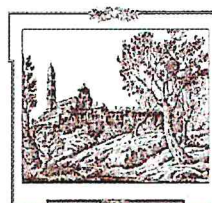


**SERVIZIO SANITARIO REGIONALE  
EMILIA - ROMAGNA**

Istituto Ortopedico Rizzoli di Bologna  
Istituto di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico



# **Protocollo clinico**

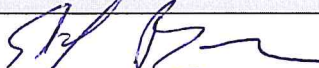

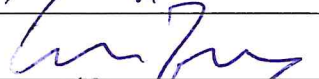
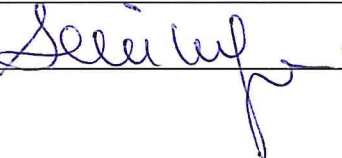
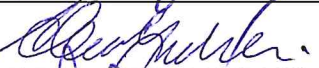


## ***Potenziali Evocati intra-operatori***

### **SOMMARIO**

1. MODIFICHE .....	3
2. SCOPO /OBIETTIVI .....	3
3. DEFINIZIONI E ABBREVIAZIONI .....	3
Premessa.....	4
Razionale .....	4
Background e contesto di riferimento .....	4
4. MATRICE ATTIVITÀ - RESPONSABILITÀ.....	6
5. DESCRIZIONE.....	7
Livelli di responsabilità ed organizzazione.....	7
Programmazione e attivazione dell'uso dei potenziali .....	7
Modalità tecniche di esecuzione e documentazione del monitoraggio .....	8
6. ALLEGATI.....	8
7. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	9

**GRUPPO DI REDAZIONE**

Bonarelli Stefano - Direttore Anestesia e Terapia intensiva post-operatoria  
Borin Sveva - Responsabile Medicina legale  
Damen Viola – Direttore Sanitario  
Faldini Cesare - Direttore Clinica Ortopedica e Traumatologica I  
Fusco Eulalia Iolanda – Tecnico neurofisiopatologia  
Gasbarrini Alessandro - Direttore Chirurgia Vertebrale a indirizzo Oncologico e Degenerativo  
Girolami Marco - Dirigente Medico Chirurgia Vertebrale a indirizzo Oncologico e Degenerativo  
Greggi Tiziana - Responsabile Chirurgia delle deformità del rachide  
Mingazzini Annella - Direttore f.f. Servizio di Assistenza infermieristica, tecnica e della riabilitazione  
Ricci Beatrice - Medico in formazione specialistica Igiene e medicina preventiva - Università di Bologna  
Rocca Michele - Responsabile Chirurgia generale e toracica muscolo-scheletrica  
Ruffilli Alberto - Dirigente Medico Clinica Ortopedica e Traumatologica I  
Vommaro Francesco - Dirigente Medico Chirurgia delle deformità del rachide

Verifica contenuto		Approvazione emissione	
Nome e cognome	Firma	Nome e cognome	Firma
Stefano Bonarelli		Viola Damen	
Cesare Faldini		Annella Mingazzini	
Alessandro Gasbarrini			
Tiziana Greggi			
Michele Rocca			

## **1. MODIFICHE**

Rev. N°	Motivazioni delle modifiche e parti modificate
0	Prima stesura

## **2. SCOPO /OBIETTIVI**

Il seguente documento è stato redatto al fine di definire finalità e modalità di utilizzo dei potenziali evocati in corso di intervento, con particolare riferimento agli interventi sulla colonna.

Lo scopo è quello di condividere indicazioni organizzative, operative e tassonomia delle fasi del monitoraggio neurofisiologico intraoperatorio per gli interventi di chirurgia sul rachide.

Gli obiettivi specifici sono di seguito elencati:

- Definire ruoli ed attività nel monitoraggio con potenziali
- Definire le modalità di pianificazione e programmazione di tale necessità nella programmazione della nota operatoria
- Definire le modalità di attivazione del monitoraggio con potenziali evocati in caso di attività ordinaria
- Definire le modalità tecniche di esecuzione del monitoraggio
- Definire le modalità di documentazione del monitoraggio al fine di garantire coerenza fra ciò che viene documentato attraverso il monitoraggio e ciò che viene riportato nel verbale operatorio.

