

**SERVIZIO SANITARIO REGIONALE
EMILIA-ROMAGNA**
Azienda Unità Sanitaria Locale di Reggio Emilia
IRCCS Istituto in tecnologie avanzate e modelli assistenziali in oncologia



EEG normale nei neonati pretermine e a termine

Presidio Ospedaliero Provinciale Santa Maria Nuova
Arcispedale Santa Maria Nuova di Reggio Emilia
Dipartimento Materno Infantile Neuropsichiatria Infantile
Il Direttore DOTT. CARLO FUSCO

Dott.ssa Laura Caiazza
Medico in Formazione Specialistica
Scuola di Specializzazione in
Neuropsichiatria Infantile
Università degli studi di Modena e
Reggio Emilia

Età gestazionale (GA):

- Numero di settimane dal primo giorno dell'ultimo ciclo mestruale della madre alla data di nascita.

Età corretta (CA):

- GA alla nascita più il numero di settimane post-partum.

Neonato a termine

- Neonato nato dopo 38 settimane.

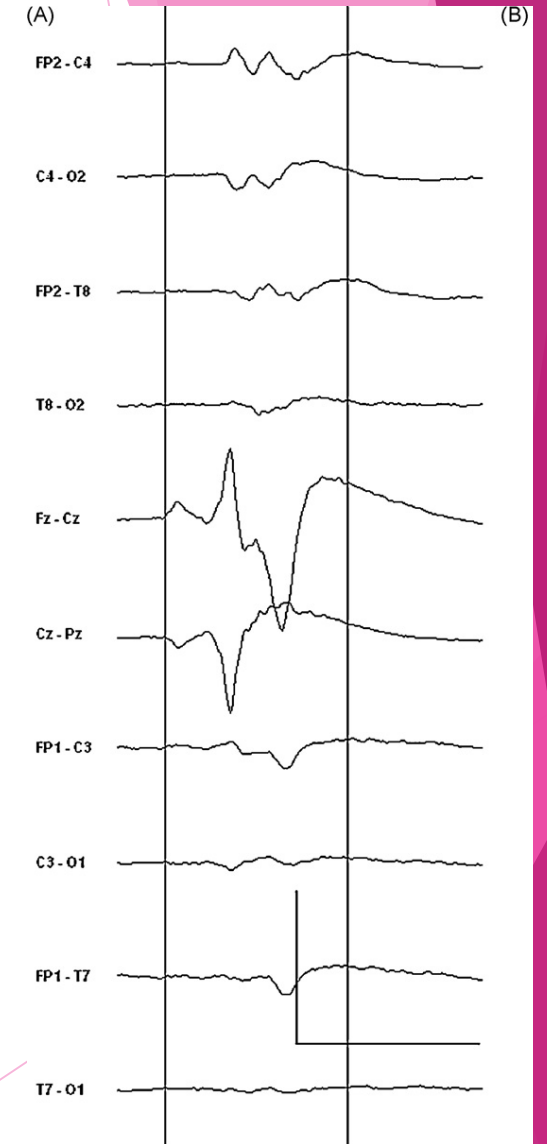
Nato pretermine:

- Neonato nato prima di 37 settimane.

Metodi di registrazione:

- 8 elettrodi di registrazione (FP2, C4, T4, O2, FP1, C3, T3, O1)
- ECG } Poligrafia
- Respiro }
- Elettrodi aggiuntivi raccomandati (Fz, Cz, Pz)

Questi 11 elettrodi permettono di identificare le onde rolandiche aguzze positive (PRSW)



Simmetria/asimmetria interemisferica: è definita fisiologica una differenza di ampiezza <50% tra due aree omologhe dei due emisferi. Differenze in morfologia e/o frequenza sono patologiche.

Sincronia/asincronia interemisferica: riflette il livello di interazione tra i due emisferi. La presenza di caratteristiche simili di durata comparabile, misurate quasi simultaneamente in due aree della corteccia. Nei neonati pre-termine, la sincronia interemisferica è definita come la simultanea presenza di periodi attivi tra i due emisferi, con una differenza stimata di 2s (presente solo per scariche ad alta frequenza fino a 28w, da 31w l'asincronia diminuisce).

Lability: fluttuazioni nell'attività dell'EEG in ampiezza e frequenza.

Reattività: modifiche dell'attività dell'EEG in risposta a uno stimolo sensitivo.

Organizzazione spaziale: localizzazione di specifiche caratteristiche con una predominanza regionale, evolve con la maturazione.

Il pattern di un EEG normale in un neonato alterna periodi di attività ad **alta frequenza** e periodi a **bassa frequenza**

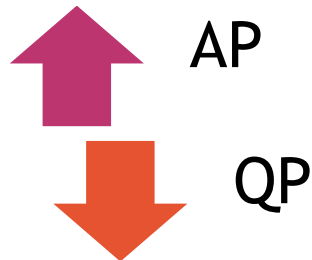


Active period (AP), mostrano caratteristiche età dipendenti. Interazione tra zona sottocorticale e piatto corticale. >50microV registrati in almeno due derivazioni per almeno 1s.



Quiet period (QP), mostrano un silenzio neuronale e rappresentano un processo fisiologico. <50microV registrati in tutte le derivazioni per almeno 1s.

Con il procedere della maturazione cerebrale i periodi di attività aumentano e quelli di quiete diminuiscono.



Nel neonato il sonno è caratterizzato da:

sonno attivo (AS) e periodi a **sonno quieto (QS)**



Presenza di movimenti rapidi degli occhi (REM), frequenza respiratoria irregolare, all'elettromiografia assenza di tono a livello del mento, movimenti del corpo e facciali (tipicamente sorriso) e attività continua all'EEG. L'AS è considerato un precursore del sonno REM.

Esistono due forme AS1 precede il sonno quieto e AS2 che segue il sonno quieto.

Caratterizzato dall'assenza dei movimenti rapidi degli occhi, frequenza respiratoria regolare, all'EMG presenza di tono a livello del mento, pochi movimenti del corpo e all'EEG attività più discontinua. Meglio identificato dalla 28-29 wGA.

Il riconoscimento degli artefatti è molto importante nell'EEG

Artefatti prolungati, che avvengono random:

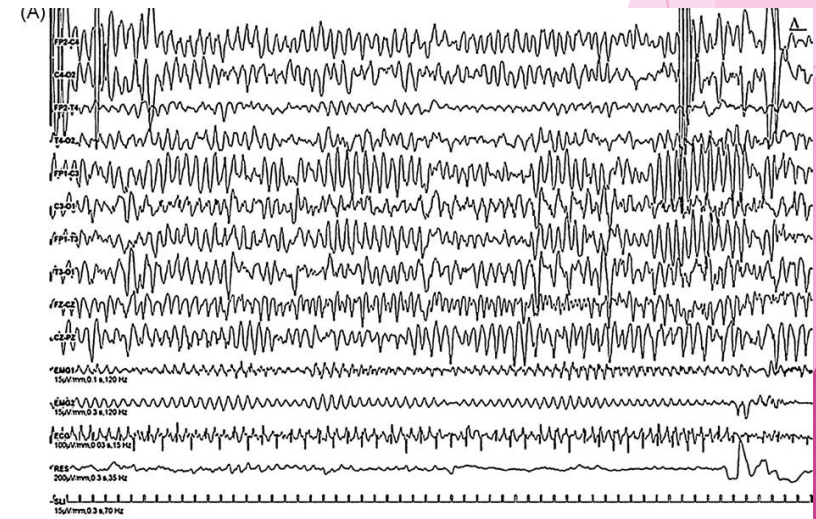
- «line» noise, frequenza aggiunta dall'alimentazione elettrica, eliminato con i tradizionali filtri.
- Artefatti muscolari, frequenza elevate (50 Hz), non possono essere completamente rimossi con i tradizionali filtri.
- Ventilatore ad alta frequenza (10-15 Hz)

Artefatti transitori:

- Oculari, dovuti all'apertura degli occhi, sono rari nei nati a termini e assenti nei pre-termine. Per la bassa ampiezza del campo elettrico retinocorticale.
- Da elettrodi, spikes lenti negativi improvvisi inizialmente seguiti da un'onda lenta.
- Aliasig, durante conversione analogico/digitale del segnale.

