
CAPITOLUL 3. CIRCULAȚIA EXTRACORPORALĂ

Horațiu Moldovan

3.1. Introducere

Chirurgia cardiacă este cea mai recentă specialitate chirurgicală care a apărut și s-a dezvoltat în istoria medicinei. Acest fapt se datorează în special rolului vital prin excelență, al cordului în contextul global al susținerii funcțiilor vitale ale organismului. Începând cu lucrările fundamentale ale lui William Harvey din 1628 când a fost demonstrată circulația sângelui în organism și rolul de pompă propulsoare a inimii în această circulație, a fost făcută legătura științifică între oprirea cardiacă și încetarea vieții.

Datorită motivelor prezentate, chirurgii au evitat orice operație asupra inimii pentru o perioadă foarte îndelungată de timp. Chiar în a doua jumătate a secolului XIX, Theodor Billroth postula imposibilitatea realizării de intervenții chirurgicale asupra inimii și îi declară nevrednici de respect pe chirurgii care încercau să opereze organul simbolic al vieții. Totuși la sfârșitul secolului XIX, au fost realizate primele intervenții chirurgicale cardiace. Ludwig Rehn a suturat prima plagă cardiacă cu succes pe 7 septembrie 1896. A urmat etapa chirurgiei cardiace pe cord închis, care s-a extins pe parcursul primei jumătăți a secolului XX. Au fost realizate multiple intervenții chirurgicale pe suprafața cordului, dar și în interiorul acestuia, însă fără a-i opri activitatea mecanică și păstrându-l în sarcină.

Trebuie deasemeni precizat că pe tot parcursul operațiilor pe cord închis ventilația pulmonară este păstrată.

Aceste metode chirurgicale erau evident limitate și nu puteau corecta majoritatea viciilor intracardiace. A devenit din ce în ce mai evidentă necesitatea dezvoltării unei tehnologii care să permită oprirea inimii și golirea ei de sânge, făcând astfel posibilă realizarea unor corecții intracardiace la vedere, în condiții de siguranță.

Astfel, a început era chirurgiei pe cord deschis.

Oprirea temporară a cordului pentru a realiza operații chirurgicale presupune susținerea circulației sanguine sistemice. Acest fapt a putut fi realizat prin dezvoltarea unei tehnologii specifice denumită circulație extracorporală. Aceasta asigură perfuzia organismului pe durata intervenției chirurgicale, substituind astfel funcția de pompă a inimii precum și funcția de ventilație a plămânilor.

Deși circulația extracorporală are la bază o tehnologie foarte avansată, ea se bazează pe un principiu relativ simplu. Sângele venos sistemic este drenat din

cordul drept sau venele cave și procesat (oxigenat, răcit/încălzit și filtrat), apoi reintrodus în teritoriul arterial sistemic al pacientului la un debit și la o presiune controlată. Substituirea funcției pulmonare prin relizarea schimburilor gazoase la nivelul mașinii, permite deschiderea cavităților drepte ale cordului, cât și reducerea întoarcerii venoase pulmonare din atriul stg. Toate aceste elemente contribuie la obținerea unui câmp operator imobil și relativ exsang.

3.2. Elemente de istorie a circulației extracorporale.

Bazele circulației extracorporale au fost puse de John și Mary Gibbon în anii '30 ai secolului XX prin activitatea lor experimentală desfășurată la Massachusetts General Hospital din Boston. Aceste cercetări au condus la posibilitatea realizării primei operații pe cord deschis-închiderea unui defect septal interatrial - în 1953- și apoi la prima serie raportată de operații pe cord deschis (Kirklin și DuShane, Mayo Clinic, Rochester, 1955). Până la sfârșitul lui 1955 mai multe centre din lume utilizau această tehnologie care s-a impus pe larg. Practic toate serviciile de chirurgie cardiacă din lume folosesc această metodă care este deosebit de sigură.

3.3. Descrierea generală a circulației extracorporale

Circulația extracorporală este reprezentată de un ansamblu de conducte, rezervoare și pompe confecționate din materiale biocompatibile. Acest ansamblu cuprinde în principiu o linie venoasă, care drenează sângele din teritoriul venos al organismului; atriul drept sau venele cave, un oxigenator care realizează schimburile gazoase, un schimbător de căldură care răcește sau încălzește sângele și o pompă care îl reinfuzează în teritoriul arterial al pacientului prin aortă sau prin unele artere periferice. Acestui circuit fundamental i se anexează mai multe aspiratoare care au rolul de a permite recuperarea sângelui din plagă și obținerea unui câmp operator relativ exang.

Schematic, componentele circulației extracorporale pot fi împărțite în componente obligatorii și componente facultative. Deși principial circulația extracorporală se poate desfășura și fără acestea, unele componente "facultative" sunt extrem de importante.

Componentele de bază sunt reprezentate de:

- pompă,
- oxigenator,
- schimbător de căldură,
- rezervor venos,
- linia venoasă și canulele venoase,

- linia arterială și de canula arterială.