## **3. DEFINIZIONI E ABBREVIAZIONI**

Abbreviazioni	
EMG	Elettromiografia
EEG	Elettroencefalografia
SRS	Scoliosis Research Society

### **Premessa**

La chirurgia vertebrale espone al rischio iatrogeno di lesioni di numerose strutture nobili tra cui il midollo. Il gold standard procedurale per la definizione di un danno midollare è rappresentato dal test del risveglio di Stagnara [1]. Questo test totalmente sensibile nel definire un danno midollare non è però utile per identificare i fattori specifici del danno neurologico e non permette quindi di approntare adeguate risposte tempestive per minimizzare il deficit neurologico post-operatorio.

Al fine di ottenere informazioni in tempo reale sul funzionamento midollare si è sviluppato negli anni il monitoraggio neurofisiologico intraoperatorio.

Il monitoraggio neurofisiologico intraoperatorio si riferisce a numerosi test neurofisiologici utilizzati durante la chirurgia vertebrale per controllare l'integrità funzionale del sistema nervoso centrale e periferico.

Nonostante le attuali incertezze in materia, l'obiettivo dell'Istituto Ortopedico Rizzoli è quello di sviluppare tali metodiche promuovendo l'attività di ricerca.

### **Razionale**

Il razionale dell'utilizzo del monitoraggio è di ottenere un feedback immediato di eventuali alterazioni neurologiche durante interventi chirurgici a carico della colonna con l'obiettivo di adottare immediate contromisure volte a minimizzare il rischio di deficit neurologici post-operatori.

I potenziali somato-sensoriali sono stati i primi ad essere sviluppati sul finire degli anni '70. Danno informazioni dirette sui tratti spinali sensitivi ascendenti ed indirettamente sull'integrità dei cordoni motori ventrali. Presentano un range di specificità che va dal 96 al 100% mentre presentano una sensibilità bassa che oscilla tra il 25% ed il 43% con il rischio di non essere in grado di evidenziare un danno midollare [2,3].

I potenziali evocati motori valutano in maniera diretta la funzione delle vie motorie localizzate nella porzione anteriore del midollo. Il maggior beneficio dei potenziali motori è rappresentato dalla elevatissima sensibilità (100%) nell'evidenziare un danno midollare [4,5].

Al fianco dei potenziali somato-sensoriali e motori si segnala la presenza dell'Elettromiografia.

La EMG free running monitora in continuo ed in tempo reale muscoli specifici e quindi le corrispondenti radici nervose così da rilevare eventuali irritazioni a carico delle radici stesse. La sensibilità di questo esame è molto alta raggiungendo quasi il 100% mentre pare molto poco specifica aggirandosi intorno al 23,5% [6]. La EMG può essere anche utilizzata per definire, in caso di strumentazioni peduncolari, la presenza di eventuali brecce mediali nella corticale del peduncolo. In questo caso la EMG è utilizzata "a comando" e non in continuo con un palpatore dedicato. Studi recenti di Lall et Al. hanno evidenziato che la EMG a comando presenta un alto tasso di falsi positivi in assenza di correlazione clinica [7].

### **Background e contesto di riferimento**

#### ***Evidenze di letteratura***

La Letteratura non offre certezze circa il miglior modo di eseguire un monitoraggio neurofisiologico anche se un certo grado di raccomandazione sembra suggerire l'utilizzo di tutte e tre le metodiche sopra descritte configurando così un monitoraggio neurologico multimodale [8,9].

