

4° CORSO RESIDENZIALE

EEG e POTENZIALI EVOCATI

22 – 27 NOVEMBRE 2021

Long Term Monitoring – StereoEEG

Veronica Pelliccia e Laura Tassi

Centro per la Chirurgia dell'Epilessia «Claudio Munari»

ASST Niguarda - Milano



Zona Epilettogena

Area cerebrale responsabile delle crisi del paziente

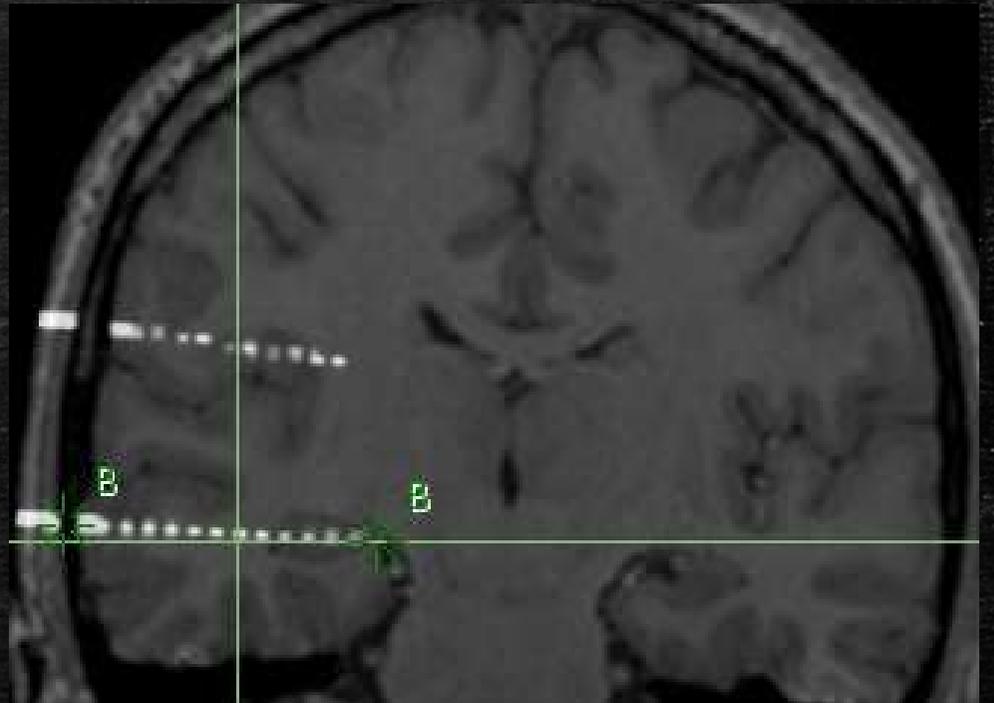
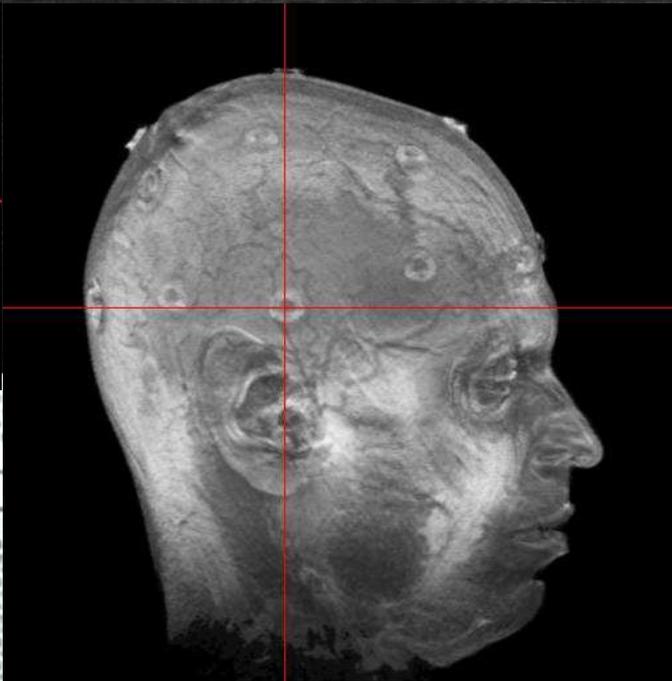
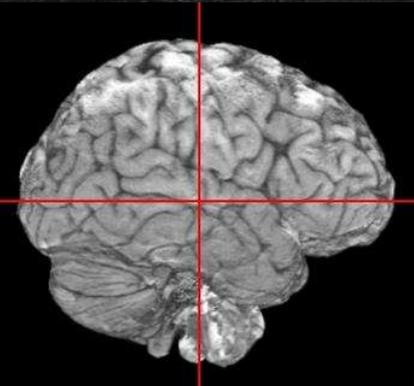
Stereo EEG: definizione

METODOLOGIA si basa sulle correlazioni anatomo-elettro-cliniche per la definizione della zona epilettogena attraverso l'utilizzo di elettrodi intracerebrali

INTERVENTO NEUROCHIRURGICO per posizionare gli elettrodi, eseguito in anestesia generale, con rischio di complicanze di circa 1%

STRUMENTO da utilizzare in modo diverso a seconda dell'epilessia che stiamo studiando

ESAME DIAGNOSTICO E TERAPEUTICO permette di arrivare a una definizione della regione cerebrale da rimuovere e permette anche, in alcuni casi, di offrire al paziente una possibilità di risoluzione del problema





Stereo-EEG

- Posizionamento degli elettrodi secondo uno specifico piano diverso per ogni paziente con copertura parziale (selettiva) del cervello
- Individuazione e interpretazione degli elementi patologici dipendente dalla regione anatomica esplorata

Video-EEG

- Posizionamento standard degli elettrodi, copertura di tutto il cervello
- Individuazione e interpretazione degli elementi patologici indipendente dal posizionamento dell'elettrodo

Stereo-EEG

Ipotesi ben definita

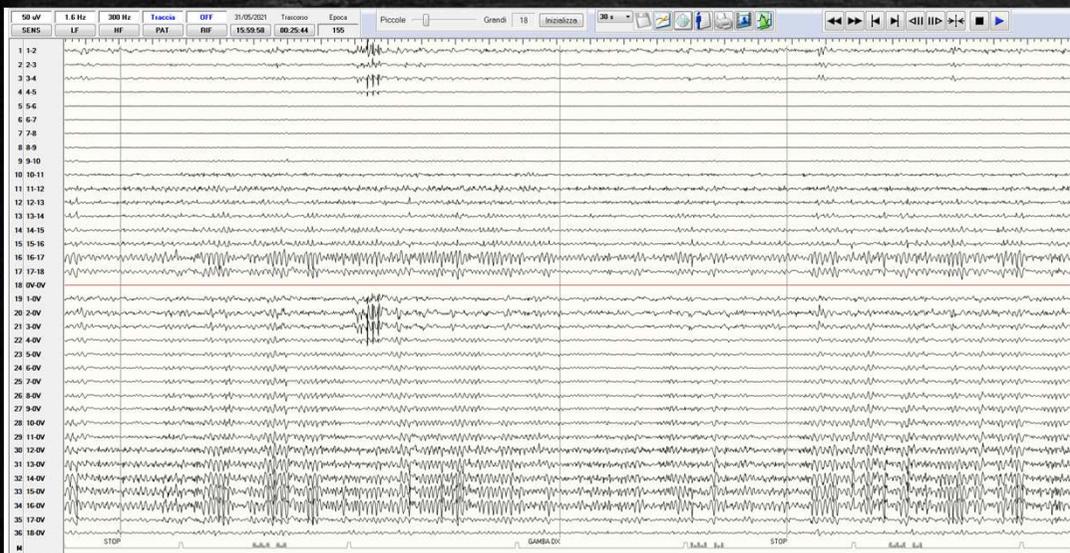
- Confermare e delimitare i limiti

Video-EEG

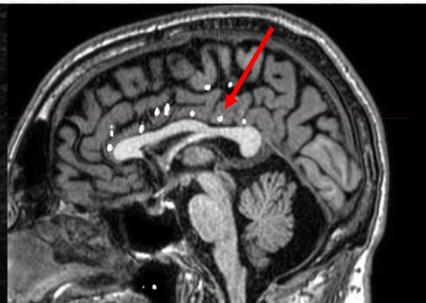
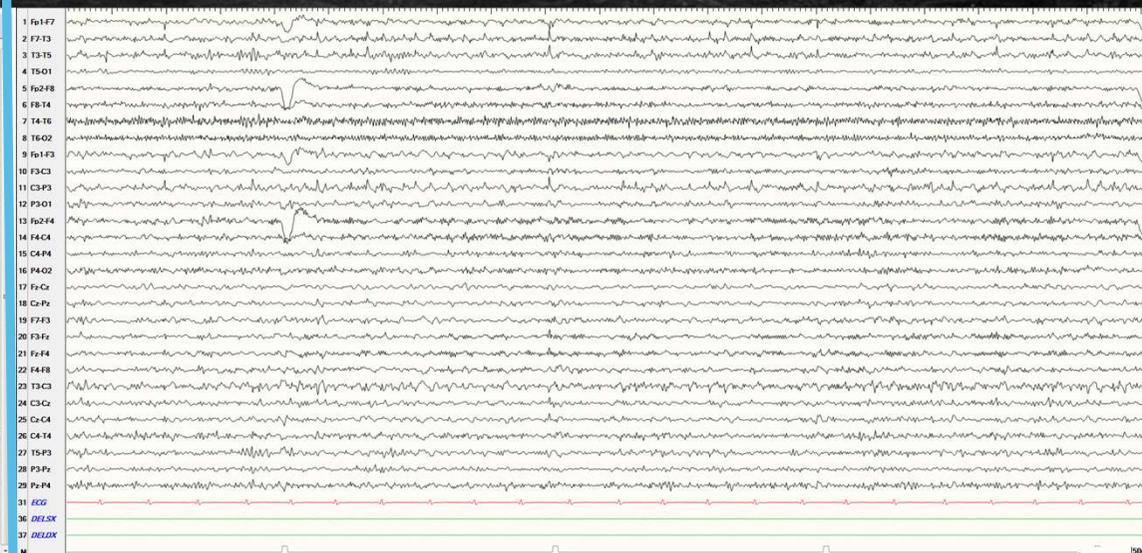
Studio e formulazione di un'ipotesi

