



# ADHD

## DIAGNOSI NEUROFISIOLOGICA

*Chiarenza GA, Montaldi L*

Azienda Ospedaliera "G Salvini" - Rho - Milano  
Polo Ospedaliero - Ospedale di Rho



# CRITERI DSM-IV

Inattenzione

Iperattività - Impulsività

*Esordio prima dei 7 anni*

*Disturbo in almeno 2 situazioni*

Compromissione funzionale



**Tipo  
con disattenzione prevalente**

**ADHD**

**Tipo  
combinato**

**Tipo con  
iperattività-impulsività prevalente**



# DIAGNOSI

- ↓ CLINICA
- ↓ OSSERVAZIONE
- ↓ SOMMINISTRAZIONE SCALE
- ↓ SOMMINISTRAZIONE INTERVISTE
- ↓ SOMMINISTRAZIONE DI TEST



**APPROCCIO NEURO-PEDAGOGICO**

**=**

**FORNIRE SPIEGAZIONI CHIARE ED  
OBIETTIVE SU BASI  
NEUROPSICOFISIOLOGICHE AL FINE DI  
MOTIVARE AL MEGLIO LA TERAPIA  
OTTENENDO UNA ELEVATA  
COMPLIANCE**

**Monastra 2005**



# DIAGNOSI NEUROFISIOLOGICA

EEG standard/sonno

EEG quantificato

Potenziali Evocati Evento-Correlati (ERPs)



# EEG

Secondo le linee guida nazionali, europee e internazionali

- non esistono strumenti diagnostici specifici per valutare l'ADHD
- **la lettura tradizionale dell'EEG standard non ha valore nella diagnosi dell'ADHD**



# EEG

Nell'Epilessia Benigna con Parossismi Centro Temporali sono stati riscontrati disturbi neuropsicologici durante la fase attiva della malattia, come per esempio:

- del linguaggio
- delle abilità visuo-spaziali
- della memoria
- dei processi attentivi

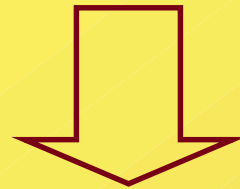
**Deonna et al. 2000, Piccirilli et al. 1994,**

**Baglietto et al.2001, Piccinelli 2004.**



# EEG

Studio su 175 bambini con epilessia senza ritardo mentale  
(sintomatica/idiopatica – focale/generalizzata)



**38% dei pazienti soddisfacevano i criteri del  
DSM-IV per ADHD**





# EEG

I pazienti con epilessia presentano  
**una maggior incidenza di**  
**difficoltà attentive** rispetto alla  
popolazione sana sia nelle forme di  
epilessia idiopatica che sintomatica



# EEG

21/347 bambini con ADHD (6%) presentavano anomalie all'EEG standard. (Richer LP. 2002).

27/483 ADHD (5.6%) presentavano anomalie rolandiche in veglia confermate all'EEG in sonno. (Holtmann M. et al. 2003).

- **Questi pazienti presentavano un esordio più precoce dell'ADHD e maggior impulsività.**
- **Nell'80% dei casi le anomalie erano emisferiche destre o bilaterali.**



# EEG

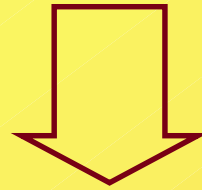
La reale incidenza di anomalie EEG in pazienti ADHD è comunque verosimilmente sottostimata per più ragioni:

- **gli studi EEG sono stati eseguiti su campioni di pazienti ADHD “selezionati” ovvero in carico presso centri specializzati.**
- **non vi sono studi su pazienti ADHD sottoposti a EEG in sonno anche in assenza di anomalie all’EEG in veglia.**



# EEG

## Due ipotesi patogenetiche



- L' ADHD e le anomalie epilettiformi rappresentano entrambe l'espressione di una disfunzione neurologica sottostante.
- L'attività epilettiforme insorta nel corso di processi maturativi cerebrali ha "di per sé" interferito con il normale sviluppo cerebrale generando un disturbo tipo ADHD.

Holtmann M et al. 2003

**Epilessia – ADHD**

**rapporto di comorbidità e/o una complicanza?**



# EEG

1. Gli studi presi in considerazione mostrano come l'**EEG** sia un importante approfondimento diagnostico che permette di identificare quel sottogruppo di pazienti ADHD (il 6% circa) con anomalie epilettiformi.
2. Questo sottogruppo richiede una particolare riflessione circa l'eziopatogenesi del disturbo ADHD e circa la terapia farmacologica da instaurare.