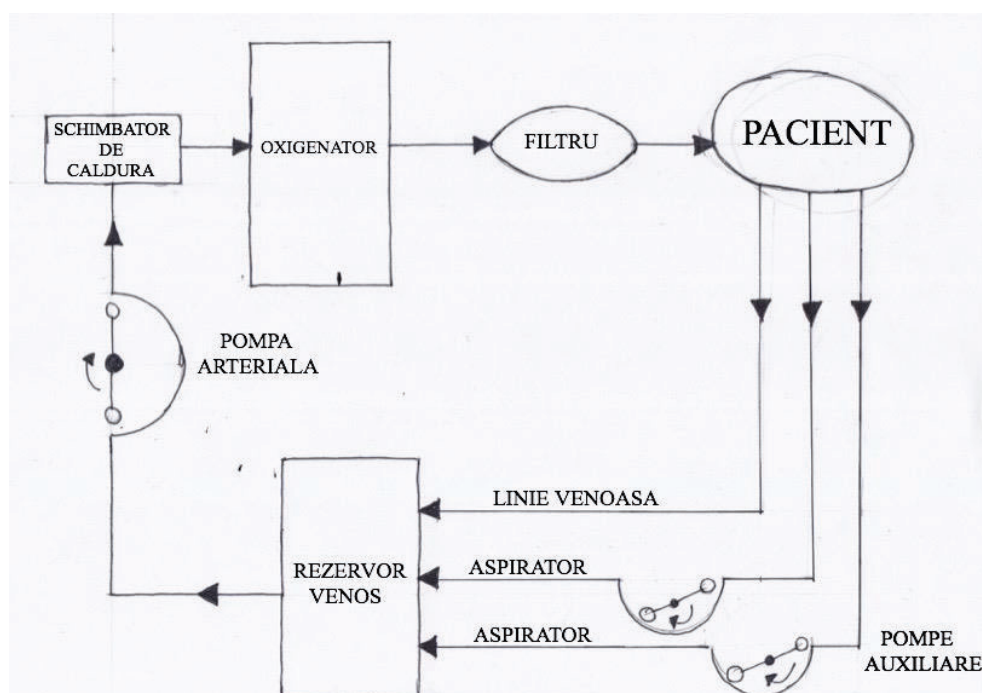


Fig. 3.1. Schema circuitului extracorporeal.

Componentele facultative sunt reprezentate de o serie de alte dispozitive care pot fi branșate sau adăugate la circuitul format din componentele de bază. Ele sunt reprezentate de un număr variabil de aspiratoare (denumite generic aspiratoare de cardiotoromie), filtre arteriale, sistem de hemofiltrare (hemodializă), etc.

3.4. Componentele circuitului de circulație extracorporală

Componentele circuitului de circulație extracorporală, sunt:

1. Pompa principală (arterială) și pompele auxiliare (pentru perfuzii izolate ale unor organe: pentru cardioplegie, perfuzie cerebrală selectivă și pompele de aspirație, etc.) .
2. Tubulatura – care conectează pompele cu rezervorul oxigenatorului și canulele care se plasează în diverse puncte ale aparatului cardiovascular al pacientului. Canulele venoase în atrul drept și venele cave, canula arterială în aortă sau aterele periferice.
3. Oxigenatorul care încorporează și rezervorul venos și schimbătorul de căldură. (heatexchanger)
4. Sistemul de administrare al cardioplegiei pentru inducerea și menținerea opririi cardiace și protecția miocardului la ischemie.
5. Mixerul de gaze.

6. Aparatul de încălzire /răcire al agentului termic (apa) care străbate schimbătorul de căldură. (heater – cooler)
7. Dispozitivele de monitorizare a circulației extracorporale.

Pompa principală (arterială) preia sângele din rezervorul venos și îl reinfuzează în arborele arterial sistemic al pacientului, cu un debit controlat. Cele mai folosite sunt pompele peristaltice cu role și pompele centrifugale.

Pompa cu role are la bază o carcasă rigidă circulară în care este introdus un conduct din polivinil sau silicon, flexibil. Un ax cu două role “presează” conductul propulsând lichidul din interior. Este un sistem simplu, ușor de operat și ieftin.

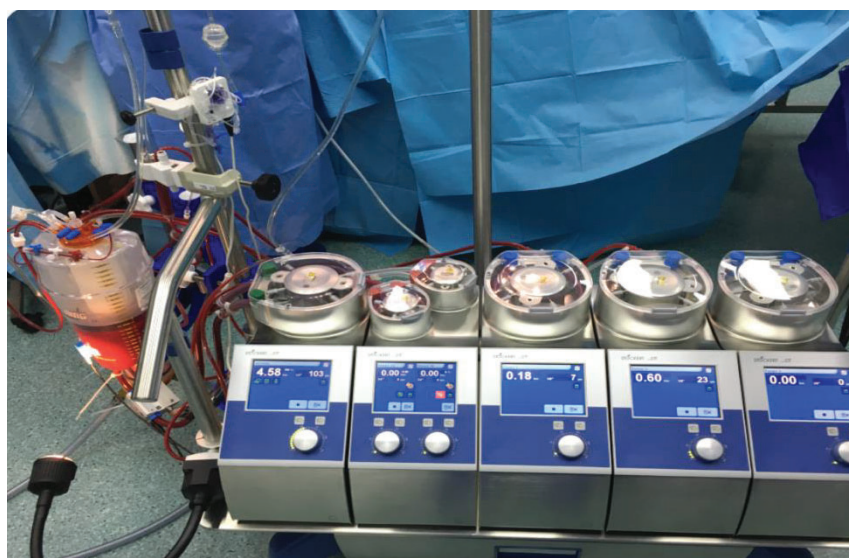
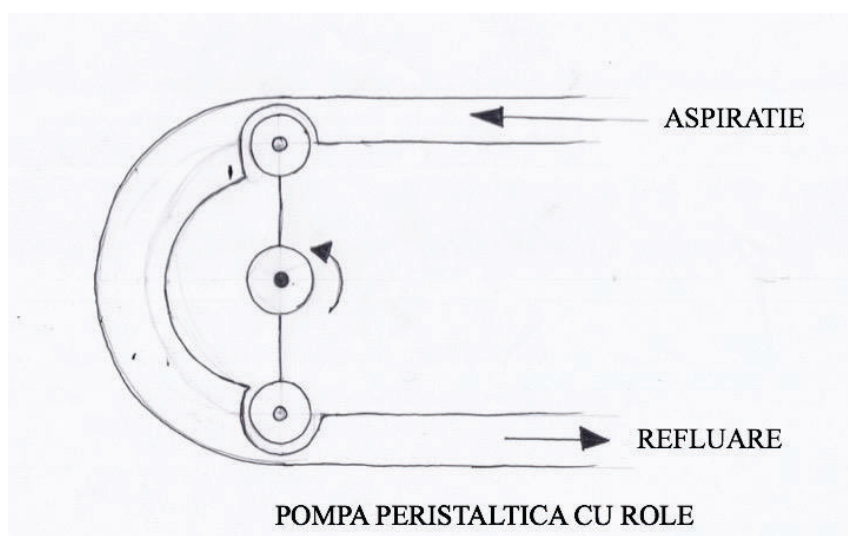


