

(con il Patrocinio della SINC e dell'AITN)

Elettroencefalografia Standard e Prove di Attivazione

O. Mecarelli, G. Coppola, M. Elia, E. Franzoni, M. Mastrangelo, F. Monti, G. Muscas, S. Striano

Indice:

- A) Elettrodi e Montaggi
- B) Apparecchiatura per EEG
- C) Esecuzione di un esame EEG Standard in laboratorio

Appendice A – EEG Neonatale

Appendice B - Glossario e Refertazione EEG

Sebbene la diagnosi di epilessia sia in primo luogo clinica, l'elettroencefalogramma (EEG) rappresenta un'indagine neurofisiologica di fondamentale importanza nella valutazione e nel management della patologia su base epilettica (1-6).

La registrazione EEG è infatti in grado di fornire importanti informazioni riguardanti le caratteristiche e la localizzazione dell'attività critica e/o intercritica e, quindi, di contribuire alla definizione del tipo di crisi e/o della sindrome epilettica. Inoltre l'EEG è di grande utilità per la diagnosi differenziale tra crisi epilettiche e non, per la valutazione dell'efficacia dei farmaci antiepilettici e/o della loro neurotossicità e per esprimere indici prognostici (ad esempio in corso di sospensione del trattamento).

L'EEG costituisce inoltre un valido strumento nella diagnosi e nella valutazione delle encefalopatie legate a disturbi metabolici, infettivi e degenerativi, oltre che nelle lesioni cerebrali focali o diffuse di tipo ischemico, emorragico o neoplastico, situazioni nelle quali è frequente la comparsa di sintomatologia di tipo epilettico. Infine il monitoraggio EEG è indispensabile per l'identificazione ed il corretto inquadramento degli stati epilettici, convulsivi e soprattutto non convulsivi (7-11).

La diversità delle situazioni per le quali viene richiesto un EEG non consente di individuare un unico metodo di registrazione valido in tutte le occasioni; si possono tuttavia stabilire dei requisiti tecnici minimi da applicare in ambito clinico che, associati a procedure standardizzate, consentano di ottenere tracciati in grado di fornire correttamente le informazioni richieste, consentendo un'interpretazione uniforme da parte dei medici curanti, specialisti e non.

A) Elettrodi e Montaggi (vedi Ref 12-19)

1) Tipologia e sistemi di fissazione e sterilizzazione

Gli elettrodi utilizzati per le registrazioni debbono essere il più possibile stabili e refrattari alle interferenze esterne e debbono consentire la registrazione corretta dei segnali compresi fra 0,5 e 70 Hz. Gli elettrodi utilizzati di routine sono d'argento ed occorre quindi clorurarli per impedirne la polarizzazione che provoca distorsione del segnale. Elettrodi non polarizzabili sono quelli in argento dorato, in oro o in metallo sinterizzato. Gli *elettrodi*

a ponte (o a tampone), tenuti fermi da una cuffia elastica regolabile, sono affidabili e consentono facili spostamenti e riposizionamenti. La preparazione non è però stabile per lunghi periodi. Gli *elettrodi a coppetta* consentono preparazioni più stabili per periodi molto prolungati e sono tenuti adesi alla cute mediante collodio o paste adesivo/conduttrici. Gli *elettrodi ad ago* sono molto utili nei pazienti in coma, nei soggetti nei quali la risposta al dolore risulta minima o assente, oppure nei casi in cui sia necessaria una registrazione particolarmente urgente. Essi sono di facilissima applicazione e non necessitano di sistemi di fissaggio; d'altro canto attenuano le frequenze più lente e necessitano di precauzioni riguardo la possibilità di trasmissioni di infezioni. Inoltre, per evitare asimmetrie di ampiezza del segnale, è importante rispettare in modo rigoroso l'allineamento parallelo antero-posteriore.

Nelle registrazioni di routine si utilizzano spesso anche *cuffie preclabate*, in cui gli elettrodi (a disco) sono posizionati in modo più o meno fisso in una calotta di tessuto. Si tratta di un sistema di applicazione degli elettrodi rapido e confortevole per il paziente, ma scarsamente modificabile e spesso fonte di artefatti.

Oltre i convenzionali elettrodi di superficie, per aumentare la possibilità di registrazione di anomalie di tipo epilettico (critiche e/o intercritiche) si possono utilizzare *elettrodi speciali* che spesso necessitano di metodiche di applicazione cruenta ed in anestesia. Tra gli elettrodi speciali ricordiamo: e. sfenoidali; e. naso-etmoidali; e. naso-faringei; e. zigomatici; e. sovraorbitari; e timpanici.

Per evitare interferenze, gli elettrodi devono essere mantenuti puliti e clorurati: una volta terminata la registrazione, devono essere puliti con garza ed acqua e successivamente immersi, per almeno 30 minuti, in una soluzione liquida disinfettante. Opportune precauzioni vanno prese per l'utilizzo in pazienti con malattie infettive potenzialmente contagiose (epatiti virali, malattia di Jacob-Creutzfeldt (JC), sindrome da immunodeficienza acquisita). In questi casi, terminata la registrazione, gli elettrodi devono essere posti alcune ore in un contenitore con liquido disinfettante, lavati con acqua e poi sterilizzati in autoclave ad una temperatura al di sotto del 177° C, per non danneggiare l'isolamento degli elettrodi. Se si utilizzano elettrodi ad ago, è preferibile usare materiale sterile e monouso. Gli elettrodi a ponte o a coppetta vanno detersi e spazzolati e poi immersi in una soluzione di ipoclorito di sodio per almeno 10 min. Nel caso di m. di JC è preferibile usare sempre materiale monouso, poi distrutto nell'inceneritore.

2) Posizionamento, derivazioni e montaggi

Gli elettrodi debbono essere posizionati sullo scalpo secondo il Sistema Internazionale 10-20, che rappresenta il sistema di riferimento comune. Il SI 10-20 prevede il posizionamento standard degli elettrodi secondo linee ideali fondamentali (linea sagittale antero-posteriore, mediale e laterale; linea coronale frontale, centrale e parietale) tracciate partendo da punti di repere fissi (nasion, inion, punti pre-auricolari). Le 21 posizioni elettrodiche standard sono: Fp2,F4,F8,C4,P4,T4,T6,O2 a destra; Fp1,F3,F7,C3,P3,T3,T5,O1 a sinistra; Fz,Cz,Pz lungo la linea mediana; A2 e A1 come elettrodi auricolari di riferimento.

Di recente l'ACNS ha proposto un'estensione del Sistema 10-20 definendolo 10-10. Questo nuovo sistema consente l'identificazione di 75 posizioni sullo scalpo per altrettanti elettrodi posti lungo 11 catene sagittali e 9 coronali. Nel sistema 10-10 gli elettrodi T3/T4 sono denominati T7/T8 e gli elettrodi T5/T6 sono denominati P7/P8.

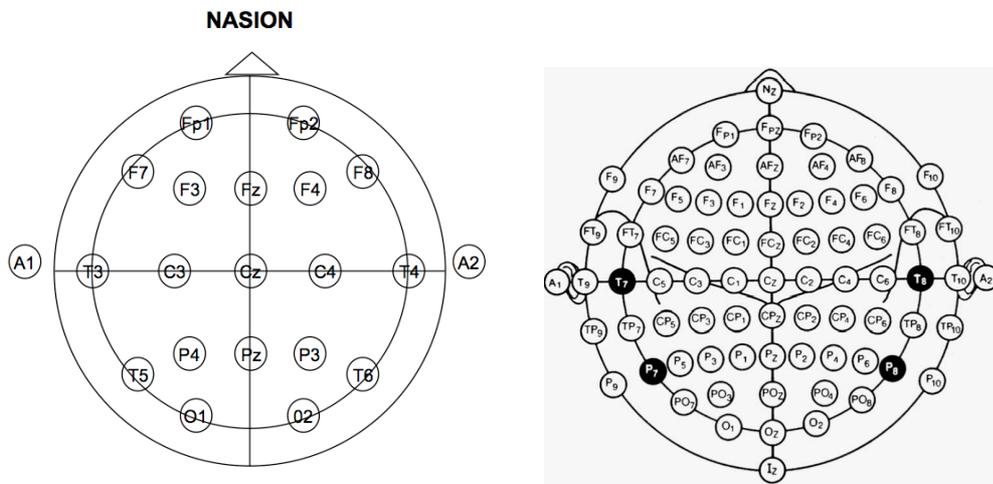


Figura 1: Elettrodi secondo il SI 10-20 e 10-10

L' acquisizione effettuata mediante apparecchi digitali si avvale di una registrazione di tipo referenziale. Tale referenza detta "fisica" è uno specifico elettrodo (addizionale) in genere posizionato tra Cz e Pz, che permette sia la reiezione di disturbi provenienti dall'esterno che di elaborare successivamente il segnale attraverso la modificazione del montaggio. In fase di rimontaggio, invece, è usualmente utilizzata la referenza matematica o virtuale, in cui il segnale di ogni elettrodo, acquisito in referenza fisica, viene riferito ad un valore virtuale risultante dalla media dei segnali provenienti da tutti gli elettrodi (AVG). Questo tipo di rimontaggio è consigliato solo se il numero di elettrodi utilizzato è tanto alto da ridurre l'influenza dell'artefatto comune. E' invece sconsigliato in caso di basso numero di elettrodi poiché qualsiasi attività artefattuale, riguardante un solo elettrodo, avrebbe un peso altissimo nel calcolo del valore medio.

Un altro tipo di referenza utilizzabile in fase di reformatting è la referenza di sorgente, in cui ogni singolo elettrodo è riferito ad un pool di valori ottenuto dagli elettrodi vicini. Questo tipo di referenza permette di evidenziare al meglio le attività focali.

Oltre alla referenza fisica, altro elettrodo fisicamente necessario per la registrazione EEG è l'elettrodo di terra, trascurabile solo quando il paziente è collegato ad altre apparecchiature

(es., terapie intensive, sale operatorie, etc.). In questi casi, la presenza di una doppia terra è sconsigliata. L' elettrodo di terra posizionato sul paziente deve essere connesso solo all'apposito ingresso sulla testina.

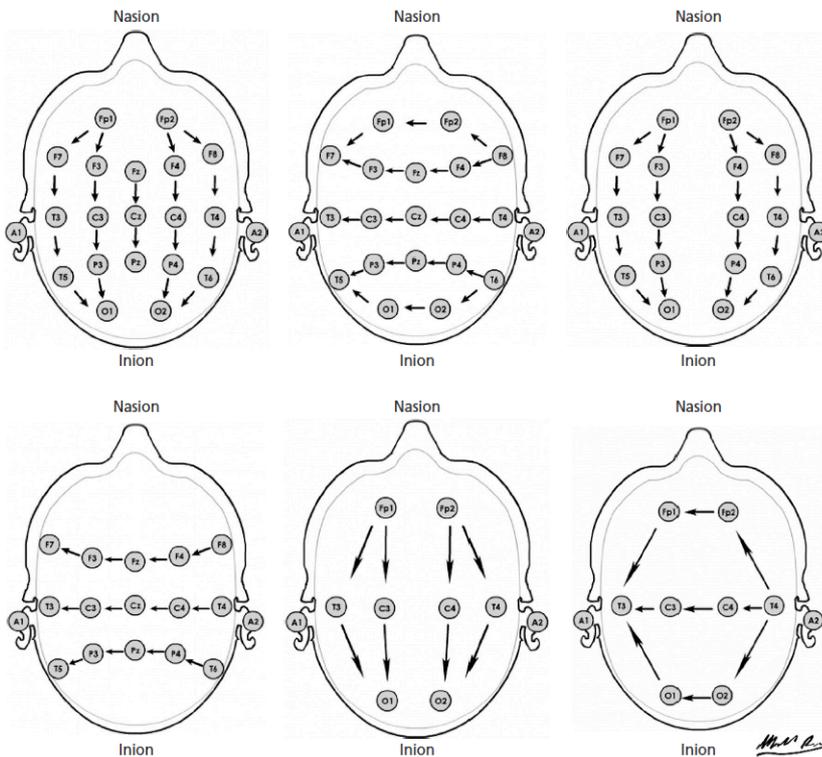
Per **derivazione** si intende la modalità di collegamento degli elettrodi all'amplificatore differenziale che deve esprimere l'attività bioelettrica, misurando appunto la differenza di potenziale tra due elettrodi. Ogni elettrodo posto sullo scalpo può essere riferito: - ad un altro elettrodo posto lungo una catena (*derivazioni bipolari*); - ad un *elettrodo comune* (*derivazioni in referenza comune*, inattiva o attiva); - ad un valore referenziale medio (*derivazioni in referenza media*). Un tipo particolare di referenza media è la *source derivation*: in questo caso il potenziale di ogni elettrodo è riferito alla media ponderata dei potenziali degli elettrodi ad esso adiacenti.

Per **montaggio** si intende invece la specifica modalità di comparsa degli elettrodi posti sullo scalpo sui singoli canali dell'elettroencefalografo (longitudinali bipolari, trasversali bipolari o referenziali).

In sintesi:

- posizionare almeno 21 elettrodi secondo il SI 10-20
- usare montaggi sia bipolari che referenziali standard
- nei montaggi bipolari, per le connessioni degli elettrodi seguire linee continue con distanze interelettrodiche uguali
- progressione dei canali antero-posteriore (prima destra, poi sinistra) e latero-laterale (da destra verso sinistra)

Figura 2: Esempi di montaggi longitudinali e trasversali



Per analizzare la distribuzione dell'attività EEG, è necessario registrare simultaneamente, ove possibile, da diverse regioni dello scalpo, per descrivere meglio la localizzazione e la ricorrenza di grafoelementi di tipo transiente. Sedici canali di registrazione simultanea sono attualmente considerati il numero minimo richiesto per mostrare le aree che producono la maggior parte dei pattern EEG normali ed anormali. E' comunque necessario aggiungere ulteriori canali, quando si voglia monitorare altre attività fisiologiche (poligrafia).

