



Abb. 1.39 Sensible Neurografie des N. plantaris medialis (N. tibialis) in orthodromer Technik.

N. plantaris medialis (N. tibialis)

Die sensible Neurografie des N. plantaris medialis (N. tibialis) in orthodromer Technik zeigt ▶ Abb. 1.39.

Stimulation: orthodrom in der Fußsohle, medialer Rand proximal des Ballens

Ableitung: N. tibialis auf Höhe des medialen Knöchels (motorische Stimulationsstelle)

Referenzelektrode: 3–4 cm proximal (Verlaufsrichtung des Nerven)

1.3.4 Referenzwerte

Referenzwerte der sensiblen Neurografie enthält ▶ Tab. 1.6.

Tab. 1.6 Referenzwerte der sensiblen Neurografie (Werte nicht alterskorrigiert, Ableittemperatur > 32 °C).

Nerv	Ableit- distanz [cm]	NLG: untere Normgrenze [m/s]	SNAP-Amplitude: untere Norm- grenze [µV]
Armnerve			
• N. medianus	7/14	45	12
• N. ulnaris	7/14	50	15
• R. superficialis n. radialis	10	55	16
• N. cutaneus antebrachii	12	57	12
Beinerven			
• N. cutaneus femoris late- ralis	17–20	43	4
• N. saphenus	15	46	12
• N. peronaeus superficialis	12–15	40	10
• N. suralis	14	42	10

1.3.5 Literatur

Siehe auch Literatur zum Kapitel *Motorische Neurografie* (S.27).

- [1] Andersen K. Surface recording of orthodromic sensory nerve action potentials in median and ulnar nerves in normal subjects. *Muscle Nerve* 1985; 8: 402–408
- [2] Falck B, Stålberg E, Bischoff C. Sensory nerve conduction studies with surface electrodes. *Methods Clin Neurophysiol* 1994; 5: 1–20

1.4 F-Wellen

C. Bischoff

1.4.1 Definition und Grundlagen

Definition

F-Wellen

F-Wellen sind inkonstant auftretende Spätantworten nach peripherer Stimulation eines gemischten oder motorischen Nerven. Der Name basiert auf der der M-Antwort folgenden Welle (following wave).

Physiologische Grundlagen

Nach peripherer Stimulation eines motorischen oder gemischten Nerven kommt es zu einer ortho- und antidromen Erregungsförderung. Der retrograd, in Richtung Rückenmark fortgeleitete Erregungsimpuls trifft am Axonhügel auf die Alphamotoneurone, von denen ein Teil durch den Impuls erregt werden kann. Dort wird die Erregung ohne synaptische Umschaltung „gespiegelt“ und vom gleichen Axon nach distal zurückgeleitet (▶ Abb. 1.40). Über dem Muskel kann neben der orthodrom fortgeleiteten M-Antwort, dem Muskelsummenaktionspotenzial mit kurzer Latenz, die F-Welle – eine Spätantwort – abgeleitet werden. Die Amplitude der F-Welle beträgt maximal 5% der M-Antwort, da sich nur ein Teil der Alphamotoneurone in einem erregbaren Zustand befindet.

Kennzeichen

Kennzeichen der F-Welle sind (▶ Abb. 1.40):

- Latenz länger als die der M-Antwort
- Latenzen der F-Wellen eines Nerven nach mehreren Stimulationsdurchgängen variieren zwischen 5 und 10 ms
- Amplitude der F-Welle 2–5% der MSAP-Amplitude
- Konfiguration monomorph bis komplex
- Auslösbarkeit (Persistenz) je nach Nerv 60–100% (S.38)
- Latenz, Amplitude und Konfiguration variieren von Stimulus zu Stimulus

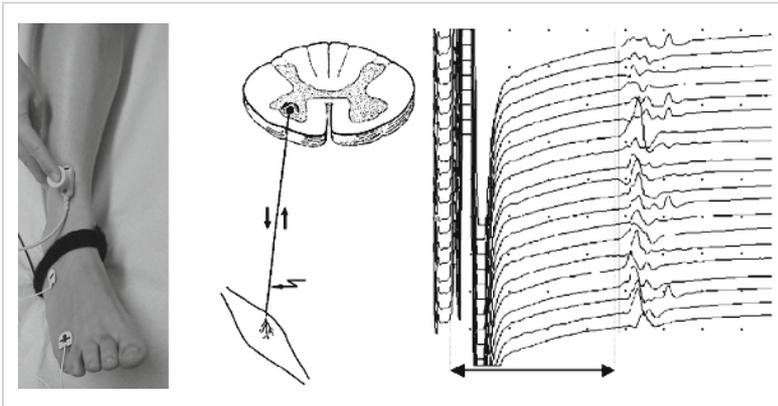


Abb. 1.40 Ableitung der F-Welle vom M. extensor digitorum brevis bei Stimulation des N. peroneus (beachte: Kathode proximal) mit Schema der Erregungsleitung und einem Ableitungsbeispiel bei einem Gesunden.

1.4.2 Technik und Standard der Durchführung

Die F-Wellen-Untersuchung kann an die motorische Neurografie angeschlossen werden. Die Anordnung der Elektroden sowie die Stimulations- und Ableitorte entsprechen denen der motorischen Neurografie (S. 13). Die Ableitung erfolgt wie bei der motorischen Neurografie mit Oberflächenelektroden. Da die Antworten später kommen, muss die Zeitachse angepasst werden (5 oder 10 ms/Div).

