de lokalisatie ervan. Voorwerpen in de slokdarm kunnen passageproblemen en braken veroorzaken, grote voorwerpen leiden tot ademhalingsproblemen. Voorwerpen die in de luchtwegen zijn terechtgekomen, kunnen leiden tot pneumonie; in zeldzame gevallen veroorzaken scherpe voorwerpen perforatie (Tabel 7-1). Voorwerpen die de maag zijn gepasseerd, geven zelden nog problemen.

*Beeldvormende diagnostiek.* Met thoraxopname, dwarse opname van nasofarynx en hals en buikoverzicht kunnen radio-opake objecten worden gelokaliseerd. Voor niet-opake objecten is contrastonderzoek nodig (Tabel 7-2). Soms kan men het object onder doorlichting met behulp van een sonde verwijderen of doorduwen naar de maag. Objecten waarvan mag worden verwacht dat zij niet spontaan passeren of die lokale problemen kunnen veroorzaken, worden endoscopisch verwijderd.

**Slokdarmstenose.** Stricturen in de slokdarm kunnen het gevolg zijn van verbranding door ingestie van etsende middelen, van oesofago-oesofagostomie bij slokdarmatresie, druknecrose door een corpus alienum en persisterende gastro-oesofageale reflux. Stenose leidt tot klachten van persisterend braken, passagebelemmering met voedingsproblemen en gewichtsverlies, recidiverende aspiratie en hematemesis (Tabel 7-1).

*Beeldvormende diagnostiek.* Met contrastonderzoek en proximale endoscopie kunnen lokalisatie en uitbreiding van de strictuur worden vastgelegd (Tabel 7-2). Bij voorkeur gebruikt men een niet-ionisch contrastmiddel eventueel met een voedingssonde toegediend.

**Buikpijn.** Chronische recidiverende buikpijn komt bij kinderen frequent voor, soms in combinatie met braken, vaak als symptoom van obstipatie (Tabel 7-1). Voor het diagnostische en therapeutische beleid bij chronische buikpijn wordt verwezen naar Hoofdstuk 28 van het *Werkboek kindergastro-enterologie*.

*Beeldvormende diagnostiek.* Beperkt, screenend, niet-invasief onderzoek kan in geselecteerde gevallen aangewezen zijn (Tabel 7-2). Het buikover-

zicht kan worden gebruikt om obstipatie en concrementen als oorzaak van de buikpijn uit te sluiten. Bij echografie let men vooral op concrementen en op het ileocaecale gebied. Multipiele, reactieve lymfeklieren passen bij lymfadenitis mesenterialis. Soms wordt een voorbijgaande ileo-ileale invaginatie gezien; deze heeft geen therapeutische consequenties en verdwijnt spontaan. De darmmotiliteit kan worden bestudeerd; hyperperistaltiek en verdikte darmwanden kunnen wijzen op gastro-enteritis. Als de echografie normaal uitvalt, kan dat een gunstig psychologisch effect hebben op de ongeruste ouders. Contrastonderzoek (maag-darmpassage, coloninloop) levert zelden wat op.

**Ulcus pepticum.** Maag- en duodenumulcera zijn bij kinderen zeldzaam. Ze veroorzaken pijn en soms hematemesis, melena en braken (Tabel 7-1).

*Beeldvormende diagnostiek.* Tegenwoordig komt radiologisch onderzoek alleen nog in aanmerking als endoscopie niet mogelijk is (Tabel 7-2). Bij contrastonderzoek van maag en darmen met bariumpap en bruiskorrels vindt men niet alleen een ulcusnis in maag- of duodenumwand, maar ook hypersecretie en slijmvliesverdikking. Een ulcus in het pyloruskanaal kan passagebelemmering geven. Ook met echografie kan het ulcus soms worden aangetoond.

**Obstipatie.** Obstipatie is de meest frequente oorzaak van recidiverende buikpijn bij kinderen. Obstipatie kan uiteenlopende klachten veroorzaken; buikpijn, afwijkende defecatiefrequentie en fecesconsistentie en encopresis zijn de belangrijkste. Bij rectaal toucher is het rectum vrijwel altijd gevuld (Tabel 7-1).

*Beeldvormende diagnostiek.* In principe is radiologische diagnostiek overbodig. Het buikoverzicht kan dienen om de mate van fecesretentie vast te stellen en ter beoordeling van het effect van therapie. Langdurige ernstige obstipatie veroorzaakt elongatie en dilatatie van het colon. Het rectum is fors gevuld met feces. Coloninloop en defecografie zijn slechts zeer zelden zinvol. Tijdens het onderzoek voegt men een laxeermiddel aan de bariumsuspensie toe om de evacuatie daarvan te bevorderen en om de motiliteit van de darmen te beoordelen. Met defecografie beoordeelt men de dynamiek van de anorectale regio. Normaliter verstrijkt de anorectale hoek tijdens de defecatie.

**Colitis ulcerosa.** Bij deze aandoening zijn de afwijkingen het meest prominent in het distale colon, met wisselende uitbreiding naar proximaal. Bloederige diarree, gepaard gaande met krampen, en buikpijn staan in het acute stadium voorop (Tabel 7-1). Zie voor uitgebreide bespreking van kliniek en diagnostiek Hoofdstuk 35 van het *Werkboek kindergastro-enterologie*.

*Beeldvormende diagnostiek.* Colonoscopie met slijmvliesbiopsie is het eerste aangewezen onderzoek. Echografie en contrastonderzoek kunnen aan-



vullende waarde hebben (Tabel 7-2). Echografie kan worden gebruikt bij screening en follow-up. Bij ernstige colitis zijn de wand van het colon en het ontstekingsproces als een kokarde-achtig beeld zichtbaar. Coloninloop wordt uitgevoerd wanneer volledige colonoscopie niet mogelijk is en wanneer aanvullende informatie nodig is. In deze gevallen wordt het slijmvlies met dubbel contrast (bariumsuspensie gevolgd door luchtinsufflatie) in beeld gebracht.

**Ziekte van Crohn.** De ziekte van Crohn kan in het gehele maag-darmkanaal voorkomen, maar wordt in de eerste plaats gevonden in het ileum terminale en daarnaast vooral in het colon. Gewichtsverlies en groeivertraging treden vaak op; verder komen onder andere buikklachten, diarree en koorts voor (Tabel 7-1). De klachten zijn vaak specifiek; zo kan het voorkomen dat de diagnose wordt gesteld tijdens appendectomie. Differentiatie tussen colitis ulcerosa en Crohnse colitis kan bijzonder moeilijk zijn. Daarnaast moet ook worden gedacht aan de mogelijkheid van intestinale tuberculose. Zie verder Hoofdstuk 35 van het *Werkboek kindergastro-enterologie*.

*Beeldvormende diagnostiek.* Deze hangt af van de lokalisatie van de aandoening. Bij Crohnse colitis heeft colonoscopie de voorkeur, maar bij vermoeden op een dunnedarmlokalisatie komen contrastonderzoek en echografie als eerste in aanmerking (Tabel 7-2). Echografie is een geschikt screeningsinstrument bij niet-karakteristieke buikpijn. Uitgebreide regionale infiltratieve dunnedarmafwijkingen, met of zonder stenose, en slijmvliesveranderingen zijn kenmerkend. Bij colonlokalisatie ziet men massale verdikking van de darmwand met of zonder infiltratie en lymfklierzwellen.

Coloninloop met bariumsuspensie en luchtinsufflatie wordt bij Crohnse colitis als aanvullende techniek gebruikt. De omvang van de slijmvliesdestructie (*cobble stones*), motiliteitsstoornissen en de uitbreiding van het proces kunnen goed worden gedocumenteerd. Bij ziekte van Crohn van de dunne darm is oraal contrastonderzoek of dunnedarmpassage met behulp van enteroclyse (methode volgens Sellinck) aangewezen. Daarmee kan men fistelvorming, stenosering en slijmvliesdestructie vaststellen.

**Ileus.** Ileus is een belangrijke oorzaak van “acute buik” bij zuigelingen en oudere kinderen. Men onderscheidt paralytische of adynamische ileus en mechanische of obstructieve ileus. Paralytische ileus wordt veroorzaakt door verstoring van de darmfunctie, bijvoorbeeld na laparotomie of stomp buiktrauma en bij peritonitis, maag-darmbloeding of sepsis. Mechanische ileus is het gevolg van een anatomische obstructie van de darm, vaak veroorzaakt door een operatieve ingreep; andere oorzaken zijn volvulus en invaginatie, ingeklemde liesbreuk, appendicitis met perforatie, neoplasma, duplicatuur en andere ruimte-innemende

processen. Bij ileus is de buik opgezet en pijnlijk. Er kan gallig braken aanwezig zijn en de defecatie is verminderd of zelfs afwezig (Tabel 7-1). Bij ileus is het altijd zaak om de primaire oorzaak vast te stellen en te behandelen.

*Beeldvormende diagnostiek.* Deze omvat een buikoverzicht in twee richtingen, echografie en contrastonderzoek (Tabel 7-2). Bij paralytische ileus zijn alle dunne- en dikkedarmlissen min of meer uitgezet en bevatten ze vloeistofspiegels, terwijl bij mechanische ileus alleen de darmlissen proximaal van de obstructie gedilateerd zijn en vloeistofspiegels bevatten. In de buurt van de obstructie zijn de darmlissen sterker uitgezet. Met echografie kan de motiliteit van de darmen worden beoordeeld en de obstructie gelokaliseerd. In twijfelgevallen voert men contrastonderzoek uit met een wateroplosbaar contrastmiddel. Orale toediening van contrastmateriaal is bij ileus gecontraïndiceerd.

**Appendicitis.** Appendicitis is een van de belangrijkste oorzaken van acute buikklachten, met name bij kinderen tussen 6 en 15 jaar. De buikpijn ontstaat in de loop van enkele uren en gaat gepaard met koorts en leukocytose (Tabel 7-1). Differentiaaldiagnostisch komen gastro-enteritis en basale pneumonie in aanmerking.

*Beeldvormende diagnostiek.* Hoewel de diagnose acute appendicitis vaak op klinische gronden wordt gesteld, kunnen echografie, buikoverzicht in twee richtingen en eventueel CT een belangrijke bijdrage leveren aan de diagnose en de evaluatie van complicaties (Tabel 7-2). Met echografie kan appendicitis zonder perforatie in bijna 99% van de gevallen worden vastgesteld. De appendix is verdikt en kan een appendicoliet bevatten. Appendicolieten veroorzaken obstructie gevolgd door bacteriële overgroei en kunnen zo appendicitis veroorzaken. Door oedeem van het omentum worden de darmlissen verdrongen, hetgeen het afbeelden van de appendix vergemakkelijkt. Is perforatie opgetreden, dan komt de appendix slechts in 70% van de gevallen in beeld, maar het ontstekingsproces is goed zichtbaar. Bij diffuse peritonitis zijn de darmwanden verdikt en ziet men pusophoping.

Ook het buikoverzicht kan soms nuttig zijn. Vaak is de rechter onderbuik grijs doordat ontsteking en oedeem van het omentum de darmlissen verdringen. Bij diffuse peritonitis zijn paralyse en vochtspiegels herkenbaar. CT kan worden verricht als echografie geen uitsluitsel geeft of door adipositas nauwelijks mogelijk is.

## Literatuur

- Agrons GA, Corse WR, Markowitz RI, et al. Gastrointestinal manifestations of cystic fibrosis: radiologic-pathologic correlation. *Radiographics* 1996;16:871-93.
- Berrocal T, Tores I, Gutierrez J, et al. Congenital anomalies of the upper gastrointestinal tract. *Radiographics* 1999;19:855-72.
- Berrocal T, Lamas M, Gutierrez J, et al. Congenital anomalies of the small intestine, colon, and rectum. *Radiographics* 1999;19:1219-36.
- Callahan MJ, Rodriguez DP, Taylor GA. CT of appendicitis in children. *Radiology* 2002;224:325-32.
- Del Pozo G, Albillos JC, Tejedor D, et al. Intussusception in children: current concepts in diagnosis and enema reduction. *Radiographics* 1999;19:299-319.
- Gner D. Radiology of pediatric gastrointestinal emergencies. In: Carty H (red). *Emergency pediatric radiology*. New York: Springer, 1999;117-82.
- Hussain SM, Meradji M, Robben SG, Hop WC. Plain film diagnosis in meconium plug syndrome, meconium ileus and neonatal Hirschsprung's disease. *Pediatr Radiol* 1991;21:556-9.
- Kaiser S, Frenckner B, Jorulf HK. Suspected appendicitis in children: US and CT – a prospective randomized study. *Radiology* 2002;223:633-8.
- Kneepkens CMF, Taminiau JAJM, Polman HA. *Werkboek kindergastro-enterologie*. 2e druk. Amsterdam: VU Uitgeverij, 2002.
- Parker BR. The abdomen and gastrointestinal tract. In: Silverman F, Kuhn J (red). *Caffey's Pediatric X-ray diagnosis*. St. Louis: Mosby, 1993:893-1144.

# Hoofdstuk 8

## LEVER, GALWEGEN EN PANCREAS

*A. Devos en M. Meradji*

### Inleiding

Bij het beeldvormend onderzoek van het hepatobiliaire systeem en het pancreas speelt conventionele radiologie slechts een kleine rol. Naast echografie leveren vooral CT, MRI en scintigrafie een bijdrage aan de diagnostiek en follow-up van lever- en pancreasaandoeningen (Tabel 8-1).

**Tabel 8-1. Volgorde van diagnostiek bij aandoeningen van lever, galwegen en pancreas**

AANDOENING	ECHO- GRAFIE	CT	MRI	PEROPERATIEVE CHOLANGIO- GRAFIE	HEPATO- BILIAIRE SCINTIGRAFIE	BUIK- OVER- ZICHT
Neonatale hepatitis	1	–	3	–	2	–
Extrahepatische galgangatresie	1	–	3	4	2	–
Choledochuscyste	1	–	2	–	3	–
Cholelithiasis	1	2	3	–	–	2
Levertumoren	1	2	3	–	–	–
Trauma	1	2	–	–	–	–

### Aandoeningen van lever en galwegen

**Neonatale hepatitis.** Neonatale hepatitis wordt klinisch manifest in de loop van de eerste 4 levensweken en komt vaker voor bij jongens. De klinische verschijnselen zijn die van het neonatale cholestasesyndroom: icterus als gevolg van geconjugeerde hyperbilirubinemie en ontkleurde ontlasting. De differentiaaldiagnose van neonatale cholestase is lang; de twee belangrijkste oorzaken zijn

idiopathische neonatale hepatitis en extrahepatische galgangatresie. Ook infecties en stofwisselingsziekten moeten worden uitgesloten.

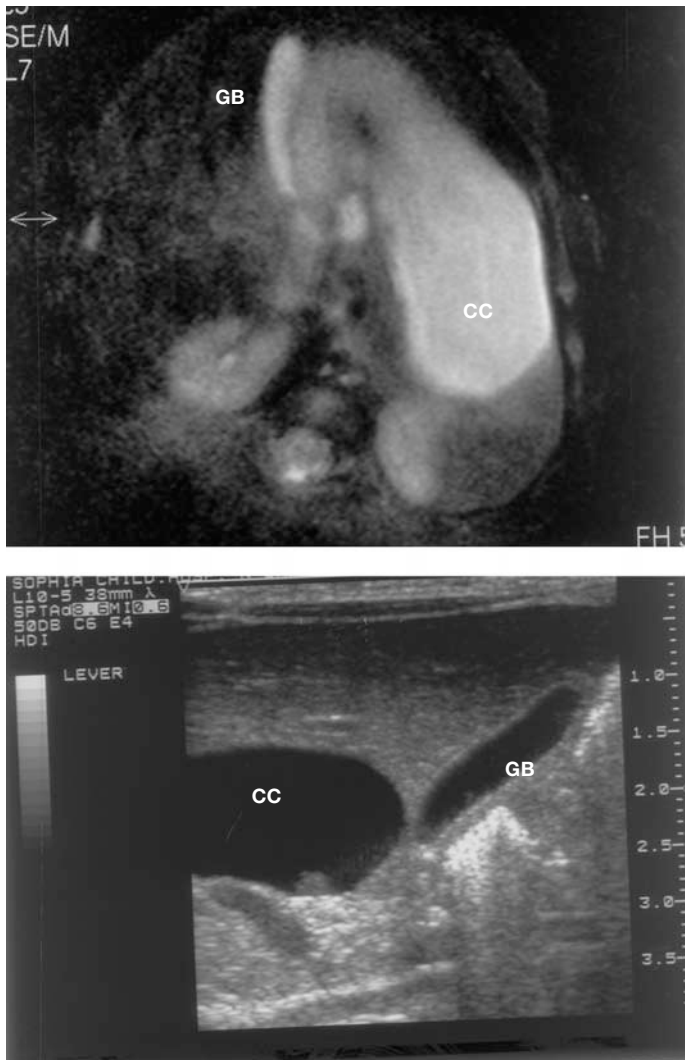
*Beeldvormende diagnostiek.* Dit is er in de eerste plaats op gericht om extrahepatische galgangatresie uit te sluiten (zie hieronder; een volledig overzicht is te vinden in Hoofdstuk 39 van het *Werkboek kindergastro-enterologie*). Bij echografie ziet men meestal een vergrote lever en toegenomen echogeniciteit van het leverparenchym. Galwegen en galblaas zijn in principe normaal, maar bij ernstige hepatocellulaire disfunctie kan de galblaas klein zijn. De galexcretie kan worden onderzocht met hepatobiliaire scintigrafie. Als het toegediende radio-isotoop in de darm zichtbaar wordt, zijn de galwegen open. Bij een serumbilirubinegehalte van meer dan 100  $\mu\text{mol/l}$  kan de scintigrafie echter fout-negatief zijn.

**Extrahepatische galgangatresie.** Deze aandoening komt tweemaal zo vaak voor bij jongens als bij meisjes. Er is een progressieve ontsteking van de extrahepatische en soms ook intrahepatische galwegen, leidend tot volledige obstructie van de galafloed. De symptomen zijn gelijk aan die van neonatale hepatitis. Geïsoleerde intrahepatische galganghypoplasie komt ook voor, onder andere als onderdeel van het syndroom van Alagille. Een choledochuscyste kan gepaard gaan met atresie van de galwegen.

*Beeldvormende diagnostiek.* Bij echografie wordt een normale of vergrote lever gezien; de echogeniciteit van het leverparenchym kan normaal en toegenomen zijn. De intrahepatische galwegen zijn slank. Meestal is de galblaas klein en nauwelijks zichtbaar, maar de aanwezigheid van een galblaas sluit galgangatresie niet geheel uit. Bij hepatobiliaire scintigrafie verschijnt de radioactieve isotoop niet in de darmtractus, maar het onderzoek is onvoldoende discriminerend bij hoge bilirubinewaarden.

Met MRCP kunnen de intra- en extrahepatische galwegen goed in beeld worden gebracht. Goede zichtbaarheid van het extrahepatische biliaire systeem sluit extrahepatische galgangatresie uit. Ook endoscopische retrograde cholangiopancreatografie (ERCP) kan worden gebruikt voor het in beeld brengen van de extrahepatische galwegen, maar deze techniek is beperkt beschikbaar. Blijft twijfel bestaan aan de doorgankelijkheid van de galwegen, dan moet peroperatieve cholangiografie worden verricht.

**Choledochuscyste.** Choledochuscysten zijn zeldzaam en worden vaker gezien bij meisjes. Er worden vier typen onderscheiden; cystische dilatatie van de ductus choledochus maakt 90% van alle gevallen uit. De oorzaak is waarschijnlijk gelegen in abnormale insertie van de ductus choledochus in de ductus pancreaticus. Door reflux van pancreasenzymen in de ductus choledochus ontstaat een



**Figuur 8-1.** Choledochocyste. **Boven:** bij MRI is de choledochocyste (CC) in de leverhilus zichtbaar, met daarnaast een kleine, gecontraheerde galblaas (GB). **Onder:** echografie van lever en galwegen met grote choledochocyste (CC) en galblaas (GB).

chemische cholangitis, die dilatatie van de ductus of zelfs van het gehele biliare systeem veroorzaakt. Complicaties zijn cholelithiasis, choledocholithiasis, opstijgende cholangitis, abscessen, cirrose en pancreatitis. De kans op galwegmaligniteiten is sterk verhoogd. De klinische manifestaties van choledochocyste

zijn persisterende icterus, buikpijn en soms een palpabele massa in de buik. Deze moet worden onderscheiden van andere cystische afwijkingen.

*Beeldvormende diagnostiek.* Echografie is vaak al diagnostisch. De galwegen zijn gedilateerd en cystisch veranderd; de galblaas is vaak normaal (Figuur 8-1). MRCP brengt de galwegen en de afwijkingen nog beter in beeld; deze techniek heeft peroperatieve cholangiografie en ERCP vrijwel overbodig gemaakt.

**Cholelithiasis en choledocholithiasis.** Stenen in galblaas en galwegen komen bij kinderen veel minder vaak voor dan bij volwassenen. Een belangrijke oorzaak van galblaasstenen bij jonge kinderen is parenterale voeding. Stase in de galblaas leidt tot débrisvorming, waardoor uiteindelijk stenen ontstaan. Andere predisponerende factoren zijn choledochuscyste en andere obstructieve congenitale galwegafwijkingen, dehydratie, infectie, hemolytische anemie, sikkelcelziekte, CF, de ziekte van Crohn, malabsorptiesyndromen en darmresectie. Galstenen kunnen koliekpijnen, misselijkheid en braken en icterus veroorzaken.

*Beeldvormende diagnostiek.* Galstenen zijn alleen zichtbaar op een buikoverzicht als ze radio-opaak zijn. Bij echografie worden in galblaas of galwegen echorijke structuren gezien met een akoestische schaduw. Vaak zijn de stenen te mobiliseren door te patiënt te laten bewegen. Vaak is de ductus choledochus verwijd. Bij MRCP kunnen de concrementen indirect in beeld komen; dilatatie van de galwegen door obstructie is goed waarneembaar.

**Levertumoren.** Levertumoren zijn bij kinderen zeldzaam: ze maken slechts 2% uit van de maligniteiten. De tumoren kunnen benigne en maligne zijn; ook metastasen kunnen voorkomen. Tot de primaire benigne levertumoren behoren het infantiele hemangio-endotheloom, de hemangiomen, het mesenchymale hamartoom en de hepatocellulaire adenomen. Het mesenchymale hamartoom komt vaak voor bij kinderen jonger dan 2 jaar. Zij vormen een complexe grote massa met cysteuze elementen en bevatten soms calcificaties. Tot de primaire maligne levertumoren behoren het hepatoblastoom, het hepatocellulair carcinoom en de sarcomen (angiosarcom, rhabdomyosarcom). Het hepatoblastoom komt het meest voor; het wordt vaak gezien bij kinderen jonger dan 3 jaar. Hepatocellulaire carcinomen komen vaker voor bij oudere kinderen, met een piekprevalentie tussen 12 en 14 jaar. Ongeveer de helft van de kinderen met hepatocellulair carcinoom heeft onderliggend leverlijden, zoals chronische hepatitis, glycogeenstapelingsziekten, cirrose of hemochromatose. Metastasen kunnen onder andere afkomstig zijn van neuroblastoom, Wilms-tumor, leukemie en lymfomen.

