



**Le competenze esclusive del  
Tecnico di neurofisiopatologia  
nel monitoraggio  
neurofisiologico intraoperatorio**

### **Gruppo di lavoro**

Documento redatto a cura della Commissione di albo nazionale della professione di Tecnico neurofisiopatologia: Presidente Lidia Broglia, Vicepresidente Antonio Fania, Segretario Stefano Firinu, Componenti Alessia Da Ros, Francesco Famà, Rossella Ieracitano, Angelantonio Rocco Mastrillo, Laura Tadini.

Con il supporto del gruppo AGML e il parere e la revisione del prof. Daniele Rodriguez.

Il coordinamento redazionale a cura della sezione Aspetti giuridici e medico-legali.

## SOMMARIO

<b>Premessa</b>	<b>4</b>
<b>Obiettivi</b>	<b>4</b>
<b>Riferimenti normativi per la competenza esclusiva</b>	<b>4</b>
<b>Inquadramento normativo del TNFP</b>	<b>5</b>
a) Profilo professionale: DM 183/1995 .....	5
b) Ordinamento didattico e offerta formativa del corso di laurea TNFP classe L/SNT3 e dei corsi post laurea .....	5
c) Il codice deontologico del TNFP, artt. 4 e 5 .....	6
d) Legge 24/2017, art. 5 .....	7
e) DM 13 marzo 2018, artt. 1, 2 .....	7
f) Settori scientifico disciplinari (SSD) caratterizzanti .....	7
g) La Costituzione etica della FNO TSRM e PSTRP .....	8
<b>Regolamentazione e disciplina estera</b>	<b>8</b>
<b>Competenze in neurofisiologia intraoperatoria o neuromonitoraggio (IONM) del TNFP (T-IONM) nelle aree chirurgiche e nei distretti anatomici</b>	<b>8</b>
a) Standard di competenza del professionista sanitario qualificato TNFP in IONM (T-IONM) .....	9
b) Area neurochirurgica, maxillofaciale e otorinolaringoiatrica - Distretto cranio-spinale e testa-collo .....	13
c) Area ortopedica e oncologica - Distretto spinale (vertebrologia, traumatologia) e oncologico toraco-addominale-pelvico .....	13
d) Area cardiovascolare - Distretto vascolare cranico, toracico e periferico .....	13
e) Area funzionale - Distretto cranio-spinale .....	14
<b>Il TNFP in ambiente chirurgico e la gestione del rischio</b>	<b>14</b>
<b>Conclusioni</b>	<b>15</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>16</b>

## Premessa

Il presente documento, definendo in maniera più precisa il campo di attività del professionista sanitario Tecnico di neurofisiopatologia (TNFP) e le responsabilità ad essa connesse, individua la sua competenza esclusiva nei monitoraggi neurofisiologici intraoperatori. La Commissione di albo nazionale del TNFP in collaborazione con l'Associazione tecnico scientifica dei tecnici di neurofisiopatologia (AITN), con il presente documento di posizionamento, interviene chiarendo e definendo la sopracitata competenza esclusiva del TNFP, sostenuta e guidata dalle normative vigenti e dal percorso formativo specifico in ambito neurofisiologico, che consiste in un insieme di metodiche volte a verificare l'integrità/funzionalità del sistema nervoso.

## Obiettivi

- descrivere il quadro completo delle competenze e dell'iter formativo relativi alla figura professionale del TNFP, secondo la normativa vigente;
- descrivere, nell'ambito dei monitoraggi neurofisiologici intraoperatori, la competenza esclusiva del TNFP, al fine di prevenire forme di esercizio abusivo da parte sia di professionisti sanitari diversi dal TNFP che di personale non sanitario.

## Riferimenti normativi per la competenza esclusiva

L'evoluzione normativa che negli ultimi 30 anni è intervenuta a trasformare il mondo della salute e del professionismo sanitario, a decorrere dalle modificazioni introdotte dal [DLgs 502/1992](#), ha trovato compimento con l'istituzione degli Ordini e degli albi delle professioni sanitarie di cui alla [legge 3/2018](#).

Nel tempo, i professionisti sanitari hanno visto riconosciute le loro autonomia e responsabilità. Dal 1994, con l'istituzione dei profili professionali, ciascuna figura professionale è definita dallo specifico ambito e dalle rispettive competenze.

Il profilo professionale del TNFP è disciplinato dal [DM 183/1995](#) e nello specifico, l'art 1 al comma 1, declina:

*“1. È individuata la figura del Tecnico di neurofisiopatologia con il seguente profilo: il tecnico di neurofisiopatologia è l'operatore sanitario che, in possesso del diploma universitario abilitante, svolge la propria attività nell'ambito della diagnosi delle patologie del sistema nervoso, applicando direttamente, su prescrizione medica, le metodiche diagnostiche specifiche in campo neurologico e neurochirurgico (elettroencefalografia, elettroencefalografia, poligrafia, potenziali evocati, ultrasuoni)”*.

Con le successive [legge 42/1999](#) e [legge 251/2000](#), intervenute a regolare ulteriormente i rapporti tra le professioni sanitarie, viene rimarcato il campo proprio di attività e di responsabilità, definito, oltre che dai rispettivi profili professionali, anche dagli ordinamenti didattici dei rispettivi corsi di laurea universitari e di formazione post-base, e dal codice deontologico di ciascuna figura professionale.

A completamento del disegno normativo interviene la [legge 3/2018](#) che attribuisce agli Ordini e agli albi la funzione di promuovere e assicurare l'autonomia e la responsabilità delle professioni e dell'esercizio professionale, nonché la qualità tecnico-professionale, la valorizzazione della funzione sociale, la salvaguardia dei diritti umani e dei principi etici. Le professioni sanitarie così regolamentate e protette dall'ordinamento, partecipano fattivamente al raggiungimento degli obiettivi fissati dalla [legge 24/2017](#) in materia di sicurezza e qualità delle cure, e quindi di responsabilità sanitaria.

## **Inquadramento normativo del TNFP**

### **a) Profilo professionale: DM 183/1995**

Il profilo professionale del TNFP, vista la nota in data 14 marzo 1995 con cui lo schema di regolamento è stato trasmesso, ai sensi dell'art. 17, comma 3, della [legge 400/1988](#), al Presidente del Consiglio dei Ministri, individua il TNFP come l'operatore sanitario che, in possesso del diploma universitario abilitante, svolge la propria attività nell'ambito della diagnosi delle patologie del sistema nervoso, applicando direttamente, su prescrizione medica, le metodiche diagnostiche specifiche in campo neurologico e neurochirurgico (elettroencefalografia, elettroencefalografia, poligrafia, potenziali evocati, ultrasuoni); e, all'art. 2, specifica che il TNFP:

- 1) applica le metodiche più idonee per la registrazione dei fenomeni bioelettrici, con diretto intervento sulla persona assistita e sulle apparecchiature ai fini della realizzazione di un programma di lavoro diagnostico-strumentale o di ricerca neurofisiologica predisposto in stretta collaborazione con il medico specialista;
- 2) gestisce compiutamente il lavoro di raccolta e di ottimizzazione delle varie metodiche diagnostiche, sulle quali, su richiesta deve redigere un rapporto descrittivo sotto l'aspetto tecnico;
- 3) ha dirette responsabilità nell'applicazione e nel risultato finale della metodica diagnostica utilizzata;
- 4) impiega metodiche diagnostico-strumentali per l'accertamento dell'attività elettrocerebrale ai fini clinici e/o legali;
- 5) provvede alla predisposizione e controllo della strumentazione delle apparecchiature in dotazione;
- 6) esercita la sua attività in strutture sanitarie pubbliche e private, in regime di dipendenza o libero professionale.

