



# Monitoraggio Pressione intracranica nei traumi cranici

A. Punzo, G. Ambrosio, A. Silvestro, M. Carandente

Unità Operativa Complessa I Neurochirurgia ,  
A.O.R.N. Antonio Cardarelli, Napoli

## PIC

La PIC è la pressione all' interno della scatola cranica ed è il risultato della relazione tra i vari compartimenti intracranici.

I principi fondamentali che riguardano la pressione intracranica si devono:

alla teoria dei **Prof. Monro (1788) e Kellie (1824)** perfezionata da **Burrows (1846) e Weed** che compresero le variazioni reciproche di volume tra sangue e CSF

## PIC

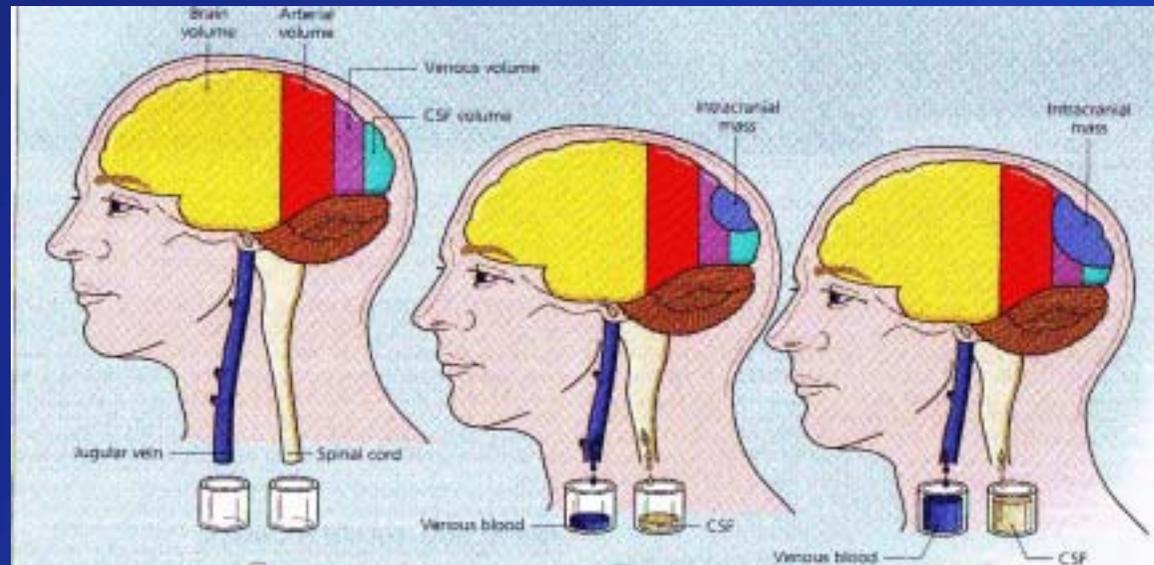
Il cranio è un contenitore rigido e inestensibile in cui sono presenti i seguenti compartimenti:

- Ematico 10%
- Liquorale 10%
- Parenchimale 80% (di cui il LCR 10%)

Il patologico aumento di una delle tre componenti all'interno della scatola cranica

à dopo un iniziale modesto compenso (spostamento del liquor verso gli spazi subaracnoidei spinali e poi del sangue venoso verso i seni venosi e le giugulari ed infine ridotto afflusso di sangue arterioso per compressione dei vasi)

à determina un aumento esponenziale della PIC.



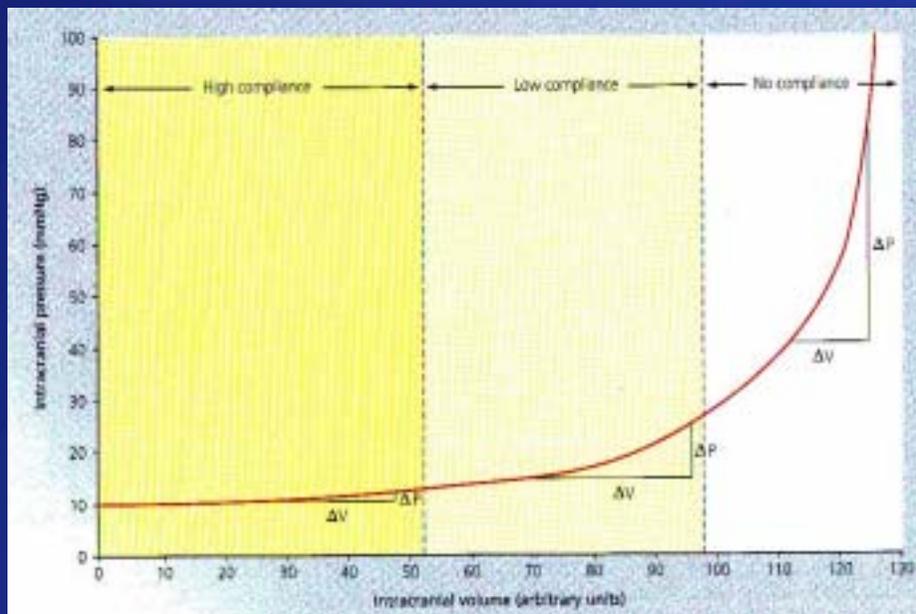
Normalità      Iniziale compenso      Aumento della PIC

# PIC

## Curva P/V

Inizialmente è piatta a causa della capacità di compenso.

Quando i meccanismi di compenso sono esauriti, si assiste ad un incremento esponenziale della PIC.



### Compliance $dV/dP$

potenziale di adattamento dello spazio intracranico

### Elastanza $dP/dV$

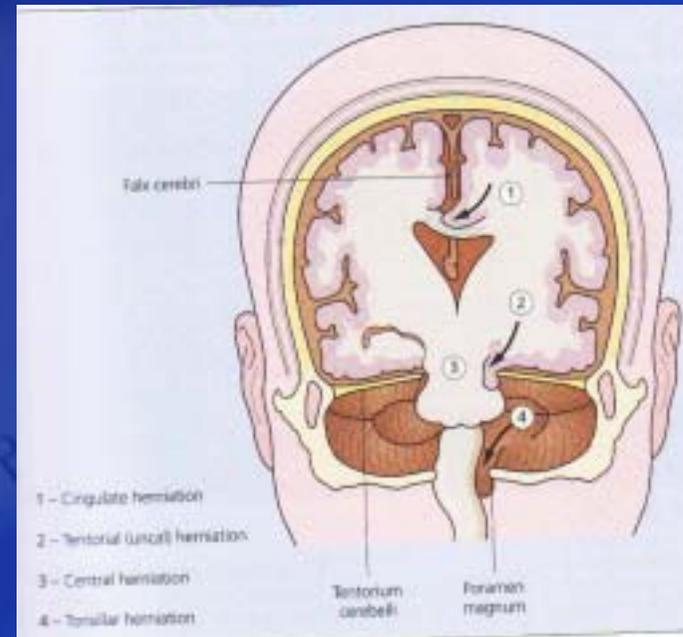
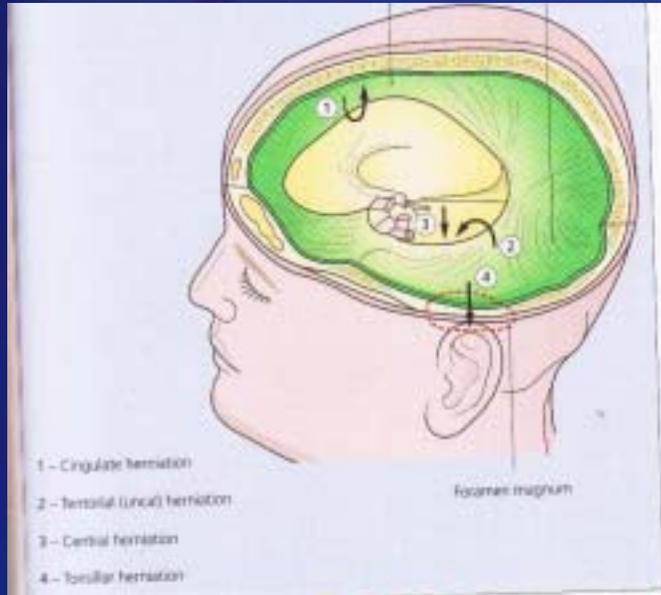
la resistenza all'espansione di una massa intracranica.

## Ipertensione endocranica

L'ipertensione intracranica può determinare :

1. Ischemia cerebrale mediante la riduzione della perfusione cerebrale ( $CPP = PAM - PIC$ )
2. Distorsioni ed erniazioni di tessuto cerebrale (incuneamento cerebrale) in presenza di masse focali
3. Idrocefalo da compressione dell'acquedotto di Silvio in presenza di un'ernia cerebrale transtentoriale

# Ernie cerebrali



Ernia del cingolo: giro cingolato sotto la falce

Ernia uncale: uncus nella fessura tentoriale

Ernia centrale transtentoriale: diencefalo e mesencefalo nella fessura tentoriale

Ernia tonsillare: tonsille cerebellari nel forame magno

## Flusso ematico cerebrale CBF

### Pressione di perfusione cerebrale CPP

La CPP è data dalla differenza  **$CPP = MAP - ICP$** .  
Si considera ottimale una CPP  $> 70$  mmHg.

La CPP spinge il sangue nei vasi, ma è il loro calibro (CVR) che condiziona il flusso finale ottenuto (CBF).  
Mentre le CVR non sono direttamente misurabili, la CPP lo è.

Il **CBF** in media varia da  
**55-60 ml/100 g di tessuto cerebrale/ minuto**  
(75 sostanza grigia  
45 sostanza bianca).

# Flusso ematico cerebrale CBF

## Autoregolazione

L'autoregolazione è la capacità di mantenere costante il flusso ematico cerebrale.

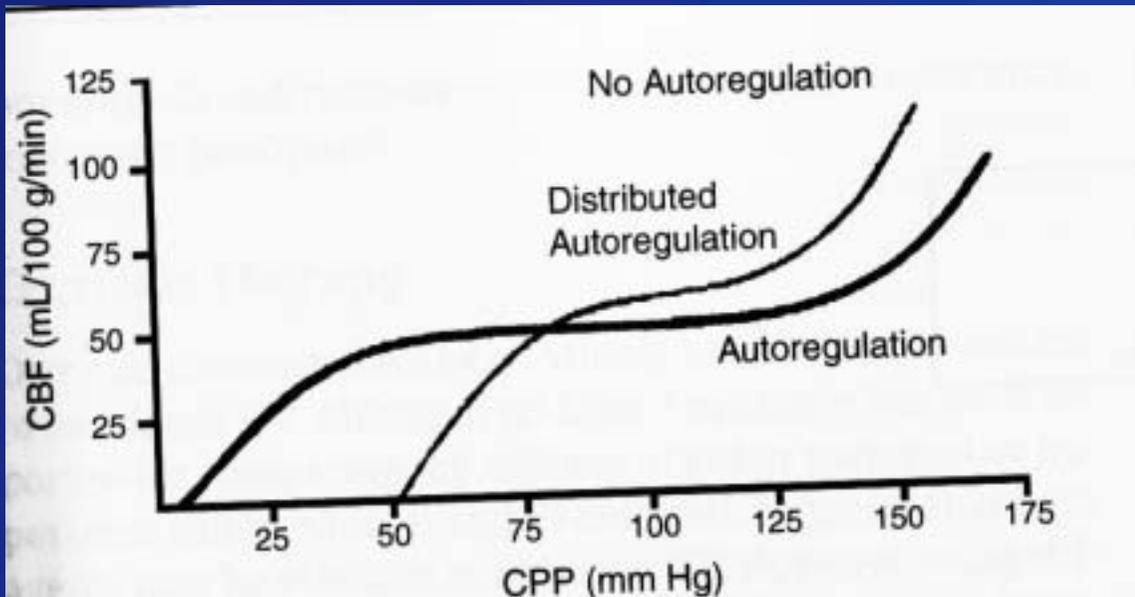
Esistono due tipi di autoregolazione:  
metabolica e  
pressorica.

