

Corso di Laurea in Infermieristica Area Critica e dell'Emergenza: Rianimazione e Terapia Intensiva

Docente: dr. Alvise Martini
Anestesia e Rianimazione – Policlinico G.B.Rossi

L'obiettivo principale dell'anestesista e rianimatore

è

IL MANTENIMENTO DI UN ADEGUATO DO₂

TRASPORTO DELL'O₂

$$DO_2 \text{ (ml/min)} = CO \text{ (L/min)} \times Hb \text{ (g/dl)} \times 1,34 \times SaO_2 \text{ (\%)} + PaO_2 \times S$$

È la quantità di O₂ sciolta direttamente nel sangue che dipende dalla PaO₂ (in mmHg) e da S (solubilità di O₂ nel sangue che è di 0,003 ml O₂ sciolti per dl di sangue per ogni mmHg di PaO₂)

È la capacità di trasportare O₂ da parte dell'Hb completamente saturata e generalmente varia da 1,34 a 1,39 ml O₂ / g Hb

TRASPORTO DELL'O₂

Dal punto di vista clinico la quantità di O₂ sciolta direttamente nel sangue è assolutamente insignificante (in condizioni normobariche), per cui i tre fattori determinanti la DO₂ sono:

- Cardiac Output (CO)
- Emoglobinemia (Hb)
- SaO₂

TRASPORTO DELL'O₂ CARDIAC OUTPUT (CO)

È la quantità di sangue che il cuore immette nella circolazione ogni minuto.
I due principali fattori determinanti sono:

$$CO = HR \times SV$$

Frequenza cardiaca

Stroke volume

È la quantità di sangue che il ventricolo immette nella circolazione ad ogni battito e che dipende da

1. Preload
2. Afterload
3. Contrattilità

TRASPORTO DELL'O₂ CARDIAC OUTPUT (CO)

Stroke volume

È la quantità di sangue che il ventricolo immette nella circolazione ad ogni battito e che dipende da

1. Preload
2. Afterload
3. Contrattilità

Valori normali in un uomo di 70 Kg:
CO= 5-6 L/min
HR= 70-80 battiti/min
SV= 60-90 ml/battito

TRASPORTO DELL'O₂

CARDIAC OUTPUT (CO)

PRELOAD

Legge di Starling

1. La forza della contrazione ventricolare dipende dalla lunghezza iniziale delle fibre muscolari (volume diastolico).
2. Man mano che tale lunghezza aumenta, anche la forza della contrazione ventricolare aumenta, fino ad una certa lunghezza ottimale. Poi, con ulteriori aumenti, la forza della contrazione diminuisce

TRASPORTO DELL'O₂

CARDIAC OUTPUT (CO)

PRELOAD

LVSW
(left Ventricular
Stroke Work)

↓
Rappresenta la
forza della
contrazione
ventricolare

LVEDV (Left Ventricular End
Diastolic Volume)

TRASPORTO DELL'O₂

CARDIAC OUTPUT (CO)

INDICI DI PRÉLOAD

LVEDV: è l'indice più fedele del precarico, ma è molto difficile da misurare clinicamente. Una misurazione per approssimazione può essere fornita dall'ecocardiografia transesofagea

LVEDP: la pressione telediastolica ventricolare sn è un indice fedele del LVEDV, purchè la compliance cardiaca (C) sia normale

↑ C : Cardiomiopatie dilatative
Insufficienza aortica

↓ C : Stenosi aortica
Ischemia miocardica
Farmaci inotropi

TRASPORTO DELL'O₂

CARDIAC OUTPUT (CO)

INDICI DI PRELOAD

LAP: È ben correlato con la LVEDP purché la valvola mitralica sia integra

PCWP: è la pressione di incuneamento capillare polmonare; è ben correlata alla LAP. Tuttavia la PEEP od una misurazione a fine espirazione danno una PCWP sovrastimata.

CVP: è l'indice che più scarsamente si correla con il preload o LVEDV, ma è anche quello che viene normalmente usato. Presuppone infatti che la funzione ventricolare dx e sn siano uguali e parallele.