- Costruire un'ipotesi

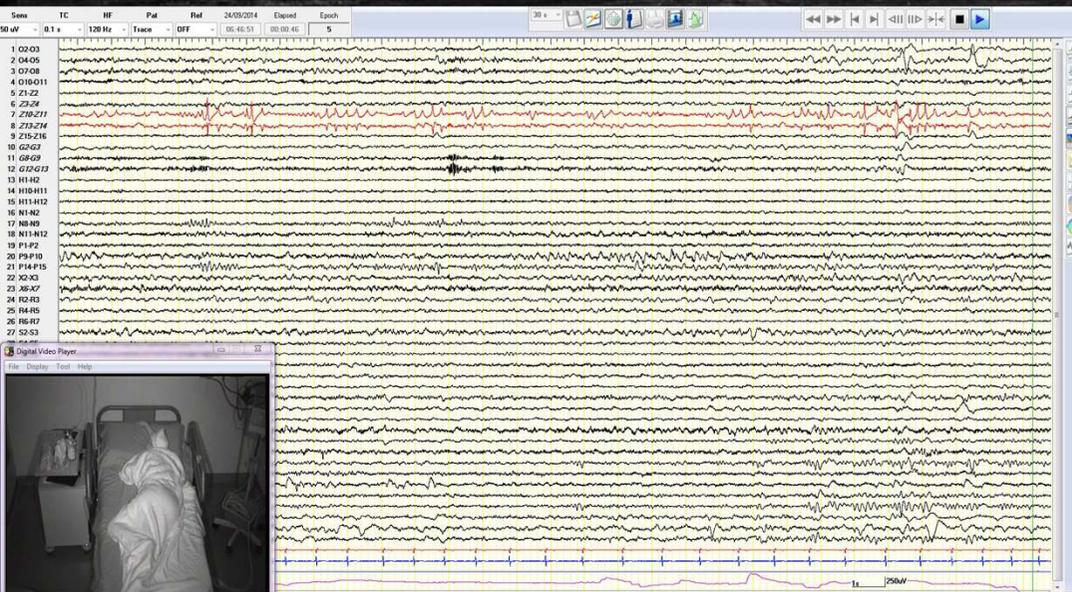
Stereo-EEG



Video-EEG



Stereo-EEG



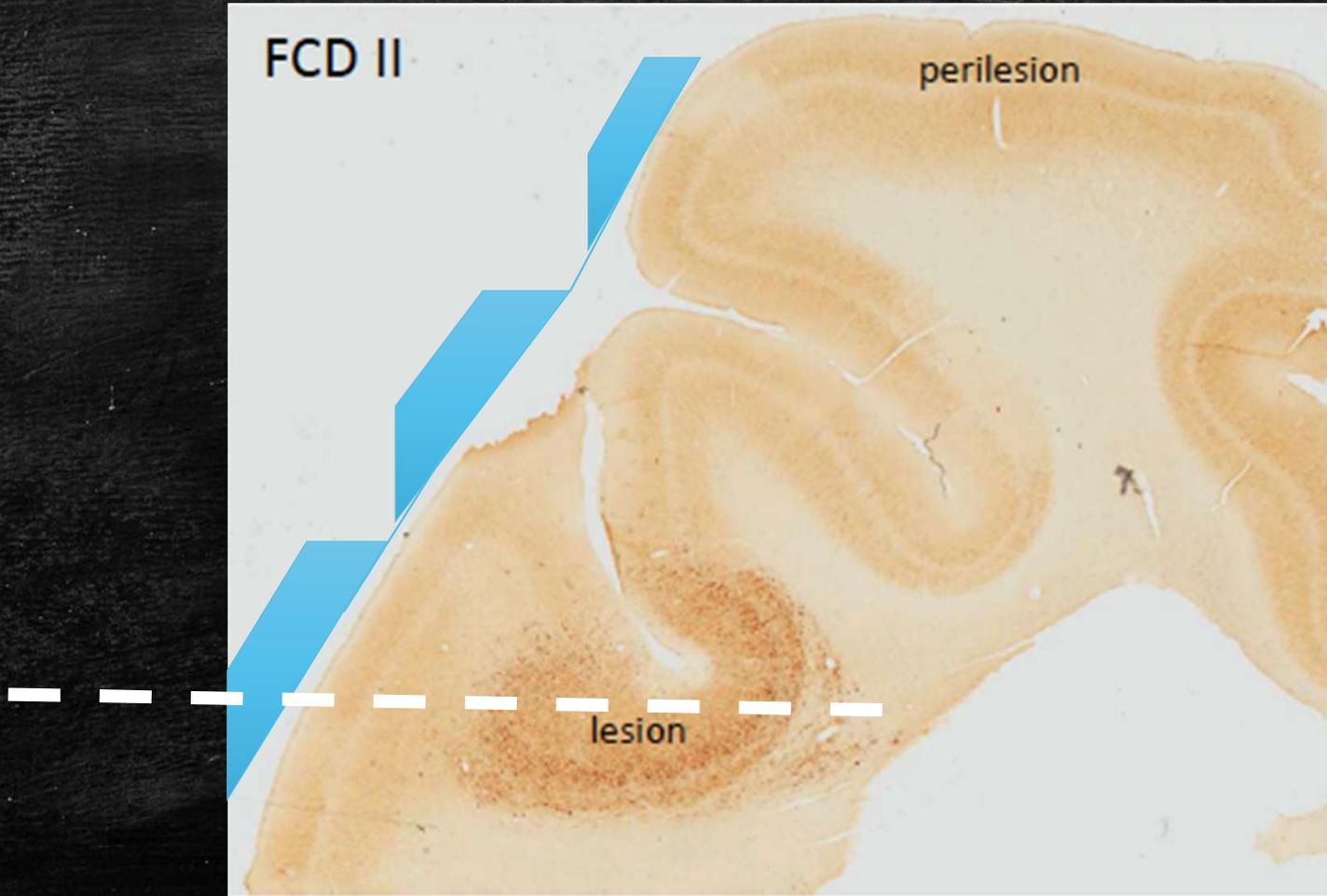
Video-EEG

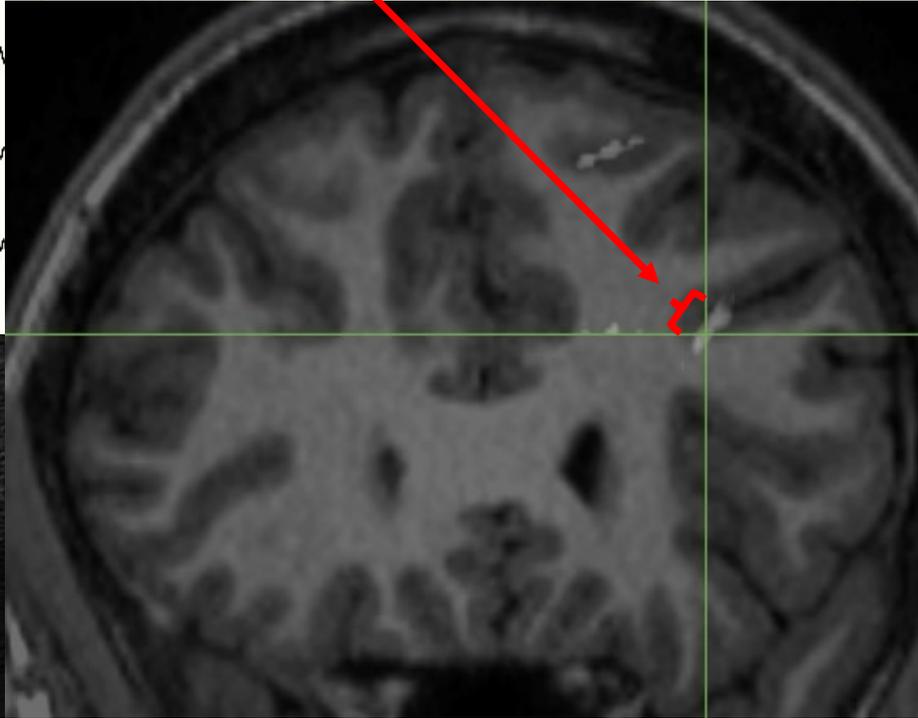
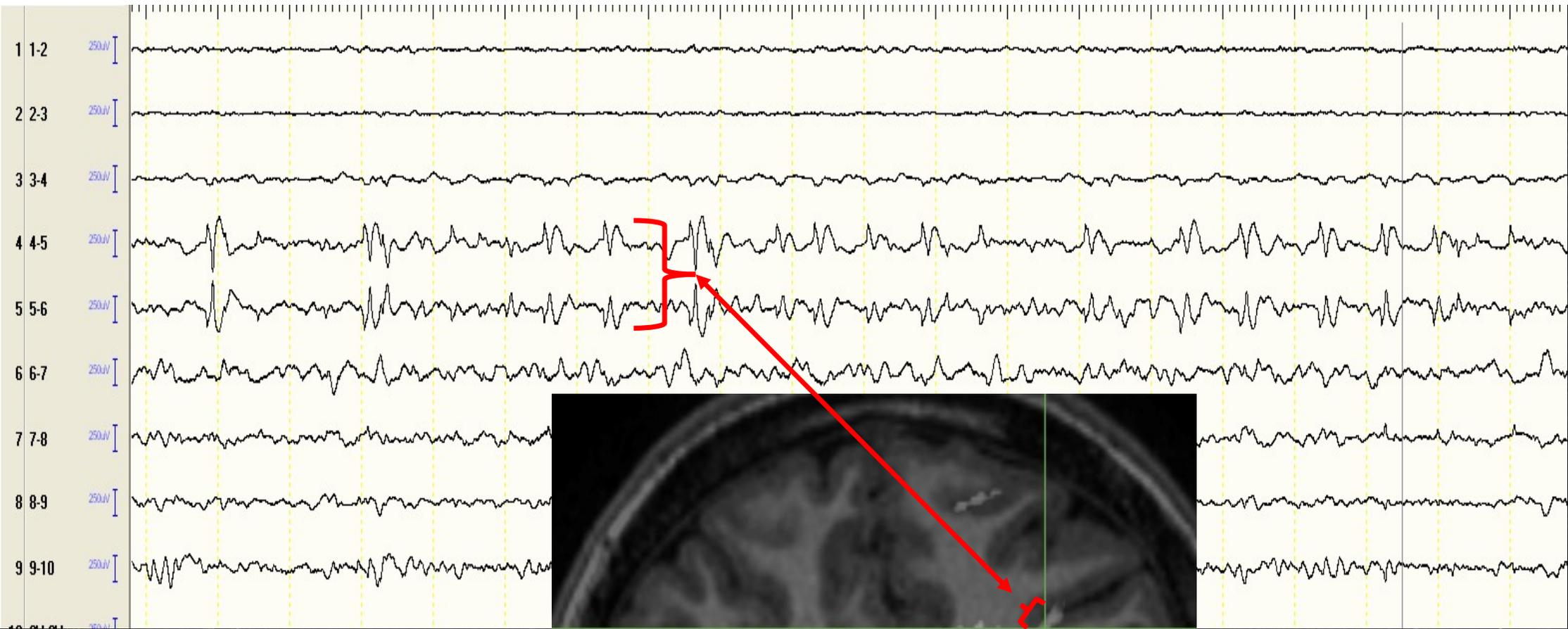


FCD II

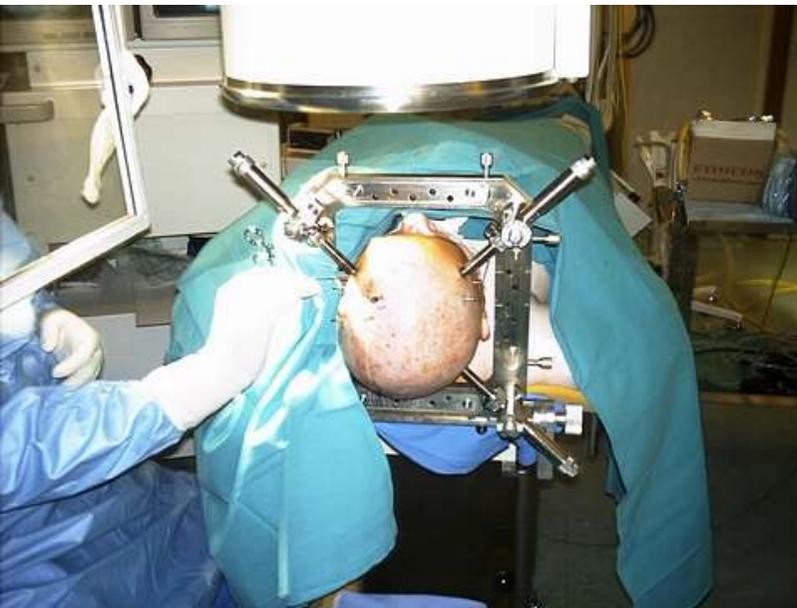
perilesion

lesion

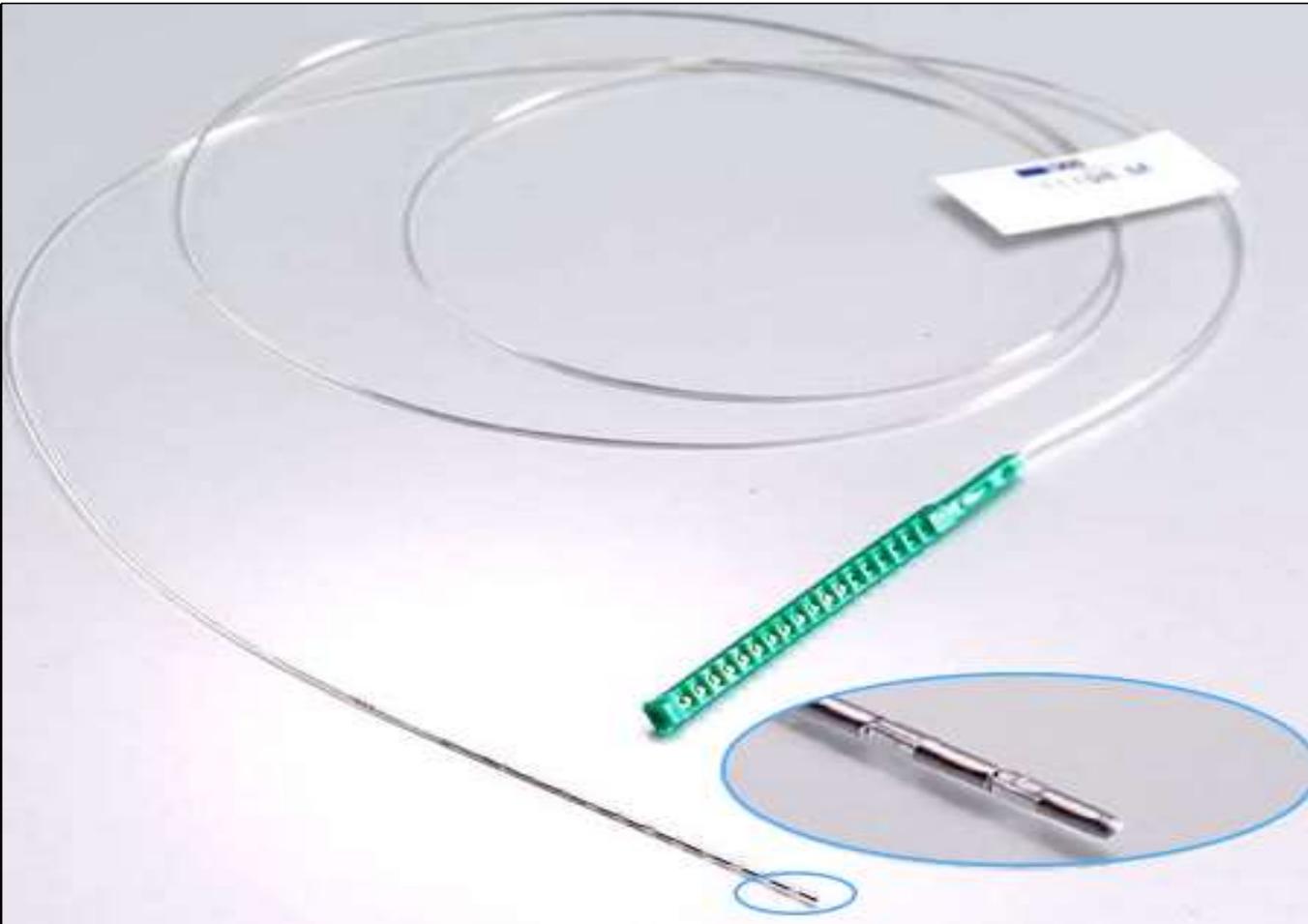




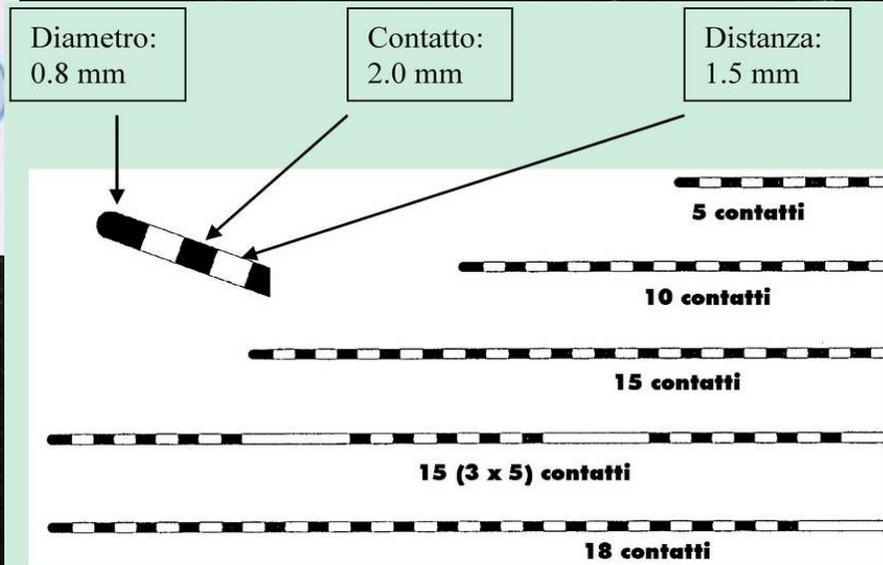
Stereo-EEG: come



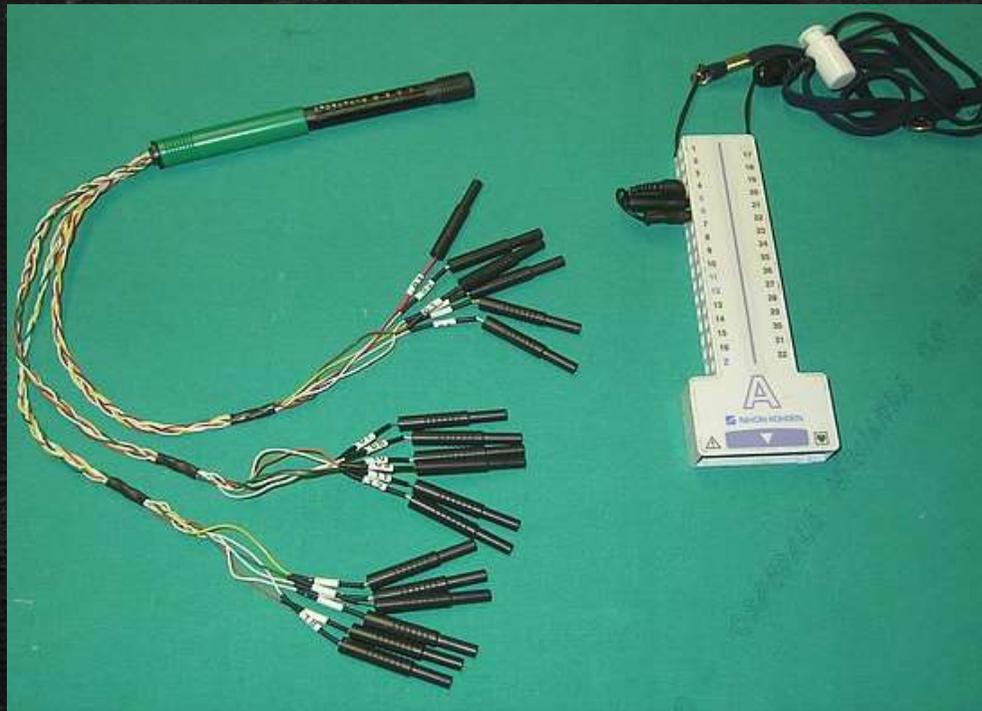
- **Tecnica invasiva** ~ 5% complicanze chirurgiche (1% croniche)
- **Verifica del posizionamento degli elettrodi** con TC post-impianto sovrapposta alla RM encefalo pre impianto



