

Gäller för: Verksamhet Thorax och kardiologi
Innehållsansvar: Lukas Lannemyr, (lukla), Överläkare
Godkänd av: Kristofer Skoglund, (krisk3), Verksamhetschef

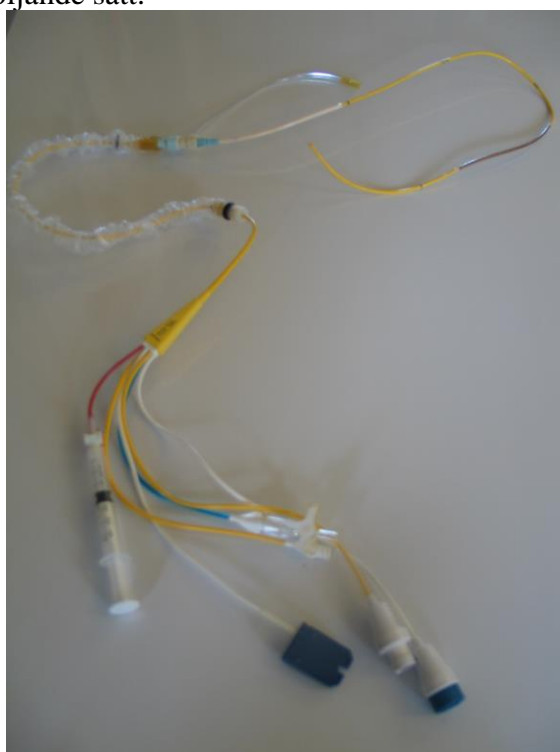
Giltig från: 2025-04-04

Giltig till: 2027-04-02

Swan-Ganz kateter och Cardiac Output-mätning

Beskrivning av katetern

Olika modeller finns, men den rutinmässigt använda katetern med möjlighet till kontinuerlig termodilution ser ut på följande sätt.



- Längd:** 110 cm, var 10:e cm markerad.
- Tjocklek:** 7F (c:a 2.3 mm yttre diameter).
- Distalt lumen:** Beläget i kateterspetsen, användes för tryckmätning, blodprovstagning (mixed venous blood).
- Proximalt lumen:** Beläget 30 cm från kateterspetsen, är vid korrekt placerad kateter beläget i höger förmak. Denna kanal kan användas på samma sätt som vanlig CVK, men lumen är smalt och katetern lång, vilket innebär att man ej kan infundera några större volymer. I detta lumen injiceras den kylda lösningen vid termodilutionsmätning och här kan RAP (right atrial pressure) = CVP mätas.

Termistorlumen: Tunn kopparledning som förbinder temperaturgivaren (termistorn), belägen 4 cm från kateterspetsen, med en trepolig elektrisk anslutning.

Ballonglumen:

En spruta för luft ansluten på en mycket tunn kanal till ballongen i kateterspetsen. Ballongen rymmer 1-1.5cc. Anslutningen är försedd med en liten spärr som kan öppnas och stängas.



Ballongen fyller följande funktioner:

1. Gör kateterspetsen mer flytande och hjälper därmed till att leda denna genom höger kammare.
2. Täcker i uppblåst tillstånd kateterspetsen och skyddar därmed kammarens väggar.
3. I uppblåst läge, fastkilad i en liten lungartär, ”stänges” kateterspetsen av från pulmonalisartären och påverkas endast av det tryck som råder bortom kateterspetsen = PCWP (pulmonary capillary wedge pressure), se vidare nedan!
4. Efter avslutad mätning – låt ballongen tömma sig spontant!