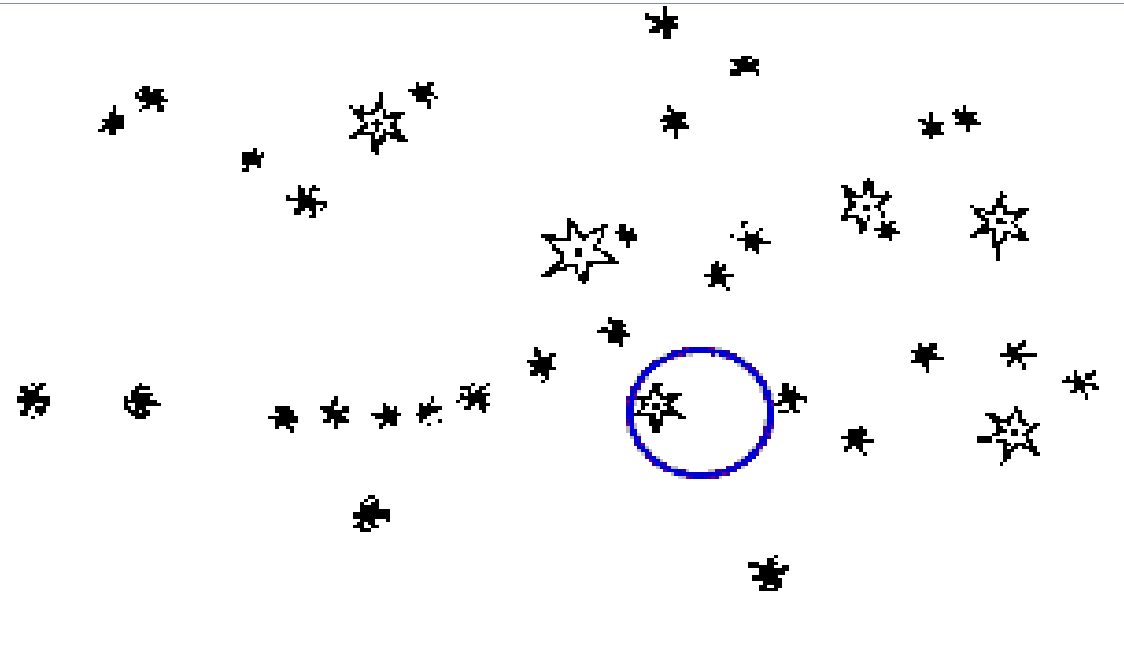


# DIAGNOSI NEUROFISIOLOGICA

EEG standard/sonno

EEG quantificato

Potenziali Evocati Evento-Correlati (ERPs)




Galileo's observations on the Pleiades

**DIALOGO**  
 DI  
**GALILEO GALILEI LINCEO**  
 MATEMATICO SOPRAORDINARIO  
 DELLO STUDIO DI PISA.  
*E Filosofo, e Matematico primario del*  
 SERENISSIMO  
**GR.DVCA DI TOSCANA.**  
 Doue ne i congressi di quattro giornate si discorre  
 sopra i due  
**MASSIMI SISTEMI DEL MONDO**  
 TOLEMAICO, E COPERNICANO;  
*Proponendo indeterminatamente le ragioni Filosofiche, e Naturali*  
*tanto per l'una, quanto per l'altra parte.*

CON PRI  VILEGI.

IN FIRENZA, Per Gio:Batista Landini MDCXXXII.  
 CON LICENZA DE' SUPERIORI.

**ISTORIA**  
**E DIMOSTRAZIONI**  
 INTORNO ALLE MACCHIE SOLARI  
 E LORO ACCIDENTI  
 COMPRESSE IN TRE LETTERE SCRITTE  
 ALL'ILLVSTRISSIMO SIGNOR  
**MARCO VELSERI LINCEO**  
 DVVMVIRO D'AVGVSTA  
 CONSIGLIERO DI SVA MAESTA CESAREA  
 DAL SIGNOR  
**GALILEO GALILEI LINCEO**  
*Nobil Fiorentino, Filosofo, e Matematico Primario del Sereniss.*  
*D. COSIMO II. GRAN DVCA DI TOSCANA.*  
 Si aggiungono nel fine le Lettere, e Disquisizioni del finto Apelle.

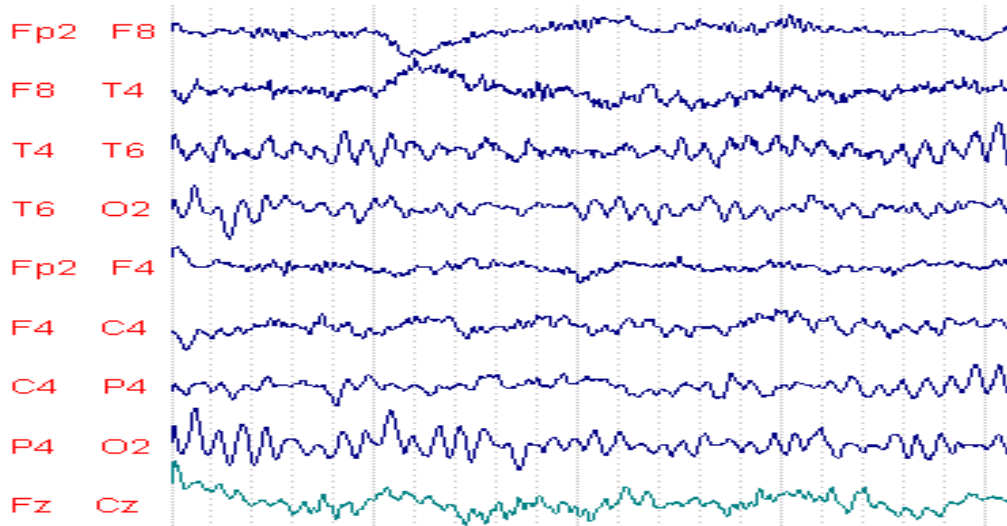


IN ROMA, Appresso Giacomo Mafcardi. MDCXIII.  
 CON LICENZA DE' SUPERIORI.



