



Ordre des technologues
en **imagerie médicale**,
en **radio-oncologie** et en
électrophysiologie médicale
du Québec

Normes

Potentiels évoqués

NORMES de pratique SPÉCIFIQUES

Septembre 2016

Le présent document peut être consulté sur le site Web de l'Ordre des technologues en imagerie médicale, en radio-oncologie et en électrophysiologie médicale du Québec, dont l'adresse est : www.otimroepmq.ca

**Ordre des technologues en imagerie médicale,
en radio-oncologie et en électrophysiologie médicale du Québec**

6455, rue Jean-Talon Est
Bureau 401
Saint-Léonard (Québec) H1S 3E8

Téléphone : (514) 351-0052
1 800 361-8759
Télécopieur: (514) 355-2396

- Notes :
- Le masculin est utilisé sans préjudice et seulement pour alléger la présentation.
 - Le terme « service d'électrophysiologie médicale » désigne un service où sont effectués des examens ou des traitements en électrophysiologie médicale (EPM). Selon l'organisation du travail, il peut s'agir d'un service de cardiologie, d'un service de neurologie, d'un laboratoire du sommeil, d'un laboratoire d'études électrophysiologiques, etc. Afin d'alléger le texte, nous utiliserons l'appellation « service d'électrophysiologie médicale ».
 - Ce fascicule contient les normes de pratique spécifiques en potentiels évoqués. Il est précédé du fascicule contenant le Volet général applicable à tous les secteurs d'activités en EPM.
 - Pour une interprétation juste de ces normes, il est **essentiel** de lire ce document en fonction du fascicule des *Normes de pratique générales*, de se référer au *Code de déontologie* ainsi qu'aux normes de pratique spécifiques : *Prévention des infections/Principes et techniques de manipulation du matériel stérile, Médicaments et substances, Échographie médicale diagnostique et Techniques d'injection*.

Toute reproduction totale ou partielle de ce document est autorisée à condition que la source soit mentionnée : Ordre des technologues en imagerie médicale, en radio-oncologie et en électrophysiologie médicale du Québec.



Table des matières

Normes

PRÉAMBULE	5
POTENTIELS ÉVOQUÉS	6
1 Fichier technique	6
2 Contenu du fichier technique	6
2.1 SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES POUR LES APPAREILS	6
2.1.1 Systèmes d'enregistrement	6
2.2 PROTOCOLES ET PROCÉDURES	7
2.3 SPÉCIFICITÉS POUR LES ÉLECTRODES ET LEUR POSITIONNEMENT	8
2.3.1 Types d'électrodes	8
2.3.2 Positionnement des électrodes	9
2.3.3 Impédance	10
2.4 HISTOIRE CLINIQUE	10
3 Réalisation de l'examen	11
3.1 DÉRIVATIONS	11
3.1.1 Dérivations en PEV	11
3.1.2 Dérivations en PEATC	11
3.1.3 Dérivations en PES	11
3.2 ENREGISTREMENT : ACQUISITION DES DONNÉES	12
3.2.1 Enregistrement : acquisition des données en PEV	13
3.2.2 Enregistrement : acquisition des données en PEATC	14
3.2.3 Enregistrement : acquisition des données en PES	15
3.2.4 Enregistrement : acquisition des données en PEM ¹	16
3.3 PARAMÈTRES TECHNIQUES	16
3.3.1 Paramètres techniques en PEV	17
3.3.2 Paramètres techniques en PEATC	17
3.3.3 Paramètres techniques en PES	17
3.3.4 Paramètres techniques et de stimulation en PEM	18
MONITORAGE PEROPÉRATOIRE	19
1 Fichier technique	19
2 Contenu du fichier technique	19
2.1 SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES POUR LES APPAREILS	19
2.1.1 Systèmes d'enregistrement	19
2.2 PROTOCOLES ET PROCÉDURES	20

2.3	SPÉCIFICITÉS POUR LES ÉLECTRODES ET LEUR POSITIONNEMENT	21
2.3.1	Types d'électrodes	21
2.3.2	Positionnement des électrodes	22
2.3.3	Impédance	23
2.4	HISTOIRE CLINIQUE	23
3	Réalisation du monitoring peropératoire	23
3.1	DÉRIVATIONS	24
3.1.1	Dérivations en PES (monitoring).....	24
3.2	ENREGISTREMENT : ACQUISITION DES DONNÉES.....	24
3.2.1	Enregistrement : acquisition des données en PEATC (monitoring).....	27
3.2.2	Enregistrement : acquisition des données en PES (monitoring)	27
3.2.3	Enregistrement : acquisition des données en PEM'	28
3.3	PARAMÈTRES TECHNIQUES.....	28
3.3.1	Paramètres techniques en PEATC (monitoring).....	29
3.3.2	Paramètres techniques en PES (monitoring)	29
3.3.3	Paramètres techniques et de stimulation en PEM.....	29
3.3.4	Paramètres techniques en monitoring d'ÉMG	29
ANNEXE 1	30
LISTE DES ACRONYMES ET SIGLES	32
ABRÉVIATIONS POUR LES ÉLECTRODES	32
SOURCES	33



normes

Potentiels évoqués

Préambule

Les présentes normes de pratique regroupent les règles de pratique applicables aux potentiels évoqués. Le technologue doit agir avec rigueur et professionnalisme à l'intérieur de son champ d'exercice en tenant compte des activités qui lui sont réservées. Indépendamment de l'activité effectuée dans le domaine des potentiels évoqués, il doit maintenir de hauts standards dans la qualité des examens ou traitements qu'il réalise.

Certaines activités, notamment le monitoring peropératoire, requièrent des connaissances supplémentaires, des habiletés techniques spécifiques, une grande expertise professionnelle et une bonne capacité d'adaptation.

La profession étant en constante évolution, la mise à jour des connaissances est incontournable pour le maintien de la compétence du technologue en électrophysiologie médicale.

NOTE : Ces normes sont de nature évolutive. Le contenu de ce document est donc appelé à être révisé dans le but de suivre les changements apportés à la pratique professionnelle.

Potentiels évoqués

Le technologue en électrophysiologie médicale doit maîtriser tous les éléments techniques liés à la réalisation des potentiels évoqués visuels (PEV), des potentiels évoqués auditifs du tronc cérébral (PEATC)¹, des potentiels évoqués somesthésiques (PES) ou des potentiels évoqués moteurs (PEM).

1 Fichier technique

Le fichier technique doit respecter les recommandations et les lignes directrices des différents organismes qui régissent la pratique en potentiels évoqués (PE) soit l'American Clinical Neurophysiology Society (ACNS) et l'International Federation of Clinical Neurophysiology (IFCN) et de de l'American Society of Electroneurodiagnostic Technologists (ASET).

2 Contenu du fichier technique

Le fichier technique contient tous les éléments nécessaires à la réalisation des PE. On retrouve dans le fichier technique des :

2.1 Spécifications techniques pour les appareils

Les appareils utilisés pour la réalisation des potentiels évoqués sont les mêmes que ceux utilisés pour les vitesses de conduction nerveuse et l'ÉMG. Des logiciels dédiés sont utilisés pour la réalisation des différents types de PE. Des spécificités techniques pour les appareils sont imposées² :

2.1.1 Systèmes d'enregistrement

- La fréquence d'échantillonnage « simpling rate » doit être bonne (ex. : 500 échantillons/seconde par canal minimalement) :
 - La fréquence d'échantillonnage sera choisie en fonction du signal enregistré;
 - Le nombre de bits du convertisseur analogique-numérique doit permettre une bonne résolution des signaux (ex. : la résolution minimale du convertisseur doit être ≥ 12 bits).
- Les amplificateurs doivent rejeter les tensions communes à ses entrées. Le taux de réjection en mode commun (RRCM) doit être élevé (ex. : la RRCM doit être d'au moins 80 dB);
- L'impédance d'entrée doit être élevée (ex. : 100 M Ω et plus);
- Le bruit de fond doit être faible (ex. : inférieur à 2 μ V);
- La bande passante utilisée doit permettre l'acquisition de signaux se situant entre 0,1 et 5 000 Hz :
 - Une utilisation excessive des filtres analogiques va modifier la latence, l'amplitude et la morphologie des ondes;
- La résolution temporelle doit être de haute qualité (ex. : ≤ 20 μ s);
- Un *moyenneur* doit être utilisé pour faire ressortir l'activité consécutive à la stimulation auditive, visuelle ou électrique :
 - Les potentiels évoqués sont de faible amplitude et ils se retrouvent parmi d'autres activités telles l'ÉEG et l'activité musculaire;
- Le système doit permettre d'enregistrer au moins 4000 réponses moyennées.

¹ On utilise aussi le terme potentiel évoqué auditif (PEA) mais l'appellation exacte est potentiel évoqué du tronc cérébral (PEATC) car l'activité du nerf auditif, du tronc cérébral et de certaines structures sous-corticales est enregistrée

² Se référer aux différentes lignes directrices en vigueur (de l'ACNS et l'IFCN) pour obtenir les plus récentes spécificités techniques des appareils

2.2 Protocoles et procédures

Le fichier technique doit contenir tous les éléments inhérents à la réalisation de différents types d'examens en PE. On retrouve :

- Une liste du matériel et des accessoires nécessaires à la réalisation des examens (ex. : électrodes, appareil de potentiel évoqué, écouteur, écrans, stimulateur);
- Un protocole pour chaque type de potentiels évoqués réalisés (ex. : PEV plein champ, PEV héli champ, PEV au flash, PEATC, PES des membres supérieurs, PEM des membres inférieurs) :
 - Les protocoles et procédures spécifiques pour l'enregistrement des PEATC en néonatalogie et chez les bébés (ex. : PEATC automatique test de dépistage de la surdité chez les nouveau-nés³);
 - Les procédures pour déterminer le seuil moteur en PEM (avec stimulations magnétiques transcrâniennes) lorsque le muscle est au repos et lors d'une légère contraction⁴.
- Les procédures :
 - Pour le positionnement et la pose des électrodes d'enregistrement avec le Système 10-20 ou le Système Queen Square en PEV et la localisation de repères anatomiques s'il y a lieu;
 - Pour le positionnement et la pose des électrodes de stimulation, s'il y a lieu;
 - Pour l'utilisation des appareils connexes (ex. : moniteur pour la stimulation visuelle, écouteur, stimulateur magnétique);
 - Particulières lors de certaines situations (ex. : patient dans le coma);
 - Adaptées aux différentes méthodes de travail des médecins (ex. : neurologue, oto-rhino-laryngologiste, ophtalmologiste).
- Les modifications qui peuvent être apportées au protocole d'examen selon les données recueillies (ex. : PEV : stimulation héli champ ou avec flash; PEATC : stimulation avec une électrode placée dans le canal auditif externe);
- Le questionnaire préalable à l'utilisation des stimulations magnétiques, s'il y a lieu⁵
- Les contrindications à l'utilisation des stimulations magnétiques transcrâniennes (ex. : épilepsie, métal au niveau de la tête, implant cochléaire);
- Les ondes à identifier (ex. : N13, N20, P40, P100, I, V) et les valeurs de référence (ex. : latences, interlatences, voltages⁶, temps de conduction central, ratio V/I) pour chaque potentiel évoqué, et ce, pour les différents groupes d'âge (adulte, pédiatrique et gériatrique) et selon le sexe, s'il y a lieu⁷ :
 - Les valeurs de référence sont habituellement exclusives à un laboratoire, elles dépendent des appareils, des paramètres techniques utilisés et de la manière dont les mesures sont prises^{8,9};
 - En PEV il est recommandé à partir de 15 ans, d'établir les valeurs normales pour chaque période de 10 ans. Entre 5 et 15 ans étant donné que les valeurs changent rapidement, les valeurs normales doivent être établies pour des laps de temps plus courts¹⁰.

