

N3 aanbeveling 2023 revisie PHVD

De aanbeveling werd ontwikkeld door Annemarie Plaisier (fellow neonatologie), Sylke Steggerda (kinderarts-neonatoloog) en Linda de Vries (kinderarts-neonatoloog), LUMC, in samenwerking met alle 9 Nederlandse NICU's met het doel meer eenheid van behandelingen tussen NICU's te krijgen. Dit betreft een herziene versie van de aanbeveling uit 2015. De aanbevelingen zijn deels gebaseerd op kennis uit wetenschappelijke studies (zie referenties), deels op de overeenkomsten tussen de bestaande protocollen en deels op kennis of ervaring waarover neonatologen/experts van de NICU's consensus hebben bereikt.

Herziening van deze aanbeveling werd gestart in 2021 en geaccordeerd in maart 2023.

NICU-verpleegkundige: Marleen Faas

Doelgroep

Dit protocol is bedoeld voor alle zorgverleners die betrokken zijn bij de intensieve zorg voor pasgeborenen met een post-hemorragische ventrikeldilatatie

Disclaimer

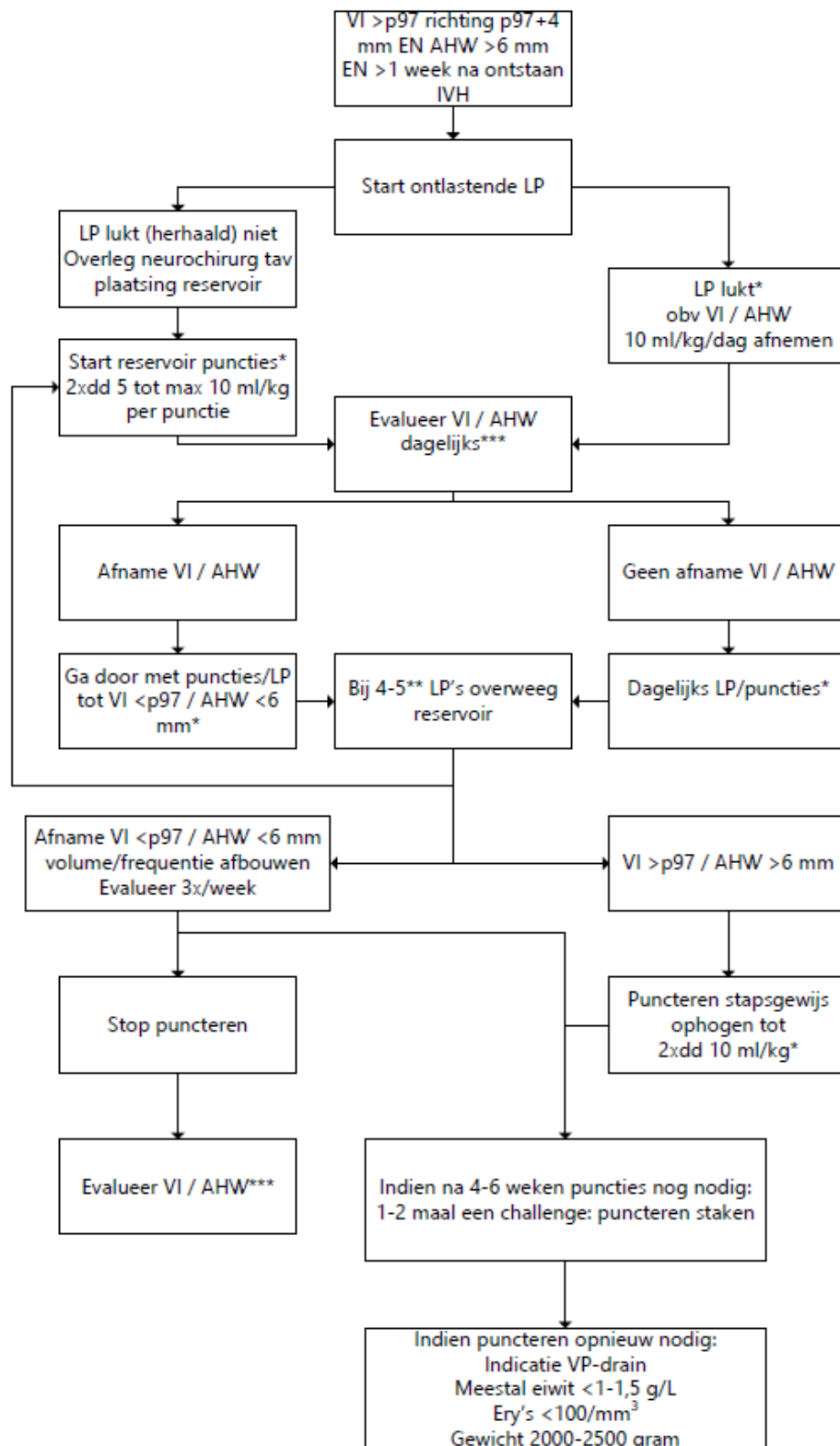
Landelijke Neonatologie Aanbevelingen mogen worden gebruikt door regionale ziekenhuizen onder de expliciete voorwaarde dat deze aanbevelingen zijn ontwikkeld VOOR en DOOR de NICU's. De werkgroep aanbevelingen sluit elke aansprakelijkheid uit wanneer informatie uit de aanbeveling niet correct, onvolledig of niet tijdig overkomt, evenals indien er schade ontstaat ten gevolge van de aanbevelingen en voor schade die ontstaat op moment dat de ontvanger de inhoud van de aanbevelingen zelfstandig hanteert binnen de eigen instelling of deze aan derden verstrekt.

Afkortingen en definities

In dit document worden de volgende afkortingen en definities gehanteerd:

AHW	Anterior horn width
GMH-IVH	Germinale matrix hemorrhagie - intraventriculaire hemorrhagie
PVHI	Periventriculair hemorrhagisch infarct
PHVD	Posthemorragische ventrikeldilatatie
TOD	Thalamo-occipital distance
VI	Ventrikelindex
LP	Lumbaalpunctie
GA	Gestational age
VPD	Ventriculoperitoneale drain

Stroomdiagram



*Bepaal 2-3x/wk celgetal en kweek in de liquor

**obv verloop puncties

*** Bij een stabiel beeld kan echografie geleidelijk afgebouwd worden

Achtergrond

Epidemiologie

Germinale matrix hemorrhagie - intraventriculaire hemorrhagie (GMH-IVH) treedt op in ruwweg 25% van de prematuren geboren met een zwangerschapsduur <30 weken. (Volpe, 2018), bij ca 30% is sprake van een IVH graad III en/of periventriculair hemorrhagisch infarct (PVHI). Posthemorrhagische ventrikeldilatatie (PHVD) treedt vervolgens op in 25-50% van de prematuren met een IVH graad III en/of PVHI. Minder frequent (ca 5%) ook na een IVH graad II. (Govaert & de Vries; Murphy et al., 2002)

Etiologie

PHVD is de meest voorkomende complicatie van GMH-IVH en wordt veroorzaakt door verminderde liquorcirculatie als gevolg van obstructie door bloedresten. Veelal betreft het een communicerende hydrocephalus. Echter kan door obstructie elders (thv outflow foramina van de 4^e ventrikel of aquaduct) ook een niet-communicerende hydrocephalus ontstaan (zie figuur 7).

