Corsi Itineranti 2010 AAROI-EMAC
SIARED presenta:

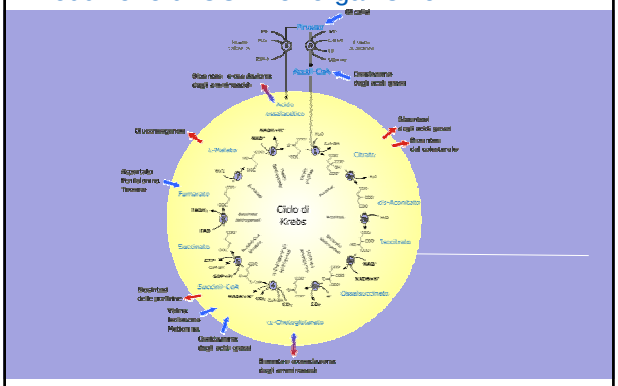
La Decapneizzazione in terapia intensiva

Amedeo Pignataro
Anestesia e Rianimazione, Ospedale Buccheri La Ferla
Fatebenefratelli Palermo

Contenuti

- Produzione di CO2 nell'organismo
- Perchè decapneizzare
- Indicazioni cliniche
- Principi fisici della decapneizzazione
- Apparecchi e dispositivi
- Esperienze cliniche
- Nostri dati

Produzione di CO2 nell'organismo



Metabolismo e nutrizione

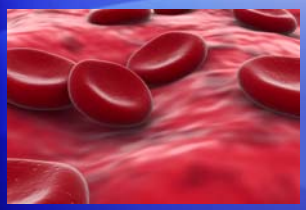
15 000 – 20 000 mmol of CO_2

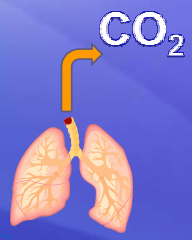
1500 – 4500 mmol di acido lattico

100 – 200 mmol di altri acidi non-volatili

giorno

Trasporto e liberazione della CO_2





Disciolta nel plasma come:
Bicarbonati
Carbaminocomposti

Trasporto CO_2

1. CO_2 = 7%
2. Hgb CO_2 = 23%
3. HCO_3^- = 70 %

Stati di ipercapnia

In alcune patologie polmonare e/o sistermiche l'eliminazione della CO2 non può avvenire se non ricorrendo alla ventilazione meccanica, trattamento peraltro non scevro di effetti collaterali e di patologia correlate

L'eliminazione extracorporea della CO2 da alcuni anni può rappresentare una chance ulteriore nei pazienti critci

Cos'è la decapneizzazione

Terapia atta a rimuovere in modo dolce e continuo la CO_2 dal sangue mediante un presidio medico-chirurgico definito *decapneizzatore* inserito in un circuito ematico extracorporeo

1. Non è una ECMO (Extracorporeal membrane oxygenation)
2. E' un superamento dei sistemi di rimozione artero-venosa della CO_2

Perchè decapneizzare: pazienti con BPCO

Figure 4-1. Pathological Changes in COPD

Proximal airways (trachea, bronchi > 2 mm internal diameter)
Inflammatory cells: ↑Macrophages, ↑CD8+ (cytotoxic) T lymphocytes, few neutrophils or eosinophils
Structural changes: ↑Goblet cells, enlarged submucosal glands (both leading to mucus hypersecretion), squamous metaplasia of epithelium[a]

Peripheral airways (bronchioles < 2mm i.d.)
Inflammatory cells: ↑Macrophages, ↑↑ lymphocytes (CD8+ > CD4+), ↑B lymphocytes, lymphoid follicles, ↑fibroblasts, few neutrophils or eosinophils
Structural changes: Airway wall thickening, peribronchial fibrosis, luminal inflammatory exudate, airway narrowing (obstructive bronchiolitis)
Increased inflammatory response and exudate correlated with disease severity[a]

Lung parenchyma (respiratory bronchioles and alveoli)
Inflammatory cells: ↑Macrophages, ↑CD8+ T lymphocytes
Structural changes: Alveolar wall destruction, apoptosis of epithelial and endothelial cells[a]
- Centrilobular emphysema: dilatation and destruction of respiratory bronchioles; most commonly seen in smokers
- Panacinar emphysema: destruction of alveolar sacs as well as respiratory bronchioles; most commonly seen in alpha-1 antitrypsin deficiency

Pulmonary vasculature
Inflammatory cells: ↑Macrophages, ↑↑ lymphocytes
Structural changes: Thickening of intima, endothelial cell dysfunction, ↑ smooth muscle → pulmonary hypertension[a].

