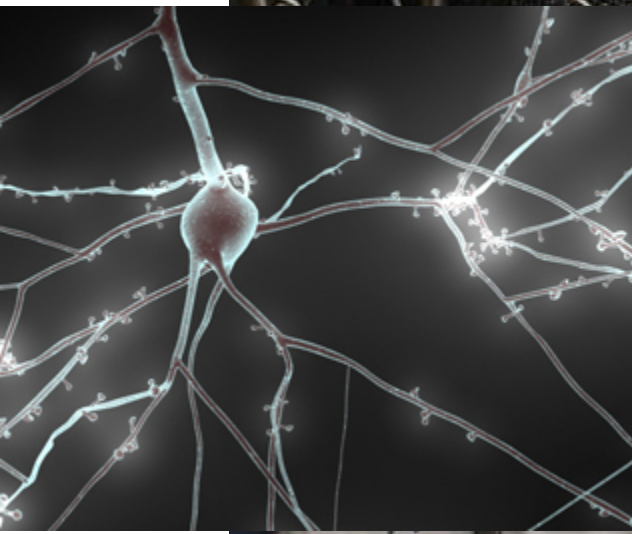
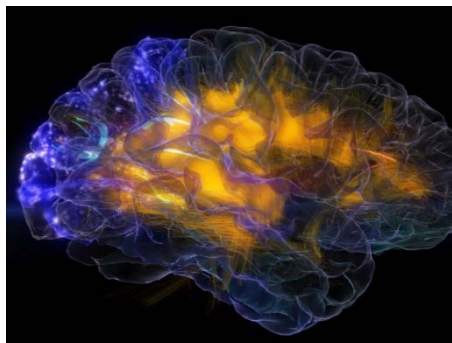




# Fisiología cerebral y monitorización neurológica y de la profundidad anestésica



1906 - 2006

CLÍNIC  
BARCELONA  
Hospital Universitari



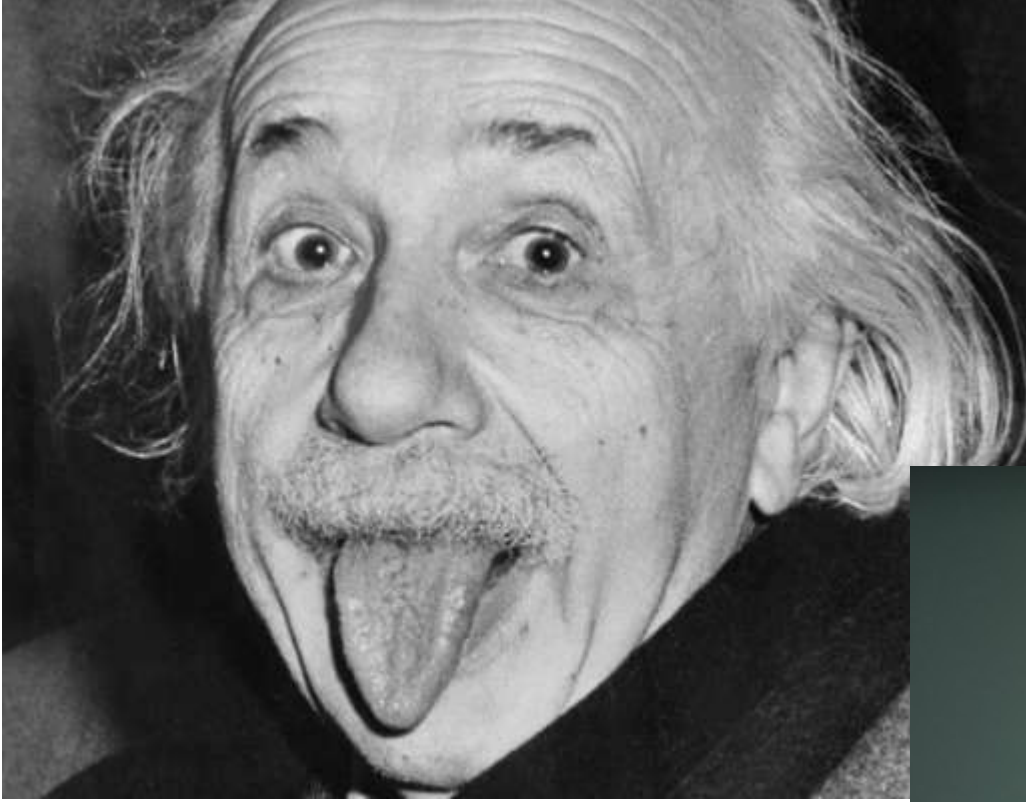
UNIVERSITAT DE BARCELONA  
Facultat de Medicina

**Dra. Isabel Gracia**



- 1350 gr / 2% peso corporal
- 15% gasto cardíaco
- 20% oxígeno
- 25% gasto energético (glucosa)

Fisiología del SNC



# FLUJO SANGUÍNEO CEREBRAL (FSC)

**1000 litros al día a una PAM: 100mmHg**

**Volumen sanguíneo intracerebral: 75 ml** 6,4 ml de sangre aumentan la PIC de 10 a 20 mmHg

750 ml.min<sup>-1</sup>

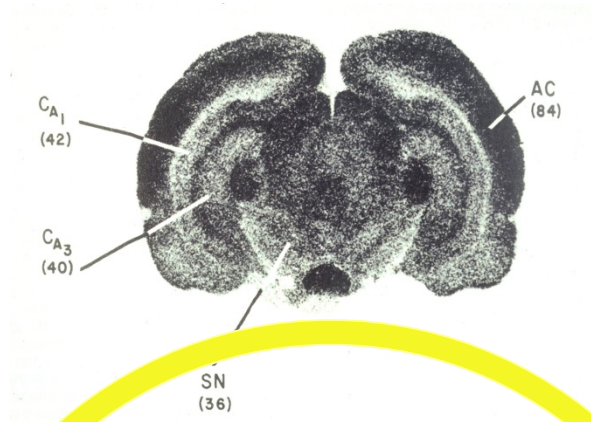
45-65 ml.100g<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>

**Presión de Perfusión Cerebral = PPC  
(PAM - PIC)**

**Resistencias vasculares cerebrales → RVC**

$$\text{FSC} = \text{PPC} / \text{RVC}$$

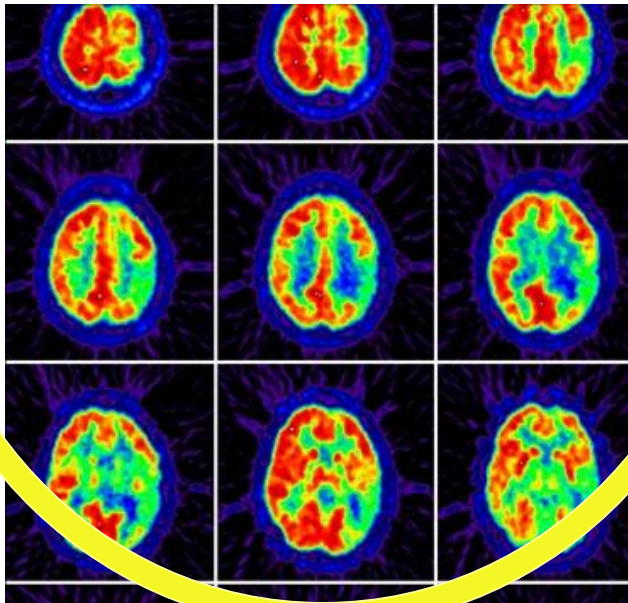
# Monitorización FSC



Autorradiografía  
cuantitativa

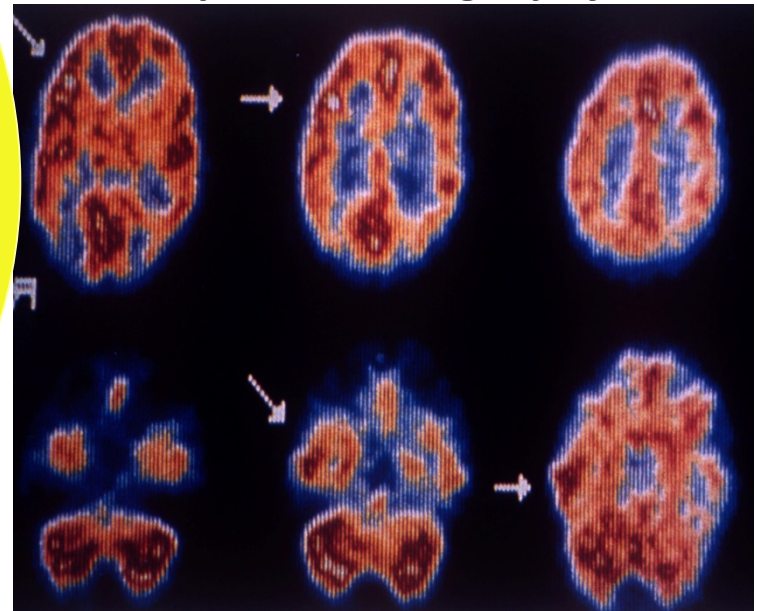
**PET**

*Positron emission tomography*



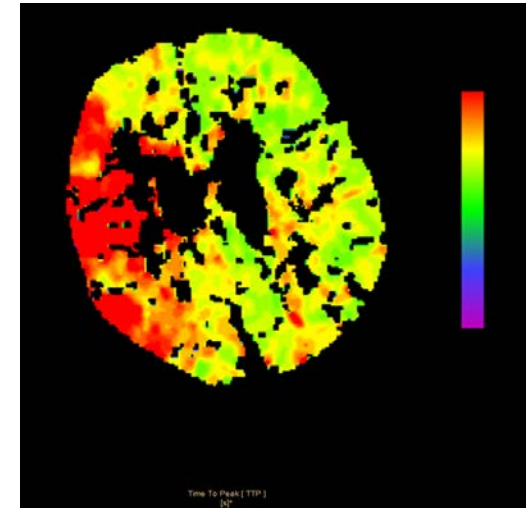
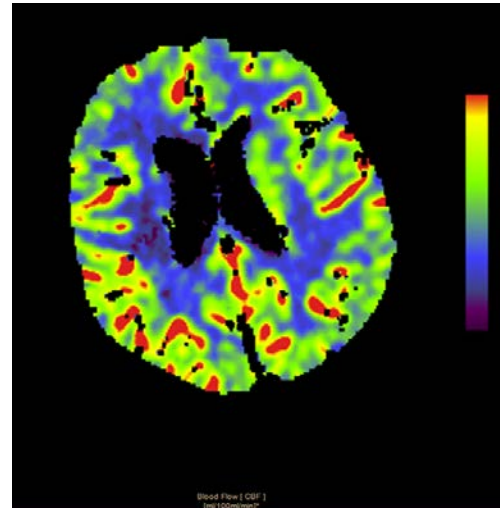
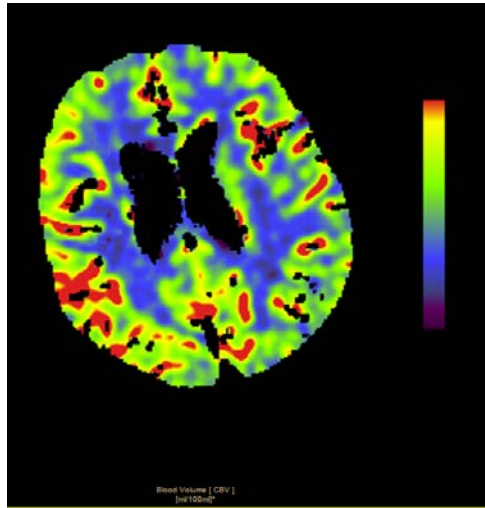
**SPECT**

*Single-photon emission  
computed tomography*

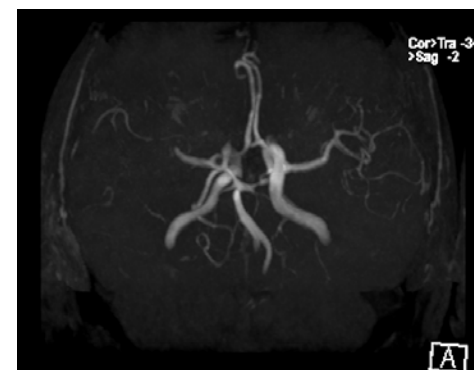
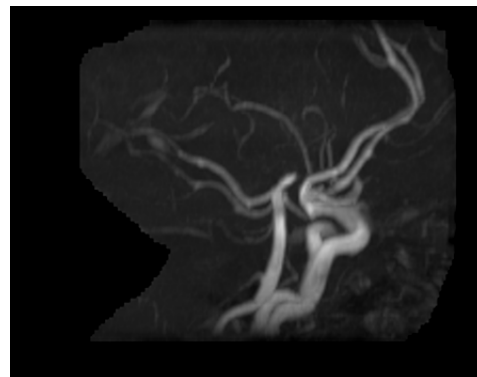


# Monitorización FSC

## Angio TC



## Angio RMN



# Monitorización FSC

## Angio TC



### CÓDIGO ICTUS

1 de cada 6 españoles sufrirá un ictus en su vida

Reconocer sus síntomas puede ayudar a salvar una vida

Cualquiera de estos síntomas indican que es probable que estés sufriendo un ICTUS

Lo que debes hacer es llamar a:

#### EMERGENCIAS 112

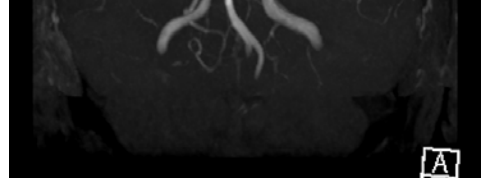
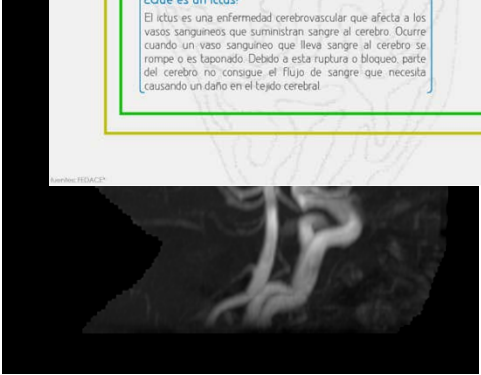
4 errores que NO debes cometer ante un ictus:

- No esperes para ir al hospital
- No tomes aspirinas u otro medicamento
- No vayas al hospital en coche
- No pienses que eres demasiado joven para sufrir un ictus

**¿Qué es un ictus?**  
El ictus es una enfermedad cerebrovascular que afecta a los vasos sanguíneos que suministran sangre al cerebro. Ocurre cuando un vaso sanguíneo que lleva sangre al cerebro se rompe o es taponado. Debido a esta ruptura o bloqueo, parte del cerebro no consigue el flujo de sangre que necesita causando un daño en el tejido cerebral.

**Síntomas:**

- Dolor de cabeza súbito, intenso y persistente
- Pérdida repentina de la visión total o parcial
- Dificultad para hablar o entender el lenguaje
- Pérdida de fuerza o sensibilidad de un lado
- Dificultad o falta de equilibrio al caminar



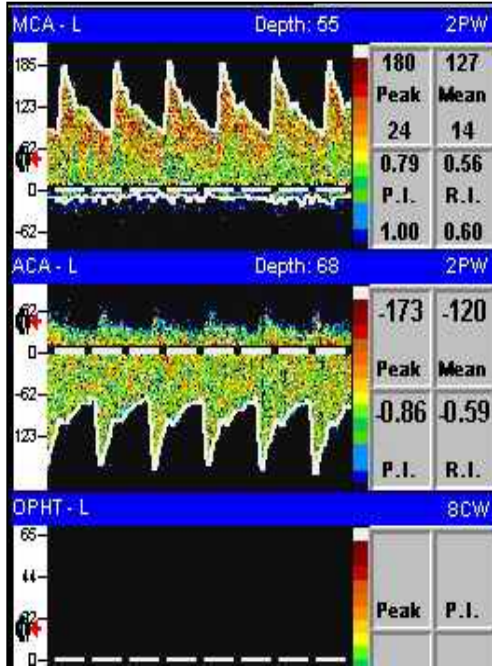
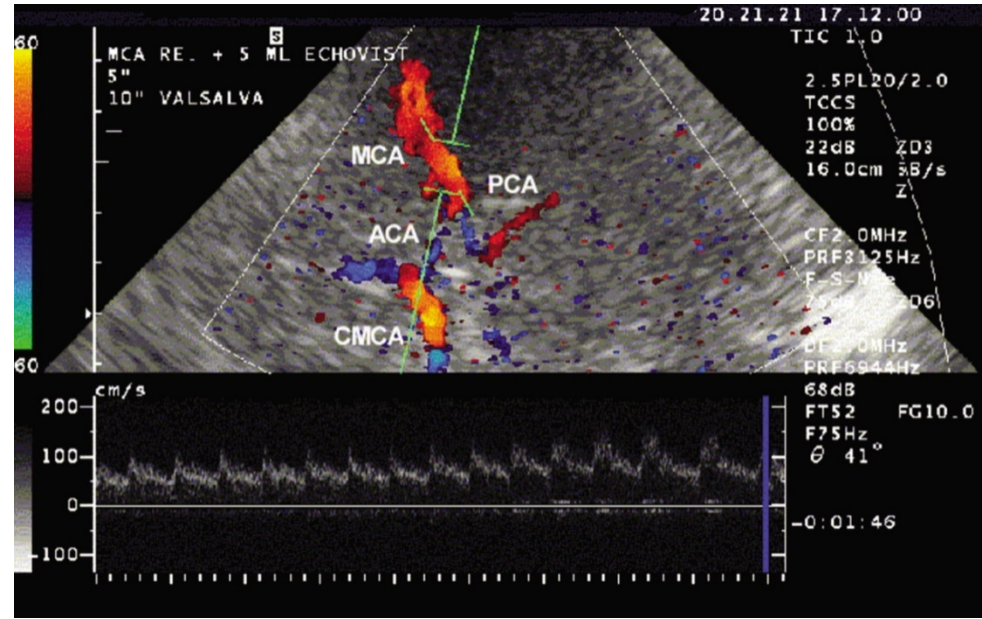
Fisiología del SNC



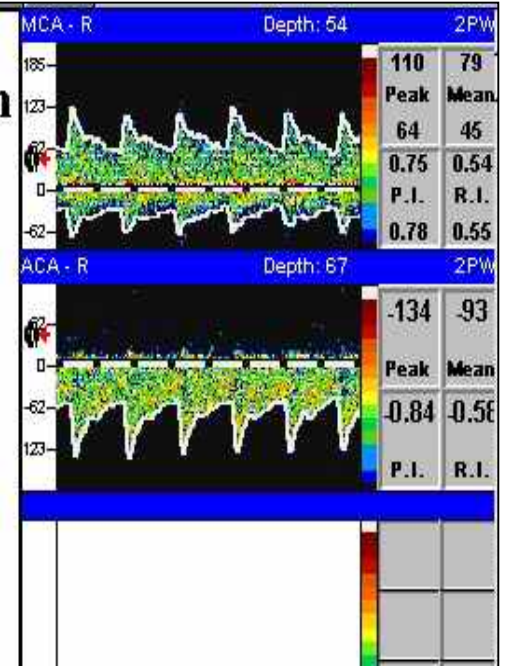
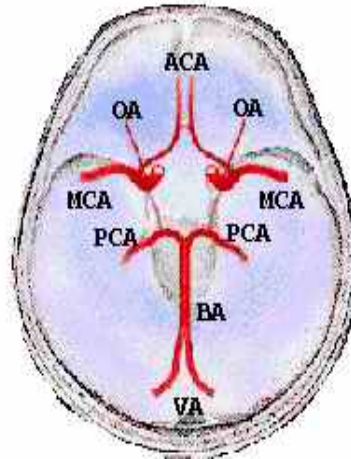
# Monitorización FSC

# Doppler transcraneal

Fisiología del SNC



## Intracranial Evaluation



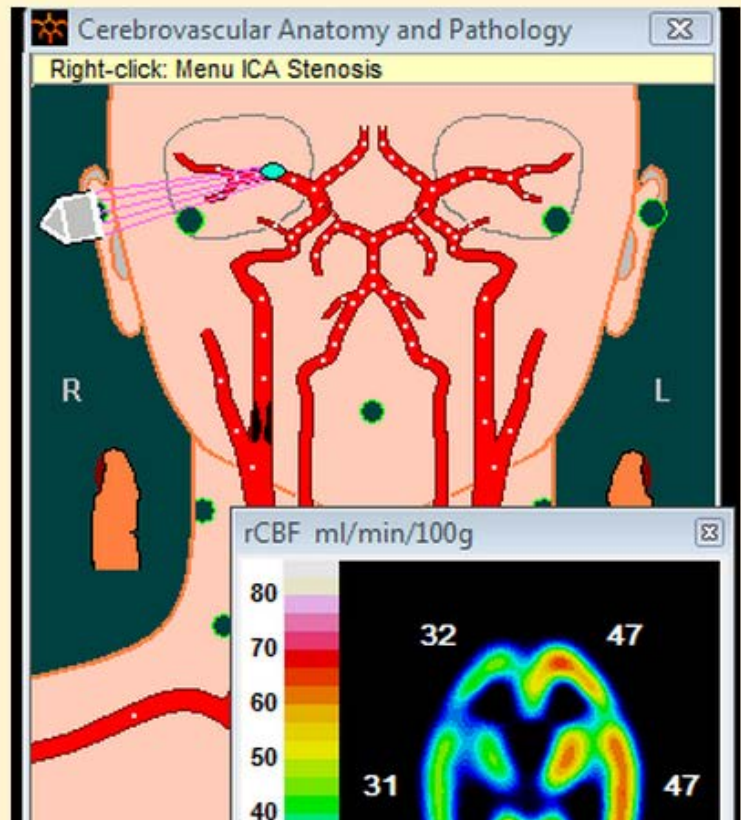
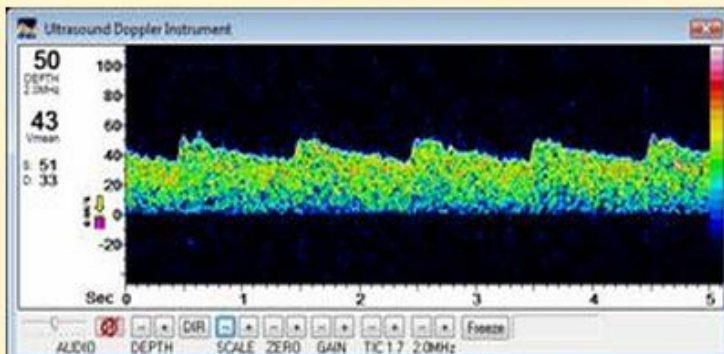


Educational Software for

# Transcranial Doppler (TCD)

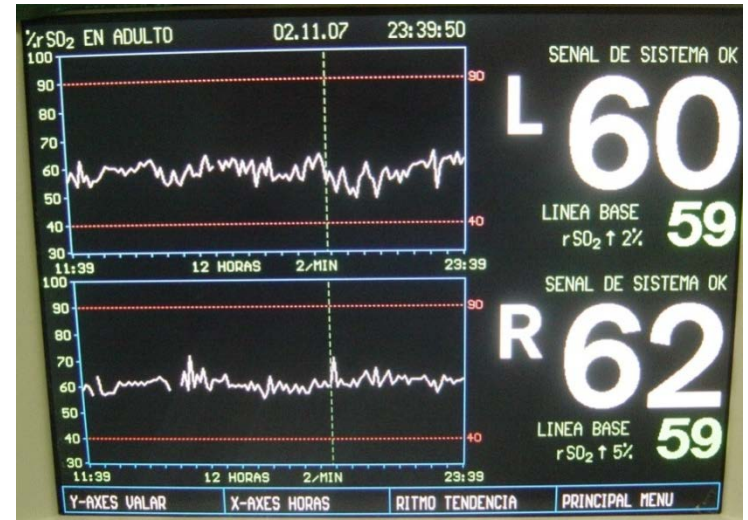
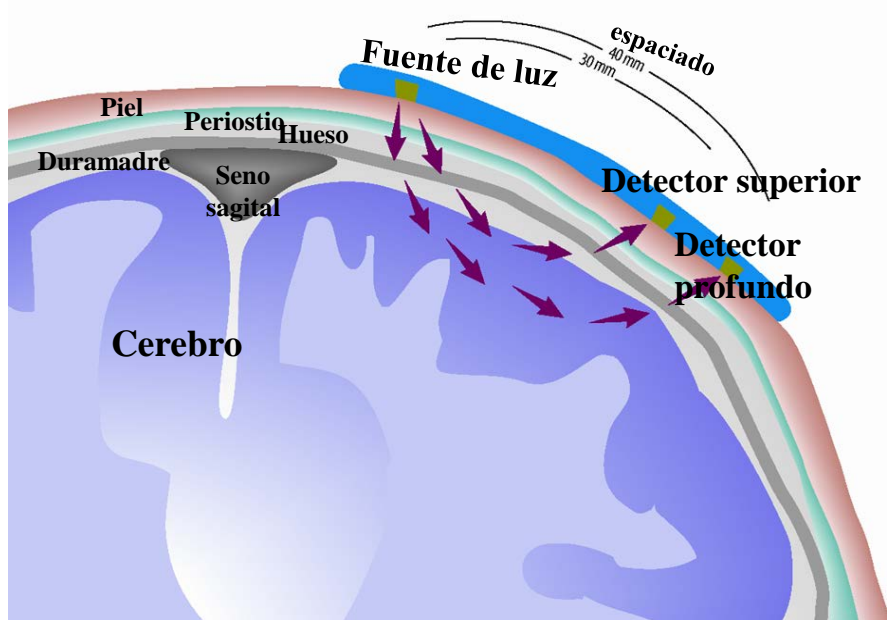


Home | TCD Simulator Download | Ambulatory TCD | Contact | Links |

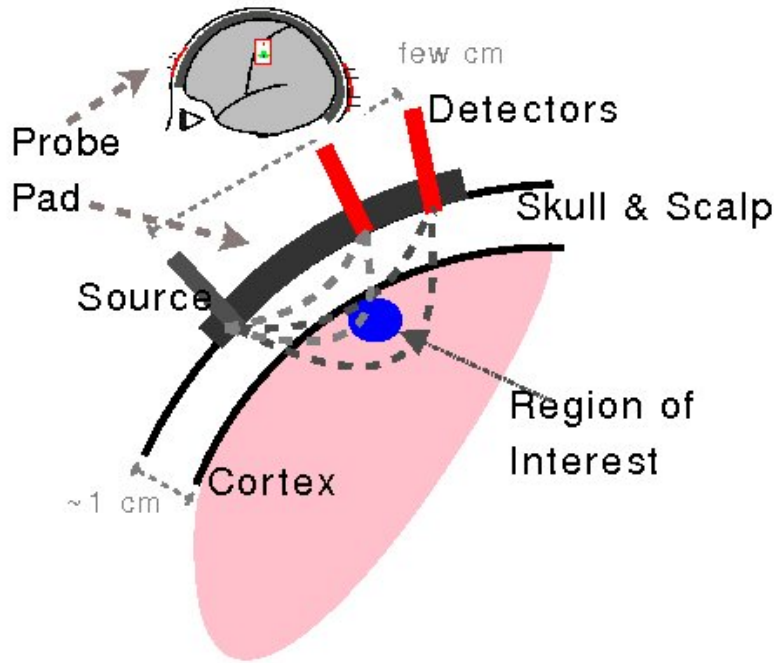


Fisiología del SNC

$\text{SrO}_2$



# Hybrid diffuse optics



Axial Resolution: ~5mm  
Depth Resolution: ~10mm  
Temporal Resolution: ~500 ms

Low Spatial, High Temporal Resolution,  
Deep tissue monitors

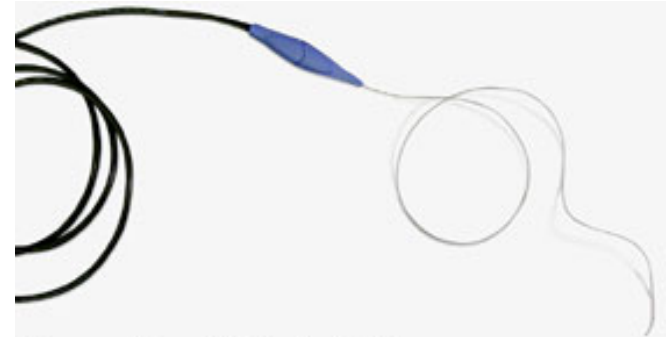
## Near Infrared Spectroscopy (NIRS)

measures: Blood oxygenation, Blood volume  
Hemoglobin concentrations, Scattering

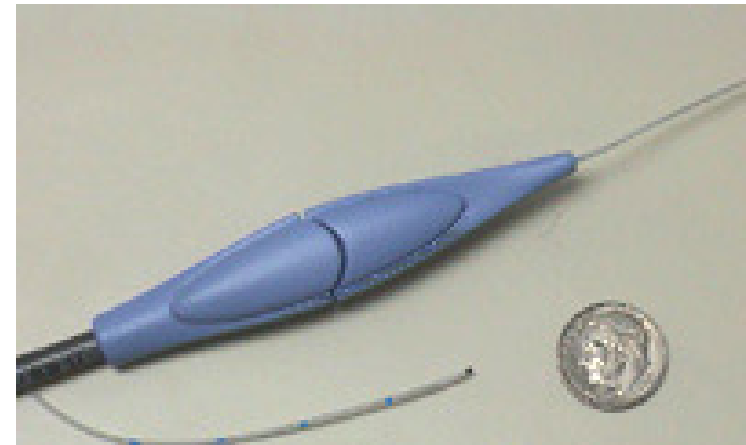
## Diffuse Correlation Spectroscopy (DCS)

measures: Blood flow with no need to  
any tracer...

# Bowman perfusion monitor



The new Thermal Diffusion Probe shown with the umbilical cord compatible with the Bowman Perfusion Monitor.



The probe is shown in comparison to a dime. The new probe also includes a printed depth indicator.