Symptomatologie

Klinische tekenen van verhoogde intracranieële druk (volle fontanel, braken, sunset fenomeen, apneus, hypertonie benen, verminderd bewustzijn) als ook een toename van de schedelgroei treden pas laat op bij neonaten, ná duidelijke toename van de ventrikelgrootte op beeldvorming en zijn derhalve *geen* goede maat om een klinisch relevante PHVD op te sporen of de indicatie voor drainage te stellen. (Ingram et al., 2014; Leijser et al., 2018)

Diagnostiek (zie ook figuur 1 t/m 7)

De diagnose PHVD wordt gesteld door middel van echografisch onderzoek. Dit echografisch onderzoek dient op een gestandaardiseerde wijze te geschieden (zie aanbeveling "Neonatale Neuroimaging"). Voor het vaststellen van de diagnose PHVD kunnen verschillende ventriculaire parameters gebruikt en gemeten worden:

1. Het meten van de ventrikelindex (VI) (Levene, 1981) is de meest gangbare. De ventrikelindex wordt gemeten juist achter het foramen van Monro. Dit is in het coronale vlak waar de fissura Sylvii wordt gezien als een 'Y' en de rondingen van de hippocampus parallel aan elkaar worden gezien. De VI is de afstand tussen de midline en laterale wand van de voorhoorn. (Brouwer et al., 2012; Levene, 1981; Meijler & Steggerda, 2019)
2. De anterior horn width (AHW) is de best voorspellende afmeting voor de ernst van de PHVD en noodzaak tot chirurgische interventie. De AHW wordt in hetzelfde vlak als de VI gemeten en betreft de afstand tussen de mediale wand en de bodem van de laterale ventrikel. (Davies et al., 2000; Leijser et al., 2021; Meijler & Steggerda, 2019)
3. De thalamo-occipital distance (TOD) kan van meerwaarde zijn, indien er discrepantie bestaat in de afmetingen van de voorhoorn en achterhoorn van de laterale ventrikel. Daarnaast geeft de TOD samen met de AHW een indicatie over de vormverandering ("ballooning") van de ventrikels, wat kenmerkend is voor ventrikeldilatatie na een IVH (dit in tegenstelling tot ventrikeldilatatie door cerebrale atrofie). De TOD wordt gemeten in het sagittale vlak en betreft de afstand tussen het achterste punt van de thalamus en de achterwand van de occipitale hoorn. (Brouwer et al., 2012; Davies et al., 2000; El-Dib et al., 2020; Meijler & Steggerda, 2019)
4. Bij echografische beoordeling is het van belang om ook de grootte van de 3^e en 4^e ventrikel te beoordelen met een midsagittale opname. Een evidente discrepantie tussen de laterale en 3^e ventrikel ten opzichte van de 4^e ventrikel kan duiden op een aquaductstenose. Een extreem wijde 4^e ventrikel met verplaatsing van de vermis kan duiden op een "trapped" 4th ventricle / outflow obstructie onder het niveau van de 4^e ventrikel (zie figuur 7) . In beide gevallen is de kans op een succesvolle behandeling

door LP klein en is te overwegen om eerst een MRI te maken dan wel direct een reservoir te plaatsen voor behandeling.

Gradering

De gradering van Papile (Papile et al., 1978) wordt nog steeds gebruikt (zie ook de LNR). In plaats van graad IV, geeft men er tegenwoordig de voorkeur aan hier te spreken over periventriculair hemorrhagisch infarct of veneus infarct. (Govaert & de Vries)

Graad I Germinale matrix bloeding

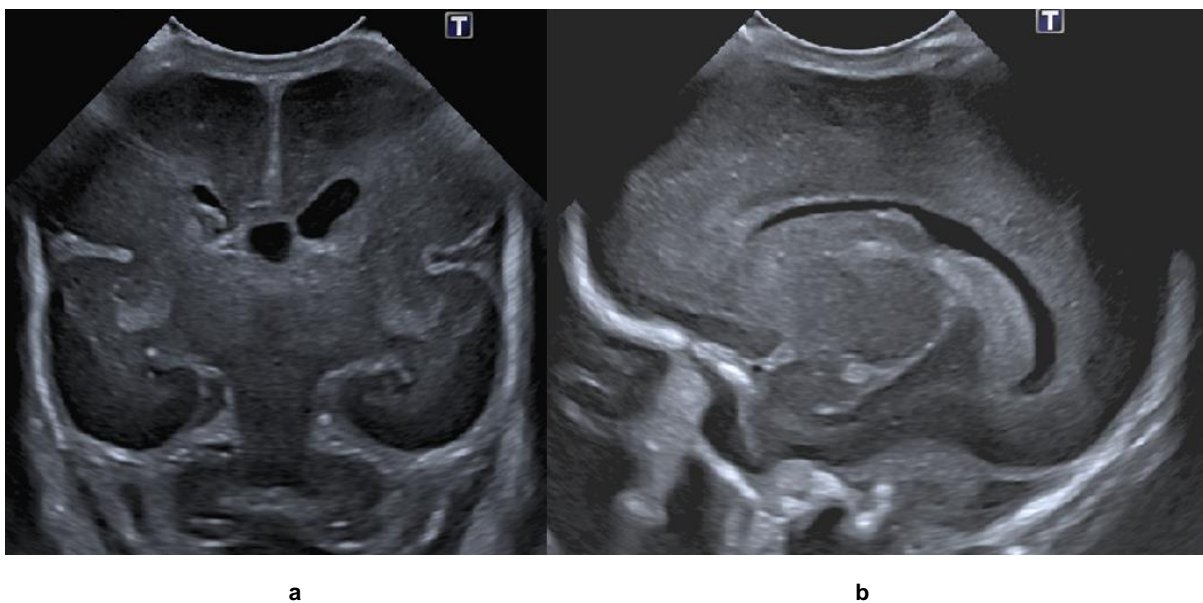
Graad II Intraventriculaire bloeding; de zijventrikel is < 50% gevuld met bloed en nauwelijks gedilateerd