Der einzige Unterschied ist die Ausrichtung der Stimulationselektrode mit der *Kathode proximal* über dem Nerv. Aufgrund der langen Leitungsstrecken ist dies jedoch nicht zwingend erforderlich und beeinflusst das Messergebnis kaum. Schwierig ist die F-Wellen-Ableitung bei proximaler Stimulation, da hier die F-Wellen aufgrund der Leitungszeit in der M-Antwort untergehen können. Da die Amplitude viel kleiner als die der M-Antwort sind, sollten M-Antwort und zugehörige F-Wellen am Bildschirm mit unterschiedlichen Verstärkungen dargestellt werden (sog. split screen).

Geräteeinstellung

► Tab. 1.7 beinhaltet die Geräteeinstellung bei der F-Wellen-Untersuchung.

Merke

Reizzahl

Die Zahl der Durchgänge (Reizzahl) sollte nicht unter 10 liegen, um die Persistenz beurteilen zu können.



Messwerte

Für die F-Welle sind folgende Parameter relevant (► Abb. 1.41):

- kürzeste Latenz zwischen Stimulus und Beginn der F-Welle: Leitungszeit der am schnellsten leitenden motorischen Faser

- F-minus-M-Latenz: Differenz zwischen F-Wellen-Latenz und DML; Vorteil ist, dass distale Schädigungen, z. B. DML-Verlängerungen bei einem Karpaltunnelsyndrom, nicht in die Latenz eingehen
- Persistenz: Zahl der ausgelösten F-Wellen bezogen auf die Zahl der Gesamtstimuli
- Chronodispersion: zeitliche Differenz zwischen der kürzesten und der längsten F-Latenz (bzw. F-minus-M-Latenz) als Hinweis auf die Spanne der motorischen NLG
- Dauer der einzelnen F-Wellen
- Amplitude in Bezug auf die M-Antwort
- F-Wellen-NLG: wegen der Schwierigkeiten bei der Bestimmung der Distanz zwischen dem Stimulationsort und dem Alphamotoneuron höhere Messungsgenauigkeit und damit selten benutzt

Tab. 1.7 Geräteeinstellung bei der F-Wellen-Untersuchung.

Parameter	Beschreibung
Verstärkung	0,1, 0,2, 0,5 mV/Div (abhängig von der Amplitude, so dass das gesamte Potenzial dargestellt ist); aufgrund der im Vergleich zur M-Antwort geringen Amplitude empfiehlt sich ein split screen
Zeitachse	<ul style="list-style-type: none"> • Arme: 5 ms/Div • Beine: 10 ms/Div • (bei spätem Auftreten 20 ms/Div)
Filtereinstellung	100 Hz–10 kHz
Mittelwertbildung	nie
Darstellung	mehrere Spuren untereinander
Stimulationsparameter	Kathode proximal
<ul style="list-style-type: none"> • Reizbreite • Reizintensität • Stimulationsfrequenz • Zahl der Stimuli (Durchgänge) 	<ul style="list-style-type: none"> 0,1 oder 0,2 ms (mitunter 1 ms) supramaximal etwa alle 2 s (< 0,5 Hz) 10–20

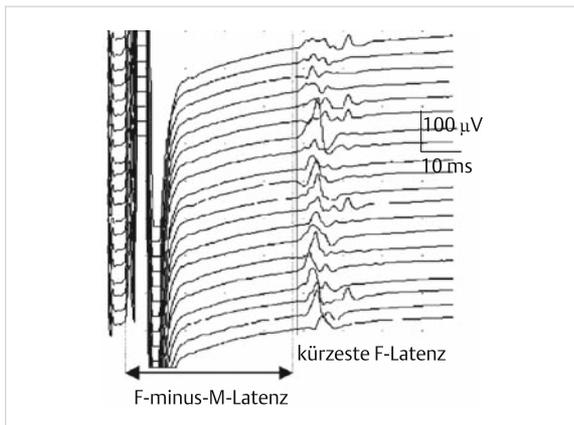


Abb. 1.41 Beispiel einer F-Welle mit Bestimmung der F-minus-M-Latenz.

Einflussfaktoren

Einflussfaktoren auf die F-Welle sind:

- Länge der Extremität: daher immer größenadaptierte Referenzwerte verwenden
- motorische NLG des untersuchten Nervs
- Alter des Patienten
- Temperatur der Extremitäten (gering)
- Ableitort
- Erregbarkeit des Alphamotoneurons: Steigerung der Erregbarkeit durch Fazilitierungsmanöver, z. B. Jendrassik-Handgriff bzw. supraspinale Einflüsse oder Schädigungen

1.4.3 Pathologische Befunde

Folgende Befunde sind pathologisch:

- Zunahme der F-Latenz bzw. der F-Wellen-NLG: bei Demyelinisierung im Verlauf der Leitungsstrecke, z. B. bei Polyneuropathien, längerstreckiger Demyelinisierung (Kompressions- oder Zerrungsschädigungen)
- Abnahme der Persistenz: Leitungsblockierungen an einer beliebigen Stelle im Nervenverlauf proximal der Stimulationsstelle
- Zunahme der Amplitude: Hinweis auf zentrale Prozesse (z. B. spastische Parese), hochgradiger Verlust von Motoneuronen (myotrophe Lateralsklerose, spinale Muskelatrophie, Postpoliosyndrom (► Abb. 1.42) oder im Rahmen eines Tetanus

