

Pression intracrânienne: Physiologie et Monitoring

Cours de sciences de base

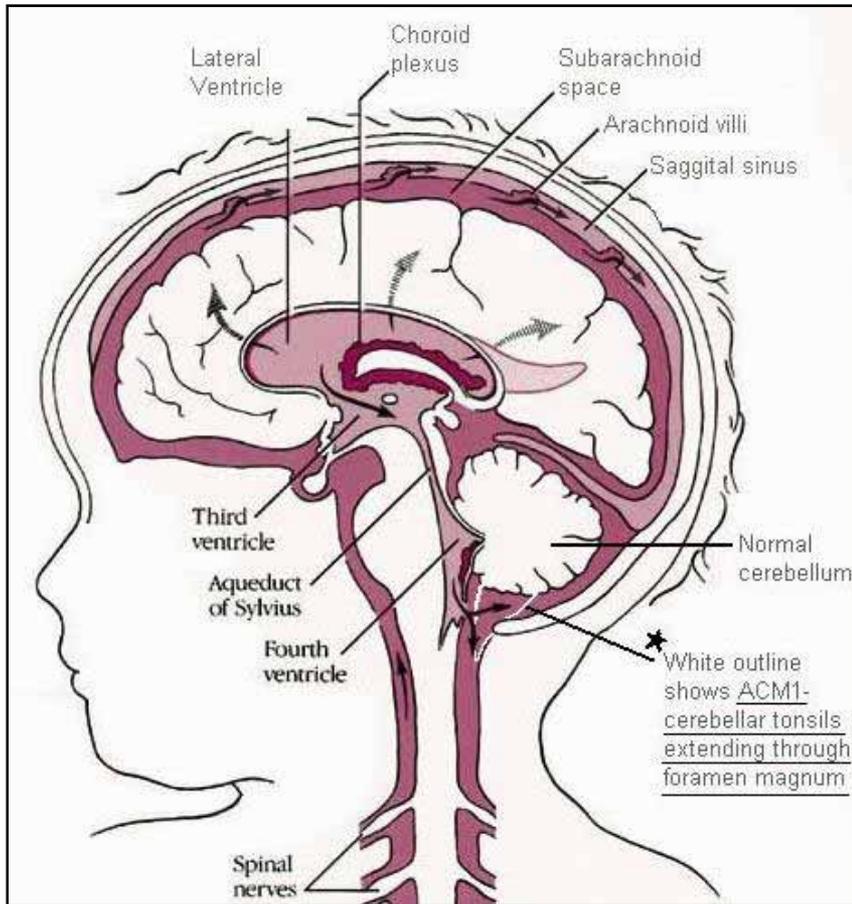
23 janvier 2008

Dr Sonia Charboneau

Plan

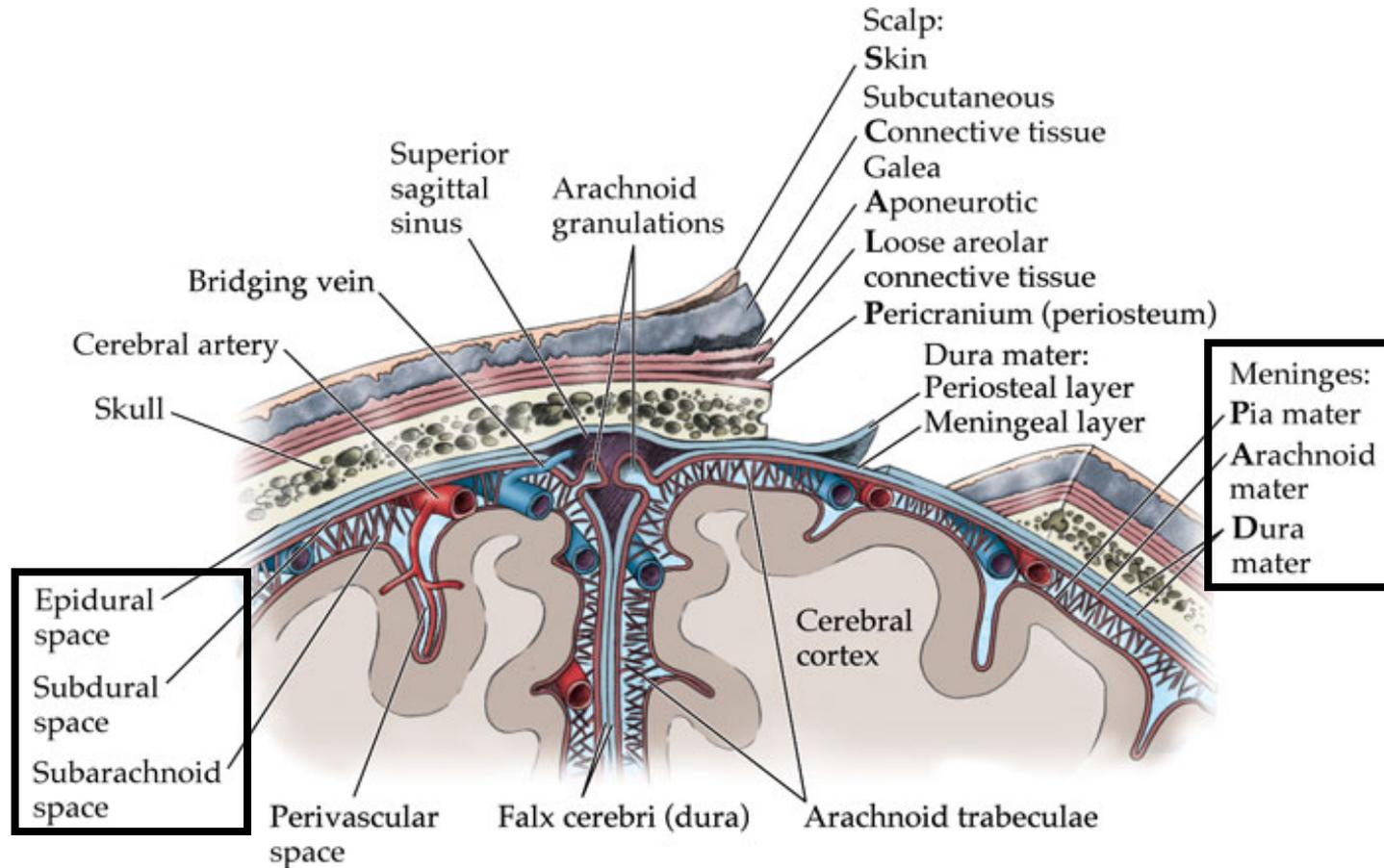
- Anatomie
- Physiologie
- Monitoring:
 - Indications
 - Types de moniteurs
 - Courbes de PIC
- Compartimentation et herniation