De klinische verschijnselen variëren naargelang de oorzaak. Primaire levertumoren kunnen gepaard gaan met icterus, anemie, gewichtsverlies en pijn. Bij metastasen ontbreken icterus en anemie meestal. Soms wordt in de bovenbuik een massa gevoeld. De tumor kan ook een toevalsbevinding zijn bij echografie.

*Beeldvormende diagnostiek.* Levertumoren zijn goed af te beelden met echografie, CT en MRI. Met echografie kunnen grootte en lokalisatie worden bepaald en kan een indruk worden gekregen van de mate van invasief gedrag van de tumor. Met kleuren-Doppler-echografie kan de vascularisatie van de tumor in beeld worden gebracht en kan worden bepaald of de vaten doorgankelijk zijn. CT en MRI brengen uitgebreidheid van de tumor en lokalisatie ten opzichte van de leversegmenten nog gedetailleerder in beeld.

**Trauma.** Stomp buiktrauma komt bij kinderen relatief frequent voor. Daarbij kan een leverruptuur ontstaan. Uit de anamnese komt het trauma niet altijd naar voren. Bij ernstige anemie van onbekende oorsprong en bij shock moet dan ook altijd aan de mogelijkheid van een buiktrauma worden gedacht. Meestal is de buik pijnlijk en gespannen; soms braakt het kind.

*Beeldvormende diagnostiek.* Met echografie kunnen vrij vocht in de buik en parenchymcheuren van lever en andere organen worden vastgesteld. CT wordt altijd uitgevoerd als bij echografie vrij vocht in de buik is gevonden. Door het onderzoek voor en na toediening van intraveneus contrast uit te voeren, kunnen orgaanscheuren en lekkages goed worden opgespoord. Op het buikoverzicht wijst de verplaatsing van darmlichsen op de aanwezigheid van vrij vocht.

**Portale hypertensie.** Portale hypertensie kan prehepatische, hepatische en posthepatische oorzaken hebben. Een uitgebreide bespreking van de differentiaaldiagnose is te vinden in Hoofdstuk 41 van het *Werkboek kindergastro-enterologie*. Cirrose is bij kinderen de meest frequente oorzaak. Door de verhoogde weerstand in het portale systeem ontstaan portoportale en portosystemische collateralen. Niet altijd is het leverlijden al bekend; spontane massale hematemesis moet doen denken aan portale hypertensie. Bij lichamenlijk onderzoek is de milt vergroot; verder kan de buik opgezet zijn door ascites en kan een caput medusae zichtbaar zijn.

*Beeldvormende diagnostiek.* Naast echografie verricht men kleuren-Doppler-echografie, CT en proximale endoscopie. De eerste echografische bevinding is splenomegalie met een brede vena lienalis. Later vindt men recanaliserende van de vena umbilicalis, portoportale en portosystemische collateralen en dilatatie van de mesenteriale venen. Omkering van de bloedstroom in de vena por-



tae is een teken van vergevorderde portale hypertensie. Met CT na toediening van intraveneus contrast zijn de afwijkingen nog duidelijker in beeld te brengen.

## Pancreasaandoeningen

**Pancreas anulare.** Normaal pancreasweefsel omgeeft bij deze aandoening het duodenum als een ring, als gevolg van incomplete rotatie van de ventrale knop tijdens de embryonale ontwikkeling. Is de ring volledig, dan bestaat er ook duodenumobstructie. Klinische verschijnselen en diagnostiek daarvan zijn behandeld in Hoofdstuk 7.

**Cystische fibrose.** Bij CF vindt involutie en fibrosering van het pancreasweefsel plaats, een proces dat vrijwel altijd al in utero is aangevangen. In het resterende pancreasparenchym vindt afzetting van vet en kalk plaats. Een enkele keer kunnen pseudo-cysten ontstaan.

*Beeldvormende diagnostiek.* Met echografie kan het pancreasparenchym vrij goed worden beoordeeld. Vet- en kalkafzetting en pseudo-cysten kunnen worden aangetoond. CT en vooral MRI geven echter een beter zicht op parenchym en pseudo-cysten. Kalkneerslag is alleen zichtbaar bij CT.

**Pseudo-cysten van het pancreas.** Pseudo-cysten kunnen ontstaan na een doorgemaakt buiktrauma, na acute pancreatitis (zeldzaam bij kinderen) en een heel enkele keer bij CF. Pancreatitis veroorzaakt ernstige buikpijn, braken en soms ook diarree; ook pseudo-cysten kunnen buikpijn en misselijkheid veroorzaken.

*Beeldvormende diagnostiek.* Echografie kan worden gebruikt bij diagnostiek en follow-up. Lokalisatie en opbouw van de cysten kunnen goed in beeld worden gebracht, evenals pancreasparenchym, ductus pancreaticus en galwegen. Met CT (na toediening van contrast), MRI en MRCP kunnen meer gedetailleerde beelden worden verkregen. Deze onderzoeken zijn meer belastend en kunnen dus niet worden gebruikt voor screening of follow-up.

## Literatuur

- Bezerra JA, Balistreri WF. Cholestatic syndromes of infancy and childhood. *Semin Gastrointest Dis* 2001;12(2):54-65.
- Gubernick JA, Rosenberg HK, Ilaslan H, Kessler A. US approach to jaundice in infants and children. *Radiographics* 2000;20:173-95.

- Jaw TS, Kuo YT, Liu GC, et al. MR cholangiography in the evaluation of neonatal cholestasis. *Radiology* 1999;212:294-56.
- King LJ, Scurr ED, Murugan N, et al. Hepatobiliary and pancreatic manifestations of cystic fibrosis: MR imaging appearances. *Radiographics* 2000;20:767-77.
- Kneepkens CMF, Taminiau JAJM, Polman HA (red). *Werkboek kindergastro-enterologie*. Amsterdam: VU Uitgeverij, 2002.
- Parker BR. The abdomen and gastrointestinal tract. In: Silverman F, Kuhn J (red). *Caffey's Pediatric X-ray diagnosis*. St. Louis: Mosby, 1993:893-1144.

# Hoofdstuk 9

## NIEREN EN URINEWEGEN

*H.C. Holscher*

### Inleiding

Niet alleen verschilt de benaderingswijze van kinderen in de uroradiologie van die bij volwassenen, ook het spectrum van urologische aandoeningen is totaal anders. In dit hoofdstuk worden de urologische aandoeningen besproken aan de hand van bevindingen bij prenataal onderzoek en symptomatologie. Voor bespreking van de uroradiologische technieken wordt verwezen naar Hoofdstuk 7 van het *Werkboek kindernefrologie*.

### Intra-uteriene en congenitale afwijkingen

**Intra-uteriene dilatatie.** De afwijking die bij prenatale echografie het meest frequent wordt aangetroffen, betreft dilatatie van een of beide nierbekkens.

*Beeldvormende diagnostiek.* Na de geboorte moet de echografie worden herhaald. Dit gebeurt bij lichte dilatatie, dit wil zeggen met een bij prenatale echografie gevonden transversale pyelumdoorsnede van 8 à 15 mm, bij voorkeur op de 5e tot 7e dag. In de eerste dagen na de geboorte kunnen dehydratie en mechanische factoren er namelijk toe leiden dat de ernst van de hydronefrose flink wordt onderschat. Wel is het verstandig om vanaf de geboorte antibioti-caprofylaxe te geven om een vroege infectie, met het risico van levensbedreigende elektrolytstoornissen, te voorkomen. Bij ernstige dilatatie, dus als bij prenatale echografie de transversale pyelumdoorsnede meer dan 15 mm bedroeg, en bij bilaterale dilatatie bij jongens wordt wel direct na de geboorte echografie verricht. In dat geval bestaat namelijk de mogelijkheid van posterieure urethrale kleppen. Als bij postnatale echografie ernstige dilatatie blijkt te bestaan, dan moet verdere diagnostiek worden ingezet en therapie gestart; zo niet, dan wordt de echografie na een week herhaald. In elk geval wordt antibioti-caprofylaxe afgesproken. De differentiaaldiagnose van dilatatie wordt gegeven in Tabel 9-1.

**Tabel 9-1. Differentiaaldiagnose van prenatale dilatatie van het pyelum-calicessysteem**

URETER(EN) OOK VERWIJD	URETER(EN) NIET VERWIJD
Reflux	UPJ-stenose
Congenitale mega-ureter	(Megacalicosis)
Uretrakleppen (bij jongens)	

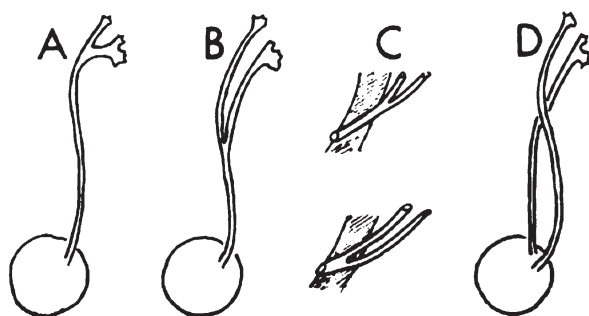
**Congenitale aandoeningen.** Vaak is hierbij sprake van een toevallsbevinding. Sommige syndromen en uitwendige kenmerken, zoals anusatresie, een enkele navelstrengarterie en oorafwijkingen zijn geassocieerd met congenitale nierafwijkingen.

*Beeldvormende diagnostiek.* Meestal wordt met de combinatie van echografie, mictiecysto-uretrografie (MCUG) en scintigrafie voldoende informatie verkregen, maar een enkele keer, met name bij ectopische nieren en fusieafwijkingen, kan intraveneuze pyelografie (IVP) of MRI nodig zijn.

**Dubbelsystemen.** Dubbele aanleg van nierbekken en ureter is een van de meest voorkomende aanlegstoornissen van de tractus urogenitalis. De verdubbeling kan partieel zijn of compleet (Figuur 9-1). Op zich heeft een duplicatie geen klinische betekenis, tenzij deze wordt gecompliceerd door een andere aangeboren of verworven afwijking. De meest voorkomende geassocieerde afwijkingen zijn ectopische inmonding van de ureter, al dan niet in combinatie met ureterokèle, en vesico-ureterale reflux. De ectopische inmonding betreft meestal de ureter van het bovenpoolsysteem, terwijl de reflux met name in het onderpoolsysteem wordt gevonden. Ureterobstructie door de ureterokèle kan sterke dilatatie van de bovenpool veroorzaken met atrofie van het nierparenchym (“stomme bovenpool”) (Figuur 9-2).

*Beeldvormende diagnostiek.* Met echografie kunnen de meeste dubbelsystemen wel worden aangetoond, maar voor het vaststellen van reflux is MCUG geïndiceerd. De mate van obstructie kan in kaart worden gebracht door MAG-3-scintigrafie.

**Stenose van de ureteropelviene overgang.** Bij congenitale stenose van de ureteropelviene overgang (UPJ) veroorzaakt de obstructie dilatatie van het verzamelsysteem. Deze obstructie kan uiteenlopende oorzaken hebben, zoals disfunctioneel overgangssegment, intrinsieke stenose, een knik in het afvoersysteem en aberrant verlopende nierarterie. De dilatatie is vaak al bij prenatale echografie vastgesteld; soms is de eerste bevinding een palpabele massa in de



**Figuur 9-1.** Dubbelsysteem van de nier. A: verdubbeling beperkt tot pyelum; B: verdubbeling beperkt tot proximale ureter; C: dubbele ureter met gemeenschappelijke uitmonding in de blaas; D: dubbele uitmonding in de blaas.



**Figuur 9-2.** Nier met stomme bovenpool (rechts). Ter vergelijking is links een normale nier afgebeeld.

flank. Bij oudere kinderen kunnen pijnklachten, hematurie of urineweginfecties als eerste symptoom optreden.

*Beeldvormende diagnostiek.* Echografie komt bij UPJ-stenose als eerste onderzoek in aanmerking. Daarbij wordt sterke dilatatie van het verzamelstelsel gevonden, vaak met een wat uitpuilend nierbekken en zonder dilatatie van de ureter. Het parenchym ligt vaak uitgespannen over het verzamelstelsel; ook zonder dat er parenchymverlies is opgetreden kan de dikte van het nierparenchym verminderd zijn. Met MAG-3-scintigrafie na toediening van furosemide wordt de mate van obstructie vastgelegd; hierbij kan ook een indruk worden verkregen van de nierfunctie.

**Primaire mega-ureter.** Deze meestal congenitale aandoening wordt veroorzaakt door een adynamisch distaal segment in de distale ureter. De afwijking komt vaak bilateraal voor. De aangedane ureter is meestal matig gedilateerd, distaal meer dan proximaal, en eindigt meestal vrij abrupt in een kort distaal segment, dat normaal of vernauwd kan zijn. Ook het nierbekken kan licht gedilateerd zijn. Soms komt vesico-ureterale reflux voor.

*Beeldvormende diagnostiek.* Met echografie kan de dilatatie van ureter en nierbekken worden afgebeeld. Voor de differentiatie met vesico-ureterale reflux is echter MCUG geïndiceerd, terwijl voor bepaling van de ernst van de obstructie MAG-3-scintigrafie wordt verricht.

**Posterieuze urethra-klappen.** De meest voorkomende oorzaak van terminale nierinsufficiëntie bij jongens is posterieuze urethra-klappen. Deze klappen sluiten de urethra af tijdens de mictie, waardoor dilatatie van het proximale deel, blaaswandhypertrofie en later ook obstructieve veranderingen in de nieren optreden. Bij ongeveer 50% van de patiënten bestaat vesico-ureterale reflux. Bij antenatale echografie kunnen er al afwijkingen worden gezien, zoals versterkte blaasstrabeculatie en dilatatie, maar bij geringe obstructie presenteren de patiënten zich pas later met urineweginfecties, sepsis, plasproblemen, hematurie of groeivertraging.

*Beeldvormende diagnostiek.* Na oriënterende echografie is MCUG het meest aangewezen onderzoek voor het vaststellen van urethra-klappen. Daarbij wordt een verwijde urethra posterior gezien, die ter hoogte van de membranuze urethra abrupt overgaat in een normale distale urethra. De klappen zelf zijn vaak als lijnvormige contrastuitsparingen zichtbaar.

**Nieragenesie, -hypoplasie en -dysplasie.** Agenesie en dysplasie zijn aan elkaar gerelateerde ziektebeelden met wisselende uitingvormen. Bij unilaterale agenesie kan de andere nier dysplastisch zijn. Bilaterale agenesie gaat meestal gepaard met een typisch uiterlijk (Potter-facies) en is letaal.

*Beeldvormende diagnostiek.* Echografie is het eerst aangewezen onderzoek, eventueel aangevuld met functioneel onderzoek in de vorm van DMSA-scintigrafie.

**Ectopie en fusieafwijkingen.** Gekruiste en ongekruiste ectopie en hoefijzernier gaan gepaard met een rotatiestoornis van de nieren. Vaak zijn deze aanlegstoornissen geassocieerd met andere afwijkingen, vooral met UPJ-stenose, maar ook met dubbelsystemen, vesico-ureterale reflux, urineweginfecties, stenen, hypertensie en tumoren.

*Beeldvormende diagnostiek.* Naast echografie wordt eventueel verder onderzoek gedaan in de vorm van IVP, MCUG of scintigrafie.

**Cysteuze nierafwijkingen.** Ondanks de uitgebreide classificatiesystemen die er bestaan voor de indeling van cysteuze nierziekten, is de bijdrage van de radiologie aan de diagnostiek gering. Radiologisch kan men (unilaterale) multicysteuze dysplastische nieren, polycysteuze nierziekte en simpele niercysten onderscheiden. Deze aandoeningen worden uitgebreid besproken in Hoofdstuk 10 van het *Werkboek kindernefrologie*.

*Beeldvormende diagnostiek.* Een multicysteuze nier bestaat uit een druiventrosachtige massa van cysten van verschillende grootte zonder normaal tussenliggend nierparenchym. De ureter is atretisch. Met echografie kunnen de cysten makkelijk in beeld worden gebracht; met DMSA-scintigrafie kan worden aangetoond dat de nier geen functionerend nierweefsel bevat. In de contralaterale nier kan een UPJ-stenose zichtbaar zijn.

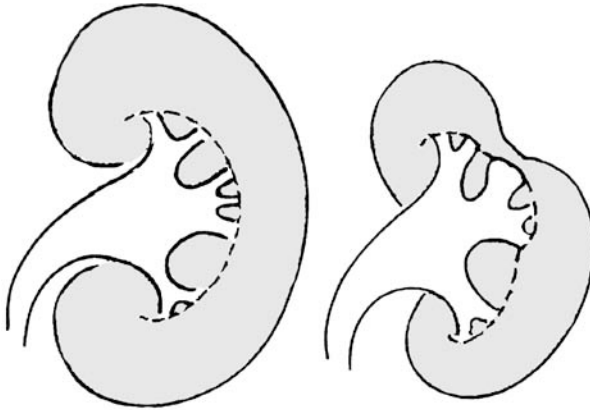
Bij de infantiele (autosomaal recessieve) vorm van polycysteuze nierziekte zijn de nieren bij de geboorte symmetrisch vergroot; bij echografie is het parenchym echorijk. Dit komt doordat de cysten nog niet als individuele cysten zijn te onderscheiden. Ook in de lever kunnen echografisch afwijkingen worden aangetoond. De volwassenen (autosomaal dominante) vorm presenteert zich meestal pas rond het veertigste levensjaar. Met echografie zijn echter al veel eerder in beide nieren meerdere cysten van wisselende grootte aantoonbaar.

Simpele cysten zijn meestal een toevallsbevinding bij echografie. Ze hebben geen klinische betekenis, maar kunnen soms flankpijn en hematurie veroorzaken.

**Prune-belly syndrome.** Bij dit syndroom is de buikmusculatuur afwezig of ernstig hypoplastisch, bestaan dysplastische afwijkingen aan de urinewegen en zijn de testes niet ingedaald. Het syndroom wordt besproken in Hoofdstuk 21 van het *Werkboek kindernefrologie*.

*Beeldvormende diagnostiek.* Voor het opstellen van een behandelplan is uitgebreid radiologisch onderzoek nodig, waaronder echografie, MCUG en soms ook IVP.

**Nefrocalcinose.** Bij 40% van de na een zwangerschapsduur van minder dan 32 weken geboren prematuren is op de atermen datum echografisch nefrocalcinose aantoonbaar. Meerdere factoren kunnen hierbij een rol spelen, zoals hoge calcium- en fosfaatinnname en medicatie. De nefrocalcinose verdwijnt meestal spontaan in het eerste of tweede levensjaar. Een enkele keer ontstaat echte nefrolithiasis.



**Figuur 9-3.** Refluxnephropathie met vermindering van de schorsdikte. Ter vergelijking is links een normale nier afgebeeld.

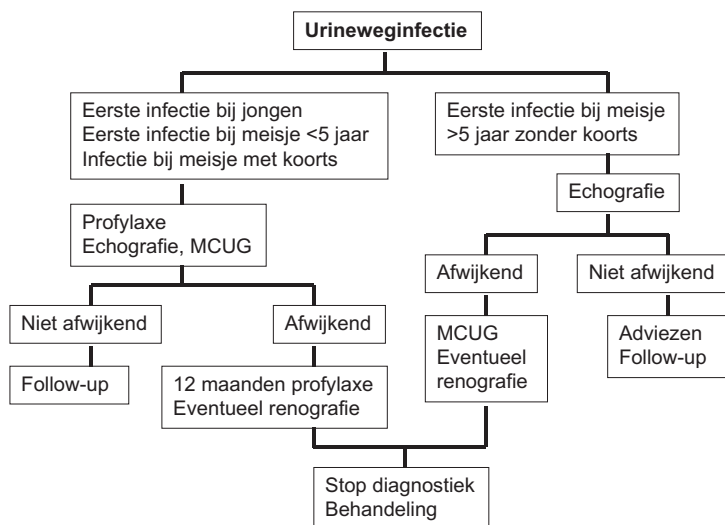
## Urineweginfecties

Urineweginfecties behoren tot de meest voorkomende infecties bij kinderen. Ze kunnen leiden tot onherstelbare nierschade (Figuur 9-3). Op hoe jongere leeftijd de infectie optreedt, des te groter de potentiële schade aan het nierparenchym en des te ernstiger de late gevolgen. Bij kinderen jonger dan 6 maanden ontstaan infecties vooral hematogeen, bij oudere kinderen meestal opstijgend via de urethra. Voor verdere bespreking wordt verwezen naar Hoofdstuk 2 van het *Werkboek infectieziekten bij kinderen* en Hoofdstuk 20 van het *Werkboek kindernefrologie*. De belangrijkste predisponerende factoren voor urineweginfecties zijn vesico-ureterale reflux, obstructieve uropathie, congenitale aandoeningen en functiestoornissen van blaas en darmen. Deze worden hier besproken. Een overzicht van het diagnostisch handelen wordt gegeven in Figuur 9-4.

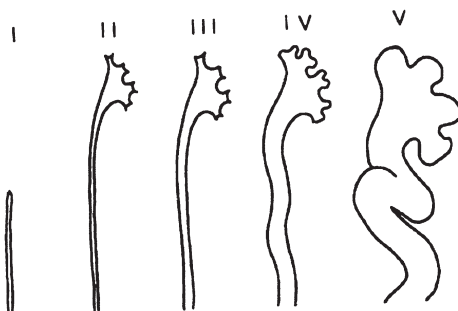
**Vesico-ureterale reflux.** Dit is een frequent optredend probleem met familiair voorkomen (zie Hoofdstuk 21 van het *Werkboek kindernefrologie*).

*Beeldvormende diagnostiek.* De bevindingen bij MCUG maken gradering van de mate van reflux mogelijk (Figuur 9-5). Reflux graad I reikt tot in de ureter, graad II tot in het pyelum-calicessysteem, maar zonder bijkomende dilatatie. Bij reflux graad III is tevens lichte dilatatie van pyelum en ureter zichtbaar en zijn de kelken enigszins plomp, bij graad IV is de dilatatie meer uitgesproken en zijn de





**Figuur 9-4.** Stroomschema radiologische diagnostiek bij urineweginfectie.



**Figuur 9-5.** Gradering van de reflux bij MCUG. Graad I: reflux tot in ureter; II: reflux tot in het pyelum-calicesysteem; III: reflux tot in het pyelum-calicesysteem met iets plompe kelken en geringe verwijding van de ureter; IV: idem, met verwijding van ureter en pyelum-calicesysteem en plompe kelken; V: sterke verwijding van ureter en pyelum-calicesysteem, met kronkelend verlopende ureter en sterk gedilateerde kelken.