### **b) Ordinamento didattico e offerta formativa del corso di laurea TNFP classe L/SNT3 e dei corsi post laurea**

Sul territorio nazionale l'offerta formativa relativa al monitoraggio neurofisiologico intraoperatorio durante il triennio della laurea in tecniche di neurofisiopatologia è così composta:

- 1) didattica frontale: insegnamento specifico sul monitoraggio intraoperatorio in più del 50% delle Università durante l'intero percorso triennale;
- 2) tirocinio formativo professionalizzante: pratica diretta durante il periodo formativo sul campo, svolta nei diversi poli universitari ospedalieri;
- 3) attività formative elettive: corsi elettivi obbligatori previsti dal piano di studi ad indirizzo specifico in monitoraggio intraoperatorio;
- 4) seminari ad indirizzo specifico in monitoraggio intraoperatorio.

L'offerta formativa universitaria, successiva alla laurea triennale, è presente con master professionalizzanti che hanno come obiettivo la crescita delle competenze e lo sviluppo di nuove conoscenze del TNFP che svolge la sua attività all'interno delle sale operatorie. In modo specifico vengono affrontate le diverse tematiche professionalizzanti al fine di conferire al professionista una maggiore autonomia professionale e un più elevato grado di responsabilità, necessari per svolgere la propria attività all'interno di un contesto multidisciplinare e specialistico.

Nello specifico, a titolo esemplificativo e non esaustivo, sono attivati questi corsi:

- master professionalizzante di I livello in Neurofisiologia intraoperatoria attivato presso l'Università degli Studi di Milano con 45 CFU di didattica frontale. Prevede insegnamenti di carattere specifico per tutte le diverse tipologie di monitoraggio intraoperatorio specifico nei diversi ambiti chirurgici:
  - Neurochirurgia;
  - Neurochirurgia pediatrica;
  - Neurochirurgia funzionale;
  - Chirurgia vascolare;
  - Chirurgia ortopedica;
  - Chirurgia otorinolaringoiatrica;
  - Chirurgia maxillo-facciale;
  - 10 CFU di tirocinio formativo.
- master professionalizzante di I livello in monitoraggio neurofisiologico in chirurgia cranica e Spinale attivato presso l'Università degli studi della Campania. 6 CFU di didattica frontale dell'applicazione del monitoraggio intraoperatorio nei diversi ambiti chirurgici:
  - Chirurgia spinale;
  - Chirurgia funzionale;
  - Chirurgia del sistema nervoso periferico e del pavimento pelvico;
  - Chirurgia cranio-spinale nella persona pediatrica;
  - 30 CFU di didattica interattiva;
  - 24 CFU di tirocinio formativo.

I corsi di aggiornamento accreditati ECM e le certificazioni post laurea, sono organizzati dalle diverse società scientifiche di riferimento sul territorio nazionale e spesso sono rivolti sia al personale tecnico che medico-chirurgico. All'interno del programma scientifico viene inserita talvolta una sessione pratica e di discussione di casi clinici. I corsi di aggiornamento accreditati presenti sul territorio nazionale sono sempre più diffusi in risposta all'aumentata richiesta di TNFP per l'impiego nel monitoraggio intraoperatorio, nei diversi ambiti chirurgici. L'alta specificità impone che l'offerta dei corsi formativi accreditati si differenzi anch'essa a seconda dell'ambito chirurgico che si vuole affrontare all'interno di un determinato evento.

### **c) Il codice deontologico del TNFP, artt. 4 e 5**

Il [codice deontologico del TNFP](#), agli artt. 4 e 5, specifica che il Tecnico di neurofisiopatologia *“salvaguarda la propria autonomia nella scelta dei metodi, delle tecniche da utilizzare per la sua attività, ed è perciò responsabile della loro applicazione ed uso, dei risultati, delle valutazioni ed interpretazioni che se ne ricavano. Nella collaborazione con professionisti di altre discipline esercita la piena autonomia professionale nel rispetto delle altrui competenze”*, e *“non accetta condizioni di lavoro che compromettano la sua autonomia professionale ed il rispetto delle norme”* del codice deontologico.

**d) Legge 24/2017, art. 5**

L'art 5 della [legge 24/2017](#), che interviene nell'assegnare alle Associazioni tecnico scientifiche un ruolo fondamentale nell'ambito delle raccomandazioni, buone pratiche, recita:

*“gli esercenti le professioni sanitarie, nell'esecuzione delle prestazioni sanitarie con finalità preventive, diagnostiche, terapeutiche, palliative, riabilitative e di medicina legale, si attengono, salve le specificità del caso concreto, alle raccomandazioni previste dalle linee guida pubblicate ai sensi del comma 3 ed elaborate da enti e istituzioni pubblici e privati nonché dalle società scientifiche e dalle associazioni tecnico-scientifiche delle professioni sanitarie iscritte in apposito elenco istituito e regolamentato con decreto del Ministro della salute, da emanare entro novanta giorni dalla data di entrata in vigore della presente legge, e da aggiornare con cadenza biennale. In mancanza delle suddette raccomandazioni, gli esercenti le professioni sanitarie si attengono alle buone pratiche clinico-assistenziali”.*

**e) DM 13 marzo 2018, artt. 1, 2**

Il [DM 13 marzo 2018](#) agli artt. 1 e 2 istituisce gli albi delle professioni sanitarie tecniche, della riabilitazione e della prevenzione presso gli Ordini dei tecnici sanitari di radiologia medica e delle professioni sanitarie tecniche, della riabilitazione e della prevenzione e al punto “f” (art. 1, comma 1) identifica l'albo della professione sanitaria di TNFP.

**f) Settori scientifico disciplinari (SSD) caratterizzanti**

Il [DM 19 febbraio 2009](#) “*Determinazione delle classi dei corsi di laurea per le professioni sanitarie*”, prevede 113 CFU caratterizzanti suddivisi in tre classi:

15 CFU sono assegnati ai SSD di riferimento al profilo professionale e vanno a costituire gli insegnamenti propedeutici alla disciplina del monitoraggio neurofisiologico:

- BIO/16 Anatomia umana;
- MED/08 Anatomia patologica;
- BIO/14 Fisiologia umana;
- BIO/17 Istologia;
- BIO/09 Biochimica;
- BIO/10 Farmacologia;
- MED/03 Genetica medica;
- MED/36 Fisica applicata;
- MED/16 Malattie dell'apparato locomotore;
- INF/01 Informatica.

38 CFU sono assegnati agli insegnamenti specifici di indirizzo in neurofisiologia intraoperatoria:

- ING-INF/05 Misure elettriche ed elettroniche;
- MED/26 Neurologia;
- MED/50 Scienze e tecniche applicate;
- MED/26 Neurochirurgia;

- MED/25 Anestesiologia;
- MED/39 Neuroradiologia.

