



Libri di testo

Maurizio Cotrufo

CHIRURGIA DEL CUORE E DELLE ARTERIE

ED. Edizioni Scientifiche

Maurizio Cotrufo, Marisa De Feo,
Alessandro Della Corte

APPUNTI DI CHIRURGIA CARDIACA

ED. Albano



Corso Integrato di Malattie dell'Apparato Cardiovascolare

Le basi della Cardiocirurgia a cuore aperto:

Circolazione Extracorporea; Ipotermia; Monitoraggio

Prof. Flavio CERASUOLO



IL LIVELLO DI PERFORMANCE DELLA CEC ATTUALE HA
RICHIESTO OLTRE UN SECOLO DI STUDI E RICERCHE SPERIMENTALI

IPOTESI INIZIALE (Le Gallois 1813):

*“Un organo isolato sopravvive se perfuso artificialmente
con sangue ossigenato”*

PROBLEMI TECNICI E FISIOPATOLOGICI :

- Come perfondere meccanicamente con sangue ossigenato un organismo.
- Come evitare reazioni immunologiche, emocoagulative, post-trasfusionali e da contatto con superfici non inerti biologicamente (Sanguinamento diffuso, edema diffuso, ipertermia maligna, disfunzione polmonare, bassa gittata post-operatoria)



STORIA DELLA CEC (1)

- 1855 Porter-Brandley: Pompa per iniezioni gastriche
- 1877 Allen: Pompa per trasfusioni
- 1882 Von Schroeder: Pompa con ossigenatore
- 1890 Jacobs: Pompa a flusso pulsatile
- 1934 De Bakey: Pompa a rulli per trasfusioni

1951 Lewis

CHIUSURA DIA IN ARRESTO CIRCOLATORIO

MEDIANTE $\left\{ \begin{array}{l} \text{RAFFREDDAMENTO DI SUPERFICIE (26°C)} \\ \text{OCCLUSIONE BICAVALE} \end{array} \right.$



STORIA DELLA CEC (2)

1953 Gibbon

CHIUSURA DIA IN CEC con OSSIGENATORE a dischi

1954 Lillihei

CORREZIONE DI VARIE CARDIOPATIE CONGENITE (DIA, DIV, TOF, CAV) IN CIRCOLAZIONE CROCIATA (CEC nella quale il genitore era utilizzato come OSSIGENATORE).

1955 Kirklin

PERFEZIONAMENTO DELLA CEC DI GIBBON con OSSIGENATORE a microstrati (vari interventi in arresto di circolo ed ipotermia profonda).



La circolazione extracorporea (CEC) permette di derivare il sangue del paziente in un circuito esterno, ossigenarlo e restituirlo con una pressione sufficiente ad una adeguata perfusione tissutale.

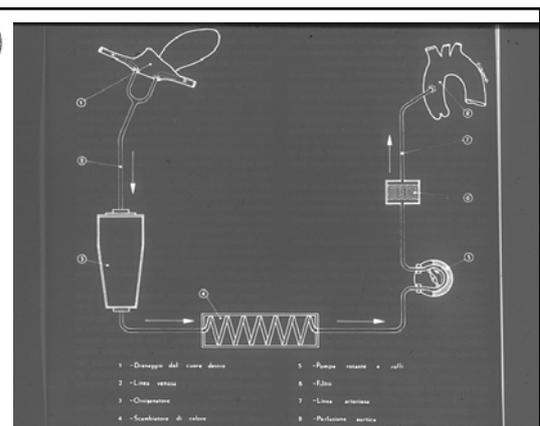
OBIETTIVI

- SOSTITUIRE LA FUNZIONE CARDIO-RESPIRATORIA (Funzione di pompa del cuore e di ematosi del polmone)
 - Interventi chirurgici a cuore aperto
 - Assistenza Circolatoria
- PERMETTE LA VISIONE DIRETTA DELLA LESIONE CARDIACA DA RIPARARE
 - Campo operatorio esangue
 - Assenza di motilità cardio-polmonare



