

## 9 ELETTROMIOGRAFIA-ELETTRONEUROGRAFIA NEL BAMBINO E NEL NEONATO

Paola Lanteri (a), Agnese Suppiej (b), Silvia Lori (c)

(a) *Neurofisiopatologia, Fondazione IRCCS Istituto Neurologico Carlo Besta, Milano*

(b) *Dipartimento di Scienze Mediche, Sezione di Pediatria, Università di Ferrara*

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

Anche in ambito pediatrico l'elettro-neuromiografia (ENMG) è una metodica molto utilizzata nonostante la sua indicazione si sia modificata nel corso degli ultimi decenni per la diffusione dei test genetici che, fra gli anni '90 e 2000, hanno sostituito in parte l'utilità diagnostica dell'ENMG per alcune patologie neuromuscolari, sono però contestualmente aumentate le valutazioni per lesioni traumatiche e altre lesioni acquisite. Non in tutti i centri in cui è disponibile l'ENMG vi sono le competenze specifiche richieste per la valutazione in ambito pediatrico. Per questi motivi, il supporto della telemedicina risulta fondamentale per la necessità di condividere fra i diversi centri indicazioni ed esecuzione di questi test nella popolazione pediatrica (1).

### 9.1 Ambiti e criteri generali di applicabilità della prestazione

L'esame ENMG è un esame clinico-strumentale che viene descritto nel capitolo 8.

Le patologie per cui viene richiesto un ENMG in ambito pediatrico sono diverse rispetto all'adulto e la stessa diagnosi ha implicazioni diverse.

Ad esempio, le mononeuropatie sono meno comuni nella popolazione pediatrica rispetto agli adulti, tuttavia costituiscono una percentuale significativa di lesioni traumatiche in questa fascia di età e gli studi ENMG svolgono un ruolo fondamentale nella diagnosi e nel monitoraggio di tali lesioni.

Nell'arto superiore, la sindrome del tunnel carpale, la mononeuropatia più comune negli adulti, è relativamente rara nei bambini, ma si verifica, spesso nel contesto di patologie come mucopolisaccaridosi, anomalie ossee congenite del polso, neuropatia ereditaria con predisposizione a paralisi, o malattia ereditaria isolata e meno comunemente nel contesto della sindrome di Schwartz-Jampel.

La neuropatia del nervo ulnare, la più comune mononeuropatia degli arti superiori nell'infanzia, è spesso causata da traumi, compressione e intrappolamento.

A livello degli arti inferiori, la neuropatia del nervo sciatico nell'infanzia è stata associata a traumi, cause iatrogene, compressione, vari tumori, incluso il perineurioma, e talvolta a cause vascolari, inclusa l'occlusione dell'arteria glutea inferiore.

Gli studi ENMG si sono rivelati utili nella valutazione dei risultati nelle procedure chirurgiche di ricostruzione del n. facciale in ambito pediatrico (es. paralisi del VII nervo congenita, post-traumatica/post-chirurgica, secondaria a lesioni neurofibromatose).

È in corso un dibattito in letteratura sull'utilità degli studi ENMG nel contesto della paralisi del plesso brachiale neonatale. Tuttavia, ormai vi è un comune accordo sul fatto che gli studi ENMG svolgono un ruolo nella valutazione della paralisi del plesso brachiale neonatale, ma che i dati dovrebbero essere inseriti in un "timing" preciso (primo esame entro il mese di vita e

controllo a tre mesi per valutare l'estensione della lesione, la gravità e il potenziale recupero), nel contesto dell'intera valutazione clinica e non interpretati isolatamente (2).

## 9.2 Peculiarità in ambito pediatrico

L'approccio all'esecuzione di studi ENMG su neonati, bambini e adolescenti deve essere personalizzato in base all'età e allo stadio di sviluppo del paziente per ottenere i dati più affidabili. È fondamentale la condivisione delle metodiche tramite tutoraggio sia per quanto riguarda la parte tecnica che per l'interpretazione dei dati.

