

ionen. Es entsteht nur ein Einzelimpuls, weil die darauffolgenden Halbwellen wegen ihrer kurzen Stromflusszeit immer in die Refraktärperiode der erfolgten Erregung fallen.

Zur Anwendung kommt ein nullliniensymmetrischer Mittelfrequenzstromstoß von ungefähr 200–300 ms Länge. Im Gegensatz zur Reizung mit herkömmlichen Stromformen handelt es sich nicht um einen monophasischen Rechteck- oder Dreieckimpuls, sondern um einen Wechselstromreiz, der aus abwechselnd negativen und positiven Halbwellen besteht. Diese Mittelfrequenzreizung ist im Gegensatz zu niederfrequenten Impulsfolgen eine unphysiologische Reizform. Sie erfordert von der Nervenmembran eine hohe Leistungsfähigkeit, sodass nur die intakte Nervenfasern den Mittelfrequenzimpuls mit einer Erregung beantworten kann. Bei einer Schädigung oder Degeneration des Nervs erlischt sofort die Ansprechbarkeit für die Mittelfrequenzreizung und ein derartiger Impuls wird nicht mehr mit einer Zuckung beantwortet.

2.4.2 Praktische Durchführung

Mit der sog. monopolen Elektrodentechnik wird der Mittelfrequenzstromstoß auf den zu testenden Muskel geleitet. Eine Punktelektrode von 1,5 cm² Größe, gut unterpolstert und angefeuchtet, wird genau über dem Muskelreizpunkt aufgesetzt, eine mindestens 100 cm² (8×12 cm) große Gegenelektrode wird in einiger Entfernung davon, z. B. am Stamm oder an der gegenüberliegenden Extremität befestigt. Die exakte Platzierung der Punktelektrode auf dem Muskelreizpunkt ist dabei von ganz entscheidender Bedeutung, denn schon ein geringes Abweichen davon kann eine wesentlich schwächere Muskelkontraktion oder sogar deren Ausbleiben zur Folge haben. Die Abb. 2.17–2.20 helfen, die wichtigsten Muskelreizpunkte zu finden. Im Zweifelsfall kann durch geringfügiges Verschieben der Reizelektrode der fragliche Punkt genauer lokalisiert werden. Bestehen bei einem möglicherweise denervierten Muskel zusätzliche Schwierigkeiten beim Auffinden, sollte zunächst auf der gesunden Gegenseite der Muskelreizpunkt exakt lokalisiert und dann an genau der gleichen Stelle über dem fraglich denervierten Muskel gereizt werden.

Danach wird die Stromstärke an der Reizelektrode allmählich erhöht, bis eine deutliche Muskelzuckung sicht-

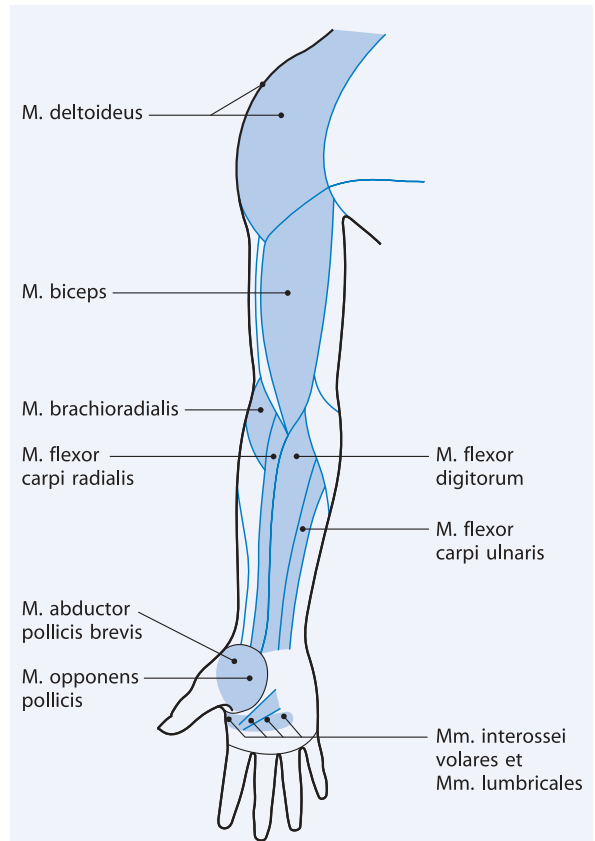


Abb. 2.17
Muskelreizpunkte: Arm und Hand (Beugeseite)

bar wird. Am *normal innervierten Muskel* erfolgt die Muskelkontraktion fast ohne sensible Belästigung, denn bei einer Frequenz von 5 kHz ist die Reizung der sensorischen Nerven sehr viel geringer als die der motorischen. Die Stromstärke, die zur Zuckungsauslösung erforderlich ist, kann zu Vergleichszwecken abgelesen und notiert werden. Sie ist im Normalfall über dem getesteten Muskel gleich hoch wie über dem entsprechenden Muskel der gesunden Gegenseite. Es können sich lediglich geringfügige Abweichungen um einige wenige Milliampere nach unten bzw. oben ergeben.

Am *denervierten Muskel* kann mit einem Mittelfrequenzstromstoß keine Kontraktion ausgelöst werden, auch nicht bei weiterer Erhöhung der Stromstärke. Es kommt dann lediglich zur unangenehmen sensiblen Belästigung des Patienten. Die Untersuchung kann bei Mus-

