

**Tabelle 4.7 · Typische Befundkonstellationen (jeweils einseitige Läsion)**

	Reiz ipsilateral			Reiz kontralateral		
	R1	R2	R2c	R1	R2	R2c
periphere Fazialisparese	–	–	n	n	n	–
Trigeminusläsion	↑ /–	↑ /–	↑ /–	n	n	n
Läsion mittlere Pons	↑	n	n	n	n	n
Läsion paramedian Medulla oblongata	n	n	n	n	n	↑
Läsionen an anderen Orten der Reflexbahn	verschiedene Ausfallsmuster, die teilweise aus der Abbildung (s. o.) hergeleitet werden können					

n = normal; ↑ = verzögert; – = ausgefallen

## 4.2 Elektromyographie (EMG)

### Grundlagen

- ▶ **Prinzip:** Mit der konventionellen Elektromyographie (EMG) mit konzentrischen Nadelelektroden (Messung der Spannungsdifferenz zwischen differenter und indifferenten Elektrode) werden die Potenzialanteile motorischer Einheiten im Muskel in einem Radius von etwa 1–2 mm erfasst. Ziel ist die Beurteilung von elektrischen Phänomenen der Muskelfasermembran.
- ▶ **Das EMG ermöglicht grundsätzlich folgende Differenzierung:**
  - Neurogene versus myopathische Schädigung.
  - Nachweis klinisch nicht manifester oder nicht sicher objektivierbarer Schäden in den untersuchten Muskeln.
  - Festlegung des Verteilungsmusters einer Schädigung (z. B. einzelner peripherer Nerv, Wurzel, Systemerkrankung).
  - Bestimmung der zeitlichen Dynamik (akut/chronisch).
- ▶ **Voraussetzungen:** Klinische (Verdachts-) Diagnose und Fragestellung mit Festlegung der zu untersuchenden Muskeln. Dazu kann eine (zumindest partielle) eigene klinisch-neurologische Untersuchung notwendig sein.
- ▶ **Kontraindikationen:** Gerinnungsstörungen (auch Vollheparinisierung, Antikoagulationstherapie), evtl. geplante Muskelbiopsie im zu untersuchenden Muskel (S. 32).
- ▶ **Infektionssicherheit bei Nadelelektroden:**
  - Am besten Einmalnadeln verwenden!
  - Wiederverwendbare Nadeln müssen speziell sterilisiert werden (Empfehlungen der EMG-Kommission der Deutschen Gesellschaft für Klinische Neurophysiologie):
    - Autoklavieren über 60 min bei 134° C oder 2 × 36 min bei 136° C.
    - Einlegen in 1 molare NaOH für 24 h.
    - Behandlung mit 2,5–5%igem Na-Hypochlorit für 24 h.
    - Kochen in 3% Na-Dodecylsulfat (SDS) für 10–15 min.
- ▶ **Allgemeines Vorgehen:**
  1. Hautdesinfektion.
  2. EMG-Nadel zügig in den ruhenden Muskel einstechen und die Einstichaktivität beurteilen.
  3. Beurteilung evtl. vorhandener Spontanaktivität (bei entspanntem Muskel): Dazu die Nadel senkrecht zur Verlaufsrichtung der Muskelfasern schrittweise weiter verschieben und an jeder Stelle ruhig halten.

4. **Einzelpotenzialanalyse:** Unter leichter Willküranspannung des untersuchten Muskels einzelne Potenziale darstellen (zur quantitativen Analyse müssen etwa 20 Potenziale in verschiedenen Regionen des Muskels untersucht werden).
5. **Beurteilung des Interferenzbildes** unter maximaler Willküranspannung.

