

12.1 a Elektroneurographie und Elektromyographie

Elektrophysiologische Untersuchungen (Elektroneurographie ENG; Elektromyographie EMG) kommen bei der Lyme-Neuroborreliose häufig zum Einsatz. Diese Untersuchungsmethoden werden im Folgenden in einer kurzgefassten praxisorientierten Übersicht dargestellt.

Begriffsbestimmungen:

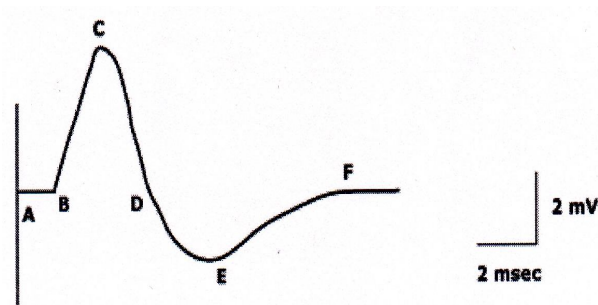
Sensorisches Nervenaktionspotential (SNAP)

Muskelaktionspotential (MAP)

Durch einen elektrischen Stimulus werden motorische oder sensible Nerven aktiviert, die elektrische Aktivität infolge der Nervaktivierung wird gemessen.

Die wesentlichen Parameter der motorischen Elektroneurographie sind in Abb. 1 dargestellt.

Abb. 1
Muskelaktionspotential (MAP)



- A** Stimulus
- B** Beginn MAP
- C** Amplituden-Maximum
(negative Phase)
- D** Rückkehr zum Ausgangsniveau
- E** Amplituden-Maximum
(positive Phase)
- F** Rückkehr zum Ausgangsniveau

Die Elektroneurographie erfasst ausschließlich große myelinisierte Nervenfasern (A-alpha) mit sensorischer oder motorischer Funktion.

Kleindimensionierte Nervenfasern (A-delta und nicht myelinisierte C-Fasern) werden bei der Elektroneurographie nicht erfasst. Diese kleinkalibrigen Fasern vermitteln jedoch Temperatur und Schmerz. Daher wird bei ausschließlicher Beeinträchtigung der Schmerz- und Temperaturwahrnehmung von einer „small fibre neuropathy“ gesprochen.

Bei der Elektroneurographie wird das sensorische (SNAP) bzw. motorische Aktionspotential (MAP) registriert. Das SNAP reflektiert ausschließlich die Aktivierung des sensorischen Nerven, das MAP neben der neuralen Aktivierung auch die Aktivierung von Muskelfasern.

Bei chronischen Nervenschädigungen weist das MAP oft eine normale oder nur leicht reduzierte Amplitude auf, da sich im chronischen Krankheitsverlauf geschädigte Nerven zum Teil regenerieren und sich Kollateralen über Äste terminaler Nervenfasern bilden. Bei dieser Konstellation ist die gleichzeitige Elektromyographie hilfreich; die Elektroneurographie sollte daher immer zeitgleich mit der Elektromyographie durchgeführt werden.

Bei Nervenschädigung (A-alpha myelinisierte Fasern) ist die Latenz verlängert, die Fläche des MAP (Fläche unter der Aktionspotential-Kurve) und die Amplitude vermindert.

Mit Zunahme der Messdistanz (zwischen stimulierender und registrierender Elektrode) verbreitert und vergrößert sich die Aktionspotential-Fläche und die Amplitude nimmt ab.

Diagnostisches Kriterium für pathologisches MAP:

MAP-Dauer ist bei Messung im proximalen Bereich mehr als 30% größer als im distalen Bereich

Dauer Aktionspotentiale

(Normwerte):

Dauer MAP ca. 2 msec.

Dauer SNAP 5-15 msec.

Nervenleitungsgeschwindigkeit (NLG):

- NLG in oberen Extremitäten 15-20% höher als in unteren Extremitäten.
- NLG 5-10% höher in proximalen Segmenten im Vergleich zu distalen.
- Sensorische NLG 5-10% schneller als motorische NLG.
- Einfluss des Alters auf NLG: Ab dem 30. Lebensjahr nimmt NLG um 1-3% pro Dekade ab. In der 9. Dekade bedeutet dies eine Minderung von höchstens 10 m/s (Norm 65-75 m/s).
- Körperlänge hat negative Korrelation zur NLG, Alter zur Amplitude des AP (MAP, SNAP).

Temperatureinfluss: Negative Korrelation zu NLG und AP-Amplitude:

- Verminderung der Amplitude des AP um ca. 2% / Grad Celsius
- Latenz-Zunahme ca. 2,5% / Grad Celsius
- NLG vermindert um 2 m/s pro Grad Celsius
(10% Unterkühlung (normale Untersuchungstemperatur 35 Grad Celsius) führt zu einer Verzögerung um ca. 20%)

Parameter der Elektroneurographie:

Amplitude

AP-Fläche

Konfiguration

Dauer des AP

NLG

Platzierung der Elektroden:

- Stimulierende Elektrode proximal
- Registrierende Elektrode distal

Daher Messung des MAP orthodrom, des SNAP antidrom.