COMPONENTI PER LA REALIZZAZIONE DELLA CIRCOLAZIONE EXTRACORPOREA

- ♥ OSSIGENATORE
- ♥ POMPA
- ♥ SCAMBIATORE DI CALORE
- ♥ FILTRI
- ♥ CANNULE



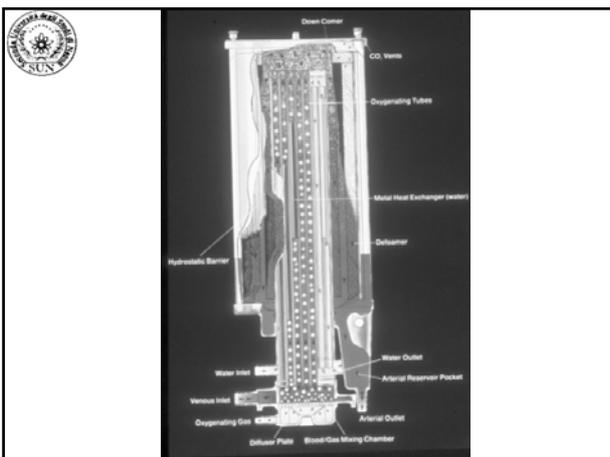
 **OSSIGENATORE**

- Sistema meccanico artificiale che durante la CEC ha la funzione di ossigenare la massa ematica che lo attraversa sottraendo anidride carbonica.
- Il processo di ossigenazione comporta la diffusione dell'ossigeno a livello della membrana delle emazie e la formazione di ossiemoglobina sulla loro superficie.

 **OSSIGENATORI**

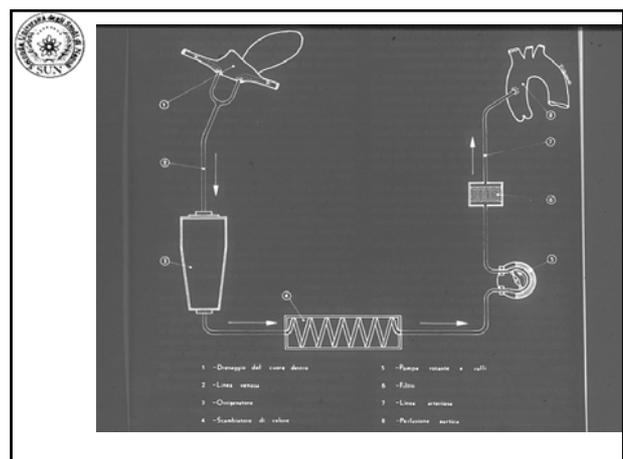
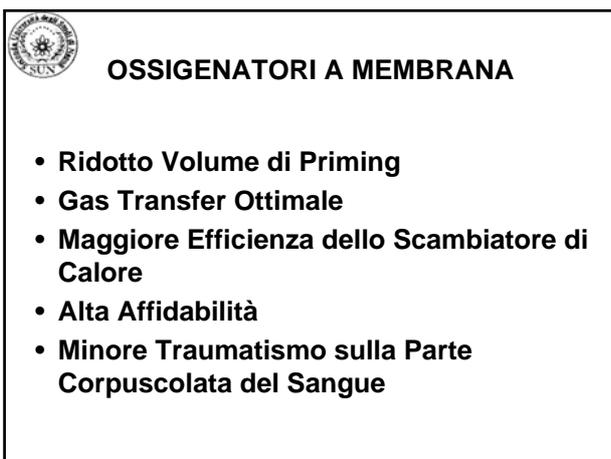
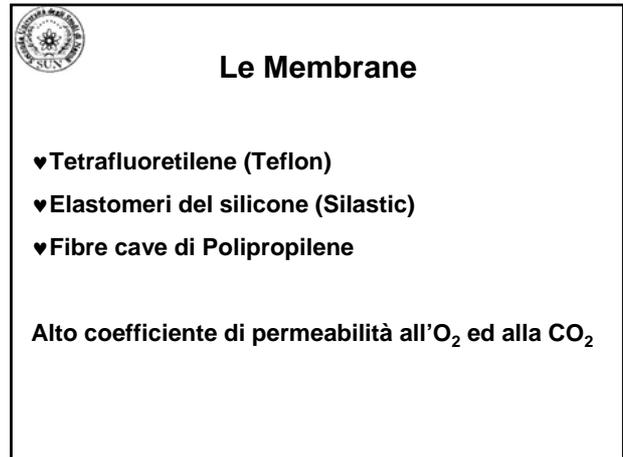
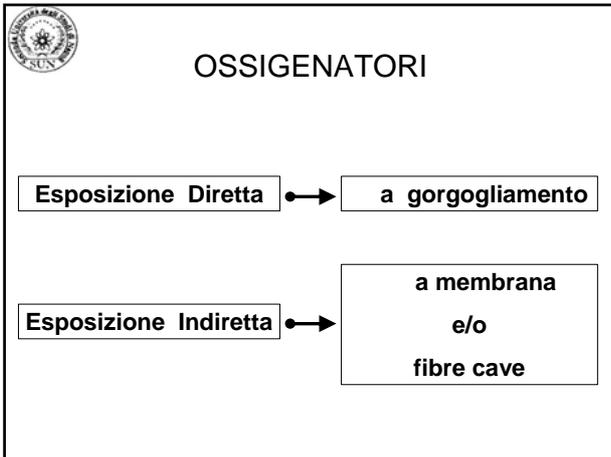
Esposizione Diretta ↔ a gorgogliamento