Ridurre al minimo il dolore e il disagio per il paziente è di fondamentale importanza nei test ENMG pediatrici. I protocolli per il test ENMG nei bambini non sedati devono essere personalizzati in base al quesito diagnostico tenendo in considerazione lo stato evolutivo/emotivo ("compliance") del bambino. Nella maggior parte dei casi, iniziare con le ENG (elettroencefalografie) sensoriali è ottimale in quanto richiedono livelli più bassi di stimolazione elettrica. Intervalli più lunghi tra ogni singolo stimolo nervoso aiutano i bambini a tollerare la ENG. L'incremento dell'intensità di stimolo in successione dovrebbe essere limitato a circa 5 mA "step-by-step". È anche utile ridurre al minimo il numero di stimolazioni sovramassimali. Il completamento dell'esame con l'EMG (elettromiografia ad ago) è spesso indispensabile; in questo caso, in relazione alla compliance del bambino, può essere utile fargli visionare l'elettrodo, sono invece da evitare spiegazioni che provochino ansia non necessaria. È consigliabile fornire una piacevole distrazione in termini di musica/video/interazione ludica che aiuta molti i bambini a tollerare le procedure senza richiedere interventi farmacologici. Il coinvolgimento dei genitori è molto importante.

La distrazione si è dimostrata efficace nel ridurre la percezione del dolore e dovrebbe essere utilizzata ogni volta che è possibile. Esistono anche diverse opzioni farmacologiche per raggiungere questo obiettivo. In vari centri sono stati utilizzati preparati anestetici topici, iniezioni sottocutanee di lidocaina e spray.

L'età compresa tra 18 mesi e 5 anni è quella in cui il comportamento non conforme è al suo apice per cui talora, sempre considerando la rilevanza del quesito diagnostico, si può procedere all'esame previa modesta sedazione che non comprometta la conduzione motoria e sensoriale periferica. Ad esempio, l'uso combinato di ketamina e midazolam o protossido di azoto e midazolam consente ai bambini di muoversi in modo intermittente o in risposta all'attivazione riflessa consentendo l'analisi del reclutamento muscolare e delle caratteristiche delle unità motorie. La stimolazione tetanica a 10 Hz può essere utilizzata per simulare l'esercizio necessario durante il test di trasmissione neuromuscolare.

Una varietà di fattori tecnici influenzano le prestazioni e l'interpretazione della ENMG pediatrica. Nel paziente adulto gli elettrodi di stimolazione hanno una distanza inter-elettrodo di 3 cm tra l'anodo e il catodo, questi valori sono generalmente accettabili per i bambini al di sopra dei 3 anni, mentre nei bambini più piccoli e nei neonati (per i rapporti somatici) sono preferibili stimolatori con distanze più brevi tra anodo e catodo (1-0,5 cm). È spesso necessario utilizzare punti di riferimento anatomici e distanze non standardizzate, come per l'adulto, per determinare i siti di stimolazione. Per lo stesso motivo, potrebbe essere necessario modificare la distanza tra la registrazione e l'elettrodo di riferimento. La maggior parte degli elettrodi adesivi monouso possono essere ritagliati, per consentire superfici di registrazione più piccole, adattandoli al ridotto spazio di derivazione. Gli aghi EMG concentrici 30 gauge (0,30 mm di diametro; indicati come aghi "facciali") dovrebbero essere i più indicati per la maggior parte degli esami nei pazienti pediatrici, prestando sempre attenzione affinché la lunghezza dell'ago sia adeguata per superare il grasso sottocutaneo, che può essere più preponderante nei bambini,

specialmente nei neonati e nei bambini piccoli. Inoltre, ridurre al minimo il numero di muscoli da studiare è fondamentale per il successo di un EMG pediatrico. In varie situazioni gli studi ENMG vengono completati con l'esame ad ago di un solo muscolo basandosi su considerazioni di altri dati diagnostico-strumentali aggiuntivi per orientare e ottimizzare l'esame, ribadendo il concetto che l'ENMG è un esame elettro-clinico.

### 9.3 Esame EMG ad ago

L'EMG è generalmente un complemento necessario e prezioso alle ENG. L'obiettivo è ottimizzare il valore diagnostico dello studio riducendo al minimo il disagio per il bambino. La sensibilità dell'EMG nelle diagnosi neurogeniche può raggiungere il 99,5%. I disturbi miogenici sono meno sensibili alla diagnosi tramite EMG in età inferiore a 2 anni, sebbene la sensibilità migliori nei gruppi di età più avanzata. La revisione della letteratura suggerisce che l'EMG di almeno un arto superiore e un inferiore è raccomandata quando possibile (3). L'uso di aghi concentrici pediatrici più piccoli invece di aghi concentrici standard, è consigliato anche se è da considerare che possono ridurre l'ampiezza del potenziale d'azione dell'unità motoria senza un effetto significativo sulla sua durata. Con queste considerazioni, è opportuno scegliere inizialmente il muscolo più appropriato da campionare. L'esame neurologico non può essere sottovalutato così come la conoscenza del tipo di disturbo sospettato.

