

MONITORIZAREA PERIOPERATORIE

Dana Tomescu, Gabriela Droc

171

Introducere

Monitorizarea reprezintă observarea atentă a funcțiilor vitale prin evaluare periodică sau continuă, prin urmărirea parametrilor fiziologici prin măsuratori rapide, frecvente și reproductibile .

Scopul monitorizării este de recunoaștere și evaluare a modificărilor apărute pentru instituirea unei terapii prompte și adecvate de corectare a acestora.

Etimologic, cuvântul monitorizare vine din latinescul "monere" care înseamnă a avertiza.

A monitoriza înseamnă vigilență crescută dar multitudinea sistemelor tehnologice pe care le avem la dispoziție ne pot crea și senzația falsă de siguranță. **Supravegherea nu este un scop în sine ci este doar prima verigă într-un lanț decizional** în care modificările nedorite ce apar la un bolnav să fie detectate, interpretate și corectate. Monitorizarea singură nu poate preveni evoluția nefavorabilă a unui bolnav ci poate doar genera răspunsul adecvat la modificările sesizate.

Inițial, monitorizarea se referea exclusiv la aprecierea profunzimii anesteziei. Ulterior responsabilitățile anestezistului s-au lărgit semnificativ, monitorizarea incluzând în prezent toate interrelațiile complexe care există între anestezist, bolnav și echipamentul folosit („eternal triangle”), atât pentru perioada perianestezică cât și pentru perioada postoperatorie.

Aceste interrelații includ:

- urmărirea funcționării adecvate a aparatului de anestezie;
- urmărirea efectelor drogurilor anestezice și a profunzimii anesteziei;
- urmărirea și controlul funcțiilor vitale;
- asigurarea îngrijirii pre-, intra- și postoperatorii a bolnavului.

Din punct de vedere tehnic, monitorizarea este un proces compus din 5 componente de bază: (1) generarea semnalului; (2) achiziția de date; (3) transmitia datelor; (4) procesarea datelor; (5) afișarea datelor.

Sursa de generare a semnalelor este reprezentată de bolnav, iar medicul anestezist selectează care vor fi semnalele primite și analizate.

Monitorizarea ne permite urmărirea parametrilor fiziologici prin măsurători rapide, frecvente și reproductibile ceea ce duce la recunoașterea și evaluarea la timp a modificărilor apărute pentru instituirea unei terapii precoce și adecvate de corectare.

Strategia monitorizării intraoperatorii presupune selectarea mijloacelor de urmărire strict individualizat, în funcție de particularitățile bolnavului, particularitățile operației și particularitățile tehnicii anestezice.

Totalitatea parametrilor fiziologici nu fac decat să reflecte starea de echilibru dinamic, complex și armonios al organismului denumită homeostazie care asigură supraviețuirea acestuia în mediul înconjurător iar datorită monitorizării noi sesizăm modificările ce apar la nivelul lor și putem institui terapia de corectare.

Mijloacele de monitorizare extrem de diversificate existente în prezent pot fi împărțite (arbitrar) în mijloace esențiale (standard) și mijloace speciale (avansate).

Vigilența anestezistului împreună cu utilizarea adecvată și precisă a sistemelor de monitorizare asigură securitatea anesteziei și reduce semnificativ apariția complicațiilor perioperatorii.

Monitorizarea standard / non-invazivă (1)

Monitorizarea standard se referă la mijloacele obligatoriu de utilizat în scopul asigurării securității bolnavului în funcție de tehnica anestezică folosită, presupune prezența permanentă a medicului anestezist lângă pacient, și vizează oxigenarea, ventilația, circulația și temperatura.

Monitorizarea non-invazivă este simplă, fără riscuri, poate fi aplicată oricui, poate fi utilizată pentru screening, în general implică costuri mici și crește siguranța actului medical.

Practic, monitorizarea pacientului trebuie făcută pe toată perioada perioperatorie, de la intrarea în sala de operație și până la externarea din salonul cu paturi de supraveghere postanestezică - SPA.

A. Pentru anestezia generală monitorizarea standard include supravegherea clinică efectuată continuu de către anestezist care vizează urmărirea funcțiilor vitale: respiratorie – cursa mișcărilor toracelui, frecvența

respiratorie și cardiovasculară – pulsul, tensiunea arterială și mijloace non-invasive de urmărire a acestor funcții: electrocardiograma, pulsoximetria, tensiunea arterială noninvasivă, capnografia (concentrația CO_2 la sfârșitul expirului – Et CO_2), concentrația inspiratorie a oxigenului (FiO_2), frecvența respiratorie, urmărirea temperaturii bolnavului (centrală și periferică).

B. Pentru anestezia regională monitorizarea standard cuprinde, pe lângă supravegherea clinică efectuată continuu de către anestezist, electrocardiograma, presiunea arterială noninvasivă, frecvența respiratorie și pulsoximetria .

C. Pentru procedurile de anestezie- sedare în afara blocului operator (monitored anesthesia care), monitorizarea standard cuprinde urmărirea aceluiași parametri ca pentru precedentele.

Monitorizarea avansată / invazivă (1)

Monitorizarea avansată / invazivă, denumită în literatura anglo-saxonă și "management monitoring", reprezintă totalitatea mijloacelor specializate utilizate suplimentar mijloacelor standard, atunci când particularitățile bolnavului și particularitățile operației impun o urmărire mai specială.

Monitorizarea avansată are indicații precise, adresându-se chirurgiei la risc sau bolnavului la risc, și fiind scumpă trebuie indicată pe baza raportului risc / beneficiu și a dovezilor că utilizarea sa duce la îmbunătățirea prognosticului. (1-3)

• Monitorizarea hemodinamică invazivă

- a. Presiunea arterială invazivă (cateter introdus percutan în artera radială, femurală, axilară);
- b. Presiunea venoasă centrală (cateter introdus percutan în venele sistemului cav superior- jugulară internă, subclavie, sau în venele sistemului cav inferior - femurală);
- c. Presiunile în artera pulmonară blocate (presiunea capilară pulmonară) cu cateter Swan Ganz (4-6);
- d. Măsurarea debitului cardiac invaziv, cu ajutorul cateterului Swan-Ganz prin metoda termodiluției (5,7);
- e. Monitorizarea debitului cardiac prin metode minim invazive: prin analiza unde pulsului (Pulse Contour Cardiac Output - PiCCO, Vigileo, LiDCO) (8,9) sau a ecografiei transesofagiene;
- f. Monitorizarea debitului cardiac prin metode non-invasive (impedanța transtoracică (10,11), NICO -Non Invasive Cardiac Output prin determinarea CO_2 din aerul expirat) (12,13), Doppler transesofagian.

