

14 NEUROFISIOLOGIA IN TELEMEDICINA PER L'AREA CRITICA NEL NEONATO

Lucrezia De Cosmo (a), Silvia Lori (b), Agnese Suppiej (c)

(a) Neonatologia e Terapia Intensiva Neonatale, Presidio Ospedaliero Centrale SS. Annunziata, Taranto

(b) Dipartimento Neuro-muscolo-scheletrico e Organi di Senso, Università degli Studi di Firenze

(c) Dipartimento di Scienze Mediche, Sezione di Pediatria, Università di Ferrara

Tutte le metodiche neurofisiologiche sono utilizzabili durante un ricovero in area critica neonatale ed essendo eseguibili con dispositivi digitali collegabili in remoto tramite sistemi di *Internet-of-Things* (IoT) possono fare parte di sistemi di telemedicina, dedicati all'uso specifico. Fatta questa premessa basilare, occorre ricordare che nella pratica ad oggi le metodiche elettroencefalografiche maggiormente diffuse e utilizzate in urgenza/emergenza sono l'EEG, il vEEG e l'aEEG. Invece, i potenziali evocati e l'EMG vengono riservati a casi selezionati e raramente rivestono caratteristiche di urgenza. Le applicazioni della teleneurofisiologia per la neonatologia dell'area critica dovrebbero prevedere in ogni Regione, secondo la numerosità della popolazione, uno o più Centri di Terapia Intensiva Neonatale adeguatamente attrezzati e organizzati per funzionare da centri *hub* di riferimento per le cure neurocritiche avanzate, che dispongano di un neurofisiologo esperto in età neonatale reperibile H 24 per la refertazione dei tracciati.

Il Gruppo di Consensus raccomanda che vengano strutturati sistemi di telemedicina adeguati a consentire al neurofisiologo esperto di refertare da remoto la registrazione di EEG e/o vEEG e/o aEEG su chiamata del neonatologo del centro *spoke* (il modello organizzativo viene dettagliato successivamente).

14.1 Ambiti e criteri generali di applicabilità delle metodiche elettroencefalografiche

Nel *setting* dell'area critica neonatale, le indicazioni ad eseguire in telemonitoraggio e/o telecosulto e/o telerefertazione per l'EEG, il vEEG e l'aEEG, sono le seguenti (1):

1. diagnostica differenziale fra episodi critici di natura epilettica e non epilettica in epoca neonatale;
2. monitoraggio neurofisiologico del neonato a rischio neurologico;
3. presenza di Encefalopatia IpoSSICO-Ischemica (EII), per indirizzare il trattamento ipotermico, nonché registrare il monitoraggio delle crisi e del danno encefalico;
4. prognosi del neonato prematuro a rischio neuroevolutivo.

Per essere oggetto di telemedicina le differenti metodiche EEG devono avere i requisiti standard della registrazione in epoca neonatale e devono essere corredati di appropriata documentazione clinico-anamnestica e strumentale (es. *neuroimaging*).

Il Gruppo di Consensus Nazionale sottolinea che durante la registrazione EEG o vEEG è importante che un tecnico di neurofisiopatologia sia presente presso il paziente in modo da rendere ottimale il montaggio e l'esecuzione del test e quindi consentire la corretta valutazione della traccia ottenuta. Tuttavia, in caso di assenza del personale tecnico di neurofisiologia durante

eventuali situazioni cliniche che rivestono carattere di urgenza è consentito fare riferimento a personale della Terapia Intensiva Neonatale, che abbia però esperienza equivalente. Durante l'esame devono essere annotati sulla registrazione tutti gli eventi di rilievo relativamente al neonato e all'ambiente circostante. Per quanto riguarda l'aEEG tale metodica è utilizzabile indifferentemente dal personale tecnico di neurofisiopatologia e dal personale della terapia intensiva neonatale debitamente addestrato.

Di seguito verranno descritti in dettaglio i diversi ambiti clinici con focus sulle peculiarità e sul tipo di prestazioni erogabili in telemedicina più idonee al *setting* neonatale.

14.1.1 Diagnostica differenziale fra episodi critici di natura epilettica e non epilettica in epoca neonatale

Le convulsioni rappresentano l'emergenza neurologica età-specifica più comune nel periodo neonatale (tra 1 e 5 per 1000 nati vivi). Le convulsioni si verificano sia nei neonati a termine (nei primi 28 giorni di vita) sia nei neonati pretermine (fino a 44 settimane di età corretta). Rappresentano il sintomo più caratteristico, non specifico, di patologia neurologica ma sono di difficile identificazione clinica a causa dell'immaturità dei *pattern* motori neonatali (2).