**Figuur 9-6.** Mictiecysto-uretrografie bij een patiënt met reflux graad V.

kelken duidelijk plomp en bij graad V wordt ernstige dilatatie gezien met geslingerd verloop van de ureter en sterk gedilateerde kelken (Figuur 9-6).

**Obstructieve uropathie.** Vaker dan bij antenatale echografie komen urineweg-obstructies aan het licht als zij een urineweginfectie veroorzaken. De obstructie kan zich hoog in de urinewegen bevinden (UPJ-stenose), op de ureter-blaas-overgang (congenitale obstruerende mega-ureter) of nog lager, in de urethra. Andere oorzaken van obstructie zijn nierstenen, corpora aliena en functionele en neurogene stoornissen. Bij meisjes zijn urethra-afwijkingen zeer zeldzaam. Bij jongens kan obstructie van de urethra veel oorzaken hebben: blaashalsstenose, urethraleppen, stricturen, cysten, poliepen, divertikels, vernauwde passage door de bekkenbodem, congenitale stenose, meatusstenose en (zelden) obstructieve fimosis.

**Congenitale aandoeningen.** Met name dubbelsystemen kunnen reflux veroorzaken. Deze treedt dan meestal op in het onderpoolssysteem van de nier, omdat de ureter daarbij meer naar craniaal in de blaas uitmondt en daardoor een korter verloop door de blaaswand heeft.

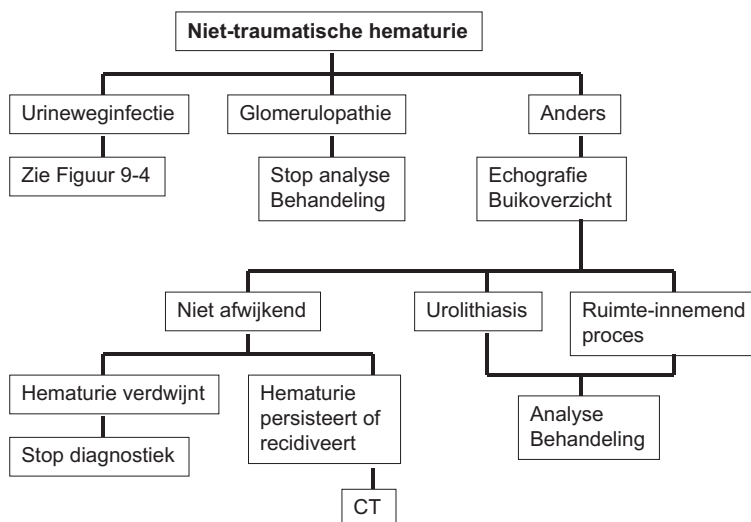
**Blaas- en darmfunctiestoornissen.** Verstoring van het samenspel tussen de m. detrusor vesicae en de blaasfincter kan blaasfunctiestoornissen veroorzaken, met recidiverende urineweginfecties als gevolg. Het achterliggende mechanis-

me is overigens niet geheel duidelijk. Ook chronische obstipatie kan tot recidiverende urineweginfecties leiden.

*Beeldvormende diagnostiek.* Bij het onderzoek naar blaasfunctiestoornissen heeft video-urodynamisch onderzoek de voorkeur boven MCUG. Obstipatie kan meestal worden vastgesteld aan de hand van de anamnese; eventueel kan een buikoverzicht worden vervaardigd.

## Hematurie

Niet-traumatische hematurie wordt bij kinderen meestal veroorzaakt door een urineweginfectie. Bij glomerulonefritis heeft beeldvormend onderzoek slechts een zeer beperkte rol. Andere oorzaken waarbij de radiologie wel een belangrijke rol speelt is bij nefro- of urolithiasis en de analyse van ruimte-innemende processen. Een overzicht van de diagnostiek van hematurie wordt gegeven in Figuur 9-7.



**Figuur 9-7.** Stroomschema radiologische diagnostiek bij niet-traumatische hematurie.

**Urolithiasis.** Predisponerende factoren voor steenvorming in de urinewegen bij kinderen zijn infecties, aanlegstoornissen, immobilisatie, behandeling met corticosteroiden, en metabole aandoeningen. Bij 20 à 30% van de kinderen is geen oorzaak aanwijsbaar. De symptomen zijn pijn en hematurie, soms in combinatie met een urineweginfectie.

*Beeldvormende diagnostiek.* De combinatie van buikoverzicht en echografie heeft bij goede hydratietoestand van de patiënt een negatief voorspellende waarde van 95%. Wanneer het onderzoek geen uitkomst biedt, kan vervolgens spiraal-CT zonder contrast worden verricht (zie verderop).

**Nefrocalcinose.** Meestal betreft het kalkneerslag in de nierpiramiden: medullaire nefrocalcinose. Deze aandoening is sterk geassocieerd met nefrolithiasis en wordt meestal veroorzaakt door metabole aandoeningen als renale tubulaire acidose, hypercalciurie en hypercalciëmie. Bij congenitale medullaire sponsnieren ontstaat nefrocalcinose door kalkneerslag in de verwijde distale tubuli.

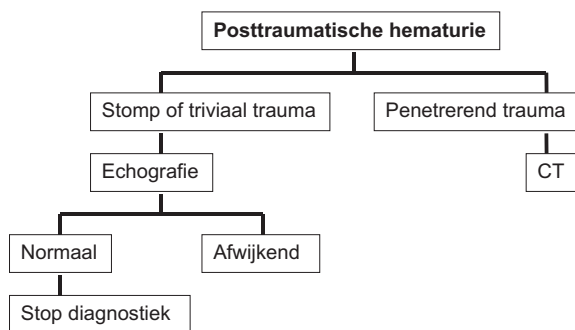
**Ruimte-innemende processen.** De meest voorkomende nefrologische oorzaak van asymptomatische palpabele massa in de buik is UPJ-stenose. Ook verschillende van de nier uitgaande tumoren, in de eerste plaats Wilms-tumor of nefroblastoom, presenteren zich als palpabele massa.

*Beeldvormende diagnostiek.* Bij echografie is UPJ-stenose gemakkelijk herkenbaar aan het sterk uitgezette verzamelsysteem en het daaroverheen uitgespannen parenchym; met scintigrafie kunnen functie en mate van obstructie worden onderzocht. Tumoren kunnen echografisch eenvoudig worden vastgesteld. Het verdere onderzoek is afhankelijk van het gehanteerde diagnostische protocol; meestal worden CT en MRI verricht, soms aangevuld met onderzoek op metastasen.

**Traumata.** Kinderen zijn gevoeliger voor niertraumata dan volwassenen. De nieren zijn relatief onbeschermd door de dunnere perirenale vetlaag, de dunnere buikmusculatuur en de relatief grotere nieren.

*Beeldvormende diagnostiek.* Bij stomp of onduidelijk trauma wordt echografie verricht; met kleuren-Doppler-echografie kan de doorbloeding worden beoordeeld. Levert dat onderzoek geen afwijkingen op, dan is verder onderzoek niet nodig. Bij echografische afwijkingen en bij penetrerend trauma is CT met intraveneus contrast geïndiceerd (Figuur 9-8).

**Incontinentie.** De rol van beeldvormende diagnostiek bij incontinentieproblemen is zeer beperkt. Bij meisjes die voortdurend nat zijn, kan een dubbelsysteem bestaan. De ureter van het bovenpoolssysteem kan ectopisch uitmonden



**Figuur 9-8.** Stroomschema radiologische diagnostiek bij traumatische hematurie.

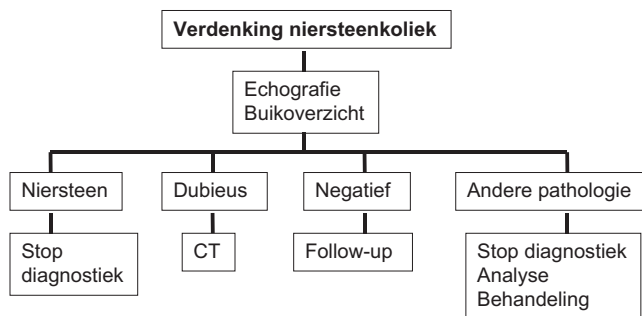
onder het niveau van de externe sfincter, met continue lekkage als gevolg. De bovenpool kan sterk dysplastisch zijn en is dan moeilijk met echografie aan te tonen. Bij meisjes die altijd nat zijn na het plassen, kan de oorzaak zijn dat tijdens de mictie reflux van urine optreedt naar de vagina. Als ze dan snel opstaan na het plassen, stroomt de urine uit de vagina weg. Soms kan dit bij MCUG worden waargenomen. Eenvoudige mictieadviezen zijn dan de oplossing.

## Pijn

Pijnklachten kunnen uiteenlopende oorzaken hebben op urogenitaal gebied, waaronder urineweginfecties en UPJ-stenose. Echte koliekpijn kan veroorzaakt zijn door nierstenen. Een diagnostisch stroomdiagram wordt gegeven in Figuur 9-9.

**Acuut scrotum.** Het acuut ontstaan van zwelling van het scrotum, roodheid of pijn veroorzaakt een spoedeisende situatie. Bij kinderen zijn het met name torsio testis en beklemde liesbreuk die directe chirurgische interventie behoeven.

*Beeldvormende diagnostiek.* Het belangrijkste onderzoek is kleuren-Doppler-echografie. Bij torsio testis is de vaatperfusie afwezig of afgenomen; wel kan er nog aanzienlijke aankleuring bestaan van het kapsel. Bij normale of toegenomen perfusie is torsio testis vrijwel uitgesloten en zijn epididymitis (waarbij de epididymis gezwollen en sterk gevasculariseerd is) en orchitis waarschijnlijker. Bij een beklemde breuk kan met echografie worden vastgesteld dat de breukzak darmlissen bevat. Ook andere oorzaken, zoals hydrokèle, torsie van



**Figuur 9-9.** Stroomschema radiologische diagnostiek bij kolieken.

de appendix testis en idiopatisch scrotaal oedeem, zijn echografisch vast te stellen.

## Aandoeningen van de genitalia interna

Aandoeningen van de genitalia interna bij meisjes kunnen congenitaal en verworven zijn. Echografie komt als eerste beeldvormend onderzoek in aanmerking. Het onderzoek moet geschieden met volle blaas; daardoorheen kunnen uterus en adnexa goed worden beoordeeld. Zo kunnen corpora aliena in de vagina, cystische afwijkingen in de ovaria en congenitale uterusafwijkingen worden afgebeeld. Bij de verdere diagnostiek speelt MRI een steeds belangrijker rol, met name bij aanlegstoornissen.

## Literatuur

- Ebel KD (red). *Differential diagnosis in pediatric radiology*. Stuttgart: Thieme, 1999.
- Froeling FMJA, Heijden AJ van der, Wolffenbuttel KP, Wijk JAE van. *Urinerweginfecties bij kinderen. Richtlijnen nr. 10*. Commissie kwaliteit van de Nederlandse Vereniging voor Urologie, 1999.
- Furth AM van, Roord JJ (red). *Werkboek infectieziekten bij kinderen*. Amsterdam: VU Uitgeverij, 1999.
- Heijden AJ van der, Schröder CH, Wijk JAE van (red). *Werkboek kindernefrologie*. Amsterdam: VU Uitgeverij, 2002.

Silverman FN (red). *Caffey's pediatric X-Ray diagnosis: an integrated approach*. St. Louis: Mosby, 1993.

Spilt A, van Erkel AR, Bloem JL. *Besliskunde in de radiologie. Algoritmen voor de medische praktijk*. Leusden: De Tijdstroom, 2000.

# Hoofdstuk 10

## SKELET EN BEWEGINGSAPPARAAT

*S.G.F. Robben en R.R. van Rijn*

### Inleiding

Beeldvorming wordt gebruikt voor de diagnostiek van botaandoeningen, voor evaluatie van de ziekteactiviteit en voor evaluatie van de therapie. Vooral bij kinderen spelen beeldvormende technieken een belangrijke rol. Anamnese en lichamelijk onderzoek zijn bij hen minder betrouwbaar. Bij botaandoeningen klagen de kinderen niet zozeer over pijn, maar veranderen zij hun bewegingspatroon. Bovendien worden ernst en lokalisatie van de klachten slecht aangegeven. Een heupaandoening kan zich bijvoorbeeld presenteren met knieklachten. Tabel 10-1 geeft een overzicht van de bij afwijkingen van het bewegingsapparaat optredende symptomen.

In de dagelijkse praktijk is een aantal beeldvormende technieken beschikbaar voor de diagnostiek van ziekten van het bewegingsapparaat. Elk van deze technieken heeft specifieke voordelen en tekortkomingen (Tabel 10-2). CT, MRI, scintigrafie en angiografie zijn relatief duur. Steeds wordt ernaar gestreefd om met zo min mogelijk beeldvormend onderzoek de juiste diagnose te stellen. In de praktijk wordt begonnen met conventionele foto's bij botafwijkingen en met echografie bij afwijkingen van de weke delen. Afhankelijk van klinisch beeld en bevindingen wordt het vervolgonderzoek vastgesteld. Stralenhigiënische overwegingen (het ALARA-principe) staan hierbij voorop; met name CT wordt zo min mogelijk gebruikt.

**Conventionele radiologie.** Skeletfoto's dienen als basis voor verder onderzoek aangezien de techniek goedkoop, overal aanwezig en relatief weinig stralenbelastend is en het onderzoek weinig tijd in beslag neemt. Er bestaan verschillende methoden om de beeldkwaliteit te verhogen. Weke delen kunnen beter in beeld worden gebracht door opnamen aan te vragen met laag kilovoltage, bottrabeculatie (zie Figuur 5-1) en minimale erosieve afwijkingen worden veel beter in beeld gebracht als gebruik wordt gemaakt van röntgenfilms met een enkele emulsielaag ("botcassette") of, bij digitale technieken, een grote matrix,



**Tabel 10-1. Aandoeningen van het bewegingsapparaat op verschillende leeftijden**

PREMATUREN	ZUIGELINGEN	OUDERE KINDEREN
<b>Fysieke afwijkingen</b>		
Skeletdysplasieën	Heupdysplasie	Rachitis
Dysostosen	Metabole aandoeningen	Enchondromatose
Metabole aandoeningen	Dysostosen	Cartilagineuze exostosen
Andere aangeboren afwijkingen	Skeletdysplasieën	Stapelingsziekten
<b>Pijn of bewegingsbeperking zonder koorts</b>		
Fracturen	Laaggradige infecties	Osteochondrosen
Epifysiolyse	Metastasen	Ziekte van Perthes
	Fracturen	Coxitis fugax
		<i>Slipped capital femoral epiphysis</i>
		Laaggradige osteomyelitis
		Botinfarcten
		Osteoïd osteoom
		Metastasen
<b>Pijn en koorts</b>		
Osteomyelitis	Ziekte van Caffey	Osteomyelitis
Septische artritis		Septische artritis
<b>Zwelling</b>		
Cellulitis	Embryonale tumoren	Benigne en maligne tumoren
Spinaal dysrafisme	Fibromatosis colli	Myositis ossificans
Neurofibroom	Ziekte van Caffey	Hematomen
Fibromatose	Diepe veneuze trombose	<i>Congenital indifference to pain</i>
<b>Trauma</b>		
Fysiotherapie	Geboortetrauma	Osteogenesis imperfecta
Rachitis	Kindermishandeling	Kindermishandeling
Geboortetrauma	Osteogenesis imperfecta	<i>Congenital indifference to pain</i>

**Tabel 10-1. (vervolg)**

PREMATUREN	ZUIGELINGEN	OUDERE KINDEREN
<b>Scoliose</b>		
<i>Moulded baby syndrome</i>	Congenitale wervelafwijkingen	Idiopathisch Preëxistente aangeboren afwijkingen Neuromusculaire aandoeningen Neurofibromatose
<b>Afwijkende skeletrijping</b>		
Dysmaturiteit Skeletdysplasie Intra-uteriene groeiachterstand	Skeletdysplasie Metabole afwijkingen	Syndromale afwijkingen Metabole afwijkingen Iatrogene, nefrogene, endocriene afwijkingen
<b>Afwijkende botdichtheid</b>		
Rachitis bij bronchopulmonale dysplasie	Rachitis	Rachitis Corticosteroïden Chemotherapie Renale osteodystrofie

**Tabel 10-2. Sterke en zwakke punten van beeldvormende technieken bij onderzoek van het bewegingsapparaat**

TECHNIEK	WEKE DELEN <sup>1</sup>	BOT-STRUCTUREN <sup>1</sup>	DETAIL-WEERGAVE <sup>1</sup>	STRALEN-BELASTING <sup>2</sup>
Conventioneel röntgenonderzoek	5	3	1	+++
Planigrafie	4	2	2	++++
Echografie	2	5	5	-
CT	3	1	3	+++++
MRI	1	4	4	-
Scintigrafie	-	-	-	+

<sup>1</sup>: Volgorde van geschiktheid; 1 = meest geschikt, 5 = minst geschikt.

<sup>2</sup>: Mate van belasting: - = geen belasting, +++++ = grote belasting.

omdat daarmee de resolutie aanzienlijk toeneemt. Ook bij vergrotingsopnamen neemt de resolutie toe. De diagnostische meerwaarde rechtvaardigt in de meeste gevallen de geringe toename van kosten en stralingsbelasting. Met name voor hand- en voetfoto's worden technieken met hoge resolutie geadviseerd.

In principe worden van het betrokken lichaamsdeel foto's in twee richtingen gemaakt, voorachterwaarts en zijdelings, tenzij bij een specifieke vraagstelling vaststaat dat één richting voldoende is. Op een enkele uitzondering na, zoals bij verdenking op epifysiolyse van een heupkop, worden niet routinematig vergelijkende foto's van de contralaterale zijde gemaakt.

**Echografie.** Het belangrijkste voordeel van echografie is dat de techniek niet afhankelijk is van ioniserende straling. De kwaliteit van het onderzoek staat of valt echter met de ervaring van de onderzoeker. Echografie moet dan ook worden verricht door iemand die is opgeleid in de echografie van het bewegingsapparaat. In de opleiding tot radioloog wordt in toenemende mate aandacht besteed aan de echografie van het bewegingsapparaat.

Niet-traumatische palpabele afwijkingen moeten worden onderzocht met echografie. Hierbij besteedt men aandacht aan lokalisatie (intradermaal, subcutaan, musculair, periostaal, subperiostaal, ossaal), doorbloeding en aanvoerende vaten (hemangioom, necrose, trombose) en afmetingen. Als de patiënt de pijnlijke plek nauwkeurig kan aanwijzen, kan alle onderzoekstijd worden besteed aan die plek.

Echografie is niet geschikt voor geringe botafwijkingen, maar kan juist goed worden gebruikt voor het aantonen van vocht, zoals ontstekingsexsudaat in gewrichten en peesscheden en cysten bij chronische artritis. Ook voor de geleiding van nauwkeurige injecties van corticosteroiden in een gewricht of een andere structuur is echografie uitermate geschikt. Bij jonge kinderen, die een nog grotendeels cartilagineus skelet hebben, is het nog een voordeel dat kraakbeen met echografie goed in beeld kan worden gebracht. Epifysiolyse van de humerus bij pasgeborenen en heupdysplasie zijn echografisch dan ook goed te diagnosticeren.

**Computertomografie.** Het grote voordeel van CT is de mogelijkheid om doorsneden door het menselijk lichaam te maken, zodat er geen hinderlijke overprojectie van andere structuren is. Bij CT kunnen alleen axiale (transversale) doorsneden worden gemaakt, maar dat bezwaar wordt grotendeels opgeheven door de nieuwe mogelijkheid om twee- en driedimensionale reconstructies te maken. Hiermee kan men bijvoorbeeld sacro-iliïtis bestuderen, evenals subluxatie in met conventioneel röntgenonderzoek moeilijk in beeld te brengen gewrichten, zoals heup, schouder en craniocervicale overgang. Vanwege de lange le-

vensverwachting en de hoge celdelingsactiviteit in het beenmerg vormt bij kinderen de hoge (100× hoger dan conventionele röntgenfoto's) stralenbelasting een relatieve contra-indicatie. De bestralingseffecten zijn immers cumulatief.

CT is geïndiceerd als optimale informatie nodig is over destructie of sclerose van corticaal of medullair bot. Specifieke indicaties worden gevormd door fracturen in anatomisch complexe gebieden, zoals bekken en wervelkolom, en de inventarisatie van ingewikkelde aangeboren wervelafwijkingen. Bij alle processen waarbij men de pathologie in het beenmerg of buiten het skelet verwacht, kiest men voor MRI.

**Kernspintomografie.** De indicatie voor MRI wordt gesteld aan de hand van klinische evaluatie en röntgenfoto's of echografie, soms aangevuld met scintigrafie. Meestal komt men bij afwijkingen aan het bewegingsapparaat met deze onderzoeken uit. Dit geldt bijvoorbeeld voor de ziekte van Perthes, epifysiolyse, heupdysplasie, stressfracturen, osteochondritis dissecans, cartilagineuze exostosen, botcysten en fibreuze dysplasie. MRI is dan niet alleen overbodig, maar kan ten onrechte ook verder onderzoek uitlokken, zoals biopsie. Stressfracturen en myositis ossificans kunnen bij MRI bijvoorbeeld een 'maligne' aspect vertonen; histologisch onderzoek geeft daarbij bovendien niet altijd uitsluitel. Voor- en nadelen van MRI moeten dan ook goed tegen elkaar worden afgezet (Tabel 10-3).

---

**Tabel 10-3. Voor- en nadelen van MRI bij onderzoek van het bewegingsapparaat**

---

**Voordelen**

---

Superieure afbeelding van de weke delen  
Elke denkbare doorsnede kan worden gemaakt  
Goede afbeelding van kraakbeen

---

**Nadelen**

---

Bot (calcium) geeft geen signaal  
Kostbare techniek  
Tijdrovend onderzoek  
Bij kinderen jonger dan 5 jaar sedatie of algehele anesthesie nodig  
Intraveneuze toediening van contrast nodig

---

**Scintigrafie.** Scintigrafie is vooral informatief bij functionele afwijkingen en niet zozeer bij anatomische afwijkingen, hoewel de beeldvorming de laatste jaren wel iets verbeterd is. Zo bestaat sinds enige tijd de mogelijkheid om doorsneden te maken, vergelijkbaar met CT: SPECT. Skeletscintigrafie is van nut bij onderzoek naar skeletmetastasen, beginnende osteomyelitis en verdenking op een fractuur bij negatieve röntgenbevindingen. Bij inflammatoire gewrichtsaandoeningen kan de activiteit van de ziekte worden bepaald. Het onderzoek naar neuroblastoommetastasen wordt gedaan met scintigrafie gebruik makend van  $^{131}\text{I}$ -meta-iodobenzylguanidine (MBIG).