Anatomie



- Ventricules:
 - Latéraux
 - Troisième
 - Quatrième
- Communications:
 - Foramen de Monro
 - Aqueduc de Sylvius
 - Foramina de Luschka
 - Foramen de Magendie
- Citernes

Anatomie



© 2002 Sinauer Associates, Inc.

Physiologie: LCR

- Cerveau:
 - Solide visco-élastique
 - Poids dans l'air: 1400g
 - Poids effectif dans le LCR: 50g
- LCR:
 - Rôles:
 - Support et protection lors des mouvements ou changements de position
 - Contrôle de l'environnement chimique
 - Support et protection aidés par méninges et calvarium

Physiologie: LCR

- Production:
 - Plexus choroïdiens (50-80%)
 - Surface épendymaire (ad 30%)
 - Taux de formation: 0.35 ml/minute (ou 20 ml/h, or 500 ml/j)
- Circulation: système ventriculaire
- Absorption:
 - Villosités et granulations arachnoïdiennes (sinus veineux)
 - Sites intracrâniens (85%) ou spinaux (15%)

Physiologie: LCR

- Facteurs affectant la production de LCR:
 - Augmentation de la PIC (peu d'effet)
 - Stimulation neurogénique
 - Tumeurs (papillome du plexus choroïde)
- Facteurs affectant l'absorption de LCR:
 - Modifications de la PIC et de la pression veineuse
- Effets médicamenteux

Physiologie

Doctrine Monroe-Kellie

- 3 compartiments essentiellement non-compressibles :
 - 80% tissu cérébral (1200-1600 cc)
 - 10% LCR (100-150 cc)
 - 10% sang (100-150 cc)
- Boîte crânienne rigide

Physiologie

Doctrine Monroe-Kellie

- Situation normale:
 - Équilibre dynamique entre les 3 composantes
- Situation anormale:
 - Augmentation du volume d'une des composantes
 - Doit entraîner une diminution du volume des autres composantes SINON
 - Augmentation de la PIC

Facteurs entraînant la modification du volume intracrânien

- Volume ajouté: vitesse d'expansion
- Volume tissulaire: formation d'œdème
- LCR:
 - Production et absorption
 - Position de la tête
 - Translocation extracrânienne
- Volume sanguin:
 - TA
 - PaCO₂
 - Position de la tête
 - Médicaments vasodilatateurs cérébraux

Physiologie

Mécanismes compensatoires:

– LCR:

- Translocation du LCR vers l'espace sous arachnoïdien spinal
- Augmentation de l'absorption de LCR
- Mécanisme primaire et principal

– Volume sanguin cérébral:

- Translocation du sang veineux vers réseau veineux extracrânien
- Mécanisme secondaire et limité

– Tissu cérébral:

