

## Monitoraggio emodinamico

Christopher J. Mariani e Daniel Saddawi-Konefka

### I. MONITORAGGIO EMODINAMICO

Il monitoraggio emodinamico è uno dei capisaldi della valutazione del paziente nell'unità di terapia intensiva (UTI) e fornisce un valore sia diagnostico che prognostico. La scelta del monitoraggio dipende dalle esigenze diagnostiche del paziente e dal rapporto rischio-beneficio del posizionamento e della permanenza del monitoraggio stesso e dalle complicanze associate al suo utilizzo. Questo capitolo descrive un approccio alla valutazione dell'emodinamica e della perfusione tissutale nei pazienti critici e le tecniche di monitoraggio comunemente utilizzate.

**A. Perfusione:** *l'obiettivo del monitoraggio emodinamico è quello di garantire un'adeguata perfusione tissutale* per lo scambio di gas, nutrienti e sostanze di scarto, con l'obiettivo di ridurre la morbidità e la mortalità. È difficile imputare un miglioramento della morbidità e della mortalità all'ottimizzazione di un singolo parametro emodinamico. Per questo motivo, gli intensivisti non dovrebbero fare affidamento esclusivamente sul monitoraggio clinico o di un solo parametro, ma dovrebbero valutare più segni, indici di un'adeguata perfusione tissutale quali: lo stato mentale, la produzione di urina e i risultati degli esami di laboratorio (ad es., saturazione venosa centrale, deficit di basi e lattati).

**B. Ottimizzazione della perfusione:** *i monitoraggi emodinamici non sono terapeutici.* I dati emodinamici, tuttavia, possono essere utilizzati per guidare la terapia. L'ottimizzazione della perfusione tissutale può richiedere la somministrazione di liquidi, la stimolazione della diuresi, la somministrazione di agenti farmacologici (ad es., vasocostrittori, inotropi) o interventi più invasivi (ad es., contropulsatori aortici, dispositivi di assistenza ventricolare, ossigenazione tramite membrane extracorporee - ECMO). Compreso ciò, qualsiasi monitoraggio deve essere utilizzato dinamicamente per garantire che le terapie impiegate ottimizzino la perfusione nel tempo.

**1. Carico fluidico:** molte discussioni sull'ottimizzazione dell'emodinamica ruotano attorno allo stato dei fluidi. Il "fluid challenge" è un test consolidato per aiutare a determinare se la somministrazione di fluidi potrebbe essere utile. Con un "fluid challenge", il fluido viene somministrato rapidamente per via endovenosa (EV) mentre l'emodinamica viene monitorata per determinare se la somministrazione migliora i parametri emodinamici (e quindi se possa essere di beneficio per il paziente). Sebbene il "fluid challenge" non sia standardizzato, più comunemente comporta la somministrazione rapida di 500 ml di liquidi, con un test definito positivo quando determina un aumento della gittata cardiaca (GC) superiore al 10-15%. Il test di "sollevamento passivo delle gambe" può essere utilizzato per ricavare informazioni simili. Per eseguire questo test, un medico solleva passivamente le gambe di un paziente supino. Il sangue si sposta dagli arti elevati alle vene centrali del paziente, fornendo una "autotrasfusione" di circa 150-300 ml. Un miglioramento della gittata sistolica suggerisce una responsività ai fluidi, mentre un eventuale deterioramento dell'emodinamica può essere rapidamente invertito riabbassando le gambe. Il test di sollevamento passivo delle gambe può anche essere eseguito utilizzando la pressione arteriosa differenziale quale surrogato della gittata sistolica. La sensibilità e

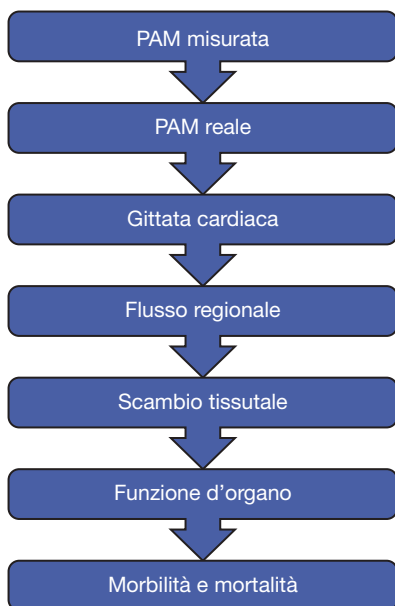
la specificità del test di sollevamento passivo delle gambe si riducono quando vengono misurate le variazioni della pressione arteriosa differenziale al posto della gittata sistolica.