Non è possibile definire con esattezza l'effettiva utilità del monitoraggio neurofisiologico nella chirurgia spinale in base alla letteratura. Lo studio a maggior valenza scientifica disponibile sull'argomento è rappresentato da una revisione sistematica e meta-analisi pubblicata su Spine nel 2018 [10] che conclude che l'utilizzo del monitoraggio neurologico multimodale non comporta una riduzione degli eventi avversi neurologici rispetto alla chirurgia eseguita senza monitoraggio. Come tutte le meta-analisi i risultati però sono da analizzare con attenzione. In particolare solo 6 studi retrospettivi comparativi sono risultati idonei ad essere utilizzati per la suddetta meta-analisi e solo 3 di questi presentavano uno score metodologico MINOR di alta qualità. I suddetti bias rendono questo dato di non univoca interpretazione. È infatti verosimile che, nonostante la meta-analisi sia stata condotta con rigore scientifico, il risultato finale sia da imputare a una carenza di studi prospettici randomizzati e ben disegnati sull'argomento. Secondo i dettami dell'evidence based medicine in assenza di trials randomizzati controllati a corretta numerosità di campione, non è dunque possibile definire l'utilizzo dei potenziali in chirurgia vertebrale come il gold standard procedurale e non vi è alcuna linea guida paritorita da consensus meeting di alto livello che ne imponga l'utilizzo.

Cionondimeno le maggiori società scientifiche di chirurgia vertebrale raccomandano fortemente l'utilizzo dei potenziali in chirurgia vertebrale.

Ovviamente la suddetta raccomandazione è più sentita in determinati tipi di chirurgia. In particolare nella chirurgica



delle deformità del bambino, dell'adolescente e dell'adulto. In particolare la Scoliosis Research Society (SRS) considera il monitoraggio intra-operatorio multimodale (con o senza ausilio di EMG) il metodo standard per rilevare precocemente un deficit neurologico midollare durante la correzione chirurgica della deformità alla colonna, che permette un adeguato e tempestivo intervento prima di incorrere in una compromissione neurologica permanente [9].

Per ciò che concerne gli altri tipi di chirurgia vertebrale le indicazioni sono più controverse.

Nella *chirurgia cervicale* May et Al. [11] hanno evidenziato i seguenti fattori di rischio come significativamente connessi al rischio di sviluppare un danno neurologico:

- Mielopatia pre-operatoria;
- Tratto lungo da decomprimere (senza specificare il numero di segmenti);
- Chirurgia a carico del tratto cervicale superiore;
- Uso di strumentazione;
- Applicazione di forze correttive sul collo.

In queste situazioni è quindi raccomandato il ricorso al monitoraggio multimodale.

Un problema frequente che si trova ad affrontare chi esegue decompressioni cervicali è rappresentato dalla paralisi post operatoria della radice di C5. L'eziologia di questo deficit è multifattoriale, e può essere in parte spiegata dalla brevità della suddetta radice che può ritrovarsi "impiccata" in seguito alla decompressione per il riassetto del midollo. Secondo la Letteratura i potenziali motori e la EMG possono giocare un ruolo nel riconoscere danni radicolari legati a trauma diretto o posizionamento del paziente ma non sembrano di aiuto nel predire danno radicolare a distanza che può verificarsi nel post-operatorio [12].

Per quel che concerne infine l'utilizzo di monitoraggio multimodale durante la chirurgia cervicale anteriore per radicolopatia l'utilizzo dei potenziali è piuttosto dibattuto. Gli oppositori sostengono che il rischio di danno radicolare è così basso da non giustificare il costo della procedura di monitoraggio [13].

I sostenitori dell'utilizzo del monitoraggio sostengono il beneficio di identificare precocemente un'eccessiva estensione del collo durante il posizionamento, una distrazione vertebrale eccessiva, un mal posizionamento della gabbia inter-somatica, una lesione ischemica midollare e una sofferenza del nervo laringeo ricorrente [14].

A *livello toracico* oltre che nel già citato trattamento delle deformità cifo-scoliotiche, i potenziali sono ampiamente accettati nel trattamento di patologie traumatiche, neoplastiche ed infettive. Il trattamento delle suddette patologie può richiedere tempi chirurgici multipli (posteriore, anteriore e combinato) che espone il midollo a numerosi insulti di varia natura [15,16].

Nella *chirurgia lombare* l'utilizzo dei potenziali è ancora più dibattuto. Le indicazioni che raccolgono maggiori consensi sono rappresentate dalle osteotomie aggressive come la osteotomia di sottrazione peduncolare e il trattamento chirurgico delle spondilolistesi di alto grado [17,18].

