

5 ELETTROENCEFALOGRAFIA E VIDEO-ELETTROENCEFALOGRAFIA NEL NEONATO

Agnese Suppiej (a), Lucrezia De Cosmo (b), Paola Lanteri (c), Lidia Broglia (d), Silvia Lori (e)
(a) *Dipartimento di Scienze Mediche, Sezione di Pediatria, Università di Ferrara*
(b) *Neonatologia e Terapia Intensiva Neonatale, Presidio Ospedaliero Centrale SS. Annunziata, Taranto*
(c) *Neurofisiopatologia, Fondazione IRCCS Istituto Neurologico Carlo Besta, Milano*
(d) *ASL Roma 1, Presidio Ospedaliero San Filippo Neri, Roma*
(e) *Dipartimento Neuro-muscolo-scheletrico e Organi di Senso, Università degli Studi di Firenze*

La registrazione dell'EEG (elettroencefalografia) (1) viene effettuata mediante elettrodi applicati sullo scalpo in posizioni standardizzate secondo il Sistema Internazionale 10-20 (S.I. 10-20).

La metodica che si utilizza nel neonato è sostanzialmente quella dell'adulto con alcuni specifici adattamenti per l'età.

5.1 Accorgimenti tecnici di registrazione EEG e vEEG in epoca neonatale

Sebbene anche nel neonato potrebbero essere montati tutti gli elettrodi previsti per l'adulto dal Sistema Internazionale EEG 10-20 (ovvero gli elettrodi F7, T3, T5, Fp1, F3, C3, P3, O1, Fz, Cz, Pz, Fp2, F4, C4, P4, O2, F8, T4, T6), a causa delle minori dimensioni della testa del neonato la prassi più diffusa è quella di registrare con circa metà degli elettrodi (2), ovviamente la riduzione del numero degli elettrodi è ancora più necessario nel caso di prematuri estremi.

Nella pratica clinica corrente, la maggioranza dei centri che effettuano EEG neonatale utilizzano un numero di elettrodi compresi tra 8 e 12. Tale montaggio consente un buon compromesso tra il livello di dettaglio necessario per un'accurata descrizione dell'attività elettrica cerebrale, i tempi spesso rapidi di esecuzione (esame più frequentemente usato nelle situazioni di urgenza), il maggiore contenimento possibile di artefatti (più frequenti se gli elettrodi sono più vicini tra loro) e la maggiore adattabilità in considerazione delle caratteristiche cliniche specifiche dei soggetti esaminati (piccole dimensioni del capo, fragilità del soggetto alla manipolazione).

Di seguito sono elencati gli elementi tecnici di riferimento per l'esecuzione di EEG e vEEG nei neonati:

- a) *Elettrodi registranti minimi per i neonati sono i seguenti nove: Fp1, C3, T3, O1, Cz, Fp2, C4, T4, O2.*
- b) *Parametri poligrafici:* la poligrafia è di notevole ausilio per l'interpretazione dell'EEG neonatale; quindi, è da considerarsi parte della EEG ottimale del neonato; tuttavia, quando la registrazione viene eseguita in urgenza alcuni canali restano obbligatori (ECG) mentre altri sono solo fortemente consigliati e/o definiti sulla base del quesito clinico (PNG, EOG, EMG, ecc.). Il *gold standard* del monitoraggio neurofisiologico del neonato a rischio neurologico è l'elettroencefalografia convenzionale con videoregistrazione sincronizzata

(vEEG) che consente al clinico di correlare la semeiologia clinica critica a pattern EEG specifici (2, 3).