# REGULACIÓN DEL FSC

- Autorregulación
- Gasto cardiaco
- Metabólicos
  - $p\text{CO}_2$
  - $p\text{O}_2$
  - Hipotermia
  - $\text{Ca}^{++}$ , adenosina, histamina, ON
- Neurogénicos (SN vegetativo)
- Reológicos

# REGULACIÓN DEL FSC

## AUTORREGULACIÓN

VOLUME 39

APRIL 1959

NUMBER 2

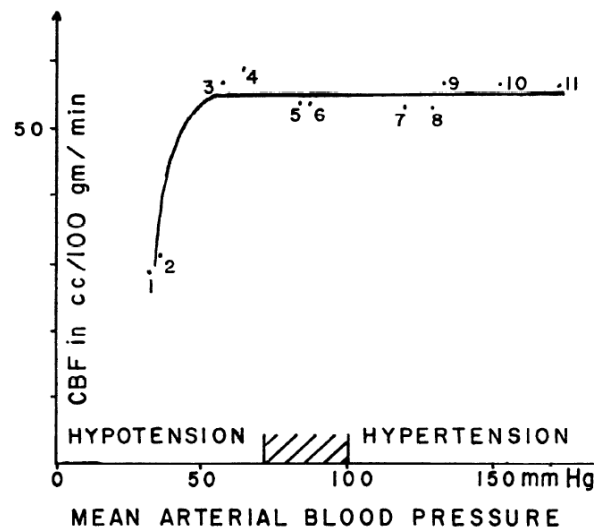
### Cerebral Blood Flow and Oxygen Consumption in Man

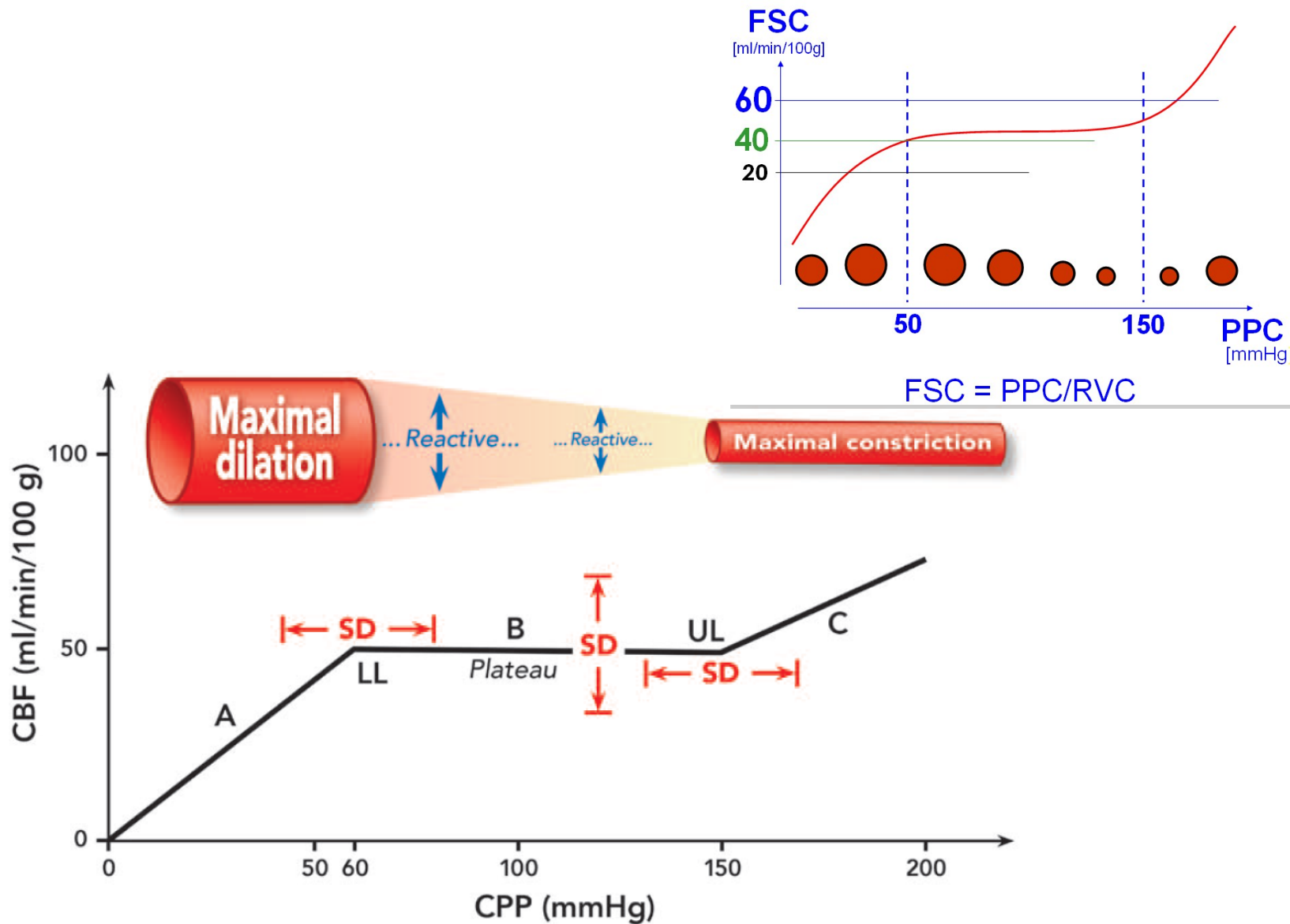
NIELS A. LASSEN<sup>1</sup>

April 1959

CEREBRAL BLOOD FLOW AND OXYGEN UPTAKE

197



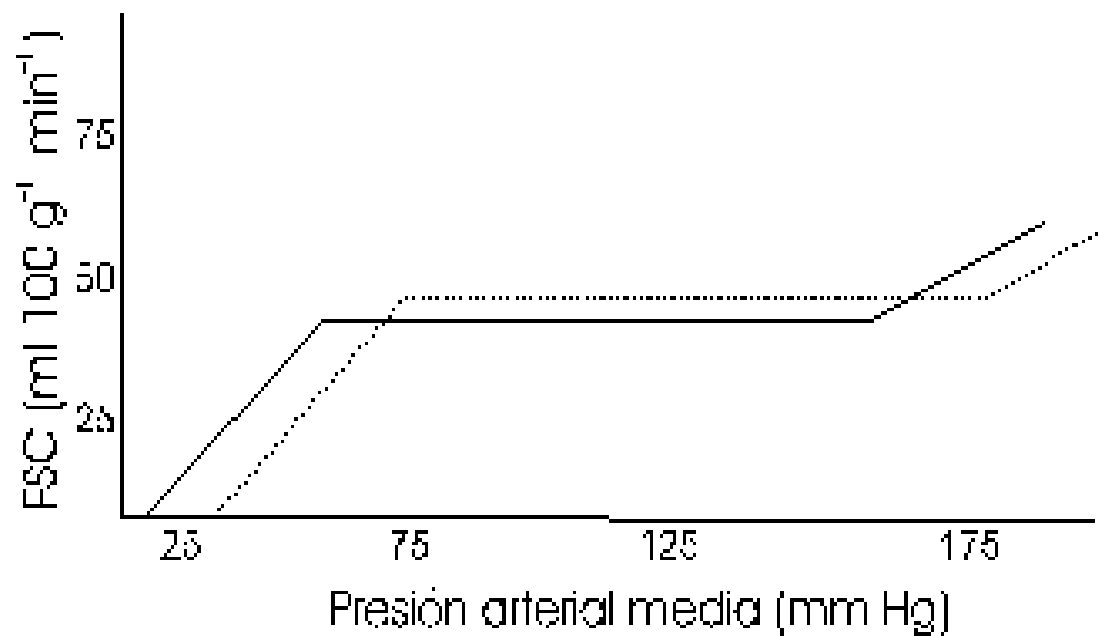


**Fig. 1.** Cerebral autoregulation is visualized as a correlation plot between cerebral blood flow (CBF) and cerebral perfusion pressure (CPP). CBF remains stable between the lower limit (LL) and the upper limit (UL) (portion B, plateau). CBF is pressure passive at the CPP range below the lower limit (portion A) and above the upper limit (portion C). This illustration uses a CPP of 60 mmHg as the lower limit, a CPP of 150 mmHg as the upper limit, and a CBF of 50 ml/min per 100g as the plateau. However, these regularly quoted numbers are not fixed; rather, they vary interindividually and intraindividually depending on a variety of factors. Therefore, we take a note of SD to emphasize that these parameters have a wide range of distribution. The cerebrovascular reactivity is also illustrated.

**¿Y estos límites son siempre así?**

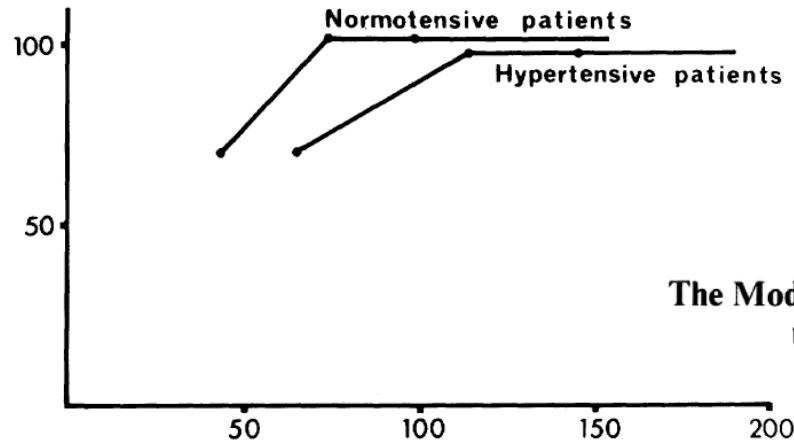


# Pacientes con HTA



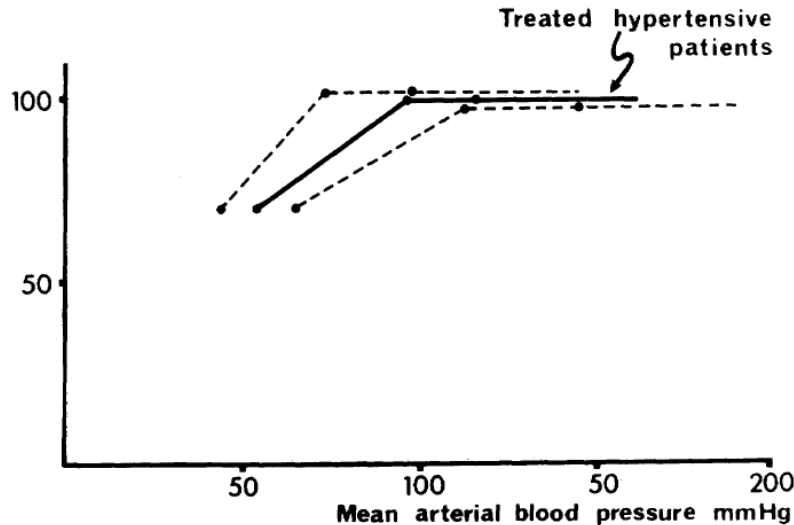
# Pacientes con HTA

CEREBRAL BLOOD FLOW percent of rest

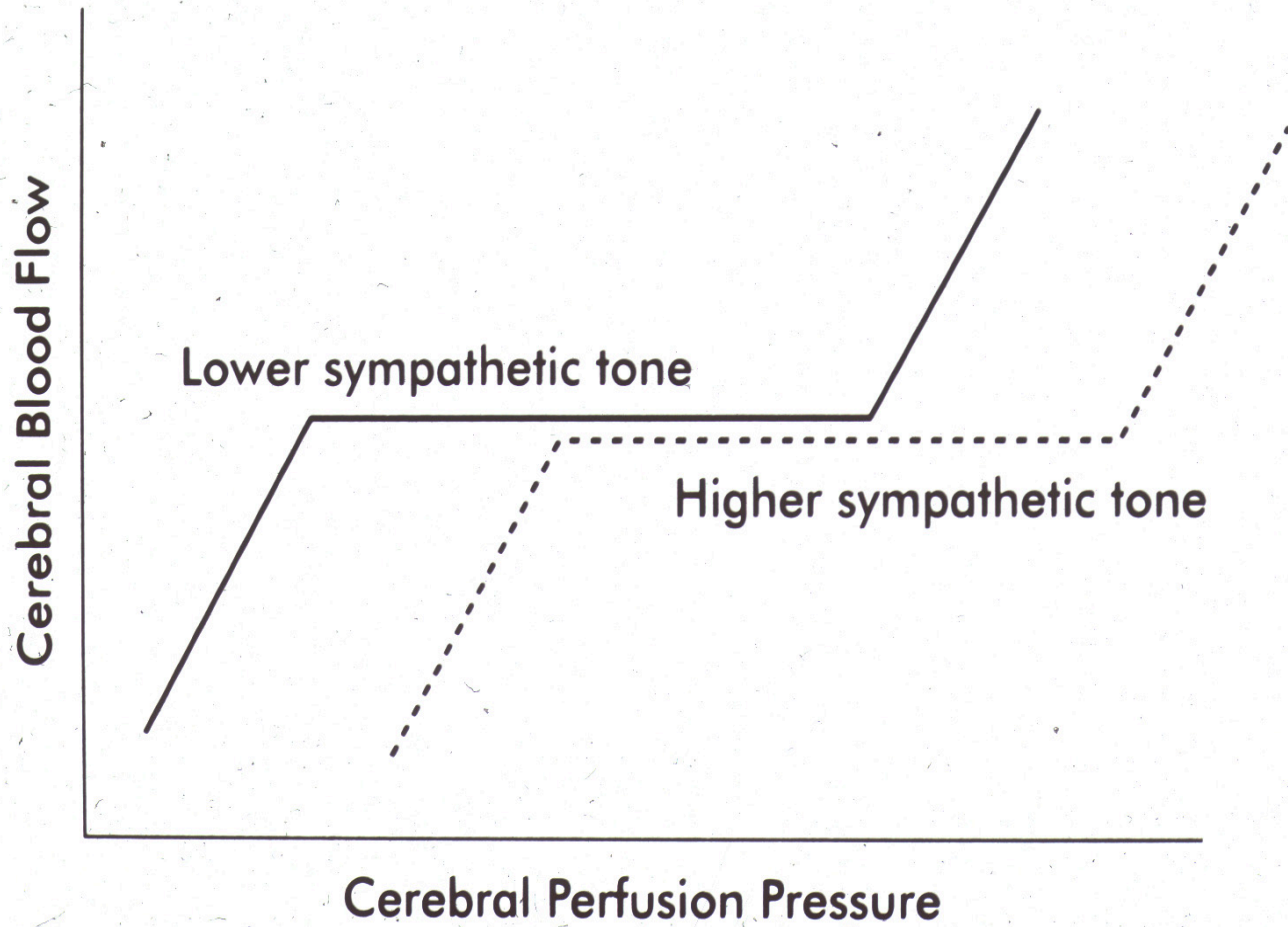


## Autoregulation of Cerebral Blood Flow in Hypertensive Patients

The Modifying Influence of Prolonged Antihypertensive Treatment on the Tolerance to Acute, Drug-induced Hypotension



# Tono simpático



# Tono simpático

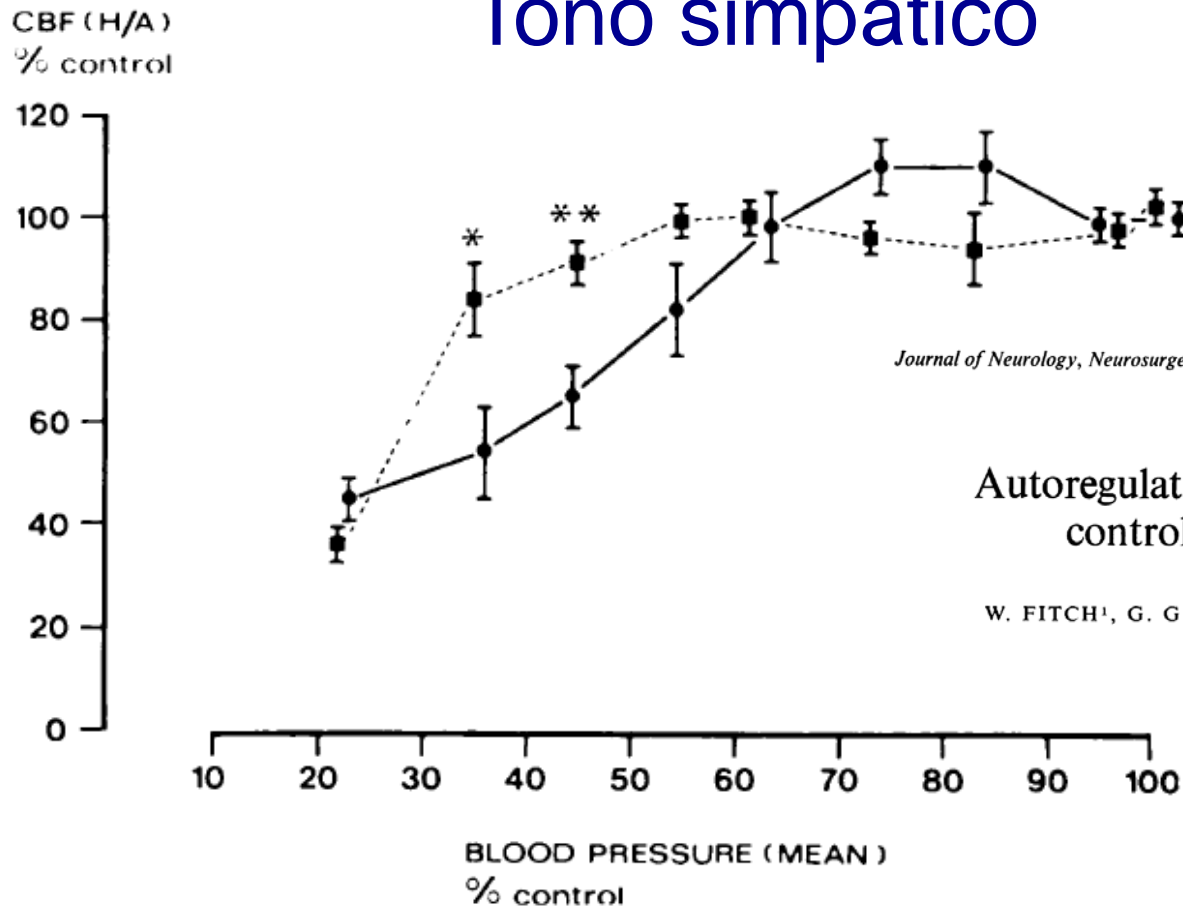


FIG. 2 Effect of decreasing mean arterial pressure on mean cerebral blood flow in baboons subjected to haemorrhagic hypotension (●—●) and those subjected to drug-induced hypotension with halothane plus trimetaphan (■—■). Values shown are means  $\pm$  SE. \* $P < 0.005$ . \*\* $P < 0.01$ .

# Límite inferior de la autorregulación

## Predicting the Limits of Cerebral Autoregulation During Cardiopulmonary Bypass

*Anesth Analg* 2012;114(3):503-10

Brijen Joshi, MD,\* Masahiro Ono, MD,† Charles Brown, MD,\* Kenneth Brady, MD,‡  
R. Blaine Easley, MD,§ Gayane Yenokyan, PhD,|| Rebecca F. Gottesman, MD, PhD,¶  
and Charles W. Hogue, MD\*

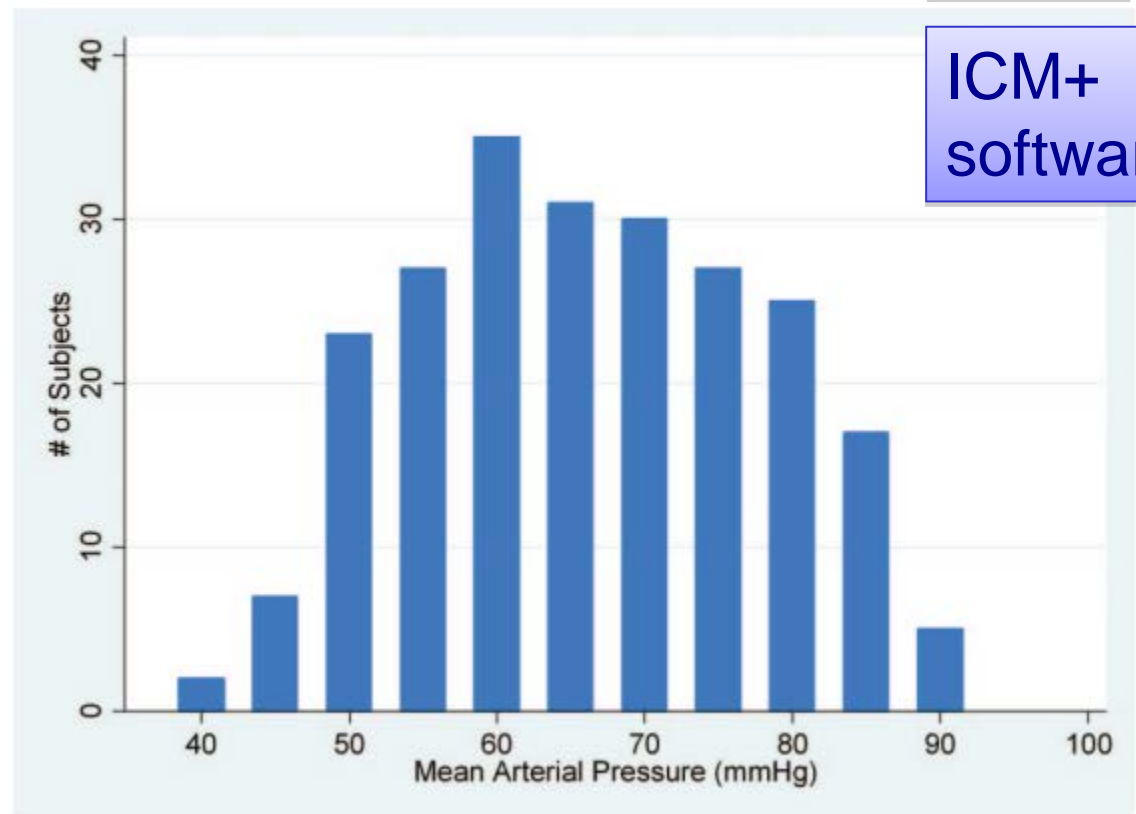
Predicting Blood Pressure Targets for CPB

DTC  
NIRS

ICM+  
software

En una cohorte de pacientes ancianos y pluripatológicos, el valor de la PAM encontrado como límite inferior de la autorregulación (LIA) durante BCP fue de 66 mm Hg.

Hubo mucha variabilidad en el LIA, con intervalo de predicción 95% entre 43 y 90 mm Hg



**Figure 1.** Number of subjects versus the mean arterial blood pressure at the lower limit of cerebral blood flow autoregulation during cardiopulmonary bypass based on the transcranial Doppler-determined mean velocity index.

# Cómo medimos la autorregulación

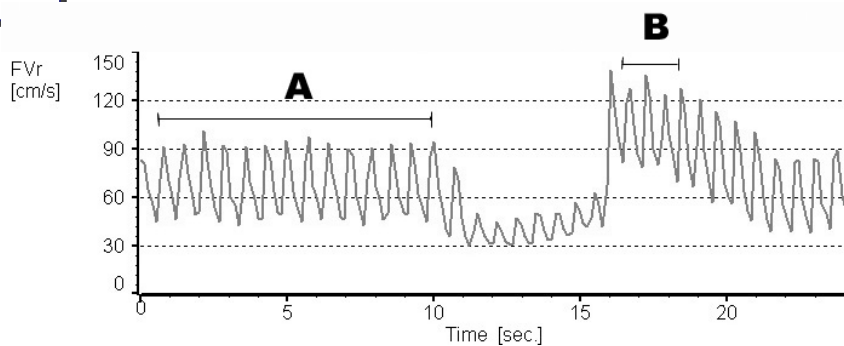
La autorregulación dinámica (dRoR) es más rápida que la estática y es sensible a los cambios en la presión del pulso.

La autorregulación estática (sRoR) es más lenta y se produce en respuesta a los cambios de la presión arterial media.

## Pruebas:

### Estimulación:

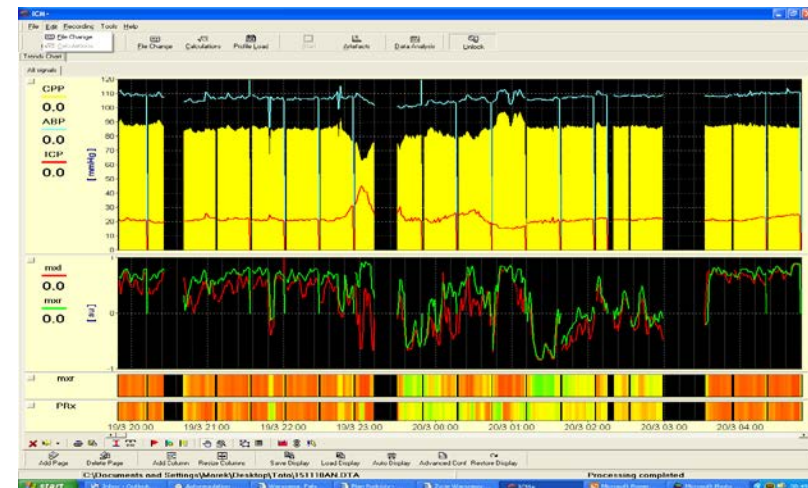
- Fármacos para incrementar la presión arterial
- "leg cuff release"
- "head down tilt"
- Disminuir la presión arterial
- Respirar lentamente
- Compresión transitoria carotídea



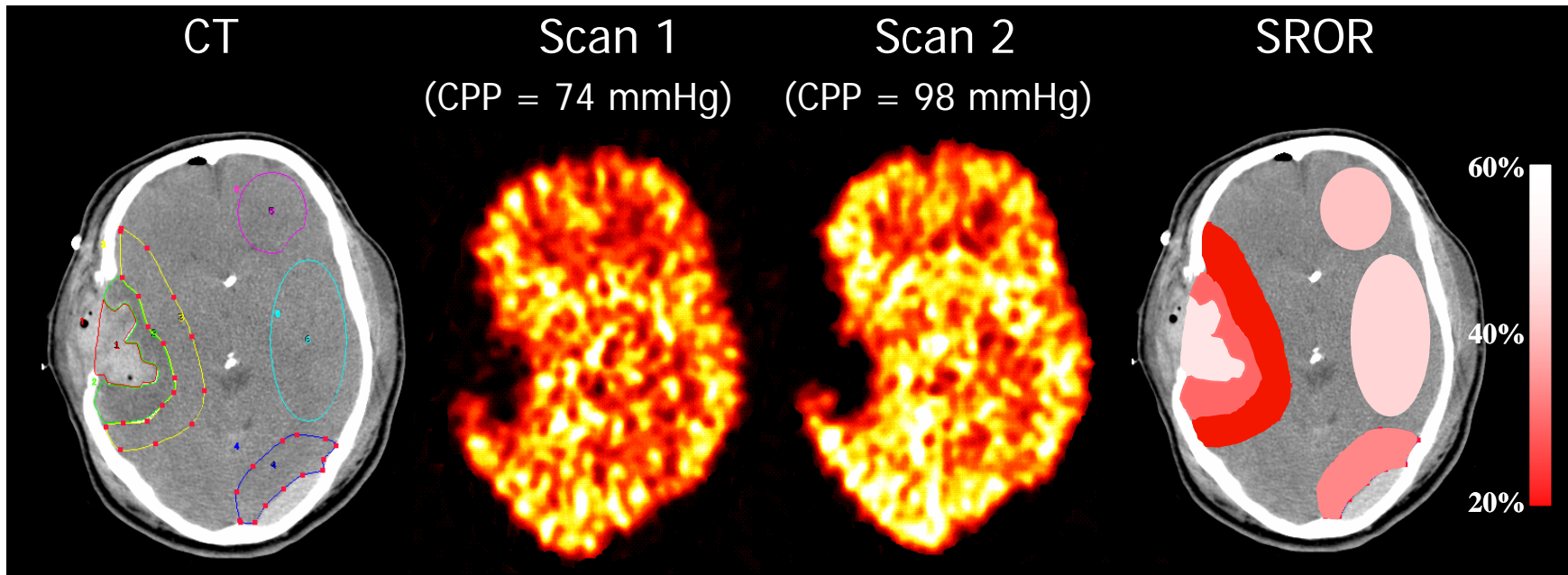
## Monitorización:

### Sin estimulación:

Ondas espontáneas de la presión arterial o la PPC



# Autorregulación estática - PET



Steiner LA. Assessment of Cerebrovascular Autoregulation in Head-Injured Patients. A Validation Study. *Stroke*. 2003 34:2404-2409