Fig. 3.2. Pompa cu role. Schema de funcționare și aspect intraoperator.

Pompa centrifugală conține un dispozitiv central care se rotește într-un recipient plin cu sânge. În cazul pompei centrifugale sângele antrenat într-o mișcare de rotație de dispozitivul central conic este împins de forța centrifugă în niște conducte laterale.

Fiecare tip de pompă prezintă avantaje și dezavantaje. În ansamblu însă, nu se poate spune că un anumit tip este net superior celorlalte.

Tubulatura și canulele

Canulele venoase sunt niște tuburi speciale care sunt introduse în venele cave sau în atriul drept. Prin canulele venoase sângele este drenat în rezervorul venos prin intermediul unui conduct ; linia venoasă. Drenajul venos se realizează pasiv, gravitațional prin sifonaj, sau activ prin generarea unei presiuni negative de aspirație.

Numărul canulelor venoase este variabil (în funcție de operație și de preferința chirurgului). Poate fi folosită o singură canulă care este introdusă prin urechiușa dreaptă în atriul drept. Această canulă unică are fenestrații laterale. Vârful ei ajunge în vena cavă inferioară deasupra vărsării venelor hepatice iar fenestrațiile laterale rămân în atriul drept. O singură canulă este suficientă pentru operațiile care interesează valva aortică, tractul de ieșire al ventriculului stâng, aorta ascendentă sau arterele coronare.

Pot fi folosite și două canule venoase, câte una pentru fiecare venă cavă. Ele se introduc prin peretele venei cave respective sau prin atriul drept. Se folosesc două canule venoase în cazul operațiilor în care este necesară deschiderea cordului drept. Tot două canule venoase sunt folosite în intervențiile pe valva mitrală din motive de acces mai bun la atriul stg.

Drenajul venos mai poate fi realizat cu ajutorul unor canule particulare care se introduc prin vena femurală sau jugulară. Vârful acestor canule ajunge până în atriul drept. Canularea periferică se realizează prin descoperirea vaselor femurale sau axilare sau prin tehnici percutane. Metoda este utilă în unele cazuri de reintervenție când disecția atriului drept și a venelor cave poate fi dificilă și periculoasă, în cazuri de urgență, în cazuri în care se întrevide susținerea circulatorie pe termen lung cu ajutorul circulației extracorporale sau în cazurile intervențiilor minimal invazive.



Fig. 3.3. Canule pentru circulație extracorporală

Canulele sunt introduse în diferitele cavități cardiace sau în diferitele vase mari prin intermediul unor mici incizii înconjurate de burse (însălări circulare ale unor fire de sutură). Strângerea acestor burse printr-un sistem de laț (tourniquet) etanșază peretele cavității sau a vasului respectiv pe canulă și evită pierderea de sânge.

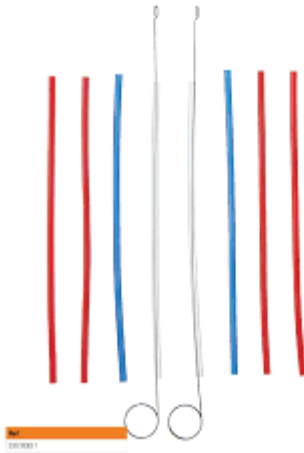


Fig 3.4. Burse. Tourniquet

Rezervorul venos este un recipient rigid în care se acumulează sângele drenat sau aspirat de la pacient prin intermediul canulelor și al liniei venoase. La dispozitivele actuale, rezervorul venos încorporează și oxigenatorul și schimbătorul de căldură (heatexchanger).

Tot în rezervorul venos ajunge sângele aspirat din câmpul operator cu ajutorul aspiratoarelor de cardiectomie. Acesta nu este la fel de “curat” precum sângele adus de linia venoasă, ci mai poate conține detritusuri tisulare. Aspiratoarele de cardiectomie evită pierderea de sânge din plagă care este astfel recuperat. Totuși, sângele astfel aspirat conține un număr important de mediatori inflamatori activați de contactul cu aerul și cu țesuturile mediastinale. Aceștia, reprezintă substratul biologic al inflamației sistemice asociate circulației extracorporale.