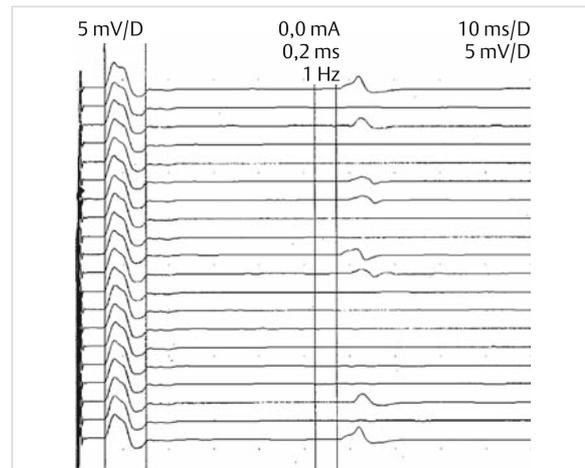


Abb. 1.42 F-Wellen-Ableitung bei einem Patienten mit einem Zustand nach Poliomyelitis vor 20 Jahren. Auffallend hoch-amplitudige F-Wellen (50%-Amplitude der M-Antwort, kein Split Screen, gleiche Verstärkung für M-Antwort und F-Wellen) bei verminderter Persistenz.

- Zunahme der Chronodispersion: Hinweis auf eine Polyneuropathie

1.4.4 Indikationen zur Durchführung

Indikationen zur Durchführung einer F-Wellen-Untersuchung sind:

- demyelinisierende Polyneuropathien: F-Wellen sind bezüglich der Verlangsamung der NLG sensitiver als die Bestimmung der DML oder der distalen motorischen NLG, besonders bei Verdacht auf ein Guillain-Barré-Syndrom oder eine chronisch inflammatorisch demyelinisierende Polyneuropathie (CIDP)
- Verdacht auf einen proximalen Leitungsblock (Persistenz vermindert) z. B. im Rahmen einer multifokalen motorischen Neuropathie oder einer Nervendruckschädigung, z. B. bei Thoracic-Outlet-Syndrom
- Diagnostik von Plexusaffektionen
- bei Radikulopathien weniger hilfreich, da das betroffene Segment im Vergleich zur Gesamtstrecke sehr kurz ist, die meisten Nerven polyradikulär versorgt werden und die F-Wellen-Latenz daher wenig aussagekräftig ist

► Tab. 1.8 enthält F-Wellen-Befunde bei verschiedenen Erkrankungen.

Tab. 1.8 F-Wellen-Befunde bei verschiedenen Erkrankungen.

Art der Erkrankung	kürzeste Latenz	Persistenz	Dauer	Chronodispersion	Sonstiges
Polyneuropathie, demyelinisierend	↑	(↓)	↑	↑	
Polyneuropathie, axonal	(↑)	↓			
Plexusläsion	↑	↓		(↑)	
proximaler Leitungsblock		↓			
Radikulopathie	(↑)	(↓)		(↑)	
zentrale Störung, akut		↓			
zentrale Störung, chronisch	↑		↑		Amplitude ↑

Tab. 1.9 Referenzwerte der F-Wellen. Angegeben sind die Obergrenzen für die minimale Latenz, die Seitendifferenz, die Chronodispersion sowie die minimale Zahl der auslösbaren Antworten. Ableitbedingung: supramaximale Stimulation, entspannter Patient, 10 bzw. 20 Stimuli, Oberflächenableitung. Diese Werte stellen nur grobe Anhaltswerte dar, da weder das Alter noch die Körpergröße berücksichtigt sind.

Nerv	Stimulationsort	minimale F-Latenz: oberer Grenzwert [ms]	maximale Seitendifferenz der F-Latenz [ms]	Chronodispersion: oberer Grenzwert [ms]	Auslösbarkeit (> n/20 Stimuli)
N. medianus	Handgelenk	30,8	2,5	13,2	12/20
N. ulnaris	Handgelenk	29,8	2,5	10,8	11/20
N. peroneus	Sprunggelenk	53,1	4,2	15,8	12/20
N. tibialis	Sprunggelenk	58,0	4,5	19,5	16/20

Fallstricke

F-Wellen-Untersuchung

- fehlende F-Wellen: Patient müde, zu sehr entspannt
- bei MSAP-Amplituden < 1 mV meist keine F-Wellen erhältlich
- falsche Zeitachse (zu schnelle Kippgeschwindigkeit), daher immer akustische Kontrolle notwendig
- Verwechslung mit A-Wellen: monomorph, konstante Latenz (s. unten)
- Verwechslung mit Spätkomponenten der M-Antwort: Diese haben im Gegensatz zu F-Wellen eine konstante Konfiguration und bei proximaler Stimulation den gleichen Abstand zur Hauptkomponente wie bei distaler Stimulation; bei den F-Wellen wird der Abstand kürzer
- mitunter auch bei Gesunden keine F-Welle, vor allem bei Untersuchung des N. peroneus
- pathologische Befunde sind lokalisatorisch unspezifisch, da sie an jeder Stelle der Leitungsbahn proximal des Stimulationsortes verursacht werden können und keinesfalls spezifisch für wurzelnahe Läsionen sind

1.4.5 Referenzwerte

Referenzwerte zur Beurteilung der F-Wellen enthält ▶ Tab. 1.9.