³ Québec, *Programme québécois de dépistage de la surdité chez les nouveau-nés*, juin 2012

⁴ IFCN, *A practical guide to diagnostic transcranial magnetic stimulation*, section 3.3 Defining the threshold for corticomotor excitation

⁵ Un exemple de questionnaire est présenté à l'annexe 1 du présent document

⁶ Le terme amplitude est souvent employé pour désigner le voltage du potentiel

⁷ IFCN, *Short-Latency Auditory Evoked Potentials*, section Patient related factors

⁸ Le tableau des valeurs de référence ne peut pas, règle générale, être exporté d'un laboratoire à l'autre. Toutefois, lorsque les méthodes de travail, les appareils ainsi que les paramètres techniques utilisés sont les mêmes (filtres, stimulation, méthode d'enregistrement) dans ce cas les valeurs de référence d'un laboratoire peuvent être utilisées par un autre

⁹ Se référer aux recommandations de l'ACNS, *Guidelines 9A: Guidelines on Evoked Potentials*, pour constituer une banque de valeurs de référence et IFCN, *Recommendations for visual system testing*, section 4.5.4

- En PEATC, des valeurs de référence spécifiques selon l'âge doivent être établies pour les enfants de moins de 3 ans.
- La liste des médicaments modifiant les réponses des PE (ex. : anesthésiants, barbituriques, mydriatiques) :
 - Préciser les modifications apportées aux ondes par ces médicaments (ex. : augmentation de latence, diminution d'amplitude).

2.3 Spécificités pour les électrodes et leur positionnement

2.3.1 Types d'électrodes

Électrodes d'enregistrement et mise à la masse :

- Les électrodes cupules en argent/argent-chlorurée (Ag/AgCl), employées en EEG, doivent être utilisées comme électrodes d'enregistrement et pour la mise à la masse en PE :
 - Les électrodes doivent avoir la même grandeur et être faites avec le même métal;
 - Les électrodes aiguilles (sous-cutanées) ne doivent pas être utilisées en PE clinique.

Électrodes de stimulation en PES :

- Une anode (+) et une cathode(-) doivent être utilisées pour produire une stimulation électrique;
- Une solution électrolytique (ex. : gel conducteur, solution saline de chlorure de sodium) doit être utilisée pour assurer le passage du courant.

Mise à la masse en PES :

- Une mise à la masse en Ag/AgCl ou en acier inoxydable doit être utilisée en PES;
- Le contact entre la peau et l'électrode doit être assuré par un gel conducteur ou une solution saline.

Vous référer au fascicule Électrophysiologie neuromusculaire à la section « *Spécificité pour les électrodes et leur positionnement/Types d'électrodes* » pour plus d'information sur les électrodes de stimulation et la mise à la masse utilisées en PES.

Stimulateur magnétique en PEM¹¹ :

- Une bobine doit être utilisée pour créer une stimulation magnétique transcrânienne (TMS) :
 - La rotation de l'aimant à l'intérieur de la bobine induit un courant électrique dans celle-ci qui produit un déplacement de charge dans les cellules nerveuses;
 - Le diamètre de la bobine est de quelques centimètres (ex. : 8 à 10 cm), ce qui permet d'activer les cellules nerveuses sur une plus grande surface;
 - Sa forme est circulaire ou en forme de « 8 ». Une bobine, en forme de « 8 », est le plus souvent utilisée car elle permet d'induire un courant électrique focalisé dans les cellules nerveuses du système nerveux central ou périphérique (ex. : au niveau de la moelle épinière).

¹⁰ IFCN, *Recommendations for visual system testing*, section 4.5.4

¹¹ Les PEM sont généralement réalisées à l'aide d'une stimulation magnétique transcrânienne, l'utilisation des stimulations électriques transcrâniennes est réservée au monitoring peropératoire

2.3.2 Positionnement des électrodes

- La localisation de l'emplacement des électrodes placées sur la tête en PE doit être déterminée selon le Système 10-20;
- Les électrodes doivent être fixées sur le cuir chevelu ou la peau en utilisant de la pâte ou du collodion:
 - La pâte sert à la fois de conducteur et d'adhésif;
 - Un conducteur (ex. : gel ou crème électrolytique) doit être ajouté à l'intérieur de chaque électrode posée au collodion (adhésif).
- Toute modification apportée à l'emplacement des électrodes doit être clairement indiquée (ex. : sur le tracé ou dans la section commentaire du dossier patient).

2.3.2.1 Positionnement des électrodes en PEV

- La localisation de l'emplacement des électrodes en PEV doit être déterminée par le Système Queen Square. Le Système 10-20 peut aussi être utilisé¹²;
- Le positionnement des électrodes d'enregistrement (active et référence) et de la mise à la masse doit être déterminé pour le potentiel évoqué visuel, préciser la position:
 - Des électrodes actives d'enregistrement pour les stimulations plein champ (ex. : O1, O2, Oz ou MO, LO, RO) et celles pour les stimulations hémi champ (ex. : LT et RT) ;
 - De l'électrode de référence (ex. : Fz ou MF¹³ ou A1, A2)¹⁴;
 - De la mise à la masse (ex. : Fpz ou Cz).

2.3.2.2 Positionnement des électrodes en PEATC

- Le positionnement des électrodes d'enregistrement et de la mise à la masse doit être déterminé pour le potentiel évoqué auditif du tronc auditif, préciser la position :
 - Des électrodes d'enregistrement (ex. : Cz, A₁ et A₂ ou M1, M2);
 - De la mise à la masse (ex. : Fz).

2.3.2.3 Positionnement des électrodes en PES

- Le positionnement des électrodes d'enregistrement doit être déterminé pour les PES, préciser la position :
 - Des électrodes **actives** d'enregistrement pour les PES des membres supérieurs (ex. : Fz, EPI, CPc ou Pc, Cv6 ou C7S) et pour les membres inférieurs (ex. : creux poplité¹⁵, CPz, CPI, L₁ ou T12);
 - Des électrodes de **référence** pour les PES des membres supérieurs (ex. : EPc, GI, Fz ou Fpz, A1 ou A2) et pour les membres inférieurs (ex. : crête iliaque, FPz, C5S ou C6S).
- La localisation de l'emplacement des électrodes placées sur le corps (ex. : creux poplité, points d'Erb, 7^e vertèbre cervicale) doit être déterminée en utilisant certains repères anatomiques. Se référer aux procédures établies;
- La **mise à la masse** doit être placée sur le membre où est effectuée la stimulation électrique (ex. : avant-bras droit ou mollet gauche);

¹² Le positionnement plus latéral des électrodes occipitales à l'aide du Système Queen Square serait supérieur à celui du Système 10-20

¹³ MF : mifrontale placée à 12 cm du nasion

¹⁴ Lors des stimulations hémi champ, il est préférable d'utiliser MF comme électrode de référence plutôt que A1 et A2

¹⁵ Aussi appelé Pf pour popliteal fossa

- Les **électrodes de stimulation** doivent être disposées sur le trajet du nerf (ex. : nerf médian pour les membres supérieurs et nerf sciatique poplitée interne¹⁶ pour les membres inférieurs), la cathode doit être proximale.

2.3.2.4 Positionnement des électrodes en PEM

- Les électrodes d'enregistrement doivent être positionnées avec précision :
 - L'active est placée sur un muscle, au milieu de la portion la plus bombée de celui-ci au niveau des membres supérieurs (ex. : pour les membres supérieurs l'abducteur du petit doigt ou pour les membres inférieurs le tibial antérieur);
 - Le muscle est localisé en demandant au patient de faire le mouvement approprié;
 - La référence doit être positionnée sur le muscle, minimalement à 2 ou 3 cm de l'active;
- La bobine doit être placée au-dessus du cortex moteur et orientée pour que le champ magnétique circule de manière à induire un courant électrique dans les tissus¹⁷ :
 - La bobine est localisée selon les membres stimulés (inférieurs ou supérieurs) et le site d'enregistrement de la réponse motrice (ex. : main droite);
 - Le courant induit dans les tissus circule dans la direction opposée au champ magnétique;
- La **mise à la masse** doit être placée sur une surface osseuse (ex. : coude ou genou) entre la stimulation et le muscle sur lequel la réponse motrice sera enregistrée.

2.3.3 Impédance

- Une solution abrasive doit être utilisée pour préparer l'interface peau-électrodes;
- L'impédance des électrodes doit être $\leq 5 \text{ k}\Omega$ ou $5\,000 \Omega$ elle est vérifiée avant de commencer l'enregistrement :
 - Les impédances doivent avoir des valeurs comparables entre elles, éviter les trop grandes différentes d'impédances;
 - En PEM, une impédance un peu plus élevée, entre 5 et 10 k Ω est acceptée.

2.4 Histoire clinique

L'histoire clinique du patient doit permettre de recueillir tous les éléments nécessaires à la réalisation, à l'analyse et à l'interprétation du PE. Le fichier technique doit contenir une liste des :

- Informations générales à collecter (ex. : nom, âge);
- Renseignements spécifiques à recueillir (ex. : maladies connues, histoire familiale) et celles en lien avec certaines pathologies (ex. : traumatisme crânien, accident vasculaire cérébral, épilepsie);
- Informations nécessaires à l'interprétation des différents potentiels évoqués¹⁸ :
 - PE (ex. : âge gestationnel, niveau de conscience, médication);
 - PEV (ex. : acuité visuelle, anisocorie, test effectué sans les verres correcteurs);
 - PES (ex. : grandeur du patient, longueur du membre stimulé);
 - PEATC (ex. : seuil auditif de chaque oreille, température corporelle).

¹⁶ La stimulation du nerf tibial postérieur amène moins de variabilité des réponses inter patients par rapport à la stimulation du nerf fibulaire (sciatique poplitée externe)

¹⁷ Se référer aux indications de l'IFCN pour la localisation précise de la bobine du stimulateur magnétique (réf: IFCN, *A practical guide to diagnostic transcranial magnetic stimulation: Report of an IFCN committee*, p872, 873 et 874 figures 5 et 6)

¹⁸ ACNS, *Guideline 10: Guidelines for Writing Clinical Evoked Potential Reports*, 2006

3 Réalisation de l'examen

La reproductibilité des potentiels obtenus est importante dans l'interprétation. Les spécificités pour la réalisation des potentiels évoqués sont :

3.1 Dérivations

- Chaque dérivation enregistrée doit être bien identifiée, spécifier pour chacune des grilles de l'amplificateur différentiel, l'électrode employée.

