

Monitoraggio della pressione intracranica

Tommaso Pellis

Direttore SOC Anestesia e Rianimazione

Ospedale Card. G Panico

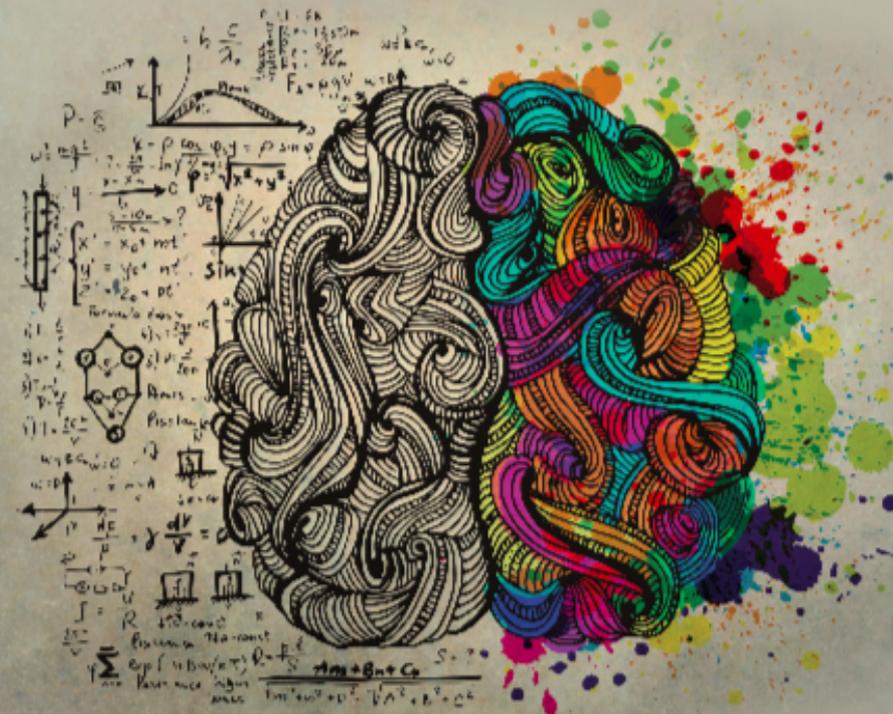
Tricase

thomas.pellis@gmail.com

XXVI
CONGRESSO
NAZIONALE



Società Italiana
Interdisciplinare
NeuroVascolare



**SINERGIE INTERDISCIPLINARI NEL
PAZIENTE NEUROLOGICO CRITICO**

Lecce, 1-2 dicembre 2017



Non ho conflitti di interessi

Argomenti

- Obbiettivo & razionale
- Indicazioni
- Metodi di monitoraggio – vantaggi & svantaggi
- Analisi forme d'onda
- Metodiche alternative

Razionale monitoraggio PIC

- La terapia empirica da sola non è soddisfacente:
 - senza pressione intracranica (PIC)
 - non è possibile monitorare la pressione di perfusione cerebrale (PPC)
- La maggior parte delle terapie per PIC elevata:
 - funzionano per periodi di tempo limitato e variabile
 - non sono scevre da pesanti effetti collaterali
- Quindi:
 - Se il primo approccio è di necessità senza monitoraggio PIC
 - Un importante obiettivo è un precoce monitoraggio della PIC se si presume ipertensione endocranica

Dinamica danno cerebrale

insulto/trauma cerebrale

danno cerebrale primario

pressione dei tessuti ↑

vasodilatazione
& edema ↑

PIC ↑

$PCC = PAM - PIC$

danno cerebrale
secondario

Ischemia ↑
pCO₂ ↑
pH ↓

PPC ↓

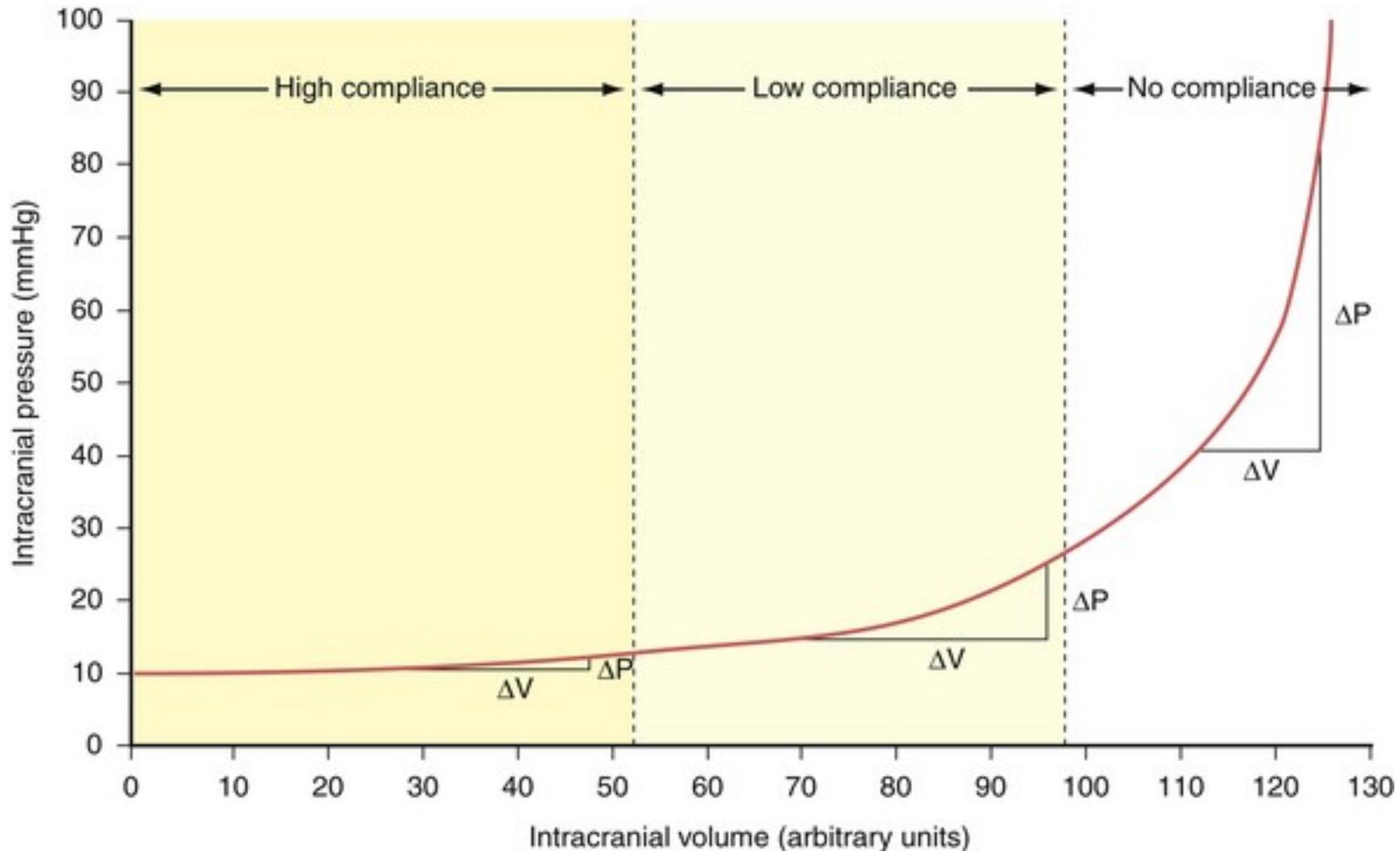
CBF ↓

Obiettivo monitoraggio PIC

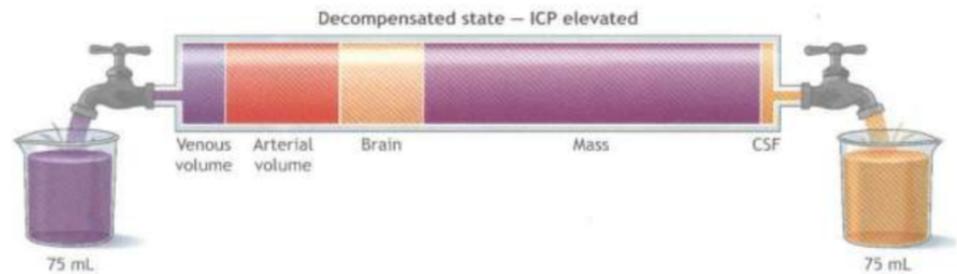
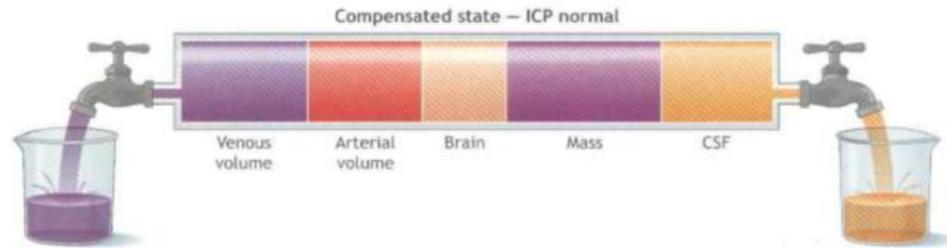
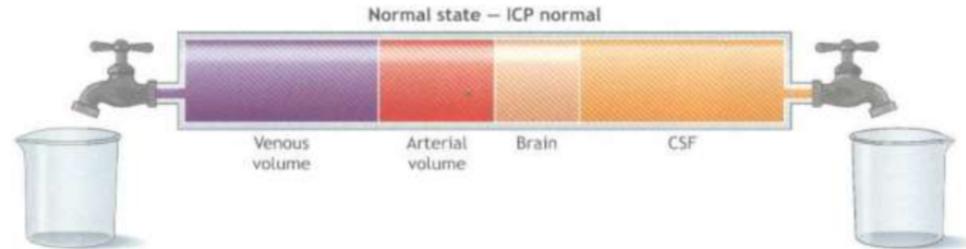
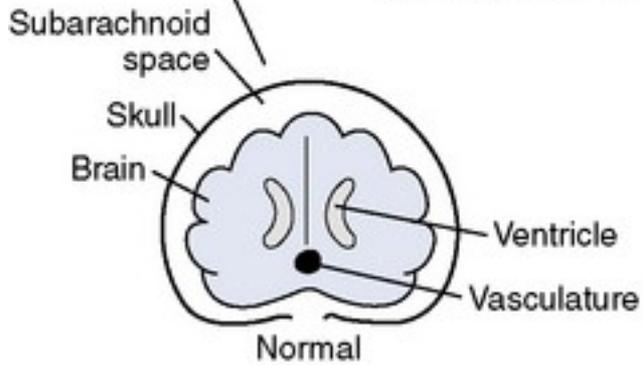
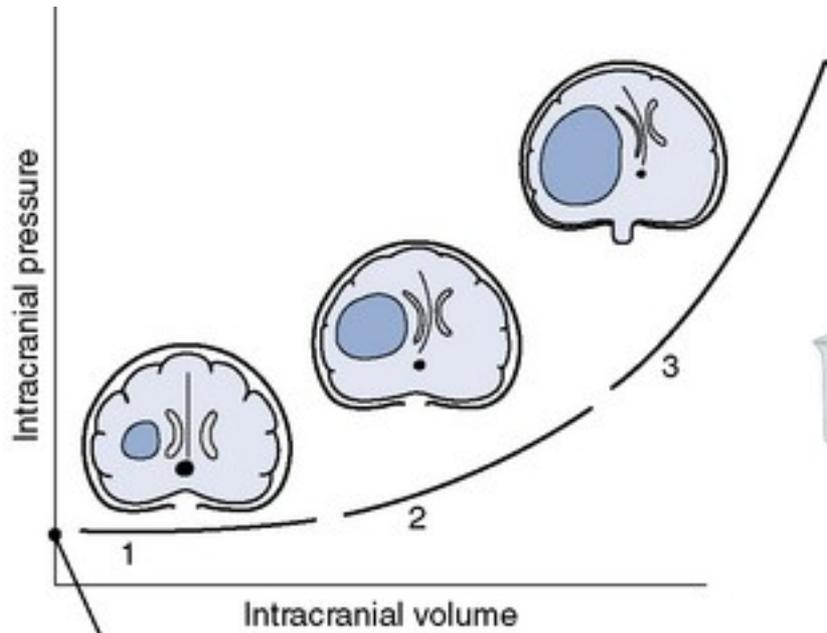
- Migliorare le possibilità di mantenere adeguata PPC e ossigenazione
- Il solo modo è di determinare in modo affidabile la PPC è di monitorare in continuo PIC e PA
- La combinazione di monitoraggio PIC & gestione PPC può migliorare l'esito dei pazienti specie con trauma cranico
 - Rosner MJ. J Neurosurg 1995; 83:949.
 - Lane PL. Can J Surg 2000; 43:442.
 - Bulger EM. Crit Care Med 2002; 30:1870.
 - Mauritz W. Intensive Care Med 2008; 34:1208.