1.4.6 A-Wellen

Definition

A-Wellen

A-Wellen sind monomorphe motorische Spätantworten, die meist zwischen M-Antwort und F-Welle auftreten, selten aber auch einmal nach oder anstelle der F-Wellen vorkommen können. Die genauen Entstehungs- und Auslösemechanismen sind nicht bekannt.

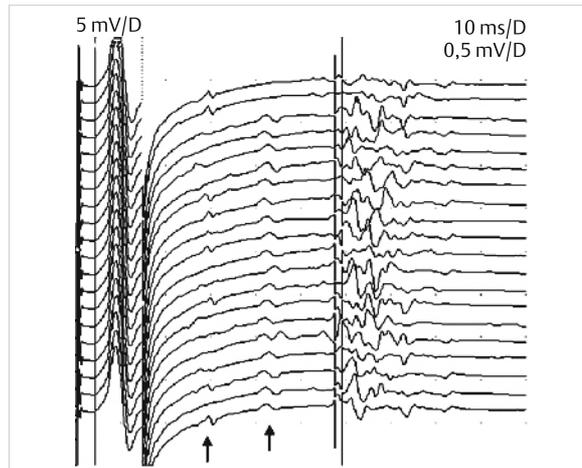


Abb. 1.43 Zwei monomorphe A-Wellen vor der F-Antwort bei Untersuchung des N. tibialis, die Persistenz der frühen A-Welle ist niedriger als die der späteren.

Kennzeichen

A-Wellen weisen folgende Kennzeichen auf (▶ Abb. 1.43):

- monomorph bezüglich
 - Amplitude
 - Konfiguration
- Amplitude niedrig (meist 50–100 μ V, selten größer)
- Latenz weitgehend konstant (Variation < 2 ms)
- Persistenz zwischen 30 und 100% der Stimuli

Untersuchungstechnik

A-Wellen werden bei der F-Wellen-Ableitung mitregistriert. Die monomorphe Konfiguration und die konstante Latenz können nur in Rasterdarstellung oder besonders gut bei der Superposition der F-Wellen erkannt werden. Wegen der niedrigen Amplituden der A-Wellen empfiehlt es sich, zur Darstellung eine ausreichend große Verstärkung (100 μ V/Div) zu benutzen.

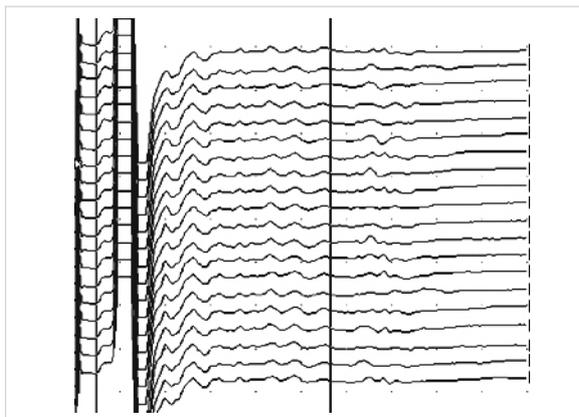


Abb. 1.44 Multiple A-Wellen bei Untersuchung des N. tibialis bei einem Patienten mit einem akuten Guillain-Barré-Syndrom innerhalb der ersten 4 Tage.

Vorkommen von A-Wellen in absteigender Häufigkeit:

- Polyneuropathie:
 - akutes Guillain-Barré-Syndrom (multiple A-Wellen relativ typisch; ► Abb. 1.44)
 - chronisch inflammatorische demyelinisierende Polyneuropathie (CIDP)
 - andere demyelinisierende Polyneuropathien
- Plexusläsionen
- Radikulopathien
- Motoneuronerkrankungen
- periphere Nervenläsionen (selten)
- vom N. tibialis gelegentlich auch bei Gesunden

1.4.7 Literatur

- [1] Andersen H, Stålberg E, Falck B. F-wave latency, the most sensitive nerve conduction parameter in patients with diabetes mellitus. *Muscle Nerve* 1997; 20: 1296–1302
- [2] Bischoff C, Schönle PW, Conrad B. Increased F-wave duration in patients with spasticity. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1992; 32: 449–453
- [3] Bischoff C, Stålberg E, Falck B et al. Significance of A-waves recorded in routine motor nerve conduction studies. *Electroencephal Clin Neurophysiol* 1996; 101: 528–533
- [4] Bischoff C. Neurography: late responses. *Muscle Nerve* 2002; Suppl. 11: S59–S65
- [5] Burk D, Hallett M, Fuhr P et al. H reflexes from tibial and median nerves. *Electroencephal Clin Neurophysiol* 1999; Suppl. 52: 259–262
- [6] Eisen A, Schomer D, Melmed C. The application of F-wave measurements in the differentiation of proximal and distal upper limb entrapments. *Neurology* 1977; 27: 662–668
- [7] Eisen A, Odusote K. Amplitude of F-wave: a potential means of documenting spasticity. *Neurology* 1979; 29: 1306–1309
- [8] Fisher MA, Shahani BT, Young RR. Assessing segmental excitability after acute rostral lesions. I: The F-response. *Neurology* 1978; 28: 1265–1271
- [9] Fisher MA. AAEM minimonograph #13: H reflexes and F waves: physiology and clinical applications. *Muscle Nerve* 1992; 15: 1223–1233
- [10] Fisher MA, Hoffen B, Hultman C. Normative F wave values and the number of recorded F waves. *Muscle Nerve* 1994; 17: 1185–1189
- [11] Fisher MA. F-wave studies: clinical utility. *Muscle Nerve* 1998; 21: 1098–1101