Esposizione Indiretta ↔ a membrana e/o fibre cave



 **OSSIGENATORI A GORGOGLIAMENTO**

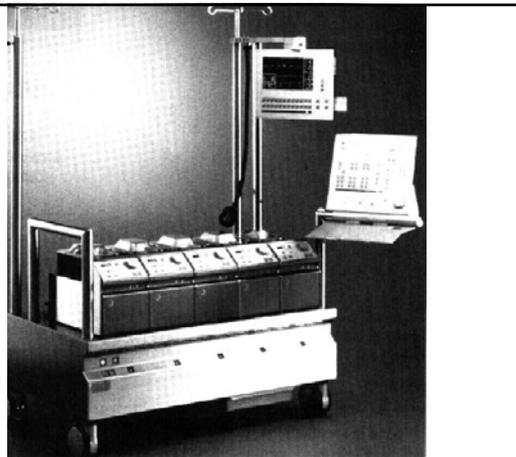
- Emboli Gassosi
- Turbolenza
- Emolisi
- Denaturazione Proteine Plasmatiche





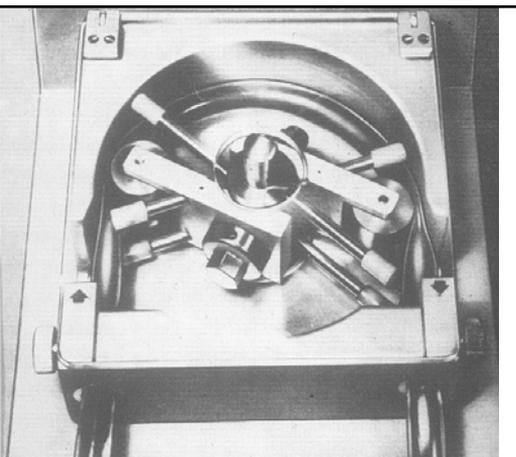
POMPE

- Durante la CEC la pompa meccanica ha il compito di sostituire la funzione del cuore e di muovere il flusso del sangue nel circuito e nel sistema vascolare dell'organismo.
- Una pompa ideale deve avere una portata non inferiore a 8 l/min di sangue, non deve produrre danni al sangue e deve avere possibilità di movimento alternativo manuale in caso di guasto del gruppo elettro-motore.



POMPE a RULLI

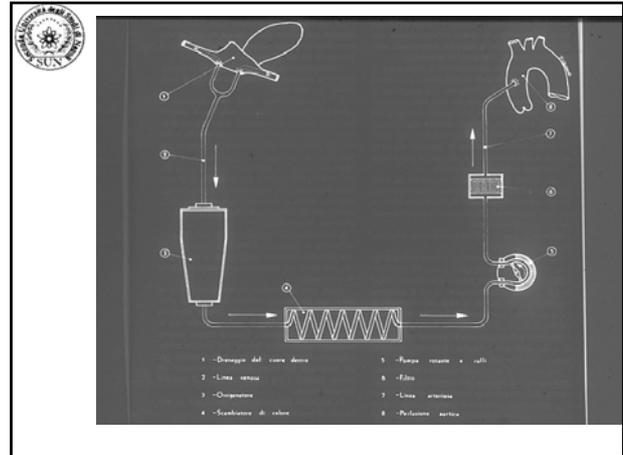
- Gli elementi costitutivi sono la camera di pompaggio fissa e i rulli mobili.
- Il sistema dei rulli, montati su braccia simmetriche e azionati da un motore elettrico, assicura l'aspirazione e la propulsione in senso unidirezionale del sangue contenuto in un tratto di tubo detto sottopompa.
- Lo spostamento del sangue deriva dalla azione occlusiva esercitata sul tubo dal ciclico passaggio dei rulli stessi.