Evolutività & compenso

- PIC normale non equivale ad assenza rischio



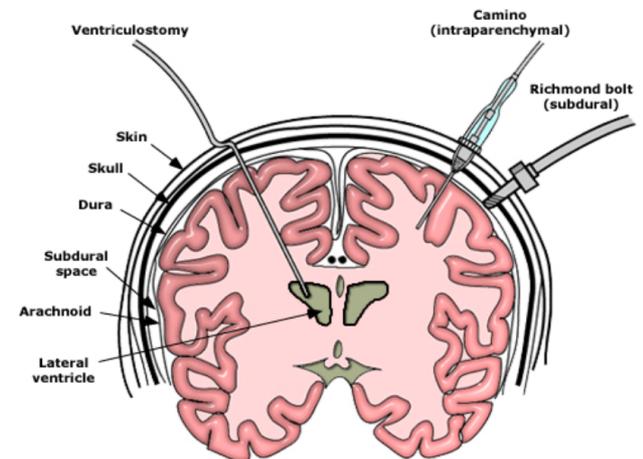
- Parenchima cerebrale — 80%
- Liquor — 10%
- Sangue — 10%



Limiti versus Indicazioni

- Manca chiara relazione di causalità:
 - non è stato dimostrato in modo definitivo che la riduzione della pressione intracranica migliori da sola l'outcome
- Esiste stretta correlazione tra:
 - efficacia della terapia per il controllo della PIC
 - rischi di mortalità e morbilità
- Ovvero:
 - Non è il monitoraggio di per se che influisce sull'outcome
 - Ma l'utilizzo delle informazioni che derivano dal monitoraggio per dirigere la terapia

Indicazioni



Indicazioni

- Premessa:
 - Il trauma cranico rappresenta il contesto più frequente e meglio studiato
 - Gran parte delle nozioni sul monitoraggio PIC deriva da pazienti con trauma cranico
- Diagnosi di PIC elevata:
 - Esame obiettivo
 - Corroborta da neuroimmaging
 - Anamnesi

Indicazioni

- È ragionevole limitarne l'uso in pazienti a più alto rischio di elevata PIC dato il basso rischio di complicanze serie:
 - Infezione del SNC
 - Emorragia intracranica
- In generale, è indicato il monitoraggio invasivo PIC se:
 - Potenziale rischio di PIC elevata
 - Coma (Glasgow Coma Scale <8)
 - Diagnosi di processo meritevole e compatibile con trattamento aggressivo

Reperto TAC - 2 scenari

- TAC suggestiva di PIC elevata
 - Lesioni con effetto massa
 - Shift linea mediana
 - Compressione delle cisterne ecc
- TAC iniziale privo di questi reperti
 - Possibile comunque sviluppo di PIC elevata
 - Studio prospettico:
 - 4 centri di esperienza per trauma cranico
 - 753 pazienti
 - TAC iniziale senza reperti
 - 10-15% svilupparono PIC elevate
 - Eisenberg HM. J Neurosurg 1990; 73:688.

Indicazioni

- Altri studi:
 - 1/3 dei pazienti con TAC iniziale normale
 - Sviluppa lesioni TAC entro i primi gg dopo trauma cranico
 - O'Sullivan MG. J Neurosurg 1994; 80:46.
 - Lobato RD. J Neurosurg 1986; 65:784.
- Quindi PIC può essere elevata anche con TAC iniziale negativa, avvalora importanza di:
 - Monitoraggio invasivo nei pazienti ad alto rischio
 - Follow-up con neuroimmagini nei pazienti con evidenza di elevazione della PIC

Guidelines for the Management of Severe Traumatic Brain Injury, Fourth Edition

The scope and purpose of this work is 2-fold: to synthesize the available evidence and to translate it into recommendations. This document provides recommendations only when there is evidence to support them. As such, they do not constitute a complete protocol for clinical use. Our intention is that these recommendations be used by others to develop treatment protocols, which necessarily need to incorporate consensus and clinical judgment in areas where current evidence is lacking or insufficient. We think it is important to have evidence-based recommendations to clarify what aspects of practice currently can and cannot be supported by evidence, to encourage use of evidence-based treatments that exist, and to encourage creativity in treatment and research in areas where evidence does not exist. The communities of neurosurgery and neuro-intensive care have been early pioneers and supporters of evidence-based medicine and plan to continue in this endeavor. The complete guideline document, which summarizes and evaluates the literature for each topic, and supplemental appendices (A-I) are available online at <https://www.braintrauma.org/coma/guidelines>.

KEY WORDS: Severe traumatic brain injury, Adults, Critical care, Evidence-based medicine, Guidelines, Systematic review

Nancy Carney, PhD*

Annette M. Totten, PhD*

Cindy O'Reilly, BS*

Jamie S. Ullman, MD‡

**Gregory W.J. Hawryluk, MD,
PhD§**

Michael J. Bell, MD¶

Susan L. Bratton, MD§

Randall Chesnut, MD||

Odette A. Harris, MD, MPH#

Niranjan Kisson, MD**

Andres M. Rubiano, MD‡‡§§

Lori Shutter, MD¶

Robert C. Tasker, MBBS, MD¶¶

Monica S. Vavilala, MD||

Jack Wilberger, MD|||

David W. Wright, MD##

Jamshid Ghajar, MD, PhD#

*Oregon Health & Science University, Portland, Oregon; ‡Hofstra North Shore-LIJ School of Medicine, Hempstead, New York; §University of Utah, Salt Lake City, Utah; ¶University of Pittsburgh, Pitts-

TABLE 2. Updated Monitoring Recommendations^{a,b}

Topic	Recommendations
Intracranial pressure monitoring	<p>Level IIB</p> <ul style="list-style-type: none"> • Management of severe TBI patients using information from ICP monitoring is recommended to reduce in-hospital and 2-week post-injury mortality. <p>Recommendations from the prior (Third) Edition not supported by evidence meeting current standards. ICP should be monitored in <u>all salvageable patients with a TBI (GCS 3-8 after resuscitation) and an abnormal CT scan</u>. An abnormal CT scan of the head is one that reveals hematomas, contusions, swelling, herniation, or compressed basal cisterns.</p> <p>ICP monitoring is indicated in patients with <u>severe TBI with a normal CT scan if ≥ 2 of the following features are noted at admission: age >40 years, unilateral or bilateral motor posturing, or SBP <90 mm Hg.</u></p>

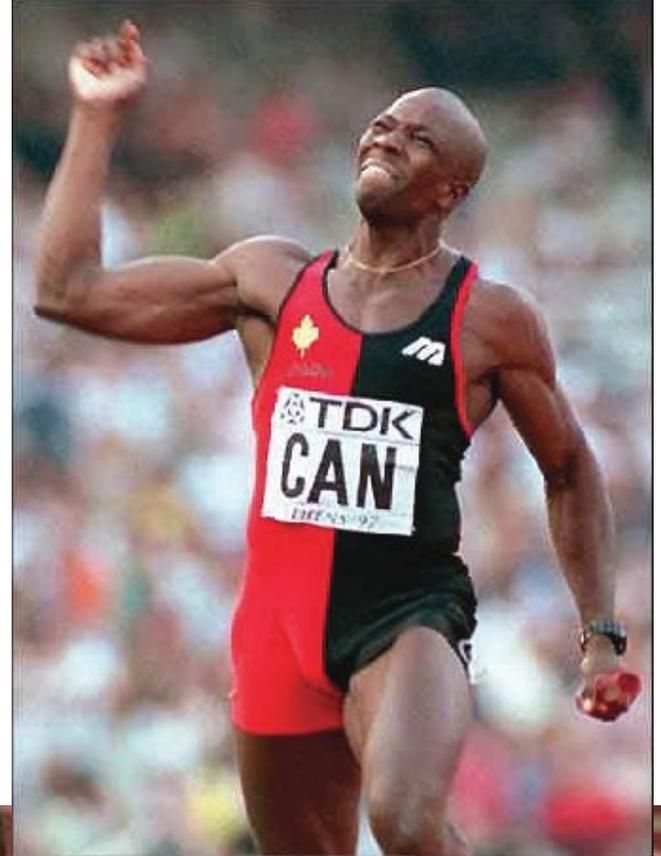
Indications for ICP monitoring	Risk of raised ICP
Severe Head Injury (GCS 3-8)	
<ul style="list-style-type: none"> • Abnormal CT scan 	50-60%
<ul style="list-style-type: none"> • Normal CT Scan Age > 40 or BP < 90mmHg or abnormal motor posturing 	50-60%
<ul style="list-style-type: none"> • Normal CT scan No risk factors 	13%
Moderate Head Injury (GCS 9-12)	
<ul style="list-style-type: none"> • If anaesthetised/sedated • Abnormal CT scan 	approx. 10-20% will deteriorate to severe head injury
Mild Head Injury (GCS 13-15)	
<ul style="list-style-type: none"> • few indications for ICP measurement 	Only around 3% will deteriorate

Altre indicazioni

- Emorragia subaracnoidea
 - blocco cisternale della circolazione liquorale
 - Indicazione a DVE
 - Possibile Idrocefalo
 - Grado Hunt & Hess 3- 4- 5
- MAV
- Ematomi intraparenchimali
- Comi metabolici con edema
- Asportazione espansi cerebrali (post operatorio)

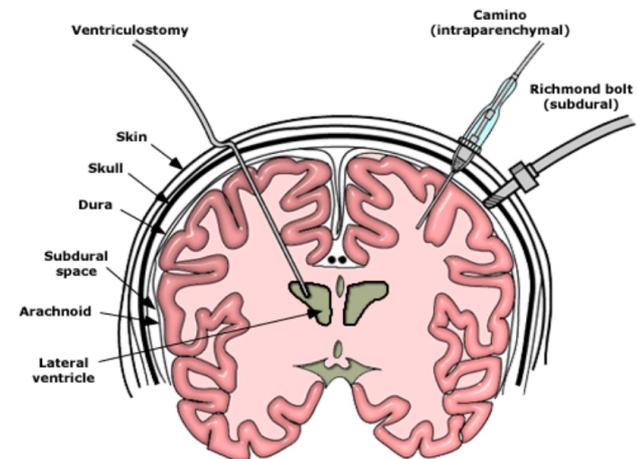
Vantaggi monitoraggio PIC

- fornisce segnali precoci di ipertensione endocranica
 - soprattutto in pazienti in cui l'esame obiettivo è limitato (sedazione)
- permette di monitorare effetti di masse intracraniche evolutive
- effettuare manovre terapeutiche su basi oggettive e per monitorare/limitare gli effetti collaterali delle stesse
- È essenziale per poter ottimizzare la pressione di perfusione cerebrale, nel tentativo di minimizzare gli insulti secondari