È necessario eseguire la valutazione o il monitoraggio di EEG-vEEG-aEEG per confermare la diagnosi di crisi epilettiche neonatali ogni qualvolta un neonato mostri episodi clinici parossistici, come movimenti improvvisi bruschi e ripetitivi, non provocati da stimoli o disfunzioni autonomiche, quest'ultime spesso non giustificate dalle condizioni cliniche (1, 3).

Ciò al fine di instaurare un trattamento tempestivo, ma anche di evitare un over-treatment, in considerazione degli importanti effetti dei farmaci antiepilettici sul cervello immaturo dei neonati.

A tale proposito è utile riferirsi al seguente elenco di episodi clinici parossistici neonatali nei quali è indicato il monitoraggio EEG oppure aEEG:

- episodi motori focali o multifocali di tipo clonico o tonico, in particolare se non inibiti dalla modificazione posturale dei distretti interessati;
- fenomeni posturali parossistici;
- ricorrente deviazione coniugata e forzata degli occhi, nistagmo;
- mioclonie (non inquadrabili in forme parossistiche non epilettiche definite);
- instabilità vegetativa ad eziologia incerta (es. cianosi, rossore, tachicardia parossistica, ipertensione, pallore);
- apnee non ostruttive, di origine non determinata;
- fenomeni di disinibizione del tronco-encefalo (es. protrusione della lingua e delle labbra, suzione atipica, movimenti automatici a tipo pedalamento o pugilato);
- altri movimenti anomali, ripetitivi e improvvisi.

14.1.1.1 Prestazioni EEG-vEEG-aEEG in telemedicina per la diagnosi differenziale fra parossismi epilettici e non-epilettici

Il Gruppo di Consensus Nazionale raccomanda il telemonitoraggio con EEG, con vEEG ed eventuale trend aEEG associato, durante il tempo necessario a registrare gli episodi parossistici, quale modalità *gold standard* per effettuare la diagnosi differenziale, in particolare ove venga eseguito in modalità sincrona mediante la trasmissione in tempo reale dei parametri EEG, e/o vEEG e/o aEEG dei neonati. Ove non fosse possibile effettuare vEEG-monitoraggio in tempi brevi, si può utilizzare l'aEEG-monitoraggio.

I limiti sono: la lunga durata di registrazione, con problemi di gestione e archiviazione di file di notevoli dimensioni; la necessità di personale adeguatamente formato in sede per tutta la durata dell'esame.

Il vantaggio è quello di consentire il pronto riconoscimento e trattamento delle eventuali crisi epilettiche.

Nel caso di dubbi interpretativi sulla natura delle alterazioni riscontrate al monitoraggio aEEG, si suggerisce di ricorrere appena possibile ad un vEEG della durata di almeno 60-90 minuti possibilmente fino a documentazione degli episodi parossistici identificati.

Le tempistiche in questo contesto clinico devono essere adeguate a consentire un tempestivo trattamento farmacologico (necessaria modalità sincrona). In caso di registrazioni EEG/aEEG prolungate qualora non sia possibile una refertazione in tempo reale (sincrona), per problemi organizzativi, sarà opportuno che la tempistica del telereferto sia concordata fra neurofisiologo del centro *hub* e neonatologo del centro *spoke* sulla base della necessità clinica. Nel caso di registrazioni prolungate per diverse ore, è opportuno non attendere il termine della registrazione per il telereferto, ma effettuare refertazioni intermedie su invio di parti di tracciati EEG/vEEG/aEEG.

Qualora ci siano dubbi diagnostici e/o terapeutici è possibile chiedere una *second-opinion* mediante condivisione di tutti i dati clinici, i referti, le immagini, riguardanti il caso specifico, interagendo a distanza con uno o più medici esperti anche tramite una videochiamata, preferibilmente in modalità sincrona quando possibile, oppure in modalità asincrona con tempistiche da concordare. Qualunque decisione terapeutica (farmaci antiepilettici) spetta al medico che ha in cura il neonato, previo consulto con il neurofisiologo da remoto, nel rispetto dei limiti di tempo consentiti e delle condizioni cliniche del piccolo Paziente.

14.1.2 Monitoraggio neurofisiologico del neonato a rischio neurologico

Il monitoraggio neurofisiologico del neonato è volto principalmente al riconoscimento tempestivo delle crisi epilettiche, ma anche alla valutazione dell'attività di fondo dell'EEG (il cosiddetto *background*), per l'identificazione di eventi acuti. Le convulsioni neonatali riconoscono diverse cause, ma nella maggior parte dei casi sono dovute a lesioni acute del sistema nervoso centrale (convulsioni acute sintomatiche); solo nel 15% dei casi sono imputabili a sindromi epilettiche ad esordio neonatale su base genetica strutturale o metabolica. La maggior parte delle crisi neonatali acute sintomatiche sono subcliniche oppure solo elettriche, sia nei neonati a termine soprattutto se affetti da encefalopatia ipossico ischemica e trattati con Fenobarbital (dissociazione elettro-clinica), sia nei neonati pretermine (4).

