



# EEG I

## 13. Monitorização Víde-EEG com Eléctrodos Intracranianos

Docente: Joana Pires



## Conteúdos Programáticos

- Monitorização Invasiva
  - Monitorização com Eléctrodos Intracranianos
  - Electrocorticografia
- Considerações Técnicas e Clínicas
- Padrões Intracranianos
- Estimulação Eléctrica Cortical
  
- Monitorização EEG Contínua (UCI)



# Conteúdos Programáticos

- Monitorização Invasiva
  - Monitorização com Eléctrodos Intracranianos
  - Electrocorticografia
- Considerações Técnicas e Clínicas
- Padrões Intracranianos
- Estimulação Eléctrica Cortical
- Monitorização EEG Contínua (UCI)



# Introdução

- 30-40% dos pacientes epilépticos mantêm a ocorrência de crises refractárias à terapêutica
- A Cirurgia da Epilepsia continua a ser a única abordagem que permite tornar estes pacientes livres de crises
- Papel da Monitorização Vídeo-EEG



# Introdução

- Monitorização Vídeo-EEG (escalpe)
  - Ferramenta essencial para a avaliação pré-cirúrgica
  - Objectivo de localizar o foco epiléptico
  - Pode fornecer informação suficiente quando:
    - É congruente com outros dados não invasivos como:
      - Semiologia ictal
      - Estudos de neuroimagem anatómica e funcional
      - Registos ictais e interictais concordantes
    - Principalmente em pacientes com esclerose mesial temporal unilateral
- Contudo tem limitações!!



# Monitorização Invasiva

## INDICAÇÕES COMUNS PARA MONITORIZAÇÃO INVASIVA

1. Lateralização do foco epiléptico quando a avaliação pré-cirúrgica não invasiva sugere um possível envolvimento bilateral
2. Localização do início ictal quando a RM-CE é não lesional
3. Localização do início ictal quando a RM-CE mostra mais do que uma lesão
4. Localização do início ictal quando a avaliação pré-cirúrgica não invasiva é inadequada ou contraditória
5. Discriminação do início temporal mesial Vs temporal neocortical
6. Identificação de regiões corticais eloquentes que não deverão ser removidas na cirurgia
7. Determinar finamente os limites da zona epileptogénica permitindo a remoção cortical focal



# Monitorização Invasiva

## VANTAGENS

- ✓ Proximidade do córtex: sinal não é atenuado nem alterado pelo osso e pele
- ✓ Registo atividade de alta frequência – beta, gama e as pontas rápidas interictais e ictais
- ✓ O sinal eléctrico não é interferido por artefactos electromiográficos (como acontece nos de escalpe)
- ✓ Maior resolução espacial: área de registo refere-se a um pequeno grupo de neurónios que não consegue gerar um sinal suficientemente forte para os eléctrodos de escalpe
- ✓ Eléctrodos invasivos detectam mais crises e mais cedo
- ✓ Mais facilmente se detetam anomalias dos ritmos fisiológicos

## DESVANTAGENS

- ❑ Área de registo pequena
- ❑ Sinais clinicamente importantes gerados à distância dos eléctrodos podem não ser detectados
- ❑ Potenciais com uma orientação tangencial podem não ser detectados
  - ❑ Uma vez que a amplitude do sinal de EEG é proporcional ao ângulo do dipolo
  - ❑ Sinais que emanam dos sulcos, não são registados
  - ❑ EEG escalpe com igual limitação
- ❑ Risco de hemorragia, infecção e herniação
- ❑ Desconforto



# Monitorização Invasiva

## Electrocorticografia (ECoG)

- Registo inter-operatório
- Objetivo: Refinar os limites da excisão da lesão já conhecida.
- Só deve ser realizado quando a área cirúrgica já está previamente identificada com algum grau de certeza
- Como o doente está, na maioria das vezes, sob anestesia, é necessário conhecer os fármacos que estão a ser utilizados e as respectivas alterações no registo devem ser previstas. Como existem fármacos que podem suprimir ou, pelo contrário, provocar pontas interictais, a cirurgia deve ser programada de forma interdisciplinar para permitir uma melhor escolha do anestésico e, se possível, pensar no registo com o doente acordado para eliminar estas interferências potencialmente confundidoras no EEG.
- Outras interferências que podem no bloco operatório, é a interferência de corrente eléctrica devido ao número de aparelhos utilizados.

## Monit. com E. Intracranianos

- Registo de EEG directamente obtido no córtex cerebral, ao longo de vários dias.
- Deve ser realizado quando não é possível definir a área de ressecção cirúrgica através de métodos mais seguros ou através da ECoG.
- Essencial no mapeamento de áreas funcionais (motora, sensitiva, linguagem, etc....) assim como na indução de crises por estimulação eléctrica directamente sobre o córtex epileptogénico garantindo a sua localização.



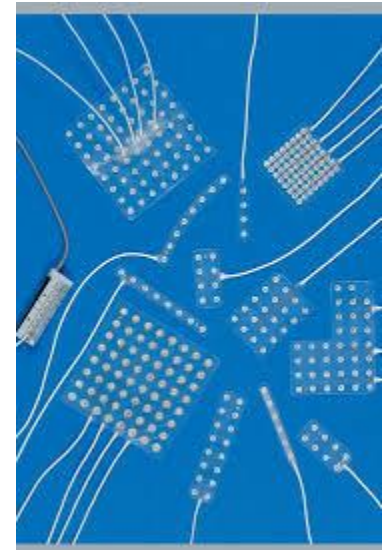
# Conteúdos Programáticos

- Monitorização Invasiva
  - Monitorização com Eléctrodos Intracranianos
  - Electrocorticografia
- Considerações Técnicas e Clínicas
- Padrões Intracranianos
- Estimulação Eléctrica Cortical
  
- Monitorização EEG Contínua (UCI)

# Considerações Técnicas e Clínicas

## Eléctrodos Subdurais

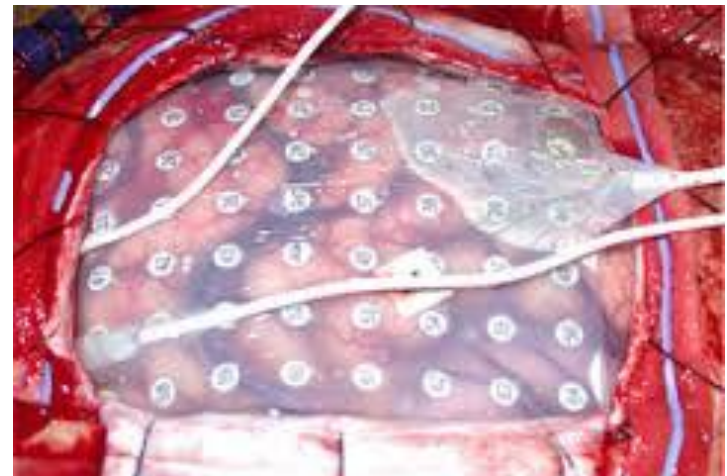
- Colocados directamente em cima do córtex
- Fácil colocação e mudança de posição (caso seja necessário)
- Úteis para determinar focos epilépticos na convexidade, córtex basal e córtex inter-hemisférico
- A grelha têm numero de eléctrodos variável e elevado



# Considerações Técnicas e Clínicas

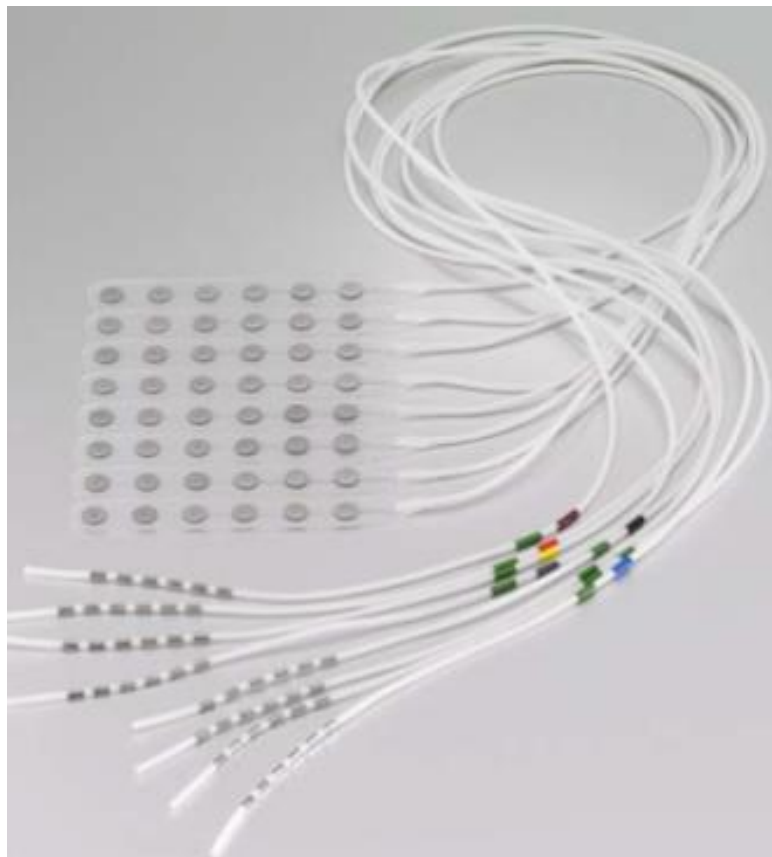
## Eléctrodos Subdurais

- Bem adaptados para a realização de estimulação eléctrica cortical
- Desvantagens: a sua colocação requer procedimento cirúrgico mais elaborado, maior área cirúrgica e zona de craniotomia maior





## ELÉCTRODOS SUBDURAIS





# Considerações Técnicas e Clínicas

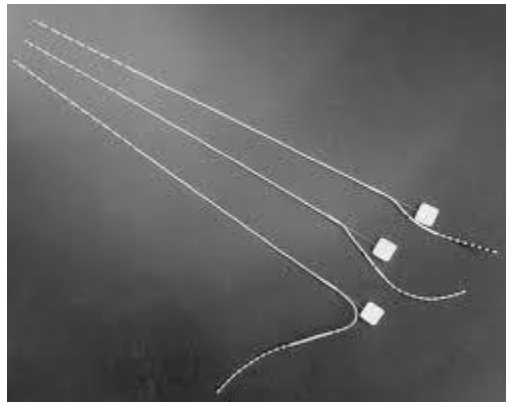
## Indicações Clínicas para registo com Elect. Subdurais

