

Introducción al Diagnóstico Electroencefalográfico.

SUMARIO

L'elettroencefalografia è la scienza che studia e registra l'attività elettrica encefalica attraverso l'applicazione di elettrodi applicati sul cranio e l'elettroencefalogramma ne è la rappresentazione grafica.

RESUMEN

Il seguente capitolo ha come scopo di introdurre principi di base della metodica diagnostica di elettroencefalografia. Lo scopo è quello di far comprendere al lettore le basi di questa tecnica per poterne comprendere la possibilità di utilizzo, presenti e future.

Per offrire questo servizio ho sviluppato il capitolo facendo brevi accenni storici che aiutano nella comprensione dell'evoluzione e permettono di capire quanto sia importante avere delle basi, semplici, ma chiare dell'anatomia e dei principi fisiologici dei pazienti che andremo ad indagare.

Per ottenere un ottimo risultato sarà poi necessario avere un minimo di conoscenza delle diverse strumentazioni passate ed attuali, delle metodiche e dei vari pattern diagnostici riscontrabili.

Lo scopo di questo capitolo è elevare la curiosità del lettore nei confronti di questa metodica, in passato poco utilizzata in medicina veterinaria, ma che sarà sicuramente di grosso aiuto ed utilizzo nei prossimi anni. Spero che questo capitolo possa incrementare la curiosità ed la voglia di approfondire questo affascinante argomento.

ACCENNI STORICI:

I pionieri che hanno iniziato a lavorare sulla presenza di un segnale bioelettrico furono Galvani (1737-1798) e Volta (1755-1832), i quali riconobbero che i tessuti, in particolare quelli muscolari, avevano attività mioelettrica.

In medicina umana, l'esistenza di una differenza di potenziale elettrico fra due differenti punti del cervello fu dimostrata per la prima volta nel 1875 da R. Caton. I primi tentativi di registrare un tracciato elettroencefalografico (EEG) furono riconosciuti a Firmare (Liverpool 1870), ma fu solo nel 1929 che si ottenne la prima registrazione, grazie allo psichiatra H. Berger. Il lavoro di Berger si basava su due elettrodi (uno frontale ed un occipitale) e su una registrazione bipolare. I primi tracciati registrati su carta fotografica avevano durata di 1-3 minuti.

Fu lui a descrivere le prime onde chiamate in ordine come nell'alfabeto greco, denominazione ancora oggi utilizzata e confermata prima dalla scuola di Cambridge nel 1934 e poi validata dalla scuola di Boston (Gibbs 1936), che permise la pubblicazione del primo atlante nel 1941.

Dopo la seconda guerra mondiale, lo sviluppo tecnologico e la creazione di una società internazionale dell'EEG, permisero un rapido sviluppo dell'elettroencefalografia e furono sviluppate metodiche sempre più affinate fino alle attuali possibilità di impiego di tale diagnostica in medicina umana.

In medicina veterinaria, dopo un iniziale entusiasmo, l'utilizzo di tale metodica con scopo diagnostico fu rallentata da diverse cause. In primis per condizioni anatomiche, come il variabile pleomorfismo tra specie e razze e la presenza di differenze anatomiche rispetto alla medicina umana come la presenza, più o meno massiccia, dei muscoli masticatori, differenze della base ossea e difficoltà della standardizzazione dei punti di repere. In ultimo la scorsa collaborazione dei pazienti in medicina veterinaria e la necessità di eseguire tale metodica in sedazione o anestesia fu una limitazione per molto tempo.

L'elettroencefalografia permette di studiare l'attività elettrica cerebrale sia durante la veglia che nel sonno e soprattutto in particolari situazioni di attivazione cerebrale. E' l'unica tecnica che permette un monitoraggio nel tempo della funzione cerebrale, permettendo di evidenziare anomalie anche in assenza di lesioni strutturali documentabili.

Messa in secondo piano con l'avvento delle metodiche di diagnostica avanzata (tomografia computerizzata e risonanza magnetica), è tornata in auge con la creazione di una società internazionale per lo studio dell'epilessia, permettendo il riconoscimento di diversi pattern e la valutazione di particolari condizioni cliniche (valutazione dell'attività cerebrale in anestesia, disordini del sonno, ecc...).

Diversi report in questi anni hanno descritto l'utilizzo dell'EEG anche in medicina veterinaria sebbene il suo impiego non sia ancora contemplato nel work-up diagnostico quotidiano.