- Monitorizarea ischemiei perioperatorii
 - monitorizarea segmentului ST; (14,15)
 - EKG în 5 derivații (16)
- Monitorizarea ventilației, a oxigenării și a perfuziei tisulare
 - determinarea intermitentă sau continuă a gazelor sanguine arteriale (PaO_2 și PaCO_2);
 - măsurarea saturației în oxigen a sângelui venos amestecat
- **Monitorizarea concentrației agenților inhalatori**
 - protoxidul de azot în amestecul de gaz inspirat și în amestecul de gaz expirat;
 - anestezicele volatile în amestecul de gaz inspirat și în amestecul de gaz expirat
- Monitorizarea hipnozei
 - urmărirea electroencefalogrammei (EEG) (18,19)
 - potențialele evocate auditive (PEA)
 - indicele bispectral (BIS) (18,20)
- Monitorizarea presiunii intracraniene
- Monitorizarea curarizării etc

Transportul pacientului din blocul operator către salonul cu paturi de supraveghere postanestezică – (SPA), componenta cu paturi a secției ATI și sau secția din care provine pacientul trebuie asistat de către medicul anestezist. (21,22)

În funcție de starea pacientului, specificul tehnicii de anestezie și al chirurgiei și/ sau al manevrelor diagnostice și/sau terapeutice non-chirurgicale practicate, și distanța parcursă până în blocul operator, trebuie să se asigure în timpul transportului, după caz: un dispozitiv manual de ventilație cu butelie de oxigen (sau după caz ventilator de transport) și monitor cu traseu ECG și oximetru de puls.

Perioada postoperatorie este parte a ceea ce se recunoaște astăzi ca fiind parte a medicinei perioperatorii, și din punctul de vedere al anestezistului, pacientul trebuie monitorizat în continuare la aceleași standarde ca cele din sala de operație, care vizează starea de conștiință, frecvența respiratorie și pattern-ul respirației, reflexele de protecție, statusul neuro-muscular, pulsul, tensiunea arterială, electrocardiograma, saturația periferică în oxigen, tensiunea arterială noninvasivă, temperatura bolnavului, durerea, greața și vărsăturile etc., la care se adaugă o atenție suplimentară în ce privește plaga chirurgicală. (23-28)

În România există din decembrie 2009 un Ordin al Ministrului Sănătății(29) (*OMS 1500/15 dec 2009 privind aprobarea regulamentului de organizare și funcționare a secțiilor și compartimentelor de anestezie și terapie intensivă, MO 873/ 15 dec 2009*) care reglementează standardele de echipare cu aparatură specifică pentru anestezie-terapie intensivă, după cum urmează:

Echipeamente, aparatură medicală și materiale sanitare specifice necesare anesteziei – terapiei intensive intraoperatorii

- a) *Aparat de anestezie.* Aparatul de anestezie face obiectul unor reglementari specifice (aparat bazal, aparat de performanță medie, aparat de performanță înaltă) în funcție de specificul chirurgiei practicate.
- b) *Aparatură medicală pentru supravegherea pacientului și aparatului de anestezie.* Sistemele de urmărire (monitorizare) ale pacientului și aparatului de anestezie sunt diferențiate în funcție de complexitatea chirurgiei practicate în concordanță cu nivelul aparatului de anestezie.

Baremul minim pe care trebuie să îl îndeplinească orice post de anestezie în materie de monitorizare a funcțiilor vitale și a aparatului de anestezie : electrocardioscop, puls oximetru, presiune arterială non invazivă, temperatură, debitmetre pentru oxigen, aer, N₂O, capnograf, analizor de vapori anestezici, măsurarea și afișarea concentrației inspiratorii de oxigen, volum curent, frecvență, volum minut, presiune în căile aeriene, alarme.

Echipeamente, aparatură medicală și materiale sanitare specifice necesare anesteziei – terapiei intensive în afara blocului operator

- a) *Aparat de anestezie.* În funcție de specificul manevrelor diagnostice și/sau terapeutice non-chirurgicale practicate și care necesită anestezie, după caz, poate fi necesară existența unui aparat de anestezie.
- b) *Aparatură medicală pentru supravegherea pacientului și după caz, a aparatului de anestezie.* Sistemele de urmărire (monitorizare) ale pacientului și după caz a aparatului de anestezie sunt adaptate la specificul manevrelor diagnostice și/sau terapeutice non-chirurgicale practicate și care necesită anestezie.

Baremul minim pe care trebuie să îl îndeplinească orice post de lucru de anestezie în afara blocului operator în materie de monitorizare a funcțiilor vitale sunt : electrocardioscop, puls oximetru, presiune arterială non invazivă, temperatură.

Baremul minim pe care trebuie să îl îndeplinească orice post de lucru de anestezie în afara blocului operator, în materie de aparat de anestezie, în cazul în care acesta este necesar sunt: debitmetre pentru oxigen și aer, capnograf și analizor de vapori anestezici, măsurarea și afișarea concentrației

inspiratorii de oxigen, volum curent, frecvență, volum minut, presiune în căile aeriene, alarme.

Echipele generale necesare anesteziei - terapii intensive în salonul cu paturi de supraveghere postanestezică - SPA

Echipele, aparatură medicală și materiale sanitare specifice necesare

a) *Aparat de ventilație mecanică.* În funcție de specificul tehnicii de anestezie și al chirurgiei și/ sau al manevrelor diagnostice și/sau terapeutice non-chirurgicale practicate, după caz, poate fi necesară existența unuia sau mai multor aparate de ventilație mecanică.

b) *Aparatură medicală pentru supravegherea pacientului*

Sistemele de urmărire (monitorizare) a pacientului sunt adaptate la specificul tehnicii de anestezie și al chirurgiei și / sau al manevrelor diagnostice și / sau terapeutice non-chirurgicale practicate. Baremul minim pe care trebuie să îl îndeplinească SPA în materie de monitorizare a funcțiilor vitale sunt: electrocardioscop, puls oximetru, presiune arterială non invazivă, temperatură. Baremul minim pe care trebuie să îl îndeplinească orice SPA, în materie de aparat de ventilație mecanică, în cazul în care acesta este necesar, este măsurarea și afișarea: concentrației inspiratorii de oxigen, volum curent, frecvență, volum minut, presiune în căile aeriene, alarme.

c) Echipele și materiale sanitare necesare accesului căilor aeriene și oxigenoterapiei. Toate SPA să dispună de material necesar menținerii libertății căilor aeriene, intubației endotraheale și insuflării manuale de oxigen.

d) Echipele pentru aspirație. Toate SPA trebuie echipate cu un dispozitiv de aspirație independent.

e) Materiale sanitare necesare accesului vascular și perfuziei endovenoase. Fiecare SPA trebuie să dispună de material necesar accesului vascular (catetere venoase periferice, perfuzoare pentru sânge și soluții, prelungitoare, robinete) și după caz dispozitive electrice (seringi automate și / sau pompe de perfuzie) pentru administrarea continuă de medicamente sau agenți anestezici.

f) Aparatură medicală pentru tratamentul opririi circulatorii: fiecare SPA trebuie să aibă acces la un defibrilator în mai puțin de 5 minute.

g) Echipament de transport a pacienților: fiecare SPA trebuie să aibă acces rapid la echipamentul necesar transportului pacientului în blocul operator, restul componentei cu paturi de terapie intensivă, sau secția de unde provine pacientul.