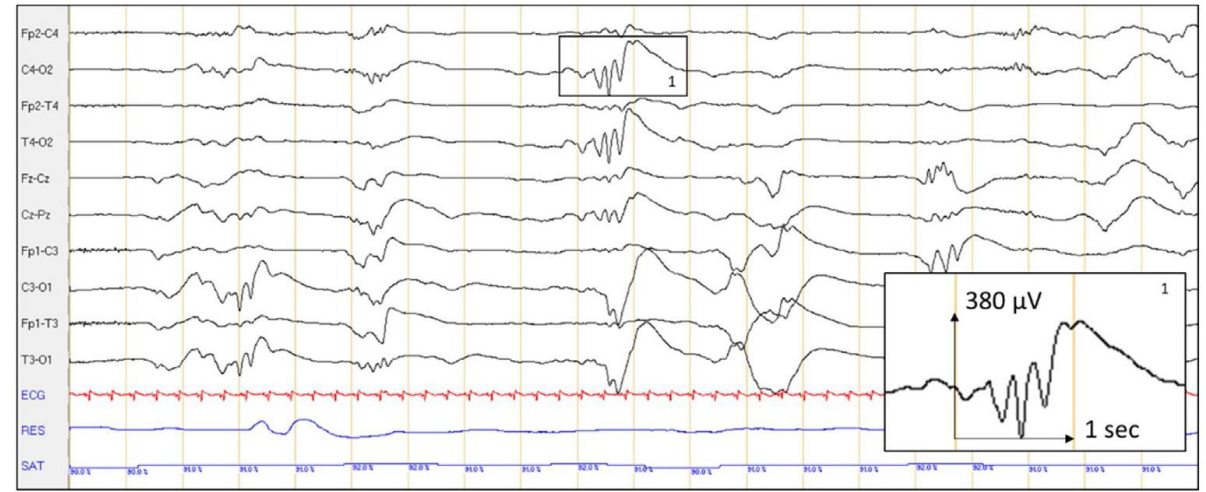
Artefatti prolungati, regolari, ritmici:

- Artefatti cardiaci o respiratori: possono imitare una sequenza critica.
- Sucking artefact, dopo le 28 wGA. Ritmo veloce dei muscoli che si sovrappone su onde lente theta-delta.
- Artefatti da singhiozzo
- Artefatti da movimento, la presenza di EMG o ECG o video può registrare il movimento.
- Artefatti da dondolio: onde lente ritmiche. Vanno ripotati o registrati.
- Artefatti ambientali: dovuti alla strumentazione o al movimento del personale intorno al bambino.

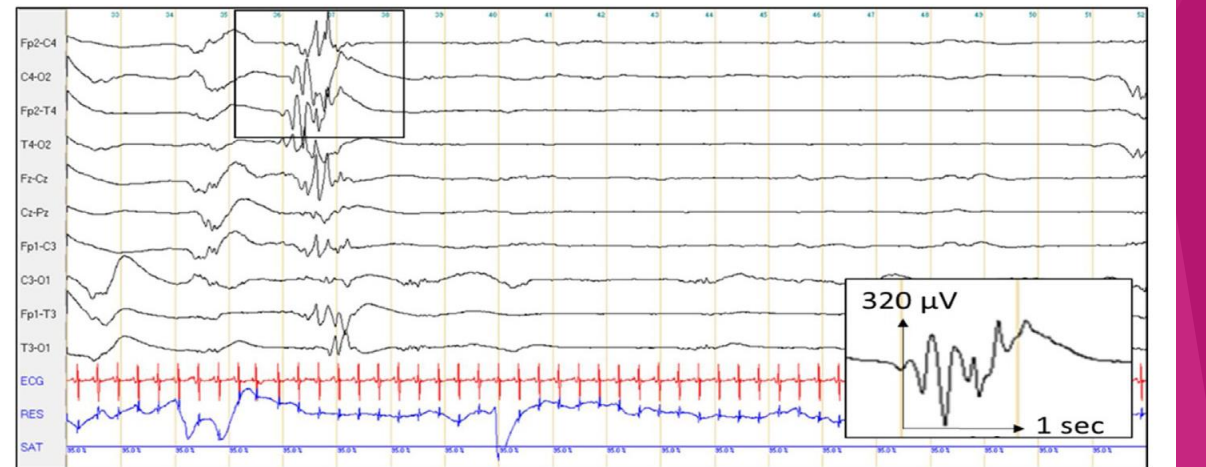


La graduale formazione dei network neuronali fa sì che si generi attività neuronale endogena con la comparsa/scomparsa di specifiche caratteristiche all'EEG specifiche per età.

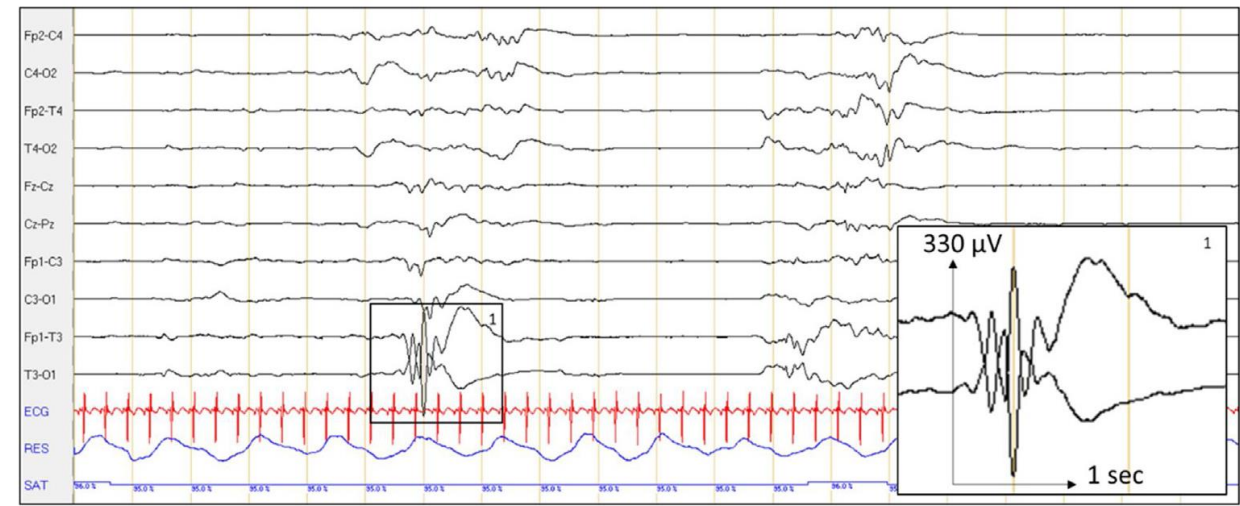
1) **Theta occipital activity in coalescence with slow waves (TOA-SW)**: appare intorno alle 24wGA e generalmente scompare tra 27-28 wGA, sempre prima delle 30wGA. La morfologia consiste in scariche di onde aguzze da 4 a 7 Hz in presenza di onde delta lente in area occipitale. L'ampiezza tra 100-400 microV. La maggior parte delle volte isolate o asincrone tra i due emisferi.



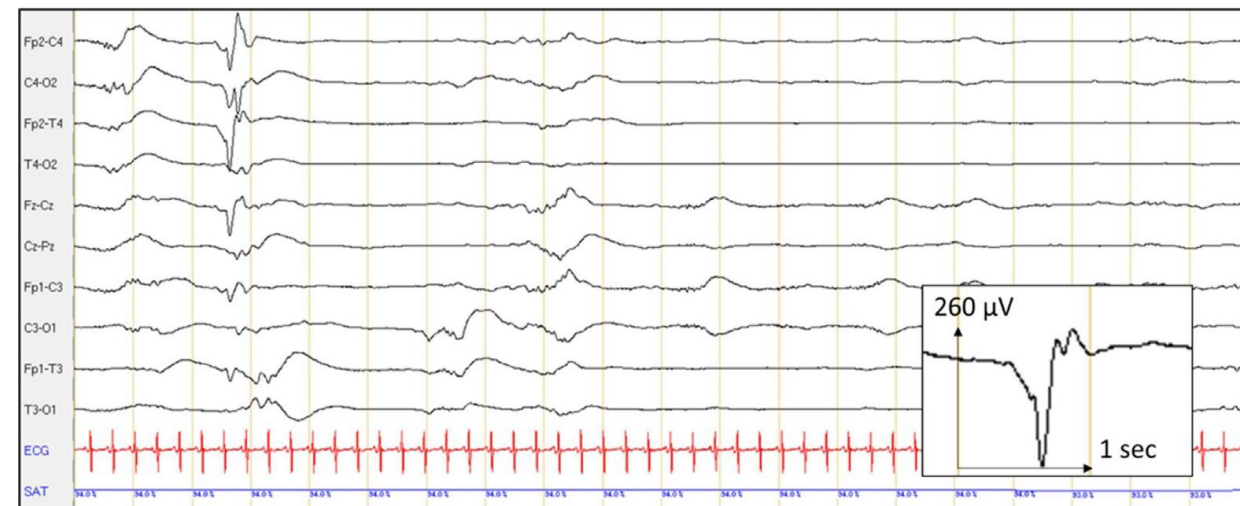
2) **Theta frontal activity in coalescence with slow waves (TFA-SW)**: caratterizza gli stati precoci di maturazione ma non sempre è osservata. Appare a 24 wGA e scompare a 28wGA. Consiste in scariche di onde aguzze tra 4 e 7 Hz insieme a onde lente, osservate in area frontale. Sia sincrone che asincrone, più frequenti nell'emisfero di destra. Possono essere sincrone con TTA-SW.