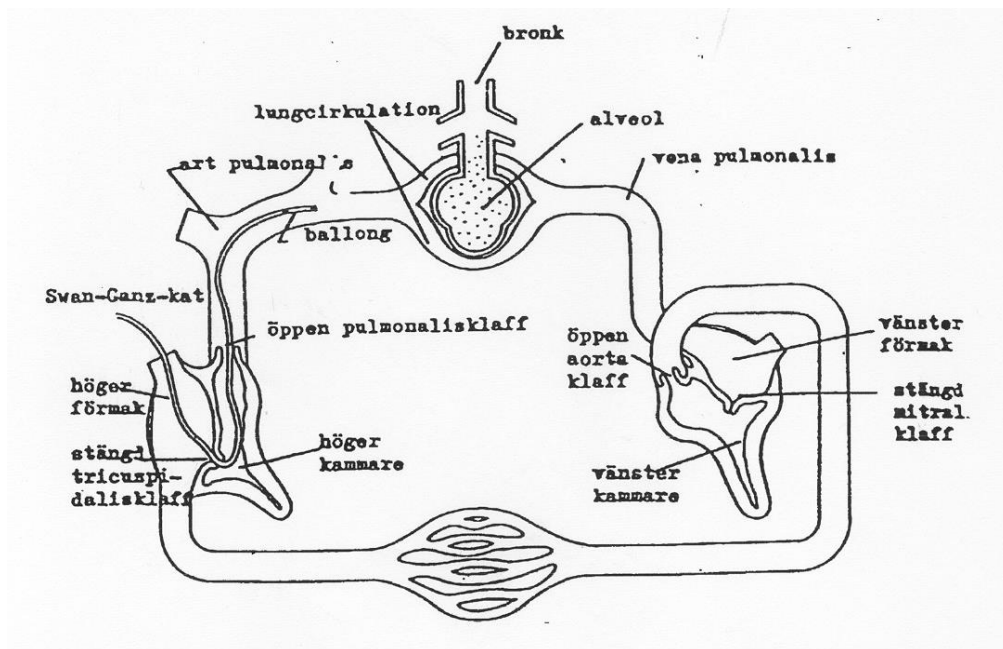
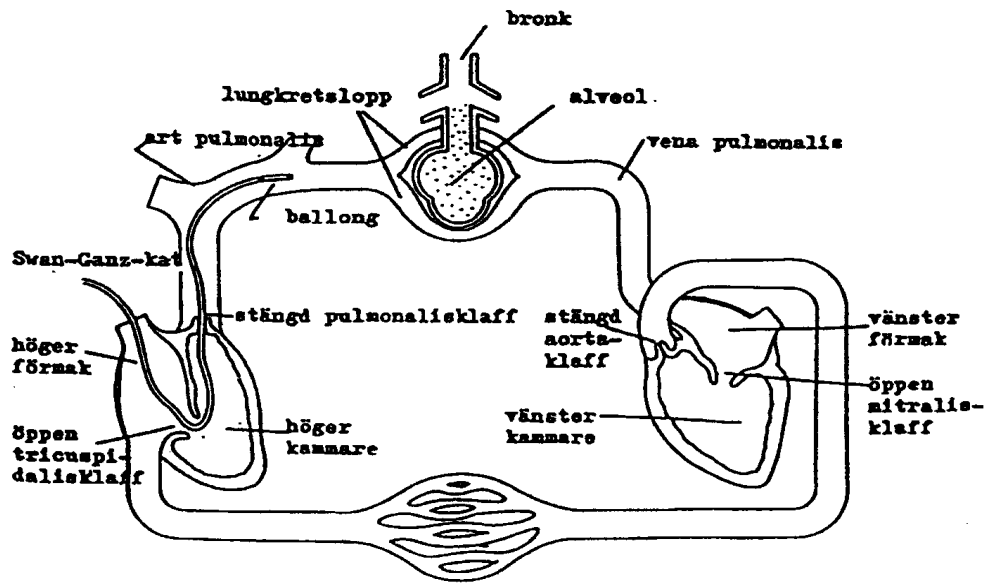
Teoretisk bakgrund

Centralt ventryck (CVP), mätes i höger förmak eller i vena cava superior och är en direkt återspeglning av höger kammarens fyllnad eller diastoliska tryck och återspeglar inte nödvändigtvis vänsterhjärtats tryck. Höger kammarens arbete kan vara normalt och inte ge ändrat fyllnadstryck trots uppenbar vänsterkammarsvikt. En patient kan alltså drabbas av lungödem trots normalt CVP. Man behöver uppenbarligen en bättre mätare av vänsterkammarens funktion än CVP, och en god hjälp kan fås genom tryckmätning i arteria pulmonalis.

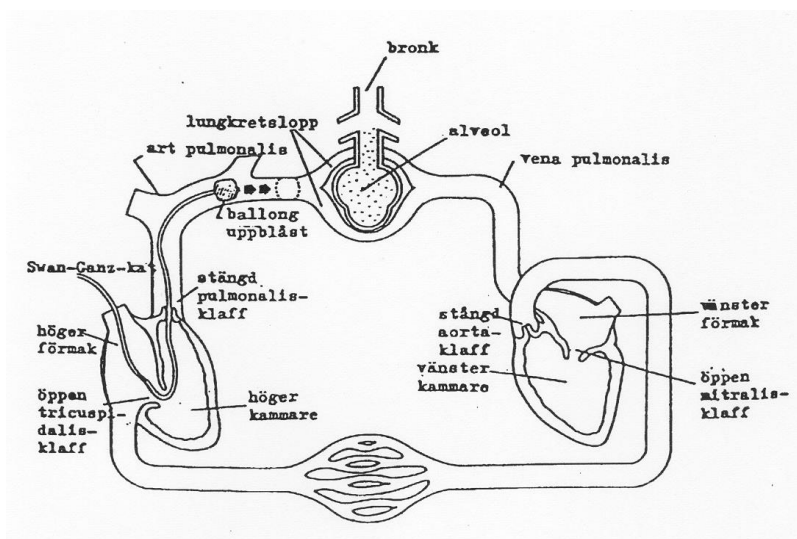
Hur en tryckmätning i arteria pulmonalis kan säga något om förhållandet i vänsterhjärtat beskrivs i följande text med tillhörande figurer.

Kateterspetsen ses i korrekt läge i arteria pulmonalis och alla tryck mätes genom distala lumen.

