

Optimalisatie van een gesloten infuussysteem voor een Neonatale Intensive Care Unit

Mendes Hogestyn (wb1146661), Diederik Mars (wb1155024) & Jan van Meurs (wb1162977)

Samenvatting

Op welke punten kan het Gesloten Infuus Systeem (GIS) op een Neonatale Intensive Care Unit (NICU) verbeterd worden? Onderzocht is met welke configuratie van de verschillende elementen van het GIS de medicatie het snelst met het benodigde debiet de patiënt bereikt. Drie elementen van het GIS (spuit, infuuslijn en katheter) zijn afzonderlijk getest. Er wordt geconcludeerd dat de 'Codan' spuit gebruikt moet worden, omdat hierin de druk, benodigd voor het toedienen van de medicijnen, het snelst wordt opgebouwd. De drukval over de navelkatheter valt te verwaarlozen ten opzichte van de openingsdruk van de kleppen. Een aanbeveling die gedaan kan worden is het sterk reduceren van de lengte van de infuuslijnen, die nu in totaal 3,5 meter bedraagt.

Inleiding

Wereldwijd wordt 8% van de baby's "premaatuer", d.w.z. vòòr 37 weken in zwangerschap, geboren. Deze prematuren ontvangen intensieve zorg op een Neonatale Intensive Care Unit (NICU), waar medicijnen worden toegediend via een Gesloten Infuus Systeem (GIS), (fig.1). De gangbare debieten op de NICU's van het Erasmus MC zijn 0.1 ml/uur tot 0.5 ml/uur. Een groter debiet is klinisch onwenselijk voor de patiënten van nog geen 1000 gram. Het Erasmus MC heeft geconstateerd dat het infuusysteem niet is ontworpen voor deze debieten. Tijdens dit onderzoek is onderzocht *met welke configuratie van de verschillende elementen van het GIS de medicatie het snelst met het benodigde debiet de patiënt bereikt*. Daartoe hebben we, i.s.m. het Erasmus Medische Centrum te Rotterdam, een uitvoerige probleemanalyse van het systeem gemaakt.

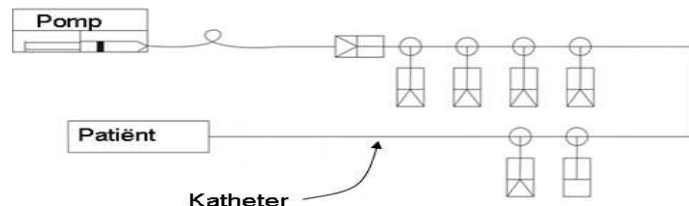
Het gesloten infuusysteem bestaat uit de volgende elementen (Tabel 1):

Element	Functie	Eigenschappen
Spuit	Stroombron	<ul style="list-style-type: none"> Elastische buis Elastische plunjer Stroom afhankelijk van belasting/ weerstand
Infuuslijn	Geleiding	<ul style="list-style-type: none"> Laminaire stroming Lengte lijn Binnendiameter (1mm)
Kleppen	Stroomrichting	<ul style="list-style-type: none"> Openingsdruk
Katheter	Geleiding	<ul style="list-style-type: none"> Laminaire stroming Binnendiameter (0,17;0,3;1,- mm)

Tabel 1: functies en eigenschappen van de elementen van het GIS

De spuiten en infuuslijnen (inclusief overgebleven medicatie) worden minimaal elke 24 uur vervangen. Het kleppenblok is reeds door het Erasmus MC onderzocht. Dit onderzoek richt zich op de overige elementen van het GIS.

Om onze hoofdvraag te kunnen beantwoorden, hebben wij per element een deelvraag opgesteld:



Figuur 1: Schematisch weergegeven Gesloten Infuus Systeem

- **Spuit:** In welk merk en type spuit wordt de druk het snelst opgebouwd?
- **Infuuslijn:** Wat is de toename [mbar/m] van de tegendruk in de infuuslijn?
- **Katheter:** Hoe groot is de drukval over de drie verschillende katheters?

