

1 海綿静脈洞浸潤腫瘍摘出時における眼球運動モニタリングの有用性と限界

Usefulness and limitation of eye movement monitoring in surgery for tumors invading cavernous sinus

西村 文彦¹⁾ 中瀬 健太¹⁾ 横山 昇平¹⁾ 角谷 美帆¹⁾ 朴 永銖¹⁾ 本山 靖¹⁾
中川 一郎¹⁾ 山田 修一¹⁾ 田村 健太郎¹⁾ 松田 良介¹⁾ 竹島 靖浩¹⁾
木次 将史¹⁾ 中瀬 裕之¹⁾ 高谷 恒範²⁾ 川口 昌彦³⁾

奈良県立医科大学 脳神経外科¹⁾ 中央手術部²⁾ 麻酔科³⁾

【目的】海綿静脈洞浸潤腫瘍は、側方に動眼神経や外転神経があり、腫瘍摘出時に脳神経機能を守るために眼球運動モニタリングが重要である。その有用性と限界について症例を提示し考察する。

【方法】2016年12月から2019年7月まで海綿静脈洞浸潤腫瘍に対し経鼻内視鏡手術を行った24症例が対象。男性8例、女性16例。平均年齢は56.7歳。疾患内訳は、下垂体腺腫18例、頭蓋咽頭腫2例、髄膜腫1例、脊索腫1例、悪性リンパ腫2例であった。1例巨大下垂体腺腫に対して経鼻および開頭同時手術を行った。術中眼球運動モニタリングとしてfree run electrooculography (EOG) および外眼筋に針電極を挿入留置してのtrigger electromyography (EMG) も施行した。

【結果】術前から眼球運動障害を呈していた8例の内7例は、術後眼球運動障害が改善した。うち1例は頭蓋咽頭腫悪性転化例で術前と術後は同じ程度の眼球運動障害であった。術前から眼球運動障害が無かった他の16症例のうち15例で術後も脳神経機能温存できたため眼球運動障害は出現しなかった。1例巨大下垂体腺腫例で、経鼻開頭同時手術を行い術中動眼神経の筋電図波形が低下し、術後動眼神経麻痺が出現したが、術後数ヶ月の経過で徐々に改善していった。

【結論】海綿静脈洞浸潤腫瘍摘出時における眼球運動モニタリングは有用である。ただし、腫瘍が大きくて硬い場合は腫瘍摘出自体が困難であり、腫瘍残存体積の影響で脳神経との距離があるため正確な脳神経走行を同定することが困難であり、神経障害の可能性や、可及的な腫瘍摘出に留まる傾向にある。

2 滑車神経マッピングの開発とその限界

Development and limits of trochlear nerve mapping

佐藤 拓¹⁾ 板倉 毅^{1,2)} ムダシルバキット¹⁾ 岩楯 兼尚¹⁾ 佐々木 寛人¹⁾
蛭田 亮¹⁾ 藤井 正純¹⁾ 佐久間 潤¹⁾ 齋藤 清¹⁾

福島県立医科大学 脳神経外科¹⁾ 関西医科大学 整形外科²⁾

【はじめに】眼球運動モニタリングの重要性は高まっているが、滑車神経に対するモニタリング法は確立していない。滑車神経に対するマッピングはこれまでの手法では感度が低く、上斜筋の解剖学的特徴により記録が困難であると報告されている。今回、新たな針電極を作成し、滑車神経マッピングを行い、その有用性と限界について検討した。

【対象・方法】対象は2009年～2018年までに当科で施行した手術のうち、術前に滑車神経に影響がおよぶと考えられた45例に対して滑車神経のマッピングを行った。滑車神経が走行していると思われる部位をモノポーラで刺激した。記録電極は2009年～2011年までは26例において、眼窩周囲の上下左右に従来の電極を皮下に留置した（方法A）。2012年～2018年までは19例に針電極は先端部以外をコーティングしたものをを用い、これを上斜筋に向けて眼窩内に挿入した（方法B）。症例（方法A、方法B）は髄膜腫が（16、8）例、下垂体腺腫が（2、5）例、その他が（8、6）例で、開頭術は（21、14）例、経鼻内視鏡手術（5、5）例を行い、顕微鏡と内視鏡を（2、2）例で併用した。

【結果】眼窩内へ針電極の挿入に伴う合併症はなかった。新たな針電極はこれまでに用いていた針電極に比べ、感度が優れていた。方法Aではすべての症例で滑車神経はマッピングが出来なかったが、方法Bでは19例中9例（47.4%）でマッピングが可能であった。このマッピングにより滑車神経は動眼神経や外転神経と区別することが可能であった。方法Aでは26例中6例で新たな滑車神経麻痺が出現し、方法Bでは19例中4例で術後に新たな滑車神経麻痺が出現し、予後については方法Aと方法Bでは差はなかった。

【結論】新たな針電極を用いることで、これまでマッピングが困難であった滑車神経のマッピングを行うことができたが、予後は改善しなかった。

3 持続顔面刺激モニタリング下に摘出を行った顔面神経鞘腫の一例

The usefulness of intraoperative continuous facial nerve stimulating monitoring for facial nerve schwannoma without facial palsy

