

3 ELETTROENCEFALOGRAFIA E VIDEO-ELETTROENCEFALOGRAFIA NELL'ADULTO

Oriano Mecarelli (a), Laura Tassi (b)

(a) *Dipartimento Neuroscienze Umane, Sapienza Università di Roma*

(b) *Centro Munari Chirurgia dell'Epilessia e del Parkinson, Ospedale Niguarda, Milano*

3.1 Definizione delle prestazioni

L'elettroencefalografia (EEG) è una tecnica neurofisiologica che consente la registrazione dell'attività bioelettrica cerebrale dallo scalpo (EEG di superficie) o direttamente dalla corteccia cerebrale (EEG invasivo intracerebrale/StereoEEG, o subdurale/SDE) per tempi estremamente variabili da meno di 30 minuti a molti giorni consecutivi (1).

Gli elettrodi utilizzati mostrano una estrema variabilità secondo le condizioni e lo scopo per cui si esegue la registrazione (dagli elettrodi a tampone/coppetta per le registrazioni in ambulatorio a quelli ad ago per i monitoraggi brevi in terapia intensiva, agli elettrodi intracerebrali o subdurali per registrare le crisi nelle epilessie focali farmaco-resistenti ed effettuare le stimolazioni intracerebrali) (2, 3).

Nell'EEG di superficie gli elettrodi, di varia tipologia, sono posizionati sullo scalpo secondo una metodologia universalmente accettata (4, 5), e una registrazione contemporanea dell'ECG dovrebbe sempre essere inclusa. Se giudicato necessario, possono essere poi applicati elettrodi extracerebrali e dispositivi specifici per ottenere una registrazione poligrafica (ECG, EOG, EMG, pneumogramma, ecc.).

Una volta eseguito il montaggio gli elettrodi vengono connessi tramite cavi appositi ad un box-testina, che trasferisce il segnale preamplificato all'apparecchiatura destinata all'acquisizione e allo storage dello stesso, convertito da analogico in digitale e disponibile per ogni successiva visualizzazione e rielaborazione. Esistono tecnologie wireless che permettono la trasmissione del segnale bioelettrico acquisito dal box-testina senza necessità di collegamento via cavo all'apparecchiatura registrante (6, 7).

L'esame EEG standard consiste in una registrazione in condizioni basali di circa 20-30 minuti, nel corso della quale vengono eseguite prove di attivazione specifiche (Stimolazione Luminosa Intermittente, SLI; e iperventilazione-*Hyperventilation*, HV).

La maggior parte delle apparecchiature consente di acquisire in maniera perfettamente sincronizzata la ripresa video del paziente video-elettroencefalografia (vEEG). Il video può essere acquisito sempre ed è indispensabile nei monitoraggi vEEG di lunga durata, utilizzati per la registrazione delle crisi. In questo caso l'esame viene generalmente eseguito su più giorni consecutivi e in regime di ricovero e il peso, in termini di acquisizione e stoccaggio, aumenta esponenzialmente (8).

È possibile infine anche applicare un montaggio stabile di elettrodi per effettuare un esame di lunga durata (EEG dinamico 12 o 24 h) mentre il soggetto è dedito alle normali attività della vita quotidiana (presso il domicilio o altrove), eventualmente anche in questo caso con videoregistrazione del paziente (9).

3.1.1 Ambiti e criteri generali di applicabilità delle prestazioni

L'EEG standard, le registrazioni poligrafiche, e la vEEG possono essere eseguite in regime ambulatoriale oppure durante ricovero ospedaliero. Tali prestazioni possono essere eseguite però, con limitazioni più o meno rilevanti, anche a domicilio del paziente. L'EEG dinamico può essere montato in ambulatorio (con successivo ritorno del paziente presso la propria abitazione) oppure direttamente a domicilio. Per l'EEG invasivo è invece indispensabile il ricovero ospedaliero.

Per il giovane adulto e l'anziano le prestazioni suddette non richiedono particolari accorgimenti, per il bambino e neonato si rimanda ai capitoli specifici nel presente lavoro.