## Het kinderskelet

Er is een aantal essentiële verschillen tussen het kinderskelet en het skelet van een volwassene, van belang bij de beoordeling van beeldvormend onderzoek. Deze betreffen met name de groeischijven, de vascularisatie, het beenmerg en de ontwikkeling van de skeletkernen.

**Groeischijven.** Dit zijn kraakbenige, schijfvormige structuren waarin de enchondrale botvorming plaatsvindt die de lengtegroei veroorzaakt. Zolang het kind groeit, zijn de groeischijven aanwezig; als zij eenmaal gesloten zijn, is lengtegroei niet meer mogelijk en wordt het skelet als volwassen beschouwd. In de traumatologie leidt de aanwezigheid van groeischijven tot typische fracturen die gepaard gaan met epifysiolyse, de Salter-Harris-fracturen. Enerzijds kan door focale epifysiodese in de herstelfase de groei verstoord raken en het bot korter blijven, anderzijds kan de tijdelijke hyperemie versnelde groei in de groeischijf veroorzaken, waardoor het bot uiteindelijk juist langer wordt.

Groeischijven vormen een absolute barrière voor bloedvaten. De ziekte van Perthes en andere vormen van aseptische botnecrose zijn daarvan voorbeelden. Groeischijven zijn daardoor ook moeilijker passeerbaar voor bacteriën.

**Vascularisatie.** De weefsels zijn bij kinderen beter doorbloed en ze hebben een hoger metabolisme dan bij volwassenen. Daardoor verlopen fractuurgenezing en remodellering sneller en worden metabole stoornissen als rachitis radiologisch sneller manifest. De goede doorbloeding van de metafysen veroorzaakt *hot spots* bij scintigrafie. Dit fenomeen kan de foute verdenking doen ontstaan op metastasen of metafysaire osteomyelitis, maar kan deze aandoeningen ook juist maskeren.

**Beenmerg.** Tijdens de kinderjaren vindt geleidelijke conversie plaats van rood naar geel beenmerg. Hierdoor treedt signaalconversie op van het beenmerg bij MRI, hetgeen ten onrechte kan worden geïnterpreteerd als pathologisch.

**Skeletkernen.** De rijping van het skelet is te volgen aan de ontwikkeling van de skeletkernen. Op een handfoto kan de skeletleeftijd worden bepaald. Hiervoor kan in Nederland nog steeds de atlas van Greulich en Pyle worden gebruikt.

## Afwijkend uiterlijk

Een afwijkende lichaamsvorm berust in het merendeel op skeletafwijkingen. Uitzonderingen zijn hemihypertrofie, Proteus-syndroom en grote wekedelentumoren als hemangiomen en lymfangiomen. De diagnostiek is gebaseerd op conventionele röntgenfoto's.

**Pasgeborenen.** Afwijkende lichaamsverhoudingen bij prematuren kunnen zijn veroorzaakt door skeletdysplasie (osteochondrodysplasie), dysostose en chromosomale afwijkingen. Deze afwijkingen worden tegenwoordig vaak ontdekt tijdens prenatale echografie. Als de ouders van een doodgeboren kind geen toestemming geven tot obductie, kan overwogen worden om niet alleen skeletfoto's te maken, maar ook een MRI-babygram. Daarmee kunnen afwijkingen aan de inwendige organen worden vastgesteld, hetgeen van belang kan zijn voor de differentiaaldiagnose.

*Skeletdysplasie.* Hierbij is in principe elk bot in het lichaam aangedaan; de bij prematuren aantoonbare afwijkingen betreffen de skeletdysplasieën die tubulaire botten en wervelkolom aantasten. Grofweg onderscheidt men letale osteochondrodysplasieën, zoals thanatofore dwerggroei (Figuur 10-1) en achondrogenese, en niet-letale, zoals achondroplasia en metatropische dysplasie. De onderlinge verschillen zijn vaak gering; voor de differentiatie worden conventionele röntgenfoto's gemaakt van alle botten, inclusief schedel en wervelkolom (Tabel 10-4).

*Dysostose.* Bij dysostose is één bot of een groep van botten aangetast, terwijl de andere elementen van het skelet normaal zijn. Voorbeelden zijn cleidocraniale dysostose, dyschondrosteose en proximale focale femurdeficiëntie. Hierbij volstaat men met gerichte röntgenfoto's van het aangedane en het contralaterale lichaamsdeel.

**Zuigelingen.** Ook bij zuigelingen kunnen de afwijkende lichaamsverhoudingen zijn veroorzaakt door skeletdysplasie, dysostose en chromosomale afwijkingen.



**Figuur 10-1.** Babygram van een pasgeborene met thanatofore dwerggroei.

---

**Tabel 10-4. Beeldvormende diagnostiek bij verdenking op skeletdysplasie<sup>1</sup>**

---

Voor-achterwaartse en laterale opnamen van schedel en wervelkolom  
Voor-achterwaartse thoraxopname  
Voor-achterwaartse bekkenopname  
Achter-voorwaartse opname linkerhand  
Voor-achterwaartse opnamen van alle tubulaire botten (bij asymmetrie; anders alleen linkerarm en linkerbeen)  
Laterale opname knie (patella)

---

<sup>1</sup>: Bij een foetus zijn voor-achterwaartse en laterale opnamen van het gehele kind vaak voldoende (babygram; vergelijk Figuur 10-1).

Doorgaans betreft het dan de niet-letale vormen van osteochondrodysplasie. Ook wekedelenafwijkingen kunnen afwijkende lichaamsverhoudingen veroorzaken, zoals grote hemangiomen en lymfangiomen, hemihypertrofiesyndromen, het syndroom van Klippel-Trenauney-Weber en het Proteus-syndroom. Naast röntgenonderzoek van de betreffende lichaamsdelen wordt ter eerste

---

oriëntatie echografie verricht, later aangevuld met MRI. Angiografie is zelden nodig, tenzij in combinatie met therapeutische embolisatie bij een vaatmisvorming.

**Oudere kinderen.** Bij kinderen die bij de geboorte relatief normaal ogen, kunnen in de loop der jaren toch afwijkende lichaamsverhoudingen ontstaan. Een normaal skelet op jonge leeftijd sluit een vorm van skeletdysplasie, zoals epifysaire dysplasie, niet uit. Progressieve afwijkingen treden op bij dysplasieën met afwijkende botdensiteit, zoals osteopetrose, en modelleringsstoornissen, zoals metafysaire dysplasie, en bij stapelingsziekten als mucopolysacharidosen en mucolipidosen. Bij deze stapelingsziekten kunnen de typische skeletafwijkingen van dysostosis multiplex congenita optreden. Skeletdysplasieën die vooral verstoorde ontwikkeling van de cartilagineuze en fibreuze componenten van het skelet veroorzaken, zoals enchondromatose en cartilagineuze exostosen, manifesteren zich eerder door lokale zwelling dan door een afwijkend uiterlijk. De beeldvormende diagnostiek is gelijk aan die bij prematuren (Tabel 10-4).

## Pijn en bewegingsbeperking zonder zwelling of koorts

Oudere kinderen kunnen zelf pijn aangeven, direct of indirect door een afwijkend bewegingspatroon, zoals mank lopen of het niet meer gebruiken van een lichaamsdeel. De pijn wordt niet altijd aangegeven op de plaats van de afwijking. Dit heeft consequenties voor het diagnostisch beleid. Als een kind zijn been niet meer wil belasten en bij lichamelijk onderzoek de pijn niet precies kan worden gelokaliseerd, dan kan het best eerst beeldvormend onderzoek van het heupgewricht worden verricht: statistisch gezien is de kans op afwijkingen daar het grootst. Pas als echografie en heupfoto's geen afwijkingen opleveren, worden conventionele röntgenfoto's gemaakt van het gehele been, zo nodig gevolgd door foto's van de lumbosacrale wervelkolom. Is de oorzaak van de pijnklachten dan nog onduidelijk, dan kan in overleg met de radioloog scintigrafie of MRI worden verricht.

Pasgeborenen en zuigelingen geven uitsluitend indirect pijn aan. Zij bewegen de pijnlijke extremiteit niet meer spontaan of huilen bij passieve beweging ervan, zoals bij het verwisselen van de luiers. Bij afwezigheid van zwelling brengt men de gehele extremiteit in beeld, inclusief het bekken of de claviculae.

**Pasgeborenen.** Als een pasgeborene direct na de geboorte een extremiteit niet beweegt, moet niet alleen aan neurologische schade worden gedacht, maar



ook bijvoorbeeld aan een claviculafractuur. Fracturen kunnen met conventionele röntgenfoto's worden vastgesteld. Epifysiolyse van de proximale of distale humeruskop is röntgenologisch niet zichtbaar omdat de epifysen van de humerus nog niet zijn geossificeerd. Echografie is dan een goed alternatief.

**Zuigelingen.** Congenitale lues en andere laaggradige infecties kunnen zich presenteren zonder koorts. Omdat de anamnese op deze leeftijd onbetrouwbaar is moet altijd worden gedacht aan de mogelijkheid van fracturen (zie verderop).

*Heupdysplasie.* Bewegingsbeperking van de heup zonder pijn kan door heupdysplasie zijn veroorzaakt. Tot de leeftijd van 1 jaar heeft echografie bij de diagnostiek de voorkeur. Nederland kent geen landelijk screeningsprogramma voor heupdysplasie, maar stuitbevalling en positieve familieanamnese kunnen redenen zijn om kinderen zonder afwijkingen te onderzoeken. Daartoe wordt bij voorkeur tussen de leeftijden van 6 weken en 3 maanden echografie verricht. Overigens kan men beter spreken van *dysplastische heupontwikkeling*. Deze term benadrukt het dynamische aspect van de heupdysplasie beter: sommige kinderen worden geboren met normale heupen die later dysplastisch worden, andere kinderen worden geboren met lichte heupdysplasie die spontaan geneest.

**Oudere kinderen.** *Osteochondrosen*, zoals de ziekte van Perthes (Figuur 10-2) van de heup en de ziekte van Köhler van het os naviculare, beginnen sluipend en kunnen al lang klachten geven voordat de diagnose wordt gesteld. Op conventionele röntgenfoto's is een typisch patroon zichtbaar met sclerose, collaps en fragmentatie. Beginnende osteochondrose is op een conventionele foto niet te zien; bij sterke klinische verdenking kan MRI of scintigrafie uitkomst bieden.

*Epifysiolyse van de heupkop* komt voor bij adolescenten en kan net als osteochondrose een sluipend begin hebben. De afwijking is op conventionele röntgenfoto's van het bekken goed te zien, zeker als de pijnlijke heup wordt vergeleken met de contralaterale heup. Hiervoor maakt men opnamen volgens Lauenstein.

Bij kinderen met reumatische en niet-reumatische *arthritis* zijn pas relatief laat afwijkingen zichtbaar op conventionele röntgenfoto's. De botkernen worden nog omgeven door relatief dik kraakbeen. Pas als de pannus door deze dikke laag heengebroken is, vindt botdestructie plaats. Als op conventionele röntgenfoto's geen afwijkingen worden gezien, verricht men echografie van het pijnlijke gewricht om gewrichtseffusie aan te tonen. MRI met intraveneuze toediening van gadolinium levert echter de meeste informatie op: zowel gewrichtseffusie en kraakbeendestructie, als synoviumverdikking komen daarmee in beeld.



**Figuur 10-2.** Lauenstein-opname van het bekken. Ziekte van Perthes van de linkerheup in fragmentatiefase.

## Pijn en koorts

De combinatie van pijnklachten en koorts duidt op een infectieuze oorzaak tot het tegendeel bewezen is. Andere ziektebeelden die koorts kunnen veroorzaken, zijn auto-immuunziekten en botinfarcten bij patiënten met sikkelcelanemie. Infectie gaat gepaard met roodheid, zwelling, lokale warmte en pijn. Dit geldt echter slechts voor oppervlakkig gelegen structuren; aandoeningen als spondylodiscitis en septische artritis van de heup veroorzaken alleen bewegingsbeperking en pijn. Infecties als tuberculose, laaggradige osteomyelitis en actinomycose veroorzaken geen koorts.

Bij verdenking op *cellulitis* is beeldvormend onderzoek slechts nodig ter uitsluiting van een abces; dit kan met echografie. Bij verdenking op *osteomyelitis* worden eerst conventionele röntgenfoto's vervaardigd, eventueel gevolgd door scintigrafie om betrokkenheid van het bot aan te tonen. Metafysen zijn echter goed doorbloed en metabool erg actief en vertonen derhalve een intensieve stapeling van het radiofarmacon. Metafysaire osteomyelitis kan zo onopgemerkt blijven. Bij dubieuze uitslagen is MRI aangewezen. Dit onderzoek heeft een vergelijkbare sensitiviteit, maar brengt de anatomie veel beter in beeld, zodat de infectie kan worden gelokaliseerd.

Bij verdenking op *artritis* in een gewricht dat klinisch moeilijk te beoordelen is, zoals heup en schouder, wordt eerst echografie verricht om vochtpho-

ping aan te tonen. Afwezigheid van gewrichtsvocht sluit septische artritis nagenoeg uit. Als het gewrichtsvocht mogelijk afkomstig is van een doorgebroken osteomyelitisshaard, wordt gehandeld als bij osteomyelitis.

**Pasgeborenen.** Osteomyelitis en septische artritis worden veroorzaakt door hematogene versleping van bacteriën. Het aangedane lichaamsdeel is gezwollen, voelt warm aan en is soms rood. Als een röntgenfoto geen ossale afwijkingen laat zien, verdient echografie vanwege de geringe ossificatiegraad de voorkeur boven scintigrafie. Bij artritis wordt vocht in het gewricht aangetroffen, bij osteomyelitis periostaal oedeem en subperiostaal vocht.

**Zuigelingen.** Omdat de groeischijven een barrière vormen voor bacteriën, breekt osteomyelitis bij zuigelingen en oudere kinderen niet zo snel door naar het gewricht.

**Oudere kinderen.** Virale infecties die met hoge koorts gepaard gaan, kunnen artralgie veroorzaken, aanvankelijk vaak ten onrechte geïnterpreteerd als osteomyelitis of artritis. Bloedonderzoek en gericht lichamelijk onderzoek kunnen voorkomen dat onnodig beeldvormend onderzoek (MRI of CT) wordt gedaan.

## Zwelling

Elke palpabele zwelling kan echografisch in beeld worden gebracht en vaak ook gediagnosticeerd. De behoefte aan vervolgonderzoek hangt af van de bevindingen. Als er echografisch geen relatie met het bot kan worden aangetoond, geen classificatie mogelijk is en verdere beeldvorming wenselijk is, wordt MRI verricht. Als er wel een duidelijke relatie met bot aantoonbaar is, worden in eerste instantie conventionele röntgenfoto's gemaakt. Hiermee kan vaak de diagnose worden gesteld (Figuur 10-3); is dat niet het geval, dan wordt MRI verricht, in overleg met de radioloog eventueel aangevuld met gerichte CT. Scintigrafie is soms nuttig om aan te tonen dat de botlaesies multipel zijn. Een enkele keer kan met scintigrafie een uitspraak worden gedaan over de aard van de laesie, zoals met MIBG-scintigrafie bij neuroblastoommetastasen.

**Pasgeborenen.** Meestal gaat het om zwellingen op het schedeldak, zoals dermoidtumor, cefaal hematoom (Figuur 10-4) en subgaleale vochtophoping.

**Zuigelingen.** Veel voorkomend zijn fibromatosis colli (*benign sternomastoid tumor of infancy*), lymfangiomen en hemangiomen. Zeldzaam zijn gegeneraliseerde fibromatose en maligne tumoren van de weke delen.



**Figuur 10-3.** Cartilagineuze exostose van de radius met secundaire vormafwijking van de ulna.



**Figuur 10-4.** Oud cefaal hematoom (pijl); de ossificatie is al op gang gekomen.

**Oudere kinderen.** Veel afwijkingen kunnen zich na de zuigelingenleeftijd presenteren als palpabele zwelling. Naast latente congenitale afwijkingen komen bijvoorbeeld neoplasmata en posttraumatische zwellingen voor. Vooral bij patiënten met een sensibiliteitsstoornis, zoals *congenital indifference to pain*, kan de zwelling onverwacht worden verklaard door callusvorming.

## Traumata

De beeldvormende diagnostiek bij traumata is op alle leeftijden gebaseerd op conventionele röntgenfoto's. Het betreffende lichaamsdeel moet in tenminste twee richtingen in beeld worden gebracht; alleen het bekken vormt hierop een uitzondering. De foto moet worden gecentreerd op de plaats van de te verwachten afwijking; bij verdenking op een elleboogsfractuur wordt dus alleen de elleboog op de plaat gezet. Als de verdenking op een fractuur blijft bestaan terwijl de röntgenfoto's geen fractuur tonen, worden aanvullend driekwartopnamen gemaakt. Bij verdenking op kindermishandeling (*nonaccidental injury*) wordt uitgebreider beeldvormend onderzoek verricht (Tabel 10-5).

### **Tabel 10-5. Beeldvormende diagnostiek bij verdenking op kindermishandeling<sup>1</sup>**

---

#### **Bij alle kinderen**

---

Voor-achterwaartse thoraxopname (bottechniek)  
Voor-achterwaartse opname van bovenarmen  
Voor-achterwaartse opname van onderarmen  
Voor-achterwaartse opname van beide handen  
Voor-achterwaartse bekkenopname  
Voor-achterwaartse opname van bovenbenen  
Voor-achterwaartse opname van onderbenen  
Voor-achterwaartse opname van beide voeten  
Voor-achterwaartse en zijdelingse schedelopname

---

#### **Extra bij zuigelingen**

---

Zijdelingse thoraxopname (bottechniek)  
Zijdelingse opname van de lumbale wervelkolom

---

<sup>1</sup>: Afwijkende gebieden afbeelden in twee richtingen.

---



**Figuur 10-5.** Tibia: fractuur volgens Salter-Harris type II.

Het skelet van kinderen is elastischer en de epifysen nog niet gefuseerd. Daarom verschillen de fracturen bij kinderen van die bij volwassenen. Typische kinderfracturen zijn de torusfracturen, de *greenstick fractures*, de *bowing fractures* en de met epifysiolyse gepaard gaande fracturen of Salter-Harris-fracturen (Figuur 10-5).

**Plaats van kernspintomografie.** Bij traumata van het bewegingsapparaat levert MRI vaak meer verwarring op dan voordeel, vooral als de MRI-resultaten niet worden gecorreleerd met de röntgenbevindingen en als het onderzoek niet van hoge kwaliteit is. Beenmergoedeem en spieroedeem kleuren sterk aan na contrasttoediening, waardoor ten onrechte aan maligniteit kan worden gedacht. Bij enkele aandoeningen heeft MRI echter wel een plaats. Deze worden hieronder kort besproken.

*Fractuur en epifysiolyse van niet-geossificeerde epifysen.* Afwijkingen aan de (nog niet geossificeerde) epifysen zijn niet zichtbaar op conventionele röntgenopnamen. Epifysiolyse kan echografisch gediagnosticeerd worden, maar bij metafysaire fracturen die doorlopen in de epifyse komt MRI in aanmerking.

*Laesies van de groeischijf.* Focale beschadiging van de groeischijf kan leiden tot epifysiodese met asymmetrische groei. Met MRI kan het mechanisme van de beschadiging worden vastgesteld. Als er eenmaal een groeistoornis is opgetreden, kan met MRI de uitgebreidheid van de epifysiodese worden vastge-

legd. Als de benige brug groter is dan 50% van de groeischijf, is directe chirurgie meestal niet meer mogelijk.

*Afwijkingen aan menisci, ligamenten en gewrichtskraakbeen.* MRI heeft bij dergelijke afwijkingen inmiddels de voorkeur en heeft artrografie grotendeels verdrongen.

*Fracturen met dislocatie en corpora libera.* Met CT kunnen beter dan met MRI aantal fragmenten, fragmentgrootte en onderlinge verhoudingen worden bepaald. Ook twee- en driedimensionale reconstructies zijn bij CT gemakkelijker te maken. Beenmergoedeem en wekedelenoedeem maken de MRI-beelden nog moeilijker te interpreteren. Hetzelfde geldt voor corpora libera.

*Traumatische beenmergafwijkingen.* Alleen met MRI kan posttraumatisch beenmergoedeem (contusie) zichtbaar worden gemaakt. Dergelijke afwijkingen worden vaak “bij toeval” gevonden bij patiënten die MRI ondergaan vanwege meniscus- of kruisbandletsel. Posttraumatisch beenmergoedeem heeft geen therapeutische consequenties, maar is wel een indicatie voor de ernst van het trauma.

**Pasgeborenen.** Traumata bij pasgeborenen betreffen meestal geboortetraumata. Omdat een groot deel van het skelet op deze leeftijd nog uit kraakbeen bestaat, is naast conventionele beeldvorming vooral echografie van belang. Vooral epifysiolyse van de humeruskop is echografisch goed te diagnosticeren. CT en MRI zijn bij pasgeborenen niet geschikt voor het onderzoek van traumata van het bewegingsapparaat.

**Zuigelingen.** Jonge kinderen kunnen de pijn vaak niet goed lokaliseren, terwijl ook bij lichamelijk onderzoek het punctum maximum niet goed lokaliseerbaar is. De enige symptomen zijn vaak dat een extremiteit stil wordt gehouden of niet wordt belast. Als een kind last heeft van een arm of een been, dan moeten eerst die gedeelten in beeld worden gebracht die in statistisch opzicht de grootste kans op een fractuur hebben. Bij de arm zijn dat pols en elleboog, bij het been enkel en distale onderbeen. Pas als daaraan geen afwijkingen worden gezien, wordt de rest van de extremiteit onderzocht.

Traumata hebben bij zuigelingen vaak *kindermishandeling* als oorzaak. De verdenking daarop moet rijzen bij discrepantie tussen anamnese en ernst van afwijkingen, bij groot interval tussen trauma en bezoek aan de arts en bij herhaalde traumata. Röntgenologische bevindingen die op kindermishandeling duiden zijn metafysaire avulsiefracturen, de aanwezigheid van multipele fracturen in verschillende stadia van genezing, scapulafracturen, sternumfracturen en fracturen van processus spinosi van de wervelkolom. Minder sterke verdenking op kindermishandeling bestaat bij multipele bilaterale fracturen, epifysiolyse,

fracturen en subluxaties van wervellichamen, vingerfracturen en complexe schedeldakfracturen.

Een specifieke fractuur bij kinderen die beginnen met lopen, tussen 1 en 3 jaar oud, is de peuterfractuur (*toddler's fracture*): een fissuur in de distale tibia zonder dislocatie. Soms is deze fractuur op de eerste foto's niet te zien; dan kan de diagnose worden gesteld met botscentigrafie.