- Réduction de volume très limitée

Physiologie

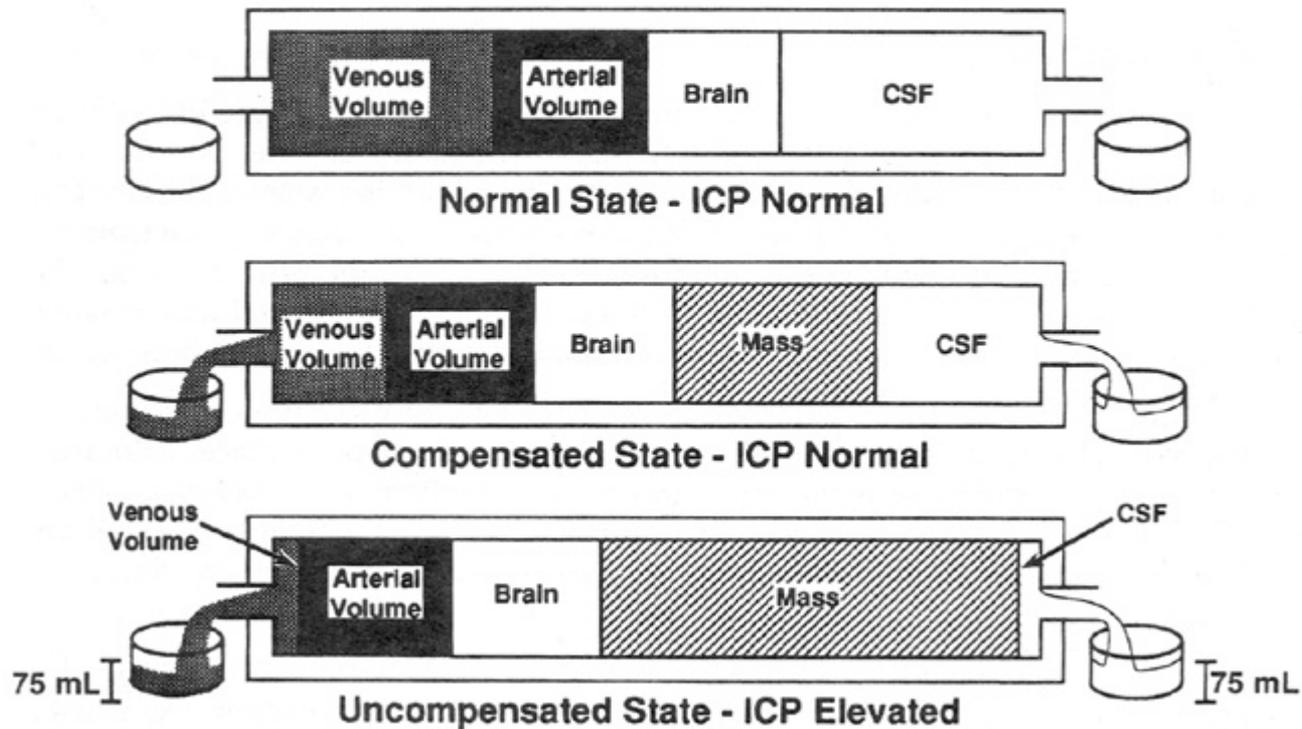
Efficacité des mécanismes compensatoires:

- Taille de la masse
- Vitesse d'expansion de la masse
- Degré d'œdème cérébral
- Intégrité de l'autorégulation

Physiologie

**FIGURE 1
MONRO-KELLIE DOCTRINE**

INTRACRANIAL COMPENSATION FOR EXPANDING MASS



Courbe Pression / Volume

- Compliance:
 - Tolérance à l'ajout de volume
 - $\Delta V / \Delta P$
 - Indice de réserve compensatoire
- Quantification de la compliance:
 - Pressure-volume index (PVI)
 - $PVI = \Delta V / (\log (P_p / P_o))$
 - PVI 22-30 ml = normal
 - PVI 13 ml ou moins = critique