Graad III Intraventriculaire bloeding; de zijventrikel is > 50% gevuld met bloed met acute dilatatie van de ipsilaterale ventrikel

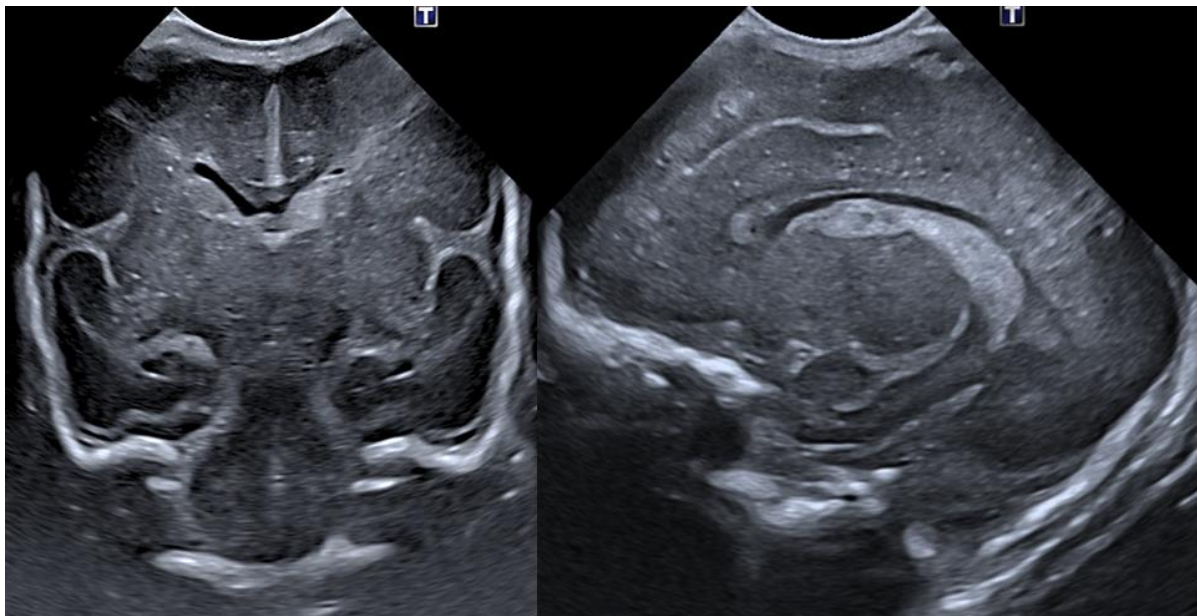
PVHI De IVH is geassocieerd met hemorrhagische infarcering van het parenchym. Tegenwoordig wordt de PVHI los genoemd van de gradering.

Beeldvorming

Figuur 1: IVH graad I rechts in coronale opname (a) en sagittale opname (b).



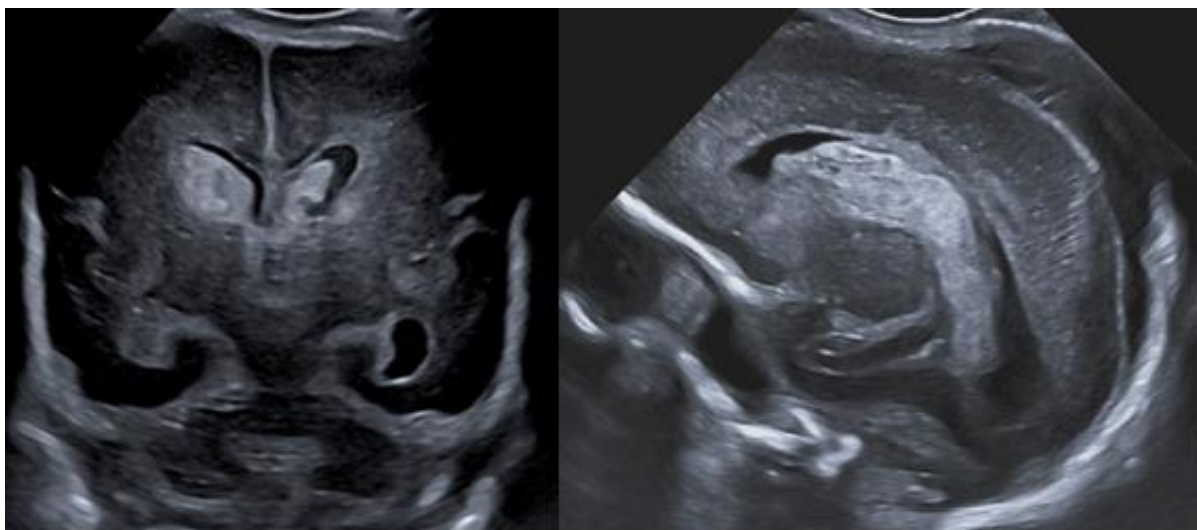
Figuur 2: IVH graad II links (met bloed in de achterhoorn) in coronale opname (a) en sagittale opname (b).