3.1.1 Dérivations en PEV

- Un minimum de quatre dérivations doivent être enregistrées en **PEV**, elles doivent inclure l'enregistrement des régions occipitales droite et gauche et la région occipitale moyenne. L'utilisation du montage Queen Square (LO-MF; MO-MF; RO-MF; MF-A1) est recommandée¹⁹;
- Lors des PEV héli champ, la région postérieure latérale controlatérale à la stimulation (RT ou LT) doit en plus être enregistrée. Lors d'une stimulation héli champ gauche les dérivations LO-MF, MO-MF, RO-MF et RT-MF sont enregistrées;
- Une seule dérivation, qui enregistre la région occipitale moyenne (MO), peut être utilisée pour déterminer si une réponse est obtenue lors des PEV par flash. Si aucune réponse n'est recueillie, enregistrer les régions occipitales droite et gauche en plus.

3.1.2 Dérivations en PEATC

- Un minimum de deux dérivations doivent être enregistrées en PEATC :
 - Une dérivation avec le vertex et l'oreille ipsilatérale à la stimulation, une autre avec le vertex et l'oreille controlatérale à la stimulation;
 - Il est recommandé d'enregistrer une dérivation en utilisant les électrodes placées aux oreilles pour mieux voir l'onde I sur le tracé.

3.1.3 Dérivations en PES

- Un minimum de quatre dérivations doivent être enregistrées en PES pour les membres supérieurs :
 - Une dérivation pour le point d'Erb ipsilatéral et une autre pour le niveau cervical;
 - Deux dérivations pour les réponses cérébrales, soit ipsilatérale et controlatérale à la stimulation²⁰. Les électrodes de la région frontale (ex. : Fz ou F3, F4) ou celle de la région pariétale (CPc)²¹ peuvent être utilisées;
 - L'utilisation d'une électrode de référence qui n'est pas placée sur la tête (ex. : EPc) pour la dérivation qui enregistre le potentiel cervical est recommandée;
 - Lorsque l'électrode A1 ou A2 est utilisée comme électrode de référence avec l'électrode active placée sur la tête (CPc), il est conseillé d'employer celle qui est ipsilatérale à la stimulation.

¹⁹ Le positionnement plus latéral des électrodes de la région occipitale, obtenu par le Système Queen Square, permettrait d'améliorer les réponses aux stimulations plein champ ou champ partiel chez une clientèle adulte avec des lésions partielles du système visuel (réf. : ACNS, *Guidelines 9B: Guidelines on Visual Evoked Potentials*, page 5)

²⁰ IFCN, *Recommendations for the clinical use of somatosensory-evoked potentials*, section 2.2.1.1 Recording electrode locations

²¹ ACNS, *Guideline 9D, Standards for short latency somatosensory evoked potentials*, section III Upper Extremity SSEPs Recording

- Un minimum de quatre dérivations doivent être enregistrées en PES pour les membres inférieurs :
 - Une dérivation pour le potentiel lombaire et au moins deux dérivations pour la réponse cérébrale;
 - Il est recommandé d'utiliser une dérivation unipolaire pour enregistrer le potentiel lombaire, placer l'électrode de référence sur une surface neutre (ex. : la crête iliaque);
 - L'enregistrement de l'activité au creux poplité sur une dérivation est souhaitable. Elle permet dans le cas où aucune réponse n'est enregistrée au niveau lombaire d'éliminer un problème technique au niveau de la stimulation.

3.2 Enregistrement : acquisition des données

- Un étalonnage de tous les systèmes d'enregistrement doit être réalisé périodiquement pour s'assurer de leur intégrité, se référer aux recommandations du fabricant. Un étalonnage, du système de stimulation auditive en PEATC²², doit aussi être effectué;
- Les informations sur la stimulation utilisées doivent être indiquées sur le tracé (ex. : PEV : stimulation plein champ, angle du champ visuel, angle sous-tendu par les carreaux; PEATC : polarité de la stimulation, intensité de stimulation);
- Des **artéfacts** physiologiques, instrumentaux et environnementaux peuvent être enregistrés au cours de l'examen, le technologue doit être en mesure de les reconnaître, de les identifier et de les éliminer, si possible;
- La fonction rejet d'artéfact doit être utilisée pour éliminer les réponses ayant trop d'artéfacts²³ :
 - Trop d'artéfacts musculaires peuvent affecter la reproductibilité des réponses;
 - Une impédance trop élevée peut augmenter le nombre de réponses rejetées.
- Le nombre de réponses moyennées ou enregistrées doit être suffisant pour obtenir une réponse de qualité et reproductible. Indiquer le nombre de réponses moyennées sur le tracé :
 - Lorsque l'amplitude du signal enregistré est petite, une augmentation du nombre de réponses moyennées peut améliorer le ratio signal/bruit;
 - En PEM, il est recommandé d'enregistrer, pour chaque muscle, au moins cinq ou six réponses dont l'amplitude est maximale et la latence est la plus courte;
 - Au minimum, deux séries de réponses moyennées doivent être obtenues pour chaque stimulation afin de s'assurer de la **reproductibilité** des ondes. Les réponses sont superposées pour valider leur reproductibilité.
- Le déroulement de l'examen doit être modifié au besoin, en fonction de l'état du patient, des données obtenues ou pour l'obtention d'informations supplémentaires. L'examen doit contenir tous les éléments nécessaires au médecin pour interpréter l'examen et établir le diagnostic;
- Les ondes enregistrées doivent être identifiées (ex. : N75, P100, N9, N20, V, l'onde I) et diverses données doivent être mesurées ou calculées (ex. : latences, amplitudes, intervalles, ratio V/I, temps de conduction central);
- Les réponses obtenues (ex. : latence, voltage, intervalles, temps de conduction central) doivent être évaluées et comparées aux valeurs de référence du laboratoire ainsi que la symétrie droite-gauche;
- À la fin de l'examen, le tracé et les données numériques doivent être transmis au médecin selon les procédures établies;

²² ACNS, *Guideline 9C: Guidelines on Short-Latency Auditory Evoked Potentials*, section III Stimulus

²³ Ne s'applique pas au PEM

- Tous les éléments constituant le dossier patient doivent être conservés au même endroit. Des sauvegardes de sécurité (back-up) doivent être effectuées régulièrement.

3.2.1 Enregistrement : acquisition des données en PEV

- L'**acuité visuelle** doit être mesurée avant la réalisation de l'examen;
- Une **stimulation visuelle** doit être utilisée pour les potentiels évoqués visuels :
 - Un écran avec des damiers noir-blanc qui s'inverse est utilisé pour produire la stimulation visuelle;
 - Le contraste entre les carreaux noirs et blancs doit être assez élevé (ex. : $\geq 50\%$) et la luminance doit être ≥ 50 candelas par mètre carré (cd m⁻²)^{24, 25};
 - Une stimulation par flash²⁶ avec un stroboscope (ou une coupole de Ganzfeld) peut être aussi utilisée dans certains cas, se référer aux protocoles établis;
 - Différentes grandeurs de carreaux doivent être utilisées (au moins 2) pour la stimulation par damiers inversés;
 - Une stimulation plus sélective de la région maculaire est obtenue si le champ visuel stimulé se situe entre 2 et 4° avec de petits carreaux soit de 12 à 16 minutes;
 - Une stimulation plus périphérique est obtenue si le champ visuel se situe entre 16 et 32 ° avec de grands carreaux de 40 à 50 minutes;
 - Une stimulation au flash est produite le plus souvent par un photostimulateur.

Rappel :

Calcul du ratio du contraste des damiers noir et blanc :

$$\frac{(\text{luminance maximale} - \text{luminance minimale}) \times 100}{(\text{luminance maximale} + \text{luminance minimale})}$$

Calcul de l'angle sous-tendu par l'écran :

$$\text{tangente de l'angle visuel} = \frac{\text{largeur de l'écran}}{\text{distance patient-écran}}$$

Calcul de l'angle sous-tendu par un carreau :

$$\text{tangente de l'angle visuel} = \frac{\text{largeur du carreau}}{\text{distance patient-écran}}$$

- La stimulation doit être faite un œil à la fois, l'œil stimulé doit être clairement indiqué sur le tracé :
 - L'œil non stimulé doit être bien caché par un cache-œil opaque;
 - Les stimulations binoculaires peuvent être utilisées en complément;

²⁴ La brillance des damiers et particulièrement celle du noir a un effet sur la latence et l'amplitude des ondes en PEV

²⁵ La luminance se mesure avec un photomètre

²⁶ Les PEV au flash donnent de moins bons résultats que les PEV par damiers inversés. Ils sont utilisés chez les enfants très jeunes ou les patients qui ne collaborent pas bien, que leur attention est très limitée (ne fixent pas bien le centre de l'écran) (réf. : ACNS, *Guidelines 9B: Guidelines on Visual Evoked Potentials*, 2008)

- Le patient doit fixer un point placé au centre de l'écran. Dans le cas d'une stimulation hémichamp, le point de fixation doit être déplacé, dans le champ visuel non stimulé, de 1 ° ou de la largeur de 1 carreau.
- Le patient doit être placé en position assise dans une chaise confortable, la hauteur de la chaise doit être ajustable :
 - La distance entre le patient et l'écran doit être supérieure à 70 cm pour aider le patient à maintenir le « focus » durant la stimulation (ne pas augmenter la fatigue).
- La pièce doit être sombre pour ne pas modifier l'intensité de la stimulation;
- La **fréquence de stimulation** (l'inversion des carreaux) doit être ≤ 4 / seconde (1 à 2/seconde est souhaitable) :
 - La fréquence de la stimulation par flash de 1/ seconde est idéale, elle peut être plus lente pour les jeunes enfants.
- Un minimum de 100 à 200 réponses moyennées doivent être enregistrées pour chaque type de stimulations et grosseur de carreaux, et ce, pour chaque œil stimulé :
 - Chaque série réalisée doit comprendre elle aussi, 100 à 200 réponses moyennées;
 - Chez les enfants moins de 100 réponses moyennées peuvent être enregistrées car il est souvent difficile d'avoir leur attention sur une longue période;
 - Plus des 200 réponses moyennées peuvent être nécessaires pour s'assurer de la reproductibilité des ondes lors des stimulations hémichamp;
 - Lorsque l'amplitude des ondes est faible, plus de 400 réponses moyennées peuvent être nécessaires pour s'assurer de la reproductibilité des ondes.
- Toutes les informations nécessaires à l'interprétation de l'examen doivent être indiquées (ex. : l'acuité visuelle, le niveau d'éveil et d'attention du patient, le type de stimulation, l'angle sous-tendu par l'écran et les carreaux utilisés).