60 CFU assegnati al Tirocinio formativo.

### **g) La Costituzione etica della FNO TSRM e PSTRP**

[La Costituzione etica della FNO TSRM e PSTRP](#) pubblicata nel 2021, rappresenta la carta valoriale in cui anche il TNFP si riconosce non solo per quel che fa, ma soprattutto per quel che è, e che pone come base nel suo agire professionale. Gli articoli in essa contenuti sono gli indicatori fondanti per comportamenti virtuosi, frutto di valutazioni e di scelte coerenti coi valori che essa ci consegna, capaci di nobilitare le relazioni tra le persone, tra professionista sanitario e la persona assistita e tra professionisti sanitari.

## **Regolamentazione e disciplina estera**

La pratica clinica del monitoraggio neurofisiologico intraoperatorio richiede, molto spesso, un grado di competenze acquisite nel percorso formativo di base e un continuo perfezionamento delle stesse durante gli anni di carriera lavorativa. Nella maggior parte degli stati europei (ad esempio Italia, Portogallo, Olanda) esistono percorsi universitari con un numero variabile di insegnamenti specifici sulle attività intraoperatorie che rendono autonomo il TNFP per l'attività svolta in sala operatoria.

In Svizzera non vi è un corso di laurea specifico e le diverse cliniche sul suo territorio attingono ai laureati delle nazioni limitrofe, tra cui l'Italia, richiedendo talvolta solo esami integrativi di lingua.

In Gran Bretagna la figura del TNFP viene importata, in quanto non esiste un corso universitario sovrapponibile e viene redatto, attraverso la British Society for Clinical Neurophysiology (BSCN), una *clinical governance* all'interno della quale compare la figura del *Clinical neurophysiological technologist*.

Le normative più vecchie riguardo il lavoro del TNFP in sala operatoria risalgono al Nord America dove oltre i corsi di formazione universitaria e para-universitaria esistono corsi di specializzazione e aggiornamento promossi dalle autorità scientifiche tra cui l'American Society of Neurophysiological Monitoring (ASNM, dal 1989) e la società di certificazione Neurodiagnostic credentialing and accreditation ABRET (da oltre cinquant'anni) negli Stati Uniti d'America, e la Canadian Association of Neurophysiological Monitoring (CANM, dal 2007) nel Canada.

In ultimo, a livello internazionale esistono società storiche che si occupano dello sviluppo culturale del monitoraggio intraoperatorio: l'Organisation of Societies for Electrophysiological Technology (OSET, dal 1977) e l'International Society of Intraoperative Neurophysiology (ISIN, dal 2005).

## **Competenze in neurofisiologia intraoperatoria o neuromonitoraggio (IONM) del TNFP (T-IONM) nelle aree chirurgiche e nei distretti anatomici**

Il monitoraggio neurofisiologico intraoperatorio (IONM), chiamato anche neuromonitoraggio, è utilizzato per ridurre gli esiti neurologici avversi postoperatori e identificare alterazioni bioelettriche in corso di intervento chirurgico. Vengono utilizzate tecniche di neurofisiologia conosciute e sviluppatesi fin dagli anni '30. Queste tecniche si sono ampiamente diffuse all'interno degli scenari di chirurgia dagli anni '80. Nel corso degli anni si sono diffuse tecniche di *monitoring* [monitoraggio (valutazione continua delle vie nervose)] e di *mapping* [mappaggio (identificazione funzionalità stimolo-correlata limitata al tempo di esposizione dello stimolo)]. I Medici formati, nella figura del supervisore



responsabile (SP-IONM), hanno il compito di interpretare il risultato clinico delle informazioni provenienti dall'IONM ed il TNFP (T-IONM), con opportuna formazione professionale, ha compiti esclusivi su tutte le metodiche di neurofisiologia applicate sia in ambito pediatrico che adulto. Quando il team di monitoraggio neurofisiologico identifica alterazioni nel segnale biologico acquisito, deve fornire un messaggio chiaro, tempestivo e convincente al team chirurgico e anestesiologicalo.

Il IONM descrive una varietà di procedure che sono utilizzate per monitorare l'integrità dei percorsi neurali durante interventi chirurgici. Implica la rilevazione di segnali bioelettrici prodotti dal sistema nervoso in risposta a stimoli esterni (acustici, visivi), e/o di origine elettrica per fornire informazioni circa l'integrità funzionale delle strutture esaminate. Il monitoraggio dei potenziali evocati comprende i potenziali evocati somatosensoriali (SEPs), potenziali uditivi del tronco encefalico, chiamati anche acustici (BAEPs), potenziali evocati motori (MEPs) e potenziali evocati visivi (VEPs). Anche l'elettromiografia e il mappaggio (EMG, stimulated EMG o triggered EMG) sono ampiamente utilizzati durante il monitoraggio. L'elettroencefalografia (EEG) fornisce dati utili riguardo la narcosi della persona assistita e l'analisi dei grafoelementi. L'EEG registrato direttamente dalla corteccia cerebrale, definito elettrocorticografia (ECoG), viene utilizzato per aiutare a determinare i margini di resezione negli interventi funzionali di chirurgia dell'epilessia e nella chirurgia dei tumori cerebrali.

Il SP-IONM, Medico o chirurgo, è il referente della programmazione e formulazione di un piano di cura della persona sottoposta all'IONM, finalizzata alla sicurezza e alla qualità delle cure medico-chirurgiche: la strategia medico-chirurgica viene condivisa e progettata assieme al T-IONM. Se il chirurgo e/o l'anestesista richiedono in sala operatoria, poco prima dell'inizio della chirurgia, di modificare per esigenze clinico-chirurgiche il piano IONM, il T-IONM deve essere in grado di adeguarsi in accordo con la nuova strategia operativa al fine di garantire gli obiettivi della cura prefissati dal team medico-chirurgico. Il T-IONM si identifica dunque come interlocutore multi specialistico nella sua figura di professionista sanitario qualificato nelle metodiche neurofisiologiche intraoperatorie.

Il T-IONM collabora con il SP-IONM per garantire comunicazioni in tempo reale sull'IONM da inizio procedura chirurgica al termine dell'intervento avendo la responsabilità sia nella fase di applicazione degli elettrodi di registrazione e stimolazione, sia nella fase di rimozione dei medesimi per garantire la sicurezza e l'incolumità della persona assistita e di tutto il personale che lavora su di essa. Il T-IONM ha inoltre il compito di registrare ed archiviare il IONM in appositi server o dischi rigidi per la conservazione a lungo termine, avendo cura della univoca assegnazione dell'IONM alla persona assistita, attraverso un sistema di identificazione (ID) correlato alle generalità del soggetto sottoposto a chirurgia in accordo con la normativa sulla privacy. Il T-IONM deve effettuare un intervento tempestivo di segnalazione di una modifica della forma d'onda agli altri membri del team chirurgico e anestesiologicalo alle quali segue interpretazione da parte del/dei SP-IONM. Documentare e archiviare in modo appropriato i dati IONM registrati durante gli interventi chirurgici monitorati e produrre dove richiesto campioni rappresentativi dalle sequenze di registrazione. Le risposte evocate da stimolo indotto o elettrico devono essere archiviate con commenti associati alle variazioni del segnale bioelettrico. I parametri fisiologici di registrazione e stimolazione devono essere specificati e raccolti dal T-IONM secondo linee di *good practice* delle tecniche neurofisiologiche utilizzate.