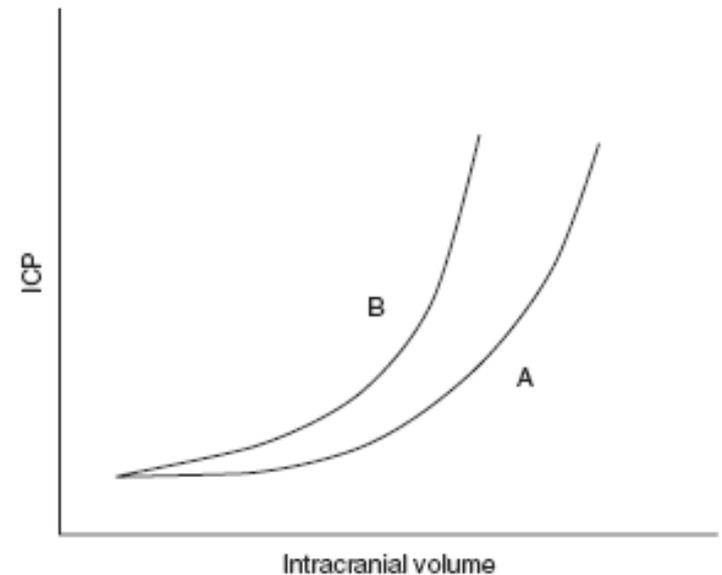
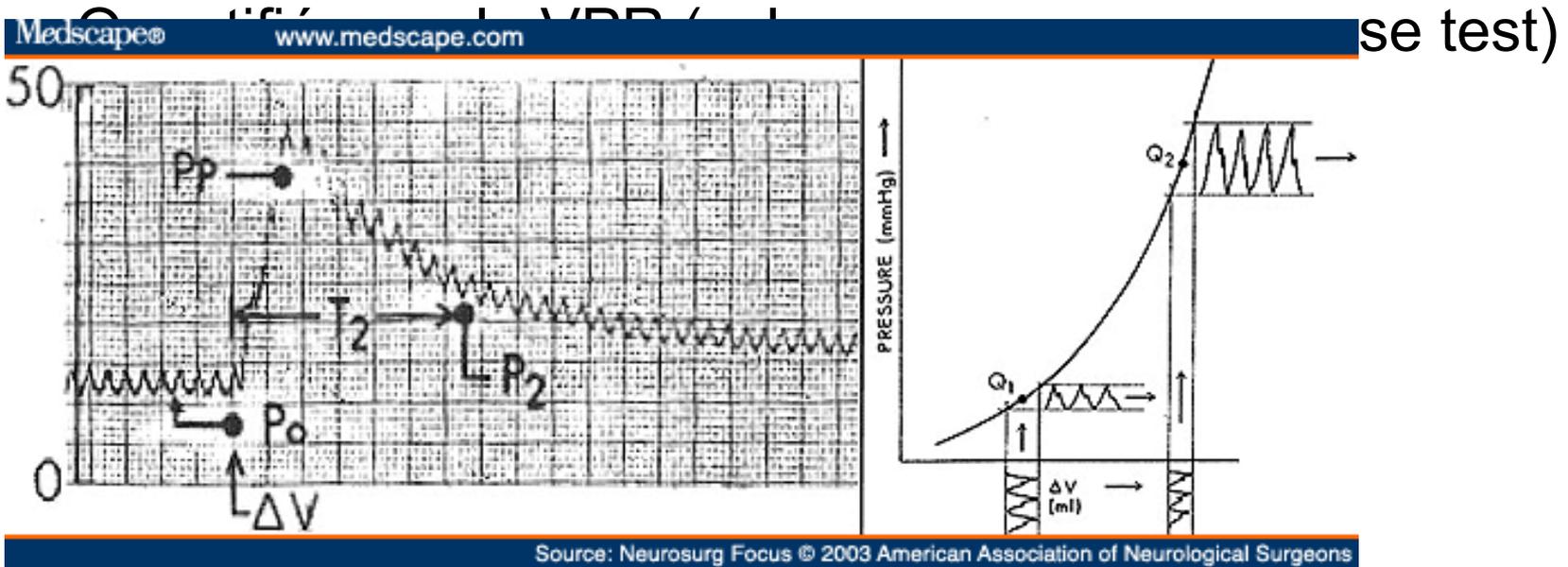


Figure 1 Pressure volume curves of the craniospinal contents: (A) normal pressure-volume curve of a compliant system; (B) pressure-volume curve when brain compliance is reduced.

Courbe Pression / Volume

- Élastance:
 - Changement de pression par rapport à un changement unitaire de volume
 - $\Delta P / \Delta V$ (inverse de la compliance)



Source: Neurosurg Focus © 2003 American Association of Neurological Surgeons

- Pathologique: ≥ 5 mmHg / ml

Courbe Pression / Volume

Capacitance cérébrale:

- Concept de vitesse d'accomodation du cerveau à un volume intracrânien
- Déterminée par des mesures de compliance dans le temps
- Prédiction de l'impact clinique d'une lésion cérébrale évolutive

Physiologie

- Valeurs normales de la PIC
 - Adultes: 0-10 mmHg (<10-15 mmHg)
 - Enfants: 0-5 mmHg (3-7 mmHg)
- Variations physiologiques de la PIC
 - Position corporelle
 - Pression intra-abdominale et intra-thoracique
 - Retour veineux cérébral
 - Sommeil

Physiologie

- Valeurs anormales de la PIC:
 - > 15 mmHg soutenu
 - 20 mmHg: limite acceptable chez le trauma crânien
 - 21 - 40 mmHg: HTIC modérée
 - > 40 mmHg: HTIC sévère
 - > 60 mmHg: HTIC critique
- Importance de la PIC:
 - Ischémie ($PPC = TAM - PIC$)
 - Compression