## II. MONITORAGGIO DELLA PRESSIONE ARTERIOSA

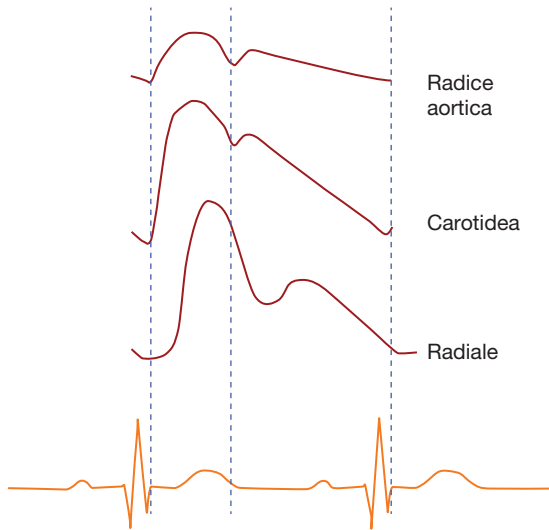
### A. Principi generali

1. La pressione sanguigna descrive la pressione esercitata dal sangue circolante all'interno dei vasi sanguigni. Poiché questa pressione determina il flusso, viene utilizzata come misura surrogata del flusso sanguigno e, a sua volta, della perfusione degli organi (Fig. 1.1). Questa visione semplificata presenta dei limiti e una scarsa correlazione con la GC in alcune situazioni, come la rianimazione d'urgenza del paziente con ipovolemia. Tuttavia, il monitoraggio della pressione arteriosa come mezzo di valutazione della perfusione tissutale viene utilizzato in quasi tutti i contesti di terapia intensiva.
2. In circostanze normali, la perfusione tissutale viene mantenuta attraverso un intervallo di pressioni mediante meccanismi di autoregolazione, che descrivono la capacità intrinseca dei letti vascolari di mantenere il flusso regolando le resistenze vascolari locali. Tuttavia, le condizioni patologiche comuni in terapia intensiva come l'ipertensione cronica, i traumi e la sepsi possono compromettere questi meccanismi, rendendo il flusso sanguigno dipendente direttamente dalla pressione di perfusione.
3. Il "gold standard" per la misurazione della pressione arteriosa è la pressione rilevata alla radice aortica, che è rappresentativa delle pressioni ricevute dagli organi principali (ad es., cuore, cervello, reni). Quando l'onda di pressione viaggia distalmente dall'aorta, la pressione media misurata diminuisce mentre la pressione arteriosa differenziale misurata (pressione sistolica meno pressione diastolica) aumenta a causa della riflessione dell'onda pressoria dalle arteriole distali ad alta resistenza. Oltre ad essere amplificata, man mano che si progredisce distalmente, la forma d'onda arteriosa è leggermente ritardata (Fig. 1.2).

**B. Monitoraggio non invasivo della pressione sanguigna.** Possono essere utilizzate varie tecniche per misurare la pressione sanguigna in modo non invasivo, tra cui la palpazione



**FIGURA 1.1** Ipotesi dell'associazione tra la pressione arteriosa media (PAM) e un beneficio in termini di morbidità e mortalità.



**FIGURA 1.2** Forme d'onda arteriose mentre si viaggia distalmente lungo l'albero arterioso.

manuale, la determinazione dei suoni di Korotkoff con uno sfigmomanometro e uno stetoscopio o un'eco-Doppler, oppure tramite metodi oscillometrici automatizzati, che sono quelli usati più comunemente in terapia intensiva.

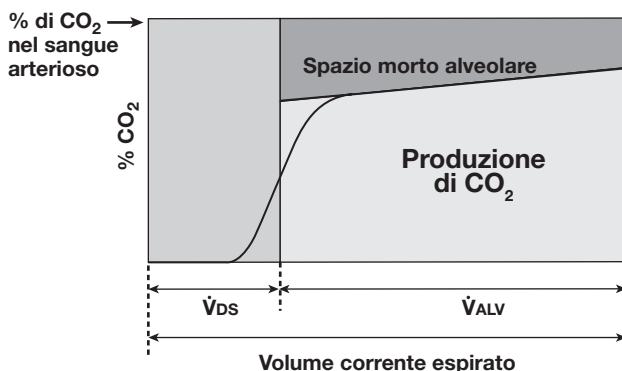
**1. Materiali:** il metodo oscillometrico utilizza un bracciale pneumatico con un sensore di pressione elettrico, posizionato solitamente a livello dell'arteria brachiale. Il bracciale viene gonfiato ad alta pressione e poi sgonfiato lentamente. Le pulsazioni arteriose sono registrate come oscillazioni. La pressione che produce la registrazione dell'oscillazione più ampia è strettamente associata alla pressione arteriosa media (PAM). Vengono quindi **calcolate** le pressioni sistolica e diastolica, spesso utilizzando degli algoritmi brevettati.

**2. Tecnica:** la misurazione accurata e non invasiva della pressione sanguigna richiede l'utilizzo di una cuffia della taglia adeguata e un appropriato posizionamento del bracciale. La maggior parte dei bracciali per la pressione mostra linee di riferimento per un corretto posizionamento e i bracciali dovrebbero essere avvolti al braccio del paziente come raccomandato in proporzione alla circonferenza del braccio stesso. Bracciali troppo piccoli possono sovrastimare la pressione sanguigna, mentre quelli troppo grandi possono sottostimarla.

**3. Limitazioni e rischi.**

- a. La pressione misurata da un bracciale non invasivo è la pressione a livello del sito del bracciale. Quando si misura la pressione di un'estremità per stimare la perfusione coronarica, l'estremità deve essere posizionata a livello del cuore o deve essere preso in considerazione il livello dell'estremità rispetto al cuore (ad es., una pressione rilevata in un sito posto 10 cm sotto il livello del cuore sarà di 10 cm H<sub>2</sub>O o ~7,4 mm Hg maggiore della pressione a livello del cuore).
- b. I tessuti, compresi i vasi sanguigni e i nervi, possono essere danneggiati dalla compressione ciclica dei bracciali pneumatici con cicli frequenti. Pertanto, i metodi automatici potrebbero non essere appropriati in situazioni in rapida evoluzione. Possono anche essere meno accurati in caso di pressioni estremamente alte/basse o in pazienti con aritmie.

**C. Il monitoraggio invasivo della pressione arteriosa.** Questo fornisce la trasduzione della pressione ad ogni battito cardiaco ed, eventualmente, consente di prelevare facilmente un campione ematico.



**FIGURA 2.6** Capnogramma basato sul volume. Si noti che l'area sotto la curva rappresenta l'eliminazione dell'anidride carbonica, che equivale alla produzione di anidride carbonica in condizioni stazionarie.

sotto il capnogramma basato sul volume è il volume di  $\text{CO}_2$  espirata. Supponendo di trovarci in condizioni stazionarie, ciò rappresenta la **produzione di anidride carbonica** ( $\dot{V}_{\text{CO}_2}$ ). Poiché la  $\dot{V}_{\text{CO}_2}$  è determinata dal tasso metabolico, può essere utilizzato per stimare il **dispendio energetico a riposo** (DER):

$$\text{DER} = \text{CO}_2 (\text{l/min}) \times 5,25 \text{ kcal/l} \times 1440 \text{ min/giorno}$$

- a. Utilizzando la capnometria basata sul volume e un circuito di rirespirazione parziale, il **flusso sanguigno capillare polmonare** può essere misurato applicando una modifica all'equazione di Fick utilizzando uno strumento capnografico chiamato NICO (monitor della gittata cardiaca non invasiva; Fig. 2.7). Con le correzioni per lo shunt intrapolmonare, ciò consente una stima non invasiva della gittata cardiaca. Esiste una variabilità significativa nell'applicazione clinica di questo metodo.
5. Limitazioni della capnografia
  - a. Esiste una notevole variabilità intra e interpaziente nel rapporto tra  $\text{PaCO}_2$  ed  $\text{ETCO}_2$ . La differenza tra i due è spesso troppo variabile nei malati critici per consentire un'estrapolazione precisa della  $\text{PaCO}_2$  dall' $\text{ETCO}_2$ .