Ad oggi il principale utilizzo dell'esame EEG in medicina veterinaria è;

- Riconoscimento dell'attività epilettica;
- Valutazione funzionalità corticale in pazienti in stato comatoso;
- Identificazione di lesioni cerebrali focali;

- Valutazione e risposta terapeutica nel trattamento delle crisi convulsive

PRINCIPI DI FISIOLOGIA:

Trattandosi di una metodica atta alla registrazione dell'attività elettrica della corteccia cerebrale, per comprendere il funzionamento di un EEG è importante conoscere e comprendere alcuni principi di fisiologia del SNC.

La corteccia cerebrale si divide, in senso rostro-caudale, in lobi (frontale, parietale, temporale ed occipitale), mentre dal punto di vista delle caratteristiche cito-architettoniche la corteccia cerebrale si divide in 6 strati:

- I strato molecolare: neuroni orizzontali di Cajal;
- II strato granulare esterno: piccoli neuroni piramidali e piccoli neuroni stellati
- III strato piramidale esterno: neuroni piramidali medi e grandi e pochi piccoli neuroni stellati;
- IV strato granulare interno: piccoli neuroni stellati
- V strato piramidale interno: neuroni piramidali grandi e medi e piccoli neuroni stellati;
- VI neuroni piramidali modificati

Nella corteccia cerebrale ci sono due tipi di cellule: i neuroni e le cellule gliali. I neuroni comunicano tra di loro attraverso delle sinapsi. La membrana cellulare presenta un potenziale elettrico che deriva dalla creazioni di un gradiente di ioni che si muovono attraverso dei canali ionici. Il potenziale elettrico generatosi determina la liberazioni di un neuromediatore chimico dalle vescicole presinaptiche e quindi di conseguenza modificando la membrana postsinaptica.

Uno stimolo che arriva alle sinapsi si traduce, in base al neurotrasmettitore rilasciato, in un piccolo potenziale post sinaptico eccitatorio o inibitorio (PSPs), il quale si propaga lungo i dendriti fino al soma dove crea interazioni. Il PSP a livello di dendrita crea una temporanea differenza di carica che forma un dipolo orientato lungo l'asse del neurone. Tuttavia il potenziale di due neuroni non è sufficiente per generare una traccia registrabile, considerando il fatto che deve anche superare diverse strutture anatomiche prima di raggiungere il punto di registrazione di superficie.

Per questo è necessario avere una sincronizzazione di almeno un centinaio di potenziali registrabili in una superficie. L'ampiezza della registrazione a livello superficiale è influenzata dal voltaggio della sorgente corticale, dall'area della corteccia interessata, dalla profondità della sorgente e dalla sincronia dei neuroni interessati.

L'attività che è possibile registrare sulla superficie della corteccia cerebrale deriva da una profondità massima di 5 mm e da una superficie di diametro di 1-2 mm. l'attività dei tessuti più profondi viene registrata in maniera indiretta.

L' EEG è la rappresentazione grafica della differenza di potenziale elettrico registrato tra un elettrodo "attivo" (esplorato) ed uno di riferimento, sulla superficie della scatola cranica. La sincronizzazione di più elementi neuronali determina quindi anche l'ampiezza del segnale.

Tale sincronizzazione, mediante diverse teorie, sembra essere modulata dall'attività talamica e della sostanza reticolare.

Esiste un'attività elettrica fisiologica (ritmo di fondo o background rhythm), ritmica e anch'essa registrabile, dalle caratteristiche differenti a seconda delle varie attività

I ritmi che si possono riconoscere nell'attività corticale di fondo sono:

- Alfa (8-13 Hz),
- Beta (13-30 Hz),
- Gamma (30-60 Hz),
- Theta (4-7 Hz)
- Delta (meno di 4 Hz).

Electroencephalographic Rhythms in the Dog and Cat:

- Alert: 5-20 μ V, 15-40 Hz
- Drowsy, light sleep: 10-20 μ V, 6-10 Hz
- Deep sleep: 15-100 μ V, 2-4 Hz
- REM sleep: similar to normal alert rhythm

STRUMENTAZIONE:

Si tratta di una strumentazione semplice composta da elettrodi e da un computer che possa registrare l'attività cerebrale sottostante.