În funcție de starea pacientului, specificul tehnicii de anestezie și al chirur-

giei și / sau al manevrelor diagnostice și / sau terapeutice non-chirurgicale practicate , și distanța parcursă până în blocul operator, restul componenteii cu paturi a secției ATI, sau secția din care provine pacientul, trebuie să se asigure în timpul transportului, după caz: un dispozitiv manual de ventilație cu butelie de oxigen (sau după caz ventilator de transport) și monitor cu traseu ECG și oximetru de puls.

Monitorizarea hemodinamică non-invazivă

a. Monitorizarea Electrocardiografică

Monitorizarea continuă electrocardiografică (ECG) este utilizată de rutină atât în perioada perioperatorie cât și la bolnavul de terapie intensivă. De la introducerea ei cu mai bine de 40 de ani în urma informațiile pe care ni le oferă s-au extins și sunt de mai mare finețe. De la simpla evaluare a ritmului cardiac astăzi putem beneficia de analiza computerizată a diferitelor tipuri de aritmii, a tulburărilor de conducere și a modificărilor de segment ST ca expresie a ischemiei miocardice sau prelungirilor intervalului QT în diferite patologii sau tratamente medicamentoase (vezi figura 1).

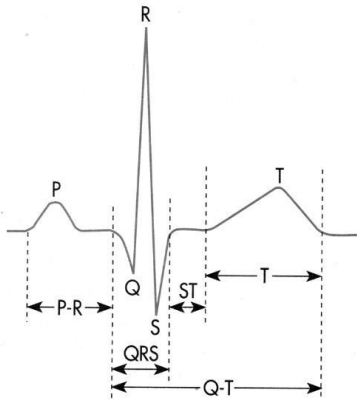


Figura 1: Componentele unei ECG

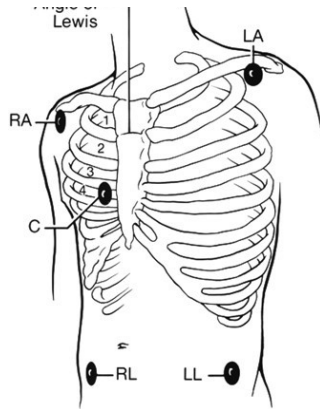


Figura 2: Amplasarea electrozilor pentru monitorizarea ECG (3)

În prezent cele mai multe monitoare au sisteme cu cinci electrozi (vezi figura 2) și două canale de redare simultană ceea ce permite înregistrarea derivațiilor unipolare ale membrilor (cel mai frecvent DII) și o derivație precordială. Acest tip de monitorizare crește șansele depistării episoadelor ischemice. (31)

Analiza segmentului ST

Analiza segmentului ST este o metodă foarte utilă de analiză a episoadelor de ischemie miocardică atât în perioada perioperatorie cât și în terapie intensivă deoarece semnele clinice sunt de multe ori absente: episoadele sunt silențioase sau bolnavii nu pot comunica disconfortul pe care-l resimt (intubați, sedați, curarizați, comatoși etc.).

Subdenivelarea segmentului ST este o măsură a disparității între aportul și nevoile de oxigen ale miocardului fiind un semn precoce de ischemie miocardică. Măsurarea subdenivelării se realizează la nivelul punctului de joncțiune J între QRS și ST (vezi figura 3).

Monitorizarea segmentului ST este subutilizată deși marea majoritate a monitoarelor ECG moderne au la dispoziție această opțiune ea trebuie însă activată și cel mai important lucru trebuie interpretată și informația folosită în tratamentul ulterior al bolnavului. (32)



Figura 3: Punctul J = locul de măsurare a subdenivelării segmentului ST

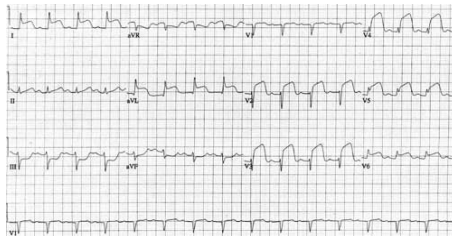


Figura 4: Supradenivelare de segment ST

Supradenivelarea segmentului ST (vezi figura 4) este cel mai adesea semn de infarct miocardic acut la debut; depistarea precoce permite instituirea imediată a tratamentului trombolitic.

Analiza intervalului QT

Intervalul QT este o măsură indirectă a repolarizării ventriculare. Creșterea acută a acestui interval poate fi observată în situații clinice asociate

tulburărilor maligne de ritm ventricular (torsada varfurilor) și morții subite. Prolungirea acestui interval poate presupune și supradozarea unor medicamente ce induc alungirea lui sau se asociază unor tulburări electrolitice (hipopotasemie, hipomagnezemie) sau evenimente ischemice.

a. Pulsoximetria

Este cea mai răspândită modalitate de monitorizare în anestezie și terapie intensivă. Practic, pulsoximetria reprezintă un indicator global de oxigenare, fiind o modalitate de monitorizare este atât cardio-vasculară cât și respiratorie. Are la bază două principii fizice: prezența unui semnal pulsatil generat de sangele arterial care este independent de cel non-pulsatil al fluxului venos și capilar și de faptul că oxihemoglobina și hemoglobina redusă au spectre diferite de absorbție a luminii. Saturația sangelui astfel măsurată (SpO_2) are o acuratețe mare iar informațiile despre frecvența și amplitudinea unei pulsului sunt și ele utile.

SpO_2 evaluează cantitatea de oxigen legată de hemoglobină. Este important de știut că pe noi ne interesează oxigenul dizolvat în plasma (PaO_2 măsurat invaziv prin prelevări de sange arterial, iar metoda noninvazivă a pulsoximetriei permite evaluarea PaO_2 , întrucât există o echivalență între $SpO_2 - PaO_2$

- 80-100 mm Hg corespunde cu 95-100% SpO_2
- 60 mm Hg corespunde cu 90% SpO_2
- 40 mm Hg corespunde cu 75% SpO_2

Limitele metodei sunt date de prezenta carboxihemoglobinei, de anemie, hipovolemie, hipotensiune, hipotermie, mișcare, agitație etc.

b. TA non-invazivă

Măsurarea tensiunii arteriale pe cale non-invazivă este o metodă practică pe scară largă a cărui beneficii nu mai trebuie subliniate. Are însă și limite care justifică la o anumită categorie de bolnavi utilizarea metodei invazive de măsurare. Dintre situațiile particulare menționăm: pacientul instabil hemodinamic sau necesitatea unei măsurători continue cum se întâmplă în intervențiile chirurgicale cu risc mare de sangerare.

c. Capnografia

Capnografia este în principal o metodă de monitorizare a aparatului respirator prin monitorizarea cantității de bioxid de carbon eliminată la sfârșitul expirului. Transportul CO_2 este însă legat de buna funcționare a aparatului cardio-vascular; de exemplu o scădere a CO_2 expirat în condițiile în care ventilația rămâne constantă se poate datora unei scăderi a debitului cardiac.

