

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 25 日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K10357

研究課題名(和文) 術中フリーラン筋電図定量評価と術者モニタリング間インターフェイスの確立

研究課題名(英文) Quantitative evaluation of intraoperative free running EMG and interface material between surgeon and monitorist

研究代表者

後藤 哲哉 (Goto, Tetsuya)

信州大学・学術研究院医学系(医学部附属病院)・講師

研究者番号：30362130

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：全身麻酔中の手術操作に伴う運動障害が回復可能かどうか分かる術中モニタリングを行うため、フリーラン筋電図を手術画像や術中モニタリングと同時測定し、自動解析する装置を開発した。自発筋電図を手術画像と同期させて記録させる装置を開発した。実際の手術に使用し、データの蓄積をおこなった。採取した全筋電図波形から手術ノイズを特定し除去するフィルター、フリーラン筋電図、誘発筋電図を区別するフィルターを作成し、自動的にフリーラン筋電図をピックアップする方法を確立した。得られたフリーラン筋電図波形と、手術所見、誘発筋電図からの神経障害を誘発した可能性があると考えられるときのフリーランを抽出することに成功した。

研究成果の概要(英文)：The intraoperative auto-analyzing apparatus for free-running electromyogram with operative video and other electrophysiological monitorings was developed to check the patient's neurological condition before fixing permanent deficits. To use this apparatus, patient's data was gathered in clinical surgery and analyzed. The artifact noise was automatically reduced and free-running Electromyogram waveform was also automatically picked-up. We successfully picked up the true positive free-running electromyogram waveform by the cause of nerve damage from many of false waveforms.

研究分野：脳神経外科

キーワード：フリーラン筋電図 術中神経電気生理学的検査 術中画像システム 聴神経腫瘍 顔面神経 末梢神経

1. 研究開始当初の背景

脳・脊髄神経の術中操作中に、神経が刺激されたり、神経に損傷が生じたりした場合、支配神経に一致する筋電図波形が出現し、刺激を止めた後も暫く再現性のある筋活動(以下 train)が観察される。このため、術中にフリーラン自発筋電図(FR-EMG)を観察することで、感度の高い神経モニタリング、マッピングが可能となる。FR-EMGは全く安全であり、また手術操作と完全に同期するモニタリングなため、問題となる術中手術手技操作に対して迅速な対応をすることができる。しかし、手技と関連しない train の出現が頻回に起こることや、train の出現しやすさに個体差があることから定量性評価が難しい。ところで脳神経外科手術手技評価方法として、顕微鏡画像記録は以前から行われており、手術室内多チャンネル同時記録は、術者、モニター担当者がその情報を共有することでより安全な手術に結びつく。術中画面とモニタリング情報を同期記録し、突然に発生する train 波形と手術情報を適切に管理できれば、どのような train 波形の出現が術後の神経機能障害に結びつくかが解析できるのではないかと考えた。さらに現在の術中神経モニタリングでは、モニター担当者と顕微鏡術者との情報共有が不十分であることが問題となっている。モニタリング担当検査技師でなく術者が自身で判断できるように、波形の詳細情報を口頭伝達から、顕微鏡術者が短時間で理解できる表現方法を、特に感度の高い FR-EMG において確立できれば、FR-EMG 以外の神経モニタリングでも応用可能になると考えるに至った。

2. 研究の目的

術中神経モニタリング、マッピング技術の一つであるフリーラン自発筋電図のどのよう

な波形がどのように術後障害に結びついていのか、これまで他覚的、定量的に評価できなかった。FR-EMG の記録方法・判定基準・術者との共有方法を確立することにより、FR-EMG の有用性を証明することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) FR-EMG の記録方法の確立

術中画像として、FR-EMG、顕微鏡手術画像、ナビゲーション画像、生体監視モニター画像を同時記録動画とし、その他の誘発筋電図検査は静止画として記録するシステムを確立する。FR-EMG の train 発生を検知し、一定時

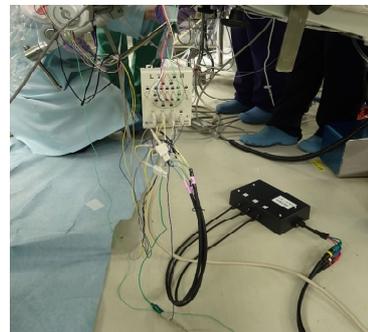


図1：筋電図から専用記録装置に電極を分配したところ。

間をさかのぼって画像を記録するシステムを構築する。(図1)

(2) FR-EMG の判断方法の確立

FR-EMG の出現は、出現回数と継続時間であるが、これを評価基準としても術後機能障害との関連はでない。手術手技との関連性は術中の術者とモニター担当がお互いに波形の悪化を確認した際に術操作と関連があったと判断したかどうかのパラメーターを追加する。波形悪化サインが出た際にその都度術者とモニター担当で、この所見を陽性と判断するかの取り決めを作る。