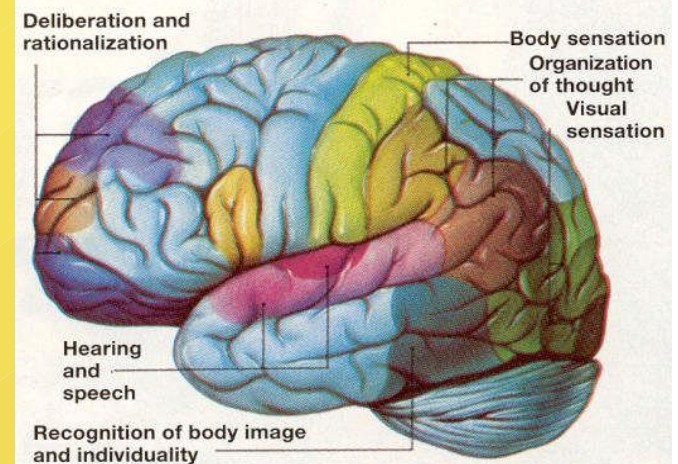
Hubble against Earth's horizon





Con l'**EEG** **quantificato** possiamo analizzare in modo matematico il suono di ogni strumento musicale, descriverne le caratteristiche fisiche, valutare se i suoni sono tra loro in armonia o se al contrario vi sono dissonanze.....

L'**EEG** può essere considerato come una melodia prodotta da un'orchestra, la corteccia cerebrale, composta da diversi strumenti, le varie aree corticali, ognuna con un suo proprio ritmo.





## Neurometric Evaluation Service

### Summary Information

EEG8638 is 19.12 years old, male,  
tested on 04/05/2006 by .  
The referring physician was chiaraenza.  
Remarks:  
Edited on 04/05/06 by Editor #0.  
172.04 seconds of EEG.

### Patient History

Current Medication	No
Head Injury	No
Neurological Disease	No
Convulsions	No
Drug Abuse / Addiction	No
Alcohol Abuse / Addiction	No
Memory Difficulties	No
Confusion	No
Depression	Yes
Delusions, Hallucinations or Thought Disorders	No
Learning Disability	No
Previous EEG	No
Hyperactivity, Attention or Impulse Control Problems	No

# NEUROMETRIC (ER John, 1977)



# qEEG

## PREMESSE TECNICHE

**Tempo di registrazione:** 20 minuti a occhi chiusi - 5 minuti ad occhi aperti

### **Modalità di registrazione:**

- 19 elettrodi posizionati secondo il Sistema Internazionale 10/20 (cuffie – elettrodi a tampone)
- referenza biauricolare in link pre-testina
- registrazione concomitante di EOG
- impedenze < 5 k $\Omega$ .

**Editing:** vengono selezionati almeno 2 minuti e 30 secondi di tracciato di veglia tranquilla, privo di artefatti (analisi visiva per eliminare artefatti oculari – EOG – muscolari, da movimento, da sudore etc).



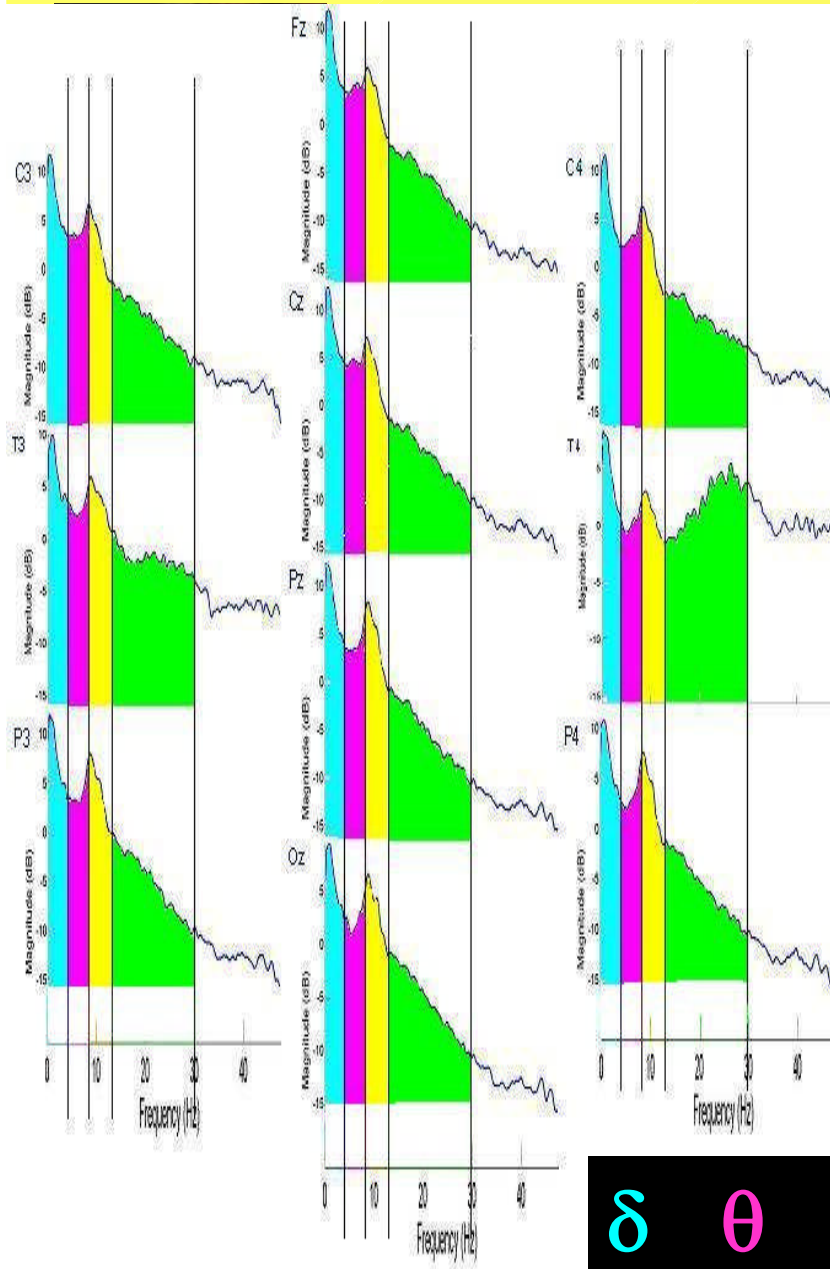
# qEEG

**Lo studio del qEEG si basa sull'analisi dei seguenti parametri:**

- **frequenze**
- **potenza assoluta e relativa**
- **asimmetrie inter-emisferiche e gradienti intra-emisferici**
- **sincronia intra-emisferica e coerenza inter-emisferica**