# Flusso ematico cerebrale CBF

## Autoregolazione pressoria

L'autoregolazione pressoria consiste nella variazione delle resistenze vascolari cerebrali al variare della CPP per mantenere costante il CBF:

riduzione della PA (o CPP)  $\rightarrow$  induce una vasodilatazione,  
aumento della PA (o CPP)  $\rightarrow$  induce una vasocostrizione.



L'autoregolazione agisce tra 50-150 mmHg di CPP. Al di fuori di questi valori, il CBF dipende dalla CPP.

# Flusso ematico cerebrale CBF

## Autoregolazione metabolica

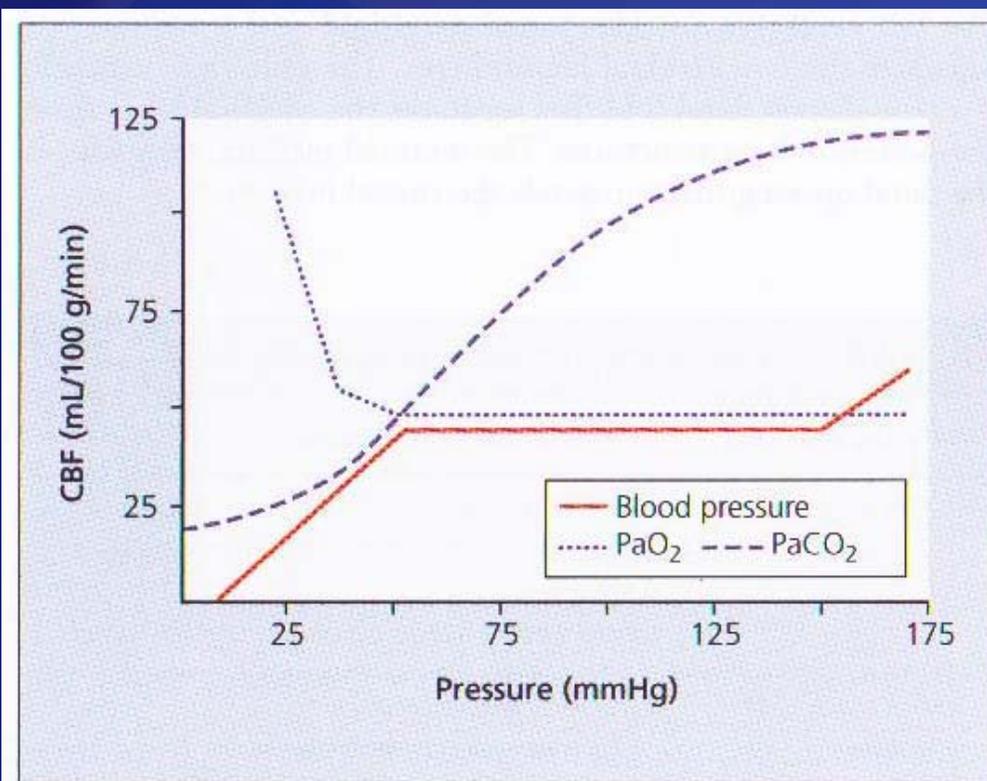


Figure 4.7 Effects of arterial blood pressure,  $P_{aCO_2}$ , and  $P_{aO_2}$  on cerebral blood flow (CBF).

L'autoregolazione metabolica permette di mantenere il CBF sufficiente e necessario al consumo di ossigeno cerebrale ( $CMRO_2$ ).

# Misurazione PIC

**Metodiche non invasive** poco affidabili

**Metodiche invasive**

# Misurazione PIC

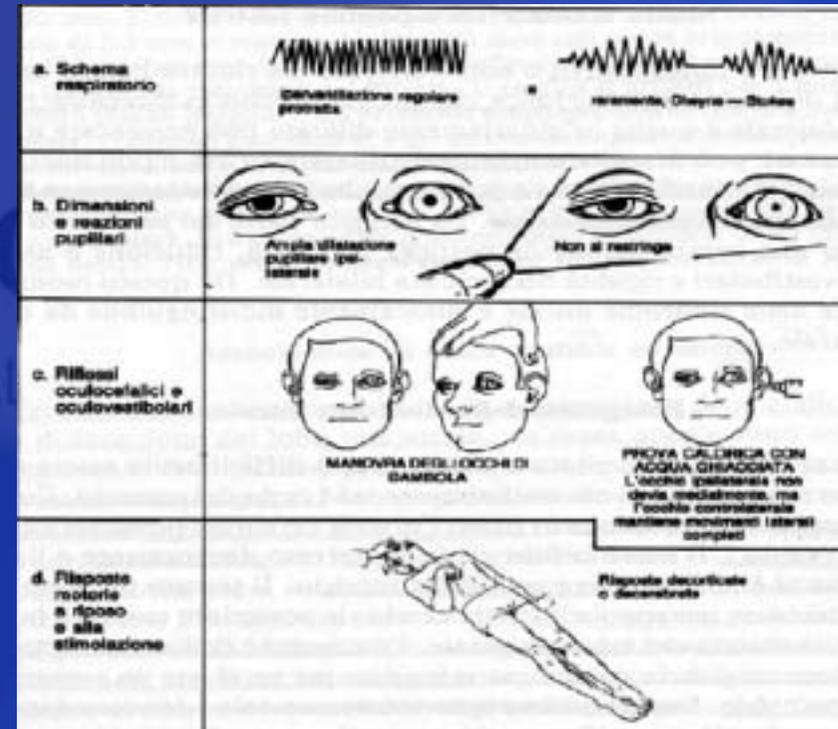
## Metodiche non invasive

### Metodo Clinico:

1. Peggioramento clinico
2. Aumento pupillare
3. Bradicardia

### Metodo Strumentale:

1. Doppler transcranico
2. Determinazione diametro III ventricolo
3. Oftalmodinamometria



# Misurazione PIC

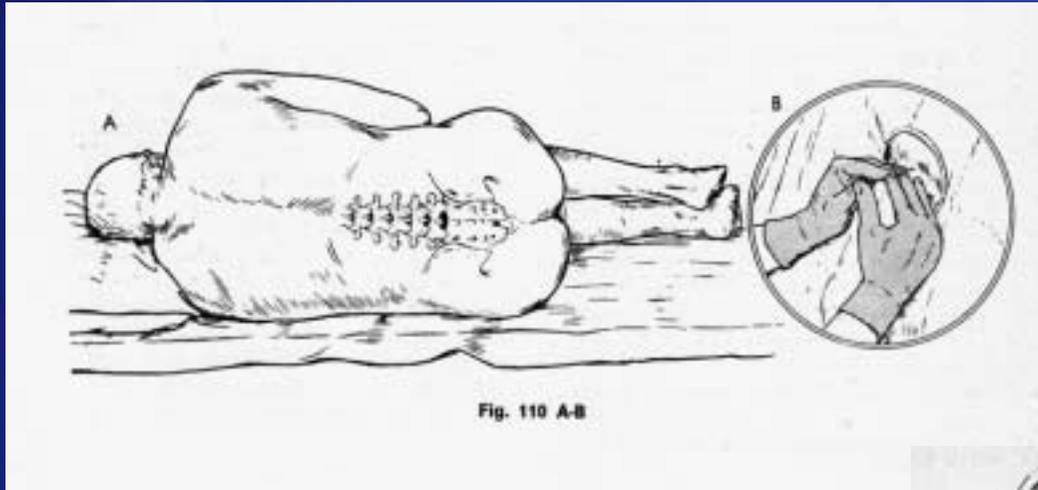
## Metodiche invasive

Puntura lombare con manometria

Catetere intracranico  
intraventricolare  
parenchimale  
subdurale  
subaracnoideo

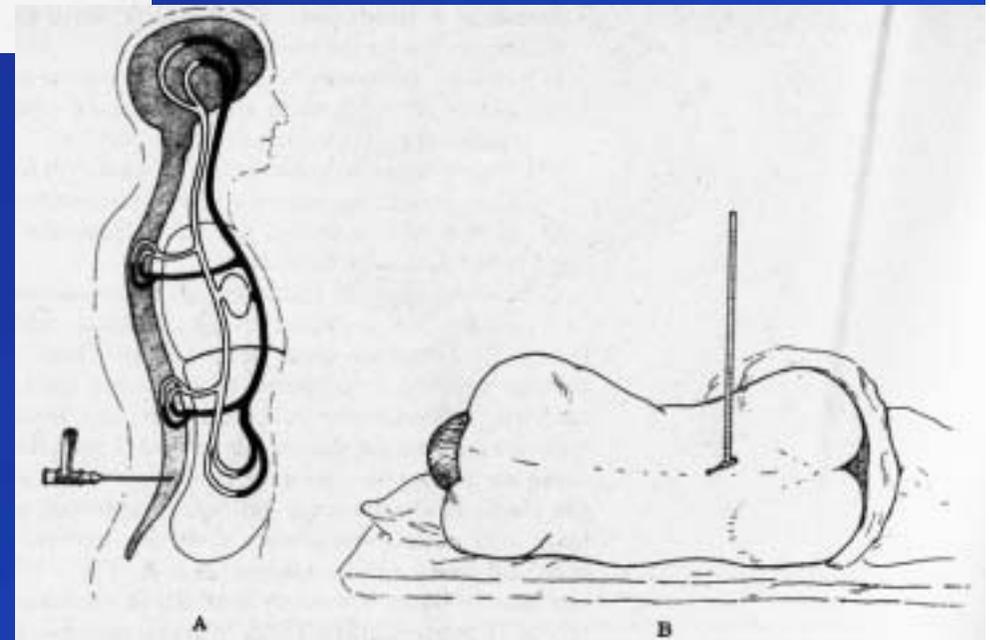
# Misurazione PIC

## Metodiche invasive: Puntura Lombare



Introdotta nel 1891 da  
Quinke che standardizzò  
la tecnica

Quinke misurava la pressione di CSF connettendo l'ago da puntura lombare ad una fine pipetta di vetro in cui il liquido poteva risalire.



# Misurazione PIC

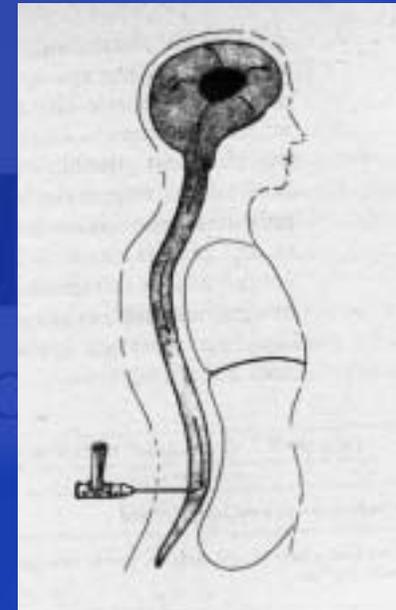
## Metodiche invasive: Puntura Lombare

La pressione liquorale lombare non è sicura né accurata.

Non è sicura perché può causare una sindrome da impegno (ernia tonsillare o uncale).