### III. INDICATORI DEL TRASPORTO DI $\text{O}_2$ , DEL SUO CONSUMO E DEGLI SCAMBI GASSOSI

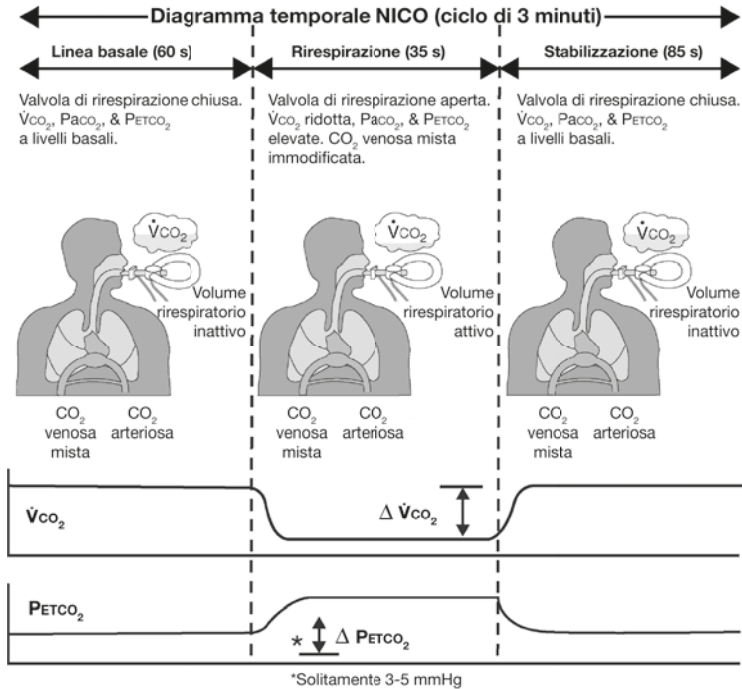
#### A. Indici di ossigenazione compromessa

1. **Frazione di shunt**: una misura dell'inefficienza dello scambio di ossigeno ed è calcolata dall'equazione dello shunt:

$$\dot{Q}_S/\dot{Q}_T = (\text{Cc}'\text{O}_2 - \text{CaO}_2) / (\text{Cc}'\text{O}_2 - \text{C}\bar{\text{v}}\text{O}_2)$$

- a.  $\text{Cc}'\text{O}_2$  è il contenuto di ossigeno nei capillari polmonari.
  1. Per calcolare  $\text{Cc}'\text{O}_2$ , presupporre che il contenuto di ossigeno capillare polmonare ( $\text{PO}_2$ ) sia uguale al  $\text{PO}_2$  alveolare ( $\text{PAO}_2$ ) e che l'emoglobina capillare polmonare sia saturata al 100% con ossigeno.
- b.  $\text{CaO}_2$  è il contenuto di ossigeno arterioso.
- c.  $\text{C}\bar{\text{v}}\text{O}_2$  è il contenuto di ossigeno venoso misto.

$$\text{C}\bar{\text{v}}\text{O}_2 = (1,34 \times \text{Hb} \times \text{HbO}_2) + (0,003 \times \text{PaO}_2)$$



**FIGURA 2.7** Utilizzo del metodo della rirespirazione parziale di  $CO_2$  per misurare la GC mediante capnometria. Supponendo che le variazioni del contenuto di  $CO_2$  capillare polmonare ( $Cc'CO_2$ ) siano proporzionali alle variazioni della  $CO_2$  di fine espirazione ( $ETCO_2$ ), possiamo utilizzare la seguente equazione per calcolare il flusso sanguigno capillare polmonare (PCBF):  $PCBF = \Delta CO_2 / (S \times \Delta ETCO_2)$ , dove  $\Delta CO_2$  è la variazione nella produzione di  $CO_2$  e S è la pendenza della curva di dissociazione della  $CO_2$ . La GC è determinata dal PCBF e dallo shunt polmonare:  $GC = PCBF / (1 - s/t)$ . La stima non invasiva dello shunt polmonare ( $s/t$ ) è adattata dai grafici isoshunt di Nunn, che sono una serie di curve continue per la relazione tra la pressione parziale dell'ossigeno ( $PaO_2$ ) e l'ossigeno inspirato ( $FiO_2$ ) per diversi livelli di shunt. La  $PaO_2$  viene stimata utilizzando un pulsossimetro.  $PaCO_2$ , pressione parziale arteriosa della  $CO_2$ . (Diagramma temporale della gittata cardiaca non invasiva (NICO) per gentile concessione di Novamatrix, Wallingford, CT.)

- d. Se misurato quando il paziente respira ossigeno al 100%, il  $\dot{Q}_S/\dot{Q}_T$  rappresenta lo shunt (cioè, il sangue che scorre dal cuore destro al cuore sinistro senza prima passare dagli alveoli funzionali). Se misurato con una  $FiO_2$  inferiore a 1,0,  $\dot{Q}_S/\dot{Q}_T$  rappresenta lo shunt e il disadattamento  $\bar{V}/\dot{Q}$  (cioè, una miscela venosa).
2. **Un aumento del gradiente  $P(A - a)O_2$**  è un'altra misura dell'inefficienza dello scambio di ossigeno. La  $P(A - a)O_2$  è normalmente pari o inferiore a 10 mm Hg quando si respira aria ambiente e pari o inferiore a 50 mm Hg quando si respira ossigeno al 100%. La pressione parziale alveolare dell'ossigeno,  $PAO_2$ , si calcola dall'equazione del gas alveolare:

$$PAO_2 = [FiO_2 \times (P_B - PH_2O)] - [PaCO_2/R]$$

dove  $P_B$  è la pressione barometrica,  $PH_2O$  la pressione del vapore acqueo e R il quoziente respiratorio. Per il calcolo della  $PAO_2$  viene comunemente utilizzato un R pari a 0,8.