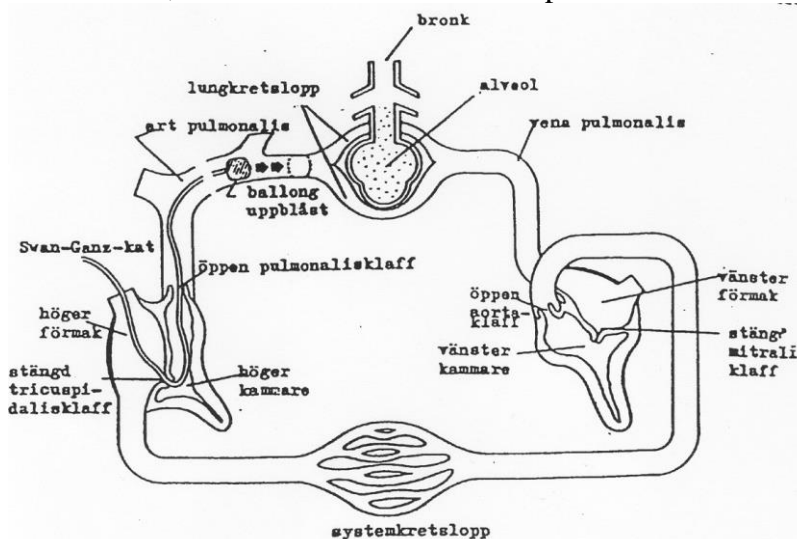
Ballongen ej uppblåst och hjärtat i diastole. Under diastole är kamrarna relaxerade och fylls med blod från respektive förmak. Pulmonalis-klaffen och aortaklaffen är slutna och avstänger därmed kamrarna från arteria pulmonalis respektive aorta. Med tom ballong mäter nu kateterspetsen trycket i arteria pulmonalis och värdet kallas *diastoliskt pulmonalstryck*, PAPd (pulmonary artery pressure diastolic).



Ballongen fortfarande ej uppblåst, men hjärtat är nu i systole. Båda kamrarna kontraheras och skapar höga tryck mot de stängda tricuspida- och mitralisklaffarna. Aorta- och pulmonalisklaffarna är öppna och bilden visar att det höga tryck som skapas i höger kammare direkt överföres till kateterspetsen. Detta värde kallas *systoliskt pulmonalstryck*, PAPs (pulmonary artery pressure systolic).



Ballongen är uppblåst och hjärtat i diastole. Ballongen stänger nu av den gren av arteria pulmonalis, in i vilken den förts med blodströmmen. Därmed förhindras att kateterspetsen registrerar det diastoliska trycket i arteria pulmonalis. Nu råder en obruten vätskepelare från kateterspetsen genom lungkapillärbädden, lungvenen till vänster förmak. Trycket distalt om kateterspetsen är ungefärligen detsamma i lungvenen, vänster förmak och vänster kammares tryck i enddiastole. Kateterspetsens lumen registrerar nu tryck endast i den obrutna "vätskepelare" mellan ballong och vänster förmak. Detta värde kallas *PCWP* (pulmonary capillary wedge pressure, där wedge står för kil). Dess medelvärde, *PCWpm*, överensstämmer väl med det diastoliska pulmonalstrycket, *PAPd* (undantag, se nedan!). Genom att *PCWpm* överensstämmer med trycket i vänster kammare under slutet av diastole, ger det oss en möjlighet att uppskatta vänsterkammarens funktion utan att ha en kateter placerad i vänster kammare, vilket är en mera avancerad procedur än tekniken ovan.

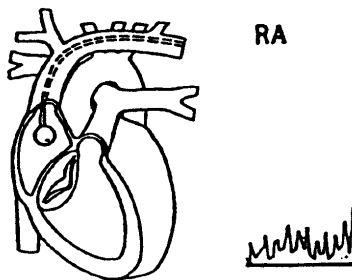


Ballongen fortfarande i wedgeläge och hjärtat befinner sig i systole. Då ballongen stänger av kateterspetsen från det höga trycket i höger kammare, mäts trycket i den obrutna vätskepelaren från ballong till vänster förmak. Man får därmed en uppfattning om vänster förmaks fyllnadstryck.

Tryckkurvornas utseende

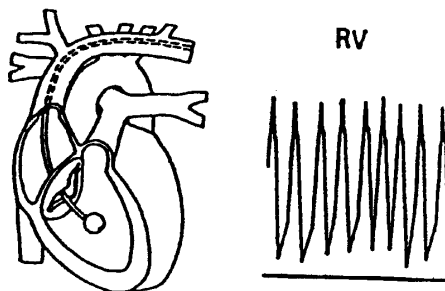
Registreringen börjar med kateterspetsen i höger förmak (right atrium, RA). Trycket är lågt genom att det höga tryck som skapas vid högerkammarens kontraktion blockeras av den stängda trikuspidalis-klaffen.

Referensvärde: medeltryck -1-7 mmHg



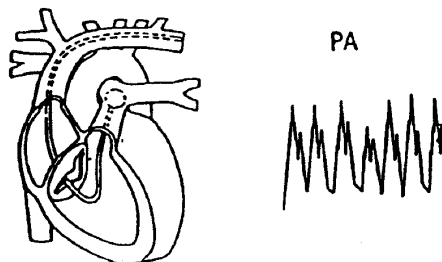
Då kateterspetsen når in i höger kammare (right ventricle, RV), övergår tryckkurvan till höga spetsiga utslag, svarande mot de höga systoliska och de låga diastoliska tryck som råder i kammaren.