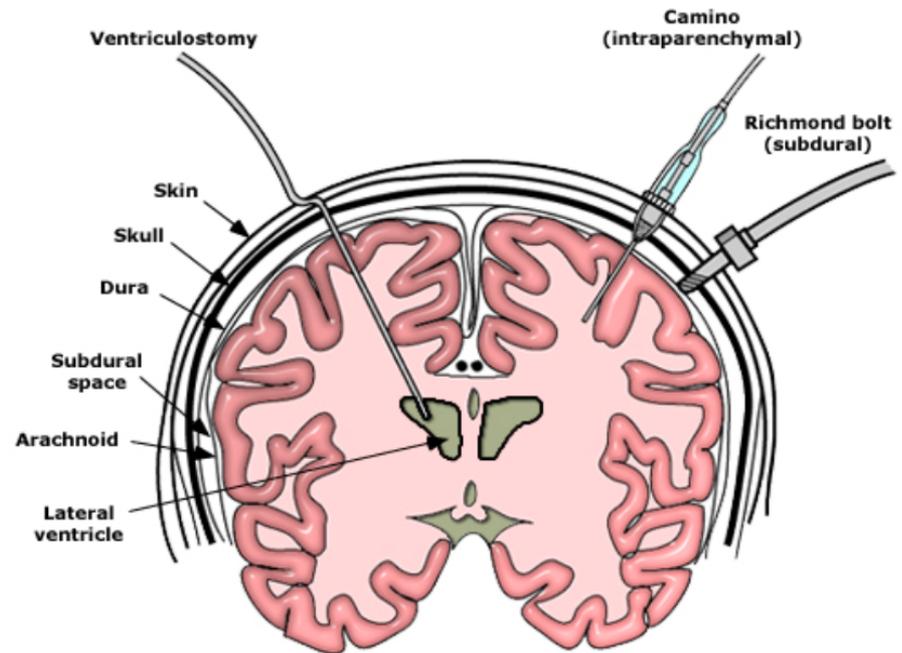


Metodi di monitoraggio



Tipi di monitoraggio - Invasivi

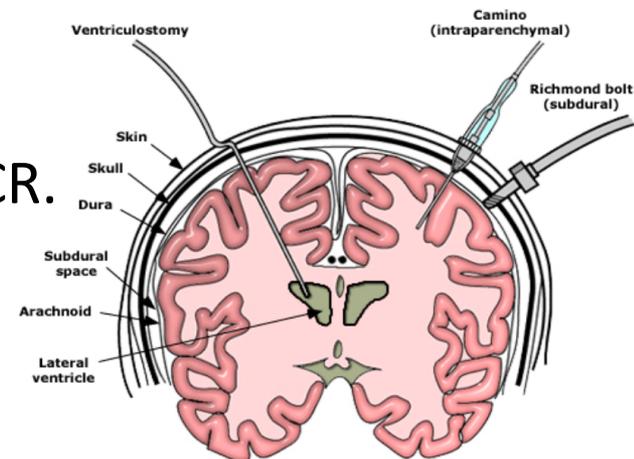
- Quattro sedi anatomiche in uso clinico:
 - intraventricolare,
 - intraparenchimale,
 - subaracnoideo,
 - epidurale



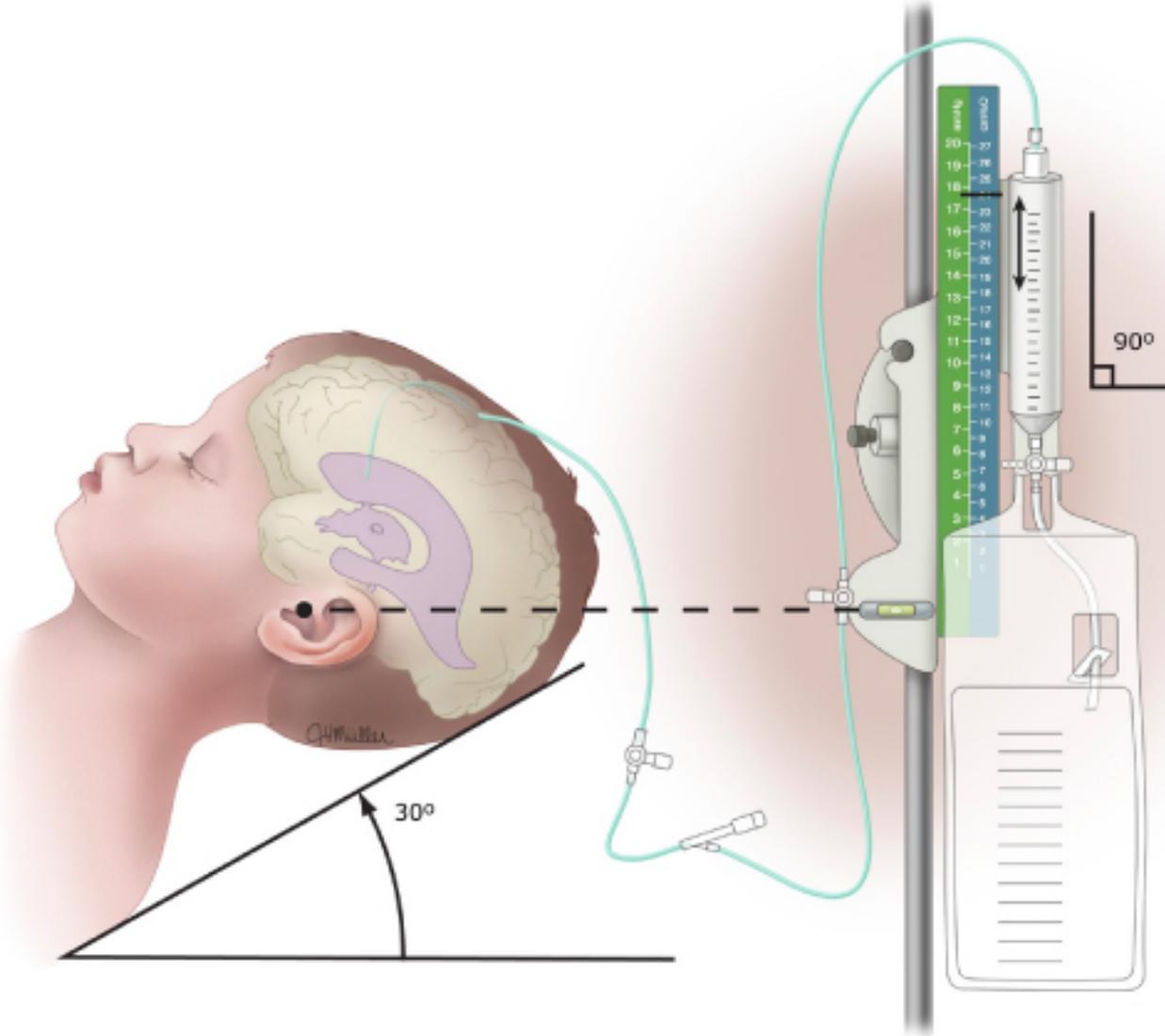
- Ogni tecnica richiede un sistema di monitoraggio diverso ed ha i suoi vantaggi e svantaggi

Intraventricolare

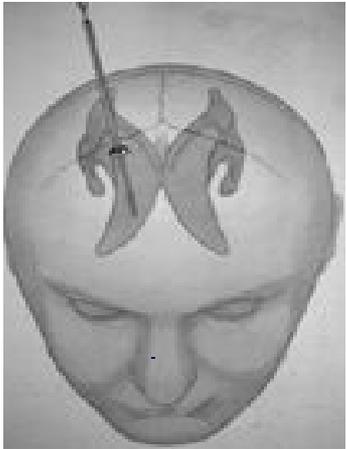
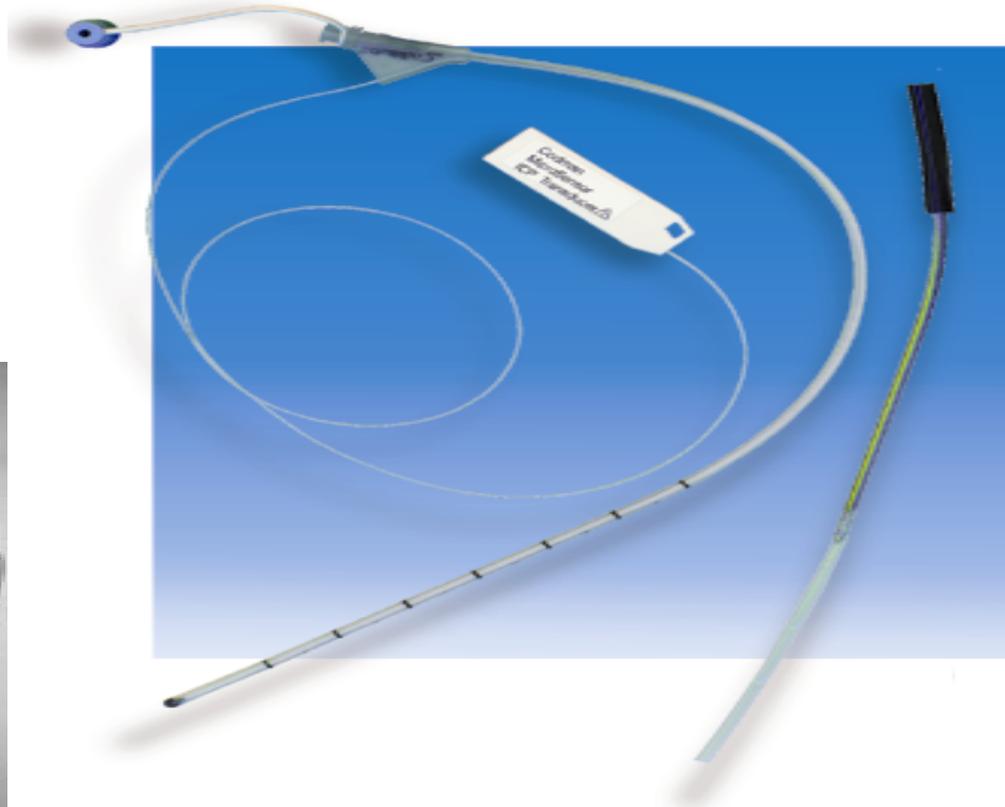
- "Gold standard" dei sistemi di monitoraggio PIC.
- Posizionamento chirurgico nel sistema ventricolare
- Connesso a sacca di raccolta e trasduttore con semplice rubinetto a 3 vie
- Vantaggi:
 - accuratezza,
 - semplicità di misurazione
 - possibilità terapeutica – drenaggio LCR.