- a. Una maggiore differenza del  $P(A - a)O_2$  può essere causata da
  1. Shunt
  2. Mancata corrispondenza  $\bar{V}/\dot{Q}$
  3. Difetto di diffusione

TABELLA

4.1

## Misure dei tubi endotracheali

| Età                   | Misura (ID, mm) senza cuffia | Misura (ID, mm) con cuffia |
|-----------------------|------------------------------|----------------------------|
| Pretermine            | 2,5                          |                            |
| 1000 g                |                              |                            |
| 1000-2500 g           |                              |                            |
| Neonato fino a 6 mesi | 3,0                          |                            |
| Da 6 mesi 1 anno      | 3,0-3,5 3                    | 0-3,5                      |
| 1-2 anni              | 3,5-4,0                      | 3,0-4,0                    |
| >2 anni               | 4,0-5,0                      | 3,5-4,5                    |
|                       | (Età in anni + 16)/4         | (Età in anni/4) + 3        |

TABELLA

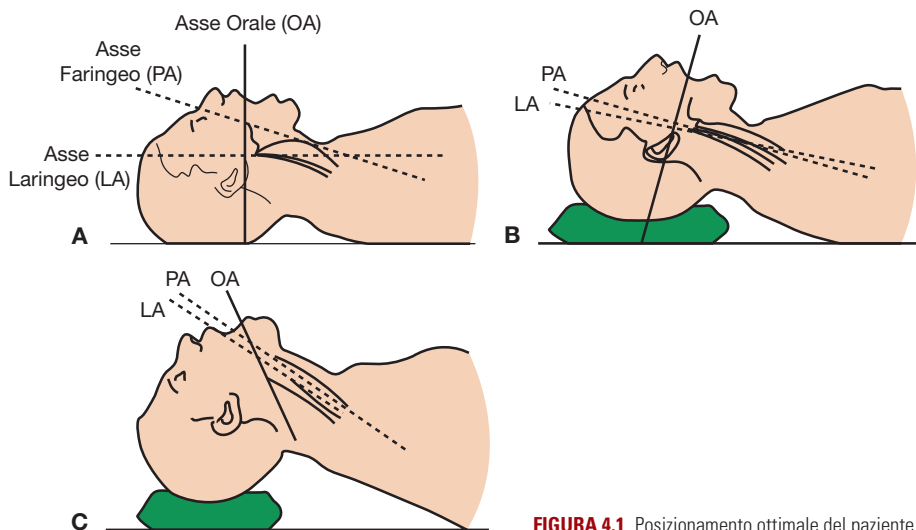
4.2

## Contenuto del kit per la gestione delle vie aeree in emergenza

| Presidi per le vie aeree                       | Farmaci        |
|------------------------------------------------|----------------|
| TET con mandrino (6,0, 7,0, 7,5 mm ID)         | Propofol       |
| Manico del laringoscopia (2: lungo, corto)     | Etomidate      |
| Lame per laringoscopia (C-Mac 3, Miller 2)     | Ketamina       |
| Cannula nasofaringea (NPA)                     | Midazolam      |
| Cannula oro faringea (OPA; N°3, N°5)           | Fentanyl       |
| Mandrino                                       | Idromorfone    |
| LMA (N°4)                                      | Rocuronio      |
| Siringhe (3, 5, 10, 30 ml)                     | Succinilcolina |
| Cerotto                                        | Fenilefrina    |
| Sensore di CO <sub>2</sub> di fine espirazione | Efedrina       |
| Aghi cannula (14-20 gauge)                     | Glicopirrolato |
| Lubrificante chirurgico                        | Esmololo       |
| Videolaringoscopia portatile                   |                |
| Bisturi                                        |                |

TET, tubo endotracheale; ID, diametro interno; EV endovenosa; LMA, maschera laringea; NPA, cannula nasofaringea; OPA, cannula oro faringea

- 1. Accesso endovenoso (EV):** prima di eseguire l'intubazione dovrebbe essere disponibile un accesso endovenoso adeguato, tranne nei casi più urgenti come l'arresto cardiaco, che potrebbe richiedere l'intubazione prima di reperire un accesso endovenoso.
- 2. Aspirazione:** deve essere disponibile un aspiratore Yankauer/tonsillare funzionante.
- 3. Ossigeno:** per una corretta ossigenazione devono essere disponibili una fonte di ossigeno a parete o una bombola (piena) e una maschera e pallone Ambu funzionanti.
- 4. Vie aeree:** devono essere disponibili un laringoscopia (ad es., Miller 2 o Macintosh 3 per gli adulti, Miller 1 o Macintosh 2 per il paziente pediatrico), TET di dimensioni adeguate (ad es., 8,0 per l'uomo e 7,5 per la donna col mandrino montato e la cuffia integra).
  - a. TET pediatrico:** la letteratura recente supporta l'uso di TET con cuffia nei casi in cui il diametro del TET è maggiore di 3,5 mm e ne consiglia il cuffiaggio fino alla presenza di una perdita d'aria a 20 cm H<sub>2</sub>O. Se non sono presenti perdite dalla cuffia a 20 cm H<sub>2</sub>O, ridurre il diametro del TET di 0,5 mm e ripetere il test delle perdite (Tab. 4.1).
- 5. Farmacologia:** mandatoria l'immediata disponibilità di un agente ipnotico per l'induzione, un bloccante neuromuscolare, un farmaco per il mantenimento, un vasopressore, un vagolitico e un antipertensivo.
- 6. Tabella 4.2.**

**FIGURA 4.1** Posizionamento ottimale del paziente.

## V. TECNICHE DI INTUBAZIONE

Il buon esito di una manovra di intubazione è condizionato dal corretto posizionamento del paziente, da una adeguata preossigenazione (se possibile) e dalla tecnica adatta.