a

b

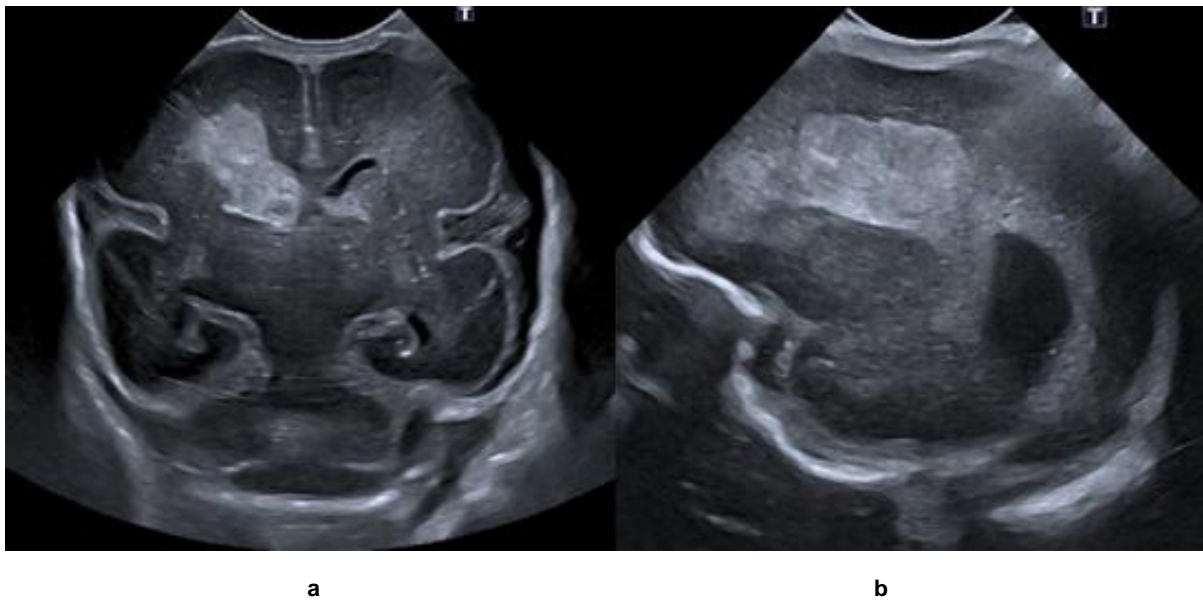
Figuur 3: IVH graad III beiderzijds met acute dilatatie, in coronale opname (a) en sagittale opname (b).



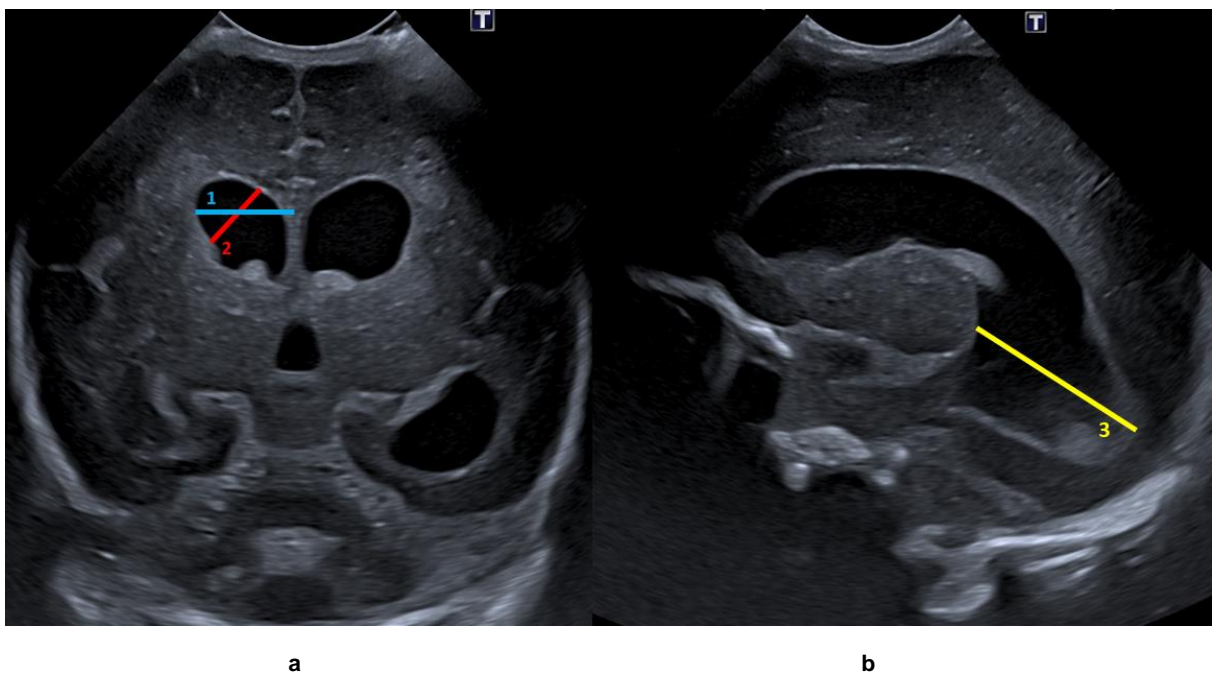
a

b

Figuur 4: Periventriculair hemorragisch infarct rechts in coronale opname (a) en sagittale opname (b).



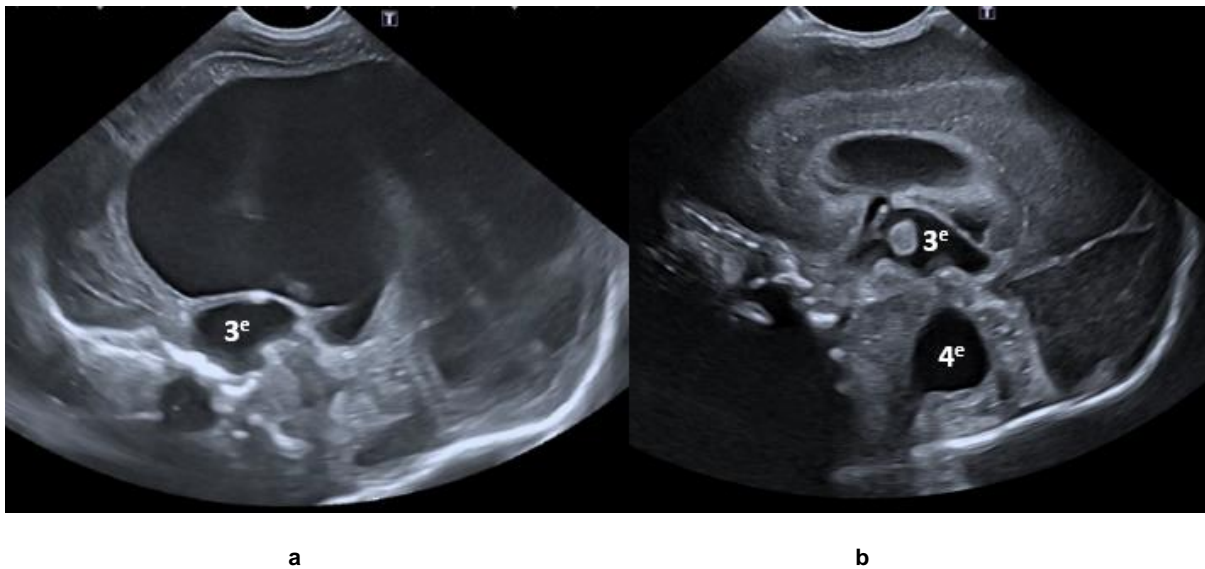
Figuur 5: De verschillende ventrikel parameters worden weergegeven in het coronale vlak ter hoogte van het foramen van Monro (a) en in het sagittale (b) vlak: 1) ventrikelindex, 2) anterior horn width, 3) thalamo-occipital distance.



