



CONSORCI
HOSPITAL GENERAL
UNIVERSITARI
VALÈNCIA



MONITORIZACIÓN NEUROFISIOLÓGICA INTRAOPERATORIA. UTILIDAD E IMPLICACIONES ANESTÉSICAS

Dra Lidia Salvador (FEA)
Dra Clara Fernández (R3)

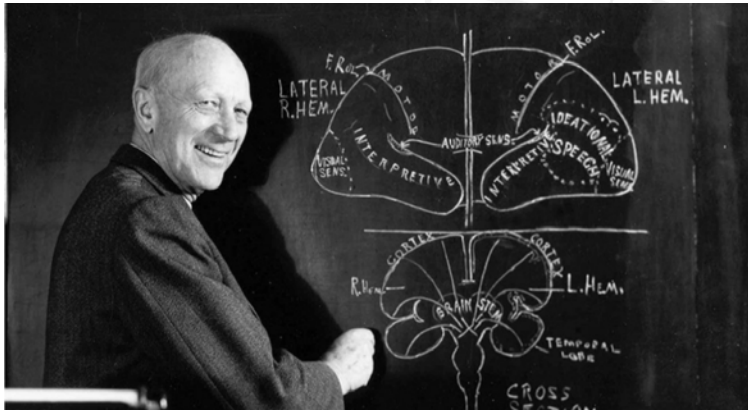
Servicio de Anestesia Reanimación y Tratamiento del Dolor
Consorcio Hospital General Universitario de Valencia



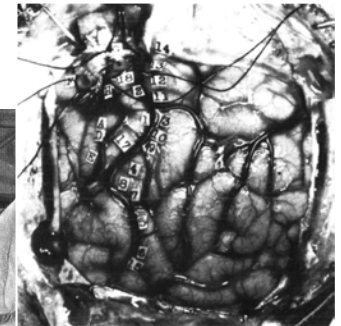
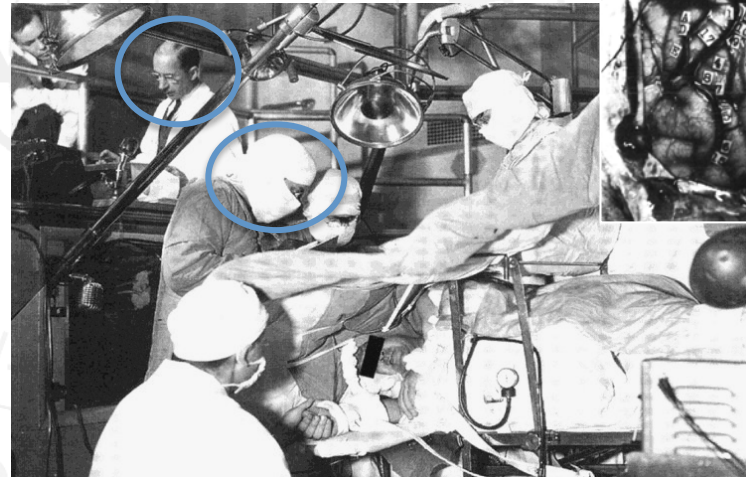
SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia 6 de Noviembre de 2017

Monitorización neurofisiológica

- No es un concepto nuevo.
- Años 30: Coriticografía.
- Años 70: Inicio de monitorización intraoperatoria con SSEP.
- Años 90: “Década del cerebro en América”.



Willer Penfield



¿Por qué monitorizamos?

- Reconocer e impedir una lesión del sistema nervioso.
- Confirmar que la estrategia quirúrgica es adecuada.
- Documentar el momento de la lesión.
- Predecir el pronóstico neurológico.
- Proveer documentación con propósitos médico-legales.
- Investigar la fisiopatología de las enfermedades neuroquirúrgicas.

Child's Nerv Syst (2002) 18:264–287
DOI 10.1007/s00381-002-0582-3

INVITED PAPER

Francesco Sala
Matevž J. Kržan
Vedran Deletis

**Intraoperative neurophysiological monitoring
in pediatric neurosurgery: why, when, how?**



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
Valencia 6 de Noviembre de 2017

¿Por qué monitorizamos?

- Mejora las decisiones quirúrgicas y procedimientos.
- Disminuye la morbilidad.
- Permite identificar tejidos funcionales de riesgo durante la resección.
- Aumenta la efectividad de la cirugía.

% Negative Neurologic Outcomes – short and long term		
<i>Neuronews, 2014</i>	With Neuro-Monitoring	Without Neuro-Monitoring
ACDF	0.13%	2.11%
Lumbar Fusion	0.17%	4.02%
Scoliosis	0.28%	3.72%
Parotid/acoustic	0.44%	5.30%

Source: NeuroMatrix, Inc.



¿Por qué monitorizamos?

Síndrome del tipo Job

“El tío Job ya no es el que era desde que le operaron de la cabeza...”



**CIRUGÍAS MÁS SEGURAS Y
DE MENOR RIESGO**



**SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
Valencia 6 de Noviembre de 2017**

¿Cómo y qué monitorizamos?

➤ Potenciales evocados

-Sensitivos (SSEP)

-Motores (MEP)

➤ Electromiografía (EMG)

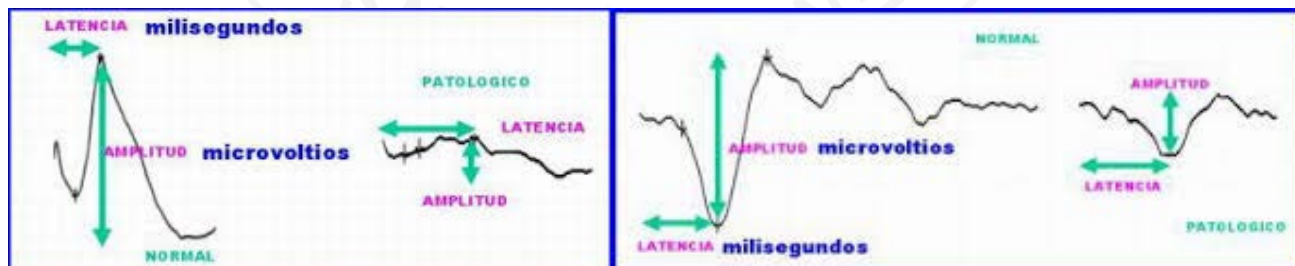
➤ Electrocorticografía (ECoG)