B) Apparecchiatura per EEG

Gli elettrodi, pur non costituendo una parte strutturale dell'elettroencefalografo, sono però da considerare parte integrante dell'apparecchiatura. Essi sono connessi attraverso cavetti al *box-testina*, dove sono collocati gli *amplificatori*, dispositivi elettrici in grado di misurare la differenza di potenziale esistente tra un elettrodo ed un punto di riferimento comune e di amplificare di molte volte il valore di tale differenza. Il fattore di amplificazione viene definito *guadagno*, espresso in scala logaritmica e misurato in decibel (dB). Trattandosi di un amplificatore differenziale, idealmente esso dovrebbe essere capace di: - annullare al massimo i rumori comuni ai due ingressi (invertente e non invertente); - ridurre al minimo il rumore interno; - permettere l'ingresso di una corrente dell'ordine di centinaia di $M\Omega$ (impedenza di ingresso). La *banda* dell'amplificatore stabilisce invece i limiti in frequenza entro i quali può operare l'amplificatore.

Dall'amplificatore il segnale bioelettrico arriva all'elettroencefalografo che attualmente è per lo più rappresentato da un computer. E' necessario quindi che il segnale in forma analogica venga trasformato in segnale digitale (sequenza di numeri facilmente gestibili e memorizzabili da un computer).

Parametri tecnici per la registrazione Analogica e la Conversione Analogico/Digitale (Ref 20,21)

- **Amplificazione/sensibilità**

Nei tradizionali apparecchi analogici con sistema scrivente a pennino (ormai desueti) si definisce sensibilità l'ampiezza del segnale in rapporto alla deflessione della penna. Essa viene espressa in microvolts per millimetro ($\mu V/mm$). La sensibilità dell'apparecchiatura EEG per registrazioni standard dovrebbe essere settata in un range compreso fra 5-10 $\mu V/mm$ di deflessione della penna.

Nei sistemi digitali, poiché le dimensioni dei monitor dei computer possono variare, deve essere sempre disponibile in una zona del display un marker di riferimento (es. 100 $\mu V/cm$).

- **Filtri**

Per registrazioni standard il filtro per le basse frequenze (filtro passa alto) può variare tra 0.53 Hz e 1.6 Hz (corrispondenti a 0.3 e 0.1 s di costante di tempo), mentre il filtro per le alte frequenze (filtro passa basso) dovrebbe essere di 70 Hz.

Un filtro per le basse frequenze più alto di 1 Hz non dovrebbe essere usato nelle registrazioni standard, neanche per eliminare onde lente di origine artefattuale. Informazioni importanti infatti possono essere perse qualora sia presente un'attività patologica nella banda delta. Allo stesso modo, l'utilizzo di una banda passante alta inferiore a 70 Hz può distorcere o attenuare elementi puntuti o altri pattern patologici o può far scambiare un'attività muscolare per un pattern critico.

Va tuttavia fatto notare che un uso oculato dei filtri può enfatizzare o rendere più chiari alcuni tipi di pattern: in ogni caso tutte le modificazioni apportate ai filtri vanno segnalate durante la registrazione.

Per eliminare il rumore a 50 Hz dovuto alla frequenza di rete ("corrente alternata") si può inserire il *filtro notch* selettivo per tali frequenze.

- **Campionamento**

E' un processo di suddivisione della traccia analogica continua in tanti punti contigui (istanti), denominati campioni, ognuno rappresentato da un valore numerico.

Per un' ottimale riproduzione del segnale, bisognerebbe riprodurre ogni più piccolo istante, ma, poiché il numero di campioni diventerebbe infinito e di difficile gestione, secondo il teorema di Shannon è sufficiente campionare ad una frequenza almeno doppia della frequenza massima acquisita per mantenere la fedeltà al segnale stesso.

Se quindi supponiamo che la banda di un EEG non superi i 100 Hz, una frequenza più che adeguata per il campionamento è 256 Hz (da notare che per la frequenza di campionamento si scelgono quasi sempre numeri che siano potenze di 2, cioè 128, 256, 512, etc, per agevolare la gestione dei dati da parte del computer). Per evitare l'*aliasing*, un fenomeno dovuto ad un errato campionamento che crea componenti spurie nel segnale registrato, è preferibile utilizzare la più alta frequenza di campionamento possibile ed inserire un *filtro antialiasing* che è in genere inferiore alla metà della frequenza di campionamento.

- **Quantizzazione**

La quantizzazione è un processo mirato a ridurre a un numero finito i possibili valori dei campioni misurati durante il processo di campionamento, completando così il processo di conversione analogico-digitale. In un sistema digitale la precisione è determinata dal numero di *bit* (Nbit) utilizzato per la memorizzazione del dato. L'Nbit utilizzato è direttamente proporzionale al numero di intervalli (o più correttamente numero di *digit*) in cui viene suddiviso il segnale massimo di ingresso (Nbit 8=256 digit; Nbit12= 4096 digit; Nbit16= 65536 digit; etc). Nei sistemi digitali attualmente in commercio, il numero di bit utilizzati per la quantizzazione è tipicamente di 16 (con un valore minimo raccomandato di 12) su un segnale massimo EEG di ingresso di almeno 1 mV.

- **Velocità di scorrimento e visualizzazione del tracciato sul display**

A seconda delle abitudini di scuola, nelle registrazioni di routine si può utilizzare una velocità di scorrimento di 3 cm/sec (corrispondente nei display digitali a 10 secondi per schermata) oppure di 1.5 cm/sec (corrispondente sul display a 20 secondi per schermata). Proprio le apparecchiature digitali consentono attualmente di rendere molto flessibile la visualizzazione del tracciato sia in fase di acquisizione che di revisione. Per visualizzare meglio la morfologia di un grafoelemento, è conveniente aumentare la velocità di scorrimento del tracciato, mentre in situazioni particolari è preferibile "compattare" più possibile il tracciato stesso.

In ambito di Elettroencefalografia digitale è molto importante la qualità di presentazione su schermo del segnale registrato. Il dato EEG viene disegnato su una matrice di punti, detti *pixel*, poi proiettata su monitor a tubo catodico (CRT, ormai obsoleti) o a cristalli liquidi (LCD). Le matrici di punti utilizzate attualmente variano da 1280 x 1024 a 1600 x 1200 punti e la dimensione della matrice di punti dipende sia dalla scheda grafica del computer che dalle caratteristiche del monitor. Per una stazione di riletture di tracciati già acquisiti si raccomanda una risoluzione di almeno 1600 x 1200 *pixel*.

- **Stampa del Segnale EEG**

Avendo gli elettroencefalografi digitali ormai quasi totalmente soppiantato quelli analogici, la stampa del tracciato avviene per tratti selezionati, in genere su fogli singoli, utilizzando stampanti laser o a getto d'inchiostro su carta standard. La risoluzione di una stampante è di almeno 600 *dpi* (*dots per inch*) e questo assicura una visualizzazione in fase di stampa meglio che a video.

C) Esecuzione di un esame EEG Standard in laboratorio

Prima dell'inizio della registrazione, il tecnico deve poter compilare una scheda paziente contenente: - dati anagrafici; - motivazione dell'esame e breve sintesi anamnestica (in particolare tipo di crisi, data ultima crisi, fattori scatenanti, etc); - farmaci assunti; - referti EEG precedenti.

L'esame va eseguito in ambiente tranquillo e confortevole, con il paziente seduto in una poltrona (con schienale leggermente reclinato) o sdraiato supino su un lettino.

Dal punto di vista tecnico il primo controllo da effettuare, prima di cominciare la registrazione, è quello delle impedenze elettrodiche. Per assicurare un'ottimale registrazione, il valore delle impedenze di ogni singolo elettrodo deve essere compreso tra 500 e 5000 Ohm (< 5 KOhms). Le impedenze devono essere ricontrollate durante la registrazione in occasione della comparsa di pattern artefattuali.

Quando, durante l'acquisizione, è necessario modificare alcuni parametri strumentali (sensibilità, filtri, velocità di scorrimento, montaggi), tali modifiche devono essere chiaramente identificabili e visualizzabili.

Registrazione basale

Una registrazione di base standard deve comprendere almeno 20 minuti di tracciato tecnicamente ben eseguito (privo cioè di artefatti di entità tale da rendere di difficile interpretazione il tracciato stesso). Registrazioni più prolungate sono indispensabili quando si vogliono acquisire informazioni maggiori (per esempio registrare un evento critico oppure quantificare l'attività epilettica intercritica).

La registrazione basale deve includere periodi ad occhi aperti (più brevi) e a occhi chiusi (più lunghi). In linea di massima 1-2 minuti di tracciato ad occhi chiusi dovrebbe essere seguito da almeno 10 sec registrati ad occhi aperti. Il confronto del tracciato, registrato in queste due diverse situazioni, consente di valutare la reattività del ritmo alfa e la presenza, ad occhi aperti, di ritmi fisiologici come il ritmo mu o di grafoelementi puntuti anch'essi fisiologici, come le onde lambda. E' importante valutare correttamente l'artefatto da apertura-chiusura degli occhi o da movimento oculare a palpebre chiuse, per non confondere tali artefatti con attività theta-delta frontale. Da ricordare anche che un'attività parossistica può essere evocabile solo ad occhi chiusi oppure solo ad occhi aperti o, più di frequente, al passaggio fra queste due condizioni.

Se ad occhi aperti è stato evidenziato un ritmo mu, mono- o bilaterale, occorre valutarne la reattività chiedendo al soggetto di chiudere a pugno la mano controlaterale o entrambe.

Se durante la registrazione basale ad occhi chiusi il tecnico nota modifiche del tracciato rapportabili a diminuzione del livello di vigilanza, è necessario che il paziente venga stimolato (con stimoli acustici o di altro tipo) al fine di valutare la reattività del tracciato.

Se durante la registrazione basale il paziente presenta una crisi (epilettica o di altra origine), bisogna cercare di proseguire la registrazione cercando di evitare il distacco degli elettrodi, annotando sul tracciato tutte le manifestazioni cliniche o possibilmente iniziando la videoripresa. Il paziente dovrebbe avere sempre la possibilità di segnalare sintomi clinici di tipo critico mediante un push-botton o altro dispositivo, ed il tecnico dovrebbe sempre avere la possibilità di video-registrare il comportamento del paziente, qualora si manifestino sintomi particolari.

Prove di attivazione

In tutti i Laboratori, nelle registrazioni EEG di routine debbono essere eseguite, come prove di attivazione, sia l'Iperventilazione (o Iperpnea) (Ip) che la Fotostimolazione o Stimolazione Luminosa Intermittente (SLI).

Dietro precisa richiesta e per quesiti clinici peculiari si possono effettuare anche registrazioni in corso di sonno o dopo privazione di sonno e stimolazioni sensitivo/sensoriali.

1) Iperventilazione o Iperpnea (Ip)

L'iperventilazione (Ip) (Hyperventilation – Hv) è la prova di attivazione EEG utilizzata comunemente in ogni Laboratorio. Si basa sulla possibilità di slatentizzare – in conseguenza di un'indotta vasocostrizione arteriosa cerebrale da ipocapnia ed alcalosi – anomalie lente o epilettiformi intercritiche o di indurre la comparsa di vere e proprie crisi epilettiche, focali e/o generalizzate. L'Ip consiste nell'effettuare una respirazione ritmica più rapida e più profonda del normale (18-20 ar/min rispetto ai fisiologici 10-12 ar/min; inspirazioni profonde seguite da espirazioni prolungate ed intense, a bocca semiaperta), in posizione seduta o sdraiata, cercando di tenere il più possibile il capo fermo e gli occhi chiusi. Essa deve durare almeno 3 minuti e dopo la fine dell'Ip la registrazione deve prolungarsi per almeno altri 2-3 min al fine di valutare la normalizzazione del tracciato o la comparsa di alterazioni tardive. Talvolta è necessario protrarre l'iperventilazione per un periodo più lungo (5 min) in modo da ottenere un'adeguata attivazione EEG. Prima di iniziare l'Ip il tecnico dovrebbe, dopo aver istruito il paziente, testare la sua capacità di effettuare la prova in modo corretto. Durante l'Ip è importante monitorare l'attività elettrocardiografica (ECG) su un canale dedicato.

Il tecnico deve informare il paziente che l'Ip può indurre sintomi fastidiosi tipo formicolii agli arti, vertigini, visione offuscata, etc, che sono però transitori e trascurabili.

Durante la prova, in caso di comparsa di scariche epilettiche (focali o diffuse), va testata la compromissione della coscienza (push-bottom, contare a voce alta, etc) e possibilmente avviare la video-EEG. In caso di crisi con componente motoria importante, bisognerebbe cercare di proseguire la registrazione e di assicurarne la massima affidabilità, per quanto possibile. Controindicano l'Ip, in linea di massima, le patologie respiratorie, cardiologiche e cerebrovascolari di una certa gravità ed in fase acuta o subacuta, ma ogni caso va valutato individualmente.

Iperpnea in età pediatrica

Normalmente questa prova di attivazione viene eseguita correttamente da bambini di età superiore ai 5 anni; infatti, per effettuarla è necessaria una buona collaborazione sia da parte del paziente che dei familiari presenti, oltre ad una buona resistenza all'esecuzione del compito assegnato (respirare in modo accelerato e profondo per almeno 3 minuti consecutivi). E' evidente però che tale limite di età del soggetto non può essere generalizzato: a volte bambini più grandi non sono in grado di impegnarsi adeguatamente mentre pazienti più piccoli eseguono la prova in modo valido.

Per la buona riuscita della prova è inoltre importante la presenza di tecnici specializzati all'esecuzione di esami neurofisiologici nella popolazione pediatrica, capaci di mettere a proprio agio il piccolo paziente, spiegare in termini comprensibili anche ad un bambino le modalità di esecuzione ed informare i genitori sugli eventuali effetti di una respirazione forzata ed intensa. Talora il modo migliore può essere quello di offrire un breve esempio pratico di come effettuare l'iperpnea, sottoforma di gioco, effettuando l'iperpnea insieme al bambino stesso, per sostenerlo ed invogliarlo (si possono utilizzare girandole, o bolle di sapone, ma non gonfiare palloncini, in quanto ciò può provocare una manovra di Valsalva). E' bene ricordare che i pazienti in età pediatrica possono spaventarsi e stancarsi improvvisamente, per questo è utile effettuare tale procedura alla fine di un EEG basale già sufficientemente lungo, in modo che un'eventuale rifiuto a continuare non invalidi l'intera registrazione. D'altronde nei bambini anche ordini semplici, tipo "chiudi gli occhi", non sempre vengono eseguiti volentieri, e quindi occorre mettere in atto strategie

che ottengano un risultato accettabile, come guardare verso il basso attirando l'attenzione con giochi vari.