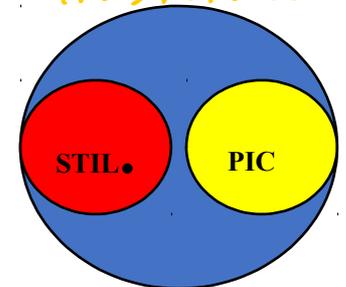
External ventricular drain



Sensore PIC intraventricolare

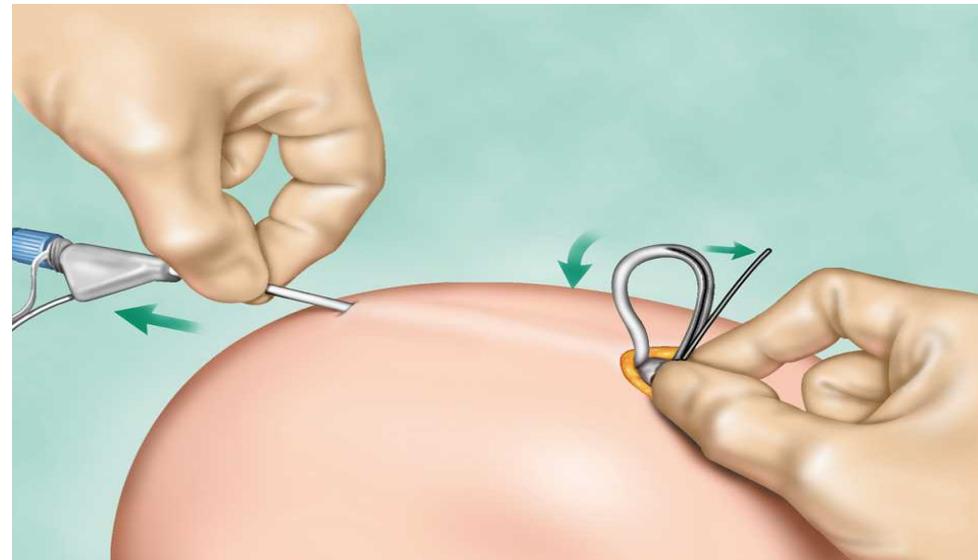
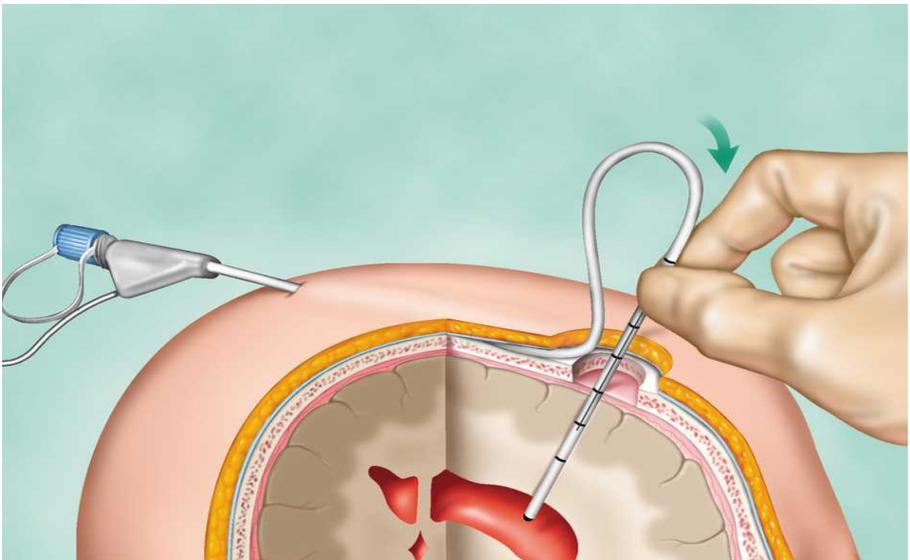
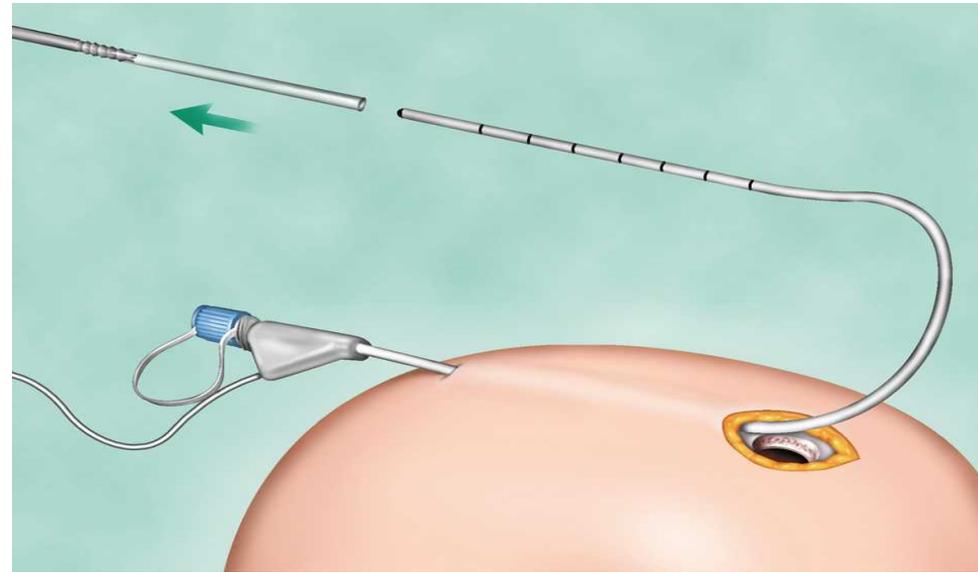
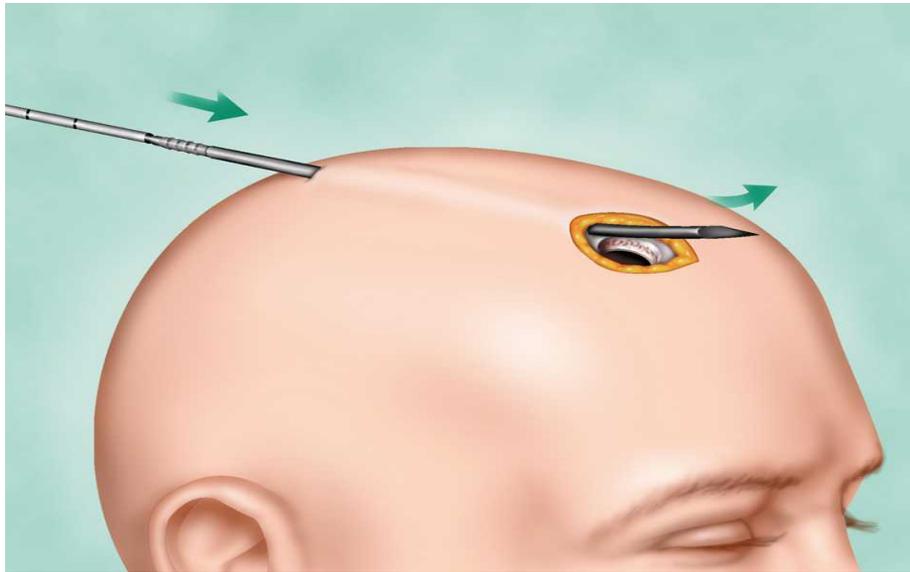


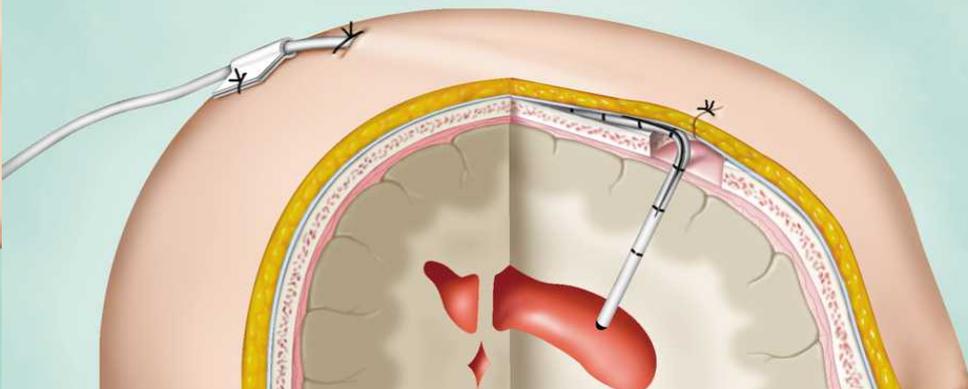
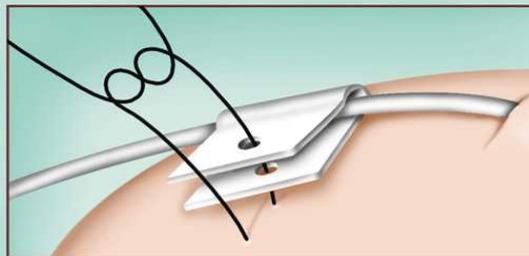
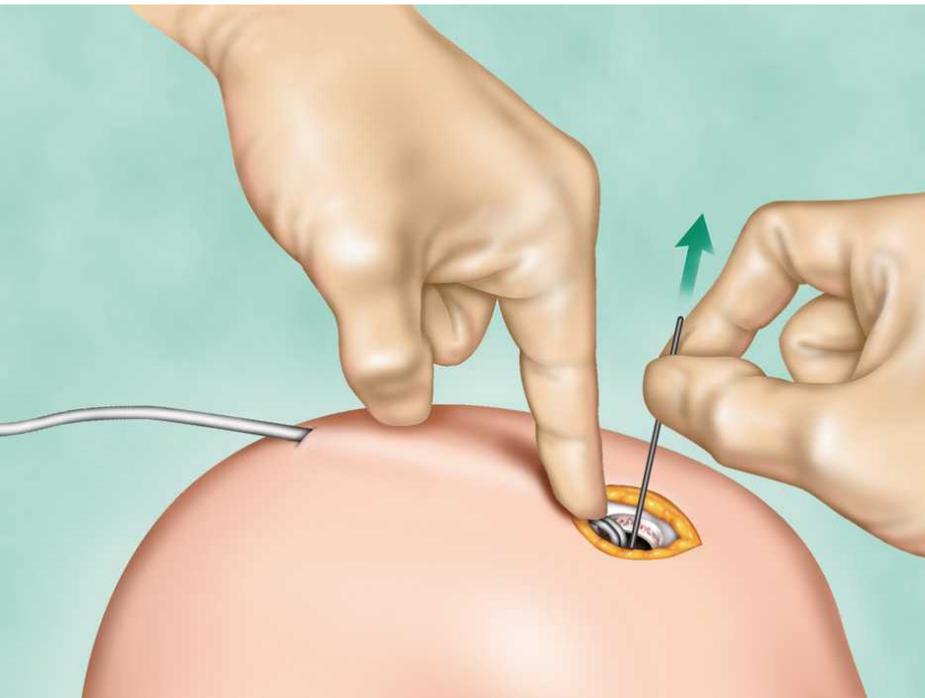
Sezione trasversale



- Primo lume: Catetere per il drenaggio ext.
- Secondo lume: Sensore PIC
- Terzo lume: Stiletto per l'inserimento

Posizionamento catetere intraventricolare





Intraventricolare

- Svantaggi:

- Infezioni

- Fino al 20% in alcune casistiche (media 9 %)
 - Maggiore la permanenza maggiore il rischio
 - Sostituzioni profilattiche del catetere non riducono il rischio
 - Linee guida: no profilassi antibiotica
 - Mayhall CG. N Engl J Med 1984; 310:553.
 - Holloway KL. J Neurosurg 1996; 85:419.
 - Carney N. Neurosurgery 0:1–10, 2016

- Emorragia:

- Circa 2%
 - Maggiore se coagulopatia

- Tecnicamente difficile se ventricolo è piccolo

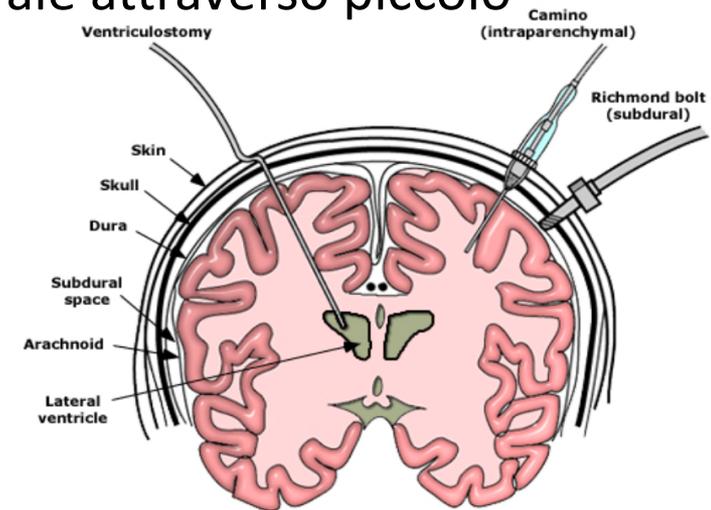
- Es. trauma con edema cerebrale → compressione ventricolare

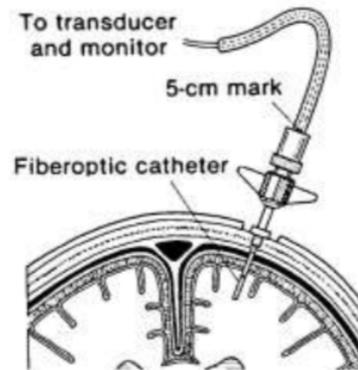
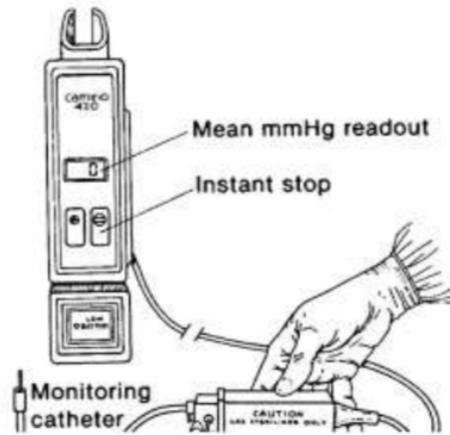
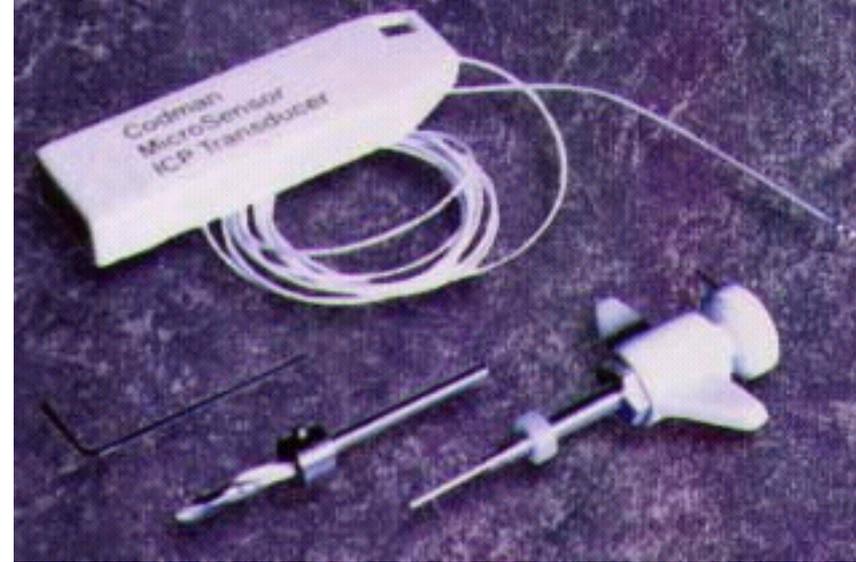
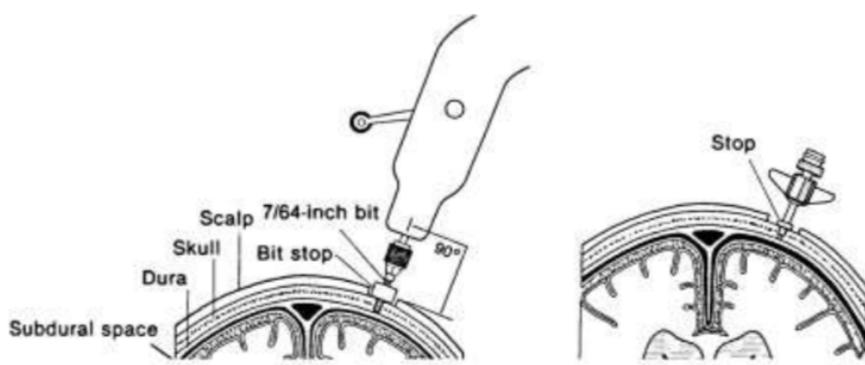
- Malposizionamento (4-20%) e occlusione



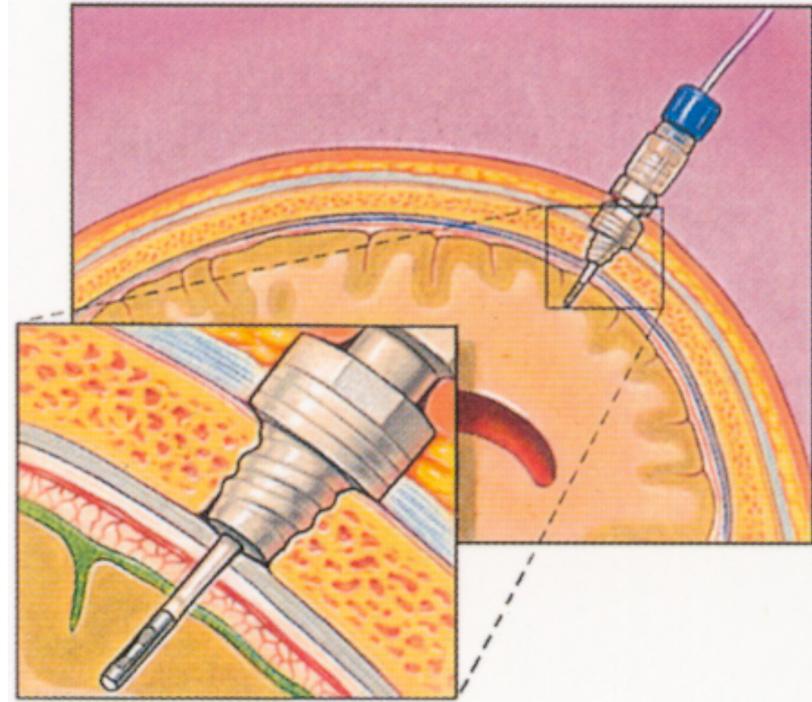
Intraparenchimale

- Catetere sottile con sulla punta trasduttore elettronico o a fibra ottica
- Inserito direttamente nel parenchima cerebrale attraverso piccolo foro di trapano
- Vantaggi:
 - Facilità di posizionamento
 - Basso rischio di infezioni
 - Basso rischio emorragico (<1%)
- Svantaggi:
 - Impossibilità di drenare liquor (diagnostico/terapeutico)
 - Non ricalibrabile – potenziale perdita di accuratezza ("drift") con i giorni
 - Rischio di malfunzionamento ad aumentare della complessità del sistema





Subdurale Parenchimale con bullone



- RMN compatibile
- Non crea artefatti durante RMN

Affidabilità sistema intraparenchimale

- Oggetto di dibattito tra autori:
 - 1) Solo piccola variazione (1 mmHg) in 163 pz
 - Poca MA. J Neurotrauma 2002; 19:439.
 - 2) Variazioni di >3 mmHg in >50% dei pz
 - Piper I. Neurosurgery 2001; 49:1158.
- Es. produttore
 - 4 giorni: da 0,25 a 0,59 mmHg
 - 6 giorni: 0,75 mmH
 - 9 giorni: < 1.0 mmHg

Intraparenchimale - Unità di interfaccia al monitor

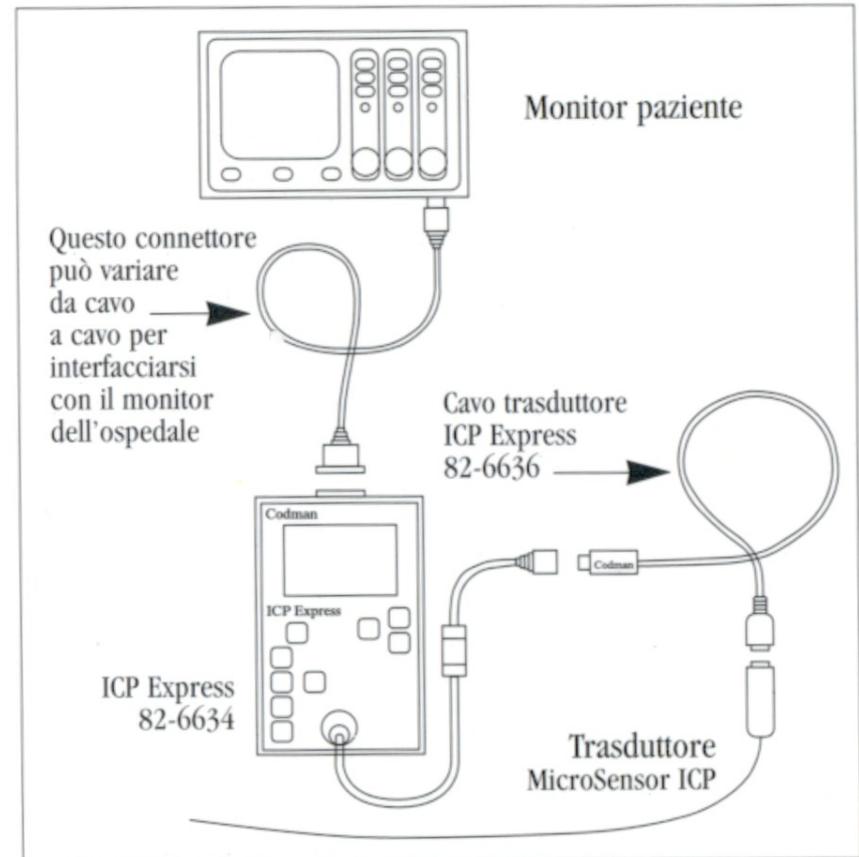
Codman - MicroSensor

Camino – Fibra ottica

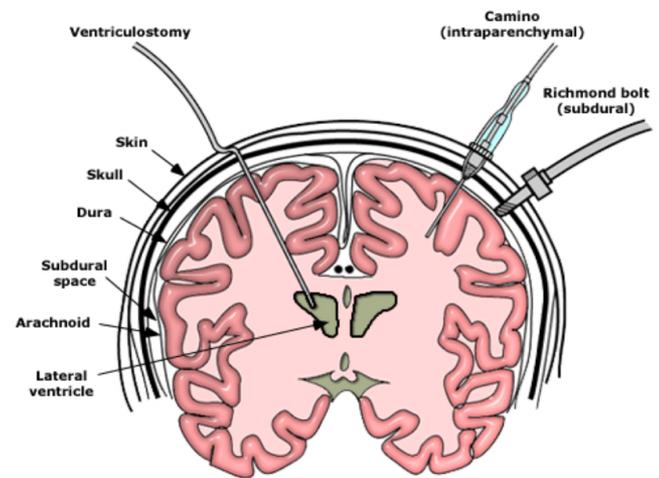


Intraparenchimale - Unità di interfaccia al monitor

- Riporta sul display il valore della PIC
- E' compatibile con tutti i monitor paziente
- Utilizzabile come monitor da trasporto
- Memorizzazione dello zero