C.E.C.

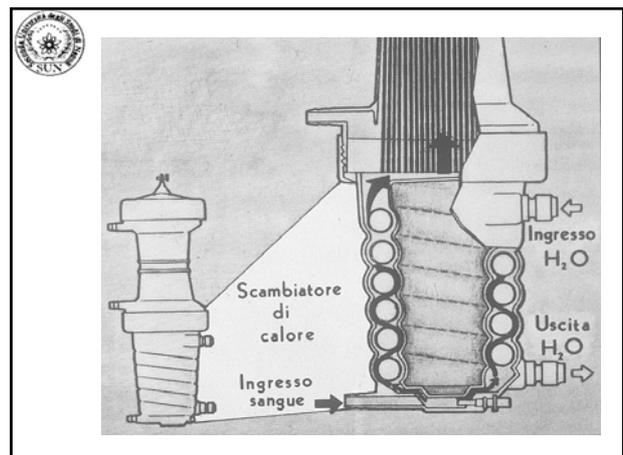
Perfusione ad andamento LINEARE
($\Delta = 10-20$ mmHg)

Aumento delle resistenze periferiche
↓
Riduzione della perfusione tissutale
↓
Acidosi metabolica



SCAMBIATORE DI CALORE

- In tutti gli ossigenatori attuali è contenuto al loro interno uno scambiatore termico, al fine di mantenere costante la temperatura del sangue di perfusione e/o di indurre un certo grado di ipotermia corporea, raffreddando il sangue di perfusione per riportarlo successivamente a temperatura normale.
- Questi ossigenatori sono costruiti in modo che una parte dello spazio è riservata al mezzo di raffreddamento o riscaldamento, cioè l'acqua, e l'altra al liquido da raffreddare, cioè il sangue.





SCAMBIO TERMICO

Due liquidi (sangue-acqua) a diverse temperature e separati da una parete metallica si scambiano calore per conduzione, tendendo a diventare isotermici



L'acciaio inossidabile chirurgico

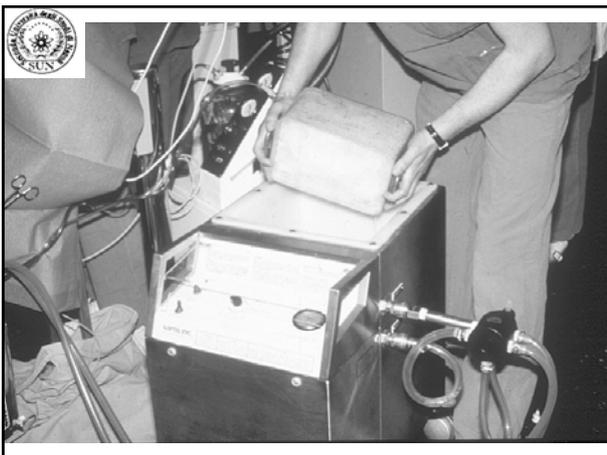
- ♥ Ottimo coefficiente di conduzione
- ♥ Perfettamente liscio
- ♥ Inattaccabile dal sangue
- ♥ Non tossico

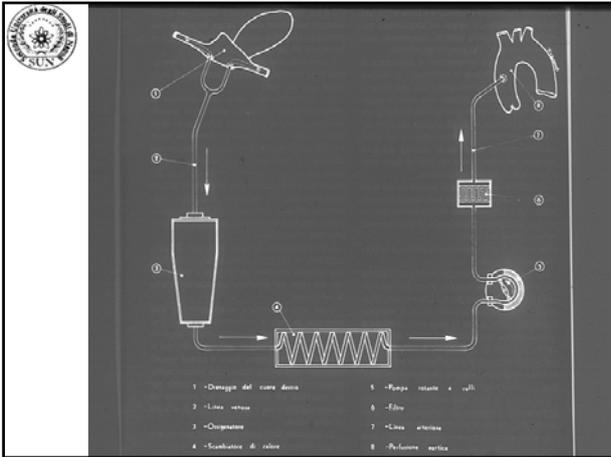


SCAMBIATORE DI CALORE

Mantenere costante la temperatura del sangue di perfusione
(Evitare la dispersione di calore)

