

# De druk-volume-katheter

M.M.J. de Jong

Experimentele Cardio Thoracale Chirurgie (ctc), Universiteit Maastricht  
mmj.dejong@ctc.unimaas.nl

## Inleiding

In dit artikel wordt een zogenoemde druk-volume-katheter (pressure-volume catheter, of kortweg p/v-catheter) besproken. Dit is een diagnostische katheter waarmee de bloeddruk en het volume van één van de hartkamers tegelijk kunnen worden gemeten.

Bij de onderzoeksschool Cardiovascular Research Institute Maastricht (CARIM) wordt door verschillende afdelingen onderzoek uitgevoerd met deze katheter. Het betreft de afdelingen Cardio Thoracale Chirurgie (ctc), Cardiologie en Fysiologie. De katheter wordt toegepast bij dierexperimenteel onderzoek in onder andere honden, geiten, kalveren, schapen en varkens. Tevens wordt de katheter toegepast bij patiëntenonderzoek.

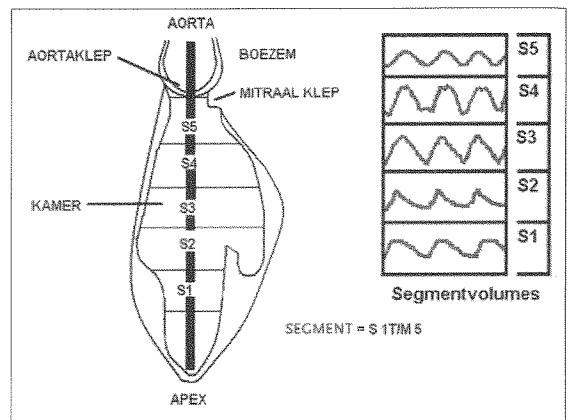
Met de druk-volume-katheter kan 'slag' op 'slag' de werking van het hart worden bepaald. Met de katheter kunnen de contractiekracht, de verrichte arbeid van de hartspier en de vulling van het hart worden gemeten. De drukmeting in het hart vindt plaats met een druksensor op de katheter. Het volume wordt bepaald door de elektrische geleiding van het bloed te meten en deze om te rekenen naar segmentvolumes.

## Volumemeting met druk-volume-katheter

Het principe van de volumemeting is gebaseerd op het meten van de weerstand in bloed. Met behulp van de katheter wordt de hartkamer verdeeld in segmenten die als cilinders worden voorgesteld. Het volume van de segmenten wordt samengevoegd en daarmee kan het totale volume van de hartkamer worden weergegeven (afb. 1).

Als het gemakkelijk is voor een elektrische stroom om door een materiaal heen te komen (lage weerstand), dan is de elektrische geleiding van het materiaal hoog. Daardoor is de elektrische geleiding van een brede cilinder groter dan van een smalle cilinder. Omgekeerd zegt de geleiding van een cilinder dus iets over de diameter. Het volume van de cilinder kan nu bepaald worden als de hoogte van de cilinder bekend is (afb. 2).

Het aanleggen van het elektrisch stroomveld gebeurt met vier stroomelektroden, waarvan zich twee in de apex (zie afb. 1) en twee net boven of onder de aortaklep bevinden. Het elektrisch stroomveld is door de zeer lage spanning ongevaarlijk voor het proefdier of de patiënt. De vijf volumesegmenten die nodig zijn worden bepaald door de plaats van zes meetelektroden tussen de stroomelektroden in. Van de meetelektroden is de on-



Afbeelding 1. De druk-volume-katheter met de vijf segmenten die de segmentvolumes vormen; de segmentvolumes bij elkaar opgeteld bepalen het totale hartkamervolume.

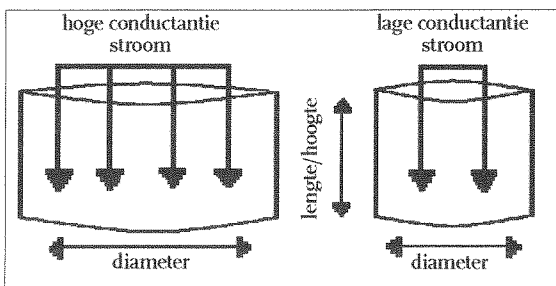
derlinge afstand bekend. De meetelektroden meten de geleiding van de vijf segmenten. De hartkamer wordt op deze manier als een stapel cilinders voorgesteld. Door de volumina van de vijf segmenten op te tellen kan het totale kamervolume worden berekend.

Door de segmentvolumes apart weer te geven kan worden beoordeeld of de segmenten allemaal tegelijk samentrekken ofwel in fase zijn. Als dat niet het geval is dat nadelig voor de pompfunctie van het hart.