- [12] Fraser JL, Olney RK. The relative diagnostic sensitivity of different F-wave parameters in various polyneuropathies. *Muscle Nerve* 1992; 15: 912–918
- [13] Jabre JF. Surface recording of the H reflex of the flexor carpi radialis. *Muscle Nerve* 1981; 4: 435–438
- [14] Johnson EW, Radecki PL, Paulson GW. Huntington disease: early identification by H reflex testing. *Arch Phys Med Rehab* 1977; 58: 162–166
- [15] Kimura J, Butzer JF. F-wave conduction velocity in Guillain Barré syndrome. Assessment of nerve segment between axilla and spinal cord. *Arch Neurol* 1975; 32: 524–529
- [16] Kornhuber M, Bischoff C, Mentrup H et al. Multiple A-waves in Guillain-Barre-syndrome. *Muscle Nerve* 1999; 22: 394–399
- [17] Ongerboer de Visser BW, Schimsheimer RJ, Hart AAM. The H-reflex of the carpi radialis muscle; a study in controls and radiation induced brachial plexus lesion. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1984; 47: 1098–1101
- [18] Panayotopoulos CP. Chronodispersion: a new electrophysiological method. *Muscle Nerve* 1979; 2: 68–72
- [19] Panayotopoulos CP, Chroni E. F-waves in clinical neurophysiology: a review, methodological issues and overall value in peripheral neuropathies. *Electroencephal Clin Neurophysiol* 1996; 101: 365–374
- [20] Roth G. Myo-axonal ephaptic response and their F-waves in cases of chronic denervation. *Electroencephal Clin Neurophysiol* 1993; 89: 252–260
- [21] Schimsheimer RJ, Ongerboer de Visser BW, Kemp B et al. The flexor carpi radialis H-reflex in polyneuropathy: relations to conduction velocities of the median nerve and the soleus H-reflex latency. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1987; 50: 447–452

1.5 H-Reflex

C. Bischoff

1.5.1 Grundlagen

Definition

H-Reflex

Der H-Reflex ist eine konstant auftretende motorische Spätantwort nach submaximaler peripherer Stimulation eines gemischten oder motorischen Nervs. Die Benennung erfolgte nach dem Erstbeschreiber Hofmann.

Physiologische Grundlagen

Der H-Reflex ist das elektrische Korrelat des Muskeigenreflexes. Nach submaximaler peripherer Stimulation eines motorischen oder gemischten Nervs kommt es zu einer Erregung der Spindelaferenzen und nach oligo- bzw. polysynaptischer Umschaltung im Rückenmark auf die Alphamotoneurone zu einer muskulären Spätantwort. Diese kann über dem Muskel abgeleitet werden (► Abb. 1.45).

Merke

Üblicherweise wird der H-Reflex nur vom M. soleus und vom M. flexor carpi radialis abgeleitet.

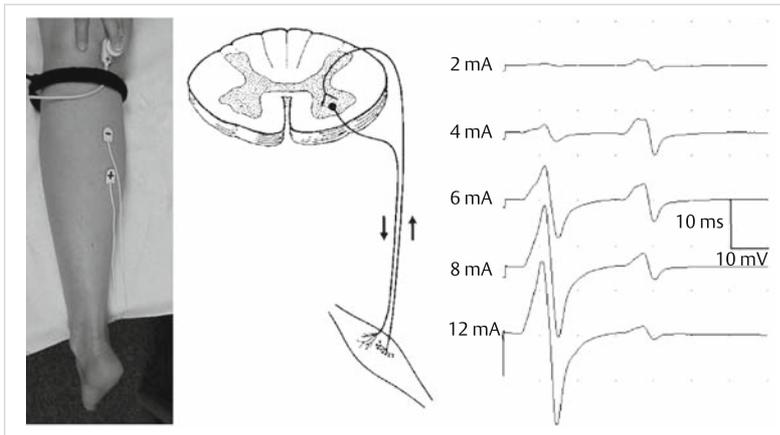


Abb. 1.45 Ableitung des H-Reflexes vom M. soleus: Schema der Erregungsleitung und Beispiel der Reflexantwort bei einem Gesunden.

► **Kennzeichen des H-Reflexes sind** (► **Abb. 1.45**):

- Latenz länger als die der M-Antwort
- bei Auslösbarkeit und konstanter Stimulationsintensität bei jedem Reiz vorhanden ohne Variation der Amplitude, Latenz und Konfiguration
- erstes Auftreten bei Stimulusintensitäten, bei denen noch keine M-Antwort auftritt
- zunächst Zunahme der Amplitude mit zunehmender Stimulationsintensität
- bei weiter zunehmender Stimulationsintensität, d. h. bei zunehmender Amplitude der M-Antwort, wieder Abnahme der Amplitude des H-Reflexes, der bei höheren Stimulationsintensitäten verschwindet

Tab. 1.10 Geräteeinstellung bei der H-Reflex-Untersuchung.