- Não existem guidelines universalmente aceites
- Indicações clínicas mais comuns:
  - a) Início ictal lateralizado num hemisfério específico
  - b) Início ictal localizado num lobo específico
  - c) Localizar o início da crise e determinar a extensão da zona epileptogénica num lobo cerebral
  - d) Mapeamento cortical funcional (ex.: mapeamento da linguagem)

# Considerações Técnicas e Clínicas

## Eléctrodos Profundos

- Usados para determinar foco epileptogénicos profundos (amígdala, hipocampo, ínsula e córtex sulcal)
- Podem ser facilmente retirado sem ser necessário intervenção cirúrgica e sem desconforto significativo
- Procedimento cirúrgico melhor tolerado pelo paciente
- Menor morbilidade

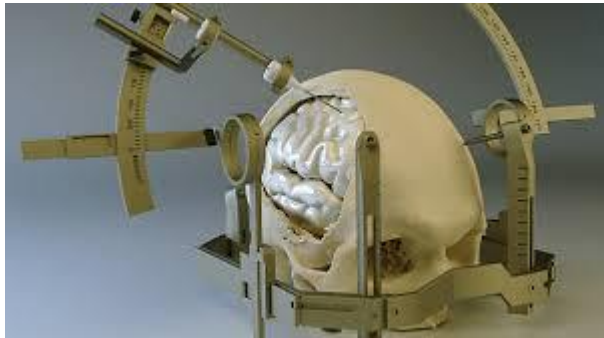




# Considerações Técnicas e Clínicas

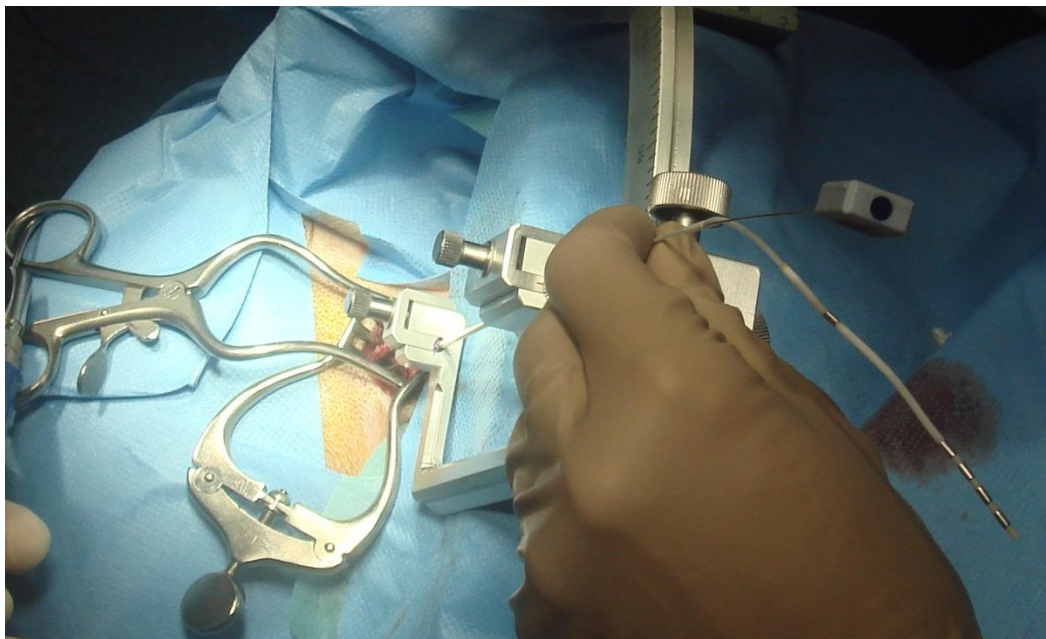
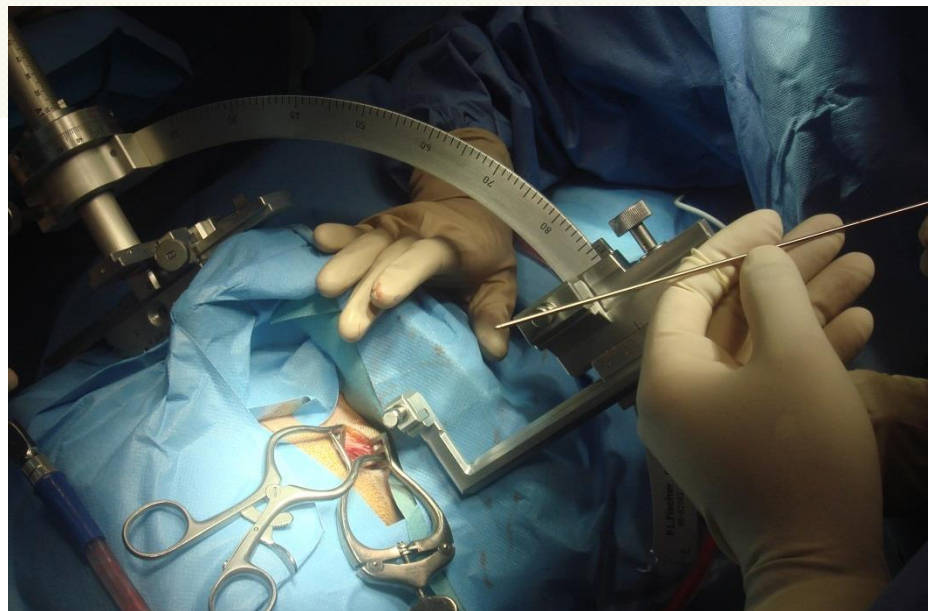
## Eléctrodos Profundos

- Frequentemente colocados através de métodos de neuro-navegação e sistema sterotácico
- Registo de Stereo-EEG (S-EEG)

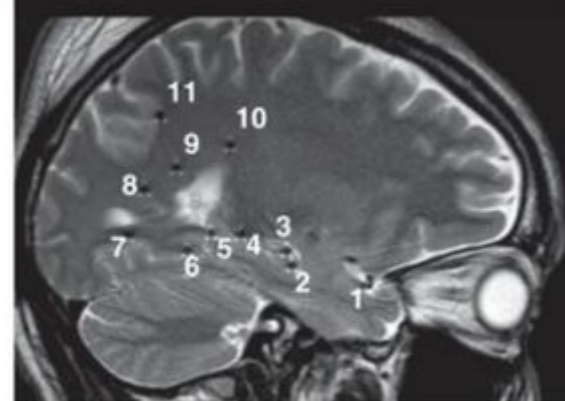
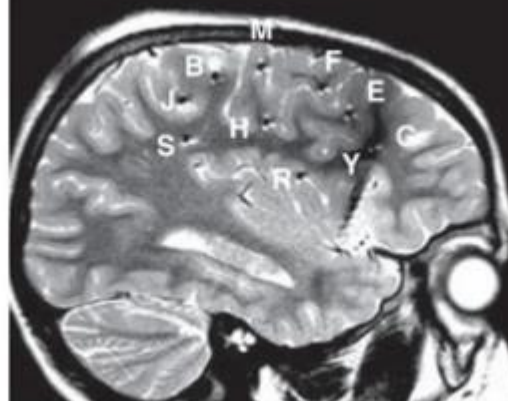
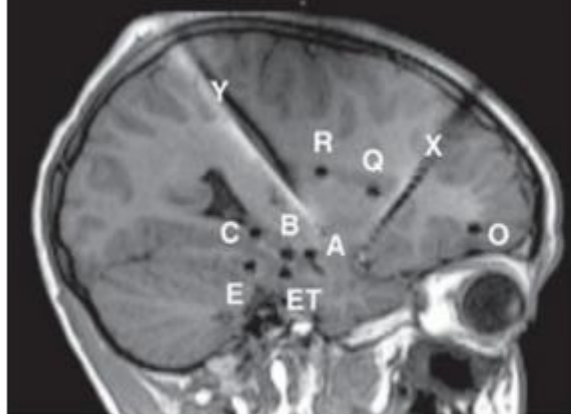
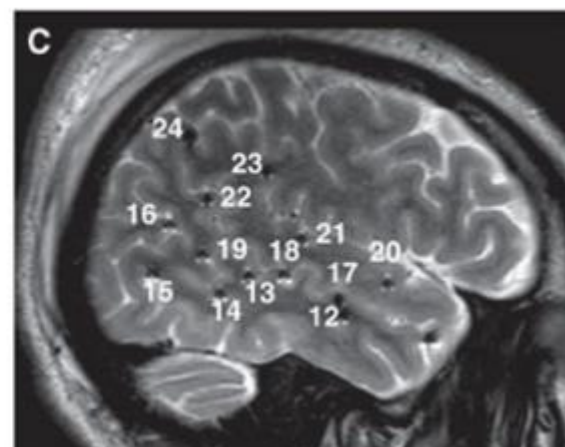
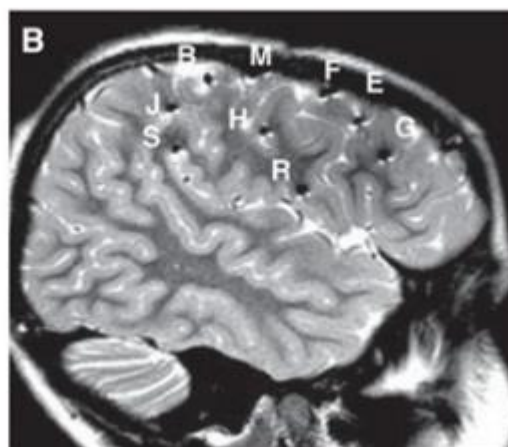