3.2.2 Enregistrement : acquisition des données en PEATC

- Une stimulation auditive doit être utilisée pour les potentiels évoqués auditifs :
 - Des écouteurs sont utilisés pour émettre la stimulation auditive (ex. : clic, tone pips, tone burst). Un stimulateur inséré dans le conduit auditif²⁷ peut être employé dans certains cas (ex. : pour mieux voir l'onde I);
 - L'onde sonore la plus souvent utilisée pour produire une stimulation auditive est le clic (onde carrée monophasique);
 - La **polarité du clic** (raréfaction, condensation ou alterné) dépend de la pression appliquée par l'onde sonore sur le tympan de l'oreille²⁸. En général une stimulation en raréfaction est utilisée²⁹;
 - La polarité du clic est indiquée sur le tracé.

²⁷ Utiliser un embout d'oreille en mousse à usage unique qui doit être changé à chaque patient

²⁸ Une pression négative correspond à une stimulation en raréfaction, une pression positive à une stimulation en condensation tandis qu'une stimulation alternée est à la fois une en raréfaction et en condensation. Toujours utiliser la même polarité du son que celle qui a servi à établir la banque de valeurs normales du laboratoire

²⁹ La latence et la morphologie des ondes sont affectées par la polarité du clic. La polarité utilisée pour établir la banque de valeurs normales doit être la même pour la réalisation des examens (réf. : IFCN, *Short-Latency Auditory Evoked Potentials*, p70)

- Le **seuil de sensibilité** « sensation level (SL) » de chaque oreille doit être déterminé³⁰ :
 - Le plus faible clic sonore que le patient peut entendre correspond au seuil de sensibilité de cette oreille (ex. : 10 dBSL);
 - Un seuil d'audition prédéterminée³¹ « decibel above normal hearing (dBHL) » sera utilisé lorsqu'il est impossible de déterminer le seuil de sensibilité (ex. : chez les bébés, un patient non coopérant, un patient dans le coma).
- L'**intensité de la stimulation** doit être ajustée, 60 dB ou 70 dB sont ajoutés au seuil de sensibilité de chaque oreille, se référer au protocole établi :
 - Chaque oreille est stimulée individuellement;
 - Une augmentation de l'intensité de stimulation permet de mieux visualiser l'onde I, une diminution de l'intensité permet de mieux visualiser l'onde V.
- Les **protocoles** d'examen devraient comprendre différentes intensités de stimulation :
 - Utiliser plus d'une intensité de stimulation (ex. : stimuler à une intensité plus basse) permet de confirmer les informations obtenues;
 - Un protocole pour déterminer le **seuil** audiométrique **objectif** ou le **seuil électrophysiologique**³² devrait être utilisé chez les enfants, les patients dans le coma ou non coopératifs ou avec un problème auditif. La stimulation devrait débuter avec une grande intensité (ex. : 120 dB pe SPL) et celle-ci devrait être diminuée de 10 dB à la fois jusqu'à la disparition de l'onde V (il est aussi acceptable de diminuer l'intensité par tranche de 20 dB).
- Un **bruit de fond** doit être placé dans l'oreille controlatérale à la stimulation, son intensité doit être inférieure à celle de la stimulation (ex. : 40 ou 60 dB). Se référer au protocole établi;
- La fréquence de **stimulation** doit se situer entre 8 à 11/seconde et la durée du clic doit être de 100 microsecondes :
 - La fréquence de stimulation ne doit pas être un diviseur de 60 (ex. : 10);
 - Il n'est pas recommandé d'utiliser une fréquence supérieure à 10/seconde pour ne pas affecter l'amplitude des ondes.
- Un minimum de 1000 à 4000 réponses moyennées doivent être enregistrées pour chaque intensité de stimulation, et ce, pour chaque série réalisée. Pour atténuer l'ÉEG, au moins 2000 réponses moyennées sont nécessaires.

3.2.3 Enregistrement : acquisition des données en PES

- Une stimulation électrique, en courant constant, doit être utilisée pour les potentiels évoqués somesthésique. Un choc électrique est envoyé sur le trajet du nerf, l'intensité de la stimulation est augmentée jusqu'à l'obtention d'une faible contraction du muscle innervé par le nerf stimulé;
- La **stimulation électrique** doit avoir une fréquence entre 3 à 5 stimulations/seconde et la durée doit se situer entre 0,1 et 0,3 ms;
- Un minimum de 500 réponses moyennées doivent être enregistrées pour chaque membre, et ce, pour chaque série réalisée.

³⁰ Il est exprimé en décibel (dB)

³¹ Ce seuil d'audition est établi en fonction d'un groupe de jeunes adultes normaux chez qui on a établi dans les mêmes conditions que l'enregistrement des PEATC, les seuils de sensibilité pour chaque oreille

³² Intensité minimale pour obtenir une onde V clairement identifiable

Vous référer au volet général des Normes de pratique en électrophysiologie médicale à la section « *Sécurité du patient/Sécurité lors de l'utilisation de l'énergie électrique invasive* » pour l'utilisation sécuritaire des stimulations électriques.

3.2.4 Enregistrement : acquisition des données en PEM^{33, 34, 35}

- Une stimulation magnétique transcrânienne (TMS) doit être utilisée pour les potentiels évoqués moteurs. Une stimulation électrique transcrânienne (TES) pourrait aussi être utilisée. Cette méthode est inconfortable et douloureuse pour le patient car elle provoque une contraction des muscles de la tête. Elle est surtout utilisée lorsque le patient est anesthésié;
- La TMS doit être placée de manière à induire dans le cortex moteur la stimulation nécessaire pour produire une réponse motrice optimale (la meilleure réponse motrice enregistrable) au niveau du ou des membres stimulés. Une stimulation magnétique peut être utilisée pour stimuler la moelle épinière, elle doit être appliquée au niveau cervical pour les membres supérieurs (ex. : C7) et au niveau lombaire pour les membres inférieurs (ex. : L1);
- Un minimum de 5 à 6 réponses doivent être enregistrées pour chaque site de stimulation pour s'assurer de la reproductibilité des réponses. Plus de 3 secondes doivent séparer les différentes stimulations magnétiques;
- L'utilisation des stimulations magnétiques doit être sécuritaire³⁶ :
 - S'assurer auprès du patient qu'il n'y a pas de contrindications à l'utilisation des TMS (ex. : épilepsie, métal au niveau de la tête, implant cochléaire)³⁷;
 - La stimulation magnétique produit un champ magnétique de 1 ou 2,5 Tesla (T) dont la durée est brève ≤ 1 ms. La TMS utilisée peut être monophasique ou biphasique;
 - Aucune électrode sur la tête ou intracérébrale ne doit être placée à l'endroit où le champ magnétique passe.

Vous référer au volet général des Normes de pratique en électrophysiologie médicale à la section « *Sécurité du patient/Sécurité lors de l'utilisation de stimulations magnétiques* » pour l'utilisation sécuritaire des TMS.

3.3 Paramètres techniques

- Le **filtre de 60 Hz** ne doit pas être utilisé de routine en PE. Celui-ci devrait être utilisé **uniquement** lorsque toutes les mesures pour éliminer l'artéfact ont échouées.

³³ IFCN, *Magnetic stimulation : motor evoked potentials*, 1999

³⁴ IFCN, *A practical guide to diagnostic transcranial magnetic stimulation: Report of an IFCN committee*, 2012

³⁵ IFCN, *Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord, roots and peripheral nerves: Basic principles and procedures for routine clinical and research application. An updated report from an I.F.C.N. Committee*, 2015

³⁶ IFCN, *Safety, ethic consideration, and application guidelines for the use of transcranial magnetic stimulation in clinical practice and research*, 2009

³⁷ Réf. : Annexe 1 : Questionnaire préalable aux stimulations magnétiques transcrâniennes

3.3.1 Paramètres techniques en PEV

Les paramètres techniques utilisés, pour une stimulation plein champ, héli champ ou par flash, sont les mêmes :

- La **sensibilité** doit être ajustée pour capter des potentiels dont l'amplitude se situe entre d'environ 5 à 20 μV ;
- Le **filtre de basses fréquences** (FBF-FPH) doit être ≤ 1 Hz. La fréquence de coupure est de -3 dB à 1 Hz et de -12 dB/octave;
- Le **filtre de hautes fréquences** (FHF-FPB) doit être ≤ 100 Hz. La fréquence de coupure est de -3 dB à 100 Hz et de -24 dB/octave;
- Un **temps d'analyse**, d'au moins 250 ms est requis, lorsque les PEV sont réalisés pour une clientèle adulte :
 - Lorsque la latence des ondes est prolongée, augmenter le temps d'analyse à 500 ms;
 - Chez les enfants, utiliser un temps d'analyse d'au moins 400 ms.

3.3.2 Paramètres techniques en PEATC

- La **sensibilité** doit être ajustée pour capter des potentiels de bas voltage, l'amplitude des ondes est $\leq 1\mu\text{V}$;
- Le **filtre de basses fréquences** (FBF-FPH) doit se situer entre 10 à 30 Hz :
 - La fréquence de coupure est de -3 dB et -12 dB/octave;
 - Le FBF peut être augmenté jusqu'à 200 Hz lorsque l'artéfact musculaire est dominant (cette augmentation du FBF n'est pas recommandée pour des examens réalisés avec la clientèle pédiatrique).
- Le **filtre de hautes fréquences** (FHF-FPB) doit se situer entre 2 500 à 3 000 Hz. La fréquence de coupure est de -3 dB et de -24 dB/octave;
- Le **temps d'analyse** doit se situer entre 10 à 15 ms. Un temps d'analyse de 15 ms est nécessaire en néonatalogie ou lorsque la latence des ondes est très prolongée dans certaines pathologies.

3.3.3 Paramètres techniques en PES

- La **sensibilité** doit être ajustée pour capter des potentiels de faible amplitude d'environ 2 à 5 μV ;
- Le **filtre de basses fréquences** (FBF-FPH) doit être ≤ 30 Hz. La fréquence de coupure est de -3 dB et de -12 dB/octave;
- Le **filtre de hautes fréquences** (FHF-FPB) doit être $\leq 3\ 000$ Hz. La fréquence de coupure est de -6 dB/octave;
- Le **temps d'analyse** doit être inférieur à 100 ms (ex. : 40 ms pour les membres supérieurs et 60 ms pour les membres inférieurs). Le temps d'analyse peut être augmenté lorsque les réponses sont allongées.

3.3.4 Paramètres techniques et de stimulation en PEM

- La **sensibilité** doit être ajustée, pour trouver le seuil moteur elle doit se situer entre 50 et 100 μV /division et pour les PEM entre 1 à 2 mV/division;
- Le **filtre de basses fréquences** (FBF-FPH) doit être à 1 Hz;
- Le **filtre de hautes fréquences** (FHF-FPB) doit être \geq à 2 kHz;
- Le **temps d'analyse** doit être d'au moins 100 ms pour l'étude de la conduction centrale et périphérique et d'environ 500 ms pour mesurer la durée de la période de silence.