Valori normali

LAP: 7 - 12 mmHg

PCWP: 0 - 12 mmHg

CVP: 3 - 8 cmH₂O

TRASPORTO DELL'O₂

CARDIAC OUTPUT (CO)

AFTERLOAD

È dato dalla somma delle forze contro le quali il ventricolo deve lavorare per eiettare il sangue nell'aorta

Legge di Laplace → $T = P \times R$ (raggio)

La T del ventricolo sn per espellere il sangue ad una data P è direttamente proporzionale al raggio (R) e quindi dipende dal precarico.

TRASPORTO DELL'O₂

CARDIAC OUTPUT (CO)

AFTERLOAD

I due fattori determinanti l'afterload sono invece costituiti:

1. Dalla distensibilità dell'aorta e delle grosse arterie all'eiezione ventricolare
2. Dalle SVR (systemic vascular resistance)

TRASPORTO DELL'O₂

CARDIAC OUTPUT (CO)
AFTERLOAD

Il flusso (Q), ossia il volume di liquido che passa nell'unità di tempo per una determinata sezione di un tubo, è inversamente proporzionale alla viscosità del fluido (η) ed alla lunghezza del tubo (L), e direttamente proporzionale alla caduta di pressione ($(P_1 - P_2)$) ed alla quarta potenza del raggio (R^4)

TRASPORTO DELL'O₂

CARDIAC OUTPUT (CO)
AFTERLOAD

LEGGE DI
POISEUILLE

$$Q = \frac{\pi (P_1 - P_2) R^4}{8 \eta L}$$

Questa legge vale per un flusso:

- Laminare
- Costante
- Di un liquido newtoniano
- In tubi cilindrici rigidi

TRASPORTO DELL'O₂

CARDIAC OUTPUT (CO)
AFTERLOAD

Il sangue si comporta come un liquido newtoniano nei vasi che hanno un diametro maggiore di 0,5 mm ed il flusso in questi vasi è appunto laminare

- Ø Aorta: da 25 a 10 mm
- Ø Medie arterie: \approx 4 mm
- Ø Piccole arterie: da 2 a 0,1 mm
- Ø Arteriole: 0,1 - 0,03 mm
- Ø Capillari: 0,001 mm

TRASPORTO DELL'O₂

CARDIAC OUTPUT (CO)

AFTERLOAD

Il sangue si comporta come un liquido newtoniano nei vasi che hanno un diametro maggiore di 0,5 mm ed il flusso in questi vasi è appunto laminare

- ⊗ Aorta: da 25 a 10 mm
- ⊗ Medie arterie: ≅ 4 mm
- ⊗ Piccole arterie: da 2 a 0,1 mm
- ⊗ Arteriole: 0,1 - 0,03 mm
- ⊗ Capillari: 0,001 mm

- NB**
- Il flusso sanguigno non è a velocità costante ma è pulsante
 - Non avviene in tubi cilindrici rigidi, ma elastici

TRASPORTO DELL'O₂

CARDIAC OUTPUT (CO)

AFTERLOAD

Nonostante queste discrepanze, la legge di Poiseuille è molto utile per ricavare i fattori determinanti le resistenze vascolari sistemiche (SVR) che sono

$$SVR = \frac{8 \eta L}{\pi R^4}$$

TRASPORTO DELL'O₂

CARDIAC OUTPUT (CO)

AFTERLOAD

La legge di Poiseuille è anche molto utile per valutare i rapporti tra gittata cardiaca (CO) e SVR. Infatti se:

$$Q = \frac{\pi (P_1 - P_2) R^4}{8 \eta L}$$

Sostituendo alla portata (Q) la gittata cardiaca (CO) ed alla caduta di pressione (P₁ - P₂) la differenza tra pressione arteriosa media (MAP) e pressione venosa centrale (CVP), ne consegue:

$$CO = \frac{MAP - CVP}{SVR}$$

TRASPORTO DELL'O₂

CARDIAC OUTPUT (CO)

CONTRATTILITA'

È la proprietà intrinseca del miocardio che permette al cuore di svolgere la sua funzione di pompa. Può essere descritta da 3 variabili:

1. La velocità di accorciamento
 2. La forza di contrazione
 3. L'entità dell'accorciamento
- Delle fibre muscolari

LA CONTRATTILITA' È UN INDICE DIFFICILE DA MISURARE

TRASPORTO DELL'O₂

CARDIAC OUTPUT (CO)

INDICI DI CONTRATTILITA'

1. INDICI DELLA FASE DI CONTRAZIONE ISOVOLUMETRICA (dP/dT)
2. INDICI DELLA FASE DI EIEZIONE: grazie alla crescente disponibilità delle tecniche non invasive per le immagini cardiache (ECOcadiogramma, radioisotopi) sono ampiamente utilizzati in clinica. L'indice standard è la frazione di eiezione (EF)

$$EF = \frac{EDV-ESV}{EDV}$$

EDV: volume telediastolico
ESV: volume telesistolico

TRASPORTO DELL'O₂

CARDIAC OUTPUT (CO)

INDICI DI CONTRATTILITA'

Valori normali di EF > 0,55

Con valori di EF tra 0,3 e 0,55 ⇒ sintomi da sforzo
Con valori di EF < 0,3 ⇒ sintomi a riposo

NB La contrattilità è determinata dalla disponibilità di Ca⁺⁺ intracellulare. Tutti i farmaci inotropi positivi hanno in comune la proprietà di far aumentare il Ca⁺⁺ intracellulare

TRASPORTO DELL'O₂

CONCLUSIONI

$$CO = HR \times SV$$

1. Se ↑ il preload ⇒ ↑ lo SV e la CO
2. Se ↑ l'afterload ⇒ ↓ lo SV e la CO
3. Se ↑ la contrattilità ⇒ ↑ lo SV e la CO

Fino ad un certo punto

TRASPORTO DELL'O₂

CONCLUSIONI

HR

Se ↑ HR ⇒ ↑ la CO (purché lo SV rimanga costante)

In situazioni cliniche questo si verifica fino a 120 battiti/min circa. Dopodiché la correlazione tra HR e CO non è più di tipo lineare, in quanto ulteriori incrementi di HR causano una diminuzione del tempo di diastole che interferisce con il riempimento causando quindi una riduzione del preload

COMPITI FONDAMENTALI DELL'ANESTESISTA RIANIMATORE

MANTENERE "L'OXYGEN DELIVERY" (DO₂)

La quantità di O₂ veicolata ai tessuti periferici (DO₂) dipende da:

1. Gittata cardiaca (CO)
2. Concentrazione di emoglobina (Hb)
3. Saturazione dell'Hb (SaO₂)
4. Quantità di O₂ disciolta nel sangue (PaO₂ X S)

$$DO_2 \text{ (ml/min)} = CO \text{ (L/min)} \times Hb \text{ (g/dl)} \times 1,34 \times SaO_2 \text{ (\%)} + PaO_2 \times S$$

FORMULE E VALORI DA RICORDARE

FORMULE

$$DO_2 \text{ (ml/min)} = CaO_2 \text{ (mlO}_2\text{/dl sangue)} \times CO \text{ (L/min)} \times 10$$

$$CaO_2 \text{ (contenuto arterioso di O}_2\text{)} = Hb \text{ (g/dl)} \times 1,34 \times SaO_2 \text{ (\%)} + PaO_2 \times 0,003 \text{ (solubilità di O}_2\text{ nel sangue)}$$

$$CI \text{ (cardiac index)} = \frac{CO}{\text{Superficie corporea}}$$

FORMULE E VALORI DA RICORDARE

VALORI DA RICORDARE

$$CO = 5-6 \text{ L/min}$$

$$CI = 2,5 - 3,5 \text{ L/min} \times m^2$$

$$EF = 0,55 - 0,8$$

$$DO_2 = 1000 \text{ ml/min, se rapportata al CI e non al CO, essendo la superficie corporea di circa } 2 \text{ m}^2$$

$$DO_{2I} = 500 \text{ ml/min} \times m^2$$

$$VO_2 \text{ (consumo di O}_2\text{)} = 250 \text{ ml/min}$$

$$VO_{2I} = 125 \text{ ml/min/m}_2$$

$$CaO_2 = 17-20 \text{ mlO}_2\text{/dl sangue} \quad (Ca-Cv)O_2 = 4-5 \text{ ml/dl}$$

$$CvO_2 = 12-15 \text{ mlO}_2\text{/dl sangue}$$

EMOGLOBINA (Hb)