Accorgimenti specifici vanno considerati nel caso delle registrazioni invasive che devono essere svolte in Centri specializzati. L'applicazione degli elettrodi sullo scalpo deve sempre essere eseguita dal Tecnico di Neurofisiopatologia (TNFP), in ambienti anche molto diversi tra loro (Laboratorio di Neurofisiopatologia, stanza di degenza, terapia intensiva, a domicilio del paziente, ecc.), avendo a disposizione apparecchiature idonee allo scopo, sia fisse che portatili (la tecnologia digitale permette di disporre di dispositivi compatti e polifunzionali, di limitate dimensioni, che possono essere disponibili per registrazioni in ambienti diversi, anche senza collegamento alla rete elettrica).

Il segnale acquisito da EEG, da poligrafico o da video può essere inviato agevolmente via web (rete Intranet e Internet) al neurofisiologo per la telerefertazione e il teleconsulto/teleconsulenza (10).

Durante i monitoraggi EEG e vEEG prolungati il tracciato in acquisizione può essere visionato da remoto in modalità intra-aziendale.

3.1.2 Situazioni cliniche nelle quali si applica la prestazione EEG standard

Esame di semplice esecuzione anche con paziente non collaborante, di rapida preparazione, non invasivo, la cui durata può essere variabile a seconda della situazione (indicativamente non dovrebbe essere inferiore a 20 minuti) e che deve essere sempre eseguito da un TNFP.

Il TNFP deve essere in grado di attivare la registrazione Video se necessario, all'inizio o durante l'esecuzione dell'esame.

Per la sua interpretazione necessita di specialisti con vasta esperienza dei patterns neurofisiologici normali e patologici presenti in sonno e in veglia, dell'influenza dei farmaci sull'attività bioelettrica cerebrale, delle variazioni legate all'età e delle correlazioni con le diverse patologie neurologiche e/o sistemiche.

Eseguito senza Video può dare informazioni limitate. Sganciato dai dati clinici risulta essere inaffidabile.

Quando eseguito in Pronto Soccorso, o comunque in urgenza, dovrebbe essere richiesto da uno specialista di branca neurologica e il referto rilasciato in tempi brevi da neurologi/neurofisiologi particolarmente esperti.

Utilizzato prevalentemente per:

- diagnosi di epilessia e follow-up di pazienti già diagnosticati, ad esempio durante modifiche terapeutiche;
- diagnosi differenziale con episodi non epilettici;
- urgenze neurologiche (stato epilettico, sintomi neurologici focali e/o diffusi acuti/subacuti, ecc.);
- accertamento di morte con criteri neurologici.

Per l'EEG standard è sempre possibile la telerefertazione, la quale risulta utile soprattutto nelle situazioni di urgenza/emergenza dove occorre comunicare l'esito dell'EEG in tempi rapidi a più

operatori e può dare supporto anche per assicurare un servizio sempre attivo tutti i giorni nelle 24 ore, specialmente in caso di carenza di personale. Può essere utilizzato sia durante televisite che teleconsulti (*second-opinion*, ecc.).

3.1.3 Video-Elettroencefalografia

Anche questo esame deve essere condotto da un TNFP e per una sua corretta esecuzione deve essere eseguito un montaggio completo degli elettrodi (anche in età pediatrica) che richiede un tempo variabile tra i 30 e i 45 minuti. La durata può essere estremamente variabile, da 1 ora a parecchi giorni consecutivi.

Gli elettrodi vanno applicati secondo il Sistema Internazionale 10-20, con aggiunta di poligrafia; in caso di monitoraggio pre-chirurgico possono essere applicati anche elettrodi supplementari. Inoltre, il paziente deve essere sorvegliato da personale specializzato che possa intervenire in caso di episodi critici. Fattibile anche in pazienti non collaboranti, non invasivo. Solitamente refertato da neurologi/neurofisiologi con esperienza. Infatti, necessita di esperti con esperienza sia per quanto riguarda la registrazione di episodi critici epilettici e non epilettici, sia per i monitoraggi nelle terapie intensive (pediatriche e non).

Il vEEG, utilizzato raramente nelle Terapie Intensive e quasi mai per gli accessi in Pronto Soccorso, è invece molto utilizzato nelle Terapie Intensive Neonatali.

In elezione, nella grande maggioranza dei casi il vEEG viene effettuato in regime di ricovero ordinario, ma con qualche limitazione (soprattutto riguardo la durata dell'esame) può essere impiegato anche in regime ambulatoriale.