3) **Theta temporal activity in coalescence with slow waves (TTA-SW):** appaiono tra la 24-26 wGA e sono massimamente espresse tra la 27-30 wGA. Scompaiono alla 32wGA durante AS e 34-36wGA nel QS. Scariche di onde aguzze 4-7Hz insieme a onde lente bifasiche, in area temporale. Sia sincrone che asincrone in entrambi gli emisferi. Ampiezza tra 100-600 microV, eccezionalmente 800 tra 27-28 wGA

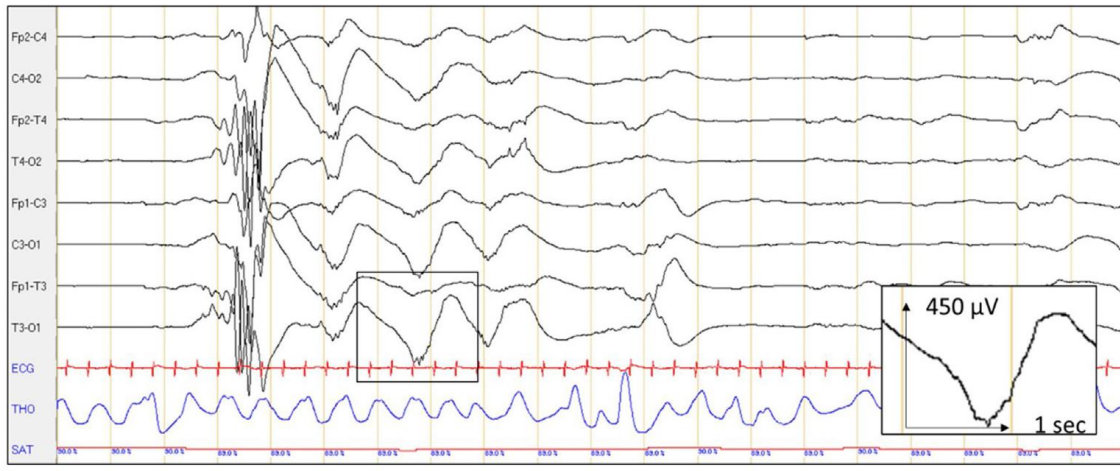


4) **Sharp frontal delta activity:** non sempre osservate. Compaiono tra 24-26wGA e scompaiono tra 27-28wGA, sempre prima di 30wGA. Onde aguzze lente bi- o tri-fasiche in area frontale. Ampiezza tra 100-600microV, massimo 800microV, durata di 0.5-1s. Spesso isolate o asincrone.

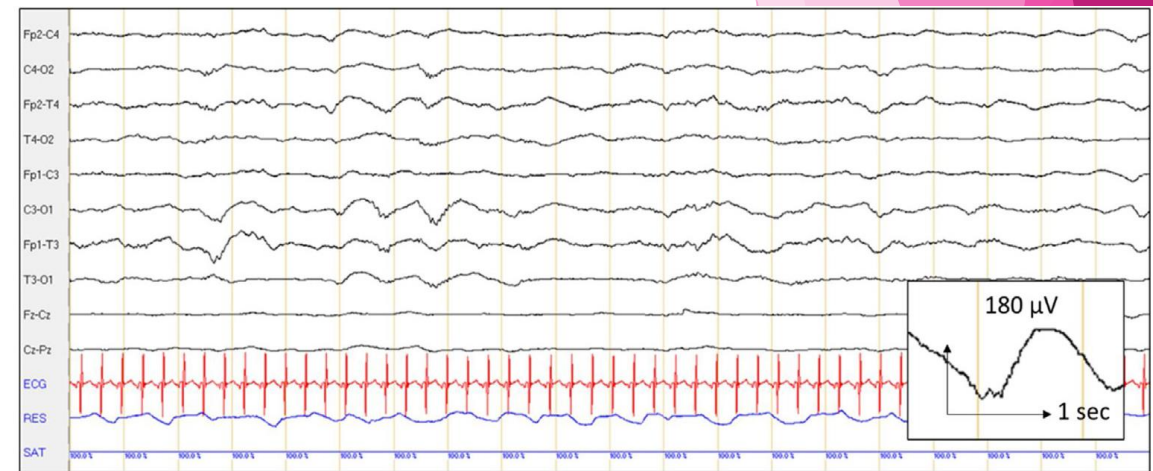


5) **Slow delta waves:** mono o bifasiche (0.3-2Hz) smussate (da 24wGA) o con ritmo rapido sovrainposto (da 28-30wGA). La morfologia cambia con la maturazione, la frequenza di entrambe le component aumenta con l'età. Sono chiamate "delta brushes" se c'è ritmo sovrainposto alpha-beta. Ampiezza 100-600 microV, diminuisce con l'età. Diffuse o multifocali, progressivamente temporo-occipitali, infine solo occipitali da 36wGA. Picco tra 32 e 35wGA scompaiono a 38 - 42wGA.

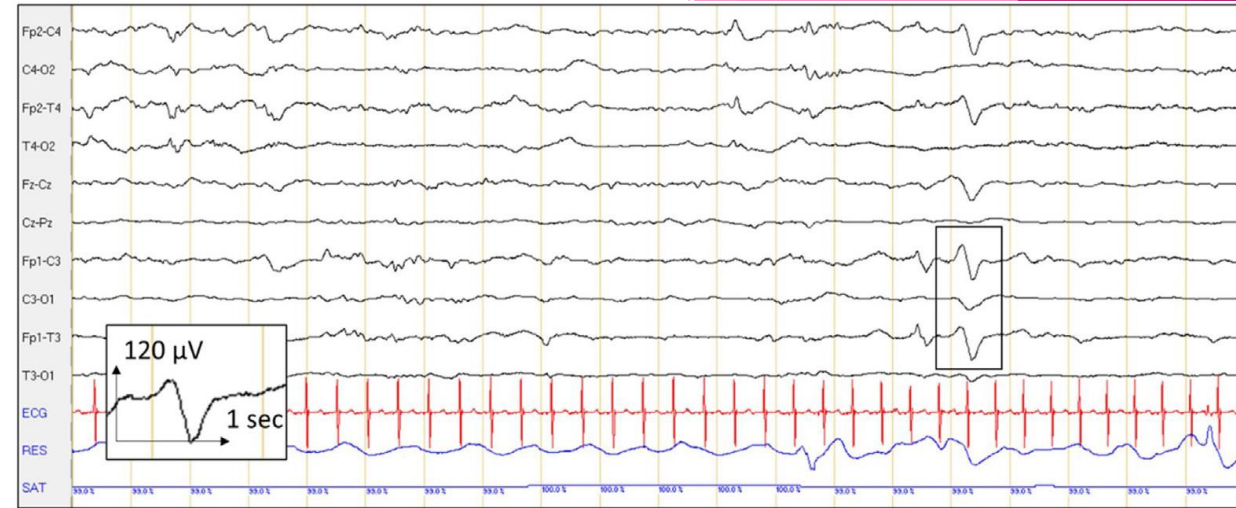
27 wGA



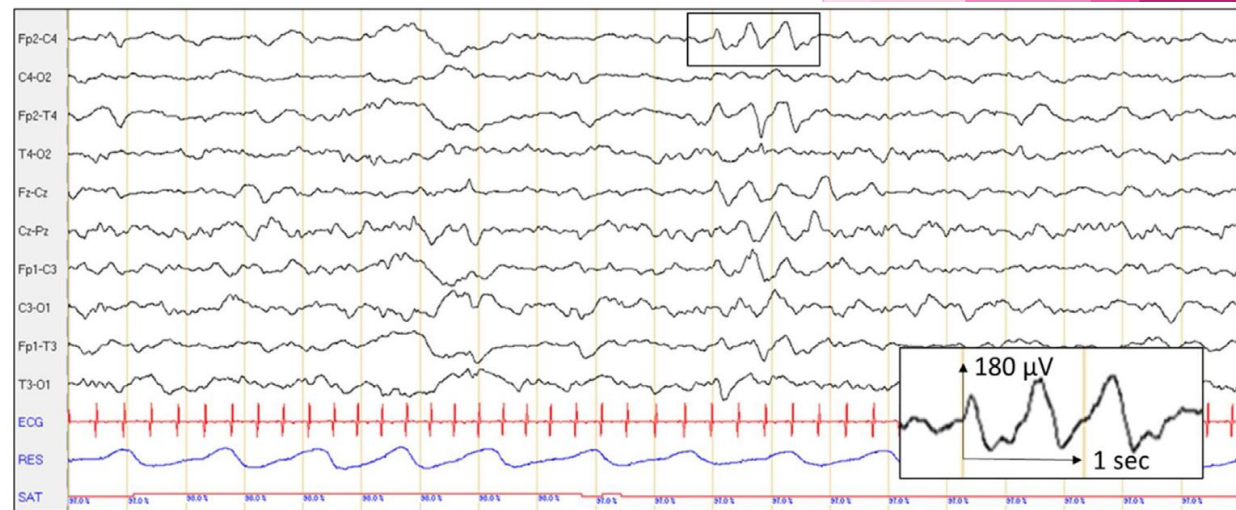
36 wGA



6) **Frontal transient sharp waves (Encoche frontal):** onde difasiche (50-200 μV) con una piccola iniziale deflessione negativa seguita da deflessione positiva di maggiore ampiezza, di durata 0.5-0.75s. Localizzate in sede frontale, generalmente sincrone ma anche unilaterali. Preferenzialmente osservate durante AS1 prima della transizione a QS. Compaiono tra 35-36 wGA e scompaiono a 1 mese di vita. A volte possono comparire da 33 wGA con aspetti incompleti.