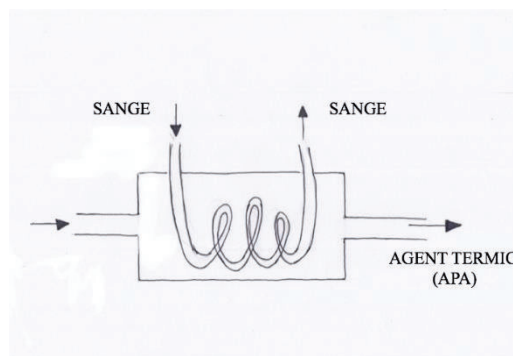


Fig. 3.5. Oxigenator cu schimbător de căldură și rezervor venos încorporat.

Aspiratoarele de cardiotoromie sunt antrenate de un sistem de aspirație activă (de pompe sau de un sistem de aspirație cu vacuum).

Sângele aspirat de aspiratoarele de cardiotoromie este filtrat.



Fig. 3.6. Pompa de cardioplegie.

Pompa centrifugală conține un dispozitiv central care se rotește într-un recipient plin cu sânge. În cazul pompei centrifugale sângele antrenat într-o mișcare de rotație de dispozitivul central conic este împins de forța centrifugă în niște conducte laterale.

Fiecare tip de pompă prezintă avantaje și dezavantaje. Pe ansamblu însă, nu se poate spune că un anumit tip este net superior celorlalte.

Sistemul de aspirație a cordului stâng (vent). Pentru a reduce lucrul mecanic exercitat de cord în cursul activității sale mecanice, cât și pentru a obține un câmp operator exsang, este necesară aspirarea sângelui din atriul stg sau ventriculul stg. Aceasta se realizează cu ajutorul unui aspirator alcătuit dintr-o canulă (introdusă în atriul stâng prin vena pulmonară dreaptă superioară, tavanul atriului stâng sau urechiușa stângă, în ventriculul stâng prin vârful acestuia), o linie (un conduct) și o pompă secundară de aspirație.

Oxygenatorul. Este un element de bază la nivelul căruia se realizează schimburile gazoase. Acesta substitue funcția plămânilor. În decursul timpurilor s-au folosit diferite tipuri de oxigenatoare. Astăzi se folosesc practic numai cele cu membrană.

Oxigenatoarele presupun o suprafață de contact a sângelui cu un gaz. Această suprafață este reprezentată de o membrană poroasă. Suprafața de contact a sângelui cu membrană poroasă trebuie să fie mare. De aceea oxigenatoarele cu membrană sunt construite ca un labirint de canale subțiri prin care circulă gaz, sângele trecând printre acestea. Turbulența curgerii sângelui ameliorează difuziunea oxigenului și cresc saturația în oxigen a hemoglobinei.

Orice suprafață străină cu care sângele vine în contact determină activarea unor sisteme enzimatică specifice (complement, coagulare, fibrinoliză, etc.).

Această activare tulbură homeostazia fiind nocivă organismului. La prima trecere a sângelui prin oxigenatorul cu membrană, membrana acestuia este acoperită cu un strat de proteine care fac ca suprafața să fie mai bine compatibilă cu sângele care va străbate în continuare oxigenatorul.



Fig. 3.7. Oxigenator integrat (conține oxigenator propriu zis, schimbător de căldură și rezervor venos)

Schimbătorul de căldură permite modificarea temperaturii sângelui care îl străbate. El este folosit pentru răcirea pacientului și apoi reîncălzirea acestuia, precum și pentru menținerea temperaturii constante pe parcursul operațiilor. Constructiv este realizat de o tubulatură spirală prin care trece sânge, continuată într-un recipient prin care circulă un agent termic (apa) la o temperatură reglabilă. Agentul termic (apa) este produs la temperatura dorită de un dispozitiv anex de încălzire /răcire (heater- cooler).



Fig. 3.8. Heate-rcooler (dispozitiv de răcire/încălzire a agentului termic).

Filtrele

Derivarea sângelui în afara arborelui vascular al organismului generează inevitabil contaminarea lui cu diverse elemente susceptibile de a genera microembolii arteriale în diverse organe, în special creierul. Acestea pot fi: agregate de elemente celulare sanguine (leucocite, trombocite), fragmente tisulare din țesuturile plăgii chirurgicale, microtrombi, microbule de gaz (aer, oxigen), etc.

Microemboliile cu astfel de particule sunt o sursă majoră pentru unele din complicațiile caracteristice operațiilor care se desfășoară sub CEC: tulburări neurologice, insuficiența renală etc. Filtrele dispuse pe circuit au rolul de a reține aceste fragmente și de a reduce aceste fenomene. În general se folosește un filtru venos și unul arterial. Alături de acestea, în principiu trebuie filtrate toate soluțiile administrate pacientului pe parcursul operației: sânge (transfuzia), cardioplegia, soluția de priming (soluția cu care este umplut inițial circuitul circulației extracorporale), etc.

După prelucrare și oxigenare, sângele este reintrodus în patul arterial sistemic al pacientului prin linia arterială și canula arterială. Cel mai adesea canula arterială este plasată la nivelul aortei ascendente, imediat proximal față de emergența trunchiului arterial brahiocefalic. Canularea arterială se poate face însă în orice alt segment al patului arterial, cu condiția ca artera care va fi canulată să aibă un calibru suficient pentru a primi întregul debit arterial sistemic. Mai frecvent, în afara aortei ascendente, sunt canulate artera femurală și artera axilară.