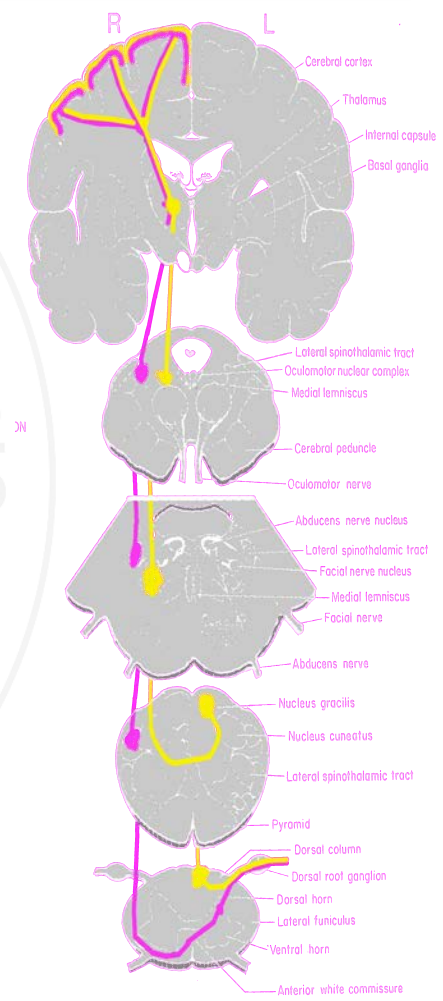
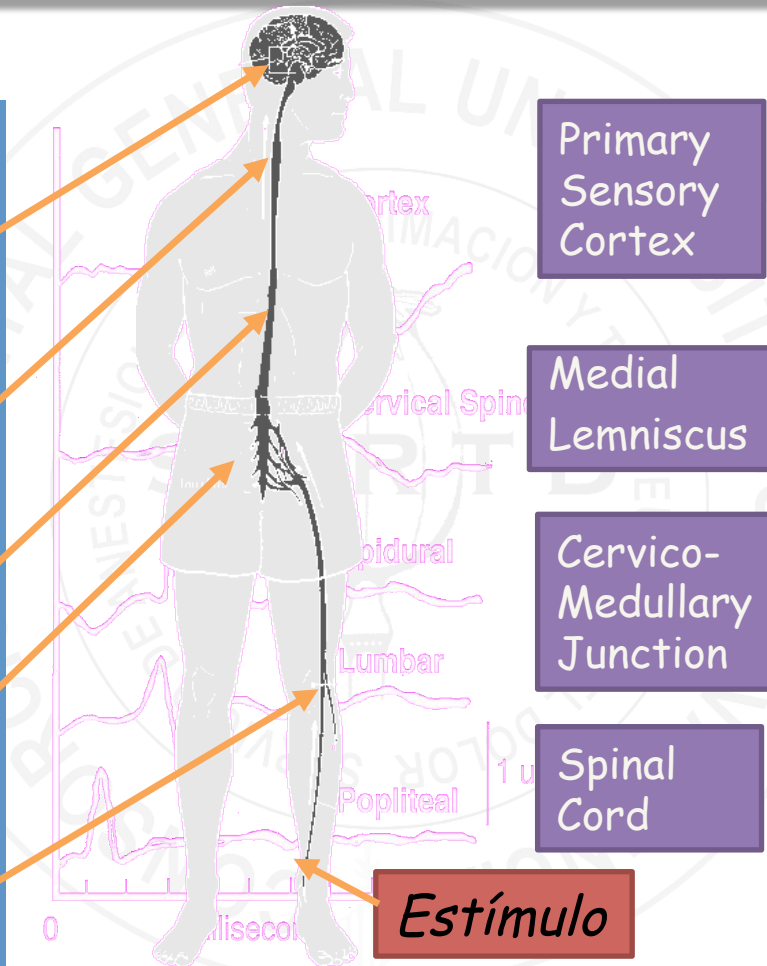
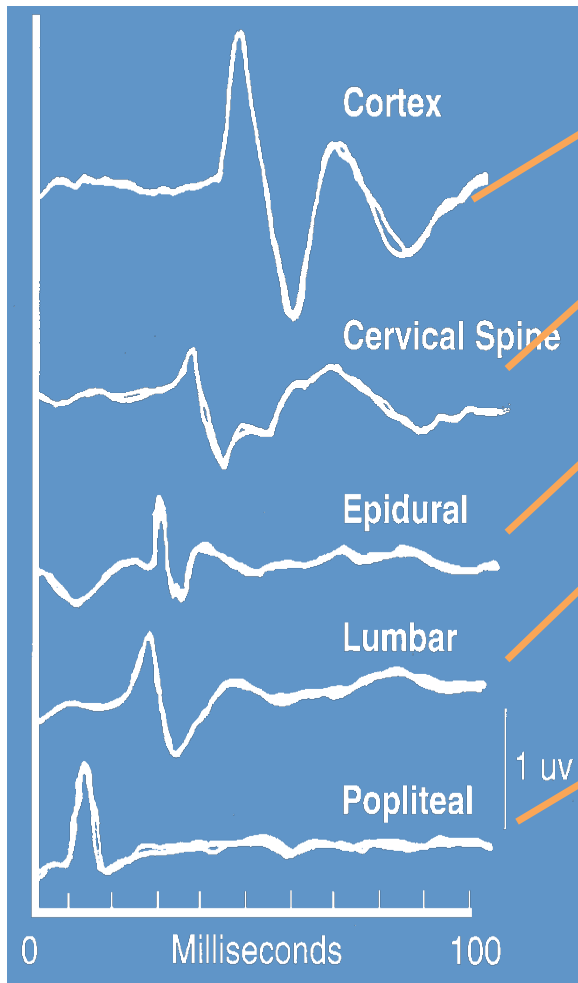
Potenciales somatosensoriales:SSEP

Representan la actividad eléctrica reproducible de estructuras corticales y subcorticales tras el estímulo de un nervio periférico.

- Más sencillos que los MEP.
- No interfieren con la cirugía.
- Se miden varios puntos en el trayecto del estímulo desde el NP hasta la corteza.
- Amplitud y latencia.
- Menos influenciados por los agentes anestésicos que los MEP.



Potenciales somatosensoriales:SSEP

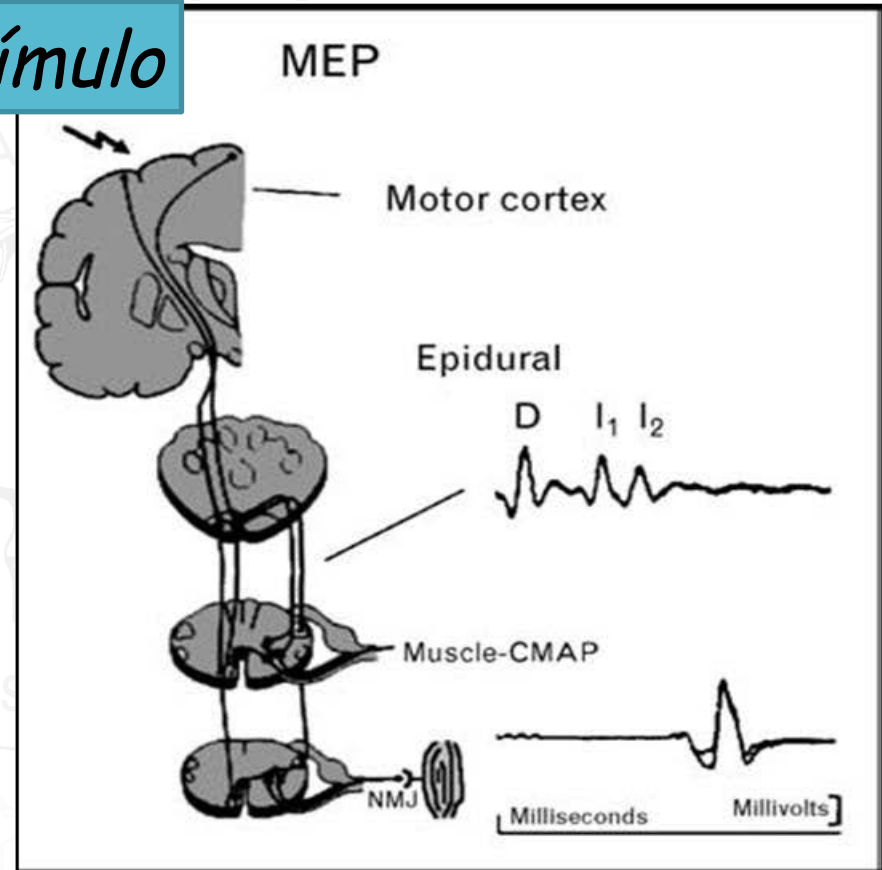


RTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
Valencia 6 de Noviembre de 2017

Potenciales motores (MEP)

- Se obtienen mediante la estimulación eléctrica transcraneal a través de electrodos colocados en el cuero cabelludo.
- El estímulo se registra en grupos musculares seleccionados e incluso sobre ME (utilizando un sensor en el espacio epidural).