L'uso degli ultrasuoni per identificare i muscoli che appaiono anormali e per stimare la gravità delle anomalie aumenta la probabilità di scegliere i muscoli più adeguati per l'EMG con ago, che risulteranno potenzialmente più diagnostici. Solitamente i muscoli di prima scelta, perché più facilmente attivabili anche per via riflessa, sono per l'arto inferiore il muscolo tibiale anteriore e i muscoli posteriori della coscia, per l'arto superiore il muscolo bicipite.

A livello intraoperatorio l'attività continua EMG grafica registrata su più distretti può essere utilizzata con le medesime indicazioni dell'adulto senza le restrizioni dell'esame nel bambino non sedato.

Per queste considerazioni trova sempre più spazio l'applicazione di tecniche di EMG di superficie in ambito pediatrico anche se sicuramente possono fornire diversi livelli di confidenza per la diagnosi rispetto all'EMG ad ago.

### 9.4 Altre metodiche ENMG: tecniche speciali

Durante l'esecuzione di ENMG è possibile ricorrere anche a tecniche speciali che rappresentano la soluzione a condizioni specifiche e che quindi sono decise e gestite dallo specialista esperto di teleneurofisiologia caso per caso, in particolare si consideri:

#### a. *Stimolazione nervosa ripetitiva*

La stimolazione nervosa ripetitiva (*Repetitive Nerve Stimulation*, RNS) e il test da sforzo possono fornire informazioni utili nella valutazione di un bambino con un sospetto disturbo della trasmissione neuromuscolare. RNS può aiutare a facilitare la diagnosi di disturbi come la "miastenia grave neonatale transitoria" o la "miastenica congenita" (*Congenital Myasthenic Syndrome*, CMS). Molti neonati e bambini con disturbi della trasmissione neuromuscolare possono presentare debolezza e difficoltà respiratorie o di alimentazione, che possono mostrare una sovrapposizione clinica ed elettrofisiologica con le miopatie, comprese diverse malattie neuromuscolari ereditarie.

RNS è comunemente usato dopo che le ENG di routine sono state completate. La valutazione ENG motoria di routine può evocare risposte *Compound Muscle Action Potential* (CMAP) “doppie” che possono essere un indizio della presenza di alcuni tipi di CMS, indizio utile ma non specifico. Un disturbo della trasmissione neuromuscolare può presentarsi anche con un CMAP di ampiezza ridotta.

La RNS a bassa frequenza (da 2 a 3 Hz) nei bambini viene eseguita in modo simile agli adulti. La stimolazione sopramassimale viene erogata come un treno di 5 o 10 impulsi. Vengono confrontate le ampiezze CMAP della prima e della quarta (o quinta) risposta e un decremento CMAP > 10% è considerato anormale. Sebbene questo test possa fornire informazioni importanti, è difficilmente tollerato in età pediatrica e può essere quindi di difficile esecuzione nei bambini piccoli o in quelli con deficit cognitivo. Almeno il 30-65% dei bambini con miastenia grave può inizialmente presentarsi con sintomi oculari e la probabilità che un bambino presenti sintomi di miastenia grave oculare (piuttosto che generalizzata) è maggiore in età prepuberale (o post-puberale). Questo deve essere considerato perché la RNS del nervo facciale è particolarmente impegnativa per i bambini piccoli e ha scarsa probabilità di essere eseguita con successo senza sedazione.

Anche in ambito pediatrico, come per gli adulti, lo studio della singola fibra (*Single-Fiber Electromyography*, SFEMG) sembra essere più sensibile rispetto all'RNS nel diagnosticare un disturbo della trasmissione neuromuscolare. Nel bambino la SFEMG stimolata sembra essere sensibile per i disturbi della placca neuromuscolare in età pediatrica e neonatale (4, 5).

RNS ad alta frequenza (da 20 a 50 Hz) è utile per verificare l'eventuale facilitazione o incremento dell'ampiezza del CMAP nei disturbi presinaptici della trasmissione neuromuscolare come il botulismo infantile, la CMS presinaptica e la sindrome miastenica di Lambert-Eaton (*Lambert-Eaton Myasthenic Syndrome*, LEMS) pediatrica.