#### **a) Standard di competenza del professionista sanitario qualificato TNFP in IONM (T-IONM)**

Il settore oggetto del documento di posizionamento vede le tecniche e metodiche diagnostiche terapeutiche di spettanza nella loro parte tecnica ed esecutiva del T-IONM, in accordo con il profilo professionale, il codice deontologico e l'ordinamento didattico del corso di laurea abilitante alla professione.

I TNFP, addetti al monitoraggio neurofisiologico intraoperatorio (T-IONM) praticano, in conformità con la politica della struttura sanitaria in cui viene svolta l'attività lavorativa, con i criteri di sicurezza

disposti dai produttori delle apparecchiature elettromedicali e dei dispositivi utilizzati, e con l'accuratezza delle procedure neurofisiologiche, il monitoraggio e il mappaggio neurofisiologico delle strutture anatomico-funzionali coinvolte nella chirurgia.

Competenze del T-IONM in sala operatoria nella fase pre-chirurgica:

- conferma e realizza la procedura prefissata per l'IONM richiesto;
- predisporre la strumentazione elettromedicale e i dispositivi da utilizzare;
- verifica e rileva la storia clinica della persona assistita;
- spiega al *team* chirurgico e/o alla persona assistita le procedure neurofisiologiche;
- esamina le controindicazioni all'IONM in relazione alle procedure pianificate dal chirurgo;
- comunica le necessità anestesilogiche legate all'IONM;
- seleziona il/i montaggio/i appropriato/i per la procedura chirurgica;
- sceglie le impostazioni appropriate per l'elettromedicale in uso;
- segue le precauzioni standard per il controllo delle infezioni in base alla politica della struttura sanitaria e alle procedure adottate;
- gestisce gli elettrodi sterili da passare al personale chirurgico e pone oggetti contaminati con liquidi biologici in appositi contenitori;
- osserva le precauzioni elettriche e generali di sicurezza nel collegare la persona assistita ai dispositivi elettromedicali e garantisce l'incolumità del personale di sala operatoria per la competenza propria di supervisione delle apparecchiature neurofisiologiche;
- mantiene i dispositivi in buono stato di funzionamento e puliti in modo idoneo.

Competenze del T-IONM in sala operatoria durante monitoraggio neurofisiologico:

- conferisce con il team chirurgico su strutture a rischio, modalità di monitoraggio e mappaggio, e documenta la conversazione con il/i SP-IONM;
- conferma l'adeguatezza delle tecniche neurofisiologiche e delle modalità di registrazione;
- collabora con l'équipe di anestesiologia e con altre figure professionali, quali ad esempio Infermiere si sala operatoria, strumentista, Tecnico sanitario di radiologia medica;
- registra le risposte iniziali (baseline) prima dell'incisione e stabilisce le successive *baseline* durante le diverse fasi della procedura chirurgica, in accordo con il/i SP-IONM;
- identifica le forme d'onda dei vari segnali bioelettrici;
- comunica con il/i SP-IONM durante l'intervento e segnala qualsiasi variazione dei dati registrati;
- modifica i parametri di registrazione e stimolazione al fine di ottenere sempre le migliori risposte bioelettriche, libere da artefatti e nel minor tempo possibile, sottoscrivendo l'eventuale impossibilità di eliminare fonti artefattuali dalla sala operatoria;
- rimuove i dispositivi utilizzati dal/sulla persona assistita al termine della procedura chirurgica;
- pulisce e disinfetta in modo appropriato le apparecchiature e i cavi essendo diretto responsabile del buon funzionamento dei dispositivi;
- documenta tutte le procedure, le modalità di registrazione e stimolazione, i distretti monitorizzati, le manovre chirurgiche, il dosaggio degli anestetici ed i parametri vitali che

possono influenzare la registrazione del segnale bioelettrico;

- riporta le principali comunicazioni con i/il SP-IONM ed in particolare l'équipe chirurgica, riconoscendo e comunicando tempestivamente le alterazioni del segnale bioelettrico registrato;
- prepara la documentazione per i/il SP-IONM, secondo la politica della struttura e le procedure adottate.

Le conoscenze e le abilità che spettano al T-IONM comprendono la registrazione del segnale bioelettrico fisiologico e l'individuazione delle alterazioni fisiopatologiche durante l'intervento chirurgico.

La figura del T-IONM ha competenze su:

- effetti del danno iatrogeno e chirurgico diretto che potrebbero causare possibili alterazioni dei segnali bioelettrici;
- fattori fisiologici che possono alterare il segnale bioelettrico in corso di anestesia, come le variazioni di concentrazione di agenti volatili (MAC) o interazioni tra protossido di azoto e anestetici volatili, metodi di erogazione degli anestetici (inalazione, infusione, iniezione in bolo, totale endovenoso) o fattori fisiologici instabili come variazioni di CO<sub>2</sub>, saturazione, pressione sanguigna e alterazioni metaboliche;
- strutture anatomiche a rischio;
- strumenti chirurgici e il loro utilizzo con possibile impatto sull'anatomo-funzionalità delle strutture monitorizzate;
- utilizzo di particolari dispositivi quali collodio, acetone o altri materiali infiammabili o materiale potenzialmente a rischio biologico; utilizzo di elettrodi ad ago; utilizzo delle precauzioni di sicurezza elettrica relativi a tipi di elettrodi di registrazione e stimolazione, unità di cauterizzazione ed elettrodi di messa a terra.

Il T-IONM è una figura che integra nella formazione universitaria, post-universitaria e professionale un grado continuo e specifico di aggiornamento sulle conoscenze, abilità e professionalità nell'IONM includendo la revisione post-operatoria dei casi chirurgici, aggiornamento con articoli scientifici, partecipazione ad incontri professionali, seminari e formazione residenziale o a distanza.

Ha competenze specifiche sull'utilizzo degli elettromedicali dedicati e sulle metodiche di neurofisiologia clinica, sull'utilizzo degli stimolatori e sui tipi di elettrodi da utilizzare nella registrazione e stimolazione dei tessuti. Assicura la funzionalità di tutti i dispositivi e sceglie opportunamente le frequenze di stimolazione in modo appropriato alla persona assistita, alla metodica utilizzata e al fine chirurgico. Conosce il numero di medie per ottenere il maggior segnale bioelettrico nel minor tempo possibile. Ha le competenze per monitorare costantemente i segnali bioelettrici nei periodi critici della procedura chirurgica.

Il T-IONM possiede conoscenze e abilità in elettroencefalografia intraoperatoria (EEG): seleziona il/i montaggio/i appropriato/i per la procedura chirurgica da eseguire; seleziona le impostazioni dell'elettromedicale e apporta modifiche allo strumento come appropriato; riconosce, documenta e tenta di eliminare o ridurre gli artefatti; riconosce e documenta tutti gli eventi EEG durante il monitoraggio e spiega la rilevanza delle variazioni; allerta i/il SP-IONM e il team chirurgico.

Il T-IONM possiede conoscenze e abilità in elettromiografia *free-run*, spontanea, *triggered* ed evocata (EMG free run, Triggered EMG): conosce le tecniche anestesilogiche che procurano l'inibizione dell'attività neuromuscolare; esegue la misurazione elettromiografica degli agenti miorilassanti; seleziona i parametri di registrazione e il montaggio appropriati per ogni procedura EMG; conosce l'anatomia e la fisiologia dei muscoli ed il rischio di queste strutture associate all'intervento chirurgico;

comprende l'uso appropriato e i problemi di sicurezza relativi all'utilizzo di aghi sottocutanei o elettrodi adesivi; riconosce un'attività elettromiografica significativa e avvisa i/il SP-IONM e il team chirurgico; conosce le precauzioni di sicurezza per quanto riguarda la durata e l'intensità della stimolazione durante l'esecuzione di stimolazione diretta del tessuto.