Estímulo



2 tipos de onda (I y D)



Potenciales motores (MEP)

Criterios de alerta:

1. All or nothing: Desaparición completa de la señal → Acción qx correctiva.
2. Amplitud: ↓80% (1 de 6 grupos musculares) tiene una alta sensibilidad y especificidad.
3. Umbral: aumento significativo de las corrientes estimulantes durante un periodo de tiempo para mantener las señales MEP.
4. Morfología: Polifásica → bifásica (evento significativo)

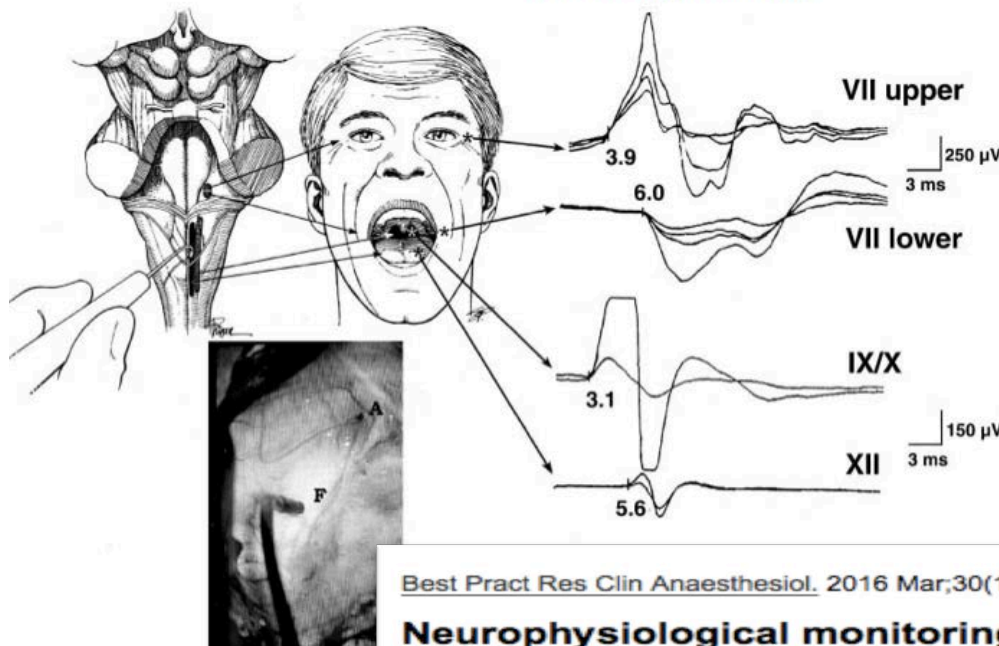


Potenciales motores (MEP)

- Se correlacionan bien con la función motora postoperatoria temprana.
- Variabilidad intrínseca!!

-Trastornos neuromusculares subyacentes.
-Fármacos anestésicos.
-Evitar relajación muscular.

Potenciales en tronco cerebral → estudio de vías corticobulbares y la integridad de los pares craneales.



SSEP



Estímulo



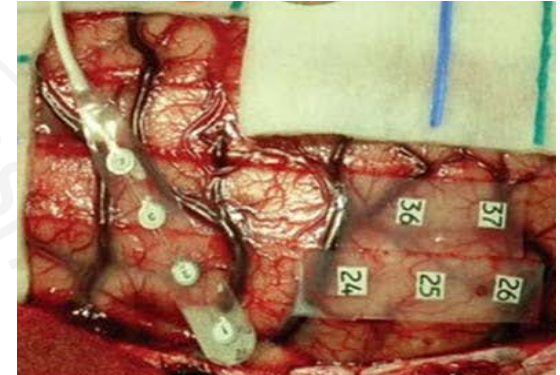
Registro



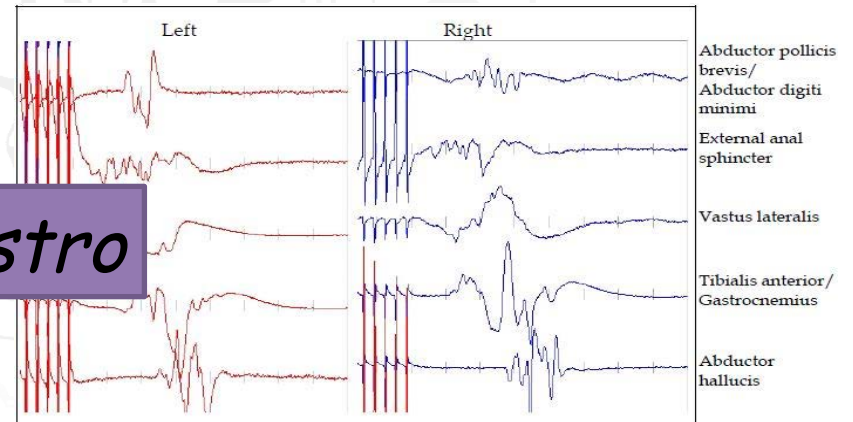
**SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
Valencia 6 de Noviembre de 2017**