Nella chirurgia degenerativa lombare i detrattori dell'uso dei potenziali e della stimolazione delle viti peduncolare se da un lato riconoscono l'elevata sensibilità della EMG nella stimolazione delle viti, dall'altro lamentano la bassa specificità della metodica con un elevato numero di falsi positivi [19].

Altro aspetto importante da valutare e considerarsi è la risposta a un'alterazione dei potenziali. Anche qui non vi sono linee guida a cui riferirsi con certezza. La Letteratura sottolinea come sia utile ed importante avere una check-list a cui riferirsi in caso di alterazioni dei potenziali. Sfortunatamente l'unico esempio della suddetta check-list in Letteratura è quella emersa dalla consensus di Vitale et Al. Nel 2014 [20] che si riferisce al trattamento delle deformità pediatriche e dell'adulto in colonne stabili.

Infine un ultimo punto rilevante è la responsabilità della interpretazione dei dati neurofisiologici che vengono registrati e delle eventuali manovre di aggiustamento che possano essere fatte sulla base del rilievo di anomalie della funzionalità midollare.

Il personale che effettua i rilievi neurofisiologici (tecnico) deve avere una esperienza e una qualificazione adatta e rilevante.

Per quanto riguarda l'interpretazione, l'Associazione Medica Americana (2008) asserisce che "la supervisione la interpretazione del monitoraggio neurofisiologico intra-operatorio costituisce pratica della medicina". Da qui si evince come la responsabilità della lettura e dell'interpretazione dei dati sia una responsabilità medica [21]. In particolare la responsabilità è del primo operatore, che si assume la responsabilità del Monitoraggio Neurofisiologico Intraoperatorio, quale persona "con accertata conoscenza ed esperienza nel campo della neurofisiologia clinica" applicata all'ambito della chirurgia ortopedica.

## Protocollo clinico: Potenziali evocati intra-operatori

In conclusione dalla revisione della letteratura appare chiaro che:

- Il monitoraggio neurofisiologico più affidabile è quello multimodale;
- Non vi è alcuna evidenza che obblighi il chirurgo vertebrale ad utilizzare i potenziali in qualsivoglia situazione ed in particolare non vi è alcuna linea guida basata sulla evidence based medicine sull'argomento;
- Nonostante queste mancanze l'utilizzo dei potenziali è fortemente raccomandato dalla principali società scientifiche (in particolare la Scoliosis Research Society) nella chirurgia delle deformità.
- Analogamente una raccomandazione all'utilizzo sembra osservarsi nella chirurgia delle patologia infettive e neoplastiche, nella correzione delle spondilolistesi e nelle osteotomie aggressive tricolonnari di qualsiasi tratto della colonna;
- Più dibattuto il ruolo nella chirurgia degenerativa lombare e nelle radicolopatie cervicali senza mielopatia;
- L'onere dell'interpretazione dei risultati dei potenziali è atto medico.

Vista l'elevata potenzialità diagnostica nell'evidenziare danni mieloradicolari intraoperatori e sulla base di circa 600/anno interventi già eseguiti fino ad oggi in Istituto, si ritiene che i potenziali siano utili in tutti gli interventi chirurgici sul rachide ad esclusione di vertebroplastiche in anestesia locale o a discrezione del chirurgo. Questo perché l'uso dei potenziali riduce in maniera significativa o è addirittura in grado di annullare l'entità di un eventuale danno neurologico post-chirurgico.

### **L'esperienza dell'Istituto Ortopedico Rizzoli**

Al di là di ciò che si ritrova in Letteratura si segnala infine come, in base alla nostra esperienza su circa 1500 interventi eseguiti negli ultimi 3 anni in Istituto, si possa ritenere che i potenziali siano utili in tutti gli interventi chirurgici sul rachide ad esclusione di vertebroplastiche in anestesia locale o a discrezione del chirurgo. E' doveroso sottolineare, sempre in base alla nostra esperienza, che i vari falsi positivi o negativi che si possono registrare (come può avvenire in una qualsiasi altra indagine strumentale) sono di numero sensibilmente inferiore rispetto alle registrazioni di variazioni dei tracciati che, dopo opportune manovre da parte del chirurgo o dell'equipe (riposizionamento della vite peduncolare, rimozione della barra, cambio di posizione sul letto operatorio del paziente...) vedono una loro riduzione o risoluzione [22,23].