坂田 清彦 酒井 美江 中原 慶子 橋本 彩 小牧 哲 森岡 基浩

久留米大学 脳神経外科

顔面神経麻痺を伴わない顔面神経鞘腫においては顔面神経機能温存と腫瘍制御の観点から定位放射線治療が有用と考えられるが、手術を選択する場合に顔面神経麻痺の悪化は最も避けたい合併症である。持続顔面神経モニタリング下に摘出を行った顔面神経鞘腫の一例を報告し考察する。

症例は左流涙低下、左三叉神経障害で発症した48歳女性。左錐体骨を破壊し中頭蓋窩を主座とする充実性嚢胞性混在腫瘍を認め紹介となった。腫瘍は小脳橋角部まで連続しており、顔面神経鞘腫と診断したが、顔面神経麻痺や聴力障害を認めなかった。三叉神経障害は錐体尖部における圧迫で生じているものと考えられたが、三叉神経障害、涙分泌低下に顔面神経麻痺が加わることで、左角膜障害から失明の恐れがあるため中頭蓋窩腫瘍の減圧・摘出を目的とした手術を計画した。手術は側頭開頭にて中頭蓋窩アプローチで行ったが、膝神経節も腫瘍化しているため正確な顔面神経の同定が困難と予測されたため、同時に後頭下開頭を加え、顔面神経のREZ部分に刺激ボール電極を留置し、持続モニタリングを行いながら中頭蓋窩腫瘍を摘出した。刺激条件は1 Hz, 0.1 ~ 0.3mAで行い、摘出中も顔面神経の良好な反応を確認しながら進めることが可能であった。最終的に中頭蓋窩側からも膝神経節に相当する部位を4 Hz, 0.1mAの刺激プローブで同定でき、同部位を避けた部分摘出を行った。小脳橋角部の嚢胞性腫瘍も被膜が反応するため内容液の穿刺に留めた。術後顔面麻痺の悪化はなく、涙分泌障害、三叉神経障害ともに改善した。残存腫瘍には定位放射線治療を考慮している。顔面神経鞘腫に対する手術加療ではmass reductionによる諸症状の改善が期待できる一方で30%に顔面神経機能の悪化が懸念される。そのため顔面神経麻痺を伴わない腫瘍に対しての外科的治療の適応は限定的かもしれないが、術中顔面神経機能の温存を確認しつつ安心して摘出を進めることができた点で有用であった。

4 CEA における MEP を用いた舌下神経モニタリングの有用性

Usefulness of the hypoglossal nerve monitoring using MEP in the CEA

遠藤 昌宏¹⁾ 小岩 達郎¹⁾ 佐藤 直樹²⁾ 遠藤 雄司²⁾ 石川 敏仁²⁾
遠藤 勝洋²⁾ 太田 守²⁾

枳記念病院 臨床工学科¹⁾ 脳神経外科²⁾

頸動脈内膜剥離術（CEA）の合併症として舌下神経麻痺があるが、特に高齢者においては嚥下障害による誤嚥性肺炎のリスクにつながることから術中操作上での舌下神経に対しては慎重をきたさなければならない。そこで我々は、CEA 時に行っている MEP（上肢）、SEP、NIRS、TCD（HITS）等の術中モニタリングの他に術中操作による舌下神経麻痺を回避すべく MEP を利用した舌下神経モニタリングをルーチンに加えて行っている。方法としては導出電極を舌裏下部の舌筋に装着し対側の運動野に装着した経頭蓋刺激電極による電気刺激にて術中舌下神経 MEP を記録し、その振幅の変化をモニタリングした。その際、コントロール時と比較して振幅の減衰があれば舌下神経に何らかのダメージが起き始まっている可能性があるとして評価し、直ちに術者へ報告、舌下神経への圧迫を解除して、MEP の回復を確認した。これにより経頭蓋電気刺激による MEP を利用した舌下神経モニタリングは術中における舌下神経麻痺の有無をリアルタイムで確認する手段として有用と思われるので、今回具体的な症例を上げテクニカルな工夫やピットフォールなどを含めながらその実際について報告する。

5 術中 MEP モニタリングにおける電気刺激を理解するための電気の知識

Physical knowledge of electrical stimulation in motor evoked potential monitoring

後藤 哲哉 田中 雄一郎

聖マリアンナ医科大学 脳神経外科

【はじめに】術中運動誘発電位（以下 MEP）測定では電気刺激が広く行われているが、電気刺激が脳に広がり誘発電位を発生させる機序は、いまだ明快に説明されていない。今回物理学的に MEP の経頭蓋刺激を考察したので報告する。

【対象と方法】神経細胞の軸索の逆側に設置した電極から刺激すると、陽極刺激のほうが刺激されやすいこと、刺激される場合軸索基部のトリガー帯で刺激されていることは周知の事実である。この事実を説明するため MEP 陽極刺激では、電極から広がる電気力線がいったん細胞体内に入ってトリガー帯で出てくる図で説明されているが、細胞膜を電流が通過できるのはポンプかチャネルを経由する場合だけであり、そもそも刺激した電流が絶縁の細胞膜を 2 回も通過するのは無理がある。MEP のような短時間で大容量の電荷を与える場合、電極の電気二重層を充電するために電極周囲の組織から（組織へ）電磁波的に電流が流れる。この電磁波的な電流は生理学的には Na⁺ イオンや K⁺ イオンの移動によると説明されているが、イオンの移動では電気二重層を瞬時に充電できるほどの電気を流すことができない。物理的にはこの電流はプロトンリレーと呼ばれている。今回このような電流が組織に流れていると仮定した。