MEP

Estímulo

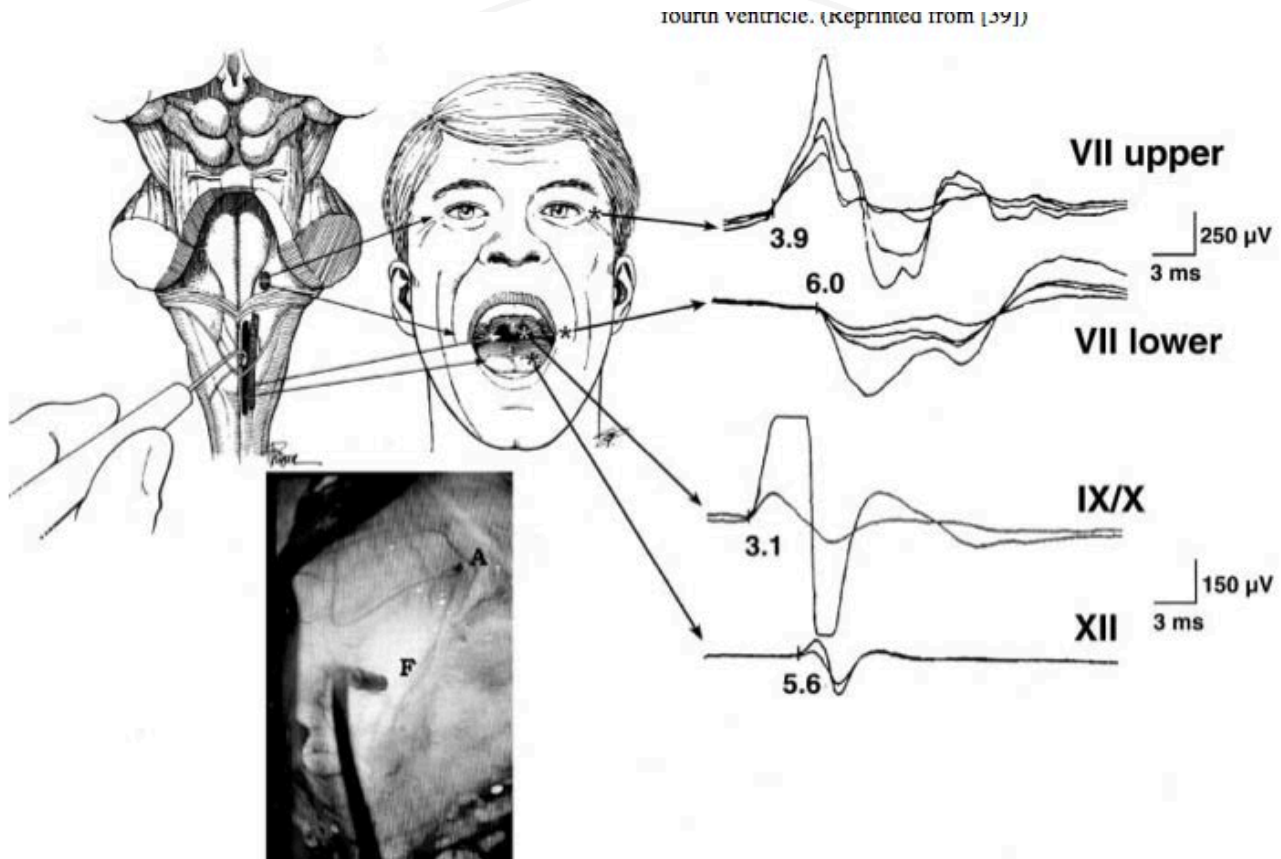


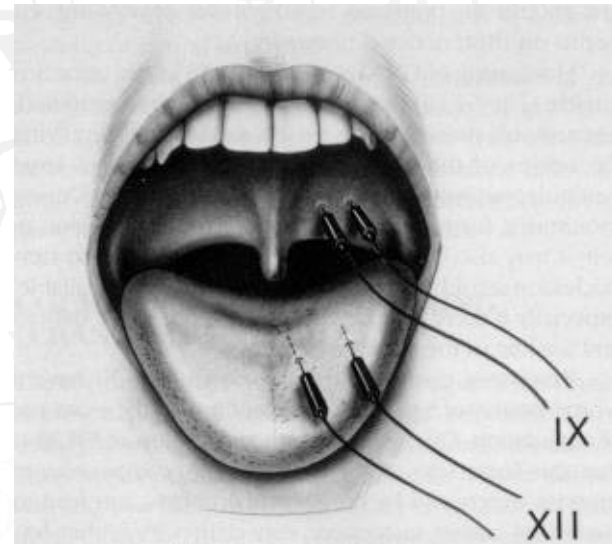
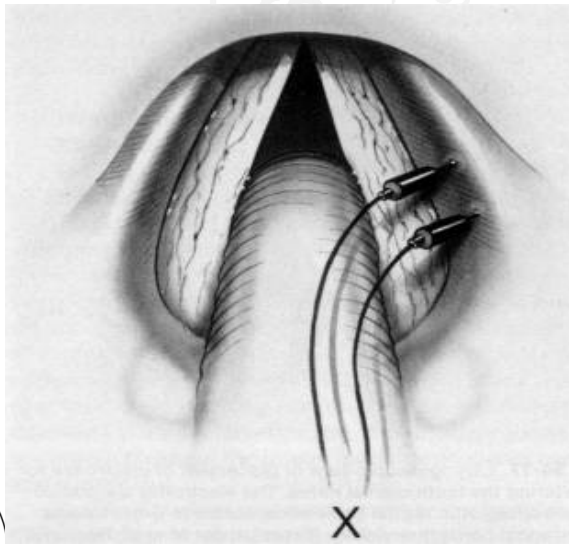
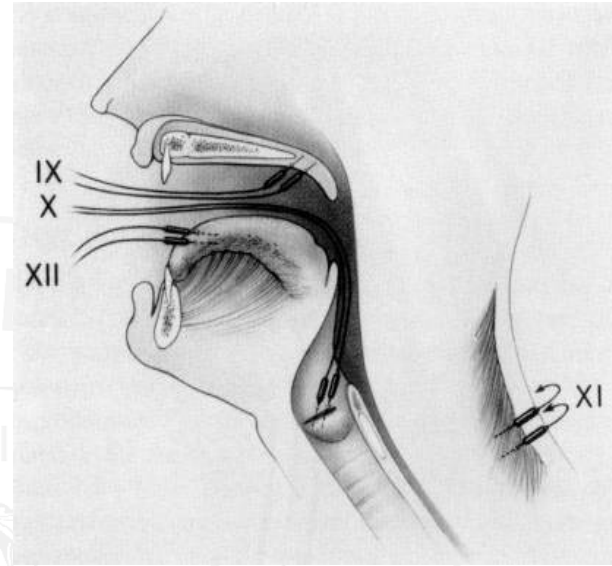
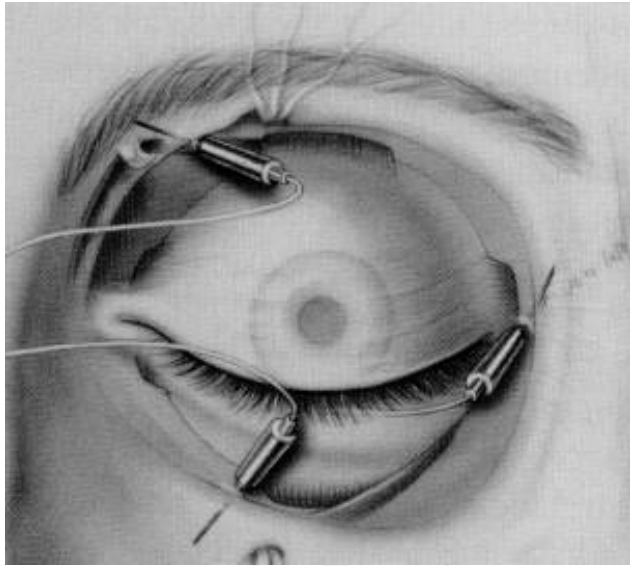
Registro



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
Valencia 6 de Noviembre de 2017

MEP





**SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
Valencia 6 de Noviembre de 2017**

Electromiografía (EMG)

Monitorización continua de la actividad eléctrica del músculo.

- Detecta lesiones radiculares específicas.
- Electrodos intramusculares.
- Limitada si la transmisión NM está alterada.
- Descargas espontáneas → irritabilidad.
- Muy sensible → % Falsos positivos.
- Principal indicación: posicionamiento del pedículo e inserción de tornillos iliosacos en cirugía de columna.