Il T-IONM possiede conoscenze e abilità nelle metodiche dei potenziali evocati intraoperatori (EP): conosce l'uso appropriato e i problemi di sicurezza relativi all'utilizzo di aghi sottocutanei o elettrodi adesivi; mantiene un'appropriata impedenza dell'elettrodo di stimolazione e registrazione e ne assicura il corretto funzionamento; garantisce una registrazione corretta e ha competenze per ridurre gli artefatti; utilizza uno o più montaggi per assicurare una registrabilità delle risposte nei vari distretti di interesse; identifica le forme d'onda e calcola le latenze assolute, le ampiezze e/o gli intervalli tra i picchi; è in grado di utilizzare paradigmi alternativi di stimolazione o registrazione per compensare problemi tecnici complessi. Ha competenze specifiche per selezionare la base dei tempi, la sensibilità e le impostazioni della banda passante, selezionando il sito di stimolazione appropriato; sceglie i muscoli appropriati da monitorare in base all'intervento chirurgico, applicando in modo sicuro gli elettrodi di registrazione; riconosce le variazioni del segnale bioelettrico registrato, avvisa i/il SP-IONM e il team chirurgico in modo dettagliato.

Sulla base del *planning* operatorio stabilito congiuntamente dal team chirurgico, il T-IONM afferisce al blocco operatorio munito di documentazione diagnostica e raccolta anamnestica del soggetto sottoposto a chirurgia. Definisce con i/il SP-IONM e il resto dell'équipe intraoperatoria il regime anestesiológico, le principali tappe chirurgiche e collabora con il primo operatore al fine di raggiungere il *target* chirurgico. Successivamente predispone il *setup* elettromedicale:

- nomina le boccole delle testine di registrazione;
- imposta i canali dell'amplificatore inserendo il nome dell'elettrodo registrante e quello del riferimento, la banda passante ed il guadagno dell'amplificatore;
- imposta i contesti di stimolazione: associa una tipologia di stimolo ad una coppia di boccole ben definite, inserisce frequenza di stimolo, intensità di stimolo di solito in mA (o Volt), se singolo stimolo o un treno ed in tal caso la frequenza del treno e l'intervallo interstimolo (ISI). Crea infine dei pannelli con i dipoli di derivazione ed associa il contesto di stimolazione in base al tipo di pannello di acquisizione.

Il T-IONM decide, coadiuvato dal personale di sala dove è meglio posizionarsi con l'elettromedicale in conformità delle procedure di sicurezza e in armonia con le figure interdisciplinari (*team* anestesiológico, Tecnico sanitario di radiologia medica, strumentista, etc.):

- provvede alla sicurezza della persona assistita;
- provvede alla sicurezza del resto del personale di sala in rapporto alla propria strumentazione medicale;
- provvede ad una messa a terra solo se la macchina lo richiede come riferimento di sistema;
- verifica il corretto funzionamento dell'elettromedicale;
- analizza eventuali controindicazioni alla registrazione dei MEPs;
- provvede ad informare l'anestesista riguardo alla registrazione dei MEPs in relazione al piano anestesiológico;
- sceglie i vari *setup* di registrazione e stimolazione;
- provvede a fissare tutti gli elettrodi di registrazione e/o stimolazione con appositi dispositivi (es. cerotto, adesivo per incanalamento artero-venoso, etc.).

## **b) Area neurochirurgica, maxillofaciale e otorinolaringoiatrica - Distretto cranio-spinale e testa-collo**

Il T-IONM in Italia riveste un ruolo unico e fondamentale nell'esecuzione del monitoraggio neurofisiologico intraoperatorio in corso di interventi di neurochirurgia.

In tale ambito, l'utilizzo dell'IONM è indicato in tutte le procedure neurochirurgiche durante le quali venga messa a rischio l'integrità funzionale di strutture del sistema nervoso centrale (SNC) e periferico (SNP) o per un loro coinvolgimento diretto come nel caso di lesioni che riguardano le cosiddette *aree eloquenti* ovvero aree della corteccia cerebrale associate ad una determinata funzione (motoria, visuo-percettiva, del linguaggio, etc.) o per una eventuale compromissione funzionale secondaria ad eventi ischemici o manovre chirurgie. Lo scopo dell'IONM resta quello di identificare e rendere reversibile la comparsa di possibili deficit neurologici permanenti o qualora non fosse possibile almeno di limitarli.

In ambito neurochirurgico oncologico, il T-IONM collabora, in accordo con il SP-IONM ed in particolare con il team chirurgico, all'identificazione neurofisiologica delle strutture eloquenti mediante stimolazione diretta delle stesse (aree corticali, sottocorticali, nervi cranici e spinali) attraverso l'impiego di tecniche di mappaggio che hanno lo scopo di garantire sicurezza sia nell'individuazione dell'*entry point* della lesione sia nell'asportazione della stessa, evitando pertanto la manipolazione di tessuto cerebrale sano. Allo stesso modo, il T-IONM collabora nell'esecuzione delle tecniche di monitoraggio in senso stretto che hanno lo scopo di valutare in modo continuo l'integrità delle strutture nervose potenzialmente a rischio in queste procedure in modo da identificare prontamente eventuali alterazioni a carico delle vie nervose coinvolte. A seconda del distretto anatomico interessato, le tecniche di monitoraggio possono prevedere l'utilizzo di potenziali evocati motori (MEPs), potenziali evocati cortico-bulbari (CoMEPs), potenziali evocati somatosensoriali (SEPs), potenziali evocati acustici (BAEP), potenziali evocati visivi (PEV), *phase reversal* (PhRev) ed onda-D (D-wave), *intraoperative electroencephalography* (EEG) e *electrocorticography* (ECoG) *monitoring*, *intraoperative electromyographic* (EMG) *monitoring* e/o *stimulated/triggered EMG monitoring* e/o *intraoperative reflexes*.

## **c) Area ortopedica e oncologica - Distretto spinale (vertebrologia, traumatologia) e oncologico toraco-addominale-pelvico**

Il T-IONM viene ordinariamente coinvolto per l'esecuzione del IONM durante interventi di chirurgia in ambito ortopedico e vertebrale con l'obiettivo di ridurre l'incidenza di complicanze neurologiche post-operatorie e quindi di individuare i possibili meccanismi di danno che sono spesso reversibili se precocemente riconosciuti. La chirurgia comporta un ampio spettro di procedure che mettono talvolta a rischio il midollo spinale, le radici nervose, i plessi e possono causare lesioni del nervo periferico. Le tecniche di monitoraggio comprendono elettroencefalogramma (EEG); elettromiografia (EMG free run) e elettromiografia stimolata o triggerata (*stimulated/triggered EMG*); potenziali evocati somatosensoriali (SEPs); potenziali evocati motori (MEPs); stimolazione delle viti peduncolari (PSS); potenziali evocati perineali (*pudendal SEPs*; bladder pressure monitoring); monitoraggio plesso ipogastrico e dei nervi pelvici (registrazione da *needle/rectal electrode* e dallo sfintere uretrale); riflesso bulbo cavernoso.