Stereo-EEG:
come



Stereo-EEG: come





Stereo EEG: indicazioni

non concordanza tra:

- dati anatomici e clinici
- dati anatomici e elettrici
- dati elettrici e clinici

forte sospetto di un coinvolgimento multilobare

precoce coinvolgimento di aree corticali eloquenti

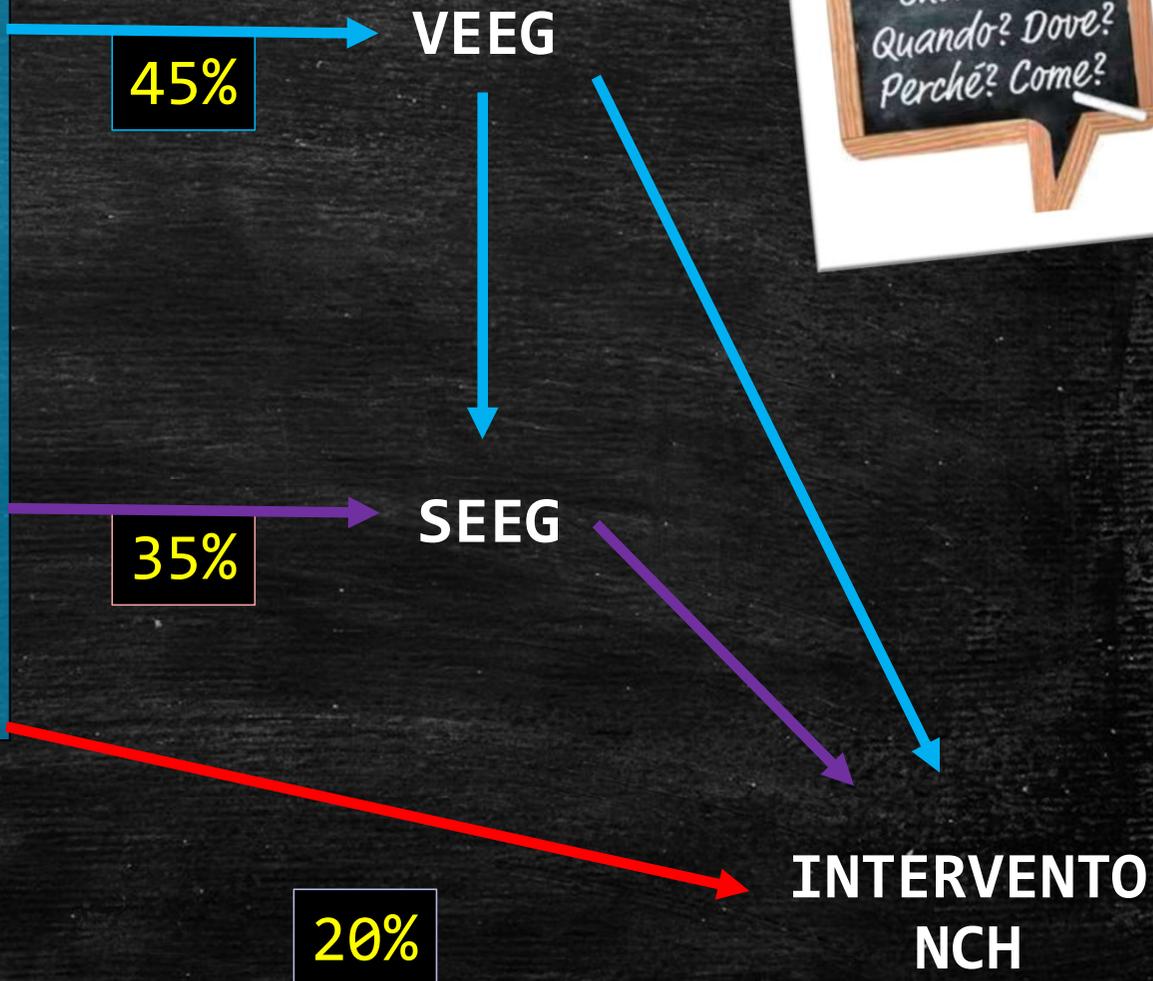
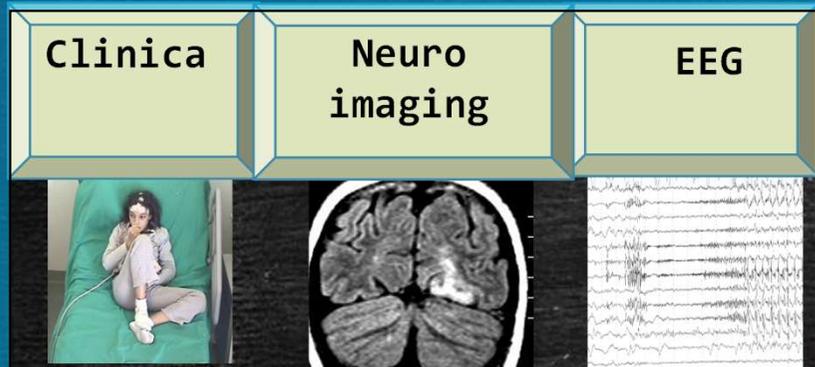


Chi? Cosa?
Quando? Dove?
Perché? Come?

Stereo EEG: indicazioni

- **Pazienti con RM negativa**
- **Pazienti con malformazioni corticali estese o con necessità di stabilirne i rapporti con la ZE**
- **Pazienti con malformazioni corticali in aree eloquenti**





Chirurgia dell'Epilessia
Iter

20%

INTERVENTO
NCH

Stereo EEG: utilità

- Epilettologica

individuare e delimitare la ZE

- Funzionale

mappaggio funzionale: rapporto dell'area da rimuovere con le aree eloquenti

Obiettivo: definire una resezione «tailored» per ogni paziente

Stereo EEG: pianificazione

La successiva analisi ed interpretazione dei dati SEEG dipende da dove sono stati posizionati gli elettrodi

Concerning the observation of an electrical potential at a distance from an intracranial electrode contact

Hitten P. Zaveri, Robert B. Duckrow, Susan S. Spencer

Clinical Neurophysiology 120 (2009) 1873–1875

The source???

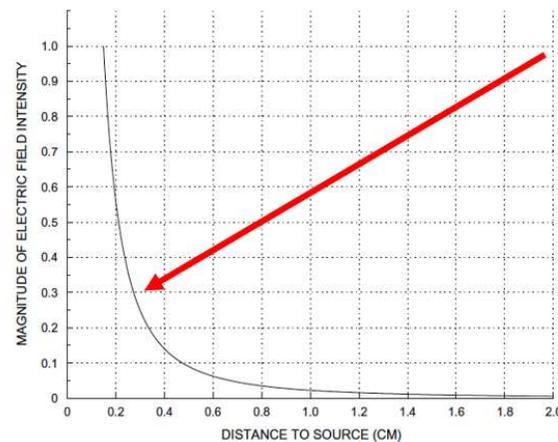


Fig. 1. The magnitude of the electric field intensity as a function of distance from a point charge. In this evaluation a charge is assumed to result in an electric field intensity of magnitude 1 at a distance of 0.15 cm. The magnitude of the electric field intensity decreases dramatically as a function of distance; the decrease in the magnitude of the electric field intensity is specified by the inverse-square law.

Stereo EEG: pianificazione

- Analisi e interpretazione dei dati:

clinici (storia clinica e semeiologia delle crisi)

EEG (intercritici e, se necessario, critici)

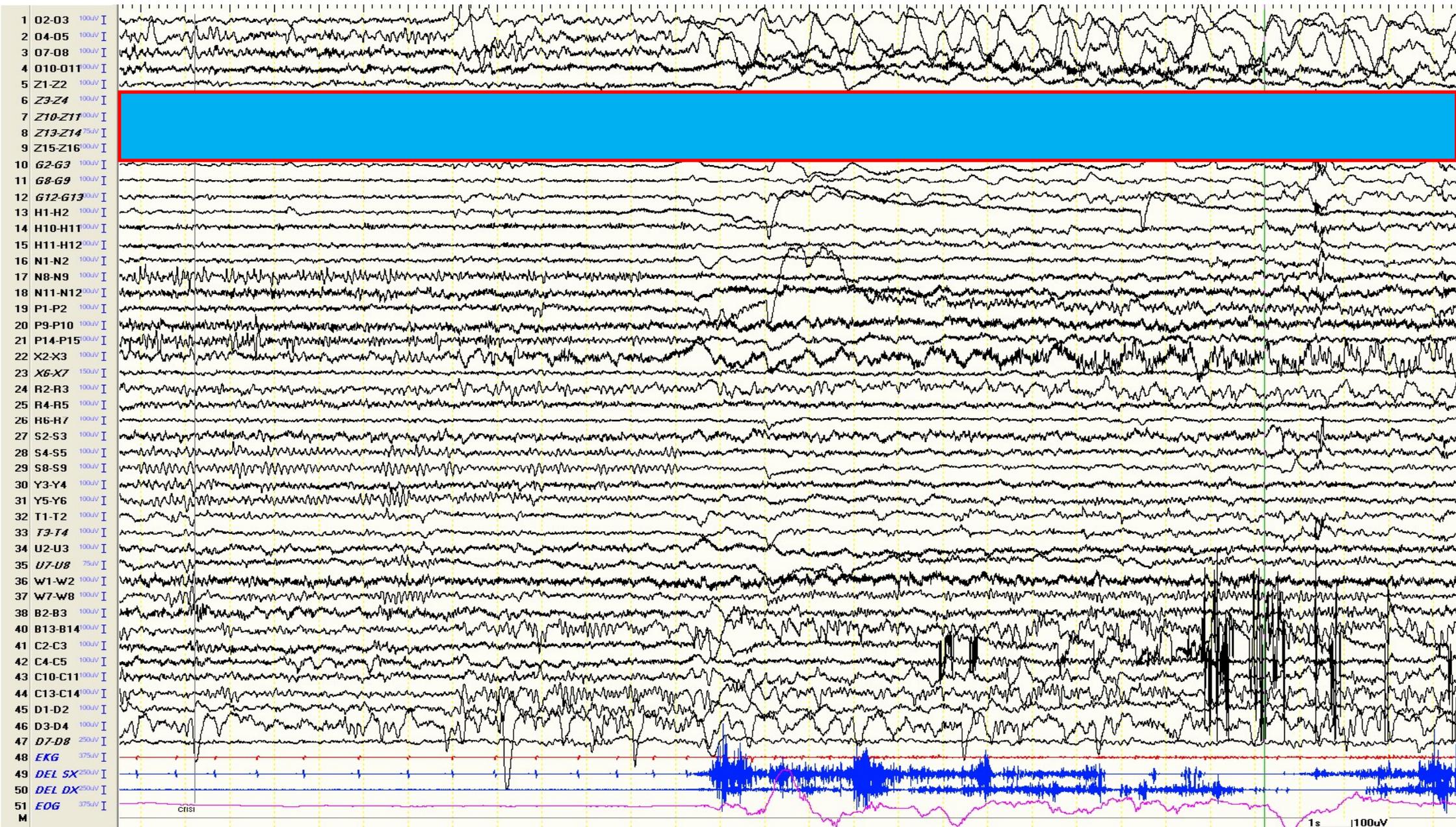
Neuroimmagine (RM encefalo, PET cerebrale, etc)



Ipotesi o più ipotesi
localizzatorie



Da confermare e da
stabilirne i limiti



Stereo EEG gestione pratica

- Lunedì impianto - test dei plots in sala operatoria
- Martedì test dei plots in laboratorio - montaggio- inizio registrazione
- Mercoledì stimolazioni a bassa frequenza (1Hz)
- Nei giorni successivi stimolazioni a frequenze intermedie (3-18Hz)
- Crisi spontanea

- Stimolazioni ad elevata frequenza (50Hz)
- Decisione THC - esecuzione THC - rimozione degli elettrodi

Revisione dei dati

Riduzione della terapia

Stereo EEG: analisi ed interpretazione

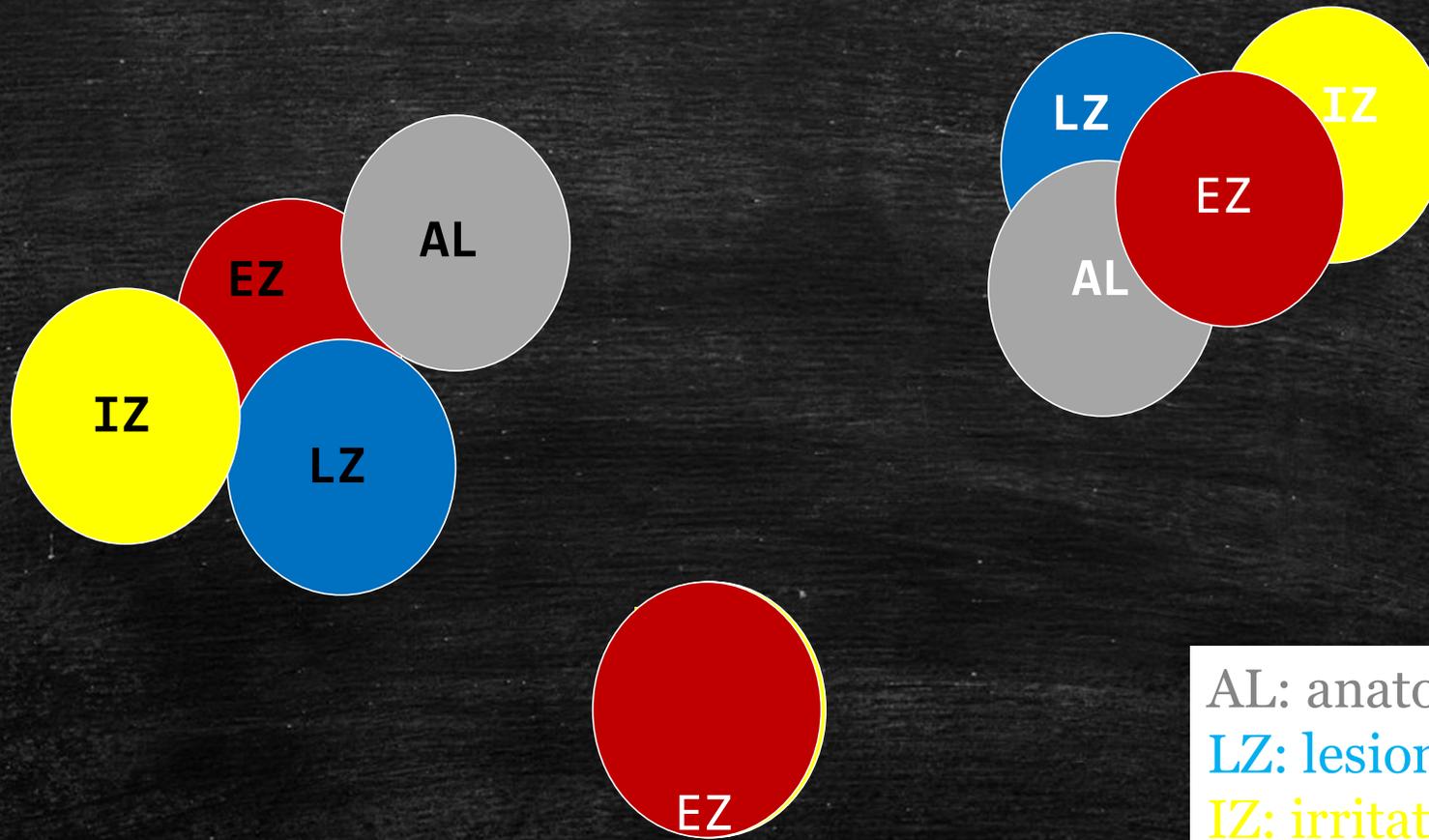
- Why SEEG was performed?
- Where the electrodes are?
- Where is (if any) the anatomical lesion?