Electromiografía (EMG)

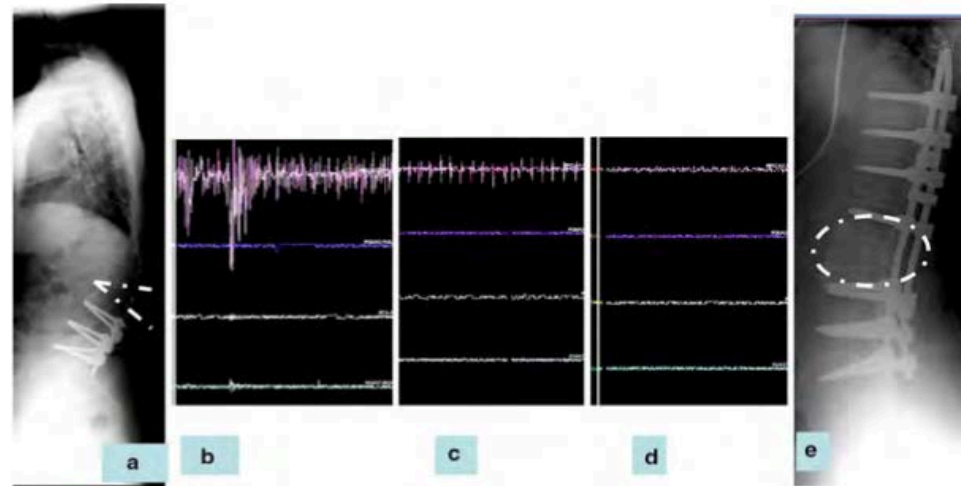
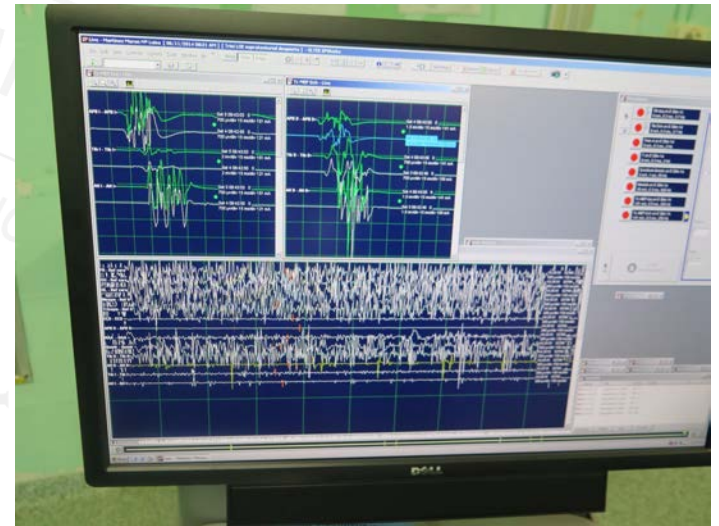
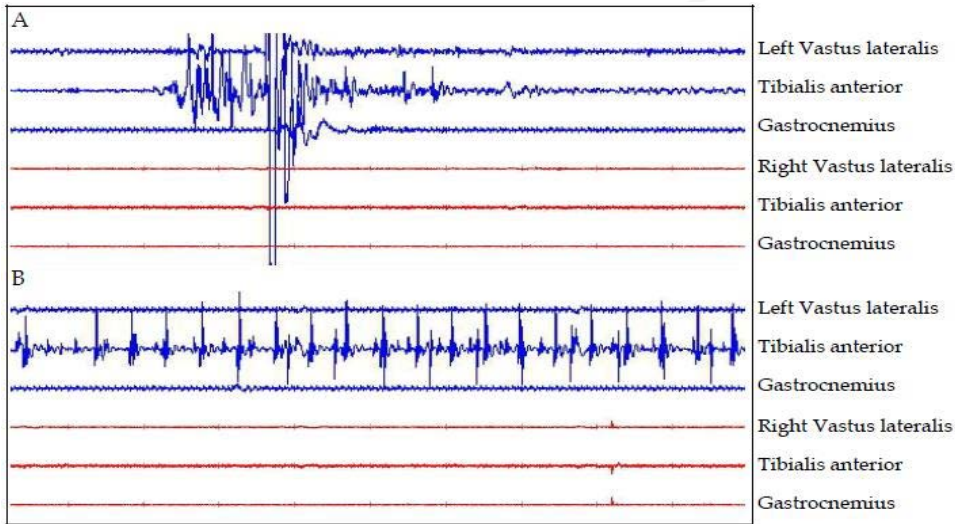


Tabla 1. Músculos guía adecuados para la MNIO.

Raíces en riesgo	Músculos adecuados para MNIO de EMG
C3-C4	Trapezio
C5-C6	Bíceps
C6-C7	Tríceps
C7-C8	Extensor común de los dedos
T1	Separador corto del pulgar
T2-T6	Intercostales
T7-T12	Oblicuo externo y recto abdominal
L1-L2	Psoas-iliaco
L2-L4	Vasto medial
L4-L5	Tibial anterior
S1-S2	Gemelo medial
S3-S5	Esfínteres anal y uretral

Monitorización neurofisiológica intraoperatoria en cirugía de columna

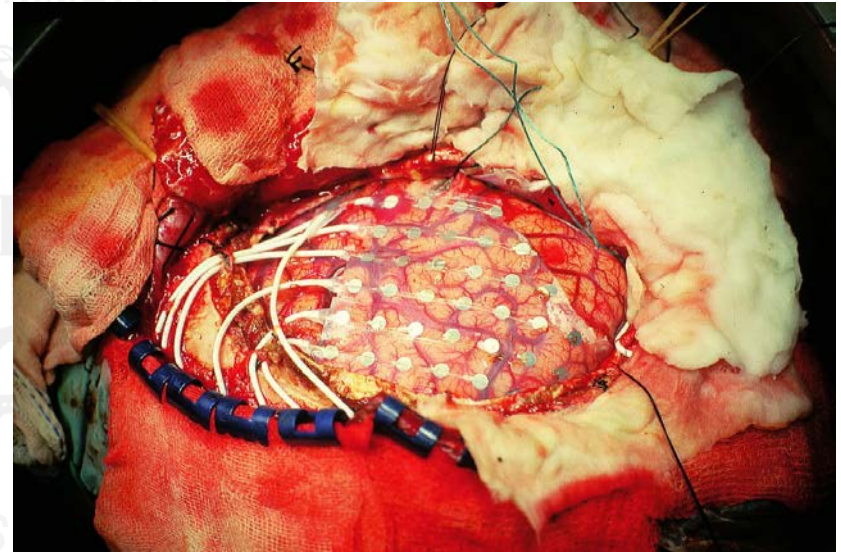
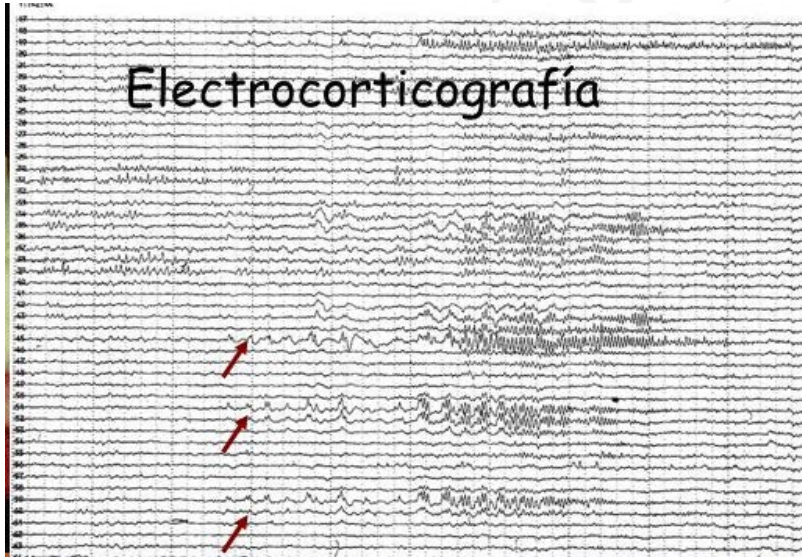
Intraoperative neurophysiological monitoring in spine surgery

L. Imirizaldu¹, J. Urriza¹, O. Olaziregi¹, A. Hidalgo², R.M. Pabón¹

An. Sist. Sanit. Navar. 2009, Vol. 32, Suplemento 3

Electrocorticografía

- Poco frecuente desde el desarrollo de las técnicas de imagen.