În timpul resuscitării prezența CO_2 expirat este un semn mai bun de restabilire a circulației decât semnele electrocardiografice. Eficacitatea manevrelor de resuscitare poate fi evaluată pe această cale. (33)

Monitorizarea hemodinamică non-invazivă

Monitorizarea invazivă sau monitorizarea avansată, este denumită în literatura anglo-saxonă și "management monitoring" și are indicații precise, adresându-se pacientului sau chirurgiei la risc sau bolnavului critic. Este în general scumpă și înainte de a fi instituită trebuie clar evaluate riscurile și beneficiile pe care le poate aduce. În mod ideal ar trebui să ducă la îmbunătățirea prognosticului.

a) Presiunea arterială invazivă

Utilitatea măsurării invazive a tensiunii arteriale este legată de necesitatea monitorizării ei continue cum este cazul bolnavului critic instabil hemodinamic sau intraanestezic când evaluăm riscul de modificări hemodinamice mari (sângerare, feocromocitom etc.).

Cateterul intraarterial poate fi plasat la nivelul arterei radiale, femurale, axilare, brahiale, pedioase. Pentru a transforma unda pulsatilă arterială în semnal pe monitor este nevoie de un transductor. Transductorul transformă energia mecanică într-o undă electrică care este transpusă pe monitor într-o curbă (vezi figura 5). Presiunile înregistrate pe monitor se exprimă în mmHg și reprezintă presiuni peste cea atmosferică de 760mmHg, și pentru a stabili o corespondență între presiunea înregistrată de transductor și cea de pe monitor este necesară o calibrare prin care să se echivaleze presiunea cu cea atmosferică care se consideră punctul 0 (vezi figura 6).

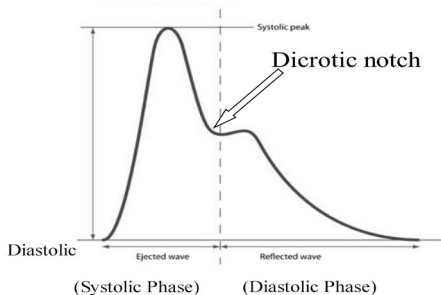


Figura 5: Curba de presiune arterială

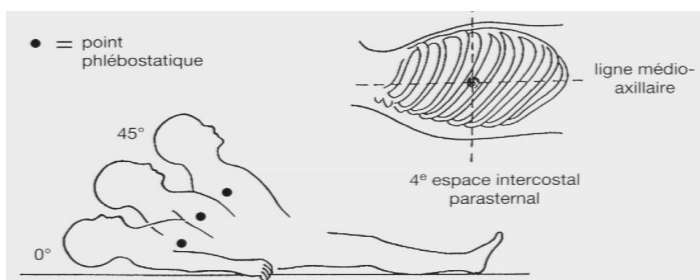


Figura 6: Evaluarea punctului flebostatic

La pacientii instabili hemodinamic, PA ar trebui monitorizată la fiecare 5 minute, cel mai bine continuu și invaziv. Deoarece PAS și PA diastolică (PAD) pot varia în funcție de tehnica de măsurare, se recomandă utilizarea PAM ([PAM = PAS + 2PAD]:3)

Prezența cateterului intraarterial își găsește și altă utilitate: prelevările sanguine multiple pentru monitorizarea echilibrului acido-bazic.

Monitorizarea arterială invazivă nu este lipsită de riscuri și ca și în cazul celorlalte forme de monitorizare invazivă trebuie cântărit beneficiul și riscurile. Complicațiile ce pot apărea sunt embolia arterială, tromboze, uneori cu ischemie și necroză semnificative în teritoriul irigat de artera respectivă. Nu trebuie neglijate nici complicațiile infecțioase legate de un abord vascular prelungit.

b) Presiunea venoasă centrală (PVC)

Principalul scop al măsurării presiunii venoase centrale este evaluarea umplerii ventriculare drepte. Deși cateterizarea unei vene centrale este o manevră obișnuită în terapie intensivă sau în chirurgia grea, la risc, beneficiul ei trebuie lămpede evaluat. În mod obișnuit atunci când dorim monitorizarea PVC abordul venos este al venei jugulare interne sau venei subclavii.

Presiunea venoasă centrală este un indicator al presiunii de umplere a ventriculului drept. Dacă presupunem că există o relație lineară între volumul ventricular (presarcina) și presiunea intraventriculară atunci presiunea intraventriculară la sfârșitul diastolei va fi o măsură a volumului la sfârșitul diastolei. PVC este în mod obișnuit măsurată la nivelul venei cave superioare, cum nu mai există valve între VCS și atriu drept și valva tricuspidă este deschisă până în momentul umplerii ventriculare, PVC exprimă de fapt presiunea intraventriculară la sfârșitul diastolei.

Complicațiile abordului venos central depind de vena abordată și de tehnica utilizată; cel mai de temut este pneumotoraxul mai frecvent la abordul subclaviei. Mai pot apărea: sangerări, hematoame, infecții, tromboze etc.

c) Presiunile în artera pulmonară

Introducerea de către Swan și colaboratorii săi în anii '70 a cateterizării arterei pulmonare cu ajutorul unui cateter cu balon – cateterul Swan-Ganz sau cateterul pulmonar arterial (CAP) ce poate fi dirijat de fluxul sanguin (vezi figura 7) a făcut posibilă practicarea unei metode eminamente de laborator, explorarea cordului drept, la patul bolnavului.

Manevra de inserare a cateterului în artera pulmonară este ghidată de aspectul curbelor de presiune corespunzătoare trecerii prin cavițiile cordului, așa cum se poate vedea în figura de mai jos.