# RAPPRESENTAZIONE IN FREQUENZA DELL'EEG

Consente di descrivere il tracciato in termini di **ritmi** o **bande**



$\delta$     $\theta$   
 $\alpha$     $\beta$

Delta ( $\delta$ )

< 4 Hz

Theta ( $\theta$ )

4 – 8 Hz

Alfa ( $\alpha$ )

8 – 13 Hz

Beta ( $\beta$ )

13 – 30 Hz

Gamma ( $\gamma$ )

> 30 Hz



# qEEG

Per ogni banda di attività cerebrale possiamo determinare

**Frequenza media** = media matematica delle frequenze di una banda

**Potenza (assoluta o relativa)** = esprime in  $\mu\text{V}^2$  la rappresentazione di quanto una determinata banda di attività sia più o meno rappresentata in ogni regione corticale (peso di una banda di attività in ogni regione corticale in assoluto o relativamente al peso delle altre bande)

**Asimmetrie inter-emisferiche e gradienti intra-emisferici** = differenze di potenza assoluta di una banda tra regioni omologhe dei due emisferi o tra regioni differenti dello stesso emisfero

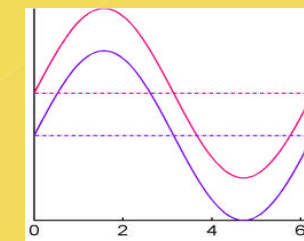
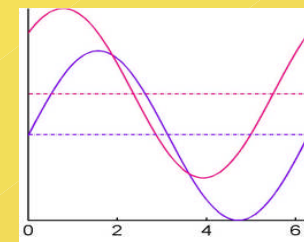
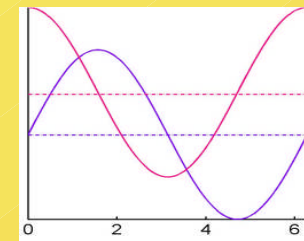
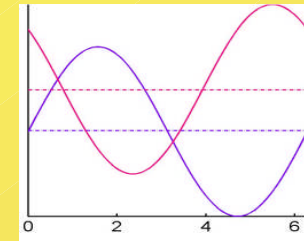
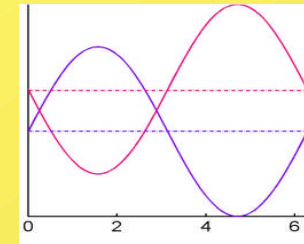
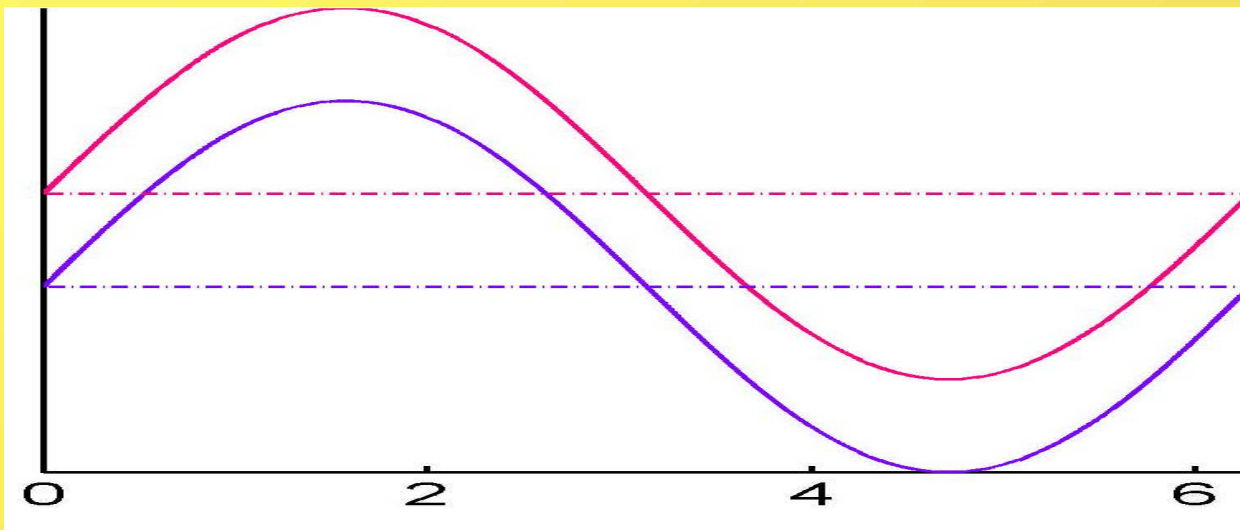