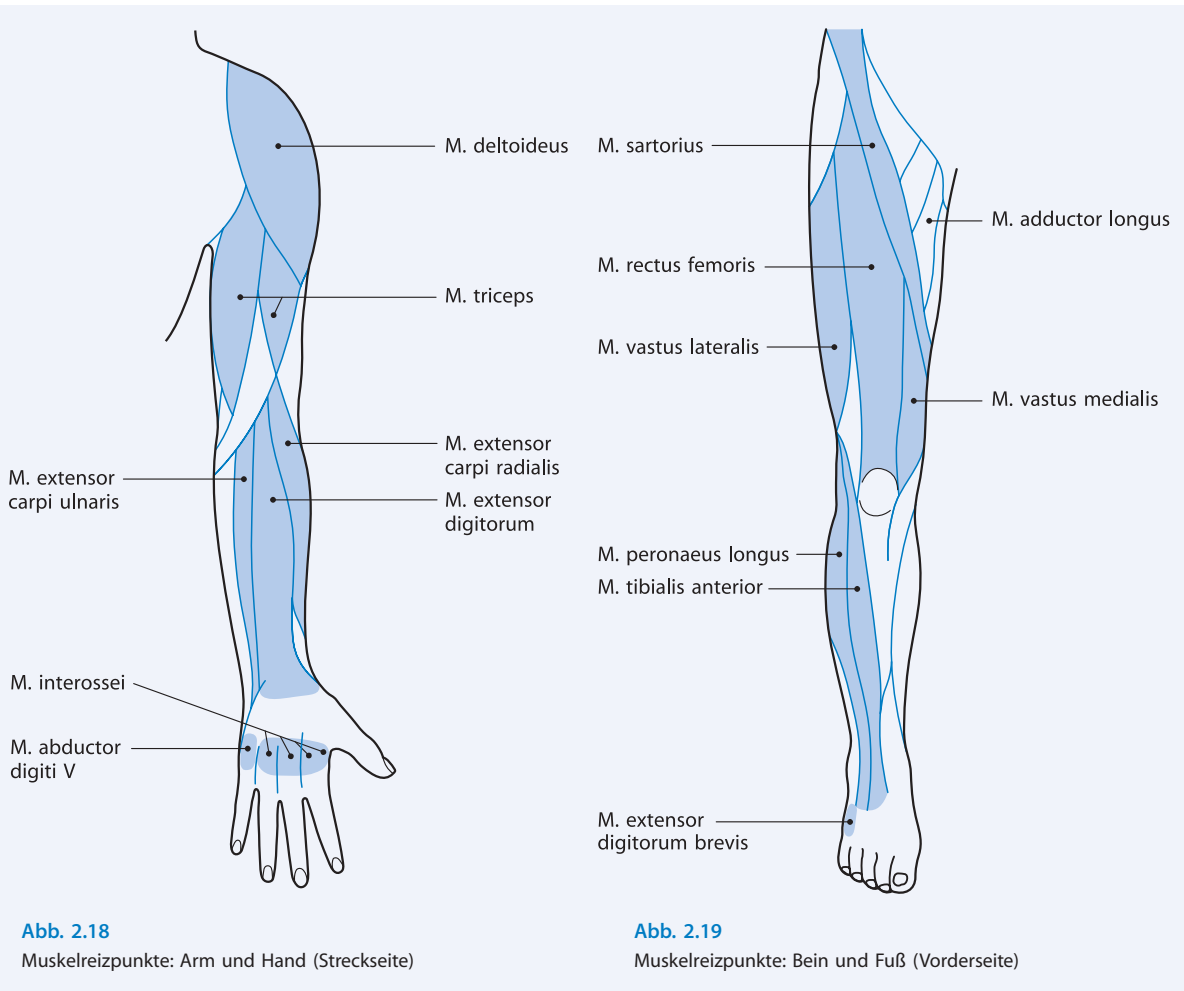


Abb. 2.18

Muskelreizpunkte: Arm und Hand (Streckseite)

Abb. 2.19

Muskelreizpunkte: Bein und Fuß (Vorderseite)

keln mit größerer Ausdehnung (M. biceps oder triceps brachii, Handextensoren, M. quadriceps femoris, M. tibialis anterior) nochmals mit der sog. bipolaren Elektrodentechnik (je eine Elektrode ca. 50 cm², d. h. 6 × 8 cm, auf Ursprung und Ansatz des Muskels) versucht werden. In manchen Fällen gelingt bei besserer Durchströmung des Muskels die Zuckungsauslösung. Lässt sich damit trotz weiterer Erhöhung der Stromstärke auch keine Muskelkontraktion erzielen und nimmt gleichzeitig die sensible Belästigung zu, so ist der Mittelfrequenz-Diagnostiktest als negativ einzuschätzen und abzubrechen. Beim Überspringen der Erregung auf andere Muskelgruppen sollte ebenso verfahren werden.

2.4.3 Diagnostische Bewertung

Wenn mit Hilfe des Mittelfrequenztests die zweifelsfreie Auslösung der Muskelzuckung gelingt, ist der Muskel mit Sicherheit regelrecht innerviert, d. h. eine peripher-neurogene Schädigung lässt sich ausschließen. Geringfügige Stromstärkedifferenzen zwischen rechts und links sind dabei bedeutungslos und beruhen bei ansonsten regelrechter Muskelzuckung am ehesten auf einem geringfügigen Abweichen vom motorischen Reizpunkt. Liegt bei gut auslösbarer Muskelkontraktion die dazu erforderliche Stromstärke jedoch deutlich über der gesunden Gegenseite, muss eine Beeinträchtigung der Kontraktionseigenschaften des Muskels angenommen werden (funktionelle

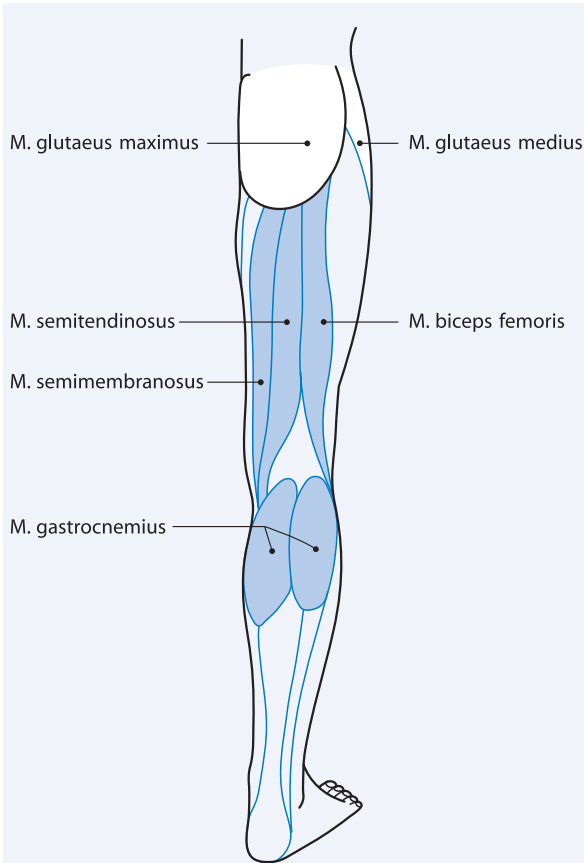


Abb. 2.20

Muskelreizpunkte: Bein und Fuß (Rückseite)

Restlähmung, Inaktivitätsatrophie o.ä.). Eine *Dener-*
vierung ist zu vermuten, wenn:

- trotz Erhöhung der Stromstärke keine regelrechte Muskelkontraktion ausgelöst werden kann,
- es zur sensiblen Belästigung des Patienten kommt oder
- ein Überspringen der Erregung auf andere benachbarte Muskeln zu beobachten ist.

In diesen Fällen bringen der galvanisch-faradische Test und die I/t-Kurve keine zusätzlichen Informationen, es sollte dann unbedingt eine elektromyographische Untersuchung durchgeführt werden.

Fazit für die Praxis

Der *Mittelfrequenz-Diagnostiktest* ist wesentlich zeitökonomischer als die herkömmlichen elektrodiagnostischen Verfahren. Er ist durch seine einfache Ja-Nein-Alternativentscheidung einfacher und präziser in der Aussage: Die *Ansprechbarkeit eines Muskels* auf einen Mittelfrequenzreiz bedeutet normale Erregbarkeit. Wenn sich *keine Muskelzuckung* auslösen lässt, ist die Erregbarkeit gestört. Das bedeutet Indikation zur elektromyographischen Untersuchung.

2.5 Klinische Anwendungsmöglichkeiten

2.5.1 N. axillaris

Anatomie. Der hintere Faszikel des Armplexus teilt sich in der Achselhöhle in den N. axillaris und den N. radialis auf. Der N. axillaris gibt einen Ast zum M. teres minor ab, zieht um den Hals des Humerus (Collum chirurgicum) und tritt von der Innenseite in den M. deltoideus ein (Abb. 2.21).