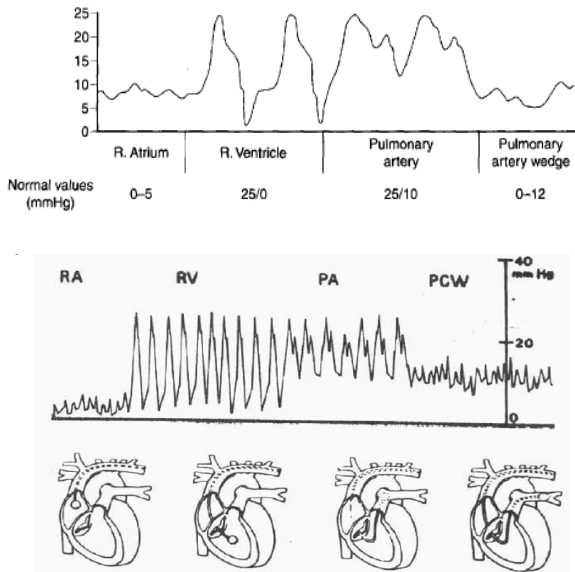


Figura 7. Aspectul curbelor de presiune în cavițiile cordului la inserția cateterului Swan-Ganz

Datorită legislației în vigoare la vremea respectivă, mult mai permisivă, această metodă a fost destul de rapid introdusă în practica de rutină. Inițial folosirea sa a fost modestă și rezervată bolnavului cu suferință cardiacă, iar utilizarea cateterului nu a fost supusă unor studii randomizate, controlate care să-i valideze indicația în diferite patologii. În următorii 20 de ani folosirea sa s-a extins fiind utilizat în insuficiența cardiacă congestivă, stările

de soc, sepsis, ARDS, la bolnavul chirurgical la risc fie datorită terenului său fie prin natura intervenției chirurgicale. În anii '90 un studiu a lui Connors ridică suspiciuni asupra utilității monitorizării cu ajutorul lui; el arată că pacienții cu cateter Swan-Ganz au morbiditate și mortalitate mai mare și leagă acest lucru de utilizarea cateterului (34). În anul 1997 o Conferință de Consens (35) privind utilizarea cateterului de arteră pulmonară încearcă să-și stabilească indicațiile, limitele și viitoarele direcții de cercetare. S-au ridicat însă probleme de la nivelul medicilor practicieni care după ce au considerat 25 de ani utilizarea cateterului drept "**gold standard**" în monitorizarea hemodinamică a bolnavului critic consideră lipsit de etică să-l utilizeze la bolnavi în studii randomizate doar cu scopul de a-i verifica indicațiile.

Concluziile desprinse din datele acestei conferințe sunt:

- la bolnavii cu suferințe cardio-vasculare cum ar fi infarctul miocardic acut complicat cu hipotensiune sau șoc cardiogen sau complicat cu disfuncție mecanică (rupтура de mușchi papilar, insuficiența mitrală acută, tamponada) și infarctul de ventricul drept utilizarea cateterului este susținută de grad de recomandare E deci doar conform opiniei experților; ei consideră ca diagnosticarea rapidă a acestor complicații pe care le-o furnizează datele oferite de cateterul Swan-Ganz permite intervenția precoce cu ameliorarea prognosticului bolnavilor
- la bolnavii cu insuficiență cardiacă congestivă utilizarea cateterului pare să fie justificată de ghidarea terapiei inotrope și stabilirea momentului în care este necesar mai mult decât terapie medicamentoasă și necesită balon de contrapulsatie, asistare ventriculară mecanică sau chiar transplant cardiac
- pacientului cu hipertensiune pulmonară i se poate stabili diagnosticul precum și rezerva funcțională vasodilatatoare pe această cale dar aceleași rezultate pot fi obținute și prin metode non-invasive cum ar fi ecocardiografia
- perioada perioperatorie în chirurgia cardiacă sau vasculară periferică nu justifică de rutina utilizarea lui fiind rezervată pacientului la risc
- are indicație la pacientul politraumatizat sau cu sepsis sever sau șoc septic precum și la pacientul cu disfuncție pulmonară (ALI/ARDS), fără ca această indicație și beneficiile directe să poată fi susținute de studii multicentrice, randomizate.

Utilitatea cateterului de arteră pulmonară a fost atât de mult discutată și din cauza numeroaselor complicații pe care le poate genera, unele dintre ele letale; din aceste motive nu este recomandată folosirea lui la pacienții cu risc scăzut sau la care terapia nu are nevoie să fie ghidată de către parametrii hemodinamici astfel obținuți, sau la care informațiile hemodinamice pot

fi obținute pe altă cale mai puțin invazivă. Complicațiile descrise ale metodei sunt: legate de abordul venos central (puncția arterială, pneumotoraxul) de prezența unui cateter (embolie, tromboză, infecție) sau de cateterizarea arterei pulmonare (tulburări de ritm ventricular și supraventricular în special la instalare, de cele mai multe ori nesuținute, tulburări de conducere, leziuni ale peretelui ventricolului drept, infarct pulmonar, ruptură de arteră pulmonară).

Putem să ne punem întrebarea ce informații ne aduce acest cateter și cum folosim aceste informații în terapia bolnavului critic? Variabilele măsurate sunt:

- presiunile în artera pulmonară: depistarea hipertensiunii pulmonare și răspunsului ei la terapia vasodilatatoare
- presiunea de ocluzie a arterei pulmonare: presiunea medie de ocluzie se corelează bine cu presiunea ventriculară stângă la sfârșitul diastolei
- debitul cardiac: se măsoară prin metoda termodiluției; obiectivele măsurării lui sunt verificarea situației valorilor în limitele normalității și posibilitatea ajustării lui și monitorizării terapiei; debitul cardiac ne interesează în măsura în care exprimă gradul de perfuzie tisulară la nivelul diferitelor organe
- saturația sangelui venos amestecat: este expresia utilizării oxigenului în periferie

Restul parametrilor obținuți cu cateterul Swan-Ganz sunt valori calculate și pot fi regăsite în tabelul 1.

Tabel 1. Variabile cardiovasculare monitorizate (36)

Variabile	Abreviere	Modalitate de măsurare sau formulă de calcul	Valori normale
Frecvența cardiacă	HR	Masuratoare directă	72 – 88 bpm
Tensiune arterială sistemică medie	MAP	Masuratoare directă	81 – 102 mm Hg
Presiune venoasă centrală	CVP	Masuratoare directă	1 – 9 mm Hg
Tensiune arterială pulmonară medie	MPAP	Masuratoare directă	11 – 15 mm Hg
Presiune pulmonară blocată	PAOP	Masuratoare directă	0 – 12 mm Hg
Index cardiac	CI	Masuratoare directă	2.8 – 3.6 l/min/m ²
Volum bătăie indexat	SI	SI = CI/HR	30 – 50 ml/m ²