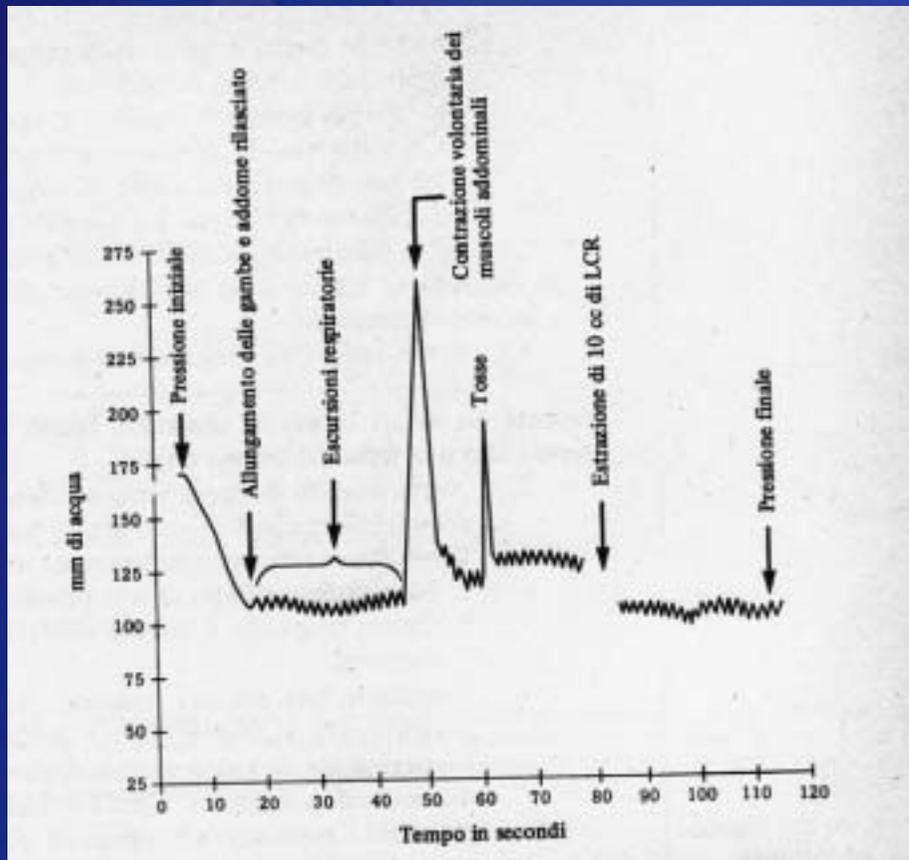
Non è accurata perché lo spazio subaracnoideo spinale può essere isolato da quello sopratentoriale se le vie liquorali sono bloccate vicino all' incisura tentoriale.

La pressione liquorale lombare è **80-180 mmH<sub>2</sub>O**.



# Misurazione PIC

## Metodiche invasive: Puntura Lombare



Questa pressione mantiene un valore medio ma fluttua intorno a questo valore perché risente delle escursioni respiratorie e del battito cardiaco.

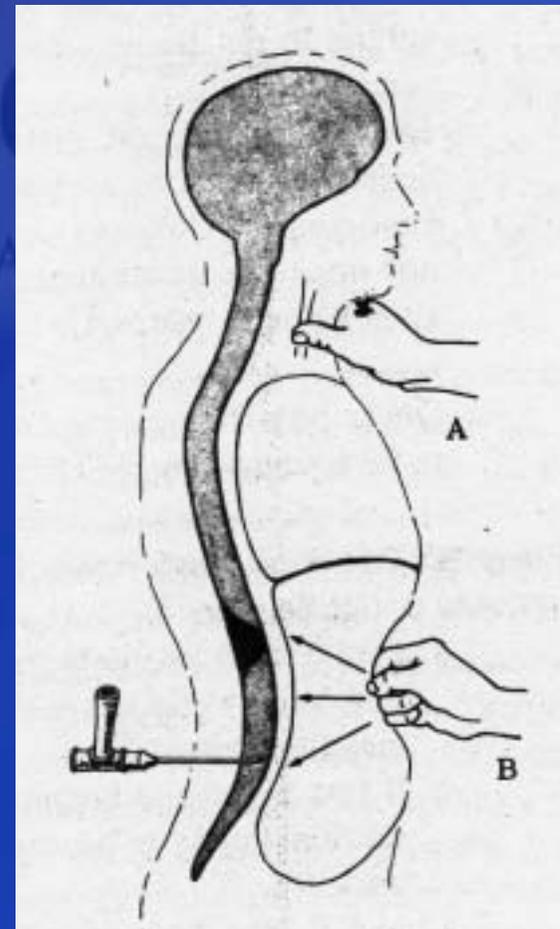
Durante l'inspirazione la pressione liquorale si riduce.

# Misurazione PIC

## Metodiche invasive: Puntura lombare

Quando si contraggono i muscoli addominali la pressione liquorale aumenta.

Con la compressione giugulare la pressione liquorale aumenta.

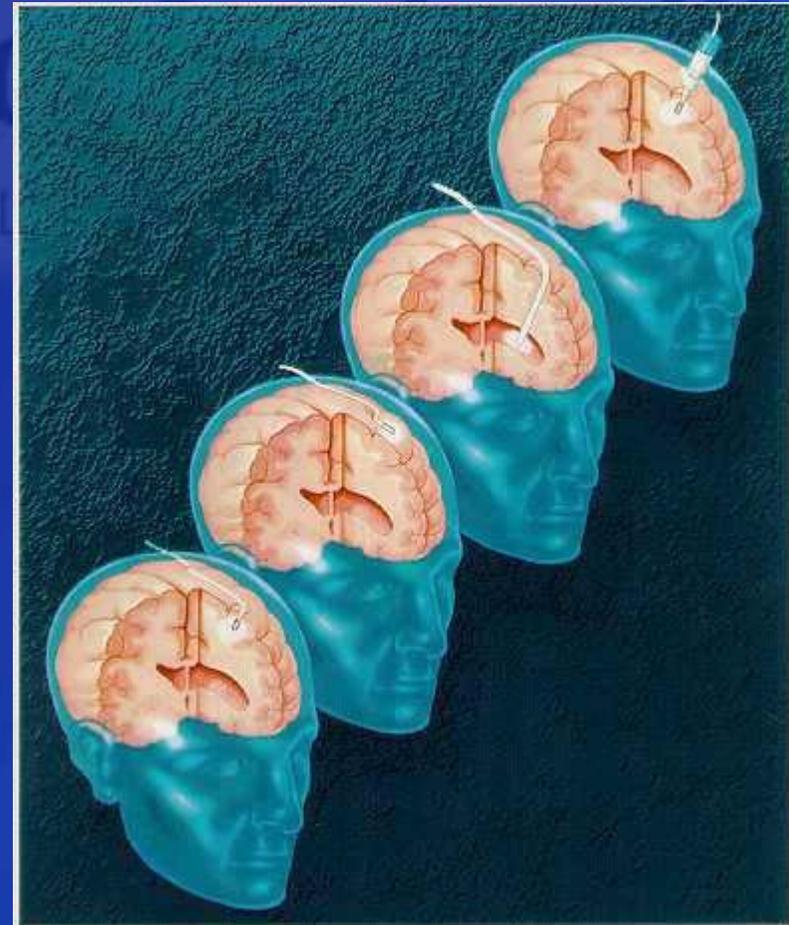


## Misurazione PIC

### Metodiche invasive: cateteri intracranici

#### MODALITA' DI POSIZIONAMENTO

- Intraparenchimale
- Intraventricolare
- Subaracnoideo
- Sottodurale

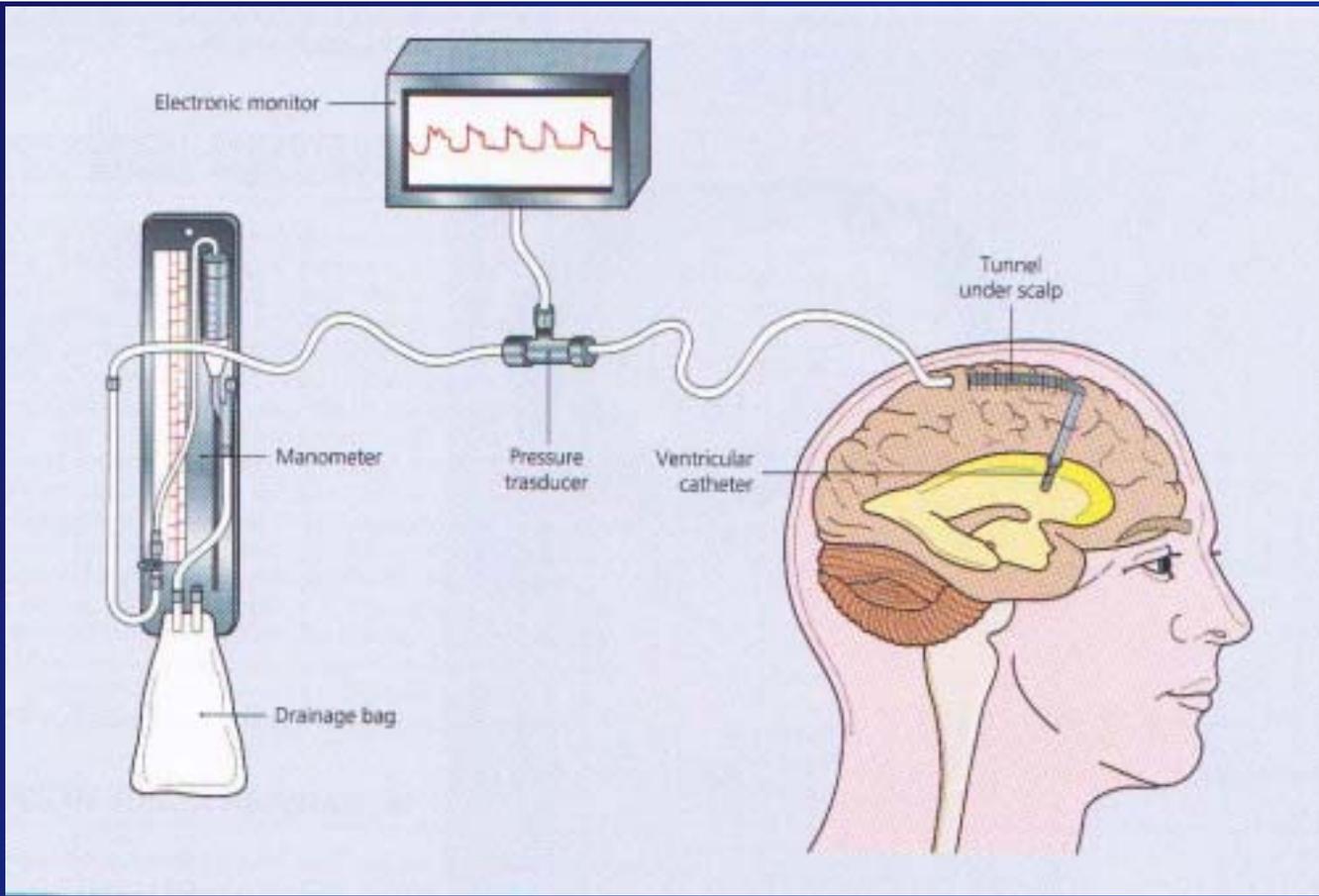


# Misurazione PIC

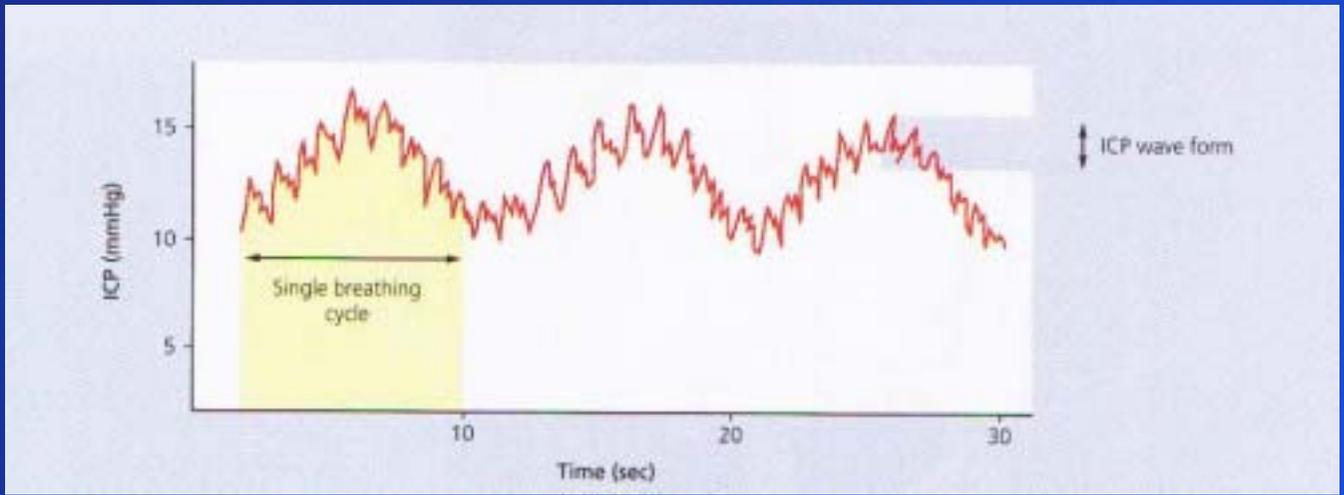
## Metodiche invasive: cateteri intracranici

Per il monitoraggio della PIC si usano cateteri di rilevazione della pressione, idraulici, a fibre ottiche o microsensori a ponte di Wheatstone .