Weiterführende Untersuchung im terminalen Segment:

- Hereditäre Neuropathien: uniforme Verzögerung der Nervenleitung
- Entzündliche Neuropathie: nicht uniforme Leitungsverzögerung

Dimensionen:

- MAP mV
- SNAP μ V

Axonale Degeneration:

- Reduzierte Amplitude des AP
- Verzögerte Leitung
(bei axonaler Degeneration weniger ausgeprägt als bei Demyelinisierung)
- Veränderung der Konfiguration des AP

NLG (motorisch) Norm: 65-75 m/s.

Bei Bestimmung von NLG sind Körperlänge, Alter und Temperatur zu berücksichtigen.

Axonale Schädigung: NLG über 30 m/s vermindert

Demyelinisierung NLG unter 30 m/s vermindert

Diagnose einer primären Demyelinisierung durch elektrophysiologischen Befund problematisch, d.h. die Neurographie kann zwischen axonaler Schädigung und

Demyelinisierung nicht sicher unterscheiden. Es gibt noch keinen Goldstandard für diagnostische Kriterien einer elektrophysiologischen Identifikation der Demyelinisierung.

F-Welle: Bei supramaximaler Nervenstimulation eines motorischen Nervens kommt es proximal der stimulierenden Elektrode zur Nervaktivierung, die nachfolgend eine orthodrome Antwort (F-Welle) hervorruft, die als spätes Potential mit geringer Amplitude sichtbar wird. Die F-Welle hat Bedeutung bei der Analyse von Neuropathien, die vorwiegend proximale Strecken betreffen.

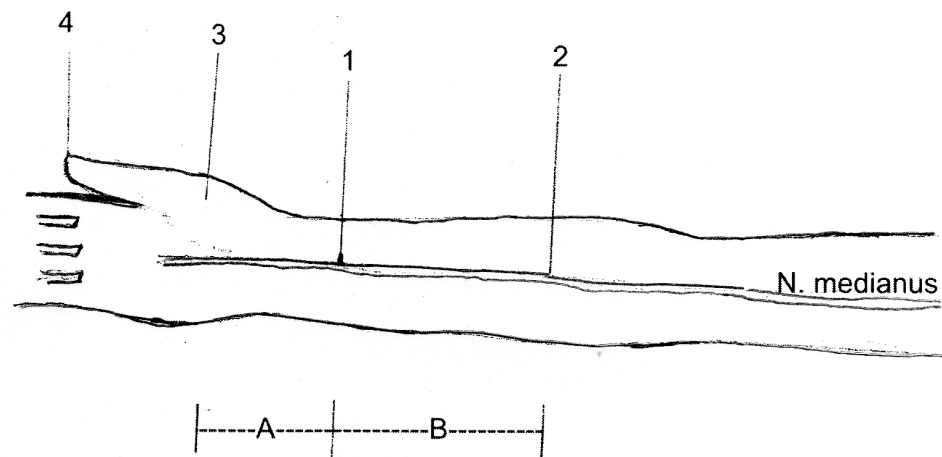
Der H-Reflex kann bei submaximaler Stimulation des N. tibialis hervorgerufen werden, er erfasst den afferenten und efferenten Reflexbogen. Er ist beeinträchtigt bei Schädigungen der S1-Wurzel und proximalen Leitungsstörungen im Rahmen einer Polyneuropathie.

Leitungsblock:

Verursacht durch Demyelinisierung. MAP-Amplitude proximal stärker vermindert als distal.

Messtechnik

Die Messtechnik ist in Abb. 2 wiedergegeben. Im Prinzip wird über eine distale oder proximale Elektrode der Nerv stimuliert und über der Messelektrode die Zeit zwischen Stimulus und Beginn des MAP bzw. SNAP gemessen. Die Distanz zwischen Stimuluselektrode und Messelektrode wird dividiert durch die gemessene Zeit. Daraus ergibt sich die Nervenleitungsgeschwindigkeit (NLG). Zusätzlich können folgende Parameter gemessen werden: Latenz, Amplitudenhöhe, Latenz der F-Welle.

Abb. 2**Messtechnik der Elektroneurographie****A' = Zeit zwischen Stimulus 1 und Beginn des MAP****B' = Zeit zwischen Stimulus 2 und Beginn des MAP**

1,2 percutane Stimulations-Elektroden (Handgelenk, Ellenbeuge)

3 Messelektrode

4 Referenz-Elektrode

A = Distanz zwischen Stimulations-Elektrode 1 und Registrier-Elektrode (3)

B = Distanz zwischen Stimulations-Elektrode 2 und Registrier-Elektrode (3)

Normwerte für die Nervenleitungsgeschwindigkeit

In der Tabelle 1 sind die Normwerte für die Leitungsgeschwindigkeit verschiedener Nerven bei Erwachsenen zwischen 16 und 65 Jahren wiedergegeben.