Ogni elettrodo è collegato alla macchina in modo che, in una coppia di elettrodi, il segnale di uno venga sottratto da quello dell'altro in modo da ottenere la misurazione di una differenza di potenziale tra i due elettrodi.

Gli elettrodi sono costituiti da una parte metallica (quella a contatto con la superficie cranica) e un terminale, collegati tra loro da un filo flessibile isolato. Il metallo di cui sono costituiti gli elettrodi può influenzare la capacità dell'elettrodo stesso di riprodurre un'onda. In ordine discendente di accuratezza abbiamo argento, rame, platino, oro e acciaio. La capacità dell'elettrodi di riprodurre un'onda viene definita IMPEDENZA. Per ridurre al minimo la distorsione e\o l'attenuazione l'impedenza dovrebbe essere sotto i 5 Ω .

Nella routine clinica gli elettrodi di maggior utilizzo sono quelli a minima invasività:

- Di superficie: usati maggiormente in medicina umana, hanno il grande vantaggio di avere una rapida e non invasiva applicazione, ed estrema facilità sia nell'applicazione che nella rimozione. Richiedono però l'uso di gel e di un bendaggio, cute glabra e pulita e anestetico locale nei muscoli, difficilmente utilizzabili in medicina veterinaria.

- Aghi sottocutanei: sono i più comunemente utilizzati in medicina veterinaria e devono essere inseriti nel sottocute. Sono facilmente applicabili, ma necessitano di una fasciatura, non necessitano di una preparazione della cute e hanno meno artefatti da movimento dell'elettrodo stesso;
- Subdermici: facilmente applicabili con la possibilità di essere applicati sterilmente o di essere compatibili con CT o MRI o nella fascia). Gli svantaggi relativi all'uso di questo tipo di elettrodi sono l'attenuazione dell'attività corticale e l'interferenza artefattuale dell'attività elettrica muscolare.

Le macchine EEG hanno inoltre un pannello di controllo che ha la funzione di controllare l'impedenza degli elettrodi.

La registrazione ottenuta da due elettrodi viene definita DERIVAZIONE.

Esistono diversi montaggi relativi all'applicazione degli elettrodi, dove per montaggio si intende un gruppo di derivazioni visualizzate simultaneamente su un tracciato EEG:

- REFERENCE MONTAGE, in cui un elettrodo viene usato come riferimento per tutti gli altri. L'elettrodo di riferimento viene posizionato una zona del corpo elettricamente inattiva per ridurre al minimo gli artefatti:
- MONTAGGIO BIPOLARE, in cui gli elettrodi che costituiscono una derivazione sono posizionati entrambi su una zona di corteccia cerebrale arriva, senza elettrodi di riferimento comuni per tutti gli altri. Quest'ultima metodica è quella utilizzate più comunemente in quanto più sensibile e adattabile a piani di valutazione diagnostica e di digitalizzazione delle informazioni morfologiche patologiche e non.

Figura1

esempio di montaggio EEG

PATTERN EEG:

In una condizione di normalità l'attività elettrica cerebrale presenta un ritmo di fondo che cambia in base allo stato di veglia del paziente. E' fondamentale riconoscere un'attività di fondo normale e sapere come questa può variare in relazione allo stato di veglia del paziente o agli effetti che possono avere i farmaci assunti dall'animale o gli eventuali anestetici utilizzati per la registrazione del tracciato.

- Paziente sveglio e vigile: il ritmo di fondo è caratterizzato da una bassa ampiezza (< 20 mV) e da un'alta frequenza (15-25 Hz);

- paziente sonnolento o rilassato: frequenza del ritmo di fondo intorno ai 6-8 Hz con un'ampiezza variabile e non controllata;
- paziente addormentato: ritmo di fondo tra i 2-10 Hz.
- Sonno REM: il ritmo di fondo somiglia a quello di veglia

Dal punto di vista clinico poi quello che interessa riconoscere oltre al ritmo di fondo è l'attività parossistica, che spesso caratterizza l'attività epilettiforme.

L'attività parossistica viene definita come un'attività transitoria con una onset acuto.

Tale attività può essere normale o meno. Quella normale è presente in modo frequente durante il sonno e comprende spindle del sonno, complessi K, onde a livello del vertex.

Quella patologica, di natura epilettiforme, invece si caratterizza per la presenza di spike, poli-spike o onde lente.