Motorische Versorgung. M. deltoideus (Pars clavicularis, acromialis, spinalis), M. teres minor.

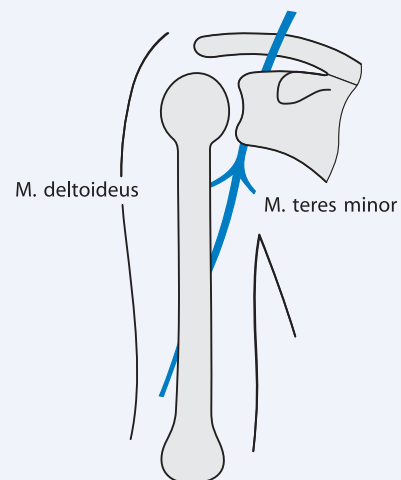


Abb. 2.21

N. axillaris

Tabelle 2.2 Motorische Funktionen und Ausfallerscheinungen des N. axillaris

Muskel	Funktion	Störung
M. deltoideus		
vorderer Anteil	— Elevation des Arms bis zur Horizontalen	— Ausgefallen
mittlerer Anteil	— Abduktion des Arms jenseits 30°–90°	— Abduktion bis 30° möglich
hinterer Anteil	— Retroversion und Zirkumduktion des gehobenen Arms	— Ausgefallen
M. teres minor	— Außenrotation des Arms	— Ohne Bedeutung

Klinische Untersuchung. Die normale Schulterkontur ist bei Atrophie des M. deltoideus aufgehoben (Tabelle 2.2), stattdessen stehen Akromion und Humeruskopf kantig hervor. Der Arm kann nicht bis zur Horizontalen gehoben werden, weder nach vorne, seitlich oder nach hinten. Nur durch Kompensation der übrigen Schultermuskeln kann der Arm in manchen Fällen teilweise etwas angehoben werden. Der Ausfall des M. teres minor fällt kaum ins Gewicht, da er für den stärkeren M. infraspinatus lediglich als Unterstützung bei der Außenrotation dient.

Schädigungsursachen. Isolierter Ausfall des N. axillaris bei Schultergelenkluxation, Humerusfraktur (im Bereich des Collum chirurgicum), Schlafdrucklähmung. Mitbeteiligung im Rahmen einer oberen Plexusparese.

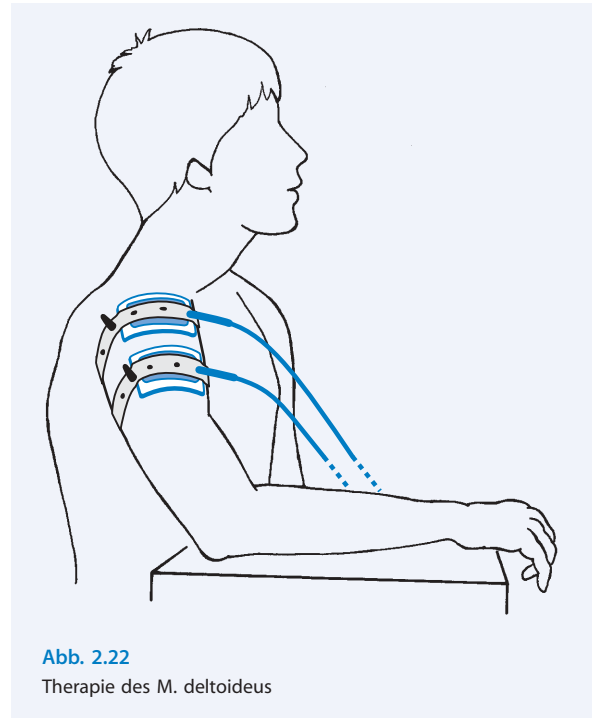
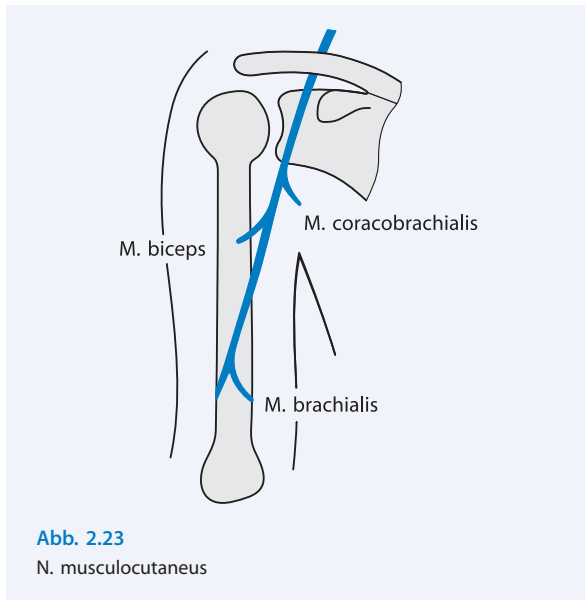


Abb. 2.22
Therapie des M. deltoideus

Elektrodiagnostik. Der M. teres minor ist nicht zugänglich, der M. deltoideus kann leicht überprüft werden. Die drei Anteile des Muskels werden mit der Punktelektrode monopolar getrennt getestet (s. Abb. 2.17 und 2.18). Eine schnelle Diagnostik innerhalb von 4–6 Wochen ist erforderlich, damit gegebenenfalls rechtzeitig die operative Revision erfolgen kann. Da bis zu einer pathologischen I/t-Kurve meist längere Zeit verstreicht, sollte beim Ausfall des Mittelfrequenztests (s. Abschn. 2.4) sofort die elektromyographische Untersuchung veranlasst werden.

Therapie. Bei isolierter Axillarislähmung muss die Überdehnung des Muskels durch Lagerung auf Abduktionschiene bzw. durch Zugmanschette am Oberarm vermieden werden. Das Schultergelenk wird vorsichtig passiv durchbewegt. Es ist eine Exponentialstromtherapie bipolar getrennt auf die drei Anteile des Muskels erforderlich (Abb. 2.22).



2.5.2 N. musculocutaneus

Anatomie. Der N. musculocutaneus stammt aus dem lateralen Faszikel des Plexus brachialis, tritt in der Achselhöhle durch den M. coracobrachialis und versorgt ihn zugleich motorisch. Danach verläuft er unter dem M. biceps brachii nach distal und gibt Äste an die beiden Köpfe des M. biceps und den M. brachioradialis ab (Abb. 2.23).

Motorische Versorgung. M. coracobrachialis, M. biceps brachii, M. brachialis.

Klinische Untersuchung. Beim Ausfall des M. biceps brachii und M. brachialis kommt es zur deutlichen Atrophie (Tabelle 2.3). Der Unterarm im Ellenbogengelenk kann in Supination nicht gebeugt werden. Die Beugung in Mittelstellung zwischen Pronation und Supination ist bei intaktem M. brachioradialis (N. radialis) möglich. Gleichzeitig ist die Supination des Unterarms bei gebeugtem Ellenbogengelenk abgeschwächt, bei gestrecktem Unterarm jedoch möglich. Sie wird dann vom M. supinator (N. radialis) ausgeführt. Der Ausfall des M. coracobrachialis ist praktisch bedeutungslos.