Referensvärde: systoliskt 15-25 mmHg
enddiastoliskt 0-8 mmHg



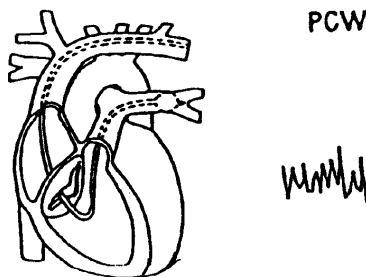
När kateterspetsen når arteria pulmonalis (pulmonary artery, PA), hindrar den stängda pulmonalisklaffen under diastole trycket att nå ner till samma nivå som i höger kammare. Under systole är pulmonalisklaffen öppen och kateterlumen registrerar nu samma höga tryck i arteria pulmonalis som i höger kammare.

Referensvärde: systoliskt 15-25 mmHg
diastoliskt 8-15 mmHg

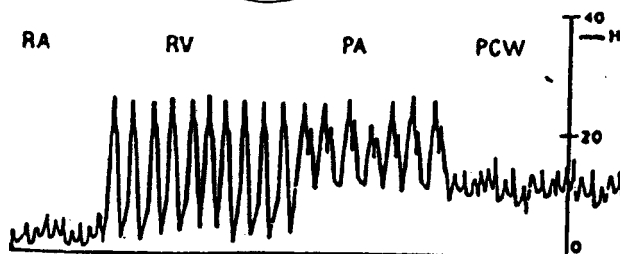


Då wedgeläge nåtts blockeras, som tidigare beskrivits, arteria pulmonalis och PCWP faller till en nivå strax under PAPd.

Referensvärde: medeltryck 6-12 mmHg



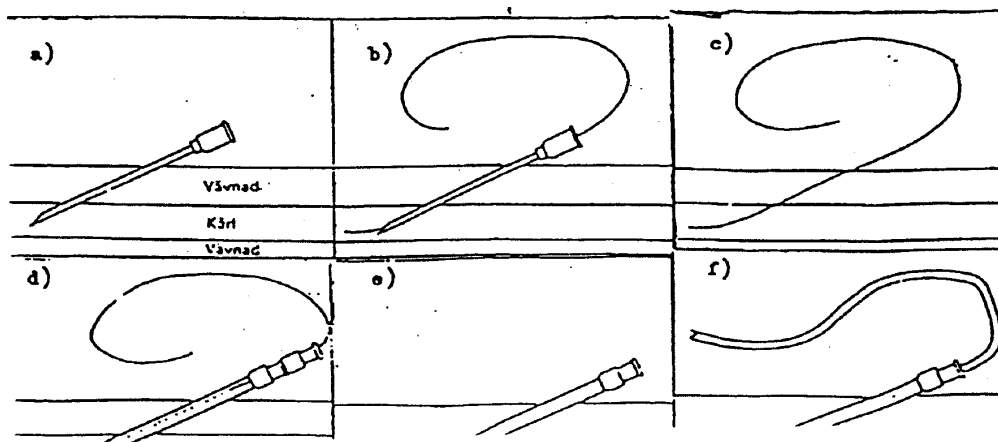
Vid tryckmätning är det viktigt att patienten ligger i planläge. Fas i andningscykel för mätning, respiratorterapi med eller utan PEEP är andra faktorer som kan påverka tryckmätningen.



Teknik för inläggning

1. Steril uppdukning enligt särskilt PM.

2. Descutantvätt över punktionsområdet.
3. Sterilklädning (rock, mössa, handskar) av operatör.
4. Steriltvätt över punktionsområdet. Lämpliga kärl för punktion är:
 - vena jugularis interna alternativt externa dexter - ger kortast och rakast väg till hjärtat.
 - vena subclavia dexter eller sinister.
5. Sterilinklädning av punktionsområdet.
6. Uppkopplat tryckmätningssystem med övertrycksmanschett och flushvätska (500 ml NaCl 9 mg/ml).
7. Riklig lokalanestesi anlägges och därefter punkteras kärlet med den tunna kanylen genom en 0.5 cm lång stickincision och en tunn plastkanyl inlägges (fig a).
 - Spiralledaren införes med mjuka änden först (fig b).
 - Plastkanylen bortdrages över spiralledaren (fig c).
 - Över den kvarliggande ledaren införes ett inläggningsinstrument bestående av en hårt konad plastspets (dilatator) som skall vidga mjukdelar och hål i kärlvägg för att ge plats för den andra delen i instrumentet, ett grovt plaströr, genom vilket katetern skall införas i kärllumen (fig d).
8. Spiralledaren + dilatatorn drages bort. Genom att det grova plaströret är försett med en backventil uppkommer inget blodflöde. Spolning kan göras genom en med kran försedd sidoslang (e).