Buts du monitoring

- Optimiser la pression de perfusion cérébrale (PPC = TAM – PIC)
- Détecter précocement les variations de la PIC
- Évaluer les répercussions de nos actions (positionnement, anesthésie)
- Guider le traitement
- Améliorer le devenir

Indications de monitoring

3 classes d'indications:

1. Traumatiques
2. Non traumatiques
3. Post-opératoires et suivi

Indications de monitoring

Traumatiques:

- GCS 3 - 8 et CT scan anormal
 - GCS < 8 et CT scan normal:
 - Âge > 40 ans
 - Posture anormale uni ou bilatérale
 - TA systolique < 90 mmHg
 - Exception: Patient à risque et nécessitant anesthésie générale
- } ≥2 critères

Indications de monitoring

Non traumatiques

- Infectieuse (encéphalite)
- Ischémique (noyade, arrêt cardiorespiratoire)
- Métabolique (syndrome de Reye, encéphalopathie hépatique)
- Obstructive (hydrocéphalie)
- Tumorale
- Vasculaire (ACV, thrombose du sinus sagittal, HSA)

Indications de monitoring

Post-opératoires et suivi

- Patients à risque de complications (saignement, œdème, vasospasme)
- Patients non-évaluables cliniquement (sédation, curarisation)

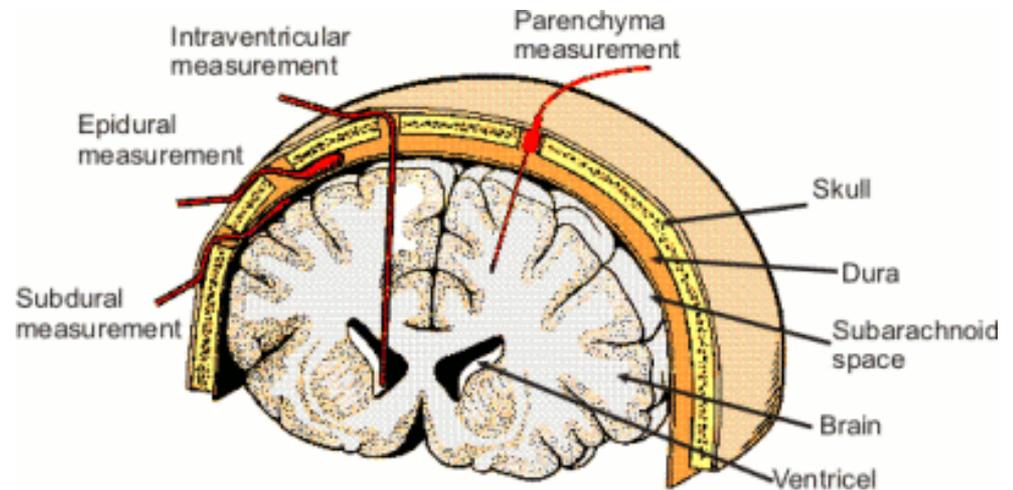
Types de moniteurs

4 sites anatomiques:

1. Intraventriculaire
2. Intraparenchymateux
3. Sous-arachnoïdien
4. Épidural

3 types de transducteurs:

1. Mécanique
 - Capteur externe
 - Capteur interne
2. Pneumatique
3. Optique



Cathéter intraventriculaire

- Gold standard
- Site de mesure: intraventriculaire
- Type de transducteur: mécanique avec capteur externe
- Technologie:
 - Système fermé: ventriculostomie reliée à un transducteur de pression externe via tubulure liquidienne
 - Possibilité de drainage de LCR et d'irrigation
 - Monitoring de la PIC
 - Zéro a/n canal auditif externe (foramen de Monro)

Cathéter intraventriculaire

- **Avantages:**
 - Retrait LCR thérapeutique ou diagnostic
 - Calcul de la compliance
 - Re-calibration facile
 - Faible coût
- **Inconvénients:**
 - Installation difficile (surtout si distorsion anatomique)
 - Obstruction de la colonne liquidienne
 - Complications hémorragiques (1%) ou infectieuses

Cathéter intraventriculaire

Complications infectieuses

- Colonisation vs infection
- Colonisation 10-17% (ad 40%)
- Facteurs de risque:
 - Hémorragie intracérébrale avec extension intraventriculaire
 - PIC > 20 mmHg
 - Durée du monitoring (<72h vs >5 jours)
 - Neurochirurgie concomitante
 - Irrigation du système
 - Infection systémique
- Antibioprophylaxie non recommandée

