

## アプリケーションノート 111 神経伝導速度

このアプリケーションノートでは、ヒト被験者の尺骨神経に沿って神経伝導速度を測定します。尺骨神経は、比較的太いサイズの神経で、前腕からのアクセスが容易なことから神経伝導速度測定でよく検査される神経です。場合によっては、その他の神経を使用することもあります。

神経伝導速度は、電気刺激信号が神経システムを通過する速度です。神経繊維への電気刺激が外部から加えられた場合、電流は正の刺激電極からニューロン内部へ流れ、負の電極から再び出ます。電荷が一定の閾値レベルに達した場合、神経内の細胞は脱分極し、活動電位が生じます。

活動電位の速度または神経伝導速度は、電荷が刺激電極から神経沿いのどこかに位置する導出電極への移動にかかる時間を記録することで測定することができます。この情報から、電極間の距離や、伝達時間を求めることが可能です。この情報は、神経の状態や、全身の電気情報の伝導の異常があるかどうか確認するのに役立ちます。

被験者に対して適切な神経を選択する場合、幾つかの基礎的要素に留意してください: 神経自体のサイズ(直径)、電極配置の簡便性、および神経の長さ測定の精度

### 必要機器

- MP150 または MP100 データ取得システム (UIM100C を含む)
- STM100C×1 刺激反应用モジュール
- EMG100C×1 筋電図用アンプ
- STMISOC×1 刺激モジュール・アイソレーションアダプタ
- EL500 デュアル電極×2
- EL503 汎用電極×1
- LEAD110 非シールドリード線×3
- LEAD110S シールドリード線×2
- 巻尺もしくはその他の長さ調節が可能な測定器

### ハードウェア設定

1. STM100C を OUT0、0%レベル、POS、DC に設定。
2. EMG100C をチャンネル : 2 (上部)、Gain : 2000、LP : 5kHz、100Hz HP : OFF、HP : 10Hz に設定。
3. STM100C を UIM100C の左側に取り付ける。

4. EMG100C を UIM100C の右側に取り付ける。
5. STMISOC のケーブルを STM100C の EXT STM ポートに接続する。
6. LEAD110 を 2 本、STMISOC 側面の “+” , “-” に接続する。
7. LEAD110 を 1 本、EMG100C の “GND” ポートに接続する。
8. LEAD110S を 2 本、EMG100C (黒のワイヤーは “シールド” に差し込む) に接続する。