3.5. Impactul circulației extracorporale asupra organismului uman

Pe parcursul circulației extracorporale, parametrii hemodinamici sunt profund diferiți față de circulația naturală. În primul rând debitul sanguin are un caracter continuu, constant, generat de pompă și nu pulsator precum cel natural generat de cord. Tensiunea arterială este mai mică și deasemeni constantă.

Caracterul pulsatil al fluxului sangvin normal este unul din factorii de control ai sistemului renină-angiotensină-aldosteron la nivel renal. Totuși fluxul nepulsatil nu afectează semnificativ distribuția sângelui către diferitele teritorii ale organismului.

Temperatura este și ea supusă unor variații. Poate scădea în prima parte a intervenției și este crescută activ la sfârșitul ei.

Operațiile uzuale se desfășoară la 37 C – adică în normotermie. Dacă însă este vorba de intervenții mai lungi, temperatura poate fi coborâtă la 28 – 32 C ceea ce se consideră hipotermie moderată. În operațiile care implică crosa aortică temperatura sângelui și a organismului este coborâtă activ la 16 -18 C. – hipotermie profundă. La această temperatură, circulația poate fi oprită

complet timp de aproximativ 30 de min. Desigur, după realizarea corecției chirurgicale, pacientul este reîncălzit la 37 C. Fluxul către anumite teritorii (creierul, rinichiul) scade în condiții de hipotermie.

Volemia deasemeni, scade la începutul procedurii și este refăcută la sfârșit. Este motivul pentru care circulația extracorporală a fost comparată cu o stare de “șoc controlat”.

Se produce o hemodiluție și o modificare a echilibrului acidobazic. Sunt activate mecanismele inflamației și permeabilitatea capilară crește cu extravazarea semnificativă de apă în țesuturi.

Administrarea de heparină în doze mari care face practic sângele incoagulabil, contribuie la aceste fenomene.

Numeroase reflexe circulatorii fiziologice sunt astfel afectate. Sunt eliberate o serie de substanțe vasoactive. Presiunea coloid-osmotică a plasmei este scăzută. Permeabilitatea capilară crește. Se produce consecutiv o retenție lichidiană în spațiul extracelular, importantă.

Pe durata circulației extracorporale, sângele, care în mod normal se află în sistemul vascular căptușit de endoteliu, vine în contact cu numeroase suprafețe neacoperite de endoteliu, respectiv oxigenator, tubulatură, pompe, aerul și plaga operatorie. Acest contact al sângelui cu suprafețe neacoperite de endoteliu determină activarea a numeroase sisteme enzimactice plasmatică și a celulelor sangvine, induce denaturarea unor proteine plasmatică și permite contaminarea perfuzatului cu substanțe care în mod normal nu sunt prezente în sânge. Ca rezultat sunt generate o serie de substanțe vasoactive care influențează permeabilitatea capilară și tonusul vasomotor. Perfuzatul care conține numeroase enzime și celule active agresionează patul vascular dar și numeroase alte organe (practic orice organ poate fi afectat).

Apare deci o reacție de apărare a organismului extrem de intensă cunoscută ca răspuns inflamator sistemic al întregului organism. Se produc deplasări ale unor volume importante de lichid dinspre spațiul intravascular spre cel interstițial, disfuncții de diferite intensități ale mai multor organe, embolii cu agregate celulare și complicații hemoragice particulare.

Proteinele plasmatică care vin în contact cu o suprafață neacoperită de endoteliul propriu sunt absorbite pe această suprafață străină și determină un strat cu o grosime de 1000 – 2000 nm. Grosimea acestui strat depinde de tipul suprafeței respective dar și de condițiile și durata expunerii. Proteinele absorbite se modifică în timp și își pierd caracteristicile specifice. Ele se desprind treptat de suprafața respectivă fiind înlocuite de alte proteine. Proteinele desprinse denaturate au efecte biologice particulare, în general legate de activarea diferitelor sisteme implicate în inflamație și coagulare.

Până în momentul actual nu a putut fi identificată nici o suprafață, alta decât endoteliul uman propriu, care să fie perfect tromboresistentă. Orice suprafață străină este într-un grad mai mic sau mai mare trombogenică. Ea este cu atât mai puțin trombogenică cu cât este mai netedă și mai inertă din punct de vedere biologic. Circuitele cele mai noi au suprafața acoperită cu heparină pentru a crește tromboresistența.

Circuitul extracorporal, prin contactul său direct cu sângele, activează cel puțin cinci tipuri de celule și cel puțin cinci sisteme enzimatice. Morbiditatea asociată circulației extracorporale este determinată în cea mai mare parte de această activare.

Activarea trombocitelor.

Trombocitopenia și disfuncția plachetară reprezintă principala cauză de sângerare postoperatorie în chirurgia cardiacă. Gradul de trombocitopenie și de disfuncție plachetară este greu de prezis. Ea variază în funcție de sistemul de perfuzie folosit, de durata circulației dar și de la pacient la pacient. Orice intervenție pe cord deschis produce într-un grad mai mic sau mai mare o disfuncție trombocitară.