# qEEG

min

## COERENZA E SINCRONIA INTER- E INTRAEMISFERICA

Esprimono quanto le variazioni nel tempo dell'attività elettrica cerebrale tra regioni omologhe dei due emisferi o tra due regioni dello stesso emisfero siano "sincrone" o "in fase" tra loro - "indice di connettività inter-intraemisferica"



max



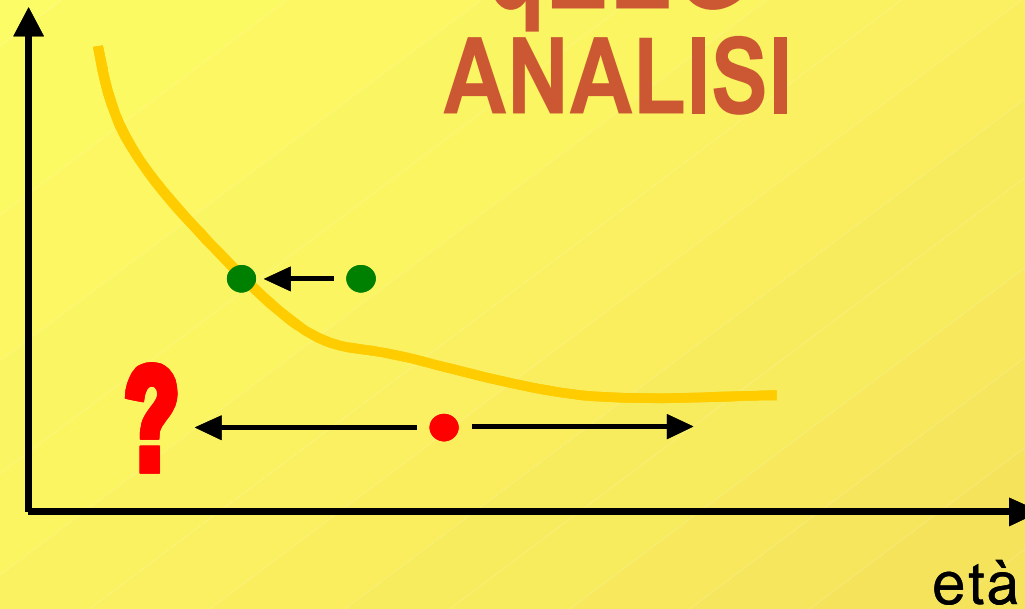
# qEEG ANALISI

Ogni parametro calcolato viene confrontato con i valori normali di un database di riferimento composto da 310 soggetti di età compresa tra 6-16 anni e normalizzato in Z score.





## qEEG ANALISI



Utilizzando procedure statistiche di regressione lineare multipla che tengano conto delle variazioni fisiologiche dell'EEG con l'età, è possibile parlare di:

**Ritardo maturativo:** età fisiologica dell'EEG inferiore all'età cronologica del soggetto.

**Deviazione evolutiva:** età fisiologica dell'EEG alterata per qualunque fascia di età presa in considerazione



# qEEG ANALISI

## ANALISI MULTIVARIATA

Serve per identificare il set di variabili significative per quella patologia



## CLUSTER ANALISI

Individua delle particolari combinazioni di variabili che identificano dei profili neurofisiologici specifici all'interno della patologia considerata



# qEEG

Utilizzando questa tecnica, dai primi anni '80, sono stati descritti i pattern neurofisiologici specifici di patologie neurologiche e psichiatriche.

In letteratura vengono riportati numerosi studi di EEGq su ADHD che, pur eterogenei fra di loro, segnalano:

- EEGq ha una specificità (capacità di discriminare i sani) ed una sensibilità (capacità di discriminare i malati) comprese tra l'80% e il 98% (Monastra 2005, Chabot et al. 2005)
- sostanziale eccesso di attività lenta o, in circa il 15% dei soggetti, eccesso di attività beta.



## qEEG

Lavori di qEEG su ampie popolazioni di pazienti con ADHD/ADD hanno permesso di identificare alcuni cluster neurofisiologici.



# qEEG

Chabot et al.2001 (N=380 ADHD) - Clarke et.al (2001, 2002)(N=284 ADHD)

	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5
Potenza assoluta e relativa	$\uparrow \alpha$ $\downarrow \delta$	$\uparrow \theta$	Ass: $\downarrow \theta, \alpha \beta$ Rel: $\uparrow \delta$ e $\alpha$	Ass: $\downarrow \theta, \delta; \downarrow \alpha$ Rel: $\uparrow \delta$ e $\theta; \downarrow \alpha$	Eccesso Beta
Frequenze medie		$\downarrow \alpha$		$\downarrow \alpha, \tau$	
Asimmetria	Asimmetria tra regioni P e T posteriori		Asimmetria C, T e F	Asimmetria F, C, T	
Coerenza	$\uparrow \alpha$ e $\theta$ frontale	$\uparrow \theta$ frontale	$\downarrow \alpha$ frontale	$\downarrow \alpha$ frontale e centrale	



## qEEG CLUSTER E SOTTOTIPI

- Il gruppo ADHD-comb presenta un numero maggiore di anomalie rispetto al sottotipo inattentivo
- L'eccesso di theta, il deficit di alpha e beta si è ritrovato più spesso nel gruppo ADHD-comb che nel gruppo inattentivo
- All'aumentare dell'età la potenza nel gruppo ADHD-comb varia più velocemente che nel gruppo inattentivo
- Con l'età i livelli di potenza nei due gruppi diventano simili
- Questi risultati confermano l'ipotesi che la componente iperattiva/impulsiva dell'ADHD maturi con l'età e che la componente inattentiva rimanga stabile



## qEEG CLUSTER E COMORBIDITA'

- Il pattern dell'EEG quantificato dell'ADHD non è alterato dalla presenza del disturbo oppositivo-provocatorio
- Bambini con eccesso di attività beta erano più capricciosi e con umore più instabile. Questo eccesso di beta è stato descritto sulle regioni frontali e potrebbe essere associato con il controllo inibitorio e l'autoregolazione dei lobi frontali
- La presenza o assenza di un DA non contribuisce ad alcuna delle differenze EEG osservate
- I bambini con ADHD o ADD possono essere distinti dai bambini con DA senza deficit attentivi con una sensibilità del 97% ed una specificità dell'84.2%



## qEEG CLUSTER E TERAPIA

- I soggetti **responders** alla destro-anfetamina presentavano un aumento della frequenza beta prima della terapia
- I soggetti **responders** al metilfenidato presentavano una deviazione evolutiva all'EEG quantificato, mentre i **non-responders** presentavano caratteristiche EEG di ritardo maturativo. Utilizzando funzioni discriminanti, i **responders** erano correttamente identificati l'81% delle volte e i **non-responders** l'83%.