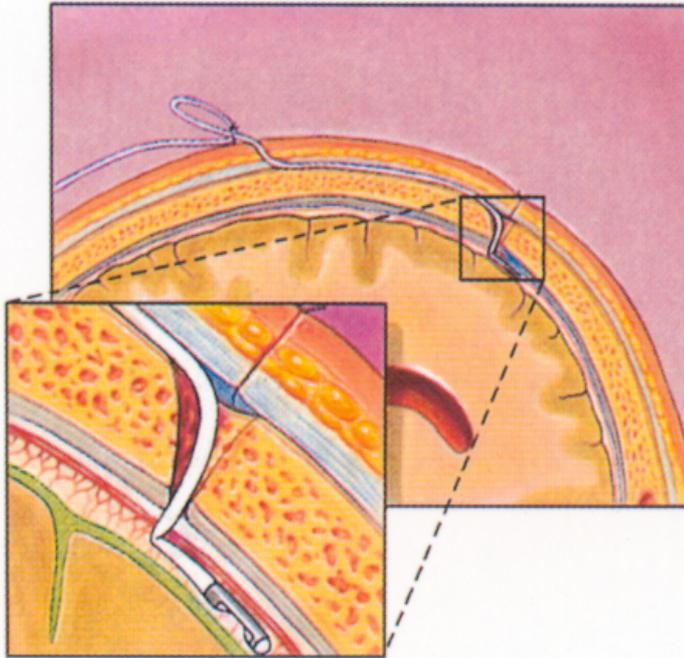


Subaracnoideo

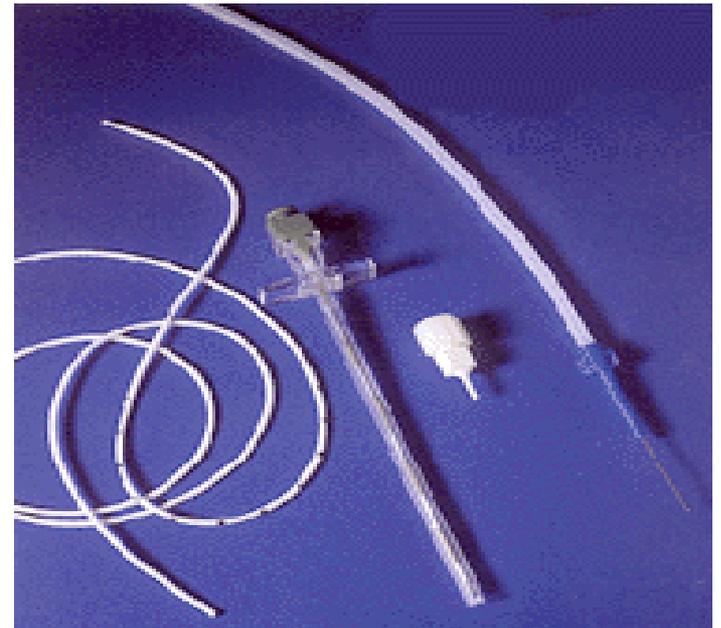


- Vite cava attraverso cui viene inserito in prossimità della dura un catetere riempito d'acqua (trasduzione idraulica)
- Puntura intenzionalmente della dura mettendo in comunicazione il liquor con la colonna di liquido e trasduttore
- Vantaggi:
 - basso rischio infettivo & emorragico
- Svantaggi:
 - si occludono facilmente – spesso inaffidabili
- Ritenuti meno accurati dell'intraventricolare
- Poco usato

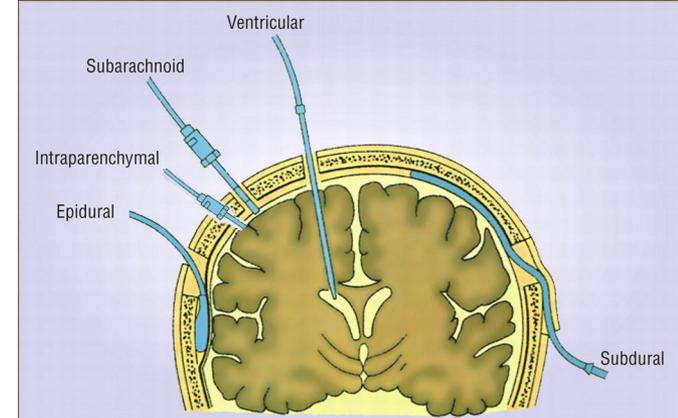
Subdurale



- Semplicità di impianto
- Possibilità di utilizzo anche a livello lombare

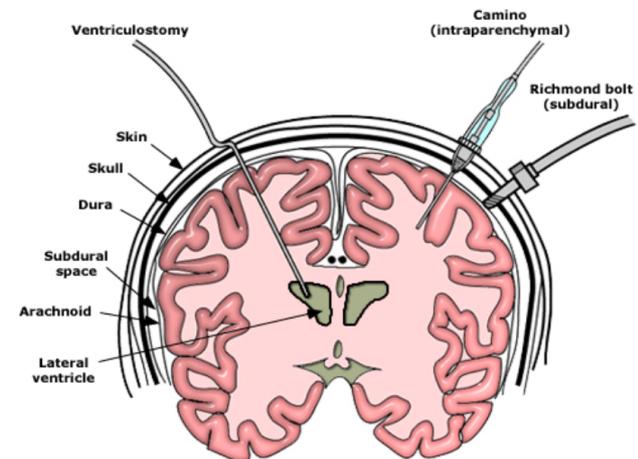


Epidurale



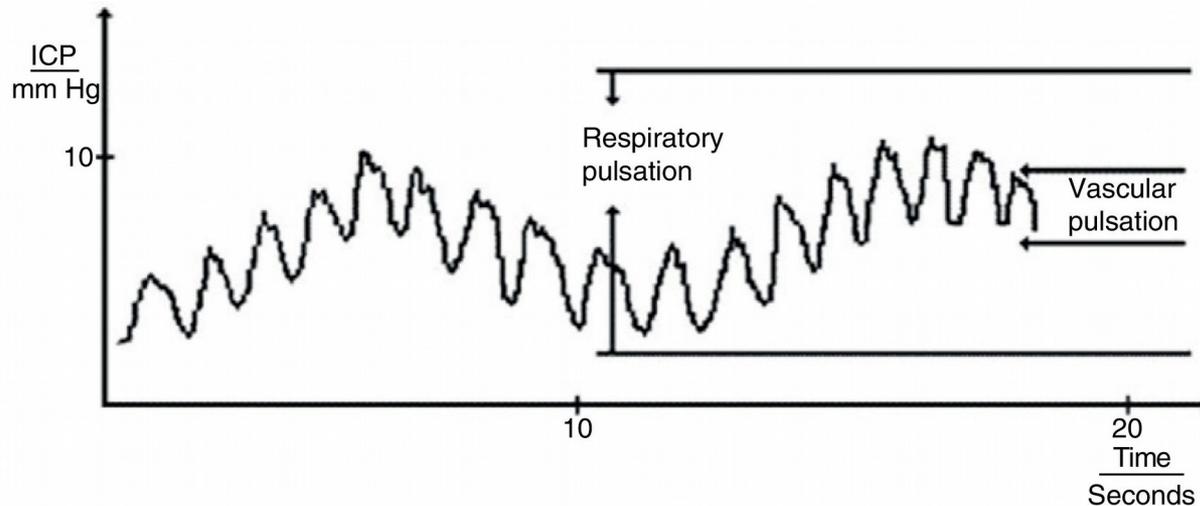
- Trasduttori ottici a contatto con la dura
- Spesso non accurati perché la dura smorza la pressione trasmessa allo spazio epidurale
- Poco usati in ambito clinico
- Utilizzati in pz coagulopatici con encefalopatia epatica complicata da edema cerebrale
 - Rischio molto minore di emorragia: 4% vs. 20-22% dei intraparenchimali
 - Emorragia fatale 1 vs 4-5%

Analisi forme d'onda



Forma d'onda

- PIC non è un valore statico
- Risente di ciclo:
 - Respiratorio (onde B)
 - Cardiaco (onde C)
 - ...e della compliance intracranica



Compliance

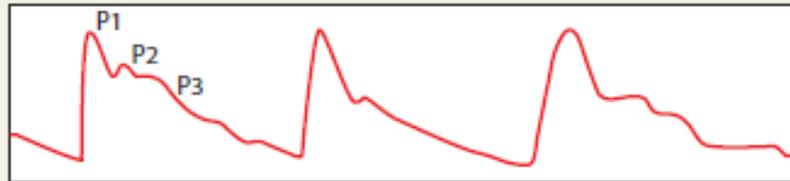
ICP Waveform

- P1: percussion wave—transmitting through the cerebral arterial tree to the choroid plexus (ventricles)
- P2: tidal wave—compliance; early impairment in cerebral vasomotor paralysis, brain swelling, etc; reflects the venous compartment and its normal amplitude is 80% of P1
- P3: dichrotic wave—reflects the aortic valve closure

Conditions (examples)

Related cerebral physiology

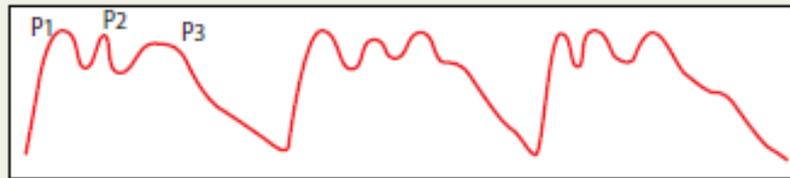
Normal compliance



Normal ICP, normal brain compliance

Three peaks of decreasing height. P1 generally with a sharp peak and a fairly constant amplitude. P2 is more variable and ends at the dichrotic notch. P3 follows the dichrotic notch and is not discernable at times

Reduced compliance



Severe arterial hypotension; hyperventilation

Decrease mean ICP; decrease ICP waveform amplitude P2 with little change in P1

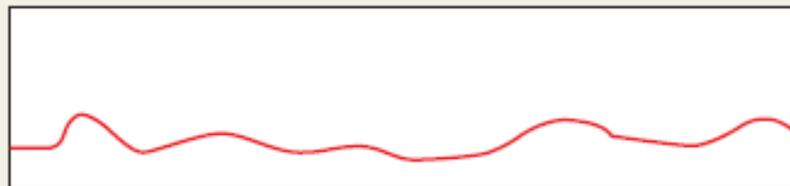
Increased amplitude



Rapidly expanding mass lesion; severe arterial hypertension; severe hypercapnia and/or hypoxia; jugular vein compression

Increases mean ICP
Increases ICP amplitude, mainly P2 and P3
Rounding of ICP waveform due to increase in later waveform components

Dampened waveform

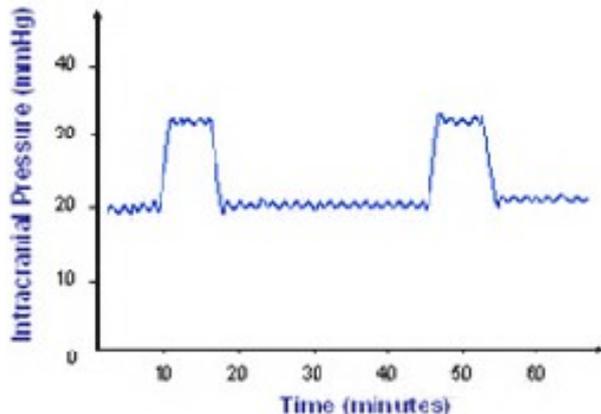


Individuals with craniectomy or open skull (TBI)