Raffreddare e/o Riscaldare
Il sangue circolante





CANNULE DEL CIRCUITO

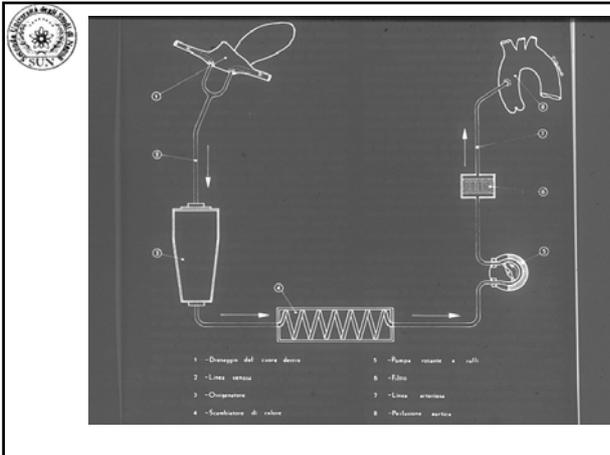
- La macchina cuore-polmone viene collegata al paziente mediante una serie di cannule allestite in materiale plastico biocompatibile.
- Le cannule arteriose servono a connettere la linea di rientro arterioso al sistema arterioso del paziente, quelle venose collegano la linea venosa della macchina al drenaggio venoso del paziente.

CANNULE DEL CIRCUITO

- ♥ Flessibilità
- ♥ Trasparenza
- ♥ Bassa tensione superficiale
- ♥ Inerzia biologica

CANNULE DEL CIRCUITO

Resine chimicamente inerti
(cloruro di polivinile) PVC
+
30-40% di sostanza plastificante:
estere dell'acido ftalico
(che li rende flessibili)

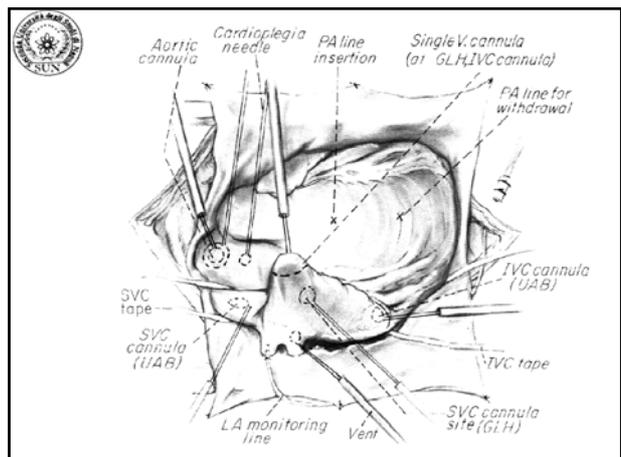


CANNULE DEL CIRCUITO

- La cannulazione venosa si esegue attraverso le vene cave oppure attraverso l'atrio destro. In casi particolari, come nei reinterventi, si può incannulare la vena femorale.
- Il sangue venoso viene drenato dalle vene cave o dall'atrio destro all'ossigenatore per caduta gravitazionale.

CANNULE DEL CIRCUITO

- La via di scelta per il rientro del sangue arterioso nel paziente è quella attraverso l'aorta ascendente. L'accesso attraverso l'arteria femorale viene utilizzato in casi particolari come per i reinterventi, per gli aneurismi dell'aorta ascendente, per altri interventi sull'aorta toracica.





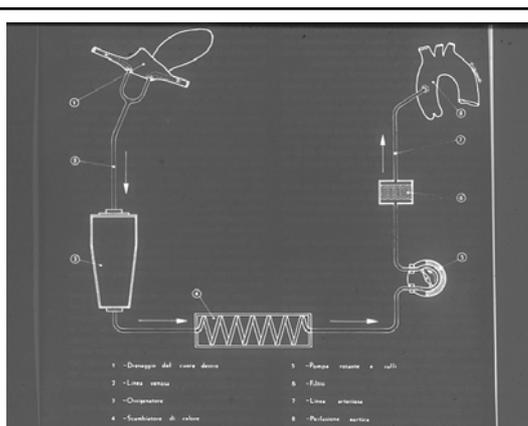
Incannulazione arteria femorale

- ♥ Aorta ascendente calcifica
- ♥ Aorta ascendente aneurismatica
- ♥ Aorta ascendente sede di dissezione
- ♥ In alcuni casi di reintervento