## ELÉCTRODOS PROFUNDOS



# Considerações Técnicas: S-EEG





# Considerações Técnicas e Clínicas

## Eléctrodos Profundos

- Desvantagens:
  - A sua colocação é cirurgicamente mais complicada
  - Menor área de mapeamento electrográfico
  - Menor capacidade de determinar áreas extensas de foco epileptogénico
  - Não estão bem adaptados para estimulação eléctrica cortical
- Estes dois tipos de eléctrodos **podem** ser usados em conjunto



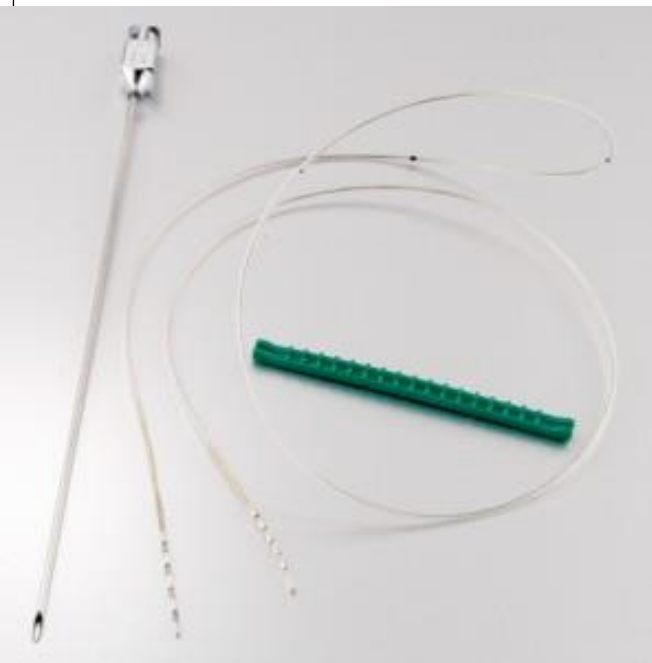
# Considerações Técnicas e Clínicas

## Eléctrodos Forame Oval

- “Semi-invasivos”: colocados com apenas uma anestesia local
- Local de inserção: espaço subaracnoideu
- Facilita o registo da actividade das estruturas temporais mesiais na face basal



## ELÉCTRODOS DE FORAMEN OVALE





# Considerações Técnicas e Clínicas

**TABLE 14.2** Intracranial Electrode Characteristics

Type	Recording areas	Advantages	Disadvantages
Intracerebral depth electrodes (within cortex)	Deep limbic and paralimbic buried structures: amygdala, hippocampus, entorhinal cortex and parahippocampus, insula; interhemispheric cortical structures; depth of the sulci; hypothalamus, thalamus, and basal ganglia; deep-seated and periventricular lesions	Good sampling of deep structures; findings can be standardized in a common stereotatic space allowing intersubject comparisons; well-tolerated procedure and low morbidity	Limited sampling (especially of neocortical structures); not adapted for exhaustive cortical functional mapping
Grids (subdural surface)	Cortical convexity, basal and interhemispheric neocortical (gyral) surface	Large number of recording channels and broad coverage of neocortical areas; well-suited for mapping of cortical function by electrical stimulation	Large craniotomy; higher morbidity; no sampling from deep buried structures; needs to be immediately followed by resective surgery
Strips (subdural surface)	Cortical convexity, basal and interhemispheric neocortical surface	Good coverage of neocortical areas; low morbidity	No sampling from deep buried structures
Epidural electrodes (pial surface)	Cortical convexity	Easy to install with low morbidity and satisfactory coverage of neocortical convexity	No sampling of basal and deep structures; no electrical stimulation



# Considerações Técnicas e Clínicas

## GRELHAS SUBDURAIIS

- Vantagem de cobrir uma maior área da convexidade
- Escolhidos especialmente nas seguintes situações:
  - **Área suspeita é alargada**
  - **Mapeamento das áreas corticais perilesionais**

## FITAS SUBDURAIIS

- Ocupando uma menor área, podem ser utilizadas em regiões de mais difícil acesso como:
  - **Fenda inter-hemisférica**
  - **Córtex frontal inferior**
  - **Regiões temporais inferiores**

## ELÉCTRODOS PROFUNDOS

- Lateralização do início ictal nos casos em que se pondera a hipótese do início temporal mesial ser bilateral
- Útil:
  - Áreas profundas de malformações do desenvolvimento cortical (p.ex. Heterotopia nodular subependimária)

## FORAMEN OVALE

- Menor risco de morbilidade



# Considerações Técnicas

## Aquisição de EEG

- Montagens:
  - Número de canais dependo do número de contactos colocados (128-256 canais nos aparelhos mais recentes; muitos deles só permitem registo de 50-100 canais)
  - Tipos: bipolares, monopolares (referenciais-Ref)
  - Organização dos canais feita de acordo com lógica anatómica
  - Escolha criterioso do local da Ref
    - Deve ter sinal eléctrico mínimo
    - Menor probabilidade de artefactos
    - Menor probabilidade de estar na zona epileptogénica
    - Podem ser usados eléctrodos intracranianos ou de escalpe
  - Pode-se usar concomitantemente eléctrodos de escalpe para registo simultâneo (ponderar risco de infeção)
    - Determinar relação entre a actividade epileptiforme intracraniana e à superfície



# Considerações Técnicas

## Aquisição de EEG

- Frequência de amostragem: 1000-2000Hz
  - Permite registo de banda de alta frequência como:
    - HFO: High Frequency Oscilations (ripples e fast ripples): 80-500Hz
- HF: 300 ou 500 Hz
- TC: 0,3seg
- Sensibilidade:
  - Maior do que no registo EEG de escalpe
  - Ajustável de acordo com a área a monitorizar



# Conteúdos Programáticos

- Monitorização Invasiva
  - Monitorização com Eléctrodos Intracranianos
  - Electrocorticografia
- Considerações Técnicas e Clínicas
- Padrões Intracranianos
- Estimulação Eléctrica Cortical
  
- Monitorização EEG Contínua (UCI)



# Monit VEEG: Eléct. Intracranianos

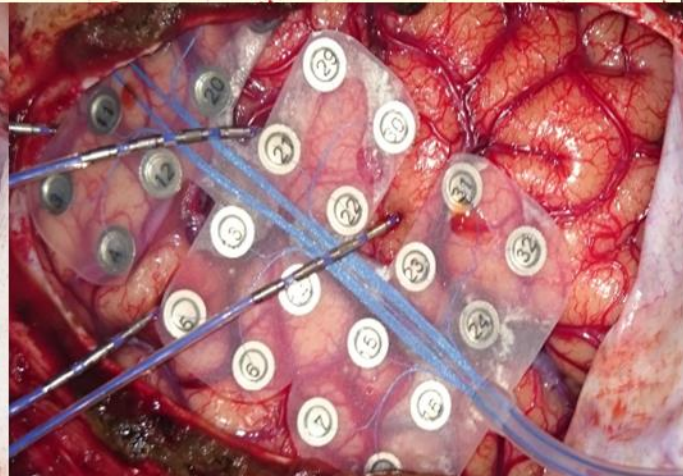
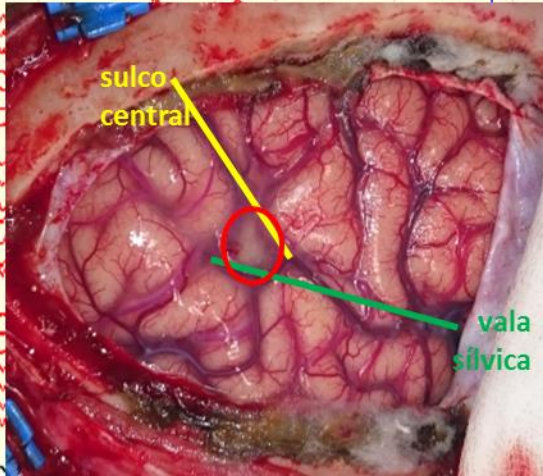
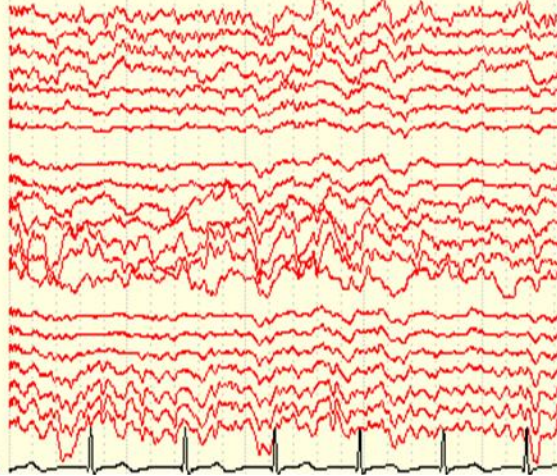
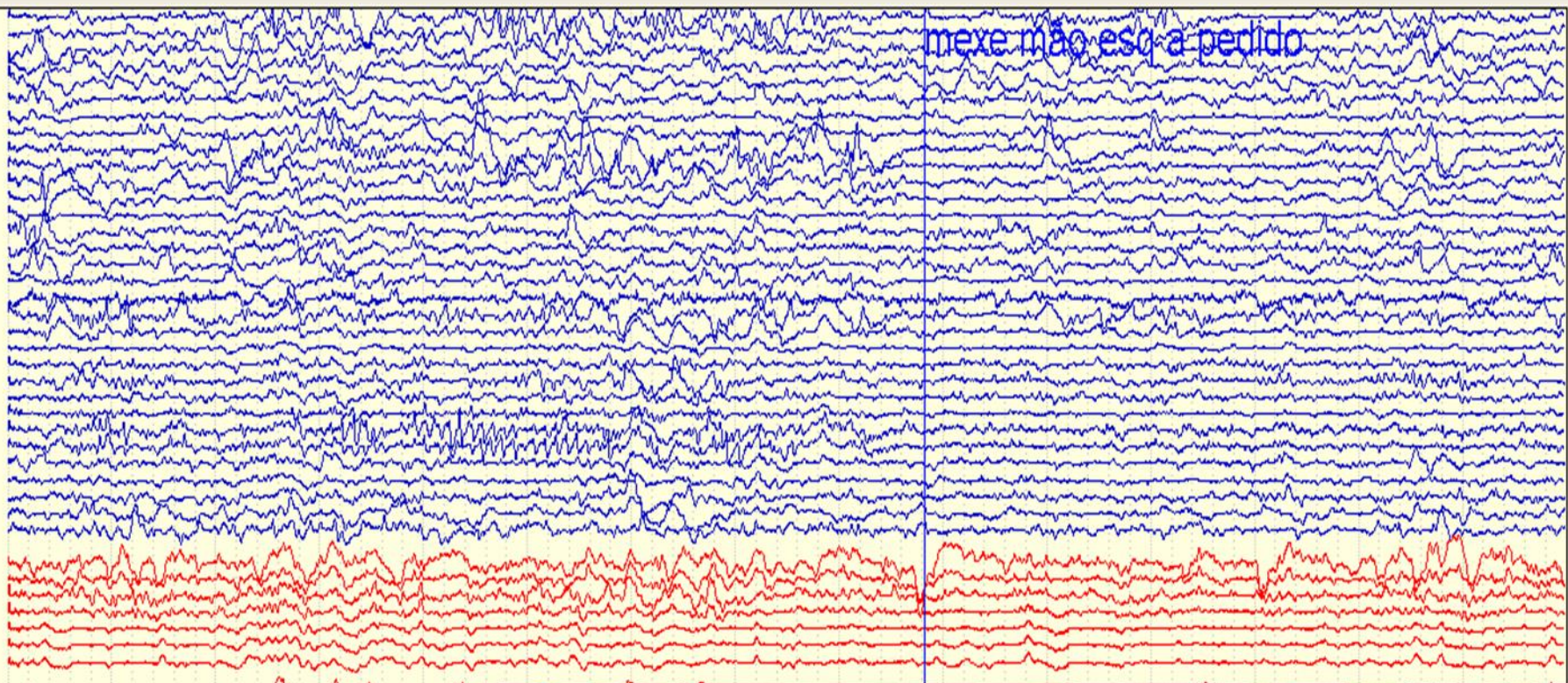
## Padrões intracranianos normais