## **d) Area cardiovascolare - Distretto vascolare cranico, toracico e periferico**

Attualmente, le complicazioni cerebrali rappresentano la causa principale di morbilità e disabilità dopo procedure cardiocirurgiche. Il monitoraggio neurofisiologico intraoperatorio (IONM) applicato negli approcci cardiovascolari ha lo scopo di preservare le funzionalità neurologiche durante le procedure chirurgiche attraverso l'utilizzo di tecniche neurofisiologiche combinate (Elettroencefalogramma,

Potenziali Evocati, Elettromiografia) minimizzando il rischio ipossico-anossico ed ischemico peri operatorio.

Il T-IONM applica le metodiche di monitoraggio più adatte al caso per valutare in modo continuo l'integrità delle strutture nervose potenzialmente a rischio con l'obiettivo di identificare eventuali alterazioni a carico dei tratti nervosi coinvolti. Le metodiche applicate variano a seconda della tipologia d'intervento e delle sezioni anatomiche interessate e prevedono l'utilizzo più o meno combinato delle seguenti procedure: potenziali evocati motori (MEPs); potenziali evocati somatosensoriali (SEPs); potenziali evocati acustici e del tronco encefalo (BAEPs); potenziali evocati visivi (VEPs); elettroencefalogramma (EEG); elettrocorticografia (ECoG); elettromiografia (EMG); stimolazione diretta dei nervi (direct nerve stimulation o stimulated/triggered EMG).

### **e) Area funzionale - Distretto cranio-spinale**

Nella chirurgia stereotassica, definita in ambito neurologico come neurochirurgia funzionale, il T-IONM in collaborazione con figure mediche collabora attivamente nell'identificare i bersagli neurofisiologici intracerebrali registrando delle attività specifiche dei centri nervosi interessati mediante strumenti ed elettrodi di profondità che sono in grado dopo l'identificazione funzionale di stimolarli. Questa metodica in senso lato viene definita *deep brain stimulation* (DBS). La figura del T-IONM può essere coinvolta anche negli aspetti pre-chirurgici in fase investigativa sulla valutazione dell'integrità funzionale del cervello del soggetto candidato alla DBS.

L'intervento di DBS prevede due interventi distinti nei quali il T-IONM collabora con le varie figure mediche:

- impianto degli elettrodi intracerebrali profondi nel target neurofisiologico identificato;
- introduzione del neurostimolatore e collegamento con elettrocattetero.

Nella chirurgia di profondità rientra anche l'area di implantologia funzionale del tronco encefalico. Gli impianti cocleari necessitano di studi funzionali preoperatori ed intraoperatori svolti in collaborazione con il T-IONM.

La chirurgia dell'epilessia è una branca della chirurgia funzionale dove la neurofisiologia intraoperatoria integra le indagini pre-chirurgiche fornendo informazioni sul focus epilettico, nonché identifica in tempo reale il tessuto cerebrale epilettogeno integrando la valutazione delle strutture adiacenti sane. Le tecniche che contribuiscono a questo fine (l'elettrocorticografia, l'elettroencefalografia stereotassica, la *computerized high-frequency oscillation mapping*, la *single-pulse electric stimulation*, i potenziali evocati motori cortico-sottocorticali, i potenziali evocati somatosensoriali, i potenziali evocati visivi, i potenziali evocati cortico-corticali) vengono svolte in collaborazione con il T-IONM.

## **Il TNFP in ambiente chirurgico e la gestione del rischio**

Il monitoraggio neurofisiologico intraoperatorio è una pratica avanzata di applicazione multi metodica simultanea di tecniche di neurofisiopatologia. Questo necessita di istruzione e formazione specifica e continuativa. Le credenziali professionali dovrebbero essere raggiunte con il conseguimento della laurea triennale e con specifica formazione sul campo, come visto nella parte introduttiva di questo elaborato.

Le competenze nazionali, ad oggi, per via delle conoscenze universitarie, post-universitarie e delle prestazioni tecnico-neurofisiologiche eseguite, nonché assistenza di qualità alla persona assistita, al grado di conoscenza della sicurezza elettrica e gestionale sulla persona assistita, sono di esclusiva spettanza del TNFP.

Il TNFP, parte attiva e decisionale all'interno del *team* di professionisti coinvolti in sala operatoria, si impegna nella presa in carico della persona assistita come professionista sanitario qualificato con competenze professionali elevate e standard etici specifici:

1. contribuisce a definire l'ambito di attività sulla persona assistita;
2. diffonde *good practice* per l'incolumità e gli interessi della persona assistita e del team chirurgico;
3. delinea modelli di pratica tipici per ogni tipo di IONM basati sul livello di esperienza clinica;
4. fornisce una spiegazione coerente della disciplina IONM al personale coinvolto nella sala operatori.

L'efficienza, l'affidabilità e la sicurezza della persona assistita durante il IONM rappresentano elementi interconnessi e richiedono una formazione specifica ed approfondita. Tutto ciò è imprescindibile dalla valutazione del rischio clinico in sala operatoria legato alle procedure neurofisiologiche e manutentive degli strumenti elettromedicali pertanto una gestione diretta e costante del T-IONM risulta fondamentale sia nell'utilizzo di sistemi di neuromonitoraggio intraoperatorio (a 16 o più canali), sia per gli elettromedicali dedicati a procedure specifiche, come i *nerve monitoring systems* e *pedicle screw insertion monitoring systems* che si avvalgono di sistemi automatizzati di stimolazione e registrazione.

## Conclusioni

Il monitoraggio neurofisiologico intraoperatorio (IONM), così come descritto, rappresenta un insieme di tecniche diagnostiche comunemente utilizzate negli ambiti chirurgici sopra specificati, al fine di preservare l'integrità del sistema nervoso centrale e periferico.

Come si evince dal percorso formativo e dall'inquadramento normativo, il TNFP è il professionista sanitario dedicato a questa attività, non solo per le competenze specifiche nel "sapere", nel "saper fare" e nel "saper essere", fondate e guidate dal percorso formativo, dalla esperienza sul campo e dal codice deontologico, ma soprattutto in ragione della piena risposta alla normativa vigente in tema di appropriatezza, efficacia e sicurezza delle cure.

La conoscenza e l'utilizzo delle strumentazioni dedicate a tale attività, di elevata complessità tecnologica, la conoscenza dell'anatomia e della fisiologia del sistema nervoso, sono i pilastri per l'approccio allo IONM e ne costituiscono parte integrante. Da ciò è evidente come il TNFP rappresenti l'unico professionista sanitario in grado di eseguire, gestire e migliorare tale metodica, proprio per la natura della sua specificità professionale.

Da quanto fin qui sostenuto lo IONM è quindi configurabile quale competenza esclusiva del TNFP e la sua esecuzione, in ambito sanitario pubblico e/o privato, da parte di professionisti diversi dal TNFP, si configura come abuso di professione.