Figuur 6: Referentiewaarden van ventrikel parameters per zwangerschapsduur. NB: links = rechts. (Brouwer, 2015; Brouwer et al., 2012; El-Dib et al., 2020)



Figuur 7: Beoordeling van grootte van 3^e en 4^e ventrikel is van belang. a: Evidente discrepantie tussen de 3e en 4e ventrikel, suggestief voor obstructie van het aquaduct. b: Beeld van 'trapped 4th ventricle' met een extreem verwijd 3^e en 4^e ventrikel.



Therapie (zie ook stroomdiagram)

Start behandeling

De ELVIS-trial heeft aangetoond dat vroegtijdige interventie (VI>p97 en AHW >6 mm) een gunstiger effect op de neurologische uitkomst had dan latere interventie (VI>p97 + 4 mm en AHW>10 mm). (Cizmeci et al., 2020; Cizmeci et al., 2019; de Vries et al., 2019; Lai et al., 2021; Leijser et al., 2018) Er was geen significant verschil in het aantal geplaatste ventriculo-peritoneale drains (VPD) tussen de groepen (de Vries et al., 2019). Eerder starten met interventie leidde tot kleinere ventrikelvolumes, betere MRI-scores voor hersenschade volgens de Kidokoro score (Cizmeci et al., 2019; Kidokoro et al., 2013) en een kleinere kans op overlijden en/of ernstige neurologische uitkomst, na correctie voor GA en ernst van de bloeding (OR 0,24; 95% CI 0,07-0,87). Tevens hadden kinderen in de vroege interventie groep met een VPD een vergelijkbare uitkomst met de kinderen zonder VPD (Cizmeci et al., 2020).

Op basis van bovenstaande resultaten wordt aanbevolen de vroegtijdige interventiegrens (VI>p97 en AHW>6 mm) toe te passen als startpunt van de behandeling van PHVD.

Hierbij zijn de volgende kanttekeningen van belang:

- Geadviseerd wordt om geen interventie te doen in de eerste week na het ontstaan van een bloeding i.v.m. de kans op hernieuwde bloeding ('re-bleeding'). Indien er sprake is van een snel progressieve ventrikeldilatatie kan aan het eind van de eerste week besloten worden om eerder te interveniëren.
- Bij een asymmetrisch beeld is de minst afwijkende zijde maatgevend, omdat de kant van de bloeding al door de bloeding zelf verwijd kan zijn, maar de kant zonder de bloeding zal pas verwijd zijn bij het ontstaan van progressieve PHVD.
- Start van behandeling vindt plaats indien er sprake is van *progressieve* ventrikeldilatatie; indien zowel de VI als AHW bij herhaling (op opeenvolgende dagen) boven de interventiegrens worden gemeten en de VI > p97 is en bij seriële metingen in de richting van de p97+4mm gaat.
- Geadviseerd wordt om de dilatatie van de achterhoornen (TOD) mee te nemen in de besluitvorming, met name bij grensgevallen of als er een sterke discrepantie is met de dilatatie van de voorhoornen.
- Referentiewaarden van de VI, AHW en TOD per zwangerschapsduur zijn beschikbaar en kunnen met behulp van een spreadsheet gemakkelijk worden toegepast (figuur 6). (Brouwer et al., 2012; El-Dib et al., 2020)

voor 24-42 weken: <https://tinyurl.com/PHVD-Measures-1>

voor 24-29 weken: <https://tinyurl.com/PHVD-Measures-2>

- De piek van ventrikel dilatatie treedt meestal 7-14 dagen na het ontstaan van de bloeding plaats. Overplaatsing van neonaten met een grote of bilaterale IVH graad II of IVH graad III kan derhalve pas plaatsvinden indien er gedurende twee weken sprake is van een stabiele ventrikeldilatatie (ventrikel parameters < interventiegrens zonder toename). Eventueel kan overwogen worden dit eerder te doen mits er goede afspraken zijn over vervolgecho's en de kans op nieuwe puncties als laag wordt ingeschat.

Interventie mogelijkheden

1. Lumbaalpunctie, afname tot 10 ml/kg/dag.

Wegens de klinische belasting wordt nooit meer dan 1 LP per 24 uur gedaan. Doel van de behandeling is het verwijderen van bloederige liquor dat inflammatoire stoffen en vrije radicalen en ijzer bevat en het verlagen en normaliseren van de intracraniële druk. De normale druk is 6-8 cm waterdruk (Kaiser & Whitelaw, 1986). De intracraniële druk kan met een LP niet betrouwbaar gemeten worden (zie bijlage voor drukmeting vanuit een intracranieel reservoir). Streefwaarden zijn VI <P97 en AHW <6 mm en dit dient nauwlettend opgevolgd te worden.

Indien de situatie (hemodynamische instabiliteit, respiratoire ondersteuning) het toelaat, kan de LP ook in zittende positie gedaan worden om de kans op een succesvolle punctie te verhogen (Marshall et al., 2023).

2. Indien er geen sprake van communicatie is, er een progressieve PHVD blijft bestaan ondanks meerdere lumbaalpuncties (4-5, afhankelijk van het verloop van de puncties) of de lumbaalpuncties niet succesvol zijn of slecht worden verdragen: Plaatsing van een ventrikel (boorgat)reservoir onder intraveneuze toediening van profylactische antibiotica. Momenteel wordt cefazoline overwegend gegeven, echter kan op basis van lokale overwegingen of kolonisatie een ander antibioticum worden gegeven.

Vanwege de kans op een periventriculaire of subcorticale parenchymbloeding door een te snelle afname van de ventrikelverwijding (Cizmeci et al., 2021; Oushy et al., 2017) wordt geadviseerd te streven naar een geleidelijke afname van de ventrikelgrootte. De hoeveelheid af te nemen liquor start daarom meestal met 2 dd 5 ml/kg tot max. 10 ml/kg/punctie. Afhankelijk van het verloop van de ventrikel parameters tijdens de behandeling wordt dit aangepast. Meestal zijn 1-2 puncties per 24 uur uit het reservoir voldoende om de druk te normaliseren.