## **4. MATRICE ATTIVITÀ - RESPONSABILITÀ**

<b>RESPONSABILITÀ</b> <b>ATTIVITÀ</b>	<b>Chirurgo ortopedico primo operatore</b>	<b>Tecnico neurofisiopatologia</b>	<b>Anestesista</b>
Valutare la necessità dell'utilizzo del monitoraggio con potenziali evocati intra-operatorio	R		
Pianificare tale necessità nella programmazione della nota operatoria settimanale in Digistat e mediante mail	R		
Eseguire il monitoraggio intraoperatorio neurofisiologico sotto il profilo tecnico		R	
Comunicare in modo chiaro e costante con l'equipe chirurgica con l'obiettivo di segnalare ogni tipo di variazione dei segnali registrati		R	
Leggere ed interpretare il monitoraggio intraoperatorio neurofisiologico	R	C	C
Compilare la scheda di monitoraggio neurofisiologico intraoperatorio		R	
Prendere visione della scheda di monitoraggio e conservare in cartella clinica	R		C

R=Responsabile; C=Coinvolto; R\*=in collaborazione



## **5. DESCRIZIONE**

### **Livelli di responsabilità ed organizzazione**

#### **Normativa**

Il tecnico di neurofisiopatologia, ai sensi del D.M. 183/95, deve svolgere la propria attività nell'ambito della diagnosi delle patologie del sistema nervoso, applicando direttamente, su prescrizione medica, le metodiche diagnostiche specifiche (elettroencefalografia, elettroencefalografia, poligrafia, potenziali evocati, ultrasuoni).

Ai sensi della Legge n. 24/17 (Gelli/Bianco), gli esercenti le professioni sanitarie, nell'esecuzione delle prestazioni sanitarie si devono attenere, salve le specificità del caso concreto, alle raccomandazioni previste dalle linee guida pubblicate ai sensi di Legge o, in mancanza di queste, alle buone pratiche clinico-assistenziali ai fini di una riduzione del rischio connesso all'erogazione della prestazione stessa.

La sicurezza delle cure si deve realizzare anche mediante l'insieme di tutte le attività finalizzate alla prevenzione e alla gestione del rischio connesso all'erogazione di prestazioni sanitarie con l'utilizzo appropriato delle risorse strutturali, tecnologiche e organizzative.

In sintesi l'attività proposta rientra, in generale, tra le prestazioni sanitarie così come individuate dalla Legge al capoverso di cui poco sopra, tuttavia l'attività proposta deve essere soggetta, in ogni caso, al potere discrezionale e all'indipendenza del Chirurgo operatore che solo può individuare l'opportunità o meno dell'utilizzo di tale metodica, sentendo il medico anestesista, nell'ambito di una valutazione d'equipe, in relazione alle esigenze di ogni singolo caso concreto.

### **Programmazione e attivazione dell'uso dei potenziali**

Stante quanto sopra riportato, è responsabilità del chirurgo la decisione in merito alla necessità dell'utilizzo del monitoraggio con potenziali evocati intra-operatorio. Tale valutazione viene fatta durante la valutazione pre-operatoria. È dunque compito del chirurgo pianificare tale necessità nella programmazione della nota operatoria settimanale in Digistat.

L'attivazione del monitoraggio con potenziali evocati in caso di attività ordinaria, viene effettuata mediante email alla casella di posta elettronica: [neuro.sala@ior.it](mailto:neuro.sala@ior.it).

La pianificazione deve essere effettuata con congruo anticipo al fine di gestire in modo adeguato sia le risorse umane che tecnologiche ed evitare le sovrapposizioni.