Methode

Voor de testopstellingen werd gebruik gemaakt van een Braun FM Perfusors¹ pomp. De gebruikte kleppen en infuuslijnen zijn allen van Vygon². De drukmeters zijn van BD Sensors³

Spuit:

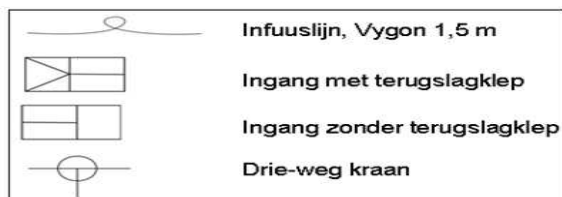
Drie verschillende merken spuiten (Vygon, Codan & Monoject) zijn getest. Van elk merk werden drie verschillende spuit-volumes getest (10 ml, 20 ml & 50 ml). Deze spuiten werden met water gevuld (10 ml & 40 ml) en aangesloten op de 'Braun' pomp. Van het merk 'Monoject' werden twee spuiten getest die op twee verschillende manieren gesteriliseerd waren (ethyleen-gas & gamma-straling). Aan de te testen spuit hing een verbindingslijn (180 mm lang, volume van 0.41 ml) en een drukmeter. Tijdens het experiment werd de lijn afgeknepen (gesloten vat). Gemeten werd de drukopbouw in de spuit.

Infuuslijn:

De opstelling bestond uit de 'Braun' pomp, een spuit (Monoject 50ml), een infuuslijn, die in lengte gevarieerd kon worden, een drukmeter en een katheter. De drukweerstand [mbar/m] werd bepaald d.m.v. een aantal metingen waarbij alleen de lengte van de infuuslijn werd gevarieerd.

Katheter:

De opstelling bestond uit de 'Braun' pomp, een spuit (Monoject 50 ml), een verbindingslijn (180 mm lang, volume van 0.41 ml), een drukmeter, een gladde plaat en een katheter. Er werden drie verschillende katheters

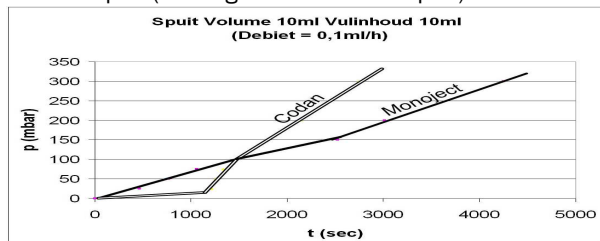


getest; twee armkatheters (epicutaneo-cava en premicath) en een navelkatheter, allemaal van 'Vygon.' De spuit werd gevuld met 40 ml water, glucose 5%, 10%, 15%, 20%, 30% of 50%. De weerstand van de katheters werd gemeten op debieten van 3, 5, 7.5, 10 en 15 ml per uur.

Resultaten

Spuit:

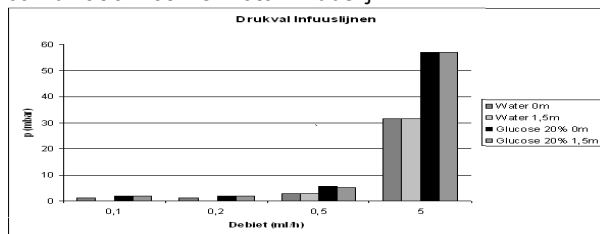
In de met gamma-straling gesteriliseerde spuiten wordt de druk sneller opgebouwd dan in de met ethyleen-gas gesteriliseerde spuiten. In elk type spuit van het merk 'Codan' wordt de druk vanaf 100 mbar het snelst opgebouwd. Figuur 2 laat zien dat de druk in de 'Monoject' spuit sneller de 100mbar bereikt dan in de 'Codan' spuit (de enige andere 10 ml spuit).



Figuur 2: Drukopbouw Codan t.o.v. Monoject

Infuuslijn:

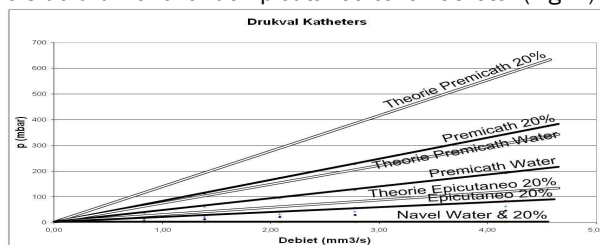
Figuur 3 laat het verschil in drukval zien over enkel een 'Premicath' katheter en een 'Premicath' katheter in combinatie met 1.5 meter infuuslijn.