Questi ultimi non si bloccano con frustoli e aria, non è necessario resettare lo zero, non dipendono dalla posizione della testa.



darelli  
IO NAZIONALE



# Trasduttori PIC



## SEDE INTRAVENTRICOLARE:

### PRO:

1. Accurata misura PIC con possibilità di rilevazione dell'onda
2. Drenaggio liquor
3. Possibilità di ricalibrazione
4. Meno costoso

### CONTRO:

1. Difficoltà di inserzione in caso di ventricoli piccoli
2. Rischio più elevato di infezione ed emorragie
3. Frequenti ostruzioni
4. Necessità di controllare la posizione della testa
5. Pericoloso in caso di ventricoli compressi o dislocati
6. Controindicato in presenza di falde ematiche extracerebrali instabili

## SEDE INTRAPARENCHIMALE:

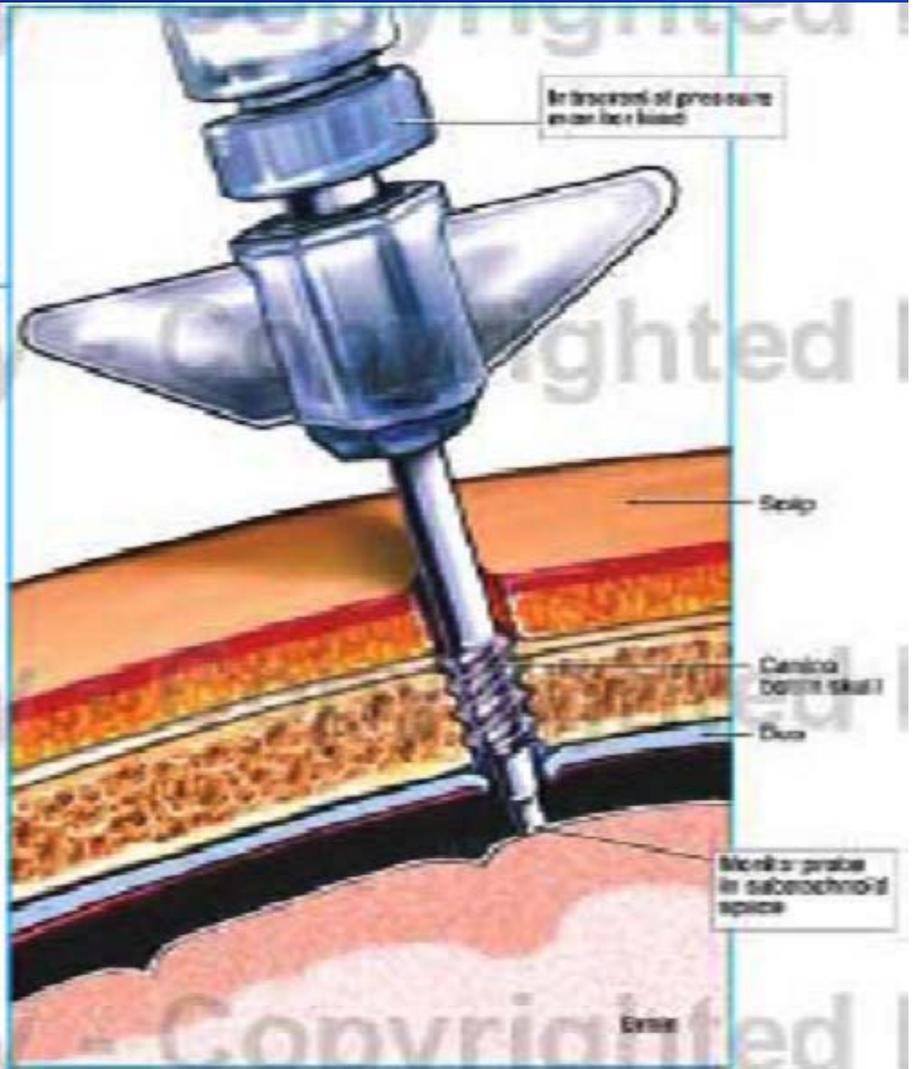
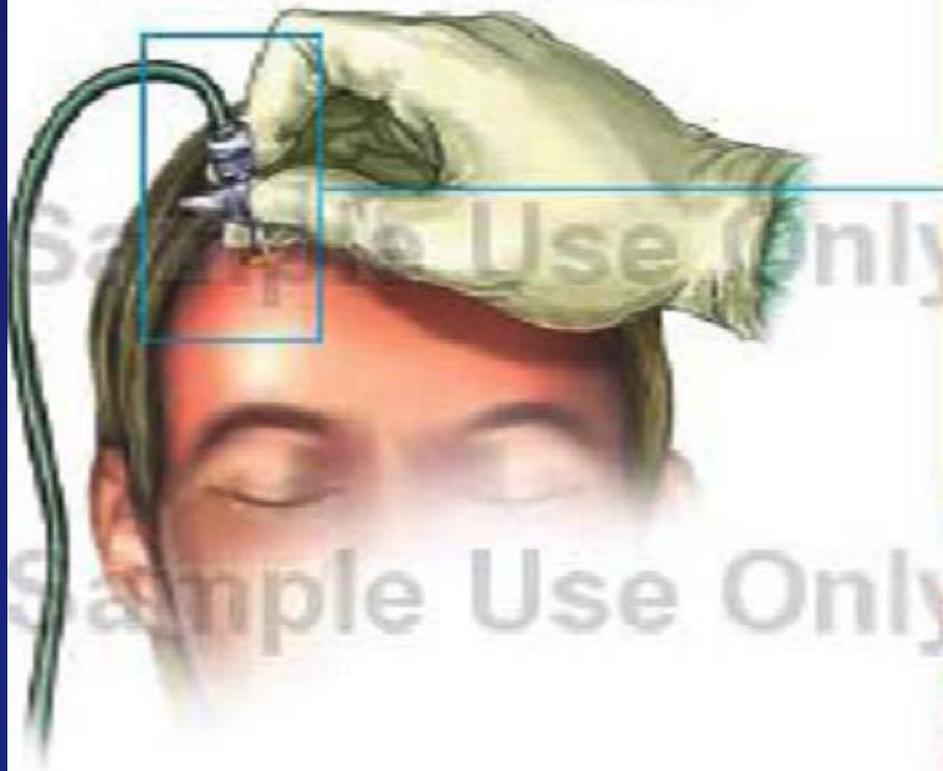
### PRO:

1. Facile posizionamento (anche a letto del paziente)
2. Minor rischio di infezione
3. Meno invasivo
4. accurato

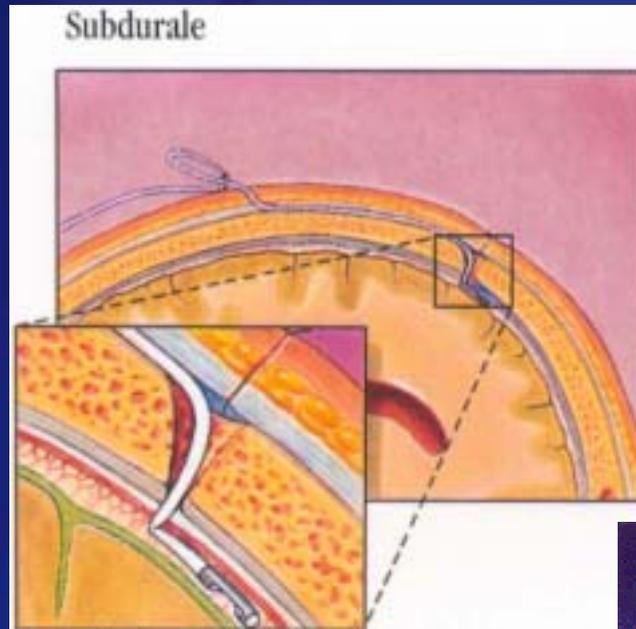
### CONTRO:

1. Inesatta lettura nel tempo
2. Impossibilità di drenare il liquor
3. Impossibile la ricalibratura
4. Costoso
5. Posizionamento alla cieca

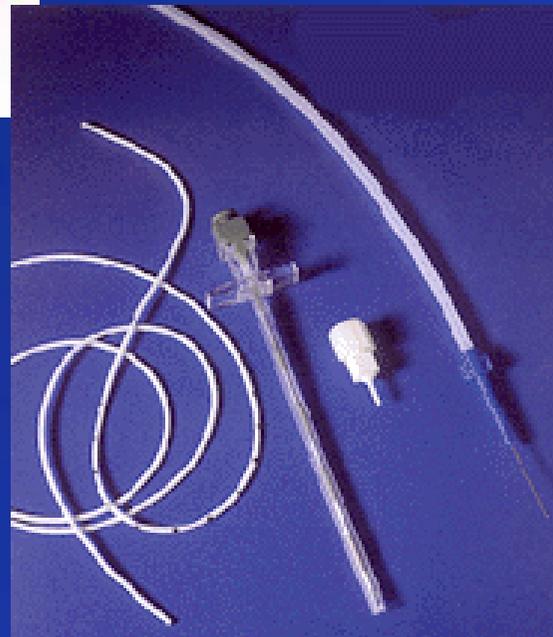
Area of Intracranial Pressure Monitor



# Sottodurale



Possibilita' di utilizzo anche a livello lombare



## SEDE EPIDURALE, SUBDURALE E SUBARCNOIDEA

### PRO:

1. Meno invasivi dell'intraventricolare

### CONTRO:

1. Impossibilità di drenare liquor
2. Scarsa accuratezza
3. Scarsa affidabilità a lungo termine
4. Costosi

## **QUALE SCEGLIERE**

**La scelta della sede del monitoraggio dipende da:**

- quadro clinico**
- necessità di drenaggio liquorale**
- disponibilità del sistema**
- familiarità del chirurgo**
- quadro TC (dimensioni ventricoli, presenza di falde extracerebrali..)**

# QUALE SCEGLIERE

Sarebbe sempre da preferire la **sede intraventricolare** in quanto:

- Permette l'evacuazione anche del liquor
- Non risente della compartimentazione del cervello

**CONTRO:**

Più difficoltoso da inserire e con maggiore rischio di infezione (5% in più). Non fare più di 2 tentativi di posizionamento à catetere subdurale o parenchimale.