- Choose the definitive montage (from bipolar and referential test)
- Choose the polygraphy (EOG, EMG, ECG);
- Choose the scalp electrodes;
- Record the patient.

- Lesional Area
- Irritative Area
- Functional Area

- Epileptogenic Area
 - Interictal paroxysms
 - Spontaneous seizures
 - Electrical stimulations

Stereo EEG: analisi ed interpretazione



AL: anatomical lesion
LZ: lesional zone
IZ: irritative zone
EZ: epileptogenic zone

Stereo EEG: analisi ed interpretazione



Area lesionale: OL, assenza di ritmo di fondo



Area irritativa: P, PP e PPO



Area funzionale: stimolazioni elettriche intracerebrali

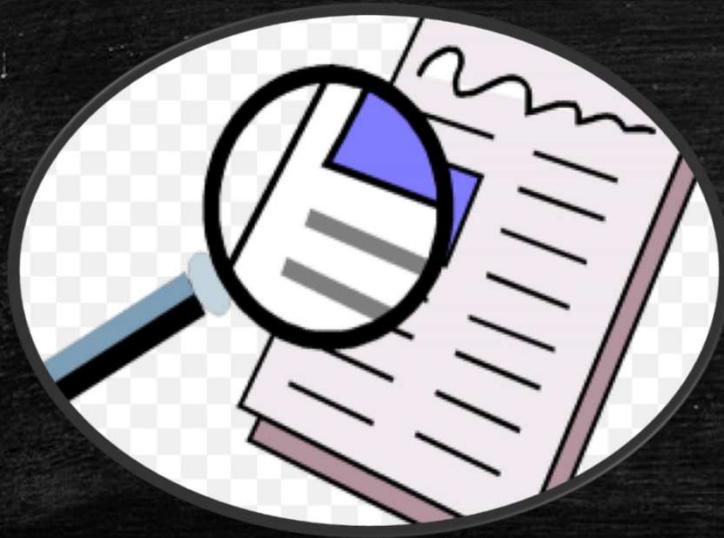


Zona Epilettogena

Dati EEG critici ed intercritici +
stimolazioni elettriche
intracerebrali

Stereo EEG: analisi ed interpretazione

- Veglia e sonno (intercritico)
- Crisi spontanea (critico)
- Stimolazioni elettriche intracerebrali



Definizione
proposta di
intervento

Stereo EEG gestione pratica

- Lunedì impianto - test dei plots in sala operatoria
- Martedì test dei plots in laboratorio - montaggio- inizio registrazione
- Mercoledì **stimolazioni a bassa frequenza**
- Nei giorni successivi **stimolazioni a frequenze intermedie**
- Crisi spontanea
- **Stimolazioni ad elevata frequenza**
- Decisione THC - esecuzione THC - rimozione degli elettrodi

Revisione dei dati

Riduzione della terapia

Stimolazioni elettriche intracerebrali

A bassa frequenza

- ✓ Frequenza 1-18Hz
- ✓ Durata dell'impulso 0.5-1msec
- ✓ Amperaggio 0.1-10mA
- ✓ Durata della stimolazione 15-30 sec

Ad elevata frequenza

- ✓ Frequenza 50Hz
- ✓ Durata dell'impulso 0.5-1msec
- ✓ Amperaggio 0.5-3mA
- ✓ Durata della stimolazione 5 sec

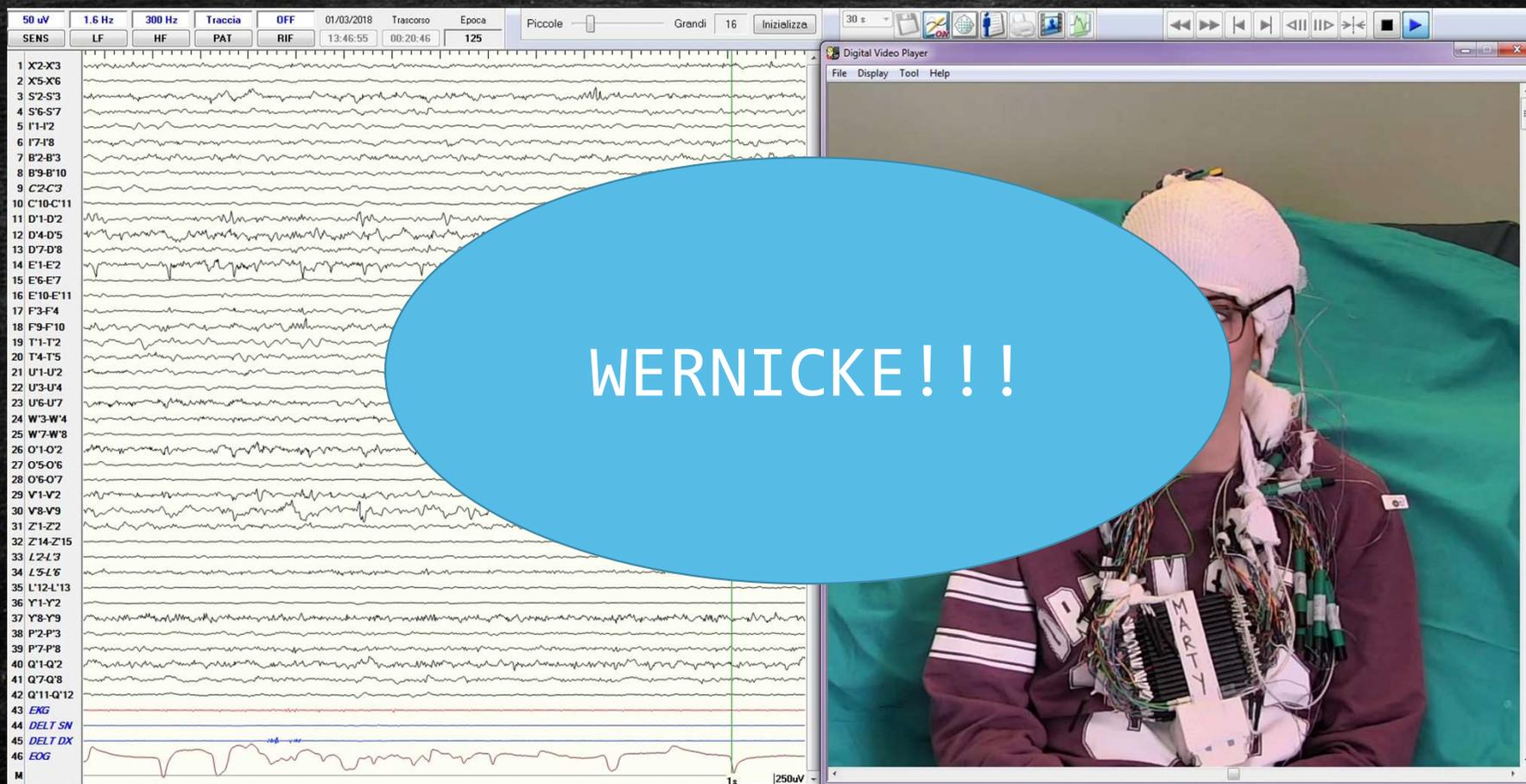


Mappaggio neurofisiologico

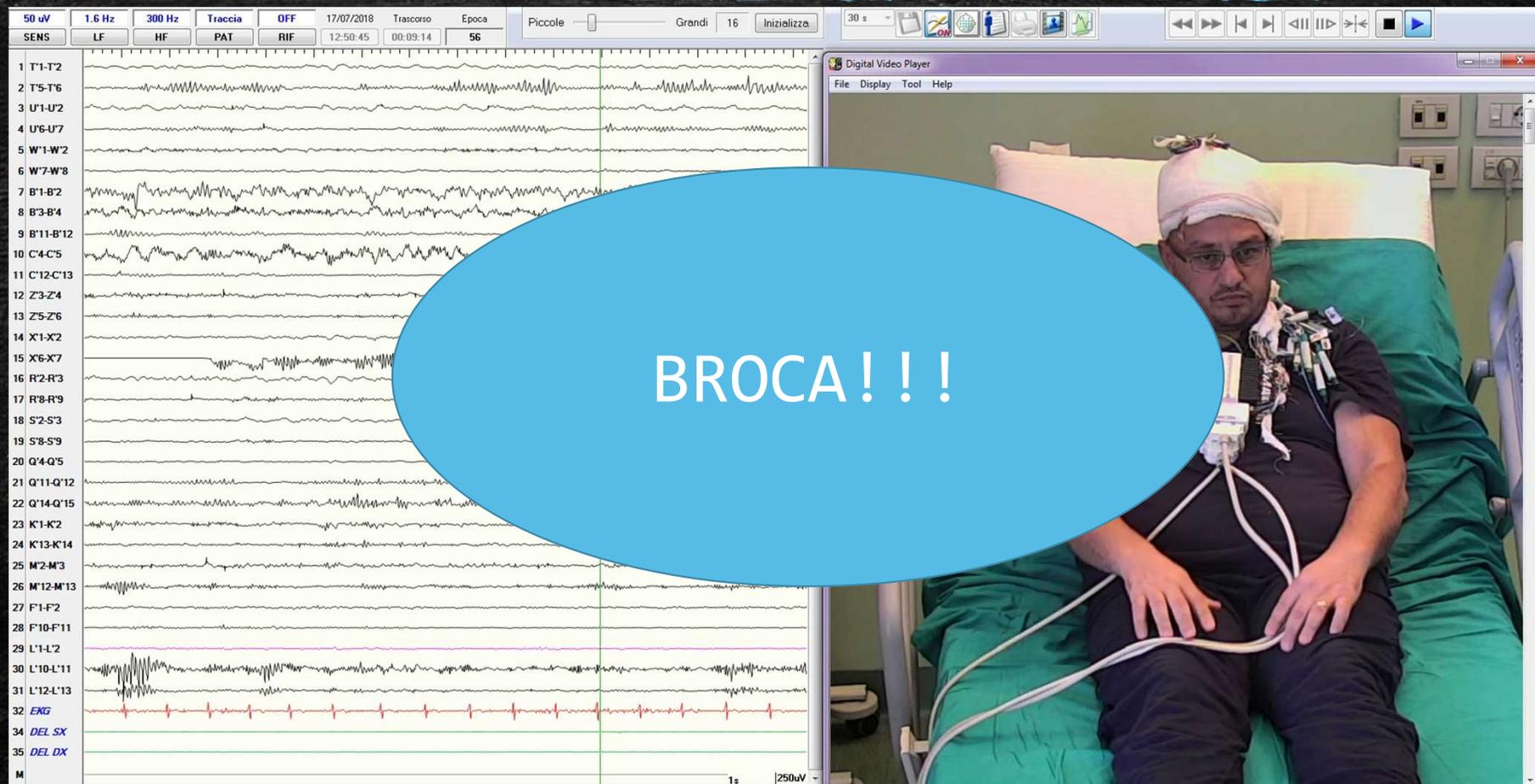
Riproduzione crisi spontanea



Stimolazioni elettriche intracerebrali



Stimolazioni elettriche intracerebrali

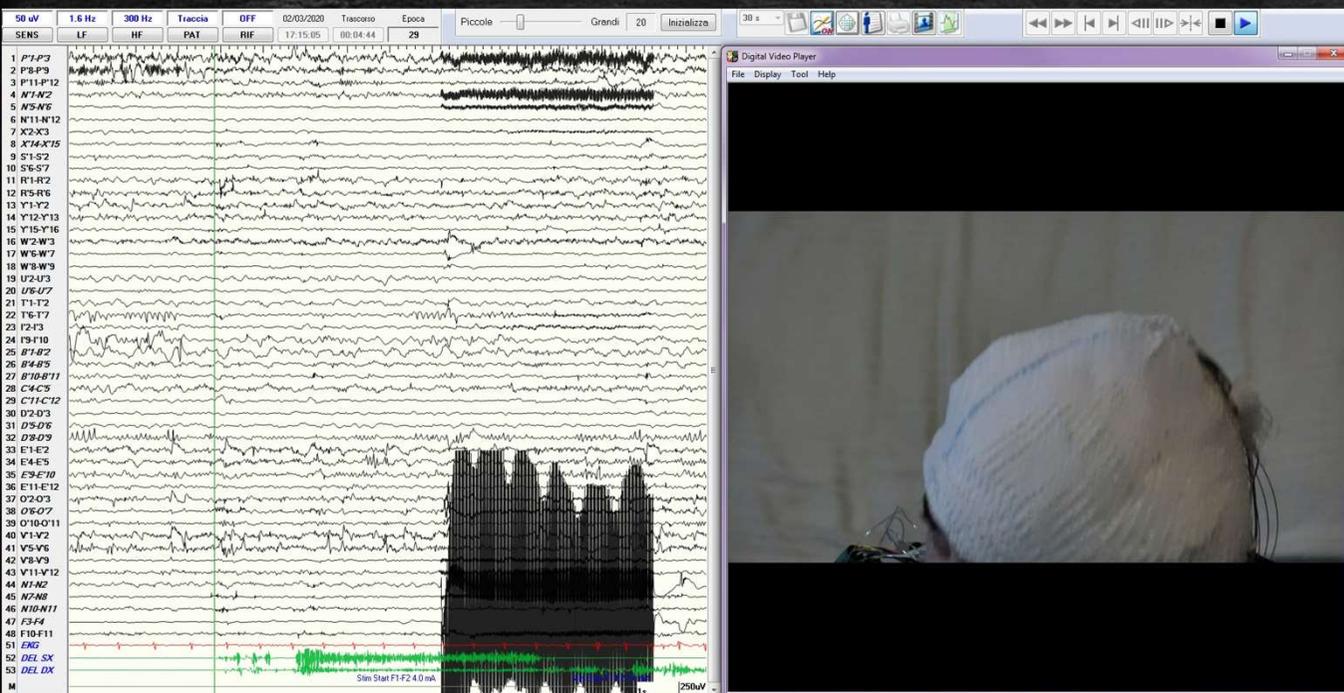


Stimolazioni elettriche intracerebrali



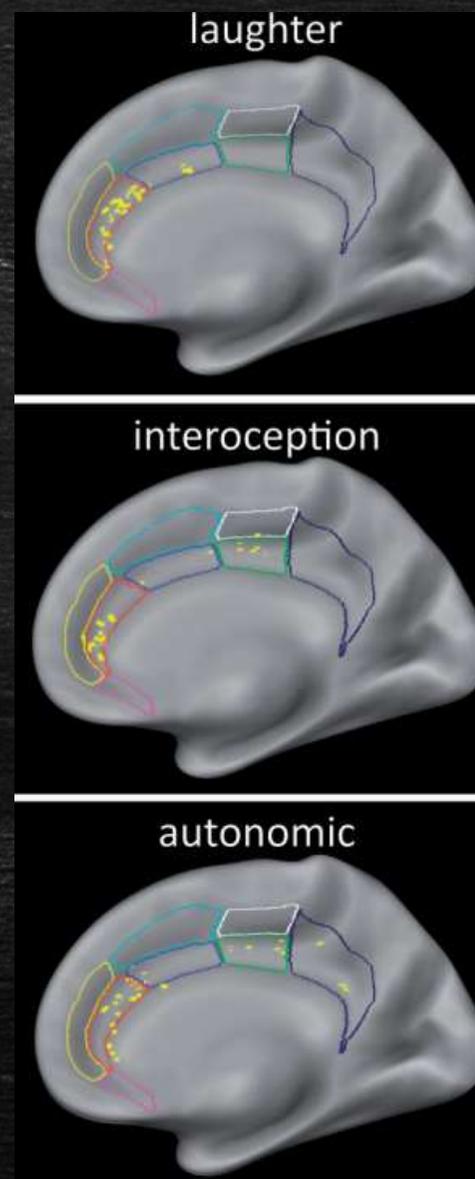
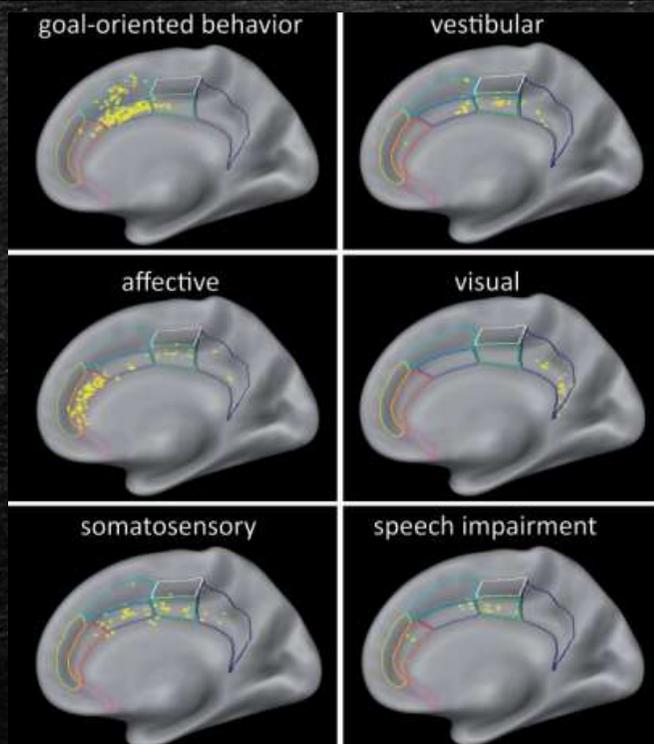
INSULA!!!