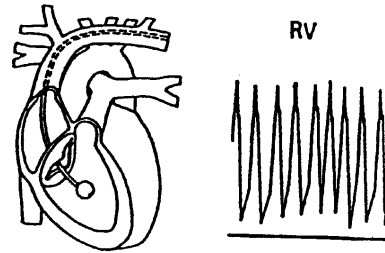


9. Katetern införes därefter till c:a 15 cm innanför huden och ansluts till tryckmätningssystemet.

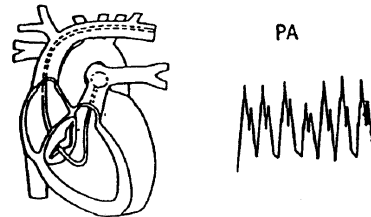
10. Ballongen blåses upp med luft som vid en ballongruptur ger upphov till en embolus, som under förutsättning att det ej föreligger några höger-vänster-shuntar i hjärtat eller några arteriovenösa fistlar i lungorna, ej är farlig.

11. Efter 30 cm (höger vena subclavia) till 40 cm (vänster vena subclavia) bör man nå in i höger kammare och den typiska kammarkurvan synas.

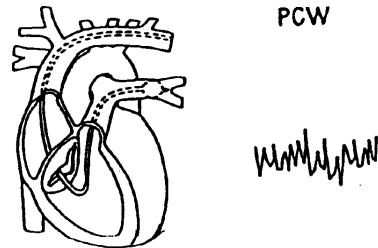
in i höger kammare och den typiska kammarkurvan synas



12. Efter ytterligare 15-20 cm bör man nå ut i arteria pulmonalis



13. Då man erhållit PA-kurva, matas katetern vidare till PCW-läge (fig 10). Där släppes luften ur ballongen och PA-kurvan skall då återkomma.



14. OBS! Då PCW-kurva fås får man ej blåsa ytterligare luft i ballongen och riskera:
- Skada på kärlet ballongen ligger i.
 - Skada på ballongen.
 - Förvrängda mätvärden (over-wedge) då ballongen blåsts upp och täckt en del av kateterspetsen. Det tryck som registreras i detta läge, är troligen det tryck som råder i ballongen och ej PCW.
15. Införingsröret med katetern fixeras, eventuellt sutureras med icke resorberbart material. Används sterisleeve (plastskydd) bör katetern fixeras även vid denna för att ej åka ut och in.



Observera

1. Ballongen får aldrig kvarlämnas uppblåst, eftersom risk för liten lunginfarkt föreligger.
2. Vid varje tillfälle då katetern backas, antingen från arteria pulmonalis till höger kammare eller från höger kammare till höger förmak, skall man förvissa sig om att ballongen är helt tom. Detta för att undvika skador på klaffarna (läkaruppgift).
3. Töm ej ballongen med aspiration (försvagar ballongväggen)– låt ballongen tömma sig spontant!
4. Blås ej luft i en ballong man misstänker har rupturerat.
5. Lämna alltid en liten spruta kvar på ballonglumen, detta för att förhindra att vätska av misstag injiceras i ballongen.
6. Lämna aldrig en kateter kvar i patienten om det ej går att framställa en acceptabel PA-kurva. Avlägsna hellre katetern, överväg indikationen och lägg vid behov in en ny.
7. Skjut aldrig in katetern osterilt.
8. Använd aldrig glukos i flushsystemet (gynnar bakterietillväxt).
9. Förändring av tryckkurvan kan orsakas av att katetern glidit in i PCW-läge. Åtgärdas genom att katetern backas till dess pulmonaliskurva återkommer.

PCWP

Generellt gäller att diastoliska pulmonalstrycket (PAPd) ganska väl överensstämmer med PCWpm utom vid förhöjd resistens i lungkretsloppet, s k pulmonell hypertension. Detta definieras som en skillnad i PAPd - PCWpm på > 5 mmHg.

Pulmonell hypertension kan förekomma vid:

1. Lungemboli
2. Svår mitralisstenos
3. Svår kronisk lungsjukdom
4. Acidosis + sänkt arteriell syrgasmättnad
5. Posttraumatiskt, ARDS

Rutinskötsel

1. Punktionsstället tvättas vid behov med descutansvamp, torka torrt och täck därefter med ett ocklusivt förband typ Tegaderm eller Opsite.
2. Tryckset var 4:e dag.

Indikationer för inläggning

Katetern skall endast användas då en klar frågeställning finns och då terapin kan påverkas av svaren på frågeställningen.

1. Akut hjärtsvikt
2. Pulmonell hypertension
3. Allvarlig hypovolemi
4. Komplicerade vätskebalansproblem
5. Akuta medicinska situationer:
 - ARDS
 - Sepsis
 - Svår intoxication
 - Akut njursvikt
 - Svår pancreatit
 - Drunkning med långvarig respiratorbehandling
 - Rök-gasskada
6. Per- och postoperativt
 - Allvarlig coronar hjärtsjukdom. Kan vid preoperativ inläggning ge besked om patientens kardiella reserver
 - Färsk myocardin-fark
 - Cor incomp
 - Instabil angina pectoris
 - Stor bukkirurgi + annan kritisk sjukdom
 - Aortakirurgi

Kontraindikationer

Inga absoluta kontraindikationer finns men relativa d:o utgörs av:

1. Upprepade sepsistillstånd
2. Hyperkoagulabilitet

3. Uttalad pulmonell hypertension hos patient i hög ålder
4. Vänstersidigt skänkelblock (risk för totalblock)
5. WPW-syndrom (risk för takyarytmi)
6. Högerkammerinfarkt (risk för arytm)
7. Känd öppen kardiell shunt
8. Inneliggande pacemaker elektrod

PEEP och PCWP

PEEP har effekter på PCWP då trycket i alveolerna blir så högt att kapillärerna komprimeras. Enligt flera författare går det en gräns vid $PEEP > 10 \text{ cm H}_2\text{O}$.