**Oggi** sono disponibili cateteri che possono essere usati sia per la misurazione ventricolare e parenchimale

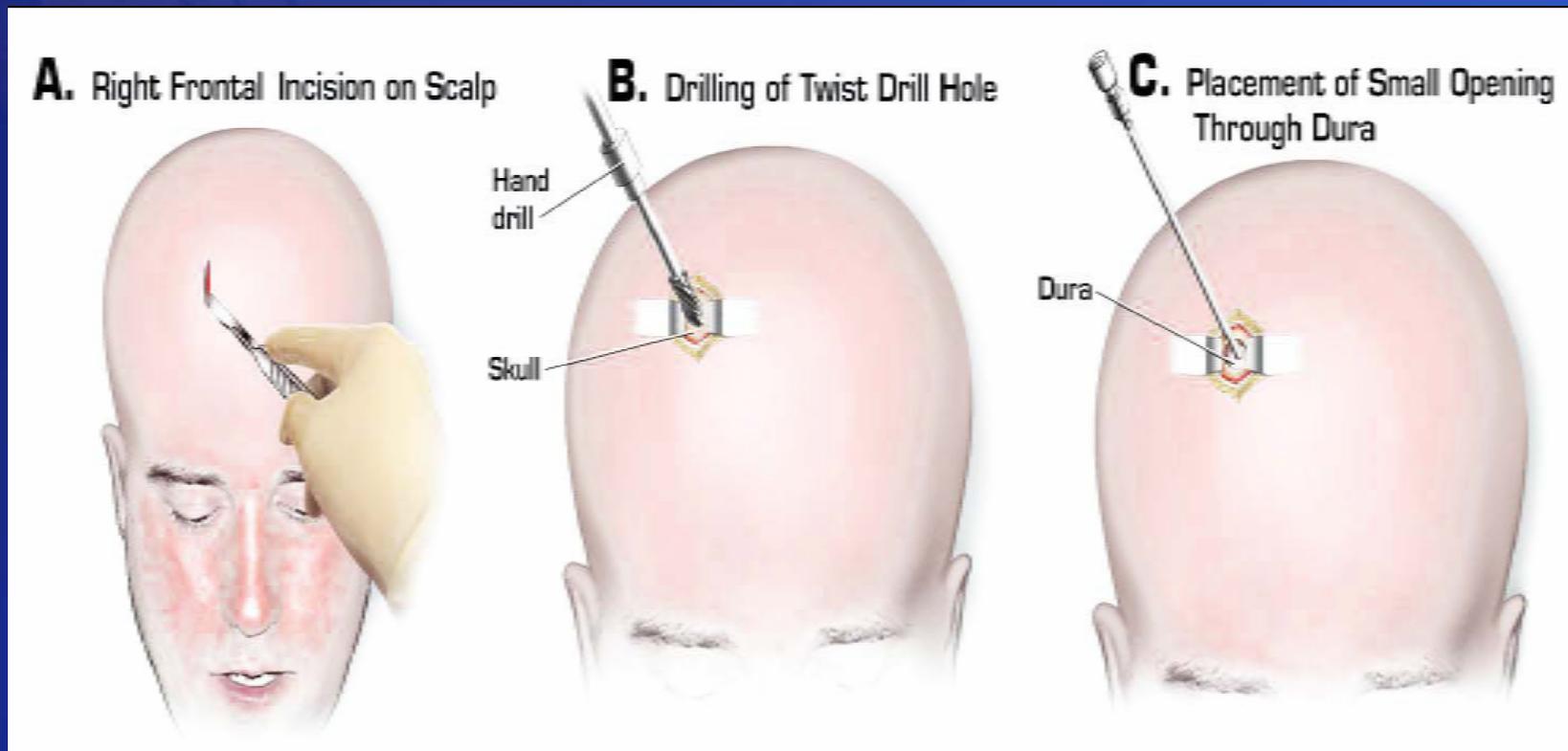
E' indispensabile la contemporanea  
misurazione della pressione arteriosa media  
(**MAP**) per il monitoraggio continuo della  
**CPP.**

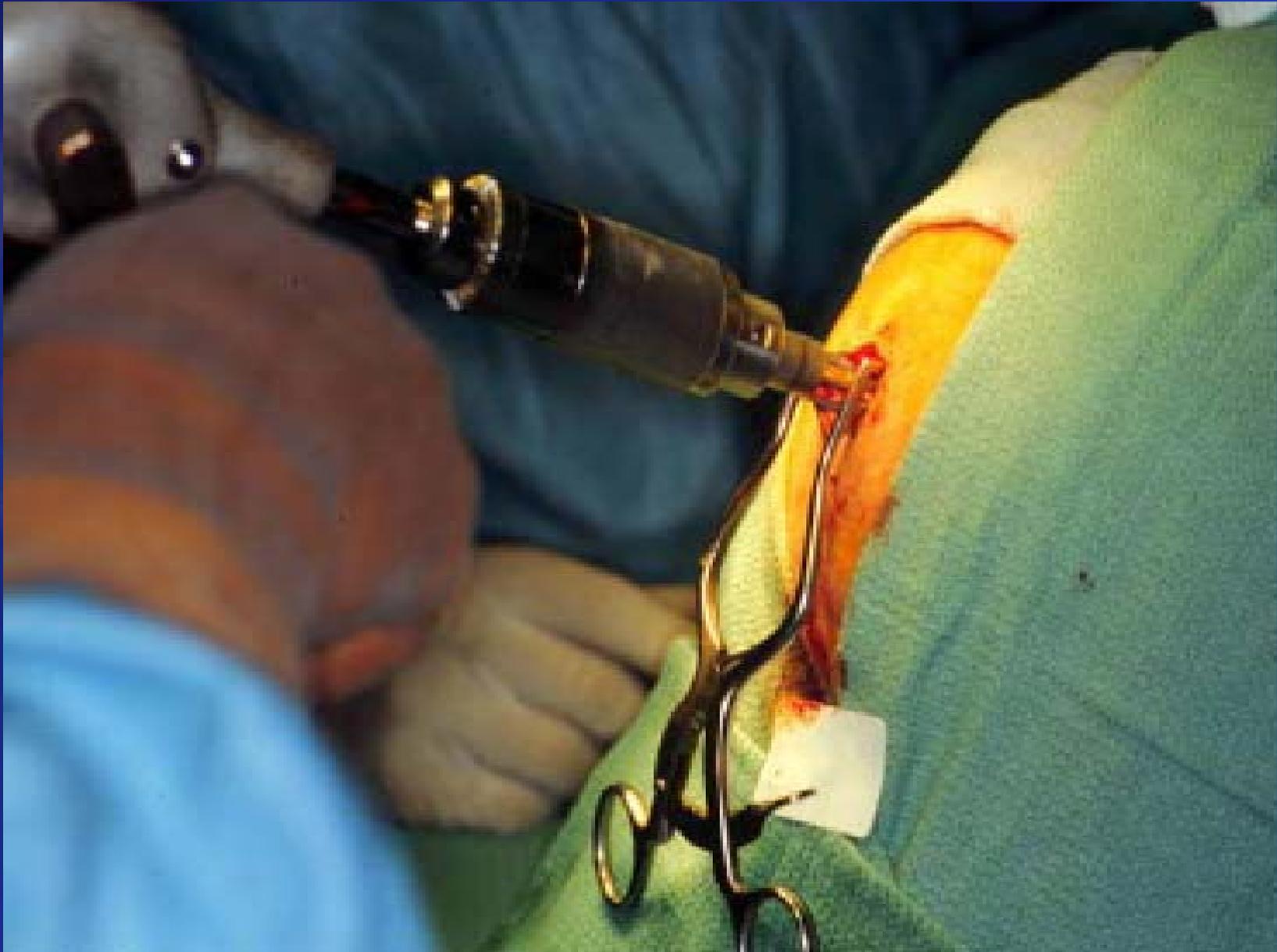
ANTONIO CARDARELLI  
AZIENDA OSPEDALIERA DI RILIEVO NAZIONALE

# Misurazione PIC

## Metodiche invasive: cateteri intracranici

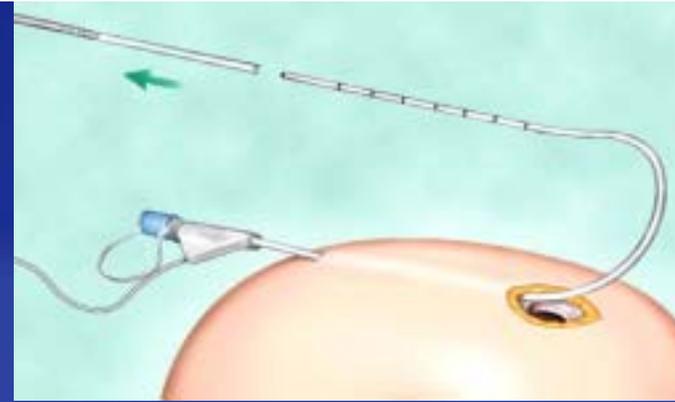
**Sede di inserzione** preferibilmente emisfero destro, foro di trapano frontale nel punto di Kocher ( a 3 cm dalla linea mediana a 2 cm dalla coronale)



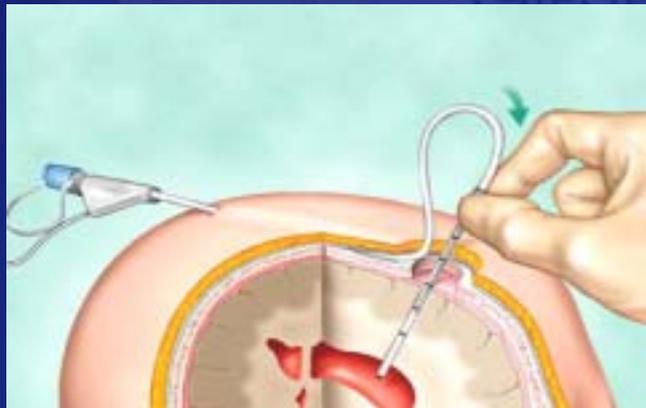




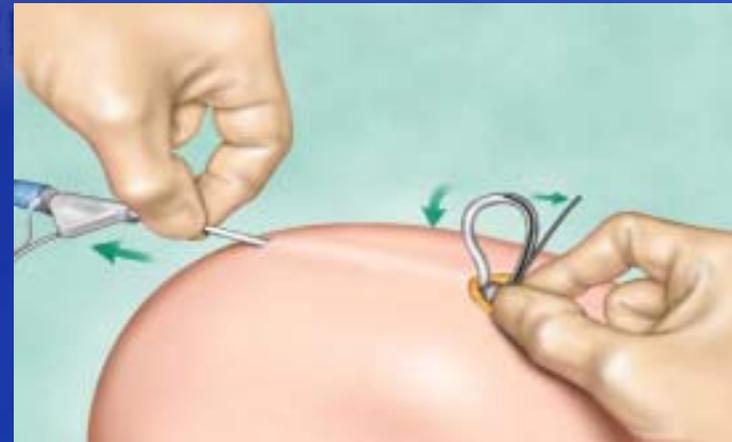
Utilizzare il trocar per tunnellizzare il catetere sotto la cute