Monitoring peropératoire

Le technologue en électrophysiologie médicale doit maîtriser tous les éléments techniques liés à la réalisation du monitoring peropératoire³⁸ au cours d'une intervention neurochirurgicale, cervico-faciale (ex. : neurinome acoustique, tumeur du nerf facial), vasculaire, cardiaque ou orthopédique.

Il doit avoir reçu une formation spécifique pour être en mesure d'effectuer divers types de monitoring notamment le potentiel évoqué du tronc cérébral (PEATC), le potentiel évoqué somesthésique (PES), le potentiel évoqué moteur (PEM), l'électromyographie (ÉMG) et l'électroencéphalogramme (ÉEG). Le technologue doit aussi avoir reçu une formation particulière sur l'analyse des données, les médicaments et leurs effets sur les potentiels bioélectriques et la résolution de problèmes. Il doit être en mesure de réagir adéquatement et rapidement pour régler les problèmes qui surviennent au cours du monitoring ou lors de situations d'urgence.

Le monitoring peropératoire est un processus évolutif. Plusieurs facteurs entrent en ligne de compte, notamment les buts du monitoring (ex. : prévenir les paralysies, identifier des tissus nerveux vs tumoraux, localiser la lésion), la raison de la chirurgie (ex. : ablation d'un neurinome acoustique, correction d'une scoliose), les besoins du chirurgien ou les données obtenues. Ces normes de pratique se veulent, un guide pour établir les balises du monitoring. Le technologue doit adapter la conduite du monitoring tout au long de la procédure chirurgicale.

1 Fichier technique

Le fichier technique doit respecter les recommandations et les lignes directrices des différents organismes qui régissent la pratique du monitoring peropératoire soit l'American Clinical Neurophysiology Society (ACNS) et l'International Federation of Clinical Neurophysiology (IFCN) et l'American Society of Electro-neurodiagnostic Technologists (ASET).

2 Contenu du fichier technique

Le fichier technique contient tous les éléments nécessaires à la réalisation des différents types de monitoring peropératoire (ex. : PEATC, PES, PEM, ÉMG). On retrouve dans le fichier technique des :

2.1 Spécifications techniques pour les appareils

Des appareils dédiés au monitoring peropératoire existent, il est préférable de les utiliser étant donné qu'ils sont conçus pour les enregistrements dans un environnement où plusieurs champs électromagnétiques sont présents. Quelques spécificités sont imposées pour le monitoring³⁹ :

2.1.1 Systèmes d'enregistrement

- Le système doit avoir un nombre suffisant de canaux pour permettre selon le type de chirurgie, l'acquisition de plusieurs signaux bioélectriques (ex. : minimalement 16 canaux);
- La fréquence d'échantillonnage « simpling rate » doit être élevée, elle sera choisie en fonction du signal enregistré. Les plus récents appareils offrent des fréquences d'échantillonnage de l'ordre des mégahertz⁴⁰;

³⁸ Appelé en anglais « *IONM-Intraoperative neuromonitoring* »

³⁹ Se référer aux différentes lignes directrices en vigueur (de l'ACNS et l'IFCN) pour obtenir les plus récentes spécificités techniques des appareils

⁴⁰ La fréquence d'échantillonnage peut aussi être exprimée en hertz

- Le système doit permettre d'enregistrer des signaux consécutifs aux stimulations et des signaux en continu (ex. : activité spontanée en ÉMG);
- Des précautions particulières doivent être prises pour assurer la sécurité électrique des patients :
 - Les courants de fuites doivent être vérifiés plus souvent, se référer aux procédures établies dans le service;
 - Les amplificateurs doivent être isolés pour empêcher les fuites de courant générées par le système d'alimentation ou présent à la sortie de l'amplificateur de retourner vers le patient.

N.B. Vous référer au fascicule des *Normes de pratique spécifique en Électro-physiologie médicale* à la section « *Amélioration et contrôle de la qualité/Sécurité électrique* » pour les vérifications et contrôles à effectuer pour assurer la sécurité électrique du patient.

2.2 Protocoles et procédures

Le fichier technique doit contenir tous les éléments essentiels à la réalisation de différents types de monitoring peropératoire. On retrouve :

- Une liste du matériel et des accessoires nécessaires à la réalisation du monitoring (ex. : appareil de potentiel évoqué, électrodes aiguilles sous-cutanées, électrodes aiguilles en tire-bouchon, câbles blindés);
- Un protocole pour chaque type de monitoring réalisé en salle d'opération (ex. : monitoring moelle épinière : PES et PEM des membres inférieurs; monitoring des nerfs crâniens : PEATC et ÉMG du nerf auditif; Cartographie du cortex moteur et sensitif) :
 - Les protocoles doivent comprendre les enregistrements de base « baseline values » et le monitoring peropératoire;
 - Se référer aux différentes publications scientifiques ou à différents ouvrages spécialisés, pour élaborer ces protocoles spécifiques^{41, 42, 43, 44}.
- Les procédures :
 - Pour le positionnement des électrodes d'enregistrement avec le Système 10-20 et certains repères anatomiques, s'il y a lieu;
 - Pour le positionnement des électrodes d'enregistrement ou de stimulation électrique directement sur un nerf, une racine nerveuse ou la moelle épinière (épidurale ou spinal);
 - Pour la pose des électrodes d'enregistrement et de stimulation (ex. : auditive ou électrique);
 - Pour l'utilisation des appareils connexes (ex. : écouteur, stimulateur dans le canal auditif);
 - Adaptées aux différentes méthodes de travail des neurochirurgiens, chirurgiens cervico-faciaux (oto-rhino-laryngologistes) ou orthopédistes.

⁴¹ Charles C. J. and Al., *Intraoperative facial motor evoked potential monitoring with transcranial electrical stimulation during skull base surgery*, Clinical neurophysiology, 116 (2005) 588-596

⁴² Aatif H., *A practical approach to neurophysiologic intraoperative monitoring*, Demos Medical Publishing LLC, 2008

⁴³ Galloway G. M. and al., *Intraoperative neurophysiologic monitoring*, Cambridge University Press, 2010

⁴⁴ MacDonald D. B., *Intraoperative motor evoked potential monitoring: Overview and update*, Journal of Clinical Monitoring and Computing, 2006

- Les modifications qui peuvent être apportées au protocole d'examen selon les données recueillies ou contraintes liées à la chirurgie (ex. : PEATC : stimulation avec une électrode insérée dans le canal auditif externe);
- Les contraindications à l'utilisation des stimulations électriques transcrâniennes (ex. : épilepsie, stimulateur cardiaque);
- Les critères de référence pour l'analyser des données et les ondes à identifier (ex. : N13, N20, P40, onde D, onde I) :
 - Les valeurs de référence (ex. : latence, amplitude) sont propres à un patient, elles sont déterminées par l'enregistrement de base « baselines values ». Ces valeurs de référence seront utilisées pour analyser les données recueillies tout au long de la procédure chirurgicale;
 - Déterminer les changements qui doivent être indiqués au chirurgien (ex. : une diminution de plus de 50% de l'amplitude ou une augmentation de plus de 10% de la latence par rapport aux valeurs de base).
- Les procédures pour l'interprétation, en temps réel, des données au cours du monitoring :
 - Au besoin le technologue ou le chirurgien pourra se référer au médecin spécialiste désigné pour une interprétation immédiate des données.
- La liste des médicaments modifiant les réponses des PE (ex. : anesthésiants) :
 - Préciser les modifications apportées aux ondes par ces médicaments (ex. : augmentation de latence, diminution d'amplitude).
- Un descriptif des informations à colliger au dossier patient et au dossier médical concernant la procédure chirurgicale et le monitoring (ex. : déroulement de la procédure, électrodes installées, médicaments administrés, communications faites au chirurgien et à l'anesthésiologiste, potentiels enregistrés).

2.3 Spécificités pour les électrodes et leur positionnement

Vous référer à la section précédente *Potentiels évoqués/Spécificités pour les électrodes et leur positionnement* pour les **électrodes de surface** en PEATC, PES et PEM.

2.3.1 Types d'électrodes

- Des **électrodes aiguilles** (ex. : électrode aiguille, électrode tire-bouchon) peuvent être utilisées lors du monitoring peropératoire :
 - Les électrodes sont faites de différents métaux (ex. : alliage de nickel, acier inoxydable, Téflon);
 - L'utilisation d'électrodes à usage unique est à privilégier, s'assurer qu'elles sont bien stériles avant de les utiliser;
 - En PEM la stimulation électrique doit être effectuée directement sur le cuir chevelu, des électrodes en tire-bouchon seront utilisées pour s'assurer qu'elles resteront en place tout au long de la chirurgie;
 - Les électrodes aiguilles augmentent les risques de brûlure par l'électrocautère au cours du monitoring.

- Des **stimulateurs** à usage unique ou avec embout à usage unique (en acier inoxydable) doivent être utilisés pour les stimulations appliquées directement sur un nerf, une racine nerveuse ou la moelle épinière;
- Des **électrodes corticales** placées directement sur le cerveau doivent être utilisées pour la cartographie du cortex moteur et sensitif, elles sont munies de plusieurs points de contact fixés sur une grille ou une bandelette de silicone souple. Ces électrodes sont faites en platine ou en acier inoxydable, un minimum de 16 points de contact doivent être utilisés pour une cartographie précise.

2.3.2 Positionnement des électrodes

- La localisation de l'emplacement des électrodes de monitoring, placées sur la tête, est déterminée selon le Système 10-20;
- Le positionnement des électrodes d'enregistrement et de stimulation doit être bien indiqué sur le tracé, au besoin utiliser un schéma pour préciser leur emplacement, se référer aux protocoles établis. Indiquer clairement toute modification apportée à l'emplacement des électrodes (ex. : PEATC : Cz déplacée antérieurement pour ne pas être dans le champ chirurgical);
- La **mise à la masse** doit avoir une grande surface de contact afin d'augmenter la protection du patient contre les brûlures causées par l'électrocautère⁴⁵. Placer la mise à la terre entre les premières électrodes d'enregistrement proximales et le site chirurgical, si possible.

Électrodes d'enregistrement :

- Les **électrodes de surface** doivent être fixées sur le cuir chevelu ou la peau en utilisant du collodion;
- Les **électrodes aiguilles** placées **sous le derme** doivent être mise en place par le technologue en respectant les règles d'asepsie. Des électrodes à usage unique sont utilisées, s'assurer qu'elles sont stériles (ex. : vérifier la date de péremption, l'emballage ne doit pas être abimé);
- Les **électrodes aiguilles, épidurales ou spinales** (ex. : électrodes à fil en crochet, électrodes épidurales pour canal rachidien) doivent être utilisées pour enregistrer directement sur un nerf, une racine nerveuse, un muscle ou la moelle épinière et les **électrodes corticales** (ex. : grilles ou bandelettes) employées pour capter l'activité cérébrale doivent être mises en place par le chirurgien. Des électrodes à usage unique sont utilisées, s'assurer qu'elles sont stériles. Les conditions d'asepsie doivent être rigoureusement respectées;
- Des précautions doivent être prises lors du positionnement des électrodes pour diminuer les artefacts et s'assurer que les électrodes resteront en place tout au long de la procédure :
 - Les électrodes de surface doivent être recouvertes d'une pellicule résistante à l'eau pour ralentir le dessèchement et les protéger des liquides et fluides qui pourraient s'écouler au cours de la chirurgie;
 - Les fils des électrodes d'enregistrement sont séparés des fils des électrodes de stimulation pour éviter les artefacts d'induction. Ils doivent bien être fixés pour les empêcher de bouger ou d'être arrachés;
 - Le personnel de la salle d'opération, du secteur interne (dans le champ interne), doit être avisé de la localisation des **électrodes intradermiques, intramusculaires, épidurales ou spinales** afin de prendre les précautions nécessaires pour ne pas accrocher ou faire tomber ces électrodes.