Le controindicazioni mediche all'esecuzione della prova sono sovrapponibili a quelle degli adulti (importanti patologie respiratorie, cardiologiche e cerebrovascolari); ogni caso va comunque discusso con il neurologo di riferimento.

Nella popolazione pediatrica già dopo 2 minuti di Ip è possibile osservare la comparsa di un'attività lenta (theta-delta), aumentata in ampiezza e ridotta in frequenza rispetto al basale, diffusa ma prevalente posteriormente nei bambini più piccoli ed anteriormente in quelli più grandi. Abbondante è in genere l'attività artefattuale, dovuta a movimenti di aggiustamento del capo e/o del tronco cui il bambino ricorre di frequente per "aiutarsi" nel compito, ed è difficile che il bambino resti ad occhi chiusi per tutto il periodo. Spesso, l'agitazione o la paura possono indurre un tracciato di basso voltaggio per la desincronizzazione dell'attività alfa su base psicogena, oppure provocare crisi di pianto, durante le quali bisognerebbe però tentare di proseguire la registrazione, trattandosi di un'Iperpnea forzata.

È frequente che il bambino collaborante non comprenda bene il comando di fine prova, continuando quindi a respirare forte e consentendo una persistenza più prolungata dei rallentamenti. Occorre quindi spiegare bene al bambino che deve smettere di respirare forte, pur restando ancora per un po' ad occhi chiusi. Discussa è la durata del rallentamento definito fisiologico al termine dell'iperpnea ed i bambini più piccoli possono mostrare una persistenza delle sequenze lente anche per 1-2 minuti. A tal proposito esiste una marcata variazione intra-interindividuale, che può dipendere sia da una maggior sensibilità all'indotta ipossia cerebrale da vasocostrizione che all'instabilità dei processi compensatori.

L'osservazione attenta del bambino durante tutta l'iperpnea è di fondamentale importanza a causa dell'elevata possibilità di insorgenza di crisi epilettiche. Il tecnico neurofisiopatologo dovrà segnalare le manifestazioni cliniche in ordine di comparsa e testare il paziente nel più breve tempo possibile; dovrebbe, inoltre, essere sempre possibile effettuare una videoregistrazione.

2) Stimolazione Luminosa Intermittente (SLI) (Ref 22-26)

La SLI (Intermittent Photic Stimulation – IPS) è una prova di attivazione comunemente eseguita in ogni Laboratorio per evidenziare la fotosensibilità del soggetto, che si caratterizza per la comparsa di una risposta fotoparossistica, che può essere semplicemente un marker di suscettibilità alle crisi o si può riscontrare in soggetti con sindromi epilettiche in atto di vario tipo. La SLI deve essere effettuata di routine come prova di attivazione, o preferibilmente prima dell'Iperventilazione (Ip) o almeno 3 minuti dopo la sospensione dell'Ip. Il soggetto deve essere sveglio e collaborante.

Se si vuole aumentare il valore facilitatorio della SLI, si può richiederne la ripetizione nelle prime ore della mattinata, dopo una parziale privazione di sonno notturno.

Il foto stimolatore deve essere posto a circa 30 cm dal nasion del paziente, con un'angolazione di circa 13°. La lampada dovrebbe essere preferibilmente tonda, di circa 13 cm di diametro. Il soggetto deve essere seduto comodamente, con la testa leggermente reclinata, in un ambiente in penombra, fissando il centro della lampada. I flash di luce bianca debbono avere un'intensità ≥ 100 nit-s/flash (che corrisponde circa a 0.4 Joule/flash). Sarebbe comunque preferibile utilizzare un'intensità di flash di circa 1 Joule.

La SLI va effettuata di routine ad occhi chiusi, in quanto le palpebre fungono da diffusori di luce e anche da filtri selettivi per le lunghezze d'onda dello spettro della luce visibile che danno luogo alla percezione del rosso, che pare essere il colore maggiormente

responsabile delle risposte fotoparossistiche. Altrettanto importante è però registrare nel momento del passaggio dagli occhi aperti agli occhi chiusi.

Uno schema standard da applicare in Laboratorio può essere il seguente: un treno di stimolazione, della durata di 10 secondi per ogni frequenza (5 s ad occhi aperti e 5 s ad occhi chiusi; in questo modo si stimola automaticamente anche durante il passaggio da uno stato all'altro), con un intervallo di riposo, tra un treno e l'altro, di 7-10 s (ad occhi aperti).

Le frequenze da testare sono in prima istanza: 1 – 2 – 4 – 6 – 8 – 10 – 12 – 14 – 16 – 18 – 20 Hz. Successivamente vanno testate in senso decrescente le seguenti frequenze: 60 – 50 – 40 – 30 – 25 - 20 Hz.

L'ideale sarebbe però testare i treni di flash in 3 condizioni separate (1) in concomitanza con la chiusura degli occhi; 2) a occhi chiusi; 3) a occhi aperti) tenendo sempre conto che il momento maggiormente facilitatorio è quello della chiusura degli occhi.

Secondo le nuove LG Europee (26) per abbreviare il tempo di esecuzione della SLI (nelle 3 condizioni: - chiusura degli occhi – occhi chiusi – occhi aperti, 5 s di SLI e 5 s di riposo) andrebbero testate soltanto le seguenti frequenze, prima in sequenza crescente e poi decrescente:

a) 1-2-8-10-15-18-20-25-40-50-60 Hz

b) 60-50-40-25 Hz

Gli AA. suggeriscono, una volta ottenuta una risposta generalizzata con la sequenza crescente, di fermarsi a quella frequenza (*lower threshold*) e di ripartire con la sequenza decrescente finchè non compare una nuova risposta generalizzata (*upper threshold*).

Quando si ha il dubbio che una certa frequenza determini una risposta fotoparossistica, occorrerebbe testare una frequenza di stimolo di un Hz di differenza.

La SLI deve essere eseguita in un Laboratorio in penombra (scarsamente illuminato), ma il tecnico deve poter osservare attentamente la comparsa di qualsiasi componente motoria (anche sottoforma di fini mioclonie palpebrali e facciali), da documentare anche con la poligrafia e la videoregistrazione.

La SLI va interrotta immediatamente in caso di comparsa di una franca risposta fotoparossistica generalizzata, sia se si tratta di una scarica strettamente connessa con lo stimolo sia se si tratta di una risposta autosostenentesi (che prosegue cioè dopo l'interruzione dello stimolo) o se essa si associa a componenti cliniche motorie (da ricordare che le frequenze di stimolazione che più di frequente inducono anomalie epilettiformi sono quelle comprese tra 12 e 20 Hz). Nel caso di comparsa di risposta fotoparossistica, può essere però utile ripetere la SLI dopo applicazione di lenti fotocromatiche blu (Z1-Zeiss) (27).

Il paziente e/o i suoi familiari vanno informati della possibilità che la SLI provochi una crisi e sarebbe auspicabile ottenere da essi un consenso informato.

SLI in età pediatrica.

La SLI va eseguita come prova di attivazione anche nei bambini piccoli, soprattutto in relazione al sospetto clinico di Sindrome di Dravet, ceroidolipofuscinosi, etc (in questi casi tra l'altro sono molto utili per la diagnosi le basse frequenze di stimolazione). La metodologia tecnica deve essere la stessa che nell'adulto, ma in questo caso occorrerà attrarre il bambino in vario modo cercando di far apparire la prova come un gioco ed attirando la sua attenzione verso la lampada con giochi, libri, etc, senza coprire lo stimolo. Se il bambino collabora all'iperpnea e la SLI viene prevista dopo tale prova, accertarsi sempre che siano trascorsi almeno 3 minuti dalla fine dell'ip. L'intensità dello stimolo luminoso, come per l'adulto, deve essere di almeno 100 nit-s/flash e possibilmente i treni di stimolazione debbono essere testati sia ad occhi aperti che chiusi, cogliendo anche la

fase di passaggio. Per invogliare il bambino a chiudere gli occhi si può ricorrere a tecniche di suggestione, dicendo che in questo modo verranno visti tanti colori diversi e forme geometriche colorate. Per evitare artefatti, si può anche dire al bambino che si stanno scattando delle fotografie e che quindi è bene stare fermi per evitare che vengano "mosse".

La standardizzazione dell'esecuzione della SLI già descritta per l'adulto è utilizzabile anche in età pediatrica e prevede le stesse sequenze di stimolazione, prima in senso crescente e poi decrescente. Ogni qualvolta compaia una franca risposta fotoparossistica è necessario interrompere la stimolazione, annotando l'eventuale correlato motorio, che dovrebbe essere documentato mediante registrazioni poligrafiche nei distretti interessati.

Le sequenze di stimolazione precedentemente descritte possono essere variate a seconda dell'indicazione clinica. Occorre infine sempre tener presente la risposta emotiva del bambino, che talvolta è tutt'altro che prevedibile. Può capitare che il bambino si spaventi e si metta a piangere inficiando la visualizzazione dell'attività elettrica cerebrale; in questi casi è meglio interrompere la procedura e tentare di calmare il paziente e ripetere la prova al termine della registrazione. I familiari debbono essere avvertiti della potenzialità che la SLI evochi una crisi epilettica (auspicabile la firma di un consenso informato) ed il bambino va attentamente vigilato durante la prova.

Alcuni pazienti possono essere particolarmente sensibili a stimolazioni con flash colorati (le stimolazioni più efficaci sembrano essere quelle rosse e blu alternate, a frequenze < 30 Hz).

Oltre la SLI può essere effettuata, in soggetti fotosensibili o con anamnesi positiva per crisi epilettiche davanti a TV, monitor, etc, la *fotostimolazione da pattern*. In questo caso si utilizza come stimolatore un monitor che presenta immagini con diverso orientamento e frequenza spaziale (quadrati di diverse dimensioni, barre verticali od orizzontali, etc). Più attivanti risultano essere i pattern in movimento, molto contrastati, ad alta frequenza spaziale e orientati in senso orizzontale, di colore bianco/nero o blu/giallo.

Quando ci si trovi davanti a soggetti con crisi epilettiche riferite da videogames o visione di particolari cartoons si possono testare, in Laboratori dedicati, tali cause facilitanti.

3) Sonno e Privazione di Sonno

E' noto che il *sonno* fisiologico facilita la comparsa di anomalie non presenti in veglia o è in grado di accentuare pattern già evidenziati. Il sonno può essere considerato quindi una metodica di attivazione dell'EEG, di facile esecuzione e completa innocuità.

Nel Laboratori è possibile registrare brevi periodi (30-60 min) di sonno diurno, per lo più pomeridiano (EEG di siesta pomeridiana, *nap*) che consente comunque di valutare l'addormentamento, gli stadi 1-2 NREM ed il risveglio, condizioni queste particolarmente implicate nell'attivazione delle anomalie epilettiche.

Come il sonno, anche la *privazione di sonno* è considerata un valido metodo per facilitare la comparsa di anomalie epilettiformi non osservabili nelle registrazioni basali. La privazione di sonno richiesta può essere *totale* (almeno 24 ore di perdita di sonno) oppure *parziale*.

Il tracciato EEG registrato dopo privazione di sonno deve essere il più prolungato possibile e comprendere un periodo di veglia quieta, seguito dall'addormentamento e dalla registrazione di almeno 1-2 stadi di sonno NREM. Dopo il risveglio va proseguita la registrazione in veglia ed effettuata sia l'Ip che la SLI (la Privazione di sonno accentua la risposta sia all'Ip che alla SLI).

4) Stimolazioni sensoriali e sensitive

La stimolazione ripetitiva acustica può attivare anomalie EEG in casi con epilessia del lobo temporale o, più di rado, in soggetti con epilessia generalizzata. In particolari casi di epilessia riflessa (musicogena, etc), in laboratorio si dovrebbe essere in grado di registrare l'EEG durante l'ascolto di brani musicali, etc.

In alcune forme di epilessia (come ad esempio l'epilessia benigna con punte centro-temporali), anomalie di tipo epilettico si possono evocare con il tapping o la stimolazione tattile delle estremità. Il tapping deve essere eseguito su ogni singolo dito delle mani e dei piedi, a bassa frequenza (1 stimolo al secondo o meno), esaminando le derivazioni traverse (che includano il vertice) con martelletto collegato all'EEGrafo o segnando manualmente sul marker ogni singola stimolazione. Tale manovra, se possibile, può essere preceduta da autostimolazione, istruendo il soggetto a battere l'uno contro l'altro i polpastrelli delle dita, per almeno 30 secondi.

Stimoli visivi, acustici e somatosensoriali vanno utilizzati sistematicamente nei pazienti in coma o in stato soporoso/confusionale, dopo una crisi epilettica o uno SE convulsivo oppure durante uno SE nonconvulsivo. Gli stimoli e la risposta o meno del paziente devono essere annotati nel momento esatto in cui vengono effettuati.

Referenze

1. Binnie CD, Stefan H. Modern electroencephalography: its role in epilepsy management. *Clin Neurophysiol* 1999; 110: 1671-1697.
2. Flink R, Pedersen B, Guekht AB, Malmgren K, Michelucci R, Neville B, Pinto F, Stephani U, Ozkara C. Guidelines for the use of EEG methodology in the diagnosis of epilepsy. *Acta Neurol Scand* 2002; 106: 1-7.
3. Mendez OE, Brenner RP. Increasing the Yield of EEG. *J Clin Neurophysiol* 2006; 23: 282-293.
4. Noachtar S, Rémi J. The role of EEG in epilepsy: a critical review. *Epil & Behav*, 2009; 15: 22-33.
5. Stefan H, Hopfengartner R. Epilepsy monitoring for therapy: challenges and perspectives. *Clin Neurophysiol* 2009, 120: 653-658.
6. Zifkin BG, Avanzini G. Clinical neurophysiology with special reference to the electroencephalogram. *Epilepsia*, 2009; 50 (Suppl 3): 30-38.
7. Brenner RP. EEG in Convulsive and Nonconvulsive Status Epilepticus. *J Clin Neurophysiol* 2004; 21: 319-331.
8. Kaplan PW. The EEG in metabolic encephalopathy and coma. *J Clin Neurophysiol* 2004; 21: 307-318.
9. Kaplan PW. The EEG of Status epilepticus. *J Clin Neurophysiol* 2006; 23: 221-229.
10. Kaplan PW. EEG criteria for non convulsive status epilepticus. *Epilepsia* 2007; 48 (Suppl 8): 39-41.
11. Claassen J, Jetté N, Chum F, Schmidt M, Choi H, Jirsch J, Frontera JA, Sander Connolly E, Emerson RG, Mayer SA, Hirsch LJ. Electrographic seizures and periodic discharges after intracerebral hemorrhage. *Neurology* 2007; 69: 1356-1365.
12. Ebner A, Sciarretta G, Epstein CM, Nuwer M. EEG Instrumentation.