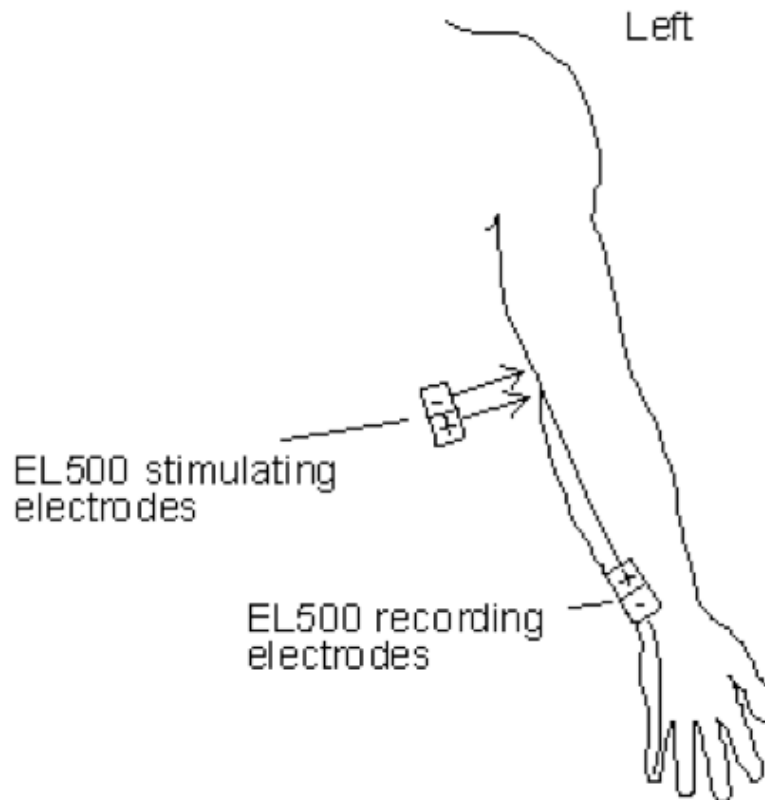
### 神経反応記録のためのアンプ配置およびリード線の接続

#### 電極の接続

神経伝導速度検査の設定のための電極の接続は、一組の刺激電極と一組の記録電極（接地を含む）で構成されます。神経の刺激用に使用される電極は、BIOPAC 社製の EL500 デュアル電極（もしくは適切な代替品）です。EL500 は使い捨てで、ゲルが予め塗布されています。電極間は（中心間が）41mm 離れた 2 枚 1 組となっています。電気刺激を行う際は刺激安全に関するガイダンスを守って行ってください。

1. EL500 デュアル電極を腕の後ろ側で、肘の尺骨神経に沿って縦に配置します。
  - これは刺激電極です。
  - 最適な場所は以下に示されている通りです。正確な配置場所を見つけるには、（被験者が自分だと仮定して）左腕を自分の前に出した状態で、手のひらを上に向けます。右手を使用し、肘の下部/内側に 2 本の骨を探してください。尺骨神経はこの 2 つのポイント間を移動します。これら 2 つの骨突起間で縦に動作するように、尺骨神経上に EL500 デュアル電極を直接配置します。

2. もう1つのEL500デュアル電極を少しだけ小指に向けて、手首の内側の尺骨神経に沿って縦に配置します。(下図参照)
- これは記録電極で、尺骨神経に沿って刺激が伝搬された後に最初の刺激に対する反応を記録します。



### 左腕での電極の配置（極性に注意）

3. EL503 電極を同じ腕のどこかに配置してください。肘の少し上または少し下が好ましいです。
4. STMISOC からの LEAD110 一組を EL500 刺激電極に接続します。(肘の上部)
5. EMG100C VIN+/VIN-からの LEAD110S 一組を EL500 記録電極に接続します。(手首上)
- 上図の極性に注意してください。正のピーク値を測定するのに重要です。
6. 接地電極を配置するために、EMG100C GND からの LEAD110 を EL503 電極に接続します。

### オプション設定 - 複数記録ポイント

神経伝導速度を確実にするために、一つの記録電極のセットの代わりに複数の記録電極を使用することができます。尺骨神経に沿ったどこかに別の記録電極のセットを配置し、記録電極が全て尺骨神経上にあることを確認します。その後、手前の記録電極の刺激通過時間と、次の記録電極に到達するのにかかる時間と物理距離を測定します。この設定では、基本的な設定を用いた神経伝導速度を検証するのに使用することができます。

## 刺激の安全に関するガイドライン

STMISOC を使用する際、200V p-p に達する電圧が発生する可能性があります。刺激装置の高電圧出力が被験者の心臓を横断して流れる場合は特に危険となります。心臓を横切るとは、心臓がリード間の電気経路内にある可能性があることを意味します。この潜在的に危険な状況は、刺激電極が被験者の身体の両側に配置されている場合に発生します。

### 被験者の身体の両側に刺激電極を絶対に配置しないでください！

常に心臓から遠く、電極が互いに接近して、身体の同じ側に配置されたリード線と一緒に刺激装置を使用してください。電極接続の図は、STMISOC を使用する際の正しい接続方法を示しています。

### 使用上の注意！

安全な刺激モジュールであっても、誤って使用すると、深刻な被害を引き起こす可能性があります。以下の項目は、被験者を刺激するために刺激アイソレーションアダプタを使用する上での基本的な規則を示しています。