⁴⁵Russell M. J. and M. GAETZ., *Intraoperative electrodes burns*, Journal of Clinical Monitoring and Computing, 2004; 18: 25-32

Électrodes de stimulation :

- Les **électrodes de stimulation** doivent être positionnées adéquatement pour effectuer la stimulation transcrânienne du cortex moteur, se référer aux protocoles établis :
 - Les électrodes aiguilles (ex. : en tire-bouchon) sont habituellement utilisées comme électrodes de stimulation en PEM, les électrodes de surface peuvent aussi être utilisées;
 - Le positionnement des électrodes de stimulation dépend du muscle où la réponse motrice est enregistrée (ex. : orbiculaire des paupières, abducteur du petit doigt, tibial antérieur).
- La distance entre l'anode et la cathode doit être augmentée pour une stimulation efficace :
 - La stimulation doit être anodale;
 - Une grande distance entre l'anode et la cathode permet d'augmenter l'efficacité de la stimulation, celle-ci est plus profonde dans le cerveau. Par contre elle augmente la contraction des muscles du visage et peut causer des arythmies cardiaques si elle passe par le tronc cérébral.
- Les électrodes utilisées pour stimuler les racines nerveuses ou les nerfs lors de l'ÉMG, ou la moelle épinière lors des PEM, doivent être positionnées adéquatement par le chirurgien :
 - Les **électrodes aiguilles, épidurales, spinales ou corticales**, utilisées pour enregistrer, peuvent aussi être employées comme électrodes de stimulation.

2.3.3 Impédance

- Une solution abrasive doit être utilisée pour préparer l'interface peau-électrodes;
- L'impédance des électrodes cutanées ou sous le derme doit être $\leq 5 \text{ k}\Omega$ ou $5\,000 \Omega$, elle est vérifiée avant de commencer l'enregistrement :
 - Les impédances doivent avoir des valeurs comparables entre elles, éviter les trop grandes différences d'impédances;
 - En PEM, une impédance un peu plus élevée, entre 5 et 10 k Ω est acceptée.
- L'impédance de la mise à la masse doit être basse $\leq 1 \text{ k}\Omega$.

2.4 Histoire clinique

Plusieurs informations sont nécessaires pour la réalisation du monitoring, l'analyse et l'interprétation des données. L'histoire clinique du patient doit permettre de recueillir tous ces éléments. On retrouve dans le fichier technique une liste :

- Des informations générales à collecter (ex. : nom, âge);
- Des renseignements spécifiques pour le monitoring (ex. : type de chirurgie : ablation de tumeur, correction de scoliose; présence d'implant : stimulateur vagal, stimulateur cardiaque) et l'interprétation des données (ex. : PEATC : surdité).

3 Réalisation du monitoring peropératoire

Le monitoring est réalisé durant une chirurgie pour diverses raisons. Il peut être utilisé pour localiser avec précision une structure cérébrale ou nerveuse, identifier du tissu nerveux versus du tissu tumoral, détecter au cours de la procédure un problème (ex. : compression ou traction nerveuse, ischémie de la cochlée ou cérébrale) et de corriger celui-ci afin de minimiser ou d'éviter d'éventuels dommages.

Un médecin spécialisé en monitoring doit superviser le technologue en salle d'opération. Cette supervision peut être directe si le chirurgien (oto-rhino-laryngologiste, neurochirurgien, orthopédiste) est habilité à interpréter les données du monitoring ou elle peut s'effectuer à distance par un neurologue⁴⁶.

3.1 Dérivations

- Chaque dérivation enregistrée doit être bien identifiée. Pour chacune des grilles de l'amplificateur différentiel, spécifier l'électrodes employée.

Vous référer à la section précédente *Potentiels évoqués/Réalisation de l'examen/Dérivations* pour les dérivations utilisées en PEATC, PES et PEM au cours du monitoring peropératoire.

3.1.1 Dérivations en PES (monitorage)

- Les PES doivent comprendre l'enregistrement de plusieurs dérivations telles que corticales, sous-corticale (ex. : point d'Erb, creux poplité) et spinales. Se référer aux protocoles établis;
- Le nerf utilisé pour procéder au monitoring par PES doit être sélectionné selon le niveau de la chirurgie rachidienne ou médullaire et les risques inhérents à la chirurgie (ex. : au-dessus de C6 le nerf médian sera utilisé pour le PES). Se référer aux protocoles établis;
- La réponse cérébrale, avec la plus grande amplitude, doit être utilisée pour le monitoring au cours d'une chirurgie rachidienne ou médullaire (en dessous de C8) :
 - Enregistrer la réponse cérébrale à partir de différentes électrodes (ex. : CPi, CPc, CPz., Cz, Pz) afin de déterminer la dérivation qui doit être utilisée pour optimiser le monitoring;
 - Les électrodes de référence peuvent être positionnées sur le point d'Erb ou le menton;
 - Une stimulation du nerf tibial au creux poplité doit être utilisée lorsqu'il est impossible de stimuler à la cheville (ex. : dans le cas d'une polyneuropathie sévère ou une amputation);
 - Il est recommandé d'effectuer aussi un PES des membres supérieurs afin de détecter toute compression ou étirement du plexus brachial causé par la position du patient durant la chirurgie. Le nerf ulnaire devrait être utilisé pour surveiller le tronc inférieur du plexus brachial.

3.2 Enregistrement : acquisition des données

- Un étalonnage du système d'enregistrement doit être réalisé périodiquement⁴⁷;
- Le technologue doit être présent **dans** la salle d'opération pour le branchement des électrodes, l'acquisition des données (le monitoring) et pour débrancher le patient de l'appareil de monitoring et enlever les électrodes à la fin de la procédure :
 - Le technologue ne peut pas effectuer simultanément, le monitoring peropératoire de plusieurs patients;
 - Le monitoring débute avant la chirurgie pour établir les données de base. Il se termine lorsque la procédure chirurgicale est complétée.
- Le choix du monitoring (ex. : PEM, ÉMG, PES) doit être établi en fonction du type de chirurgie et des risques inhérents à celle-ci;

⁴⁶ ACNS, *Guideline 11A: Recommended Standards for Neurophysiologic Intraoperative Monitoring-Principles*, section A. Personnel

⁴⁷ Se référer à la section précédente pour des précisions sur l'étalonnage des appareils de potentiels évoqués

- Le monitoring doit être réalisé en collaboration avec l'anesthésiologiste, le chirurgien, le médecin qui interprète les données⁴⁸ et le technologue en électrophysiologie médicale. Plusieurs facteurs pharmacologiques et mécaniques qui sont sous le contrôle de l'anesthésiologiste ou du chirurgien doivent être pris en considération par le technologue lors de l'acquisition des données et de leur analyse;
- Le **monitorage** réalisé **au cours de la chirurgie** doit s'effectuer selon les procédures établies, les réponses obtenues, les besoins peropératoires et à la demande du chirurgien. Se référer aux procédures établies :
 - En PEATC des potentiels sont enregistrés tout au long de la chirurgie pour l'oreille ipsilatérale, de l'autre côté, des réponses sont acquises au besoin afin de détecter une asymétrie des réponses ou un dommage au tractus de l'autre oreille;
 - En PES, si la chirurgie de la moelle épinière est au-dessus de C6, le nerf médian sera stimulé lors de la chirurgie.
- Un **enregistrement de base** « baseline values » préalable à la chirurgie doit être effectué avant que le patient ne soit anesthésié et positionné pour l'opération :
 - Idéalement un examen préopératoire (ex. : PES, PEATC, PEM) devrait être effectué avant la chirurgie pour planifier les différents enregistrements peropératoires. Souvent il est impossible de procéder à cet enregistrement, celui-ci est alors effectué en salle d'opération;
 - Les données de base sont importantes pour vérifier au cours de la procédure qu'il n'y a pas d'atteinte du système nerveux central ou périphérique;
 - Prévoir ce que le technologue doit faire dans le cas où aucune donnée de base ne peut être enregistrée.
- Les paramètres techniques utilisés pour l'acquisition des données et les paramètres de stimulation doivent être les mêmes que ceux de l'enregistrement de base. Seule l'intensité de stimulation peut varier (ex. : lorsqu'un effet des anesthésiants est observé sur tous les potentiels enregistrés « anesthetic fade »);
- La date et l'heure de l'enregistrement des données bioélectriques et les commentaires du technologue doivent être enregistrés et conservés avec ceux-ci;
- Les informations sur la stimulation utilisées doivent être indiquées sur le tracé (ex. : PEATC : polarité de la stimulation, intensité de stimulation);
- Des artéfacts causés par le bistouri électrique (électrocautère) ou les dispositifs d'électrocoagulation utilisés en cours de chirurgie doivent être éliminés au cours de l'acquisition des données, la fonction rejet d'artéfact doit être utilisée :
 - Le technologue doit être en mesure de les reconnaître, d'identifier et d'éliminer les différents artéfacts rencontrés au cours du monitoring (ex. : fils enroulés, mauvais fonctionnement de l'appareil, 60 Hz);
 - Des électrodes d'enregistrement et de stimulation blindées peuvent être utilisées pour diminuer les artéfacts.