In: Recommendations for the practice of Clinical Neurophysiology: Guidelines of the International Federation of Clinical Neurophysiology. G Deuschl & A Eisen Eds. Electroenceph clin Neurophysiol 1999 (Suppl 52): 7-10.

13. Klem GH, Luders HO, Jasper HH, Elger C.

The ten-twenty electrode system of the International Federation.

In: Recommendations for the practice of Clinical Neurophysiology: Guidelines of the International Federation of Clinical Neurophysiology. G Deuschl & A Eisen Eds. Electroenceph clin Neurophysiol 1999 (Suppl 52): 3-6.

14. Ragazzoni A, Rossini PM, Rubboli G.

Linee Guida per l'esecuzione dell'Elettroencefalografia Clinica.

In: Linee Guida Internazionali per l'EEG, Potenziali Evocati e monitoraggi Intraoperatori. A cura di L. Murri e L. Santoro. SINC, 2002.

15. Altman CL. Infection control: review and update; 2000. Available from American Society of Electrodiagnostic Technologists, <https://www.aset.org/>.

16. Epstein CM, Bej MD, Foldvary-Schaefer N, Lagerlund TP, Helmers SL, Husain AM.

American Clinical Neurophysiology Society. Guideline 1: Minimum Technical Requirements for performing Clinical Electroencephalography.

J Clin Neurophysiol 2006; 23: 86-91.

17. Epstein CM, Bej MD, Foldvary-Schaefer N, Lagerlund TP, Helmers SL, Husain AM.

American Clinical Neurophysiology Society. Guideline 2: Minimum Technical Standards for Pediatric Electroencephalography.

J Clin Neurophysiol 2006; 23: 92-96.

18. Epstein CM, Bej MD, Foldvary-Schaefer N, Lagerlund TP, Helmers SL, Husain AM.

American Clinical Neurophysiology Society. Guideline 5: Guidelines for Standard Electrode Position Nomenclature.

J Clin Neurophysiol 2006; 23: 107-110.

19. Epstein CM, Bej MD, Foldvary-Schaefer N, Lagerlund TP, Helmers SL, Husain AM.

American Clinical Neurophysiology Society. Guideline 6: A proposal for Standard Montage to be used in Clinical EEG.

J Clin Neurophysiol 2006; 23: 111-117.

20. Nuwer MR, Comi G, Emerson R, Fuglsang-Frederiksen A, Guerit J-M, Hinrichs H, Ikeda A, Luccas FJC, Rappelsberger P.

IFCN standards for digital recording of clinical EEG.

In: Recommendations for the practice of Clinical Neurophysiology: Guidelines of the International Federation of Clinical Neurophysiology. G Deuschl & A Eisen Eds.

Electroenceph clin Neurophysiol 1999 (Suppl 52): 11-14.

21. Epstein CM, Bej MD, Foldvary-Schaefer N, Lagerlund TP, Helmers SL, Husain AM.

American Clinical Neurophysiology Society. Guideline 8: Guidelines for Recording Clinical EEG on Digital Media.

J Clin Neurophysiol 2006; 23: 122-124.

22. Kasteleijn-Nolst Trenité DGA, Binnie CD, Harding GFA, Wilkins A.

Photoc stimulation: standardization of screening methods.

Epilepsia 1999; 40 (Suppl 4): 75-79.

23. Kasteleijn-Nolst Trenité DGA, Binnie CD, Harding GFA, Wilkins A, Covanis T, Eeg-Olofsson O, Goosens L, Henriksen O, Kramer G, Leyten F, Lopes da Silva FH, Martins Da Silva A, Naquet R, Pedersen B, Ricci S, Rubboli G, Spekrijse H, Waltz S.
Medical technology assessment, Photic stimulation – Standardization of screening methods.
Neurophysiol Clin 1999; 29: 318-324.
24. Kasteleijn-Nolst Trenité DGA, Guerrini R, Binnie CD, Genton P.
Visual sensitivity and epilepsy: a proposed terminology and classification for clinical and EEG phenomenology.
Epilepsia 2001; 42: 692-701.
25. Rubboli G, Parra J, Seri S, Tahakashi T, Thomas P.
EEG diagnostic procedures and special investigations in the assessment of photosensitivity.
Epilepsia 2004 (Suppl 1): 35-39.
26. Kasteleijn-Nolst Trenité DGA, Rubboli G, Hirsch E, Martins da Silva A, Seri S, Wilkins A, Parra J, Covanis A, Elia M, Capovilla G, Stephani V, Harding G.
Methodology of photic stimulation revisited: Updated European algorithm for visual stimulation in the EEG laboratory.
Epilepsia 2012; 53: 16-24.
27. Capovilla G, Gambardella A, Rubboli G, Beccaria F, Montagnini A, Aguglia U, Canevini MP, Casellato S, Granata T, Paladin F et al. Suppressive efficacy by a commercially available blue lens on PPR in 610 photosensitive epilepsy patients.
Epilepsia 2006; 47: 529-533.

Il presente elaborato è dedicato alla memoria di Giancarlo Muscas, che partecipò attivamente alla fase iniziale della sua preparazione.

Si ringraziano i Tecnici di Neurofisiopatologia Silvia Bonetti, Lidia Broglio, Leonardo Davì e Angelo Mastrillo che hanno collaborato alla stesura della parte tecnico-strumentale

Appendice A

EEG neonatale

(a cura di Massimo Mastrangelo)

In epoca neonatale la registrazione EEG è universalmente riconosciuta come la metodica standard per la diagnosi, il monitoraggio e la prognosi della patologia neurologica ed extraneurologica con interessamento del sistema nervoso centrale. Nella pratica clinica, la registrazione EEG di fatto deve essere una registrazione EEG poligrafica, ossia comprensiva di quei parametri autonomici indispensabili per documentare lo stato comportamentale del neonato. Le attuali tecnologie permettono poi di implementare ulteriormente la qualità dell'esame mediante la contemporanea registrazione video-EEG poligrafica.

In relazione alla complessità del tipo di paziente vanno premesse alcune definizioni:

- Età gestazionale – EG (Gestational Age - GA): il numero di settimane intercorse dal primo giorno dell'ultima mestruazione alla nascita.
- Età concezionale o età corretta – EC (Conceptional Age – CA): comprende l'età gestazionale più il numero di settimane intercorse dalla nascita al momento dell'esame.
- Neonato “a termine”: nato dopo 38 settimane (38 EG) di amenorrea;
- Neonato “prematuro”: nato prima di 37 settimane (37 EG) di amenorrea;
- Periodo neonatale: comprende le prime quattro settimane di vita per il nato a termine e arriva fino alla 44^a settimana di EC per il prematuro.

Per l'interpretazione dell'esame vanno premesse inoltre alcune considerazioni:

- é indispensabile conoscere l'EG e l'EC del neonato;
- é indispensabile conoscere lo stato di vigilanza durante la registrazione;
- la durata della registrazione deve essere tale da comprendere almeno un ciclo di veglia-sonno (nel neonato con EG > a 35 sett EG) e comunque generalmente mai inferiore a 60';
- in relazione alla presenza di eventi parossistici, epilettici e non, sarebbe opportuno riuscire a documentare gli eventi in questione.

Tecnica di registrazione

Si configurano alcune peculiari difficoltà legate alla prematurità, più o meno “estrema” (neonato di EG < a 27 sett EG) e all'ambiente in cui viene eseguita la registrazione (incubatrice, culla termica). Lo stato clinico del neonato è una variabile molto importante e per consentire una registrazione adeguata (ciclo sonno – veglia) è opportuno quindi allattare il neonato prima dell'esame, cambiarlo, iniziare la registrazione anche in veglia agitata ma prolungarla fintanto che non si ottengano le condizioni desiderate. La registrazione va programmata: il tempo di registrazione ottimale in un neonato “a termine” non è inferiore a 90 minuti, e pertanto di solito sono necessarie almeno due ore, tenendo conto dei tempi tecnici di preparazione e del tempo necessario per l'adeguamento del bambino alle condizioni ottimali di registrazione. Anche per il neonato “prematuro” l'esame non deve durare meno di 60' per poter ottenere epoche relativamente stabili dove possano essere definite le caratteristiche del pattern discontinuo e quelle dei tratti con attività elettrica relativamente più continua.

Si utilizzano elettrodi a coppetta di argento clorurato, con pasta elettroconduttrice, applicati con cerotti a forma di anello, meglio se poi fissati con una retina che ricopre lo scalpo

raccogliendo i cavetti verso la testina dell'elettroencefalografo. Un batuffolo di cotone è posto sopra ogni elettrodo, sotto al cerotto, per migliorare l'aderenza. Nel neonato in culla termica è assolutamente da evitare l'utilizzo del collodio. Una variante di rapida applicazione è costituita da elettrodi a bottone "preborn", inseriti all'interno di fasce di gomma forate. Le cuffie precablate sono altrettanto di rapida applicazione ma spesso fonte di artefatti legati a cattivo contatto dell'elettrodo sullo scalpo. Sono sconsigliati gli elettrodi ad ago che, oltre ad essere traumatici, possono costituire fonte di infezione. Poiché la resistenza elettrica della cute del neonato è particolarmente elevata, prima di applicare gli elettrodi lo scalpo viene preparato con una delicata pulizia in ciascuna sede di posizionamento dei singoli elettrodi con un gel di media abrasività utilizzando l'estremità di cotone di un bastoncino applicatore. Per monitoraggi prolungati (12-24 ore e oltre) è necessario controllare periodicamente le impedenze applicando eventualmente agli elettrodi a coppetta, una o due volte al giorno, una nuova dose di pasta conduttrice. L'impedenza elettrodica deve essere inferiore a 10 KOhm.

Il posizionamento degli elettrodi avviene secondo il Sistema Internazionale 10-20 modificato per il neonato, tenendo conto delle dimensioni del cranio in particolare nei prematuri estremi. Sebbene sia ovvio che tanto maggiore è il numero degli elettrodi sullo scalpo tanto migliore può essere la definizione del segnale, nove/dieci posizioni cefaliche (F4-F3, C4-C3, T4-T3, O2-O1, Cz-Pz) possono essere ritenute sufficienti per acquisire un segnale adeguatamente differenziato in relazione all'organizzazione spaziale. Un elettrodo "di terra" viene abitualmente posizionato su Fpz e un ulteriore elettrodo "di riferimento" viene posizionato extracefalico. La referenza media dovrebbe essere evitata in funzione del numero esiguo di elettrodi. Viene raccomandato un montaggio bipolare, con almeno una doppia longitudinale (F4-C4, C4-O2, F4-T4, T4-O2, F3-C3, C3-O1, F3-T3, T3-O1) e una trasversale che comprenda il vertice (T4-C4, C4-Cz, Cz-C3, C3-T3). Attualmente oramai sono a disposizione apparecchiature EEG digitali che permettono una ampia rielaborazione del segnale. Recentemente dagli Autori francesi (André et al., 2010) viene consigliato di usare una frequenza di campionamento di almeno 246 Hz, di mostrare le tracce su uno schermo di almeno 17 pollici, con una risoluzione minima di 1280 x 1024, e di utilizzare una stampante con risoluzione di almeno 600 dpi.

In Europa viene utilizzata una velocità di scorrimento di 15 mm/s con visualizzazione sul monitor di 20 secondi di tracciato; una sensibilità standard di 100 μ V/cm; un filtro passa alto di 0.53–1.6 Hz; un filtro passa basso di 70 Hz; un filtro notch 50 Hz per il disturbo di rete. In tutti i casi le caratteristiche di acquisizione del segnale devono essere riportate sullo schermo e sul tracciato stampato.

Generalmente la reattività del bambino, e del tracciato, deve essere studiata sistematicamente durante la registrazione con stimoli uditivi (hand clapping) o tattili. Infine va sottolineato che, nonostante la possibile registrazione in video-EEG, il tecnico di neurofisiopatologia deve comunque essere presente costantemente durante l'esame per annotare quanto necessario relativamente al neonato ed all'ambiente circostante, in funzione del problema del riconoscimento dell'attività artefattuale.

Parametri poligrafici

- Elettrooculogramma (EOG). Gli elettrodi di superficie, a coppetta, sono posizionati lateralmente al canto esterno, nei due lati rispettivamente sopra e sotto la mediana, per acquisire i movimenti sia di lateralità sia di verticalità. Il filtro passa alto sarà impostato a 0.53-1.6 Hz, il filtro passa basso a 30-70 Hz. La sensibilità sarà adattata in funzione della deflessione provocata dal movimento del globo oculare (generalmente 100-200 μ V/cm).

- Elettromiogramma (EMG). Gli elettrodi di superficie, a coppetta, sono posizionati abitualmente sotto al mento sul muscolo milojoideo. Il filtro passa alto sarà impostato a 5.0

Hz ed il filtro passa basso a > 70 Hz o off. La sensibilità sarà adattata in funzione della deflessione provocata dal movimento di suzione (generalmente 100-150 $\mu\text{V}/\text{cm}$).

- Elettrocardiogramma (ECG). Gli elettrodi di superficie, a coppetta, sono posizionati sopra la linea mediana del torace o distalmente sugli arti superiori. Il filtro passa alto sarà impostato a 1.6-5.0 Hz, il filtro passa basso a 70 Hz. La sensibilità sarà adattata in funzione dell'ampiezza e della forma d'onda acquisita che varia relativamente al posizionamento degli elettrodi (dal momento che l'ECG è un segnale ampio, si utilizza generalmente una sensibilità di 700-800 μV).

- Attività respiratoria. Viene registrata a livello toracico e addominale (2 cm sopra alla linea ombelicale) tramite trasduttori a fascia (strain gauges) in grado di valutare le escursioni toraciche. Il filtro passa alto sarà impostato a 0.16 Hz, il filtro passa basso a 15 Hz. La sensibilità sarà adattata in base alle caratteristiche del segnale (150-200 μV). Può inoltre essere registrato il flusso d'aria attraverso le narici e la bocca (con termocoppie o termistori posti immediatamente sotto la narice e sopra la bocca) e la saturazione di O_2 e CO_2 per mezzo di un ossimetro di superficie distale.