## Het plaatsen van druk-volume-katheter

Vóór gebruik moet de katheter twee minuten in fysiologisch zout worden gelegd om het membraan dat om de druksensor zit, vochtig te laten worden. De katheter wordt daarna uit het water gehaald en ongeveer twee minuten neergelegd, en in die tijd wordt de druksensor automatisch gekalibreerd op 0 mmHg, de buitenluchtdruk. Als deze kalibratieprocedure klaar is kan de katheter geplaatst worden.

De katheter wordt in het onderzoek bij grote proefdieren vanuit de bloedvaten in de lies (*A. femoralis*) of vanuit de hals (*V. jugularis*) naar het hart opgevoerd onder röntgendoorlichting. De dieren zijn bij het onderzoek onder algehele anesthesie. De katheter die naar de linkerzijde van het hart moet worden opgevoerd gaat via de arterie, tegen de bloedstroom in. De katheter die naar de rechterzijde van het hart moet worden opgevoerd via de vene.



Afbeelding 2. De elektrische geleiding van een brede cilinder is groter dan van een smalle cilinder.

## Druk-volume-diagram of pv-loop

De pompfunctie van de hartkamer kan beschreven worden met een druk-volume-diagram, ook wel pressure-volume loop of korweg pv-loop genoemd. (afb. 3).

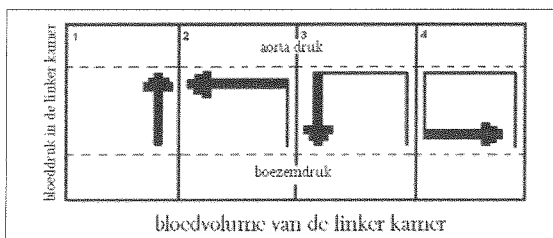
In het druk-volume-diagram wordt de hartcyclus als volgt weergegeven:

- 1 Aan het begin van de systole (de samentrekkingsfase) contraheert de hartkamer en is de aortaklep nog dicht. Dit zal resulteren in een drukverhoging zonder een volumeverandering.
- 2 De aortaklep gaat open als de druk in de hartkamer gelijk is aan de druk in de aorta. Nu wordt bloed de aorta in geperst en zal het hartkamervolume afnemen, terwijl de druk hoog blijft.
- 3 Het einde van de systole is bereikt en de hartspier ontspant. Dit resulteert in een drukverlaging, de aortaklep sluit en daardoor zal het volume van de hartkamer constant blijven terwijl de druk lager wordt.
- 4 Als de druk laag genoeg is gaat de mitraalklep open en zal de hartkamer gevuld worden vanuit de boezem. De druk waarbij dit gebeurt blijft constant tijdens de vulfase en is vrijwel gelijk aan de boezemdruk.

## Eisen aan de druk-volume-katheter

De eisen die hier gesteld worden gelden voor alle algemeen toegepaste katheters in de bloedcirculatie, dus niet alleen voor de druk-volume-katheter.

De katheter moet gemaakt zijn van niet-toxisch materiaal. Door een gladde katheter wordt trombosevorming voorkomen. Tevens moet de diameter van de katheter zijn aangepast aan de arterie of vene, omdat een te grote katheter vaatverschuiving, en een te kleine katheter onnauwkeurige metingen geeft. Doordat de katheter wordt opgevoerd en op zijn plaats wordt gelegd met behulp van röntgenapparatuur moet hij zichtbaar zijn tijdens de röntgenopnamen, dit is mogelijk door markers op de katheter.



Afbeelding 3. De hartcyclus in het druk-volume-diagram. De vier fasen zijn functioneel van elkaar gescheiden door het sluiten of openen van de hartkleppen.

- 1 begin systole tot aortaklep opengaat;
- 2 uitstoting van bloed naar aorta;
- 3 begin diastole tot dat de mitraalklep opent;
- 4 vulling van de hartkamer vanuit de boezem.

## Literatuur

- 1 Dekker A (2003) *Pressure – Volume Loops in Cardiac Surgery*. Proefschrift Universiteit Maastricht.
- 2 Baan J, Van der Velde ET, de Bruin HG e.a. (1984) *Continuous measurements of left ventricular volume in animals and humans by conductance catheter*. *Circulation* 70: 812–23 (geeft het basisprincipe).
- 3 Braunwald E (1997) *Heart disease: a textbook of cardiovascular medicine*.
- 4 W.B. Saunders, Philadelphia. Pp 421 – 444 (geeft het druk-volume-diagram).
- 5 Schreuder JJ, Van der Veen FH, Van der Velde ET e.a. (1997) *Left ventricular pressure – volume relationships before and after cardiomyoplasty in patients with heart failure*. *Circulation*. 95: 2978-86 (geeft segmentvolumes na wikkelspieroperatie).