Richiede un lungo tempo di refertazione, ma anch'esso variabile in relazione alla durata della registrazione vEEG, al numero eventuale di episodi critici registrati, alla complessità del caso.

Utilizzato per:

- porre diagnosi differenziali tra epilessia e manifestazioni parossistiche non epilettiche, o di altra natura;
- modificare la terapia in corso (sia di pazienti cronici, che ricoverati per stato epilettico);
- controllare il follow-up di pazienti che hanno già ricevuto una diagnosi;
- fornire l'indicazione alla prosecuzione delle cure nella chirurgia dell'epilessia, specialmente riguardo all'intervento chirurgico o all'impianto di elettrodi intracerebrali.

Per la lunghezza delle registrazioni e la presenza del video, l'esame è poco utilizzabile per le telerefertazioni, tranne nei casi in cui la durata sia breve. Può essere utilizzato per valutazione da esperti, nel corso di teleconsulti o televisite.

3.1.4 EEG dinamico

Esame di semplice esecuzione, non invasivo e poco costoso, che necessita di paziente abbastanza collaborante.

L'applicazione degli elettrodi sullo scalpo mediante pasta adesiva deve essere eseguita da un TNFP in laboratorio, ma ciò può anche essere fatto a domicilio del paziente. L'esame può essere utilizzato anche per monitoraggi di lunga durata in pazienti ricoverati. Durante la registrazione occorre che il paziente (o un familiare/*caregiver* o il personale del reparto) annoti su un diario le attività svolte nei diversi orari, eventuali sintomi, ecc.

Gli elettrodi applicabili sono però in numero limitato e questo è uno dei maggiori svantaggi della metodica.

Inoltre, per la sua refertazione (che richiede per 24 ore di registrazione 90-120 minuti) necessita grande esperienza, per la presenza di artefatti di varia natura e modificazioni dell'EEG correlate a veglia/sonno, difficili da valutare a posteriori non essendo disponibile il video e potendo contare solo sulle annotazioni nel diario, per lo più insufficienti.

Utilizzato per:

- effettuare una diagnosi differenziale tra epilessia e manifestazioni parossistiche non epilettiche (se frequenti);
- registrare, pur con limiti, l'EEG in veglia e sonno e quantificare l'attività epilettica;
- critica e/o intercritica;
- modificare la terapia in corso o valutare i pazienti prima della sospensione della terapia;
- effettuare registrazioni EEG a domicilio in pazienti con patologie psichiatriche o di altra natura che rendono difficile sia effettuare l'esame in laboratorio che il ricovero.

Risulta più utile per telerefertazioni o teleconsulti, ma può essere utilizzato anche nelle televisite (*second-opinion*).

3.1.5 Livello organizzativo in cui si colloca la prestazione (EEG standard, dinamico e vEEG)

Le prestazioni sopraelencate possono essere soggette a diversi tipi di condivisione e di utilizzo nell'ambito della telemedicina. L'EEG standard e l'EEG dinamico possono essere facilmente condivisibili via Intranet, per televisite e teleconsulti nell'ambito dello stesso Presidio e/o Azienda.

L'EEG standard frequentemente viene eseguito in azienda diversa da quella che poi esegue il referto, essendo di facile invio e condivisione, creando spesso degli hub centralizzati a cui diverse Aziende inviano i tracciati, il più delle volte per la Telerefertazione.

La vEEG (tenendo conto ovviamente che per durate più lunghe occuperà spazi di memoria più grandi, rendendo in base a ciò le condivisioni a distanza più o meno semplici) è poco utilizzabile per le telerefertazione, tranne nei casi in cui sia di breve durata, e solitamente non viene condivisa in ambito intra-presidio e intra-aziendale. Può essere utilizzato per televisite oppure per teleconsulti, ma in questi casi è preferibile che l'esame sia eseguito prima delle suddette prestazioni.

3.1.6 Tipologia di servizio in cui eseguire il tipo di esame scelto o la sequenza di esami

Come abbiamo già visto le diverse tipologie di esame si possono prestare a diversi impieghi, a seconda delle esigenze cliniche.