- Altri parametri non standardizzabili possono essere registrati in relazione a condizioni cliniche particolari: movimenti corporei globali, pressione arteriosa sistemica, EMG di contatto su differenti distretti muscolari.

Referenze

Epstein CM, Bej MD, Foldvary-Schaefer N, Lagerlund TP, Helmers SL, Husain AM.

American Clinical Neurophysiology. Guideline Two: Minimum technical standards for pediatric electroencephalography. J Clin Neurophysiol 2006; 23: 92-96.

Stockard-Pope J, Werner SS, Bikford RG. Atlas of Neonatal Electroencephalography. Second edition. New York: Raven Press; 1992.

De Weerd AW, Despland PA, Plouin P. Neonatal EEG. In: Recommendations for the practice of Clinical Neurophysiology: Guidelines of the International Federation of Clinical Neurophysiology. G Deuschl & A Eisen Eds.

Electroenceph clin Neurophysiol 1999, Suppl 52:149-157

Lamblin MD, André M, Challamel MJ, Curzi-Dascalova L, d'Allest AM, De Giovanni E, Moussalli-Salefranque F, Navelet Y, Plouin P, Radvanyi-Bouvet MF, Samson-Dollfus D, Vecchierini-Blineau MF. Electroencephalography of the premature and term newborn. Maturational aspects and glossary. Neurophysiol Clin 1999;29:123-219.

Mizrhay EM, Hrachovy RA, Kellaway P. Atlas of Neonatal Electroencephalography. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins Pub; 2004.

André M, Lamblin MD, d'Allest AM, Curzi-Dascalova L, Moussalli-Salefranque F, Nguyen The Tich S, Vecchierini-Blineau MF, Wallois F, Walls-Esquivel E, Plouin P. Electroencephalography in premature and full-term infants. Developmental features and glossary. Clin Neurophysiol 2010; 40:59-124.

Appendice B - Glossario e Refertazione EEG

1. GLOSSARIO

Il primo tentativo di descrivere in maniera organica un syllabus per gli elettroencefalografisti si deve a O'Leary e Knott (Electroenceph clin Neurophysiol 1955). Nei decenni successivi, essendo divenuto l'EEG di sempre maggiore utilizzo in ambito sperimentale e clinico, l'esigenza di adottare un linguaggio il più possibile comune tra i vari Laboratori di ogni parte del mondo, si fece ancora più impellente. La molteplicità terminologica infatti contribuiva (e talvolta contribuisce tuttora) a generare confusione ed interpretazioni errate, rendendo difficile il confronto dei dati tra Laboratori diversi e favorendo la misdiagnosi.

Per ovviare a tutto ciò nel 1974 fu pubblicato sull'EEG Journal "A Glossary of Terms most commonly used by Clinical Electroencephalographers", derivante dal lavoro di un gruppo di esperti dell'International Federation of Clinical Neurophysiology (IFCN). Il Glossario fu poi anche tradotto in italiano a cura della Società Italiana di Elettroencefalografia e Neurofisiologia.

Il risultato di quel Gruppo di lavoro fu di rilevante importanza in quanto ufficialmente veniva per la prima volta definito quale termine usare in modo corretto per descrivere una figura EEG specifica, (al fine di evitare la proliferazione di termini diversi per indicare lo stesso pattern) e si sconsigliavano inoltre in modo netto termini inappropriati allo scopo.

Dal canto suo anche l'American Electroencephalographic Society (successivamente divenuta American Clinical Neurophysiology Society) si preoccupò di redigere un proprio glossario, con una prima edizione nel 1979, rivista poi nel 1984 e quindi nel 1994.

Il Glossario internazionale dell'IFCN fu anch'esso rivisto e ripubblicato nel 1999 a cura di Noachtar et al., basandosi interamente sulla proposta di Chatrian et al (1974), ma apportandovi gli opportuni aggiornamenti, resi necessari peraltro anche dall'evoluzione tecnologica.

Di seguito riportiamo un glossario liberamente adattato e sintetizzato, a partire dalle varie fonti suddescritte. Abbiamo mantenuto alcune definizioni in lingua inglese e francese (*soprattutto riguardanti i pattern dell'EEG neonatale, in corsivo*) in quanto entrate abitualmente nell'uso comune o di difficile traduzione.

Activité moyenne

Definizione peculiare dell'epoca neonatale. Pattern elettrico del neonato a termine corrispondente alla veglia o al sonno attivo post sonno calmo: attività elettrica continua con frequenze prevalenti tra 4 e 7 Hz (1 - 10 Hz), di ampiezza tra 25 e 50 μ V, con inframezzata attività delta di basso voltaggio.

Ampiezza

Definisce il voltaggio delle onde EEG espresso in microvolts (μ V) e misurato picco a picco. I valori dell'ampiezza risentono innanzitutto della tecnica di registrazione (bassi per ridotte distanze interelettrodeiche, alti per elevate distanze interelettrodeiche) ma dipendono anche da fattori extracerebrali (impedenza delle meningi, del liquor cerebro-spinale, del cranio, dello scalpo, degli elettrodi). Nella descrizione dell'ampiezza di un'attività EEG, soprattutto in riferimento all'attività di fondo, abitualmente si utilizzano aggettivi come bassa, media o elevata, che comunque sono inficiati da variabili soggettive.

Artefatto

Termine applicato a: 1) qualsiasi differenza di potenziale registrata sul tracciato EEG e dovuta ad una sorgente extracerebrale; 2) qualsiasi modificazione dell'EEG causata da fattori extracerebrali quali le alterazioni delle strutture che circondano il cervello, la distorsione o il cattivo funzionamento dello strumento di registrazione, gli errori operativi, ecc.

Gli artefatti si possono distinguere in: -fisiologici (attività muscolare, cardiaca, oculare, dermogramma, etc); - non fisiologici (determinati da alterata captazione e conduzione del segnale elettrico cerebrale o da campi elettromagnetici ed elettrici provenienti dall'ambiente circostante)

Asimmetria

Diversa ampiezza dell'attività EEG registrata su aree omologhe ai lati opposti del capo.

Asincronia

Comparsa non simultanea di attività EEG su regioni del medesimo lato o dei lati opposti del capo.

Attenuazione

Termine riferito a: 1) riduzione di ampiezza dell'attività EEG che può osservarsi transitoriamente in risposta a stimoli fisiologici o non (come la stimolazione elettrica cerebrale) oppure in conseguenza di condizioni patologiche; 2) riduzione della sensibilità di un canale EEG, per modificazioni dell'amplificazione o dei filtri.

Attivazione

Termine applicato a: 1) qualsiasi procedimento in grado di aumentare o di evidenziare l'attività EEG, normale o patologica (iperventilazione, fotostimolazione, sonno, etc); 2) pattern di basso voltaggio che si rende evidente quando i ritmi EEG vengono bloccati da stimoli fisiologici o da altri stimoli, come la stimolazione elettrica cerebrale (uso non consigliato).

Attività aritmica

Sequenze di onde con periodo non costante. Il termine è utilizzato per indicare attività costituita da onde che si ripetono con intervalli variabili ed irregolari, di frequenza differente (sinonimi sconsigliati: attività polimorfa, attività disritmica)

Attività EEG

Qualsiasi onda o sequenza di onde EEG. In genere essa viene suddivisa in attività lenta (attività di frequenza minore dell'alfa, cioè attività theta e/o delta) e attività rapida (attività di frequenza maggiore dell'alfa, cioè attività beta).

Attività di fondo (Background activity)

Qualsiasi attività EEG che rappresenti la base del tracciato, sulla quale si inscrivono poi figure sia normali che patologiche che si differenziano nettamente da essa. Tale termine non può essere usato come sinonimo di ritmo di fondo alfa, come invece per lo più succede.

In epoca neonatale l'attività di fondo viene definita come "discontinua" o "continua" in funzione rispettivamente della presenza o dell'assenza di epoche di tracciato con persistente attenuazione, fino all'assenza, di attività elettrica osservabile sullo scalpo. Il significato di tale aggettivazione varia in funzione dei differenti contesti clinici.

- Attività < 3 Hz: onde lente a 0.3 - 3 Hz, ampie fino a 300 μ V, nel neonato prematuro di EC < a 26 settimane;

- Attività a 3-7 Hz: in brevi sequenze di 1-2 secondi, occipitali, ampie 50-200 μ V, nel neonato prematuro di EC < 27 settimane;

- Attività a 8-13 Hz: brevi sequenze di 1 - 2 secondi, di ampiezza tra 25 - 30 μ V, prevalenti sulle regioni rolandiche e occipitali, nel neonato prematuro di EC < 28 settimane.

Attività di tipo proiettato (Projected patterns)

Attività EEG anormali che si ritiene siano generate da siti strutturali lontani dagli elettrodi che le registrano. E' preferibile la semplice descrizione del quadro EEG specifico, senza tentativi esplicativi della fisiopatogenesi.

Attività delta ritmica frontale intermittente (Frontal Intermittent Rhythmic Delta Activity - FIRDA)

Onde abbastanza regolari, quasi sinusoidali, a 1,5-3 Hz, a comparsa sulle aree frontali di uno o di entrambi i lati del capo. Le onde sono solitamente regolari e ritmiche, intermittenti, in sequenze più o meno prolungate

Attività delta ritmica occipitale intermittente (Occipital Intermittent Rhythmic Delta Activity – OIRDA)

Onde sinusoidali abbastanza regolari, a 2-3 Hz, a comparsa in sequenze sulle aree occipitali, di uno o di entrambi gli emisferi.

Banda

Parte dello spettro delle frequenze EEG.

Banda delta (δ): 0.3-3.5 Hz; Banda theta (θ): 4-7.5 Hz; Banda alfa (α): 8-12.5 Hz; Banda beta (β): 13-30 Hz; Banda gamma (γ): 30-80 Hz; Banda omega (ω) 80-120 Hz.

Bilaterale

Coinvolgente entrambi i lati del capo.

Blocco

Termine applicato a: 1) Arresto temporaneo dei ritmi EEG in risposta a stimoli fisiologici o d'altro genere, come la stimolazione elettrica cerebrale (v. attenuazione); 2) condizione di non responsività temporanea dell'amplificatore EEG causata da sovraccarico.

Calibrazione

Procedura di controllo e registrazione delle risposte dei canali EEG a differenze di voltaggio applicate ai terminali di ingresso dei rispettivi amplificatori (per la calibrazione si utilizzano voltaggi in corrente continua, DC, o alternata, AC, di grandezza paragonabile all'ampiezza delle onde EEG). Il segnale di calibrazione funziona anche da marcatempo.

Canale

Sistema completo per l'individuazione, amplificazione e visualizzazione delle differenze di potenziale fra una coppia di elettrodi. Gli apparecchi analogici sono dotati di un numero limitato di canali. Gli apparecchi digitali possono visualizzare sullo schermo un numero variabile e maggiore di canali.

Ciclo

La completa sequenza di variazioni di potenziale sottesa dalle componenti individuali di una sequenza di onde o complessi EEG che si ripetono regolarmente.

Cicli per secondo (c/s)

Unità di frequenza (sinonimo: hertz – Hz – da preferire).

Complesso

Sequenza di due o più onde, aventi una forma caratteristica o ricorrenti con una forma ben definita distinguibile dall'attività di fondo.

Complesso punta-onda lenta a 6 Hz (6/s spike-and-slow-wave) (phantom spike-and-wave, termine scoraggiato)

Complessi punta-onda a 4-7 Hz, ma soprattutto a 6 Hz, che occorrono generalmente in brevi scoppi bilaterali e sincroni, simmetrici o asimmetrici, localizzati o di maggior ampiezza nelle regioni anteriori o posteriori. La loro ampiezza è comunque inferiore a quella dei complessi punta-onda a minor frequenza.

Complesso punta-onda atipico ripetitivo (Atypical spike-and-slow wave complex)

Parossismi consistenti in una sequenza di complessi punta-onda lenta bilaterali e sincroni, ma che non rispondono a uno o a più criteri del complesso punta-onda lenta a 3 Hz.

Complesso K (K complex)

Grafoelemento fisiologico caratteristico delle prime fasi del sonno NREM caratterizzato da un ampio grafoelemento di variabile morfologia, consistente per lo più in un'onda lenta difasica (fase

iniziale più ampia negativa e successiva meno ampia positiva), seguito da sequenze fusiformi. L'ampiezza è in genere massima al vertice. I complessi K compaiono sia spontaneamente che in risposta a stimoli sensoriali improvvisi, e non sono specifici di una singola modalità sensoriale.

Complesso di punte multiple (multiple-spike complex or polyspike complex)

Sequenza di due o più punte (da preferire al sinonimo: complesso di polipunte).

Complesso onda puntuta-onda lenta (sharp-and-slow-wave complex)

Sequenza di un'onda puntuta (durata compresa tra 70 e 200 ms) e di un'onda lenta (durata di 300-500 ms).

Complesso punta-onda lenta (spike-and-slow-wave complex)

Quadro costituito da una punta seguita da un'onda lenta.

Complesso punte multiple-onda lenta (multiple spike-and-slow-wave complex)

Sequenza di due o più punte associate ad una o più onde lente (da preferire al termine : complesso polipunte-onda lenta)

Complesso punta-onda lenta a 3 Hz (3 Hz spike-and-slow-wave complex)

Caratteristico parossismo costituito da una regolare sequenza di complessi punta-onda lenta che: 1) si ripetono a 3-3,5 Hz; 2) sono bilaterali sia all'inizio che alla fine, generalizzati e usualmente di ampiezza massima nelle aree frontali; 3) sono pressoché sincroni e simmetrici sui due lati del capo durante tutto il parossismo. L'ampiezza è variabile ma può anche raggiungere valori di 1000 μ V.

Concordanza e discordanza

Definizione peculiare dell'epoca neonatale. Definisce la presenza (concordanza) o meno (discordanza), di parametri elettrici e comportamentali normalmente strutturati, in relazione allo specifico stato nelle diverse età concezionali.