Parameter	Beschreibung
Verstärkung	0,2 oder 0,5 mV/Div (abhängig von der Amplitude, sodass das gesamte Potenzial dargestellt ist)
Zeitachse	5 oder 10 ms/Div
Filtereinstellung	20 Hz–10 kHz
Mittelwertbildung	Nie
Darstellung	mehrere Spuren untereinander
Stimulationsparameter	Kathode proximal
• Reizbreite	0,5 oder 1,0 ms
• Reizintensität	von 0 bis zur maximalen M-Antwort
• Stimulationsfrequenz	langsam steigern etwa alle 2 s (<0,5 Hz)

1.5.2 Technik und Standard der Durchführung

Wie bei der F-Wellen-Untersuchungen wird die Stimulationselektrode mit der Kathode nach proximal über dem Nerven aufgesetzt. Die Stimulationsintensität wird in kleinen Schritten von Werten, bei denen noch keine M-Antwort erhältlich ist, gesteigert. Bei steigender Intensität werden die Antworten untereinander dargestellt, bis der H-Reflex wieder verschwindet bzw. die fast zeitgleichen (aber variablen) F-Wellen erscheinen.

Routinemäßig wird nur vom M. soleus bei Stimulation des N. tibialis in der Kniekehle abgeleitet (► **Abb. 1.45**).

Geräteeinstellung

► **Tab. 1.10** beinhaltet die Geräteeinstellung bei der H-Reflex-Untersuchung.

Messwerte

Messwerte des H-Reflexes sind:

- kürzeste Latenz zwischen Stimulus und Beginn des H-Reflexes
- Amplitude in Bezug auf die maximale M-Antwort (von untergeordneter Bedeutung)

Einflussfaktoren

Einflussfaktoren auf den H-Reflex sind:

- Länge der Extremität: daher immer größenadaptierte Referenzwerte verwenden
- motorische Nervenleitgeschwindigkeit des untersuchten Nervs
- Alter des Patienten
- Temperatur der Extremitäten

1.5.3 Indikationen zur Durchführung

Indikationen zur Durchführung einer H-Reflex-Untersuchung sind:

- demyelinisierende Polyneuropathie: Der H-Reflex ist bezüglich der Verlangsamung der NLG sensitiver als die DML oder die distale motorische NLG
- Bestimmung von proximalen Leitungsblöcken (Persistenz vermindert), z. B. im Rahmen einer multifokalen motorischen Neuropathie oder einer Nervendruckschädigung
- Diagnostik von Plexusaffektionen
- bei Radikulopathien S 1 (M. soleus) bzw. C 7 (M. flexor carpi radialis), besonders bei rein sensiblen Störungen

Fallstricke



H-Reflex

- außer beim M. soleus und M. flexor carpi radialis nur nach Vorinnervation des Muskels und mit Mittelwertbildung abgrenzbar
- beidseitiges Fehlen auch physiologisch, besonders bei älteren Personen
- nach einer abgelaufenen Schädigung (z. B. Radikulopathie S 1) keine Normalisierung, sodass die Untersuchung nur bei der Erstdiagnose hilfreich ist
- pathologische Befunde sind lokalisatorisch unspezifisch, da sie an jeder Stelle der Leitungsbahn proximal des Stimulationsortes verursacht werden können
- Gefahr der Verwechslung mit F-Wellen, die etwa zeitgleich auftreten, vor allem wenn die Untersuchung nicht mit einer geringen Stimulationsintensität (unterhalb der Schwelle für die M-Antwort) begonnen wird und keine Rasterdarstellung erfolgt

1.5.4 Pathologische Befunde

Pathologische Befunde sind:

- Auslösbarkeit in anderen als den oben beschriebenen Muskeln: Hinweis auf zentrale Prozesse (z. B. Chorea Huntington, Spastik)
- Verlängerung der Latenz: Demyelinisierung im Verlauf der Leitungsstrecke (Polyneuropathie), längerstreckige Demyelinisierung (Kompressions- oder Zerrungsschädigungen), Radikulopathie
- einseitiger Verlust: Leitungsblockierung (proximaler Leitungsblock z. B. bei multifokaler motorischer Neuropathie, Plexusläsion oder Radikulopathie)

1.5.5 Referenzwerte

Referenzwerte des H-Reflexes enthält ▶ Tab. 1.11.

1.5.6 Literatur

Siehe Literatur zum Kapitel *F-Wellen* (S. 39).

Tab. 1.11 Referenzwerte des H-Reflexes.

Muskel	minimale Latenz [ms]	maximaler Seitenunterschied [ms]
M. soleus	30,0	1,2
M. flexor carpi radialis	18,9	1,0

1.6 Hirnstammreflexe

P. Urban

1.6.1 Einleitung

Unter den Hirnstammreflexen werden hier nur die trigeminofazialen Reflexe, wie der polysynaptische Blinkreflex, der monosynaptische Masseterreflex und die polysynaptischen Masseterhemmreflexe als die klinisch wichtigsten besprochen. Die neuronalen Strukturen dieser Reflexe sind weitgehend bekannt. Unter den Reflexantworten gibt es stabile (Blinkreflex R1, Masseterreflex, Masseterhemmreflex [masseter exteroceptive suppression reflex, MESR1]) und instabile (Blinkreflex R2 und R2c, Masseterhemmreflexe [MESR2 und MESR2c]) Komponenten. Veränderungen der stabileren Komponenten weisen auf direkte Schädigungen der Reflexbahnen im Hirnstamm hin und sind in der Aussage verlässlicher. Veränderungen der instabilen Komponenten können auch durch höher gelegene, z. B. supratentorielle Läsionen bedingt sein.