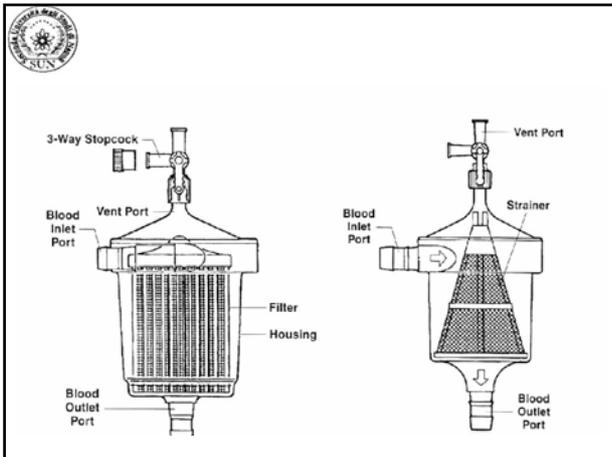
By-pass Femoro-femorale

- ♥ Chirurgia degli aneurismi dell'aorta toracica
- ♥ Assistenza cardiocircolatoria di emergenza
- ♥ Preludio della CEC tradizionale
 - Tamponamento cardiaco
 - Pericolo di tamponamento
 - Aneurismi rotti aorta ascendente
 - Aneurismi disseccanti acuti aorta ascendente



FILTRI Maglie di nylon con pori di 40-200 μ

- Nell'ossigenatore (filtra il sangue prima di restituirlo al paziente)
- Nella "reservoir (sangue aspirato e recuperato al campo operatorio)
- Sulla linea arteriosa (a valle della pompa)



“PRIMING”

- Riempimento dell'ossigenatore e del circuito.
- In passato veniva effettuato con sangue eparinizzato compatibile o con sangue conservato reso incoagulabile con una soluzione di ACD.
- I rischi maggiori erano rappresentati dall'epatite, dall'AIDS, dai danni alla microcircolazione dell'apparato respiratorio e degli organi emuntori.

“PRIMING”

- Ringer-Lattato 1500 ml < 50 Kg p.c. > 1700ml
- Eparina 25 mg/l
- NaHCO₃ 20 mEq/l se acidosi
- Sangue omologo 250 ml se Hct < 28%

20 ml priming x Kg di peso corporeo



EMODILUIZIONE TOTALE

- Risparmio di sangue
- Prevenzione di eventuali reazioni da sangue omologo
- Migliorata microcircolazione per riduzione della viscosità del sangue (che aumenta del 5% per ogni C° di diminuzione della T corporea)
- mantenimento della diuresi a valori alti

SVANTAGGI

Acidosi transitoria



Formula della Emodiluzione Programmata

$$\text{Hct predicibile} = \frac{(\text{Vpt} \times \text{Hct}) + (\text{Vp} \times 40)}{\text{Vpt} + \text{Vp} + \text{Vd}}$$

Vpt = Volume totale del sangue del paziente

Vp = Volume di sangue nel priming

Vd = Volume del liquido diluente



EPARINIZZAZIONE

- ♥ In condizioni normali il sangue coagula pochi minuti dopo aver perso il rapporto diretto con l'endotelio vascolare.
- ♥ Pertanto quando esso giunge a contatto con una qualsiasi delle parti del circuito della CEC, comincerebbe a coagulare con conseguente diffusione di emboli nel paziente e blocco completo in breve tempo della CEC.



EPARINIZZAZIONE

- ♥ La coagulazione può essere inibita in vari modi:
 - ipotermia (tecnica complessa)
 - citrato di sodio (lega ioni calcio ma riduce la contrattilità miocardica)
- eparina
- ♥ L'eparina non modifica la massa circolante e la sua azione è facilmente bloccata dal solfato di protamina



EPARINIZZAZIONE MECCANISMO D'AZIONE

♥ **L'eparina lega l'AT III.**

L'eparina è il principale inibitore della trombina; tale inibizione si realizza attraverso il potenziamento dell'attività dell'AT III.

Il risultante complesso eparina-AT III ha maggiore affinità per la trombina rispetto alla sola AT III.

In base a questo meccanismo d'azione la somministrazione di eparina endovena produce rapida scoagulazione.



EPARINIZZAZIONE SOMMINISTRAZIONE

♥ **Immediatamente prima di collegare il paziente alla CEC alla dose di 3 mg/Kg.**

♥ **Per iniezione diretta o in atrio destro o direttamente in aorta.**



EPARINIZZAZIONE MONITORAGGIO

♥ **L'attività dell'eparina può essere valutata mediante il tempo di coagulazione attivato (ACT).**

In condizioni normali l'ACT = 90" \rightleftharpoons 130".