**A. Posizionamento del paziente:** il tempo per ottimizzare la posizione per l'intubazione è ben speso e non deve essere trascurato.

- 1. Posizione del letto all'interno della stanza:** allontanare la testata del letto da eventuali pareti, rimuovere la testiera e avvicinare la testa del paziente al bordo del letto. Se non è possibile rimuovere la testiera, posizionare il paziente in diagonale sul letto per migliorare l'accesso alle vie aeree.
- 2. Altezza del letto:** sollevare il letto in modo che la faringe del paziente si trovi tra l'ombelico e il processo xifoideo dell'operatore. La posizione semiortopnoica (con testa e tronco sollevati tra i 15 e 45 gradi) o la posizione di leggero antiTrendelenburg possono essere utili per massimizzare l'ossigenazione e minimizzare il rischio di aspirazione.
- 3. Allineamento degli assi faringeo, laringeo e orale:** in posizione supina, gli assi laringeo, faringeo e orale non sono paralleli (Fig. 4.1A), ostacolando così la visualizzazione della glottide. La creazione della "posizione di annusamento" tramite la flessione del collo con il posizionamento di un rialzo sotto l'occipite (Fig. 4.1B) e l'estensione della testa sull'articolazione atlanto-occipitale (Fig. 4.1C) determinerà l'allineamento dei tre assi. La Figura 4.1C illustra la posizione ideale in cui gli assi laringeo, faringeo e orale risultano quasi paralleli.
- 4. Pazienti traumatizzati:** per tutti i pazienti che non hanno ricevuto una stabilizzazione definitiva della colonna cervicale secondo i criteri del "National Emergency X-Radiography Utilization Study (NEXUS)" o secondo il "Canadian C-spine rule (CCR)", o tramite una tomografia computerizzata (TC) o una risonanza magnetica (RM; se obnubilato) si dovrebbe presumere la presenza di una lesione a livello della colonna cervicale. In corso di gestione delle vie aeree, il paziente deve mantenere un collare a C oppure è necessario che un assistente mantenga il collo/la testa del paziente in posizione neutra (stabilizzazione manuale in asse). La fibroscopia da sveglio dovrebbe essere praticata su pazienti vigili/svegli nei casi non urgenti, mentre l'intubazione orotracheale diretta con stabilizzazione del collo è indicata in tutti gli altri casi. Si noti che la ventilazione con maschera e pallone potrebbe provocare una manipolazione cervicale.

**TABELLA**  
**6.1**

**Parametri emodinamici nello shock**

| Tipo di Shock                          | Precarico               |                            | Postcarico |     | Contrattilità     |                     |
|----------------------------------------|-------------------------|----------------------------|------------|-----|-------------------|---------------------|
|                                        | Ventricolo destro (PVC) | Ventricolo sinistro (POAP) | RVP        | RVS | Ventricolo destro | Ventricolo sinistro |
| Ipovolemico                            | ↓                       | ↓                          | ↔/↑        | ↑   | ↑                 | ↑                   |
| Cardiogeno                             |                         |                            |            |     |                   |                     |
| Insufficienza prevalentemente destra   | ↑                       | ↓                          | ↔/↑        | ↑   | ↓                 | ↔/↑                 |
| Insufficienza prevalentemente sinistra | ↑                       | ↑                          | ↑          | ↑   | ↔/↓               | ↓                   |
| Disfunzione diastolica severa          | ↑                       | ↑                          | ↔/↑        | ↔/↑ | ↔/↑               | ↔/↑                 |
| Ostruttivo                             |                         |                            |            |     |                   |                     |
| Embolia polmonare                      | ↑                       | ↓                          | ↑          | ↑   | ↓                 | ↔/↑                 |
| Tamponamento cardiaco                  | ↑                       | ↔/↑                        | ↔/↑        | ↑   | ↔                 | ↔                   |
| Distributivo                           | ↓                       | ↓                          | ↔/↑        | ↔/↓ | ↓                 | ↓                   |

PVC, pressione venosa centrale; VS, ventricolo sinistro; POAP, pressione di occlusione dell'arteria polmonare; RVP, resistenze vascolari polmonari; VD, ventricolo destro; RVS, resistenze vascolari sistemiche.

I risultati emodinamici chiave di ciascuna categoria sono evidenziati in **rosso**. Si noti che, sebbene la **gittata cardiaca** possa aumentare nello shock distributivo (come lo shock settico), la **contrattilità miocardica** quasi sempre diminuisce.

contributo pratico. I principi della “*damage control resuscitation*” sono più utili nella gestione dello shock emorragico.