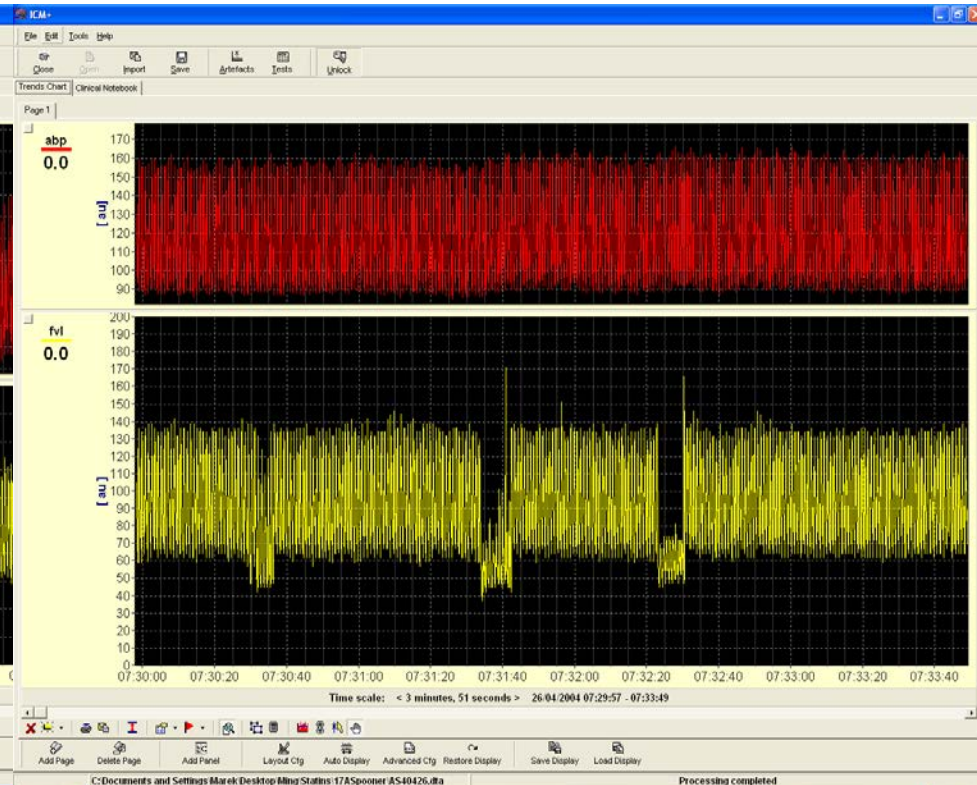
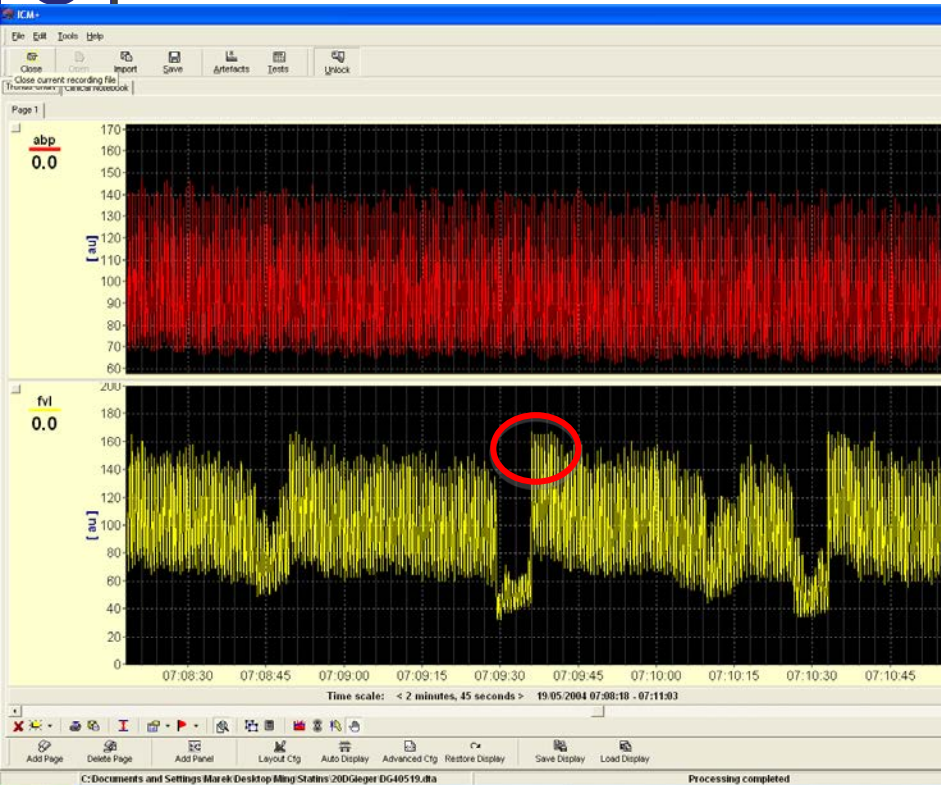


# Autorregulación dinámica - DTC

## Test de Respuesta Hiperémica Transitoria

Autorregulación conservada

Autorregulación alterada



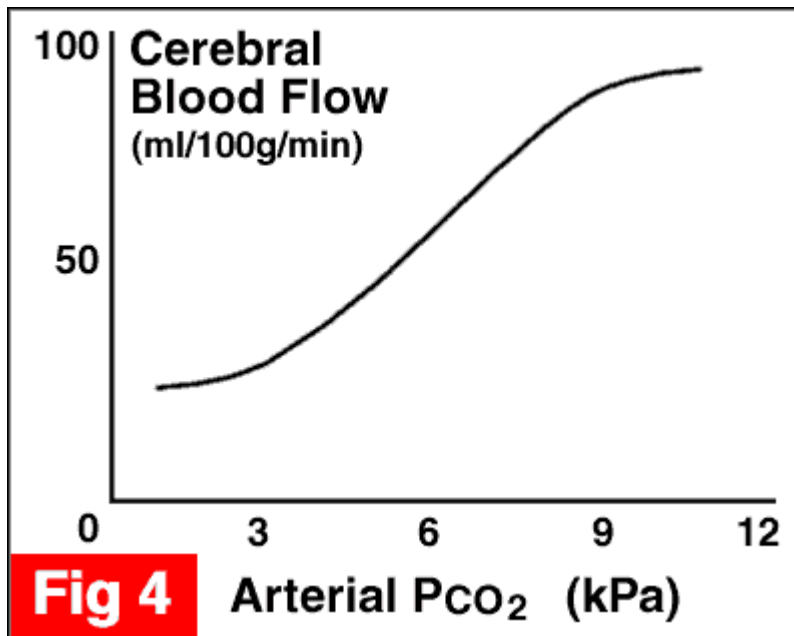
Smielewski P. Evaluation of transient hyperaemic response test in head injured patients. *J. Neurosurg* 1997; 86:773-778

# REGULACIÓN DEL FSC

CO<sub>2</sub>

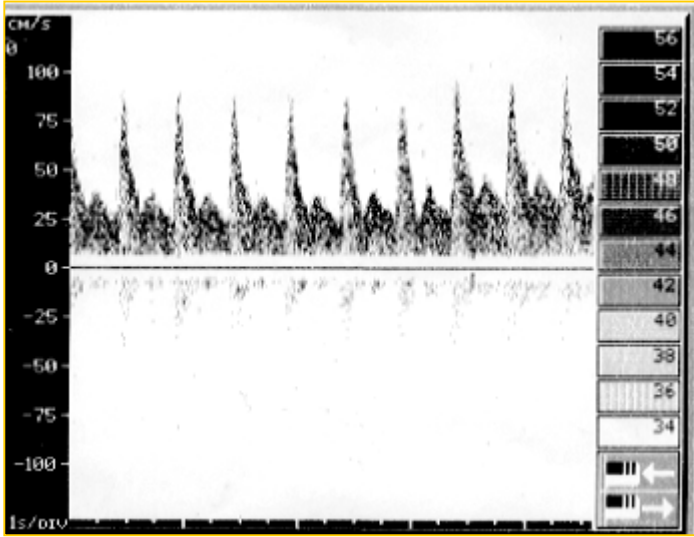
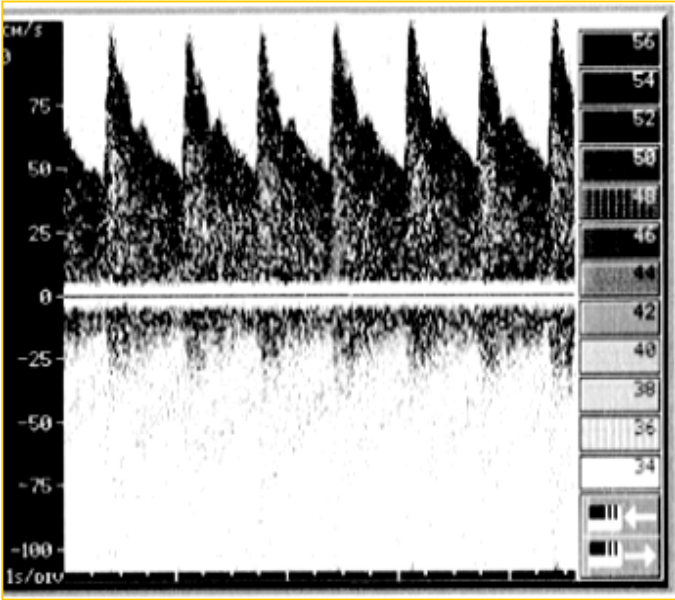
→ Vasodilatador cerebral más potente

El VSC cambia 0,05 mL.100g<sup>-1</sup> por cada cambio de la pCO<sub>2</sub> en 1 mmHg

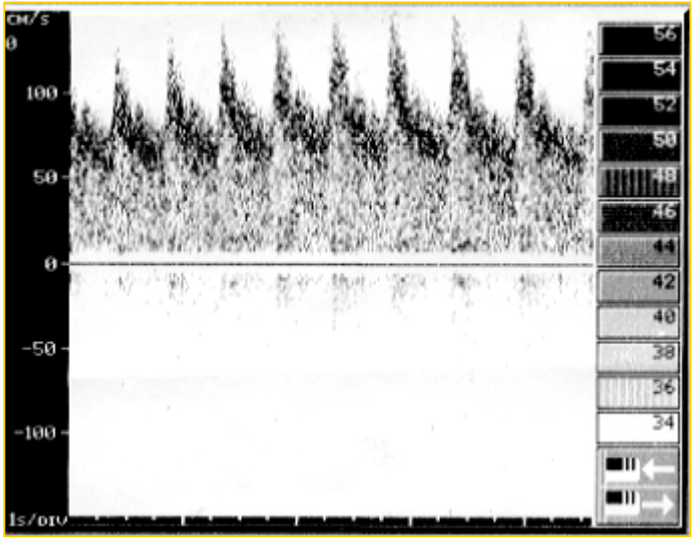


**Fig 4** Arterial Pco<sub>2</sub> (kPa)

HIPOCAPNIA



HIPERCAPNIA

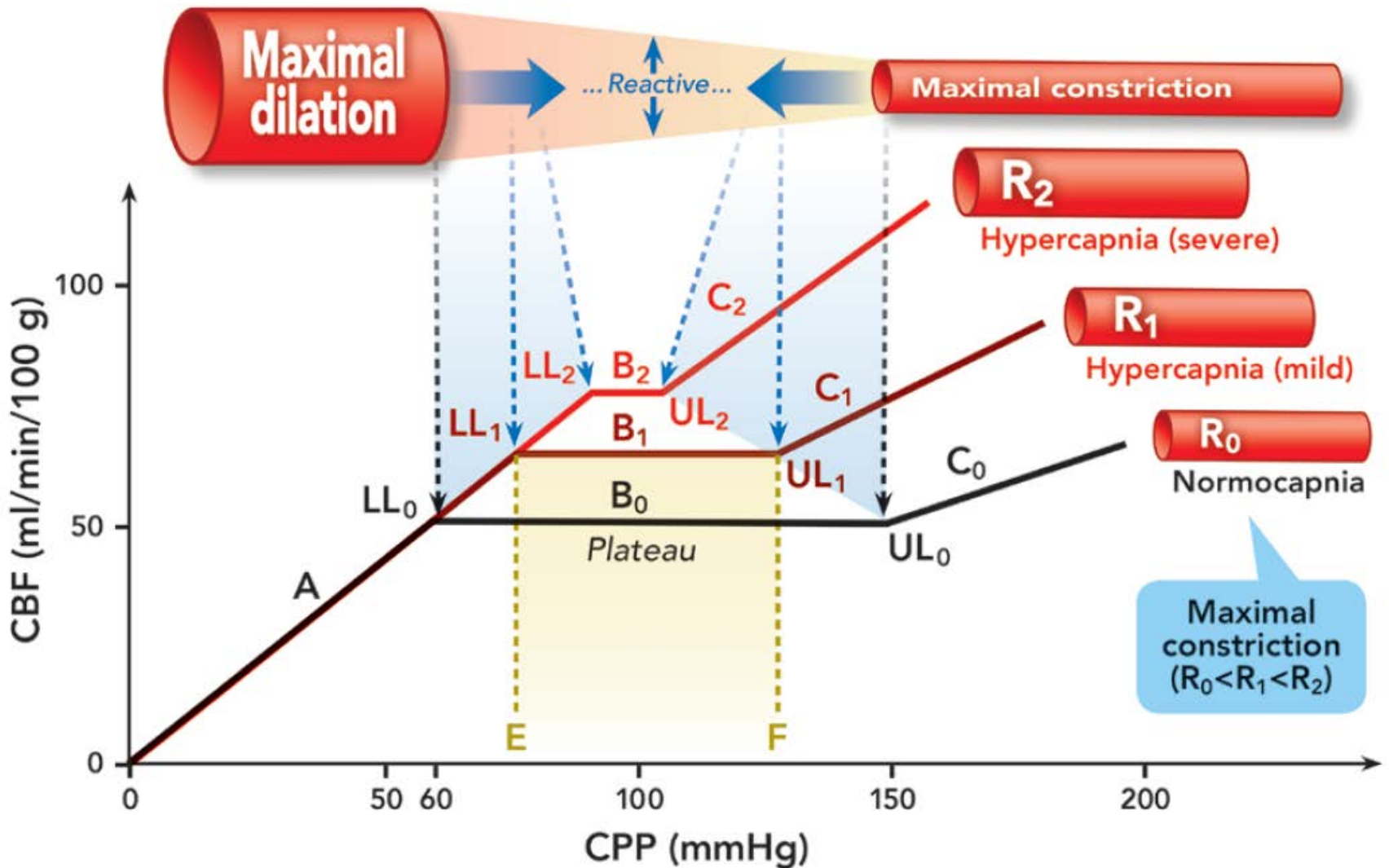


# Regulation of Cerebral Autoregulation by Carbon Dioxide

Anesthesiology 2015; 122:196-205

Lingzhong Meng, M.D., Adrian W. Gelb, M.B.Ch.B.

Fisiología del SNC



# CO<sub>2</sub>

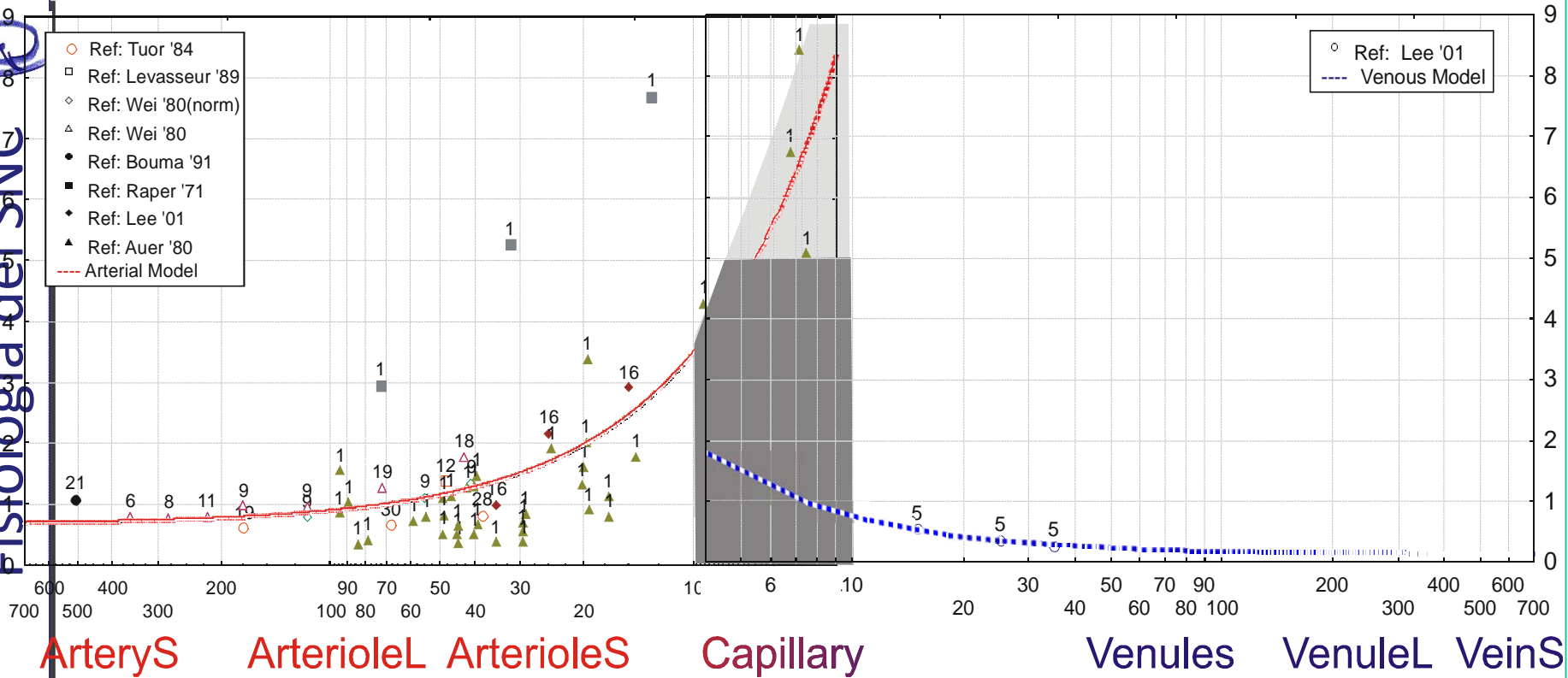
Fisiología del SNC

$$R_{\text{arterial}}(D) = \exp((3.57)-(1.1) \cdot \log(D)) + (.68) \quad [\%/\text{mmHgCO}_2]$$

$$R_{\text{venous}}(D) = 0.20 \cdot R_{\text{arterial}}(D) \quad [\%/\text{mmHgCO}_2]$$

- Ref: Tuor '84
- Ref: Levasseur '89
- ◇ Ref: Wei '80(norm)
- △ Ref: Wei '80
- Ref: Bouma '91
- Ref: Raper '71
- ◆ Ref: Lee '01
- ▲ Ref: Auer '80
- - - Arterial Model

- Ref: Lee '01
- - - Venous Model

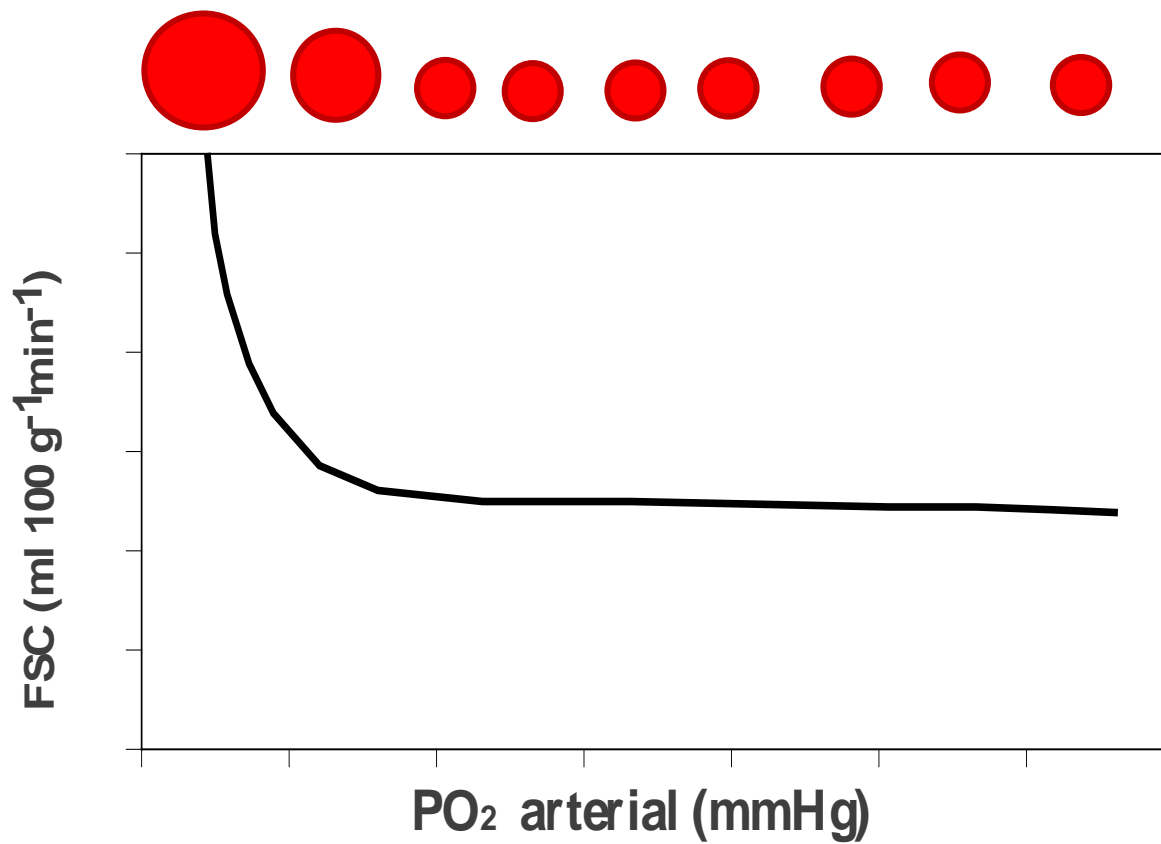


Thanks to Dr. S.Piechnik

# REGULACIÓN DEL FSC

O<sub>2</sub>

Fisiología del SNC



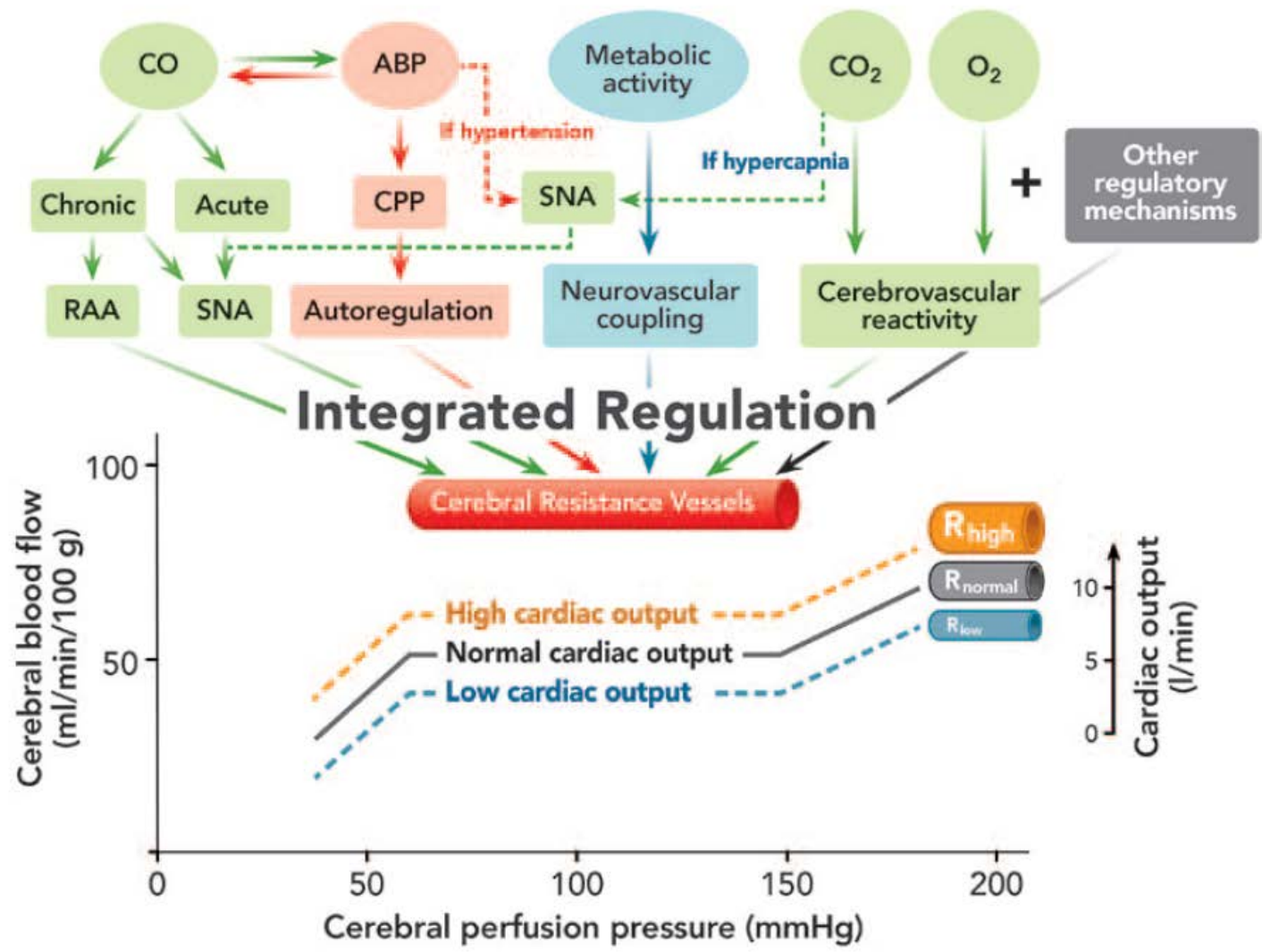
# REGULACIÓN DEL FSC

## Gasto cardíaco

*The Integrated Regulation of Brain Perfusion in Adult Humans*

Lingzhong Meng, M.D., Wugang Hou, M.D., Ph.D., Jason Chui, M.B.Ch.B., Ruquan Han, M.D.,  
 Adrian W. Gelb, M.B.Ch.B.

Fisiología del SNC

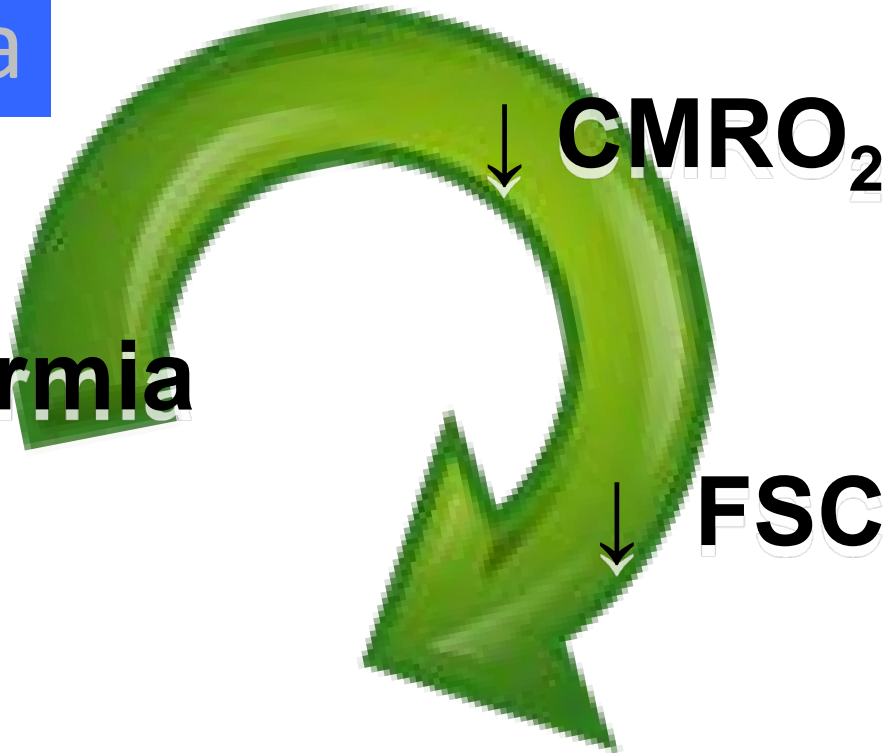




# REGULACIÓN DEL FSC

hipotermia

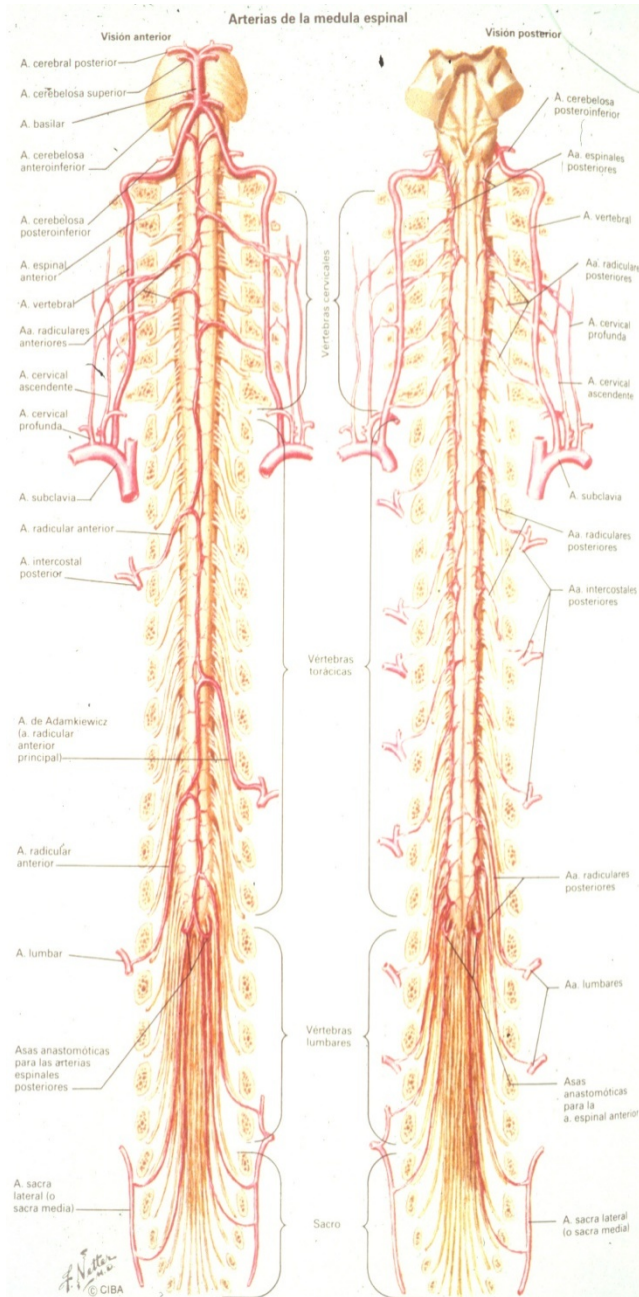
**Hipotermia**



*Bypass cardiopulmonar*

*Isquemia cerebral global (PCR)*

*HTIC refractaria*



# FLUJO SANGUÍNEO DE LA MÉDULA ESPINAL

- Valoración difícil
- Variaciones regionales: *cervical y lumbar >40% que torácico (menor cantidad de sustancia gris)*
- Autorregulación
- Respuesta a  $p\text{CO}_2$  y  $T^a$