Un'adeguata anticoagulazione durante CEC si ottiene con un ACT > 480"



EPARINA

3 mg/Kg di peso corporeo



ACT

Tempo di coagulazione attivato



Dopo 1 ora

Eparina 50% della dose iniziale



Solfato di protamina

1,3 mg solf.x 1 mg di eparina



L'ARRESTO ANOSSICO PROLUNGATO DEL MIOCARDIO PUO' CAUSARE

- Insufficienza miocardica acuta intraoperatoria (cuore di pietra)
- Insufficienza miocardica nel decorso post-operatorio precoce (bassa gittata)
- Insufficienza miocardica nel decorso post-operatorio tardivo (scompenso)



CONSUMO DI O₂ A LIVELLO CARDIACO

- | | |
|--|----------------------|
| • Condizioni normali | 6,5 – 9 ml/100 gr/m' |
| • Fibrillazione ventricolare | 4 – 5 “ “ “ “ |
| • Perfusioni coronarica a cuore battente | 4 “ “ “ “ |
| • Arresto potassico | 1,2 – 2,2 “ “ “ “ |
| • Cardioplegia ipotermica 15 °C | 0,2 “ “ “ “ |
| • Cardioplegia ipotermica 5 °C | 0,1 “ “ “ “ |



L'attività metabolica si raddoppia o si dimezza per ogni 10 °C in più o in meno di temperatura



Ipotermia moderata: fino a 28 °C

Ipotermia intermedia: da 28 °C a 20 °C

Ipotermia profonda: sotto i 20 °C



IPOTERMIA TOPICA DEL MIOCARDIO

- Alcune metodiche di ipotermia associano la tecnica del raffreddamento sistemico mediante CEC con l'ipotermia epicardica.
- L'ipotermia topica del miocardio si ottiene con l'immissione e l'irrigazione continua di soluzione fisiologica fredda (4 °C) nel sacco pericardico.



IPOTERMIA DI CAVITA' O TECNICA DI SHUMWAY (1959)



Monitoraggio Termico

♥T rettale (= T viscerale)

♥T naso-faringea (= T cerebrale)



CARDIOPLEGIA

SOLUZIONE, ELETTROLITICA O EMATICA, SOLITAMENTE FREDDA (4 °C) E RICCA DI POTASSIO (Esistono variazioni arricchite con thiam, aspartato, glutammato, ATP, glucosio, ecc.). SOLITAMENTE VIENE INFUSA ATTRAVERSO LA RADICE AORTICA (In caso di insufficienza aortica può venire infusa attraverso gli osti coronarici o per via retrograda attraverso il seno coronarico)

OBIETTIVI:

- ARRESTO DEL CUORE (Grazie all'ipotermia ed all'iperkaliemia)
- PROTEZIONE MIOCARDICA DURANTE IL PERIODO DI CLAMPAGGIO AORTICO (Grazie all'ipotermia ed all'arresto in diastole)



ARRESTO CARDIOPLEGICO

- Arresto in diastole
- Abolizione del lavoro elettromeccanico
- Riduzione della domanda energetica (80-85%)

(solo processi metabolici negli organuli subcellulari)



CARDIOPLEGIA

- La cardioplegia, ovvero la “quiescenza elettro-meccanica”, riduce il consumo di ossigeno a livelli talmente bassi che la produzione di energia spontanea è sufficiente a garantire i processi essenziali al mantenimento della vitalità cellulare.
- La combinazione cardioplegia-ipotermia costituisce la protezione miocardica ideale.



KIRSCH	Grammi/L	Millimoli/L



SOLUZIONE ST. THOMAS

Fiala da 10 ml

- Procaina mMol 1
- KCl mMol 15.96
- MgCl mMol 15.99

Diluita in

- 1000 ml di Ringer-lattato
- 1 fl di KCl=10 mEq/l
- 4 fl di NaHCO₃ = 40 mEq/l

10ml x Kg



- ▼ Inibizione della permeabilità di membrana agli ioni Na^+ e K^+
- ▼ Blocco del passaggio transmembrana del Ca^{++}
- ▼ Inibizione della liberazione del Ca^{++} endocellulare a partire dalle vescicole del reticolo endoplasmatico
- ▼ Rallentamento del trasporto del Ca^{++} mitocondri e nelle vescicole al termine della contrazione