- Shock cardiogeno** è definito come un'ipotensione persistente e un'adeguata perfusione tissutale dovuta a una disfunzione cardiaca primaria che si verifica nel contesto di un volume intravascolare adeguato e di pressioni di riempimento del ventricolo sinistro o destro adeguate o elevate. Può essere causata da anomalie della frequenza cardiaca, del ritmo o della contrattilità, sebbene si verifichi più comunemente dopo un infarto miocardico acuto (IMA) esteso o un'ischemia che determina un'insufficienza ventricolare sinistra o destra. Altre eziologie dello shock cardiogeno includono le cardiomiopatie acute (ad es., la sindrome di takotsubo) e croniche, le miocarditi e la **contusione miocardica**.
  - Shock ostruttivo** si verifica in seguito a un ostacolo al normale flusso di sangue verso il cuore o da esso, che determina una compromissione del ritorno venoso o del deflusso arterioso. Le cause più comuni sono lo **pneumotorace iperteso**, la **sindrome compartimentale addominale**, l'**embolia polmonare** e il **tamponamento pericardico**. Livelli incontrollati ed elevati di auto-PEEP possono causare ipotensione acuta in alcune circostanze.
  - Shock distributivo** è caratterizzato da un basso postcarico del ventricolo sinistro (basse resistenze vascolari sistemiche). La gittata cardiaca può essere ridotta, normale o elevata. Nell'ambito della terapia intensiva, la causa più comune è la sepsi. Altre eziologie includono lo shock neurogeno, l'anafilassi, l'insufficienza surrenalica, l'insufficienza epatica e le fistole arterovenose ad alta portata.
- B. Il monitoraggio** nello shock deve essere diretto a rilevare, se non a prevenire, la progressione dell'ipoperfusione tissutale e a valutare l'adeguatezza della rianimazione. È fondamentale, anche se impegnativo, identificare con precisione i pazienti in stato di shock subclinico (cioè quelli che hanno una pressione sanguigna normale ma una perfusione tissutale compromessa). Gli studi suggeriscono che questi pazienti hanno un rischio maggiore di morire rispetto ai pazienti ipotensi ma con perfusione conservata. La classificazione dello shock proposta dalla “*Society for Cardiovascular Angiography and Intervention*”

(SCAI) è uno schema utile che può essere applicato a un'ampia gamma di pazienti, sebbene sia stato progettato specificamente per lo shock cardiogeno. Esso classifica lo shock in cinque categorie: A (**a rischio** di shock), B (shock **iniziale**), C (shock **classico**), D (shock **in peggioramento**) ed E (**in extremis**). La Figura 6.1 mostra gli stadi dello shock insieme ai dati fisiologici e di laboratorio collegati. Sebbene alcuni dei parametri descritti siano più specifici per lo shock cardiogeno, lo schema è utile per definire la compromissione della perfusione tissutale, che è applicabile a tutte le forme di shock. Va sottolineato che la maggior parte delle scale utilizzate per monitorare i pazienti in stato di shock sono relativamente poco sensibili e/o aspecifiche. I medici dovrebbero utilizzare il maggior numero possibile di dati (anamnesi, esame fisico, monitoraggio invasivo e dati di laboratorio) nella gestione dei loro pazienti.

1. **L'esame obiettivo** dei pazienti può essere impegnativo e spesso inaffidabile. La pratica degli autori prevede l'utilizzo di ultrasuoni "point of care" (POCUS) per integrare l'esame fisico standard. Alcune perle cliniche: (a) un paziente può avere mani e piedi freddi, ma se i polpacci e le cosce sono fredde il medico deve preoccuparsi; (b) un tempo di riempimento capillare superiore ai 3 secondi e, in particolare, le chiazze della pelle sono segni di preoccupazione. La POCUS può essere utilizzata per valutare l'edema polmonare (linee B), la funzione cardiaca e la pressione venosa centrale (PVC) (sulla base della dinamica della vena cava inferiore) in modo più efficace rispetto all'esame

Classificazione dello shock della SCAI modificata

| STATI DELLO SHOCK PER LA SCAI | DESCRIZIONE                                                                                                | ESAME FISICO                                                                                                                                                                                                                                                                                | MARKER BIOCHIMICI                                                                                                                                                                                                                                                                                  | EMODINAMICA                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A</b><br>a rischio         | Non presenta segni o sintomi di shock cardiogeno ma a rischio di svilupparli                               | <input type="checkbox"/> Normale PVG<br><input type="checkbox"/> Estremità calde e ben perfuse<br><input type="checkbox"/> Polsi periferici normo-sfigmici<br><input type="checkbox"/> Sensorio integro<br><input type="checkbox"/> Suoni chiari polmonari                                  | <input type="checkbox"/> Lattati normali<br><input type="checkbox"/> Funzione renale normale (o nei limiti)                                                                                                                                                                                        | <input type="checkbox"/> PAS >100 mm Hg<br><input type="checkbox"/> Indice cardiaco ≥2.5 (se acuto)<br><input type="checkbox"/> PVC ≤10<br><input type="checkbox"/> PICP ≤15<br><input type="checkbox"/> AP Sat ≥65% |
| <b>B</b><br>Shock iniziale    | Evidenze cliniche di instabilità emodinamica senza ipoperfusione                                           | <input type="checkbox"/> Elevata PVG (che esclude lo shock ipovolemico)<br><input type="checkbox"/> Estremità calde e ben perfuse<br><input type="checkbox"/> Polsi periferici validi<br><input type="checkbox"/> Sensorio integro<br><input type="checkbox"/> Rantoli nei campi polmonari  | <input type="checkbox"/> Lattati normali<br><input type="checkbox"/> Minima alterazione della funzionalità renale<br><input type="checkbox"/> BNP elevato                                                                                                                                          | <input type="checkbox"/> PAS <90 mm Hg, o PAM <60 mm Hg, o un calo > 30 mm Hg rispetto al valore basale<br><input type="checkbox"/> FC > 100 bpm                                                                     |
| <b>C</b><br>Shock classico    | Ipoperfusione che richiede un intervento (farmacologico o meccanico) che va oltre la rianimazione volumica | <input type="checkbox"/> Sovraccarico di volume (che esclude lo shock ipovolemico)<br><input type="checkbox"/> Stato mentale alterato<br><input type="checkbox"/> Paziente freddo e sudato<br><input type="checkbox"/> Rantoli estesi<br><input type="checkbox"/> Output urinario < 30 ml/h | <input type="checkbox"/> Lattati ≥ 2<br><input type="checkbox"/> Cr 1,5 x il valore basale o una riduzione maggiore del 50% del GFR<br><input type="checkbox"/> Aumento degli indici di funzionalità epatica<br><input type="checkbox"/> Elevato BNP                                               | <input type="checkbox"/> IC < 2.2 [se viene eseguito un monitoraggio emodinamico invasivo (fortemente raccomandato)]<br><input type="checkbox"/> PICP > 15                                                           |
| <b>D</b><br>In peggioramento  | Fallimento della strategia di supporto iniziale per ripristinare la perfusione                             | <input type="checkbox"/> Qualsiasi punto dello stadio C e in peggioramento (o non in miglioramento) dei segni/sintomi di ipoperfusione nonostante la terapia iniziale                                                                                                                       | <input type="checkbox"/> Qualsiasi punto dello stato C e lattati in aumento e persistentemente ≥ 2<br><input type="checkbox"/> Deterioramento della funzionalità renale<br><input type="checkbox"/> Peggioramento degli indici di funzionalità epatica<br><input type="checkbox"/> Aumento del BNP | <input type="checkbox"/> Qualsiasi punto dello stadio C che richieda un aumento della dose o del numero di vasopressori o l'aggiunta di un dispositivo SCM per mantenere la perfusione                               |
| <b>E</b><br>In extremis       | Collasso circolatorio acuto o imminente                                                                    | <input type="checkbox"/> Paziente solitamente incosciente<br><input type="checkbox"/> Quasi senza polso<br><input type="checkbox"/> Collasso cardiaco<br><input type="checkbox"/> Defibrillazioni multiple                                                                                  | <input type="checkbox"/> Lattati ≥ 8<br><input type="checkbox"/> RCP<br><input type="checkbox"/> Severa acidosi (pH <7,2)                                                                                                                                                                          | <input type="checkbox"/> Ipotensione marcata nonostante il massimo supporto emodinamico<br><input type="checkbox"/> Necessità di dosi di vasopressori                                                                |