**Oudere kinderen.** Naast de torusfractuur van pols of enkel komt op deze leeftijd vooral de supracondylaire humerusfractuur vaak voor. Salter-Harris-fracturen, met name de typen IV en V, zijn berucht omdat ze kunnen leiden tot groeistoornissen (focale epifysiodese). Bij fracturen in anatomisch complexe gebieden, zoals wervelkolom en acetabulum, is CT noodzakelijk.

## Scoliose

Scoliose is een kromming van de wervelkolom in het coronale vlak. De meest voorkomende vorm is idiopathische scoliose, waarbij geen structurele of neuromusculaire oorzaak kan worden aangetoond. Bij kinderen met idiopathische scoliose is de prevalentie van niet aanwijsbaar gerelateerde afwijkingen, zoals congenitale hartafwijkingen, verhoogd. Het meest karakteristieke patroon is een S-vormige scoliose, thoracaal convex naar rechts en lumbaal convex naar links, waarbij de wervels geroteerd zijn. In een klein percentage van de patiënten met scoliose kan wel een oorzaak worden aangetoond, zoals congenitale scoliose (segmentatieafwijkingen), scoliose geassocieerd met skeletdysplasie, neuromusculaire afwijkingen of neurofibromatose en scoliose als complicatie van trauma, infectie of radiotherapie. Bij patiënten pijnklachten bij een scoliose zonder torsie moet worden gedacht aan andere aandoeningen als oorzaak, zoals osteoïd osteoom, intradurale tumoren, infecties en spondylolisthesis.

Met name progressieve scoliose kan complicaties veroorzaken als pijn, degeneratieve veranderingen en respiratoire en cosmetische problemen. De progressie stopt overigens zodra de wervelkolom volledig is uitgegroeid. De behandeling bestaat, afhankelijk van oorzaak, leeftijd en ernst van de scoliose, uit een korset of operatieve correctie (spondylodese).

*Beeldvormende diagnostiek.* Eerst worden conventionele röntgenfoto's van de gehele thoracolumbale wervelkolom gemaakt, in voor-achterwaartse en zijdelingse richting met de patiënt in staande positie, eventueel zittend. De mate van kromming wordt vastgesteld met de meting volgens Cobb. Bij verdenking op structurele wervelafwijkingen worden aanvullend liggende opnamen gemaakt. De orthopedisch chirurg kan verder behoefte hebben aan stressopna-



men (“omkromfoto’s”) ter beoordeling van de redresseerbaarheid van de scoliose. CT is alleen geïndiceerd als preoperatief onderzoek bij ingewikkelde anatomie.

Bij sommige patiënten met een ernstige, operatief te corrigeren scoliose is bovendien sprake van fixatie van het myelum (diastatomyelie, *tethered cord*). Operatieve correctie kan dan myelumbeschadiging veroorzaken. In dergelijke gevallen is preoperatieve MRI noodzakelijk.

**Pasgeborenen.** Bij pasgeborenen betreft het vaak congenitale scoliose op basis van segmentatiestoornissen of scoliose geassocieerd met een syndroom. Voor beoordeling van de wervelanatomie zijn conventionele röntgenfoto’s bij de liggende patiënt voldoende. Myelumafwijkingen zijn kort na de geboorte met echografie goed in beeld te krijgen; als de kinderen enkele maanden oud zijn, is daarvoor MRI noodzakelijk, waarvoor dan algehele anesthesie nodig is.

**Zuigelingen.** Bij zuigelingen is er vaak sprake van een zich laat manifesterende congenitale scoliose. Conventionele röntgenfoto’s bij de liggende patiënt zijn doorgaans voldoende. Ook infantiele idiopathische scoliose komt voor; deze treedt meestal thoracaal op en is convex naar links. Infantiele scoliose is progressief of passagère. De scoliose is bij de passagère vorm nooit meer dan 30°; bij de progressieve vorm neemt deze jaarlijks met 5° toe. Vroege beeldvorming is nodig om te kunnen beoordelen of de scoliose progressief of passagère is.

**Oudere kinderen.** De klassieke idiopathische scoliose kent twee varianten. De juveniele vorm begint tussen 4 en 9 jaar, de adolescentenvorm tussen 12 en 20 jaar. Bij de beeldvormende diagnostiek hoort ook een handfoto, zodat aan de hand van de skeletrijping kan worden vastgesteld of de scoliose nog kan toenemen.

## Skeletrijping

De skeletleeftijd speelt een rol bij de voorspelling van de uiteindelijke lengte, bij de evaluatie van patiënten met pubertas praecox en pubertas tarda, bij groeiachterstand en bij de evaluatie en behandeling van metabole ziekten en chronische ontstekingsprocessen. In de forensische geneeskunde wordt naar de skeletrijping gekeken als moet worden vastgesteld of een persoon al volwassen is of niet.

**Methodiek.** In de loop der jaren zijn meerdere methoden ontwikkeld voor de bepaling van de skeletleeftijd.

*Methode volgens Greulich en Pyle.* Bij deze uit 1950 stammende methode wordt het handskelet kwalitatief beoordeeld en vergeleken met standaardfoto's uit een atlas van Noord-Amerikaanse kinderen, waarbij wordt gezocht naar de skeletleeftijd die het beste past bij de te beoordelen foto.

*Methode volgens Tanner en Whitehouse.* Bij deze in de jaren '70 ontwikkelde methode worden 20 botjes van het handskelet kwantitatief beoordeeld. De referentiepopulatie bestaat uit kinderen uit Groot-Brittannië. Het kwantitatieve karakter van de methode maakt dat zij vaak wordt gebruikt bij wetenschappelijk onderzoek.

*Methode volgens Garn en hemiskeletal method.* Hierbij wordt gekeken naar meerdere ossificatiekernen in het lichaam. Nadelen zijn de stralenbelasting, als gevolg van het grote aantal benodigde foto's, en het feit dat de methode alleen bij zeer jonge kinderen betrouwbaar is.

*Methode volgens Hoerr.* Bij deze vooral voor prematuren geschikte methode wordt gebruik gemaakt van een atlas van de knie, gebaseerd op het principe van de atlas van Greulich en Pyle.

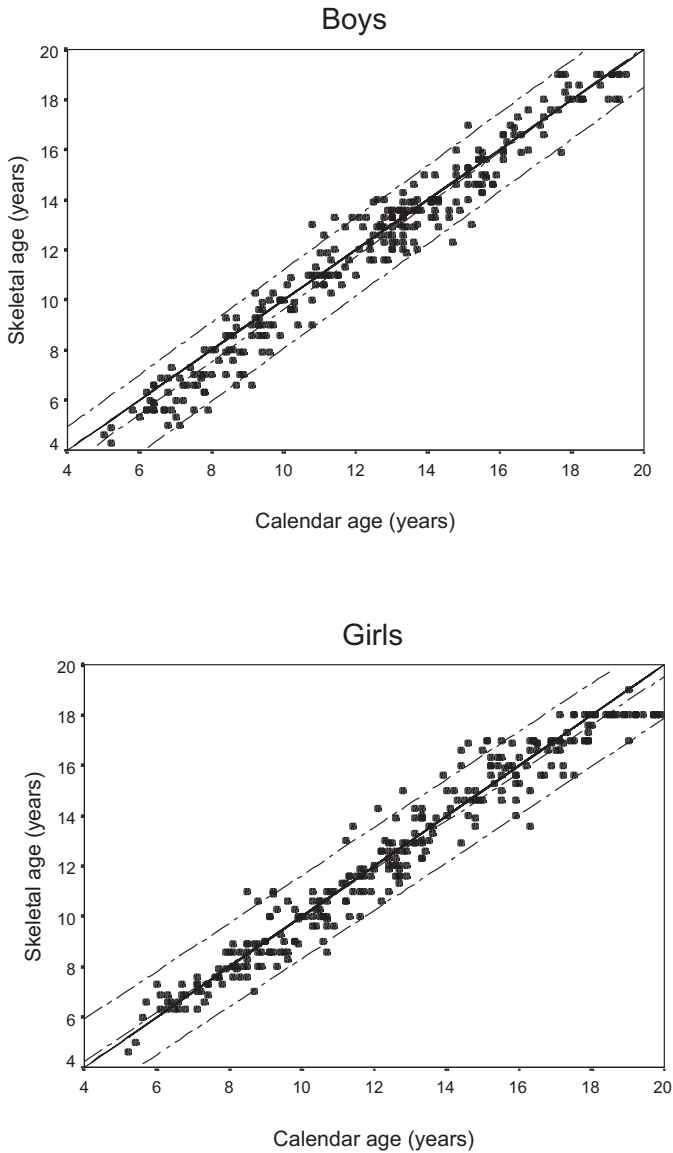
*Methode volgens Risser.* Deze methode, waarbij de skeletleeftijd wordt bepaald aan de hand van de ossificatie van de apofyse van het os ilium, wordt alleen gebruikt bij de behandeling van scoliose.

*Methode volgens Kreitner.* De epifysairschijf van de mediale epifyse van de clavicula is de laatste die sluit. Als deze gesloten is, is patiënt zeker ouder dan 21 jaar. Deze methode word veel gebruikt bij juridische procedures.

**Pasgeborenen.** Bij prenataal onderzoek is echografie de beste methode om de ontwikkeling van het kind te volgen. Na de geboorte worden röntgenfoto's gemaakt van calcaneus en knie.

**Zuigelingen.** Op zuigelingenleeftijd worden drie methoden gebruikt: die van Tanner en Whitehouse, die van Greulich en Pyle en die van Hoerr.

**Oudere kinderen.** In Nederland wordt, net als in de rest van de westerse wereld, de methode volgens Greulich en Pyle het meest toegepast. Omdat de referentiepopulatie stamt uit de periode tussen 1931 en 1943 en uit één stad (Cleveland, Ohio) en één (bovengemiddelde) sociale klasse afkomstig is, is het de vraag of de methode nu nog valide is. Door het verschuiven van de menarche, de toegenomen eindlengte en de betere sociaal-economische omstandigheden verloopt de skeletontwikkeling tegenwoordig mogelijk sneller. Het lijkt er echter op dat de methode in een hedendaagse blanke populatie nog steeds goed toe-



**Figuur 10-6.** Skeletleeftijd volgens Greulich en Pyle, uitgezet tegen de kalenderleeftijd; Nederlandse kinderen, 1999. **Boven:** jongens; **onder:** meisjes.

pasbaar is (Figuur 10-6). Voor wetenschappelijk onderzoek wordt vooral gebruik gemaakt van de methode volgens Tanner en Whitehouse.

## Afwijkende botdichtheid

Bij metabole en endocrinologische aandoeningen kan de mate van kalkhoudendheid van het skelet of botdichtheid (*bone mineral density*, BMD) afwijkend zijn. Afgenomen BMD (osteopenie) komt voor bij rachitis, primaire en secundaire hyperparathyreoïdie en vitamine C-deficiëntie (scheurbuik), maar ook bij inactiviteit. Toegenomen BMD (osteosclerose) kan optreden bij hypervitaminose A en D, loodintoxicatie en osteopetrose, maar ook bij syndromen als pycnodysostose en hyperostosis corticalis generalisata (endosteale hyperostose).

In veel gevallen kan de diagnose al worden gesteld op de röntgenfoto van de hand; eventueel worden nog opnamen gemaakt van de rest van het skelet. Soms is het echter wenselijk om de BMD te kwantificeren, zoals wanneer verwacht wordt dat deze door een bepaalde interventie gaat veranderen. Bij behandeling met corticosteroiden bijvoorbeeld kan daling van de BMD optreden, bij groeihormoonbehandeling toename van de BMD.

**Methodiek.** Er zijn verschillende technieken beschikbaar voor bepaling van de BMD.

*Radiografische absorptiometrie.* Bij deze techniek, vooral populair in Japan, wordt gebruik gemaakt van röntgenfoto's van de hand. De röntgenologische dichtheid van het bot wordt vergeleken met die van een tegelijk gefotografeerde aluminium wig. Het voordeel van deze methode is, dat tegelijk de skeletleeftijd kan worden bepaald.

*Kwantitatieve echografie.* Voor kwantitatieve echografie zijn meerdere apparaten verkrijgbaar, meestal gericht op meting van de calcaneus. Bij de meting worden de signaalsnelheid (*speed of sound*) en de verzwakking van de amplitude van het geluidssignaal (*broadband ultrasound attenuation*) bepaald. In feite wordt niet zozeer de BMD bepaald als wel de uitkomst van bepaalde structurele parameters. Voordat de techniek bij kinderen kan worden toegepast, is meer onderzoek nodig.

*Dual energy X-ray absorptiometry.* Bij deze techniek (DXA of DEXA) wordt gebruik gemaakt van de verzwakking van het röntgensignaal tijdens de passage door bot. Doordat op twee energieniveaus wordt gemeten en er slechts met twee structuren rekening wordt gehouden, bot en niet-bot, kan de botdichtheid worden berekend, uitgedrukt in  $g/cm^2$ . Voor omrekening naar een volumemaat wordt aangenomen dat wervellichamen cilindrisch zijn; men krijgt dan de "ken-

nelijke" (*apparent*) BMD of BMAD. Voor gebruik bij kinderen zijn de voordelen van deze techniek dat de stralingsbelasting relatief laag is en dat de meting redelijk snel uitvoerbaar is. Het blijkt echter dat de grote veranderingen van het percentage lichaamsvet die bij groei optreden, invloed hebben op de metingen. Net als bij radiografische absorptiometrie en kwantitatieve echografie wordt bij DXA zowel trabeculair als corticaal bot in de meting betrokken.

*Kwantitatieve CT.* Het gebruik van kwantitatieve CT voor BMD-bepaling is in Nederland, zeker voor kinderen, nog ongebruikelijk. In de Verenigde Staten zijn inmiddels al enkele grotere studies verricht. Het grote voordeel van deze techniek is, dat specifieke volumetrische meting van het trabeculaire bot in de wervelkolom mogelijk is. Doordat dit een relatief groot botoppervlak betreft, zijn veranderingen in de BMD snel en betrouwbaar vast te stellen. Bovendien is groei geen storende factor. Het nadeel van kwantitatieve CT is de relatief grote stralingsbelasting.

**Pasgeborenen.** Bij sommige prematuren wordt in de eerste levensweken een verhoogde BMD gevonden; als deze niet gepaard gaat met afwijkende waarden bij klinisch-chemisch onderzoek, worden ze als normaal beschouwd. Osteopenie treedt bij prematuren snel op door inactiviteit, insufficiënte voeding en zeer



**Figuur 10-7.** Links: conventionele röntgenopname van knie van patiënt met rachitis. Let op de valgusstand. Rechts: idem, normale knie.

hoog botmetabolisme. Vooral bij bronchopulmonale dysplasie en behandeling met diuretica kan rachitis ontstaan. Op foto's van het kniegewricht, een relatief groot gewricht met zeer hoge metabole activiteit, zijn de typische afwijkingen van rachitis het eerst zichtbaar.

**Zuigelingen en oudere kinderen.** Rachitis kan op handfoto's worden gediagnosticeerd. Aanvankelijk is lichte verwijding van de groeischijf zichtbaar, achtereenvolgens gevolgd door rafelige begrenzing van de metafyse, verbreding van de metafyse en het ontstaan van concave contouren van de metafyse. In een later stadium treden ook standsafwijkingen op (Figuur 10-7). Voor de diagnostiek van renale osteodystrofie voldoet een handfoto eveneens, mits deze met hoge resolutie is gemaakt.

## Literatuur

Gilsanz V. Bone density in children: a review of the available techniques and indications.

*Eur J Radiol* 1998;26:177-82.

Ozonoff MB. *Pediatric orthopedic radiology*. 2e druk. Philadelphia: W.B. Saunders, 1992.

Reed MH (red). *Pediatric skeletal radiology*. Baltimore: Williams and Wilkins, 1992.

# Hoofdstuk 11

## CENTRAAL ZENUWSTELSEL

*F.J.A. Beek*

### Inleiding

Met de opkomst van moderne onderzoekstechnieken als CT en MRI heeft de neuroradiologie een grote ontwikkeling doorgemaakt. In dit hoofdstuk wordt de plaats van de verschillende technieken besproken bij de evaluatie van specifieke neurologische symptomatologie. Verder komen enkele typische radiologische bevindingen aan bod.

**Conventionele röntgenopnamen.** Deze zijn in de kinderneuroradiologie van beperkte waarde. Schedelfoto's komen in aanmerking bij vormafwijkingen van de schedel, bij verdenking op een tumor van de schedelbeenderen en soms na een trauma. Wervelkolomfoto's worden vervaardigd bij aangeboren afwijkingen van de wervelkolom, scoliose en trauma en bij vermoeden op infectie of tumor in geval van rugpijn.

**Echografie.** Echografie van de schedelinhoud is van groot belang voor de diagnostiek van ischemische en hemorragische afwijkingen bij prematuren en in mindere mate bij atermen pasgeborenen. Echografie is verder van nut bij het uitsluiten of aantonen van hydrocefalie en de follow-up ervan. De plaats van echografie bij de diagnostiek van aangeboren hersenafwijkingen is minder duidelijk. Bij kinderen met geringe verdenking op aangeboren hersenafwijkingen kan men op grond van normaal echografisch onderzoek beslissen om van verdere diagnostiek af te zien. Bij sterke verdenking op afwijkingen wordt echter vrijwel altijd MRI verricht, onafhankelijk van de uitslag van de echografie.

Bij pasgeborenen is echografie van de wervelkolom goed mogelijk. Bij kinderen met aangeboren afwijkingen die geassocieerd zijn met occult spinaal dysrafisme, kan de anatomie van de wervelkolom echografisch worden onderzocht. Bij sterke verdenking op afwijkingen moet echter ook MRI worden verricht.

**Computertomografie.** CT heeft de voorkeur boven MRI bij kinderen die niet goed stil kunnen blijven liggen of bij wie de vitale functies goed moeten worden bewaakt. De scantijd is bij CT ongeveer 1 min, bij MRI 20 tot 40 min. CT van het hoofd wordt vooral verricht bij kinderen met acute aandoeningen van schedel en schedelinhoud, zoals trauma, bloeding, infarct, vermoeden op acuut hersenoedeem, vermoeden op abcesvorming bij meningitis, pompdysfunctie bij hydrocefalie en postoperatieve complicaties. Met CT-angiografie kunnen afwijkingen van de grotere intracranieële vaten worden aangetoond. CT van de wervelkolom wordt gebruikt bij vermoeden op wervelfracturen of -luxaties en bij ingewikkelde congenitale misvormingen van de rug die met conventionele opnamen niet goed kunnen worden afgebeeld.

**Kernspintomografie.** MRI is inmiddels onmisbaar bij de diagnostiek van intracranieële afwijkingen. De contrastverschillen tussen witte en grijze stof zijn veel hoger dan bij CT, opnamen zijn mogelijk in ieder willekeurig vlak en tot op zekere hoogte is weefselypering mogelijk. Bovendien maakt MRI ook andere manieren van beeldvorming mogelijk, zoals angiografie, spectroscopie en de evaluatie van diffusie en perfusie. MRI wordt toegepast bij vrijwel alle niet-acute neurologische aandoeningen waarvoor beeldvormende diagnostiek nodig is.

## Prematuren

De beeldvormende diagnostiek van het hoofd richt zich bij prematuren in de eerste plaats op ischemisch-hemorragische aandoeningen en verder op aanlegstoornissen. Echografie komt daarvoor als eerste in aanmerking, gevolgd door MRI. Met gebruik van een voor MRI geschikte couveuse en onder bewaking van de vitale functies is MRI bij prematuren goed mogelijk. Ontbreken de faciliteiten daarvoor, dan kunnen bloedingen bij onduidelijke uitkomst van de echografie eventueel worden bevestigd met CT.

Bij echografie van de schedelinhoud wordt de grote fontanel als venster gebruikt. De opnamen worden zowel gemaakt in het coronale als in het sagittale vlak. De grootte van het ventrikelsysteem is gemakkelijk te bepalen. Ook corpus callosum en basale kernen zijn goed te onderzoeken. Echografie is echter minder geschikt voor evaluatie van afwijkingen in de achterste schedelgroeve en aan de convexiteit en van migratiestoornissen.

**Intracerebrale bloedingen.** Echografie heeft een vaste plaats bij de screening van prematuren op intraventriculaire bloedingen en periventriculaire leukomalacie (PVL). Het onderzoek wordt enkele dagen na de geboorte (eventueel eer-



**Tabel 11-1. Indeling van intraventriculaire bloedingen bij prematuren**

GRAAD	KENMERKEN
1	Beperkt tot de subependymale matrix
2	Doorgebroken in de zijventrikel Minder dan 50% van het ventrikellumen opgevuld Geen acute ventrikeldilatatie
3	Doorbraak in de zijventrikel Acute ventrikeldilatatie doordat meer dan 50% van het lumen van een of beide zijventrikels is opgevuld
4	Bloeding graad 1, 2 of 3 Bloeding in het periventriculaire hersenweefsel

der) voor het eerst verricht en de eerste maand wekelijks herhaald. Bloedingen ontstaan in de germinale matrix, een rijk gevasculariseerde weefsellaag die vanaf de 16e postconceptionele week in de wand van de zijventrikel ligt en na de 34e week nog aanwezig is in de groeve tussen nucleus caudatus en thalamus. Bloedingen ontstaan vooral door hypoxie, acidose en bloeddrukschommelingen, meestal in de eerste drie levensdagen. Ze komen dan ook vooral voor bij sterk premature kinderen en kinderen met een geboortegewicht onder 1500 g. De bloedingen worden gegradueerd naar ernst en uitbreiding (Tabel 11-1). De parenchymafwijkingen bij graad 4-bloedingen berusten waarschijnlijk niet op doorbraak van de subependymale bloeding, maar op een veneus infarct. Dit zou ontstaan doordat de bloeding obstructie veroorzaakt van de afvoerende venen in het hersenweefsel.

Bloedingen in de caudothalamische groeve zijn echografisch te herkennen als echogene laesies. Intraventriculaire bloedstolsels zijn aanvankelijk echogeen en lossen in enkele weken op. Oudere stolsels zijn echoarm met een echogene rand. Na een intraventriculaire bloeding kan de ventrikelwand echogeen zijn. Een parenchymateuze bloeding is aanvankelijk echogeen. In de loop van enkele weken wordt de laesie echoarm en vormt zich een cyste, die later kan versmelten met de zijventrikel (porencefale cyste); uiteindelijk kan een onregelmatige ventrikelwand resteren.

**Hydrocefalie.** Intraventriculaire bloedingen kunnen leiden tot hydrocefalie. Deze complicatie is echografisch zichtbaar voordat zich klinische verschijnselen voordoen. De zijventrikels worden forser, met vooral bollere voorhoornen, en de

derde ventrikel wordt wijder. Met echografie kan men zowel het beloop van de hydrocefalie als het effect van therapie vervolgen.