Figuur 3: Verschil drukval over 1.5 m infuuslijn

Katheter:

De drukval over de Premicath katheter is 4 keer zo hoog als de drukval over de Epicutaneo-cava katheter (Fig. 4).



Figuur 4: de verhouding tussen het debiet en de drukval van de drie geteste katheters

Discussie & Conclusie

Spuit:

In verband met een snellere drukopbouw raden wij aan alleen spuiten te gebruiken die d.m.v. gamma-straling gesteriliseerd zijn. Bij een debiet van minder dan 0.2 ml/uur wordt de druk in de 'Monoject' spuit tot 100 mbar sneller opgebouwd dan in de 'Codan' spuit. Gezien het feit dat de drukval bij deze snelheid hoger dan 100

mbar is in zowel de Premicath en Epicutaneo-cava katheter, en deze druk dus overwonnen zal moeten worden alvorens er medicatie de patiënt instroomt, wordt aangeraden om bij gebruik van deze katheters de 'Codan' 10 ml spuit te gebruiken. Gezien er geen drukval is in de navelkatheter, en de openingsdruk van de kleppen in dat geval de grootste druk is die overwonnen zal moeten worden (65 tot 95 mbar, zie conclusie 'kleppen'), moet de 'Monoject' 10 ml spuit gebruikt worden. Tabel 2 laat zien welke spuit bij welk benodigd debiet gebruikt moet worden, in acht genomen dat de spuiten minimaal elke 24 uur verwisseld worden.

Benodigd Debiet (Q)	Welk spuittype bij welke katheter?
$Q \geq 0.9$ ml/uur	Codan 50ml (alle katheters)
$0.4 \leq Q < 0.9$	Codan 20ml (alle katheters)
$0.2 \leq Q < 0.4$	Codan 10ml (alle katheters)
$Q < 0.2$	Codan 10ml (Premicath en Epicutaneo-cava), Monoject (navelkatheter)

Tabel 2: Welke spuit moet bij welk debiet worden gebruikt?

Infuuslijn:

De extra tegendruk die wordt veroorzaakt door 1.5 m infuuslijn, is verwaarloosbaar tegenover de drukval over de katheters en de openingsdruk van de kleppen.

Katheter:

De drukval over de navelkatheter valt te verwaarlozen ten opzichte van de openingsdruk van de kleppen. De artsen moeten wel rekening houden met het feit dat er bij de Premicath katheter een vier keer zo hoge drukval overwonnen zal moeten worden als over de Epicutaneo-cava, wat ook resulteert in een vier keer zo grote drukopbouwtijd. Volgens Frank M. White⁴ gedraagt de drukval over een katheter zich als volgt:

$$\Delta p = 128 \cdot \frac{Q L \mu}{\pi d^4}$$

De gemeten waarden komen niet overeen met de theoretische waarden (zie Fig. 4). Deze afwijkingen kunnen komen doordat de diameter van de katheters onnauwkeurig is weergegeven door de fabrikant (een afwijking van 0.02 mm geeft al een verschil in drukval van 31.8%), of door een variërende viscositeit als gevolg van temperatuurschommelingen.

Kleppen:

Uit een onderzoek van het Erasmus MC naar de openingsdruk van de 'Vygon' kleppen is gebleken dat deze druk per klep varieert van 65 tot 95 mbar; deze kleppen zijn niet uniform. Deze kleppen zijn dus te onbetrouwbaar om te gebruiken in het GIS op de NICU's.

Aanbeveling

De lengte van de infuuslijnen (3.5m) moet gereduceerd worden tot een in de praktijk zo klein mogelijke lengte.

Referenties:

¹ <http://www.bb Braun.nl>

² <http://www.vygon.com>

³ <http://www.bdsensors.nl>

⁴ Frank M. White 'Fluid Mechanics', New York, 2003, ISBN 0-07-119911-X