Cathéter intraparenchymateux

- Site de mesure: parenchyme cérébral
- Type de transducteur: fibre optique
- Monitorage de la PIC lorsque les ventricules sont non accessibles ou que le drainage de LCR est non nécessaire
- Technologie fibre optique:
 - Transmission de pression par le mouvement d'un diaphragme au bout du cathéter
 - Émission de lumière qui est réfléchiée sur le diaphragme
 - Différence entre lumière émise et réfléchiée est proportionnelle à la PIC
- Mise à zéro à la pression atmosphérique avant l'insertion

Cathéter intraparenchymateux

- Avantages:
 - Installation facile
 - Précis et fiable
 - Risque infectieux plus faible
 - Dommages cérébraux moindres
- Inconvénients:
 - Retrait de LCR impossible
 - Système fragile
 - Recalibration impossible
 - Coût élevé

Transducteur fibre optique

- **Avantages:**
 - Risque infectieux faible
 - Fiable et précis
 - Monitoring de PIC, DSC, oxygénation tissulaire
- **Inconvénients:**
 - Recalibration impossible in situ
 - Retrait de LCR impossible (sauf si associé à ventriculostomie)

Vis sous-arachnoïdienne

- **Avantages:**
 - Pas de pénétration du tissu cérébral
 - Localisation des ventricules non nécessaire
 - Risques infectieux et hémorragique plus faibles
- **Inconvénients:**
 - Retrait de LCR impossible
 - Atténuation des ondes avec le temps
 - Occlusion du système
 - Complication: fuite de LCR

Monitorage épidural

- Avantages:
 - Risque infectieux faible
- Inconvénients:
 - Difficulté d'insertion
 - Retrait de LCR impossible
 - Méthode de mesure indirecte
 - Précision et fiabilité moindres

Monitorage hybride

Cathéter combiné:

- Cathéter intraventriculaire
- Transducteur fibre optique ou transducteur mécanique interne
- Drainage ventriculaire et monitorage simultanés

Monitorage pneumatique

- Technologie récente:
 - Cathéter avec ballon (air)
 - Détection des variations de pression à l'extrémité du KT
 - Recalibration in situ automatique
 - Intraparenchymateux ou intraventriculaire
- Possibilité de mesure de la compliance
 - Outil de recherche
 - Détection précoce des décompensations critiques
 - Corrélation avec devenir non démontrée

Monitorage pneumatique



Courbes de PIC

Courbe normale:

- Tracé similaire à courbe artérielle
- 3 composantes artérielles distinctes:
 - P1: onde de percussion
 - P2: onde tidal
 - P3: onde dicrote
- 1 composante veineuse (descente P1)
- Variations respiratoires dans le temps

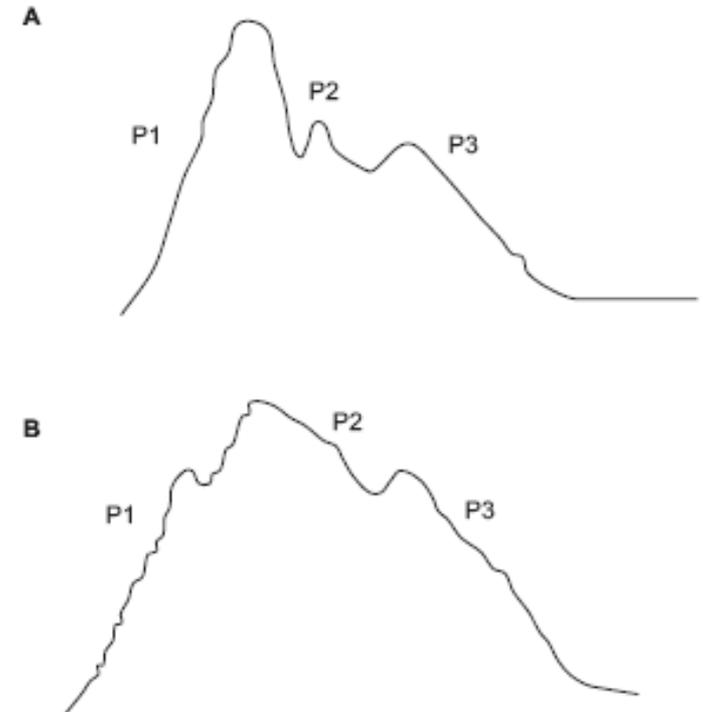
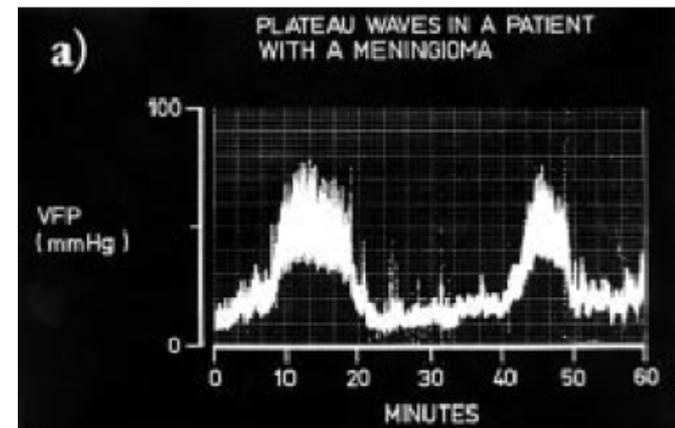
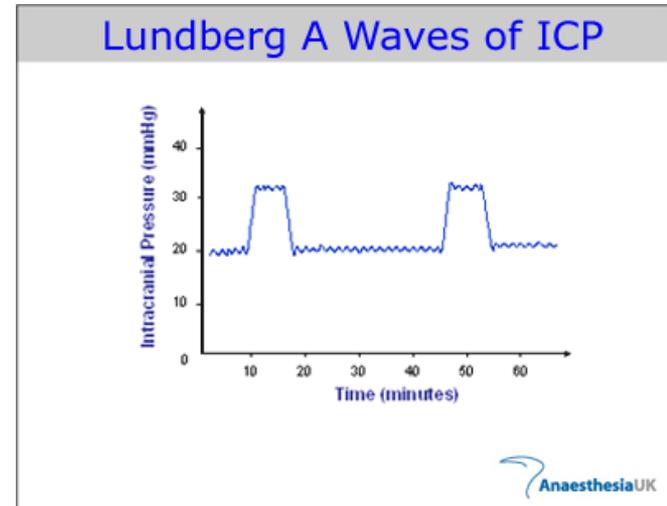