Stimolazioni elettriche intracerebrali

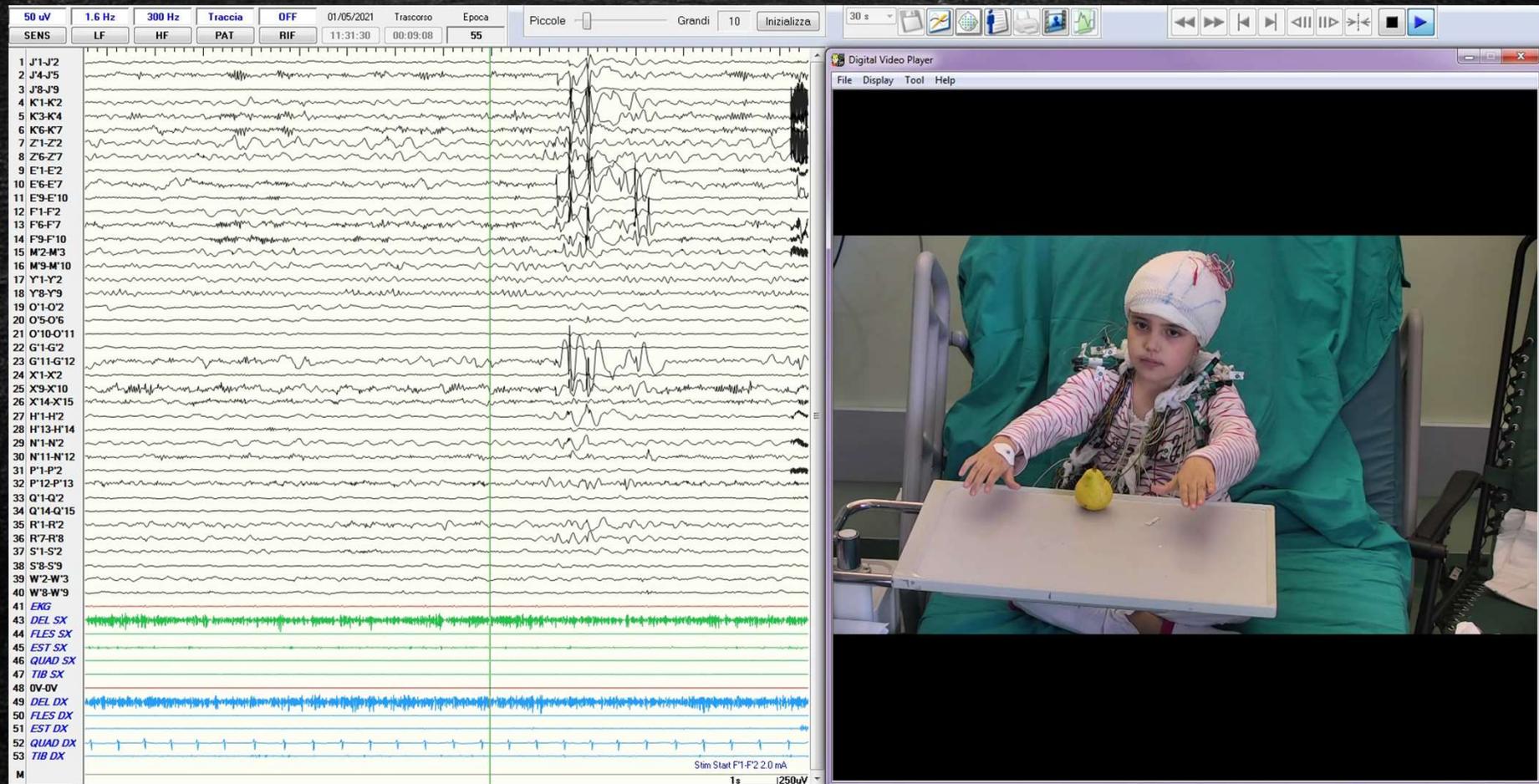


Motor and emotional behaviours elicited by electrical stimulation of the human cingulate cortex

Fausto Caruana,¹ Marzio Gerbella,² Pietro Avanzini,³ Francesca Gozzo,⁴ Veronica Pelliccia,^{1,4} Roberto Mai,⁴ Rouhollah O. Abdollahi,¹ Francesco Cardinale,⁴ Ivana Sartori,⁴ Giorgio Lo Russo⁴ and Giacomo Rizzolatti^{1,3}

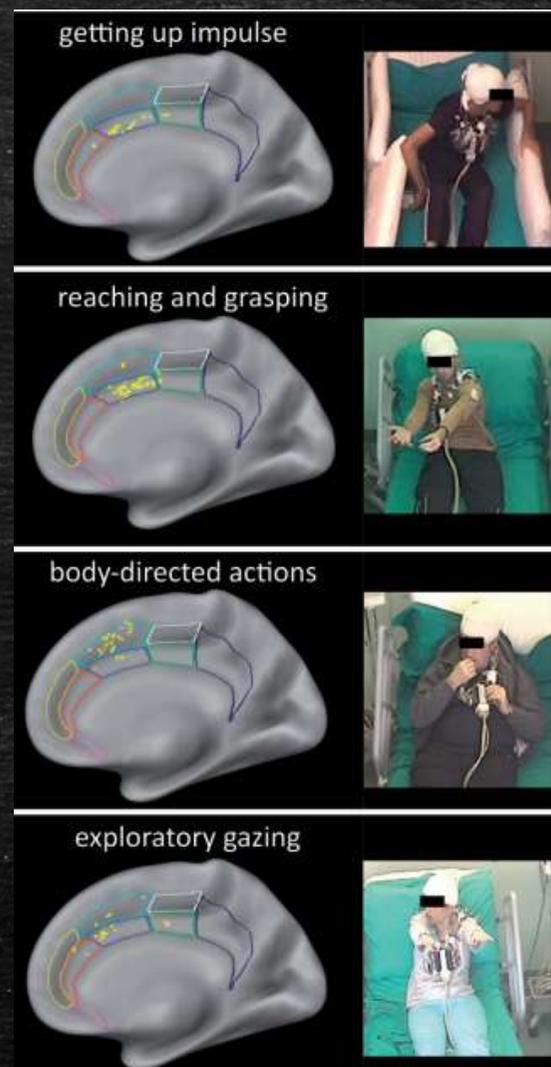
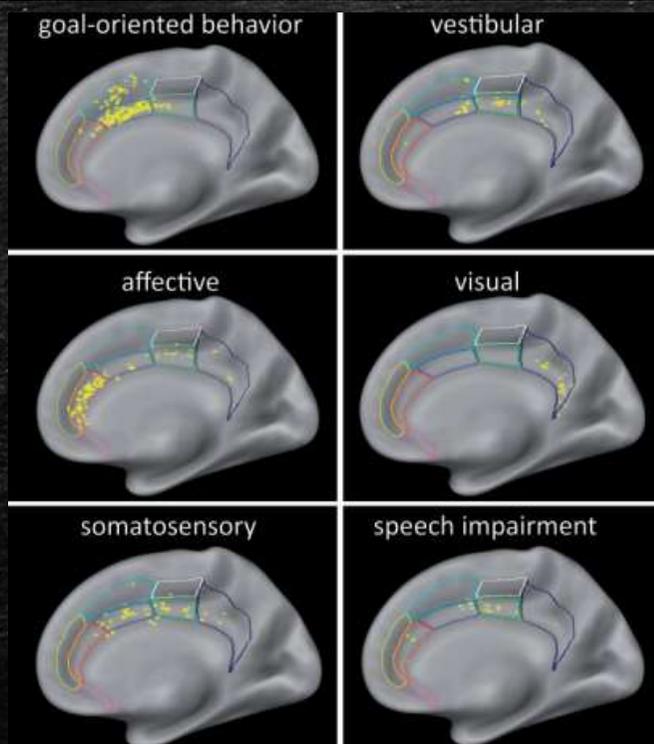


Stimolazioni elettriche intracerebrali



Motor and emotional behaviours elicited by electrical stimulation of the human cingulate cortex

Fausto Caruana,¹ Marzio Gerbella,² Pietro Avanzini,³ Francesca Gozzo,⁴ Veronica Pelliccia,^{1,4} Roberto Mai,⁴ Rouhollah O. Abdollahi,¹ Francesco Cardinale,⁴ Ivana Sartori,⁴ Giorgio Lo Russo⁴ and Giacomo Rizzolatti^{1,3}



Stimolazioni elettriche intracerebrali



50Hz, 1mA



50Hz, 2mA

FRONTAL EYE
FIELD!!!

Stimolazioni elettriche intracerebrali

A bassa frequenza

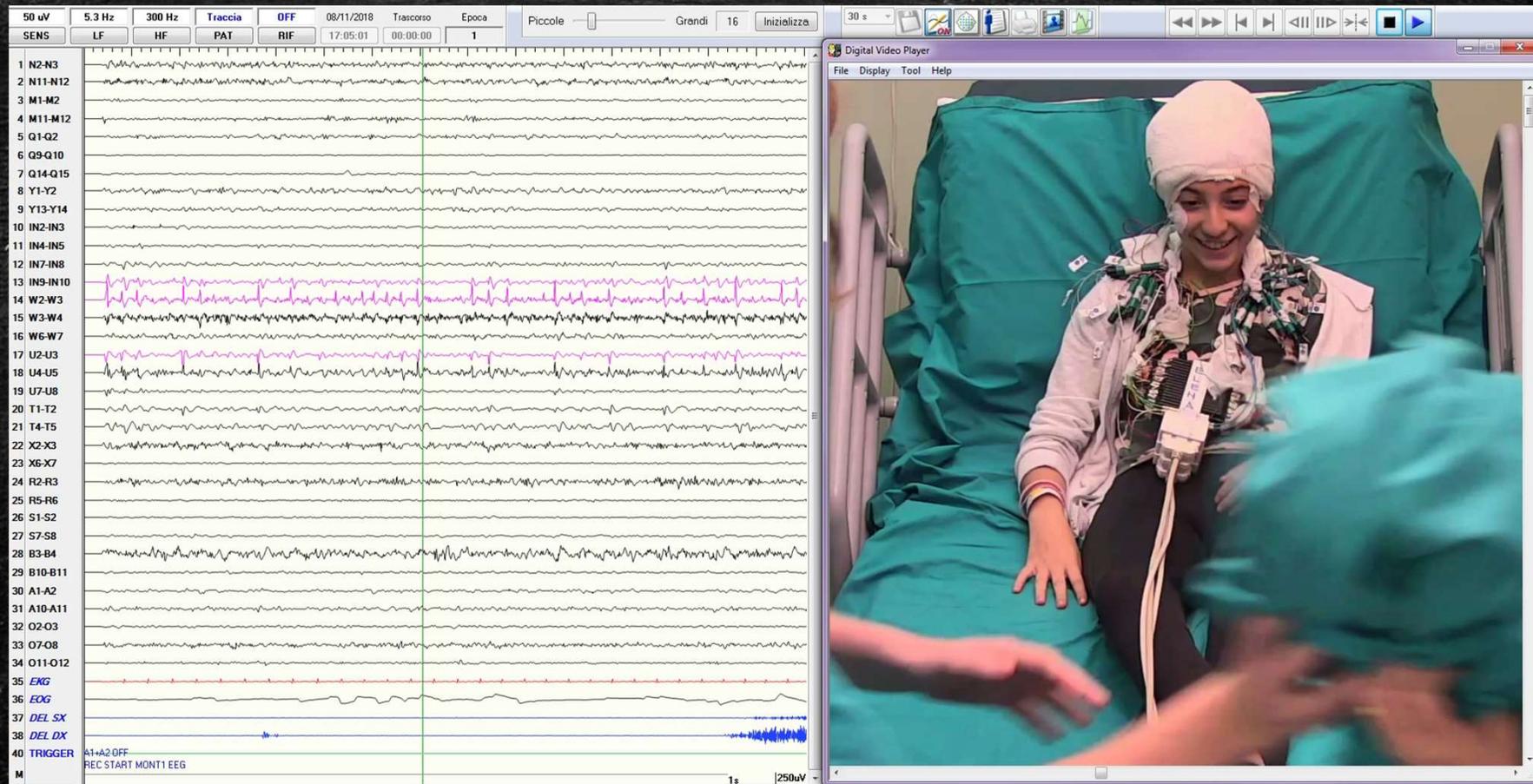
- ✓ Frequenza 1-18Hz
- ✓ Durata dell'impulso 0.5-1msec
- ✓ Amperaggio 0.1-10mA
- ✓ Durata della stimolazione 15-30 sec

Ad elevata frequenza

- ✓ Frequenza 50Hz
- ✓ Durata dell'impulso 0.5-1msec
- ✓ Amperaggio 0.5-3mA
- ✓ Durata della stimolazione 5 sec