7) **Anterior slow dysrhythmia (Dysrhythmie lent antérieure):** onde delta monomorfiche e/o polimorfiche (1-3 Hz, 50-100 μV) osservate in brevi scariche (1-3 s) durante AS 1, in area frontale. Generalmente sincrone, appaiono a 36-37 wGA e scompaiono durante il primo mese di vita.

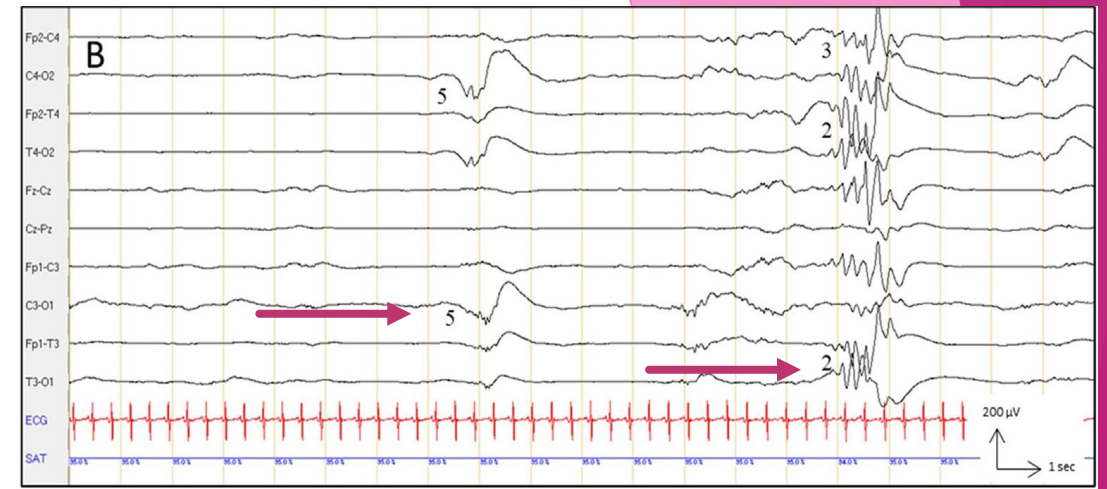
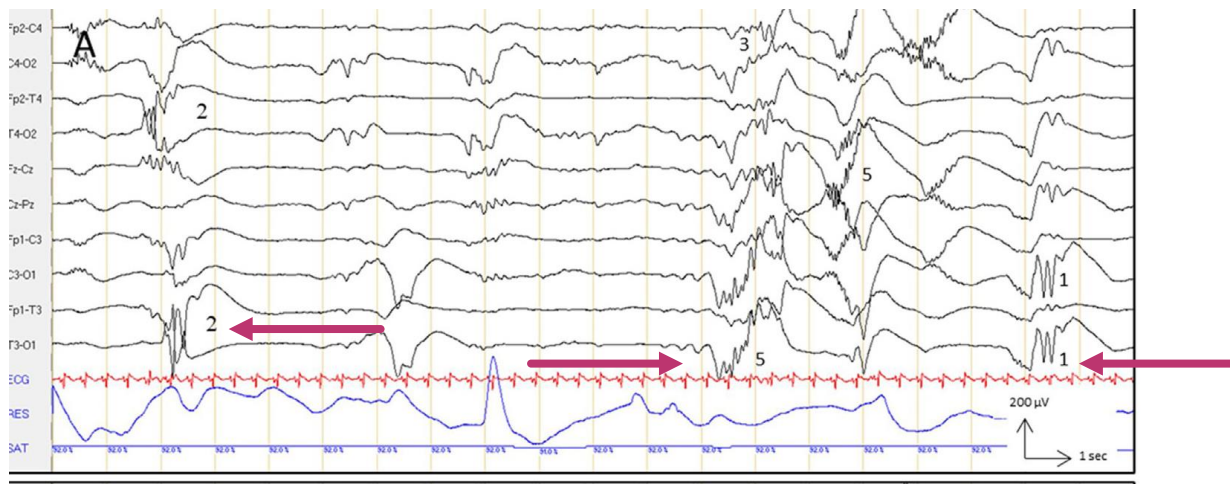


EEG neonato 24 – 26 settimane GA:

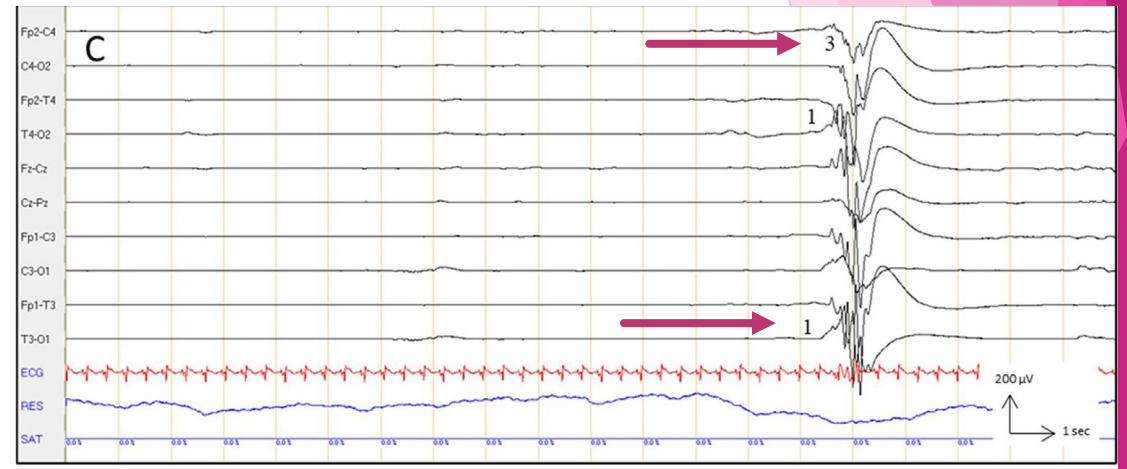
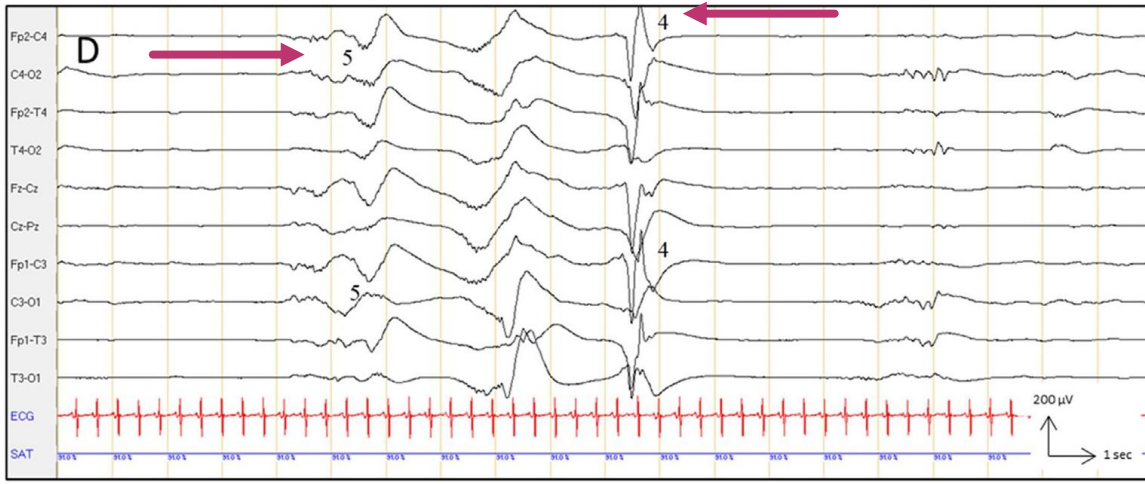
- Quiet period di durata variabile, 20-25 s
- Active period durata <60s, 1-40 s.
- Reattività non è presente.
- Attività di fondo: *Very discontinuous tracing (se QP>50%) e a 26 iniziale semi discontinuous tracing (QP non >50%)*

Caratteristiche EEG specifiche:

- 1 TOA-SW +++: scariche di onde aguzze theta (4-7 Hz) insieme a onda lenta bifasica (100-350microV), a livello Occipitale, sincrona, asincrona o isolate.
- 2 TTA-SW +: scariche di onde aguzze theta (4-7 Hz) insieme a onda lenta bifasica (100-600microV), temporale, sincrona o asincrona.
- 3 TFA-SW +/-: scariche di onde aguzze theta (4-7 Hz), spesso insieme a onda lenta (100-500microV), frontale. Sincrona asincrona, isolata, spesso sincrona con TTA-SW.
- 4 Sharp frontal delta wave +/-: onda lenta bi- o trifasica (0.5-1 s) (100-600hz), Frontale. Prevalentemente asincrona.
- 5 Slow delta waves +: onda lenta mono o bifasica (0.5-1HZ), smussato o con onda rapida sovrainposta (5-25 HZ). A livello occipitale (100-600microV; sincrono), temporale (100-500microV; asincrono) e frontale/centrale (<400microV; asincrono)