【結果】 1. 細胞膜をコンデンサーとしてとらえると、陽極刺激では電極に近い側の細胞膜は過分極し、相対的に軸索基部のトリガー帯は脱分極する。 2. 細胞体周囲が相対的に過分極になることで、チャネル経由で組織内も過分極になる。周囲の電圧はガウスの法則に従って電極距離が離れることにより減少するが、細胞体内の電位は細胞内のみに広がるため、トリガー帯は相対的に脱分極される。この 2 つの物理学的な事象により MEP の誘発電位が発生すると仮定すれば、陽極刺激のほうが陰極刺激より MEP を誘発しやすい理由が説明可能である。

6 経頭蓋刺激による顔面 MEP の新たな刺激法の有用性
—術後早期および長期の顔面神経機能予測—

The usefulness of a novel transcranial stimulation protocol of facial MEP predicting early and late postoperative facial nerve function

蛭田 亮¹⁾ 佐藤 拓¹⁾ 板倉 毅²⁾ 藤井 正純¹⁾ 岩楯 兼尚¹⁾ 佐々木 寛人¹⁾
市川 優寛¹⁾ 小島 隆生¹⁾ 佐久間 潤¹⁾ 齋藤 清¹⁾

福島県立医科大学 脳神経外科¹⁾ 関西医科大学 整形外科²⁾

【はじめに】後頭蓋窩病変に対する経頭蓋刺激による顔面 MEP は、安定した波形の記録が困難であり、術後顔面神経の機能との十分な相関も確立されておらず普及には至っていない。今回、当科で施行してきた刺激法の工夫と有効性について報告する。

【対象・方法】2011 年から 2018 年までに当科で顔面 MEP モニタリング下に後頭蓋窩腫瘍摘出術を施行した症例のうち術前に顔面神経麻痺を呈していなかった 73 症例を対象とした。顔面神経機能 (FNF) は House-Blackmann 法を用い、grade I/II を機能良好、grade III-VI を機能不良群とし、術後早期 (術後 1 週間以内) および術後長期 (術 1 年後) に評価を行った。Cz を陰極、C3/C4 を陽極とし、biphasic、定電流、supra-threshold にて刺激し、記録は口輪筋で行った。硬膜切開後に baseline 波形を設定し、それに対する術中振幅の変化率 (振幅比) で評価した。術中の最小振幅比 (①)、手術終了時振幅比 (②)、術中の回復値 (② - ①) を指標にして術後早期および長期の神経機能との相関を後方視的に検討した。

【結果】我々の刺激法により、73 例中 62 例で刺激アーチファクトが排除され基線の安定した MEP 波形が得られ、振幅評価の正確性が向上した。刺激による体動も抑制でき、顕微鏡操作を中断する必要はなかった。術後早期における FNF 不良群は 22 例で、そのうち 8 例は術後長期でも改善が見られなかった。術後早期の FNF は術中最小振幅比とより強い相関があり、術後長期の FNF の回復度合いは術中の回復値と相関があった。

【結論】新たな顔面 MEP の刺激法は、信頼性・正確性を向上させ、術後早期と長期の顔面神経の機能予後の予測に貢献した。

7 経頭蓋顔面 MEP の経験と経頭蓋・硬膜下併用下肢 MEP の工夫

Experience of transcranial facial MEP and ingenuity of transcranial / subdural MEP for lower extremities

遠藤 乙音 石崎 友崇 藤井 健太郎 岡田 健

愛知県厚生農業協同組合連合会海南病院 脳神経外科 生体検査部

【目的①】小脳橋角部手術の際、NIM で顔面神経を刺激してその patency を確認することはよく行われるが、顔面神経近位部の損傷があっても NIM では筋電図が得られ、偽陰性となることがある。また大脳の顔面一次運動野から顔面神経核にかけての損傷は、上肢 MEP では異常を検出出来ない場合も多い。顔面運動機能を正確に評価出来る顔面 MEP の方法を検討した。

【対象①】顔面 MEP 用経頭蓋電極が設置可能な開頭術と頸部手術症例。

【方法①】顔面一次運動野直上に陽極、複数の候補点に陰極を設置。対側の表情筋・両側の咬筋に導出電極を刺入。滑走電流による筋電図を生じず、表情筋に筋電図が得られた条件を、有効な顔面 MEP モニタリングとした。

【結果①】顔面 MEP に適した経頭蓋電極の位置を見出した。

【考察①】刺激電極が顔に近いと、滑走電流の影響を受けるが、電極の位置を工夫することにより、有効な顔面 MEP が得られた。小脳橋角部手術以外でも、容易に応用可能である。

【目的②】硬膜下電極による MEP は鋭敏で再現性が高いが、下肢の運動野は大脳縦裂に面しており電極の挿入が難しい。経頭蓋電極による下肢 MEP は、刺激電極が遠いと高電圧を要するため、偽陰性を起こしうる。硬膜下電極の挿入の工夫と最適部位を検討した。