Åtgärder vid dödsfall

Som huvudprincip gäller att inlagd Swan-Ganz-kateter skall kvarlämnas (om obduktion planeras).

Avlägsnande av kateter

Utföres av sjuksköterska efter genomgången utbildning. Innan Swan-Ganz-katetern drages, förvissa dig om att ballongen är tom. Tvätta huden runt instickstället och eventuella suturer med Klorhexidinsprit 5 mg/ml, låt lufttorka. Katetern drages försiktigt ut, därefter inläggningsinstrumentet. Komprimera 5 minuter innan tryckförband anlägges.

Komplikationer

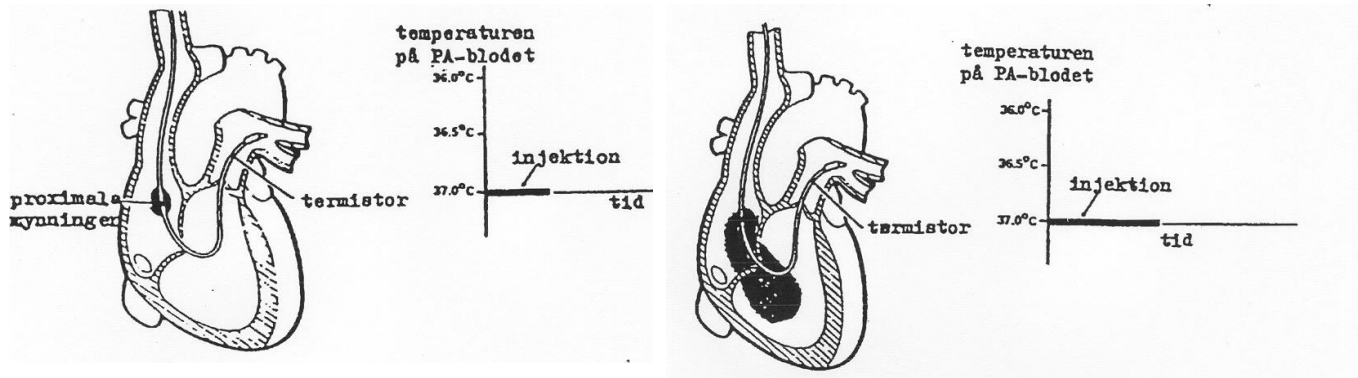
1. VES under införandet är mycket vanligt, snarast regel. Helt oskyldigt, men om de skulle uppträda mycket rikligt utgör detta en varning om att proceduren bör avbrytas, eventuellt fortsättas med arytmskydd.
2. Knutbildning på katetern. En del fall finns beskrivna, samtliga med lyckad utgång. Åtgärder i samband med uppkommen knut görs under genomlysning.
3. Lungkärlskada. Den mest fruktade komplikationen. Flera fall med perforation av arteria pulmonalis finns rapporterade. Högre frekvens hos patienter med hög ålder och/eller pulmonell hypertension i kombination med angikoagulantibehandling.
4. Ballongruptur. Riskerna för ruptur kan minskas om man:
 - Ej överfyller ballongen.
 - Ej aspirerar i ballongen.
5. Endokardit.
6. Septiska komplikationer. Riskerna små om katetern ligger < 72 timmar.
7. Lokal infektion vid punktionsstället.
8. Trombbildning.
9. Katetern kan glida in i wedgeläge med oupplåst ballong. Detta syns väl på tryckkurvan. Risk för avstängning av ett litet lungsegment.
10. Katetern kan glida tillbaka i höger kammare. Ses på tryckkurvan. Risk för knutbildning.