## qEEG CLUSTER E TERAPIA

- L'EEG quantificato prima del trattamento ha mostrato una sensibilità dell'83.1% e una specificità dell'88.2% nel predire la risposta al trattamento a lungo termine, sia con la destro-anfetamina che con il metilfenidato.
- Tra i soggetti **ADHD**, i **responders** al trattamento con stimolanti avevano il 93.7% un eccesso di alpha, l'83.3% un eccesso di beta e il 75% un eccesso di theta.
- Tra i soggetti **ADD**, i **responders** al trattamento con stimolanti avevano il 66.7% un eccesso di beta, il 50.5% un eccesso di alpha e il 33% un eccesso di theta

## No terapia

### Relative Bipolar Power Z-scores

	Cz-C3	Cz-C4	T3-T5	T4-T6	O1-P3	O2-P4	T3-F7	T4-F8	Head	LH	RH	Post.	Ant.
Delta	-0.79	-0.35	-2.15	-1.73	-1.31	-0.57	-2.24	-2.08	0.45	0.99	0.75	-0.04	0.95
Theta	-1.50	-1.87	-2.15	-1.85	-0.69	-0.50	-1.48	-1.77	0.32	1.03	0.98	0.24	0.67
Alpha	0.43	0.46	1.29	0.70	0.26	-0.13	0.50	0.97	-0.76	-0.15	-0.87	-1.71	0.26
Beta	2.48	2.24	0.85	1.59	1.70	1.91	1.85	1.54	1.17	1.67	1.11	1.21	1.11
Low	-1.25	-1.18	-2.20	-1.89	-1.05	-0.61	-2.06	-2.10	1.68	1.68	1.39	0.53	1.83
Comb.	1.69	1.51	1.76	1.83	1.34	0.82	1.17	1.15	-0.67	-0.33	0.26	0.29	1.43
Best Fit	1.42	0.90	1.64	1.63	1.06	0.62	1.17	1.12	-0.67	-0.56	0.20	0.24	1.43
Mat. Lag	0.27	0.61	0.11	0.20	0.27	0.21	0.00	-0.03	0.00	0.00	0.06	0.05	0.00
Func. Dev.	1.17	1.43	0.96	1.54	2.34	1.30	1.12	1.38	1.88	1.69	1.80	1.32	1.86
Total	-0.43	-0.47	1.01	0.27	-0.20	-0.60	0.51	0.82	-0.75	-0.58	-0.66	-0.95	-0.13

# METILFENIDATO

## Relative Bipolar Power Z-scores

	Cz-C3	Cz-C4	T3-T5	T4-T6	O1-P3	O2-P4	T3-F7	T4-F8	Head	LH	RH	Post.	Ant.
<b>Delta</b>	0.34	0.11	-0.66	-0.71	-0.32	0.34	-2.02	-1.26	0.32	0.91	-0.12	-0.86	0.53
<b>Theta</b>	-0.40	-0.44	-1.64	-0.97	-0.99	-0.64	-1.04	-1.45	-0.60	-0.06	-0.35	-1.11	0.53
<b>Alpha</b>	-0.39	-0.24	0.43	-0.48	0.20	-0.24	0.50	-0.20	-1.15	-1.37	-2.94	-1.30	-0.09
<b>Beta</b>	1.80	1.76	1.30	2.40	1.38	1.43	1.67	1.79	0.69	0.73	1.01	0.50	1.28
<b>Low</b>	-0.12	-0.28	-1.20	-0.98	-0.71	-0.16	-1.80	-1.52	0.47	0.71	0.23	-1.52	1.11
<b>Comb.</b>	-0.05	-0.19	0.87	1.63	0.54	0.17	0.89	0.73	0.41	-0.60	-0.31	-0.55	0.94
<b>Best Fit</b>	-0.87	-1.71	0.86	1.31	0.53	0.12	0.88	0.30	0.41	-0.60	-0.89	-0.66	0.94
<b>Mat. Lag</b>	0.00	0.00	0.01	0.32	0.01	-0.05	0.01	-0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Func. Dev.</b>	0.85	1.15	0.75	1.06	1.38	1.01	1.24	1.30	1.70	1.75	1.69	1.68	1.69
<b>Total</b>	-0.69	-1.12	0.63	-0.30	-0.42	-0.62	0.57	0.69	-0.48	-0.66	-0.15	-0.03	-0.54