¿Cuándo monitorizamos?

- ***Cirugía medular y de columna.***

GOLD ESTÁNDAR

**Mayor número de revisiones publicadas.*



Clin Spine Surg. 2017 Jun 23. doi: 10.1097/BSD.0000000000000558. [Epub ahead of print]

Diagnostic Utility of Intraoperative Neurophysiological Monitoring for Intramedullary Spinal Cord Tumors: Systematic Review and Meta-Analysis.

Best Pract Res Clin Anaesthesiol. 2016 Mar;30(1):53-68. doi: 10.1016/j.bpa.2015.11.006. Epub 2015 Nov 26.

Neurophysiological monitoring and spinal cord integrity.



**SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
Valencia 6 de Noviembre de 2017**

¿Cuándo monitorizamos?

CAUSAS DE LESIÓN MEDULAR

- Colocación del paciente
- Distracción por instrumentación
- Alteraciones vasculares o del FSM
- Compresión Material quirúrgico

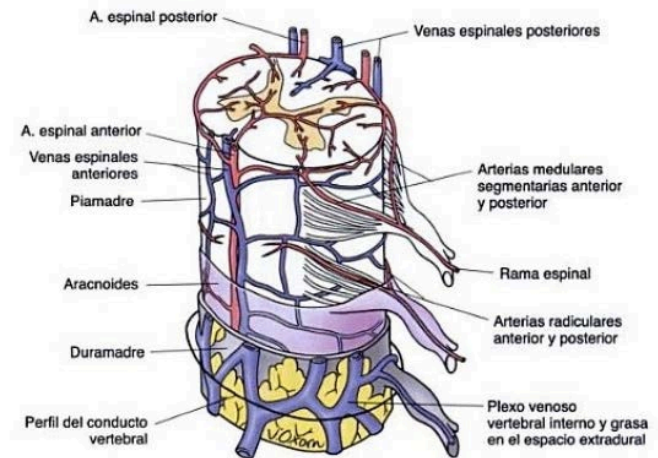
Hematomas

Ligamento amarillo

Ligamento longitudinal posterior

Disco artificial

SSEP + MEP



¿Cuándo monitorizamos?

Tabla 2. Algunos protocolos utilizados en la técnica MNIO.

Cirugía	Técnica de MNIO
Lumbar simple sin instrumentación	- No hay recomendaciones especiales
Lumbar con instrumentación	- Neurografía y electromiografía. - En escoliosis degenerativa, osteotomía de columna lumbar o reducción de espondilolistesis: añadir PESS y PEM. - Reflejo H.
Torácica o toraco-abdominal	- PESS, PEM. - Neurografía y electromiografía.
Cervical	- PESS, PEM. - Neurografía y electromiografía.
Independientemente del tipo de cirugía	- PESS de EESS para valorar el plexo braquial. - Mapeo de raíces.

Monitorización neurofisiológica intraoperatoria en cirugía de columna

Intraoperative neurophysiological monitoring in spine surgery

L. Imirizaldu¹, J. Urriza¹, O. Olaziregi¹, A. Hidalgo², R.M. Pabón¹

An. Sist. Sanit. Navar. 2009; 32 (Supl. 3): 125-133



¿Cuándo monitorizamos?

- Neurocirugía:

-Resección de gliomas en áreas elocuentes.
(supratentoriales)

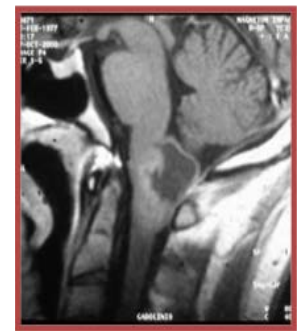
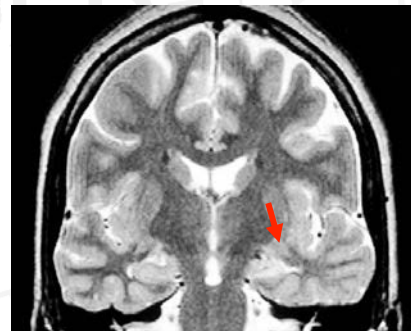
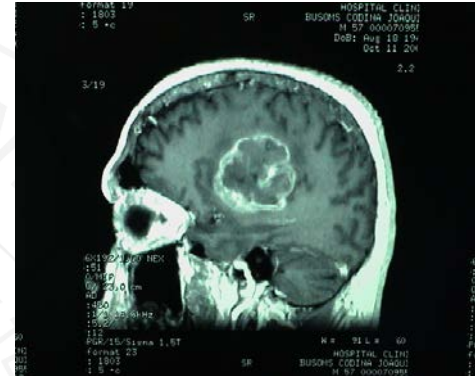
**Mejora la supervivencia y disminuye morbilidad.*

-Tumores en tronco cerebral/suelo de IV ventrículo.

**VIP → preservación de estructuras.*

-Cirugía funcional.

**Epilepsia, trastornos del movimiento...*



AWAKE CRANIOTOMY



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
Valencia 6 de Noviembre de 2017

¿Cuándo monitorizamos?

-Cirugía en procesos vasculares

*aneurismas cerebrales, aórticos, malformaciones vasculares cerebrales, espinales, etc.

-Cirugía de tiroides

*Monitorización laríngeo recurrente.

-Cirugía de raíces y nervios periféricos

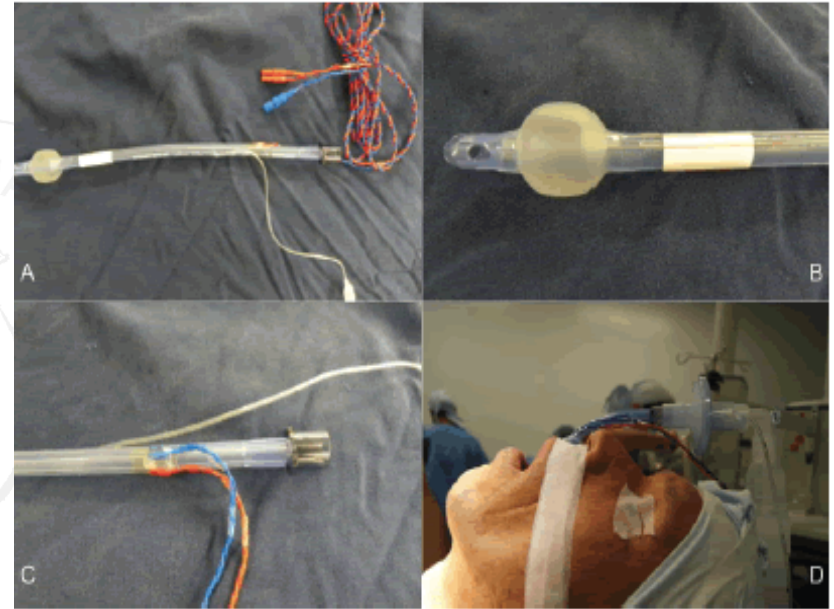


Figura 1. Tubo endotraqueal con electrodos y posición

A. Tubo endotraqueal con electrodos. B. Electrodo lineales. C. Conexiones a la interfase del paciente. D. Posición del tubo con la extensión del cuello.