Contactul cu plaga chirurgicală (cu spațiul extravascular nedelimitat de endoteliu), heparina, suprafețele străine ale circuitului extracorporal reprezintă toate, activatori ai trombocitelor. Heparina este, cronologic, primul agonist al plachetelor în operațiile cardiace. Heparina crește sensibilitatea acestor celule la agoniștii solubili și crește moderat timpul de sângerare. După pornirea circulației extracorporale generarea de trombină activează probabil plachetele și determină modificările morfologice ale unei părți a trombocitelor, modificări ce au putut fi observate și raportate: pierderea aspectului discoid normal și emisia de pseudopode. Aceste plachete exprimă receptorul pentru glicoproteina IIb/IIIa, formează agregate plachetare, aderă la fibrinogenul absorbit la suprafața circuitului extracorporal și eliberează conținutul granulelor prin degranulare.

Pe măsura trecerii timpului sub circulație extracorporală, se produc mai mulți alți agoniști care contribuie de asemenea la activarea plachetelor: factori ai complementului (C5b-9), plasmina, factorul activator al plachetelor (PAF), catepsina G, serotonina, epinefrina (adrenalina). Hipotermia are și ea un efect activator asupra plachetelor.

Aderența trombocitelor la suprafețe străine este instantanee. Densitatea acumulării de trombocite depinde însă de caracteristicile fizico-chimice ale acestora. Utilizarea de circuite impregnate cu heparină pare a inhiba într-o oarecare măsură aderența plachetelor. Pe durata perfuziei unele plachete sau doar fragmente ale acestora (fragmente de membrană, organite celulare, etc.) se desprind și pătrund în torentul circulator. Aderența plachetelor, agregarea

acestora și hemodiluția sunt principalele cauze ale trombocitopeniei de pe durata circulației extracorporale.

Plachetele activate eliberează conținutul granulelor conținute de acestea. Din granulele alfa sunt eliberați anumiți factori ai coagulării, o serie de substanțe cu proprietăți chemotactice, o formă solubilă a receptorului pentru selectina P și factori care cresc permeabilitatea capilară și promovează proliferarea celulelor musculare netede. Din granulele dense se eliberează ATP, ADP, calciu și serotonină. Lizozomii eliberează hidrolaze acide și neutre foarte active. Totodată trombocitele activate produc și eliberează tromboxanul A₂ (TXA₂), substanță puternic vasoconstrictoare și agonistă plachetară. Eliberarea tuturor acestor substanțe contribuie la răspunsul inflamator sistemic datorat circulației extracorporale.

La sfârșitul circulației extracorporale numărul plachetelor este redus cu 30 – 50%. Această scădere se datorează hemodiluției, adeziunii, agregării și distrucției mecanice produse de pompă și circuit. Analiza plachetelor din sângele pacienților care au suferit o intervenție chirurgicală sub circulație extracorporală la scurt timp după aceasta arată plachete cu morfologie normală alături de resturi plachetare și de plachete alterate, modificate. Chiar și plachetele cu morfologie normală au însă o funcție afectată. Aceasta se obiectivează printr-un timp de sângerare crescut. Acesta se normalizează în mod obișnuit la 4 – 12 ore de la administrarea protaminei (antagonistul heparinei). Funcția plachetară poate fi protejată prin contracararea inhibitorilor funcției plachetare (cum este plasmina) sau prin inhibarea activării plachetare iar disfuncția plachetară poate fi compensată prin administrarea de masă trombocitară. Pot fi utilizate în acest scop inhibitorii de protează (aprotinina), dipiridamolul sau prostaglandinele de sinteză (iloprostul).

Activarea neutrofilelor, monocitelor și limfocitelor se produce atât direct, ca urmare a contactului cu suprafețele străine activatoare, cât și indirect, prin acțiunea unor agoniști solubili precum componentele complementului. Activarea acestor linii celulare are ca rezultat eliberarea unor noi mediatori ai inflamației (se produce o buclă de feed-back pozitiv) dar și depresia sistemului imunitar care este întâlnită în primele 3 – 7 zile după intervenție.

Activarea celulelor endoteliale ca urmare a contactului cu mediatori umorali dar și cu celule circulante activate are drept consecință creșterea expresiei activatorului tisular al plasminogenului (favorizând deci fibrinoliza) dar și stimularea unor mediatori precum prostaciclina sau endotelina I.

Pe lângă activarea unei multitudini de linii celulare circulația extracorporală are drept consecință și activarea unei serii de sisteme enzimatiche plasmatice: sistemul coagulării (cu componentele sale: sistemul de contact, calea intrinsecă și calea extrinsecă), sistemul complementului și sistemul fibrinolitic.

Sistemul de contact, alcătuit din factorul XII, factorul XI, prekalicreina și kininogenul cu masa moleculară mare, este activat de întinsa suprafață electronegativă reprezentată de proteinele absorbite la suprafața străină a circuitului extracorporal. Activarea sistemului de contact reprezintă probabil promotorul activării coagulării, fibrinolizei și complementului.

Acțiunea factorului XII activat asupra factorului XI și apoi acțiunea acestuia din urmă prin intermediul factorului IX asupra factorului X constituie antamarea căii intrinseci a coagulării. Consecutiv apare în faza solubilă trombina. Este de remarcat că în ciuda administrării masive de heparină pe parcursul CEC (a se vedea mai jos) trombina este întâlnită în sângele pacientului operat. Trombina are un rol biologic important în declanșarea inflamației post-CEC și în promovarea agregării celulare sub forma unor microemboli.

Antamarea căii extrinseci a coagulării are la bază contactul sângelui cu țesuturile extravasculare care exprimă factorul tisular. Expresia factorului tisular este maximă la nivelul epicardului, adventiceii vaselor și a membranei monocitare.