Si veda nel dettaglio il seguente elenco di condizioni neonatali a rischio neurologico che necessitano di monitoraggio neurofisiologico EEG-vEEG-aEEG:

- Encefalopatia Ipossico Ischemica (EII).
- Infezioni in atto del sistema nervoso centrale (meningite o encefalite).
- Emorragie intraventricolari, subaracnoidee o subdurali.
- Sospetti errori congeniti del metabolismo.
- Ictus ischemico perinatale/neonatale.
- Trombosi dei seni venosi.
- Disturbi di coscienza e vigilanza, disturbi parossistici con sintomi vegetativi (desaturazione/apnea non ostruttiva, ecc.) o di origine non determinata.
- Neonati con segni di compromissione neurologica acuta di origine cerebrale.
- Sepsi e gravi infezioni (es. chorioamnionite, HSV materno, ecc.).
- Malformazioni cerebrali.

- Sindromi genetiche con noto coinvolgimento neurologico centrale e/o familiarità per sindromi genetiche accertate o sospette con interessamento neurologico centrale.
- Neonati con difetti cardiaci congeniti sottoposti ad intervento cardiochirurgico.
- Neonati con malattie polmonari severe acute.
- Neonati in *Extracorporeal Membrane Oxygenation* (ECMO).
- Neonati sottoposti terapia sedativa analgesica e/o paralizzati farmacologicamente con terapia neuro-bloccante/miorilassante.
- Neonati gravi prematuri che vengano ritenuti ad alto rischio di complicanze neurologiche.

14.1.2.1 Prestazioni EEG-vEEG-aEEG in telemedicina per il monitoraggio dei neonati a rischio neurologico .

Il *gold standard* per la valutazione neurofisiologica di questi neonati a rischio è la vEEG associata ad almeno due tracce aEEG derivate dai canali EEG registrati.

La sola valutazione aEEG va riservata alle situazioni in cui la vEEG in emergenza non è disponibile e implementata appena possibile con tale esame. Il clinico dovrebbe valutare di volta in volta la tempistica di svolgimento e la sua durata del telemonitoraggio più idonei in relazione alla storia naturale attesa per la patologia specifica e alla gravità del caso clinico.

Il telemonitoraggio è possibile in tutti i neonati a rischio neurologico.

Ai neonati a termine con Encefalopatia Ipossico Ischemica (EII) e ai neonati pretermine è preferibile erogare monitoraggi specifici con modalità stabilite di volta in volta.

La telerefertazione dei tracciati EEG-vEEG/aEEG nei neonati a rischio neurologico risente del regime di urgenza/emergenza entro cui tali prestazioni devono essere preferibilmente erogate; pertanto, è maggiormente indicata la modalità sincrona.

Il teleconsulto nei neonati a rischio neurologico è possibile sia in modalità sincrona che asincrona, concordando le modalità e le tempistiche in caso di situazioni di urgenza/emergenza.

Il teleconsulto a scopo prognostico a seguito di una encefalopatia neonatale può avvalersi anche dei dati del telemonitoraggio, ma necessita di essere correlato con tutta la documentazione clinica e strumentale (neurofisiologica, neuroimaging, dati metabolici, genetici, ecc.) e può essere condotto anche in modalità asincrona.

14.1.3 Indicazione al trattamento ipotermico, monitoraggio delle crisi e del danno encefalico nell'encefalopatia ipossico ischemica

Nei nati a termine l'EII è la causa principale di crisi convulsive neonatali in circa 2/3 dei casi; le crisi convulsive neonatali si manifestano più frequentemente a distanza di 12-24 ore dall'insulto asfittico perinatale (5). Il trattamento di prima scelta nei neonati affetti da EII è l'ipotermia moderata sistemica (6); tale approccio terapeutico, deve essere iniziato entro 6 ore dall'insulto ipossico-ischemico (fase latente), prima dell'instaurarsi della fase nota come "secondary energy failure".

Attualmente fra i criteri di indicazione a tale trattamento c'è anche la severità dell'encefalopatia ipossico ischemica determinata con scale cliniche integrate dall'EEG/aEEG (7).