1. 心臓に電流が流れるような方法で刺激信号を絶対に使用しないでください。

主に、この規則は刺激リード線が心臓周辺の身体の反対側に接触できるように分割されてはいけないことを意味しています。例：「片方のリード線が左腕、もう一方のリード線が右腕に接続するように刺激アイソレーションアダプタを絶対に接続しないでください。」両方の刺激リード線[(+)および(-)]は、被験者の身体の同じ側（左または右）で使用されなければなりません。

また、常に心臓から離して刺激してください。正の刺激出力から負の刺激出力への間隔を固定できる刺激プローブ（BUOPAC 社製 EL350 または EL351 など）は、常に神経もしくは筋肉の皮膚表面刺激のために使用されなければなりません。EL350 または EL351 刺激プローブは、刺激出力間の間隔を 30mm に固定します。この間隔が神経または筋肉の皮膚表面刺激において増加することは推奨されておりません。この間隔の増加は、神経または筋肉のより広い範囲にわたって刺激電流を与えてしまいますので、推奨しません。

2. 刺激装置は常に可能な限り低いレベルに設定して刺激を出力してください。

STMISO シリーズ（刺激アイソレーションアダプタ）の制御は、STM100C 刺激モジュールで行います。刺激プロトコルの開始前に、調整つまみを 0% のレベルに設定します。プロトコル中に、100% のレベルに向かって調整ノブをゆっくり回して刺激強度を増加させます。被験者の不快症状の最初のサインで強度の増加を停止してください。

### 重要事項！

- A. わずか 15 マイクロアンペアでも電流が心臓を横切ることで心室細動を引き起こします。

この状況は、心臓に直接挿入する皮下刺激針電極を使用することで容易に再現することが可能です。表面電極を使用して、同じ心臓で心室細動を達成することはかなり困難ですが、病院または救急医療隊員によって使用される心臓除細動器の性能によって明らかのように、そうすることが可能となります。

B. 資格がある経験豊富な専門家は、被験者に適用される電気刺激のプロトコルを管理する必要があります。

電気刺激プロトコルは単純なものではありません。BIOPAC 社製刺激モジュールやアクセサリの使用に関するお問い合わせは、ゼロシーセブン株式会社までご連絡ください。

### 規制基準

神経と筋刺激装置の安全性に関する統一国際規制基準は IEC601-2-10 です。心臓細動除去用の刺激装置などの特定の刺激装置はこの基準から除外されています。しかし、BIOPAC 社製 STMISO シリーズの刺激アダプタの関連安全測定基準を定義するために、この基準は非常に関係があります。

BIOPAC 社製 STMISO シリーズの刺激アダプタは、被験者を刺激するために利用可能な電力が制限されるように設計されています。この電力の制限は、絶対的に（サイズおよび構造に基づく）物理的制約を持つ絶縁変圧器を使用して実行しています。既知の物理法則に従って特定のレベル以下になるように最大出力エネルギーを制限します。

IEC601-2-10 規格のセクション 51.104 は、様々な波形の出力エネルギーの制限を明示します。

\* 刺激パルスを 500 オームの負荷抵抗に出力した際、パルスあたりの最大エネルギーは 300mJ を越えてはなりません。

\* 刺激パルス出力のために断線状態の回路で測定した際、最大出力電圧は 500V のピーク値を越えてはなりません。

全ての BIOPAC 社製 STMISO アダプタは、500 オームの負荷条件下で最大で 2 ミリ秒に出力パルス幅を制限する絶縁変圧器を使用します。さらに、利用可能な最大出力電圧は、断線状態の回路で 200V p-p 値 (STMISOC) です。

STMISOC におけるパルスエネルギーの計算：

ジュール=ワット×秒

ワット（瞬間最大）= (200V×200V) /500 オーム=80

ジュール=80W×0.002 秒=0.16 ジュール=160mJ

従って、STMISOC を使用する利用可能な最大エネルギー出力は 160mJ となります。STMISO シリーズの刺激分離装置からの最大利用可能エネルギーの全ての場合において、IEC601-2-10 によって指定された 300mJ の最大値よりも大幅に低くなるように制限されています。