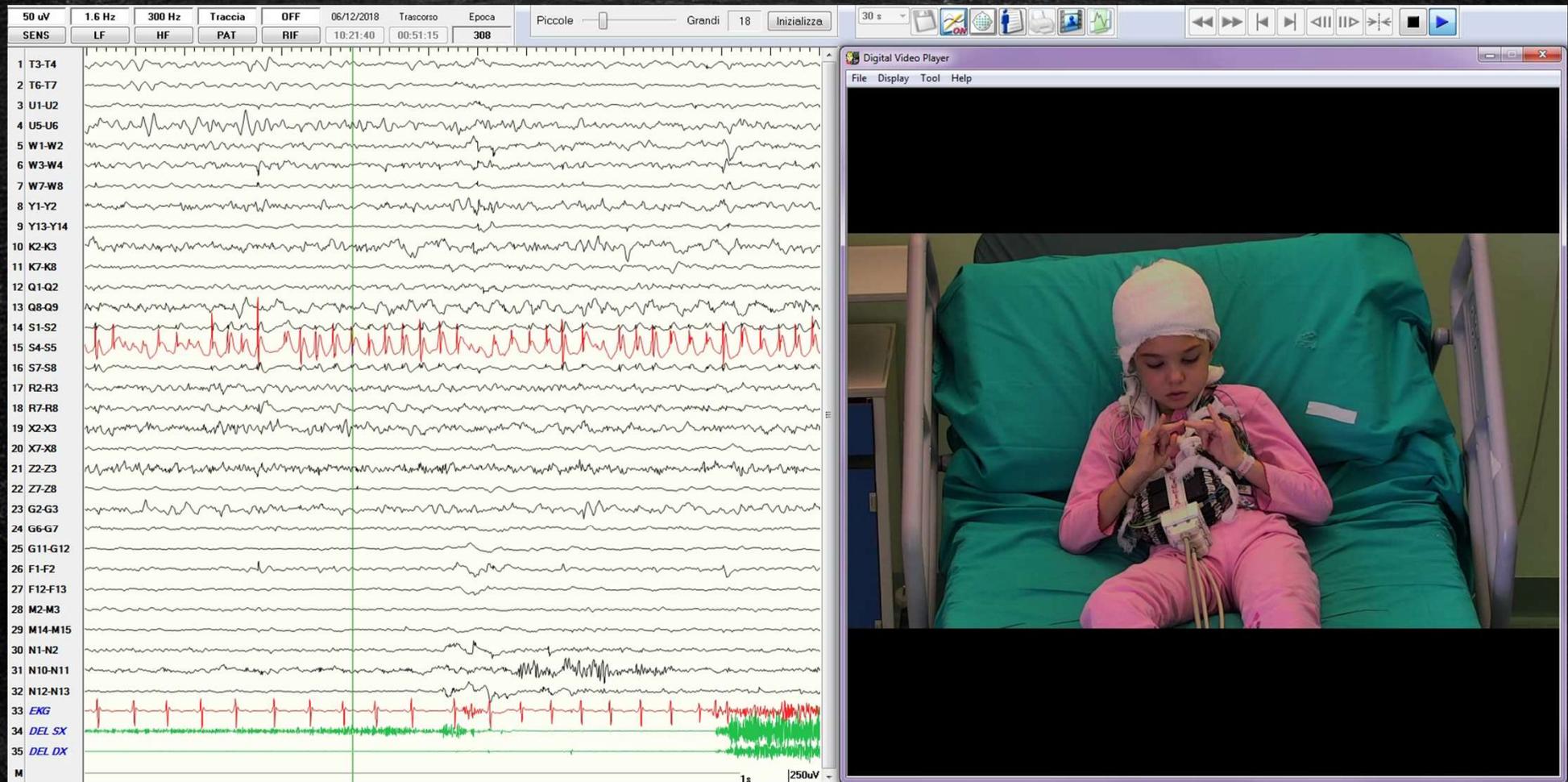
Stimolazioni elettriche intracerebrali



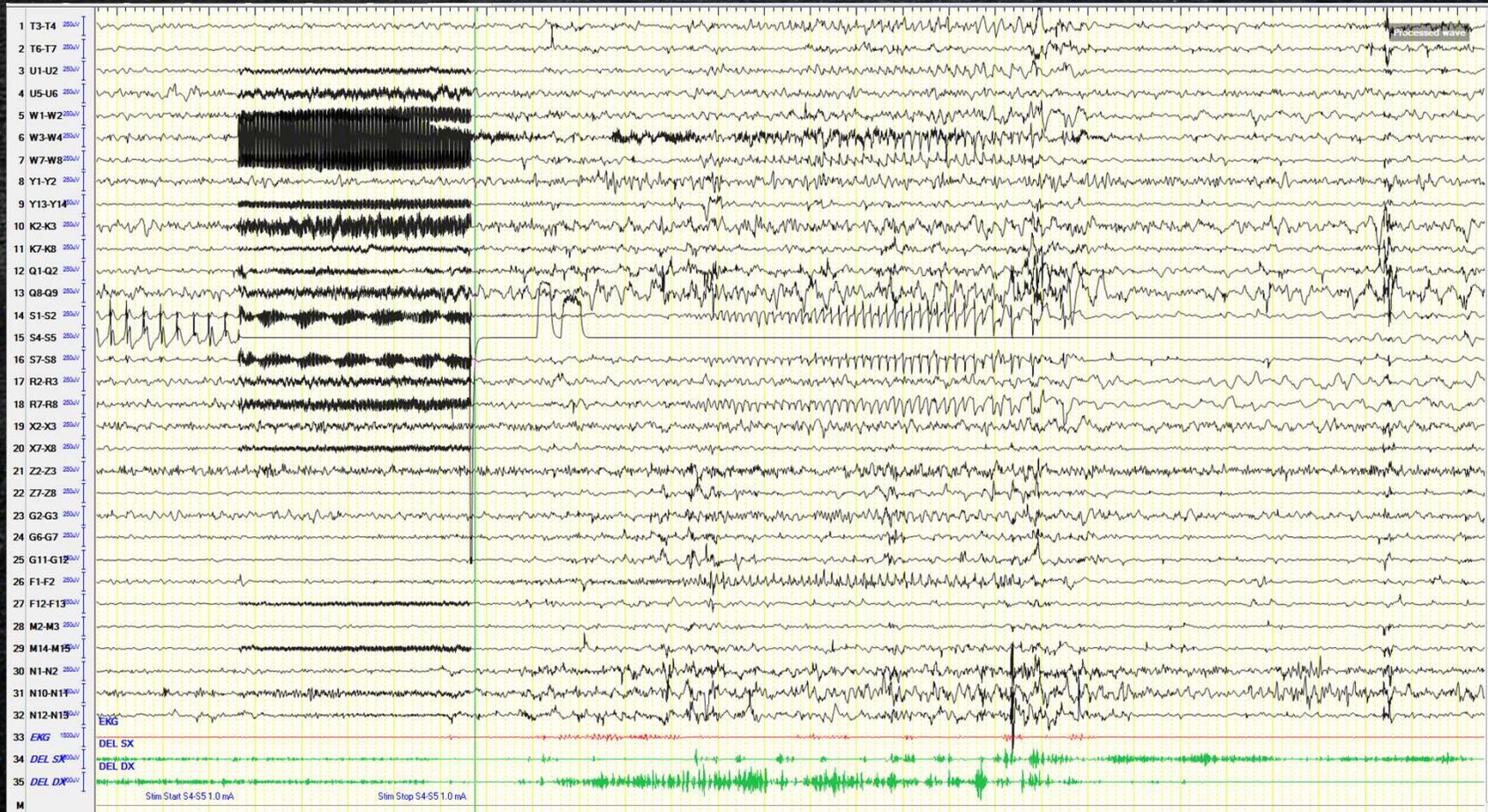
Stimolazioni elettriche intracerebrali



Stimolazioni elettriche intracerebrali

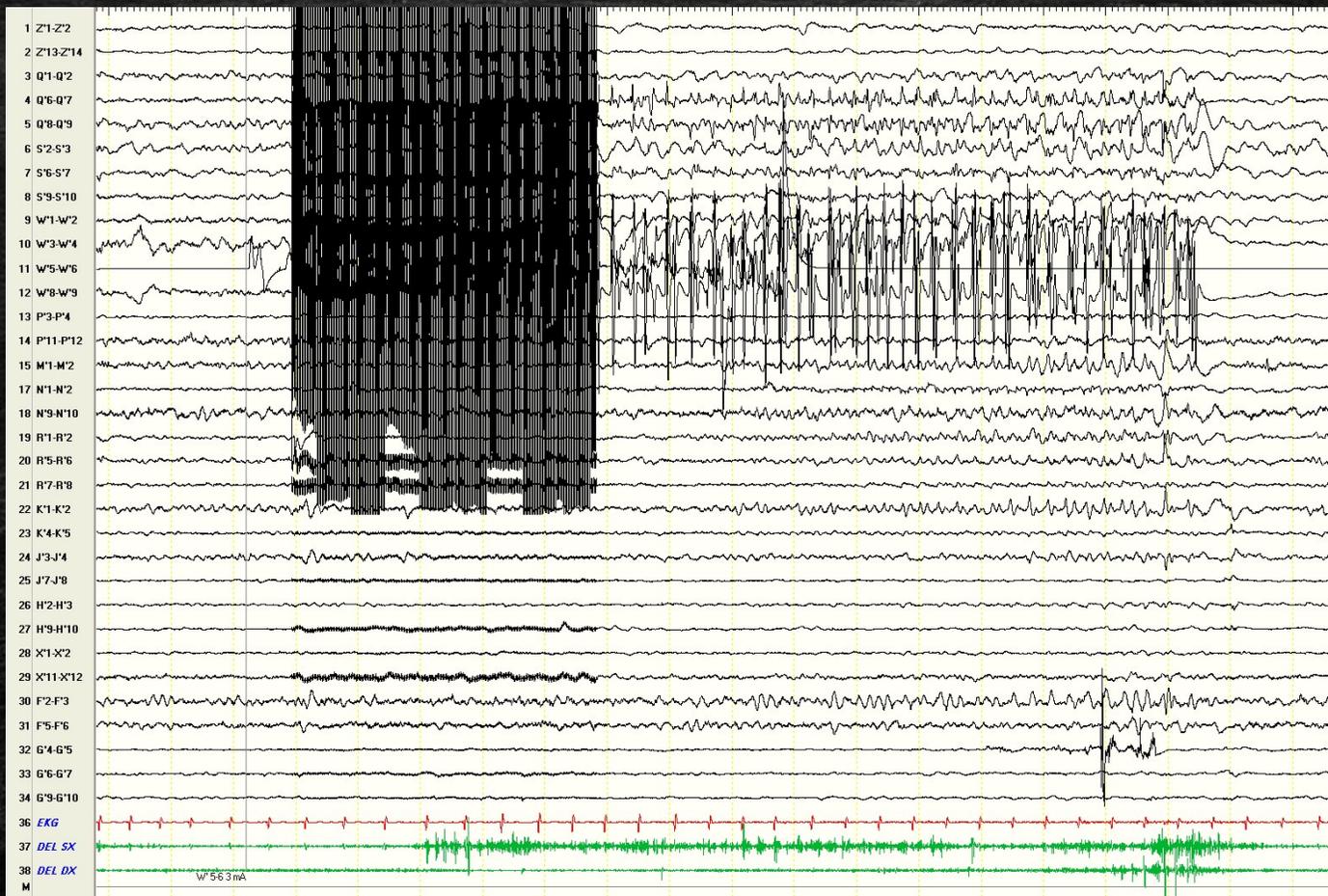


S4-5 1mA



Stimolazioni elettriche intracerebrali





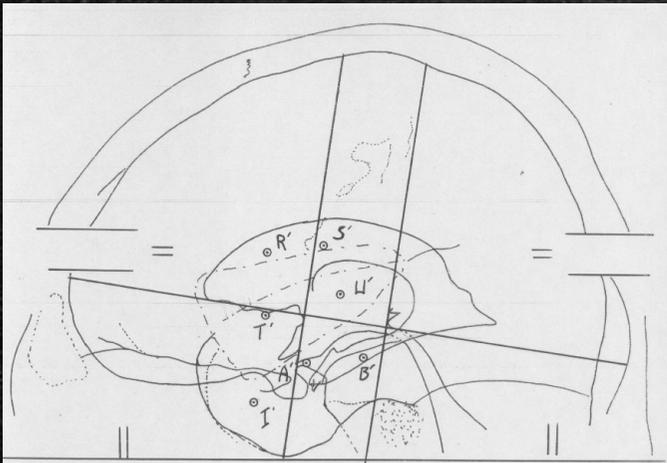
W' 5-6 3mA

Stimolazioni elettriche intracerebrali



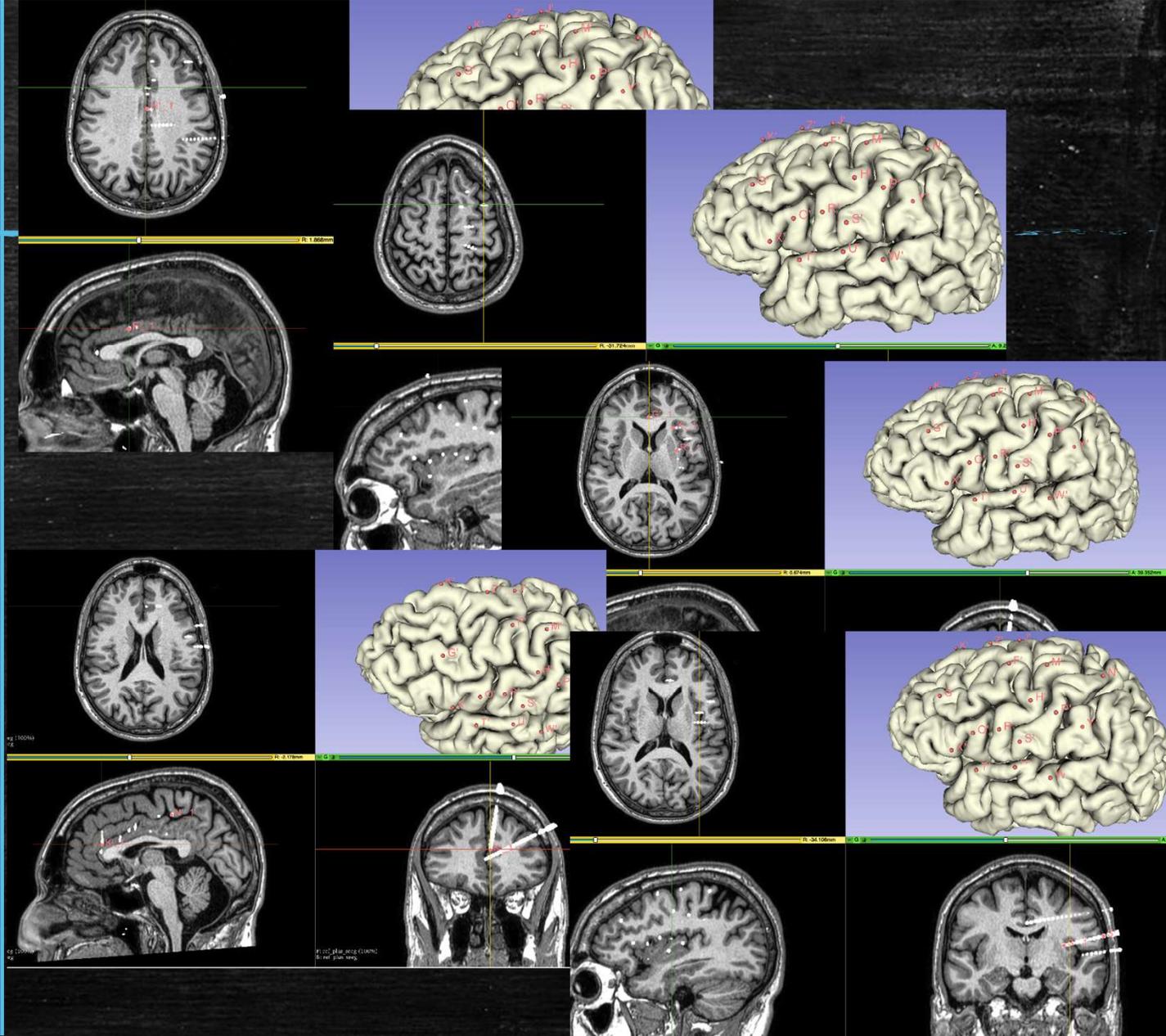
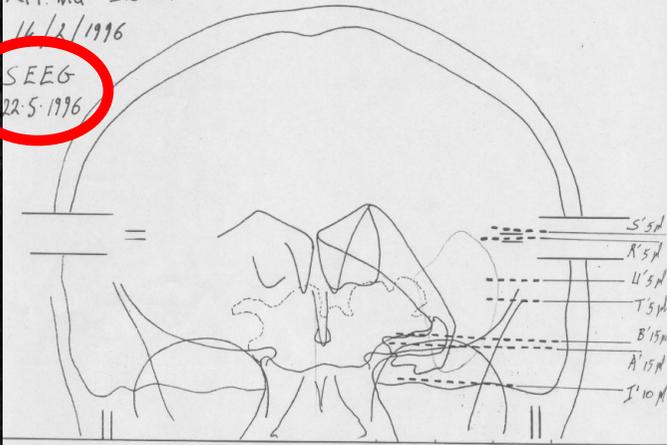