¿Cuándo monitorizamos?

TIPO DE CIRUGÍA	TIPO DE MONITORIZACIÓN
CIRUGÍA SUPRETENTORIAL	PEM, PESS, MAPEO MOTOR O DEL LENGUAJE, EEG, ECG, REFLEJO DEL PARPADEO.
CIRUGÍA DEL TRONCO DEL ENCÉFALO	PEM, PEM CORTICOBULBARES, PESS, EEG, REFLEJO DEL PARPADEO, MAPEO MOTOR DE LOS NERVIOS Y NÚCLEOS DEL SUELO DEL IV VENTRÍCULO.
CIRUGÍA MÉDULA ESPINAL	PEM Y PESS. MAPEO COLUMNAS DORSALES.
PREOCESOS VASCULARES	PEM, PESS, EEG Y ECG.
CIRUGÍA DE RAICES Y NP	PEM, PESS Y MAPEO DE RAÍCES, PLEXOS Y NERVIOS.

Implicaciones anestésicas

◆ Objetivos neuroanestésicos.

◆ Fármacos anestésicos.

-Hipnóticos.

-Relajantes musculares.

-Opioides.

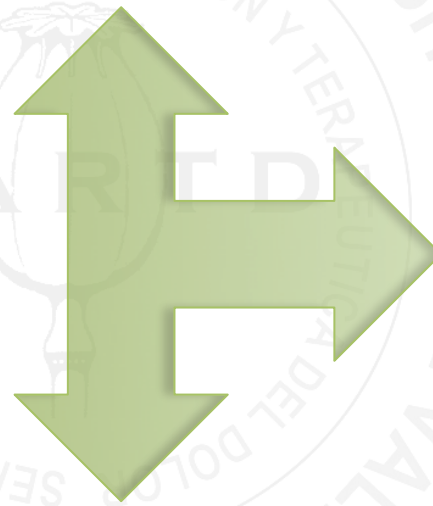
◆ Variables fisiológicas.

-Hemodinamia.

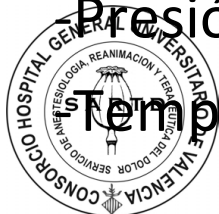
-Hipoxia.

-Presión intracraneal.

-Temperatura.



**ALTERACIÓN
DE
POTENCIALES**



Objetivos neuroanestésicos

- Hipnosis, analgesia, relajación muscular
- Mantener estabilidad HMDC/respiratoria
- Preservar perfusión cerebral
- Prevención /tratamiento del edema cerebral
- Diagnóstico/tratamiento complicaciones
- ...



Mantener condiciones para registro óptimo de potenciales



Fármacos neuroanestésicos

HIPNÓTICOS

Inhibición de la
transmisión sináptica



DEPRESIÓN DE LOS POTENCIALES EVOCADOS



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
Valencia 6 de Noviembre de 2017

HIPNÓTICOS

- Vías polisinápticas > vías oligosinápticas.
- Mayor afectación de áreas corticales.
- MEP y los componentes corticales de los SSEP.
- Habitual → Efecto depresor.
- Disminución de la amplitud y aumento de la latencia.
- Efecto paradójico (*ketamina* y *etomidato*).



HIPNÓTICOS

Anestésicos
inhalatorios



Anestésicos
intravenosos



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
Valencia 6 de Noviembre de 2017



A. INHALATORIOS

- **MAYOR DEPRESIÓN DE LA SEÑAL.**
- **DOSIS DEPENDIENTE.**
- ISOFLURANO > HALOTANO
- SSEP corticales (CAM max 0.5-1)
- Sin óxido nitroso (potencia el efecto depresor)
- Sevoflurano y desflurano:

EVITAR !!!

-Similares al isoflurano.
-Permiten CAM más elevadas.
-Efecto muy potente → fase de aumento de concentración

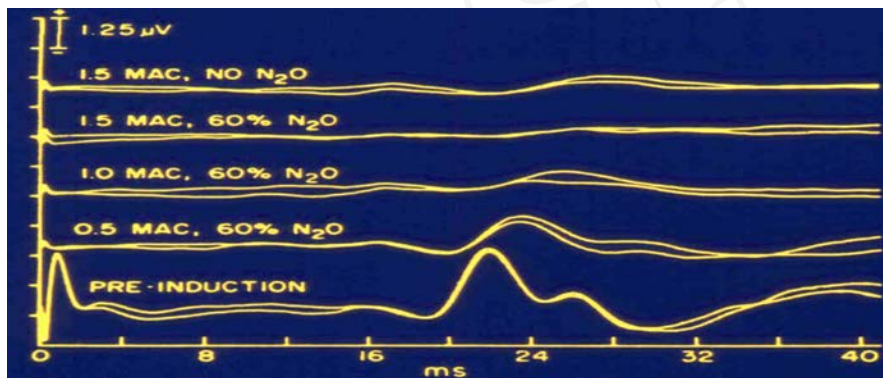
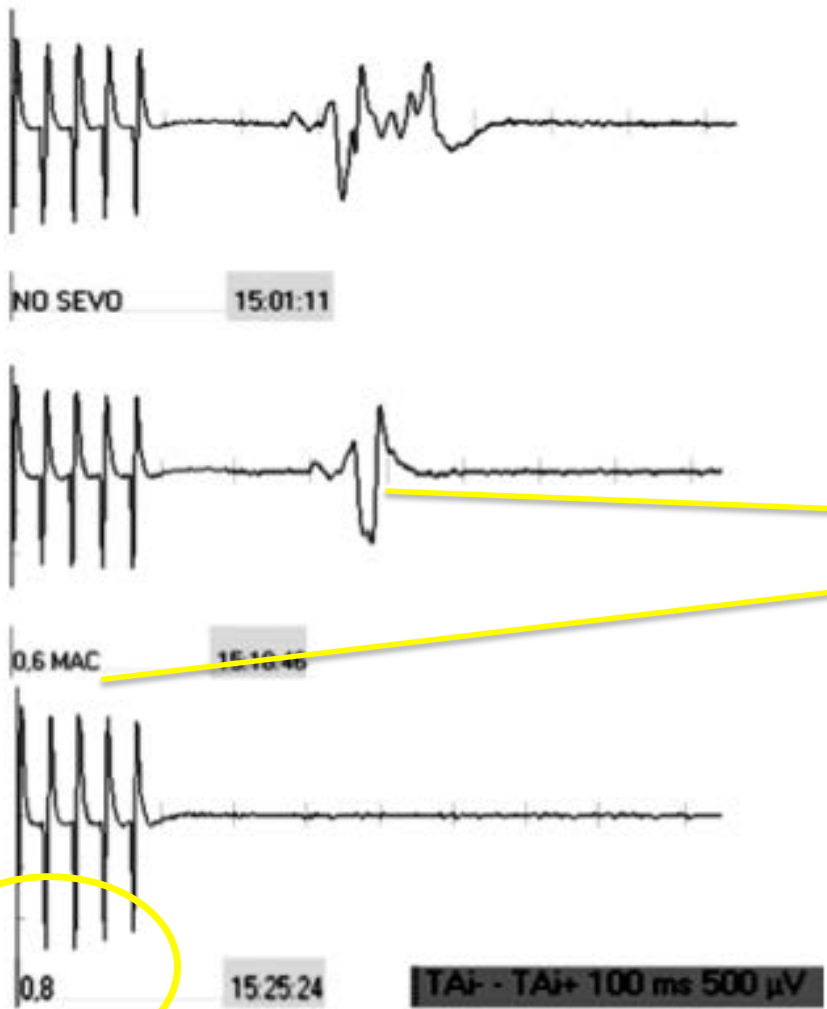


Fig. 35-11. Representative SSEP cortical responses (C-3, C-4-FPz) at various MAC levels of isoflurane. (From Peterson et al.,⁵⁷ with permission.)