14.1.3.1 Prestazioni EEG-vEEG-aEEG in telemedicina per indicazione al trattamento ipotermico, monitoraggio delle crisi e del danno encefalico

Il monitoraggio neurofisiologico del neonato affetto da EII, con vEEG e/o aEEG, è presidio indispensabile per valutare la gravità dell’encefalopatia in base alla quale vengono selezionati i neonati da sottoporre a trattamento ipotermico, per monitorare la comparsa di crisi epilettiche e per formulare un giudizio prognostico a breve termine.

Per valutare la gravità dell’encefalopatia ai fini del trattamento ipotermico, la metodica neurofisiologica più efficace è la vEEG. Poiché la valutazione deve essere fatta nel periodo “finestra” di 6 ore dalla nascita del neonato, anche l’aEEG/CFM (*Cerebral Function Monitoring*) con “raw trace” corrispondente ad 1 o 2 canali, metodica solitamente disponibile H24 nelle Terapie Intensive Neonatali, viene considerato sufficiente (8,9). La durata di registrazione EEG/vEEG (aEEG) può essere breve ma non < 30 minuti.

Durante la registrazione del tracciato per il reclutamento al trattamento ipotermico, assicurarsi che la temperatura corporea del neonato, misurata a livello del plesso venoso profondo situato a circa 5-6 cm dall’orifizio anale non sia < a 35°C. L’over-cooling, infatti, determina depressione del tracciato EEG/aEEG/CFM (9).

Per monitorare la comparsa di crisi epilettiche è opportuno eseguire il monitoraggio neurofisiologico (vEEG -*gold standard*-EEG-aEEG-CFM). Questo è importante per identificare l’eventuale comparsa di crisi convulsive e per valutare il *seizures burden* (10).

Per formulare un giudizio prognostico, poiché viene eseguito in elezione, la metodica più indicata è l’EEG/vEEG, utilizzata per la valutazione del grado di severità della compromissione dell’attività di fondo. Alcuni autori riportano comunque anche un ruolo dell’aEEG (11). Il giudizio prognostico può essere formulato durante il trattamento ipotermico nelle prime 24-72 ore di vita ed è necessario un tempo di registrazione EEG-vEEG-aEEG di almeno 60 minuti, che permetta di valutare un intero ciclo di sonno neonatale. Per opportuna conferma del dato è richiesta una rivalutazione EEG-vEEG-aEEG entro la prima settimana di vita.

Il telemonitoraggio viene utilizzato principalmente per monitorare le crisi epilettiche. Anche per evitare di interferire con l’assistenza dei neonati critici in terapia intensiva neonatale, è meglio affidarsi alla metodica di registrazione aEEG/CFM, dopo un primo inquadramento con vEEG e ricorrendo all’EEG-vEEG ogni qual volta dubbi o artefatti tecnici ne inficino la interpretazione. Il telemonitoraggio viene effettuato durante tutto il trattamento ipotermico (72 ore) e nelle 24 ore successive alla sua sospensione, eventualmente prolungabile in caso di persistenza delle crisi.

Può essere utile per monitorare l’evoluzione della encefalopatia ed eventuali eventi avversi, tramite la valutazione dell’attività di fondo.

La telerefertazione è indispensabile in modalità sincrona per la valutazione del grading di EII, richiede una tempistica di registrazione che deve rispettare dei limiti temporali ben precisi che permettano l’inizio del trattamento neuro-protettivo con ipotermia moderata entro 6 ore dalla nascita. Per la refertazione del grading dell’EII, il neurofisiologo deve fare riferimento a scale standardizzate uniformemente accettate dalle Società scientifiche di riferimento per l’EEG e per l’aEEG (12).

Per le tempistiche si veda il capitolo 1.

La refertazione degli esami neurofisiologici eseguiti a scopo prognostico è consentita in modalità asincrona, poiché non rientra nel regime di urgenza.

Il teleconsulto neurofisiologico è indicato per esprimere un giudizio a scopo prognostico e richiede la condivisione di tutti i dati clinici e strumentali riguardanti il caso specifico. Poiché tale prestazione non riveste regime d’urgenza/emergenza può essere erogata in modalità asincrona.

14.1.4 Prognosi del neonato prematuro a rischio neuroevolutivo

Gli esami neurofisiologici nel neonato prematuro rivestono grande utilità oltre che per il ruolo diagnostico di lesioni acute del SNC (emorragia intraventricolare, leucomalacia periventricolare, sepsi), specifiche per età gestazionale (EG), per definire la prognosi neurologica e la sopravvivenza (13). Lo studio dell'attività di fondo EEG del neonato prematuro, confrontando l'età bioelettrica con l'età post-mestruale, può evidenziare segni di “dismaturità cerebrale”, che correlano con l'*outcome* neuroevolutivo (14).