- c) *Videoregistrazione EEG*: L'elettroencefalografia convenzionale con videoregistrazione sincronizzata (vEEG) è la tecnica neurofisiologica più idonea per la valutazione e il monitoraggio della funzione cerebrale di neonati con patologia neurologica, risulta la metodica d'elezione nel neonato con episodi parossistici di natura da definire e nell'inquadramento diagnostico del tipo di crisi epilettiche e delle epilessie neonatali (4).
- d) *vEEG con contemporanea registrazione di tracce aEEG derivate*: metodica che consente di ottenere oltre al monitoraggio vEEG la contemporanea visualizzazione di alcune tracce aEEG (vedi descrizione successiva). Tale implementazione risulta molto utile nell'ottica di avere "un colpo d'occhio" sull'andamento della funzione elettrica cerebrale nell'ambito di un monitoraggio continuo di diverse ore. Alcuni centri usano un algoritmo dedicato sull'apparecchio vEEG classico con cui si impostano alcune tracce aEEG a partire dal segnale EEG. Le più comunemente usate sono le derivazioni C3-T3, C4-T4, C3-O1, C4-O2.
- e) *Tempi di registrazione*: possono variare a seconda del quesito e dell'obiettivo dell'esame e delle condizioni cliniche del neonato (stabile o condizioni critiche).
 Il tempo di registrazione ottimale per la valutazione dell'attività elettrica cerebrale di un neonato "a termine" è 90 minuti. Il tempo minimo è generalmente considerato 60 minuti. Tali tempi sono necessari per registrare l'alternanza dei cicli sonno veglia (60-90 minuti) e giudicare correttamente l'organizzazione con riferimento all'età (età alla nascita: Età Gestazionale; età al momento dell'esame: gg dalla nascita) e per avere una ragionevole opportunità di registrare crisi che possono essere pluriquotidiane.
 Anche per il neonato "prematuro" l'esame non deve durare meno di 60 minuti.
 Come sopra riportato vi sono alcune difficoltà pratiche legate alla disponibilità della vEEG in continuo nel *setting* dell'emergenza-urgenza in campo neonatologico, per cui viene spesso affiancato al vEEG tradizionale l'aEEG, che può rivelarsi utile in alcuni contesti.
- f) *Amplitude-integrated EEG (aEEG)*: l'aEEG è uno specifico metodo di elaborazione dell'attività elettrica cerebrale implementato con un algoritmo di rielaborazione del segnale EEG. L'aEEG è una modalità di "trend monitoring" dell'attività elettrica cerebrale il cui algoritmo comprende il filtraggio delle frequenze del segnale, con abbattimento delle frequenze al di sotto dei 2 Hz e al di sopra dei 15 Hz, la rettificazione del segnale, la rappresentazione dell'ampiezza in scala semilogaritmica (lineare da 0 a 10 μ V e logaritmica da 10 a 100 μ V) e un'importante compressione nel tempo (tracciata generalmente visualizzata sullo schermo a 6 cm all'ora) (5).
- g) *Cerebral Function Monitoring (CFM oppure aEEG)*: è un monitoraggio neonatale semplificato, caratterizzato dall'associazione di algoritmo aEEG su poche derivazioni (solitamente da 1 a 3 derivazioni: P3-P4, C3-P3, C4-P4) associato alla corrispondente traccia EEG ("raw trace", ossia traccia "EEG grezza").
 Questo tipo di monitoraggio può essere ottenuto o tramite apparecchi appositamente predisposti per questo scopo, ideati per essere di più facile uso per un personale senza alta specializzazione in neurofisiologia clinica e generalmente gestiti in autonomia dai neonatologi, oppure mediante elettroencefalografo classico utilizzabile per registrazioni vEEG *gold standard* e più frequentemente gestito dalle Unità di neurologia/neuropsichiatria infantile/neurofisiologia pediatrica su richiesta dei neonatologi, con implementazione dell'algoritmo aEEG su alcuni canali EEG.

Molto spesso gli apparecchi CFM non sono collegati alla rete per cui non è possibile una consultazione da remoto. Risultano utili per porre il sospetto di eventi acuti in corso di monitoraggio ponendo l'indicazione/necessità di un completamento neurofisiologico. Per un approfondimento vedasi anche il documento condiviso tra varie società scientifiche afferenti al gruppo di lavoro INNESCO (6).

5.2 Refertazione del tracciato EEG neonatale

EEG/vEEG date le sue peculiarità va effettuata da personale esperto in elettroencefalografia neonatale (3). Nel caso di monitoraggio EEG in continuo oltre i 60-90 minuti, si consiglia una rivalutazione periodica, eventualmente anticipata nel caso in cui dovessero verificarsi fenomeni clinici o elettrici meritevoli di rivalutazione urgente dell'esperto di EEG neonatale su chiamata del neonatologo che in contemporanea spesso si avvale di metodica di monitoraggio semplificata (generalmente aEEG).

In caso di monitoraggi vEEG di lunga durata è utile prevedere una refertazione periodica almeno quotidiana (5, 7).