【対象②】前交通動脈瘤、前大脳動脈瘤の症例

【方法②】外側の開頭では正中から 2[cm]、正中の開頭では大脳縦裂面に、4ch 刺激電極を設置、経頭蓋 MEP も可能な場合は併用とした。

【結果②】硬膜下電極が挿入できた場合は、再現性の高い波形が得られた。

【考察②】経頭蓋 MEP は感度・特異度で硬膜下電極に劣り、硬膜下・経頭蓋併用が相補的だが、下肢では硬膜下電極が挿入不能な症例もあり、改善の余地がある。

【結語】経頭蓋電極の位置や、硬膜下電極の挿入方法の工夫により、再現性の高い顔面 MEP や下肢 MEP が得られ、安全な手術支援として有用である。

8 下肢経頭蓋刺激 MEP における電極配置の検討と安全性の高いタッピングビス電極の開発
Effective electrodes positions in lower extremity transcranial MEP and new safety tapping screws electrodes

富尾 亮介

公益財団法人脳血管研究所附属美原記念病院 脳神経外科

下肢経頭蓋刺激 MEP (LE-tMEP) での経頭蓋刺激法には検討の余地がある。下肢運動野を刺激する上で適切な電極配置について PC で有限要素法解析を行った結果、従来の C3-C4 での電極刺激と比較し Cz-inion による縦方向の電極配置で下肢運動野に強い電場を発生させた他、錐体路と平行方向の電気力線を認めた。臨床例での刺激閾値記録 (31 例) でも、“Cz-inion” 76.5 ± 20.6 mA, “C3-C4” 86.2 ± 20.6 mA と “Cz-inion” で有意に低い刺激電流で LE-tMEP を記録可能だった。潜時に関しては “C3-C4” 45.3ms, “Cz-inion” 46.1ms と有意差を認めなかった。

効率的な経頭蓋刺激のために経皮的に頭蓋骨へ刺入可能なタッピングビス電極の開発を行った。安全性のため頭蓋骨内に 5mm 以上刺入しない構造とした。市販スクリュー電極とタッピングビス電極での上肢短母指外転筋での閾値電流量の比較 (14 例) において平均 17.1% の刺激電流量軽減を認めた。またタッピングビス電極は皮弁翻展後でも頭蓋骨に刺入可能でその場合スクリュー電極と比較して平均 45% の刺激電流量軽減が認められた。LE-tMEP に関するタッピングビス電極の有用性検討については今後の臨床データ蓄積が必要である。

9 頭蓋 MEP モニタリングにおける上肢と下肢の感度・特異度の比較

Comparison of sensitivity and specificity of MEP monitoring by transcranial stimulation between upper and lower extremities.

田中 聡¹⁾ 渡邊 智子²⁾ 高梨 淳子³⁾ 岡 秀宏⁴⁾ 橋本 亮⁵⁾ 秋元 治朗⁵⁾

社会医療法人輝城会沼田脳神経外科循環器科病院¹⁾

医療法人社団悦伝会目白第二病院 臨床工学科²⁾ 北里大学メディカルセンター 中央検査科³⁾

北里大学メディカルセンター 脳神経外科⁴⁾ 総合病院厚生中央病院 脳神経外科⁵⁾

【目的】運動野直接刺激 MEP モニタリングにおいて下肢の運動野は半球間裂に存在するため刺激が困難である。経頭蓋刺激 MEP モニタリングは下肢の運動機能のモニタリングも可能であると考えられている。実際の経頭蓋 MEP における上肢と下肢の感度、特異度を比較検討した。

【方法】2001年12月から術中経頭蓋 MEP を行い、術前後を通じて運動神経症状の明らかな悪化を認めなかった614回の手術（脊髄385、脳動脈瘤105、脳腫瘍60、バイパス手術37、CEA18、その他9件）の1923筋の MEP 振幅相対値を上肢・下肢それぞれで、我々の行っている末梢神経刺激 CMAP 補正の有無で ROC 解析により術後麻痺を生じるカットオフポイントを算出し、感度、特異度を計算し統計学的に検討した。

【結果】上下肢全体ではカットオフポイントは59.7%の振幅低下で感度82.4%、特異度92.7%、CMAP 補正下でも同じ結果であった。上肢ではカットオフポイントは54.7%で感度82.1%、特異度94.2%、CMAP 補正下ではカットオフポイント59.7%で感度85.7%、特異度92.7%であった。下肢ではカットオフポイント55.5%で感度70.6%、特異度94.7%、CMAP 補正下ではカットオフポイント68.1%で感度78.6%、特異度95.1%であった。Fisher 検定では、CMAP 補正なしの場合、上肢と下肢の感度 ($P=0.3440$)、特異度 ($P=0.3689$) とも有意差はなく、CMAP 補正による有意な感度・特異度の上昇は認めなかったが、CMAP 補正を行うと下肢において上肢よりも有意に特異度が高い結果であった ($P=0.0440$)。

【結論】経頭蓋 MEP においては下肢のモニタリングは上肢に比べてやや感度が落ちるが臨床的には十分有用である。末梢神経刺激 CMAP 補正により下肢 MEP の感度を高めることができた。

10 下肢領域における直接皮質刺激運動誘発電位と中心溝同定を用いた術中モニタリングの経験

Intraoperative neuro monitoring for motor function in the lower limb by using direct cortical stimulation and identification of central sulcus.