(3) FR-EMG の術者との情報共有方法の確立

大型モニターによる提示方法とする。一般的なモニタリング波形と、任意の時間で停止させた手術画像により、術者とモニタリング担当者が議論できるようにする。術者により思考パターンが違うので、表示方法は一つと限定せず、何人かの術者と議論を行うことでより一般的に使える表現方法を確立する。

4. 研究成果

(1) FR-EMG の記録方法の確立:記録装置を試作した。試作した記録装置を実験室で神経検査装置との併用が可能か検討し、問題ないことを確認した。実際の手術において、神経検査装置と併用した。神経検査装置に不具合がないこと、記録装置が術中正常に作動することを確認した。記録した波形をパソコンにデータとして蓄積した。臨床使用について当大学医学部医倫理委員会の承認を受け、臨床使用を開始した(自発筋電図モニタリング装置の開発 承認番号 3628)。

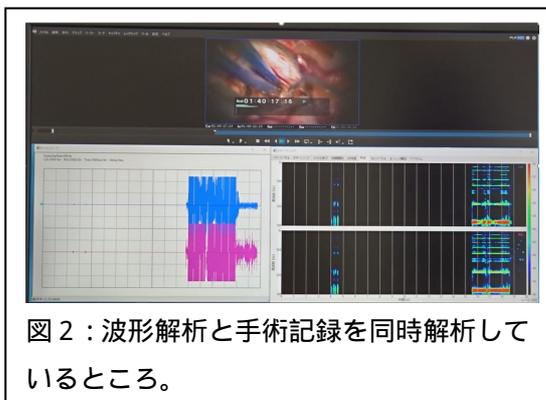
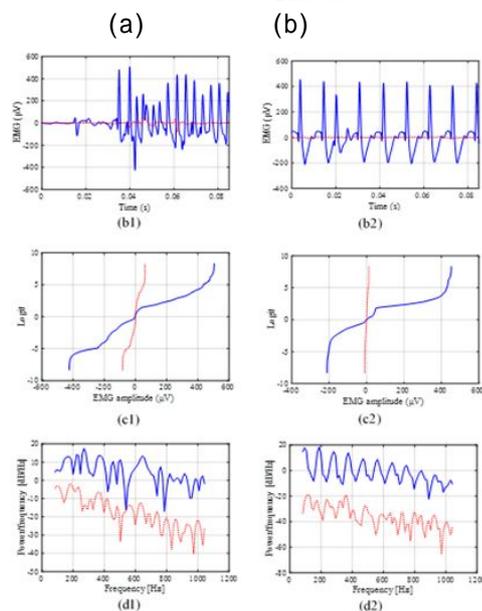


図2：波形解析と手術記録を同時解析しているところ。

(2) FR-EMG の判断方法の確立:上記方法にて記録した波形を解析した。筋電図活動波形を自動抽出できるソフトを作成した。抽出波形のパワースペクトル解析を行った。フリーランとノイズ(電気メス、超音波吸引装置、ドリルなど)には、振幅と頻度で明らかな違いがあることがわかり、これらノイズとフリーランを区別する方法を確立した。改良した記録装置を用いて、実臨床でのデータ採取を開始した。自発筋電図測定でこれまで解析され

図3：フリーラン自発筋電図解析



上：筋電図時間波形。中央：そのLogitと累積振幅分布の関係。下：パワースペクトル密度関数。(a),(b)は異なる時間に観察された同じ筋からの波形。一見異なる筋電図波形も解析するとほぼ同じ状態を表現していることがわかる。

ていなかった波形頻度の変化や、振幅の変化などが、障害の有無と関連するかもしれないデータが出た。図3は聴神経腫瘍摘出時の顔面フリーラン自発筋電図の解析データを示す。このような筋電図波形の音響学的解析は術中モニタリング分野ではこれまで全く行われていなかった。フリーラン自発筋電図は、誘発筋電図の振幅低下を起こす前にアラームサインを出すことが可能なため、誘発筋電図より鋭敏に障害につながりそうな手技をピックアップできる可能性がある。現時点では誘発筋電図や運動誘発電位の低下によるワーニングサインがでた場合は回復を期待して待機するしかないのだが、そうではない新たな指標によるモニタリングを行える可能性を持つことが分かった。

(3) FR-EMG の術者との情報共有方法の確立：顕微鏡画像、神経検査装置、本FR-EMG記録装置を同時記録表示する装置を試作した。試作した表示記録装置を実際の手術において、使用した。

<引用文献>

Prell J, Ramp S et al: Train time as a quantitative electromyographic parameter for facial nerve function in patients undergoing surgery for vestibular schwannoma. (J Neurosurg 106:826-832, 2007)