## EN PREANESTESIA:

- ¿Es hipertenso?
- ¿A qué tensión suele estar?
- Escribirlo en el informe

## EN QUIRÓFANO:

- Con las 2 mediciones de la sala + a la llegada al quirófano:  
**CALCULAR LA MEDIA**
- $PAM = (2 \cdot PAD + PAS) / 3$
- **TRATAR PRECOZMENTE VARIACIONES DEL 10-15%**

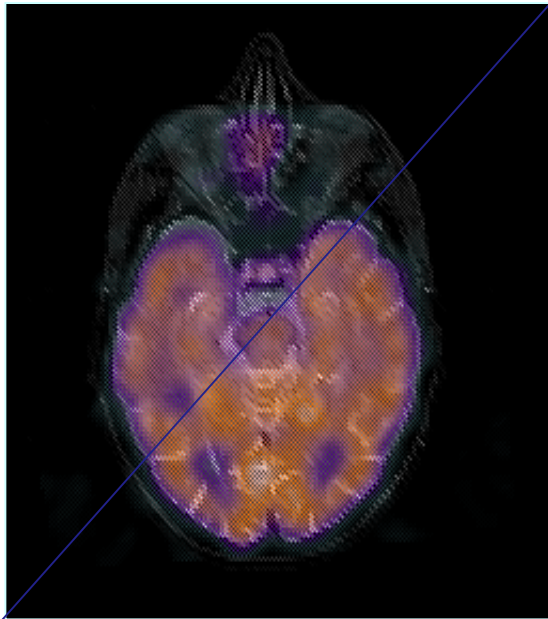


# ACTIVIDAD METABÓLICA CEREBRAL



Fisiología del SNC

Transmisión sináptica



Metabolismo basal

## Oxígeno Glucosa

*En condiciones normales, el aporte de oxígeno es paralelo al gasto de energía.*

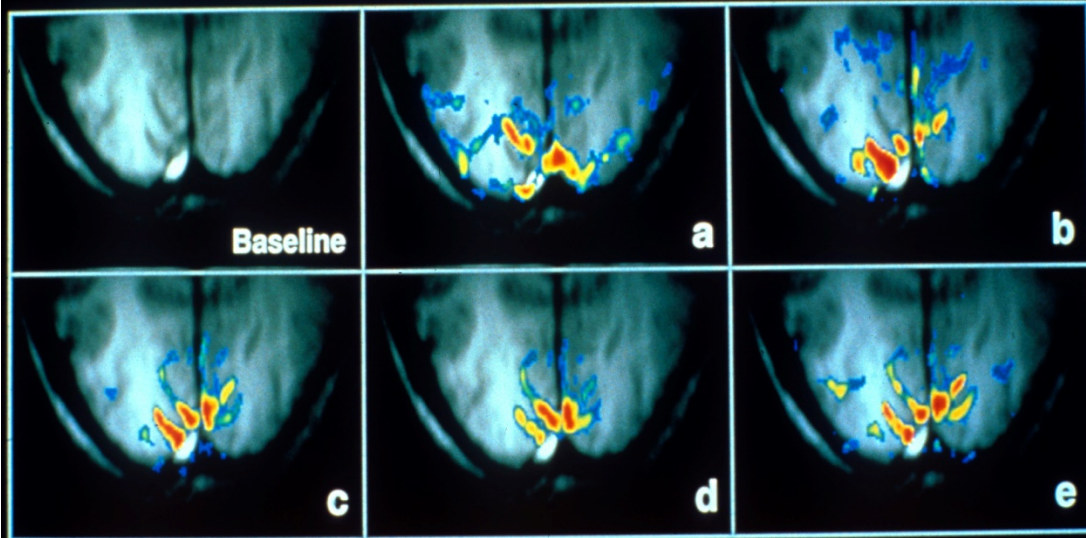
- GLOBAL

- REGIONAL

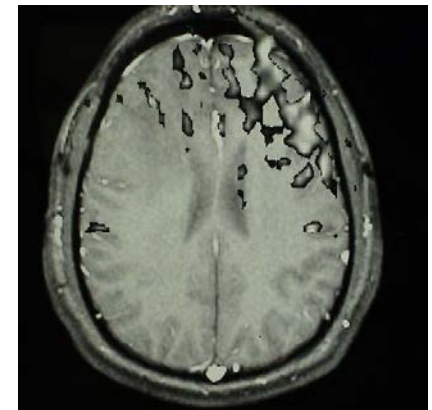
- *Condiciones patológicas: epilepsia, coma*

**ACOPLAMIENTO  
NEUROVASCULAR**

### Visual Stimulation (Initial time course)

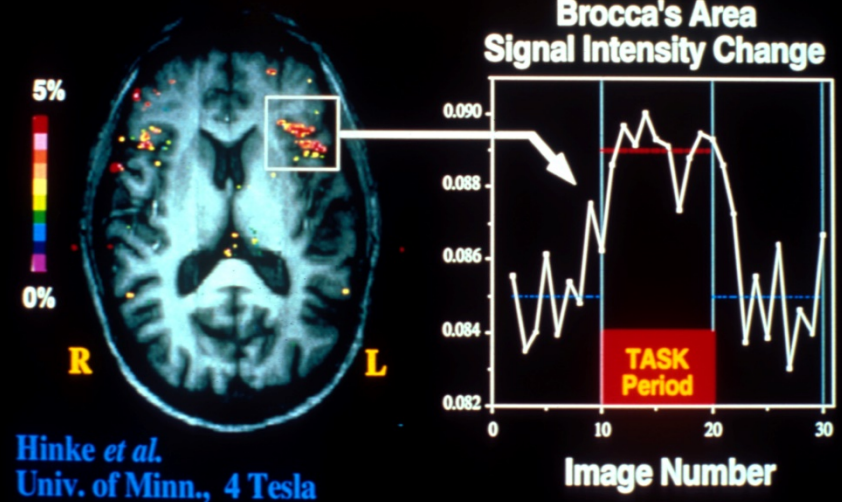


4 TESLA ; University of Minnesota / AT&T; Menon et al



RNM funcional

### Silent Word Generation



# ACTIVIDAD METABÓLICA CEREBRAL

Acoplamiento *Consumo ATP / O<sub>2</sub> – Aporte de O<sub>2</sub>*

**CMRO<sub>2</sub>** consumo metabólico regional de O<sub>2</sub>

*3-3,8 mL/100g/min*

$$\text{CMRO}_2 = (\text{FSC} \cdot \text{CaO}_2) - (\text{FSC} \cdot \text{CjvO}_2)$$

$$\text{CMRO}_2 = \text{FSC} \cdot (\text{CaO}_2 - \text{CjvO}_2)$$



$$\text{AjVDO}_2 = 7 \text{ mL O}_2 / 100 \text{ mL sangre}$$

Medida de Acoplamiento Metabolismo / Flujo

$$\text{AjVDO}_2 = \text{CMRO}_2 / \text{FSC}$$

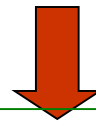
# ACTIVIDAD METABÓLICA CEREBRAL

Diferencia arteriovenosa de  $O_2$

$$A_jVDO_2 = (CaO_2 - C_{jv}O_2)$$

$$\text{Contenido } O_2 = (Hb \cdot 1,39 \cdot \text{Sat } O_2) + (0,003 \cdot pO_2)$$

$$A_jVDO_2 = (Hb \cdot 1,39 \cdot \text{Sat } O_2) + (0,003 \cdot pO_2) \text{ ART} - (Hb \cdot 1,39 \cdot S_{jv} O_2) + (0,003 \cdot pO_2) \text{ YUG}$$



$A_jVDO_2$  inversamente relacionado  $S_{jv}O_2$

75%

Aporte  
excesivo

60-70%

Normal

< 55%

Hipoperfusión  
compensada

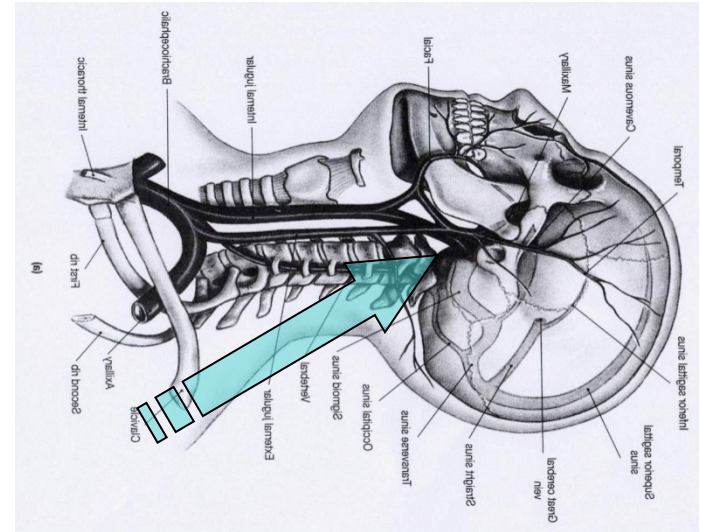
<50%

Isquemia  
global





# SvO<sub>2</sub>

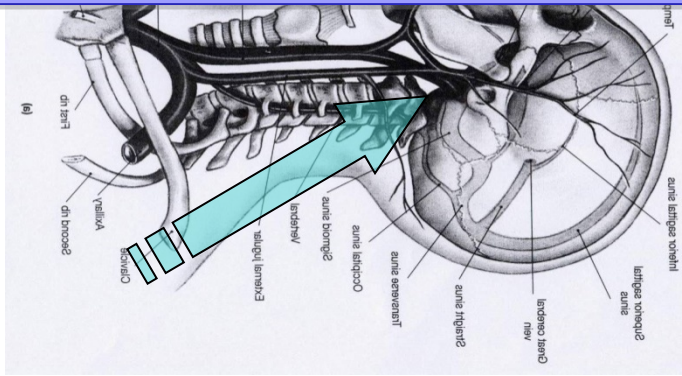
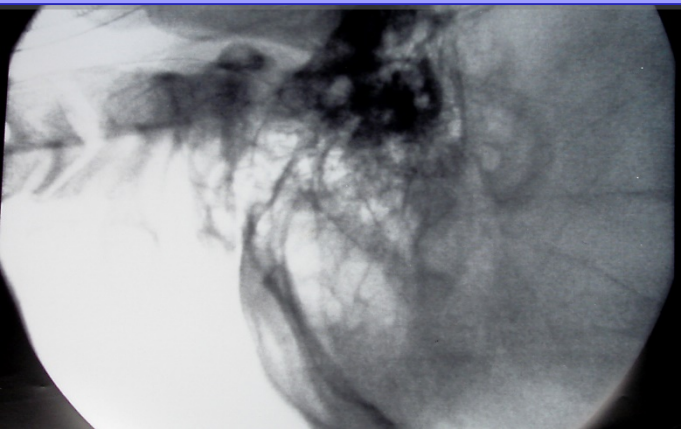


Fisiología del SNC

$SvjO_2$



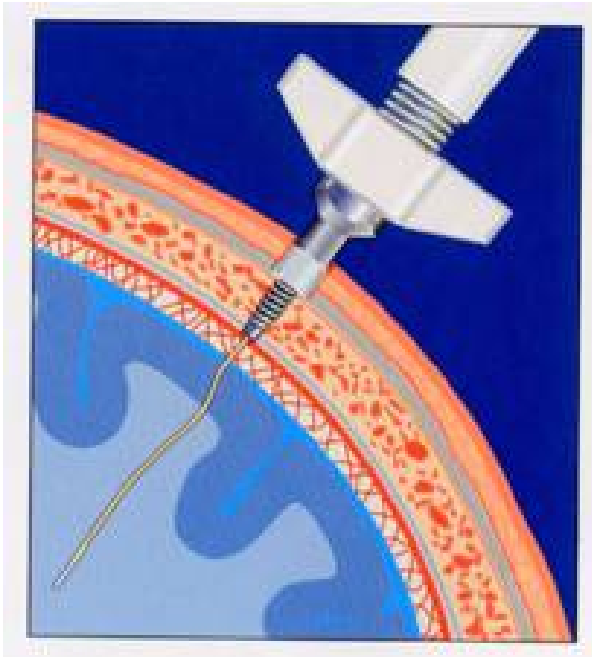
# GLOBAL



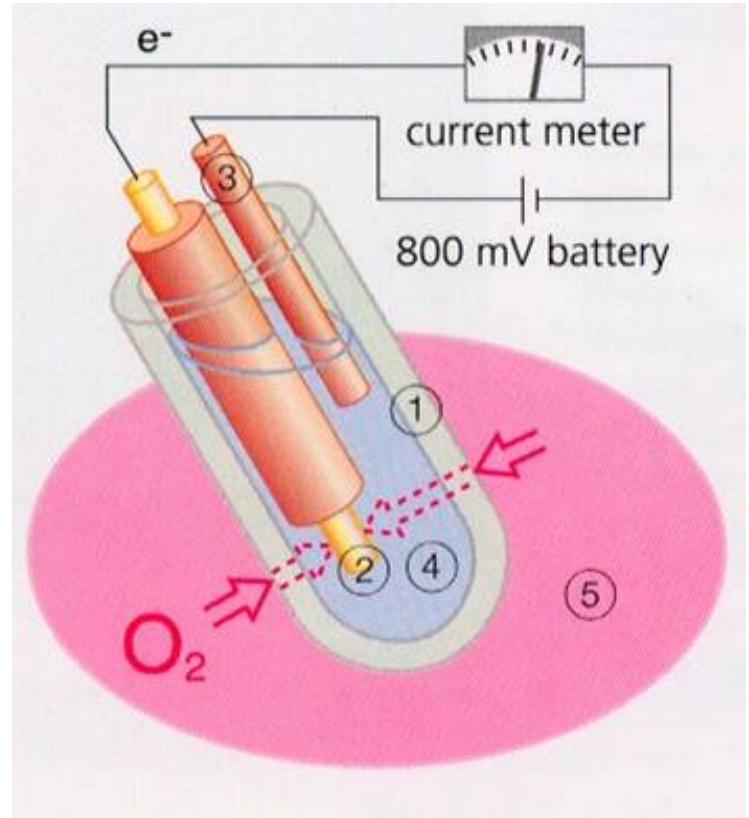
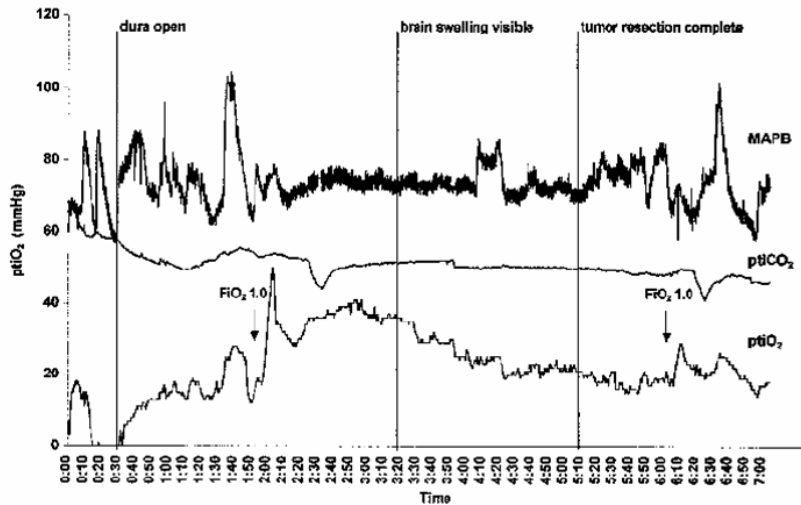
Fisiología del SNC



# Fisiología del SNC



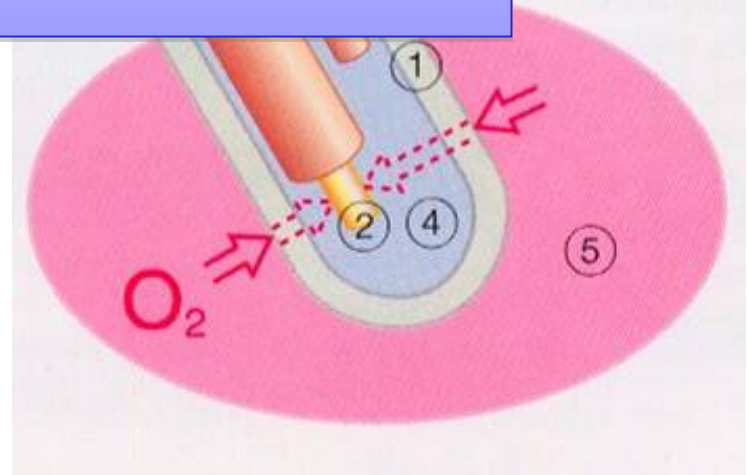
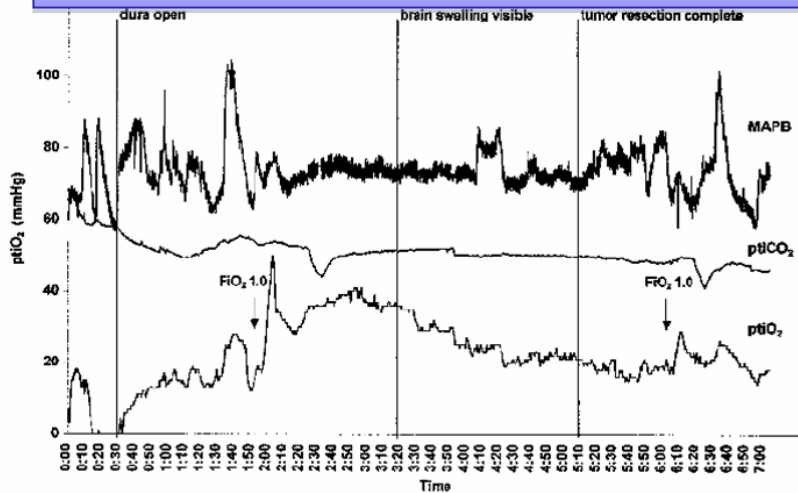
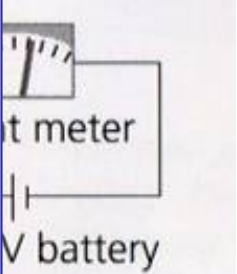
PtIO<sub>2</sub>



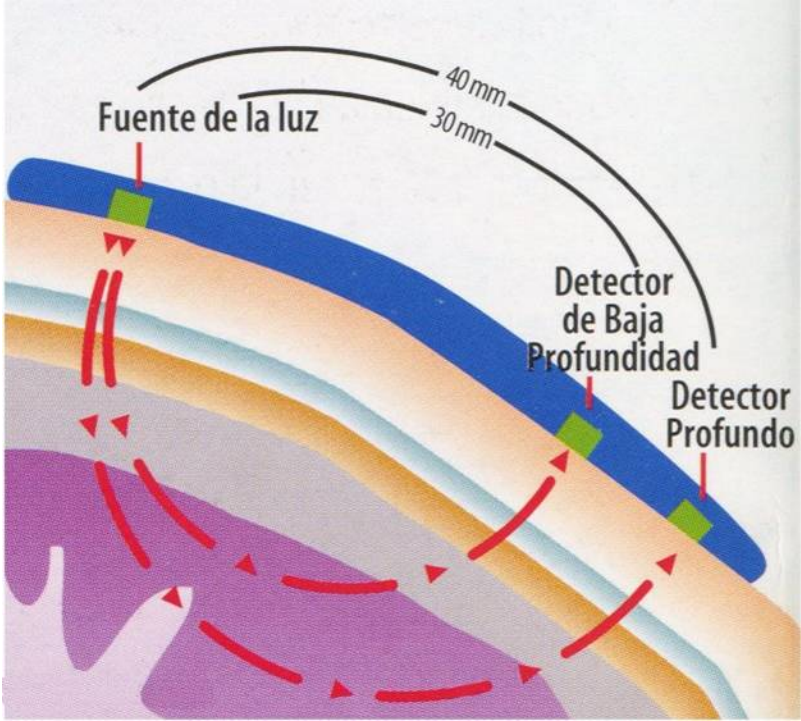


PtiO<sub>2</sub>

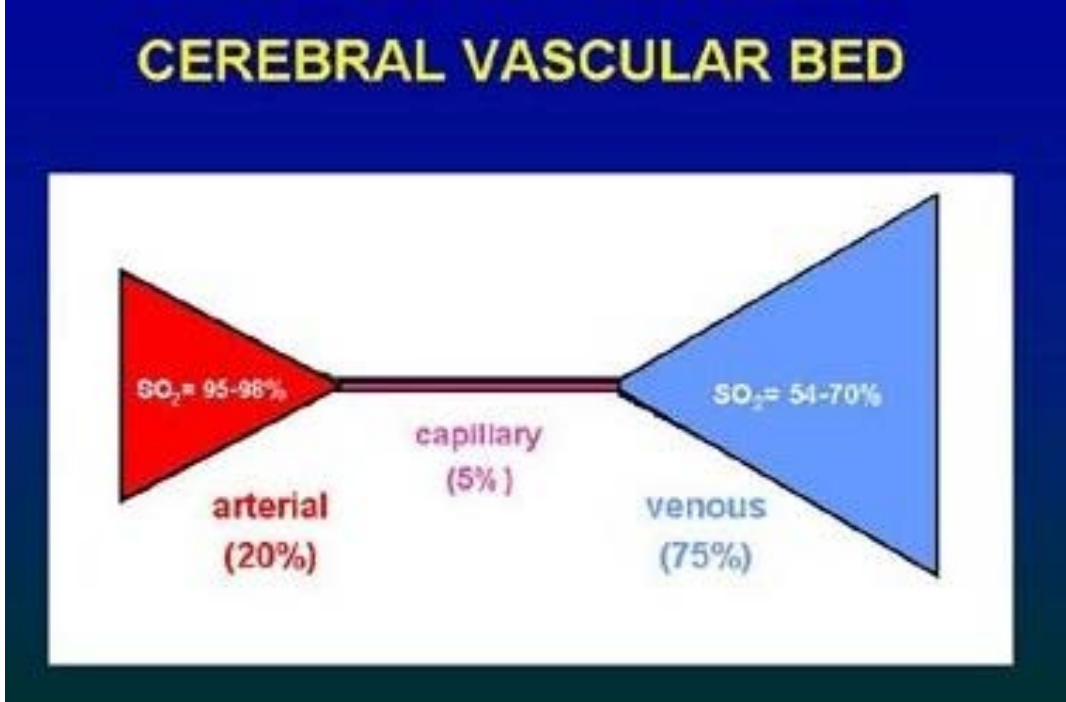
# LOCAL



**SrO<sub>2</sub>**  
(NIRS)



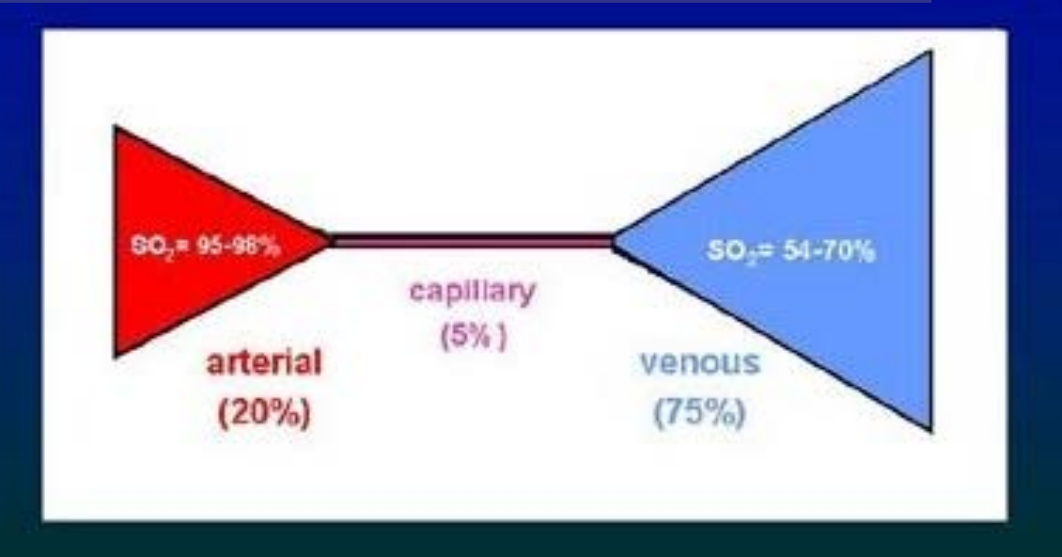
**SrO<sub>2</sub>**  
(NIRS)



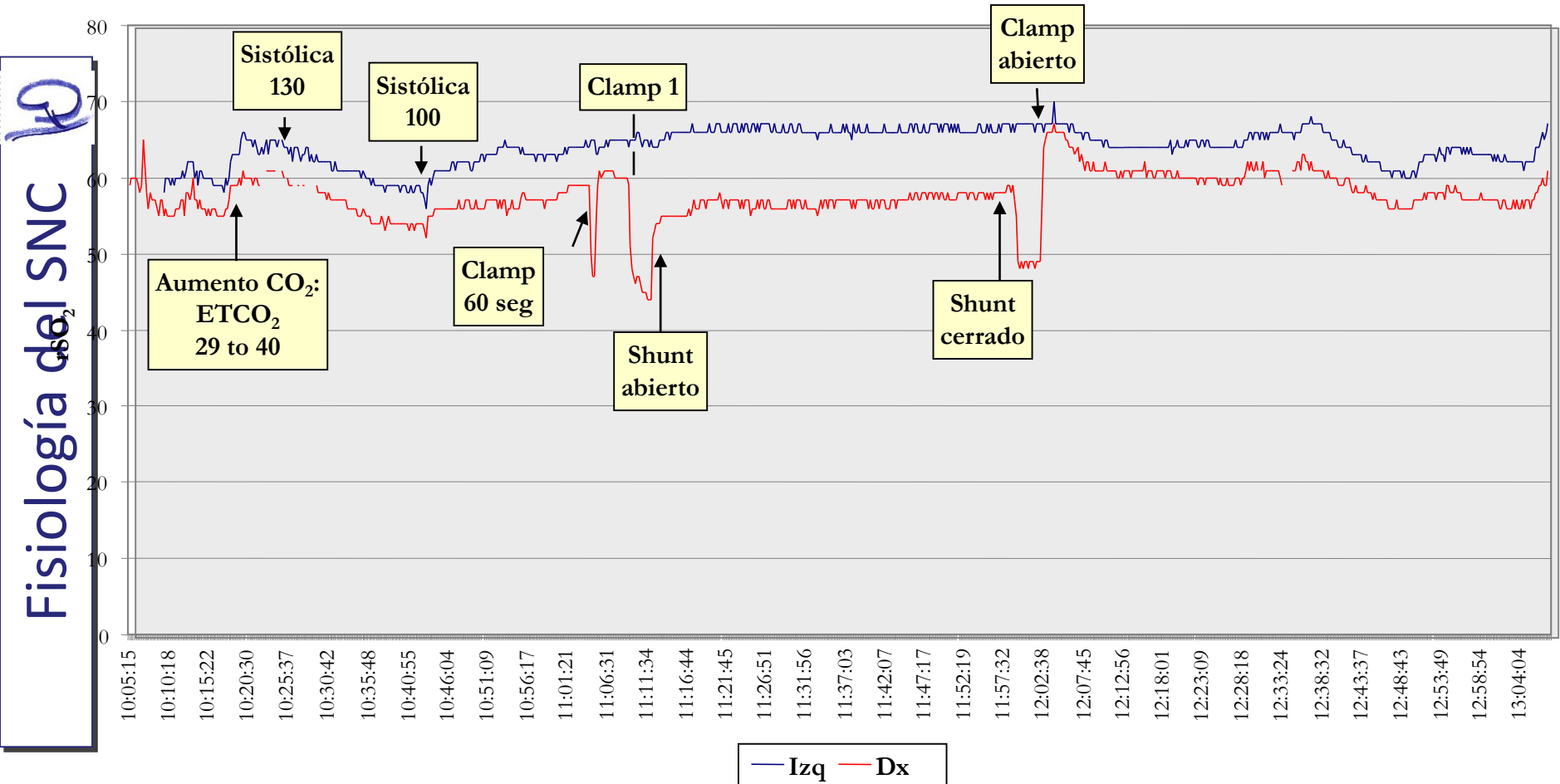
**SrO<sub>2</sub>**  
(NIRS)



# REGIONAL



# CLINICA – ENDARTERECTOMIA CAROTIDEA SIN COMPLICACIONES





# MONITORIZACIÓN FSC Y METABOLISMO

- DTC *doppler transcraneal*
- SvjO<sub>2</sub> *catéter golfo yugular*
- PtiO<sub>2</sub>
- SrO<sub>2</sub> *NIRS*

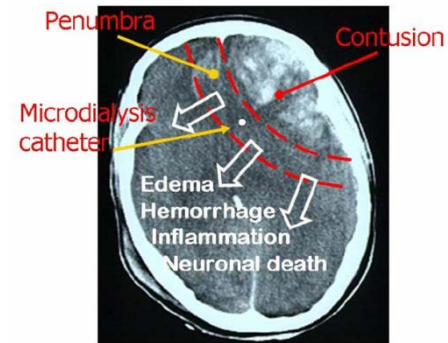
# MONITORIZACIÓN FSC Y METABOLISMO

- DTC
- $SvjO_2$
- $PtiO_2$
- $SrO_2$  (NIRS)
  
- Microdiálisis
- Potenciales evocados SS y motores

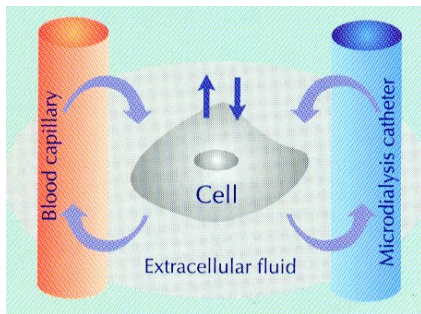
# Microdiálisis

Medición de sustancias del líquido **extracelular**:

- **metabolismo glucosa**
- Glutamato/Aspartato
- iones
- Aminoácidos
- Hipoxantina, Adenosina