L'uso dell'EEG per monitorare la funzione e la maturazione cerebrale nei pretermine è in aumento nelle terapie intesive neonatali, sebbene non sia ancora una pratica routinaria.

14.1.4.1 Prestazioni EEG-vEEG-aEEG in telemedicina per la prognosi del neonato prematuro a rischio neuroevolutivo

Gli esami neurofisiologici in questa popolazione di neonati sono difficili e impegnativi, a causa delle piccole dimensioni della testa e dello spazio limitato all'interno di un'incubatrice umidificata e dei devices per il supporto respiratorio spesso necessario. Inoltre, sono richieste rigorose linee guida per il controllo delle infezioni con standardizzazione delle tecniche di montaggio degli elettrodi senza influire sulla qualità delle registrazioni EEG (15).

Per il neonato “prematuro” si raccomandano l'uso della EEG/vEEG come *gold standard* di valutazione neurofisiologica, anche se i monitoraggi aEEG possono meglio essere tollerati dai piccoli pazienti, con buona specificità e sensibilità diagnostica.

I tempi di registrazione non devono essere inferiori a 60 minuti per identificare le caratteristiche del pattern discontinuo, caratteristico del prematuro (11).

Per la prognosi del neonato prematuro a rischio neuro-evolutivo il telemonitoraggio è consentito sia in modalità sincrona (monitoraggio delle crisi) che asincrona (prognosi) non rivestendo nella maggior parte dei casi caratteristiche di urgenza.

La refertazione dei tracciati EEG/aEEG può avvenire in modalità sia sincrona che asincrona ed è necessario tenere conto dell'EG e dell'età corretta che devono essere riportate nel referto.

Il teleconsulto richiede la conoscenza dei dati anamnestici (fondamentali l'EG, l'età corretta HU e l'anamnesi ostetrica), dati clinici e strumentali. È consentita la modalità asincrona non rivestendo nella gran parte dei casi carattere di urgenza/emergenza.

14.2 Ambiti e criteri generali di applicabilità di potenziali evocati

Per le definizioni e le modalità si rimanda al capitolo 6.

I potenziali evocati (*Evoked Potentials*, EP) maggiormente utilizzati in terapia intensiva neonatale sono quelli visivi, uditivi e somestesici, essi si integrano con le altre metodiche neurofisiologiche (EEG/vEEG/aEEG) e sono di aiuto nella valutazione del danno neurologico del neonato a rischio. Il ruolo di queste metodiche nella valutazione della estensione del danno neuronale e nel monitoraggio della sua evoluzione e dell'eventuale recupero è stato estesamente studiato nel neonato ad alto rischio (16).

Rispetto all'EEG, gli EP mostrano alcuni vantaggi: facile interpretazione e scarsa sensibilità all'azione della neuro-sedazione, alle alterazioni metaboliche e alle variazioni di temperatura (17). I limiti sono la necessità di personale altamente specializzato e di accorgimenti tecnici specifici

per l'epoca neonatale, che spiegano la loro ancor limitata diffusione nelle Terapie Intensive Neonatali.

I potenziali evocati uditivi del tronco cerebrale (*Brainstem Auditory Evoked Potentials*, BAEP) sono adatti a valutare precocemente la presenza di ipoacusia neurosensoriale e di disfunzioni del tronco cerebrale. La progressiva scomparsa delle componenti tronco-encefaliche è un indicatore di gravità e di evoluzione verso la morte cerebrale.

I potenziali evocati visivi (*Visually Evoked Potentials*, VEP) hanno un ruolo nella diagnosi delle patologie visive e nella prognosi del neonato a rischio (17, 18).

I potenziali evocati somatosensoriali (*Somatosensory Evoked Potentials*, SEP), da stimolo del nervo mediano, rivestono un ruolo cardine nella valutazione del neonato con EII nella quale sono elettivamente coinvolte le strutture dove si trovano i generatori dei SEP e ciò giustifica il riconosciuto ruolo prognostico della metodica sia prima che dopo l'introduzione del trattamento ipotermico (18-20).

I SEP sono stati anche utilizzati per il monitoraggio dell'EII neonatale con una metodica mutuata da quanto fatto per l'adulto (21,2).

Il *Monitoraggio Multimodale Neurofisiologico Integrato* (MMNI) è metodica che prevede la registrazione simultanea di diversi parametri quali la vEEG, i SEP in continuo (SEP-C) da nervo mediano destro e sinistro, registrati simultaneamente, con visualizzazione in cascata (trend-PESS), l'aEEG e il *Density Spectral Array* (DSA). La durata di registrazione minima è di 1 h, per la valutazione di un ciclo di stati comportamentali (veglia, sonno attivo-sonno quieto).