5.3 Ambiti e criteri generali di applicabilità delle prestazioni

La maggior parte delle indicazioni all'EEG/vEEG neonatale che possono beneficiare di tele monitoraggio, telerefertazione e teleconsulto, sono nel *setting* dell'emergenza urgenza come si può osservare in Tabella 5.1, questi verranno trattati in dettaglio nell'apposito capitolo del documento di Consensus.

Tabella 5.1. Ambiti di applicabilità della telemedicina per gli esami EEG- vEEG con le indicazioni e i vari *setting*

Indicazioni	Ambulatorio neonatologia	Reparto ordinario	Terapia Intensiva*	Pronto soccorso
Diagnosi differenziale episodi critici epilettici e non	X	X	X	X
Inquadramento elettro-clinico di crisi epilettiche (epilessie, sindromi epilettiche, ecc.)	X	X	X	X
Monitoraggio stato di <i>male/seizures burden</i> (diagnosi, trattamento-efficacia farmaci antiepilettici, ecc.)			X	
Diagnosi/prognosi EII per ipotermia terapeutica			X	
Monitoraggio patologie a rischio crisi epilettiche		X	X	
Prematurità a rischio neuro- evolutivo			X	
Diagnosi di encefalopatie metaboliche o tossiche (es. SAN)	X	X	X	X

*include Terapia Subintensiva-Cure Intermedie;

EII: Encefalopatia Ipossico-Ischemica; SAN: sindrome da astinenza neonatale.

5.4 Livello organizzativo in cui si colloca la prestazione

Le prestazioni di cui sopra alla Tabella 5.1 possono essere collocate per la neonatologia come segue:

- Intra-presidio (modalità sincrona e asincrona).
- Intra-aziendale (modalità sincrona e asincrona).
- Inter-aziendale (modalità prevalentemente asincrona).

Anche nel *setting* ambulatoriale la valutazione EEG/vEEG del neonato in teleneurofisiologia va considerata un esame clinico-strumentale.

Requisito minimo per eseguire un telereferto e/o teleconsulto è infatti disporre di adeguati dati anamnestici e clinici.

Un'accurata anamnesi è fondamentale per la refertazione dell'esame e per la teleconsulenza, soprattutto in epoca neonatale per la quale sono imprescindibili alcuni dati:

- età gestazionale (EG);
- età all'esame (giorni trascorsi dalla nascita);
- età corretta (giorni trascorsi dalla nascita corretti per EG);
- peso alla nascita;
- decorso della gravidanza;
- parto ed eventuali eventi perinatali;
- presenza di fattori di rischio neurologico (8).

Il medico richiedente la/le prestazione/i deve fornire al momento della richiesta informazioni relative all'anamnesi, ai dati clinici e strumentali inerenti al quesito. Tali dati clinico-anamnestici potrebbero essere raccolti con accesso alla scheda clinica del paziente se consultabile da remoto.

Soprattutto nel caso del teleconsulto è auspicabile una modalità audio-video con collegamento in remoto del medico richiedente per una valutazione dell'esame obiettivo del neonato; tale esame obiettivo dovrebbe essere il più possibile standardizzato.

A tal proposito l'utilizzo della scala "Short Proform" pubblicata da Mercuri nel 2005 (9) agevola la valutazione clinica, indicando anche visivamente le manovre da eseguire sul neonato. Tale modalità di valutazione può essere molto utile nell'ambito dell'area critica neonatale (10).

Anamnesi ed esame obiettivo consentiranno di stabilire con il medico richiedente e/o con il tecnico di neurofisiopatologia (TNFP) il programma di lavoro diagnostico-strumentale.

Per quanto riguarda la parte strumentale (EEG e vEEG) è il tecnico di neurofisiologia che esegue l'esame. Il medico refertatore ne prenderà visione o in tempo reale (modalità sincrona) durante la registrazione dell'esame, oppure dopo il termine dello stesso (modalità asincrona).

Al termine l'esperto in neurofisiologia clinica prepara il referto nello specifico.

Un ulteriore possibile ambito di applicazione della teleneurofisiologia nel neonato riguarda il *setting* domiciliare. A differenza dell'adulto, tale ambito è poco conosciuto e applicato in ambito neonatale, ma le strumentazioni EEG poligrafiche di nuova generazione con dimensioni contenute e possibilità di collegamenti in remoto mediante dispositivi elettronici (smartphone, tablet, ecc.) potrebbero essere utilizzati in un prossimo futuro per fornire consulenze in merito a monitoraggi domiciliari di patologia croniche già inquadrate (disturbi del sonno, disturbi respiratori, parossismi epilettici e non, ecc.).