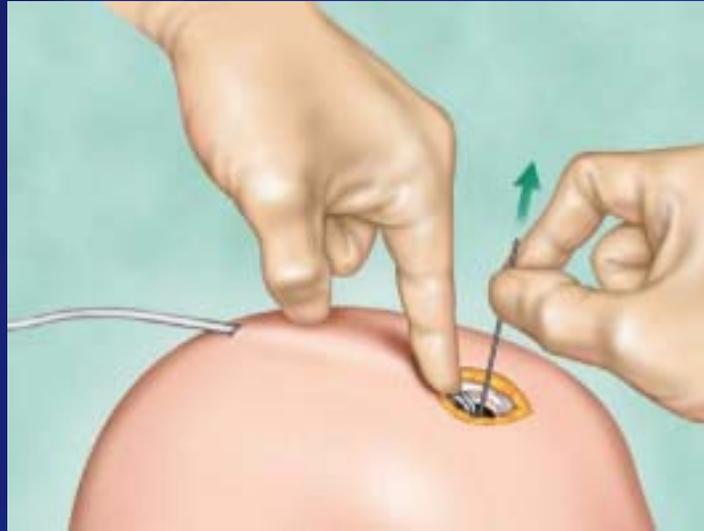
Continuare ad avanzare il trocar fino a che il trocar stesso e il tubo trasparente non sono fuori ben visibili. Separare il trocar e il tubo dal catetere



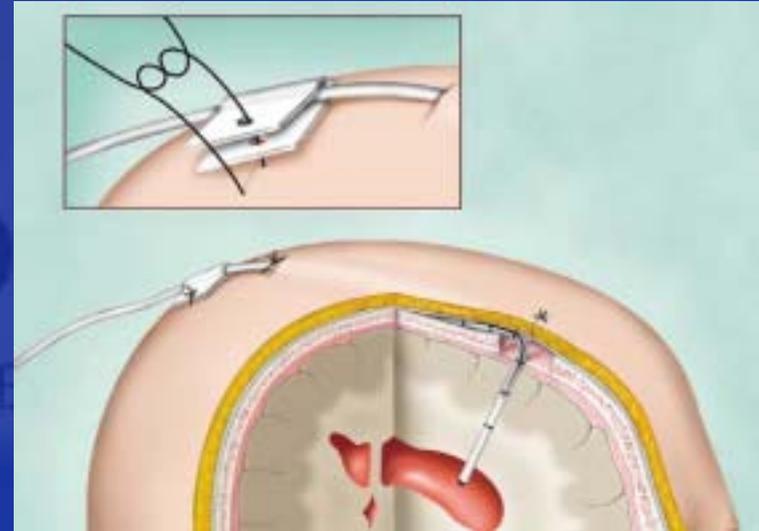
Tenere il catetere ad angolo retto sul cranio ed avanzarlo verso il ventricolo laterale alla profondità voluta.



Piegare il catetere in corrispondenza della freccia nera per fare apparire 3 cm di stiletto Tenendo il catetere ad angolo retto sul cranio avanzarlo verso il ventricolo laterale alla profondità voluta.



**Tenendo il catetere  
bloccato sfilare  
dolcemente lo stiletto**



**Tendere indietro il catetere in  
modo da non lasciare eccessi  
in prossimità del foro.  
Bloccare il catetere con la  
apposite clip di ancoraggio,  
per sicurezza alla cute  
direttamente e chiudere  
l'incisione**

# Misurazione PIC

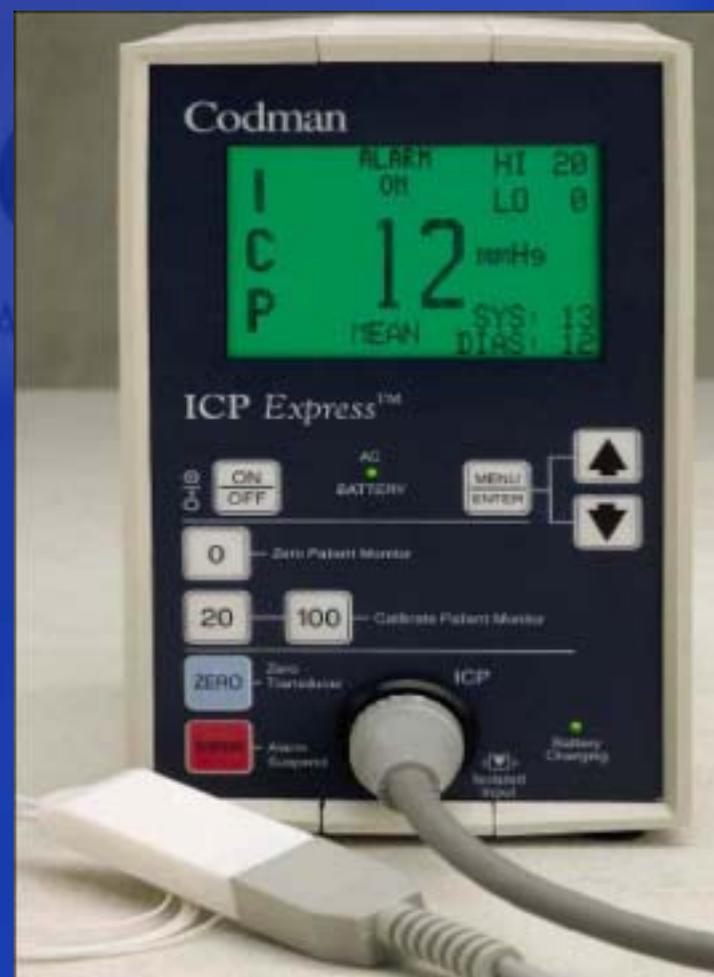
## Monitor per la rilevazione

### Taratura del trasduttore.

Dopo il collegamento del trasduttore il monitor va azzerato premendo il pulsante P0 mentre il trasduttore è immerso nella fisiologica sterile.

Introduzione del catetere.

Appuntarsi il codice di riferimento ZERO che darà il monitor (questo sarà utile ogni qual volta si dovrà spegnere e riaccendere il monitor in modo da ripristinare il giusto riferimento monitor/paziente)



# Misurazione PIC

## Monitor per la rilevazione

Una volta introdotto il trasduttore, verificare che il monitor rilevi valori positivi per assicurarsi di essere in sede.

(Nel caso si rilevino valori negativi è possibile che ci si trovi in pneumoencefalo)

# Misurazione PIC

## Spostamenti paziente

Nel caso ci fosse il bisogno di mobilizzare il paziente per un eventuale visita diagnostica (TAC, RMN) scollegare il trasduttore all'altezza della deviazione.

Una volta terminato lo spostamento ripristinare immediatamente la connessione al monitor PIC reinserendo il codice di riferimento segnato al momento dell'azzeramento in fisiologia sterile.



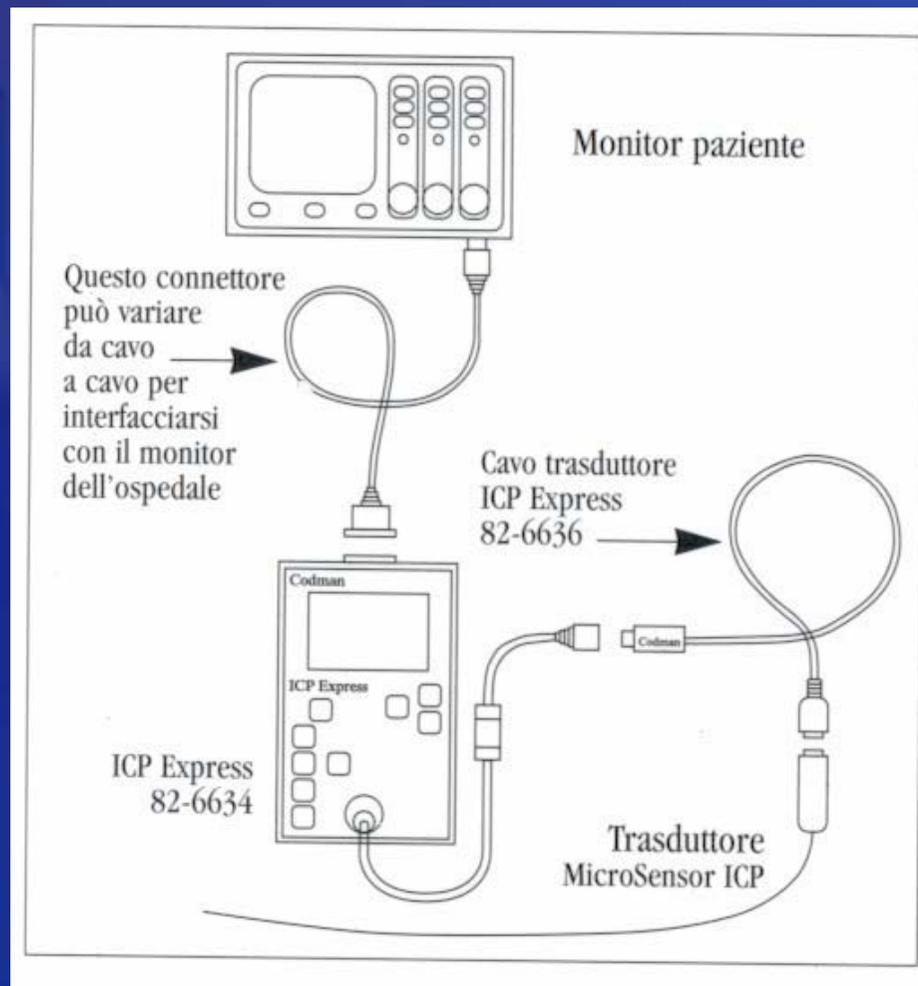
# Misurazione PIC

## Monitor per la rilevazione

Nel caso si disponga anche di un monitor di rilevazione dei parametri vitali, sarà possibile collegare il monitor PIC al monitor principale che mostrerà anche l'onda di pulsazione della pressione intracranica.



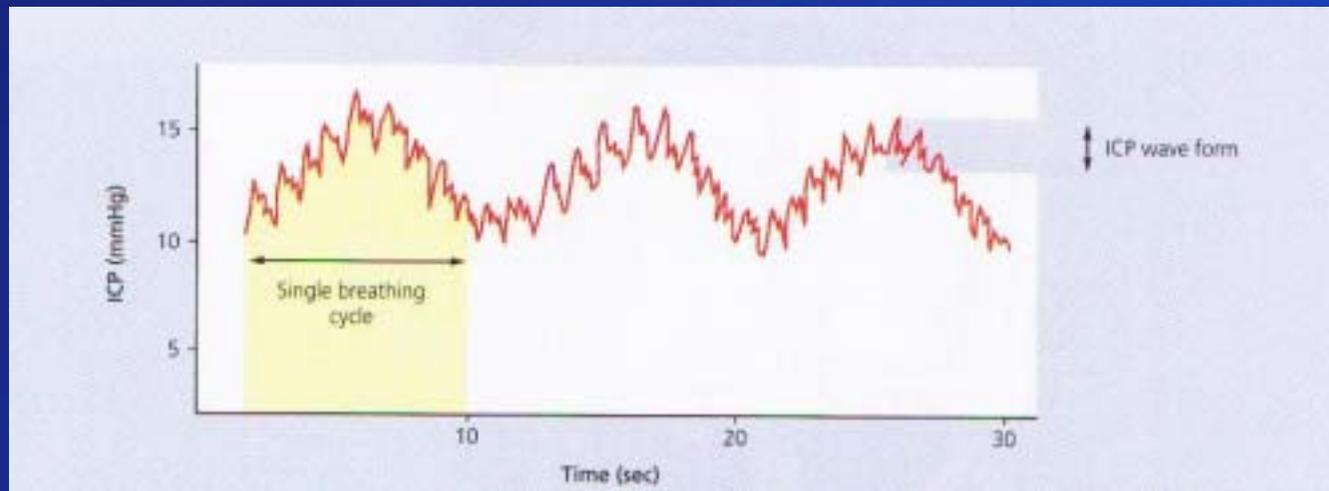
# SCHEMA CONNESSIONI: SENSORE-ICP EXPRESS-MONITOR



darelli  
VO NAZIONALE

## Onde PIC

L'aspetto ondulato della PIC dipende da piccole pulsazioni trasmesse dalla PA alla cavità cranica che si sovrappongono alle più lente variazioni respiratorie. Le onde della PIC mostrano 3 componenti arteriose sovrapposte al ritmo respiratorio.