高谷 恒範^{1,3)} 西村 文彦²⁾ 松田 良介²⁾ 山田 修一²⁾ 本山 靖²⁾ 中川 一郎²⁾
林 浩伸³⁾ 川口 昌彦³⁾ 中瀬 裕之²⁾

奈良県立医科大学 中央手術部¹⁾ 同 脳神経外科²⁾ 同 麻酔科³⁾

【はじめに】脳神経外科手術において、下肢領域の運動麻痺や脳虚血合併症を予防するためのモニタリングとして、これまで経頭蓋運動誘発電位 (Tc-MEP) と体性感覚誘発電位を併用していた。今回我々は、手術側の前頭葉内側面の運動機能評価として、ストリップ電極を大脳半球間裂に留置し脳表刺激運動誘発電位 (D-MEP) モニタリングと SEP による中心溝同定を行ったので報告する。

【対象・方法】2018年12月～2021年3月、前大脳動脈瘤6例、脳腫瘍3例の下肢領域における開頭手術においてTc-MEPとD-MEPを併用した術中神経モニタリングを行った。モニタリングはTc-MEPを手術開始から行い、硬膜切開後ある程度剥離が進んだ時点でストリップ電極を大脳半球間裂内側に設置し中心溝同定を行った後、一次運動野に刺激を加えた。麻酔は全静脈麻酔で行った。ベースライン波形は50 μ V以上の再現性のある波形とし50%以上の振幅低下が連続して観察された場合に有意な低下として警告した。

【結果】中心溝同定検出率は33.3%であったが、D-MEPは全例安定した対側下肢MEPの記録可能であった。Tc-MEPも同様に記録可能であったが上下肢のMEPが同時に導出された。術後新たな下肢麻痺は出現しなかった。開頭手術においてD-MEPは安定してモニタリング可能であり脳脈瘤1例においてテンポラリークリップによる有意な低下を記録することが出来た。この症例では、テンポラリークリップの解除によって下肢のD-MEPは改善したがTc-MEPの下肢波形低下が持続し偽陽性と判定した。また、大脳半球間裂内側に設置した電極や脳シフトによる測定上のトラブルはなかった。

【結論】大脳半球間裂の下肢一次運動野にストリップ電極を留置することにより、D-MEPでの下肢モニタリングが可能となった。D-MEPは信頼性の高いモニタリングとなりえる可能性が示唆された。

11 | **脳血管手術における術中 CCEP モニタリングの可能性とその方向性**
Indication and efficacy of corticocortical evoked potentials in monitoring during cerebrovascular surgery

吉本 哲之¹⁾ 小柳 泉¹⁾ 植木 幹彦²⁾ 丸一 勝彦³⁾ 金子 哲也⁴⁾

北海道脳神経外科記念病院 脳神経外科¹⁾ 同 神経生理科²⁾

柏葉脳神経外科病院 脳神経外科³⁾ 同 神経生理科⁴⁾

我々は以前に全麻下 58 症例の脳血管障害手術において CCEPs (corticocortical evoked potentials) モニタリングを行い、両側の前頭被蓋野－側頭葉上側頭回近傍間の再現性の獲得と虚血によるダイナミックな変化の捕捉等より術中モニタリングが可能であることを報告した。また同時に施行した MEPs (motor evoked potentials) や SEPs (sensory evoked potentials) の変化とは異なることより、既存のモニタリングでは得られない部位の虚血の検出の可能性を示唆した。その後もモニタリングは継続しており、それらの症例をまとめ、CCEPs の可能性と方向性について検討したため、第 2 報として報告する。

今回は 2018 年 2 月以降 2021 年に至る CCEPs をモニタリングした症例を対象とした。2018 年 10 月より小生の移動に伴い測定環境は変わり、検査技師と使用機器が NeuromasterG1 MEE-2000 (Nihonkoden) に変更になったが、以前と同様な方法でモニタリングを行うことが可能であった。2018 年 2 月以降の CCEPs 測定患者数は 32 名であり、平均年齢 60 歳、女性が 20 名であった。2 症例が以下の理由で測定完遂できず除外した。一例は側頭葉近傍への硬膜下電極挿入時の出血発症と、一例は電極の不作為な移動により再現性が得られなかったことであった。その他に脳腫脹が強く、または癒着が強く電極の挿入のが難しい症例も存在した。対象手術は脳動脈瘤クリッピング術が 29 例（くも膜下出血発症例 7 例）であり、部位は MCA 関連症例が 20 例で IC 動脈瘤が 9 例であった。その他 STA-MCA bypass 2 例、側頭葉腫瘍 1 例であった。3 症例で術中 CCEPs は低下を示し、また MEP との乖離は 2 例に認められた。CCEPs の低下は中大脳動脈の一時遮断の際に認められたが、MEP との乖離は動脈瘤クリッピングの際に認められた。幸い前回同様、術後に虚血病変を呈したり、新たな症状を呈した症例は認めなかった。前回の症例も加えたうえで、CCEPs の可能性と今後の方向性などを検討し報告する。