Yoshimitsu K et al: Wireless Modification of the Intraoperative Examination Monitor for Awake Surgery. (Neurol Med Chir(Tokyo)51: 472-476, 2011)

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計5件)

Horiuchi T, Goto T, Tanaka Y, Kodama K, Tsutsumi K, Ito K, Hongo K: Role of superior hypophyseal artery in visual function impairment after paraclinoid carotid artery aneurysm surgery. J Neurosurg 123(2):460-6, 2015, 査読有
DOI: 10.3171/2014.12.JNS141218

後藤哲哉、本郷一博:【「術中脳脊髄モニタリングの現状と問題点」脳神経外科手術における MEP モニタリング】脳神経外科手術における術中運動誘発電位測定 の提案. 臨床神経生理学 44(4):185-188, 2016, 査読有 DOI: 10.11422/jscn.44.185

後藤哲哉: 脳腫瘍摘出術の成績を支える術中神経機能評価 電気生理学的検査と覚醒下手術. 信州医学雑誌 65(1): 23-30, 2017, 査読無 DOI: 10.11441/shinshumedj.65.23

後藤哲哉、本郷一博: 脳神経外科術中運動誘発電位モニタリングにおける諸問

題. Neurological Surgery 45(5): 383-390, 2017, 査読無 DOI: 10.11477/mf.1436203518

後藤哲哉、本郷一博: 脳腫瘍の手術のための術前・術中支援 脳幹腫瘍に対する開頭術. Neurological Surgery 45(8): 737-746, 2017, 査読無 DOI: 10.11477/mf.1436203583

[学会発表](計19件)

後藤哲哉、原洋助、金谷康平、本郷一博: 動脈瘤クリッピング時の運動誘発電位、視覚誘発電位モニタリング. 第45回日本臨床神経生理学会学術大会, 2015 (シンポジウム)

後藤哲哉: MEP の現状第45回日本臨床神経生理学会学術大会, 2015 サテライトシンポジウム 招待講演

後藤哲哉、原洋助、金谷康平、本郷一博: 術中運動誘発電位における筋電図運動閾値の利用方. 第45回日本臨床神経生理学会学術大会, 2015

Goto T, Kanaya K, Kodama K, Hongo K: Intraoperative Visual Evoked Potential Monitoring for Neurosurgery. 11th Asian Congress of Neurological Surgeons(ACNS2016), 2016

後藤哲哉、原洋助、金谷康平、本郷一博: 術中運動誘発電位における筋電図運動閾値利用の実際. 第25回脳神経外科手術と機器学会(CNTT), 2016 (シンポジウム、指定演者)

後藤哲哉: 脳神経外科における術中モニタリング. 第46回日本臨床神経生理学会学術大会, 2016 (サテライトシンポ

ジウム. 第 3 回脳脊髄術中モニタリング懇話会)

Goto T, Hongo K: Intraoperative MEP monitoring for neurosurgery: transcranial, transcortical and subcortical stimulation, EMG and D-wave recording, threshold stimulation. 4th KSION Symposium, 2017 (招待講演)

Goto T, Ogiwara T, Hongo K, Fujii Y, Okamoto J, Muragaki Y: The possibility and feasibility of an ultrasonic microdissector. CARS2017, 2017

後藤哲哉:運動誘発電位モニタリングにおける腰部筋電図記録の有用性について. 第 23 回日本脳神経モニタリング学会, 2017

後藤哲哉: 脳血管障害に対するモニタリング脳神経外科領域における術中神経モニタリングの現状と問題点. 第 4 回日本脳脊髄術中モニタリング研究会, 2017

後藤哲哉、金谷康平、花岡吉亀、本郷一博: 運動閾値を誘発する刺激電流量による術中モニタリング. 日本脳神経外科学会第 76 回学術総会, 2017

降旗建治、後藤哲哉、本郷一博、安本智志: 術中フリーラン筋電図定量評価の可能性. 日本音響学会聴覚研究会, 2017

後藤哲哉、本郷一博: 脳神経外科手術における術中運動誘発電位測定における閾値刺激. 第 47 回日本臨床神経生理学会学術大会, 2017

後藤哲哉、本郷一博: 脳神経外科における神経モニタリングの安全策. 第 4 回脳脊髄術中モニタリング懇話会, 2017

6. 研究組織

(1) 研究代表者

後藤 哲哉 (GOTO Tetsuya)
信州大学・学術研究院医学系 (医学部附属病院)・講師
研究者番号: 30362130

(2) 研究分担者

降旗 建治 (FURIHATA Kenji)
信州大学・医学部・特任准教授
研究者番号: 90021013

(4) 研究協力者

小池 徳男 (KOIKE Norio)
株式会社イチカワ 研究本部長
研究者番号: なし

安本 智志 (YASUMOTO Takasi)
株式会社イチカワ 研究員
研究者番号: なし