## Modalità tecniche di esecuzione e documentazione del monitoraggio

Il tecnico di neurofisiopatologia in sala operatoria deve:

- pianificare il monitoraggio in accordi con il primo operatore ed in base alla complessità dell'intervento
- comunicare con l'anestesista per preparazione paziente e svolgimento del monitoraggio
- definire le modalità operative di montaggio
- conoscere lo stato neurologico pre-operatorio paziente

Procede poi con l'esecuzione attraverso:

- Sistemazione macchinario e dispositivi che verranno collocati in una zona sicura lontano da urti, schizzi, liquidi che permetta un'agevole collegamento degli elettrodi ai sensori ed una facile accessibilità durante l'intervento.
- Montaggio elettrodi: avviene in sala induzione con paziente anestetizzato previa disinfezione cute attraverso posizionamento aghi ipodermici nei muscoli, elettrodi corkscrew sul cranio, elettrodi di superficie ed eventuale elettrodo laringeo. Verranno consegnati sterili durante l'intervento, quando necessari, elettrodo epidurale, probe monopolare e probe bipolare.
- La registrazione segnali basali avviene dopo il posizionamento del paziente sul letto operatorio.
- L'esecuzione del monitoraggio avviene con la registrazione delle tecniche accordate in fase di pianificazione e con possibilità di registrare PESS, PEM da stimolazione elettrica transcranica, EMG "free run", EMG triggered per stimolazione viti peduncolari e per stimolazione radicolare, EEG e Onda D.
- E' indispensabile una comunicazione chiara e costante con l'equipe chirurgica con l'obiettivo di segnalare ogni tipo di variazione dei segnali registrati.
- Smontaggio elettrodi paziente e smaltimento materiale.
- Durante tutta la fase di intervento viene predisposta la *scheda di monitoraggio neurofisiologico intraoperatorio* contenente l'elenco delle tecniche utilizzate ed una nota tecnico-descrittiva la quale segnerà le seguenti variazioni:
  - Riduzione di ampiezza maggiore del 50% e/o aumento di latenza del 10% delle componenti corticali dei potenziali evocati somatosensoriali;
  - Riduzione di ampiezza del 50% e/o perdita di polifasicità dei potenziali evocati motori;
  - Incremento di ampiezza superiore al 100% del potenziale evocato motorio;
  - Presenza di attività anomala al controllo con stimolatore peduncolare (con riferimento alla Tabella di Renoir et al., 2007).
  - Tale scheda di monitoraggio viene tempestivamente resa disponibile a chirurgo ed anestesista, i quali vi apporranno una firma per presa visione, al fine di tenerlo in considerazione nella stesura del verbale operatorio e quindi verrà conservata in Cartella Clinica.

## 6. ALLEGATI

Allegato N°	Titolo dell'Allegato
1	Format della scheda di monitoraggio neurofisiologico intraoperatorio