### Untersuchung des ruhenden Muskels

- ▶ **Spezielles Vorgehen:** An mehreren Stellen im komplett entspannten Muskel untersuchen (gute Lagerung und Entspannung des Patienten). Geräteeinstellung mit Verstärkung von 50–100  $\mu\text{V}/\text{div}$ , Zeitablenkung 5–10 ms/div, Grenzfrequenzen 2 Hz–10 kHz.
- ▶ **Einstichaktivität (physiologisch):**
  - Durch Nadelbewegungen kommt es zur mechanischen Reizung der Muskelmembran mit Entladung einer Salve (Dauer 200–500 ms) von Einzelpotenzialen (Dauer 1–3 ms, Amplitude um 100  $\mu\text{V}$ ).
  - Mögliche Befunde und deren diagnostische Bedeutung:
    - Fehlen bei akuter Parese → Hinweis auf Muskelschämie (z. B. Kompartmentsyndrom).
    - Fehlen bei chronischer Schädigung (bei erhöhtem mechanischen Gewebswiderstand) → Hinweis auf bindegewebigen Umbau.
    - Verlängerung evtl. bei Denervation → unsicher, nicht bewerten.
- ▶ **Endplattenrauschen/Endplattenpotenziale (physiologisch):** Beide Phänomene treten umschrieben im Bereich der Endplatte auf (hier EMG oft besonders schmerzhaft) und verschwinden bei kleinsten Nadelbewegungen.
  - **Endplattenpotenzial** (vermutlich durch Summation spontan und synchron entladender Miniaturendplattenpotenziale): Biphasisches, kleines, initial negatives, unregelmäßig entladendes Potenzial (Amplitude 100–500  $\mu\text{V}$ , Dauer 3–5 ms, Anstiegszeit 0,05–2 ms. Bei Ableitung nahe der Endplatte auch initial positiv (=benigne Fibrillation)).
    - **Cave:** Wichtigste DD ist die pathologische Fibrillation (s.u.)!
  - **Endplattenrauschen** (am ehesten direkt an der Endplatte abgeleitete Miniaturendplattenpotenziale): Unregelmäßig entladende (mehrere Potenziale ergeben das typische Rauschen!), kleine, monophasische, initial negative Potenziale (Amplitude 5–100  $\mu\text{V}$ , Dauer 0,5–5 ms).
- ▶ **Benigne Fibrillation (physiologisch, s. Endplattenpotenzial):** Wichtigstes Unterscheidungskriterium zur pathologischen Fibrillation (mit rhythmischer Entladung) ist das irreguläre Entladungsmuster, negativer Potenzialabgang.
- ▶ **Benigne Faszikulationen (physiologisch):**
  - **Definition:** Spontan im ruhenden Muskel auftretende Aktionspotenziale ganzer motorischer Einheiten (Form wie bei Willkürpotenzialen des entsprechenden Muskels), oft als Muskelzuckung sichtbar.
  - **Ursachen:** Benigne Faszikulationen treten oft nach körperlicher oder nervlicher Anspannung in Waden-, periorbikulärer oder Oberarmmuskulatur auf. Oft auch medikamentös-toxisch bedingt.
  - **Abgrenzung von pathologischen Faszikulationen:** *Unsicher:* Langsamere Entladungsfrequenz der benignen Faszikulationen; *besser:* Zusätzliche neurogene Veränderungen im EMG bei pathologischen Faszikulationen.
- ▶ **Pathologische Fibrillation (Fib) – pathologische Spontanaktivität:**
  - EMG-Korrelat der Entladung einer einzigen Muskelfaser (nur an Zungenmuskulatur mit bloßem Auge sichtbar).
  - **Kennzeichen:** Bi- oder triphasische Potenziale mit initial positivem Abgang (Amplitude 50–300  $\mu\text{V}$ , Dauer 1–5 ms, regelmäßige Entladungsfrequenz von 1–30/sek). Das typische, rhythmische Entladungsmuster zeigt eine Frequenzabnahme („Ritardando-Effekt“). Oft am besten akustisch wahrnehmbar.
  - **Quantifizierung:** += leichte, +++=mäßige, ++++=starke Spontanaktivität.