Lucru mecanic al ventriculu- lui stang indexat	LVS _{WI}	$LVS_{WI} = SI \times MAP \times 0.0144$	44 - 68 gxm/m ²
Lucru mecanic al ventriculu- lui drept indexat	RVS _{WI}	$RVS_{WI} = SI \times MPAP \times 0.0144$	4 - 8 gxm/m ²
Rezistenta vasculara sistemica indexata	SVRI	$SVRI = 79.92 \times (MAP - CVP/CI$	1760 - 2600 dyne/second/cm-5/ m ²
Rezistenta pulmonara indexata	PVRI	$PVRI = 79.92 \times (MPAP - PAOP/CI$	45 - 225 dyne/second/cm-5/ m ²
Hemoglobina	Hgb	Masuratoare directa	12 - 16 g/dl
Ph arterial	ph	Masuratoare directa	7.36 - 7.44
Presiune arteriala a oxigenului	PaO ₂	Masuratoare directa	10.7 - 13.3 kPa
Presiunea oxigenului in sangele venos amestecat	PvO ₂	Masuratoare directa	4.4 - 7.1 kPa
Saturatia arteriala a oxigenului	SaO ₂	Masuratoare directa	95 - 99 %
Saturatia oxigenului in sangele venos amestecat	SvO ₂	Masuratoare directa	75 - 79 %
Continutul arterial in oxigen	CaO ₂	$CaO_2 = (Hgb \times SaO_2) + (PaO_2 \times 0.0032)$	15 - 20 ml/dl
Continutul sangelui venos amestecat in oxigen	CvO ₂	$CvO_2 = (Hgb \times SvO_2) + (PvO_2 \times 0.0032)$	10 - 15 ml/dl
Diferenta arterio-venoasa a continutului in oxigen	C(a-v)O ₂	$C(a-v)O_2 = CaO_2 - CvO_2$	4 - 5.5 ml/dl
Aportul de oxigen indexat	DO ₂ I	$DO_2I = CaO_2 \times CI \times 10$	520 - 720 ml/min/ m ²
Consumul de oxigen indexat	VO ₂ I	$VO_2I = C(a-v)O_2 \times CI \times 10$	100 - 180 ml/min/ m ²

Obiectivele monitorizarii cu ajutorul cateterului de arteră pulmonară sunt urmatoarele (vezi tabel 2):

- Monitorizarea schimbărilor hemodinamice
- Ghidarea terapiei in funcție de parametrii hemodinamici
- Evaluarea funcției ventriculare drepte si stangi
- Informații diagnostice (vezi tabel 2)

Tabel 2. Sindroame hemodinamice diagnosticate prin măsurarea parametrilor obținuți cu CAP

Sindroame hemodinamice	PVC	POAP	IS	RVS
Hipovolemie	↓	↓	↓	↑
Hipervolemie	↑	↑	↑	
Disfuncție VS	N	↑	N↓	
Disfuncție VD	↑	N↑	N↓	
Disfuncție biventriculară	↑	↑	N↓	
Sindrom hiperdinamic	N↓	N↓	↑	↓
Sindrom vasoplegic	↓	↓	↓N	↓

186

O formă modificată a cateterului de arteră pulmonară permite evaluarea continuă a debitului cardiac pe baza metodei termodiluției precum și evaluarea continuă a saturației în oxigen a sangelui venos amestecat și permite depistarea mai precoce a unei modificări hemodinamice precum și ghidarea terapiei în funcție de modificările saturației sangelui venos amestecat în oxigen. (37,38)

Indicațiile actuale ale monitorizării cu cateter arterial pulmonar (39) sunt următoarele:

- Pacient instabil hemodinamic care nu răspunde conform așteptărilor la tratamentul convențional
- Pacient refractar la terapia inițială
- Pacienți care prezintă concomitent hipoperfuzie și congestie pulmonară
- Pacienți la care statusul volemic și presiunile de umplere sunt neclare
- Pacienți cu hipotensiune arterială semnificativă și funcție renală în agravare

Alternative minim / non- invazive la monitorizarea debitului cardiac

Metoda de referință în măsurarea debitului cardiac la patul bolnavului rămâne metoda termodiluției; se dezvoltă însă și metode alternative născute din neajunsurilor generate de măsurătorile cu cateterul de artera pulmonară. Avem pe de o parte invazivitatea metodei cu riscurile ce decurg de aici și pe de altă parte măsurătorile discontinue obținute astfel. (40,41)

a. Metode minim invazive prin analiza conturului undei de puls (PiCCO, LiDCO, Vigileo)

Analiza conturului undei de puls determină debitul cardiac prin folosirea unui algoritm care are la baza ipoteza conform careia conturul undei de presiune arteriala este dependent de DB iar acesta poate fi estimat pe baza integralei modificarii presiunii in timp, intervalul considerat fiind de la sfarsitul diastolei la sfarsitul sistolei. (42) Valorile se coreleaza cu cele obtinute prin termodiluția transpulmonară (TD-TP), dar necesita calibrare frecventă, care se realizează prin termodiluție. (43) Principalele aparate care utilizeaza analiza curbei presiunii arteriale intravasculare pentru determinarea DC la patul bolnavului sunt: PiCCO, LiDCO si Vigileo.

- PiCCO este un monitor cardiac în care parametri hemodinamici sunt obținuți prin doua metode: termodiluția transpulmonara și analiza conturului undei de puls. (vezi figura 8) Termodiluția transpulmonară, este utilizată pentru calibrarea algoritmului de analiză a conturului curbei de presiune arteriala.(44) Pentru obținerea acestor date este necesar un abord venos central prin care va fi injectata substanta rece si un cateter arterial (in general femural) ce prezinta un senzor de temperatura și va înregistra curba de termodiluție. Un transductor atașat cateterului arterial va permite înregistrarea continuă a curbei de presiune arterială și analiza conturului undei de puls. Principiul măsurării debitului cardiac prin termodiluție transpulmonare este identic cu cel al diluției arteriale pulmonare. (8,9)

PiCCO masoară DC continuu, sistemul fiind validat prin comparatie cu DC obtinut prin TD-P. (48) Recalibrarea nu este necesara decat in cazul unor modificari majore ale hemodinamicii. (42) Avantajul acestui tip de monitor este ca poate determina si volumul sanguin intratoracic (ITBV) si volumul de apă extravasculară (EVLW), permite și o evaluare volumetrică a presarcinii (VTDG), o apreciere a funcției ventriculare (IFG si FEG), și propune indici predictivi de dependență de presarcină (VVE si WVP). (vezi figura 9)

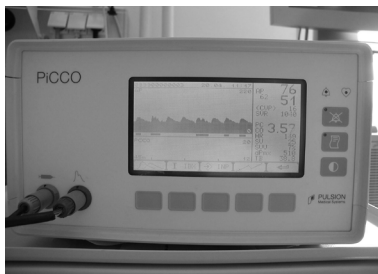


Figura 8. Monitorul PiCCO

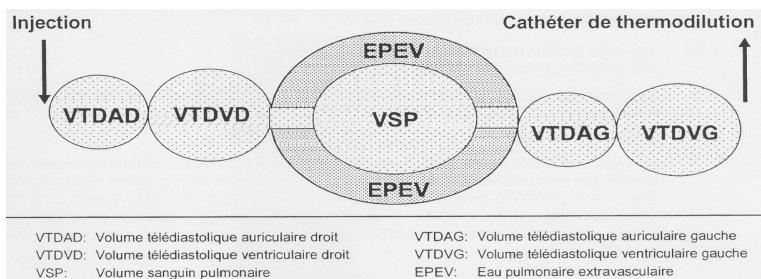


Figura 9. Volume evaluate cu ajutorul monitorului PiCCO

- LiDCO este un monitor care masoara DC continuu prin tehnica dilutiei transpulmonare a litiului, utilizată pentru calibrarea algoritmului de analiză a curbei arteriale (8) (vezi figura 10). El a fost validat la diverse categorii de pacienti. (42)