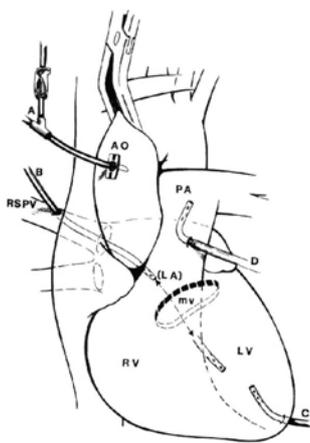


Cardioplegia Fredda (+4°C)

10 ml / Kg di peso corporeo

Bulbo aortico 200 - 300 ml/min Osti Coronarici
30' ↓ 2/3 a sin 30 - 50 ml/min
1/3 a dx 20 - 30 ml/min

5 ml / Kg di peso corporeo



CARDIOPLEGIA EMATICA NORMOTERMICA O CALDA

2 ml di KCl in bolo

pompa sangue 300 ml/min x 2 min

Pompa KCl 150 ml/h = 5ml = 5 mEq/l

Dopo 20 min

pompa sangue 300 ml/min x 1 min

Pompa KCl 90 ml/h = 1.5 ml = 1.5 mEq/l



IPOTERMIA PROFONDA + ARRESTO ED ESANGUINAMENTO TOTALE

18 °C T. rettale
15 °C T. naso-faringea

Protezione barbiturica
(Farmotal 500mg + Gardenale 100mg + Solumedrol 1 g)
Applicazione di ghiaccio sulla testa
Esanguinamento del paziente
(Chiusura linea arteriosa e drenaggio venoso)



IPOTERMIA PROFONDA + ARRESTO ED ESANGUINAMENTO TOTALE

Ricircolo a circuito chiuso
(Ossigenazione – evitare aggregati e/o coaguli-
riscaldamento del sangue a 28 – 30 °C)

Alla riperfusione
Apertura della linea arteriosa
Flussi 0 \longrightarrow Flussi ottimali (2.2 – 2.4 1 x m²)



Parametri da monitorizzare

- ♥ **P. Arteriosa (tra 50 e 100 mmHG)**
(Vasodilatatori - \uparrow Flussi di Perfusione)
- ♥ **P.V.C. (9 - 12 cmH₂O)**
- ♥ **Rene (0.5 ml/Kg/h)**
- ♥ **Emogasanalisi**
- ♥ **Elettroliti (KmEq/L=20% Peso x Deficit K)**



Monitoraggio del Cardiopaziente

- Funzione Cardiocircolatoria
- Funzione Respiratoria
- Funzione Renale
- Funzione Gastrointestinale
- Funzione Metabolica
- Funzione Neurologica
- Omeostasi



Funzione Cardiocircolatoria

- Elettrocardiogramma (E.C.G.)
(Frequenza Cardiaca – Ritmo – Morfologia)
- Pressione Arteriosa (P.A.)
(Valore : Sistolico , Diastolico , Media – Morfologia)
- Pressione Venosa Centrale (P.V.C.)
(Valore : Sistolico , Diastolico , Media – Morfologia)



Funzione Renale

- Diuresi (Catetere Vescicale) 0,5 ml/Kg/h
- Aspetto dell'urina (Emoglobinuria o Ematuria)
- Azotemia
- Creatininemia



Funzione Respiratoria

- Emogasanalisi
- Frequenza Atti Respiratori
- Rx Torace



Funzione Gastrointestinale

- Sondino Nasogastrico
- Borborigmi Intestinali
- Alvo



Funzione Metabolica

- Bilancio Idrico
- Elettroliti Serici (Na , K , Ca , Mg)
- Glicemia



Funzione Neurologica

- Esame Clinico
(Stato di coscienza , Motilità degli arti ,
Tono muscolare , Riflessi)
- Elettroencefalogramma
(E.E.G.)
- Tomografia Assiale Computerizzata
(T.A.C.)



Omeostasi

- Perdite Ematiche (Drenaggi)
- Ematocrito (Htc)
- Emoglobinemia (Hb)



CONCLUSIONI

**LA CEC RENDE OGGI POSSIBILI IL
TRATTAMENTO CHIRURGICO DI QUASI
TUTTE LE CARDIOPATIE CONOSCIUTE**

**E' UNA TECNICA DI ROUTINE E SICURA CON
DISPONIBILITA' DEI COMPONENTI IN
FORMATO MONOUSO**