**FIGURA 6.1** Checklist dello shock modificata dalla SCAI, (Modificata da Naidu SS, Baran DA, Jentzer JC, et al. SCAI SHOCK stage classification expert consensus update: a review and incorporation of validation studies. *J Am Coll Cardiol.* 2022;79(9):933-946, col permesso della Elsevier.)

## I. POMPA A PALLONCINO INTRA-AORTICO

- A. La pompa a palloncino intra-aortico a contropulsazione o contropulsatore aortico (IABP) è un dispositivo utilizzato per supportare il ventricolo sinistro in scompenso. Viene inserito (di solito per via percutanea) attraverso l'arteria femorale o ascellare e serve ad aumentare la perfusione coronarica e a ridurre il postcarico del ventricolo sinistro.
- B. Lo IABP viene inserito più comunemente in caso di malattia coronarica (CAD) ad alto rischio, con o senza dolore toracico refrattario, come ponte verso la gestione definitiva (angioplastica coronarica percutanea [PCI] ad alto rischio o innesto di bypass aorto-coronarico [BPAC]). Può anche essere inserito per sostenere un ventricolo con un rigurgito mitralico grave o un difetto del setto interventricolare legato a un infarto.
- C. Lo IABP non è indicato per la gestione dell'insufficienza ventricolare destra, poiché lo scarico del ventricolo sinistro può peggiorare lo spostamento del setto interventricolare e l'ulteriore peggioramento della funzione ventricolare.

### D. Contesto

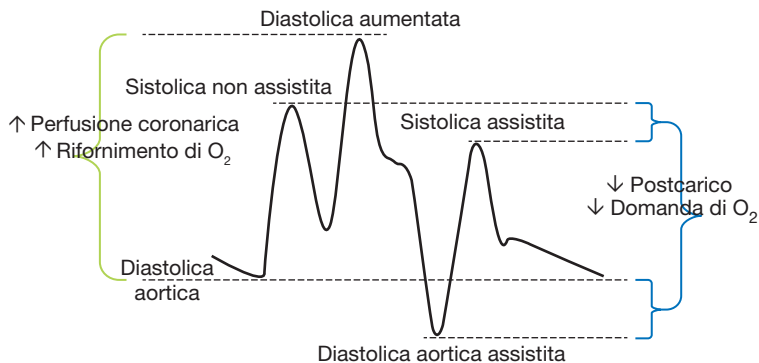
1. In uno studio clinico randomizzato non è stato identificato alcun beneficio in termini di sopravvivenza con l'utilizzo dello IABP; tuttavia, la facilità di inserimento e la familiarità con il dispositivo ne consentono un ampio e diffuso utilizzo.
2. Lo IABP consiste in un catetere flessibile che contiene un palloncino flessibile che viene gonfiato con elio in un momento specifico del ciclo cardiaco.
3. Gli IABP sono disponibili in diverse misure (30-50 ml), con una dimensione appropriata scelta in base all'altezza del paziente.
4. Il posizionamento più appropriato avviene guidato dalla fluoroscopia, ma può anche essere effettuato utilizzando una guida ecocardiografica o dei punti di riferimento anatomici in un contesto di emergenza.

### E. Funzione

1. Lo IABP si gonfia in diastole e si sgonfia in sistole. Ciò consente un aumento della pressione arteriosa diastolica e una riduzione del post-carico cardiaco durante la sistole. Nella pratica clinica, tuttavia, ciò comporta un effetto variabile sul flusso sanguigno coronarico e sulla gittata cardiaca.
2. Lo IABP è programmato per attivarsi in base alla morfologia dell'ECG, alla pressione arteriosa, al rilevamento a fibre ottiche o in modalità manuale. La velocità di attivazione è in rapporto alla frequenza cardiaca; più comunemente 1:1 o 1:2. Tassi inferiori a 1:1 richiedono l'anticoagulazione e qualsiasi rapporto inferiore a 1:3 non fornisce un supporto significativo e viene utilizzato solo durante lo svezzamento.
3. Un timing preciso è necessario per garantire il corretto funzionamento dello IABP. Uno IABP non correttamente sincronizzato può avere degli effetti dannosi. La sincronizzazione viene controllata periodicamente posizionando la pompa a palloncino in un rapporto 1:2 per confrontare la forma d'onda della pressione aumentata con quella non aumentata. La Figura 19.1 mostra la forma d'onda dello IABP.