**Periventriculaire leukomalacie.** PVL is het gevolg van infarcering van de periventriculaire witte stof. De gevolgen op lange termijn kunnen ernstig zijn. Op den duur kunnen bijvoorbeeld diplegie, blindheid en achterstand in de intellectuele ontwikkeling ontstaan. Echografie toont aanvankelijk toegenomen echogeniciteit van de periventriculaire witte stof, vooral pariëto-occipitaal, minder frequent frontaal. Deze kan na enkele weken restloos verdwijnen of overgaan in cystische degeneratie van de aangedane witte stof (Figuur 11-1). Ook de cysten verdwijnen op den duur. Het eindstadium van ernstige PVL is een licht verwijde ventrikel met een onregelmatige wand en volumeverlies van de witte stof. Periventriculaire cystische afwijkingen kunnen ook ontstaan door germinolyse. Dergelijke cysten komen echter niet boven de bovenzijde van de zijventrikel uit en zijn daardoor te onderscheiden van de cysten van PVL.

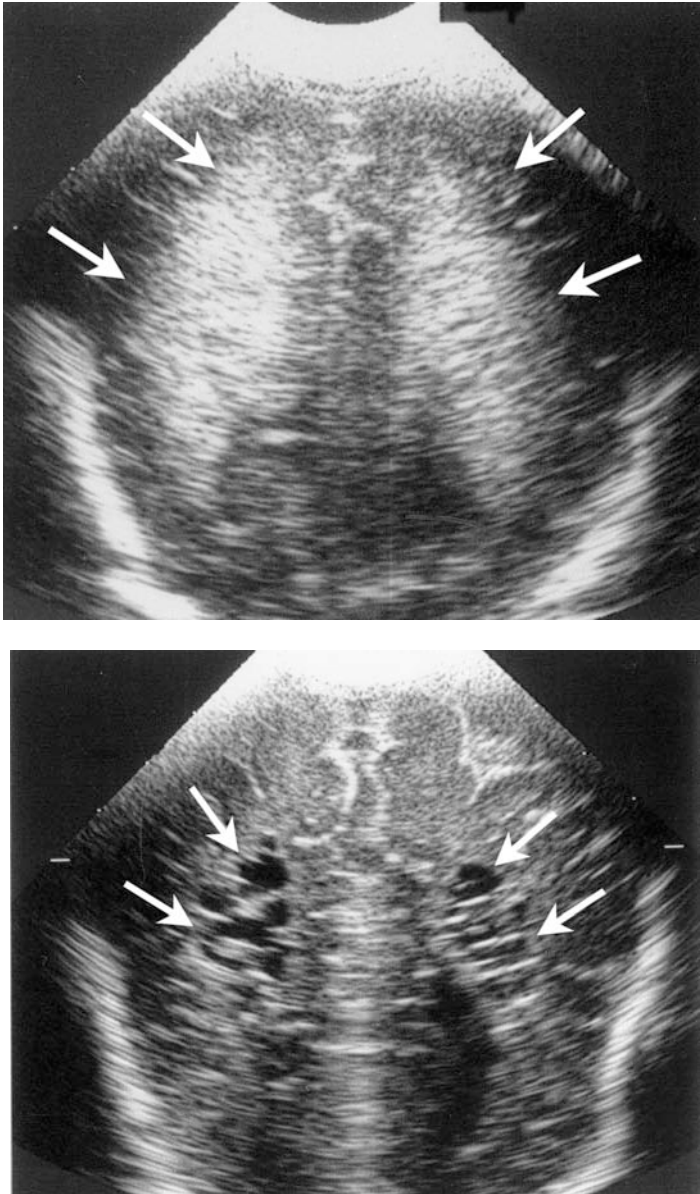
Bij oudere kinderen kan het beeld van doorgemaakte PVL goed worden waargenomen met MRI. Men ziet verwijde zijventrikels en vermindering van de hoeveelheid witte stof, terwijl de grijze stof relatief intact is. De afwijkingen zijn het meest uitgesproken in de pariëto-occipitale en frontale gebieden. Op T2-gewogen opnamen is een hoge signaalintensiteit zichtbaar rond de zijventrikels, passend bij gliose.

## Aterme pasgeborenen

Bij asfyctische aterme pasgeborenen kan echografie worden gebruikt voor het vaststellen van intracranieële afwijkingen. Deze hebben een andere locatie dan bij prematuren. Ischemische gebieden zijn echogeen; ze bevinden zich in de basale kernen en in de subcorticale gebieden. Ook bloedingen kunnen echografisch worden vastgelegd, maar subdurale bloedingen aan de convexiteit en rond het tentorium zijn lastig aantoonbaar. CT en MRI kunnen vaak meer inzicht verschaffen.

## Aanlegstoornissen

Aanlegstoornissen worden ingedeeld naar het embryologische proces waarin de stoornis is opgetreden. Men onderscheidt stoornissen in dorsale inductie, ventrale inductie, neuronale proliferatie en differentiatie en neuronale migratie en sulcusvorming. Soms wijst het klinische beeld al op de aanwezigheid van een



**Figuur 11-1. Boven:** echografie van de hersenen in het coronale vlak. Snede net posterieur van de zijventrikels. Sterk echogene witte stof (pijlen).  
**Onder:** echografie drie weken later. Uitgebreide cystevorming in de aangedane gebieden. Het beeld past bij periventriculaire leukomalacie.

aanlegstoornis. Met uitzondering van de basale encefalokèle zijn encefalokèles meestal zichtbaar als zachte massa op het hoofd. Bij holoprosencefalie zijn meestal gelaatsafwijkingen aanwezig en neurocutane syndromen gaan vaak gepaard met fibromen, adenoma sebaceum, café-au-lait-vlekken, wijnvlekken of andere huidafwijkingen.

Aanlegstoornissen worden in principe onderzocht door middel van MRI. Door het grote contrast tussen grijze en witte stof zijn met MRI ook subtiele migratiestoornissen duidelijk zichtbaar. Bij pasgeborenen kan echografie het eerste onderzoek zijn, maar als de klinische verdenking op een aanlegstoornis groot is en het echografisch onderzoek normaal, wordt alsnog MRI verricht. Ook bij afwijkende echografie is MRI nodig voor het opsporen van bijkomende afwijkingen.

**Stoornissen in de dorsale inductie.** De hieronder vallende stoornissen lopen uiteen van anencefalie tot een kleine sinus in de huid. Encefalokèles zijn schedeldefecten waaruit hersenvliezen en eventueel hersenweefsel puilen. Occipitale encefalokèles komen het meest voor. Meestal wordt vóór de operatieve correctie MRI verricht om de inhoud van de encefalokèle in beeld te brengen en om de plaats van de sinus durae te bepalen.

Ook het syndroom van Chiari berust op een stoornis in de dorsale inductie. Van de drie typen die worden onderscheiden, komen de typen 1 en 2 het meest voor. Bij type 1, ook bekend als Arnold-Chiari-malformatie, liggen de cerebellaire tonsillen en de vermis onder het achterhoofdsgat. Type 2, vrijwel altijd voorkomend in combinatie met myelomeningokèle, is een complexe aandoening met kleine fossa posterior, naar caudaal en craniaal uitpuilend cerebellum, concave achterzijde van de ossa petrosa, puntig tectum en hernatie van cerebellum en vermis door het achterhoofdsgat. Verder ligt de vierde ventrikel erg laag en is deze meestal nauwelijks meer te onderscheiden omdat hij uitgerekt en samengedrukt is en ligt de cervicomedullaire overgang vaak geknikt.

**Stoornissen in de ventrale inductie.** Het prosencefalon, de voorste van de drie vesikels waaruit de hersenen ontstaan, splitst zich aan het einde van de vierde postconceptionele week in telencefalon en diëncefalon. Het telencefalon vormt de cerebrale hemisferen en zorgt voor de ontwikkeling van putamen en nucleus caudatus. Dit gedeelte van de hersenen staat in nauwe relatie tot het aangezicht. Stoornissen in de ontwikkeling van het prosencefalon, leidend tot een vorm van holoprosencefalie, kunnen derhalve ook afwijkingen aan het gelaat veroorzaken. De ernstigste vorm van holoprosencefalie is de alobaire vorm. Hierbij wordt een grote cyste gevonden, omgeven door een ventraal niet gedeelde hersenmantel; de thalami zijn gefuseerd. In volgorde van ernst bestaan ver-

der de semilobaire vorm, de lobaire vorm, de septo-optische dysplasie en als mildste variant de agenesie van het septum pellucidum.

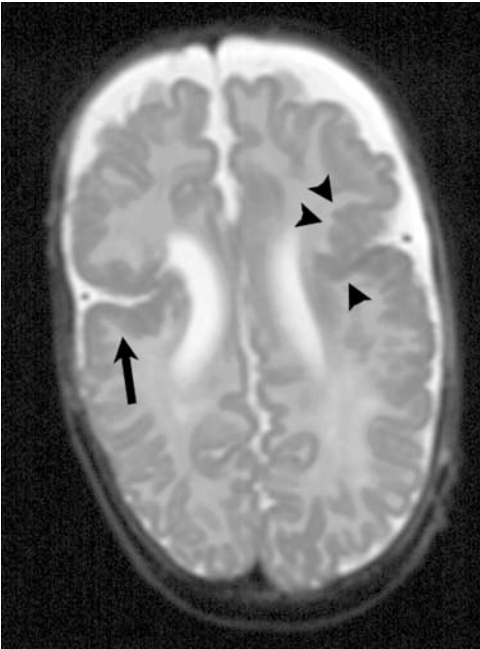
De klinische verschijnselen worden uiteraard bepaald door de ernst van de aanlegstoornis. Men kan mentale retardatie, convulsies, apneus en instabiele lichaamstemperatuur vinden. Vaak zijn gelaatsafwijkingen aanwezig, zoals hypotelorisme, cheilognathopalatoschisis en cyclopie. De afwijkingen kunnen het fraaiste worden vastgelegd met MRI.

**Stoornissen in neuronale proliferatie en differentiatie.** De belangrijkste aandoeningen in deze groep zijn de neurocutane syndromen, zoals neurofibromatose, tubereuze sclerose en het syndroom van Sturge-Weber. Deze kenmerken zich door de combinatie van afwijkingen aan het centraal zenuwstelsel en huidafwijkingen. De diagnose kan vaak worden gesteld op het klinische beeld. Beeldvormend onderzoek dient om de ernst van intracranieële en spinale afwijkingen vast te leggen en om progressie en complicaties te documenteren. MRI is de meest geschikte techniek.

**Tabel 11-2. Diagnostische kenmerken van stoornissen van neuronale migratie en sulcusvorming**

AFWIJKING	KLINISCHE BEVINDINGEN	BEVINDINGEN BIJ MRI
Schizencefalie	Mentale retardatie, hemiplegie, convulsies, spasticiteit	Schizis bekleed met grijze stof
Lissencefalie (a-, pachygyrie)	Motorische stoornissen, hypoactiviteit, voedingsproblemen	Dikke cortex, sulci schaars of ontbrekend
Heterotopieën	Retardatie, hemiplegie, convulsies	Abnormale locatie grijze stof
Polymicrogyrie (cortexdysplasie)	Afhankelijk van de ernst: motorische stoornissen, convulsies	Weinig, verdikte gyri, T2 verlengd
Afwijkingen corpus callosum <sup>1</sup>	Afhankelijk van de geassocieerde afwijkingen; geïsoleerde agenesie kan asymptomatisch zijn	Corpus callosum (deels) afwezig, parallelle zijventrikel, hoge derde ventrikel, soms lipoom

<sup>1</sup>: Afwijkingen ook zichtbaar bij echografie.



**Figuur 11-2.** MRI bij ex-premaatuur, nu drie maanden oud. Bij echografie werd een afwijkend aspect van het cerebrum waargenomen. Deze transversale opname toont een dunne liquorspleet (pijl) tussen perifere liquorruimte en zijventrikel, bekleed met grijze stof (die op deze pulssequentie bij zuigelingen donkerder is dan de witte stof). Aan de contralaterale zijde een gebied met te dikke grijze stof (pijlpunten). Dit past eveneens bij een aanlegstoornis, waarschijnlijk polymicrogyrie.

**Stoornissen in neuronale migratie en sulcusvorming.** De neuronen migreren tussen de 3e en de 5e maand van de subventriculaire gebieden naar de cortex. Dit proces geschiedt volgens een vast patroon. Gyri en sulci ontstaan in de 6e en 7e maand na de conceptie. Een overzicht van kliniek en meest opvallende afwijkingen wordt gegeven in Tabel 11-2. Ook bij deze aandoeningen heeft MRI de voorkeur (Figuur 11-2).

## Psychomotorische retardatie

Hoewel de oorzaak vaak niet kan worden achterhaald, kunnen aan psychomotorische retardatie uiteenlopende afwijkingen van het centrale zenuwstelsel ten grondslag liggen. Als de oorzaak gelegen is in aanlegstoornissen, restafwijkingen van een doorgemaakte infectie, perinatale hypoxie, traumata, operaties en radiotherapie, bestaat er vaak een stabiele eindsituatie; de therapie is gericht op begeleiding en verbetering van bepaalde functies.

Ook toxische, metabole en neurodegeneratieve aandoeningen kunnen psychomotorische retardatie veroorzaken. Deze worden hier nader besproken. Het zijn doorgaans erfelijke aandoeningen met een progressief ziektebeloop, waarvoor soms effectieve therapie beschikbaar is. Het stellen van de juiste diag-

nose is dan dus van groot belang voor erfelijke advisering en behandeling. De klinische presentatie van deze kinderen wordt bepaald door het hersenweefsel dat primair is aangedaan. Corticale grijzestofaandoeningen veroorzaken meestal epilepsie, gezichtsverlies en vroege dementie, diepe grijzestofaandoeningen chorea, athetose en dystonie, en wittestofaandoeningen spasticiteit, hyperreflexie en ataxie. Adequate klinische informatie is derhalve minstens zo belangrijk als juiste interpretatie van het beeldvormend onderzoek.

**Mechanisme van hersenbeschadiging.** Metabole en neurodegeneratieve aandoeningen worden veroorzaakt door een (genetisch bepaald) defect in een biochemisch mechanisme. Doorgaans betreft het defecten van enzymen en transporteiwitten, leidend tot abnormale metaboliëverwerking. Het resultaat is tekort aan of stapeling van een metabolië, met schade aan het hersenweefsel als gevolg. Exogene toxinen kunnen na inhalatie of ingestie schade veroorzaken via een vergelijkbaar mechanisme.

**Beeldvormende diagnostiek.** MRI, eventueel aangevuld met MR-spectroscopie, heeft vrijwel steeds de voorkeur. Soms is aanvullende diagnostiek met CT nuttig om verkalkingen aan te tonen, bijvoorbeeld bij doorgemaakte cytomegalie. SPECT en PET hebben slechts een klein indicatiegebied, waaronder bepaalde metabole aandoeningen van de grijze stof.

Toxische, metabole en neurodegeneratieve aandoeningen manifesteren zich meestal door specifieke symptomen, zoals epileptische aanvallen, spasticiteit en ontwikkelingsachterstand. De uitkomsten van de beeldvormende diagnostiek zijn dan ook vaak bepalend voor het verdere klinische beleid en de biochemische analyse. Veel van deze aandoeningen gaan overigens later in het ziektebeloop op elkaar lijken, zodat beeldvormend onderzoek bij voorkeur vroeg in het beloop van de ziekte plaatsvindt. Als eerste stap moet aan de hand van de MRI-beelden worden bepaald of de aandoening primair de grijze stof, de witte stof of beide aantast.

**Grijzestofaandoeningen.** Bij de grijzestofaandoeningen onderscheidt men twee groepen aandoeningen (Tabel 11-3). Bij de aandoeningen die primair de corticale grijze stof aantasten toont MRI vaak cortexatrofie en verwijding van de sulci. De aandoeningen die primair de diepe grijze stof (basale ganglia) aantasten, gaan in de acute fase meestal gepaard met zwelling van de diepe grijze stof, verlaagde signaalintensiteit op de T1-gewogen opnamen en verhoogde signaalintensiteit op de T2-gewogen opnamen. In een latere fase ontstaat vaak atrofie van de aangedane structuren, waardoor de signaalintensiteit op de T2-gewogen opnamen afneemt.

**Tabel 11-3. Primaire grijzestofaandoeningen<sup>1</sup>**

CORTICALE GRIJZE STOF	DIEPE GRIJZE STOF	
	STRIATUM	GLOBUS PALLIDUS
Neuronale ceroïd- lipofuscinose	Ziekte van Leigh MELAS-syndroom <sup>2</sup>	Methylmalonacidemie Koolmonoxide-intoxicatie
Mucopoliposen GM1-gangliosidose	Ziekte van Huntington (juvenile vorm) Propionacidurie Hypoglykemie (buiten neonatale periode)	Kernicterus Ziekte van Hallervorden- Spatz

<sup>1</sup>: Ontleend aan Barkovich AJ (2000).

<sup>2</sup>: *Mitochondrial encephalomyopathy, lactic acidosis, and stroke-like episodes.*

Bij de primaire grijzestofaandoeningen leidt degeneratie van de bij de grijze stof behorende axonen op den duur secundair tot aantasting van de witte stof. Er ontstaat volumeverlies van de witte stof, met mild tot matig verhoogde signaalintensiteit op de T2-gewogen opnamen. Deze afwijkingen zijn vaak minder uitgesproken dan bij de primaire wittestofaandoeningen en kunnen er vroeg in de ziekte goed van worden onderscheiden.

**Wittestofaandoeningen.** Aandoeningen die primair de witte stof aantasten, tonen in de periode voor het volumeverlies meestal verlaagde signaalintensiteit op de T1-gewogen opnamen en verhoogde signaalintensiteit op de T2-gewogen opnamen (Figuur 11-3). Soms neemt de witte stof in de vroege fase zelfs toe in volume. Veel primaire wittestofaandoeningen beginnen focaal, met geleidelijke uitbreiding naar aanliggende gebieden. Uiteindelijk treedt dan destructie op van het hersenweefsel, met necrose en holtevorming van het aangedane hersenweefsel en secundaire dilatatie van de ventrikels. Bij onder andere de ziekte van Pelizaeus-Merzbacher en bepaalde leukodystrofieën, aminoacidopathieën en organische acidopathieën ontbreekt bovendien de myelinisatie. Zie voor een overzicht Tabel 11-4.

Bij sommige aandoeningen is het patroon van de afwijkingen in de witte stof aspecifiek, met bijvoorbeeld diffuse aantasting van oppervlakkige en diepe witte stof of asymmetrische aantasting. Vergelijkbare aspecifieke wittestofafwijkingen kunnen overigens worden veroorzaakt door bepaalde infecties, collageenziekten, zoals systemische lupus erythematoses, en demyeliniserende aandoeningen, zoals multipale sclerose en acute gegeneraliseerde encefalomyelitis.



**Tabel 11-4. Primaire wittestofaandoeningen<sup>1</sup>**

SUBCORTICALE WITTE STOF	DIEPE WITTE STOF
<b>Macrocefalie</b>	<b>Thalamus afwijkend</b>
Ziekte van Canavan Ziekte van Alexander <i>Vanishing white matter syndrome</i>	Ziekte van Krabbe
<b>Normale schedelomvang</b>	<b>Normale thalamus</b>
Galactosemie	Peroxisomale aandoeningen Metachromatische leukodystrofie Fenylketonurie Syndroom van Löwe <i>Maple syrup urine disease</i>

<sup>1</sup>: Ontleend aan Barkovich JA (2000).



**Figuur 11-3.** MRI bij een 9-jarige jongen met gedragsstoornissen en toegenomen pigmentatie van de huid. De opname toont een gebied met versterkt signaal in het splenium van het corpus callosum (pijl) en rond de achterhoornen van de zijventrikels. Het beeld past bij geslachtsgebonden adrenoleukodystrofie.

**Aandoeningen van grijze en witte stof.** De aandoeningen die grijze en witte stof tegelijk aantasten, kunnen worden onderscheiden in aandoeningen die alleen de cerebrale cortex aantasten en aandoeningen die (ook) de diepe grijze stof aantasten (Tabel 11-5). Bij aantasting van de corticale grijze stof moet ook worden gelet op skeletafwijkingen; de combinatie van grijzestofaantasting met skeletafwijkingen past bij primaire stapelingsziekten als de mucopolysaccharidosen. Als skeletafwijkingen ontbreken, kan de aanwezigheid van corticale dysplasie (pachygyrie, polymicrogyrie) wijzen op congenitale spierdystrofie en congenitale cytomegalie.

**Tabel 11-5. Aandoeningen van zowel grijze als witte stof<sup>1</sup>**

WITTE EN CORTICALE GRIJZE STOF	WITTE EN DIEPE GRIJZE STOF
<b>Normaal skelet, cortexdysplasie</b>	<b>Primaire afwijking thalamus</b>
Congenitale spierdystrofie	Ziekte van Krabbe GM1- en GM2-gangliosidose
<b>Idem, geen cortexdysplasie</b>	<b>Primaire afwijking globus pallidus</b>
Ziekte van Alpers Ziekte van Menke	Ziekte van Canavan Syndroom van Kearns-Sayre Methylmalonacidemie L-2-hydroxyglutaaraciduria <i>Maple syrup urine disease</i> Koolmonoxide-intoxicatie
<b>Abnormaal skelet</b>	<b>Primaire afwijking striatum</b>
Mucopolysaccharidosen Vetstapelingsziekten Peroxisomale aandoeningen	Ziekte van Leigh MELAS-syndroom Ziekte van Wilson Organische acidemieën Syndroom van Cockayne Toxinen (onder andere cyanide)

<sup>1</sup>: Ontleend aan Barkovich JA (2000).

Als (ook) de diepe grijze stof is aangetast, is de primaire lokalisatie in thalamus, globus pallidus of striatum (putamen en nucleus caudatus) de belangrijkste discriminerende factor. In de differentiaaldiagnose horen ook niet-metabole aandoeningen thuis als neonatale asfyxie (posterieur putamen, thalamus), asfyxie na de neonatale periode (striatum), CO-intoxicatie (globus pallidus) en andere intoxicaties (striatum).