In de fase van lumbaalpuncties en in de eerste week na het plaatsen van een reservoir is

het raadzaam dagelijks de ventrikel parameters (VI, AHW, TOD) te vervolgen. Op geleide van deze waarden (streefwaarden: VI <P97 en AHW <6 mm) kan de frequentie (van 2 dd naar 1 dd) en hoeveelheid afgebouwd worden bij afname van de ventrikelgrootte. Indien er echter sprake is van onvoldoende effect, kan de hoeveelheid af te nemen liquor geleidelijk worden opgehoogd tot max. 10 ml/kg/punctie en de frequentie worden uitgebreid naar 2 dd (3 dd in uitzonderlijke gevallen). Doel van de behandeling is het verlagen van de intracranieële druk en reduceren van de ventrikelgrootte.

Ter voorkoming van complicaties is het van belang dat de reservoirpuncties onder strikt aseptische omstandigheden (steriele jas en handschoenen, OK-muts, neusmondmasker) en zorgvuldig uitgevoerd worden. De maximale duur van een punctie is \pm 20 minuten en de beoogde snelheid van afname is 1 ml/min. Bij kinderen >2000 gram kunnen de eerste 10-15 ml met een snelheid van 2 ml/min afgenomen worden.

De frequentie van schedelechografie kan in een stabiele fase tijdens reservoirpuncties afgebouwd worden naar ca. 3 keer per week. Indien het puncteren afgebouwd is tot stop en er geen sprake is van toenemende ventrikelverwijding of bijkomende parenchymshade, kan echografische controle geleidelijk afgebouwd worden. Daarnaast wordt geadviseerd om de schedelgroei hierbij in de gaten te houden. Hoewel toename van de schedelomtrek pas in een laat stadium optreedt, kan deze wel bijdragen aan de besluitvorming (bijvoorbeeld door eerder echografie te verrichten).

3. Indien afnames noodzakelijk blijven (rond 4 weken na plaatsing van reservoir), bij voorkeur het eiwitgehalte < 1,5 g/L en de hoeveelheid erythrocyten < 100/mm³ in de liquor is en het gewicht 2000-2500 gram is: indicatie voor plaatsing van een VPD.

Voorafgaand aan het plaatsen van een VPD wordt geadviseerd om een 'challenge' te verrichten, waarbij geobserveerd wordt of verdere ventrikeldilatatie zich daadwerkelijk ontwikkelt na (tijdelijk) staken van de reservoirpuncties.

De VPD wordt geplaatst onder intraveneuze toediening van profylactische antibiotica (lokaal

protocol).

Controle van het functioneren van de VPD door middel van een schedelecho dient postoperatief binnen enkele dagen verricht te worden (bijvoorbeeld ter beoordeling van de ligging van de draintip).

Over de (rand)voorwaarden voor het plaatsen van een VPD bestaat binnen de neurochirurgie in Nederland geen consensus.

Endoscopische ventriculostomie, ofwel fenestratie is een alternatief voor VPD-plaatsing.

Echter vanwege een verminderde effectiviteit door een te lage flow door het gefenestreeerde kanaal en de verhoogde kans op complicaties (liquorlekkage, infectie, bloeding), lijkt deze behandeling pas effectief na de leeftijd van 6 maanden en heeft deze interventie vooralsnog geen rol in de behandeling van PHVD bij pasgeborenen. (Zaben et al., 2020)

Ondersteunende maatregelen

- Tijdens puncties wordt regelmatig, bijvoorbeeld tweemaal per week, het natrium in het serum en/of urine gecontroleerd. Bij een verlaagd urine natrium en/of een dalend serum natrium wordt NaCl gesuppleerd. Tevens wordt het afgenomen vocht (initieel 10-20 ml/kg/dag) gesuppleerd. Dit kan als voeding teruggegeven worden. (MacMahon & Cooke, 1983; Tenbrock et al., 2003)

- In verband met het risico op infectie wordt geadviseerd om regelmatig (twee tot drie keer per week) het aantal leukocyten in de afgenomen liquor te bepalen en een liquorkweek in te zetten. Een oplopende trend (van het leukocytengetal en niet zozeer het absolute aantal) is een vroege maat voor een geïnfecteerd systeem/ventriculitis. (Brouwer et al., 2015; Brouwer et al., 2007)

Contra-indicaties

Lumbaalpunctie:

1. Bloeding <1 week geleden ontstaan (relatieve contra-indicatie)
2. Een niet-communicerende hydrocephalus (figuur 7)

Plaatsing reservoir:

1. Gestoorde stolling

Complicaties

Tijdens/na lumbaalpunctie:

1. Bradycardieën en apneus
2. Hyponatriëmie
3. Infectie
4. Liquorlekkage

Na plaatsing reservoir:

1. Bradycardieën en apneus
2. Hyponatriëmie
3. Dehiscentie wond
4. Infectie (reservoir / ventriculitis)
5. Liquorlekkage
6. Parenchym bloeding
7. Malpositie of obstructie

Na plaatsing VPD:

1. Overdrainage
2. Draindysfunctie of -infectie
3. Parenchymbloeding
4. Subcutane liquorlekkage

Prognose

De kans op een ontwikkelingsstoornis of cerebrale parese na een PHVD is hoog, zeker indien er chirurgische interventie nodig is en/of in combinatie met een PVHI. (Adams-Chapman et al., 2008; Holwerda et al., 2016; Shankaran et al., 2020) Op basis van recente

studies lijkt er mogelijk sprake te zijn van een gunstigere prognose, mogelijk op basis van vroegtijdige interventie. (Brouwer et al., 2008; Parodi et al., 2020; van Zanten et al., 2011)

Voorlichting

Aan de ouders wordt het behandelplan uitgelegd. Overwegingen ten aanzien van het wel/niet plaatsen van een reservoir en VPD worden besproken. Het is een langdurige behandeling, waarbij goede informatie onzekerheid bij ouders weg kan nemen. Ook dienen ze geïnformeerd te worden over de verzorging rondom de puncties.

Ouders moeten voor ontslag naar huis geïnformeerd worden over de klinische symptomen van infectie, verhoogde intracranieële druk en/of draindysfunctie.

Vervolg en organisatie van zorg

De follow-up is afhankelijk van de (echografische) situatie van het kind bij ontslag en heeft in elk geval follow-up van de psychomotorische ontwikkeling (zie NVK richtlijn “Landelijke Neonatale Follow-up”).