12 | 皮質皮質間誘発電位を併用した覚醒下開頭腫瘍摘出術の有用性評価
Intraoperative cortico-cortical evoked potentials during brain tumor resection

清水 勇三郎 寺本 紳一郎 鈴木 まりお 秋山 理 近藤 聡英

順天堂大学 医学部 脳神経外科

近年の麻酔管理や手術技術の向上により、覚醒下開頭手術の安全性は飛躍的に向上している。覚醒下手術による機能温存は、外科的切除による予想外の機能低下を未然に防ぐことができるためその有用性は計り知れない。一方で、手術中には医療従事者による患者ケアが必須であり、手術音の低減等、通常の手術とは大きく異なる配慮が必要となる。さらに患者側の性格的要素や麻酔に対する感受性によって覚醒程度には差があることが多く、術前に計画した覚醒が維持できないことも少なくない。また、患者側負担についても倫理的問題が問われることもある。

こうした課題に対して、画像技術の進歩から障害されうる半球連合線維を同定し、その線維を温存することで機能温存が計れる可能性が示されてきた。

近年、我々は覚醒下手術に皮質皮質間誘発電位（CCEP）を併用して、覚醒不良の場合の連合線維温存が可能であるか検討を行ってきた。そこで、現在までのこれらの治療成績をまとめて報告する。対象はここ3年間で覚醒下手術にCCEPを持続的に評価できた8例とした。覚醒下不良があり、CCEPが術中低下した1例で一過性の運動性失語が出現した。その他の症例では覚醒中正確な評価ができなかった場合でも機能は温存されていた。

以上の結果より、切除対象が連合線維を障害しうるということが明らかな症例においては、覚醒不良時にはCCEPが代用となりうる可能性が示唆された。

13 優位半球前頭葉弁蓋部神経膠腫に対する6連strip電極を用いたCCEP測定の有用性
Usefulness of CCEP measurement using 6-strand strip electrodes for the dominant side of frontal operculum gliomas

齋藤 太一^{1,2)} 村垣 善浩^{1,2)} 丸山 隆志¹⁾ 新田 雅之¹⁾ 都築 俊介¹⁾
福井 敦¹⁾ 川俣 貴一¹⁾

東京女子医科大学 脳神経外科¹⁾ 同 先端生命医科学研究所 先端工学外科学分野²⁾

【緒言】 優位半球前頭葉弁蓋部神経膠腫の摘出術においては言語機能の温存が重要である。我々はこれまで神経膠腫摘出術における術中言語機能モニタリングとしての皮質皮質間誘発電位（CCEP）の有用性を報告してきた（J Neurosurgery, 2014）。当初は①慢性硬膜下電極留置による機能マッピング、②摘出中は6連strip電極に置き換え術中CCEPを行うという2ステップで評価してきた。しかし最近では①を省き、覚醒下手術による術中機能マッピング後、6連strip電極留置を行うことで術中CCEP評価を行う方法をとっている。今回我々は、2018年以降この方法でCCEP測定し摘出を行った優位半球前頭葉弁蓋部神経膠腫症例の経験を報告する。

【方法】対象は4例、38～63才、全例男性。全例左前頭側頭開頭を行い前頭葉弁蓋部は広く露出させ、側頭葉側は上側頭回の前方半分程度が露出するようにした。覚醒下手術による機能マッピングにより前頭葉言語野を同定。次に6連strip電極を前頭葉言語野の直上に留置し、側頭葉側は6連strip電極を術野からシルビウス裂に並行に上側頭回後方部に向けて滑り込ませ留置した。前頭葉側の電極から電気刺激を行い側頭葉側の電極でCCEPを測定した。

【結果】全例、術中CCEP波形を検出することができ、CCEPは1例で1／5まで低下し言語機能回復までに24ヶ月を要した。一方で他の3例はCCEPの低下はごく軽度で、いずれも0.5～1ヶ月で言語機能の改善を認めた。

【考察】6連strip電極を用いたCCEPは言語機能と相関した。過去の報告でも前頭葉言語野は比較的限局するのに対し、後方言語野はdiffuseに広がることが知られている。そのため6連strip電極のみでCCEP測定を行う場合、前頭葉言語野は確実に同定し電極を留置をすること重要である。一方で後方言語野に関しては、解剖学的に機能野が推定される領域への電極留置でCCEPの反応が得られる。

14 皮質 - 皮質間誘発電位 (CCEP) を用いた術中言語モニタリングの有効性

Efficiency of intraoperative language monitoring by using cortico-cortical evoked potentials