La modulazione del SEP-C relativa agli stati comportamentali, in accordo con i fisiologici pattern EEG, CFM/aEEG, è indice di integrità del SNC nelle regioni di afferenza delle vie somatosensoriali (23-25).

14.2.1 Prestazioni con potenziali evocati in telemedicina dell'area critica neonatale

Tutti gli EP possono essere impiegati in telemedicina, devono essere eseguiti da tecnici di neurofisiopatologia con esperienza in ambito neonatale e con metodica dedicata (26).

Il telemonitoraggio viene eseguito solo con i SEP, con MMNI, o senza integrazione con la vEEG, in modalità sincrona.

L'indicazione va valutata in base al singolo caso e alla disponibilità strumentale del singolo centro, considerata l'ancora scarsa validazione e implementazione di tale metodologia nelle terapie intensive neonatali.

La telerefertazione del singolo esame o integrata di più esami necessita di informazioni sullo stato clinico e sullo stato comportamentale del neonato durante la registrazione, della documentazione clinico-anamnestica e strumentale reperibile dalla cartella clinica.

Può essere utilizzata la modalità sincrona o asincrona da concordare con il neonatologo in base alle caratteristiche di urgenza.

Il teleconsulto neurofisiologico è indicato per esprimere un giudizio sia a scopo diagnostico che prognostico e richiede la condivisione di tutti i dati clinici e strumentali riguardanti il caso specifico (*second-opinion*). Può essere utilizzata la modalità sincrona o asincrona da concordare con il neonatologo in base alle caratteristiche di urgenza.

14.3 Ambiti e criteri generali di applicabilità dell'elettromeuromiografia

L'elettromeuromiografia comprende ENG (elettromeurografia) ed EMG (elettromiografia). Per le definizioni e le modalità si rimanda al capitolo 8.

Le applicazioni dell'esame ENMG in area critica neonatale riguardano quasi esclusivamente la sindrome del neonato ipotonico (*floppy infant*).

Tale metodica è indicata per identificare la presenza di una patologia neuromuscolare e definire la sede di interessamento dell'unità motoria.

14.3.1 Prestazioni ENMG in telemedicina dell'area critica neonatale

L'EMG ad ago può essere eseguito solo dal medico specialista e in presenza.

L'ENG può essere eseguito in telemedicina avvalendosi del tecnico di neurofisiopatologia con metodica dedicata all'età neonatale (27) e necessita di essere integrata da informazioni sullo stato clinico del neonato e di documentazione clinico-anamnestica e strumentale reperibile dalla cartella clinica.

Il neurofisiologo dovrà stabilire con il TNFP il programma di lavoro diagnostico-strumentale.

Il telemonitoraggio con ENMG non è applicabile in area critica neonatale.

La telerefertazione dell'ENG necessita della documentazione clinico-anamnestica e strumentale reperibile dalla cartella clinica. La modalità di refertazione può essere sincrona in collegamento diretto con il tecnico di neurofisiopatologia che esegue l'ENG, o asincrona in base alla necessità clinica concordata con il neonatologo.

Il teleconsulto dell'ENMG può essere indicato per l'ENG eseguito in presenza dal TNFP.

Per l'esame EMG ad ago vi è la possibilità che il medico neurofisiologo presente nel centro *spoke* si avvalga del teleconsulto in *second-opinion*, con invio di materiale audio-video differiti e/o in tempo reale come descritto per l'adulto.

14.4 Livello organizzativo e appropriatezza erogativa della telemedicina in area critica neonatale

Le prestazioni di telemedicina per la neurofisiologia dell'area critica neonatale (telemonitoraggio, telerefertazione, teleconsulto) devono disporre di centri *hub* collocati come segue:

- *Intra-presidio, Intra-aziendale*
la necessità della valutazione neurofisiologica dei neonati spesso in regime di urgenza/emergenza, richiede una organizzazione del servizio di telemedicina capillare con utilizzo di personale specializzato meglio se collocato intra-presidio. Qualora questa modalità non sia fruibile a livello organizzativo, sarà sufficiente un'organizzazione intra-Aziendale che consenta la disponibilità di personale specializzato al di fuori dell'unità operativa di neonatologia.
- *Inter-aziendale*
tale modalità di erogazione del servizio di telemedicina consente di usufruire di personale altamente specializzato al di fuori del presidio ospedaliero che richiede la prestazione. Questa modalità si basa principalmente su erogazione di servizi in modalità

prevalentemente asincrona previ accordi interaziendali programmati. Data la specificità di tale modalità, si ritiene possa essere meno fruibile in neonatologia in regime di urgenza/emergenza e pertanto, salvo eccezioni ben standardizzate, può essere limitata a teleconsulti (*second-opinion*) eseguiti in modalità asincrona, anche per i limiti causati dalla possibile disparità di apparecchiature mediche utilizzate.