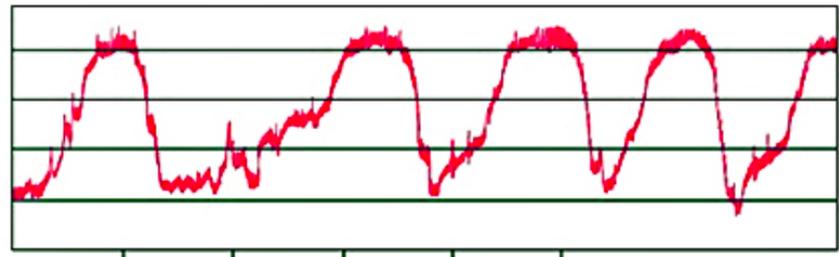
ICP waveform dampened and low in amplitude

Forma d'onda

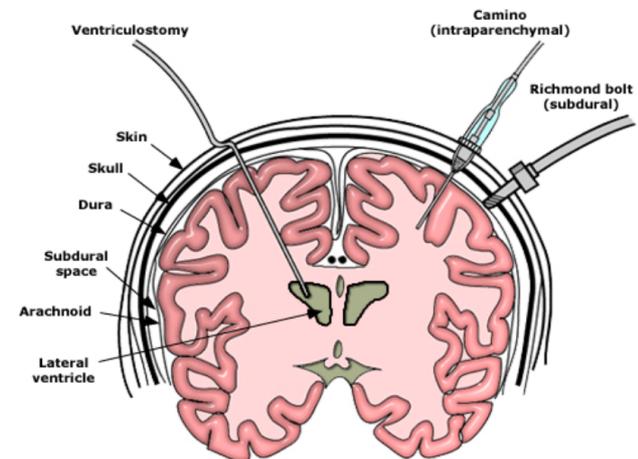
- La forma d'onda offre informazioni, es:
 - Onda A (onda di plateau):
 - improvvisa marcata elevazione della PIC (50-100 mmHG)
 - Da minuti a ore (2-20 min)
 - Esprime perdita di compliance intracranica:
 - preannuncia imminente perdita di compenso dei sistemi di autoregolazione
 - richiede intervento urgente per controllare la PIC



Pathologic A waves



Metodiche alternative

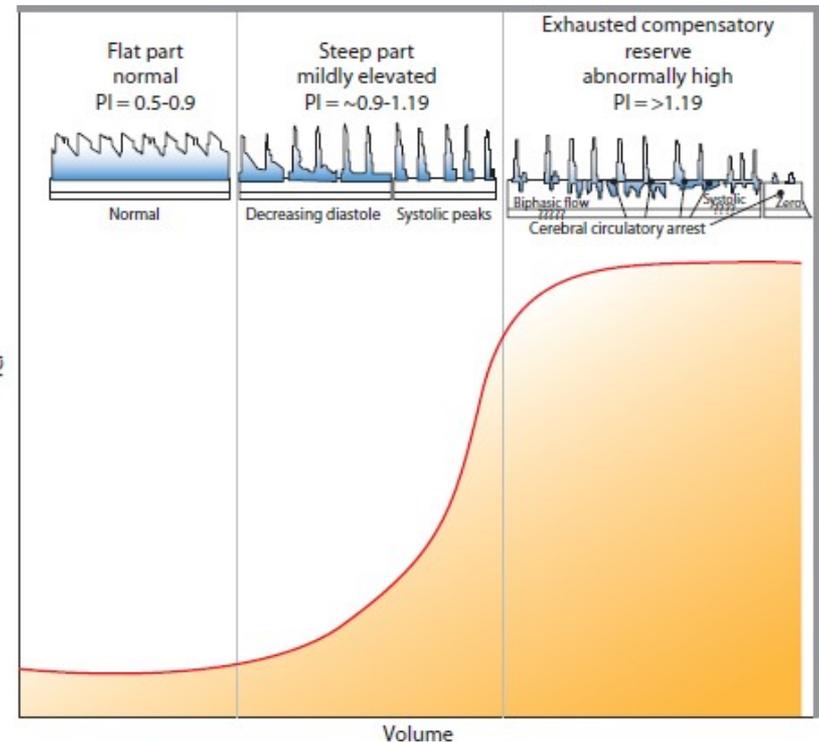


Monitoraggio non-invasivo

- Monitoraggi non-invasivi e metabolici si stanno facendo sempre più strada
- La rilevanza clinica non ancora assodata:
 - Mancanza di risultati clinici positivi riproducibili
 - Non valutati in grandi trial clinici
- I più impiegati in ambito clinico sono:
 - Doppler transcranico
 - Ecografia nervo ottico

Doppler Transcranico (TCD)

- Misura la velocità del sangue nella porzione prossimale della circolazione cerebrale
- Stima la PIC sulla base delle variazioni della forma d'onda pressoria in risposta all'aumento della resistenza al flusso cerebrale



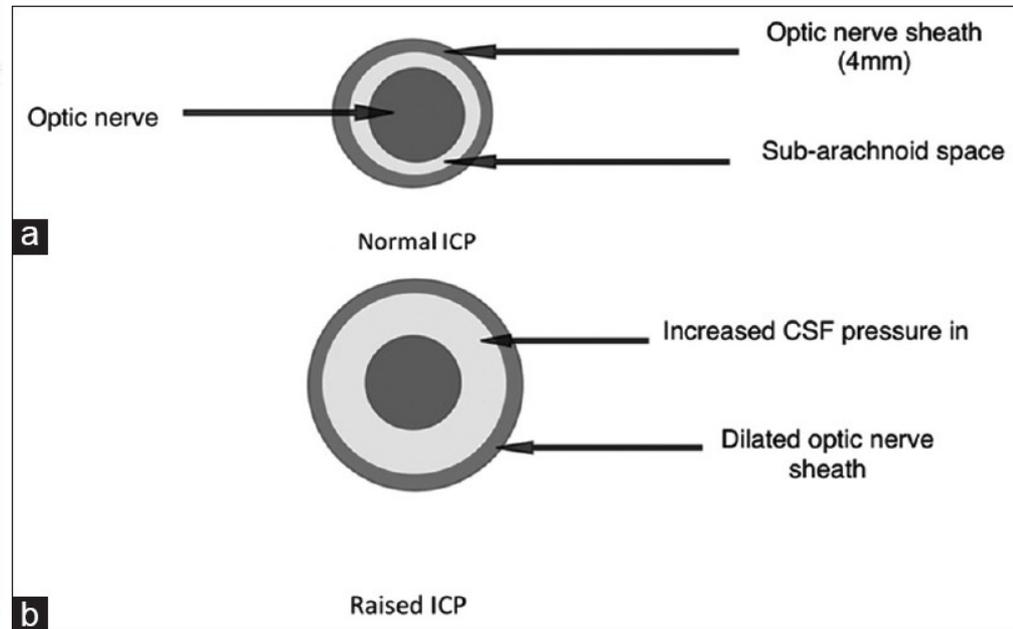
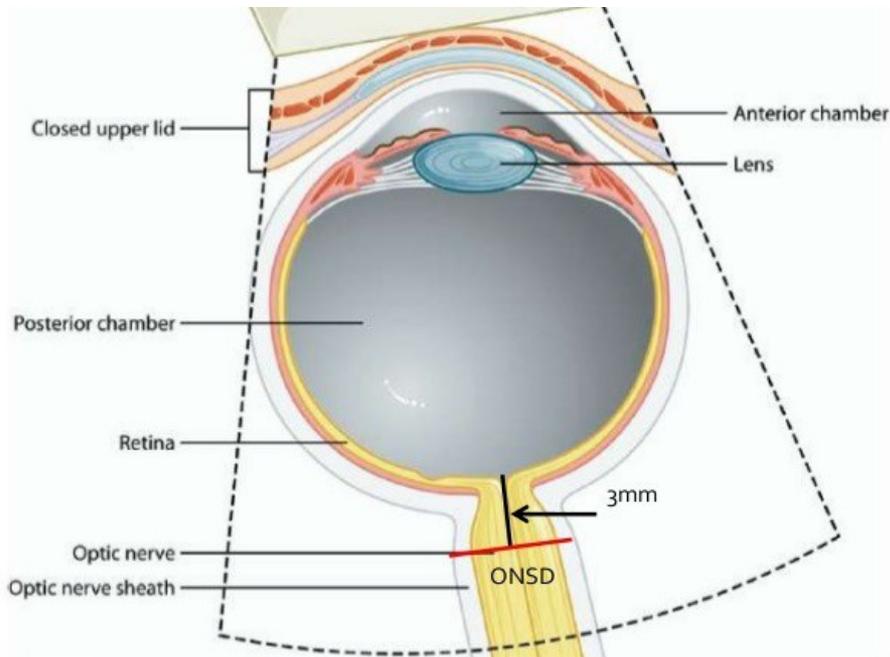
Doppler Transcranico (TCD)

- In generale, TCD è un predittore scadente della PIC
- Operatore dipendente
- Tuttavia in pazienti con trauma il reperto TCD può correlare con l'esito a 6 mesi:
 - Kristiansson H. J Neurosurg Anesthesiol 2013; 25:372.