Referenties

- Adams-Chapman, I., Hansen, N. I., Stoll, B. J., Higgins, R., & Network, N. R. (2008). Neurodevelopmental outcome of extremely low birth weight infants with posthemorrhagic hydrocephalus requiring shunt insertion. *Pediatrics*, *121*(5), e1167-1177. <https://doi.org/10.1542/peds.2007-0423>
- Brouwer, A., Groenendaal, F., van Haastert, I. L., Rademaker, K., Hanlo, P., & de Vries, L. (2008). Neurodevelopmental outcome of preterm infants with severe intraventricular hemorrhage and therapy for post-hemorrhagic ventricular dilatation. *J Pediatr*, *152*(5), 648-654. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2007.10.005>
- Brouwer, A. J., Groenendaal, F., Han, K. S., & de Vries, L. S. (2015). Treatment of neonatal progressive ventricular dilatation: a single-centre experience. *J Matern Fetal Neonatal Med*, *28 Suppl 1*, 2273-2279. <https://doi.org/10.3109/14767058.2013.796167>
- Brouwer, A. J., Groenendaal, F., van den Hoogen, A., Verboon-Maciolek, M., Hanlo, P., Rademaker, K. J., & de Vries, L. S. (2007). Incidence of infections of ventricular reservoirs in the treatment of post-haemorrhagic ventricular dilatation: a retrospective study (1992-2003). *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*, *92*(1), F41-43. <https://doi.org/10.1136/adc.2006.096339>
- Brouwer, M. J. (2015). *Neonatal ventriculomegaly: diagnostic and prognostic implications*. Gildeprint.
- Brouwer, M. J., de Vries, L. S., Groenendaal, F., Koopman, C., Pistorius, L. R., Mulder, E. J., & Benders, M. J. (2012). New reference values for the neonatal cerebral ventricles. *Radiology*, *262*(1), 224-233. <https://doi.org/10.1148/radiol.11110334>
- Cizmecic, M. N., de Vries, L. S., Tataranno, M. L., Zecic, A., van de Pol, L. A., Alarcon, A., Groenendaal, F., & Woerdeman, P. A. (2021). Intraparenchymal hemorrhage after serial ventricular reservoir taps in neonates with hydrocephalus and association with neurodevelopmental outcome at 2 years of age. *J Neurosurg Pediatr*, 1-8. <https://doi.org/10.3171/2021.6.PEDS21120>
- Cizmecic, M. N., Groenendaal, F., Liem, K. D., van Haastert, I. C., Benavente-Fernandez, I., van Straaten, H. L. M., Steggerda, S., Smit, B. J., Whitelaw, A., Woerdeman, P., Heep, A., de Vries, L. S., & group, E. s. (2020). Randomized Controlled Early versus Late Ventricular Intervention Study in Posthemorrhagic Ventricular Dilatation: Outcome at 2 Years. *J Pediatr*, *226*, 28-35 e23. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2020.08.014>
- Cizmecic, M. N., Khalili, N., Claessens, N. H. P., Groenendaal, F., Liem, K. D., Heep, A., Benavente-Fernandez, I., van Straaten, H. L. M., van Wezel-Meijler, G., Steggerda, S. J., Dudink, J., Isgum, I., Whitelaw, A., Benders, M., de Vries, L. S., & group, E. s. (2019). Assessment of Brain Injury and Brain Volumes after Posthemorrhagic Ventricular Dilatation: A Nested Substudy of the Randomized Controlled ELVIS Trial. *J Pediatr*, *208*, 191-197 e192. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2018.12.062>
- Davies, M. W., Swaminathan, M., Chuang, S. L., & Betheras, F. R. (2000). Reference ranges for the linear dimensions of the intracranial ventricles in preterm neonates. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*, *82*(3), F218-223. <https://doi.org/10.1136/fn.82.3.f218>
- de Vries, L. S., Groenendaal, F., Liem, K. D., Heep, A., Brouwer, A. J., van 't Verlaat, E., Benavente-Fernandez, I., van Straaten, H. L., van Wezel-Meijler, G., Smit, B. J., Govaert, P., Woerdeman, P. A., Whitelaw, A., & group, E. s. (2019). Treatment thresholds for intervention in posthaemorrhagic ventricular dilation: a randomised controlled trial. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*, *104*(1), F70-F75. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2017-314206>
- El-Dib, M., Limbrick, D. D., Jr., Inder, T., Whitelaw, A., Kulkarni, A. V., Warf, B., Volpe, J. J., & de Vries, L. S. (2020). Management of Post-hemorrhagic Ventricular Dilatation in the Infant Born Preterm. *J Pediatr*, *226*, 16-27 e13. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2020.07.079>
- Govaert, P., & de Vries, L. S. *An Atlas of Neonatal Brain Sonography* (2nd ed.). Mac Keith Press.