Delta brushes (onde delta con sovrainposti ritmi rapidi)

Definizione peculiare dell'epoca neonatale. Figura fisiologica del neonato prematuro, a sede variabile in funzione della EC. Si tratta di una figura complessa in cui attività rapida a 8 - 22 Hz, generalmente di basso voltaggio (10 - 70 μ V) precede immediatamente, si sovrainscrive o segue immediatamente, un'ampia onda lenta a 0.3 - 1.5 Hz, ampia tra 75 - 250 μ V. Le caratteristiche sia dell'attività rapida sia dell'onda lenta, sia la localizzazione, variano in funzione del grado di prematurità.

Depressione elettrocorticale

Termine (sconsigliato) utilizzato per indicare un'importante riduzione in ampiezza del tracciato (vedi attenuazione)

Derivazione

Registrazione del segnale EEG in un canale (segnale ottenuto da elettrodi posti in correlazione tra loro). La Derivazione può essere Bipolare (registrazione del segnale tra una coppia di elettrodi entrambi esploranti) oppure Referenziale, con referenza comune (elettrodo comune di riferimento posto sullo scalpo o fuori dello scalpo) o media.

Diffusione (Spread)

Propagazione di onde EEG da una regione dello scalpo e/o del cervello ad un'altra.

Questo termine viene spesso usato come sinonimo di "generalizzazione". In realtà per generalizzazione si dovrebbe intendere la propagazione di un'attività che si origina in un'area limitata del cervello a tutte le altre aree.

Diffuso

Presente su grandi aree del capo, mono o bilateralmente (da distinguere da "generalizzato": fenomeno che si verifica contemporaneamente su tutte le regioni del capo, anche se talvolta con prevalenza anteriore o posteriore)

Dismaturità

Definizione peculiare dell'epoca neonatale. L'insieme delle caratteristiche del pattern elettrico in un determinato stato comportamentale corrispondono ad una EC inferiore rispetto a quanto atteso per quella specifica EC.

Disorganizzazione

Grossolana alterazione della frequenza, morfologia, topografia e/o quantità dei ritmi EEG fisiologici : - nello stesso soggetto in rapporto a precedenti registrazioni; - riferita a ritmi presenti in regioni omologhe sul lato opposto del capo; - relativa a pattern fisiologici di soggetti della stessa età e in condizioni simili di vigilanza.

Disritmia lenta anteriore (DLA)

Figura EEG fisiologica del neonato a termine, presente comunque, più sporadicamente, fino da 35-36 sett EC, più spesso in sonno. La DLA si caratterizza per una breve sequenza di 1-2 secondi di onde lente a 1 - 3 Hz, ampie tra 50 e 150 μ V, a localizzazione anteriore, sincrone e/o asincrone tra i due emisferi, talvolta associate alle encoches frontales (cfr.).

Durata

Termine riferito a: 1) intervallo intercorrente dall'inizio alla fine di un'onda singola o di un complesso; 2) tempo occupato in un tracciato da una sequenza di onde o complessi o di altro quadro EEG ben riconoscibile dall'attività di fondo.

EEG di basso voltaggio (Low voltage EEG)

Registrazione in veglia caratterizzata da un'attività di ampiezza non superiore a 20 μ V su tutte le regioni del capo. Aumentando la sensibilità si può dimostrare che tale attività è composta da onde beta, theta ed in minor misura delta, con o senza attività alfa nelle regioni posteriori. Tali EEG (presenti in circa il 10% della popolazione adulta sana e più comuni con l'avanzare dell'età e nei soggetti ansiosi) possono essere modificati da stimolazioni varie e dalle prove di attivazione. Vanno ovviamente distinti dai tracciati con inattività elettrica cerebrale e da quelli con attività rapida di basso voltaggio

Encoches frontales (punte lente frontali)

Definizione peculiare dell'epoca neonatale. Sono grafoelementi fisiologici tipici del neonato che compaiono ad una EC di 35 settimane, presenti sia in veglia sia in sonno e persistenti, generalmente in sonno calmo, fino al termine dell'epoca neonatale. Sono caratterizzati da un'onda bifasica (negativa - positiva) di ampiezza variabile tra 50 - 200 μ V, a localizzazione anteriore, sincroni e asincroni tra i due emisferi, non infrequentemente frammisti con la Disritmia lenta anteriore (cfr.).

Epoca

Periodo di tempo in un tracciato EEG la cui durata è determinata arbitrariamente dall'esaminatore. Per esempio per l'analisi quantitativa dell'EEG si possono selezionare epoche di 2, 4, 10 s, etc.

Fase

Termine riferito a: 1) rapporto temporale o di polarità fra il punto di un'onda su di una derivazione ed il punto identico della stessa onda registrata simultaneamente su di un'altra derivazione; 2) rapporto temporale o angolare fra il punto di un'onda e l'inizio del ciclo della stessa onda, normalmente espressa in gradi o radianti.

Focus

Regione limitata dello scalpo, della corteccia cerebrale o delle strutture profonde, con una caratteristica attività EEG, normale o patologica. Foci: due o più focus localizzati in aree diverse.

Fotostimolazione (Photic Stimulation)

Metodo di attivazione EEG consistente nell'erogazione di flash di luce intermittente verso gli occhi di un soggetto. I flash sono erogati a varia frequenza da un dispositivo definito fotostimolatore (o stroboscopio, *termine sconsigliato*). Viene usata come procedimento di attivazione EEG (acronimi: SLI – Stimolazione Luminosa Intermittente; IPS - Intermittent Photic Stimulation)

Frequenza

Numero di cicli completi di onde ripetitive o di complessi in un secondo. Viene misurata in hertz (Hz), unità da preferire a cicli per secondo (c/s)

Fuso (spindle)

Gruppo di onde ritmiche caratterizzate da un'ampiezza progressivamente crescente e decrescente.

Fuso del sonno

Breve sequenza di onde fusiformi a 11-15 Hz (in genere a 12-14 Hz) a maggior espressività sulle regioni fronto-centrali, osservabile durante il sonno NREM (> II stadio). L'ampiezza è variabile ma è in genere < a 50 µV nell'adulto. Nell'adulto sono per lo più sincroni e simmetrici mentre nei primi mesi o anni di vita sono spesso asincroni e/o asimmetrici. Sinonimo: *ritmo sigma (sconsigliato)*

Generalizzato

Grafoelemento che si apprezza su tutte le regioni esplorate (cfr *diffuso*)

Generalizzazione

Propagazione di attività EEG da aree limitate a tutte le regioni esplorate (cfr *diffusione*)

Grafoelemento EEG (EEG transient)

Ogni onda o complesso isolato, che si staglia bene dall'attività di fondo.

Grafoelemento puntuto al vertice (Vertex sharp transient)

Potenziale puntuto, di voltaggio massimo al vertice, negativo in rapporto alle altre aree, che compare in modo apparentemente spontaneo durante il sonno o in risposta a stimoli sensoriali sia in sonno che in veglia. Può essere singolo o ripetitivo. L'ampiezza varia ma raramente supera i 250 µV. Per lo più compare al termine dello stadio I e nel passaggio allo stadio II del sonno NREM. Si tratta di un grafoelemento fisiologico del sonno. Abbreviazione: onda V

Grafoelementi puntuti occipitali positivi del sonno (Positive occipital sharp transient of sleep, POSTS)

Grafoelementi puntuti più evidenti sulle regioni occipitali, positivi relativamente alle altre aree, che compaiono in modo apparentemente spontaneo durante il sonno (> stadio II NREM). Possono essere singoli o ripetitivi. In genere bilaterali e sincroni, possono essere asimmetrici per quanto riguarda il voltaggio. L'ampiezza varia ma è generalmente inferiore a 50 µV. Si tratta di una figura EEG fisiologica del sonno. Termine sconsigliato : *onde lambdaoidi*.

Hertz

Unità di frequenza (abbreviazione: Hz, da preferire a c/s)

Inattività elettrocerebrale (electrocerebral inactivity)

Assenza su tutte le regioni del capo di attività elettrica identificabile come di origine cerebrale, spontanea o indotta da stimoli. E' il quadro EEG corrispondente alla morte cerebrale. I tracciati di inattività EEG devono essere ben differenziati dai tracciati di basso voltaggio e dalle registrazioni

con delta di bassa ampiezza. (sinonimi frequentemente usati ma sconsigliati sono “*silenzio elettrico cerebrale*” e “*tracciato piatto*”).

Indice

Percentuale di tempo di un'attività presente in un campione EEG

Inversione di fase strumentale (phase reversal)

Deflessioni simultanee delle penne in direzione opposta, causate da un'onda, in due derivazioni bipolari. Questa inversione è di natura puramente strumentale, dovuta cioè allo stesso segnale simultaneamente applicato al terminale d'ingresso 2 di un amplificatore differenziale e al terminale d'ingresso 1 dell'altro amplificatore. Indica un evento elettrico che avendo origine su un elettrodo in comune a due canali viene registrato in maniera speculare ossia in direzione di fase invertita. L'inversione di fase indica quindi che il campo di potenziale è massimo o minimo sotto o in prossimità dell'elettrodo in comune nelle due derivazioni. Di conseguenza, quando coinvolge canali adiacenti in una registrazione bipolare è fortemente indicativa dell'area dalla quale l'attività elettrica ha origine. Il fenomeno permette quindi di localizzare sia attività fisiologiche che patologiche (sinonimo: *opposizione di fase*).

Inversione di fase vera

Deflessioni simultanee delle penne in direzioni opposte, che si verificano in due derivazioni referenziali che usano un adatto elettrodo di riferimento comune o che esprimono la stessa onda. Questo fenomeno si osserva raramente negli EEG dallo scalpo mentre è comune nelle registrazioni intracraniche. Nelle derivazioni referenziali l'inversione di fase vera indica che l'elettrodo di riferimento non è né massimo né minimo per il segnale e quindi non costituisce un elemento localizzatore.

Iperventilazione – Ip (Hyperventilation, Hv)

Respirazione profonda e regolare eseguita per 3-5 min, usata come prova di attivazione.

Sinonimo: *Iperpnea (Hyperpnoea, Hp)*

Ipsaritmia (Hypsarrhythmia)

Quadro consistente in onde lente di alto voltaggio (> 300 μ V) irregolari e diffuse con sovrainposte punte ed onde puntute senza chiara sincronia fra i due lati del capo o aree differenti dello stesso lato.

Irregolare

Si riferisce ad onde e complessi di periodo incostante e/o con irregolare contorno. E' un termine descrittivo che può quindi essere usato sia per descrivere la morfologia che la durata di onde e complessi, quando questi presentano contorno ineguale e periodo incostante.

Isoelettrico

Tracciato ottenuto da una coppia di elettrodi aventi lo stesso voltaggio (equipotenziale). Sconsigliato usare tale termine per definire l'inattività elettrocerebrale.

Labilità

Definizione peculiare dell'epoca neonatale. Definisce uno stato comportamentale mal definibile e instabile dal punto di vista clinico e poligrafico, con variabilità frequente delle ampiezze e delle frequenze (spesso caratterizza i cambiamenti di stato).

Lateralizzato

Grafoelemento che riguarda principalmente il lato destro o sinistro del capo.

Linea di base (baseline)

In senso stretto si intende la linea ottenuta quando un identico voltaggio viene applicato ai due terminali di ingresso di un amplificatore EEG o quando lo strumento è in posizione di calibrazione, ma non viene applicato il segnale di taratura. In senso lato per linea di base si intende la linea

immaginaria corrispondente ai valori approssimativamente medi dell'attività EEG valutati visivamente per un certo periodo di tempo in una derivazione.

Low Voltage Irregular - LVI (Pattern irregolare di basso voltaggio)

Definizione peculiare dell'epoca neonatale. Pattern elettrico del neonato a termine, che caratterizza lo stato di "sonno attivo" che compare dopo una fase di sonno calmo: attività prevalente compresa tra 1 e 6 Hz, diffusa, di ampiezza inferiore a 40 - 60 μ V, con sovrainposte più rare onde delta posteriori di voltaggio maggiore.

Mixed activity

Definizione peculiare dell'epoca neonatale. Pattern elettrico del neonato a termine, che caratterizza lo stato di "sonno attivo" che compare generalmente all'inizio di un ciclo di sonno, prima di una fase di sonno calmo: è costituito dal pattern "activité moyenne"(cfr.) sul quale si sovrappone attività theta - delta diffusa a 2 - 4 Hz, di ampiezza superiore a 100 μ V.

Morfologia

Indica lo studio e la descrizione della forma dei grafo elementi.

Onda (Wave)

Qualsiasi variazione della differenza di potenziale tra coppie di elettrodi nella registrazione EEG. Può originare nel cervello (onda EEG) o fuori di esso (potenziale extracerebrale).

Onda difasica (Diphasic wave)

Onda consistente in due componenti che si sviluppano sui due lati della linea di base.

Onda lambda (Lambda wave, λ)

Grafoelemento rapido fisiologico, di morfologia di- o trifasica, che compare sulle regioni occipitali in soggetti svegli durante esplorazione visiva. La componente principale è in genere positiva. Le onde lambda sono cronologicamente associate ai movimenti saccadici. L'ampiezza varia ma è in genere inferiore a 50 μ V.

Onda lenta (Slow wave)

Onda di durata superiore ad 1/8 di secondo.

Onda polibasica (Poliphasic wave)

Onda costituita da due o più componenti che si sviluppano alternativamente sull'uno o l'altro lato della linea di base (vedi onda difasica, onda trifasica).

Onda puntuta (Sharp wave)

Grafoelemento chiaramente distinto dall'attività di fondo, con apice puntuto, morfologia di- o trifasica, ampiezza compresa tra i 100 e i 200 μ V, e durata di 70-200 ms. La componente maggiore è generalmente negativa relativamente alle altre aree. Si tratta di un termine da riservare ai grafoelementi epilettiformi, da non confondere però ne' con le punte epilettiche ne' con i grafoelementi puntuti fisiologici (onde lambda, grafoelementi puntuti al vertice, grafoelementi puntuti occipitali del sonno)

Onda trifasica (Triphasic Wave, TW)

Per onda trifasica si intende un grafoelemento costituito da tre componenti che si alternano attorno alla linea di base, di 100-300 μ V di ampiezza e 1.5-3 Hz di frequenza, spesso a ripetitività periodica o quasi-periodica. Morfologicamente la fase iniziale negativa è meno ampia e più puntuta; ad essa segue una fase positiva più ampia e lenta che termina in un'ulteriore fase negativa di minor voltaggio. Le onde trifasiche sono organizzate in gruppi o sequenze, diffuse o predominanti anteriormente (più di rado posteriormente). La loro comparsa è bisincrona, pur potendo prevalere da un lato.