- Podem ser observados padrões fisiológicos e frequências EEG normais comumente observadas no EEG de escalpe (quando os contactos estão colocados nas localizações correspondentes):
  - Ritmo alfa
  - Ritmo miu
  - Ondas do vértex
  - Fusos de sono
  - Ondas lambda
  - POSTs

# Ritmo Mu

1,000 Hz   70 Hz   15 sec   900 µV/cm   1-All recorded electri

mexe mão esq a pedido





# Monit VEEG: Eléct. Intracranianos

## Padrões intracranianos normais

- Amplitude muito superior ao registo de escalpe
- Morfologia tende a ser mais abrupta e pontiaguda
- Padrões gama de alta frequência são apenas observados nos registo intracranianos



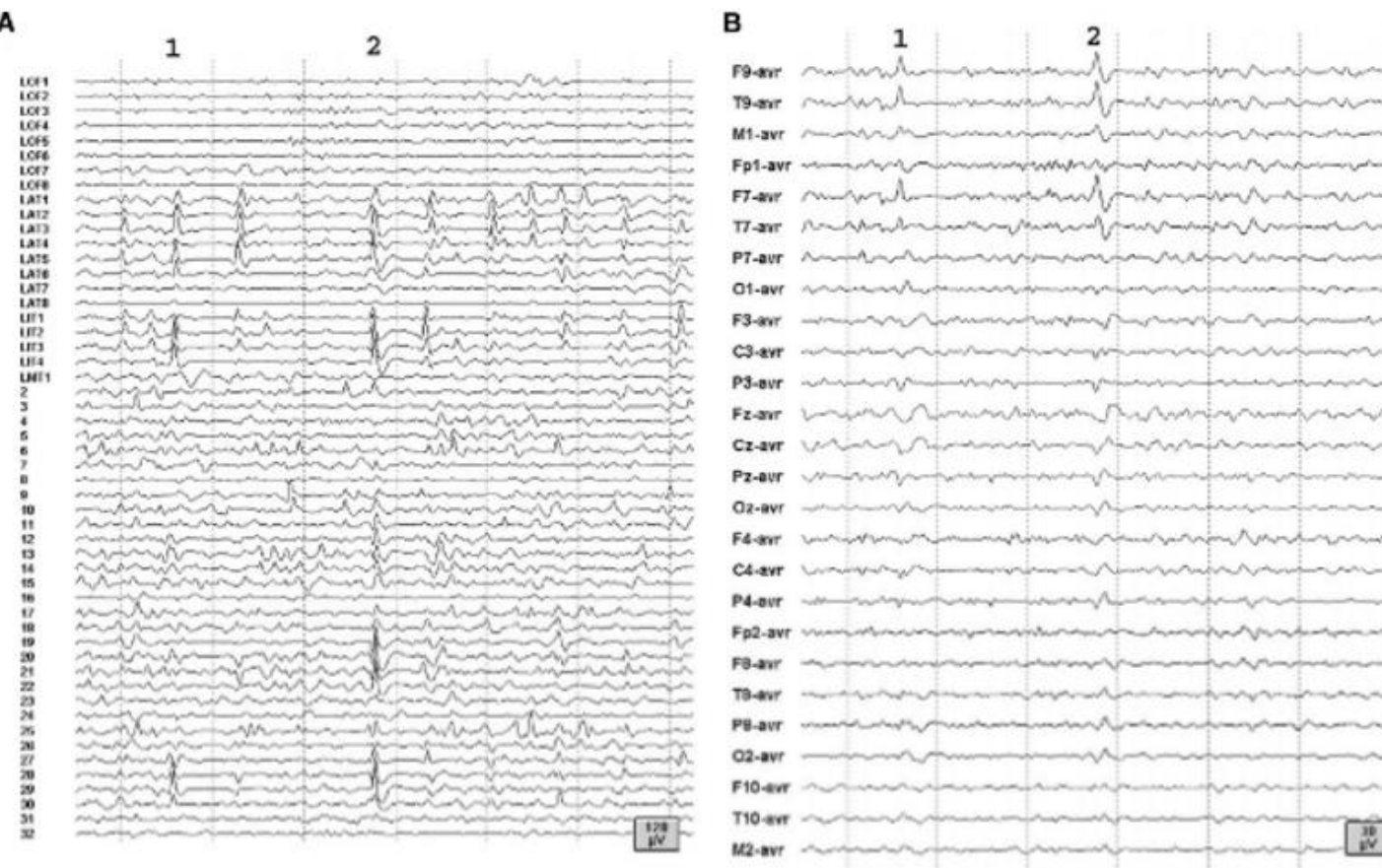
# Monit VEEG: Eléct. Intracranianos

## Padrões intracranianos interictais

- Igual nomenclatura da actividade epileptiforme registada no escalpe
- ECoG vs EEG:
  - Pontas cuja origem cortical tem pelo menos 10 cm<sup>2</sup> de área normalmente resultam em pontas reconhecidas no EEG de escalpe

# Monit VEEG: Eléct. Intracranianos

## Padrões intracranianos interictais



Simultaneous intracranial and scalp EEG recording. A: Intracranial EEG recording demonstrates a heterogeneous population of interictal spikes. B: Scalp EEG recording demonstrates that only two of the intracranial spikes (labeled 1 and 2) generate recognizable scalp interictal potentials. LOF, left orbital frontal; LAT, left anterior temporal; LIT, left inferior temporal; LMT, left mid temporal.



# Monit VEEG: Eléct. Intracranianos

## Padrões intracranianos interictais

- Zona Irritativa: delimitada pela distribuição cortical das descargas epileptiformes interictais (DEI)
- DEI parece estar relacionada com:
  - Zona de epileptogénese ( $>$  frequência/amplitude e  $<$  duração de pontas --- zona de início ictal)
  - Geradora das crises
  - Necessário registo ictal e sua correlação com o registo de DEI
    - Contudo pontas registadas com eléctrodos subdurais muitas vezes estendem-se além da zona de início ictal