Tab. 1

**Nervenleitungsgeschwindigkeit verschiedener Nerven
(bei Erwachsenen zwischen 16 und 65 Jahren)**

Motorische Nervenleitung

Distale Stimulationsstelle	Proximale Stimulationsstelle	Latenz
NLG Amplitude		

		ms	m/s	mV
		<	>	>
Handgelenk	Ellenbogen	4.2	49	4.4
Handgelenk	Ulnarköpfchen	3.4	49	6.0
Unterarm	Ellenbeuge	5.2	50	4.0
Knöchel	Fibularköpfchen	3.0	42	2.0
Knöchel	Kniebeuge	6.5	41	3.0

Sensorische Nervenleitung

		<	>	>
		ms	m/s	mV
Handgelenk	Dig. 2	2.5	52	20
Handgelenk	Dig. 5	2.1	52	15
Unterarm	Handgelenk	1.9	48	20
Wade	Knöchel	3.2	42	6

Elektromyographie

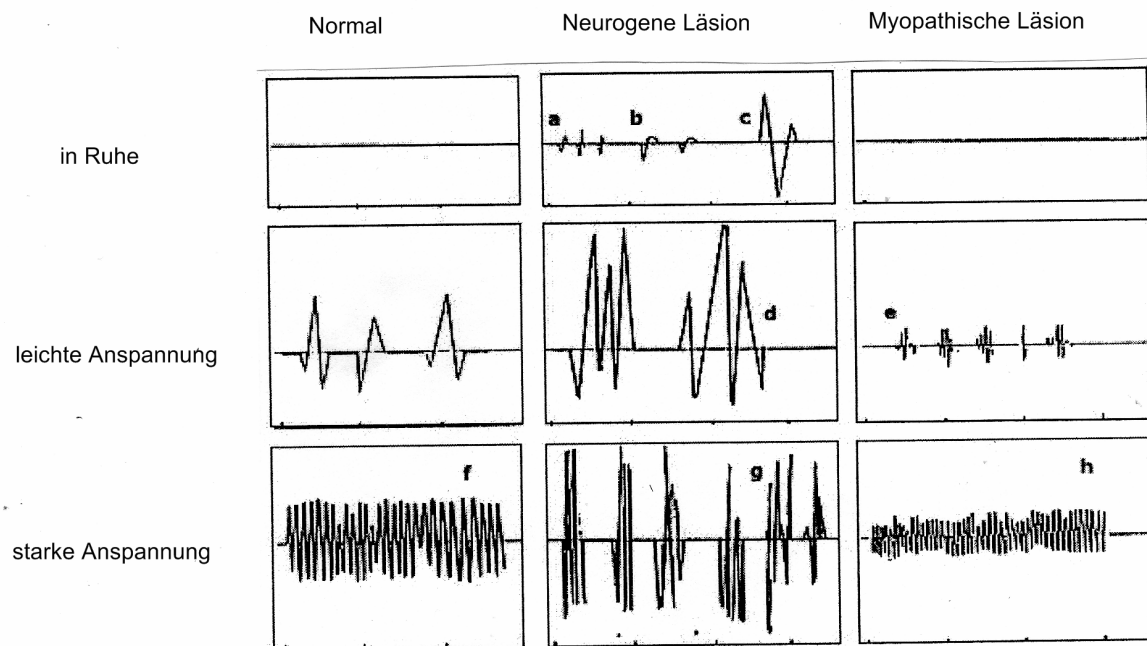
Zur Erfassung pathologischer Vorgänge erfolgt die Elektromyographie in vier verschiedenen Phasen:

- Aktivität bei Einstechen der Nadel
- Spontanaktivität in Ruhe
- Analyse des MUAP (motor unit action potential) bei minimaler willkürlicher Kontraktion
- Analyse des MUAP bei maximaler Muskelanspannung

Nach Einstechen der Nadel sind kurz dauernde Entladungen registrierbar, danach zeigen sich in Ruhe keine Aktionspotentiale.

Die wesentlichen Phänomene der Elektromyographie bei Normalzustand, bei neurogenen Läsionen bzw. myopathischen Läsionen sind in der Abb. 1 dargestellt.

Abb. 1
Elektromyographie
(Normalzustand, neurogene bzw. myopathische Läsion)



- a** Fibrillationen
- b** steile Wellen
- c** Faszikulationen
- d** große polyphasische Potentiale
- e** zahlreiche niedrige und kurz dauernde Aktivitäten
- f** voll ausgeprägte Phasen von Potentialen
- g** Zahl der Potentiale vermindert, keine durchgehende Aktivität
- h** verminderte Amplituden

Abb. 2
Messtechnik der Elektroneurographie
A' = Zeit zwischen Stimulus 1 und Beginn des MAP
B' = Zeit zwischen Stimulus 2 und Beginn des MAP