Il riconoscimento di pattern patologici o di un'attività interctuale anomala può essere suggestivo di una diagnosi di epilessia oppure può essere d'aiuto nella diagnosi differenziale con disordini del movimento (mioclono) non epilettici, disturbi del sonno e dei disturbi comportamentali.

Anche se poco documentato in medicina veterinaria l'EEG può essere utile nel riconoscere uno stato epilettico non convulsivo. Definite anche crisi d'assenza sono caratterizzate da una intensa attività convulsivante in assenza di attività motoria. Ad oggi nuove tecnologie permettono di eseguire tale indagine anche in modalità wireless con paziente sveglio (link video). Questo, come detto in precedenza, migliora notevolmente l'accuratezza e la sensibilità diagnostica di tale metodica.

Un tracciato EEG può essere utilizzato per riconoscere se l'attività patologica sia focale o generalizzata e permette di inoltre di avere un monitoraggio terapeutico funzionale e non solo farmacologico.

Anche in Medicina Veterinaria ci sono ormai i primi report dell'utilizzo del monitoraggio nei pazienti con disturbi cerebrali gravi sia nel caso di stati comatosi che nel caso di pazienti con attività epilettogena costante.

I pattern patologici che più di frequente si riscontrano in pazienti affetti da epilessia possono essere la presenza di fenomeni parossistici, alterazioni dell'attività di fondo e pattern misti in cui il parossismo si sovrappone ad un'alterazione dell'attività di fondo.

Gli eventi parossistici descritti sono: spike, polyspike complex, onde acute (sharp wave), complessi spike-onde acute e il complesso onda puntuta-onda lenta (sharp and slow wave complex).

Di seguito descriviamo dettagliatamente i pattern.

- Spike: evento transiente, distinto dall'attività di fondo, con apice puntuto, mono-bifascio di durata variabile e generalmente negativo. (Fig 2)
- Complessi poli-Spikes: sequenza di due o più spike consecutivi. (Fig 3)

- Onde lente: evento transiente distinto dall'attività di fondo, con apice puntuto, bi-trifasico, di ampiezza variabile e durata complessiva 70-200ms. (Fig 4)

Queste alterazioni portano a quadri patologia riconducibili a disordini focali o generalizzati, sincroni o asincroni.

ARTEFATTI:

Come nel caso dell'esame elettromiografico anche in corso di registrazione elettroencefalografica è possibile la registrazione di artefatti che devono essere riconosciuti e differenziati dall'attività fisiologica e patologica. Gli artefatti riconosciuti sono suddivisi in due categorie: artefatti fisiologici e non fisiologici. Mentre gli artefatti fisiologici sono comunque generati dal paziente, quelli non fisiologici sono dovuti ad attività elettriche dovute alle attrezzature utilizzate e all'ambiente in cui si eseguono i test.

Gli artefatti più frequenti registrati durante un EEG sono dovuti all'attività muscolare (elettromiogramma). Questi sono i pattern artefattuali più frequenti e devono essere riconosciuti, eliminati e corretti. In medicina veterinaria sono molto frequenti a causa della conformazione anatomica delle specie indagate in particolare per la presenza di massicci muscoli (masticatori) del capo. Posso essere corretti riposizionando l'elettrodo o eventualmente con somministrazione di lidocaina locale. Altri artefatti possono essere secondari ai movimenti oculari o linguali, respirazione, cute o alle interferenze con altre strumentazioni (telefoni cellulari, corrente alternata, elettrocardiografo, Fig 6). Riconoscere pattern artefattuali è fondamentale in corso di esecuzione d'esame per escluderli nella valutazione dei pattern fisiologici e patologici.

DISCUSSIONE:

In passato, in particolare in medicina umana, l'esame EEG era la metodica diagnostica di predizione per la diagnosi dei disturbi encefalici. In medicina veterinaria non ha mai trovato un costante impiego e regolare utilizzo e le pubblicazioni sono state poche e sporadiche.

Secondo le recenti pubblicazioni l'esame EEG è considerato un test di terzo livello nel percorso diagnostico specialistico da eseguire dopo l'esame di diagnostica avanzata (Risonanza Magnetica) ed eventualmente l'esame del liquido cefalorachidiano. Le recenti metodiche di registrazione e le recenti pubblicazioni, sempre con maggior enfasi, trovano campi di applicazioni pratici che anche in medicina veterinaria e sicuramente nel prossimo futuro questa metodica diventerà un'esame diagnostico routinario anche in medicina veterinaria.