⁴⁸ Dans le cas où c'est un médecin qui n'est pas présent dans la salle d'opération (ex. : neurologue) qui interprète les données du monitoring

- Des précautions particulières doivent être prises pour assurer la **sécurité** du patient au cours du monitoring^{49, 50} :
 - S'assurer qu'il n'y a pas de contrindications à l'utilisation des stimulations électriques transcrâniennes, s'il y a lieu;
 - S'assurer du bon fonctionnement de la mise à la terre de l'appareil d'enregistrement;
 - Utiliser une mise à la masse avec une grande surface de contact et maintenir l'impédance de celle-ci, à une valeur très basse $\leq 1 \text{ k}\Omega$. Elle doit être placée au bon endroit;
 - Prévenir les risques de brûlures par induction. S'assurer que les fils des électrodes (enregistrement et mise à la masse) n'entrent pas en contact avec ceux de l'électrocautère;
 - S'assurer que la mise à la masse de l'électrocautère est bien placée sur le patient, qu'elle a un bon contact tout au long de la chirurgie (l'appareil doit être construit de manière à aviser le chirurgien en cas de court-circuit ou de circuit ouvert);
 - Protéger les appareils utilisés pour le monitoring contre les déversements de liquides qui pourraient survenir au cours de la chirurgie.
- Le nombre de réponses moyennées ou enregistrées doit être suffisant pour obtenir une réponse de qualité. Lorsque l'amplitude du signal enregistré est petite ou qu'il y a trop de bruit qui parasite le signal, une augmentation du nombre de réponses moyennées peut améliorer la qualité du signal;
- Les ondes enregistrées doivent être identifiées (ex. : N75, P100, N9, N20, V, l'onde I) et diverses données doivent être mesurées ou calculées (ex. : latences, amplitudes, intervalles, ratio V/I, temps de conduction central) :
 - Comparer les réponses obtenues au cours du monitoring peropératoire à celles de l'enregistrement de base;
 - En ÉMG, noter la présence ou l'absence d'activité spontanée.
- L'analyse des données doit être faite en tenant compte des facteurs physiologiques (ex. : température corporelle, hypotension artérielle), mécaniques (ex. : insertion de vis) et pharmacologiques (ex. : anesthésiant, bloqueur neuromusculaire) qui peuvent modifier les potentiels enregistrés. Les ondes cérébrales et les potentiels musculaires sont plus affectés par les anesthésiants utilisés, les activités enregistrées au niveau de la moelle épinière ne sont pas perturbées par ces médicaments;
- Le technologue doit indiquer au chirurgien et à l'anesthésiologiste toutes modifications importantes aux données enregistrées (ex. : perte marquée d'amplitude, perte d'onde). Se référer aux critères établis pour l'analyse des données :
 - Le technologue fait une description **objective** des données enregistrées;
 - Le chirurgien ou le neurologue est responsable de l'interprétation des données. Si le neurologue qui interprète les données n'est pas présent, le technologue ou le chirurgien doit pouvoir le contacter. Se référer aux procédures établies.
- Les données en lien avec le monitoring doivent être consignées au dossier patient et au dossier médical (ex. : déroulement de la procédure, électrodes installées, médicaments administrés, communications faites au chirurgien et à l'anesthésiologiste, potentiels enregistrés);
- Tous les éléments constituant le dossier patient doivent être conservés au même endroit. Des sauvegardes de sécurité (back-up) doivent être effectuées régulièrement.

⁴⁹ Parikh SN and Al, *A Third-Degree Burn Caused By a Neurogenic Motor-Evoked Potential Monitoring Electrode During Spinal Surgery*, Spine, 2003, Volume 28, Number 1; pp E21-E24

⁵⁰ Russell M. J. and M. GAETZ., *Intraoperative electrodes burns*, Journal of Clinical Monitoring and Computing, 2004; 18: 25-32

3.2.1 Enregistrement : acquisition des données en PEATC (monitorage)⁵¹

- Un clic sonore émis par des écouteurs ou un stimulateur inséré dans le conduit auditif doit être utilisé comme stimulation auditive :
 - Les écouteurs doivent être stérilisés (ex. : à l'oxyde d'éthylène ou au peroxyde d'hydrogène) avant chaque utilisation en salle d'opération, se référer aux recommandations du fabricant;
 - Protéger les écouteurs des liquides (ex. : sang, eau, fluide) qui pourraient couler dessus au cours de la chirurgie.
- Un clic dont la polarité alterne (condensation-raréfaction) doit être utilisé comme stimulation et la durée du clic doit être de 100 µs. Permet de diminuer les artéfacts de stimulation souvent présents lorsque l'intensité de la stimulation est élevée;
- Une stimulation monaurale doit être utilisée lors des PEATC :
 - La stimulation dans l'oreille ipsilatérale au site de la chirurgie peut être continue pendant la chirurgie afin d'assurer une surveillance constante du nerf auditif ou du tronc cérébral au cours de l'opération;
 - L'oreille controlatérale à la stimulation peut être stimulée périodiquement pour vérifier l'intégrité du tronc cérébral.
- L'**intensité de la stimulation** doit être assez élevée (ex. : 100 dB pe SPL ou 60-70 dBHL) pour stimuler l'oreille tout au long de la chirurgie. Une augmentation de l'intensité de stimulation peut être nécessaire s'il existe une perte auditive ou si durant la chirurgie des fluides se retrouvent dans l'oreille moyenne;
- Un **bruit de fond** (ex. : 60 dB pe SPL ou 30-35 dBHL) doit être placé dans l'oreille controlatérale à la stimulation, se référer au protocole établi;
- La fréquence de **stimulation** doit se situer entre 8 à 11 par seconde pour obtenir des réponses des ondes I, III et V optimales :
 - Pour diminuer le temps d'acquisition des potentiels, la fréquence de stimulation peut être augmentée à 15 par seconde. La qualité des ondes obtenues est diminuée avec une fréquence rapide, par contre les ondes I et V sont toujours bien visibles;
- Un minimum de 500 à 1000 réponses moyennées doivent être enregistrées.

3.2.2 Enregistrement : acquisition des données en PES (monitorage)^{52, 53}

- Les **électrodes de stimulation** doivent être disposées sur le trajet du nerf selon le niveau (cervical, lombaire ou thoracique) où se situe la chirurgie (ex. : en haut de C6, le nerf médian est utilisé; en bas de C8 le nerf sciatique poplité interne est enregistré) :
 - Si l'appareil le permet, l'acquisition des PES peut être effectuée simultanément sur les 2 côtés. Ceci permet de réduire le temps d'acquisition des données;
- L'**intensité de la stimulation** doit être assez élevée pour produire une faible contraction musculaire, en général, elle n'excède pas 30 ou 40 mA;

⁵¹ ACNS, *Guideline 11 C: Recommended Standards for Intraoperative Monitoring of Auditory Evoked Potentials*, 2009

⁵² ACNS, *Guideline 11 B: Recommended Standards for Intraoperative Monitoring of Somatosensory Evoked Potentials*, 2009

⁵³ ACNS, *Guideline 15: Evidence-Based Guidelines Update: Intraoperative Spinal Monitoring with Somatosensory and Transcranial Electrical Motor Evoked Potentials*, 2012

- La **stimulation électrique** doit avoir une fréquence entre 2 à 8 stimulations/seconde, elle peut être augmentée pour diminuer le temps d'acquisition des données;
- Un nombre suffisant de réponses moyennées doivent être enregistrées (ex. : entre 250 à 1000) pour chaque membre, et ce, pour chaque série réalisée. Pour une cartographie du cortex sensitif et moteur, entre 25 à 50 réponses moyennées sont nécessaires.

3.2.3 Enregistrement : acquisition des données en PEM^{54, 55, 56}

- Des stimulations électriques transcrâniennes (TES) doivent être utilisées pour les potentiels évoqués moteurs en salle d'opération :
 - Une stimulation en voltage constant est utilisée. Un courant électrique, de haut voltage (800 à 1500 V maximum) et de brève durée (ex. : 0,05 à 0,1 ms), est appliqué sur la surface du crâne, il pénètre dans le cerveau⁵⁷;
 - Cette méthode est surtout utilisée lorsque le patient est sous anesthésie car elle est inconfortable et douloureuse;
 - Des stimulations électriques peuvent aussi être faites au niveau de la moelle épinière, elles sont effectuées par le chirurgien.
- Des stimulations en train (ex. : entre 3 à 7 stimulations) doivent être utilisées. Elles permettent de stimuler efficacement le tractus moteur (du cortex, au motoneurone inférieur, jusqu'au muscle) grâce au phénomène de sommation temporelle⁵⁸;
- Le chirurgien doit être avisé avant d'appliquer les stimulations électriques. Le patient n'étant pas curarisé, il y aura une réponse motrice à la TES.

Vous référer au volet général des Normes de pratique en électrophysiologie médicale à la section « Sécurité du patient/Sécurité lors de l'utilisation de l'énergie électrique invasive » pour l'utilisation sécuritaire de TES.

3.3 Paramètres techniques

- Les paramètres techniques doivent être sélectionnés de manière à optimiser le captage des potentiels du patient sous monitoring :
 - Les paramètres sont individualisés en fonction du type monitoring et du patient afin d'assurer la stabilité des enregistrements;
 - Les paramètres choisis doivent rester les mêmes tout au long du monitoring.
- Le **filtre de 60 Hz** ne doit pas être utilisé de routine en monitoring peropératoire. Celui-ci devrait être utilisé **uniquement** lorsque toutes les mesures pour éliminer l'artéfact ont échouées.

⁵⁴ IFCN, *Magnetic stimulation : motor evoked potentials*, 1999

⁵⁵ IFCN, *A practical guide to diagnostic transcranial magnetic stimulation: Report of an IFCN committee*, 2012

⁵⁶ IFCN, *Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord, roots and peripheral nerves: Basic principles and procedures for routine clinical and research application. An updated report from an I.F.C.N. Committee*, 2015

⁵⁷ MacDonald D. B., *Intraoperative motor evoked potential monitoring: Overview and update*, 2006

⁵⁸ Une sommation temporelle est obtenue lorsqu'il y a, dans un court intervalle de temps, un certain nombre de stimulations successives

3.3.1 Paramètres techniques en PEATC (monitorage)

- La **sensibilité** doit être ajustée de manière à capter des potentiels de bas voltage, l'amplitude des ondes est $\leq 1\mu\text{V}$;
- Le **filtre de basses fréquences** (FBF-FPH) doit se situer entre 100 à 150 Hz :
 - La fréquence de coupure est de -3 dB et -12 dB/octave;
 - Le FBF peut être augmenté jusqu'à 200 Hz lorsque l'artéfact musculaire est dominant (cette augmentation du FBF n'est pas recommandée pour des examens réalisés avec la clientèle pédiatrique).
- Le **filtre de hautes fréquences** (FHF-FPB) doit se situer entre 2 500 à 3 000 Hz :
 - La fréquence de coupure est de -3 dB et de -24 dB/octave;
 - Le filtre peut être augmenté jusqu'à 1 000 Hz lorsqu'il y a plusieurs artéfacts de hautes fréquences.
- Le **temps d'analyse** doit se situer minimalement à 15 ms :
 - Un temps d'analyse de 15 ms est nécessaire étant donné que les latences peuvent être allongées en salle d'opération par la température froide dans la pièce ou par la procédure opératoire.

3.3.2 Paramètres techniques en PES (monitorage)

- La bande passante doit se situer entre 30 Hz à 1 kHz :
 - La fréquence de coupure est de -3 dB;
 - Pour la cartographie du cortex moteur et sensitif, la bande passante doit se situer entre 250 Hz à 1,5 kHz.
- Le **temps d'analyse** doit être inférieur à 150 ms (en général 50 ms sont suffisantes) :
 - Le temps d'analyse peut être augmenté lorsque les réponses sont allongées.