山尾 幸広¹⁾ 松本 理器²⁾ 菊池 隆幸¹⁾ 吉田 和道¹⁾ 國枝 武治³⁾ 宮本 享¹⁾

京都大学 脳神経外科¹⁾ 神戸大学 脳神経内科²⁾ 愛媛大学 脳神経外科³⁾

言語機能部位近傍の手術では、術後の言語機能温存が求められる。当施設では言語白質路の新たな術中モニタリング方法として皮質 - 皮質間誘発電位 (cortico-cortical evoked potential: CCEP) の有効性を検討してきた。言語優位半球の言語領域周囲に病変を認める症例に対して、主に覚醒下手術を併用して術中 CCEP モニタリングを施行した。背側言語白質路 (弓状束) を対象とした症例では、全身麻酔下にシルビウス裂周囲に硬膜下電極を留置し、前頭葉 (前方言語野) の電極対に単発皮質刺激を行い、頭頂・側頭葉 (後方言語野) の電極から CCEP 記録を断続的に行った。病変摘出時には覚醒下にし、症状を確認するとともに CCEP 最大反応部位の N1 反応の振幅を指標に言語白質路の機能モニタリングを行った。これまで得られた知見では、低頻度刺激、高頻度刺激を組み合わせることで電気生理学的に弓状束の同定をすることが可能であり、後方言語野における CCEP の最大反応分布から前方言語野を同定し、可能な症例では高頻度刺激により、前方言語野であることを確認した。CCEP を用いた術中言語モニタリングは可能であり、N1 振幅が 50% 以上保たれている症例では永続的な言語機能障害は認めなかった。術中の覚醒不良例や全身麻酔下での CCEP モニタリングも可能であり、術後の言語機能温存に有効であった。また、他の言語白質路として、腹側言語白質路の一部や frontal aslant tract も CCEP を用いて術中に同定が可能であり、術中機能モニタリング法としてさらなる今後の普及が期待される。

15 脳神経外科手術における術中 MEP モニタリング時の麻酔：
プロポフォールを用いた静脈麻酔は必須か？

Anesthesia during intraoperative MEP monitoring in neurosurgery: intravenous anesthesia with propofol is essential?

遠藤 雄司¹⁾ 蛭田 亮¹⁾ 遠藤 勝洋¹⁾ 石川 敏仁¹⁾ 佐藤 直樹¹⁾ 太田 守¹⁾
田勢 長一郎¹⁾ 小岩 達郎²⁾ 遠藤 昌宏²⁾ 高橋 秀和³⁾

枳記念病院 脳神経外科¹⁾ 臨床工学科²⁾ 上尾中央総合病院 脳神経外科³⁾

【目的】運動誘発電位 (MEP) は、脳神経外科手術においては重要なモニタリングである。しかし、MEP 記録に際しては、プロポフォールを用いた静脈麻酔が必須と思っている脳神経外科医も多い。今回我々は、レミフェンタニルと吸入麻酔薬を使用し、一般的に施行されている吸入麻酔法で上肢 MEP の記録を試み、良好な結果を得たので報告する。

【方法】症例は、2010 年 3 月 9 日から 2021 年 2 月 30 日までに経頭蓋 MEP を施行した 364 例 (脳動脈瘤 209 例、頸部内頸動脈内膜剥離術 101 例、浅側頭動脈—中大脳動脈吻合術 34 例、脳腫瘍 8 例、脳動静脈奇形 2 例) である。麻酔導入はプロポフォール (0.8mg/kg)、レミフェンタニル (0.25 μ g/kg/min)、ロクロニウム臭化物 (0.6mg/kg) で行い、麻酔維持は、筋弛緩薬は使用せず、1% セホボフルランもしくは 4% デスフルランにレミフェンタニル (0.25 μ g/kg/min) でおこなった。20 例で BIS モニターで麻酔深度を測定した。

【結果】術前運動麻痺を認めない症例は 307 例あり、術中体動などの麻酔の問題もなく、全例で良好な経頭蓋 MEP の記録が得られた。一方、手術前麻痺を認めた 11 例 (脳動脈瘤破裂:クリッピング術、脳梗塞:浅側頭動脈—中大脳動脈吻合術、頸動脈狭窄症:頸動脈内膜剥離術) では、麻痺の程度にかかわらず全て MEP 記録は不可能であった。

【考察および結語】手術時における MEP モニタリングは、MEP 波形の変化を捉えその原因に対して迅速な対応をすることが重要である。今回の検討では、術前に運動麻痺がない症例では通常の吸入麻酔薬であっても MEP 記録は可能であった。術前に運動麻痺を認める症例では MEP 記録は出来ず、吸入麻酔薬では限界があると思われた。

16 当院での脳動脈瘤コイル塞栓術における ME の役割と術中モニタリング

The role of ME in the cerebral aneurysm coil embolization at our hospital and monitoring in the operation

遠藤 昌宏¹⁾ 小岩 達郎¹⁾ 佐藤 直樹²⁾ 遠藤 雄司²⁾ 石川 敏仁²⁾

遠藤 勝洋²⁾ 太田 守²⁾

枳記念病院 臨床工学科¹⁾ 脳神経外科²⁾

当院の臨床工学技士は脳血管内治療において使用デバイスのプライミングやカテーテルシステムの準備、術者のサポート及び術中モニタリングを行っているが、特に MEP モニタリングには力を注いでいる。このモニタリングはその有用性から脳動脈瘤クリッピング術などの脳外科手術においては定番とされているが、当院ではこのモニタリングをクモ膜下出血や未破裂脳動脈瘤に対して全身麻酔下で行うコイル塞栓術に応用し、100%実施している。MEP モニタリングは脳動脈瘤治療の際に行うバルーンネックプラスチックや血栓性塞栓による虚血が原因でおこる運動機能障害を誘発電位低下という形で過敏に反映することができるため血流障害の早期発見の手段としてその有用性は安全な脳動脈瘤コイル塞栓術を行う上で多大である。よって我々 ME は術者に対し常にリアルタイムでかつ信頼性のあるモニタリングを提供することが役目であり、そのためには数多くの症例を経験しながらそのノウハウを身に付けていくことが重要である。