È DIFFICILE STABILIRE IL VALORE DI Hb CHE RICHIEDE TRASFUSIONI

ACUTA

ANEMIA

SUBACUTA

CRONICA

EMOGLOBINA (Hb)

ANEMIA ACUTA

In un paziente adulto di 70 Kg, la cui massa sanguigna è stimabile essere di 5 L, da i seguenti segni e sintomi:

Emorragia classe 1

Perdite < 750 ml (< 15% del Volume sanguigno)

HR:	normale o lievemente aumentato
PA:	normale
FR:	invariata
Stato di coscienza	normale
Trattamento	cristalloidi/colloidi

EMOGLOBINA (Hb)

ANEMIA ACUTA

Emorragia classe 2

Perdite 750 - 1500 ml (< 15 - 30% del Volume sanguigno)

HR:	>100 bpm
PA:	normale
FR:	20 - 30 (↑)
Stato di coscienza	normale
Trattamento	cristalloidi/colloidi; può essere presa in considerazione la trasfusione di sangue

NB: un paziente in buone condizioni emodinamiche con Ht > 30 e Hb > 10 raramente necessita di trasfusioni

EMOGLOBINA (Hb)

ANEMIA ACUTA

Emorragia classe 3

Perdite 1500 - 2000 ml (< 30 - 40% del Volume sanguigno)

HR:	>120 bpm
PA:	↓↓
FR:	30 - 40
Stato di coscienza	confuso
Trattamento	cristalloidi/colloidi + sangue

NB: un paziente con anemia acuta con Ht < 21 e Hb < 7 molto spesso necessita di trasfusioni

EMOGLOBINA (Hb)

ANEMIA ACUTA

Emorragia classe 4

Perdite superiori a 2000 ml (>40% del Volume sanguigno)

HR: tachicardia elevata, fino all'ACC
PA: ↓↓↓
FR: tachipnea elevata, fino all'ACC
Stato di coscienza: sopore marcato/coma
Trattamento: cristalloidi/colloidi + sangue

EMOGLOBINA (Hb)

ANEMIA SUBACUTA

Un deficit del volume di sangue è comune nei pazienti ospedalizzati con malattie croniche (sepsi cronica, pancreatite, fistola intestinale, prolungata TPN, neoplasia avanzata, protratta degenza in ICU, etc.). Tale deficit può essere notevole e raggiungere il 20 - 30% del normale volume ematico.

La diagnosi è difficile: HR, PA, Ht ed Hb, diuresi, CVP, PCWP e CO possono essere quasi normali.

Può essere sospettato quando perdite ematiche relativamente modeste alterano in maniera spropositata i parametri circolatori.

I pazienti con anemia subacuta mal tollerano: stress, anestesia ed emorragie.

Il più efficace trattamento è l'infusione di emazie. Tale terapia è però controversa.

È importante essere pronti a trasfondere se il paziente diventa sintomatico.

EMOGLOBINA (Hb)

ANEMIA CRONICA

Nelle anemie croniche è ben tollerata anche una Hb 6 - 7 g/dl ed un Ht 18 - 22%

FDA: "una sufficiente capacità di trasporto di O₂ può essere mantenuta anche con questi valori di Hb ed Ht, purchè sia garantita un'adeguata perfusione".

Tuttavia pazienti coronaropatici gravi possono richiedere un Ht del 30 - 35% ed un'Hb di 10 - 12 g/dl per controllare la comparsa di angina.

NB: il rapporto tra Hb e volume circolante è importante perché una normale concentrazione di Hb ed un ridotto volume circolante sono più svantaggiosi di una Hb ridotta con volume normale ai fini del DO₂.