## ソフトウェア設定

1. “Setup Channels” で、アナログチャンネル 2 の “acquire” と “plot” にチェックを入れます。レベルには “神経応答 (Nerve Response)” もしくはその他の適した名前を付けます。
2. “Setup Acquisition” で、“Sampling rate” を 10,000Hz、“length” を 20 ミリ秒、“Autosave file”、および “record” を MP150 (MP100) に設定します。
3. “Setup Stimulator” で、“Analog Output 0” から (以下に示すように) 200  $\mu$  秒 (.2 ミリ秒) のパルス幅で 10V の方形波を 1 回出力します。

■パルス出力は記録開始後 1 ミリ秒後であることに注意してください。応答時間を測定する際は、必ずこれを考慮に入れてください。

The screenshot shows the "Analog Output 0" configuration window. It features a graph with the y-axis labeled "Out 0 Analog Volts" ranging from -10.000000 to 10.000000, and the x-axis labeled "msec" with markers for "Start of acquisition" at 0 and "End of stimulus" at 2048.0000. A square pulse is shown, starting at 0 and ending at 2048.0000 msec. Below the graph, the "Duration" is set to "Output once" and the "Stimulator sample rate" is set to "1000 samples/sec". A "Segment configuration..." section is expanded, showing the following parameters:

Seg #1 Level	0.000000	Volts	Seg #1 Width	1.000000	msec
Seg #2 Level	9.999695	Volts	Seg #2 Width	0.200000	msec
Seg #3 Level	0.000000	Volts	Seg #3 Width	0.100000	msec
Seg #4 Level	0.000000	Volts	Seg #4 Width	0.100000	msec
Seg #5 Level	0.000000	Volts	Seg #5 Width	2046.600000	msec