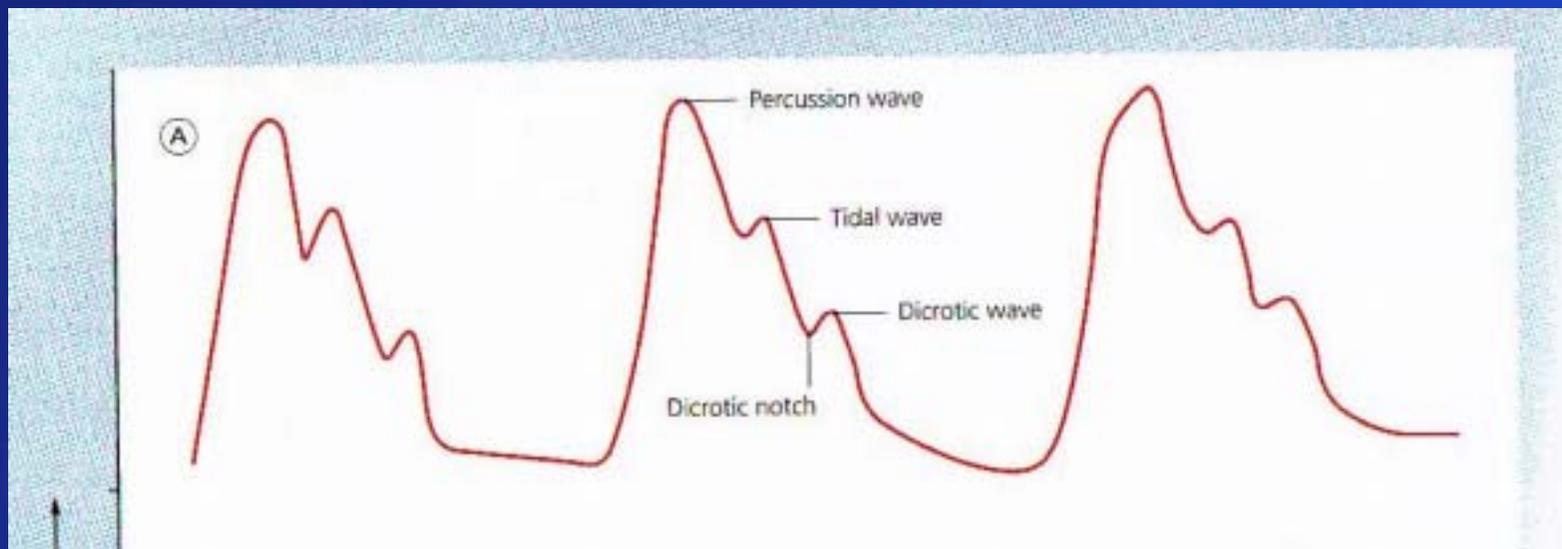


## Onde PIC

La prima onda arteriosa è l' **onda di percussione** seguita dall' **onda tidale** e infine dall' **onda dicrotica**.

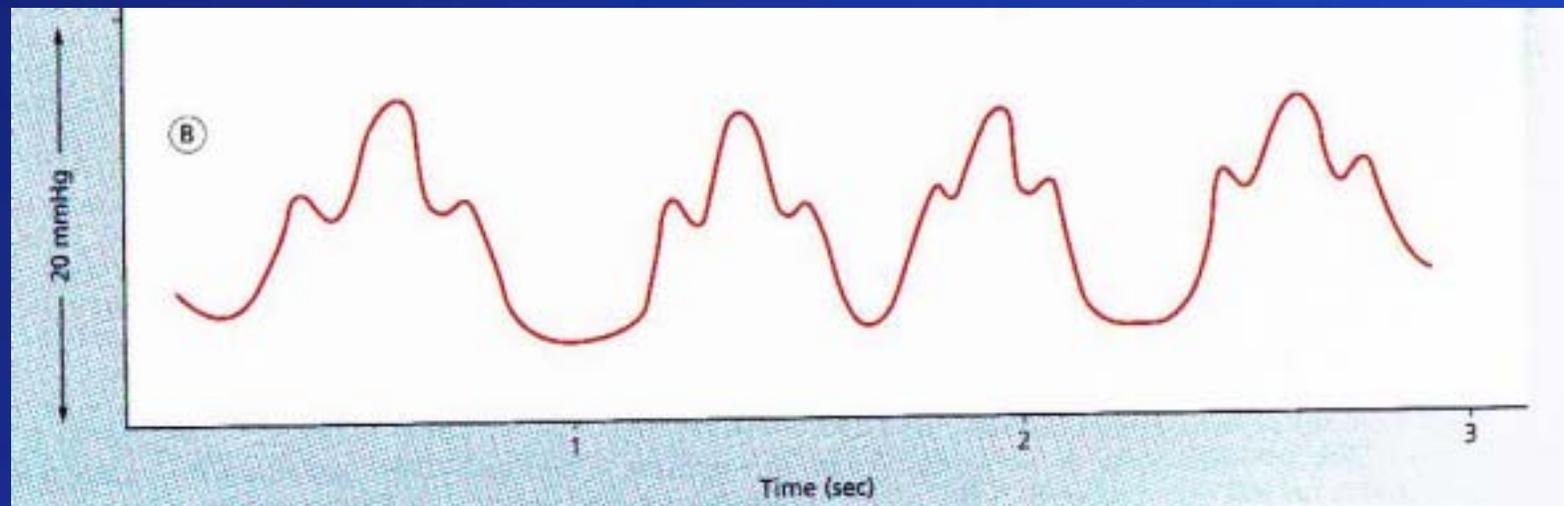
Normalmente l' onda di percussione è la più alta e le altre due hanno valori inferiori e corrisponde all' onda di pressione sistolica arteriosa.

Le due onde più piccole corrispondono all' onda venosa dell' atrio destro.



## Onde PIC

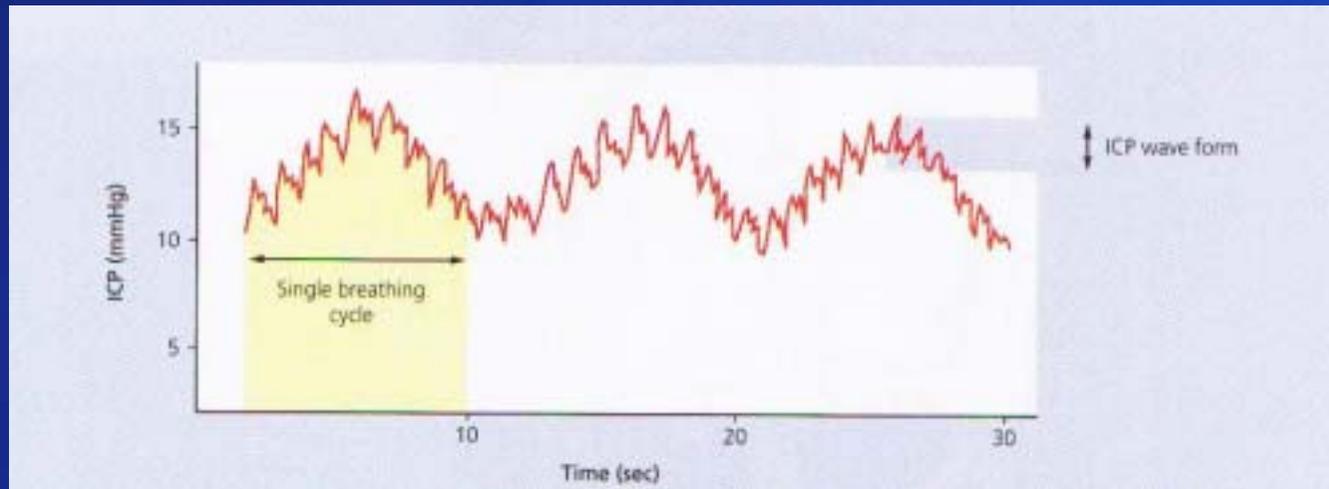
Se vi è un aumento della PIC il profilo dell'onda si modifica e le ultime due onde superano l'onda di percussione indicando una diminuita compliance.



## Onde PIC

Durante l' espirazione la PIC aumenta perché il ritorno venoso è ostacolato dall' aumento di pressione nella vena cava superiore.

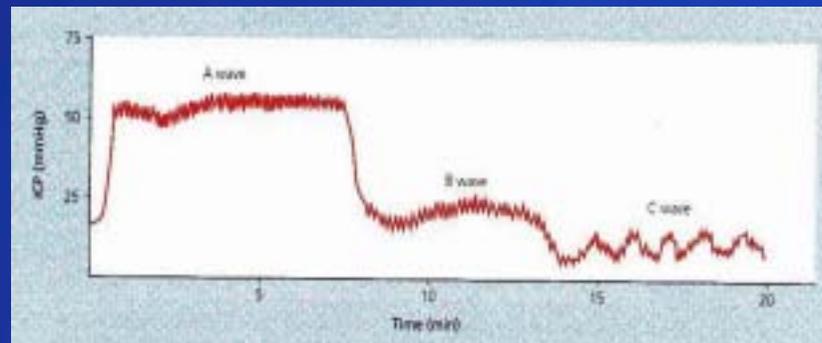
Questa situazione è invertita nei pazienti sottoposti a ventilazione meccanica.



## Onde PIC

Se si misura a lungo si notano anche altre onde patologiche:

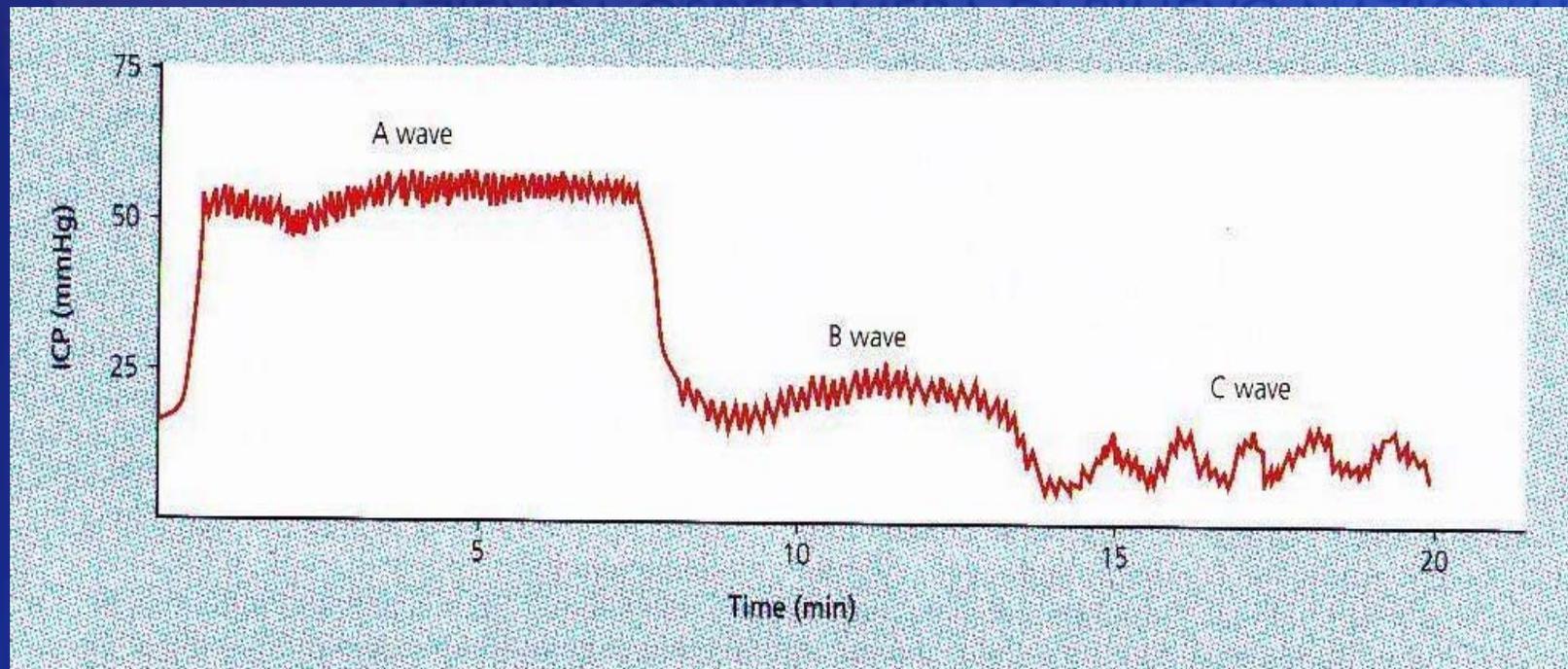
- **Onde A o plateau** caratterizzate da un brusco aumento della PIC per 5-20 minuti seguito da una rapida caduta a livelli di riposo. Queste onde possono raggiungere i 50-100 mmHg. Possono corrispondere clinicamente a sopore, ipertono e movimenti clonici. Indicano un aumento della PIC in risposta ad un aumento del CBV correlato ad ipercapnia