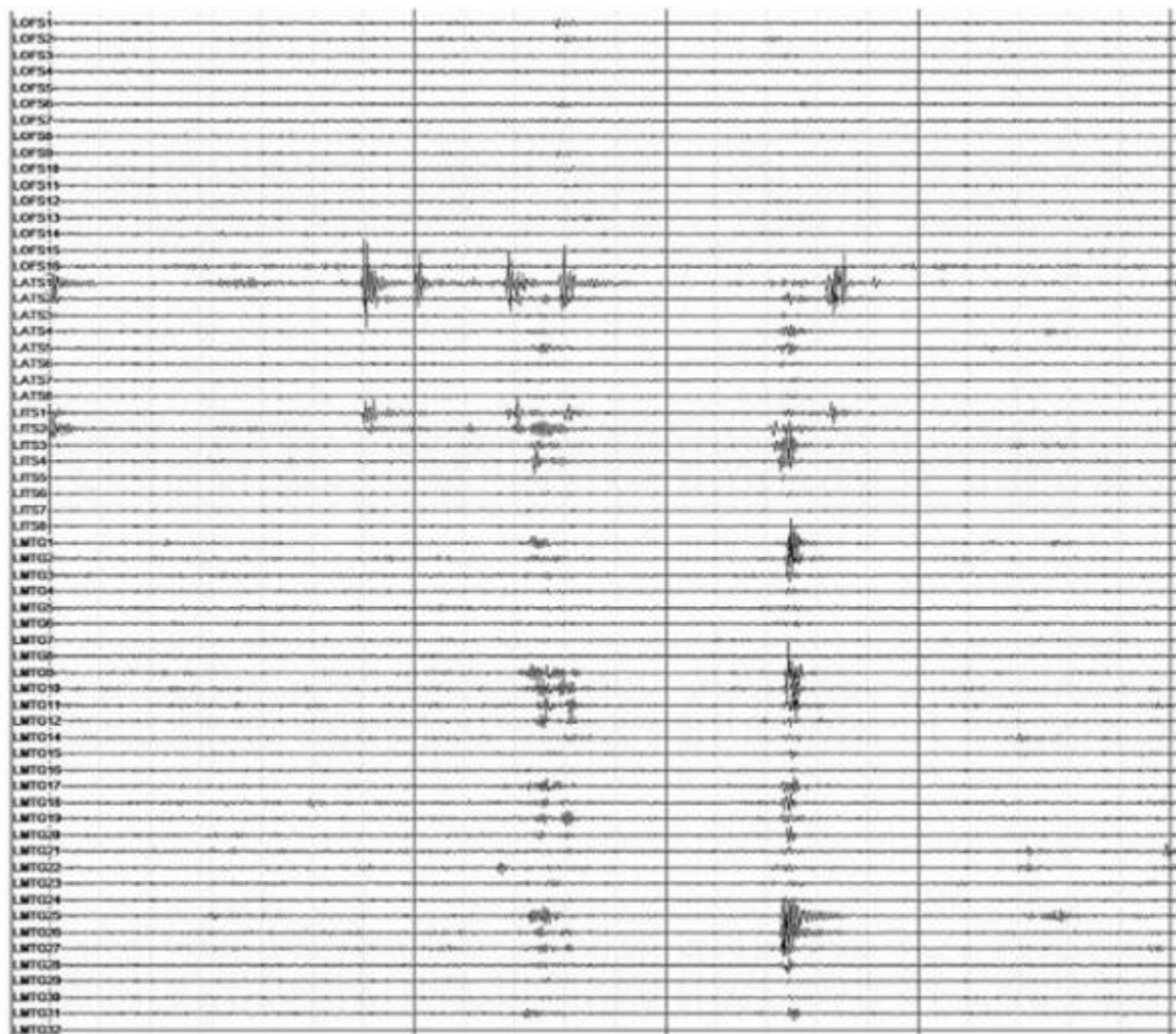
# Monit VEEG: Eléct. Intracranianos

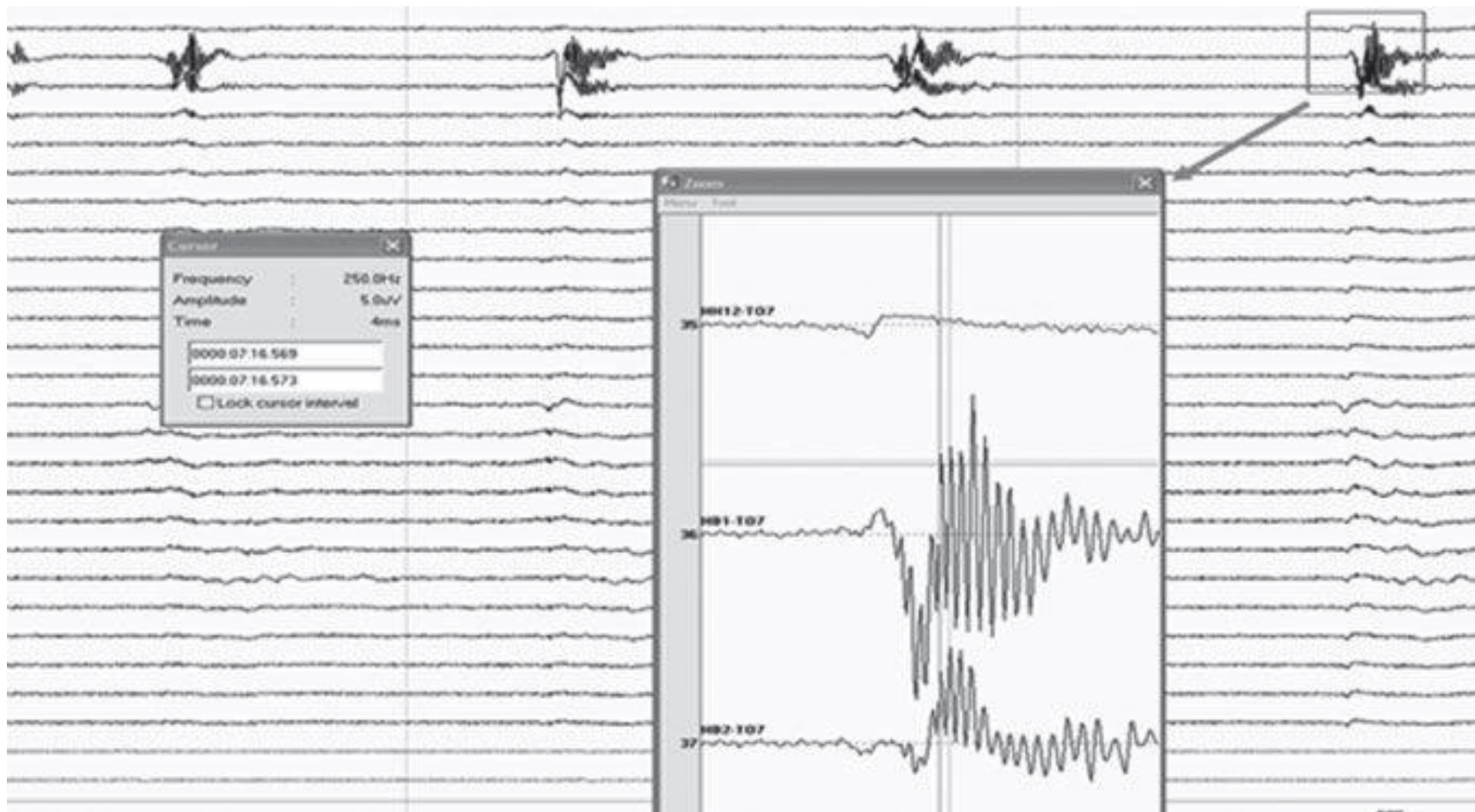
## Oscilações de Alta Frequência (HFO)

- Considerados biomarcadores da rede epileptogénica:
- “Ripples” (80-250Hz): reflectir potencias inibitórios que facilitam a transferência de informação através de sincronização da actividade neuronal em longas distâncias
- “Fast ripples” (250-500Hz): Maior valor localizador do início focal
  - Interictais:
    - relacionados com a epileptogénese
  - Ictais:
    - inícios ictais

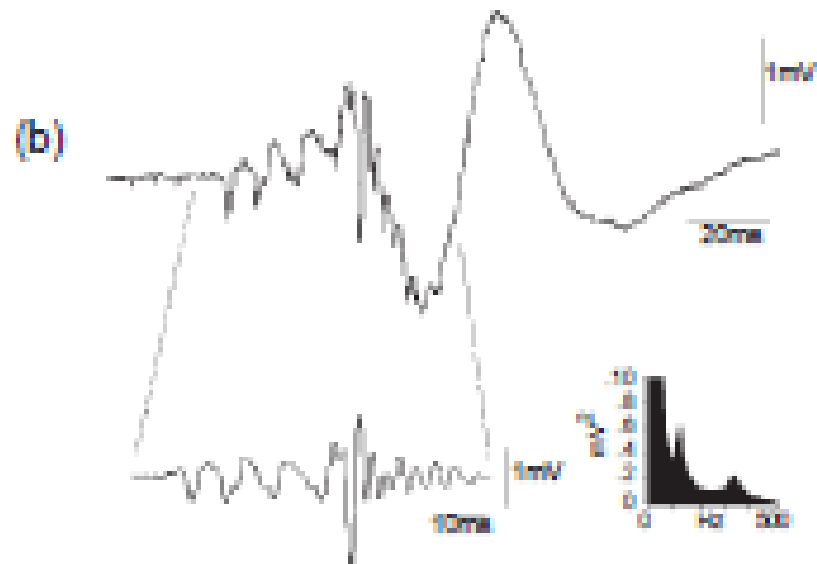
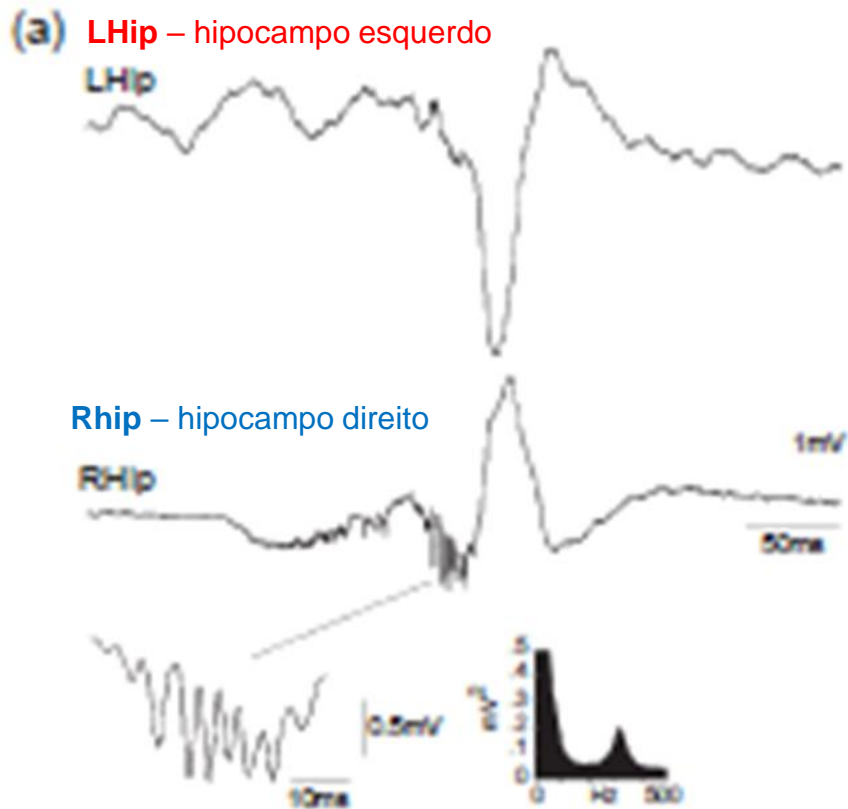


# Monit VEEG: Eléct. Intracranianos





**HFO a 250Hz, sobreposta num ponta interictal vista num eléctrodo profundo localizado no corpo do hipocampo de um doente com epilepsia mesial temporal esquerda.**



a) EEG registado no **hipocampo esquerdo (LHip)** e no **hipocampo direito (RHip)** num doente com crises de início no RHip.