- Holwerda, J. C., Van Braeckel, K., Roze, E., Hoving, E. W., Maathuis, C. G. B., Brouwer, O. F., Martijn, A., & Bos, A. F. (2016). Functional outcome at school age of neonatal post-hemorrhagic ventricular dilatation. *Early Hum Dev*, *96*, 15-20. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2016.02.005>
- Ingram, M. C., Huguenard, A. L., Miller, B. A., & Chern, J. J. (2014). Poor correlation between head circumference and cranial ultrasound findings in premature infants with intraventricular hemorrhage. *J Neurosurg Pediatr*, *14*(2), 184-189. <https://doi.org/10.3171/2014.5.PEDS13602>
- Kaiser, A. M., & Whitelaw, A. G. (1986). Normal cerebrospinal fluid pressure in the newborn. *Neuropediatrics*, *17*(2), 100-102. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1052509>
- Kidokoro, H., Neil, J. J., & Inder, T. E. (2013). New MR imaging assessment tool to define brain abnormalities in very preterm infants at term. *AJNR Am J Neuroradiol*, *34*(11), 2208-2214. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A3521>
- Lai, G. Y., Chu-Kwan, W., Westcott, A. B., Kulkarni, A. V., Drake, J. M., & Lam, S. K. (2021). Timing of Temporizing Neurosurgical Treatment in Relation to Shunting and Neurodevelopmental Outcomes in Posthemorrhagic Ventricular Dilatation of Prematurity: A Meta-analysis. *J Pediatr*, *234*, 54-64 e20. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2021.01.030>
- Leijser, L. M., Miller, S. P., van Wezel-Meijler, G., Brouwer, A. J., Traubici, J., van Haastert, I. C., Whyte, H. E., Groenendaal, F., Kulkarni, A. V., Han, K. S., Woerdeman, P. A., Church, P. T., Kelly, E. N., van Straaten, H. L. M., Ly, L. G., & de Vries, L. S. (2018). Posthemorrhagic ventricular dilatation in preterm infants: When best to intervene? *Neurology*, *90*(8), e698-e706. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000004984>
- Leijser, L. M., Scott, J. N., Roychoudhury, S., Zein, H., Murthy, P., Thomas, S. P., Mohammad, K., & Calgary Neonatal Neuro-Critical Care, P. (2021). Post-hemorrhagic ventricular dilatation: inter-observer reliability of ventricular size measurements in extremely preterm infants. *Pediatr Res*, *90*(2), 403-410. <https://doi.org/10.1038/s41390-020-01245-0>
- Levene, M. I. (1981). Measurement of the growth of the lateral ventricles in preterm infants with real-time ultrasound. *Arch Dis Child*, *56*(12), 900-904. <https://doi.org/10.1136/adc.56.12.900>
- MacMahon, P., & Cooke, R. W. (1983). Hyponatraemia caused by repeated cerebrospinal fluid drainage in post haemorrhagic hydrocephalus. *Arch Dis Child*, *58*(5), 385-386. <https://doi.org/10.1136/adc.58.5.385>
- Marshall, A. S. J., Scrivens, A., Bell, J. L., Linsell, L., Hardy, P., Yong, J., Williams, R., Adams, E., Sadarangani, M., Juszczak, E., Roehr, C. C., & Neo, C. C. G. (2023). Assessment of infant position and timing of stylet removal to improve lumbar puncture success in neonates (NeoCLEAR): an open-label, 2 x 2 factorial, randomised, controlled trial. *Lancet Child Adolesc Health*, *7*(2), 91-100. [https://doi.org/10.1016/S2352-4642\(22\)00343-1](https://doi.org/10.1016/S2352-4642(22)00343-1)
- Meijler, G., & Steggerda, S. J. (2019). *Neonatal Cranial Ultrasonography* (Third edition ed.). Springer.
- Murphy, B. P., Inder, T. E., Rooks, V., Taylor, G. A., Anderson, N. J., Mogridge, N., Horwood, L. J., & Volpe, J. J. (2002). Posthaemorrhagic ventricular dilatation in the premature infant: natural history and predictors of outcome. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*, *87*(1), F37-41. <https://doi.org/10.1136/fn.87.1.f37>
- Oushy, S., Parker, J. J., Campbell, K., Palmer, C., Wilkinson, C., Stence, N. V., Handler, M. H., & Mirsky, D. M. (2017). Frontal and occipital horn ratio is associated with multifocal intraparenchymal hemorrhages in neonatal shunted hydrocephalus. *J Neurosurg Pediatr*, *20*(5), 432-438. <https://doi.org/10.3171/2017.6.PEDS16481>
- Papile, L. A., Burstein, J., Burstein, R., & Koffler, H. (1978). Incidence and evolution of subependymal and intraventricular hemorrhage: a study of infants with birth weights less than 1,500 gm. *J Pediatr*, *92*(4), 529-534. [https://doi.org/10.1016/s0022-3476\(78\)80282-0](https://doi.org/10.1016/s0022-3476(78)80282-0)
- Parodi, A., Govaert, P., Horsch, S., Bravo, M. C., Ramenghi, L. A., & eur, U. S. b. g. (2020). Cranial ultrasound findings in preterm germinal matrix haemorrhage, sequelae and outcome. *Pediatr Res*, *87*(Suppl 1), 13-24. <https://doi.org/10.1038/s41390-020-0780-2>

- Shankaran, S., Bajaj, M., Natarajan, G., Saha, S., Pappas, A., Davis, A. S., Hintz, S. R., Adams-Chapman, I., Das, A., Bell, E. F., Stoll, B. J., Walsh, M. C., Laptook, A. R., Carlo, W. A., Van Meurs, K. P., Sanchez, P. J., Ball, M. B., Hale, E. C., Seabrook, R., Higgins, R. D., Eunice Kennedy Shriver National Institute of Child, H., & Human Development Neonatal Research, N. (2020). Outcomes Following Post-Hemorrhagic Ventricular Dilatation among Infants of Extremely Low Gestational Age. *J Pediatr*, 226, 36-44 e33. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2020.07.080>
- Tenbrock, K., Kribs, A., Roth, B., & Speder, B. (2003). Hyponatraemia as a consequence of serial liquor punctures in preterm infants with a ventricular access device after posthaemorrhagic hydrocephalus. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*, 88(4), F351. <https://doi.org/10.1136/fn.88.4.f351>
- van Zanten, S. A., de Haan, T. R., Ursum, J., & van Sonderen, L. (2011). Neurodevelopmental outcome of post-hemorrhagic ventricular dilatation at 12 and 24 months corrected age with high-threshold therapy. *Eur J Paediatr Neurol*, 15(6), 487-492. <https://doi.org/10.1016/j.ejpn.2011.04.011>
- Volpe, J. J. (2018). *Intracranial Hemorrhage: Germinal Matrix-Intraventricular Hemorrhage of the Premature Infant* (Sixth ed.). Saunders Elsevier.
- Zaben, M., Manivannan, S., Sharouf, F., Hammad, A., Patel, C., Bhatti, I., & Leach, P. (2020). The efficacy of endoscopic third ventriculostomy in children 1 year of age or younger: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Paediatr Neurol*, 26, 7-14. <https://doi.org/10.1016/j.ejpn.2020.02.011>

Bijlage: Drukmeting vanuit een intracranieel reservoir

Als afgeleide van de intracranieële druk worden de ventrikel parameters gehanteerd, deze zijn leidend in de besluitvorming. Over het meten van de intracranieële druk via het reservoir bestaat namelijk geen consensus. Op indicatie bij zeldzame gevallen kan het als volgt uitgevoerd worden: met een steriele liniaal kan de hoogte van de waterkolom in het afnamesysteem gemeten worden (cm waterdruk). Voor een zo betrouwbaar mogelijke drukmeting vanuit een ventrikel reservoir is het van belang dat het niveau van het foramen van Monro wordt aangehouden. Daarom bij voorkeur gebruik maken van een lang slangetje en deze bij het aanprikken naar beneden laten lopen en vervolgens in een bocht omhoog. Het startpunt van de meetlat moet je dan ter hoogte van de trachus van het oor houden als het kind in rugligging ligt.

Vanwege de dunne naald, die hierbij gebruikt wordt, is het spontaan oplopen van de liquor in het slangetje onbetrouwbaar. Daarom wordt de liquor eerst opgetrokken in een slangetje, waarna na stabilisatie van de liquorspiegel de druk kan worden beoordeeld. Omdat hierbij liquor vanuit het slangetje terug het lichaam in gaat heeft dit mogelijk een verhoogd infectierisico tot gevolg. (expert opinion)