L'ipertensione polmonare può determinare ipertrofia del ventricolo destro ed in ultima analisi insufficienza cardiaca destra (cuore polmonare)

La rimozione extracorporea può essere in grado di migliorare la funzionalità cardiaca

Perchè decapneizzare: pazienti affetti da ARDS/ALI

- Nei pazienti affetti da ARDS o da ALI (acute lung injury) il baro/volo trauma esercitato dalla ventilazione meccanica è a sua volta causa di lesioni (VILI= Ventilator-induced Lung Injury).
- In questi casi una ventilazione protettiva impiegando bassi volumi correnti conduce inevitabilmente ad ipecapnia e acidosi; l'estrazione extracorporea della CO_2 è una soluzione oggi attuabile a letto del paziente per garantire l'omeostasi acido-base

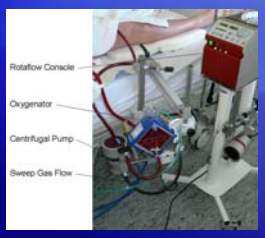
Principali situazioni patologiche nelle quali la decapneizzazione può trovare applicazione

- Bronchitici cronici (BPCO)
- Insufficienza respiratoria ipercapnica ipossemica
- Chirurgia toracica della trachea
- ARDS (ventilazione iperprotettiva normocapnica)
- Politraumatizzati (polmone cervello)
- Bridge al trapianto polmonare

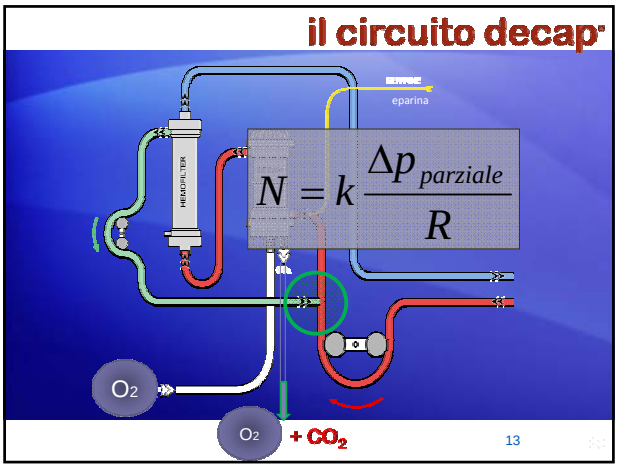
Apparecchi, filtri e materiali per la decapneizzazione