5.5 Appropriatazza erogativa della telemedicina e inquadramento nosologico

Facendo riferimento alle patologie riportate nella Tabella 5.1 del precedente paragrafo 5.3, si evidenziano i seguenti elementi a favore e a sfavore riguardo alla valutazione di appropriatazza dell'esecuzione in telemedicina del EEG e /o vEEG nel neonato:

- *Elementi a favore* – rapidità di valutazione dell'esame EEG, possibilità di interazione fra centri organizzati tra loro in logica hub-and-spoke con copertura EEG H24, risparmio di risorse.
- *Elementi a sfavore* – distinti a loro volta in:
 - limiti strutturali, ovvero la necessità della presenza del dispositivo EEG o vEEG nella sede attribuita allo svolgimento del servizio, oppure di apparecchio portatile con carrello, se eseguito non in ambulatorio di neurofisiopatologia e/o di EEG dinamico se a domicilio;
 - limiti tecnologici, ovvero la necessità del collegamento alla rete aziendale o ad una rete WiFi con copertura dati adeguata e di vEEG sincronizzata, anche se eseguito a domicilio;
 - limiti interpretativi, ovvero la necessità di stretta collaborazione fra neurofisiologo da una parte e TNFP/caregiver dall'altra, sia per ottenere adeguate informazioni sulle condizioni clinico-anamnestiche del paziente e l'eventuale sua assunzione di farmaci ad azione sul SNC, che per l'interpretazione di artefatti, eventi clinici e manovre eseguite nel corso della registrazione.

Bibliografia

1. Schomer DL, Lopes da Silva F (Ed.) *Niedermeyer's electroencephalography: Basic principles, clinical applications, and related fields*. 6th ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams and Wilkins; 2010.
2. Shellhaas RA, Chang T, Tsuchida T, Scher MS, Riviello JJ, Abend NS, *et al*. The American clinical neurophysiology society's guideline on continuous electroencephalography monitoring in neonates. *J Clin Neurophysiol*. 2011; 28(6):611-7. <https://doi.org/10.1097/WNP.0b013e31823e96d7>
3. Shellhaas RA. Continuous long-term electroencephalography: the gold standard for neonatal seizure diagnosis. *Semin Fetal Neonatal Med*. 2015;20(3):149–53. <https://doi.org/10.1016/j.siny.2015.01.005>
4. Pressler RM, Cilio MR, Mizrahi EM, Moshé SL, Nunes ML, Plouin P, *et al*. The ILAE classification of seizures and the epilepsies: Modification for seizures in the neonate. Position paper by the ILAE Task Force on Neonatal Seizures. *Epilepsia*. 2021;62(3):615–28. <https://doi.org/10.1111/epi.16815>
5. Hellström-Westas L, De Vries LS, Rosén I. *An atlas of amplitude-integrated EEGs in the newborn*. Boca Raton, FL (US): CRC Press; 2008.
6. Dilena R, Raviglione F, Beghi E, De Liso P, Di Capua M, Compierchio E, *et al*. Gruppo di Lavoro Interdisciplinare Italiano sulle Convulsioni Neonatali-INNESCO. *Position paper sul monitoraggio dell'attività elettrica cerebrale (vEEG-CFM) nel neonato*. 2019. Disponibile all'indirizzo: https://www.lice.it/pdf/PP_INNESCO_Monitoraggio_vEEG-CFM_Neonato.pdf; ultima consultazione 14/01/2023.
7. Shellhaas RA, Barks AK. Impact of amplitude-integrated electroencephalograms on clinical care for neonates with seizures. *Pediatr Neurol*. 2012;46(1):32–5. <https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2011.11.004>

8. Volpe JJ, Inder TE, Darras BT, de Vries LS, du Plessis AJ, Neil J, Perlman JM. *Volpe's neurology of the newborn e-book*. Amsterdam: Elsevier Health Sciences; 2017.
9. Mercuri E, Ricci D, Pane M, Baranello G. The neurological examination of the newborn baby. *Early Hum Dev*. 2005;81(12):947–56. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2005.10.007>
10. Gabbanini S, Lori S, Molesti E, Bastianelli M. 22. Telemedicine a new frontier of neurophysiology: The “Add-On Role” of neurophysiological technologist. *Clin Neurophysiol*. 2015; 126(1):e6. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2014.10.041>