Tabelle 2.3 Motorische Funktion und Ausfallerscheinungen des N. musculocutaneus

Muskel	Funktion	Störung
— M. coracobrachialis	— Armabduktion	— Ohne Bedeutung
— M. biceps brachii	— Beugung mit Supination des Unterarms	— Beugung des Unterarms aufgehoben, Supination in Beugstellung abgeschwächt
— M. brachialis	— Unterarmbeugung	— Aufgehoben

Schädigungsursachen. Ein isolierter Ausfall ist selten, in manchen Fällen ohne erkennbare Ursache oder iatrogen nach Schulteroperationen. Es ist eine Mitbeteiligung im Rahmen einer oberen Plexusparese möglich.

Elektrodiagnostik. Der M. biceps brachii ist leicht zu prüfen, entweder mittels Punktielektrode oder bipolar (s. Abb. 2.17). Der M. coracobrachialis ist nicht zugänglich, der M. brachialis kann nur elektromyographisch erreicht werden.

Therapie. Bei isolierter traumatischer Läsion ist eine Nervennaht sehr aussichtsreich. Nach erfolgter operativer Revision ist eine konsequente Exponentialstromtherapie (bipolar auf den M. biceps brachii) notwendig (Abb. 2.24).

2.5.3 N. radialis

Anatomie. Der N. radialis stammt vorwiegend aus dem hinteren Faszikel des Armplexus. In der Achselhöhle gibt er Äste für die drei Köpfe des M. triceps ab, tritt dann durch den Trizepsschlitz und gelangt auf die Oberarmrückseite. Im Sulcus nervi radialis humeri windet er sich spiralig um den Humerus in dessen mittlerem Drittel. Dort liegt er unmittelbar dem Knochen auf. An der Grenze zwischen mittlerem und unterem Humerusdrittel tritt er auf die Beugeseite und liegt in der Ellenbeuge. Hier versorgt er den M. brachioradialis, die Mm. extensor carpi

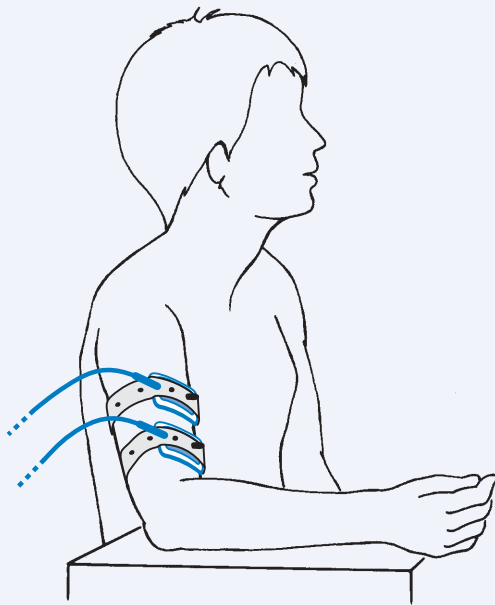


Abb. 2.24

Therapie des M. biceps brachii

radialis longus et brevis und den M. supinator. Oberhalb des Radiusköpfchens teilt er sich in einen sensiblen Ast und den motorischen R. profundus. Dieser tritt durch den M. supinator, schlingt sich danach um das proximale Radiusende und tritt wieder auf die Dorsalseite des Unterarms. Hier versorgt er alle Streckmuskeln distal des M. supinator (M. extensor carpi ulnaris, M. extensor digitorum communis, M. extensor indicis) und drei Daumenmuskeln.

Motorische Versorgung. Gesamte Streckmuskulatur des Arms (Ellenbogen-Hand- und Fingerstrecker), außerdem den M. supinator, am Daumen den kurzen und langen Daumenstrecker und den langen Abduktor. Daneben als einzigen Beuger den M. brachioradialis (Abb. 2.25).

Klinische Untersuchung. Die Erkennung der Fallhand bereitet keine Schwierigkeiten. Der M. brachioradialis muss in Mittelstellung zwischen Pronation und Supination geprüft werden, die Supination bei gestrecktem Unterarm. Beide Funktionen können sonst durch einen

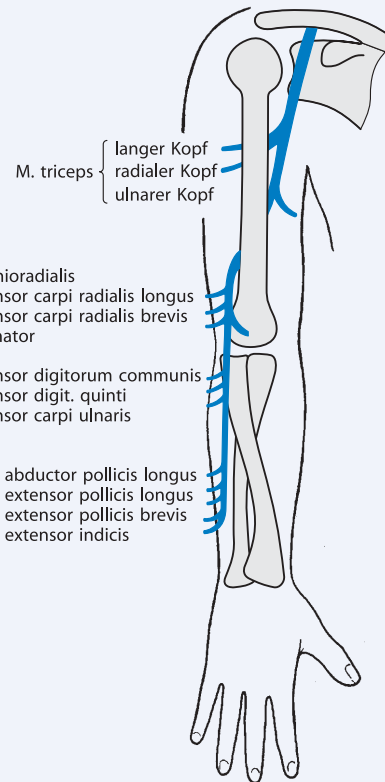


Abb. 2.25

N. radialis

intakten M. biceps brachii vorgetäuscht sein. Die Fingerstreckung wird bei gebeugten Fingergrundgelenken getestet, ihre Streckung ist bei Radialisschädigung aufgehoben. Stattdessen werden die Fingergrundgelenke durch die intakten Interossei (N. ulnaris) gebeugt.

Dass die Finger auch in den Interphalangealgelenken nicht gestreckt werden können, lässt eine Ulnarislähmung vermuten. Es fehlt jedoch nur die Fixation der Finger in den Grundgelenken, und bei passiver Streckung wird auch die Streckung der Fingermitteglieder und Fingerendglieder möglich. Ebenso ist der schwache Faustschluss bei Radialisparese durch ungenügende Fixation des Handgelenks in Extension zu erklären und kann durch passive Streckung des Handgelenks kompensiert werden. Die Daumenabduktion kann teilweise durch den M. abductor pollicis brevis (N. medianus) vorgetäuscht sein und ist daher ein unsicheres Zeichen. Die Streckung des Daumenendglieds bei gut fixiertem

Daumengrundglied ist dagegen nur bei einem intakten M. extensor pollicis longus möglich (Tabelle 2.4).

Wichtig !

Je weiter proximal die Lähmungsstelle liegt, desto mehr Streckmuskeln sind betroffen:

- **Obere Radialislähmung:**
 - Streckung des Ellenbogens gegen Widerstand unmöglich,
 - Fallhand,
 - keine Daumenextension.
- **Mittlere Radialislähmung:**
 - Streckung des Ellenbogens gegen Widerstand möglich,
 - Fallhand,
 - keine Daumenextension.

– Untere Radialislähmung (Supinator-syndrom):

- Keine Fallhand!
- Handstreckung bei Radialabduktion kräftig, bei Ulnarabduktion paretisch!
- Radialabweichung der Hand beim Versuch der Handgelenkstreckung,
- keine Daumenopposition.