A attività continua
B,C,D attività subcontinua



EEG neonato 27 – 28 settimane GA:

- Ciclicità del sonno: +/- active/quiet sleep
- Quiet period: durata 1-30 sec
- Active period: variabile 1-40 s
- Attività di fondo: *discontinuous* ma con periodi di *continuity* maggiori
- Reattività: appare progressivamente

Caratteristiche EEG specifiche:

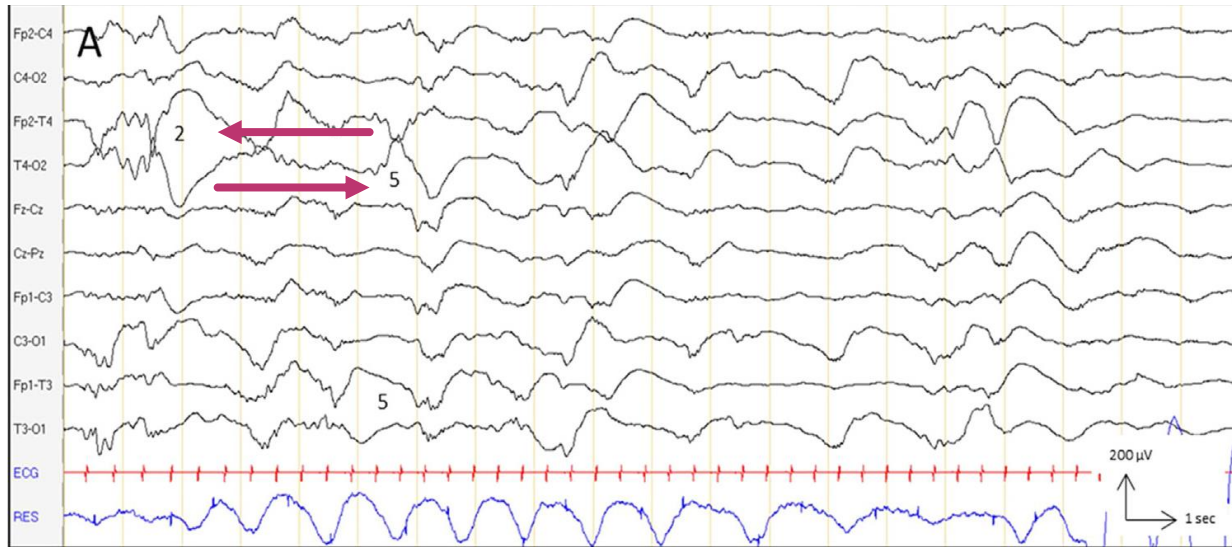
2 TTA-SW ++: scariche theta (4-7 Hz) di onde aguzze insieme a onda lenta bifasica (100-600microV), temporale, sincrona o asincrona.

1 TOA-SW +: scariche theta (4-7 Hz) di onde aguzze insieme a onda lenta bifasica (100-350microV), a livello occipitale, prevalentemente asincrona.

3 TFA-SW +/-: scariche di onde aguzze theta (4-7 Hz), spesso insieme a onda lenta bifasica (100-500microV), frontale. Prevalentemente asincrona, sincrona con TTA-SW.

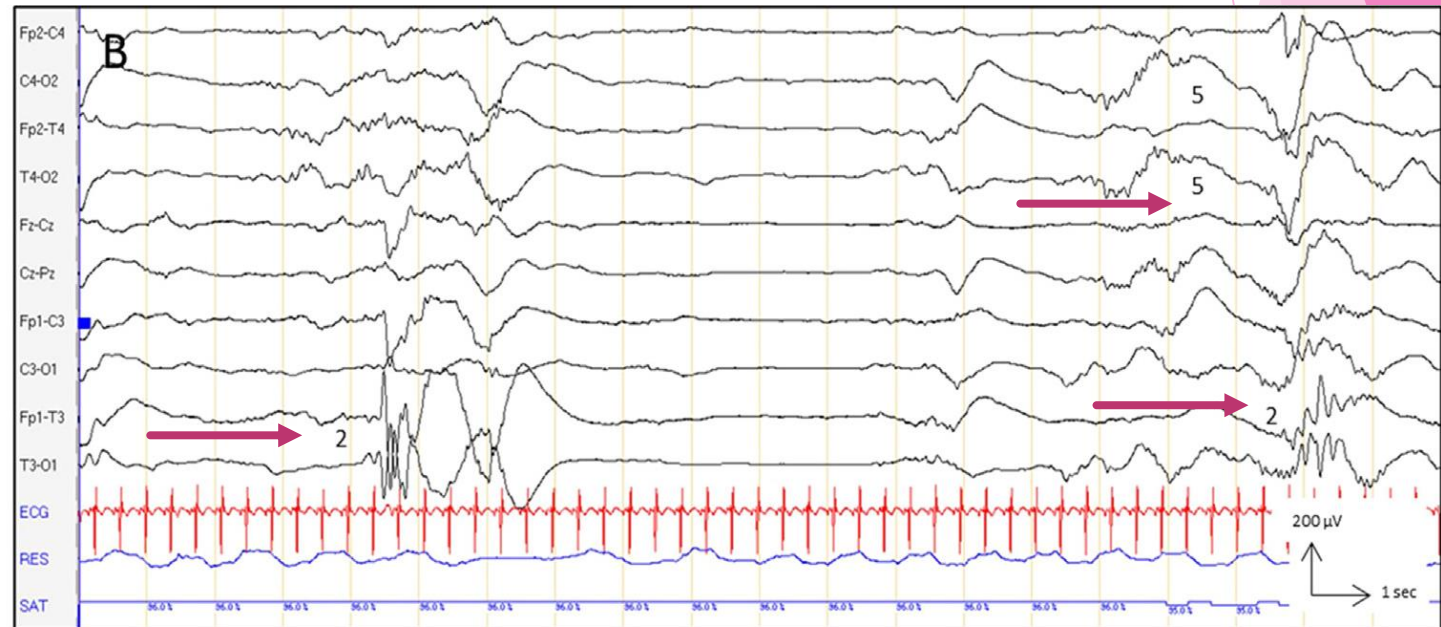
4 Sharp frontal delta waves +/-: onda lenta bi o trifasica (0.5-1 s) (100-600hz), Frontale. Prevalentemente asincrona.

5 Slow delta waves: onda lenta mono o bifasica (0.5-1HZ), smussato o con onda rapida sovrapposta (5-25 HZ). A livello occipitale (100-600microV), temporale (100-500microV) e frontale/centrale (<400microV). Compaiono in sequenza (occipitale/temporale) spesso bilaterali e sincrone. Centrale/frontale frequentemente isolata e asincrona.



A: attività continua

B: attività sub-continua



EEG neonato 29 – 30 settimane GA:

- Ciclicità del sonno: + active period active/quiet sleep
- Quiet period: durata 1-27 sec
- Active period: variabile 1s - 4 min, fino a 10 min
- Attività di fondo: *AP continuous activity ; in AS/QS discontinuous activity*
- Reattività: aumentata

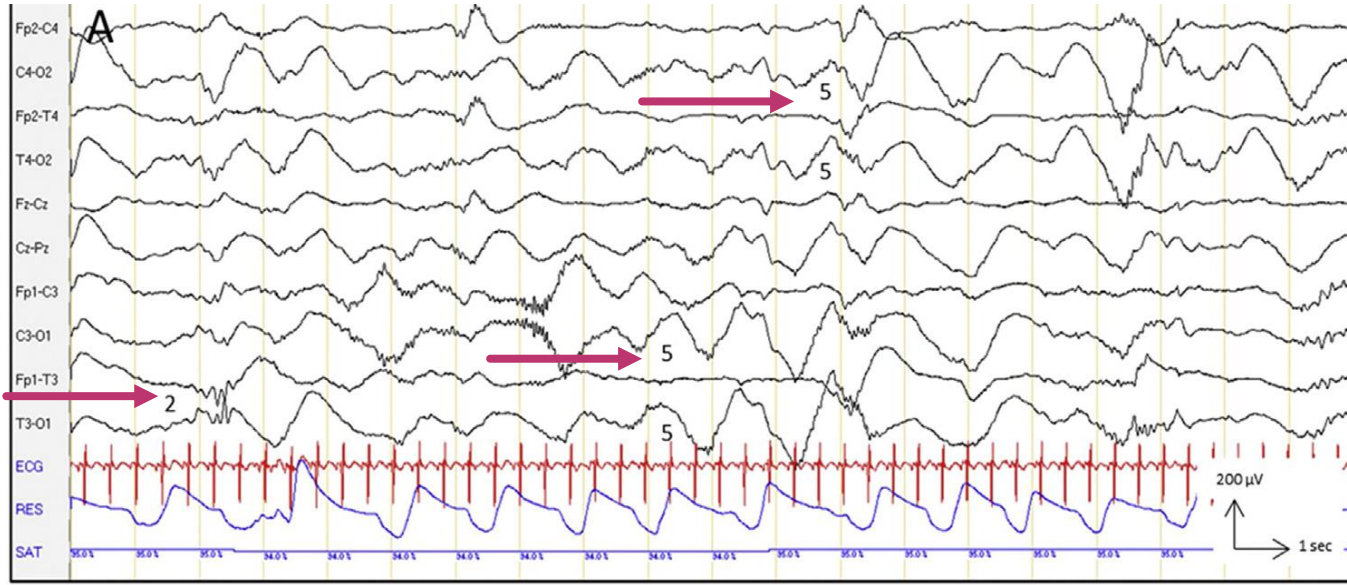
Caratteristiche EEG specifiche:

2 TTA-SW +++: scariche theta (4-7 Hz) di onde aguzze insieme a onda lenta bifasica (100-300microV), temporale, sincrona o asincrona.