# Relative Monopolar Power Z-scores

No terapia

	Fp1	Fp2	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1	O2	F7	F8	T3	T4	T5	T6	Fz	Cz	Pz
<b>Delta</b>	-2.53	-2.22	-2.03	-2.08	-1.76	-1.86	-0.88	-0.87	-0.09	-0.18	-2.38	-2.39	-0.97	-0.53	-0.47	-0.11	-1.98	-2.65	-1.14
<b>Theta</b>	2.55	2.44	1.55	2.10	1.13	0.98	1.83	0.87	2.08	1.58	1.77	2.52	1.60	1.53	1.44	0.84	1.84	0.51	1.61
<b>Alpha</b>	1.16	0.97	0.78	0.46	0.61	0.85	-0.64	0.09	-1.09	-0.80	1.01	0.60	0.42	0.28	-0.49	-0.33	0.39	1.44	-0.27
<b>Beta</b>	0.28	0.30	0.21	0.08	-0.06	-0.14	0.54	0.34	0.55	0.97	0.58	0.43	-0.75	-0.84	0.33	0.41	0.16	0.12	0.31
<b>Low</b>	-0.98	-0.79	-0.70	-0.33	-0.53	-0.73	0.60	-0.09	1.12	0.69	-1.04	-0.59	0.29	0.45	0.53	0.35	-0.31	-1.42	0.30
<b>Comb.</b>	1.69	1.56	1.10	1.43	0.98	0.97	1.19	0.15	1.39	0.92	1.33	1.77	0.87	0.53	0.47	-0.71	1.19	1.45	1.10
<b>Best Fit</b>	1.79	1.79	1.39	1.55	1.17	1.37	-0.78	-0.31	0.67	-0.50	1.63	1.53	0.78	-0.45	-0.01	-1.17	1.23	1.66	-0.86
<b>Mat. Lag</b>	-0.98	-0.79	-0.70	-0.33	-0.53	-0.73	0.60	-0.09	1.12	0.69	-1.04	-0.59	0.29	0.45	0.53	0.35	-0.31	-1.42	0.30
	LLat	RLat	LMed	RMed	LAnt	RAnt	LCen	RCen	LPos	RPos	LH	RH	Mid	Ant	Cent	Post	Head		
<b>Delta</b>	1.15	1.06	1.49	1.43	1.82	1.72	0.97	0.97	-0.39	-0.58	1.51	1.41	1.72	2.00	1.44	-0.33	1.89		
<b>Theta</b>	1.28	1.51	1.73	1.58	1.63	1.92	0.96	0.89	1.47	0.77	1.72	1.66	1.14	1.94	0.85	1.33	1.88		
<b>Alpha</b>	-0.13	-0.82	0.20	-0.21	0.54	0.03	-0.37	-0.02	0.09	-0.51	0.02	-0.51	0.28	0.19	0.17	-0.40	-0.32		
<b>Beta</b>	-0.50	-0.47	-1.49	-0.94	-0.88	-1.16	-0.43	-0.33	-0.56	-0.16	-1.32	-0.98	-1.93	-1.42	-0.84	-0.62	-1.27		
<b>Low</b>	-0.14	-0.66	0.02	-0.60	0.41	-0.24	-0.73	-0.13	0.11	-0.70	-0.14	-0.80	0.23	-0.05	0.05	-0.44	-0.51		
<b>Comb.</b>	1.11	1.16	1.70	1.31	1.55	1.79	1.01	0.78	1.21	0.23	1.54	1.31	1.41	1.92	1.14	0.77	1.51		
<b>Best Fit</b>	1.02	0.56	1.17	1.26	1.89	1.98	1.06	1.08	-0.07	-0.74	1.19	1.13	1.41	2.02	1.43	-0.44	1.26		
<b>Mat. Lag</b>	0.01	0.13	0.01	-0.35	-0.98	-0.61	-0.16	-0.40	0.88	0.38	0.01	-0.21	-0.75	-0.74	-0.56	0.64	-0.20		