Mätning av cardiac output

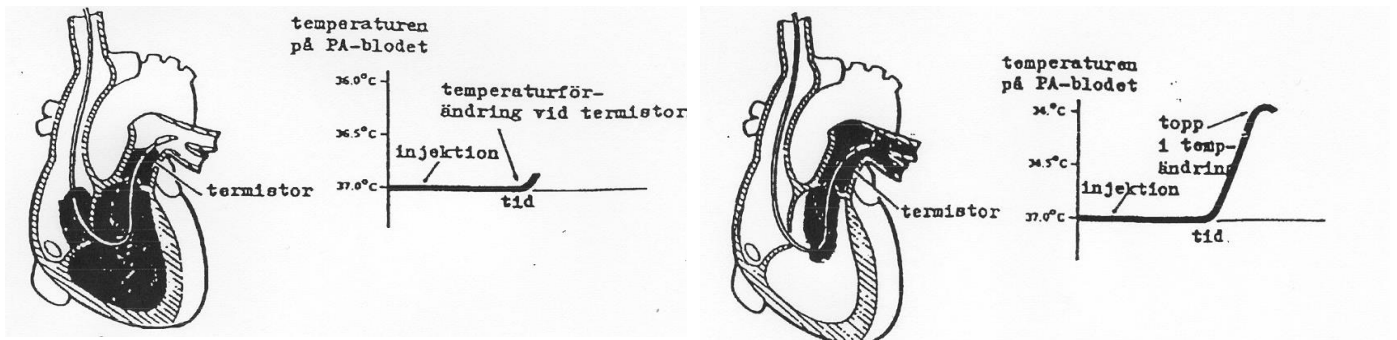
Trycken som skapas av hjärtmuskeln leder till blodflöde. Mängden blod som pumpas på en minut kallas cardiac output (CO) eller hjärtminutvolym. Då varje kammare normalt pumpar samma mängd blod/minut är cardiac output lika för höger och vänster kammare. De faktorer som framförallt bestämmer CO är slagvolym (stroke volume, SV) och hjärtfrekvens (heart rate, HR). Slagvolymen definieras som den mängd blod en kammare pumpar ut i kroppen vid varje hjärtslag och uttryckes i ml. Multipliceras SV med HR fås antalet ml blod som pumpas per minut, dvs CO. För att få CO uttryckt i l/minut, vilket är det gängse, multipliceras produkten ovan med 0.001.

Termodilution

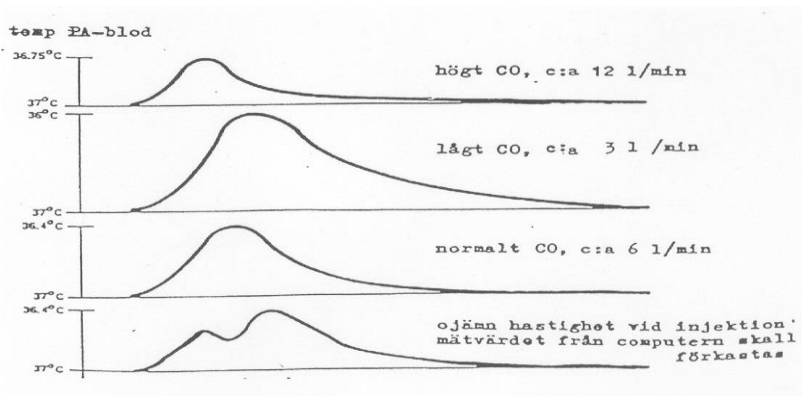
Vid användning av denna teknik används en känd mängd iskall lösning, vanligtvis NaCl. Denna lösning tillföres cirkulationen via proximala lumen i en Swan-Ganz-Kateter och hamnar därmed i höger förmak eller i vena cava superior, där den kylda NaCl blandas med blodet.



När kammaren kontraheras kastas det kylda blodet ut i arteria pulmonalis och ger här en liten temperatursänkning (fig. 16). Temperaturkurvan når sin topp (=lägsta temperaturen) då den kallaste portionen passerar förbi termistorn. Då det kylda blodet passerat förbi termistorn och vidare ut i arteria pulmonalis, återgår temperaturen till tidigare värden och man får ett fall på temperaturkurvan.



Genom att behandla kurvan matematiskt i en liten computer kan man få fram CO. Ett stort flöde (högt CO) ger en mindre temperatursänkning och ett litet flöde (lågt CO) ger en större temperatursänkning vid tillförelse av samma mängd kyld vätska. Detta förhållande ger upphov till kurvor av olika utseende enligt bild nästa sida.



En injektion med ojämn hastighet eller en för långsam injektion ger upphov till en kurva som ej lämpar sig för beräkningar och dess värde bör förkastas.
Felkällor vid termodilutionsmätning av CO

1. Variationer i hjärtfrekvens och rytm, t ex VES och SVES påverkar CO då ju mätningen bara sker över ett par slag.
2. Patienten ligger ej stilla.
3. Intracardiella shuntar medför att mätningarna ej blir pålitliga.
4. Kraftig tricuspidalis - eller pulmonalisinsufficiens påverkar också säkerheten i framtagna mätvärden.

Kontinuerlig CO-mätning (CCO)

Kontinuerlig CO-mätning kräver en speciell Swan-Ganz kateter. Denna kateter har en kopparslinga belägen i distala delen av katetern. Vid denna mätteknik tillförs värmeimpulser till blodet och temperaturförändringen registreras av termistorn. Beräkningen av CO grundar sig på samma matematiska formel som när man sprutar in kall NaCl-lösning men nu görs detta med hjälp av värmeimpulser. Katetern måste kopplas till en speciell monitor vid namn Vigilance.

Presentation av mätvärden.