### F. Indicazioni

1. Gli IABP vengono comunemente inseriti per le seguenti condizioni:
  - a. Insufficienza ventricolare sinistra acuta
  - b. Angina refrattaria
  - c. Supporto alla perfusione coronarica per CAD ad alto rischio (di solito nella patologia coronarica principale sinistra)

**FIGURA 19.1** Tracciato IABP.

**d.** Insufficienza ventricolare sinistra cronica come ponte verso il trapianto di cuore o il LVAD

**e.** Incapacità di svezamento dal bypass cardiopolmonare

### G. Controindicazioni

1. Gli IABP hanno poche controindicazioni assolute, ma in molte condizioni possono non avere un beneficio significativo.
2. Controindicazioni assolute
  - a.** Dissezione aortica
  - b.** Aneurisma aortico
  - c.** Grado di insufficienza aortica superiore a lieve (lo IABP aumenta il grado di insufficienza aortica)
3. Controindicazioni relative
  - a.** Aterosclerosi significativa o malattia vascolare periferica (aumenta il tasso di complicanze)
  - b.** Ostruzione del tratto di efflusso del ventricolo sinistro (la IABP probabilmente peggiorerà questo fenomeno)
  - c.** Tachiaritmie (incapacità dello IABP di sincronizzarsi in modo appropriato)
  - d.** Giovane età (vasi sanguigni *complianti* riducono l'efficacia dello IABP)

### H. Complicanze

1. Compromissione vascolare dell'arto
  - a.** I rischi includono le malattie vascolari preesistenti, le piccole arterie, il sesso femminile, l'età avanzata.
2. Ischemia viscerale
  - a.** Probabilmente dovuta all'occlusione dello IABP. Sono indicate delle radiografie del torace giornaliere per garantire una posizione stabile allo IABP.
3. Trombocitopenia
4. Ictus

### I. Svezamento

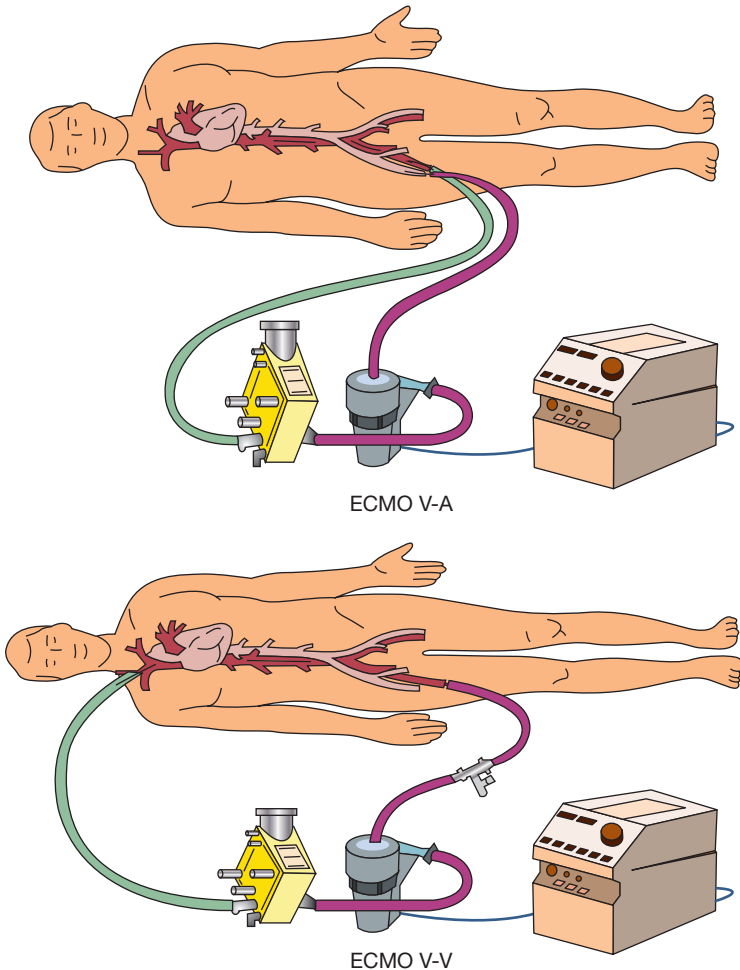
1. Una volta che il supporto non è più ritenuto necessario, il paziente viene svezato dallo IABP riducendo il rapporto da 1:1 a 1:2 a 1:4. Ad ogni riduzione del rapporto, dopo un certo periodo di tempo (di solito 1-2 ore), il paziente viene valutato con un ECG, con i marcatori di perfusione, clinicamente e, se presente un catetere in arteria polmonare, valutarne i parametri derivati, per determinare se lo svezamento è tollerato. I pazienti più critici possono richiedere uno svezamento più prolungato; tuttavia, è importante che il paziente rimanga terapeuticamente anticoagulato per ridurre il rischio di trombi dovuti alla presenza di un palloncino che si attiva con un basso rapporto.
2. Lo IABP viene solitamente rimosso al letto del paziente con una pressione manuale. La procedura standard è la seguente:
  - a.** Lo IABP viene messo in pausa e la linea dell'elio viene scollegata.

- b. La porta d'accesso dell'elio viene aspirata per garantire lo sgonfiamento del palloncino.
- c. Lo IABP viene rimosso insieme alla guaina (il palloncino non può essere rimosso dalla guaina) e l'arteriotomia viene lasciata sanguinare per 2 o 3 battiti per garantire l'assenza di coaguli.
- d. Mantenere la pressione manuale per 5 minuti per ogni French della guaina. Potrebbe essere necessaria una pressione supplementare per garantire l'emostasi.

## II. OSSIGENAZIONE EXTRACORPOREA A MEMBRANA (ECMO)

### A. Descrizione del circuito ECMO: Figura 19.2

1. Un moderno circuito ECMO è costituito da diversi componenti standard:
  - a. Una cannula di drenaggio che serve a prelevare il sangue dal paziente
  - b. Una pompa centrifuga che pompa attivamente il sangue
  - c. Un ossigenatore che consente lo scambio dei gas



**FIGURA 19.2** ECMO V-A ed ECMO V-V.