Il test da sforzo ha valore diagnostico per i pazienti con sospette canalopatie in quanto può documentare anomalie della membrana. Il test da sforzo (breve e prolungato) ha valore diagnostico per i pazienti con sospette canalopatie del sodio o del cloruro poiché può documentare un'anomalia dell'eccitabilità della membrana. Anche il raffreddamento degli arti può essere d'aiuto. Da notare che questi test richiedono la collaborazione del paziente e, quindi, hanno maggiori probabilità di essere eseguiti nei bambini più grandi e negli adolescenti.

*b. Blink reflex*

Con questa tecnica si valuta l'integrità dei nervi trigemino e facciale e dei loro collegamenti e dei nuclei a livello del troncoencefalo. Uno stimolo elettrico sovramassimale viene applicato al ramo sopraorbitale del nervo trigemino con conseguente risposta diretta caratterizzata da due componenti: R1 (rapida e breve) e R2 (ritardata e prolungata). La risposta R1 è presente dalla nascita e raggiunge i valori normali degli adulti (range, 9-13 ms) a 4 settimane di vita per un neonato a termine. L'R2 ipsilaterale (R2i) può essere evocata nella maggior parte dei neonati a termine (intervallo di latenza, 34-43 ms); tuttavia, l'R2 controlaterale (R2c) non viene ottenuta in modo coerente prima dei 9 mesi di età per mielinizzazione centrale incompleta. Sono state riportate differenze di latenza tra R2i e R2c anche in bambini normali di età <12 mesi, con differenze fisiologiche nelle latenze che diminuiscono dopo tale età, in modo che le latenze siano identiche a quelle degli adulti dopo i 3 anni.

## 9.5 Dati normativi

L'interpretazione dei dati ENG per i bambini piccoli deve prendere in considerazione l'età poiché il diametro degli assoni e la mielinizzazione aumentano gradualmente dalla nascita fino a quando vengono raggiunti a 4-5 anni di età i valori dell'adulto. Spesso in ambito pediatrico, ma soprattutto neonatale, ENG seriati mostrano aumenti graduali delle velocità di conduzione e assumono rilevanza diagnostica maggiore rispetto al singolo esame. La consapevolezza dei cambiamenti fisiologici che si verificano durante il periodo neonatale e l'infanzia è essenziale per evitare interpretazioni errate delle ENG normali per età (5-9). Nella prima infanzia, ad esempio, l'ipertrofia fisiologica delle fibre muscolari si riflette in un incremento in ampiezze del CMAP e progressivamente si assiste ad aumenti incrementali della velocità di conduzione che si verificano con l'aumento fisiologico del diametro degli assoni. L'altezza dovrebbe essere presa in considerazione per i bambini poiché la velocità di conduzione nervosa è inversamente proporzionale all'altezza di un individuo e si riflette in maniera significativa anche per le risposte tardive (risposte F, riflesso H), soprattutto quando eseguite negli adolescenti in rapida crescita. L'altezza è il fattore più significativo che influenza le latenze minime della risposta F (10).

Il tessuto adiposo sottocutaneo, in particolare nei bambini più piccoli (<2 anni), può rappresentare una sfida tecnica e può rendere difficile evocare risposte sensitive agli arti inferiori in questa fascia di età. Le risposte sensitive dei nervi plantari mediale e laterale possono essere registrate con metodica ortodromica più facilmente nei primi mesi di vita.

Come negli adulti, gli effetti della temperatura devono essere attentamente considerati nella fascia di età pediatrica. I neonati possono essere più suscettibili al raffreddamento (a causa della loro relativa ampia superficie) e i bambini eccessivamente ansiosi possono avere arti più freddi a causa dell'attivazione del sistema nervoso autonomo. La standardizzazione della temperatura durante il test è necessaria.

Con queste premesse, si comprende l'importanza di avere a disposizione dati normativi per le ENG dall'età neonatale, l'infanzia fino all'adolescenza che sarebbe auspicabile fossero definiti all'interno del servizio. Vista l'oggettiva difficoltà nel raccogliere campioni di numerosità omogenea per le diverse classi d'età pediatrica all'interno dello stesso laboratorio, il ricorso al confronto con i dati normativi disponibili in letteratura è molto frequente e indispensabile (11-13).

## 9.6 Applicabilità dell'ENMG pediatrico in telemedicina

Tutte indicazioni all'ENMG in ambito pediatrico possono potenzialmente beneficiare di telemonitoraggio, teleconsulto e telerefertazione.

La telemedicina permette la diffusione dell'ENMG in ambito pediatrico nei diversi *setting*, da quello ambulatoriale, al ricovero e anche in condizioni d'urgenza. Tuttavia, c'è sempre la necessità della presenza del team neurofisiologico nella sede in cui viene eseguito l'esame. Il team è costituito dal medico neurofisiologo e dal tecnico di neurofisiopatologia, anche se non sono esperti in neurofisiologia pediatrica.