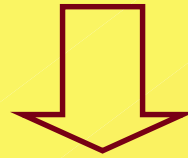
# ATOMOXETINA

## Relative Monopolar Power Z-scores

	Fp1	Fp2	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1	O2	F7	F8	T3	T4	T5	T6	Fz	Cz	Pz
<b>Delta</b>	-2.00	-1.77	-1.40	-1.18	-1.45	-1.94	-1.02	-1.37	-0.13	-0.31	-1.75	-1.59	-0.55	0.09	-0.29	-0.66	-1.81	-2.63	-1.35
<b>Theta</b>	1.14	0.77	0.25	0.45	-0.31	0.03	0.16	-0.11	1.23	0.45	0.77	0.81	0.84	0.23	0.41	-0.21	0.27	-1.20	-0.05
<b>Alpha</b>	1.43	1.36	1.09	0.96	1.32	1.37	0.61	0.93	-0.56	-0.21	0.98	0.98	0.62	0.76	0.11	0.49	1.40	2.43	1.00
<b>Beta</b>	0.60	0.79	0.46	0.06	-0.42	0.03	0.24	0.24	0.83	1.37	0.96	0.67	-0.60	-0.89	0.25	0.76	0.27	-0.65	-0.43
<b>Low</b>	-1.36	-1.36	-1.11	-0.81	-1.22	-1.34	-0.63	-0.98	0.49	-0.06	-1.20	-1.06	0.03	0.07	-0.07	-0.65	-1.33	-2.37	-0.95
<b>Comb.</b>	0.87	0.64	0.01	-0.09	0.11	0.73	-0.37	0.03	0.29	-0.55	0.55	0.46	-0.09	-0.41	-1.36	-1.32	0.53	1.60	0.07
<b>Best Fit</b>	1.37	0.79	0.76	0.42	0.74	1.16	0.23	0.79	0.06	-0.40	1.07	1.10	0.09	-0.45	-0.94	0.03	1.13	1.92	0.70
<b>Mat. Lag</b>	-1.36	-1.36	-1.11	-0.81	-1.22	-1.34	-0.63	-0.98	0.49	-0.06	-1.20	-1.06	0.03	0.07	-0.07	-0.65	-1.33	-2.37	-0.95
	LLat	RLat	LMed	RMed	LAnt	RAnt	LCen	RCen	LPos	RPos	LH	RH	Mid	Ant	Cent	Post	Head		
<b>Delta</b>	0.58	0.49	1.02	1.16	1.37	1.17	0.62	0.97	-0.28	0.34	0.91	0.98	1.70	1.44	1.33	0.21	1.30		
<b>Theta</b>	-0.06	-0.69	-0.04	-1.12	0.25	-0.01	-0.03	-1.87	0.07	-1.36	-0.16	-1.16	-0.06	-0.09	-0.16	-0.67	-0.64		
<b>Alpha</b>	-0.17	0.11	0.57	0.57	0.79	0.71	0.56	0.69	-0.69	-0.19	0.31	0.38	1.38	0.82	1.18	-0.35	0.55		
<b>Beta</b>	-0.24	0.01	-0.76	-0.20	0.02	-0.19	-0.46	-0.25	-0.45	0.40	-0.76	-0.24	-0.65	-0.34	-0.54	-0.13	-0.71		
<b>Low</b>	-0.15	-0.01	0.47	0.50	0.87	0.71	0.30	0.46	-0.76	-0.06	0.22	0.27	1.31	0.85	1.00	-0.33	0.46		
<b>Comb.</b>	-0.33	-0.55	-0.05	-0.08	0.50	0.29	-0.14	0.19	-0.57	-0.74	-0.23	-0.31	0.97	0.28	0.50	-0.68	-0.04		
<b>Best Fit</b>	0.06	0.17	0.62	0.88	1.23	0.94	0.39	0.57	-0.71	0.18	0.39	0.68	1.72	1.18	1.12	-0.32	0.83		
<b>Mat. Lag</b>	-0.42	-0.66	-0.76	-1.14	-1.32	-1.17	-0.69	-0.98	0.09	-0.58	-0.63	-1.02	-1.86	-1.29	-1.24	-0.28	-1.00		



## EEG quantificato



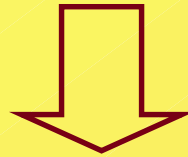
Metodi matematici

**VARETA** (Variable Resolution Electrical Tomographic Analysis: Bosch-Bayard et al. 2001) permette di calcolare le sedi intracerebrali, all'interno del volume tridimensionale del cervello, dei potenziali bioelettrici registrati dallo scalpo.

Le sedi di questi potenziali, localizzati con questi metodi, sono sovrapposte alle immagini dell'atlante probabilistico MRI (Magnetic Resonance Imaging) dell'Istituto Neurologico di Montreal (Evans et al. 1993), con ogni pixel volumetrico (voxel) dell'immagine cerebrale codificato con un colore per descrivere la significatività delle deviazioni dai valori normali attesi. Numerosi studi multimodali di immagini cerebrali hanno confermato l'accurata correlazione delle immagini cerebrali funzionali dell'EEG quantificato con le immagini ottenute con la MRI, fMRI o PET.



## EEG



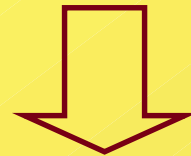
Analisi spettrale usando la Fast Fourier Transform (FFT) per quantificare la potenza assoluta di bande di frequenza molto strette (VNB: very narrow band), con un intervallo di frequenza di 0.39 Hz da 0.39 Hz a 50 Hz.



I risultati sono stati trasformati in valori standard o Z-score in rapporto ai valori normativi equiparati per età, per stimare la significatività statistica di qualsiasi deviazione locale osservata rispetto ai valori normativi attesi per l'età considerata.



Successivi algoritmi calcolano matematicamente la sede intracerebrale più probabile dei generatori all'interno del cervello, dell'attività più anomala dell'EEG registrata dallo scalpo.



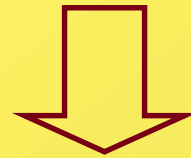
Una volta individuata la sede, essa viene mostrata sulle immagini dell'atlante probabilistico MRI dell'Istituto Neurologico di Montreal. I colori usati in queste immagini cerebrali topografiche sono i medesimi usati per le mappe topografiche cerebrali:

- un eccesso di attività in qualsiasi frequenza per quel voxel attivo in modo abnorme, appare con un colore che varia dal rosso all'arancio al giallo
- un deficit di attività viene mostrato con tinte che vanno dalla porpora al blu al turchese





Gli studi con VARETA (Chabot et al, 2001) indicano che il substrato neuronale dell'ADHD coinvolge più strutture.



Le anomalie più significative evidenziate sono:

- **Frequenza 11 Hz** (alpha): gangli basali, regioni corticali di destra > correlati con alterazioni del comportamento
- **Frequenza 5.4 Hz** (theta): regioni ippocampali e para-ippocampali e regioni corticali temporali > correlati con la pianificazione motoria e gli aspetti cognitivi





## CONCLUSIONI

- Conferma di profili neurofisiologici diversi nell' ADHD
- Elevata sensibilità e specificità (nel nostro laboratorio comprese fra l'86 ed il 90 %)
- Possibile applicazione per orientare la scelta terapeutica e monitorarla nel tempo
- Possibilità di approfondire e definire l'eziopatogenesi del disturbo
- **Al confronto con gli altri metodi di neuroimaging funzionale (SPECT, PET, fMRI) l'EEGq ha il vantaggio di essere non invasivo, di facile esecuzione, sicuro e poco costoso.**



**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**