Organizzazione

Termine che definisce il grado con il quale i ritmi fisiologici dell'EEG si uniformano a certe caratteristiche ideali, mostrate dalla maggioranza di soggetti della stessa età, con una storia personale o familiare negativa per malattie neurologiche e psichiche o per altre affezioni che potrebbero essere associate a disfunzioni cerebrali. Da ricordare che l'organizzazione dei ritmi EEG fisiologici progredisce dalla nascita all'età adulta e che la scarsa organizzazione dei ritmi EEG, per esempio del ritmo alfa, non necessariamente è indice di anormalità.

Parossismo (paroxysm)

Fenomeno ad insorgenza improvvisa che raggiunge rapidamente un massimo e cessa bruscamente, ben distinto dall'attività di fondo. Termine utilizzato comunemente per definire i patterns epilettiformi critici e/o intercritici.

Parossistico

Modalità di comparsa di un evento elettrico (cfr. parossismo). *In epoca neonatale viene utilizzato per definire un particolare tipo di tracciato (cfr. tracciato parossistico).*

Periodico

Aggettivo usato per descrivere onde o complessi che compaiono in sequenza ad intervalli approssimativamente regolari, anche in modo intermittente (con intervalli da uno o diversi secondi).

Periodo

Durata del ciclo completo di ciascuna componente di una sequenza di onde o complessi che si ripetono regolarmente. Il periodo delle singole componenti di un ritmo è il reciproco della frequenza del ritmo stesso.

Periodismo

Pattern caratterizzato dalla comparsa ad intervalli regolari di grafoelementi puntuti o lenti, isolati o in gruppi.

I periodismi possono essere classificati in:

-Patterns periodici diffusi a breve intervallo (Periodic Short Interval Diffuse Discharges, PSIDDs): grafoelementi epilettiformi diffusi che si ripetono ogni 0.5-4 s.

-Patterns periodici diffusi a lungo intervallo (Periodic Long Interval Diffuse Discharges, PLIDDs): onde diffuse a morfologia complessa, di ampio voltaggio e lunga durata, che si ripetono ogni 4-30 s.

-Patterns Epilettiformi Lateralizzati Periodici (Periodic Epileptiform Lateralized Discharges, PLEDs): grafoelementi epilettiformi localizzati in una o più aree dello stesso emisfero che si ripetono ogni 0.5-4 s. Quando tali patterns sono localizzati sui due emisferi ma in modo indipendente ed asincrono si parla di BIPLEDs (Bilateral Independent PLEDs).

Picco (peak)

Punto di massima ampiezza di un'onda.

Punta (spike)

Grafoelemento chiaramente distinto dall'attività di fondo, con apice puntuto e con una durata compresa tra 20 e 70 ms. La componente principale è generalmente negativa rispetto alle altre aree e l'ampiezza è variabile tra i 50 e i 150 μ V.

Punte lente positive temporali o rolandiche (Positive temporal or rolandic sharp waves)

Definizione peculiare dell'epoca neonatale dove acquisiscono un significato di figura peculiare fisiologica ad una EC compresa tra 29 - 32 settimane e 37 settimane EC (punte lente multifocali interbursts), quando sono isolate, sporadiche, bilaterali, asincrone, di voltaggio inferiore a 150 μ V (in derivazione bipolare hanno una morfologia in opposizione di fase a sede temporale o rolandica). Hanno altrimenti, specie se particolarmente frequenti e monolaterali, una connotazione

di evento patologico focale e/o di interessamento della sostanza bianca (punte positive rolandiche).

Quadro (pattern)

Qualsiasi attività EEG caratteristica.

Quadro EEG critico (Seizure EEG pattern)

Fenomeno elettrografico consistente in scariche EEG ripetitive con inizio e fine relativamente improvvisi e con caratteristico aspetto evolutivo, che dura almeno alcuni secondi. Le onde o i complessi che lo costituiscono variano per forma, frequenza e topografia. I grafoelementi sono generalmente ritmici e spesso mostrano un'ampiezza crescente e una frequenza decrescente durante lo stesso episodio. Se ad inizio focale essi tendono a diffondere alle altre aree. Un quadro EEG critico non accompagnato da manifestazioni cliniche epilettiche rilevate da colui che registra e/o riferite dal paziente deve essere indicato come "subclinico".

Quadro epilettiforme (epileptiform pattern)

Termine di tipo interpretativo riferito ad onde singole o complessi, distinti dall'attività di base, del tipo di quelli registrabili in pazienti epilettici. I quadri epilettiformi comprendono punte e onde puntute, talvolta seguite da onde lente, isolate o in scoppi della durata massima di pochi secondi. Il termine si riferisce all'attività parossistica intercritica.

Quasi-periodico (quasi-periodic)

Aggettivo usato per indicare onde o complessi EEG che compaiono ad intervalli quasi regolari. Sconsigliato il termine "pseudoperiodico".

Reattività

Suscettibilità di singoli ritmi o dell'EEG nel suo insieme di modificarsi a seguito di stimolazioni sensoriali od altri fattori fisiologici o procedure (apertura e chiusura degli occhi, iperventilazione, movimenti delle estremità, esecuzione di calcoli mentali, stimolazioni sonore, visive e tattili, modificazioni del livello di vigilanza)

Regolare

Termine che definisce onde o complessi che hanno un periodo approssimativamente costante e un aspetto relativamente uniforme.

REM (Rapid Eys Movements) Movimenti rapidi oculari. Cfr. *Stadi del sonno.*

Risposta fotomiogenica (photomyogenic response)

Risposta evocata dalla fotostimolazione, caratterizzata dalla comparsa sul tracciato di punte ripetitive di origine muscolare sulle regioni anteriori del capo. Le spikes spesso aumentano gradatamente di ampiezza se la stimolazione è prolungata e cessano bruscamente alla soppressione dello stimolo. (sinonimo: *risposta fotomioclonica*, termine sconsigliato)

Risposta fotoparossistica (Photoparoxysmal Response – PPR)

Risposta evocata dalla fotostimolazione, caratterizzata dalla comparsa sul tracciato di scariche diffuse di grafoelementi epilettiformi (punte multiple, complessi punta-onda lenta e punte multiple-onda lenta), sincrone e simmetriche, dominanti anteriormente o posteriormente. Le scariche possono recedere prima della fine degli stimoli (auto-limitanti), cessare con la fine degli stimoli, oppure persistere per alcuni secondi dopo la cessazione dello stimolo (auto-sostenenti). Questa risposta può essere associata a compromissione dello stato di coscienza ed a mioclonie interessanti la muscolatura di tutto il corpo, ma principalmente quella delle estremità superiori e del capo. (sinonimo: *risposta fotoconvulsiva*, termine sconsigliato)

Ritmo

Attività EEG costituita da onde con un periodo approssimativamente costante.

Ritmo alfa (alpha rhythm)

Ritmo fisiologico, di frequenza compresa tra 8 e 12.5 Hz che si registra in veglia sulle regioni posteriori del capo, generalmente con più alto voltaggio sulle aree occipitali. L'ampiezza è in genere inferiore a 50 μ V nel soggetto adulto e decresce nei soggetti anziani. E' un ritmo reagente a vari stimoli ed in particolare all'apertura-chiusura degli occhi (il ritmo alfa si blocca all'apertura degli occhi e ricompare alla loro chiusura)

Ritmo alfa variante lento (slow alpha variant rhythm)

Ritmo caratteristico a 3.5-6 Hz , ma soprattutto a 4-5 Hz, registrato principalmente sulle regioni posteriori del capo. Generalmente si alterna o è frammisto al ritmo alfa, col quale è correlato in modo armonico. L'ampiezza è variabile ma in genere vicina ai 50 μ V. Presenta le stesse modalità di reazione del ritmo alfa.

Ritmo alfa variante rapido (rapid alpha variant rhythm)

Frequenze doppie o triple del normale ritmo alfa, frammiste ad esso in ambito posteriore, con le stesse modalità di reazione.

Ritmo beta

Ritmo di frequenza superiore ai 13 Hz, in genere compreso tra 13 e 30 Hz, registrato sulle regioni fronto-centrali del capo durante la veglia. L'ampiezza è variabile ma per lo più inferiore ai 30 μ V.

Ritmo delta

Ritmo caratterizzato dalla successione di potenziali lenti, di frequenza inferiore ai 4 Hz.

Ritmo di frequenza alfa

Termine usato per designare quelle attività ritmiche comprese nella banda alfa che differiscono però dal fisiologico ritmo alfa per quanto riguarda la loro topografia e la reattività.

Ritmo mu

Ritmo a 8-13 Hz (in media 9-11 Hz), composto di onde arcuate, localizzato sulle regioni centrali o centro-parietali dello scalpo, presente durante la veglia sia ad occhi aperti che chiusi, di ampiezza di solito inferiore ai 50 μ V, in genere bilaterale, ma talvolta asincrono e/o asimmetrico sui due emisferi. E' bloccato o attenuato da movimenti controlaterali, dal pensiero del movimento o dalla stimolazione tattile (Sinonimi sconsigliati: ritmo ad arcate - en arceau, ritmo rolandico, ritmo a pettine, etc)

Ritmo theta

Ritmo caratterizzato dalla successione di onde ripetitive di frequenza compresa tra 4 e 7.5 Hz.

Scarica (discharge)

Termine interpretativo comunemente usato per designare quadri parossistici, epilettiformi e critici.

Scariche EEG subcliniche ritmiche dell'adulto (Subclinical Rhythmic Epileptiform Discharges of Adult, SREDA)

Scariche subcliniche di attività theta puntata, ritmica, in sede parieto-temporale, usualmente bilaterali ma anche asimmetriche, registrabili in veglia o in sonnolenza in soggetti adulti (in genere al di sopra dei 50 anni).

Scoppio (burst)

Gruppo di onde a comparsa e scomparsa improvvisa distinguibili dall'attività di fondo per frequenza, forma e/o ampiezza. Non è necessariamente indice di anormalità e non è sinonimo di parossismo.

Scoppio positivo a 14 e 6 Hz (fourteen and six Hz positive burst)

Scoppi di onde a forma arcuata a 13-17 Hz e/o 5-7 Hz, ma più comunemente a 14 e/o 6 Hz, osservabili generalmente nel sonno sulle regioni temporali posteriori e aree adiacenti di uno o di entrambi gli emisferi. L'ampiezza è variabile ma solitamente inferiore a 75 μ V. I picchi rapidi dei suoi componenti sono positivi rispetto alle altre regioni (pattern non significativo in senso patologico).

Scoppio-soppressione (burst-suppression)

Quadro caratterizzato da scoppi di onde theta e/o delta, talvolta frammiste ad onde più rapide, alternantesi a periodi di relativa attenuazione di attività.

Scoppio di theta ritmico temporale in sonnolenza (Rhythmic temporal theta burst of drowsiness)

Scoppio di onde a 4-7 Hz, alle quali frequentemente si sovrappongono onde più rapide, che compare nelle regioni temporali del capo nello stato di sonnolenza (Sinonimi sconsigliati: variante psicomotoria – psychomotor variant).

Sensibilità (Sensitivity)

Rapporto tra voltaggio in entrata e la traccia in uscita su un singolo canale EEG (espressa in μ V/mm)

Simmetria

- 1) uguale ampiezza, frequenza e forma di attività EEG in aree omologhe delle due metà del capo;
- 2) uguale distribuzione di potenziali di opposta polarità nelle due parti di un asse isopotenziale zero;
- 3) uguale distribuzione delle onde EEG attorno alla linea di base

Sincronia

Simultanea comparsa di onde EEG su regioni dello stesso lato o degli opposti lati del capo

Sistema Internazionale dieci-venti – SI 10-20 (ten-twenty system)

Sistema di posizionamento degli elettrodi sullo scalpo raccomandato dalla Federazione Internazionale delle Società di Neurofisiologia Clinica. Secondo tale sistema le posizioni degli elettrodi sono determinate eseguendo misurazioni del capo partendo da punti di repere precisi e considerando il 10% e il 20% di tali misure.

Sistema Internazionale dieci-dieci – SI 10-10 (ten-ten system)

Sistema per il posizionamento di elettrodi aggiuntivi rispetto a quelli considerati dal Sistema 10-20.

Stadi del sonno

Il sonno sulla base delle modificazioni dei parametri elettroencefalografici e poligrafici è stato classicamente distinto in stadi:

Sonno NREM (stadio 1, 2, 3 e 4)

Sonno REM (REM: rapid eye movements)

La nuova classificazione degli stadi del sonno è la seguente: stadio N1 (1 NREM), stadio N2 (2 NREM), stadio N3 (3+4 NREM), stadio R (REM)

Temporal theta burst (Temporal sawtooth)

Definizione peculiare dell'epoca neonatale. Figure fisiologiche tipiche del neonato prematuro di EC inferiore a 33 – 34 settimane EC: brevi sequenze di 3 - 5 secondi di attività ritmica diffusa a 4 - 7 Hz, ampia tra 50 - 250 μ V, sincrona su uno stesso emisfero o più focale sulla regione temporale, sincrone e asincrone tra i due lati, più frequenti in sonno e in particolare durante il sonno attivo.

Topografia

Distribuzione spaziale dell'attività EEG sulla superficie del cranio o nella corteccia cerebrale.

Sonno attivo

Definizione peculiare dell'epoca neonatale. Sinonimo di sonno REM.

Tracciato

Il prodotto finale di un procedimento di registrazione di un EEG.

Tracciato alternante (Tracé Alternant – TA)

Definizione peculiare dell'epoca neonatale. Nel neonato a termine caratterizza uno dei due pattern elettrici (cfr. "High Voltage Slow") osservabili durante lo stato di "sonno calmo": tratti di 3 - 8 secondi con attività delta diffusa a 1 - 3 Hz, ampia tra 50 - 200 μ V, con sovrimposte attività rapide di voltaggio inferiore, sono intervallati da tratti di 3 - 8 secondi con attività theta diffusa a 4 - 6 Hz, di ampiezza compresa tra 25 - 50 μ V. Nel suo insieme il tracciato assume un andamento quasi periodico.