Onda abrupta de grande amplitude nos dois hipocampos, enquanto que as “fast ripples/HFOs” são apenas registadas no hipocampo direito

Abaixo, a análise espectral indicando um pico máximo aproximadamente a 320Hz e o alargamento da base de tempo

b) Registo de EEG complexo mostrando “fast ripples/HFOs” imediatamente após uma actividade de oscilação rápida. Abaixo, 2 picos de de máximo espectral reflectindo as oscilações rápidas (130Hz) e as HFOs (330 Hz) e o alargando a base de tempo



# Monit VEEG: Eléct. Intracranianos

## Padrões intracranianos Ictais

- Ritmos de início de crise podem ser:
  - Delta
  - Teta
  - Beta
  - Alfa
  - Gama
- Os ritmos mais comuns são:
  - Ritmos beta e gama de baixa voltagem (15-40Hz)



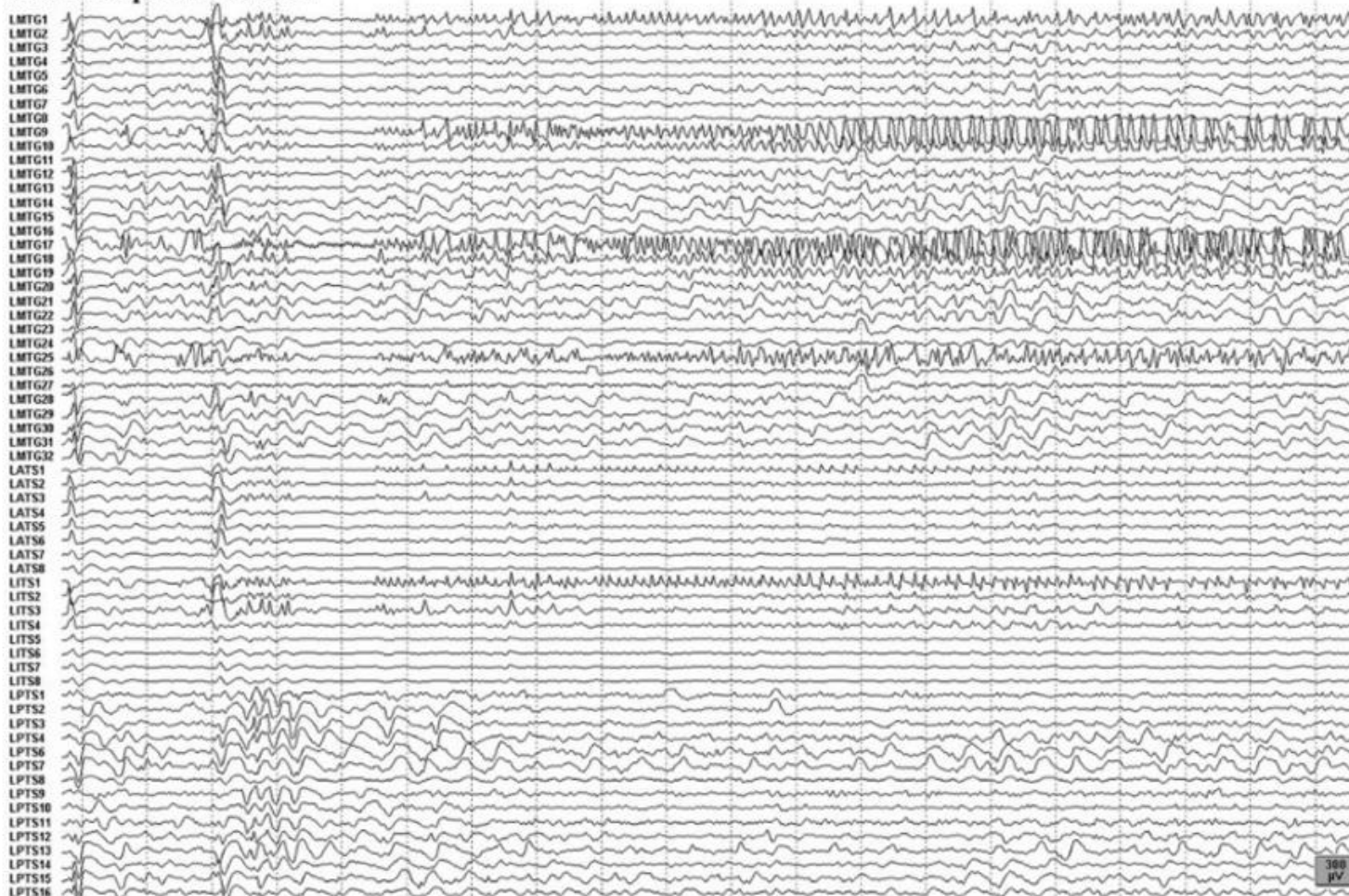
# Monit VEEG: Eléct. Intracranianos

## Padrões intracranianos Ictais

- Estes padrões rápidos:
  - Podem surgir em inícios de crises temporais mesiais e extratemporais
  - Podem não ser precedidos de alterações das DEI presentes
  - Parecem estar associadas com o recrutamento e sincronização de redes inibitórias GABAérgicas
  - Em termos práticos, estes padrões de início ictal têm excelente valor localizador
  - A remoção cirúrgica desta região cortical tem outcome cirúrgico favorável