1. Blodtryck (blood pressure, BP):
Systoliskt, diastoliskt och medelartärtryck (MAP) kan samtliga fås fram direkt från övervakningsutrustningen. MAP kan dessutom beräknas enligt följande:
$$\text{MAP} = \text{diastoliskt tryck} + \underline{\text{pulstrycket}}$$

2. **Hjärtfrekvens (heart rate, HR):**
Avläses direkt på övervakningsutrustningen.
3. **Medeltryck i höger förmak (right atrial pressure mean, RAPm) motsvarar CVP:**
Värdet på CVP ligger normalt kring 5 mmHg. Avläses direkt på övervakningsutrustningen.
OBS! Detta är ej detsamma som 5 cm H₂O. För att komma från mmHg till cm H₂O skall man multiplicera med en faktor på 1.36.
4. **Arteria pulmonalstryck (pulmonary artery pressure, PAP):**
Referensvärden: Systoliskt 15-30 mmHg, diastoliskt 2-13 mmHg, medel 6-19 mmHg. Avläses direkt på övervakningsutrustningen.
5. **Wedge-tryck (pulmonary capillary wedge pressure mean (PCWPm):**
Referensvärde: 5-12 mmHg. Vid värden på 18-20 mmHg kan ses begynnande stassymtom och vid värden på > 30 mmHg ses fulminant lungödem.
6. **Hjärtminutvolym (cardiac output, CO):**
Avläses direkt på övervakningsutrustningen genom termodilutionsmätning.
Referensvärde för normal patient i vila 5-8 liter/minut.
7. **Hjärtindex (cardiac index, CI):**
För att kunna jämföra värden från olika individer utan att skillnaden i storlek skall få för stora effekter kan man relatera CO till kroppsytan. Kroppsytan (body surface area, BSA) fås fram ur ett nomogram enligt Dubois där längd och vikt ingår. Man dividerar CO med BSA i m². Referensvärde: 2.5-4.0 liter/minut/m².
8. **Slagvolym (stroke volume, SV):**
Fås fram genom att dividera CO (uttryckt i ml/minut) med HR.
Referensvärde: 60-100 ml/slag.
9. **Slagvolymindex (stroke volume index, SVI):**
Samma resonemang gäller som i punkt 7 ovan.
- 10 **Systemvaskulär resistens (systemic vascular resistance, SVR):**
Kallades tidigare för totala perifera resistensen, TPR. Detta är ett uttryck för perifera kärlmotståndet och därmed ett mått på det motstånd som vänster-kammaren har att övervinna för att åstadkomma ett blodflöde.
Beräknas enligt följande: $SVR = \frac{MAP - CVP}{CO} \times 80$
där 80 (egentligen 79.92) är en korrektionsfaktor för övergång till absoluta enheter. Referensvärde: 800 - 1200 dyn x sec x cm⁻⁵. Väljer man att ej övergå till absoluta enheter får man ett referensvärde på 10 - 15 mmHg/liter x minut/m² (Woodenheter).

11. Pulmonell vaskulär resistens (pulmonary vascular resistance, PVR).

Detta är ett uttryck för kärlmotståndet i "lilla kretsloppet" och kan beräknas ur följande samband:
$$PVR = \frac{PAPm - PCWPm}{CO} \times 80$$

där 80 (egentligen 79.92) är en korrektionsfaktor för övergång till absoluta enheter. Referensvärde 50 - 150 dyn x sec x cm⁻⁵. Väljer man att ej övergå till absoluta enheter får man ett referensvärde som normalt är < 3.12 mmHg/liter x minut/m² (Woodenheter).

12. Blodgaser:

- Arteriellt.
- Blandat venöst blod (i arteria pulmonalis).

Dessa båda prov ger oss möjlighet att bestämma den sk arteriovenösa syredifferensen, vilket är skillnaden i syreinhåll i arteriellt och blandat venöst blod. Artärblodets syreinhåll kan beräknas enligt följande:

$S_aO_2 (\%) \times Hb (g/l) \times 1.39 + P_aO_2 (kPa) \times 0.023$ där S_aO_2 uttryckt i % anger saturationen (mättnadsgraden), 1.39 utgör det maximala värdet för den syrebindande förmågan hos ett gram hemoglobin. 0.023 utgör en produkt av syrets löslighet konstant i blod vid 37°C och syrets molara volym vid NTP.

Enklare uttryckt: Syreinhåll utgör summan av det hemoglobinbundna syret och det fysikaliskt lösta syret. För blandat venöst blod gäller samma resonemang. Varför har vi intresse för arteriovenösa syredifferensen? Jo, om differensen ökar kan det vara ett uttryck för hjärtsvikt. Detta leder till att transporten av syresatt blod till vävnaderna minskar. För att upprätthålla tillräcklig syrespanning i vävnaderna måste mera O₂ "dragas ur" det arteriella blodet. Detta leder förstås till ett minskat O₂-innehåll i det venösa blodet och vi får därmed en ökad arteriovenös syredifferens.

Information om handlingen

Handlingstyp: Rutin

Gäller för: Verksamhet Thorax och kardiologi

Innehållsansvar: Lukas Lannemyr, (lukla), Överläkare

Godkänd av: Kristofer Skoglund, (krisk3), Verksamhetschef

Dokument-ID: SU9805-1593997-2105

Version: 10.0

Giltig från: 2025-04-04

Giltig till: 2027-04-02