Schädigungsursachen

- **Obere Radialislähmung.** Krückenlähmung; Druck in der Achselhöhle beim Gebrauch der Oberarmstützen. Selten.
- **Mittlere Radialislähmung.** Häufig kommt es bei Oberarm-schaftbrüchen (im mittleren und unteren Drittel) zur Dehnung des Nerven oder zur Quetschung zwischen

Tabelle 2.4 Motorische Funktion und Ausfallerscheinungen des N. radialis

Muskel	Funktion	Obere Lähmung	Mittlere Lähmung	Untere Lähmung
– M. triceps brachii	Streckung des Arms gegen Widerstand	Streckung ausgefallen	Streckung erhalten	
– M. brachioradialis	Beugung des Unterarms in Mittelstellung	Beugung in Mittelstellung ausgefallen	Beugung erhalten	
– Mm. extensor carpi radialis longus et brevis	Extension und Radialabduktion der Hand	Fallhand	Keine Fallhand	
– M. supinator	Supination bei gestrecktem Unterarm	Supination ausgefallen	Supination erhalten	
– M. extensor digitorum communis	Streckung der Fingergrundgelenke	Ausfall aller Fingerstrecker		
– M. extensor digitorum V	Streckung des 5. Fingers	Ausfall aller Fingerstrecker		
– M. extensor carpi ulnaris	Extension und Ulnarabduktion der Hand	Ausfall der Ulnarabduktion		
– M. abductor pollicis longus	Daumenabduktion	Radialabduktion des Daumens ausgefallen		
– Mm. extensor pollicis longus et brevis	Daumenextension	Extension des Daumengrund- und -endglieds ausgefallen		
– M. extensor indicis	Zeigefingerextension	Zeigefingerextension ausgefallen		

den Enden der Fraktur. Spätlähmungen entstehen durch Umwachsung des Nervs durch Bindegewebe (bei gleichzeitigen Weichteilverletzungen) bzw. durch Kallus, ferner iatrogen bei Marknagelung oder Metallentfernung, als Schlafdrucklähmung, bei Bewusstlosigkeit (Coma diabeticum) und als sog. Parkbanklähmung (Lage des Arms auf harter Unterlage).

- **Untere Radialislähmung.** Sie tritt bei einer Radiusfraktur im oberen Drittel oder bei Luxation des Radiusköpfchens auf. Liegt kein Trauma vor, ist die Ursache in den meisten Fällen ein Supinatorlogensyndrom. Es handelt sich um eine chronische Druckschädigung des Nervs bei seinem Durchtritt durch den M. supinator. Alle distal davon gelegenen Muskeln sind abgeschwächt oder ausgefallen.

Elektrodiagnostik. Überprüfen lassen sich der M. triceps brachii (bipolare Elektrodentechnik), der M. brachioradialis (Punktelektrode) und die Extensoren der Hand und Finger gemeinsam (bipolar).

Alle anderen Muskeln liegen tiefer und sind einer elektrischen Prüfung nicht zugänglich.

Obere und mittlere Radialislähmung sind damit gut zu diagnostizieren. Die untere Lähmung (Supinatorlogensyndrom) kann klinisch zwar vermutet werden, die elektromyographische Untersuchung ist jedoch ohne Verzögerung erforderlich.

Therapie. Außer bei Schnittverletzungen ist Zuwarten zunächst gerechtfertigt, besonders bei Druckläsionen kann mit vollständiger Restitution gerechnet werden. Exponentialstromtherapie ist bei oberer und mittlerer Lähmung auf den M. triceps brachii (Abb. 2.26) bzw. die Handextensoren (Abb. 2.27) mittels bipolarer Elektrodentechnik notwendig. Bei Fallhand ist zur Vermeidung einer Überdehnung der Muskulatur eine Lagerungsschiene notwendig. Bei Spätlähmungen nach Frakturen ist die sofortige Diagnostik und operative Revision angezeigt; in den meisten Fällen ist dann der Nerv durch Narbengewebe oder Kallus beeinträchtigt. Alleinige Elektrotherapie ist erfolglos, die Prognose nach operativer Revision ist jedoch günstig.