1.6.2 Indikationen zur Untersuchung, Wertigkeit der Hirnstammreflexe

Indikationen für eine Untersuchung der Hirnstammreflexe sind [12]:

- Lokalisation peripherer Läsionen der Hirnnerven V und VII [4]
- Nachweis von klinisch stummen oder anders nicht genau lokalisierbaren Läsionen
- Nachweis polytopter Läsionen im Zentralnervensystem (z. B. bei multipler Sklerose; ▶ Tab. 1.12)
- Bestimmung der Akuität einer Läsion (wenn sich aktuell abnorme Befunde im Verlauf normalisieren [22])
- Lokalisation der Ursache isolierter Hirnnervenlähmungen: entgegen der Lehrbuchmeinung sind sie häufig Folge einer vaskulären Hirnstammschädigung, speziell der Nn. oculomotorius, abducens oder vestibularis bei alten Patienten und Diabetikern [26], [28].

Die Wertigkeit in der Aussage der einzelnen Komponenten ist unterschiedlich. Die eindeutigste Differenzierung zwischen normalem und abnormem Befund zeigen BlinkR R1 und MESR 1. Die häufigsten abnormen Befunde ergaben sich in einem Kollektiv vaskulärer Hirnstamm-läsionen für MESR 1 (34%), BlinkR R2 (32%) und BlinkR R1 (28%). Die Befunde für MESR 2 (22%) und MassR (15%) waren am häufigsten „fraglich abnorm“ [5]. Die elektrophysiologischen Untersuchungen (54%) erbrachten häufiger den Nachweis einer aktuellen Schädigung (mit Besserung des Befundes im Verlauf) als das MRT (39%). Der MassR-Befund war darunter mit 36% am häufigsten abnorm [22].

Tab. 1.12 Elektrophysiologische Kriterien für polytope Läsionen im Hirnstamm.

abnormaler klinischer und Reflexbefund	abnormaler Hirnstammreflexbefund
abnormaler klinischer Befund (einseitig)	
Pyramidenbahnzeichen	Masseterreflex ipsilateral Blinkreflex R1 ipsilateral
internukleäre Ophthalmoplegie	Blinkreflex R1 kontralateral
Okulomotoriusparese	Blinkreflex R1 ipsi- und kontralateral Masseterhemmreflex MESR 1
Abduzensparese	Masseterreflex kontralateral Blinkreflex R1 kontralateral
abnormaler Reflexbefund (einseitig)	
Masseterreflex	Blinkreflex R1 kontralateral Masseterhemmreflex kontralateral

1.6.3 Blinkreflex (M.-orbicularis-oculi-Reflex)

Definition und Reflexbahnen

Definition

Blinkreflex

Mit dem Blinkreflex (BlinkR) wird die Funktion des Schutzreflexes für das Auge (Lidschlussreflex) geprüft.

Afferenz ist der N. supraorbitalis (Aß-Fasern), Efferenz der N. facialis. Die zentrale Verschaltung erfolgt für die R1-Komponente im mittleren Pons über den Nucleus principalis trigemini (NPT) bzw. an ihm vorbei [21], zum Nucleus facialis (subnucleus intermedius) mit ipsilateralem Verlauf im dorsomedialen Pons [5].

Die Verschaltung für die R2- und R2c-Komponenten verläuft medullär absteigend über den Tractus spinalis (TST) bis in die Höhe des kaudalen Pols des Hypoglossuskerns kranial der Pyramidenbahnkreuzung und den Nucleus spinalis trigemini (NST) oberhalb des Subnucleus caudalis und von dort, nach teilweiser Kreuzung auf die Gegenseite, aufsteigend zum Fazialiskern beider Seiten (► Abb. 1.46) [5], [11]. Dass diese aufsteigenden Fasern im kaudalen Niveau kreuzen und dann auf der Gegenseite verlaufen (Läsionsmuster „PM“ und „BPM“ in ► Abb. 1.46) ist nur von wenigen Beobachtungen abgeleitet [1]. Die kontralateralen Verbindungen liegen vermutlich medialer als die ipsilateralen.