## Epilepsie

Of bij epilepsie beeldvormende diagnostiek in aanmerking komt, is allereerst afhankelijk van het type epilepsie. Ook de te kiezen techniek hangt daarvan af (Tabel 11-6). Met beeldvormend onderzoek wordt slechts bij ongeveer 1% van de kinderen een laesie gevonden waarvoor dusdanige behandeling mogelijk is dat de patiënt zonder medicatie aanvalsvrij is. Soms kan beeldvormend onderzoek nodig zijn om een hersentumor uit te sluiten (in 1% van de gevallen verantwoordelijk voor de epilepsie), maar ook het vaststellen van de afwezigheid van aantoonbaar letsel kan van belang zijn, als de ouders daardoor kunnen worden gerustgesteld. Niet-neoplastische oorzaken die bij beeldvormend onderzoek kunnen worden aangetoond, zijn congenitale afwijkingen zoals corpus callosum-agenesie en migratiestoornissen (3%) en posttraumatische (4%), postinfectieuze (3%) en postischemische (6%) laesies. In totaal heeft ruim tweederde van de kinderen met epilepsie een idiopathische vorm.

**Neonatale convulsies.** Welke vorm van beeldvormende diagnostiek wordt gebruikt bij neonatale convulsies, hangt af van de postconceptionele leeftijd van het kind. Bij prematuren, bij wie de meest waarschijnlijke oorzaak bloeding of ischemie is, ligt echografie het meest voor de hand. Tegenwoordig behoort ook MRI tot de mogelijkheden; met spectroscopie kunnen de gevolgen van hypoxie wellicht eerder en nauwkeuriger worden vastgesteld. Bij atermen pasgeborenen zijn convulsies meestal het gevolg van ischemie of hypoglykemie. Bij hen is CT waarschijnlijk betrouwbaarder dan echografie, maar als MRI mogelijk is, heeft deze de voorkeur.

**Epilepsie bij oudere kinderen.** MRI is bij epilepsie als regel de meest aangewezen techniek. Bij status epilepticus en bij verdenking op een hersentumor met hydrocefalie wordt de voorkeur gegeven aan CT. Overigens is status epilepticus geen reden voor acute diagnostiek; de kans dat een afwijking wordt vastgesteld die invloed heeft op de behandeling, is zeer klein. De grootste kans op het vinden van afwijkingen bestaat bij focale (partiële) epilepsie. Absences behoeven

**Tabel 11-6. Beeldvormende diagnostiek bij epilepsie**

TYPE EPILEPSIE	ONDERZOEK GEWENST	TECHNIEK	MOGELIJKE BEVINDINGEN
Focaal (partieel)	+++	MRI	Aanlegstoornissen Laesies als laat gevolg van trauma, infectie of ischemie
Gegeneraliseerd	++	MRI	Idem
Absences	-		
Status epilepticus	+	CT	Zelden oorzaak
Convulsies bij prematuren	++	Echografie	Bloeding, ischemie
Convulsies bij aterme pasgeborenen	++	CT, (MRI, echografie)	Bloeding, ischemie
Syndromen met epilepsie	+++	MRI	Neurofibromatose Tubereuze sclerose Migratiestoornissen Metabole afwijkingen

geen beeldvormende diagnostiek. Als bij een patiënt met absences een laesie wordt gevonden, is de kans groot dat het een niet-gerelateerde toevalsbevinding betreft. Hetzelfde geldt voor koortsconvulsies.

## Hydrocefalie

Hydrocefalie kan op drie manieren ontstaan: door aanlegstoornissen van het centrale zenuwstelsel, door obstructie van de liquorafvoer en door verlies van hersenweefsel.

**Aanlegstoornissen.** Congenitale afwijkingen kunnen ventrikelverwijding veroorzaken. Het meest bekend is het syndroom van Chiari type 2 bij spina bifida. Door een aanlegstoornis zijn (vooral) de achterhoornen verwijld. Na het sluiten van het defect verergert de uitzetting meestal. Andere aanlegstoornissen die gepaard gaan met ventrikelverwijding zijn holoprosencefalie, hemimegalencefalie en corpus callosum-agenesie.

**Obstructieve hydrocefalie.** De oorzaken van obstructieve hydrocefalie zijn afhankelijk van de leeftijd. Bij prematuren is de oorzaak meestal posthemorragi-

sche obstructie na intraventriculaire bloeding. Bij atermere pasgeborenen wordt vaak een aqueductstenose gevonden, waarvan de oorzaak niet altijd duidelijk is. Ook gestoorde resorptie aan de convexiteit kan hydrocefalie veroorzaken. Tenslotte kan hydrocefalie nog het gevolg zijn van verhoogde veneuze druk, bijvoorbeeld door sinustrombose. Bij oudere kinderen kan de hydrocefalie meerdere oorzaken hebben, waaronder infecties en hersentumoren.

**Niet-obstructieve hydrocefalie.** Niet-obstructieve hydrocefalie ontstaat door het zogenaamde *ex vacuo*-fenomeen. Door verlies van hersenweefsel treedt compensatoir verwijding van de ventrikels op. De oorzaak kan zijn gelegen in infectie, hypoxie, metabole stoornissen en posttraumatische afwijkingen.

**Beeldvormende diagnostiek.** Deze speelt bij hydrocefalie zowel een rol bij de initiële diagnostiek als bij de follow-up. Het vervolgen van de ernst van de hydrocefalie is betrekkelijk eenvoudig. Bij kinderen met een open grote fontanel kunnen veranderingen in de omvang van de ventrikels meestal goed worden vastgelegd met echografie. Bij zeer kleine of gesloten fontanel gebruikt men daarvoor CT. De initiële diagnostiek vereist echter nauwkeurige beeldvorming, bij voorkeur in meerdere richtingen; MRI is daarvoor het meest geschikt.

CT heeft de voorkeur bij acute verschijnselen van hydrocefalie. Daarmee kunnen infarcten, abcessen en posttraumatische contusiehaarden worden aangetoond. In eerste instantie is verwijding zichtbaar van de derde ventrikel en de temporale hoornen van de zijventrikels. Daarna zetten de zijventrikels ook verder uit. De vierde ventrikel wordt relatief gespaard. Verwijding van zijventrikels en derde ventrikel met normale of kleine vierde ventrikel past bij aqueductstenose. Normaal is aan de laterale onderzijde van de zijventrikels de impressie zichtbaar van de kop van de nucleus caudatus. Bij acute intraventriculaire drukverhoging verdwijnt deze impressie en wordt de gehele voorhoorn bol. Bij CT kan verder een hypodense zone rond de zijventrikels worden gezien, hetgeen wordt geduid als het "uitzweeten" van liquor in het hersenweefsel (subependymale liquorresorptie). Bij MRI is deze op T2-gewogen opnamen te zien als een zone met hoog signaal.

MRI wordt niet alleen gebruikt voor het opsporen van de oorzaak, maar ook ter voorbereiding van operatief ingrijpen. Bij hydrocefalie door een obstructie distaal van de derde ventrikel kan door endoscopische ventriculostomie een verbinding worden gemaakt met de basale cisternen. Preoperatief kan met MRI worden nagegaan hoeveel ruimte de endoscopist heeft om de fenestratie te maken. Hierbij is bepaling van de positie van de arteria basilaris van belang. Postoperatief kan men met MRI de doorgankelijkheid van de ventriculostomie evalueren.

## Acuut neurologisch beeld

Bij acute niet-traumatische neurologische uitval, zich manifesterend als acute hemiparese, peracute hoofdpijn of acute daling van het bewustzijn, moet in de eerste plaats worden gedacht aan een cerebrovasculair accident. In het acute stadium wordt CT verricht om te kunnen differentiëren tussen ischemie en bloeding.

**Bloeding.** Bloedingen zijn bij CT direct zichtbaar als een hyperdense massa. De diagnose is gemakkelijker te stellen met CT dan met MRI; met name subarachnoïdale bloeding is met MRI moeilijk vast te stellen. De bloeding is meestal subarachnoïdaal of parenchymateus. De oorzaak is doorgaans een niet eerder ontdekte vaatmisvorming, zoals aneurysma, arterioveneuze malformatie of arterioveneuze fistel. Stollingsstoornissen, bijvoorbeeld door vitamine K-deficiëntie, moeten worden uitgesloten.

Indien mogelijk, wordt CT gevolgd door CT-angiografie. Bij dit onderzoek wordt na intraveneuze contrasttoediening een serie dunne coupes van het hoofd gemaakt, waarna door manipulatie van de gegevens reconstructie van het lokale vaatstelsel mogelijk is. Als CT in de acute fase geen oorzaak voor de bloeding oplevert, kan in een later stadium MR-angiografie worden verricht. Mocht ook daarmee geen oorzaak worden aangetoond, dan kan conventionele angiografie worden gedaan. Dit is de voornaamste resterende indicatie voor angiografie bij kinderen.

**Infarct.** Bij kinderen komen infarcten weinig voor. Vaak kan de oorzaak worden achterhaald. Bij extracraniële aandoeningen, zoals hartafwijkingen met rechts-linksshunt en aneurysma dissecans bij het syndroom van Marfan of de ziekte van Takayasu, wordt het infarct veroorzaakt door embolie. Bij intracraniële oorzaken treedt trombose op als gevolg van bijvoorbeeld vasculitis, stollingsafwijkingen of moyamoya-ziekte.

In het allereerste stadium is het infarct bij CT niet aantoonbaar. Grote infarcten leiden na enkele uren tot zichtbare afwijkingen als zwelling van de hersenen met verstrijken van de sulci en vervaging van de grens tussen grijze en witte stof. Later wordt het geïnfarceerde gebied hypodens. Het kan meer dan 24 uur duren voordat kleine infarcten zichtbaar worden. In theorie zijn infarcten met MRI eerder aantoonbaar dan met CT, met name wanneer gebruik wordt gemaakt van MR-diffusie. In de praktijk wordt het gebruik van MRI in het acute stadium van een infarct beperkt door de noodzaak van intensieve bewaking van de patiënt.

## Schedeltrauma

**Fracturen.** Schedelletsels komen bij kinderen regelmatig voor. Over de noodzaak van beeldvormende diagnostiek (schedelfoto's) bij schedeltrauma lopen de meningen uiteen. Enerzijds zou bekendheid met de aanwezigheid van een fractuur inzicht geven in de ernst van het trauma en zo mede het beleid bepalen, anderzijds behoort het beleid in feite te worden bepaald door de neurologische toestand van de patiënt. Impressiefracturen, die redressie zouden behoeven om epilepsie te voorkomen, kunnen op een foto beter worden vastgesteld dan bij lichamelijk onderzoek, zeker wanneer het trauma een subgaleaal hematoom heeft opgeleverd. In elk geval is er geen indicatie voor schedelfoto's bij onbeduidende traumata, zoals een buil of hoofdwond zonder bewustzijnsverlies.

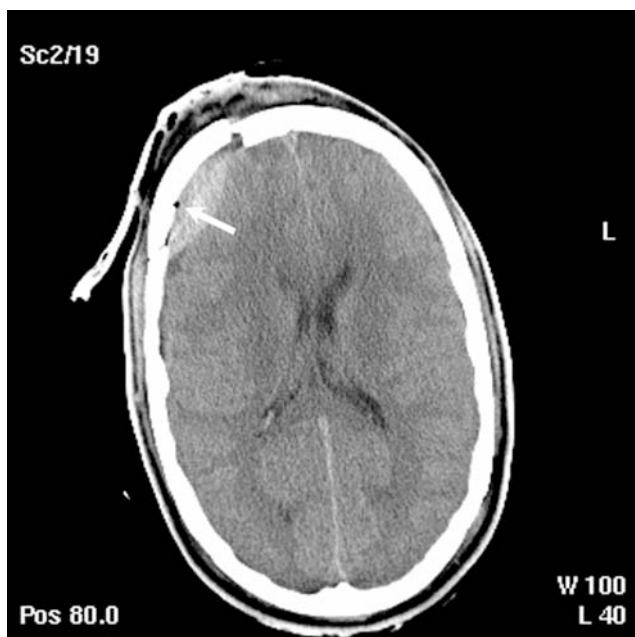
Fracturen zijn overigens meestal beter zichtbaar op schedelfoto's dan op CT-opnamen. Dit geldt vooral als de fractuurlijn evenwijdig verloopt aan het vlak waarin de doorsneden worden vervaardigd, zoals bij pariëtale en occipitale fracturen het geval kan zijn. Bij verdenking op impressiefractuur wordt in het algemeen gekozen voor CT; hetzelfde geldt bij vermoeden van kindermishandeling. Bij ernstige traumata mag het beeldvormend onderzoek uiteraard de behandeling niet vertragen.

**Intracraniële laesies.** De beeldvormende diagnostiek bij schedeltrauma vindt verder plaats met CT. Naast fracturen kunnen hematomen, contusiehaarden en infarcten met CT goed worden aangetoond (Tabel 11-7). Bij verdenking op fracturen van de cervicale wervels kan aansluitend de cervicale wervelkolom in beeld worden gebracht. MRI heeft slechts een kleine rol in de acute fase, namelijk bij verdenking op sinustrombose of arteria carotis-laesie en als wordt vermoed dat het ongeluk het gevolg is van een preëxistente intracraniële afwijking.

De differentiatie tussen epidurale en subdurale hematomen is met CT meestal gemakkelijk. Epidurale hematomen zitten geklemd tussen schedel en dura en reiken dan ook niet over de schedelnaden. Meestal hebben ze een typische biconvexe vorm (Figuur 11-4). Als de bloeding heel vers is, is de inhoud inhomogeen. Subdurale hematomen hebben aan de binnenzijde meestal een concave vorm en kunnen over de schedelnaden heen reiken. Als bij CT het beeld wordt gevonden van contusie met puntbloedingen, herhaalt men het onderzoek bij voorkeur na ongeveer 48 uur. Vaak wordt dan forse toename van bloedingen en oedeem gezien. Ook intracerebrale hematomen nemen 24 tot 48 uur na het trauma vaak meer ruimte in dan direct erna, met toename van de verschijnselen van drukverhoging als gevolg.

**Tabel 11-7. CT-bevindingen bij posttraumatische intracraniële afwijkingen**

AANDOENING	CT-BEVINDINGEN
<b>Intracerebraal</b>	
Commotio cerebri	Geen afwijkingen
Contusie	Puntbloedingen, oedeem
Hematoom	Omschreven hyperdens gebied
Gegeneraliseerd oedeem	Hypodense grijze stof, vervaagd onderscheid tussen grijze en witte stof, verstreken cisternen en sulci
<b>Extracerebraal</b>	
Epiduraal hematoom	Biconvex hyperdens gebied aan convexiteit
Subduraal hematoom	Convex-concaaf hyperdens gebied aan convexiteit
Subarachnoïdale bloeding	Hyperdense gebieden in cisternen en langs falx en tentorium



**Figuur 11-4.** Posttraumatische CT bij een 8-jarige jongen. Biconvexe densiteit, passend bij epidurale bloeding. Verder een kleine luchtbel (pijl) en onregelmatige schedelcontour, passend bij een open fractuur. Fracturen zijn beter zichtbaar bij een andere instelling.



## Infecties

**Meningitis.** Bij ongecompliceerde meningitis is geen beeldvormende diagnostiek nodig. Meningitis zou versterkte diffuse aankleuring van de hersenvliezen geven, maar dit is een nogal subjectieve bevinding die verder afhankelijk is van snelheid van contrasttoediening, leeftijd van het kind en gebruikte scan- en afdruktechnieken. Alleen bij tuberculeuze meningitis is duidelijk sterke aankleuring van de verdikte hersenvliezen zichtbaar.

Bij verdenking op complicaties als abces- of empyeemvorming, hydrocefalie en infarctering wordt vanwege de vaak slechte toestand van de patiënt doorgaans gekozen voor CT. Het onderzoek wordt uitgevoerd voor en na intraveneuze toediening van contrastmiddel. De bevindingen bij abcesvorming worden verderop besproken. Subduraal empyeem kan worden gedifferentieerd van subdurale effusie doordat in het eerste geval de hersenvliezen na contrasttoediening fel aankleuren. Hydrocefalie zou veroorzaakt worden door blokkade van de liquorresorptie aan de convexiteit of door afsluiting van het aqueduct. Infarcten zijn meestal het gevolg van veneuze obstructie. Zowel cortex als subcorticale witte stof zijn aangedaan.

Als CT bij een patiënt met een gecompliceerd verlopende meningitis geen verklaring oplevert voor de klinische bevindingen, kunnen de meer subtiele parenchymateuze afwijkingen vaak wel met MRI worden aangetoond. In een later stadium zijn dergelijke afwijkingen meestal wel zichtbaar met CT.

**Encefalitis.** Herpes-simplex-virus type 1 is de belangrijkste veroorzaker van encefalitis. De frontale en temporale kwabben zijn het vaakst aangedaan. Ook hiv kan encefalitis veroorzaken. Acute demyeliniserende encefalomyelitis (ADEM) is een postvirale reactie. In principe heeft bij de beeldvormende diagnostiek van deze aandoeningen MRI de voorkeur; bij CT zijn de afwijkingen minder goed zichtbaar. Bij herpesencefalitis zijn op CT-opnamen hypodense zones zichtbaar, vooral in de temporale gebieden. Ruim een week na het begin van de infectie geeft contrasttoediening aankleuring van deze gebieden. Bij MRI worden gebieden van hoge signaalintensiteit op T2-gewogen beelden zichtbaar in temporale kwabben, insula en hippocampus.

**Hersenabces.** Aan een hersenabces gaat vaak een periode vooraf van enkele weken met klachten van koorts en hoofdpijn en soms uitval van de nervus abducens door de verhoogde intracranieële druk. Hersenabcessen kunnen optreden bij meningitis, maar ook als complicatie van ontstekingen elders. Berucht zijn endocarditis en metastatische abcessen bij patiënten met een rechts-links-shunt. Infecties in het hoofd-halsgebied, zoals sinusitis, keelontsteking, otitis

media en mastoïditis kunnen epiduraal empyeem veroorzaken, waaruit ook een abces kan ontstaan.

Abcessen kunnen zich op CT-opnamen zonder contrast manifesteren als een hypodense massa, niet te onderscheiden van infarct, tumor of cerebritis. Na contrasttoediening is een hyperdense rand zichtbaar, wat de differentiatie met infarct mogelijk maakt. De differentiatie met tumor is soms onmogelijk. Bij MRI is op de T2-gewogen opnamen van een abces vaak een signaalarme rand zichtbaar, omgeven door signaalrijk oedeem.

**Congenitale infecties.** Tot de congenitale infecties rekt men toxoplasmose, rubella, cytomegalie, herpes simplex en syfilis. Bij echografie kan het bestaan van een congenitale infectie worden vermoed als verkalkingen zichtbaar zijn, met name in de vorm van mineraliserende vasculopathie van de thalamostriatale vaten. Dit veroorzaakt echogene gebieden met een vertakte structuur in de basale kernen, het *candlestick*-fenomeen. Deze bevinding is evenwel niet specifiek voor congenitale infecties; het fenomeen kan ook optreden bij onder andere trisomieën en post-hypoxische encefalopathie.

*Toxoplasmose.* Hierbij toont CT kleine verkalkingen periventriculair en elders in de hersenen, ringvormige aankleuring in de basale ganglia en hydrocefalie. Bij MRI vindt men als meest kenmerkende afwijking aankleurende laesies met oedeem in witte en grijze stof.

*Rubella.* Bij CT vindt men verkalkingen in de basale ganglia en in grijze en witte stof, bij MRI periventriculaire gliose, migratiestoornissen en cerebellumhypoplasie. Hydrocefalie is geen kenmerk van congenitale rubella.

*Cytomegalie.* Bij CT vindt men periventriculaire verkalkingen, atrofie en dilatatie van de ventrikels, bij MRI periventriculaire gliose en migratiestoornissen.

*Herpes simplex.* Bij CT vindt men hypodense witte stof, atrofie en verkalkingen in gyri en basale kernen. MRI toont verlies van witte en grijze stof, bloedingen en een hoog signaal van de gyri op T1-gewogen pulssequenties.

## Hersentumoren

Men onderscheidt infratentoriële en supratentoriële hersentumoren. De relatieve incidentie van supra- en infratentoriële tumoren verandert met de leeftijd. Supratentoriële tumoren komen meer voor tot de leeftijd van 3 jaar, infratentoriële tumoren meer tussen 4 en 11 jaar. Na 11 jaar lijken beide lokalisaties ongeveer even vaak voor te komen. Daarnaast onderscheidt men nog een derde groep tumoren, waarvan het voorkomen zich beperkt tot het eerste levensjaar

(Tabel 11-8). Primaire hersentumoren kunnen ontstaan uit verschillende typen neuro-ectodermale cellen en niet-gliale cellen.

**Tabel 11-8. Hersentumoren bij kinderen**

SUPRATENTORIEEL	INFRATENTORIEEL	CONGENITAAL
Astrocytoom	Medulloblastoom	Suprasellair astrocytoom
Primitieve neuro-ectodermale tumor	Ependymoom	Primitieve neuro-ectodermale tumor
Ependymoom	Cerebellair astrocytoom	Plexus chorioideus-papilloom
Ganglioglioom, ganglioneuroom	Hersenstamglioom	Plexus chorioideus-carcinoom
Craniofaryngeoom		Maligne teratoom
Pinealistumor		

**Beeldvormende diagnostiek.** Omdat anamnese en klinisch beeld vaak onvoldoende informatie opleveren, is beeldvormend onderzoek een essentieel onderdeel van de diagnostiek. Hierbij moet worden vastgesteld of de tumor in het hersenparenchym ligt of daarbuiten, of histologische diagnostiek nodig is en langs welke route de biopsie dan het beste kan worden verricht. Daarbij heeft MRI de voorkeur boven CT vanwege de grotere sensitiviteit, met name bij tumoren in basale en achterste deel van de middelste schedelgroeve, in de achterste schedelgroeve en in de hersenstam. Ook supratentorieel en (sub)corticaal gelegen tumoren met een doorsnede van minder dan 3 mm kunnen met MRI beter worden opgespoord. Het nadeel van MRI is de lage specificiteit. CT kan aanvullend worden verricht om de aanwezigheid van verkalkingen en hoge cellulariteit (nucleus-cytoplasmratio, zich uitend in hoge dichtheid) vast te stellen. Bij de beoordeling van MRI- en CT-opnamen moeten naast het aspect van de tumor ook de lokalisatie en de leeftijd van de patiënt in ogenschouw worden genomen.

**Infratentoriële tumoren.** Omdat infratentoriële tumoren bij jonge kinderen vaak aspecifieke klachten geven, hebben ze bij het eerste bezoek vaak al aanzienlijke afmetingen. De belangrijkste symptomen zijn toename van de schedelomvang, braken, hersenzenuwuitval en lethargie. Bij oudere kinderen worden vaker de typische klachten van pathologie in de achterste schedelgroeve gevon-

den, ochtendhoofdpijn, misselijkheid en braken, ataxie, hersenzenuwuitval en hemiparese.

De lokalisatie van de tumor is vaak de sleutel tot de diagnose. Pongliomen liggen voor de vierde ventrikel, ependymomen in de vierde ventrikel, medulloblastomen in de middellijn achter de vierde ventrikel. Astrocytomen vindt men in de cerebellaire hemisferen of in de middellijn. Medulloblastomen zijn op de CT-opnamen zonder contrast vaak hyperdens, waarschijnlijk door hun celrijkdom. Pongliomen kleuren over het algemeen slecht aan. Niettemin is histologisch onderzoek van belang voor de definitieve diagnose.