Questo posizionamento costituisce il supporto documentale affinché, a livello nazionale, negli ambienti chirurgici che necessitano di IONM, **il TNFP sia sempre presente all'interno dell'équipe multiprofessionale.**

## Bibliografia

[Decreto legislativo 30 dicembre 1992, n. 502](#)

[Legge 11 gennaio 2018, n. 3](#)

[Decreto Ministero della salute 15 marzo 1995, n. 183](#)

[Legge 26 febbraio 1999, n. 42](#)

[Legge 10 agosto 2000, n. 251](#)

[Legge 8 marzo 2017, n. 24](#)

[Legge 23 agosto 1988, n. 400](#)

[Decreto Ministero della salute 13 marzo 2018](#)

[Decreto interministeriale 19 febbraio 2009](#)

[Il codice deontologico del TNFP](#)

[La Costituzione etica della FNO TSRM e PSTRP](#)

- Antón-Rodríguez LM, Burgos J, Cabañes L, Mariscal G, Hevia E, Barrios C. Accuracy of t-EMG stimulation of the middle pedicle track to prevent radiculopathies as a result of misplaced lumbar screws. *Clin Neurol Neurosurg.* 2020 Aug; 195:105915. doi: 10.1016/j.clineuro.2020.105915. Epub 2020 May 19. PMID: 32446117.
- Arnts H, Tewarie P, van Erp WS, Overbeek BU, Stam CJ, Lavrijsen JCM, Booij J, Vandertop WP, Schuurman R, Hillebrand A, van den Munckhof P. Clinical and neurophysiological effects of central thalamic deep brain stimulation in the minimally conscious state after severe brain injury. *Sci Rep.* 2022 Jul 28;12(1):12932. doi: 10.1038/s41598-022-16470-2. PMID: 35902627; PMCID: PMC9334292.
- Borders C, Hsu F, Sweidan AJ, Matei ES, Bota RG. Deep brain stimulation for obsessive compulsive disorder: A review of results by anatomical target. *Ment Illn.* 2018 Nov 6;10(2):7900. doi: 10.4081/mi.2018.7900. PMID: 30542526; PMCID: PMC6240923.
- Carrai R, Martinelli C, Baldanzi F, Gabbanini S, Gori B, Masi G, Troiano S, Bonaudo C, Esposito A, Muscas G, Tola S, Caramelli R, Spalletti M, Lolli F, Grippo A, Bucciardini L, Amadori A, Della Puppa A. Feasibility of Intraoperative Visual Evoked Potential Monitoring by Cortical Strip Electrodes in Patients During Brain Surgery: A Preliminary Study. *World Neurosurg.* 2022 Dec 12: S1878-8750(22)01737-5. doi: 10.1016/j.wneu.2022.12.032.
- Casano K, Giangrosso G, Mankekar G, Sevy A, Mehta R, Arriaga M. Additional Benefits of Facial Nerve Monitoring during Otologic Surgery. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2020 Sep;163(3):572-576. doi: 10.1177/0194599820915458. Epub 2020 Apr 14. PMID: 32283984.
- Cossu M, Lo Russo G, Francione S, Mai R, Nobili L, Sartori I, Tassi L, Citterio A, Colombo N, Bramerio M, Galli C, Castana L, Cardinale F. Epilepsy surgery in children: results and predictors of outcome on seizures. *Epilepsia.* 2008 Jan;49(1):65-72. doi: 10.1111/j.1528-1167.2007.01207.x. Epub 2007 Jul 21. PMID: 17645538.
- Costa P, Borio A, Giacobbi M. Intraoperative antidromic stimulation of the corticospinal tract. *Clin Neurophysiol.* 2008 Volume 119(1), S96.
- Crum BA, Strommen J. Intraoperative Brachial Plexus Neurophysiological Monitoring. In: Shin, A.Y., Pulos, N. (eds) *Operative Brachial Plexus Surgery.* Springer, Cham. 2021. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-69517-0\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-69517-0_9)
- Femia F, Junemann C, Ruffini E, Guerrera F. Intraoperative neuromonitoring in thoracoscopic excision of brachial plexus schwannoma. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2022 Jan 6;34(1):156-158. doi: 10.1093/icvts/ivab206.
- Fernández-Conejero I, Ulkatan S, Deletis V. Monitoring cerebellopontine angle and skull base surgeries.



Handb Clin Neurol. 2022; 186:163-176. doi: 10.1016/B978-0-12-819826-1.00016-8.

- Gertsch JH, Moreira JJ, Lee GR, Hastings JD, Ritzl E, Eccher MA, Cohen BA, Shils JL, McCaffrey MT, Balzer GK, Balzer JR, Boucharel W, Guo L, Hanson LL, Hemmer LB, Jahangiri FR, Mendez Vigil JA, Vogel RW, Wierzbowski LR, Wilent WB, Zuccaro JS, Yingling CD; membership of the ASNMT. Practice guidelines for the supervising professional: intraoperative neurophysiological monitoring. *J Clin Monit Comput*. 2019 Apr;33(2):175-183. doi: 10.1007/s10877-018-0201-9. Epub 2018 Oct 30. PMID: 30374759; PMCID: PMC6420431.
- Ghigo J. Kathleen Mears Memorial Lecture: ASET and OSET, patterns and parallels. *Am J Electroneurodiagnostic Technol*. 2005 Sep;45(3):164-79. PMID: 16201159.
- Hu W, Stead M. Deep brain stimulation for dystonia. *Transl Neurodegener*. 2014 Jan 21;3(1):2. doi: 10.1186/2047-9158-3-2. PMID: 24444300; PMCID: PMC3902434.
- Huang YL, Bansal A, Berg BP, Tommaso CP, Laughlin RS. Coordination of Intraoperative Neurophysiologic Monitoring Technologist and Surgery Schedules. *J Med Syst*. 2022 Sep 13;46(10):67. doi: 10.1007/s10916-022-01855-7. PMID: 36097228.
- Kadakia S, Mourad M, Badhey A, Lee T, Gessaroli M, Ducic Y. The role of intraoperative nerve monitoring in tracheal surgery: 20-year experience with 110 cases. *Pediatr Surg Int*. 2017 Sep;33(9):977-980. doi: 10.1007/s00383-017-4119-y. Epub 2017 Jun 26. PMID: 28653112.
- Kneist W, Kauff DW, Rubenwolf P, Thomas C, Hampel C, Lang H. Intraoperative monitoring of bladder and internal anal sphincter innervation: a predictor of erectile function following low anterior rectal resection for rectal cancer? Results of a prospective clinical study. *Dig Surg*. 2013;30(4-6):459-65. doi: 10.1159/000357349. Epub 2014 Jan 29. PMID: 24481247.
- Leppanen RE. Intraoperative applications of the H-reflex and F-response: a tutorial. *J Clin Monit Comput*. 2006 Aug;20(4):267-304. doi: 10.1007/s10877-006-9036-x. Epub 2006 Jul 1. PMID: 16816892.
- Lopez Ramos CG, Tan H, Yamamoto EA, Cleary DR, Mazur-Hart DJ, Shahin MN, Raslan AM. Stereotactic electroencephalography in epilepsy patients for mapping of neural circuits related to emotional and psychiatric behaviors: a systematic review. *Neurosurg Focus*. 2023 Feb;54(2): E4. doi: 10.3171/2022.11.FOCUS22615. PMID: 36724521.
- Lundstrom BN, Osman GM, Starnes K, Gregg NM, Simpson HD. Emerging approaches in neurostimulation for epilepsy. *Curr Opin Neurol*. 2023 Feb 8. doi: 10.1097/WCO.0000000000001138. Epub ahead of print. PMID: 36762660.
- MacDonald DB, Simon MV, Nuwer MR. Neurophysiology during epilepsy surgery. *Handb Clin Neurol*. 2022; 186:103-121. doi: 10.1016/B978-0-12-819826-1.00017-X. PMID: 35772880.
- Mansouri A, Taslimi S, Badhiwala JH, Witiw CD, Nassiri F, Odekerken VJJ, De Bie RMA, Kalia SK, Hodaie M, Munhoz RP, Fasano A, Lozano AM. Deep brain stimulation for Parkinson's disease: meta-analysis of results of randomized trials at varying lengths of follow-up. *J Neurosurg*. 2018 Apr;128(4):1199-1213. doi: 10.3171/2016.11.JNS16715. Epub 2017 Jun 30. PMID: 28665252.
- Mok Q, Ross-Russell R, Mulvey D, Green M, Shinebourne EA. Phrenic nerve injury in infants and children undergoing cardiac surgery. *Br Heart J*. 1991 May;65(5):287-92. doi: 10.1136/hrt.65.5.287. PMID: 2039675; PMCID: PMC1024633.
- Monitoraggio Neurofisiologico Intraoperatorio in Neurochirurgia Raccomandazioni del Gruppo di Lavoro Intrasocietario Società Italiana di Neurofisiologia Clinica (SINC)-Società Italiana di Neurochirurgia (SINch). Anno 2015.
- Morota N, Ihara S, Deletis V. Intraoperative neurophysiology for surgery in and around the brainstem: role of brainstem mapping and corticobulbar tract motor-evoked potential monitoring. *Childs Nerv Syst*. 2010 Apr;26(4):513-21. doi: 10.1007/s00381-009-1080-7. Epub 2010 Feb 9. PMID: 20143075 Review.
- Murena L, Colin G, Dussi M, Canton G. Is intraoperative neuromonitoring effective in hip and pelvis orthopedic and trauma surgery? A systematic review. *J Orthop Traumatol*. 2021 Oct 13;22(1):40. doi: 10.1186/s10195-021-00605-8. PMID: 34647237; PMCID: PMC8514601.
- National competency skill standards for performing intraoperative neurophysiology monitoring. Approved by American Society of Electroneurodiagnostic Technologists, Inc. (ASET). March 2011.
- Nuwer MR, Husain AM, Soto F. Overview of intraoperative neuromonitoring. *Handb Clin Neurol*. 2022; 186:3-9. doi: 10.1016/B978-0-12-819826-1.00011-9. PMID: 35772893.
- Nuwer MR. Regulatory and medical-legal aspects of intraoperative monitoring. *J Clin Neurophysiol*.