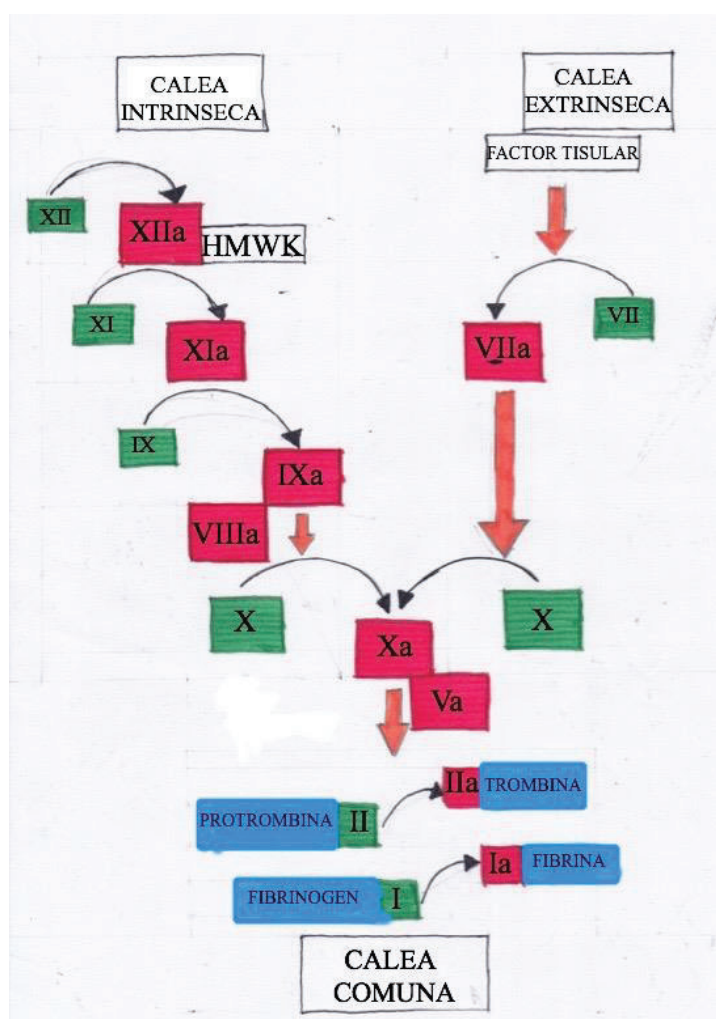


Fig. 3.9. Schema coagulării.

Pe parcursul circulației extracorporale este activată progresiv și fibrinoliza. Activarea se produce în special consecutiv expresiei crescute a activatorului tisular al plasminogenului consecutiv acțiunii trombinei asupra endoteliului. Markerii serici ai activării fibrinolizei (d-dimerii) cresc progresiv pe durata CEC. Uneori fibrinoliza este intensă, ea contribuind la deficitul de hemostază și sângerarea postoperatorie prelungită întâlnită la pacienții operați pe cord.

Pe durata circulației extracorporale sunt activate atât calea clasică cât și calea alternă ale complementului. Pot fi detectate în circulație cantități crescute de C3a, C5a și MAC (complexul de atac al membranelor). Nivelul de activare a complementului depinde de mai mulți factori: tipul de material din care este alcătuit circuitul CEC, tipul de oxigenator, corticosteroizii.

Heparina este un inhibitor al activării complementului. De aceea, este posibil ca administrarea de doze mai mari de heparină să aibă și prin acest mecanism un efect benefic cu privire la inflamația indusă de CEC. Elementele rezultate din activarea complementului (C3a, C5a, MAC, etc.) au un efect proinflamator puternic. Ele induc extravazarea de lichid și celule din patul vascular și activarea a numeroase celule implicate în inflamație (PMN, plachete, celule endoteliale, bazofile/mastocite, etc.).

3.6. Descrierea unei operații folosind circulația extracorporală

Circuitul CEC este asamblat cu 30 – 60 de minute înainte de momentul planificat al pornirii circulației extracorporale. Această asamblare necesită de obicei circa 15 – 20 de minute. Circuitul extracorporal este umplut cu o soluție, denumită soluție de priming, soluție necesară amorsării circulației extracorporale.

Volumul Priming-ului trebuie să fie minim, dar să umple circuitul și să mențină un volum suficient în rezervorul venos, astfel încât să nu intre aer în linia arterială la inițializarea circulației extracorporale. La un pacient adult volumele de priming sunt între 1400-1800 ml

Hemodiluția

Prima consecință a perfuzării soluției de priming în pacient este hemodiluția cu scăderea hematocritului. Gradul de hemodiluție este dat de volumul soluției de priming, dar și de volemia pacientului (estimată în funcție de greutatea și înălțimea acestuia).

Hemodiluția trebuie să fie acceptabilă, atât limita inferioară cât și cea superioară: Ht : 20-30 % Valoarea minimă acceptabilă fiind de 15 %. Limita superioară nu e recomandat a fi depășită, deoarece vâscozitatea sângelui prea

mare afectează fluxul sangvin în microcirculație și favorizează hemoliza prin trauma mecanică a elementelor sangvine în circuitul extracorporal.

Primingul este circulat prin circuitul extracorporal printr-un conduct care unește extremitatea venoasă (cea în care va fi drenat sângele venos sistemic al pacientului) cu cea arterială (cea prin care sângele oxigenat în oxigenator va fi administrat pacientului). Acest conduct poartă denumirea de linie arteriovenoasă.