ZA. ma 36 aa.
16/2/1996

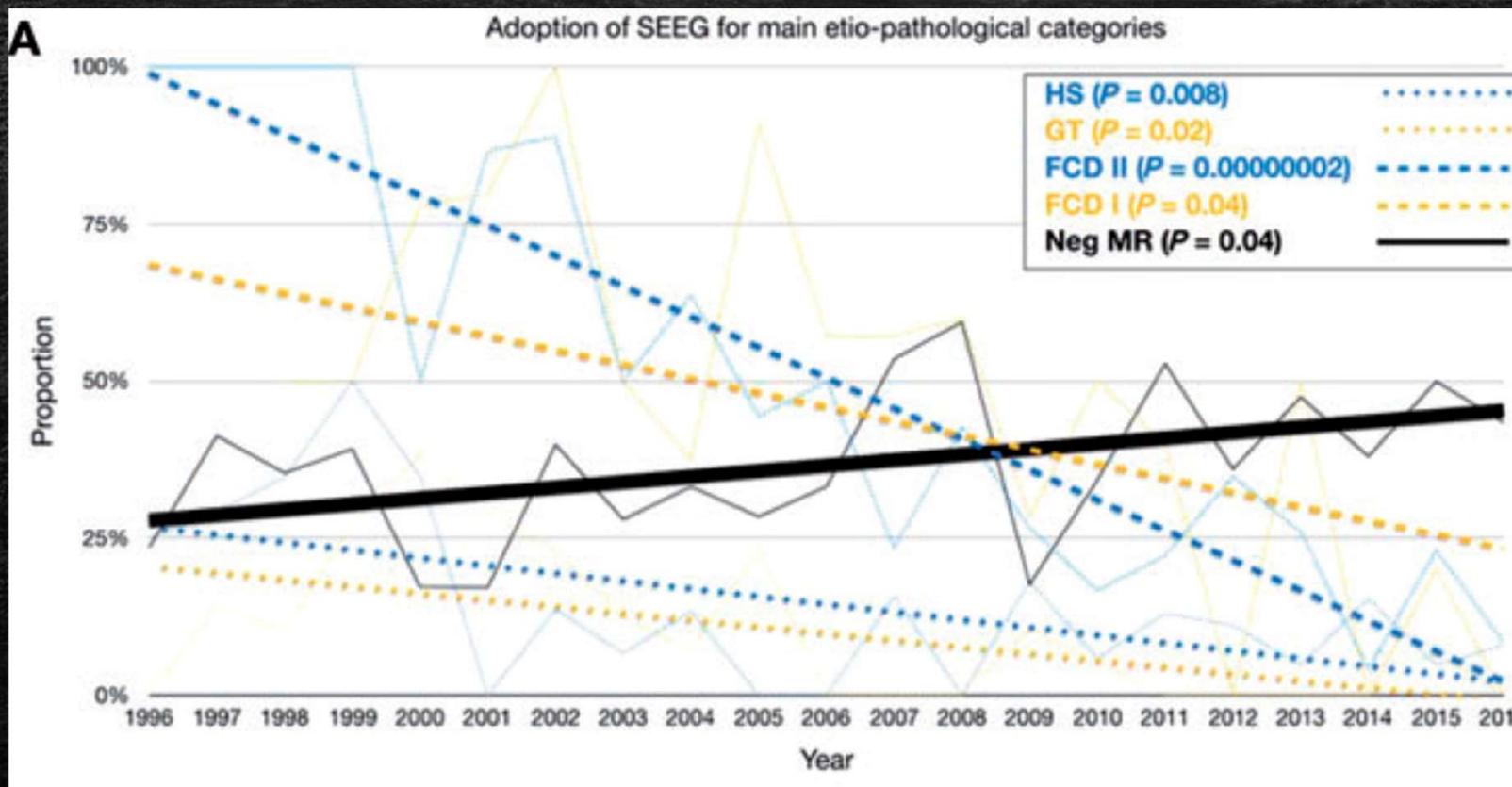
SEEG
22.5.1996

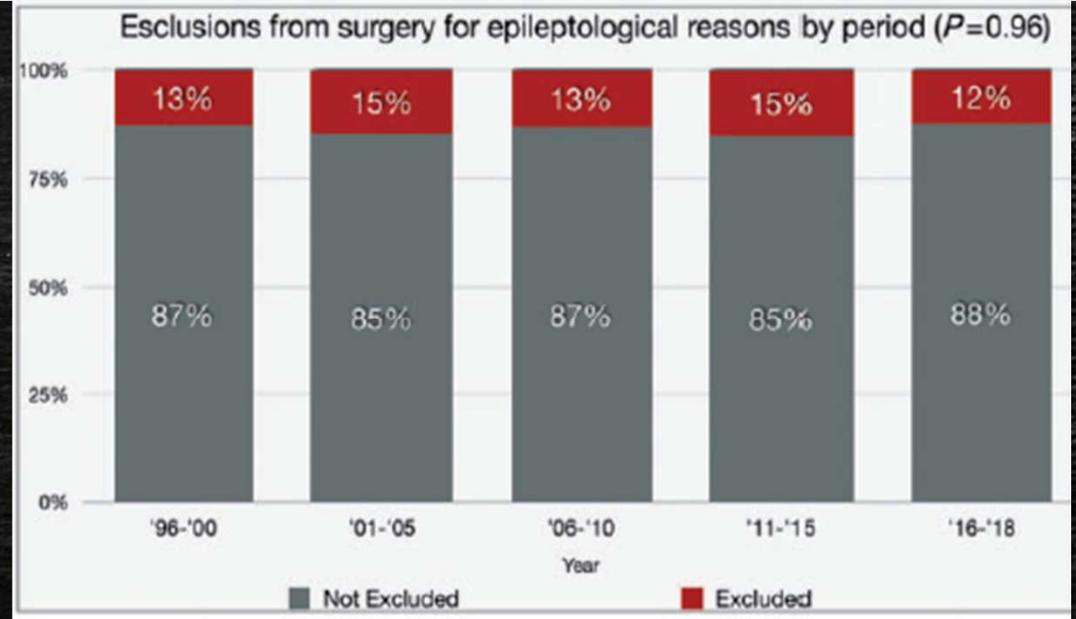
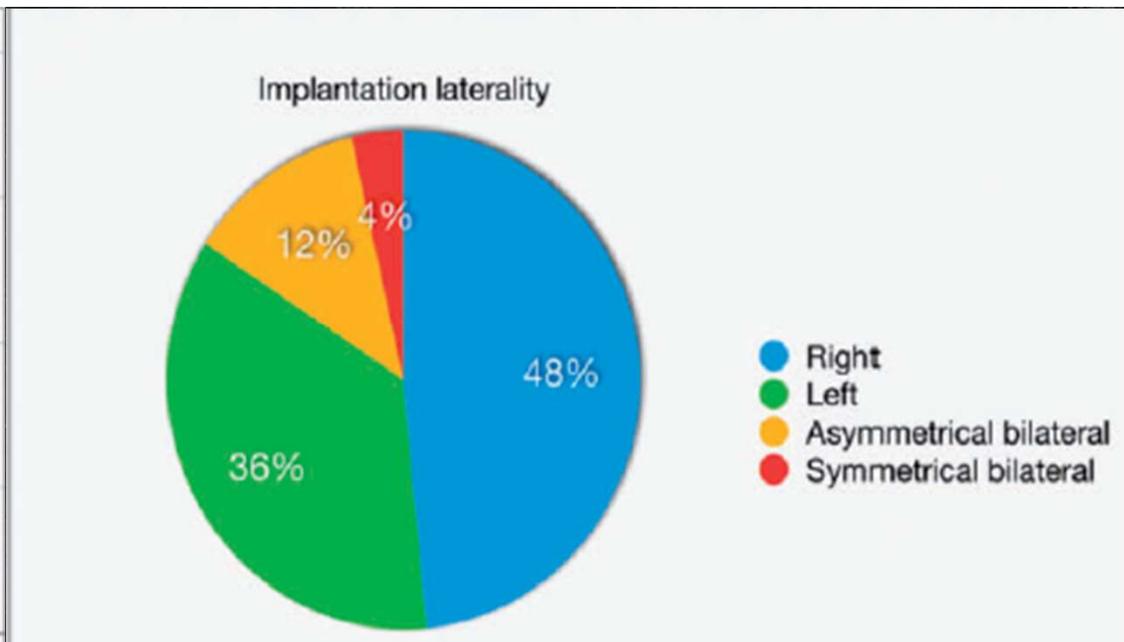
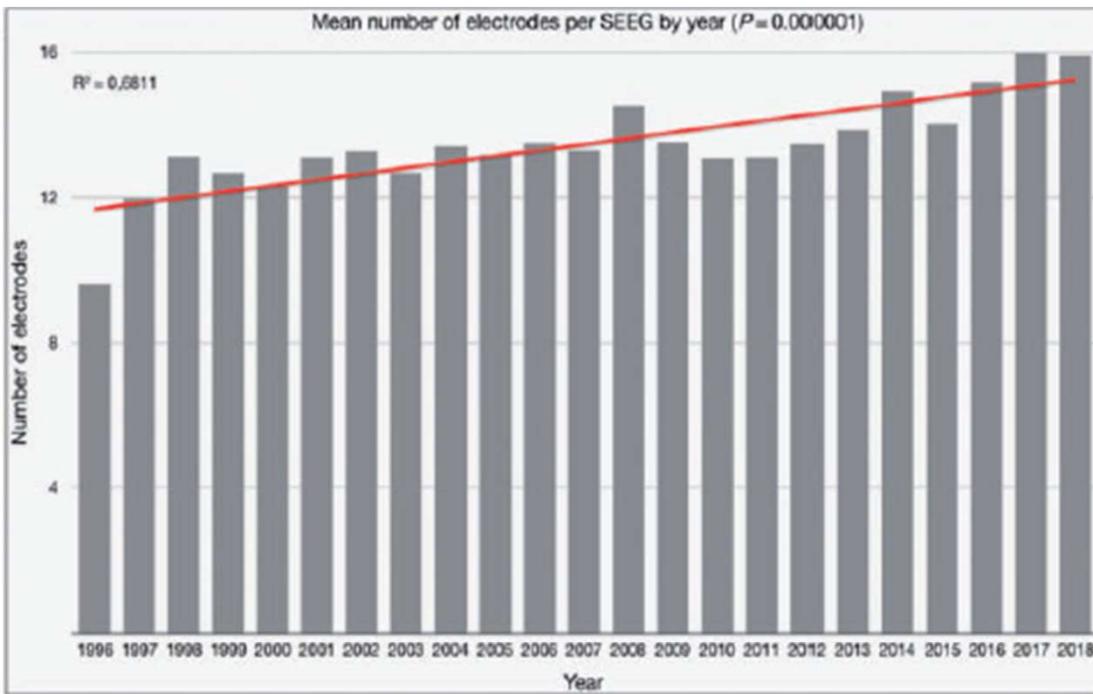


HS: hippocampal sclerosis
GT: glioneuronal tumors
FCD II: Focal Cortical Dysplasia Tipe II
FCD I: Focal Cortical Dysplasia Type I

Stereoelectroencephalography: retrospective analysis of 742 procedures in a single centre

Francesco Cardinale,¹ Michele Rizzi,¹ Elena Vignati,¹ Massimo Cossu,¹ Laura Castana,¹ Piergiorgio d'Orto,^{1,2} Martina Revay,^{1,3} Martina Della Costanza,^{1,4} Laura Tassi,¹ Roberto Mai,¹ Ivana Sartori,¹ Lino Nobili,⁵ Francesca Gozzo,¹ Veronica Pelliccia,^{1,6} Valeria Mariani,^{1,7,8} Giorgio Lo Russo¹ and Stefano Francione¹