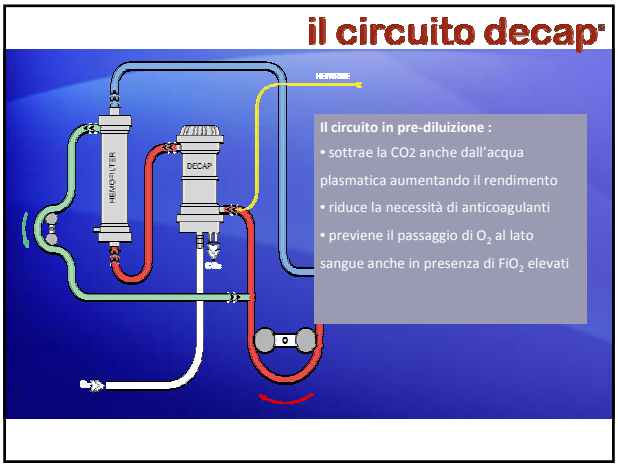
Dall'ECMO al DECAP

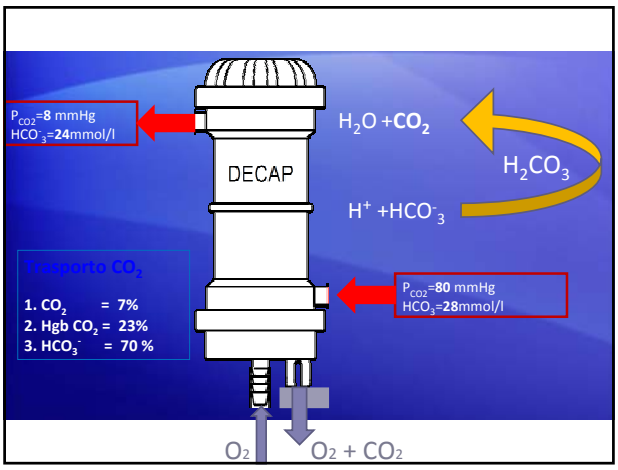
ECMO



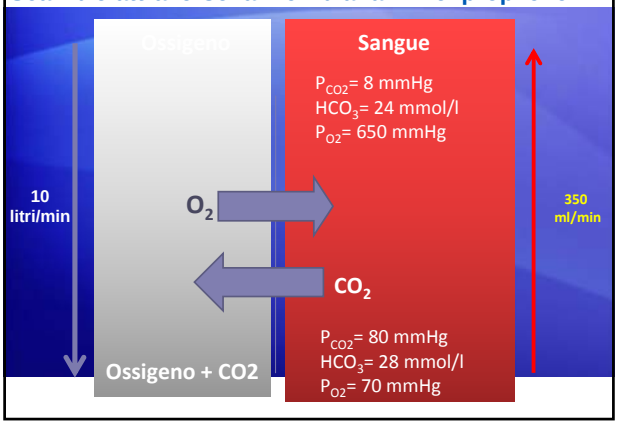
DECAP


il circuito decap
eparina
HEMOFILTER
$N = k \frac{\Delta p_{parziale}}{R}$
O2
O2
+ CO2
13


il circuito decap
HEMOFILTER
DECAP
Il circuito in pre-diluizione :
• sottrae la CO2 anche dall'acqua plasmatica aumentando il rendimento
• riduce la necessità di anticoagulanti
• previene il passaggio di O_2 al lato sangue anche in presenza di FiO_2 elevati


P_{CO2}=8 mmHg
HCO^-_3=24mmol/l
DECAP
$H_2O + CO_2$
H_2CO_3
$H^+ + HCO^-_3$
Trasporto CO_2
1. CO_2 = 7%
2. Hgb CO_2 = 23%
3. HCO_3^- = 70 %
P_{CO2}=80 mmHg
HCO_3=28mmol/l
O2
O2 + CO2

Scambio attraverso la membrana in Polipropilene



Flusso sangue: 350 – 450 ml /min
Accesso Veno – Venoso
Catetere Bilume 14 Fr.
Ossigenatore (PP): 1,35 m^2
Emofiltro (PS): 0,3 m^2
Volume di Priming Minimo (300 ml)

Tipi di apparecchi per la rimozione della CO_2

La rimozione extracorporea della CO2 può avvenire secondo due sistemi:

1. Utilizzando apparecchi che consentono la depurazione extrarenale continua (CRRT) secondo le metodiche di SCUF, CVVH, CVVHDF
2. Utilizzando degli apparecchi dedicati alla sola rimozione extracorporea dell'anidride corporea

Apparecchi di decapneizzazione con CRRT

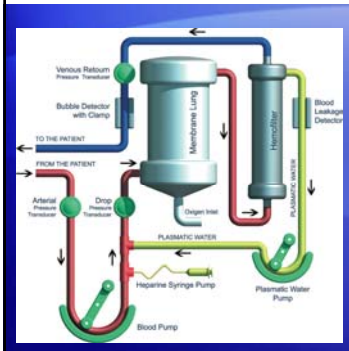
Tale sistema extracorporeo permette di gestire contemporaneamente le tecniche depurative extrarenali continue e la rimozione della CO_2 tramite un unico accesso venoso

L'interposizione di un filtro (ossigenatore a membrana) posto nel circuito di depurazione extrarenale prima dell'emofiltro, permette di rimuovere la CO_2 lavorando in prediluizione

Apparecchio di decapneizzazione senza CRRT

Il sangue, prima di entrare nel Decapneizzatore viene diluito (pre-diluizione). All'interno del decapneizzatore, nel quale scorre un flusso di Ossigeno, attraverso la membrana permeabile ai soli gas, avviene lo scambio O2 <> CO2 , scambio guidato dalla differenza di pressioni parziali dei 2 gas nei 2 comparti.
Il sangue ossigenato passa quindi nell'emofiltro, all'interno del quale viene rimosso l'eccesso di liquido. Il liquido plasmatico rimosso dall'emofiltro, quindi, rientra nel circuito arterioso a monte del decapneizzatore, in questo modo è lo stesso liquido plasmatico che permette la pre-diluizione, mentre il sangue in uscita dall'emofiltro, nuovamente concentrato, viene re-infuso nel paziente.