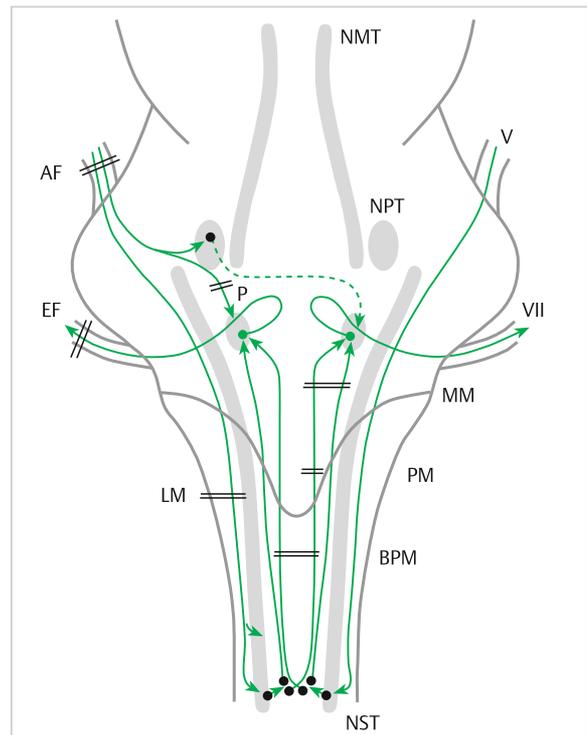


Abb. 1.46 Verschaltungsschema des Blinkreflexes. Eingezeichnet sind der mesenzephal (NMT), spinale (NST) und Hauptkern (NPT) des Trigemini sowie der Fazialiskern (Grauton). Farbige Linien kennzeichnen die konstanten, gestrichelte die inkonstanten Verbindungen. Doppelpfeile markieren verschiedene Schädigungstypen mit lokalisatorischer Bedeutung. AF: Afferenzstörung (betrifft alle von der Reizseite auslösbare Komponenten), EF: Efferenzstörung (betrifft alle Komponenten auf der Lähmungsseite), P: pontine Schädigung (betrifft nur die R1), LM: laterale medulläre Schädigung (betrifft R2 und R2c nach Reiz auf der Schädigungsseite), MM: mesiale medulläre Schädigung links (betrifft R2 bei Reiz links und R2c bei Reiz rechts), PM: paramediane medulläre Schädigung links (betrifft nur R2c bei Reiz rechts), BPM: bilaterale mediane Schädigung (betrifft R2c bei Reiz links wie rechts).

Spezielle Indikation

Der BlinkR wird bei Schädigungen des 1. Trigeminasasts, des N. facialis und bei pontomedullären Hirnstammschädigungen eingesetzt.

Technik und Standard der Durchführung

(siehe auch ► Video 1.1)

► **Reizung.** Die Auslösung erfolgt in der klinischen Routine elektrisch mit Oberflächenelektroden nacheinander rechts und links am Foramen supraorbitale (infraorbitale Reizung ist auch möglich, führt ebenfalls zu einer R2- und R2c-, aber nur bei 50 % zu einer R1-Antwort). Die Reizung soll zeitlich unregelmäßig erfolgen, um eine Habituation der R2- und R2c-Komponenten zu vermeiden [4].



Video 1.1 Durchführung Blinkreflex.

► **Ableitung.** Die Reflexantworten werden perkutan abgeleitet mit der Ableitelektrode direkt unterhalb des Unterlids in der Mitte zwischen Nase und äußerem Orbitarand und der Referenzelektrode über Nasenflügel oder Schläfe. Die Erdelektrode kann auf Nase oder Jochbein gesetzt werden (► Abb. 1.50). Es sollten 5 artefaktfreie Antworten aufgezeichnet werden.

► **Auswertung.** Die Latenz wird vom Triggersignal zur ersten EMG-Aktivität jeder Komponente gemessen und der Mittelwert aus den 5 Antworten errechnet.

Geräteeinstellung

► Tab. 1.13 vermittelt die Geräteeinstellung beim Blinkreflex.

Tab. 1.13 Geräteeinstellung beim Blinkreflex.

Parameter	Beschreibung
Verstärkung	0,1 mV/Div
Filter	300 Hz–2500 Hz
Ablenkgeschwindigkeit	10 ms/Div
• Reizdauer	0,1 ms
• Reizintensität	3–25 mA
• Reizfolge	unregelmäßig, Pausen von 10–15 s

Tab. 1.14 Referenzwerte beim Blinkreflex.

Reflex	Dauer [ms]	Konfiguration	Latenz ¹ [ms]	obere Grenze ² [ms]	Seitendifferenz [ms]	obere Grenze SD ^b [ms]
R1	4–7	tri- bis polyphasisch	10,5 ± 0,6	12,4	0,5 ± 0,35	1,4
R2	ca. 40	polyphasisch	32 ± 2,8	40	1,4 ± 1,15	4,3
R2c	ca. 40	polyphasisch	33 ± 3,3	41,5	1,8 ± 1,25	4,9

¹ Mittelwerte aus 5 Antworten

² obere Grenze = Mittelwert + 2,5 SD

Parameter

Bei Gesunden hat die Reflexantwort immer 2 Komponenten:

- Die frühe R1 ist oligosynaptisch verschaltet, habituiert nicht, findet sich vornehmlich auf der Seite der Reizung und nur selten bilateral [32].
- Die späte R2 ist polysynaptisch verschaltet, wird durch hemisphärische und mesenzephalische Prozesse wie Veränderungen von Wachheit und Bewusstsein beeinflusst [10], habituiert und tritt bilateral auf. Die Antwort kontralateral zum Reizort wird als R2c bezeichnet.

Die noch spätere 3. Komponente (R3 und R3c) ist inkonstant und gleicht in ihrer Aussagekraft neueren Befunden zufolge der zweiten [6].



Fallstricke

Blinkreflex

- Spontane Blinzelreaktionen oder pathologische Aktivität (z. B. Spasmus hemifacialis) können Reflexantworten vortäuschen.
- Eine zu geringe Reizstärke, Müdigkeit, Tranquilizer und Schlafmittel vermindern Amplitude und Dauer der Antworten und verlängern deren Latenz, vor allem die der R2- und R2c-Komponenten.
- Bei zu rascher Reizwiederholung habituiert R2 und R2c mit der Folge zu kurzer, niedriger Reflexaktivitäten mit zu langer Latenz.
- Ängstliche Patienten weisen oft spontan eine leichte Daueraktivierung des M. orbicularis oculi auf, was den Beginn der Reflexantwort bis zur Unauswertbarkeit verwischen kann.
- R2 und R2c reagieren stark auf Vigilanzänderungen und andere suprasegmentale Einflüsse und können bei Großhirnläsionen einseitig ausfallen oder latenzverzögert sein (► Abb. 1.47) [15].

Referenzwerte

Referenzwerte beim Blinkreflex enthält ► Tab. 1.14. Die Amplituden variieren stärker und werden in der Routine nicht bewertet.