今回、当院での MEP モニタリングの経験から脳動脈瘤コイル塞栓術における ME の役割と術中モニタリングについて報告する。

17 小児脊椎脊髄手術における陰部神経テタヌス刺激の運動誘発電位増幅効果の検討
Tetanic stimulation of the pudendal nerve prior to transcranial electrical stimulation augments the amplitude of motor evoked potentials during pediatric neurosurgery

本山 靖¹⁾ 高谷 恒範²⁾ 朴 永銖³⁾ 林 浩伸⁴⁾ 川口 昌彦⁴⁾ 中瀬 裕之³⁾

大阪警察病院 脳神経外科¹⁾

奈良県立医科大学 中央手術部²⁾ 同 脳神経外科³⁾ 同 麻酔科⁴⁾

【はじめに】小児において運動誘発電位 (MEP) の成功率は低い。この研究の目的は、新しい MEP 増幅法である陰部神経テタヌス刺激と従来のテタヌス刺激の間で比較することである。

【対象と方法】脊椎脊髄手術を受けた 31 名 (男児: 14 名、女児: 17 名) 平均年齢 6.0 ± 5.1 歳を対象とした。刺激法は、①テタヌス刺激なしで経頭蓋刺激 (TES) を加えたもの (c-MEP)、② TES に先行して片側正中神経および脛骨神経にテタヌス刺激を加えたもの (mt-MEP)、および③ TES に先行して陰部神経感覚枝にテタヌス刺激を加えたもの (p-MEP) を行った。記録は短母指外転筋 (APB)、腓腹筋 (Gc)、前脛骨筋 (TA)、拇趾内転筋 (AH) から誘発された複合筋活動電位 (CMAP) を測定した。Baseline MEP 時の成功率を 3 つの方法で比較した。さらに、mt-MEP および p-MEP の c-MEP に対する増幅率を比較した。

【結果】p-MEP 成功率は、mt-MEP および c-MEP よりも高かった (それぞれ 87.5% ,72.6% ,63.3% $p < 0.01$)。各筋の p-MEP と c-MEP の平均波形増幅率は、mt-MEP と c-MEP の波形増幅率よりも有意に高かった (3.64 ± 4.03 vs 1.98 ± 2.23 $p < 0.01$)。

【結論】TES 前のテタヌス刺激は、小児脊椎脊髄手術において MEP の振幅を上昇させ、成功率を高める事が分かった。新しい陰部神経テタヌス刺激は、従来の片側正中神経および脛骨神経のテタヌス刺激に較べてより大きな増幅効果があることが明らかになった。

18 解離性椎骨動脈瘤および後下小脳動脈瘤手術における延髄部三叉神経誘発電位モニタリングの有用性

Utility of medullary trigeminal evoked potential monitoring for vertebral artery and posterior inferior cerebellar artery dissecting aneurysm surgery

齋藤 孝光^{1,2)} 市川 剛¹⁾ 鈴木 恭一¹⁾ 渡部 洋一¹⁾

福島赤十字病院 脳神経外科¹⁾ 福島県立医科大学 脳神経外科²⁾

【目的】非出血発症の解離性脳動脈瘤 (dAn) の多くは保存的治療が選択されているが、虚血発症の dAn におけるくも膜下出血発症が 3.4% と報告されており、手術を検討すべき症例も存在する。一方で、椎骨動脈 (VA) および後下小脳動脈 (PICA) 解離症例の血流遮断では、Wallenberg 症候群など重篤な合併症の発生が危惧される。今回、非出血発症の VA-dAn および PICA-dAn に対して手術を施行した自験例を検討し、延髄部三叉神経誘発電位 (medullary trigeminal evoked potential: mTEP) モニタリングが有用であったため報告する。

【対象・方法】2008 年以降に当科で直達手術を施行した 6 例 (VA-dAn : 3 例、PICA-dAn : 3 例) を対象とした。梗塞発症 2 例、頭痛発症 4 例で、動脈解離部の外観や mTEP 所見を参考に、原則として trapping 術を施行した。

【結果】術中 mTEP に変化を認めなかった症例は 1 例で、術後に神経脱落症状は出現しなかった。5 例で術中に m-TEP が悪化した。2 例は proximal clipping に変更 (うち 1 例は OA-PICA 吻合術を併用)、1 例は遮断部位を変更して trapping、1 例は血流遮断を断念 (試験開頭) した。この 4 例は術後に永続する神経症状は出現しなかった。mTEP が消失したまま手術を終了した 1 例で Wallenberg 症状が出現し永続した。

【結語】少数例での検討ではあるが、非出血性 VA-dAn および PICA-dAn 手術において、mTEP に変化がないことを確認し得た症例の術後経過は良好であった。mTEP の悪化を認めた場合には手術法の変更を検討し、手段を講じて mTEP の改善が得られなければ、遮断操作を断念すべきであると思われた。