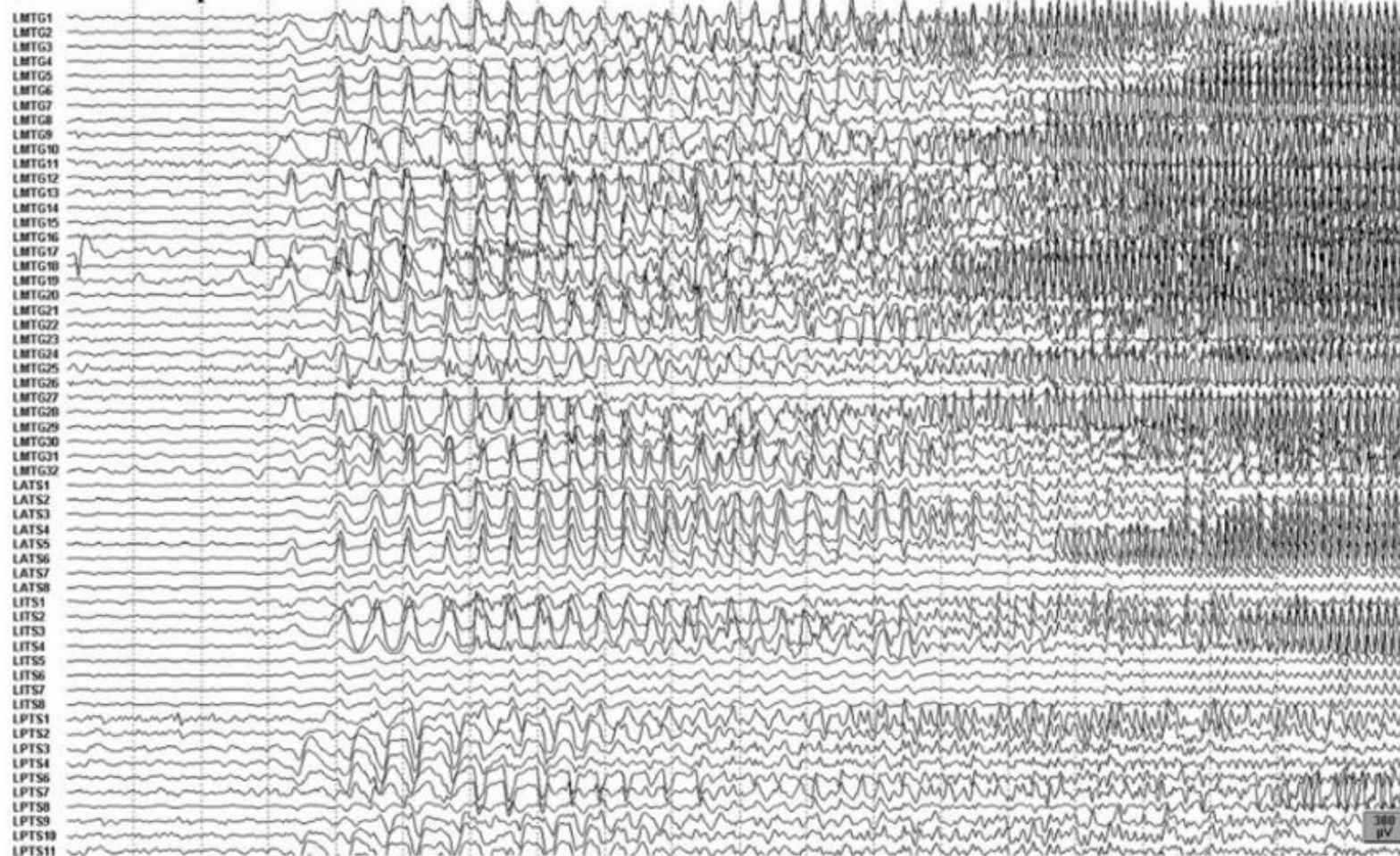
# Monit VEEG: Eléct. Intracranianos

## Mesial temporal ictal onset

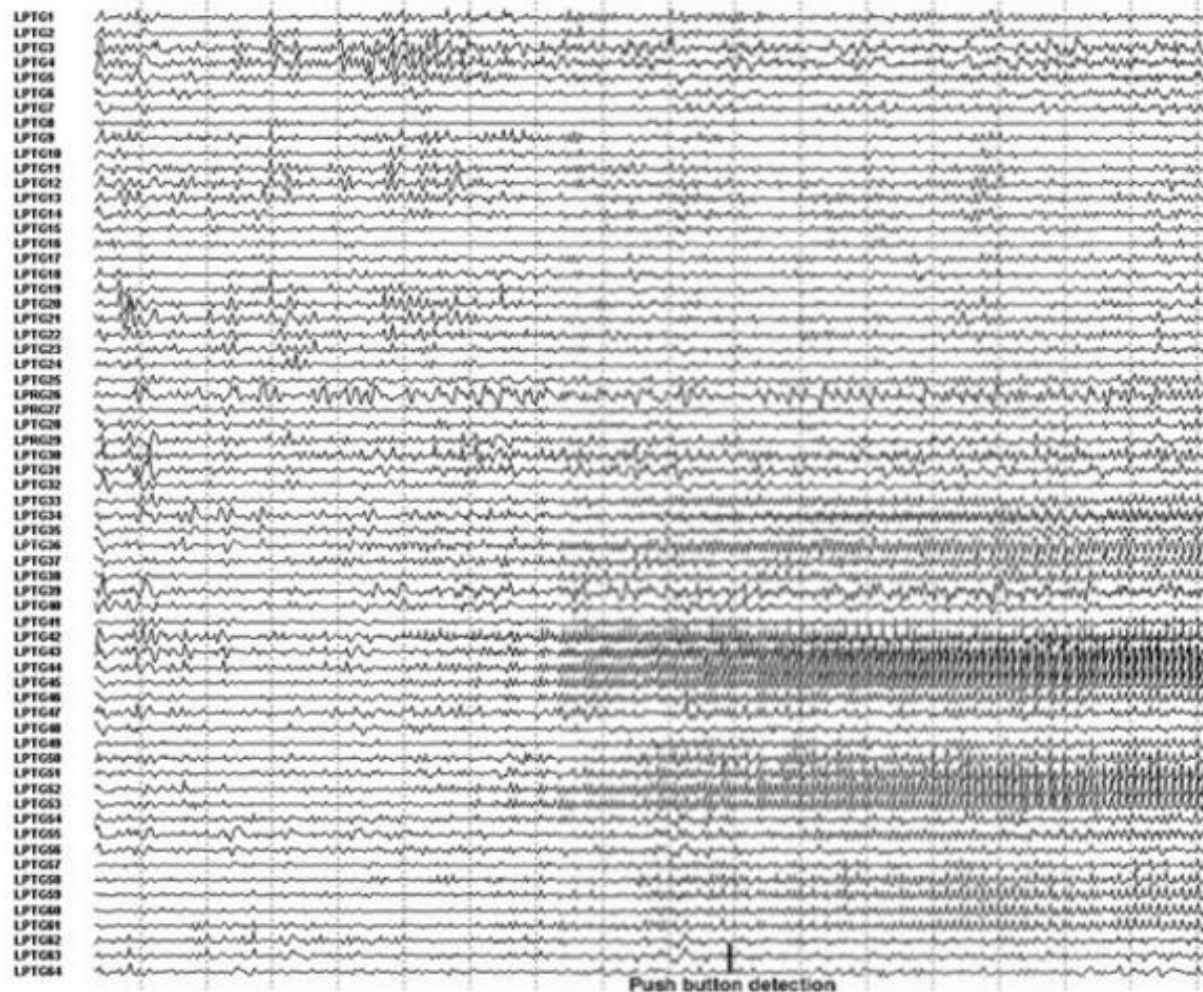


# Monit VEEG: Eléct. Intracranianos

## Neocortical temporal ictal onset



# Monit VEEG: Eléct. Intracranianos



Subdural electrode recording of a left parietal seizure. Early involvement of electrodes LPTG 36, 42, 52 is noted in this focal, low-voltage, fast beta frequency seizure onset. LPTG, left parietal temporal grid.

0 Notes

ADD NOTE +



# Monit VEEG: Eléct. Intracranianos

## Padrões intracranianos Ictais

- Os padrões de início ictal de alta-voltagem e baixa frequência também são comuns
  - Estão normalmente associados a outcomes menos favoráveis
  - Comuns em epilepsias do lobo temporal neocorticais
    - A etiologia das crises neocorticais como encefalite, meningite, ou displasias corticais produzem mais danos e disfunção corticais



# Monit VEEG: Eléct. Intracranianos

## Padrões intracranianos Ictais

- Outro padrão de início ictal: padrão rítmico sinusoidal da banda teta e alfa (5-9Hz) e pontas periódicas de baixa frequência 1-2Hz



# Monit VEEG: Eléct. Intracranianos

## Crítérios para ressecção cirúrgica

- Não existe consenso
- Em pacientes com pontas interictais unifocais e crises no EEG de escalpe
  - Registo de 3 crises similares e em igual localização recomendam resseção
- Pontas multifocais:
  - Requerem mínimo de 5 crises



# Conteúdos Programáticos

- Monitorização Invasiva
  - Monitorização com Eléctrodos Intracranianos
  - Electrocorticografia
- Considerações Técnicas e Clínicas
- Padrões Intracranianos
- Estimulação Eléctrica Cortical
  
- Monitorização EEG Contínua (UCI)



# Estimulação Eléctrica Cortical

- Permite a estimulação eléctrica do córtex
- Permite a reprodução da activação do córtex normal e em condições patológicas
- Usado como ferramenta para:
  - Testar funções corticais como: Linguagem
  - Imitar o efeito de descargas epileptiformes espontâneas
  - Revelar vias neuroanatómicas
  - Procura de áreas de baixo limiar epileptogénico



# Estimulação Eléctrica Cortical

- EEC pode ser executada em doentes epilépticos para:
  1. Estudo de respostas clínicas evocadas que simulam o efeito espontâneo das DEI no córtex
  2. Reproduzir as áreas típicas do paciente ou até mesmo crises



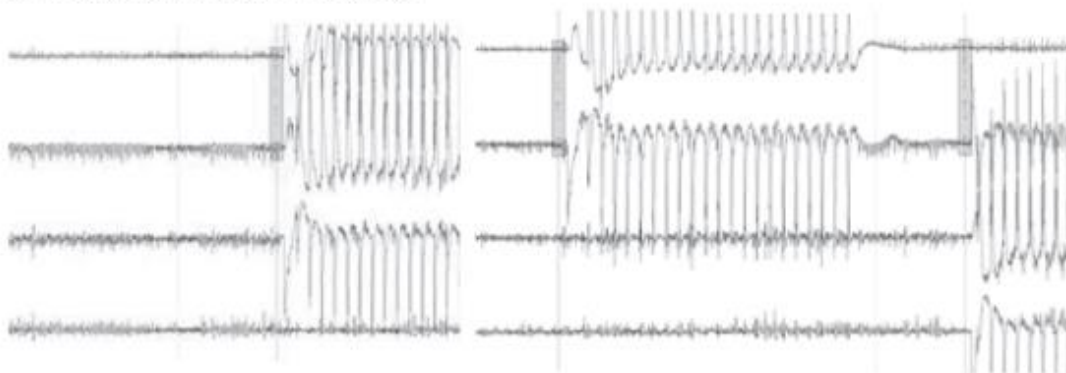
# Estimulação Eléctrica Cortical

## Procedimento Técnico

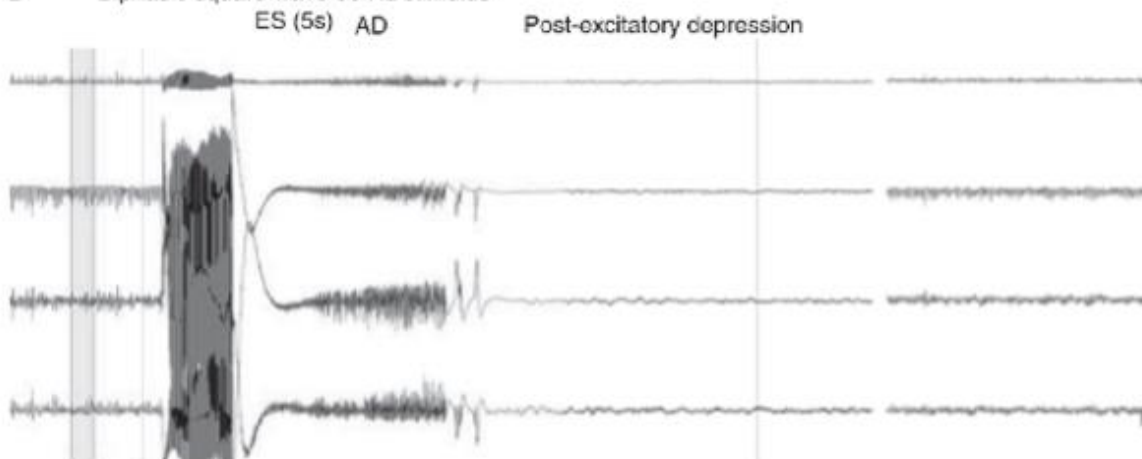
- Realizada durante alguns dias durante a monitorização V-EEG com eléctrodos intracranianos
- Cada sessão pode durar 1 a poucas horas
  - Procedimento pode ser entediado e cansativo
- Realiza-se descargas de surtos onda-quadrada bifásica
  - Frequência: 1-10Hz
  - 1-3 milisegundos por surto
  - Duração estimulação: 30-40 segundos
  - Descargas feitas em cada eléctrodo
  - Intensidade estímulo: 0.2-8mA

# Estimulação Eléctrica Cortical

**A** Biphasic square wave 1 Hz stimulus



**B** Biphasic square wave 50 Hz stimulus



Low- (1 Hz) and high-frequency (50 Hz) electrical stimulations (ES) applied within a focal cortical dysplasia (same patient as in Fig. 14.6b). An electroclinical seizure (AD) was elicited at 50-Hz stimulation (B) but not at 1-Hz stimulation (A); electrode R F2 (post. lesion) channels 1-2, 2-3, 3-4, and 4-5. There was also a transitory post-excitatory depression at the end of the electrically-induced seizure.