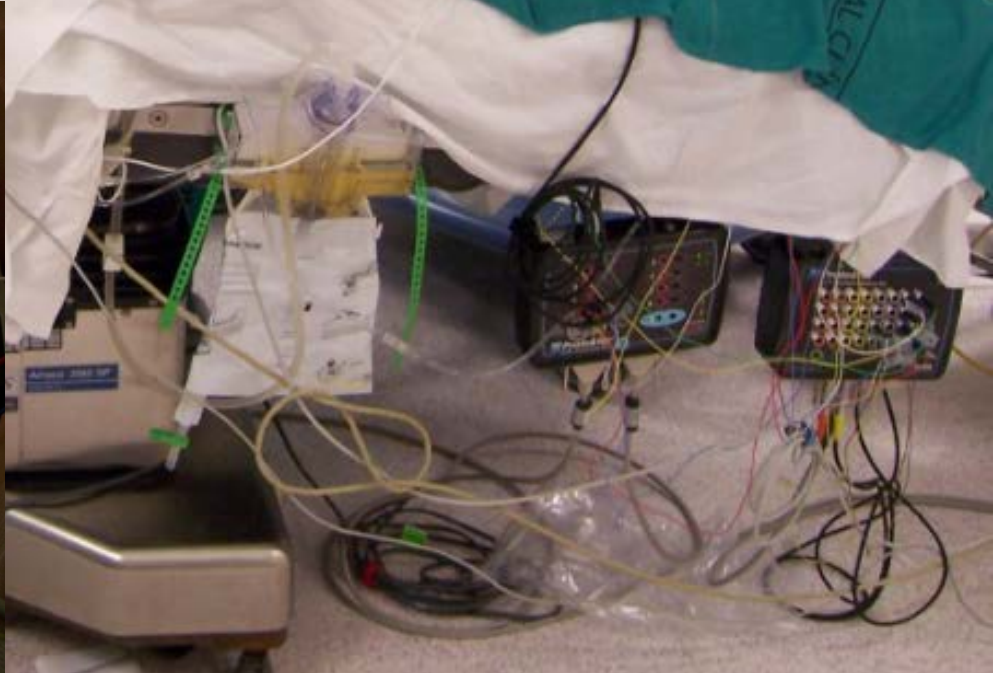
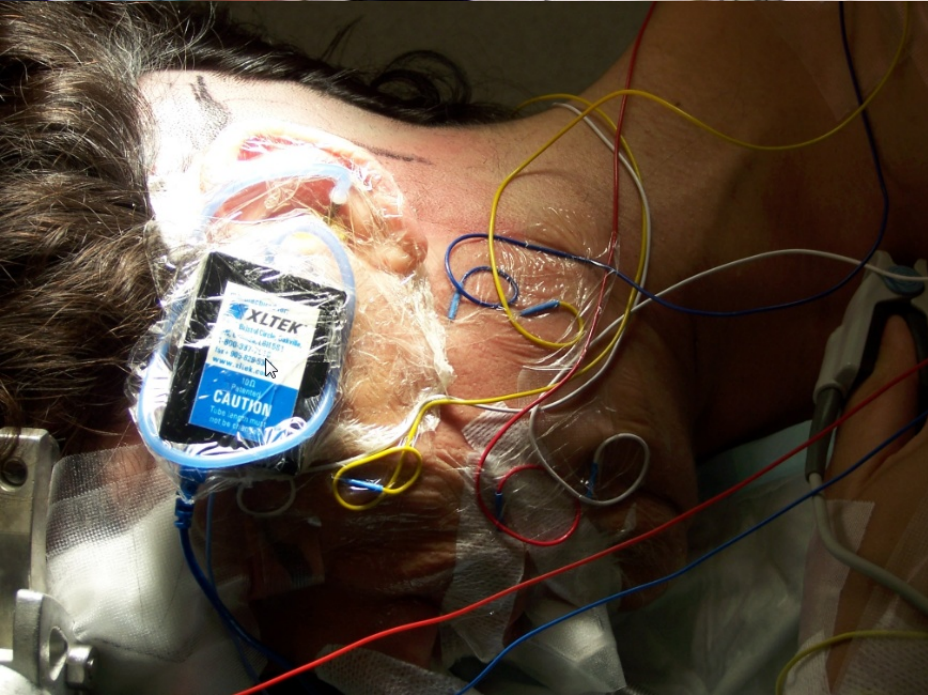


Método invasivo (trépano)



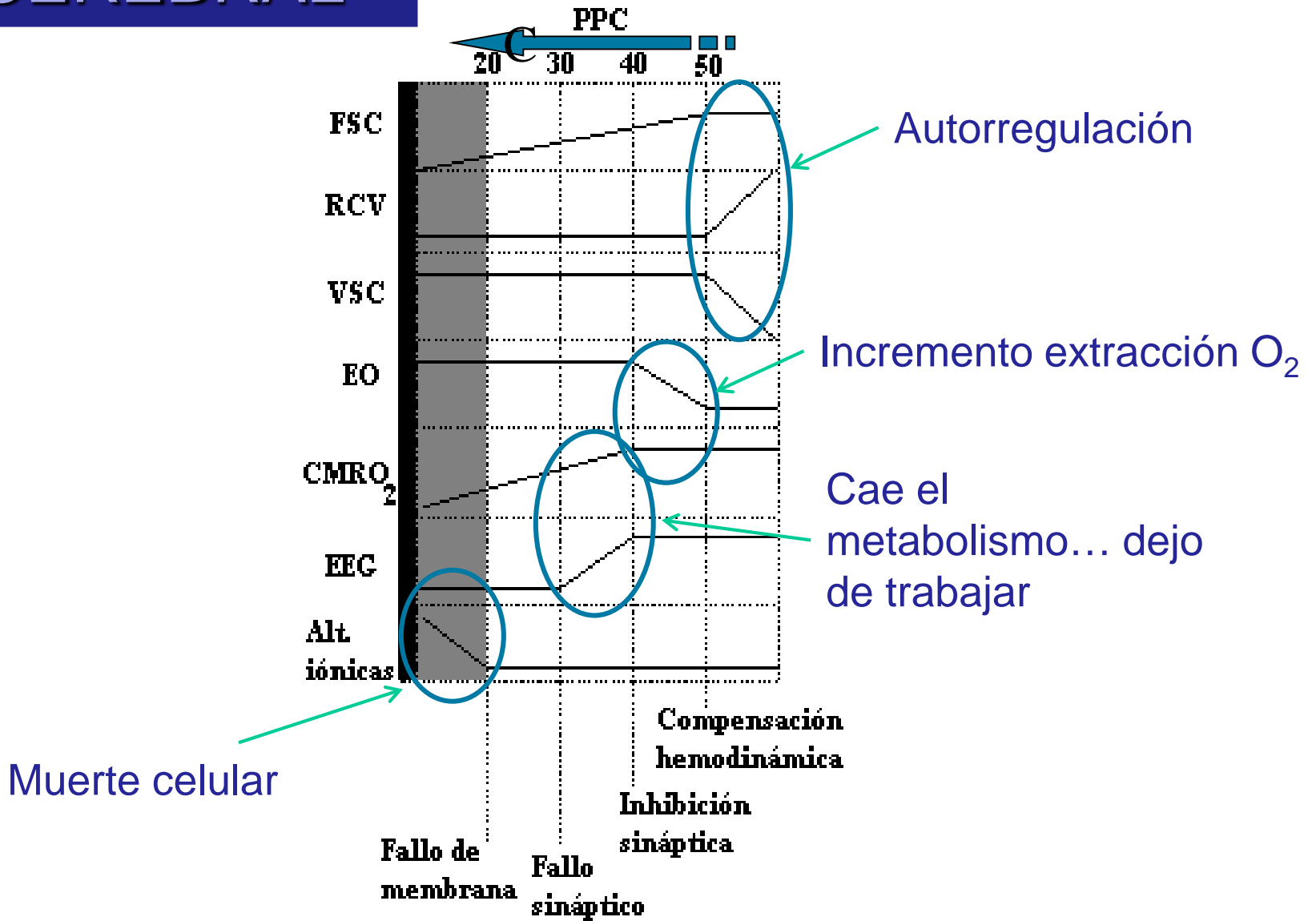
# Potenciales evocados

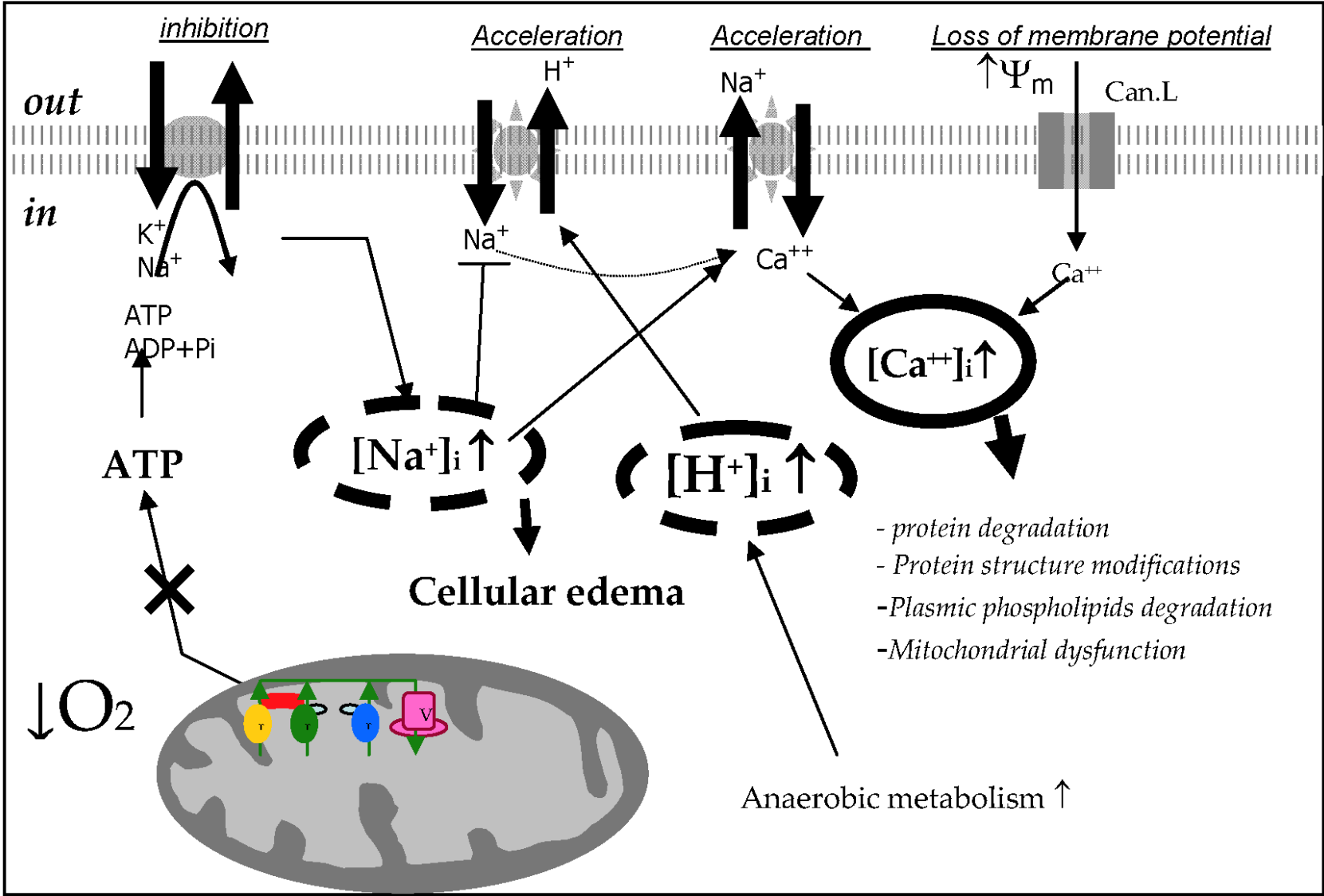
- Integridad global (UCI, muerte encefálica)
- Monitorización en quirófano de integridad local (resección tumores, clipaje aneurismas, instrumentación vertebral)
- Motores, pares craneales, sensitivos (SS, visuales, auditivos...)



# ISQUEMIA CEREBRAL

Fisiología del SNC



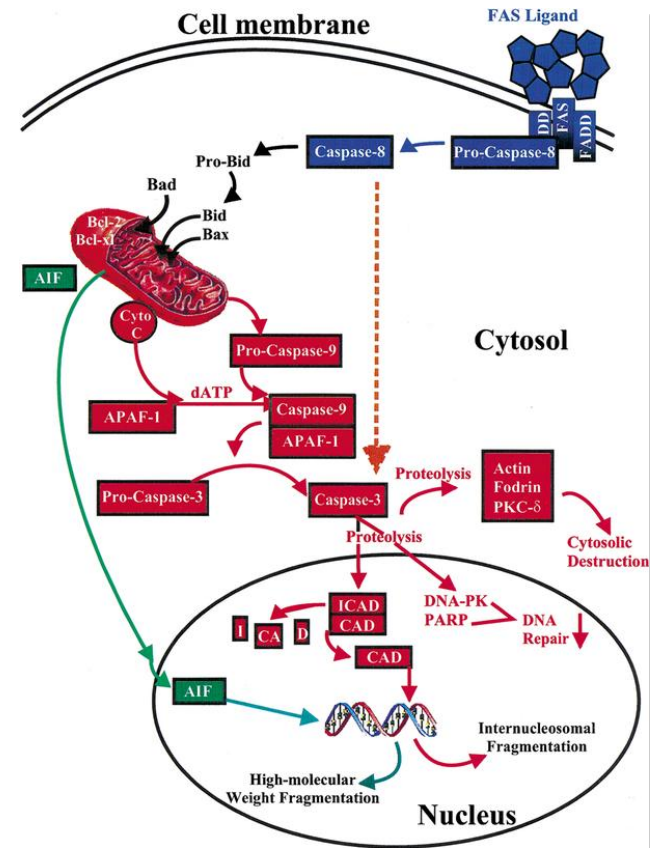
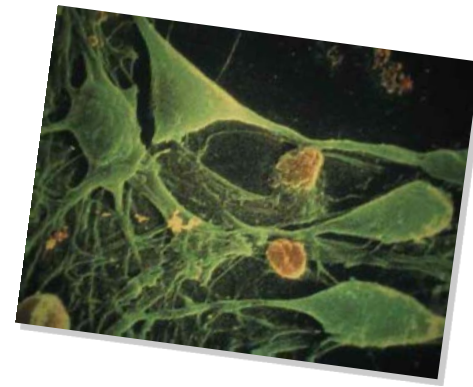


# Muerte neuronal

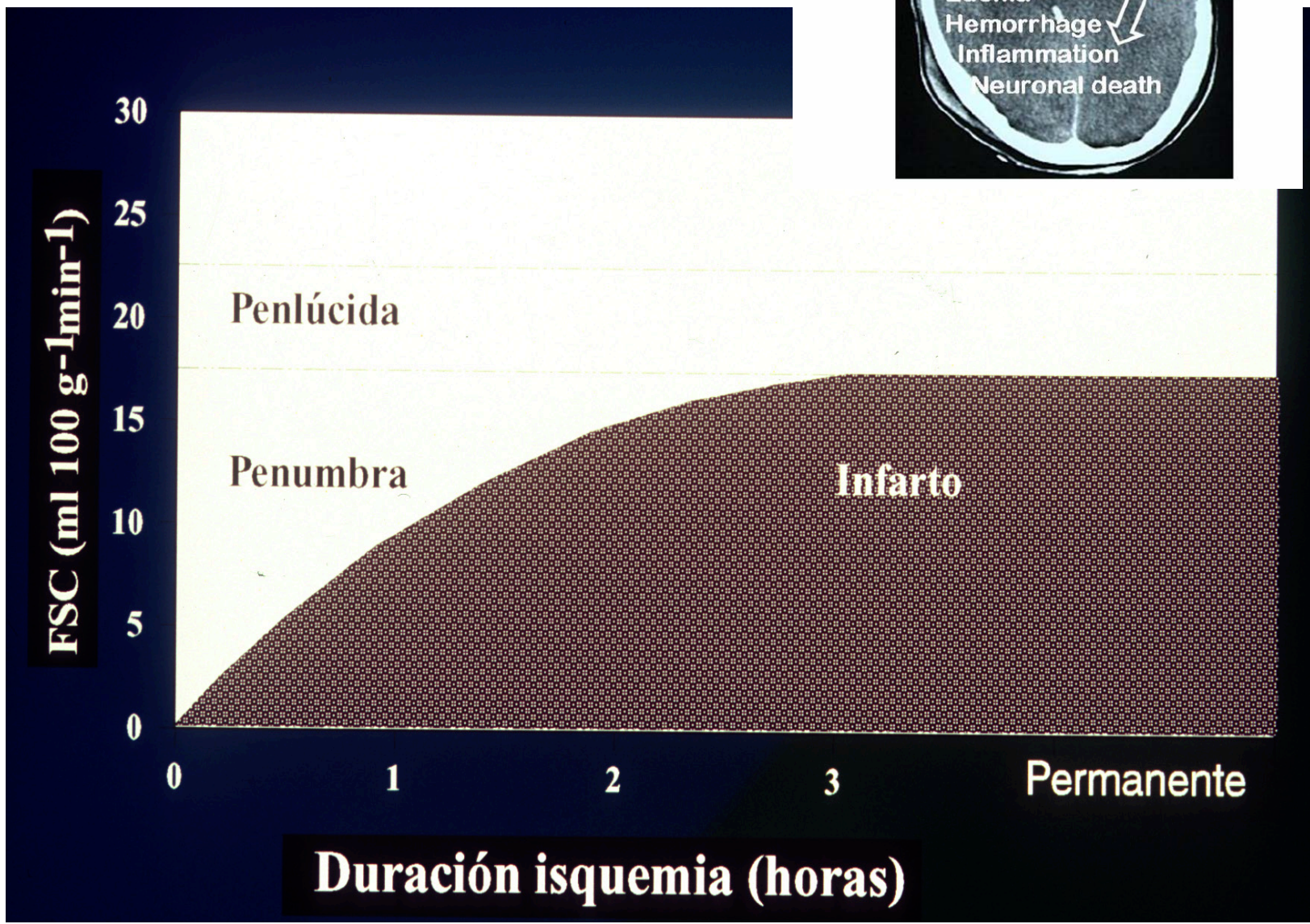
- Primaria
- Lesión secundaria
  - Cambios ambientales
  - Falta aporte metabólico-trófico
  - Alt. Transcripción genética

## NECROSIS CELULAR

- Duración / Intensidad Isquemia
  - Fallo energético
  - Inhibición síntesis proteica
- ## APOPTOSIS

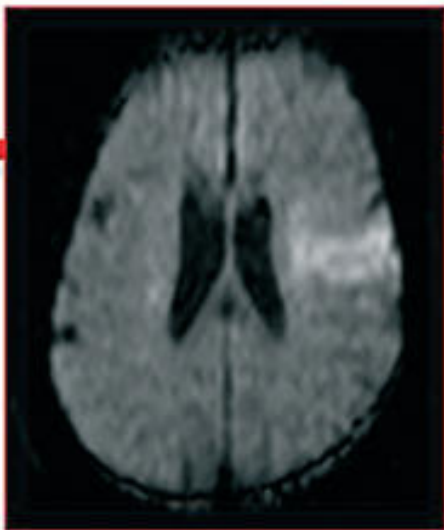




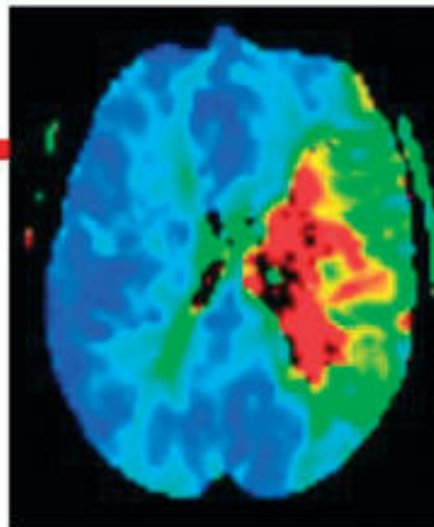


# Penumbra isquémica

Fisiología del SNC



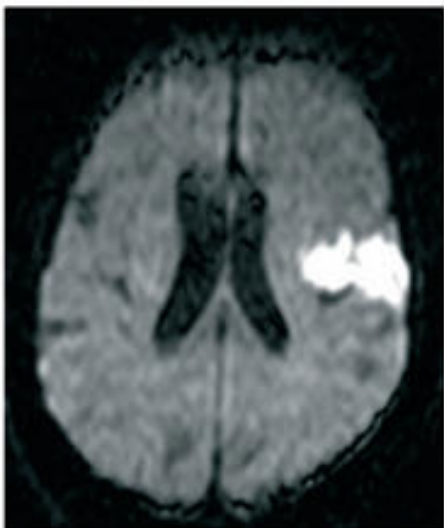
DWT



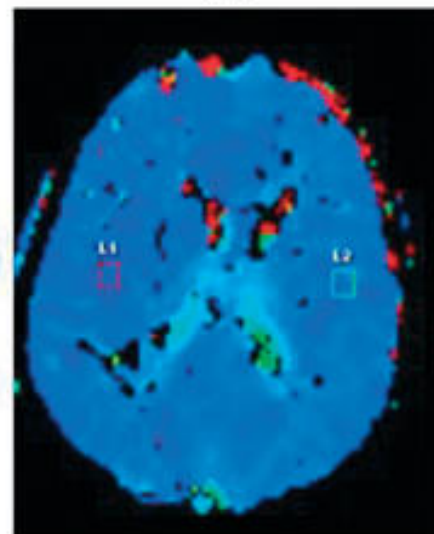
PWT



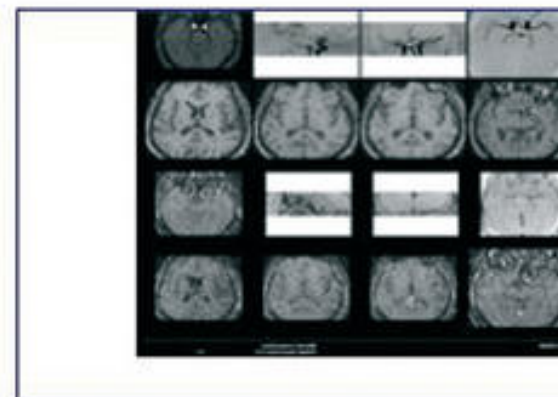
ARM



DWII-24



PWI-24



ARM-24



www.apsf.org

# NEWSLETTER

The Official Journal of the Anesthesia Patient Safety Foundation

Volume 22, No. 2, 25-40

Circulation 81,489 *D J Cullen, R R. Kirby* Summer 2007

## Beach Chair Position May Decrease Cerebral Perfusion *Catastrophic Outcomes Have Occurred*

Journal of Clinical Anesthesia (2005) 17, 463-469



ELSEVIER

Case report

### Cerebral ischemia during shoulder surgery in the upright position: a case series

Andrea Pohl MD (Clinical Associate)<sup>a,b</sup>,  
David J. Cullen MD, MS (Professor, Chairman)<sup>a,b,\*</sup>

Journal of  
Clinical  
Anesthesia

### Visual Loss and Ophthalmoplegia After Shoulder Surgery

M. Tariq Bhatti, MD<sup>†</sup>, and F. Kayser Enneking, MD<sup>†</sup>

ANESTH ANALG  
2003;96:899-902

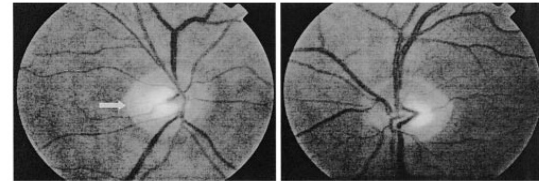
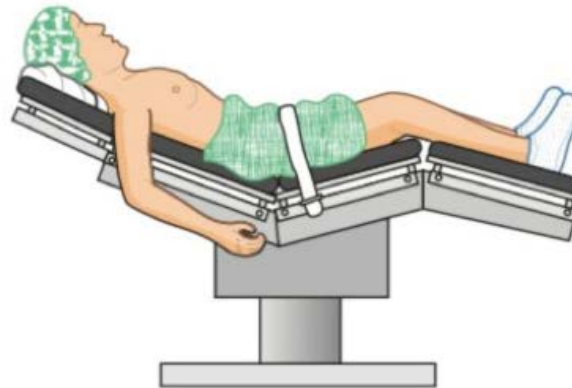


Figure 4. Six months after surgery, compared with the left optic nerve, there is mild temporal pallor of the right optic nerve (arrow).



Fisiología del SNC

# Cerebral oxygen desaturation during beach chair position

EJA 2011

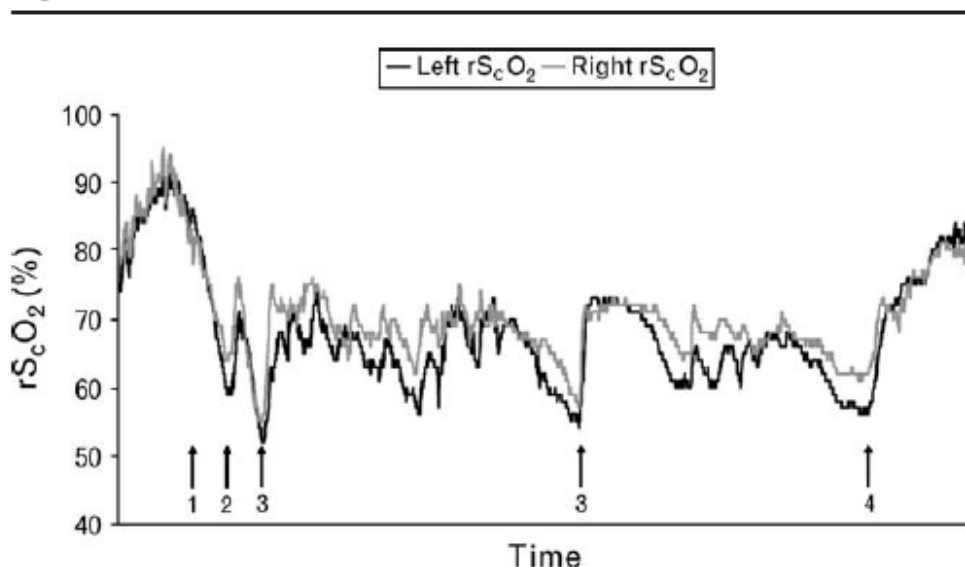
Annelies T. Moerman, Stefan G. De Hert, Tom F. Jacobs, Lieven F. De Wilde and Patrick F. Wouters

Table 3 Postural changes in cerebral oxygen saturation and in blood pressure

	Left rS <sub>c</sub> O <sub>2</sub> (%) mean ± SD (min-max)	Right rS <sub>c</sub> O <sub>2</sub> (%) mean ± SD (min-max)	SAP/DAP (mmHg) (mean ± SD)
Awake	69 ± 6 (56-78)	68 ± 6 (54-79)	156 ± 29/76 ± 20
Before position change	79 ± 9 (63-92)	77 ± 10 (61-91)	130 ± 32*/67 ± 20
5 min after position change	65 ± 10 (46-82) <sup>§</sup>	66 ± 11 (40-82) <sup>§</sup>	110 ± 24* <sup>§</sup> /64 ± 24
Minimum value	57 ± 9 (42-73)* <sup>§</sup>	59 ± 10 (40-76)* <sup>§</sup>	84 ± 22* <sup>§</sup> /46 ± 11* <sup>§</sup>

rS<sub>c</sub>O<sub>2</sub>, regional cerebral oxygen saturation; SAP, systolic arterial pressure; DAP, diastolic arterial pressure. \*P < 0.05 vs. awake value. §P < 0.05 vs. value before position change.

Fig. 2

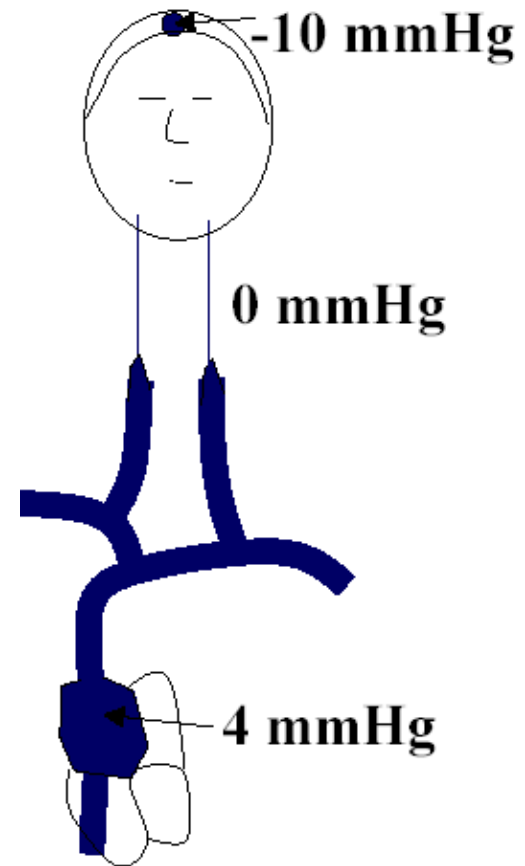
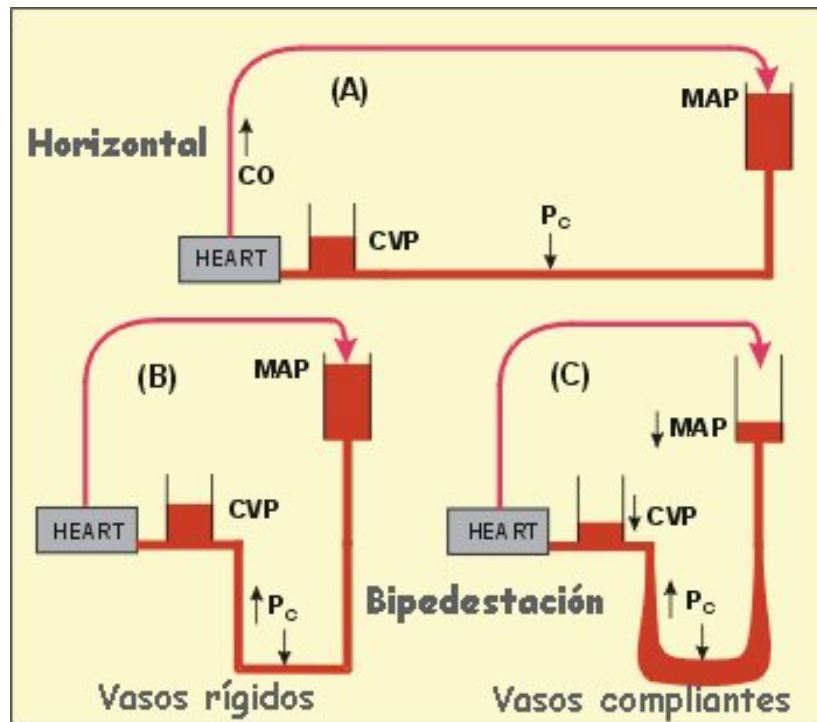


Representative case. Changes in regional cerebral oxygen saturation (rS<sub>c</sub>O<sub>2</sub>) at the start (1) and the end (4) of the beach chair position and after administration of atropine (2) and ephedrine (3).