Figure 2 Intracranial pressure waveforms: (A) normal; (B) intracranial pressure waveform from a non-compliant system with P2 exceeding P1.

Courbes de PIC: ondes de Lundberg

Ondes A plateau

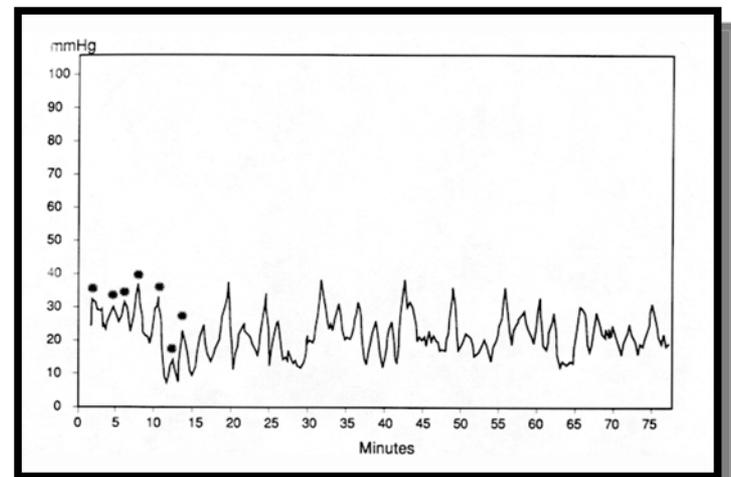
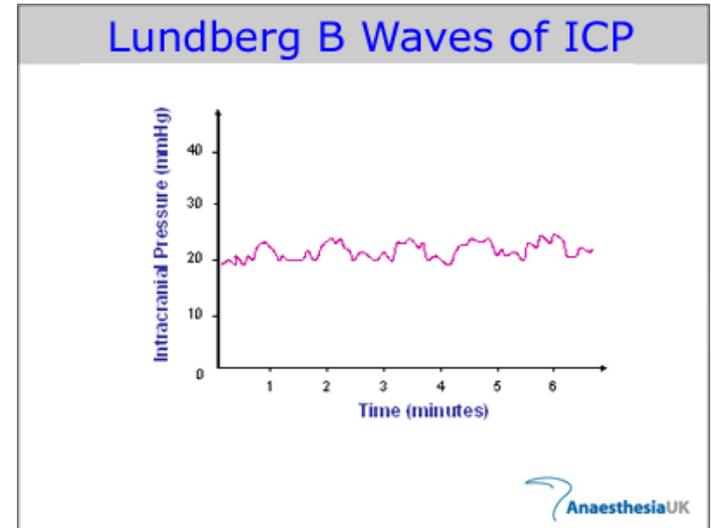
- Montée abrupte
- Plateau ad 50 mmHg ou plus
- Durée 5-20 minutes
- Descente abrupte
- Augmentation de la PIC de base
- Compliance grandement réduite
- Toujours pathologique
- Souvent associé à détérioration neurologique