- **Auftreten:** *a*) bei allen neurogenen Prozessen mit Axonuntergang (2–3 Wochen nach Denervierung), *b*) bei bestimmten Muskelerkrankungen (v. a. florer Myositis).
- ▶ **Positive scharfe Wellen (PSW) –pathologische Spontanaktivität:**
  - **Kennzeichen:** Mono- oder biphasische Potenziale mit initial scharf positiver Auslenkung (Amplitude 50–300  $\mu$ V, Dauer der positiven Auslenkung 1–2 ms, Dauer der hyperbelartigen Rücklaufphase 3–7 ms, Dauer der negativen Nachschwankung bis 10 ms). PSW entspricht pathophysiologisch einer Fib, bei der die Ableitnadel direkt über der Muskelmembran liegt und das Aktionspotenzial nur bis zur Elektrode geleitet wird.
  - **Quantifizierung:** += leichte, +++=mäßige, ++++=starke Spontanaktivität.
  - **Auftreten:** *a*) bei Axonuntergang (wenn der distale Axonstumpf bis zur Endplatte degeneriert ist; abhängig von der Strecke 10–20 Tage nach akuter Nervenläsion), *b*) bei Muskelerkrankungen (v. a. Myositiden), *c*) in Einzelfällen *physiologisch* (v. a. im M. extensor dig. brevis und im M. abductor hallucis).
- ▶ **Hinweise zur Beurteilung der pathologischen Spontanaktivität:**
  - Nach akuter Nervenläsion ist frühestens nach 10–14 Tagen mit dem Auftreten von PSW und Fibs zu rechnen, eine Untersuchung vorher ist nur zur besseren Verlaufsbeurteilung oder Differenzialdiagnose in Einzelfällen sinnvoll.
  - Fibs und PSW sind *nicht als pathologisch* zu werten, wenn sie nur an *einer* Stelle im Muskel oder in Verbindung mit Endplattenpotenzialen auftreten!
  - Fibs und PSW sind *pathologisch*, wenn sie an 2 oder mehr Stellen mit rhythmischer Entladungsfrequenz auftreten!
- ▶ **Pathologische Faszikulation:**
  - **Kennzeichen:** Konfiguration wie benigne Faszikulationen (s.o.; normal oder auch neurogen verändert).
  - **Auftreten:** Bei Schädigung des 2. Motoneurons; *cave* ätiologisch unspezifisch (z. B. nicht nur bei ALS [S. 481] und spinalen Muskelatrophien, sondern auch bei Radikulopathien, Plexopathien, Neuropathien). Faszikulationen können an jeder Stelle des 2. Motoneurons entstehen.

### Untersuchung bei leichter Willkürinnervation

- ▶ **Spezielles Vorgehen:**
  - **Bei leichter Anspannung** des untersuchten Muskels werden mehrere unterschiedliche Potenziale motorischer Einheiten an verschiedenen Stellen des Muskels untersucht. Zur sicheren Abgrenzung eines einzelnen Willkürpotenzials sollte dieses Potenzial mindestens einmal reproduziert werden (oft über Triggerung, meist Amplituden-Trigger).
  - **Cave:**
    - Die verwendeten Normwerte müssen mit der gleichen Methode ermittelt worden sein, z. B. mit oder ohne Triggerung.
    - Überlagerung mehrerer Potenziale vermeiden, auch zur sicheren Abgrenzung später Potenzialkomponenten.
  - **Geräteeinstellung:** Verstärkung 100  $\mu$ V/div (bei großen Potenzialen zur Amplitudenmessung auch weniger, z. B. 1 mV/div), Zeitablenkung 10 ms/div, Grenzfrequenzen 2 Hz–10 kHz.
  - **Beurteilung:** Amplitude, Dauer und Form (Phasenzahl) der einzelnen Willkürpotenziale. Die Potenziale müssen nadelnah abgeleitet werden (Anstiegssteilheit < 0,5 ms). Bei der quantitativen Analyse werden aus 20 Willkürpotenzialen die Mittelwerte dieser Parameter berechnet.
- ▶ **Physiologische Parameter:**
  - **Amplitude:** Normwerte sind abhängig vom untersuchten Muskel und müssen einschlägigen Tabellen entnommen werden. **Richtwerte** („peak-to-peak“): Meist 0,3–1 mV und < 4 mV (in kleinen Hand-/Fußmuskeln < 8 mV).