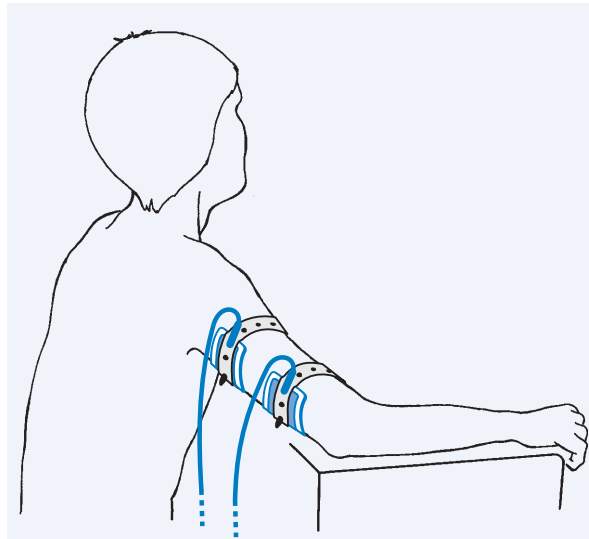


Abb. 2.26

Therapie des M. triceps brachii

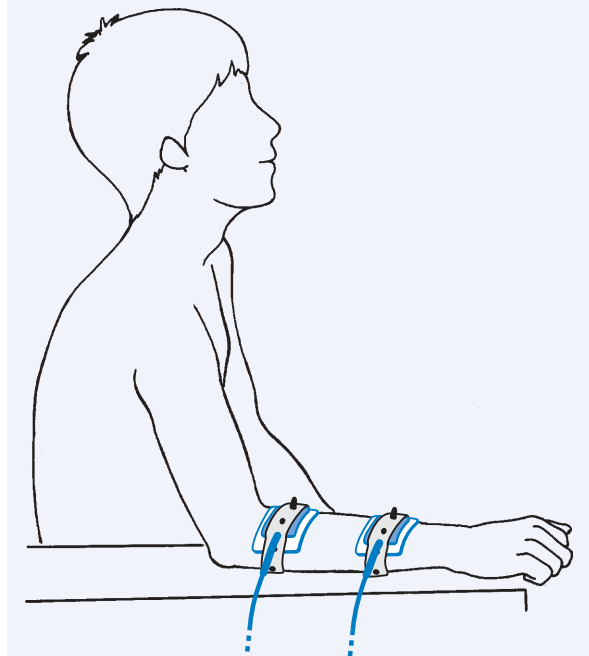


Abb. 2.27

Therapie der Hand- und Fingerextensoren

2.5.4 N. medianus

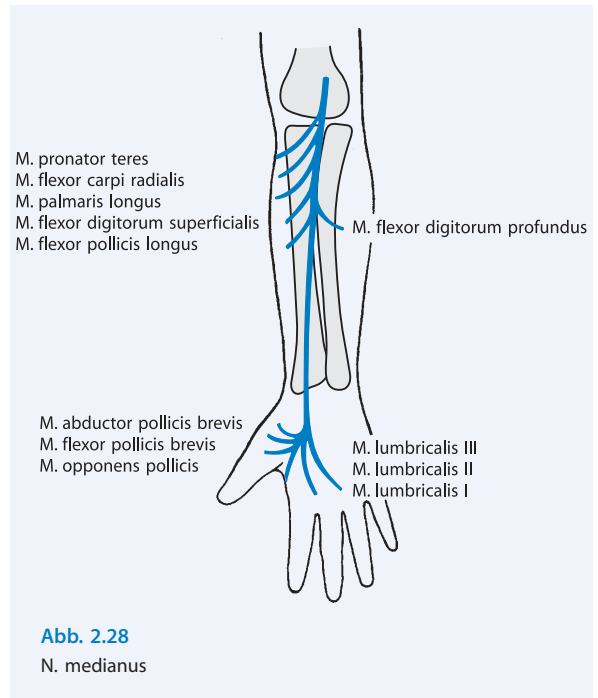
Anatomie. Fasern aus allen Faszikeln des Armplexus bilden den N. medianus. Am Oberarm zieht er medial des M. biceps brachii (Sulcus medialis musculi bicipitis) zur Ellenbeuge. Hier gibt er Äste für den M. pronator teres und für Hand- und Fingerbeuger ab (M. flexor carpi radialis, M. palmaris longus, M. flexor digitorum superficialis, M. flexor digitorum profundus, M. flexor pollicis longus). Am Unterarm verläuft der N. medianus zwischen dem Muskelbauch des oberflächlichen und tiefen Fingerbeugers nach distal. Am Handgelenk zieht er zwischen den Sehnen des M. flexor carpi radialis und M. palmaris longus unter dem Lig. carpi transversum durch den Karpaltunnel und versorgt anschließend die Daumenballenmuskulatur (M. opponens pollicis, M. abductor pollicis brevis, M. flexor pollicis brevis) und die Mm. lumbricales I–III (Abb. 2.28).

Motorische Versorgung. M. pronator teres, M. flexor carpi radialis, M. palmaris longus, M. flexor digitorum superficialis, M. flexor digitorum profundus, M. flexor pollicis longus, M. abductor pollicis brevis, M. flexor pollicis brevis, M. opponens pollicis, M. lumbricales I–III.

Klinische Untersuchung. Bei *Nervenschädigung oberhalb der Ellenbeuge* (sog. hohe Medianuslähmung) ist die vollständige Pronation des Unterarms gestört. Außerdem entsteht beim Versuch, aktiv die Faust zu schließen, die charakteristische Schwurhand. Die Beugung von Daumen, Zeige- und Mittelfinger ist im Mittel- und Endgelenk gestört. Dagegen kann der 4. und 5. Finger gebeugt werden, da der Flexor digitorum profundus IV und V vom N. ulnaris versorgt werden. Intakt ist auch die Beugung in den Grundgliedern des 2. und 3. Fingers (ausgeführt von den Mm. interossei; ebenfalls ulnarisversorgt).

Charakteristisch ist auch folgende Störung: Legt der Patient seine Hand mit der Volarseite flach auf den Tisch, ist es ihm unmöglich, mit dem Zeigefinger auf der Tischplatte zu kratzen.

Bei *distaler Schädigung des Nervs im Bereich des Handgelenks* (Karpaltunnelsyndrom) ist der Daumenballen atrophisch und der Spitzgriff (Daumenopposition zum Zeigefinger bzw. kleinen Finger) unmöglich. Typisch ist ferner das Unvermögen, eine Flasche zu umgreifen (durch die gestörte Daumenabduktion kann die Haut zwi-



schen Daumen und Zeigefinger einen runden Gegenstand nicht erreichen). Man spricht vom positiven Flaschenzeichen. Zur sog. Affenhand gehören die Adduktion des Daumens an den Zeigefinger (M. adductor pollicis intakt; N. radialis), die Überstreckung des Daumens (Extensoren intakt; N. radialis) und eine Thenarathropie (Tabelle 2.5).

Schädigungsursachen. Bei Frakturen kann der Nerv am Ober- und Unterarm durch Kontusion oder Hämatom geschädigt werden. Spät paresen können auch Jahre danach infolge Druckläsion durch Kallus oder Bindegewebe entstehen. Druckschäden am Oberarm (im Schlaf, bei Bewusstlosigkeit, bei Operation in Blutleere) sind möglich, aber selten. Schädigungen des N. medianus am Handgelenk entstehen bei Schnittverletzungen oder als Druckläsion beim Karpaltunnelsyndrom. Dabei können jahrelang rein sensorische Beschwerden bestehen. Charakteristisch ist die Brachialgia paraesthetica nocturna (schmerzhaftes Einschlafgefühl der Hand). Die Patienten erwachen u. U. mehrmals pro Nacht mit Parästhesien in der Hand. Sie versuchen sich durch Ausschütteln oder Massieren der Hand Erleichterung zu verschaffen. Häufig strahlen die Beschwerden bis zum Schultergelenk aus. Frauen im mittleren Alter sind davon besonders betrof-

Tabelle 2.5 Motorische Funktion und Ausfallerscheinungen des N. medianus

Muskel	Funktion	Hohe Medianuslähmung	Handgelenkstyp
<ul style="list-style-type: none"> — M. flexor carpi radialis — M. palmaris longus — M. flexor digitorum superficialis — M. flexor digitorum profundus — M. flexor pollicis longus 	<ul style="list-style-type: none"> Handbeugung, Radialduktion Volarflexion der Hand Fingerbeugung (2. und 3.) im Mittelgelenk Fingerbeugung (2. und 3.) im Endgelenk Daumenbeugung im Endgelenk 	Schwurhand	Keine Schwurhand!
<ul style="list-style-type: none"> — M. abductor pollicis brevis — M. flexor pollicis brevis — M. opponens pollicis — Mm. lumbricales I–III 	<ul style="list-style-type: none"> Daumenabduktion Daumenbeugung im Grundgelenk Daumenopposition Fingerbeugung (1.–3.) im Grundgelenk, Streckung in den Mittel- und Endgelenken 		

fen, möglicherweise spielen das Klimakterium und berufliche oder sonstige Überlastungen der Hand eine ursächliche Rolle. Bei längerem Bestehen der Druckscheinungen werden auch motorische Fasern in Mitleidenschaft gezogen, es resultieren Ausfälle der Daumenballenmuskulatur mit Thenaratrophy.

Elektrodiagnostik. Bei hoher Medianuslähmung mit Schwurhand sind die langen Fingerbeuger und der Flexor carpi radialis gemeinsam betroffen. Diese Muskelgruppe ist der elektrodiagnostischen Untersuchung gut zugänglich. Eine Differenzierung in die einzelnen Muskeln ist nicht mit Sicherheit möglich, jedoch auch nicht erforderlich. Die Pronatoren des Unterarms liegen tief und sind nicht erreichbar. Kommt es bei Schädigung des N. medianus im Handgelenk zur Atrophie des Daumenballens, so ist die elektrodiagnostische Untersuchung des oberflächlich ge-

legenen M. opponens pollicis gut durchführbar (Abb. 2.29). Weiterhin kann versucht werden, den N. medianus von oberhalb des Lig. carpi transversum aus indirekt zu erregen. Wesentlich genauer ist jedoch die Bestimmung der distalen Latenzzeit im Rahmen einer Messung der motorischen Nervenleitgeschwindigkeit.