Descenso relativo SrO<sub>2</sub> > 20% en el 80% pacientes al sentarlos

En 30% pacientes SrO<sub>2</sub> < 50%.

Cambios hemodinámicos independientes de la gravedad de la desaturación observada



Decúbito supino P = 4-10 mmHg

***Pérdida de mecanismos de respuesta del SNV simpático a los cambios de posición (VD agentes anestésicos y ventilación a presión positiva sobre retorno venoso yugular)***

**¿debemos en cuenta la diferencia de altura entre el lugar en el que se determina la presión arterial y el nivel de la cabeza?**

Teoría “modelo cerrado” (sifón) vs teoría “modelo abierto” (waterfall)

APSF NEWSLETTER Spring 2009



PAGE 5

Letter to the Editor

## Lower Limit of Cerebral Autoregulation Questioned

Volume 24, No. 1, 1-24

*Kirby et al*

APSF NEWSLETTER Spring 2009

PAGE 6

Letter to the Editor

Drummond et al

## Hydrostatic Gradient is Important— Blood Pressure Should be Corrected

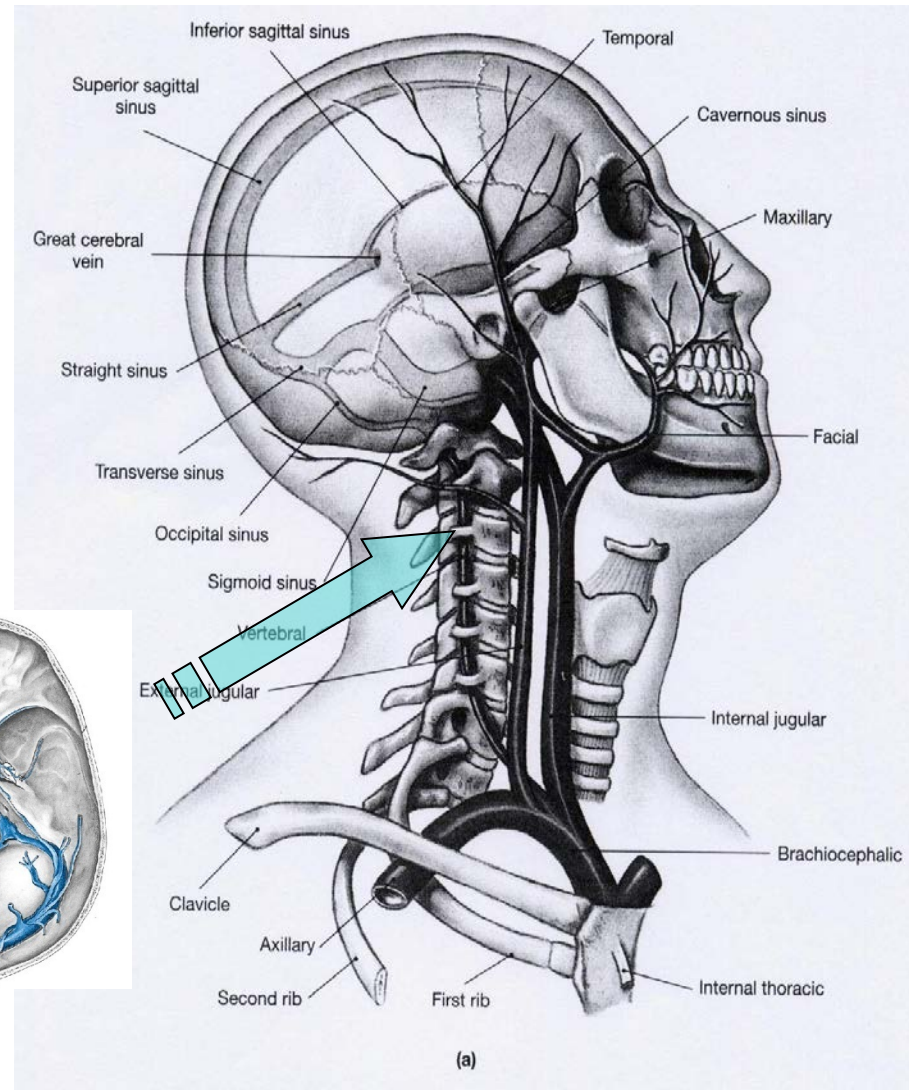
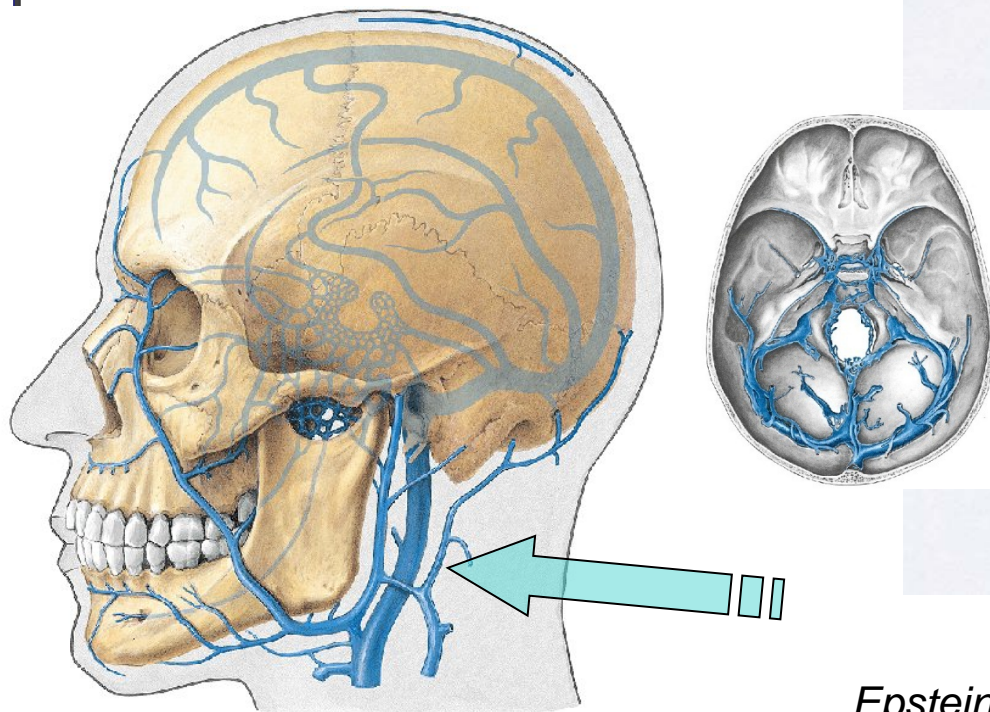
**Gradiente hidrostático: PA disminuye 1 mmHg por cada 1,25 cm.**

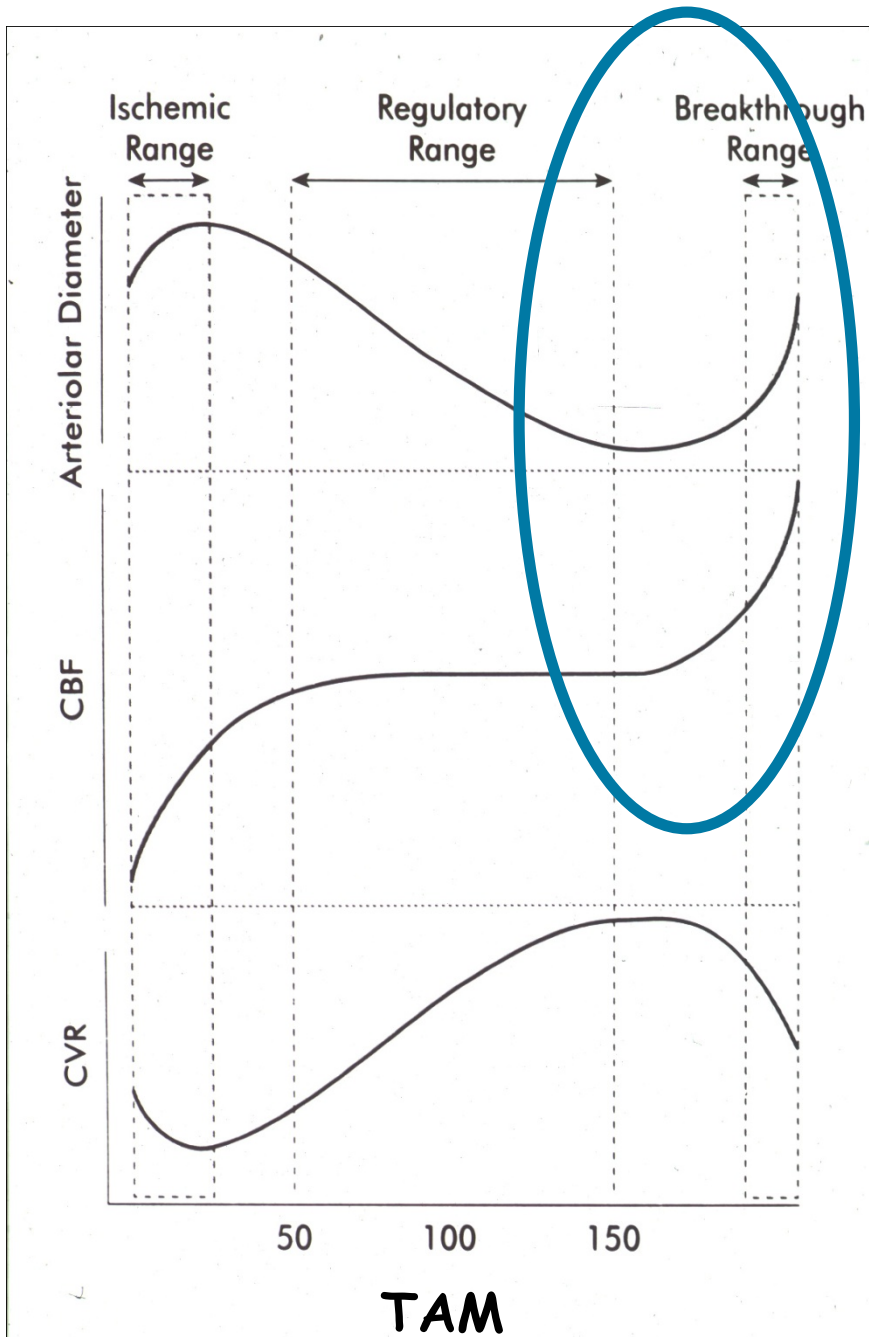
**50 cm = 40 mmHg**

# La oclusión de los vasos secundaria a la posición de la cabeza y el cuello puede comprometer un correcto FSC

del SNC

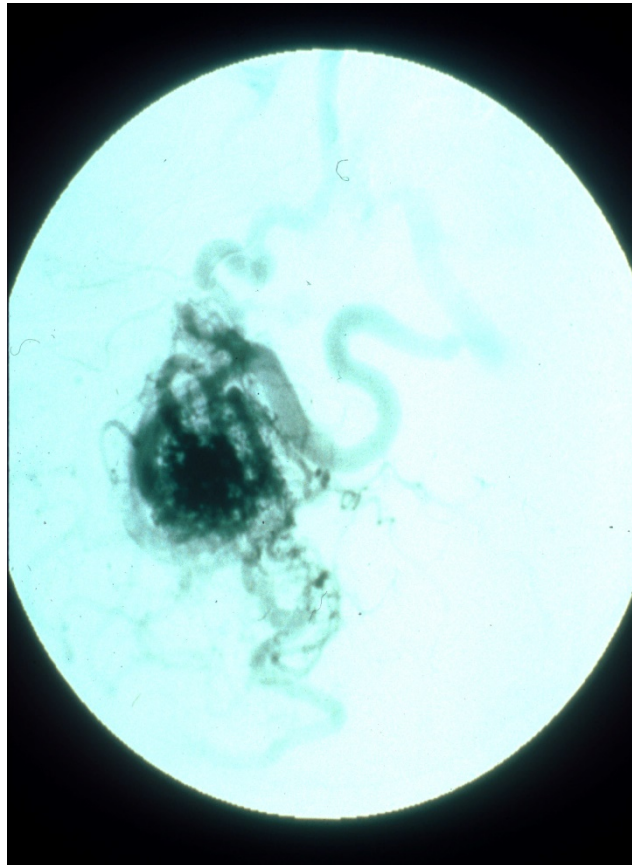
En bipedestación el plexo venoso vertebral es la vía principal de drenaje de la sangre del cráneo





Al otro extremo de la autorregulación





*cirugía de malformación arterio-venosa (MAV) cerebral*

isquemia relativa de tejidos circundantes: *shunt de baja resistencia*

FSC mantenido por VD: *parálisis vasomotora.*

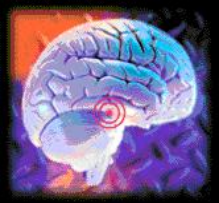
Extirpación MAV ..... "normalizarse" la presión

Parálisis vasomotora impide  $\uparrow$  RVC para mantener el flujo

*Hiperhemia cerebral, edema y hemorragia difusa.*



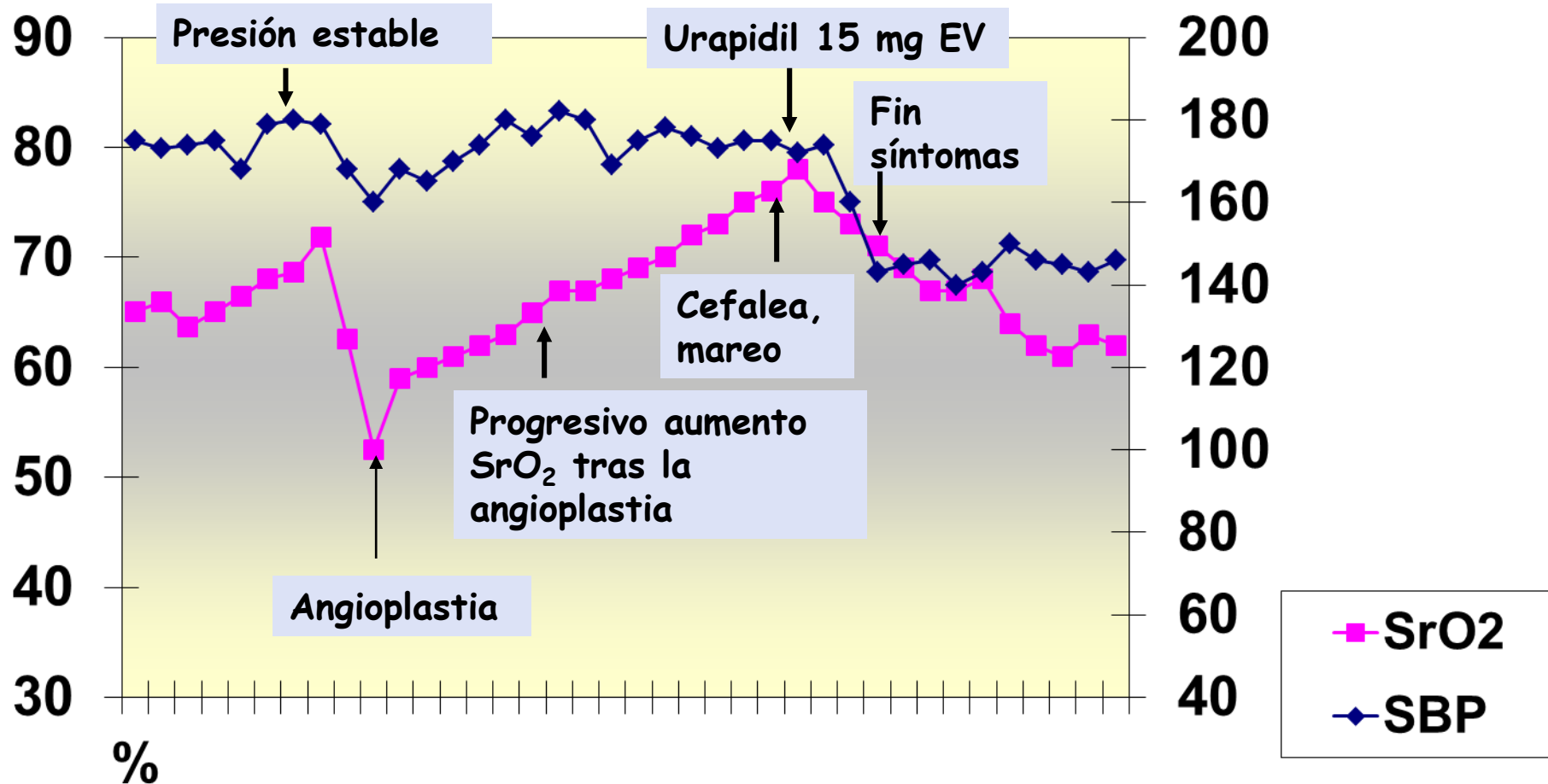
Post-stent carotideo



## Caso clínico.

Mujer, 53 años. ATP carótida interna izquierda.

Estenosis arterial >95%.

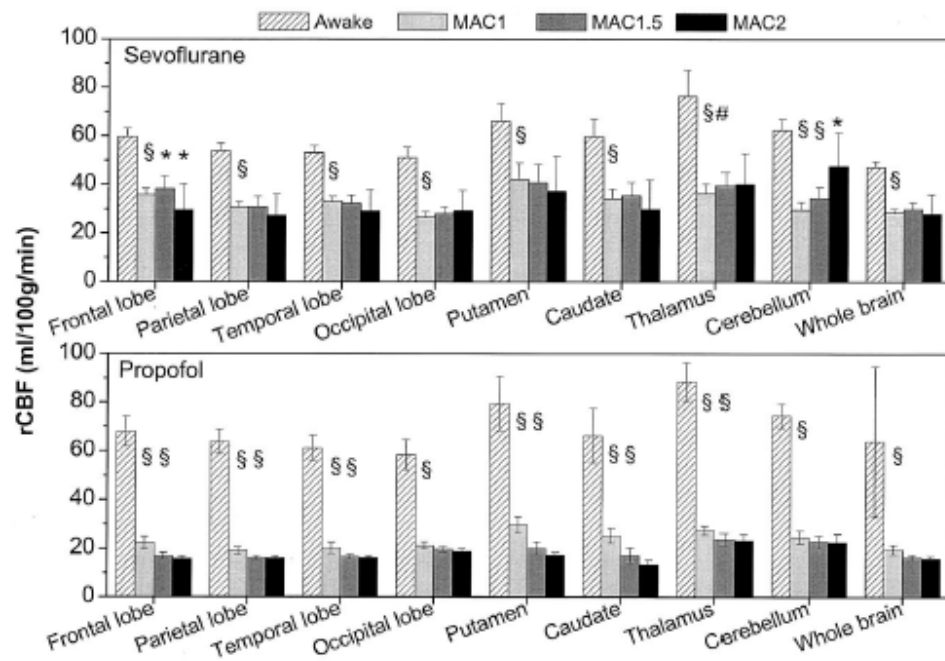
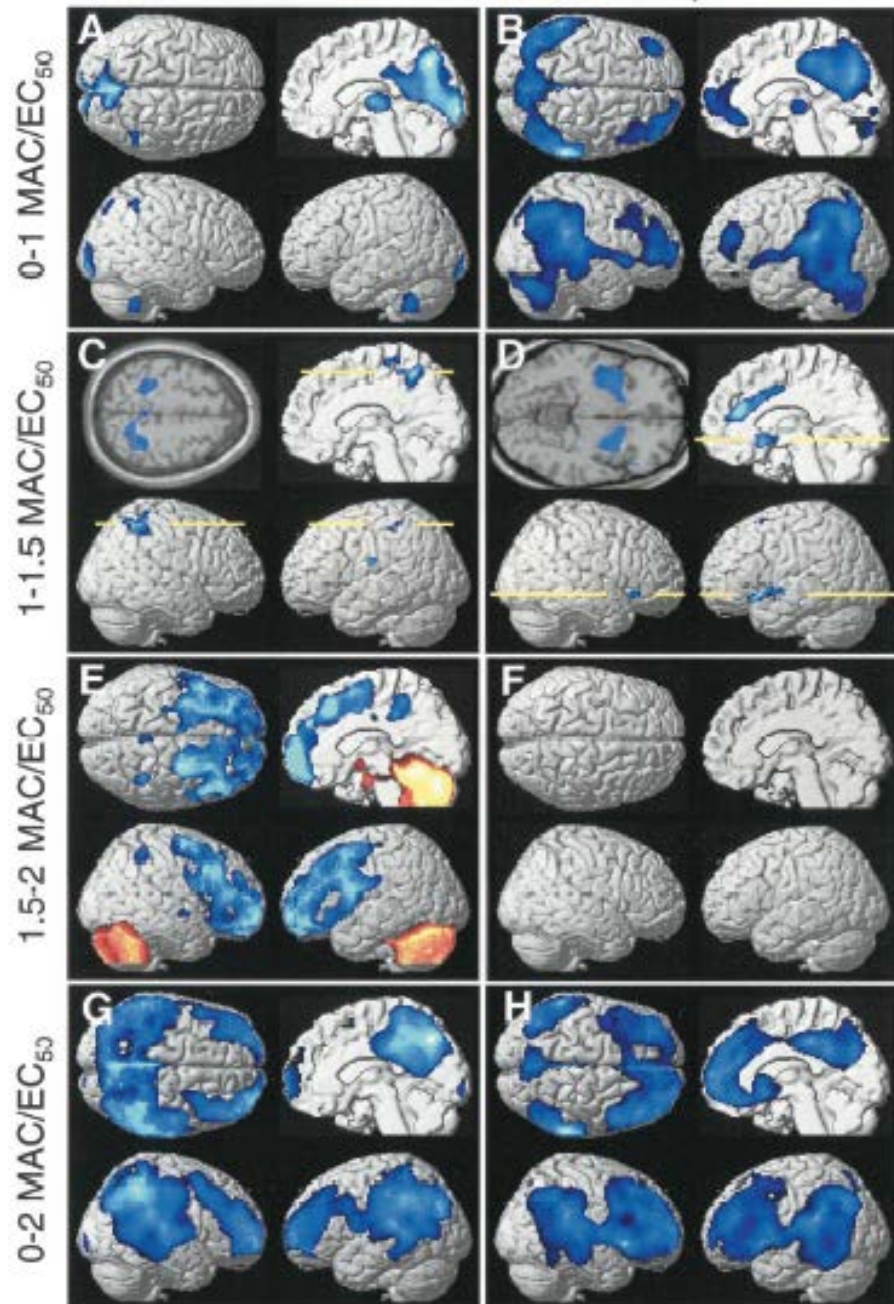


# PROFUNDIDAD ANESTÉSICA

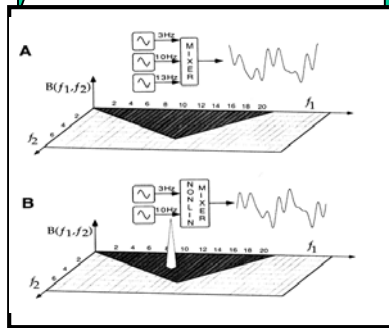
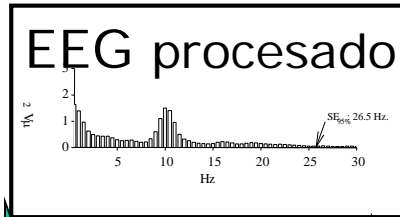
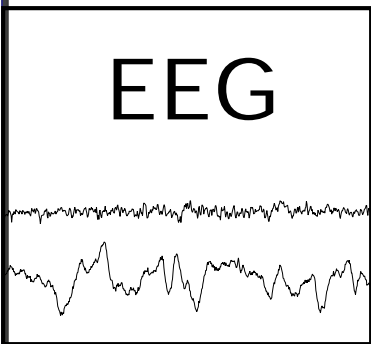
- Control clínico
- CAM
- Presión esfínter esofágico inferior
- EMG frontal
- Arritmia respiratoria sinusal
- Potenciales evocados auditivos
  
- Electroencefalograma (isquemia)
- EEG procesado → Predicción del despertar

Sevoflurane

Propofol



# Del EEG al Índice Bispectral



## Subparámetros

- Tasa de:
  - supresión
  - "quazi supr"
- SynchFastSlow
- Índice Beta relativo
- Otros subparámetros espectrales y bispectrales

Índice Bispectral

## Métodos de análisis

- A. temporal
- A. espectral
- A. bispectral



## Correlación clínica

- Sedación
- Hipnosis
- Consciencia
- Memoria

## NIVELES DE HIPNOSIS

Despierto y consciente

Sedación ligera

Sedación profunda

Anestesia general

Hipnosis profunda



## ONDA EEG PREDOMINANTE

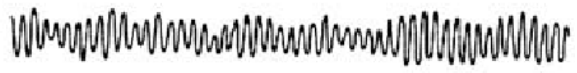
Ondas beta (BIS 100)

>12  
Hz



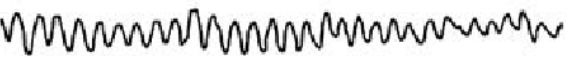
Ondas alpha (BIS <80)

8-12  
Hz



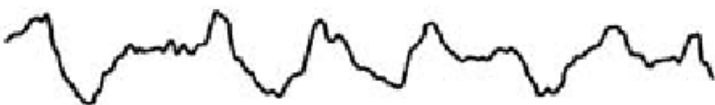
Ondas alpha/theta (BIS <70)

4-7  
Hz

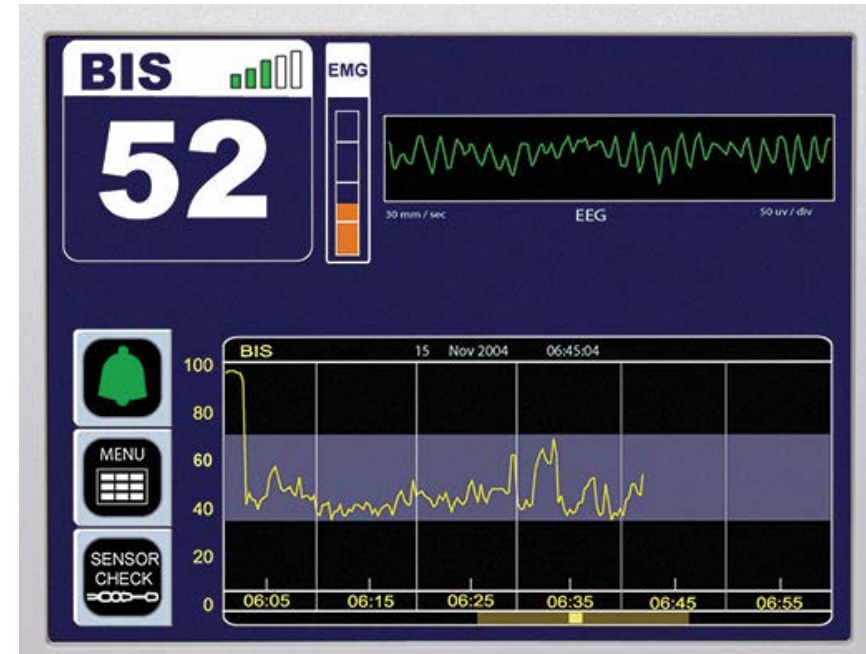


Ondas theta (BIS <60)

<4  
Hz



Ondas delta BIS (<40)



- BIS number (40-60)
- EMG
- SQI (signal quality indicator), ICS
- SR (supresion rate), B/m (burst /minute), SS (salvas de supresión %)