Courbes de PIC: ondes de Lundberg

Ondes B

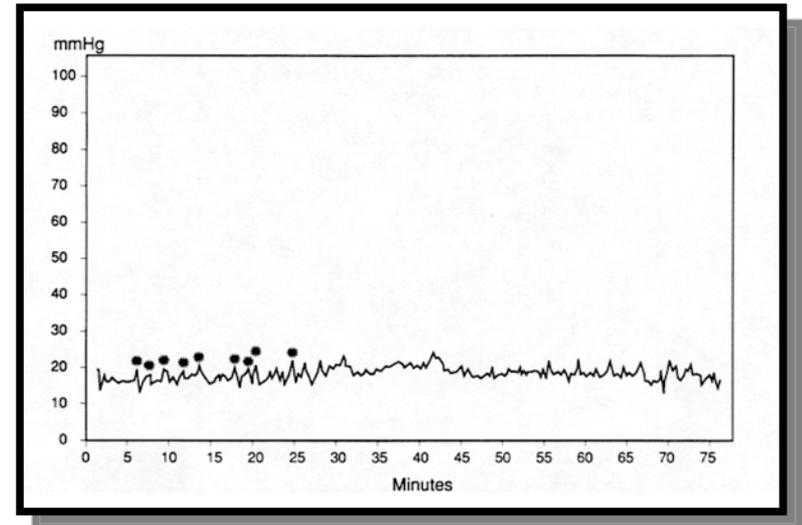
- Oscillations rythmiques q 1-2 minutes
- Augmentation crescendo de la PIC (20-30 mmHg)
- Descente abrupte de la PIC à niveau de base
- Souvent associées avec respiration Cheyne-Stokes
- Peut précéder apparition des ondes A
- Décompensation imminente



Courbes de PIC: ondes de Lundberg

Ondes C

- Oscillations: fréquence 4-8 par minute
- Synchrone avec variations de la TA
- Amplitude plus faible que ondes B
- Signification pathologique limitée
- Parfois présentes même si PIC normale



Compartimentation

- Séparation hémisphérique:
 - Faux du cerveau
 - Communication via ouverture à la base de la faux au niveau du corps calleux
- Séparation fosses antérieure / moyenne de la fosse postérieure:
 - Tente du cervelet
 - Communication via incisure tentorielle
- Isolation infratentorielle:
 - Communication avec espace sous-arachnoïdien spinal via foramen magnum

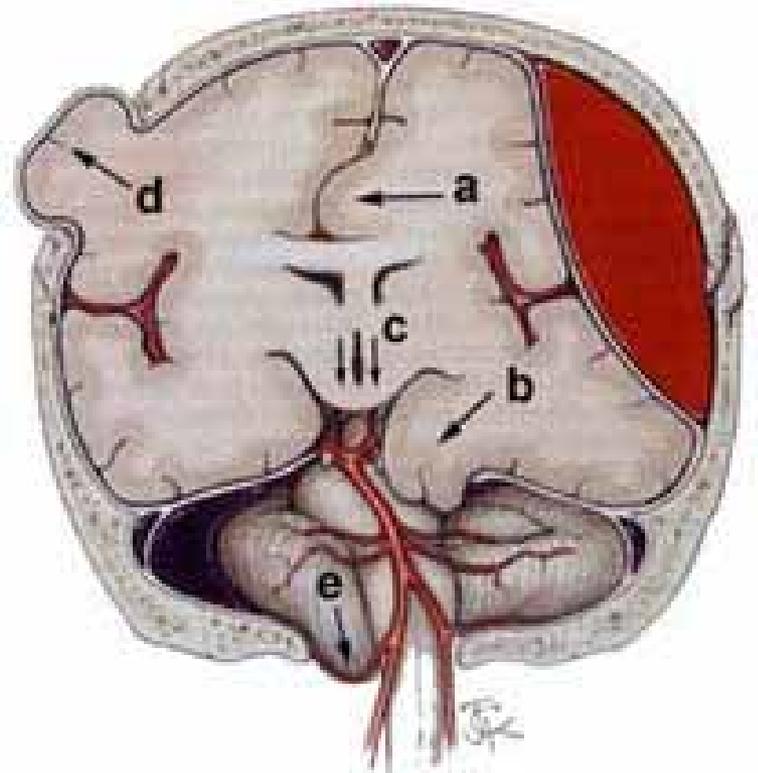
Herniation de tissu cérébral

Herniation:

- Déplacement du contenu intracrânien
- D'un compartiment vers un autre
- Gradient de pression plus grand que résistance du tissu cérébral à la distorsion

Herniation de tissu cérébral

- a) Subfalcine
- b) Transtentorielle uncale
- c) Transtentorielle centrale
- d) Transcalvariale
- e) Tonsillaire



Conclusions

- Physiologie: Monroe Kellie
- Monitorage de la PIC:
 - Connaître les indications
 - Plusieurs options disponibles (théoriquement)
 - Imagerie et examen clinique

QUESTIONS