Sono elementi generali a favore della eseguibilità in teleneurofisiologia: la rapidità di valutazione, con particolare riferimento alla modalità sincrona dell'esame EEG (86); la possibilità di interazione tra centri *hub and spoke* con copertura H24 (maggiore accuratezza di diagnosi per disponibilità di neurofisiologo neonatale); il risparmio di risorse.

Sono invece elementi generali a sfavore gli stessi limiti strutturali, tecnologici e interpretativi descritti per

In regime di urgenza /emergenza è da preferire la modalità sincrona con le specifiche del caso.

Bibliografia

1. Shellhaas RA, Chang T, Tsuchida T, Scher MS, Riviello JJ, Abend NS, *et al.* The American clinical neurophysiology society's guideline on continuous electroencephalography monitoring in neonates. *J Clin Neurophysiol.* 2011;28(6):611-7. <https://doi.org/10.1097/WNP.0b013e31823e96d7>
2. Jacobs SE, Berg M, Hunt R, Tarnow-Mordi WO, Inder TE, Davis PG. Cooling for newborns with hypoxic ischaemic encephalopathy. *Cochrane Database Syst Rev.* 2013;(1):CD003311. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003311.pub3>
3. Hellström-Westas L, Rosén I. Continuous brain-function monitoring: state of the art in clinical practice. *Semin Fetal Neonatal Med.* 2006;11(6):503-11. <https://doi.org/10.1016/j.siny.2006.07.011>
4. Pressler RM, Cilio MR, Mizrahi EM, Moshé SL, Nunes ML, Plouin P, *et al.* The ILAE classification of seizures and the epilepsies: Modification for seizures in the neonate. Position paper by the ILAE Task Force on Neonatal Seizures. *Epilepsia.* 2021;62(3):615-28. <https://doi.org/10.1111/epi.16815>
5. Pressler RM, Cilio MR, Mizrahi EM, Moshé SL, Nunes ML, Plouin P, *et al.* The ILAE classification of seizures and the epilepsies: Modification for seizures in the neonate. Position paper by the ILAE Task Force on Neonatal Seizures. *Epilepsia.* 2021;62(3):615-28. <https://doi.org/10.1111/epi.16815>
6. Ancora G, Pomero G, Ferrari F (Ed.). *Raccomandazioni per l'assistenza al neonato con encefalopatia ipossico ischemica possibile candidato di trattamento ipotermico.* Milano: Edizione Biomedia-SIN;2012.
7. Skranes JH, Løhaugen G, Schumacher EM, Osredkar D, Server A, Cowan FM, *et al.* Amplitude-integrated electroencephalography improves the identification of infants with encephalopathy for therapeutic hypothermia and predicts neurodevelopmental outcomes at 2 years of age. *J Pediatr.* 2017;187:34-42. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2017.04.041>
8. Pressler RM, Cilio MR, Mizrahi EM, Moshé SL, Nunes ML, Plouin P, *et al.* The ILAE classification of seizures and the epilepsies: Modification for seizures in the neonate. Position paper by the ILAE Task Force on Neonatal Seizures. *Epilepsia.* 2021;62(3):615-28. <https://doi.org/10.1111/epi.16815>
9. Ancora G, Pomero G, Ferrari F. (Ed.) *Raccomandazioni per l'assistenza al neonato con encefalopatia ipossico ischemica possibile candidato di trattamento ipotermico.* Milano: Edizione Biomedia-SIN;2012.
10. Shellhaas RA, Chang T, Tsuchida T, Scher MS, Riviello JJ, Abend NS, *et al.* The American clinical neurophysiology society's guideline on continuous electroencephalography monitoring in neonates. *J Clin Neurophysiol.* 2011;28(6):611-7. <https://doi.org/10.1097/WNP.0b013e31823e96d7>
11. Murray DM, Boylan GB, Ryan CA, Connolly S. Early EEG findings in hypoxic-ischemic encephalopathy predict outcomes at 2 years. *Pediatrics.* 2009;124(3):e459-67. <https://doi.org/10.1542/peds.2008-2190>