O serie de alte tuburi sunt oferite de chirurg asistentului care manevrează mașina cord pulmon artificial: acestea se cuplează la mașină și vor reprezenta diferitele aspiratoare.

Anticoagularea

Deoarece circulația extracorporală presupune contactul sângelui cu o mare suprafață activatoare este obligatorie anticoagularea puternică a pacientului înaintea instalării CEC. Anticoagularea se face de obicei cu heparină (3-5 mg/kgcorp). Este necesară obținerea unui timp de coagulare activată (ACT) de cel puțin 480 de secunde înaintea pornirii CEC, deși unele cercetări relevă avantajele unor valori ale ACT încă și mai mari. Pentru introducerea canulelor valoarea ACT trebuie să fie, după părerea majorității chirurgilor, mai mare de 400 de secunde.

În paralel cu pregătirea mașinii și circuitului, echipa chirurgicală deschide toracele pacientului și expune inima astfel încât să poată fi conectată la circulația extracorporală. Etapa canulărilor presupune introducerea de canule specifice în diferite cavități cardiace sau vase mari de sânge prin intermediul unor burse. Canulele vor fi cuplate la tubulatura circuitului extracorporal.



Fig. 3.10. Aparat de măsurare al ACT

Trebuie menționat că circulația extracorporală poate fi montată în situații particulare și fără deschiderea toracelui și expunerea cordului, folosind canulări la nivelul vaselor periferice.

Linia arteriovenoasă va fi secționată. Capătul său arterial (cel dinspre oxigenator) va fi cuplat la canula arterială. Prin această manevră devine posibilă administrarea prin canula arterială de soluție de priming și ulterior (după pornirea circulației extracorporale) de sânge oxigenat. Capătul venos al liniei arteriovenoase secționate va fi cuplat la canula sau canulele venoase. Astfel este posibilă drenarea (aspirarea gravitațională) a sângelui venos sistemic în circuitul CEC. Celelalte canule sunt în general cuplate la diferite aspiratoare.

În timpul circulației extracorporale sunt monitorizați anumiți parametri:

- Tensiunea arterială (presiunea arterială sistemică) , se măsoară direct printr-un cateter arterial, de obicei radial. Se obține o curbă plată datorită fluxului nepulsat. Valoarea medie este menținută între 50 – 70 mm Hg.
- Presiunea venoasă centrală
- Presiunea în artera pulmonară
- Debitul urinar.
- Temperatura.
- Echilibrul acidobazic
- Concentrația de hemoglobină. (de regulă Ht : 20 – 30 %)
- Coagularea (se măsoară Timpul de coagulare activat – ACT (>480s - normal 80 -140s)

Începerea circulației extracorporale se face reducând sarcina cordului, respectiv drenând din ce în ce mai mult sânge venos în rezervorul mașinii de circulație extracorporală, și reintroducându-l după oxigenare în patul arterial sistemic al pacientului. Astfel presarcina cardiacă scade. În câteva minute cordul va fi complet scos din sarcină, respectiv 100% din debitul arterial sistemic este asigurat de pompă. În acest moment cordul poate fi manipulat, separat de circulația arterială sistemică și eventual oprit.

Pe durata circulației extracorporale trebuie monitorizați atent o serie de parametri precum aciditatea (pH-ul), temperatura, compoziția (hemoglobina/hematocrit, diferiți ioni, etc.) a perfuzatului. Perfuzatul reprezintă soluția care este administrată pacientului în patul arterial sistemic prin intermediul canulei arteriale și el este de fapt un amestec între sângele prelucrat al pacientului, soluția de priming și diferitele alte soluții care sunt administrate pe durata circulației extracorporale.

După corecția chirurgicală a leziunilor cardiace, repornirea cordului prin declamparea aortei, urmează o etapă de asistare circulatorie. Cordul se contractă gol – fără presarcină, refăcându-și astfel rezerva energetică.

Sevrarea de circulația extracorporală se face, la fel ca și instalarea sa, progresiv. După ce cordul gol (scos din sarcină), are temperatura normală, ritm corespunzător și o contractilitate apreciată intraoperator ca fiind bună, el va fi repus în sarcină gradat, prin umplerea sa progresivă. Urmărind continuu parametrii hemodinamici, se va reduce debitul pompei până la oprirea completă când debitul va fi preluat integral de cord. Orice deteriorare a parametrilor hemodinamici impune creșterea debitului pompei, ea semnificând faptul că inima pacientului este suprasolicitată, respectiv încă nepregătită pentru preluarea întregii sarcini hemodinamice. În momentul în care ponderea debitului pompei reprezintă mai puțin de 20% din debitul arterial sistemic se consideră că inima pacientului poate prelua sarcina hemodinamică integrală iar mașina cord-pulmon artificial poate fi oprită.

După readministrarea sângelui rămas în circuitul extracorporal canulele se extrag iar bursele sunt legate. Când hemostaza chirurgicală este asigurată, se administrează sulfat de protamină care antagonizează heparina refăcând mecanismul natural al coagulării.

3.7. Contraindicațiile circulației extracorporale

- Accidentul vascular cerebral hemoragic recent. (1-2 luni)
- Aneurisme intracerebrale cu potențial hemoragic.
- Alergie sau rezistența la heparină.
- Hemoragie digestivă necontrolată.
- Tumori maligne cu potențial hemoragic
- Sarcina (este considerată o contraindicație relativă – dar totuși de evitat).