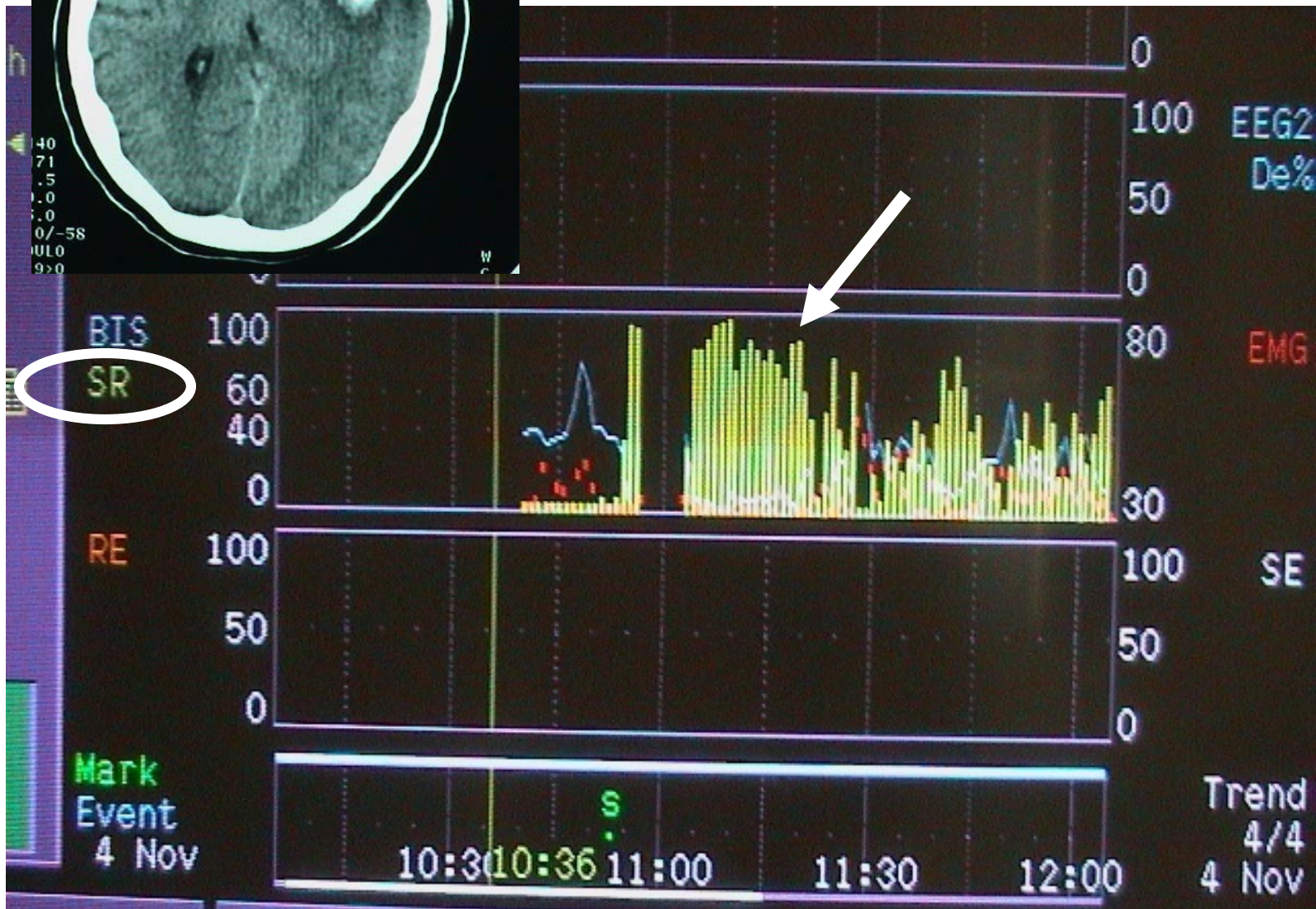
Fisiología del SNC

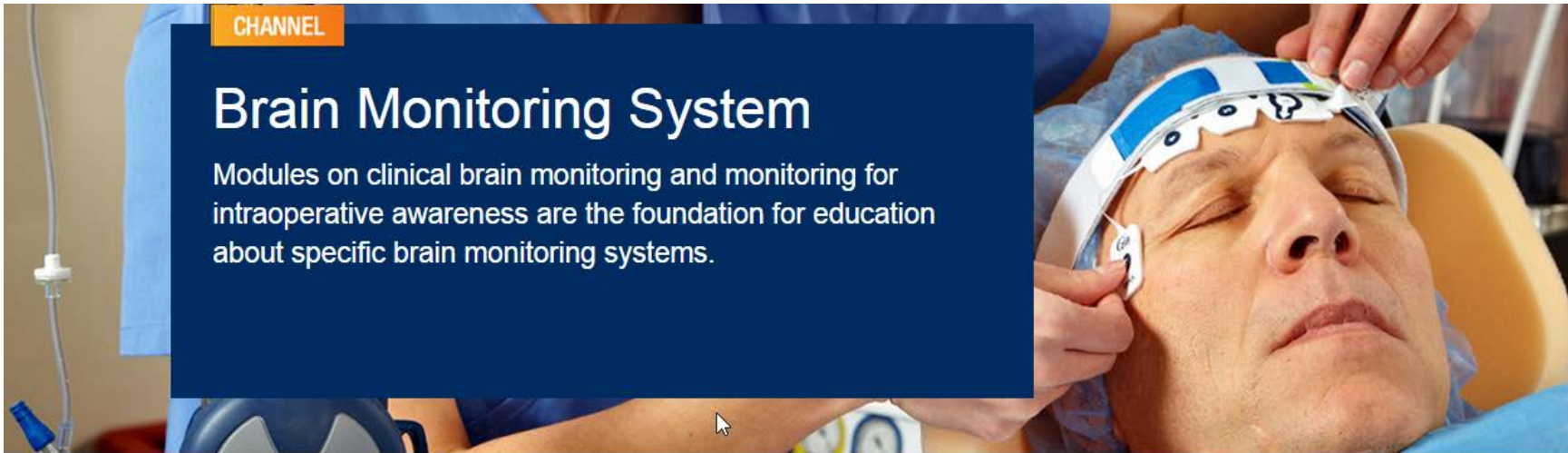


Clipaje aneurisma

Perfusión tiopental

Control salvas de supresión

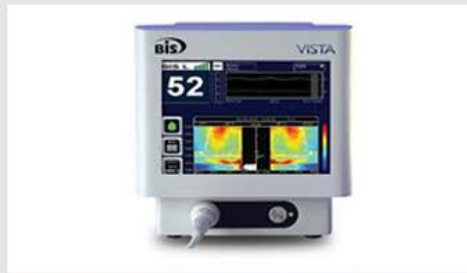




Featured



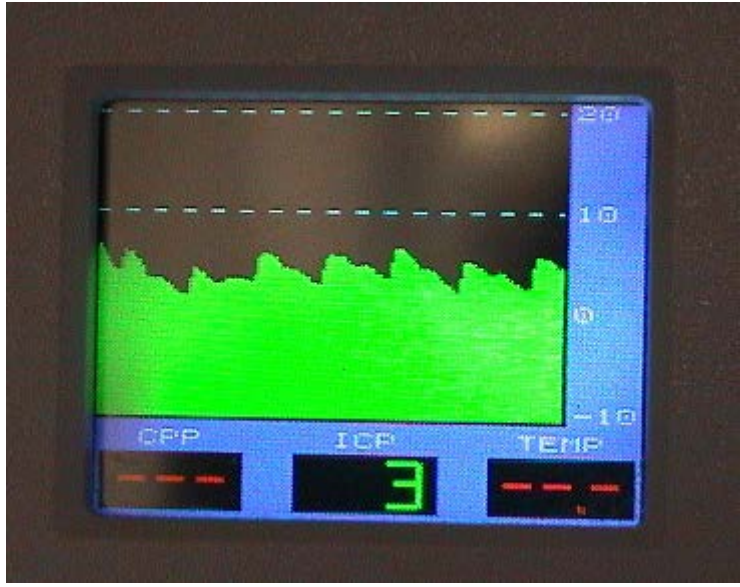
BIS™ Titration SimulatOR



Monitoring Consciousness: Using the Bispectral Index™ during



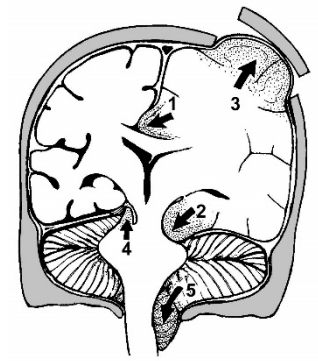
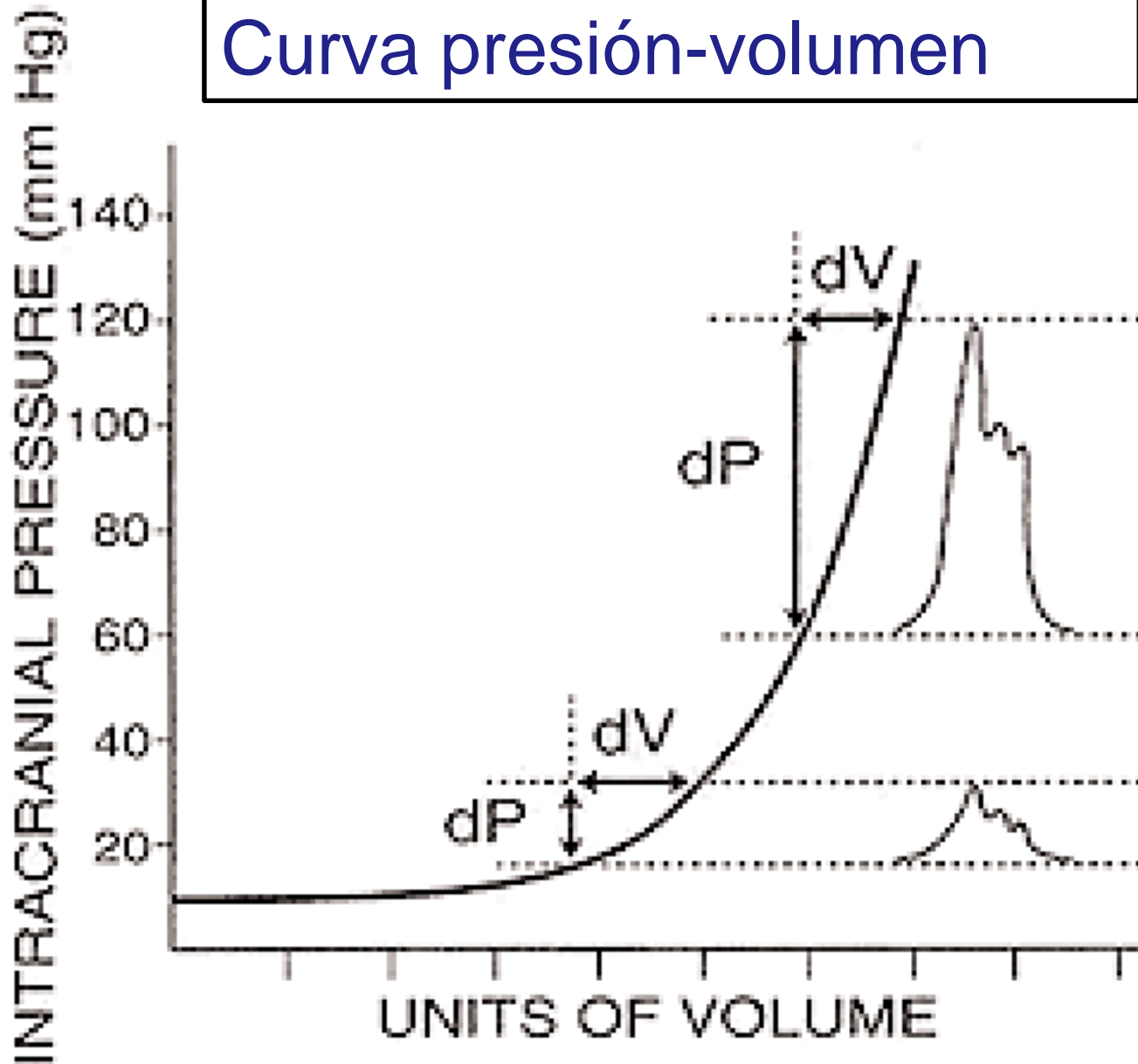
# PIC





	VOLUMEN (mL)	%	Incremento PIC
Glía	700-900	70-85	Tumor, Hematoma, Absceso, Edema
Neuronas	500-700		
LCR	130-150	10-12	Hidrocefalia
Sangre	100-150	5-10	Hipercapnia, hipoxia, tos, aumento P. intratorácica
Líquido extracelular	<100		

# Curva presión-volumen



# Monitorización PIC



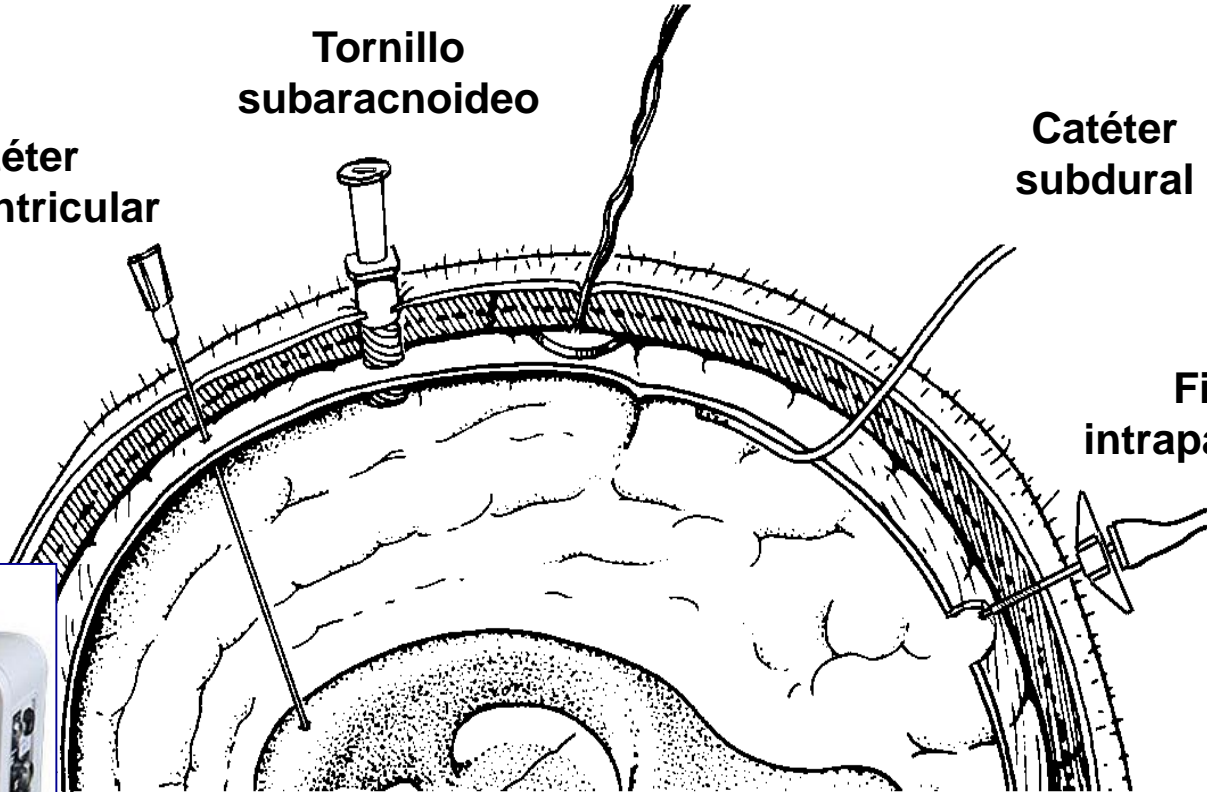
Catéter  
intraventricular

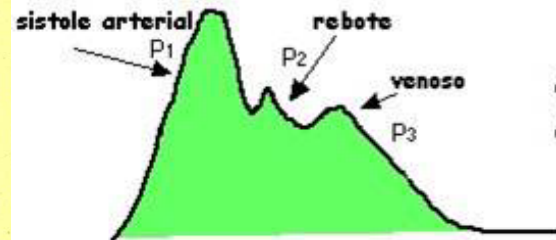
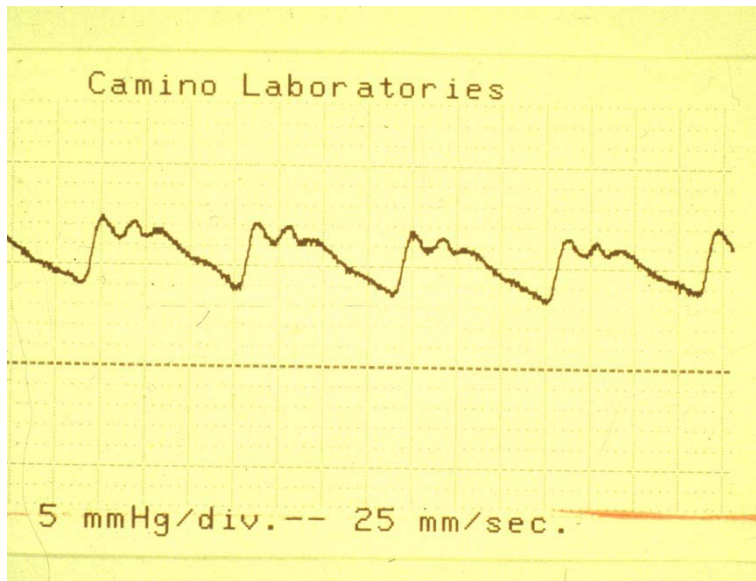
Tornillo  
subaracnoideo

Sensor pneumático  
epidural

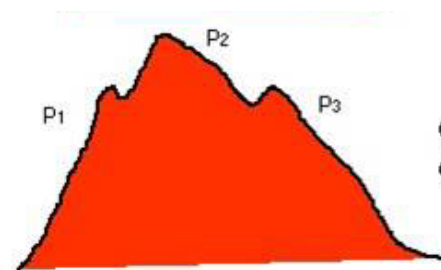
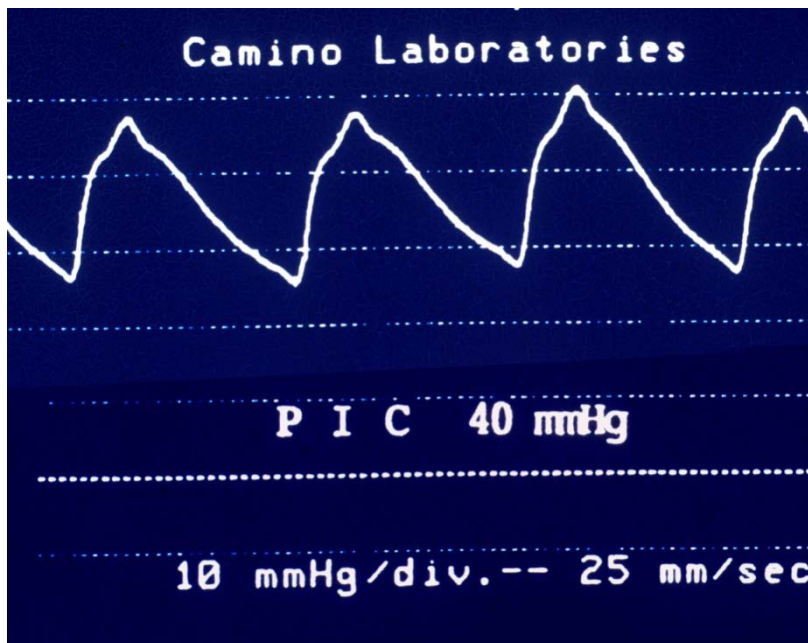
Catéter  
subdural

Fibra óptica  
intraparenquimatosa





Onda de baja presión  
Craneo compliante

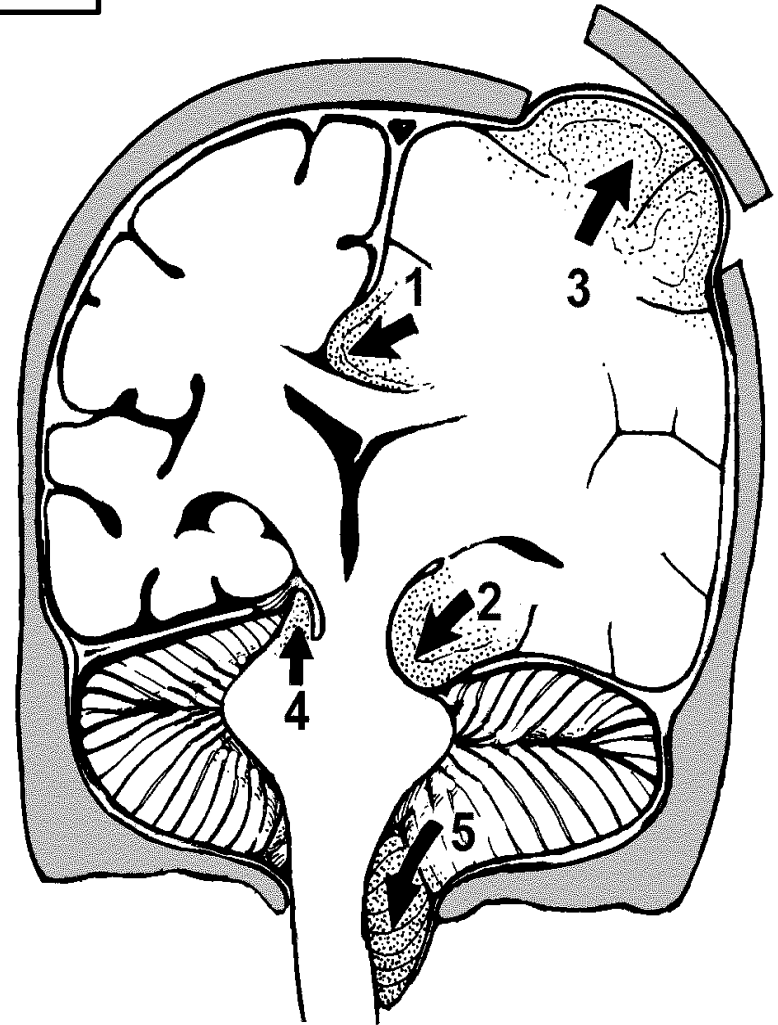


Onda de alta presión  
Craneo no compliante



# Herniación cerebral

1. Subfalcial
2. Uncal o transtentorial
3. Transcraneal
4. Transtentorial inversa
5. Transforaminal o amigdalal



## Seno sagital superior

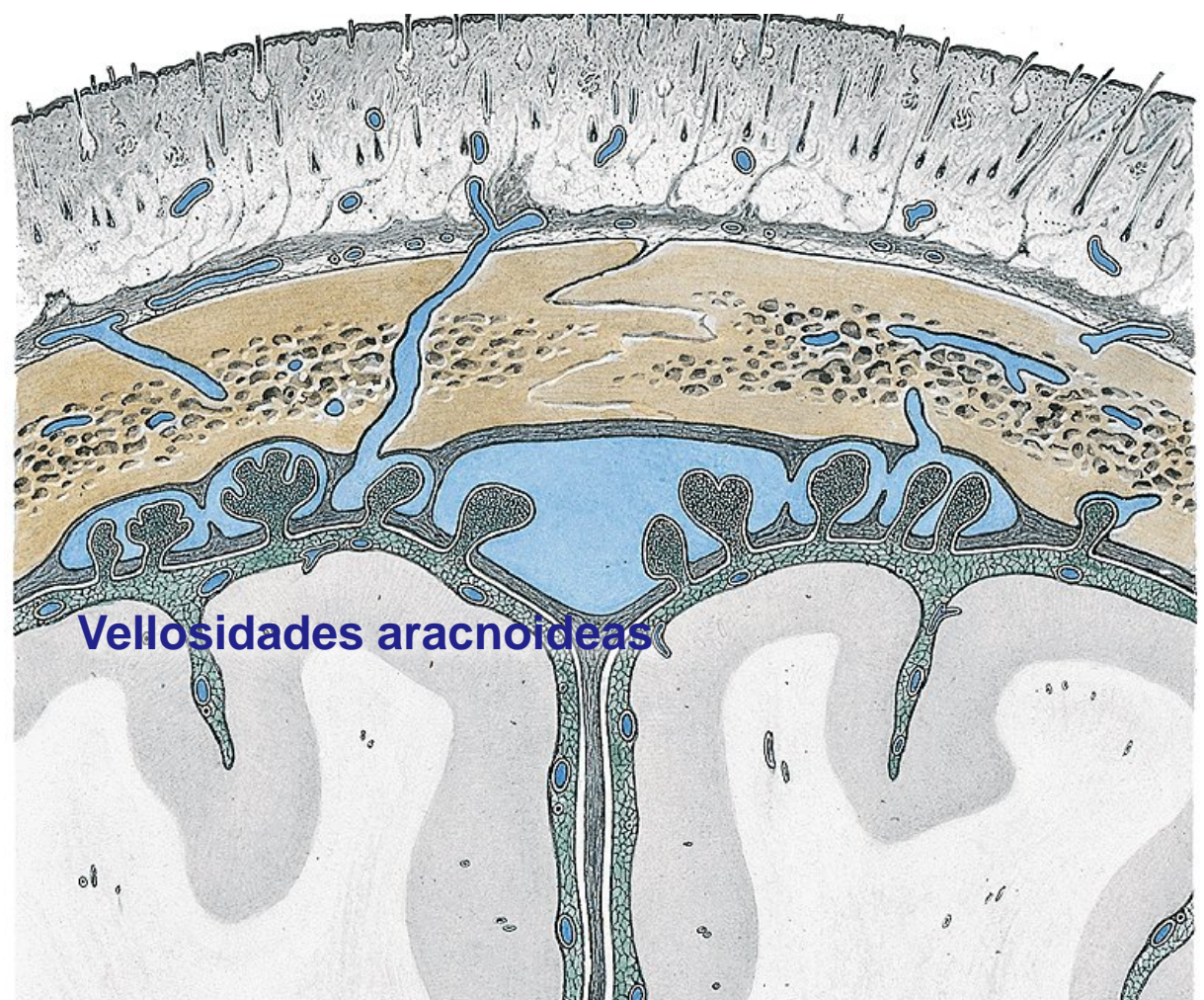


LCR

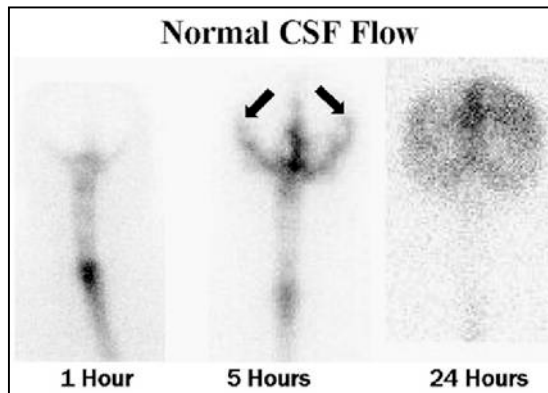
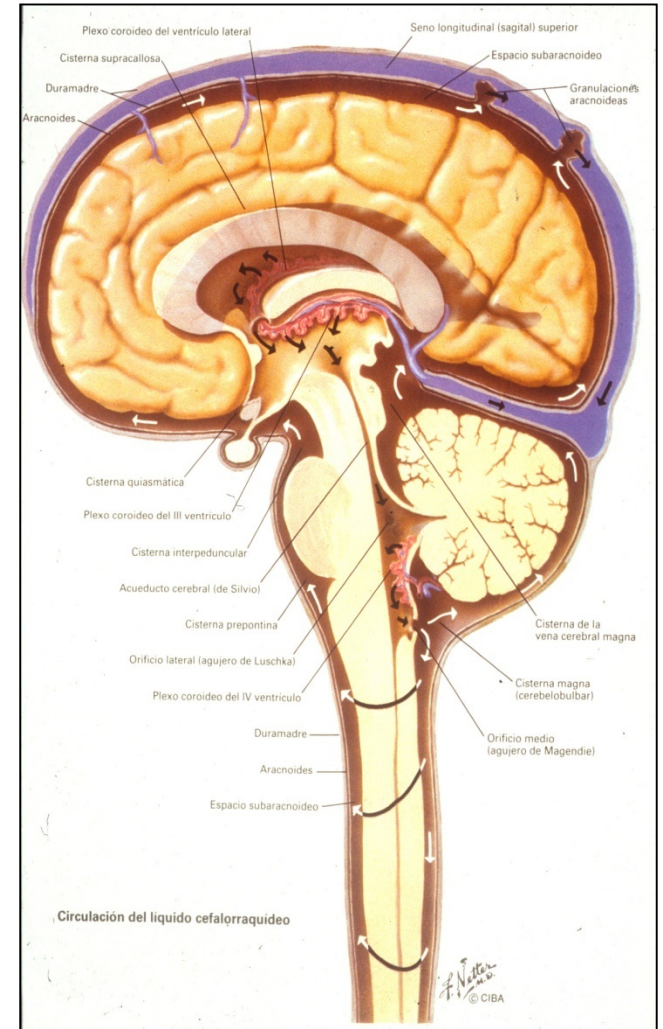
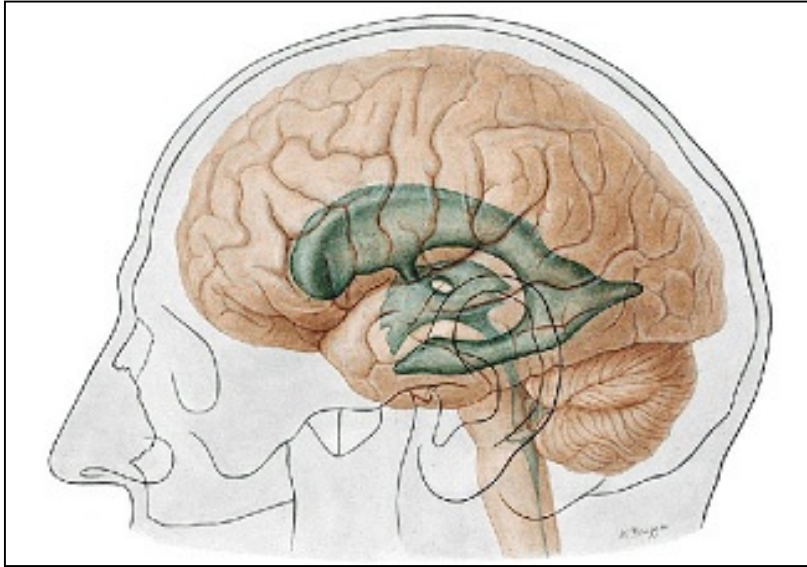
Presión: 10mmHg  
(en supino)

Absorción por  
diferencia de presión LCR-seno venoso (1,5-3 mmHg)

$P_{\text{LCR}} > P_{\text{venosa}}$  para que se absorba el LCR  
(si la  $P_{\text{venosa}}$  es  $> P_{\text{LCR}}$  se bloquea la absorción, pero no aumenta el LCR)