CAM 0,6

Abolición completa del registro

Figura 2. Efecto del sevoflurano en los PEM.

Monitorización neurofisiológica intraoperatoria en cirugía de columna
Intraoperative neurophysiological monitoring in spine surgery
 L. Imirizaldu¹, J. Urriza¹, O. Olaziregi¹, A. Hidalgo², R.M. Pabón¹



A. INHALATORIOS

ÓXIDO NITROSO

- Disminuye la amplitud cortical en un 50%.
- NO afecta a la latencia ni a la morfología.
- Potencia a los A. Volátiles e IV.
- SSEP corticales +++ . (mínimo efecto subcortical).
- MEP → controvertido. (disminuye la amplitud per es posible el registro)



A. INTRAVENOSOS

Leve-moderada depresión de SSEP/MEP

PROPOFOL (de elección)

- Rápido metabolismo → efecto depresor en la inducción sobre los PEM.
- Dosis recomendadas (20-25 mcg/kg/min)
- No sobrepasar los 100 mcg/kg/min.



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
Valencia 6 de Noviembre de 2017



A. INTRAVENOSOS

- **BARBITÚRICOS**

- Dosis dependiente (↑latencia ↓amplitud)
- Estímulos corticales > subcorticales.
- PEM+++ (dosis inducción 3-5 mg/kg tiopental– 45-60 min).

- **BENZODIAZEPINAS**

- SSEP corticales y los PEM (midazolam).
- Mal perfil farmacocinético



A. INTRAVENOSOS

Ketamina

Dosis: -Pciv → 1-4 mg/kg/h.
-Bolos → 0,5 mg/kg.

Limitaciones: -Delirios
-Alucinaciones.
-Aumento de la PIC.

Etomidato

-Usado en perfusión continua para aumentar amplitud.

Limitaciones: -Mioclonias.
-Depresión suprarrenal.

LIMITACIONES



MEP: Mínima depresión.

SSEP: AUMENTO de la amplitud (400%)

RELAJANTES NEUROMUSCULARES

-Impiden la transmisión nerviosa en la placa motora.

MEP → pérdida de respuesta.

SSEP → no afectados (mejoría del registro).

EVITAR !!!

-Monitorización relajación neuromuscular (TOF).

-TOF 2/4 → Permite la MNI.



OPIOIDES

Mínimo efecto sobre MEP/SSEP
aún a altas dosis

IMPRESCINDIBLES EN NUESTRO PLAN
ANESTÉSICO



Tabla 3. Efectos de los distintos fármacos anestésicos sobre las técnicas neurofisiológicas habituales.

Potenciales evocados	Anestésicos					Bloqueantes unión neuromuscular
	Halogenados	Óxido nitroso	Propofol	Narcóticos	Ketamina	
PESS corticales	↑ latencia ↓ A. dosis dependiente	↓ A. ↑ latencia			↑ A.	
PESS subcorticales		Cambios mínimos				
PEM estimulación transcranial	↓ A. o abolición	↓ A. dosis dependiente	↓ A. con altas dosis. No efectos lat.	Efectos limitados	↑ A.	↓ A. o abolición
EMG						↓ A. o abolición

A: amplitud. ↑: aumento. ↓: disminución.

Monitorización neurofisiológica intraoperatoria en cirugía de columna

Intraoperative neurophysiological monitoring in spine surgery

L. Imirizaldu¹, J. Urriza¹, O. Olaziregi¹, A. Hidalgo², R.M. Pabón¹



An. Sist. Sanit. Navar. 2009, Vol. 32, Suplemento 3

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
Valencia 6 de Noviembre de 2017

Variables fisiológicas

- **Flujo sanguíneo:**

- SSEP corticales alterados → Flujo cerebral < 15 ml/min.
- Hipotensión mantenida → isquemia.

- **Presión intracraneal:**

- HIC → aumento de la latencia y reducción de la amplitud (SSEP corticales).

- **Reología sanguínea:**

- Hemodilución → Incrementa el FSC.



Variables fisiológicas

- **Ventilación:**

-Hipoxemia e hipercapnia → No altera los PEM hasta situaciones extremas.

- **Temperatura:**

-Hipotermia → Aumenta la latencia e incrementa el umbral de los PEM.

-Hipertermia

- > 38°C → Disminuye la amplitud.
- > 42°C → Aumenta la latencia.
- > 45°C → lesión neural irreversible.



Implicaciones anestésicas

Técnica anestésica adecuada: TIVA



Propofol + remifentanilo en perfusión IV
+/- bloqueantes NM

(Etomidato/ketamina)

Mantener estabilidad del medio fisiológico



Implicaciones anestésicas



Quirófano: Espacio limitado

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
Valencia 6 de Noviembre de 2017



Implicaciones anestésicas

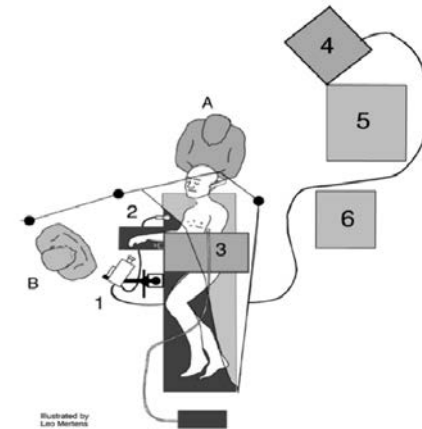
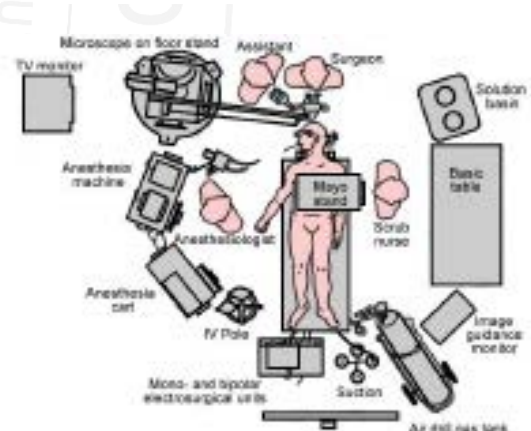


Figure 2. Suggested positioning for awake craniotomy. (Reprinted from Ref 10; with permission of Elsevier and authors). A: Surgeon; B: Anesthetist; 1: Camera; 2: Microphone; 3: Fiberoptic light; 4: Television monitor; 5: Frameless stereotaxic monitor; 6: Microscope base.

Organización y trabajo en equipo!!



**SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
Valencia 6 de Noviembre de 2017**

Conclusiones

- La monitorización neurofisiológica intraoperatoria disminuye la morbilidad y aumenta la supervivencia.
- Mejora de las estrategias y resultados quirúrgicos.
- Imprescindible la comunicación entre especialistas (equipo multidisciplinar).
- Técnica anestésica de elección → TIVA.



• Mantener la estabilidad del medio fisiológico

GRACIAS



**SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
Valencia 6 de Noviembre de 2017**