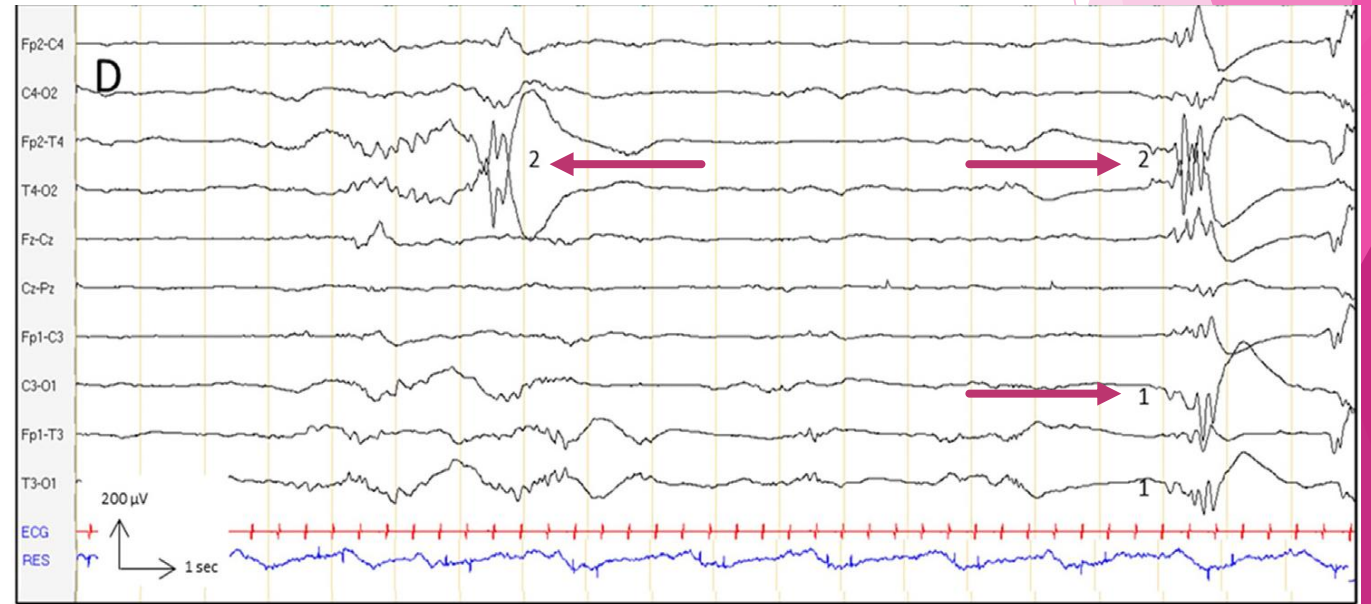
5 Slow delta waves ++: onda lenta mono o bifasica (0.5-2HZ), con onda rapida sovrapposta (5-25 HZ). A livello occipitale (100-400microV) sincrone in sequenza, temporale (100-400microV) spesso asincrone e frontale/centrale (100-300microV) isolate o asincrone.

1 TOA-SW +: scariche theta (4-7 Hz) di onde aguzze insieme a onda lenta bifasica (100-350microV), a livello occipitale, prevalentemente asincrona.
Scoprire a questa GA

4 Sharp frontal delta waves +/-: bi o trifasica onda lenta (0.5-1 s) (100-400hz), Frontale, asincrona.
Scoprire a questa GA



A:veglia attiva
D:quiet sleep



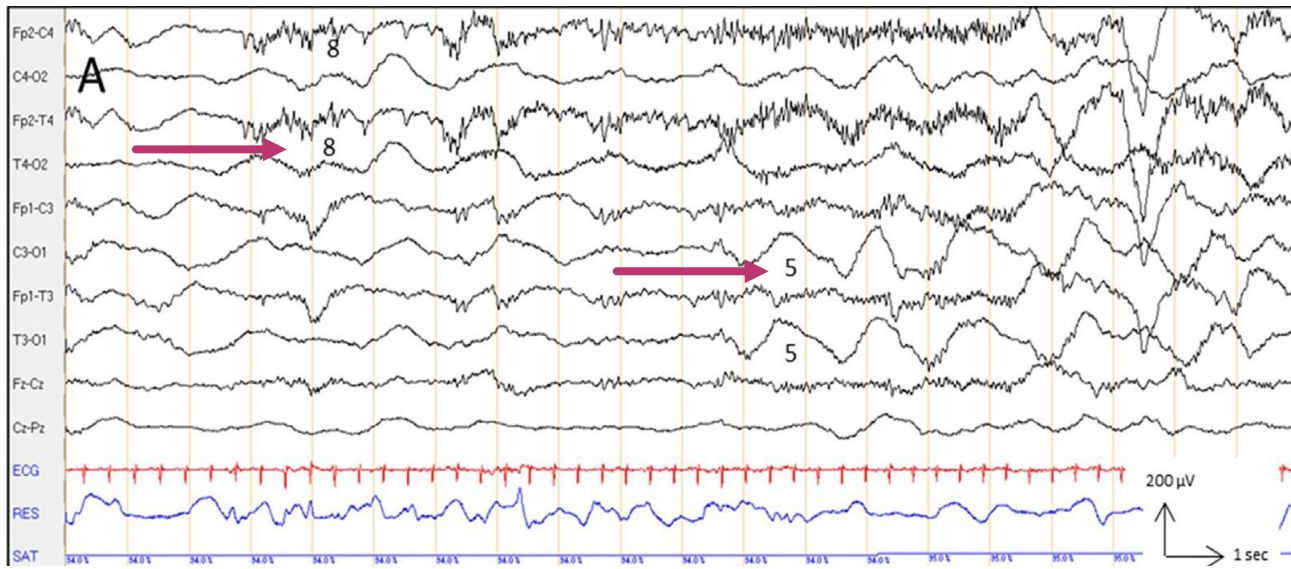
EEG neonato 31 – 33 settimane GA:

- Ciclicità del sonno: + active period /quiet period e active/quiet sleep
- Quiet period: QS <15s; AS <10s
- Attività di fondo: *AP, QP, AS continuous activity ; in QS discontinuous activity*
- Reattività: aumentata

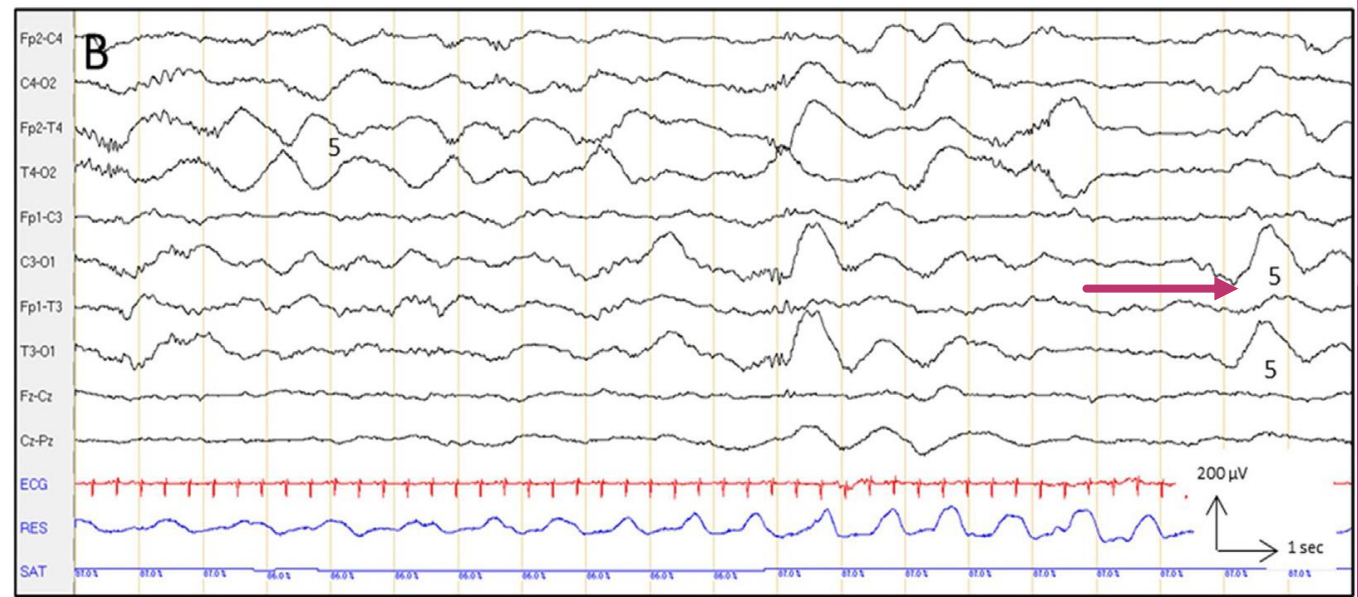
Caratteristiche EEG specifiche:

2 TTA-SW +: scariche theta (4-7 Hz) di onde aguzze insieme a onda lenta bifasica (100-300microV), temporale, sincrona o asincrona. Scopre in AS a 32wGA, persiste in QS.