2002 Oct;19(5):387-95. doi: 10.1097/00004691-200210000-00002. PMID: 12477984.

- Olmsted ZT, Silverstein JW, Einstein EH, Sowulewski J, Nelson P, Boockvar JA, D'Amico RS. Evolution of flash visual evoked potentials to monitor visual pathway integrity during tumor resection: illustrative cases and literature review. *Neurosurg Rev.* 2023 Jan 30;46(1):46. doi: 10.1007/s10143-023-01955-z
- Sala F, Krzan MJ, Deletis V. Intraoperative neurophysiological monitoring in pediatric neurosurgery: why, when, how? *Childs Nerv Syst.* 2002 Jul;18(6-7):264-87. doi: 10.1007/s00381-002-0582-3.
- Sala F, Niimi Y, Berenstein A, Deletis V. Role of Multimodality Intraoperative Neurophysiological Monitoring during Embolisation of a Spinal Cord Arteriovenous Malformation. A Paradigmatic Case. *Interv Neuroradiol.* 2000 Sep 30;6(3):223-34. doi: 10.1177/159101990000600308. Epub 2001 May 15. PMID: 20667201; PMCID: PMC3679680.
- Sala F, Squintani G, Tramontano V, Arcaro C, Faccioli F, Mazza C. Intraoperative neurophysiology in tethered cord surgery: techniques and results. *Childs Nerv Syst.* 2013 Sep;29(9):1611-24. doi: 10.1007/s00381-013-2188-3.
- Sanford MT, Suskind AM. Neuromodulation in neurogenic bladder. *Transl Androl Urol.* 2016 Feb;5(1):117-26. doi: 10.3978/j.issn.2223-4683.2015.12.01. PMID: 26904417; PMCID: PMC4739974.
- Sloan TB, Jameson LC. Electrophysiologic monitoring during surgery to repair the thoraco-abdominal aorta. *J Clin Neurophysiol.* 2007 Aug;24(4):316-27. doi: 10.1097/WNP.0b013e31811ebc66. PMID: 17938600.
- SRasul FT, Matloob SA, Haliasos N, Jankovic I, Boyd S, Thompson DNP. Intraoperative neurophysiological monitoring in paediatric Chiari surgery-help or hindrance? *Childs Nerv Syst.* 2019 Oct;35(10):1769-1776. doi: 10.1007/s00381-019-04312-y. Epub 2019 Jul 25. PMID: 31346737.
- Staarmann B, O'Neal K, Magner M, Zuccarello M. Sensitivity and Specificity of Intraoperative Neuromonitoring for Identifying Safety and Duration of Temporary Aneurysm Clipping Based on Vascular Territory, a Multimodal Strategy. *World Neurosurg.* 2017 Apr; 100:522-530. doi: 10.1016/j.wneu.2017.01.009. Epub 2017 Jan 13. PMID: 28089809.
- Sutter M, Deletis V, Dvorak J, Eggspuehler A, Grob D, Macdonald D, Mueller A, Sala F, Tamaki T. Current opinions and recommendations on multimodal intraoperative monitoring during spine surgeries. *Eur Spine J.* 2007 Nov;16 Suppl 2(Suppl 2): S232-7. doi: 10.1007/s00586-007-0421-z. Epub 2007 Aug 15. PMID: 17701231; PMCID: PMC2072891.
- Téllez MJ, Mirallave-Pescador A, Seidel K, Urriza J, Shoakazemi A, Raabe A, Ghatan S, Deletis V, Ulkatan S. Neurophysiological monitoring of the laryngeal adductor reflex during cerebellar-pontine angle and brainstem surgery. *Clin Neurophysiol.* 2021 Feb;132(2):622-631. doi: 10.1016/j.clinph.2020.10.021. Epub 2020 Nov 19. PMID: 33272821.
- Tirelli G, Bergamini PR, Scardoni A, Gatto A, Boscolo Nata F, Marcuzzo AV. Intraoperative monitoring of marginal mandibular nerve during neck dissection. *Head Neck.* 2018 May;40(5):1016-1023. doi: 10.1002/hed.25078. Epub 2018 Feb 1. PMID: 29389042.
- Zweiphenning WJ, van 't Klooster MA, van Diessen E, van Klink NE, Huiskamp GJ, Gebbink TA, Leijten FS, Gosselaar PH, Otte WM, Stam CJ, Braun KP, Zijlmans GJ. High frequency oscillations and high frequency functional network characteristics in the intraoperative electrocorticogram in epilepsy. *Neuroimage Clin.* 2016 Nov 4; 12:928-939. doi: 10.1016/j.nicl.2016.09.014. PMID: 27882298; PMCID: PMC5114532.