## Onde PIC

**onde B:** hanno una frequenza di 0,5 2/min e sono correlate a variazioni ritmiche del respiro

**onde C:** sono variazioni ritmiche correlate a onde della pressione arteriosa sistemica



## Onde PIC

Nei traumi cranici è necessario trattare sempre l' aumento della PIC, così le onde patologiche non si vedono quasi mai.

Antonio Cardarelli  
AZIENDA OSPEDALIERA DI RILIEVO NAZIONALE

## Valori PIC

**PIC normale** : < 15mm Hg

Adulti e ragazzi grandi < 10 - 15 mmHg

Ragazzi 3 - 7 mmHg

Neonati 1,5 - 6 mmHg

PIC patologica: **18-20mm Hg**

PIC da trattare: **>20mm Hg**

## Valori PIC non attendibili

Deliquorazione terapeutica à sistema aperto

Decompressione ossea o liquorrea à considerare allarmanti valori anche minimamente aumentati di PIC.

Paziente rilassato o curarizzato (che non sia ipoteso ed ipercapnico) à la PIC normale è 10 mmHg

Masse sottotentoriali à ernia cerebrale o compressione del tronco anche con valori non elevati di PIC, misurata nel comparto sovratentoriale.

Considerato quindi il piccolo scarto che c'è tra una PIC di valori normali (5-15mmHg) ed una patologica (<20mmHg), si ha la percezione di quanto importante sia sapere nella pratica clinica, in che soglia di valori di PIC ci si trovi ad operare.

# Iperensione endocranica fisiologica

1. Colpo di tosse
2. Aspirazione
3. Posizionamento del malato
4. Nursing generico

bolo di sedazione  
ed analgesia  
tenere la testa in  
asse

# Trauma cranico

## Danno Cerebrale Primario

contusione e lacerazione di tessuto nervoso  
danno di grossi (emorragie) e piccoli vasi cerebrali  
(disautoregolazione)  
sezione di fasci mielinici della sostanza bianca degli  
emisferi cerebrali e del tronco cerebrale.



alterazioni secondarie del metabolismo cerebrale,  
dell'emodinamica intracranica  
e della distribuzione dei liquidi cerebrali,  
cambiamenti nella relazione P/V intracranica  
con ipertensione endocranica  
grado di danno ischemico-ipossico dei neuroni  
interessati. **Danno Cerebrale Secondario**

## Trauma cranico

**Gli obiettivi di trattamento neuroranimatorio e neurochirurgico sono mirati a ridurre gli effetti del danno primario e a prevenire il danno secondario (evitando ipossia, ipotensione, ipertermia).**

**Il danno ischemico secondario è il fattore che influenza maggiormente la prognosi nel trauma cranico severo**

# Traumi cranici severi

## Danno Secondario

Il parametro critico per la funzione cerebrale e la sopravvivenza è il CBF, che è difficile da misurare.

Nel trauma cranico l'**autoregolazione si altera:**

- localmente nei traumi moderati
  - diffusamente nei traumi severi
- producendo una diffusa vasodilatazione.

La conseguenza importante del deficit dell' autoregolazione è la **dipendenza del CBF dalla CPP**, che a sua volta è correlata alla PIC.

# Traumi cranici severi

## Danno Secondario

Le alterazioni della perfusione cerebrale giocano un ruolo fondamentale nell'instaurarsi e nel protrarsi di stati di coma nei pazienti con grave trauma cranico.

L' ipossia che ne risulta colpisce in particolare alcune aree cerebrali (cellule piramidali corticali cerebrali negli strati 3, 5, 6; ippocampo, cellule cerebellari di Purkinje.tronco cerebrale).

Non è chiaro il perchè di questa particolare suscettibilità selettiva.

# Monitoraggio PIC

- Indicazione chirurgica
- Monitoraggio (pre e postoperatorio)
- Riduzione TAC
- Trattamento medico mirato (terapia a scalini)
- Valore prognostico

# Monitoraggio PIC

## Razionale

L'ipertensione endocranica è la minaccia principale alla sopravvivenza del traumatizzato in fase acuta e non può essere determinata con metodi indiretti né con la TAC.

Il monitoraggio della PIC costituisce un prezioso ausilio per una guida diagnostica e terapeutica, anche se non è dimostrato che l'outcome sia favorevole per i pazienti monitorizzati rispetto ad i non monitorizzati

# Monitoraggio PIC

## Razionale

E' pur vero che la TAC costituisce un ottimo mezzo diagnostico che può evidenziare segni di ipertensione endocranica, ma non è altrettanto vero il contrario; cioè la **TAC negativa** non è sinonimo di assenza di probabile imminente ipertensione endocranica, che spesso si sviluppa in pochissimo tempo.

# Monitoraggio PIC

## Razionale

Il trauma cranico con anomalie evidenti alla TAC (ematomi epidurali, subdurali, focolai lacero-contusivi, edema diffuso) **à** rischio di ipertensione endocranica 53-63%

Paziente in coma con quadro TAC normale **à** rischio di ipertensione endocranica 13%.

Paziente in coma con fattori di rischio positivi e un quadro TAC normale **à** rischio di ipertensione endocranica 60%.

# Monitoraggio PIC

## Indicazioni (traumi severi)

- Pazienti con  $GCS \leq 8$  e TAC suggestiva per lesione cerebrale (ematomi, focolai lacero contusivi, edema, segni di compressione delle cisterne della base cioè DI : II III IV della scala di Marshall)
- Pazienti con  $GCS \leq 8$  e TAC negativa se:
  - Anomalia pupillare
  - Risposta motoria asimmetrica
  - Ipotensione
  - Età  $> 40$  anni

almeno 2

Vanno escluse le cause di coma metabolico e farmacologico.

# Monitoraggio PIC

## altre indicazioni possibili

- Traumi moderati in peggioramento
- Monitoraggio postoperatorio pazienti sedati (rimozione parziale, lesioni bilaterali, lesioni in evoluzione)
- Politraumatizzati in sedazione farmacologica con TAC cranica positiva
- Traumi moderati con contusione del lobo temporale

# Monitoraggio PIC

## Controindicazioni

- Non esistono controindicazioni assolute
- Pazienti svegli
- Pazienti in terapia con:
  - Anticoagulanti
  - Antiaggreganti
  - Immunosoppressori

# Monitoraggio PIC

## Valore prognostico

Nei pazienti con  $GCS \leq 8$

- Mortalità nel 50% dei pazienti con PIC elevata nonostante il trattamento
- Vi è un outcome sfavorevole quando la PIC era  $> 25$  mmHg, la PAM  $< 80$  mmHg e la CPP  $< 60$  mmHg.

# Monitoraggio PIC

## Timing

**Al più presto possibile !**  
**(dopo stabilizzazione e**  
**definizione diagnostica)**

# Monitoraggio PIC

## Durata

Non vengono posti rigidi limiti temporali;  
la permanenza del catetere di rilevazione  
è condizionata dal quadro clinico.

Almeno 10 gg

# Cause di ipertensione endocranica tardiva nei traumi

La PIC nei traumi può aumentare tardivamente (dopo 3-10 gg) in presenza di:

- ematoma extradurale tardivo
- emorragia intracerebrale tardiva
- vasospasmo
- distress respiratorio acuto
- edema tardivo
- iponatremia

# Monitoraggio PIC

## Durata

Si può sospendere il monitoraggio se la PIC si mantiene normale per 24-72 ore dopo aver sospeso la terapia per ridurla.

# Monitoraggio PIC

## Complicanze

- Infezioni
- Emorragie 1,4% (di cui solo lo 0,5% richiedono trattamento)
- Malfunzionamento o ostruzione del catetere ventricolare
- Malposizione (3% necessitano riposizionamento)

# Monitoraggio PIC

## Complicanze - Emorragie

**Incidenza media: 1%**

Fattori di rischio: coagulopatie, tentativi ripetuti

# Monitoraggio PIC

## Complicanze - Infezioni

- Incidenza in letteratura: 0 - 40% (media 10%)
- Attualmente: 1%

2% di infezioni liquorali in traumatizzati cranici non sottoposti a monitoraggio PIC

# Monitoraggio PIC

## Complicanze Infezioni

Fattori di rischio per l' infezione sono:

1. Emorragie intracerebrali con inondazione ventricolare
2. PIC > 20 mmHg
3. Durata del monitoraggio
  - >5 gg (cambiare il catetere ogni 5 gg)
  - fino a 10-12 gg il rischio è alto e poi si riduce
4. Interventi neurochirurgici
5. Irrigazione del sistema
6. Altre infezioni: setticemia, polmonite

# Monitoraggio PIC

## Complicanze Infezioni

Fattori non associati ad aumentato rischio di infezioni:

- Posizionamento catetere in rianimazione
- Precedente catetere venoso centrale
- Drenaggio del liquor
- Uso di steroidi

# Monitoraggio PIC

## Complicanze Infezioni

È fondamentale l'adozione rigorosa delle tecniche di asepsi durante le manovre di drenaggio liquorale e di prelievo.

Sono raccomandati i sistemi chiusi di drenaggio.

La **colonizzazione** del catetere è molto più frequente dell'infezione clinicamente manifesta.

## Monitoraggio PIC

### Complicanze – Colonizzazione batterica

Colonizzazione batterica (0-14%) ha una diversa incidenza a seconda del tipo di catetere usato:

catetere intraventricolare à supera il 9% dopo 5 gg.,  
à il 42% a 11 gg.

dispositivo subaracnoideo à circa del 5%

# Monitoraggio PIC

## Complicanze Infezioni

Trattamento infezioni

- Rimozione del catetere o riposizionamento in altra sede
- Antibioticoterapia mirata

# Monitoraggio PIC

## Complicanze

### INTRAVENTRICOLARE

-colonizzazione	10 – 17% ( 0-40%)
-emorragie	1,1 %
-malfunzionamento	6,3 %

### PARENCHIMALE

-colonizzazione	14 % (12-17%)
-Emorragie	2,1 %
-malfunzionamento	9-40 %

# Monitoraggio PIC

## Complicanze

### SUBDURALE

-colonizzazione	4 % ( 1-10%)
-Emorragie	0 %
-malfunzionamento	10,5 %

### SUBARACNOIDEO

-colonizzazione	5 % ( 0-10%)
-Emorragie	0 %
-malfunzionamento	16 %