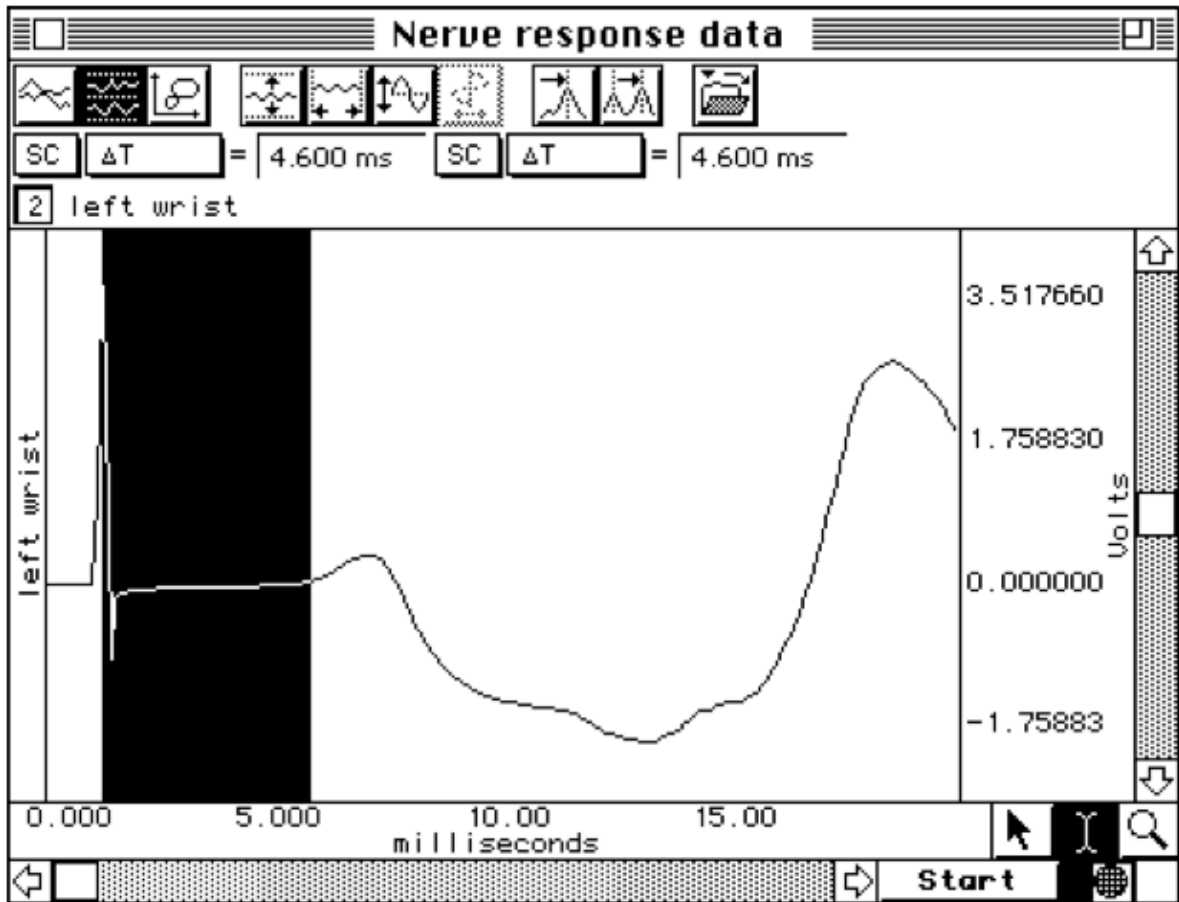
### 神経伝導速度のための刺激装置設定ウィンドウ

## 手順

1. MP ユニットの電源を入れます。
2. AcqKnowledge ソフトウェアを起動します。

3. 実験を始める前に、STM100C のレベル減衰つまみが 0%の状態であることを確認して下さい。(これは、安全のために MP ユニットから刺激を出力しません。)
4. 電極を介して刺激出力の強度を調整するために、レベル減衰つまみを使用します。0V から開始し、ゆっくりと増加させます。
5. 必要な閾値に達するまで、繰り返し記録を行い、刺激出力レベルを増加させます。

■何人かの被験者は 40 または 50%で刺激を感じますが、90%まで感じない事は珍しくありません。刺激電圧が低過ぎる場合、波形は早期のスパイク刺激に対する反応ではない、やや平らな線として表示されますが、閾値に達すると、刺激後約 5 ミリ秒で応答反応が見え始めます。



手首での神経応答のサンプル波形

### 波形分析

適正な閾値を見つけ、適切なデータが収集された後に分析を行うことができます。

1. 刺激と反応のみがグラフウィンドウに表示されるように波形をスケールします。

最も簡単に認識できる波形の一部は、上記の波形で 7~17 ミリ秒を中心とする大きな低下の“けいれん”反応です。これは、被験者の腕に刺激を与えた際の反応です。これは、刺激電極の近くで電気刺激を受けた筋肉の収縮によるものです。

■初期のスパイクは、皮膚に行った刺激に対する反応を表す波形です。この期間は、電気の速度からわかる通り実質的には瞬間的なものです。このスパイクは、刺激点を決定するための測定のポイントとなります。

■刺激のピークから、約5ミリ秒に尺骨神経に沿った刺激に対する反応を表すピーク値が存在します。

2. 刺激と反応開始の間の範囲を選択するには、Iビームツールを使用してください。測定のための正確なポイントは、神経反応の最初の開始時となります。

3. 刺激と反応開始の間の時間を確認するには、メジャメントのポップアップウィンドウ ( $\Delta t$  測定) を使用してください。

4. 刺激の通った神経の長さ（皮膚表面上）を測定するには、巻き尺を使用してください。

■刺激電極の中間点と記録電極の中間点の間の正確な距離（cm）を決定します。測定した距離は、被験者の体格に応じて約20～30cmにならなければなりません。

5. 速度を求めるために距離を応答時間で割ります。

■平均神経伝導速度は、毎秒約45～55mの範囲となります。このレートでは、25cm移動するのに約5ミリ秒の信号を取ります。被験者によって速度には変化が生じます。