# LCR

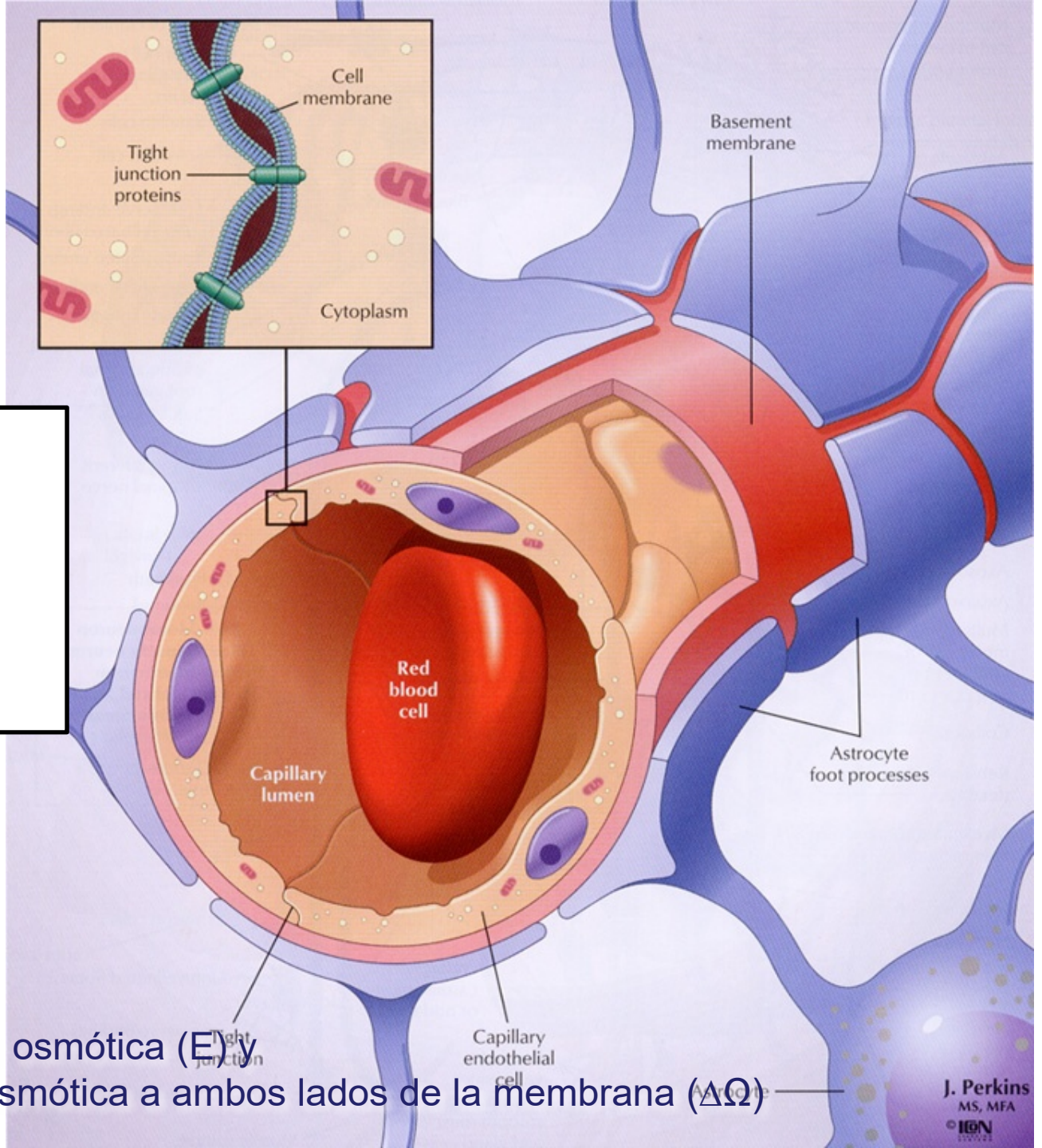


Formación: 0,4 mL/min  
=500-600 mL/día

Volumen: 150 ml

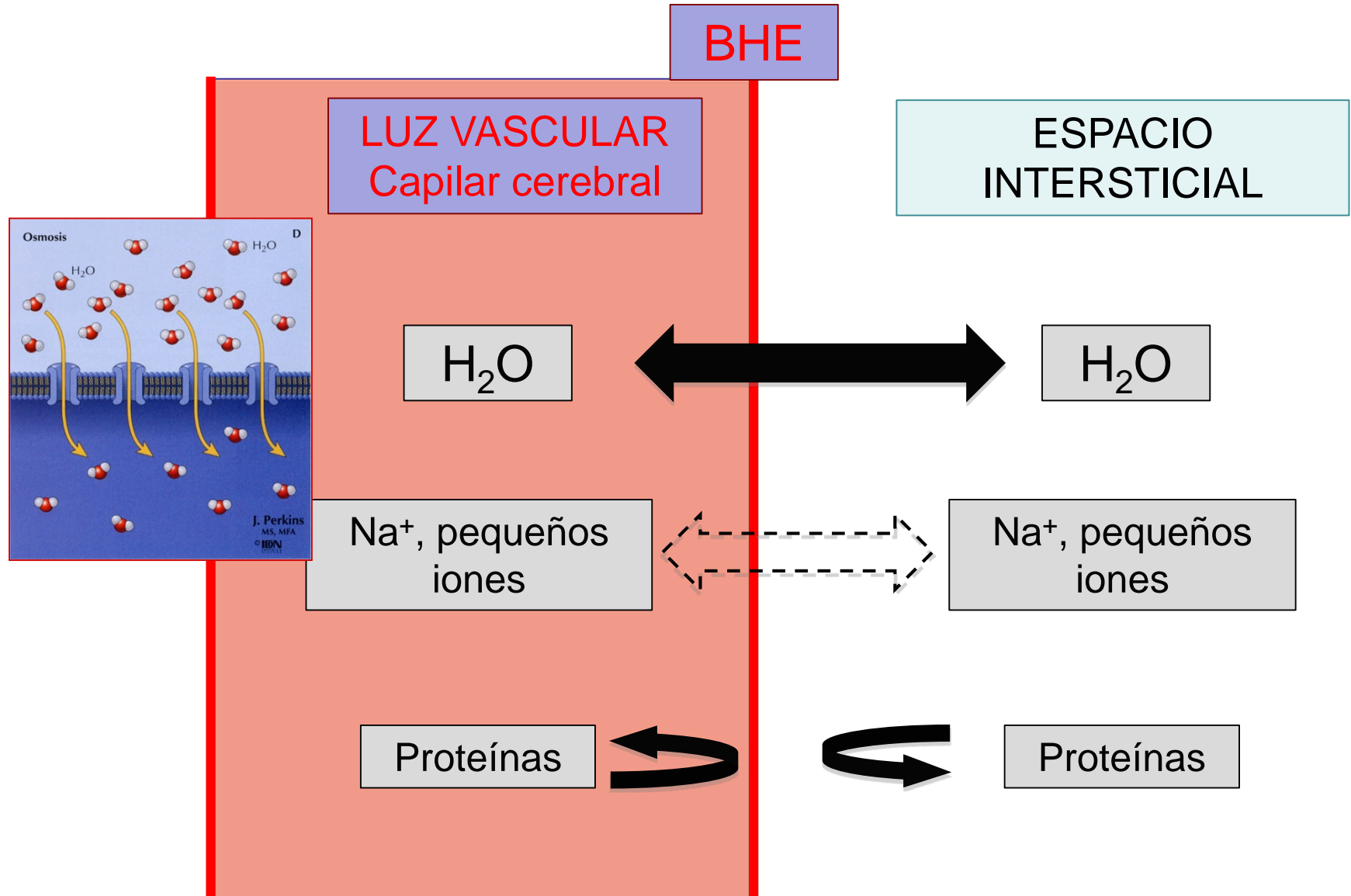
En los capilares cerebrales el coeficiente de reflexión osmótica ( $\sigma$ ) de la mayoría de los solutos es = 1

# Barrera Hemato-Encefálica



Ecuación de Starling + el coeficiente de reflexión osmótica ( $E$ ) y la diferencia de presión osmótica a ambos lados de la membrana ( $\Delta\Omega$ )

En el cerebro el movimiento del agua viene determinado por el **gradiente osmolar** entre plasma e intersticio

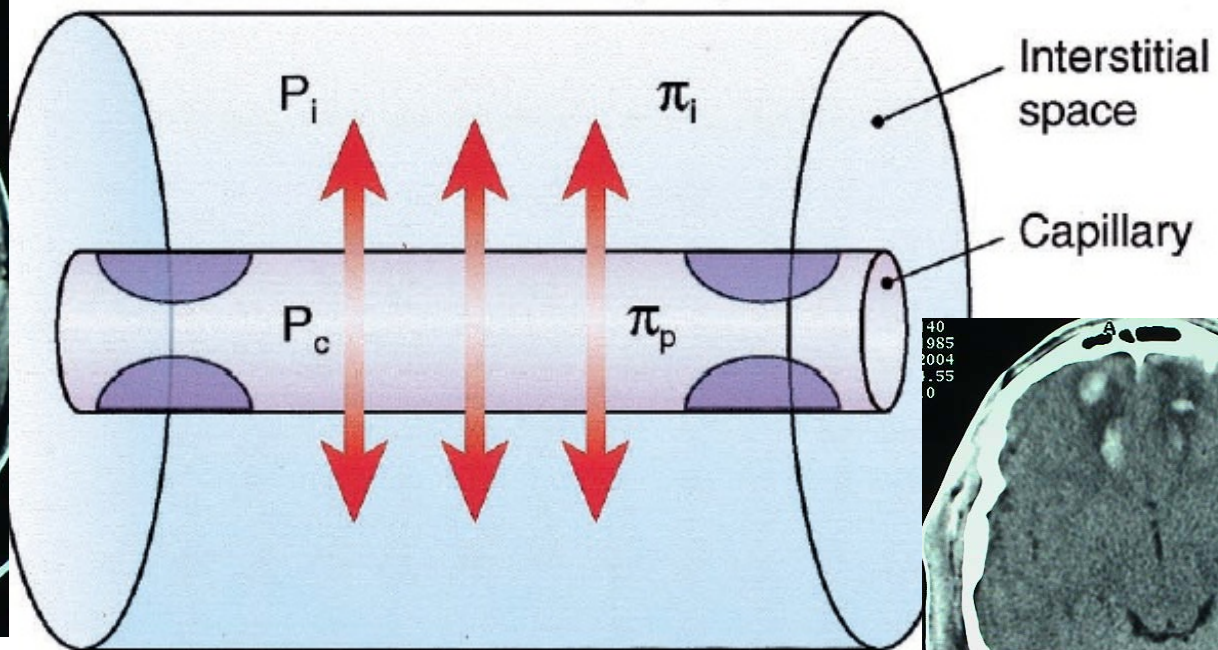


En las zonas con BHE lesionada NO se establecen gradientes de presión osmótica u oncótica

La *presión hidrostática intravascular* será la presión determinante en estos casos

### C. Physiological Basis of the Lund Management Strategy

$$J_v = K_f[(P_c - P_i) - \sigma(\pi_p - \pi_i)]$$



# Aquaporinas

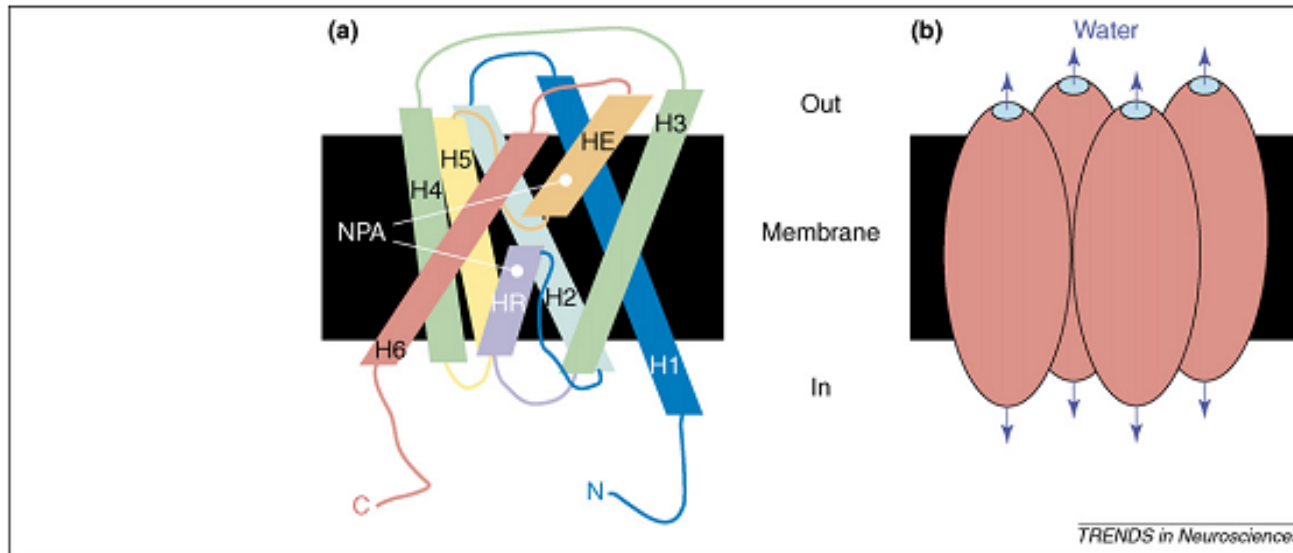


Figure 1. Schematic showing AQP1 structure. (a) AQP1 monomer consists of six  $\alpha$ -helical domains (H1–H6) around a water pore, two conserved NPA motifs (Asn-Pro-Ala) that allow water but not small solutes to pass across the pore, and intracellular N and C termini. (b) Tetrameric arrangement of AQP1 in membrane. Each monomer has a water pore.

Peter Agre 1988. Premio Nobel 2003

# Aquaporinas

- Canales de agua: *Incrementan la permeabilidad del agua transepitelial*
- 13 AQP en mamíferos
- Tetrámeros proteicos

## EN EL CEREBRO

- AQ1: formación LCR
- **AQ4: Flujo agua en cerebro**
- AQ9 (*aquagliceroporina*): metabolismo cerebral

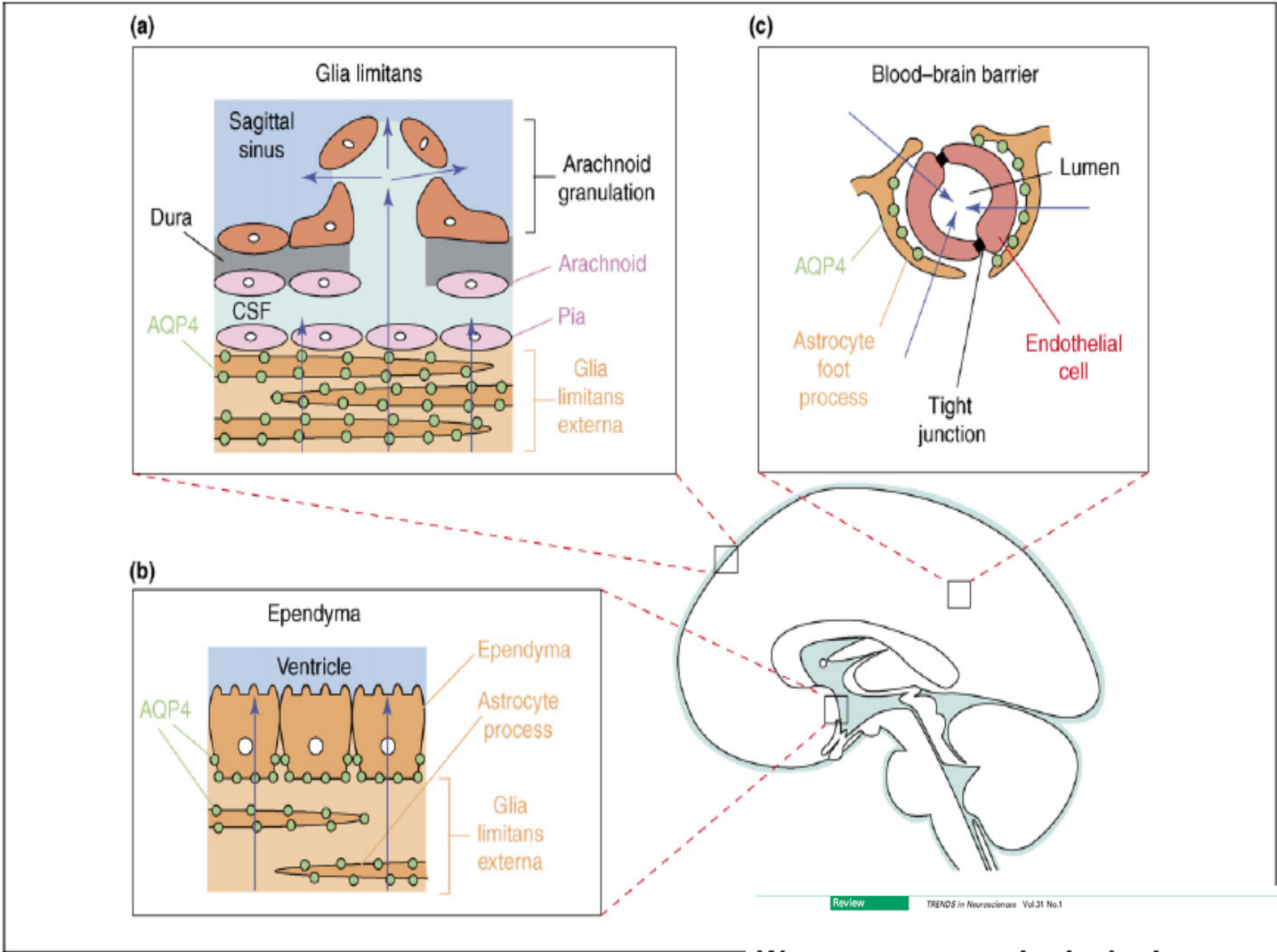
Review

TRENDS in Neurosciences Vol.31 No.1

## Water movements in the brain: role of aquaporins

Matthew J. Tait, Samira Saadoun, B. Anthony Bell and Marios C. Papadopoulos

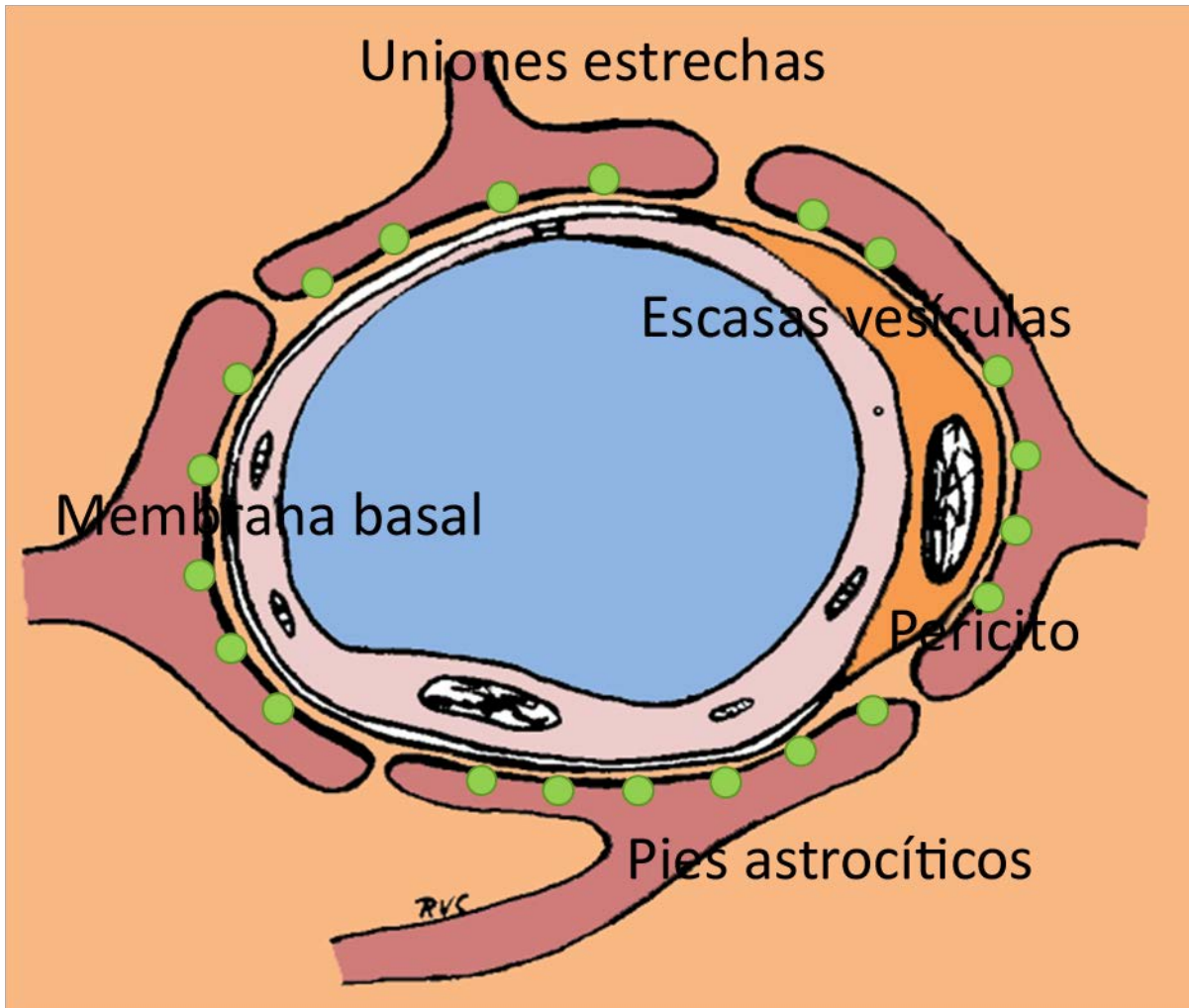




Review *TRENDS in Neurosciences* Vol.31 No.1

## Water movements in the brain: role of aquaporins

Matthew J. Tait, Samira Saadoun, B. Anthony Bell and Marios C. Papadopoulos

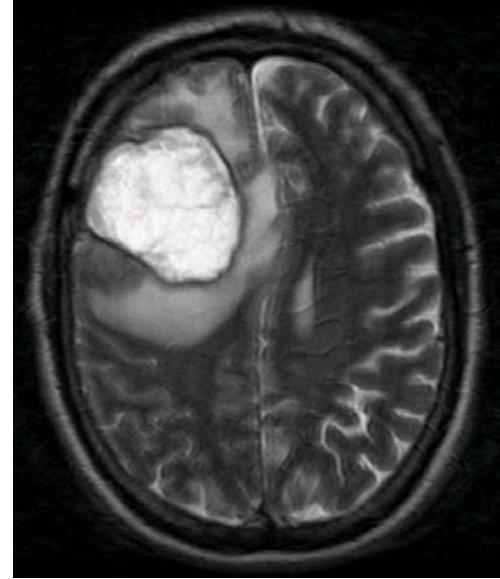


## Water movements in the brain: role of aquaporins

Matthew J. Tait, Samira Saadoun, B. Anthony Bell and Marios C. Papadopoulos

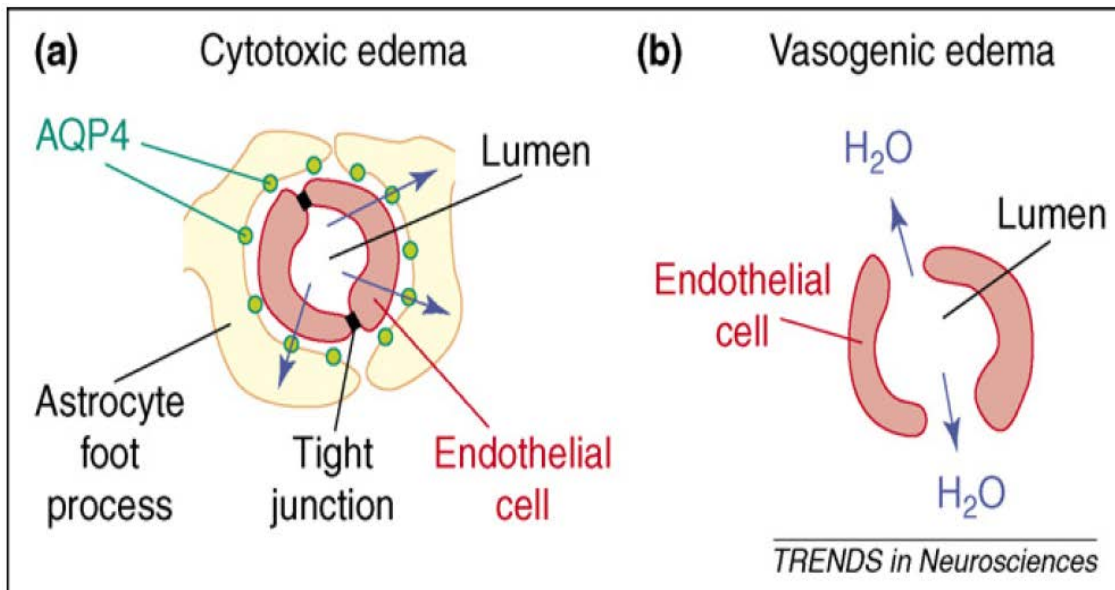
# EDEMA CEREBRAL

- Vasogénico: *Trauma, tumor, enf. inflamatorias e infecciosa*
- Citotóxico: *Isquemia*
- Intersticial: *Hidrocefalia*
- Hiperhémico: *Sd V. Cava superior*
- Osmótico: *Intoxicación acuosa*
- Compresivo: *Meningioma*



# EDEMA CEREBRAL

- Vasogénico: *Alteración BHE*  
*Edema intersticial*
- Citotóxico: *Alteración Bombas Na/K*  
*Edema celular*

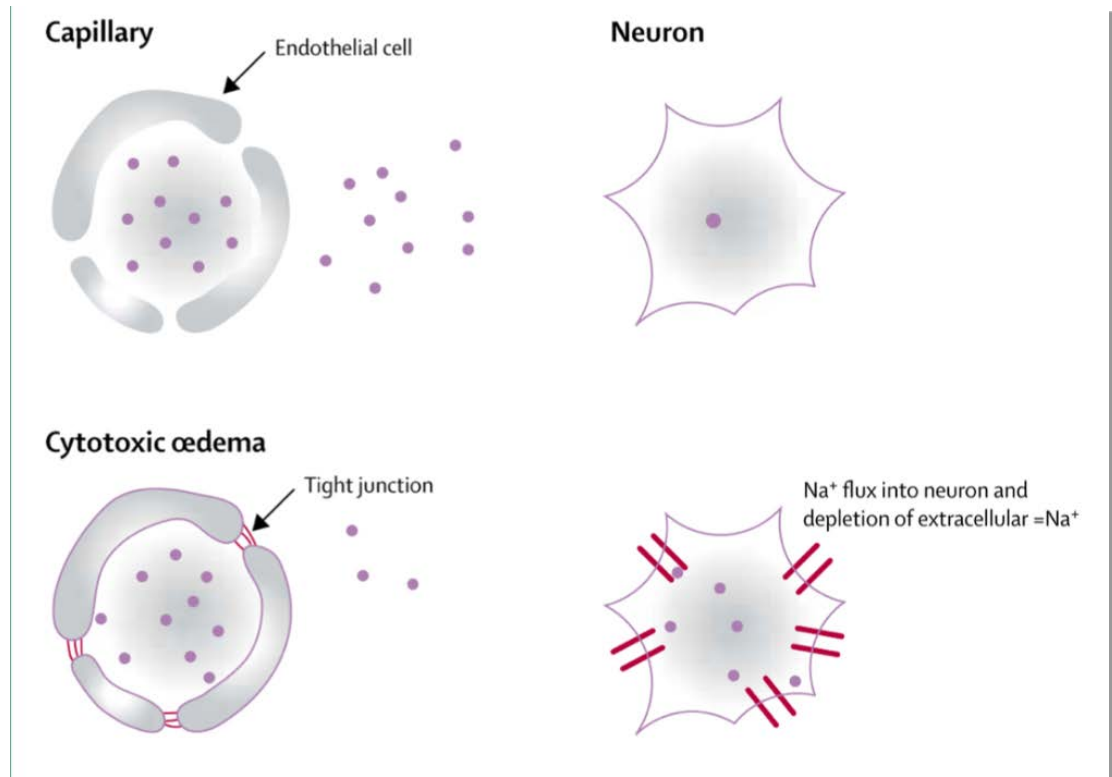


# Edema citotóxico

*Alteración Bombas Na/K*

*Edema celular*

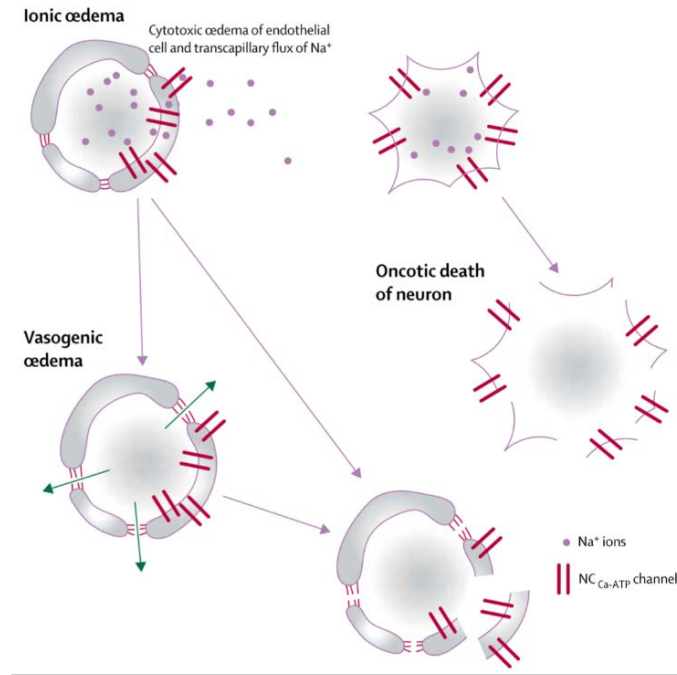
Paso de fluido y moléculas del espacio extracelular al interior de la célula



La isquemia también induce cambios en la **permeabilidad capilar** que se pueden dividir en tres fases: **edema iónico**, **vasogénico** y **hemorrágico**,

## Edema iónico

- Sodio y agua desde el capilar al intersticio.
- BHE es todavía impermeable a macromoléculas



*Alteración BHE*

*Edema intersticial*

## Edema vasogénico y transformación hemorrágica

- Albúmina, dextranos o inmunoglobulinas pueden pasar al intersticio
- Los capilares se comportan como capilares fenestrados
- Los capilares permiten el paso de hematíes

GRACIAS

[igracia@clinic.cat](mailto:igracia@clinic.cat)