Sarà il sistema di telemedicina che consentirà loro di essere assistiti da remoto, per la parte tecnica e interpretativa, da personale medico e tecnico con adeguata esperienza pediatrica.

Ad ogni modo, il Gruppo di Consensus Nazionale raccomanda come fondamentale, prima dell'esecuzione dell'esame in telemedicina, la disponibilità di informazioni accurate circa l'anamnesi, l'evoluzione clinica e il sospetto diagnostico, nonché l'esito dell'esame neurologico.

Riguardo all'organizzazione delle attività di ENMG pediatrico, le prestazioni descritte possono essere collocate a vari livelli: intra-aziendale (comprendendovi anche le attività nei singoli presidi), inter-aziendale e domiciliare.

A livello intra-presidio e intra-interaziendale tutte le metodiche sopraelencate possono essere supportate in telemedicina da un neurofisiologo esperto in ambito pediatrico. Il supporto può essere effettuato per telerefertazione, teleconsulto o telemonitoraggio. Si ribadisce anche in questi casi che l'esame comunque deve sempre essere eseguito dal team neurofisiologico in presenza presso il paziente.

In tutti questi ambiti, potrebbero sussistere maggiori difficoltà interpretative se non vi è la possibilità di vedere la modalità di esecuzione dell'esame soprattutto per neonati e bambini sotto i 3 anni dove la difficoltà tecnica è molto elevata e potrebbe condizionare il risultato dell'esame. La telemedicina in questi casi andrebbe effettuata con la possibilità di avere anche la registrazione video e audio non solo dello schermo dell'apparecchiatura di registrazione ma anche dell'ambiente in cui viene effettuato l'esame.

A livello domiciliare non vengono attualmente effettuati esami di ENMG in ambito pediatrico.

## 9.7 Tipologia di servizio in cui eseguire ENMG in ambito pediatrico con supporto di telemedicina

È doveroso sottolineare che in linea generale è sconsigliato eseguire l'ENMG in telemedicina se costituisce la prima valutazione e quindi ha valenza diagnostica, mentre è fattibile se eseguito come controllo evolutivo di un esame completo in paziente con diagnosi già definita.

Il Gruppo di Consensus Nazionale raccomanda che l'esame ENG sia eseguito da un tecnico di neurofisiopatologia (TNFP) con adeguata esperienza e l'EMG sia eseguito da un neurofisiologo, condividendo con lo specialista in telemedicina sia la valutazione neurofisiologica preliminare all'esame sia il protocollo da eseguire.

Il Gruppo di Consensus Nazionale raccomanda anche che la telerefertazione o la teleconsulenza avvenga dopo la condivisione tramite Intranet e/o Internet del materiale prodotto dall'esame e che, in casi complessi e nei bambini sotto i tre anni, sia preferibile avere e condividere anche la registrazione video e audio non solo dello schermo dell'apparecchiatura di registrazione ma anche dell'ambientale dove è stato eseguito l'esame, per la durata dello stesso.

L'esame ENMG in telemedicina può essere applicato nei seguenti ambiti clinici:

*a. Attività ambulatoriale specialistica ospedaliera (prima visita, controllo)*

In questo ambito è possibile eseguire nel corso della prima visita la valutazione ENG di screening per indirizzare eventuali approfondimenti futuri (valutazione di *screening* per neuropatie genetiche o neuropatie da *entrapment*).

*b. Ricovero ospedaliero ordinario*

In questo ambito è possibile eseguire la valutazione ENG al fine di monitorare la condizione clinica e la risposta alla terapia (valutazione per neuropatie genetiche e acquisite, neuropatie su base traumatica o da *entrapment* e poliradicolonevriti infiammatorie acute o croniche).

c. *Ricovero ospedaliero in urgenza*

In questo ambito è possibile eseguire la valutazione ENG per indirizzare eventuali ulteriori approfondimenti e/o approcci terapeutici (valutazione neuropatie su base traumatica o da *entrapment* e poliradicolonevriti infiammatorie acute o croniche riacutizzate, valutazione di *screening* per neuropatie genetiche).

d. *Osservazione breve in Pronto Soccorso*

In questo ambito è possibile eseguire la valutazione ENG nel sospetto di una poliradicolonevrite infiammatoria acuta.