Figura 10. Monitorul LiDCO



Figura 11. Monitorul Vigileo si senzorul FloTrac

- **Vigileo** este un monitor care care incorporează un transducer specific (FloTrac) (figura11) si determină DC continuu, pe baza analizei curbei de presiune. Acesta, spre deosebire de celelalte 2 monitoare prezentate mai sus, nu necesită calibrare. (42) Validarea sa in comparatie cu TD clasică este însă controversată.

b. Metode non-invasive: impedanța, NICO, Doppler esofagian, Ecografia transtoracică

- **Metoda impedanței toracice**

Intrarea și ieșirea sangelui în torace în timpul fiecărei sistole determină modificări ale proprietăților electrice ale toracelui ce pot fi măsurate prin calculul impedanței toracice. Volmul cavității toracice este evaluat in funcție de greutate, înălțime și sexul pacientului, se calculeaza impedanța toracică instantanee prin aplicarea unui curent electric de mică intensitate între electrozi plasați pe gat și abdomen și aparatul prelucrează informatic datele obținute pentru fiecare ciclu și estimează debitul cardiac (vezi figura 12). (10,11)

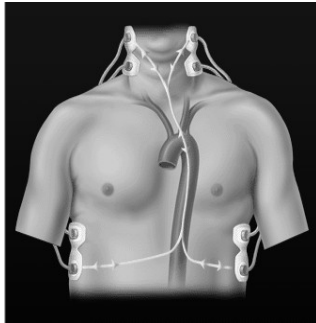


Figura 12. Pozitionarea electrozilor pentru măsurătorile de impedanță toracică

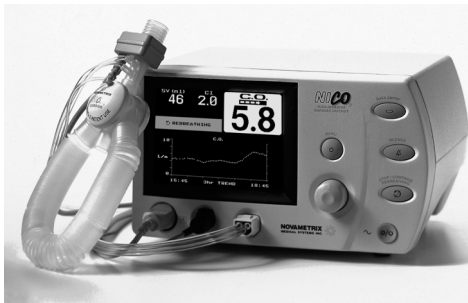


Figura 13. Monitorul NICO

- NICO

NICO (figura 13) este un monitor de debit cardiac care are la bază reinhalarea parțială de bioxid de carbon și pleacă tot de la ecuația lui Fick aplicată bioxidului de carbon. Sistemul permite o măsurare continuă, neinvazivă a debitului cardiac a cărui acuratețe comparată cu "gold standardul" reprezentat de metoda termodiluției este bună. Are niște limite, fiind aplicabilă numai bolnavului ventilat, în ventilație controlată. (12,13)

- Ecocardiografia transtoracică (ETT) și Doppler esofagian

ETT permite măsurarea debitului cardiac prin două metode:

- estimarea volumelor ventriculare pe baza cărora se va calcula volumul de ejecție sistolică
- efectul doppler – măsurarea vitezei sângelui ce traversează o suprafață vasculară sau valvulară și estimarea secundară a debitului de sânge (figura 14)

Ecografia transtoracică în evaluarea DC la bolnavul critic are limite: măsurătoarea nu este continuă, fereastra ecografică poate să nu fie bună la bolnavul ventilat etc.

Măsurarea non-invazivă a vitezei de scurgere a sângelui în aorta toracică ascendentă sau descendentă permite estimarea debitului cardiac. Pe aceste considerații fiziologice se bazează evaluarea efectuată cu ajutorul dopplerului transesofagian ajutat și de relațiile anatomice strânse dintre aorta toracică descendentă și esofag. Sonda Doppler este rapid și ușor inserată 35-40 cm în esofag. Fluxul sanguin din aorta toracică este identificat pe baza vitezilor afișate pe ecran și a sunetului caracteristic dat de fluxul aortic. Sonda astfel poziționată permite înregistrarea continuă a fluxului sanguin aortic. Forma curbelor de viteză permite evaluarea funcției ventriculare stângi, iar umplerea sau postsarcina ventriculară pot fi evaluate plecând de la indici derivați din curba dopplerului aortic.

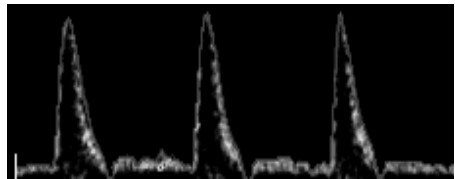


Figura 14. Monitorizarea Doppler și aspectul unei determinări de flux sanguin aortic

Concluzii

Sistemul ideal de monitorizare ar trebui să urmărească un parametru crucial, dar ușor de interpretat care să evidențieze modificări ce reflectă o agresiune amenințătoare de viață; monitorizarea lui să fie cât mai puțin invazivă, continuă dacă este cu putință și cu un beneficiu mult mai mare decât riscurile pe care le implică iar monitorul să fie ușor de manevrat și cât mai ieftin. Aceste caracteristici lasă loc cercetării și dezvoltării în domeniu.