## 7. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

1. Vauzelle C, Stagnara P, Jouvinroux P. Functional monitoring of spinal cord activity during spinal surgery. *Clin Orthop Relat Res*. 1973 Jun;(93):173-8. doi: 10.1097/00003086-197306000-00017. PMID: 4146655.
2. Ginsburg HH, Shetter AG, Raudzens PA. Postoperative paraplegia with preserved intraoperative somatosensory evoked potentials. Case report. *J Neurosurg*. 1985 Aug;63(2):296-300. doi: 10.3171/jns.1985.63.2.0296. PMID: 4020453.
3. Schwartz DM, Auerbach JD, Dormans JP, Flynn J, Drummond DS, Bowe JA, Laufer S, Shah SA, Bowen JR, Pizzutillo PD, Jones KJ, Drummond DS. Neurophysiological detection of impending spinal cord injury during scoliosis surgery. *J Bone Joint Surg Am*. 2007 Nov;89(11):2440-9. doi: 10.2106/JBJS.F.01476. PMID: 17974887.
4. DiCindio S, Theroux M, Shah S, Miller F, Dabney K, Brislin RP, Schwartz D. Multimodality monitoring of transcranial electric motor and somatosensory-evoked potentials during surgical correction of spinal deformity in patients with cerebral palsy and other neuromuscular disorders. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003 Aug 15;28(16):1851-5; discussion 1855-6. doi: 10.1097/01.BRS.0000083202.62956.A8. PMID: 12923474.
5. Langeloo DD, Journée HL, Polak B, de Kleuver M. A new application of TCE-MEP: spinal cord monitoring in patients with severe neuromuscular weakness undergoing corrective spine surgery. *J Spinal Disord*. 2001 Oct;14(5):445-8. doi: 10.1097/00002517-200110000-00012. PMID: 11586146.
6. Laratta JL, Ha A, Shillingford JN, Makhni MC, Lombardi JM, Thuet E, Lehman RA, Lenke LG. Neuromonitoring in Spinal Deformity Surgery: A Multimodality Approach. *Global Spine J*. 2018 Feb;8(1):68-77. doi: 10.1177/2192568217706970. Epub 2017 May 31. PMID: 29456917; PMCID: PMC5810893.
7. Lall RR, Lall RR, Hauptman JS, Munoz C, Cybulski GR, Koski T, Ganju A, Fessler RG, Smith ZA. Intraoperative neurophysiological monitoring in spine surgery: indications, efficacy, and role of the preoperative checklist. *Neurosurg Focus*. 2012 Nov;33(5):E10. doi: 10.3171/2012.9.FOCUS12235. PMID: 23116090
8. Biscevic M, Sehic A, Krupic F. Intraoperative neuromonitoring in spine deformity surgery: modalities, advantages, limitations, medicolegal issues - surgeons' views. *EFORT Open Rev*. 2020 Jan 29;5(1):9-16. doi: 10.1302/2058-5241.5.180032. PMID: 32071769; PMCID: PMC7017597.
9. Halsey MF, Myung KS, Ghag A, Vitale MG, Newton PO, de Kleuver M. Neurophysiological monitoring of spinal cord function during spinal deformity surgery: 2020 SRS neuromonitoring information statement. *Spine Deform*. 2020 Aug;8(4):591-596. doi: 10.1007/s43390-020-00140-2. Epub 2020 May 25. PMID: 32451978
10. Daniel JW, Botelho RV, Milano JB, Dantas FR, Onishi FJ, Neto ER, Bertolini EF, Borgheresi MAD, Joaquim AF. Intraoperative Neurophysiological Monitoring in Spine Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2018 Aug;43(16):1154-1160. doi: 10.1097/BRS.0000000000002575. PMID: 30063222.
11. May DM, Jones SJ, Crockard HA: Somatosensory evoked potential monitoring in cervical surgery: Identification of pre- and intraoperative risk factors associated with neurological deterioration. *J Neurosurg* 1996;85:566-573.
12. Sakaura H, Hosono N, Mukai Y, Ishii T, Yoshikawa H: C5 palsy after decompression surgery for cervical myelopathy. *Spine* 2003;28:2447-2451.
13. Taunt CJ, Sidhu KS, Andrew SA: Somatosensory evoked potential monitoring during anterior cervical discectomy and fusion. *Spine* 2005;30:1970-1972.
14. Bose B, Sestokas AK, Schwartz DM: Neurophysiological monitoring of spinal cord function during instrumented anterior cervical fusion. *Spine J* 2004;4:202-207.
15. Bridwell KH, Lenke LG, Baldus C, Blanke K: Major intraoperative neurologic deficits in pediatric and adult spinal deformity patients: Incidence and etiology at one institution. *Spine* 1998;23:324-331.
16. Lebowitz NH, Calancie B: Perioperative neurologic deficit: Surgical practices and intraoperative monitoring, in Holt RT (ed): *Spine: State of the Art Reviews: Management of Spinal Deformities*. Philadelphia, PA: Hanley & Belfus, 1992, pp 403-428.
17. Lieberman JA, Lyon R, Jasiukaitis P, Berven SH, Burch S, Feiner J. The reliability of motor evoked potentials to predict dorsiflexion injuries during lumbosacral deformity surgery: importance of multiple myotomal monitoring. *Spine J*. 2019 Mar;19(3):377-385. doi: 10.1016/j.spinee.2018.07.006. Epub 2018 Jul 17. PMID: 30025994.
18. Lau D, Dalle Ore CL, Reid P, Safaee MM, Deviren V, Smith JS, Shaffrey CI, Ames CP. Utility of neuromonitoring during lumbar pedicle subtraction osteotomy for adult spinal deformity. *J Neurosurg Spine*. 2019 May 31;31(3):397-407. doi: 10.3171/2019.3.SPINE181409.
19. Resnick DK, Choudhri TF, Dailey AT, Groff MW, Khoo L, Matz PG, Mummaneni P, Watters WC 3rd, Wang J, Walters BC, Hadley MN; American Association of Neurological Surgeons/Congress of Neurological Surgeons. Guidelines for the performance of fusion procedures for degenerative disease of the lumbar spine. Part 15: electrophysiological monitoring and lumbar fusion. *J Neurosurg Spine*. 2005 Jun;2(6):725-32. doi: 10.3171/spi.2005.2.6.0725. PMID: 16028743.
20. Vitale MG, Skaggs DL, Pace GI, Wright ML, Matsumoto H, Anderson RC, Brockmeyer DL, Dormans JP, Emans JB, Erickson MA, Flynn JM, Glotzbecker MP, Ibrahim KN, Lewis SJ, Luhmann SJ, Mendiratta A, Richards BS 3rd, Sanders JO, Shah SA, Smith JT, Song KM, Sponseller PD, Sucato DJ, Royce DP, Lenke LG. Best Practices in Intraoperative Neuromonitoring in Spine Deformity Surgery: Development of an Intraoperative Checklist to Optimize Response. *Spine Deform*. 2014 Sep;2(5):333-339. doi: 10.1016/j.jspd.2014.05.003. Epub 2014 Aug 27. PMID: 27927330.
21. MacDonald DB, Dong C, Quatralo R, Sala F, Skinner S, Soto F, Szélenyi A. Recommendations of the International Society of Intraoperative Neurophysiology for intraoperative somatosensory evoked potentials. *Clin Neurophysiol*. 2019 Jan;130(1):161-179. doi: 10.1016/j.clinph.2018.10.008. Epub 2018 Nov 14. PMID: 30470625.
22. Marc R Nuwer Lara M Schrader Handb. Spinal cord monitoring. *Clin Neurol* 2019;160:329-344.
23. F Pastorelli, M Di Silvestre, R Plasmatti, R Michelucci, T Greggi, A Morigi, M R Bacchin, S Bonarelli, A Cioni, F Vommaro, N Fini, F Lolli, P Parisini. The prevention of neural complications in the surgical treatment of scoliosis: the role of the neurophysiological intraoperative monitoring. *Eur Spine J* 2011 May;20 Suppl 1(Suppl 1):S105-14