12. Skranes JH, Løhaugen G, Schumacher EM, Osredkar D, Server A, Cowan FM, et al. Amplitude-integrated electroencephalography improves the identification of infants with encephalopathy for therapeutic hypothermia and predicts neurodevelopmental outcomes at 2 years of age. *J Pediatr.* 2017;187:34-42. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2017.04.041>
13. Boylan G, Burgoyne L, Moore C, O'Flaherty B, Rennie J. An international survey of EEG use in the neonatal intensive care unit: EEG use in the NICU. *Acta Paediatr.* 2010;99(8):1150-5. <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2010.01809.x>
14. Pavlidis E, Lloyd RO, Boylan GB. EEG - A valuable biomarker of brain injury in preterm infants. *Dev Neurosci.* 2017;39(1-4):23-35. <https://doi.org/10.1159/000456659>
15. Lloyd R, Goulding R, Filan P, Boylan G. Overcoming the practical challenges of electroencephalography for very preterm infants in the neonatal intensive care unit. *Acta Paediatr.* 2015;104(2):152-7. <https://doi.org/10.1111/apa.12869>
16. Pressler R, Bady B, Binnie CD, Boylan GB, Connell JA, Lütschg J, et al. Neurophysiology of the neonatal period In: Binnie C, Cooper R, Mauguire F, Osselton J, Prior P, Tedman B. (Ed.) *Clinical Neurophysiology, Volume 2 EEG 2003, Paediatric Neurophysiology, special techniques and applications.* ELSEVIER. 2003.
17. Suppiej A, Cappellari A, Franzoi M, Traverso A, Ermani M, Zanardo V. Bilateral loss of cortical somatosensory evoked potential at birth predicts cerebral palsy in term and near-term newborns. *Early Hum Dev.* 2010;86(2):93-8. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2010.01.024>
18. Suppiej A, Cappellari A, Cogo PE. Prognostic role of somatosensory and auditory evoked potentials in paediatric hypoxic-ischemic encephalopathy managed with hypothermia: an illustrative case. *Neurophysiol Clin.* 2009;39(2):101-5. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2009.02.003>
19. Lori S, Bertini G, Molesti E, Gualandi D, Gabbanini S, Bastianelli ME, et al. The prognostic role of evoked potentials in neonatal hypoxic-ischemic insult. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2011;24 Suppl 1(sup1):69-71. <https://doi.org/10.3109/14767058.2011.607661>
20. Lori S, Bertini G, Molesti E, Gualandi D, Gabbanini S, Bastianelli ME, et al. The prognostic role of evoked potentials in neonatal hypoxic-ischemic insult. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2011;24 Suppl 1(sup1):69-71. <https://doi.org/10.3109/14767058.2011.607661>
21. Amantini A, Carrai R, Lori S, Peris A, Amadori A, Pinto F, et al. Neurophysiological monitoring in adult and pediatric intensive care. *Minerva Anestesiol.* 2012;78(9):1067-75.
22. Cainelli E, Trevisanuto D, Cavallin F, Manara R, Suppiej A. Evoked potentials predict psychomotor development in neonates with normal MRI after hypothermia for hypoxic-ischemic encephalopathy. *Clin Neurophysiol.* 2018;129(6):1300-6. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2018.03.043>
23. Dachy B. Does sensitivity to arousal improve the prognostic value of somatosensory evoked potentials in newborn infants? *Dev Med Child Neurol.* 2017;59(9):890. <https://doi.org/10.1111/dmcn.13505>
24. Claassen J, Hirsch LJ, Frontera JA, Fernandez A, Schmidt M, Kapinos G, et al. Prognostic significance of continuous EEG monitoring in patients with poor-grade subarachnoid hemorrhage. *Neurocrit Care.* 2006;4(2):103-12. <https://doi.org/10.1385/NCC:4:2:103>
25. Comanducci A, Boly M, Claassen J, De Lucia M, Gibson RM, Juan E, et al. Clinical and advanced neurophysiology in the prognostic and diagnostic evaluation of disorders of consciousness: review of an IFCN-endorsed expert group. *Clin Neurophysiol.* 2020;131(11):2736-65. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2020.07.015>
26. Scaioli V, Brinciotti M, Di Capua M, Lori S, Janes A, Pastorino G, et al. A multicentre database for normative brainstem auditory evoked potentials (BAEP) in children: Methodology for data collection and evaluation. *Open Neurol J.* 2009;3(1):72-84. <https://doi.org/10.2174/1874205X00903010072>
27. Dilena R, Raviglione F, Cantalupo G, Cordelli DM, De Liso P, Di Capua M, et al. Consensus protocol for EEG and amplitude-integrated EEG assessment and monitoring in neonates. *Clin Neurophysiol.* 2021;132(4):886-903. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2021.01.012>