BIBLIOGRAFIE

1. Byrne AJ. Monitoring . In: Textbook of anesthesia, Aitkenhead A ed., Churchill-Livingstone Elsevier, 2007, p.345-366.
2. Shoemaker WC. Invasive and non-invasive cardiopulmonary monitoring of acute circulatory dysfunction and shock. Current Opinion in Critical Care 1995; 189-190.
3. Bubenek S. Evaluarea și monitorizarea hemodinamică a pacientului critic, Ed. Academiei Române, 2005.
4. Connors AF, Speroff T, Dawson NT, et al. The Effectiveness of Right Heart Catheterization in the Initial Care of Critically Ill Patients. JAMA 1996; 276: 889-897.
5. Pulmonary Artery Consensus Conference: consensus statement, Critical Care Medicine 1997; 25: 910-925.
6. Weil MH. The assault on the Swan-Ganz catheter. Chest 113:1379-1386.
7. Burchell SA, Yu M, Takiguchi SA, Ohta RM, Myers SA. Evaluation of a cardiac output and mixed venous oxygen saturation catheter in critically ill surgical patients. Critical Care Medicine 1997; 25: 388-398.
8. Godje O, Friedl R, Hannekum A. Accuracy of beat-to-beat cardiac output monitoring by pulse contour analysis in hemodynamical unstable patients. Med Sci Monit 2001; 7: 1344-1350.
9. Sakka SG, Klein M, et al. Prognostic value of extravascular lung water in critically ill patients. Chest 2002; 122: 2080-2086.
10. Young JD, McQuillan P. Comparison of thoracic electrical bioimpedance and thermodilution for the measurement of cardiac index in patients with severe sepsis. Br J Anaesth 1993; 70: 58-62.
11. Hirschl MM, Kittler H, Woisetschlager C, Siostrzonek P, Staudinger T, Kofler J, Oschatz E, Bur A, Gwechenberger M, Laggner AN. Simultaneous comparison of thoracic bioimpedance and arterial pulse waveform-derived cardiac output with thermodilution measurement. Crit Care Med 2000; 28: 1798-1802.
12. Haryadi DG, Orr JA, Kuck K, McJames S, Westenskow DR. Partial CO2 rebreathing indirect Fick technique for non-invasive measurement of cardiac output. J Clin Monit Comput 2000;16(5-6):361-74.
13. Odenstedt H, Stenqvist O, Lundin S. Clinical evaluation of a partial CO2 rebreathing technique for cardiac output monitoring in critically ill patients. Acta Anaesthesiologica Scandinavica 2002; 46 (2): 152-159.
14. Flanders SA. ST-Segment Monitoring: Putting Standards Into Practice. AACN Advanced Critical Care 2007; 18(3):275-284.
15. Leung JM, Voskanian A, Bellows AM. Automated electrocardiograph ST segment trending monitors: accuracy in detecting myocardial ischemia. Anesthesia Et Analgesia 1998; 87: 4-10.
16. Shanewise J. How to Reliably Detect Ischemia in the Intensive Care Unit and Operating Room Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia 2006; 10(1): 101 - 109.
17. Rampil IJ. A primer for EEG signal processing in anesthesia. Anesthesiology 1998; 89: 980-1002.
18. Sigl JC, Chamoun NG. An introduction to bispectral analysis for the EEG. J Clin Monit 1994; 10: 392-404.
19. Kearse L, Rosow C, Sebel PS, et al. Bispectral analysis correlates with sedation/hypnosis and recall: comparison using multiple agents. Anesthesiology 1995; 83: A507.
20. Glass PSA, Bloom MJ, Kearse L, et al. Bispectral analysis measures sedation and memory effects of propofol, midazolam, isoflurane and alfentanil in healthy volunteers. Anesthesiology 1997; 86: 836-47.
21. Esmail R, et al. Is your patient ready for transport? Developing an ICU patient transport decision score-card. Health Q 2006; 9:80-6.

22. Beckmann U, et al. Incidents relating to the intra-hospital transport of critically ill patients. An analysis of the reports submitted to the Australian Incident Monitoring Study in Intensive Care. *Intensive Care Med* 2004; 30:1579-85.
23. O'Connor T, Hines R, Barash PG, et al. Complications occurring in the postanesthesia care unit: a survey. *Anesth Analg* 1992; 74:503-9.
24. Kluger MT, Bullock MF. Recovery room incidents: a review of 419 reports from the Anaesthetic Incident Monitoring Study (AIMS). *Anaesthesia* 2002; 57:1060-6.
25. Canadian Guidelines to the practice of anesthesia – revised edition 2007 Supplement to the Canadian Journal of Anesthesia, Vol 54, Number 12 – The Post-anesthetic Period.
26. Immediate Postanesthesia Recovery - The Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland September 2002 - www.aagbi.org
27. Practice Guidelines for Postanesthetic Care - A Report by the American Society of Anesthesiologists. Task Force on Postanesthetic Care *Anesthesiology*, V 96, No 3, Mar 2002.
28. Standards for Postanesthesia Care (Approved by House of Delegates on October 12, 1988 and last-amended on October 27, 2004). ASA guidelines <http://www.asahq.org/publicationsAndServices>
29. OMS 15 dec 2009 privind aprobarea regulamentului de organizare și funcționare a secțiilor și compartimentelor de anestezie și terapie intensivă, MO 873/ 15 dec 2009
30. Shoemaker WC, Invasive and non-invasive cardiopulmonary monitoring of acute circulatory dysfunction and shock, *Current Opinion in Critical Care* 1995; 189-190.
31. Drew BJ, Califf RM, Funk M, et al. Practice Standards for Electrocardiographic Monitoring in Hospital Settings: An American Heart Association Scientific Statement From the Councils on Cardiovascular Nursing, Clinical Cardiology, and Cardiovascular Disease in the Young; Endorsed by the International Society of Computerized Electrocardiology and the American Association of Critical-Care Nurses. *Circulation* 2004; 110: 2721 - 2746.
32. Johanson P, Jernberg T, Gunnarsson G, Lindahl B, Wallentin L, Dellborg M. Prognostic value of ST-segment resolution-when and what to measure. *2003;24:337-45.*
33. McArthur CD. AARC clinical practice guideline. Capnography / capnometry during mechanical ventilation--2003 revision & update. *Respir Care* 2003;48(5): 2003.
34. Connors AF, Speroff T, Dawson NV, et al. The Effectiveness of Right Heart Catheterization in the Initial Care of Critically Ill Patients. *JAMA* 1996; 276: 889-897.
35. Pulmonary Artery Consensus Conference: consensus statement, *Critical Care Medicine* 1997; 25: 910-925.
36. Bishop MH. Invasive monitoring in trauma and other critical illness. *Current Opinion in Critical Care* 1995;3: 206.
37. Burchell SA, Yu M, Takiguchi SA, Ohta RM, Myers SA. Evaluation of a cardiac output and mixed venous oxygen saturation catheter in critically ill surgical patients. *Critical Care Medicine* 1997; 25: 388-398.
38. Weil MH. The assault on the Swan-Ganz catheter. *Chest* 113;1379-1386.
39. Mebazaa A, Gheoghiade M, Piña IL, et al. Practical recommendations for prehospital and early in-hospital management of patients presenting with acute heart failure SNVsndromes. *Crit Care Med* 2008;S129.
40. Engore M, Barbee D. Comparison of Cardiac Output Determined by Bioimpedance, Thermodilution, and the Fick Method. *Am J Crit Care* 2005; 14: 40 - 45.
41. Filipescu D, Tomescu D, Droc G, et al. Recomandări pentru monitorizarea hemodinamică în soc. In: Sandesc D Bedreag O (editori), *Recomandări si protocoale în anestezie, terapie intensivă si medicină de urgență*, Ed Mirton, 2009, p. 541-570.
42. Cecconi M, Rhodes A, Della Rocca G. From arterial pressures to cardiac output. *JL Vincent* (ed), 2008 Yearbook of intensive care and emergency medicine, Springer-Verlag, Berlin 2008, p. 591-600.
43. Hamzaoui O, Monnet X, Richard C, et al. Effects of changes in vascular tone on the agreement between pulse contour and transpulmonary thermodilution cardiac output measurements within an up to 6-hour calibration-free period. *Crit Care Med* 2008; 36:435-440.
44. de Waal EEC, Wappler F, Buhre WF. Cardiac output monitoring. *Curr Opin Anesthesiol* 2009;22;71-77