doi:10.1093/brain/awz196 BRAIN 2019; 142; 2688-2704 | 2688

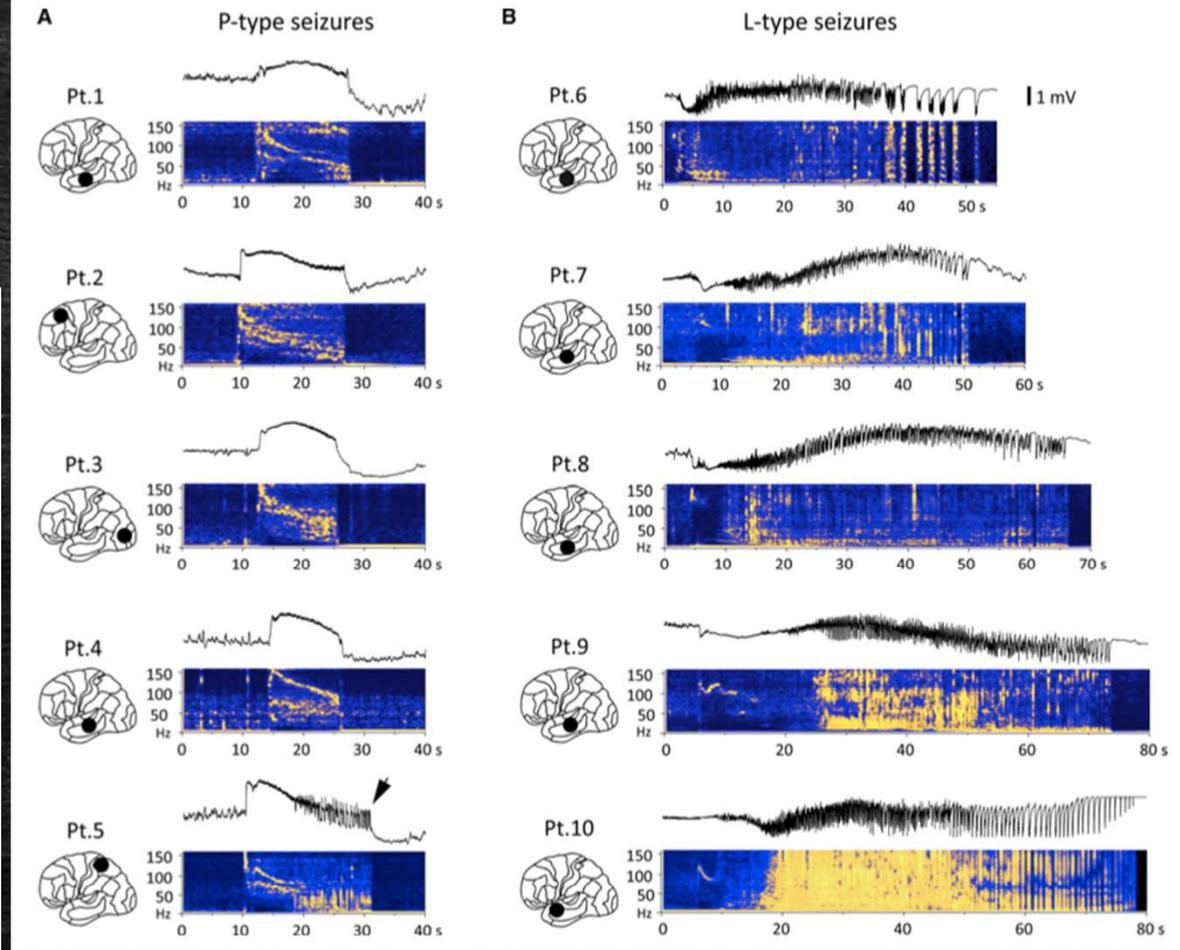
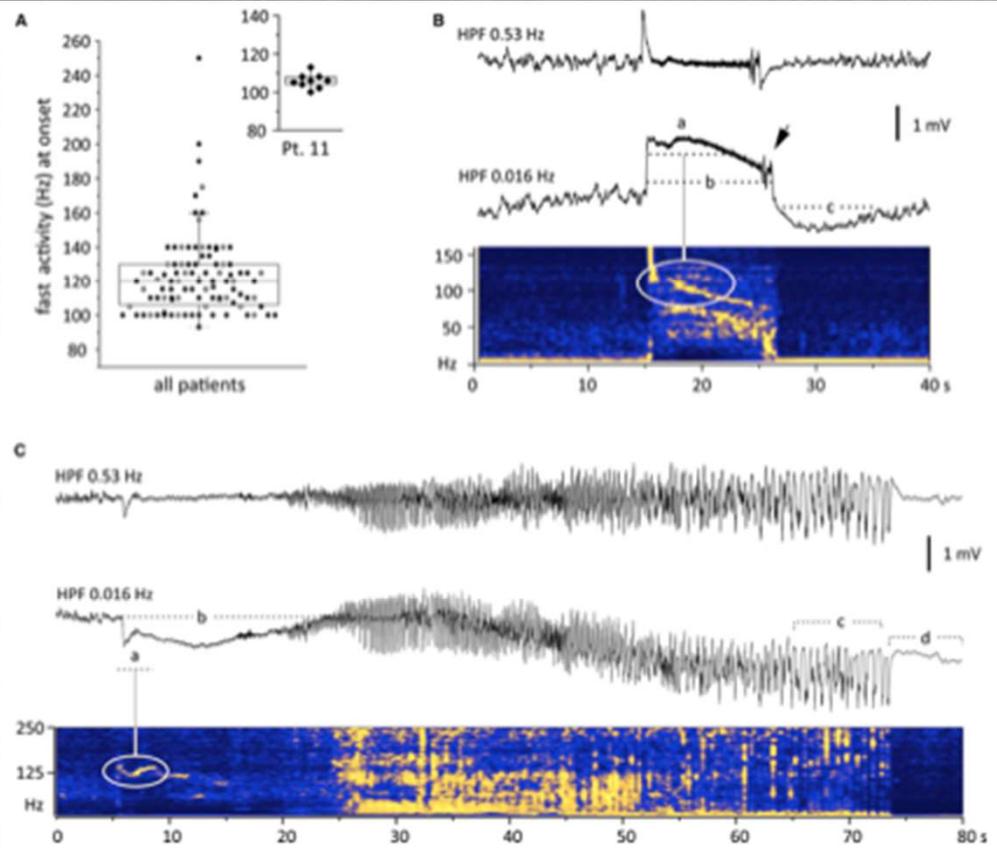
BRAIN
A JOURNAL OF NEUROLOGY

Stereoelectroencephalography: retrospective analysis of 742 procedures in a single centre

Francesco Cardinale,¹ Michele Rizzi,¹ Elena Vignati,¹ Massimo Cossu,¹ Laura Castana,¹ Piergiorgio d'Orto,^{1,2} Martina Revay,^{1,3} Martina Della Costanza,^{1,4} Laura Tassi,¹ Roberto Mai,¹ Ivana Sartori,¹ Lino Nobili,⁵ Francesca Gozzo,¹ Veronica Pelliccia,^{1,6} Valeria Mariani,^{1,7,8} Giorgio Lo Russo¹ and Stefano Francione¹

Two main focal seizure patterns revealed by intracerebral electroencephalographic biomarker analysis

Vadym Gnatkovsky¹ | Veronica Pelliccia² | Marco de Curtis¹ | Laura Tassi²



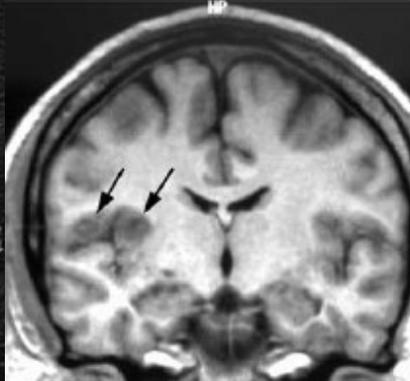
Termocoagulazioni Stereo-EEG guidate

Epilepsia, 45(11):1368-1374, 2004
Blackwell Publishing, Inc.
© 2004 International League Against Epilepsy

SEEG-guided RF Thermocoagulation of Epileptic Foci: Feasibility, Safety, and Preliminary Results

*Marc Guénot, †Jean Isnard, †Philippe Ryvlin, †Catherine Fischer, †François Mauguière,
and *Marc Sindou

Departments of *Functional Neurosurgery and †Functional Neurology and Epileptology, Federative Institute of Neurosciences,
Neurological Hospital P. Wertheimer, Lyon, France



20 pts N° THC/patient: 2-18
Everywhere, even in functional areas

Results:

- 3 pts seizure free
- 8 pts seizure reduction > 80%
- 9 pts unchanged

No complications

THC is:

- Feasible everywhere
- Effective in ~ 15%
- Prognostic value even in temporary effectiveness

Stereoelectroencephalography-guided radiofrequency thermocoagulation in the epileptogenic zone: a retrospective study on 89 cases

Massimo Cossu, MD,¹ Dalila Fuschillo, MD,² Giuseppe Casaceli, MD,^{1,3} Veronica Pelliccia, MD,^{1,3} Laura Castana, MD,¹ Roberto Mai, MD,¹ Stefano Francione, MD,¹ Ivana Sartori, MD,¹ Francesca Gozzo, MD,¹ Lino Nobili, MD,^{1,4} Laura Tassi, MD,¹ Francesco Cardinale, MD,¹ and Giorgio Lo Russo, MD¹

J Neurosurg June 19, 2015

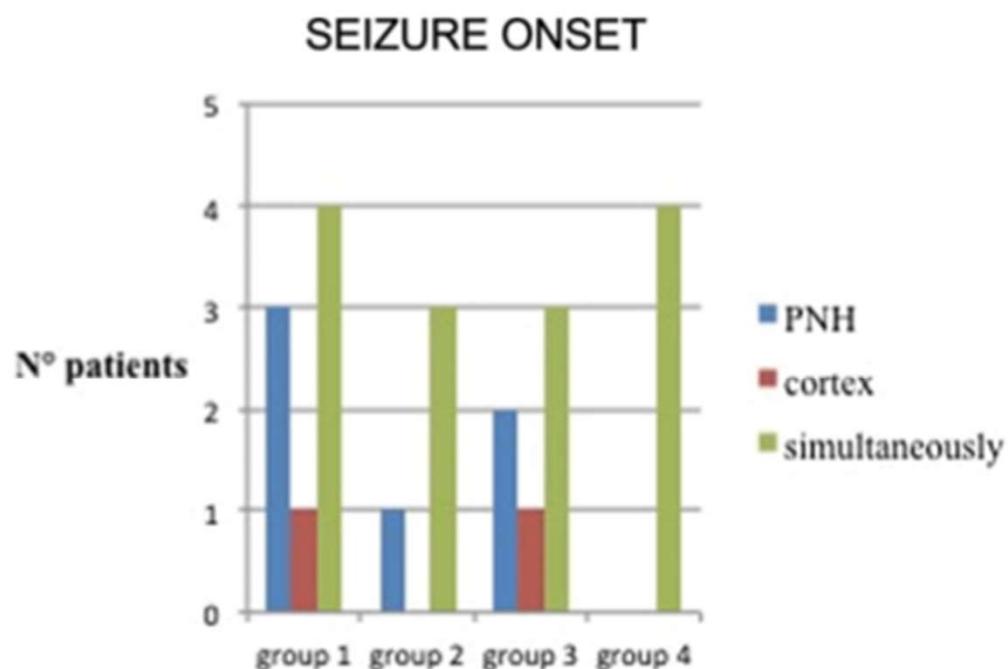
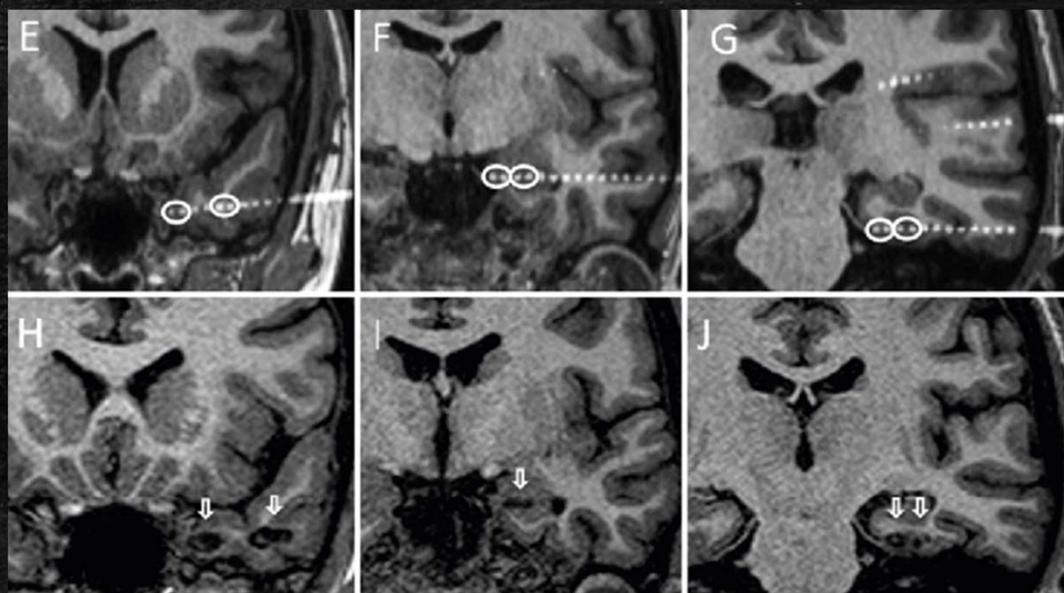
Group	No. of Pts	Outcome (no. [%])		
		Seizure Free	Sustained Worthwhile Improvement	Transient/No Benefit
All pts	89	16 (18.0)	9 (10.1)	64 (71.9)
MRI				
Lesional	43	11 (25.6)	4 (9.3)	28 (65.1)
Nonlesional	46	5 (10.9)	5 (10.9)	36 (78.2)
SEEG				
Localizing	76	14 (18.4)	7 (9.2)	55 (72.4)
Nonlocalizing	13	2 (15.4)	2 (15.4)	9 (69.2)
Site of EZ				
Temporal	15	2 (13.3)	3 (20.0)	10 (66.7)
Extratemporal	74	14 (18.9)	6 (8.1)	54 (73.0)
Etiology†				
HS	6	3 (50)	2 (33.3)	1 (16.7)
NH	12	8 (66.7)	0 (0)	4 (33.3)
FCD	11	0 (0)	1 (9.1)	10 (90.9)
Other	60	5 (8.3)	6 (10)	49 (81.7)
Group 1	67	13 (19.4)‡	3 (4.5)‡	51 (76.1)§
Group 2	22	3 (13.6)	6 (27.3)	13 (59.1)

Stereo-EEG: Diagnostic and therapeutic tool for periventricular nodular heterotopia epilepsies

*Laura Mirandola, †Roberto F. Mai, †Stefano Francione, ††Veronica Pelliccia, †Francesca Gozzo, †Ivana Sartori, †Lino Nobili , †Francesco Cardinale , †Massimo Cossu , *Stefano Meletti , and †Laura Tassi 

Epilepsia, 58(11):1962–1971, 2017
doi: 10.1111/epi.13895

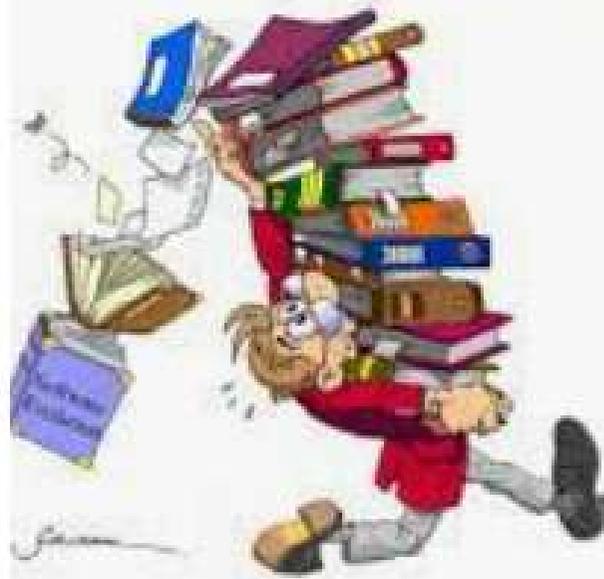
Significance: Each patient had a specific epileptogenic network, independent from the number, size, or location of nodules and from the cortical malformation associated with. SEEG-guided RF-TC appears as a new and very effective diagnostic and therapeutic approach for DRE related to PNHs.



1. **Non tutti i pazienti** necessitano di elettrodi intracerebrali (sclerosi ippocampale, displasia focale corticale di tipo II, tumori di basso grado)
2. Il **lobo temporale** è diverso dagli altri lobi
3. Sempre cercare **attività rapida di basso voltaggio**
4. **Archicortex** non capace di produrre una attività rapida di basso voltaggio (Hippocampus, Amygdala, Cingulum)
5. Ragionare in termini di **networks** piuttosto che di strutture corticali
6. Fondamentale conoscere la **posizione degli elettrodi**
7. **Le stimolazioni elettriche intracerebrali** sono essenziali sia per il mappaggio funzionale sia per individuare e delimitare la ZE
8. **Alcune eziologie** richiedono in ogni caso impianto degli elettrodi intracerebrali (PMG, PNH, cicatrici)
9. Le termocoagulazioni sono utili sia a scopo **terapeutico** sia a scopo **prognostico**



Take Home Messages



Stereo-EEG

METODOLOGIA

INTERVENTO NEUROCHIRURGICO

STRUMENTO

ESAME DIAGNOSTICO E TERAPEUTICO

Stereo-EEG

- Per pianificare una Stereo-EEG occorrono ipotesi supportate dai dati anatomico-elettro-clinici
- Fondamentale è localizzare gli elettrodi per correlare le attività che vediamo con la posizione degli elettrodi
- La definizione della zona epilettogena è complicata e richiede di mettere insieme tutti i dati a nostra disposizione
- La Stereo-EEG è una metodica time-consuming

Stereo-EEG

- occasione unica per studiare l'epilessia
- occasione unica per studiare la fisiologia del cervello