Schema del circuito di decapneizzazione



Il sangue tramite una pompa sangue viene convogliato dal paziente al filtro per la decapneizzazione dove viene introdotto O_2 al flusso di 8 l/min e successivamente avviato all'emofiltro per poi essere restituito al paziente

Filtri per decapneizzatori prima…

Product specification

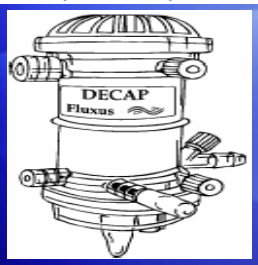
Maximun blood flow 1L/min

Priming volume 120 ml

Membrane Polypropylene

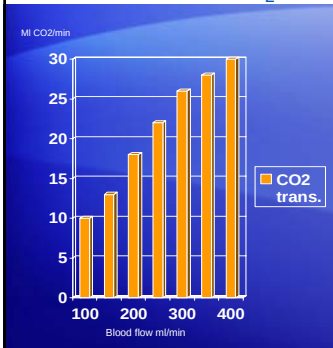
Surface area 0.5 m/q

Filtri per decapneizzatori adesso



Filtro a fibre cave	
Flusso ematico massimo	800 ml/min
Materiale della membrana	Polipropilene
Superficie della membrana	1.35 m²
Volume di priming	29 ml

Rimozione della CO_2



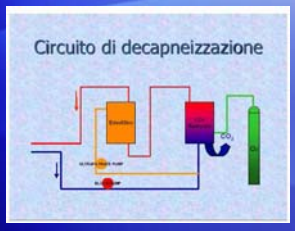
Principi di funzionamento

Gas passes through the capillary fiber bunches which are immersed in blood. This configuration reduces the gradient between blood and gas and, consequently, considerably reduces the trauma produced by the passage of blood inside the capillaries.

This method also allows a reduction in the area of membrane necessary, optimizing the utilization of the dynamic characteristics of the apparatus.

Gas flows inside the capillary

Caratteristiche operative

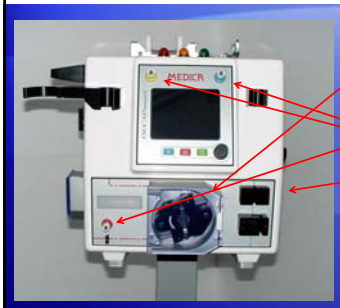


- Flusso ematico: 300 – 450 ml/min
- Rimozione della CO2 a valle del filtro: 97%
- Ridotto volume di priming
- Bassa richiesta di anticoagulazione
- Unico accesso venoso

Apparecchi di decapneizzazione con CRRT: display

Sono mostrati:
1.Tipo di trattamento
2.Perdita di peso oraria
3.Perdita di peso totale
4.Velocità anticoagulante
5.Flusso del dialisato
6.Flusso dell'ultrafiltrato

Apparecchi di decapneizzazione senza CRRT: pannello frontale



Sono presenti:

Pompa sangue

Trasduttori di pressione arteriosa, venosa e del filtro

Rivelatore di bolle d'aria

Pannello laterale

Sono presenti:

Supporto filtro

Rivelatore fuga sangue (BLD)

Pompa ultrafiltrazione

Pannello frontale (display)

E' possibile regolare:

La velocità della pompa sangue

Il flusso dell'anticoagulante

La percentuale del filtrato

La durata del trattamento

Lavori clinici

2009 Tidal Volume Lower than 6 ml/kg Enhances Lung Protection - Role of Extracorporeal Carbon Dioxide Removal

2009 Extracorporeal Removal CO2 using veno-venous, low-flow system (Decap) in a lung transplanted patient: a case report

2008 Esperienze con la decapneizzazione veno-venosa nell'insufficienza respiratoria severa

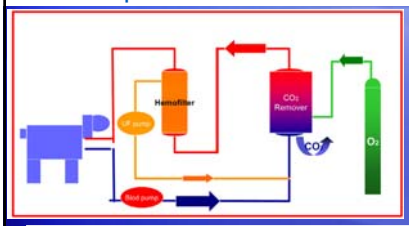
2008 Treatment of hypercapnia in ARDS with Decap CO2 remover

2007 Protective ventilation with CO2-removal technique in patients with ARDS

2006 Efficacy and safety of a low-flow veno-venous carbon dioxide removal device: results of an experimental study in adult sheep

Prime positive esperienze con la decapneizzazione

Studio sperimentale

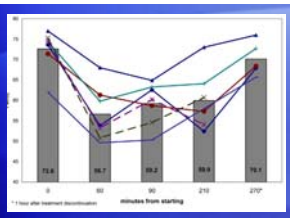


L'immagine illustra il circuito extracorporeo per la rimozione della CO2

1. Prospective study on seven adult sheep
2. carbon dioxide (CO2) removal by an extracorporeal membrane gas exchanger placed in a veno-venous pump-driven bypass.