**Supratentoriële tumoren.** De klinische presentatie van supratentoriële tumoren is afhankelijk van lokalisatie en maligniteitsgraad. De belangrijkste symptomen zijn epilepsie, hoofdpijn, braken, visusklachten, gedragsveranderingen en zenuwuitval. Craniofaryngeomen veroorzaken vaak visusklachten en endocriene stoornissen. Bij MRI vallen de tumoren op als ruimte-innemend proces met veranderde signaalintensiteit.

**Congenitale tumoren.** Deze groep tumoren manifesteert zich met epileptische aanvallen, verminderde eetlust, groeivertraging, abnormale oogbewegingen en macrocefalie.

**Tumoren van de schedel.** Ook de schedel zelf kan door tumoren worden aangedaan. Benigne schedeltumoren doen zich voor als zwelling of worden bij toeval gezien op een röntgenfoto. De meest voorkomende zijn epidermoïdcyste, dermoïdcyste, hemangioom en eosinofiel granuloom. Maligne schedeltumoren betreffen vrijwel steeds metastasen, bijvoorbeeld van een neuroblastoom.

Epidermoïdcysten en dermoïdcysten zijn op de schedelfoto zichtbaar als glad begrensde ophelderingen in de schedel met een sclerotische rand, meestal frontopariëtaal. Hemangiomen zijn eveneens zichtbaar als ophelderingen, maar zijn meestal frontaal gelegen. De helft van de hemangiomen toont radiaire schikking van botbalken, het “spakwielfenomeen”, bij 15% waaiëren de botbalken uit, het “*sunburst*-fenomeen”. Soms is op de schedelfoto een kronkelende opheldering te zien, het beeld van een vergrote afvoerende vene. Deze is ook op MRI-opnamen zichtbaar. Eosinofiele granulomen veroorzaken ophelderingen zonder sclerotische rand.

## Wervelkolom

In deze paragraaf komen congenitale afwijkingen, infecties en tumoren van de wervelkolom aan bod; werveltraumata worden in dit boek verder niet besproken. Conventionele röntgenopnamen zijn vooral van waarde als snel en goedkoop screenend onderzoek; het discriminerend vermogen is echter niet groot genoeg voor de detectie van subtiele afwijkingen. Echografie heeft een rol bij het onderzoek naar occult spinaal dysrafisme bij kinderen jonger dan 1 jaar. CT is zinvol bij congenitale afwijkingen en infecties waarbij het bot betrokken is.

**Beeldvormende diagnostiek.** De belangrijkste beeldvormende techniek bij wervelkolompathologie is MRI. MRI kan worden gebruikt voor het vaststellen van occult spinaal dysrafisme, bijvoorbeeld bij cutane stigmata en neurologische, urologische of orthopedische klachten. Een nadeel is dat het onderzoek moeilijk uitvoerbaar is bij ernstig zieke patiënten. Idiopathische scoliose bij adolescenten is geen indicatie voor MRI, maar het onderzoek lijkt wel zinvol te zijn bij atypische scoliose.

**Congenitale afwijkingen.** Er bestaat een groot aantal congenitale afwijkingen van wervelkolom en ruggenmerg. Verreweg de grootste groep wordt gevormd door de verschillende sluitingsdefecten van de wervelkolom. In de literatuur worden daarvoor meerdere classificatiesystemen gebruikt. In dit hoofdstuk wordt de indeling gebruikt die uitgaat van de embryologische ontwikkeling. Men onderscheidt drie grote groepen: neurulatiestoornissen, stoornissen in de ontwikkeling van de chorda dorsalis (Figuur 11-5) en stoornissen van kanalisatie en retrogressieve differentiatie (Tabel 11-9). Met MRI kunnen de afwijkingen het best in beeld worden gebracht. Bij afwijkingen die geassocieerd zijn met intracranieële afwijkingen, zoals myelo(meningo)kèle, kan in één sessie zowel wervelkolom als hoofd worden afgebeeld.

**Infecties.** Infecties van de wervelkolom betreffen vrijwel altijd ontsteking van een tussenwervelschijf en de aanliggende wervels. De klinische symptomen daarvan zijn rugpijn en loopstoornissen. Aspiratie van weefsel uit de tussenwervelschijf en bloedkweken leveren zelden een verwekker op; *Staphylococcus aureus* wordt het vaakst aangetroffen. Discitis kan restloos genezen, maar ook leiden tot blijvende vernauwing van de tussenwervelruimte en tot ankylosering en kyfose.

Conventionele röntgenfoto's tonen aan het begin van de discitis vaak nog geen afwijkingen. Na 1 à 2 weken treden versmalling van de tussenwervelruimte en vervaging van de aangrenzende dekplaat en sluitplaat op, waarmee de diag-



**Figuur 11-5.** Transversale MRI van de lumbale wervelkolom bij een 11-jarig meisje met spina bifida. Wijdere durale zak met verdubbeling van het myelum (pijlen), passend bij diastematomyelie. Verder ontbreekt de boog van de afgebeelde wervel.

nose wordt bevestigd. Bij CT kan naast deze afwijkingen ook zwelling of abcesvorming van de paraspinale weke delen zichtbaar zijn. Als bij scintigrafie ter hoogte van de vermoede discitis een *hot spot* zichtbaar is, staat de diagnose eveneens vast. Met MRI kan discitis goed worden aangetoond. Er is signaalverlies van discus en aanliggende wervels op de T1-gewogen opnamen. Na intraveneuze toediening van contrastmiddel ziet men aankleuring van discus, aanliggende wervels en paraspinale weke delen. Als in de differentiaaldiagnose een (epiduraal) abces staat, heeft MRI de voorkeur.

**Tumoren.** Tumoren in het wervelkanaal zijn zeldzaam bij kinderen. De klinische verschijnselen zijn pijn, houdingsafwijkingen en neurologische uitval. Conventionele röntgenfoto's geven weinig informatie. Bij grote tumoren kan verwijding van het spinale kanaal optreden. Bij CT kunnen soortgelijke bevindingen worden gedaan. Extradurale processen kunnen zichtbaar zijn, zich via de foramina intervertebralia uitbreidend in de richting van de durazak. MRI heeft ook hier de voorkeur. Na intraveneuze toediening van contrastmiddel kleuren de tumoren meestal aan. Craniaal en caudaal van de eigenlijke tumor kan syringohy-

**Tabel 11-9. Congenitale afwijkingen van wervelkolom en ruggenmerg**

---

**Neurulatiestoornissen**

---

Myelokèle, myelomeningokèle  
Dorsale dermale sinus  
Congenitale (epi)dermoïdcyste  
Lipoom, lipomyelomeningokèle

---

**Stoornissen in de ontwikkeling van de chorda dorsalis**

---

Diastematomyelie

---

**Stoornissen in kanalisatie en retrograde differentiatie**

---

Caudale spinale afwijkingen  
*Tight filum terminale*  
*Tethered spinal cord*

---

dromyelie optreden. De aanwezigheid van syringohydromyelie moet er dan ook toe leiden dat naar een tumor wordt gezocht.

Op grond van de uitkomsten van het beeldvormend onderzoek kunnen de tumoren worden verdeeld in intra- en extradurale tumoren; intradurale tumoren kunnen intra- en extramedullair gelegen zijn (Tabel 11-10). Tumoren die extraduraal ontstaan, geven compressie van de durazak. Intradurale extramedullaire tumoren veroorzaken compressie van het ruggenmerg en kunnen verwijding van de ipsilaterale subarachnoïdale ruimte veroorzaken doordat de tumor tegen dura en arachnoïdea van het ruggenmerg drukt. Intradurale intramedullaire tumoren geven verdikking van het ruggenmerg. Verdikking van het ruggenmerg behoeft overigens niet op een tumor te berusten, maar kan ook zijn veroorzaakt door myelitis, abces, granuloom of cyste.

Tumorgroei in wervellichamen is zeldzaam; het osteoïd osteoom komt nog het meeste voor. Van de osteoïd osteomen bevindt 10% zich in de wervelkolom, met name lumbaal. Nachtelijke pijn is het voornaamste symptoom. De diagnose kan zowel met CT als met MRI worden gesteld. Een vrij nieuwe vorm van behandeling van het osteoïd osteoom is CT-geleide botboring met coagulatie van de nidus.

---

**Tabel 11-10. Tumoren van wervelkolom en ruggenmerg**

MRI-BEVINDING	DIFFERENTIAALDIAGNOSE
<b>Intraduraal, intramedullair</b>	
Verdikking ruggenmerg	Astrocytoom Ependymoom Hemangioblastoom
<b>Intraduraal, extramedullair</b>	
Compressie ruggenmerg, verwijding subarachnoidale ruimte	Neurofibroom (schwannoom) Metastase van hoger gelegen tumor Lipoom (Epi)dermoïd
<b>Extraduraal</b>	
Compressie durazak	Neuroblastoom Ganglioglioom

## Afwijkende schedelvorm en groot hoofd

**Afwijkende schedelvorm.** Deze kan het gevolg zijn van craniosynostose, waarbij een of meer schedelnaden te vroeg sluiten, maar wordt ook gevonden als een zuigeling voortdurend in dezelfde houding ligt. Craniosynostose komt zowel primair voor als secundair aan bijvoorbeeld overdrainage bij hydrocefalie en rachitis. Het type vormafwijking wordt bepaald door de aangedane schedelnaden. Omdat langs de gesloten schedelnaad geen nieuwvorming van bot meer plaatsvindt, groeit de schedel niet meer in de richting die loodrecht staat op de naad. Craniosynostose van de sutura sagittalis resulteert dus in een langwerpige, smal hoofd (scafocefalie), te vroege sluiting van de sutura metopica in een puntig en smal voorhoofd (trigonocefalie). Unilaterale craniosynostose van sutura coronaria of sutura lambdoidea veroorzaakt een scheef hoofd (plagiocefalie), doordat de aangedane zijde korter is dan de tegenoverliggende zijde, terwijl bij bilaterale craniosynostose van deze naden een kort en hoog hoofd ontstaat (brachycefalie of turricefalie).

De afwijkingen zijn bij klinisch onderzoek duidelijk. Conventionele schedelfoto's kunnen de diagnose bevestigen. Bij secundaire craniosynostose kan CT of MRI worden verricht om de oorzaak op te sporen. Als men uitvoerig over aard en omvang van de craniosynostose wil worden geïnformeerd, kan dat met



CT-opnamen met 0,5 of 1,0 mm dunne coupes. Alle suturen zijn daarmee goed af te beelden. Preoperatief kunnen driedimensionale reconstructies of modellen worden gemaakt, waarmee de operatie kan worden gesimuleerd.

**Groot hoofd.** Macrocefalie komt voor bij hydrocefalie en een groot aantal aangeboren afwijkingen, stofwisselingsstoornissen en syndromen. Een onschuldige vorm van (tijdelijke) macrocefalie zonder bekende oorzaak komt soms voor bij zuigelingen. De kinderen worden in het eerste levenshaljaar verwezen vanwege snelle toename van de hoofdomvang tot boven het 95e percentiel. De hoofdomvang blijft groot tot rond de tweede verjaardag en normaliseert daarna geleidelijk. Bij CT en bij MRI worden vergrote perifere liquorruimten gezien en een wat plomp ventrikelsysteem. Deze wijde perifere liquorruimten moeten niet worden geïnterpreteerd als subdurale effusies; het zijn geprononceerde subarachnoïdale ruimten.

*Met dank aan prof.dr. L.S. de Vries (Prematuren en Aterme pasgeborenen), dr. R.A.J. Nievelstein (Psychomotorische retardatie), G.A.P. de Kort (Epilepsie), dr. M.H. Lequin (Hersentumoren) en T.D. Witkamp (Wervelkolom).*

## Literatuur

- WS Ball (red). *Pediatric Neuroradiology*. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1997.
- Barkovich AJ. *Pediatric neuroimaging*. 3e druk. Philadelphia: Lippincott-Williams and Wilkins: 2000.
- Byrd SE, Darling CF, McLone DG. Developmental disorders of the pediatric spine. *Radiol Clin North Am* 1991;29:711-52.
- Govaert P, de Vries LS. *An atlas of neonatal brain sonography*. Londen: Mac Keith Press, 1997.
- Knaap MS van der, Valk J. *Magnetic resonance of myelin, myelination, and myelin disorders*. 2e druk. Berlijn: Springer-Verlag, 1995.
- Osborne AG. Normal anatomy and congenital anomalies of the spine and spinal cord. In: *Diagnostic Neuroradiology*. St.Louis: Mosby, 1994:785-819.



# REGISTER

## A

Aanlegstoornissen 146  
Absorptiometrie, radiografisch 140  
Acuut scrotum 117  
Ademhalingsproblemen 58  
Air trapping 32, 60  
ALARA-principe 14, 19, 120  
*Angel wing sign* 33, 60  
Angiografie 18  
Anorectale malformatie 86  
Appendicitis 98  
appendicoliet 98  
Archivering 26  
Arteria carotis-laesie 159  
Artritis 129, 130  
*As low as reasonably achievable* 14  
Astrocytomen 164  
Atelectase 32, 62

## B

Beeldvorming 16  
Beenmergafwijkingen 135  
Bloeding 158  
    intracerebraal 144  
Bot, corticaal 42, 46  
    trabeculair 42  
Botcassette 120  
Botdichtheid 46, 140  
Botweefsel 42  
*Bowing fractures* 134  
Bronchiolitis 62  
Bronchitis 62

Bronchografie 18  
Bronchopulmonale dysplasie 60  
*Buckling* 31  
Buckytafel 17  
Buikoverzicht 35, 72  
Buikpijn, chronisch recidiverend 95  
Buikwand 37

## C

*Candlestick*-fenomeen 162  
Cardia-insufficiëntie 79, 93  
Carcinoom, hepatocellulair 103  
Cellulitis 130  
Cerebrovasculair accident 158  
Choledocholithiasis 103  
Choledochuscyste 101  
Cholelithiasis 103  
Cholestasesyndroom, neonatale 100  
Chronische longziekte van  
    prematuren 60  
Cirrose 104  
*Cobble stones* 97  
Colitis ulcerosa 96  
Coloninloop 73  
Computertomografie 18  
*Congenital indifference to pain* 133  
Congestie, vasculair 59  
Consolidatie 32, 62  
Contrastmiddelen 19, 23  
    bariumhoudende 20  
    ionische 20  
Conventioneel röntgenonderzoek 17  
Convulsies, neonataal 155

Corpora aliena 56, 57, 95, 118  
Craniofaryngeoom 164  
Craniosynostose 168  
Cyanose 57  
Cyste, bronchogene 68  
Cystische fibrose 66, 82, 105  
Cytomegalie 154

## D

Darmobstructie, functioneel 89  
Diafragma 37  
Diafyse 42  
Diarthrosis 43  
Diastematomyelie 137  
Diffusie-MRI 22  
Digitalisering 25  
DMSA 24  
*Double bubble sign* 80  
*Doughnut sign* 94  
*Dual energy X-ray absorptiometry* 140  
Dubbelsystemen 108, 114  
Ductus arteriosus, persisterend 59  
Duodenumobstructie 79  
Duplicatuur 90  
Dysostose 126  
Dysplasie, metafysair 49  
Dysrafisme 165

## E

Echografie 20, 72  
    prenataal 107  
Ectopie, nier 110  
Ectopie, maagslijmvlies 91  
Emfyseem, interstitieel 59  
Empyeem, subduraal 161  
Encefalitis 161  
Encefalokèle 148

Endoscopische retrograde  
    cholangiopancreaticografie 101  
Enteroclyse 97  
Enterocolitis 86  
    necrotiserend 89  
Epifysairschijf 48  
Epifyse 42  
Epifysiare dysplasie 47  
Epifysiodese, focaal 136  
Epifysiolyse 129, 134  
Epiglottitis 56  
Epilepsie 155  
ERCP 101  
Erlenmeyermisvorming 47

## F

Fibromatosis colli 131  
Fractuur 134, 159  
Functionele MRI 23

## G

Galgangatresie, extrahepatische 101  
Ganglioneuroom 70  
Gastro-enteritis 92  
Gastrografine 15  
Gewrichtskraakbeen 49  
*Greenstick fracture* 134  
Grijzestofaandoeningen 151  
Groeischiiven 125

## H

*Haemophilus influenzae*-pneumonie  
    63  
Hematoom, cefaal 131  
    epiduraal 159  
    subduraal 159  
Hematurie 115

- 
- Hepatitis, neonataal 100  
Hepatoblastoom 103  
Hernia diaphragmatica, congenitaal 66  
Hernia hiatus oesophagei 79, 93  
Hernia van Morgagni 69  
Herpesencefalitis 161  
Hersenabces 161  
Hersentumor 162  
Heupdysplasie 129  
Hoefijzernier 110  
Holoprosencefalie 148  
*Hot spot* 166  
Hydrocefalie 145, 156, 161  
Hyperinflatie 32, 76  
Hyperperistaltiek 92
- I**
- Iatrogene perforaties 87  
Idiopathisch respiratoir  
*distress*-syndroom 59  
Ileus 97  
<sup>131</sup>I-meta-iodobenzylguanidine 125  
Inademingsstand 31  
Incontinentie 116  
Infarct 158  
Infecties 162, 165  
Infiltraten 62  
Dilatatie, intra-uterien 107  
Invaginatie 94  
IRDS 59
- K**
- Kernspintomografie 22  
Kindermishandeling 133, 135  
Kinderradiologie 12  
Kleuren-Doppler-echografie 21  
Kokardefenomeen 93
- Koolwaterstoffen, aspiratie 63
- L**
- Lead point* 94  
Leukomalacie, periventriculair 146  
Lever 39  
Levertumoren 103  
Liesbreuk, beklemd 117  
Lobair emfyseem, congenitaal 67  
Longsequestratie 68  
Luchtbronchogram 59  
Luchtweginfecties 62  
Lymfklieren 69
- M**
- Maag-darmkanaal 38  
Maag-darmpassage 73  
Macrocefalie 169  
MAG-3 25  
Meconiumaspiratie 61  
Meconiumileus 82  
Meconiumperitonitis 82  
Meconiumplugsyndroom 83  
Medulla 46  
Medulloblastoom 164  
Mega-ureter 110  
Meningitis 161  
Mesenteriumcysten 91  
Metafyse 42  
Metastasen 103  
Methode volgens Greulich en Pyle 138  
Methode volgens Hoerr 138  
Methode volgens Tanner en Whitehouse 138  
Microcolon 82  
Mictiecysto-uretrografie 108  
Middelen, niet-ionisch 20
-

*Milk curd syndrome* 90

Milt 39

Modellering 47

MRI 22

MRI-angiografie 22

MRI-cholangiopancreaticografie 73

Mucopolysacharidosen 154

Myelo(meningo)kèle 165

## N

Nefrocalcinose 111, 116

Neuroblastoom 70

Neurocutane syndromen 149

Neusbijholteopname volgens Waters  
54

Nieragenesie 110

Niercontouren 38

Niertrauma 116

Nierziekten, cysteuze 111

*Nonaccidental injury* 133

## O

Obstipatie 96, 115

Oedeem, pulmonaal 59

Omentumcyste 91

Omkromfoto's 137

Osteochondrodysplasie 126

Osteochondrose 129

Osteodystrofie, renaal 141

Osteoïd osteoom 167

Osteomalacie 46

Osteomyelitis 130

Osteopenie 46, 140

Osteoporose 46

Osteosclerose 46, 140

Overgevoeligheidsreacties 14

Overtubulatie 47

## P

Pancreas anulare 79, 105

Perfusie-MRI 22

Periostreacties 47

Peritonitis 98

PET 24

Pleuravocht 34

Pneumatosis intestinalis 89

*Pneumocystis carinii*-pneumonie 63

Pneumomediastinum 33, 60

Pneumothorax 33, 60

Ponggliomen 164

Portale hypertensie 104

Positronemissietomografie 24

Potter-facies 110

Projectielbraken 92

*Prune-belly syndrome* 111

Pseudo-cyste 105

Pseudo-kroep 56

Psoaslijn 38

Psychomotorische retardatie 150

Pylorushypertrofie 92

## R

Rachitis 141

Radionucliden 24

Reflux, gastro-oesofageaal 79  
vesico-ureteraal 112

Röntgenstralen 16

Ruimte-innemende processen 39, 69,  
116

## S

Salter-Harris-fractuur 125, 134

Schedeltrauma 159

Schedeltumor 164

Schedelvorm 168

Scintigrafie 24  
 Scoliose 136, 137, 165  
*Single photon emission* CT 24  
 Sinusitis 54  
 Sinustrombose 159  
 Skelet 39, 41  
 Skeletdysplasie 126  
 Skeletleeftijd 137  
 Sliding hernia 79  
 Slokdarmatresie 66, 74  
 Slokdarmperforatie 87  
 Slokdarmstenose 95  
*Small left colon syndrome* 83, 84  
*Soap bubble sign* 83  
 Spanningspneumothorax 60  
 SPECT 24  
 Spectroscopie 23  
 Spierdystrofie, congenitaal 154  
 Spin-echosequenties 22  
 Spiraal-CT 18  
 Stafylokokkenpneumonie 63  
 Stenose van de ureteropelviene  
 overgang 108  
 Stomp buiktrauma 104  
 Stralenbelasting 14  
 Stralenbeschermende maatregelen  
 19  
 Stralengang 31  
 Stralingsdosis 20, 25  
 Streptokokkenpneumonie 63  
 Stridor 55  
 Symfyse 43  
 Syndroom van Alagille 101  
 Syndroom van Chiari type 2 156  
 Syndroom van Roviralta 92

**T**

T1-sequentie 22  
 T2-sequentie 22  
*Target-fenomeen* 94

Technetium-99m 24  
 Teratoom 69  
*Tethered cord* 86, 137  
 Thoraxfoto 29  
*Toddler's fracture* 136  
 Torsio testis 117  
 Tracheomalacie 57  
 Tracheo-oesofageale fistel 76  
 Traumata 133, 135  
 Tumoren 166  
 Tussenwervelruimten 48

**U**

Ulcus pepticum 96  
 Ureterokèle 108  
 Urethraleppen 110  
 Urineweginfectie 112  
 Urolithiasis 116  
 Uropathie, obstructief 114

**V**

Vaatring 57  
 VACTERL-associatie 74  
 Verkalkingen 38  
 Vloeistofspiegels 92  
 Volvulus 90

**W**

*Wave sign* 32  
 Weke delen 45  
*Wet lung* 60  
 Wittestofaandoeningen 152

**Z**

Zandlopertumor 70  
 Ziekte van Crohn 97  
 Ziekte van Hirschsprung 85