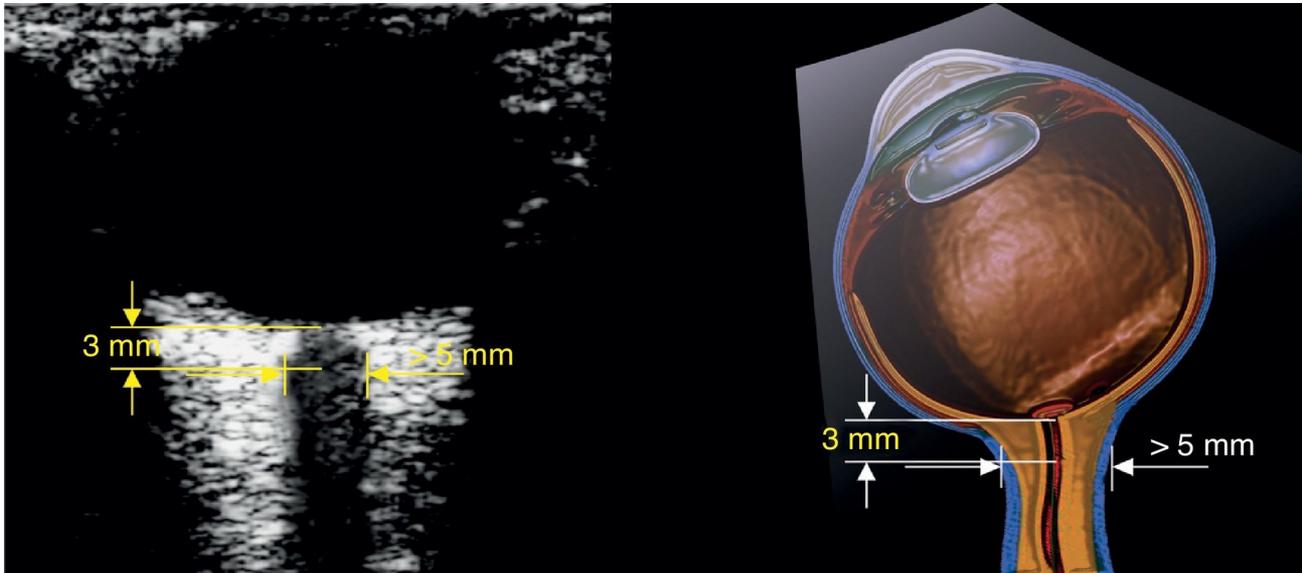
Ecografia nervo ottico

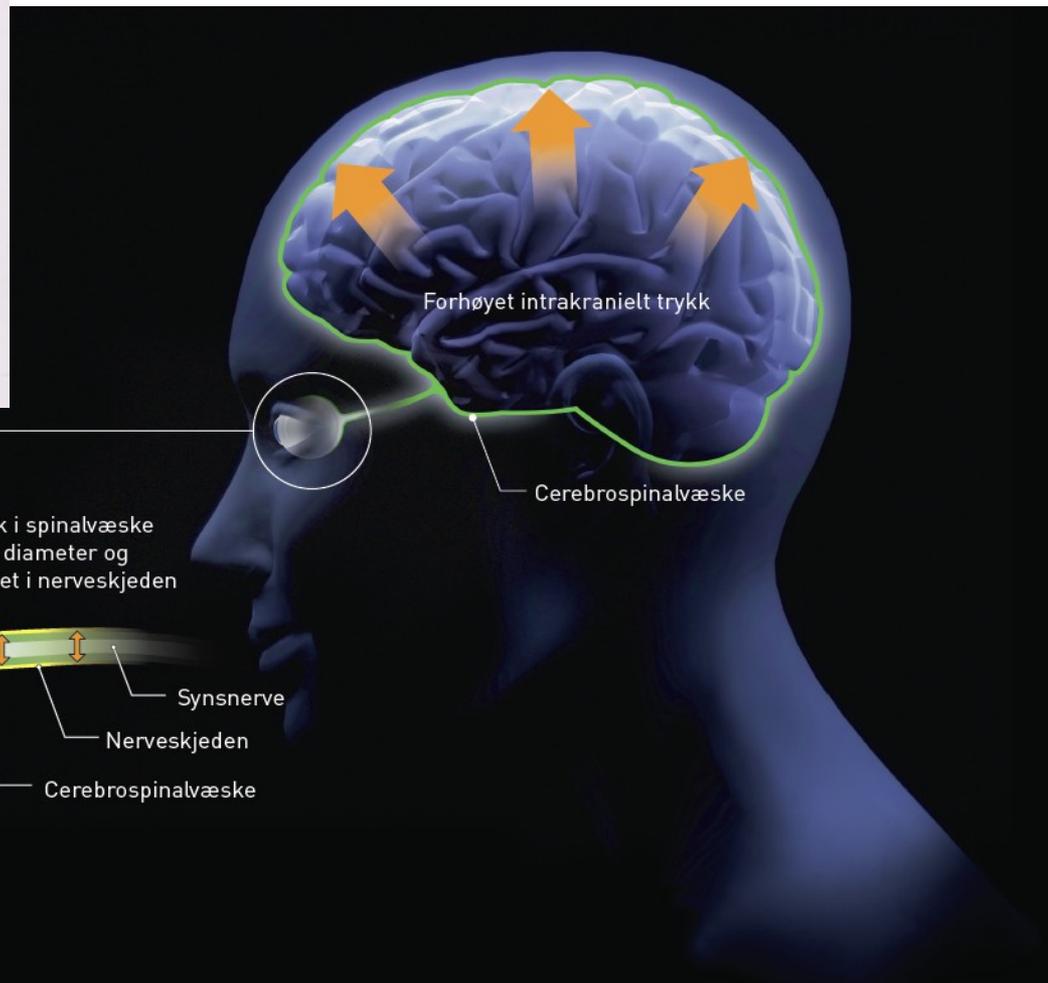
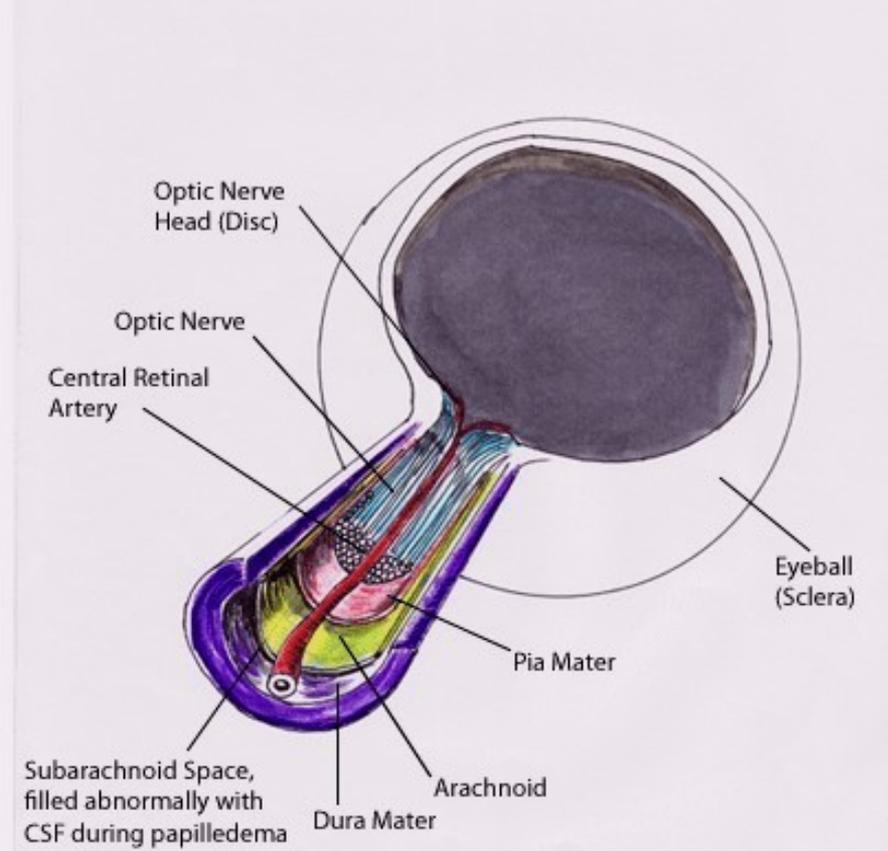
- Misura diametro nervo ottico
- Correla con pressione intracranica



Ecografia nervo ottico

- Diversi studi:
 - Diametro $> 5-6$ mm (diversi valori soglia in letteratura)
 - Discrimina tra PIC normale ed elevata
 - Pazienti con emorragia intracranica e trauma cranico
 - Dubourg J. Intensive Care Med 2011; 37:1059.





Altre metodiche

- Analisi della risonanza tissutale (tissue resonance analysis - TRA)
- Misura non-invasiva della pressione intraoculare
- Spostamento della membrana timpanica misurato con audiometro ad impedenza
 - Aumento PIC trasmette onda di pressione alla membrana timpanica tramite l'endolinfa

Forza raccomandazioni monitoraggio PIC limitata

dall'assenza di grandi RCT che abbiano preso in esame
gli effetti del monitoraggio PIC e trattamento
sull'outcome

The NEW ENGLAND JOURNAL of MEDICINE

ESTABLISHED IN 1812

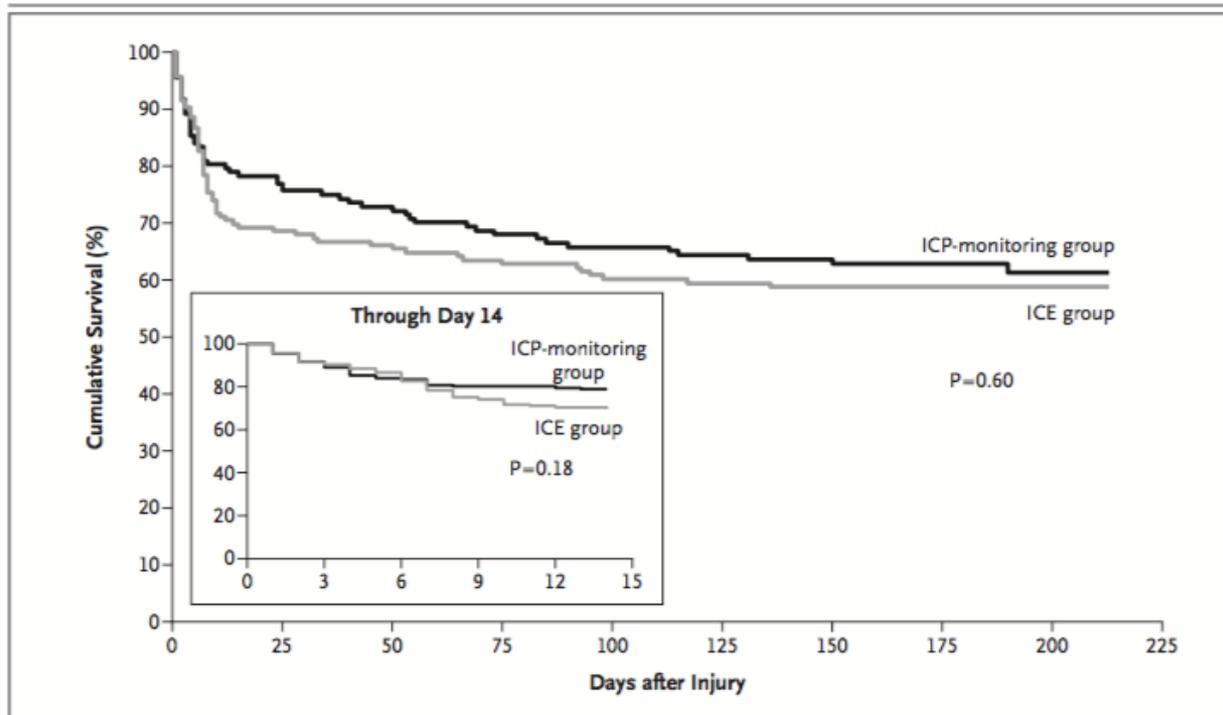
DECEMBER 27, 2012

VOL. 367 NO. 26

A Trial of Intracranial-Pressure Monitoring in Traumatic Brain Injury

Randall M. Chesnut, M.D., Nancy Temkin, Ph.D., Nancy Carney, Ph.D., Sureyya Dikmen, Ph.D., Carlos Rondina, M.D., Walter Videtta, M.D., Gustavo Petroni, M.D., Silvia Lujan, M.D., Jim Pridgeon, M.H.A., Jason Barber, M.S., Joan Machamer, M.A., Kelley Chaddock, B.A., Juanita M. Celix, M.D., Marianna Cherner, Ph.D., and Terence Hendrix, B.A.,
for the Global Neurotrauma Research Group*

- RCT
- 324 pazienti
- Bolivia o Ecuador
- Protocollo per monitoraggio PIC → trattamento PIC < 20 mmHg
- Versus Imaging & Clinical Evaluation (ICE)



CONCLUSIONS

For patients with severe traumatic brain injury, care focused on maintaining monitored intracranial pressure at 20 mm Hg or less was not shown to be superior to care based on imaging and clinical examination. (Funded by the National Institutes of Health and others; ClinicalTrials.gov number, NCT01068522.)

Conclusioni

- Monitoraggio PIC & trattamento PIC-guidato rimangono i cardini della neuroranimazione
- DVE rimane il più affidabile, vantaggioso ed accurato metodo di monitoraggio della PIC
 - Consente drenaggio LCR
 - Infezione ed emorragia i principali rischi
- Sistemi intraparenchimali sempre più diffusi
 - Facili da inserire con basse complicanze
 - Drift dello zero e malfunzionamento
- Nuove tecnologie favoriscono tecniche emergenti non-invasive