e. *Continuità cura presso centri riabilitativi*

In questo ambito, nel corso della degenza presso centri riabilitativi è possibile soprattutto eseguire il controllo ENG (valutazione evolutiva di poliradicolonevriti infiammatorie o polineuropatie acquisite) e in casi molto selezionati il controllo EMG (evoluzione neuropatia post-traumatica).

f. *Vantaggi e limiti della ENMG pediatrica in telemedicina*

Vantaggi: possibilità di condivisione e diffusione di competenze tecniche specifiche peculiari dell'ambito pediatrico fra diversi centri nel modello hub-spoke come già segnalato nella parte introduttiva; possibilità di teleconsulto come second-opinion, vista la maggior frequenza di patologie rare in ambito pediatrico rispetto all'adulto.

Limiti: difficoltà tecniche e interpretative nel neonato e nel bambino al di sotto dei tre anni; limiti intrinseci alla metodica ad ago (EMG).

## Bibliografia

1. Kang PB, McMillan HJ, Kuntz NL, Lehky TJ, Alter KE, Fitzpatrick KF, *et al.* Utility and practice of electrodiagnostic testing in the pediatric population: An AANEM consensus statement. *Muscle Nerve*. 2020; 61(2):143-55. <https://doi.org/10.1002/mus.26752>
2. Elnaggar RK. Integrated electromyography: Discriminant analysis and prediction of recovery 3 to 6 years after brachial plexus birth injury. *Pediatr Phys Ther*. 2020; 32(2):120-8. <https://doi.org/10.1097/pep.0000000000000684>
3. Stålberg E, van Dijk H, Falck B, Kimura J, Neuwirth C, Pitt M, *et al.* Standards for quantification of EMG and neurography. *Clin Neurophysiol*. 2019; 130(9):1688-729. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2019.05.008>
4. Ghosh PS, Sorenson EJ. Diagnostic yield of electromyography in children with myopathic disorders. *Pediatr Neurol*. 2014;51(2):215-9. <https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2014.04.013>
5. Pitt M. Update in electromyography. *Curr Opin Pediatr*. 2013;25(6):676-81. <https://doi.org/10.1097/MOP.0000000000000023>
6. Pitt MC. Use of stimulated electromyography in the analysis of the neuromuscular junction in children: Child's NMJ Analysis by SPACE. *Muscle Nerve*. 2017; 56(5):841-7. <https://doi.org/10.1002/mus.25685>
7. Ryan CS, Conlee EM, Sharma R, Sorenson EJ, Boon AJ, Laughlin RS. Nerve conduction normal values for electrodiagnosis in pediatric patients. *Muscle Nerve*. 2019; 60(2):155-60. <https://doi.org/10.1002/mus.26499>
8. Jabre JF, Pitt MC, Smith R. Deriving pediatric nerve conduction normal values in the very young (<3 years). *Clin Neurophysiol*. 2020; 131(1):177-82. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2019.11.004>

9. Sharma R, Sorenson EJ, Ryan CS, Conlee EM, Boon AJ, Laughlin RS. Establishing normal values for F-wave latencies in diagnosing peripheral neuropathies for the pediatric population. *J Clin Neurophysiol.* 2020; 37(1):68-73. <https://doi.org/10.1097/wnp.0000000000000609>
10. Hafner P, Phadke R, Manzur A, Smith R, Jaiser S, Schutz P, *et al.* Electromyography and muscle biopsy in paediatric neuromuscular disorders - Evaluation of current practice and literature review. *Neuromuscul Disord.* 2019; 29(1):14-20. <https://doi.org/10.1016/j.nmd.2018.10.003>
11. Lori S, Bertini G, Bastianelli M, Gabbanini S, Gualandi D, Molesti E, *et al.* Peripheral nervous system maturation in preterm infants: longitudinal motor and sensory nerve conduction studies. *Childs Nerv Syst.* 2018; 34(6):1145-52. <https://doi.org/10.1007/s00381-018-3778-x>
12. Higashihara M, Sonoo M, Ishiyama A, Nagashima Y, Matsumoto K, Uesugi H, *et al.* Quantitative analysis of surface electromyography for pediatric neuromuscular disorders: Quantitative SEMG in children. *Muscle Nerve.* 2018; 58(6):824-7. <https://doi.org/10.1002/mus.26299>
13. Verma S, Lin J, Travers C, McCracken C, Shah D. Quantitative electromyography in ambulatory boys with Duchenne muscular dystrophy. *Muscle Nerve.* 2017;56(6):1168-71. <https://doi.org/10.1002/mus.25678>