Efficacy and safety of a low-flow veno-venous carbon dioxide removal device: results of an experimental study in adult sheep. Critical Care Vol 10 No 5 Livigni *et al.*

Risultati

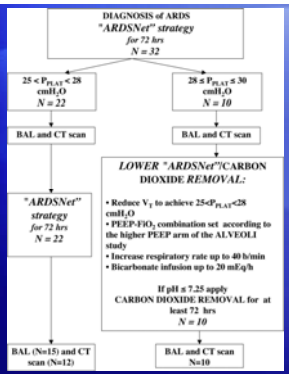


the first three sampling times of all seven sheep differences with the baseline (Figure 2) were all highly significant (*p = 0.0004 at 60 minutes, p < 0.0001 at 90 minutes, and p* = 0.003 at 210 minutes).

1. No significant haemodynamic variations occurred during the experiment
2. Maintaining an extracorporeal blood flow of 300 ml/minute (4.5% to 5.3% of the mean cardiac output), a constant removal of arterial CO_2, with an average reduction of 17% to 22%, was observed

Efficacy and safety of a low-flow veno-venous carbon dioxide removal device: results of an experimental study in adult sheep. Critical Care Vol 10 No 5 Livigni *et al.*

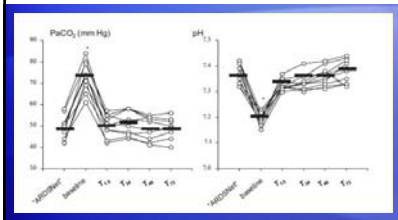
Studio clinico



The authors verified whether VT lower than 6 ml/kg may enhance lung protection and that consequent respiratory acidosis may be managed by extracorporeal carbon dioxide removal.

Terragni PP et al. Tidal Volume Lower than 6 ml/kg Enhances Lung Protection. Role of Extracorporeal Carbon Dioxide Removal Anesthesiology, V 111, No 4, Oct 2009

Studio clinico



Andamento di pCO_2 e ph prima dell'inizio della decapneizzazione e dopo 60-90 min, 24 h, 48 e 72 h.

Risultati
Extracorporeal assist normalized PaCO2 (50.4 8.2 mmHg) and pH (7.32 0.03) and allowed use of VT lower than 6 ml/kg for 144 (84–168) h

Terragni PP et al. Tidal Volume Lower than 6 ml/kg Enhances Lung Protection. Role of Extracorporeal Carbon Dioxide Removal Anesthesiology, V 111, No 4, Oct 2009

I nostri dati

Nell'anno 2008 su 181 pz. Ricoverati in UTIR 4 sono stati sottoposti a decapneizzazione

BPCO/silicosi

BPCO/VAP

BPCO/VAP

BPCO

Nell'anno 2009 su un totale di 168 ricoveri in UTIR 5 pazienti sono stati sottoposti a decapneizzazione

ARDS da influenza H1N1

ARDS da influenza A

Shock settico/MOF postoperatorio

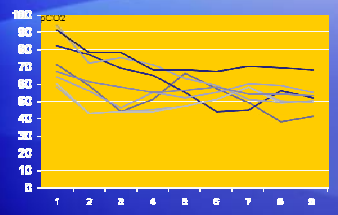
Sepsi/MOF postoperatoria

BPCO

Caratteristiche dei pazienti

N.	età	Sesso	Degenza (g)	esito	Durata decap (h)
1	47	F	66	Decesso	48
2	35	M	44	Decesso	36
3	78	F	15	Trasferita	72
4	73	F	21	Trasferita	40
5	74	M	23	Trasferito	46
6	80	F	9	Trasferita	38
7	65	M	32	Trasferito	28
8	69	M	10	Decesso	25
9	50	M	4	Decesso	10
Media	63		24	44%	38

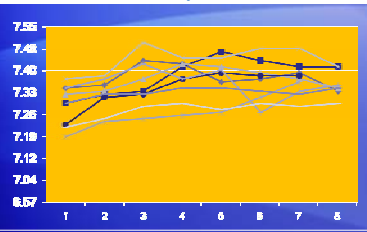
Andamento della pCO_2 durante il trattamento



In corso di decapneizzazione la riduzione della pCO_2 varia tra il 18 e il 20%

La performance del filtro si riduce del 70% dopo le prime 24 di trattamento

Andamento del pH durante il trattamento



- Il pH durante le metodiche di rimozione extracorporea della CO_2 ha seguito l'andamento conseguente alla riduzione della CO2 ematica

Complicazioni metodiche di rimozione extracorporea CO_2

Meccaniche

- Ostruzione del circuito 85%
- Malfunzionamento circuito 10%
- Rottura del circuito 10%
- Dislocazione cannula 0

Paziente correlate

- Emorragia 0
- Instabilità emodinamica 0
- fenomeni tromboembolici 0
- Trombocitopenia 1

Fine

Grazie dell'attenzione