Tracciato discontinuo

Definizione peculiare dell'epoca neonatale. Caratterizza un tipo di tracciato fisiologico del neonato prematuro: tanto maggiore è la prematurità tanto maggiore è la durata dei tratti inattivi (fino a oltre 60 secondi) che vengono intervallati da tratti con attività elettrica fisiologica per l'età, generalmente a comparsa sincrona sui due emisferi, la cui durata è tanto maggiore quanto minore è la prematurità.

Tracciato Burst – Suppression

In epoca neonatale definisce un tracciato patologico osservabile nelle encefalopatie epilettiche ad esordio precoce: burst di durata variabile tra 1- 10 s, con attività mista nelle bande theta e delta con frammiste punte, polipunte e onde puntute, di ampiezza variabile, spesso superiore a 250 μ V, sono intervallate a tratti tendenzialmente inattivi, di durata variabile tra 2 -10 s. Le bursts possono comparire sincrone e/o asincrone sui due emisferi. Tale tipo di tracciato in talune condizioni non viene modificato dalle stimolazioni.

Tracciato lento di ampio voltaggio (High Voltage Slow - HVS)

Definizione peculiare dell'epoca neonatale. Nel neonato a termine caratterizza uno dei due pattern elettrici (cfr. "Tracé Alternant") osservabili durante lo stato di "sonno calmo": attività prevalente compresa tra 0.5 - 3 Hz, diffusa, talvolta prevalente sulle regioni posteriori, di ampiezza variabile tra 50 e 150 μ V, irregolarmente ritmica, costante.

Tracciato parossistico

Definizione peculiare dell'epoca neonatale. Terminologia usata prevalentemente dagli autori francesi che lo distinguono dal tracciato Burst-Suppression in quanto strettamente legato all'encefalopatia ipossico-ischemica: burst di durata variabile tra 1-10 s, con attività mista nelle bande theta e delta con frammiste onde puntute, di ampiezza variabile, spesso superiore a 250 μ V, sono intervallati da tratti tendenzialmente inattivi con ampiezze inferiori a 5 μ V, di durata variabile tra 10 - 60 s.

Trascinamento fotico (photic driving)

Risposta fisiologica consistente in un'attività ritmica indotta nelle regioni posteriori del capo da una stimolazione luminosa ripetitiva, sincrona con la frequenza di stimolazione.

2. Refertazione EEG

Il problema di come dovrebbe essere più corretto refertare un esame EEG costituisce da sempre un argomento di difficile soluzione e l'utilizzo di un glossario universalmente accettato è ovviamente la pregiudiziale fondamentale. Sia l'International Federation of Clinical Neurophysiological Societies (IFCNS) che l'American Clinical Neurophysiological Society (ACNS) hanno pubblicato Linee Guida specifiche a riguardo che sostanzialmente esprimono gli stessi concetti. Qui di seguito verrà riportata una revisione sintetica e modificata delle LG dell'ACNS (J Clin Neurophysiol, 2006). Queste linee guida non vanno interpretate come regole rigide, ma solo come una guida generale per la refertazione dell'EEG. Esse inoltre sono applicabili alla registrazione EEG standard piuttosto che a procedure speciali.

Il referto di un EEG dovrebbe includere tre parti principali: Introduzione, Descrizione, e Interpretazione, che comprenda quest'ultima sia le impressioni circa la normalità o il grado di anormalità dell'EEG che le correlazioni con il quadro clinico.

Introduzione

In questa sezione del referto dovrebbero comparire:

- modalità peculiari di preparazione del paziente ed esecuzione dell'esame (per esempio deprivazione di sonno, contemporanea video-registrazione, poligrafia, etc);
- notizie riguardo assunzione acuta o cronica di farmaci agenti sul SNC;
- notizie riguardo il livello di vigilanza;
- note tecniche (tipo di montaggio, durata dell'esame, etc).

Descrizione

La descrizione di un EEG dovrebbe includere tutte le caratteristiche del tracciato, sia normali che anormali, nel modo più obiettivo possibile, evitando ogni giudizio sul loro significato.

Lo scopo deve essere quello di produrre un referto completo e obiettivo, tale da permettere ad un altro specialista di arrivare a conclusioni circa la normalità o il grado di anormalità del tracciato attraverso soltanto il referto scritto, in teoria senza quindi la necessità di guardare il tracciato EEG. Inizialmente dovrebbe essere sempre descritta l'attività di fondo, partendo dall'attività dominante. I parametri da descrivere riguardo l'attività dominante del tracciato sono: - frequenza (Hz), - quantità (persistente o intermittente), - localizzazione, - ampiezza (μV), - simmetria/ asimmetria, - ritmicità o irregolarità.

Alla descrizione completa dell'attività dominante deve seguire quella delle attività non dominanti, effettuata utilizzando gli stessi parametri.

Va segnalata la reattività del tracciato all'apertura-chiusura degli occhi o ad altri tipi di stimolazione e vanno indicati movimenti delle estremità o altre situazioni che possono produrre grafoelementi artefactuali. Quando il referto mostra una marcata asimmetria interemisferica le caratteristiche di ogni emisfero dovrebbero essere descritte separatamente.

Successivamente vanno descritte le eventuali anormalità presenti nel tracciato: - tipo (punta, onda puntuta, onda lenta, etc), - distribuzione (diffuso o focale), - topografia o localizzazione, - simmetria, - sincronia (intra e interemisferica), - ampiezza, - timing (continuo, intermittente, episodico, parossistico, etc), - quantità (valutazione prevalentemente soggettiva).

Alla descrizione dell'EEG registrato in condizioni basali deve seguire la descrizione di quanto accaduto durante le prove di attivazione di routine (fotostimolazione, iperventilazione), precisando innanzitutto come è stata eseguita la prova, sia tecnicamente che per quanto riguarda la collaborazione del paziente. Gli effetti della fotostimolazione e dell'iperventilazione dovrebbero essere descritti includendo sia le risposte normali che quelle anormali. Se l'iperventilazione e/o la fotostimolazione non vengono effettuate, la ragione di questo dovrebbe essere menzionata (ad esempio, prove non richieste per motivi medici o non eseguite per mancanza di collaborazione).

Non c'è motivo di menzionare nella descrizione l'assenza di determinate caratteristiche dell'EEG, eccetto per la mancata comparsa di pattern fisiologici, caratteristici della veglia e/o del sonno. Infatti, frasi come "assenza di anormalità focali" o "assenza di anormalità epilettiche" non debbono essere incluse nella descrizione ma nell' *Impressione*, quando soprattutto esplicitamente o implicitamente richieste dal clinico.

Gli artefatti dovrebbero essere menzionati solo quando sono dubbi e potrebbero invece rappresentare attività cerebrale, quando sono inusuali o eccessivi (movimenti oculari, muscolo) tali da interferire con l'interpretazione del tracciato, o quando provvedono a fornire informazioni sulla valutazione diagnostica (es. miokimie, nistagmo, etc.).

Interpretazione

La parte interpretativa del tracciato contenuta alla fine del referto (quella che nei nostri referti va in genere sotto il nome di *Conclusioni*) dovrebbe essere rappresentata dall'Impressione (Impression) e dalla Correlazione clinica (Clinical correlation)

Impressione

Per impressione si intende l'opinione che il medico refertatore si è fatto della normalità o anormalità del tracciato in questione. Si tratta quindi di una valutazione che necessariamente risente molto della soggettività individuale.

Mentre la descrizione del tracciato è diretta soprattutto all'elettroencefalografista stesso (che la utilizzerà per i controlli successivi) o ad altri esperti (e quindi dovrebbe essere dettagliata e obiettiva), l'impressione è scritta primariamente per il medico richiedente e dovrebbe essere il più succinta possibile. Molti clinici sono consapevoli che non otterrebbero molte informazioni supplementari leggendo la descrizione dettagliata del referto per cui si limitano a leggere l'impressione finale. Se essa è troppo lunga ed apparentemente irrilevante rispetto al quadro clinico, il referto stesso nella sua interezza perderà di significato per il medico richiedente.

Se il tracciato è considerato anormale, le anomalie dovrebbero essere graduate per facilitare il confronto con successivi tracciati. Poiché questa parte del referto è però largamente soggettiva, il grading varierà da un laboratorio ad un altro, ma i differenti gradi dovrebbero essere definiti in maniera appropriata e le definizioni dovrebbero essere rispettate in ogni dato laboratorio.

Dopo il commento riguardo la normalità o il grado di anomalie del tracciato, dovrebbero essere elencate brevemente le ragioni che hanno condotto alla conclusione. Quando si sono riscontrati differenti tipi di anomalie, la loro lista dovrebbe essere limitata alle due o tre principali. Se tutte le anomalie vengono elencate di nuovo nell'impressione, le più importanti non vengono stressate a sufficienza ed il referto di per se perde enfasi. Se sono disponibili precedenti tracciati EEG dovrebbe essere sempre incluso un confronto con gli esami precedenti.

Correlazione clinica

La correlazione clinica dovrebbe rappresentare il tentativo di spiegazione di come i rilievi EEG trovino o no un loro significato in riferimento al quadro clinico e quindi alla motivazione della richiesta. Questa spiegazione dovrebbe variare in base al destinatario del referto e una terminologia più accurata è necessaria nel caso che il destinatario non abbia confidenza con l'EEG o con la neurologia in generale.

Se un EEG è anormale questo è indicativo di disfunzione cerebrale. Tuttavia la definizione "disfunzione cerebrale" potrebbe suonare troppo forte e dovrebbe essere usata perciò solo quando le anomalie sono rilevanti e quando ci sono sufficienti informazioni cliniche da rendere la valutazione realistica in base al contesto clinico. In alternativa potrebbe essere più appropriata una frase come "Il tracciato evidenzia minime irregolarità nella funzione cerebrale".

Alcuni tipi di pattern EEG possono essere più o meno *suggestivi* di specifiche forme cliniche (es. un focus di onde delta potrebbe indicare una lesione strutturale in un appropriato contesto clinico; alcuni tipi di punte o onde puntute suggeriscono una potenziale epilettogenesi).

D'altro canto le anomalie EEG possono correlare bene con le informazioni cliniche concordando con la possibile presenza di una particolare condizione clinica: in questi casi si può concludere che "*l'EEG esaminato concorda con o supporta la diagnosi di*".

Nel referto EEG, il termine "*compatibile con*" si utilizza molto frequentemente; in senso stretto ogni EEG è compatibile praticamente con qualsiasi tipo di condizione clinica, pertanto il termine non è d'aiuto e non dovrebbe essere usato.

Nei casi in cui l'EEG è fortemente suggestivo di una determinata condizione clinica, che non è menzionata però nella storia clinica del paziente, è più prudente affermare che le anomalie EEG sono frequentemente trovate in associazione con alcune condizioni cliniche, ma non necessariamente ne indicano la presenza.

Un EEG può essere definito come *diagnostico* di una determinata condizione clinica solo nei rari casi in cui siano presenti manifestazioni cliniche durante la registrazione del tracciato e il tracciato

stesso mostri anomalie elettriche generalmente associate con quelle specifiche manifestazioni cliniche (esempio: paziente con assenza tipica concomitante con una scarica generalizzata di complessi punta-onda a 3 Hz, bilaterali e sincroni).

Nelle situazioni in cui l'impressione diagnostica clinica è in contrasto con l'EEG registrato, nel referto dovrebbero essere espresse con cautela alcune delle possibili ragioni dell'apparente discrepanza, cercando comunque di evitare critiche alla diagnosi clinica.

Se un EEG è anormale, ma le anomalie trovate potrebbero essere attribuite anche in parte alla terapia farmacologica o ad altri trattamenti, questo dovrebbe essere espresso nel referto.

In nessun caso l'elettroencefalografista deve suggerire attraverso il referto modifiche del trattamento farmacologico o dell'approccio clinico, ma nel referto si possono consigliare successivi esami EEG di controllo, con eventuali procedure aggiuntive (esempi: - *"in base al quadro clinico potrebbe essere utile una registrazione durante il sonno"*, oppure - *"dato che la registrazione è stata fatta subito dopo una crisi un EEG di controllo a distanza potrebbe essere utile per determinare se il focus di onde lente presente nel tracciato è permanente o transitorio"*).

Per un tracciato normale non sono di solito richieste ulteriori spiegazioni. Tuttavia, quando le informazioni cliniche pongono un serio dubbio tra due condizioni (esempio: crisi psicogene vs crisi epilettiche) potrebbe essere giusto aggiungere una frase che eviti al clinico una conclusione diagnostica sbagliata. Tale frase potrebbe per esempio essere *" un tracciato EEG normale non esclude l'esistenza di una patologia di tipo epilettico. Se il quadro clinico lo consente potrebbe essere utile una registrazione con un certo tipo di attivazione "*.

La digitalizzazione dell'intero processo di acquisizione del segnale e sua refertazione, con trasmissione a distanza del referto stesso, rende possibile inserire nel referto tratti del tracciato più o meno lunghi: in questo caso è consigliabile includere tracciati selezionati che illustrino in modo chiaro le anomalie descritte.

Referenze

American Electroencephalographic Society.
Syllabus for Clinical Electroencephalographers.
J Clin Neurophysiol 1994; 11: 133-142.

André M, Lamblin MD, d'Allest AM, Curzi-Dascalova L, Moussalli-Salefranque F, Nguyen The Tich S, Vecchierini-Blineau MF, Wallois F, Walls-Esquivel E, Plouin P. Electroencephalography in premature and full-term infants. Developmental features and glossary. Clin Neurophysiol 2010; 40:59-124.

Chatrian GE, Bergamini L, Dondey M, Klass DW, Lennox-Buchthal M, Petersen I.
A glossary of terms most commonly used by clinical electroencephalographers.
Electroenceph clin Neurophysiol 1974; 37: 538-548.

Epstein CM, Bej MD, Foldvary-Schaefer N, Lagerlund TD, Helmers SL, Husain AM.
American Clinical Neurophysiology Society. Guideline 7: Guidelines for writing EEG reports.
J Clin Neurophysiol 2006; 23: 118-121.

Mizrhay EM, Hrachovy RA, Kellaway P. Atlas of Neonatal Electroencephalography. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins Pub; 2004.

Noachtar S, Binnie C, Ebersole J, Mauguière F, Sakamoto A, Westmoreland B.
A glossary of terms most commonly used by clinical electroencephalographers and proposal for the report form for the EEG findings.
Guidelines of the International Federation of Clinical Neurophysiology.
Clin Neurophysiol 1999; Suppl 52: 21-41.