0 Notes

ADD NOTE +



# Conteúdos Programáticos

- Monitorização Invasiva
  - Monitorização com Eléctrodos Intracranianos
  - Electrocorticografia
- Considerações Técnicas e Clínicas
- Padrões Intracranianos
- Estimulação Eléctrica Cortical
- Monitorização EEG Contínua (UCI)



## Monitorização EEG contínua (UCI)

- Registo EEG contínuo em UCI em pacientes críticos
- O contexto clínico destes pacientes dificulta a avaliação clínica
  - Alteração do estado de consciência
  - Depressão do estado de consciência
  - Uso de sedativos e agentes paralisantes
- Reconhecido valor do EEG como ferramenta de monitorização da função cerebral



# Monitorização EEG contínua (UCI)

- Vantagens:
  - Não invasivo
  - Pouco dispendioso
  - EEG está relacionado com a perfusão cerebral e metabolismo
    - Sensível à maioria das causas de disfunção cerebral como isquemia e hipóxia
  - Moderada resolução espacial
  - Muito boa resolução temporal
  - Melhor método de deteção de crises clínicas e subclínicas ou não convulsivas

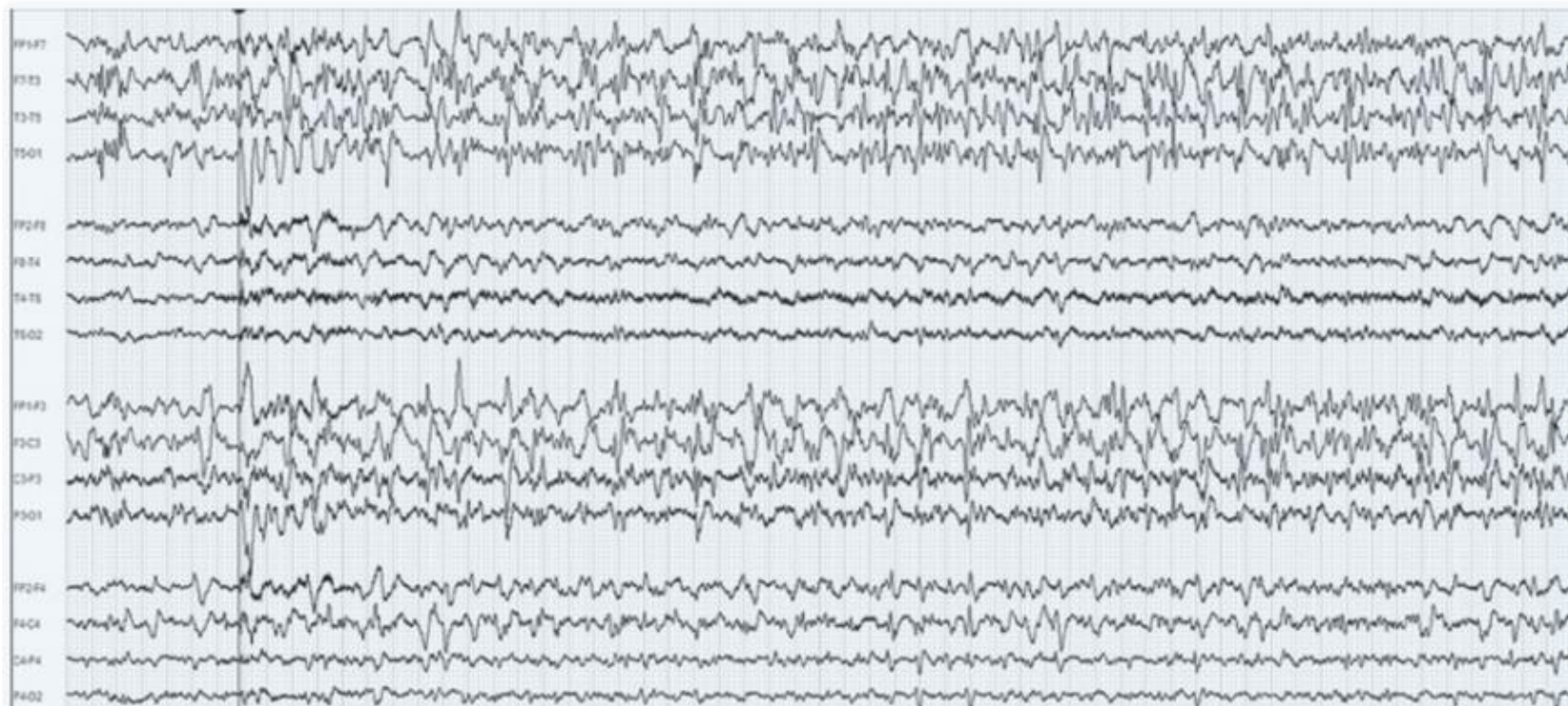


# Monitorização EEG contínua (UCI)

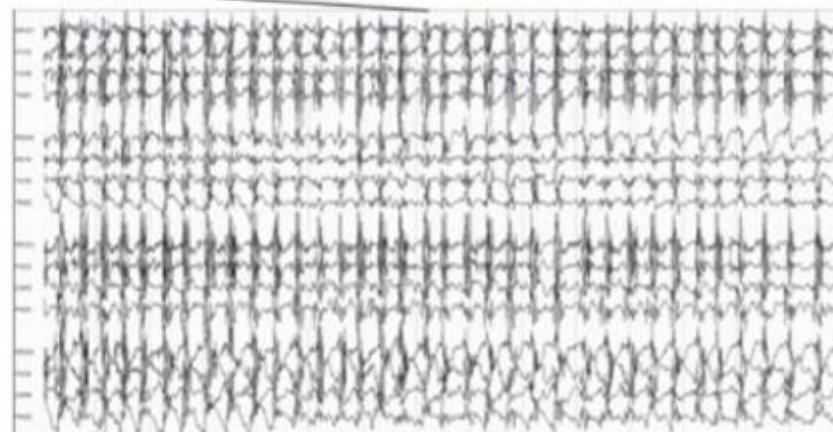
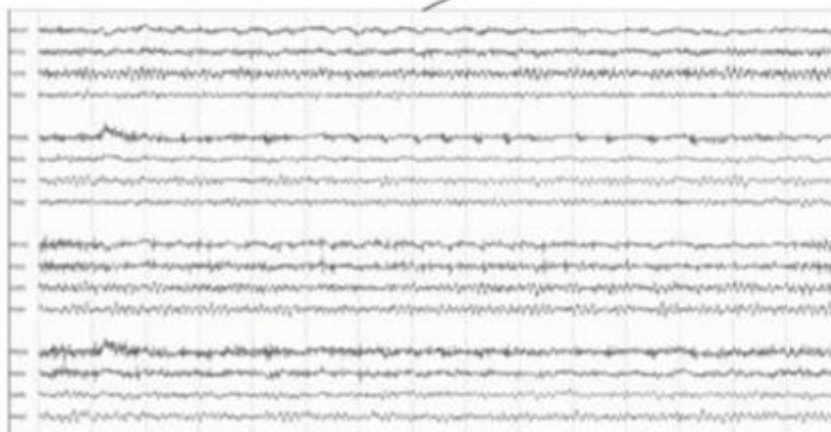
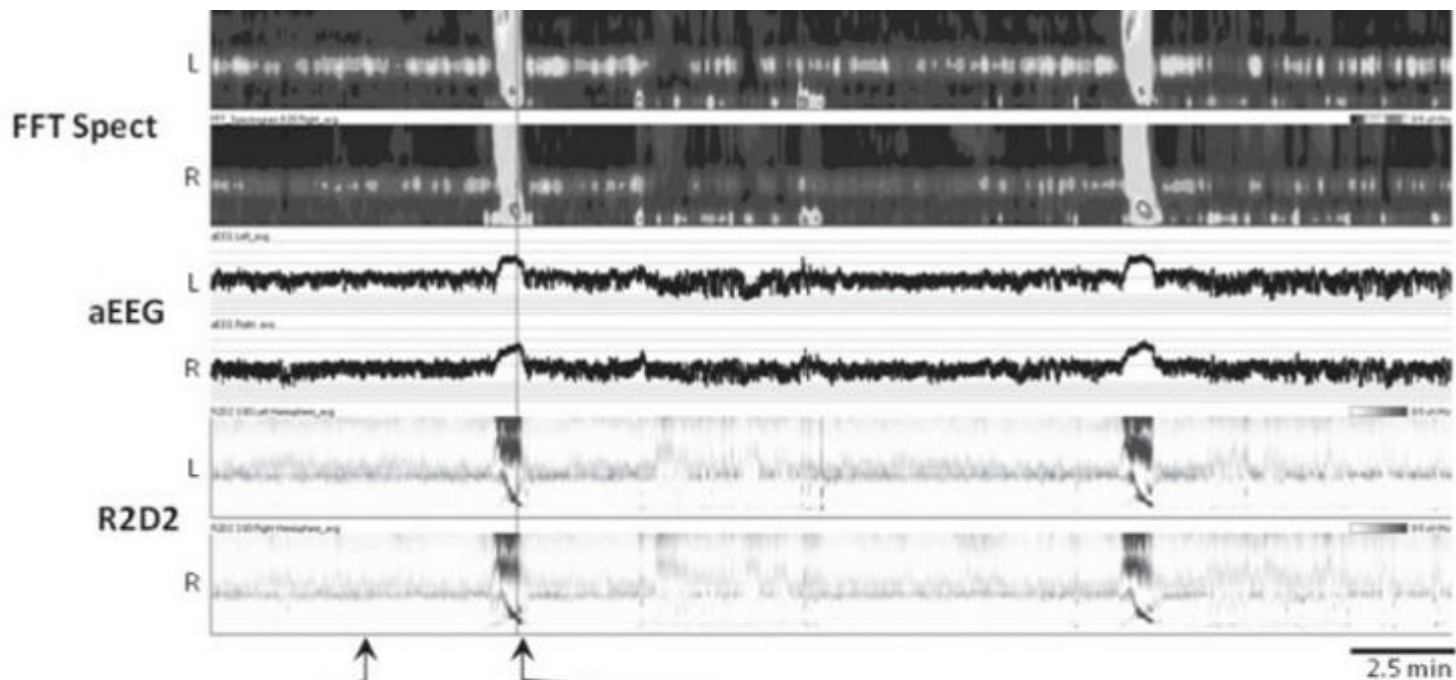
## Análise Quantitativa do EEG (a-EEG)

- Processo de análise convencional é moroso e pouco praticável nos casos de monitorização EEG contínuo
- Análise quantitativa permite rápida revisão de abundante quantidade de dados
- Análise no domínio do tempo descreve como o EEG varia ao longo do tempo
  - EEG de amplitude integrada (a-EEG)

# Monitorização EEG contínua (UCI)



# Monitorização EEG contínua (UCI)



# Monitorização EEG contínua (UCI)