5 Slow delta waves +++: onda lenta mono o bifasica (0.5-2HZ), con onda rapida sovrapposta (5-25 HZ). A livello occipitale e temporo-occipitale, in sequenza. (100-300microV).



A: active period;
B: active sleep;



EEG neonato 34 – 36 settimane GA:

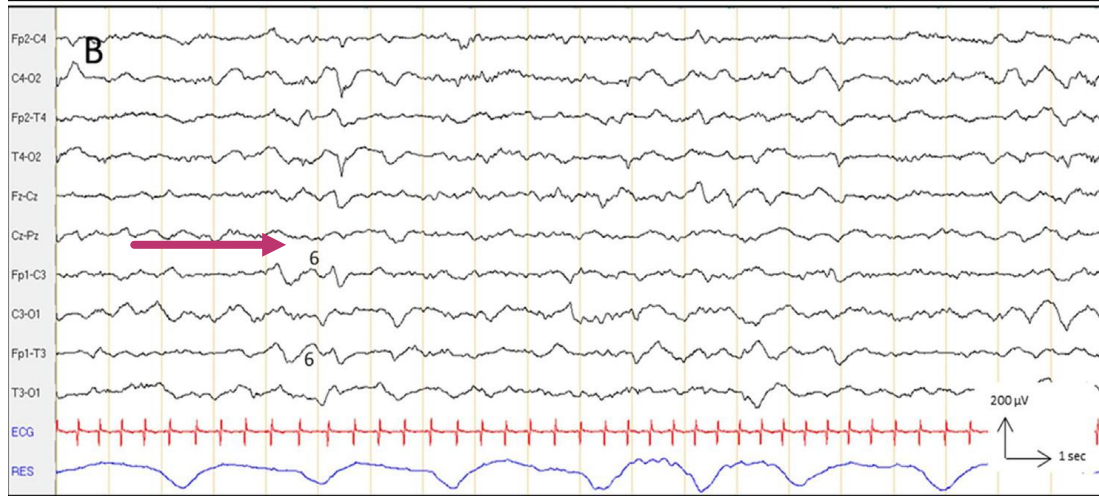
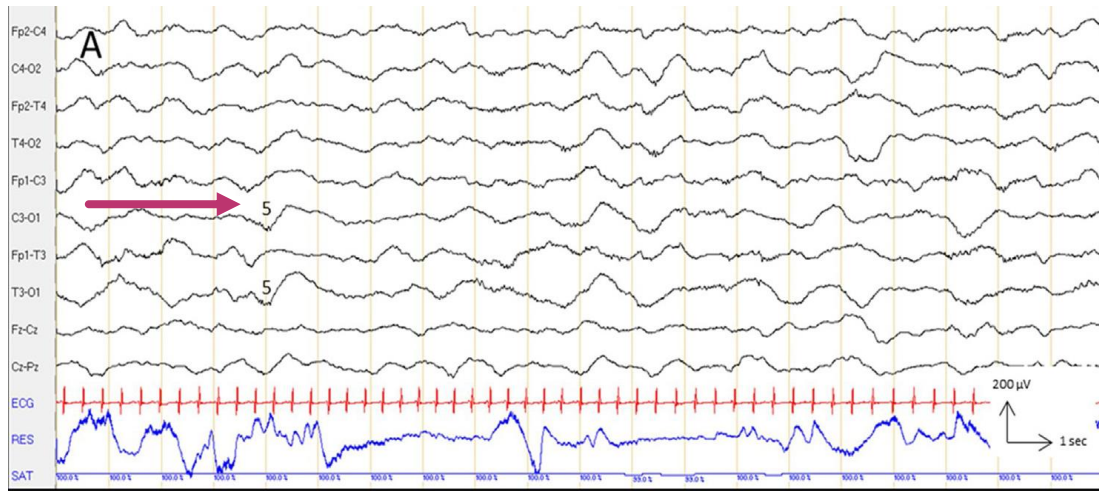
- Ciclicità del sonno: + active period /quiet period e active/quiet sleep
- Quiet period: <10 s
- Active period: sempre tranne in QS
- Attività di fondo: *AP e QP continuous (activité moyenne da 36wGA, diffusa, irregolare, continua con predominanza rolandica, in banda theta) ,AS continuous activity ; in QS discontinuous acitvity*
- Reattività: aumentata

Caratteristiche EEG specifiche:

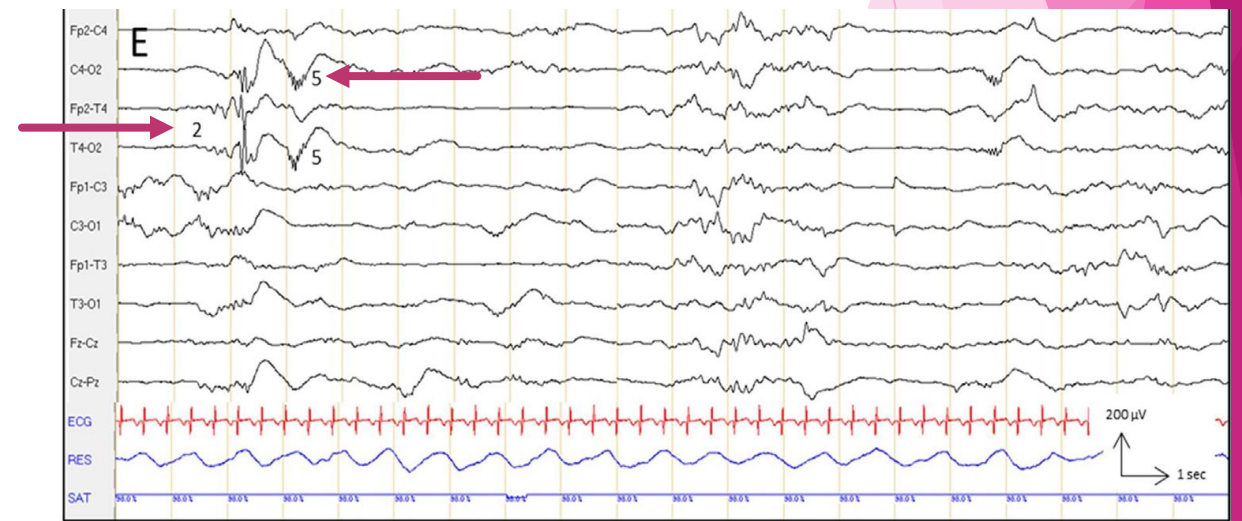
5 Local slow delta waves +++: onda lenta mono o bifasica (0.5-2HZ), con onda rapida sovraimposta (5-25 HZ). A livello occipitale, in sequenza. (100-300microV). Più diffuse in QS, più numerose che a 32 wGA.

6 Transient frontal sharp waves (Encoche frontal) +/-: smussa incompleta e asimetrica, frontale, sincrone. (50-200 microV).

2 TTA-SW +/-: scariche theta (4-7 Hz) di onde aguzze insieme a onda lenta bifasica (100-300microV), temporale, asincrona, +/- unilaterali. Solo in QS, scompare a questa GA



A: AP
 B: AS
 E: QS (solo qui c'è ancora TTA-SW)



EEG neonato 37 – 41 settimane GA:

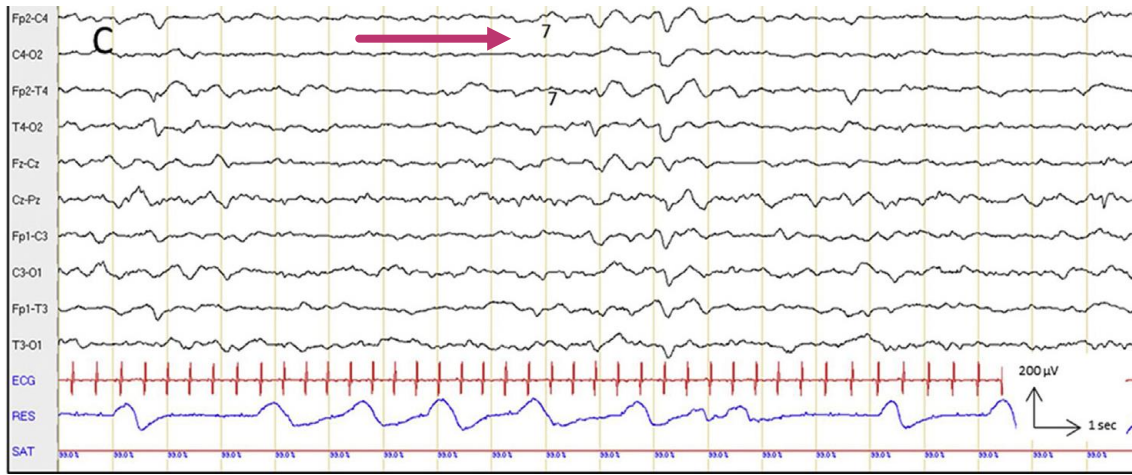
- Ciclicità del sonno: ++ active period /quiet period e active sleep 1/quiet sleep/active sleep 2
- Attività di fondo: AP e QP e AS2 **activité moyenne** (diffusa, irregolare, continua con predominanza rolandica, in banda theta), AS1 **mixed frequency** (attività continua a bassa ampiezza con sovraimposte onde lente, 2- 4 Hz, ad alta ampiezza >100 microV) e **low voltage irregular** (continuo, uniformemente distribuito basso voltaggio theta e delta); in QS **tracé alternant** (scariche di 5-6 s, di onde delta bilaterali, sincrone e simmetriche, in attività theta continua. Le onde sono smusse in area occipitale e aguzze in area frontale. Compaiono alla 37 wGA e scompaiono a 44wGA) e **high voltage slow** (continuo, ampiezza elevata, attività delta). **Tracé lent continu** (attività con onde lente continue, 1-3 Hz, con predominanza occipitale compare a 38 wGA)

Caratteristiche EEG specifiche:

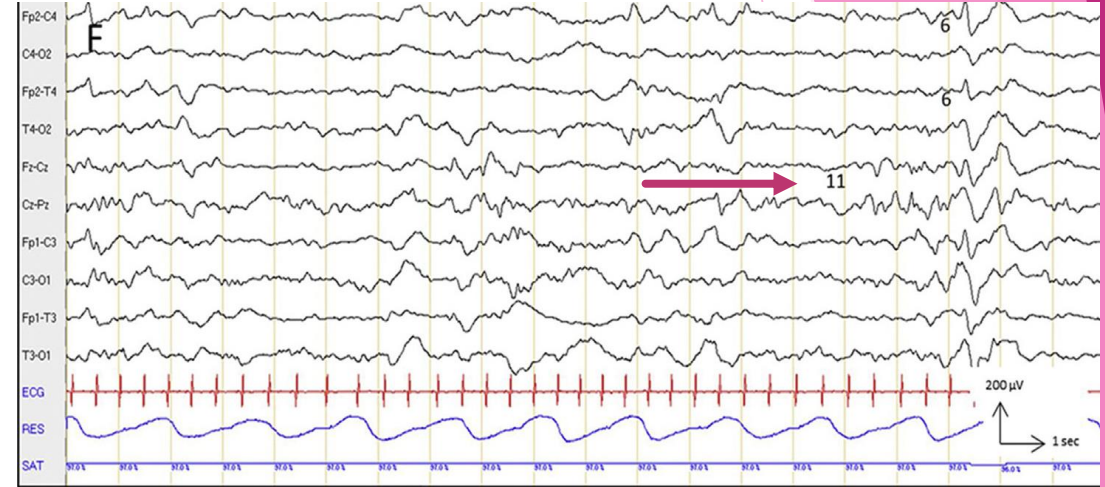
5 Local slow delta waves +: onda lenta mono o bifasica (0.5-2HZ), con onda rapida sovraimposta (5-25 HZ). A livello occipitale, in sequenza. (100-300microV). AS1 e QS, dopo 38wGA solo QS.

6 Transient frontal sharp wave (Encoche frontal)+: difasiche (50-200 microV) con una piccola iniziale deflessione negativa seguita da deflessione positiva di maggiore ampiezza, durata 0.5-0.75s. Sede frontale, generalmente sincrone ma anche unilaterali. Preferenzialmente osservate durante AS1 e all'inizio di QS.

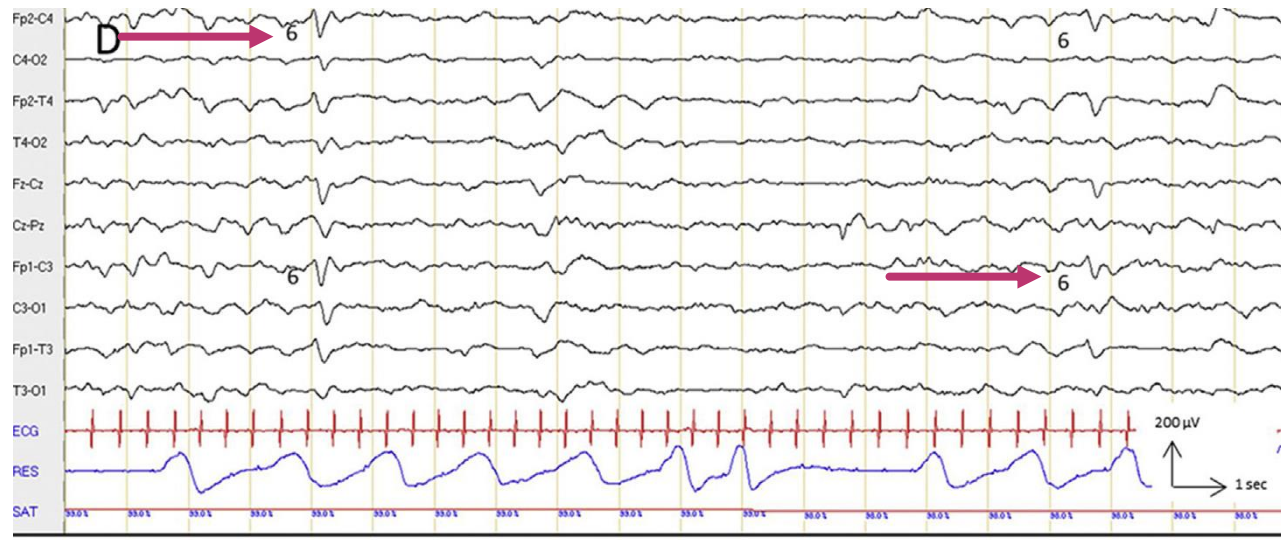
7 Slow anterior dysrhythmia ++: beve scarica monomorfa o polimorfa di onde delta 1-3 Hz (50-100 micrV) , frontali, predominanti in AS1



11 Scariche di ritmo theta rolandico: scariche di attività theta, a volte aguzze in QS (1-3 s). Sede rolandica/centrale.



C, D: AS1
F: quiet sleep
(tracé alternant)



EEG neonato >41 GA:

Durante i primi 3 mesi di vita l'EEG si modifica verso patterns infantile. In veglia, **mixed frequencies activity** viene gradualmente sostituito da onde theta, più ritmiche, con maggiore frequenza. Queste sono inizialmente localizzate in sede rolandica occipitale.

Il passaggio dalla veglia al sonno è caratterizzato da rallentamento in onde delta.

L'organizzazione del sonno passa attraverso la modifica del **tracé alternat** in una diffusa attività delta polimorfica con massima ampiezza (150-200 mV) nelle aree occipitali.

Bibliografia:

- Bourel-Ponchel E, Gueden S, Hasaerts D, Héberlé C, Malfilâtre G, Mony L, Vignolo-Diard P, Lamblin MD. Normal EEG during the neonatal period: maturational aspects from premature to full-term newborns. *Neurophysiol Clin.* 2021 Jan;51(1):61-88. doi: 10.1016/j.neucli.2020.10.004. Epub 2020 Nov 22. PMID: 33239230.
- André M, Lamblin MD, d'Allest AM, Curzi-Dascalova L, Moussalli-Salefranque F, S Nguyen The T, Vecchierini-Blineau MF, Wallois F, Walls-Esquivel E, Plouin P. Electroencephalography in premature and full-term infants. Developmental features and glossary. *Neurophysiol Clin.* 2010 May;40(2):59-124. doi: 10.1016/j.neucli.2010.02.002. Epub 2010 Mar 16. PMID: 20510792.
- Eisermann M, Kaminska A, Moutard ML, Soufflet C, Plouin P. Normal EEG in childhood: from neonates to adolescents. *Neurophysiol Clin.* 2013 Jan;43(1):35-65. doi: 10.1016/j.neucli.2012.09.091. Epub 2012 Oct 30. PMID: 23290174.
- Kaminska A, Eisermann M, Plouin P. Child EEG (and maturation). *Handb Clin Neurol.* 2019;160:125-142. doi: 10.1016/B978-0-444-64032-1.00008-4. PMID: 31277843.
- Vecchierini MF, André M, d'Allest AM. Normal EEG of premature infants born between 24 and 30 weeks gestational age: terminology, definitions and maturation aspects. *Neurophysiol Clin.* 2007 Oct-Nov;37(5):311-23. doi: 10.1016/j.neucli.2007.10.008. Epub 2007 Nov 5. PMID: 18063233.
- Maturazione dell'EEG, ppt <https://e-l.unifi.it/mod/resource/view.php?id=593002&forceview=1> (consultato in data 23-05-2023)



Grazie per
l'attenzione