3.3.3 Paramètres techniques et de stimulation en PEM

- La bande passante doit se situer entre 20 à 2 kHz :
 - Une bande passante plus grande (ex. : entre 10 et 5 kHz) peut être nécessaire;
- La **sensibilité** doit être ajustée selon l'amplitude du potentiel (ex. : de 100 μV /division à quelques mV/division);
- Le temps d'analyse doit être d'au moins 100 ms.

3.3.4 Paramètres techniques en monitoring d'ÉMG

- La bande passante doit se situer entre 30 Hz à 16 kHz;
- La **sensibilité** doit être augmentée pour enregistrer des fibrillations, des unités motrices et des décharges myotoniques (ex. : 200 ou 500 μV /division, parfois jusqu'à 100 μV /division);
- Le **temps d'analyse** doit être d'au moins 100 ms.

Annexe 1

Questionnaire préalable aux stimulations magnétiques transcrâniennes

1. Souffrez-vous d'épilepsie, ou avez-vous déjà convulsé ou fait une crise d'épilepsie? Oui Non
2. Est-ce qu'un membre de votre famille souffre d'épilepsie? Oui Non
Si oui, précisez le lien de parenté _____
3. Avez-vous déjà perdu conscience ou eu une syncope? Oui Non
Si oui, précisez à quelle occasion : _____
4. Avez-vous été victime d'une commotion cérébrale ou d'une perte de conscience à la suite à d'un traumatisme crânien? Oui Non
5. Souffrez-vous de problèmes auditifs ou d'acouphènes? Oui Non
6. Êtes-vous porteur d'implants cochléaires? Oui Non
7. Êtes-vous enceinte? Oui Non
8. Avez-vous des dispositifs métalliques implantés dans le cerveau ou ailleurs dans le corps (ex.: éclats, fragments, clips)? Oui Non
Si oui, précisez le type de métal et sa localisation _____
9. Êtes-vous porteur d'un neurostimulateur (ex.: stimulation cérébrale profonde, stimulation épидurale/sous-durale, stimulateur du nerf vague)? Oui Non
10. Êtes-vous porteur d'un cardiostimulateur ou d'un cathéter intracardiaque? Oui Non
11. Êtes-vous porteur d'une pompe à médicaments? Oui Non
12. Prenez-vous une médication tels que des médicaments sur ordonnance, en vente libre ou des plantes médicinales? Oui Non
Si oui, précisez : _____
13. Avez-vous déjà eu des stimulations transcrâniennes à courant continu (STCC) ou des stimulations magnétiques transcrâniennes (SMT)? Oui Non
Si oui, pour quelle raison ces stimulations étaient nécessaires? _____

Date de la dernière SMT/STCC : _____

Nombre de SMT/STCC au cours du dernier mois : _____

Nombre de SMT/STCC au cours des 12 derniers mois : _____

14. Avez-vous déjà subi un examen d'imagerie par résonance magnétique? Oui Non
Si oui, la raison de cet examen _____

15. Avez-vous déjà subi une intervention neurochirurgicale (y compris la chirurgie oculaire)? Oui Non
Si oui, précisez : _____

16. Êtes-vous actuellement traité pour le paludisme (malaria)? Oui Non

17. Avez-vous consommé plus de trois verres d'alcool au cours des 24 dernières heures? Oui Non

18. Avez-vous consommé de l'alcool aujourd'hui? Oui Non

19. Avez-vous consommé plus d'une tasse de café, ou une autre source de caféine, au cours de la dernière heure? Oui Non

20. Quantité de liquide ingéré depuis le début de la journée : _____ ml

21. Heure du dernier repas : _____

22. Avez-vous consommé des substances (ex. : drogue) au cours des 24 dernières heures? Oui Non

23. Nombre d'heures de sommeil au cours de la dernière nuit : _____

J'ai complété avec le technologue le questionnaire ci-dessus et je confirme que les renseignements sont exacts.

Signature du patient : _____

J'ai revu et complété avec le patient le questionnaire ci-dessus.

Signature du technologue : _____

Liste des acronymes et sigles

ASET	American Society of Electroneurodiagnostic Technologists Inc
ÉEG	Électroencéphalogramme
ÉMG	Électromyogramme
PE	Potentiel évoqué
PEV	Potentiel évoqué visuel
PEA	Potentiel évoqué auditif
PEATC	Potentiel évoqué auditif du tronc cérébral
PES	Potentiel évoqué somesthésique
PEM	Potentiel évoqué moteur
TES	Stimulation électrique transcrânienne
TMS	Stimulation magnétique transcrânienne
VCN	Vitesse de conduction nerveuse

Abréviations pour les électrodes

C7S	7 ^e vertèbre cervicale
CPi	Centropariétale ipsilatérale
CPc	Centropariétale controlatérale
CPz	Centropariétale médiane
Cv6	6 ^e vertèbre cervicale
EPc	Point d'Erb controlatéral
EPI	Point d'Erb ipsilatéral
GI	Glotte
LO	Occipitale gauche
M1	Mastoïde gauche
M2	Mastoïde droite
MF	Mifrontale
MO	Occipitale moyenne
Pc	Pariétale controlatérale
Pf	Popliteal fossa
RO	Occipitale droite

Sources

- AATIF H., *A practical approach to neurophysiologic intraoperative monitoring*, Demos Medical Publishing LLC, 2008.
- AMERICAN CLINICAL NEUROPHYSIOLOGY SOCIETY (ACNS), *Guideline 9A: Guidelines on Evoked Potentials*, 2006.
- AMERICAN CLINICAL NEUROPHYSIOLOGY SOCIETY (ACNS), *Guideline 9B: Guidelines on Visual Evoked Potentials*, 2008.
- AMERICAN CLINICAL NEUROPHYSIOLOGY SOCIETY (ACNS), *Guideline 9C: Guidelines on Short-Latency Auditory Evoked Potentials*, 2008.
- AMERICAN CLINICAL NEUROPHYSIOLOGY SOCIETY (ACNS), *Guideline 9D: Guidelines on Short-Latency Somatosensory Evoked Potentials*, 2008.
- AMERICAN CLINICAL NEUROPHYSIOLOGY SOCIETY (ACNS), *Guideline 10: Guidelines for Writing Clinical Evoked Potential Reports*, 2006.
- AMERICAN CLINICAL NEUROPHYSIOLOGY SOCIETY (ACNS), *Guideline 11A: Recommended Standards for Neurophysiologic Intraoperative Monitoring-Principles*, 2009.
- AMERICAN CLINICAL NEUROPHYSIOLOGY SOCIETY (ACNS), *Guideline 11 B: Recommended Standards for Intraoperative Monitoring of Somatosensory Evoked Potentials*, 2009.
- AMERICAN CLINICAL NEUROPHYSIOLOGY SOCIETY (ACNS), *Guideline 11 C: Recommended Standards for Intraoperative Monitoring of Auditory Evoked Potentials*, 2009.
- AMERICAN SOCIETY OF ELECTRONEURODIAGNOSTIC TECHNOLOGISTS, INC (ASET), *National competency skill standards for performing evoked potential studies*, 2011.
- AMERICAN SOCIETY OF ELECTRONEURODIAGNOSTIC TECHNOLOGISTS, INC (ASET), *National competency skill standards for performing intraoperative neurophysiologic monitoring*, 2011.
- CENTRAL UNIVERSITY RESEARCH ETHICS COMMITTEE. *Brain Stimulation Safety Screening Form*, [En ligne]
[www.admin.ox.ac.uk/curec/resources/protocols/scans/#d.en.170639] (Consulté le 15 juin 2016)
- CHARLES C J and Al., *Intraoperative facial motor evoked potential monitoring with transcranial electrical stimulation during skull base surgery*, *Clinical neurophysiology*, 116 (2005) 588-596.
- GALLOWAY G M and Al., *Intraoperative neurophysiologic monitoring*, Cambridge University Press, 2010.
- INTERNATIONAL FEDERATION OF CLINICAL NEUROPHYSIOLOGY (IFCN), *A practical guide to diagnostic transcranial magnetic stimulation: Report of an IFCN committee*, 2012.

-
- INTERNATIONAL FEDERATION OF CLINICAL NEUROPHYSIOLOGY (IFCN), *Intraoperative monitoring*, 1999.
 - INTERNATIONAL FEDERATION OF CLINICAL NEUROPHYSIOLOGY (IFCN), *Magnetic stimulation: motor evoked potentials*, 1999.
 - INTERNATIONAL FEDERATION OF CLINICAL NEUROPHYSIOLOGY (IFCN), *Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord, roots and peripheral nerves: Basic principles and procedures for routine clinical and research application. An updated report from an IFCN Committee*, 2015.
 - INTERNATIONAL FEDERATION OF CLINICAL NEUROPHYSIOLOGY (IFCN), *Recommendations for the clinical use of somatosensory-evoked potentials*, 2008.
 - INTERNATIONAL FEDERATION OF CLINICAL NEUROPHYSIOLOGY (IFCN), *Recommendations for visual system testing*, 2010.
 - INTERNATIONAL FEDERATION OF CLINICAL NEUROPHYSIOLOGY (IFCN), *Safety, ethic consideration, and application guidelines for the use of transcranial magnetic stimulation in clinical practice and research*, 2009.
 - INTERNATIONAL FEDERATION OF CLINICAL NEUROPHYSIOLOGY (IFCN), *Short-Latency Auditory Evoked Potentials*, 1999.
 - MACDONALD D B, *Intraoperative motor evoked potential monitoring: Overview and update*, Journal of Clinical Monitoring and Computing, 2006.
 - NUWER M. R., *Evidence-Based Guidelines Update: Intraoperative Spinal Monitoring with Somatosensory and Transcranial Electrical Motor Evoked Potentials*, 2012.
 - PARIKH SN and AI, *A Third-Degree Burn Caused By a Neurogenic Motor-Evoked Potential Monitoring Electrode During Spinal Surgery*, Spine, 2003, Volume 28, Number 1; pp E21-E24.
 - RUSSELL MJ and M. GAETZ., *Intraoperative electrodes burns*, Journal of Clinical Monitoring and Computing, 2004; 18: 25-32.
 - QUÉBEC, *Programme québécois de dépistage de la surdité chez les nouveau-nés*, juin 2012.

Élaboration

Nancy Bouchard, t.e.p.m.

Recherche et rédaction

Nancy Bouchard, t.e.p.m.

Consultation

Diane Bouchard, t.e.p.m.
Josée Chevrier, t.i.m.
Angela Di Marzio, t.e.p.m.
Suzie Laroche, t.e.p.m.
Sophie Lecours, t.i.m.
Nancy Lévesque, t.e.p.m.
Cathy McNicoll, t.e.p.m.
Francine Roy, t.i.m.

Secrétariat

Ivette Iniquez

Adoption du document

Les membres du comité d'inspection professionnelle (9 juin 2016)
Les membres du conseil d'administration de l'Ordre

Remerciements

Nous désirons remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation du document dans le cadre de l'élaboration des premières normes de pratique en électrophysiologie médicale. Remerciement tout spécial à monsieur Sébastien Fournier, Ph.D., D. ABNM et Neurophysiologiste Clinique.