Therapie. Akute Drucklähmungen am Oberarm sind in der Regel voll reversibel. Bis zur Funktionswiederkehr der Muskulatur ist die Exponentialstromtherapie (bipolar auf die Beuger am Unterarm, monopolar die Daumenballenmuskulatur) angezeigt. Bei Frakturen im Oberarmbereich und ausbleibender Regeneration sollte spätestens nach einem halben Jahr revidiert werden, ebenso bei Spät paresen nach Frakturen. Zur Überbrückung nach operativer Revision ist die Exponentialstromtherapie nützlich. Beim Karpaltunnelsyndrom ist zunächst eine

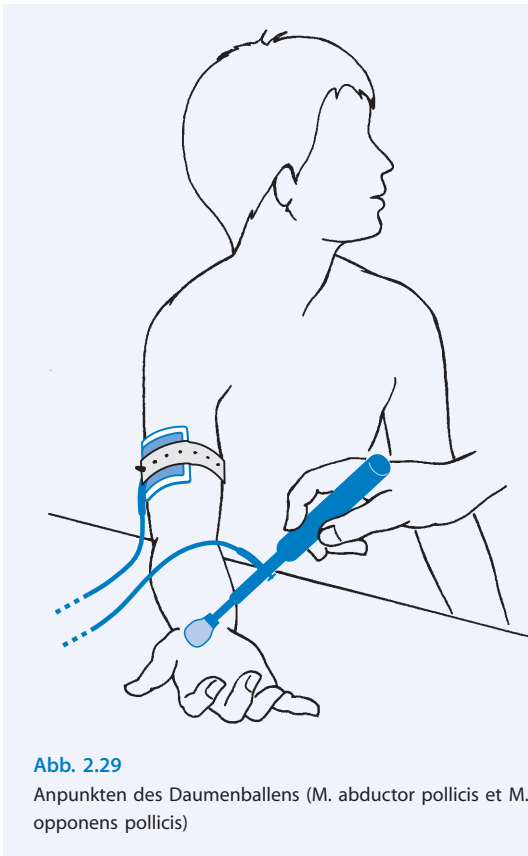


Abb. 2.29

Anpunkten des Daumenballens (M. abductor pollicis et M. opponens pollicis)

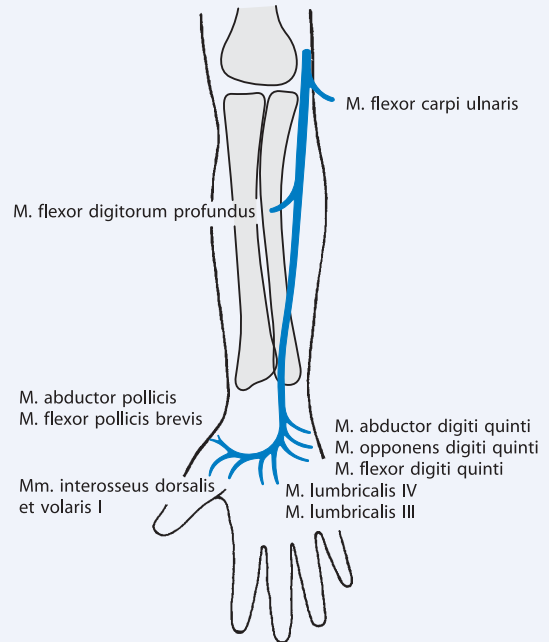


Abb. 2.30

N. ulnaris

konservative Behandlung (Ultraschall oder Hydrokortisoninjektionen in den Karpaltunnel) angezeigt. Wenn die Beschwerden weiter bestehen, bringt die operative Spaltung des Lig. carpi transversum schlagartig subjektive Erleichterung und Besserung der motorischen Funktion. Eine besondere Elektrotherapie ist nicht erforderlich.

2.5.5 N. ulnaris

Anatomie. Der N. ulnaris entsteht aus dem medialen Faszikel des Armplexus und enthält Fasern aus den Segmenten C8 und Th1. In der Mitte des Oberarms verlässt er den Sulcus bicipitalis, tritt auf die Streckseite und zieht im Sulcus nervi ulnaris über den Epicondylus medialis humeri. Hier liegt er dem Knochen direkt auf und ist nur von Haut und Faszie bedeckt. Nach Abgabe motorischer Äste für Hand- und Fingerbeuger zieht er auf der Beugeseite des Unterarms abwärts und teilt sich am Handgelenk in

einen tiefen motorischen und einen oberflächlichen sensiblen Ast. Dieser R. profundus versorgt die Muskulatur des Kleinfingerballens und mit Ausnahme des Daumens alle übrigen kleinen Handmuskeln (Abb. 2.30).

Motorische Versorgung. M. flexor carpi ulnaris, M. flexor digitorum profundus (ulnarer Teil), M. abductor digiti V, M. opponens digiti V, M. flexor digiti V, Mm. interossei volares et dorsales, Mm. lumbricales III–IV, M. abductor pollicis, M. flexor pollicis (Caput profundum).

Klinische Untersuchung. Man unterscheidet den distalen vom proximalen Lähmungstyp (Tabelle 2.6):

- **Distaler Lähmungstyp.** Bei Schädigung des Nervs im Handgelenksbereich mit Ausfall der kleinen ulnarisversorgten Handmuskeln entsteht die sog. Krallenhand mit folgenden Kennzeichen:
 - Überstreckung der Finger in allen Grundgelenken durch das Überwiegen der Extensoren,

Tabelle 2.6 Motorische Funktion und Ausfallerscheinungen des N. ulnaris

Muskel	Funktion	Störung
— M. flexor carpi ulnaris	Volar-Ulnar-Beugung des Handgelenks	Ausgefallen
— M. flexor digitorum profundus	Beugung im Endglied des 4. und 5. Fingers	Ausgefallen
— M. abductor digiti V	Kleinfingerabduktion	Ausgefallen
— M. opponens digiti V	Kleinfingeropposition	Ausgefallen
— M. flexor digiti V	Kleinfingerbeugung im Grundgelenk	Ausgefallen
— Mm. interossei	Ab- und Adduktion der Finger	Ausgefallen
— M. lumbricales III–IV	Beugung Grundgelenke, Streckung Interphalangealgelenke	Ausgefallen
— M. flexor pollicis brevis	Daumenbeugung Grundgelenk	Abgeschwächt

- Unmöglichkeit des Abspreizens und Adduzierens des 3.–5. Fingers,
 - Atrophie des Kleinfingerballens und auffällige Atrophie im Spatium I zwischen Daumen und Zeigefinger und der übrigen Zwischenfingerräume (Spatium interossum II, III und IV),
 - Ausfall der Abduktion und Opposition des Kleinfingers (Endglieder des gestreckten Daumens und Kleinfingers können sich nicht berühren).
- Außerdem helfen die beiden folgenden funktionellen Tests:
- *Fromentsches Zeichen.* Beim Versuch, einen flachen Gegenstand (Lineal o. ä.) zwischen Daumen und Zeigefinger festzuhalten, kommt es als Ausgleichsbewegung zur Beugung des (medianusversorgten) Daumenendglieds.
 - *Ausfall der Nasenstüßbewegung.* Man lässt den Patienten schnippende Bewegungen mit Zeigefinger und Daumen gegen die flache Hand des Untersuchers ausführen; die Bewegung ist nicht möglich oder der Anschlag ist deutlich schwächer als mit der gesunden Hand.
- *Proximaler Lähmungstyp.* Bei Schädigung des Nerven im Ellenbogenbereich kommt es zusätzlich zur beschriebenen Krallenhand zum Ausfall der Hand- und Fingerbeugung. Gestört sind die Ulnar- und Volarflexion im Handgelenk sowie die Beugung im Endgelenk des 4. und 5. Fingers.