A riguardo di ciò, il Gruppo di Consensus Nazionale raccomanda le seguenti associazioni tra tipologie di servizio ed esami diagnostici di teleneurofisiologia:

- EEG standard, EEG dinamico e vEEG possono essere utilizzati nel ricovero in lungodegenza o riabilitazione.
- EEG standard, EEG dinamico, ma di rado il vEEG (vedi dopo) in:
 - continuità domiciliare della cura (casa, RSA, hospice, ecc.);
 - ADI (intesa come caso particolare di continuità domiciliare);
 - dimissione protetta (altro caso particolare a domicilio);
 - attività ambulatoriale specialistica ospedaliera (prima visita, controllo).

La modalità di esecuzione del vEEG è molto più complessa da eseguire correttamente e quindi si usa solo talvolta negli ambulatori specialistici ospedalieri e soltanto in casi molto rari nelle altre tipologie di servizio sopra elencate.

Il Gruppo di Consensus Nazionale raccomanda che in ogni caso il montaggio del *setting* per l'esecuzione dell'esame sia eseguito da un TNFP e che la teleferitazione o la teleconsulenza siano svolte dopo la trasmissione via Internet dell'esame:

- *EEG standard all'ingresso viene utilizzato in prevalenza in:*
 - ricovero per urgenza ordinario;
 - ricovero per urgenza day-hospital.

Se necessario e il ricovero si prolunga, possono essere utilizzati anche la vEEG e l'EEG dinamico.

- *EEG standard soltanto può essere utilizzato nell'osservazione breve in Pronto Soccorso.*

Infine, il Gruppo di Consensus Nazionale raccomanda che nessuna delle tipologie di esame prese in considerazione può essere eseguita come attività ambulatoriale territoriale, dai Medici di Medicina Generale (MMG), dai Pediatri di Libera Scelta (PLS), ovviamente nemmeno quando riuniti in Aggregazioni Funzionali Territoriali (AFT) oppure in Unità Complessa di Cure Primarie (UCCP) o in altre forme di aggregazioni.

Bibliografia

1. Beniczky S, Schomer DL. Electroencephalography: basic biophysical and technological aspects important for clinical applications. *Epileptic Disord.* 2020 Jan 21;22(6):697-715. <https://doi.org/10.1684/epd.2020.1217>
2. Sinha SR, Sullivan LR, Sabau D, Orta DSJ, Dombrowski KE, Halford JJ, *et al.* American clinical neurophysiology society guideline 1: Minimum technical requirements for performing clinical electroencephalography. *Neurodiagn J.* 2016; 56(4):235-44. <https://doi.org/10.1080/21646821.2016.1245527>
3. Mecarelli O, Panzica F. Scalp and special electrodes. In: Mecarelli O (Ed.) *Clinical electroencephalography*. 1st edition. Cham: Springer Nature; 2019. p. 23-34.
4. Acharya JN, Hani AJ, Thirumala P, Tsuchida TN. American clinical neurophysiology society Guideline 3: A proposal for standard montages to be used in clinical EEG. *Neurodiagn J.* 2016;56(4):253-60. <https://doi.org/10.1080/21646821.2016.1245559>
5. Mecarelli O. Electrode placement systems and montages. In: Mecarelli O (Ed.) *Clinical electroencephalography*. 1st edition. Cham, Switzerland: Springer Nature; 2019. p. 35-52.
6. Halford JJ, Sabau D, Drislane FW, Tsuchida TN, Sinha SR. American clinical neurophysiology society guideline 4: Recording clinical EEG on digital media. *Neurodiagn J.* 2016; 56(4):261-5. <https://org/10.1080/21646821.2016.1245563>
7. Rizzo C. EEG Signal acquisition. In: Mecarelli O (Ed.). *Clinical electroencephalography*. 1st edition. Cham: Springer Nature; 2019. p. 53-74.
8. Tassi L, Mariani V, Pelliccia V, Mai R. Video-electroencephalography. In: Mecarelli O (Ed.). *Clinical electroencephalography*. 1st edition. Cham: Springer Nature; 2019. p. 305-18.

9. Brienza M, Davassi C, Mecarelli O. Ambulatory EEG. In: Mecarelli O (Ed.). *Clinical electroencephalography*. 1st edition. Cham: Springer Nature; 2019. p. 297-304.
10. Dorsey ER, Glidden AM, Holloway MR, Birbeck GL, Schwamm LH. Teleneurology and mobile technologies: the future of neurological care. *Nat Rev Neurol*. 2018; 14(5):285–97. <https://doi.org/10.1038/nrneurol.2018.31>