## SCHEDA DI MONITORAGGIO NEUROFISIOLOGICO INTRAOPERATORIO

Rev 0 del 19/04/2021

**Paziente:**

COGNOME: \_\_\_\_\_ NOME: \_\_\_\_\_

CED

Unità Operativa: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_ / \_\_ / \_\_

TIPO DI INTERVENTO: \_\_\_\_\_

CHIRURGO PRIMO OPERATORE: dott./prof. \_\_\_\_\_

TNFP: dott.ssa \_\_\_\_\_

### TECNICA DI MONITORAGGIO:

TcMEP - SSEP - EMG free-run – EEG- EMG Triggered- Studio dell'onda D

### DESCRIZIONE DEL MONITORAGGIO:

Sono stati acquisiti i seguenti segnali:

#### Potenziali evocati cortico-motori (TcMEP):

---

---

---

#### Potenziali evocati somatosensoriali (SSEP):

---

---

---

#### Elettromiografia free-run (fEMG):

---

---

---

#### Elettroencefalogramma (EEG):

---

---

---



## SCHEDA DI MONITORAGGIO NEUROFISIOLOGICO INTRAOPERATORIO

Rev 0 del 19/04/2021

### Elettromiografia triggered (tEMG):

---

---

---

### Studio dell'onda D:

---

---

---

### NOTE:

---

---

---

---

---

DATA: \_\_ / \_\_ / \_\_

FIRMA TNFP

---

FIRMA PER PRESA VISIONE ANESTESISTA

---

FIRMA PER PRESA VISIONE PRIMO OPERATORE

---