Schädigungsursachen. Am häufigsten wird der Nerv im Ellenbogenbereich verletzt, wo er infolge seiner ungeschützten und oberflächlichen Lage stumpfen Traumen (Schlag, Stoß) ausgesetzt ist. Druckläsionen entstehen durch Aufstützen des Unterarms (Halten des Telefonhörers, bettlägerige Patienten). Direkte Schädigungen sind bei kondylären Humerusfrakturen selten. Häufig kommt es Monate oder Jahre nach Ellenbogenfrakturen zu sog. Spätlähmungen infolge Umwachsung des Nerven durch Narbengewebe, organisierte Hämatome oder Exostosen. Schäden können außerdem durch häufige Luxationen des Nerven aus seinem Sulkus bei Beugung des Unterarms entstehen.

Elektrodiagnostik. Wegen ihrer tiefen Lage sind der M. flexor carpi radialis und der M. flexor digitorum profundus nicht zu überprüfen. Bei Verdacht auf Schädigung im Ellenbogenbereich ist die Bestimmung der Nervenleitgeschwindigkeit erforderlich. Dagegen sind der M. abductor digiti V und der M. interosseus I im Spatium zwischen Daumen und Zeigefinger mit monopolarer Elektrodentechnik gut erreichbar. Die Trennung in proximalen und distalen Lähmungstyp ist nur elektromyographisch durchführbar, ebenso der differentialdiagnostische Ausschluss eines C8-Syndroms.

Therapie. Bei *chronischen Druckläsionen* ist die auslösende Ursache auszuschalten. Wenn eine verzögerte Rückbildung zu beobachten ist, kann die Exponentialstromthe-

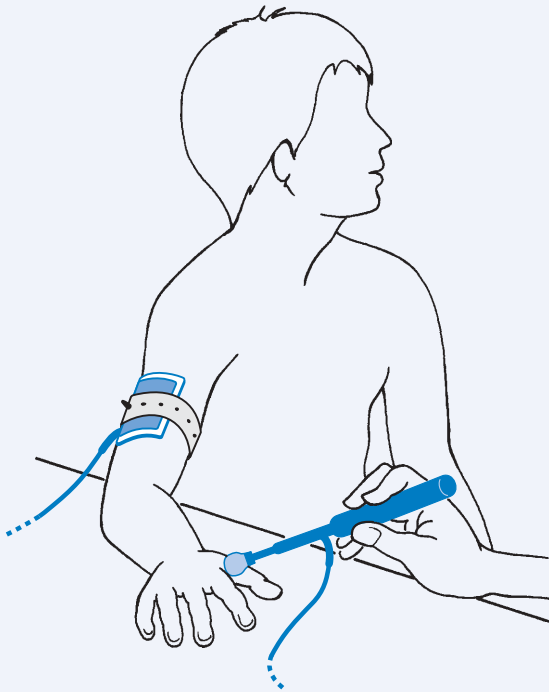


Abb. 2.31
Anpunkten des Spatium interosseum I

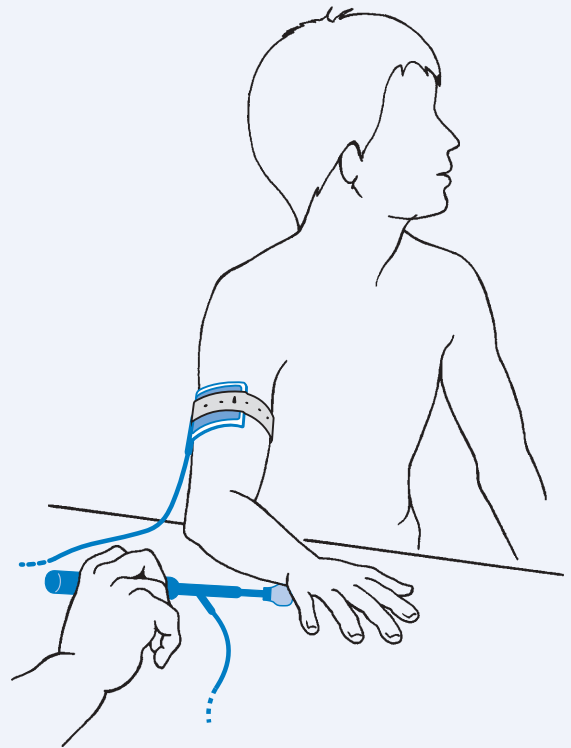


Abb. 2.33
Anpunkten des Kleinfingerballens (M. abductor digiti V)

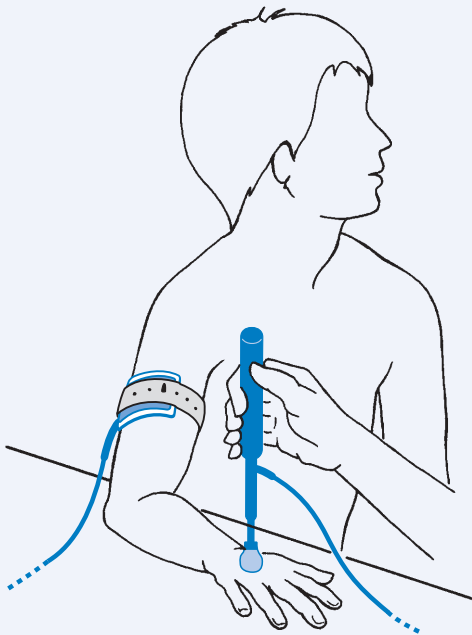


Abb. 2.32
Anpunkten des Spatium interosseum III

rapie hilfreich sein, jedoch nur bei geklärter Diagnose. Bei *Schnittverletzungen* oder *bindegewebiger Umwachsung* des Nervs sollte nach Nervennaht bzw. Neurolyse die Exponentialstromtherapie bis zur funktionellen Wiederherstellung durchgeführt werden. Dabei sind die kleinen Fingermuskeln einzeln anzupunkten, d. h. mittels Punkt-elektrode werden die Spatii interossei I-IV (Abb. 2.31 und 2.32) und der Kleinfingerballen (Abb. 2.33) einzeln gereizt.

■ Tipp Orientierende Untersuchung zum Ausschluss einer peripheren Nervenläsion an der Hand

- Fingerspitzen können pyramidenförmig zusammengelegt werden: N. ulnaris intakt,
- Daumen kann opponiert werden: N. medianus intakt,
- Daumen kann zurückbewegt werden: N. radialis intakt.

Der Daumen als Wegweiser einer peripheren Nervenläsion

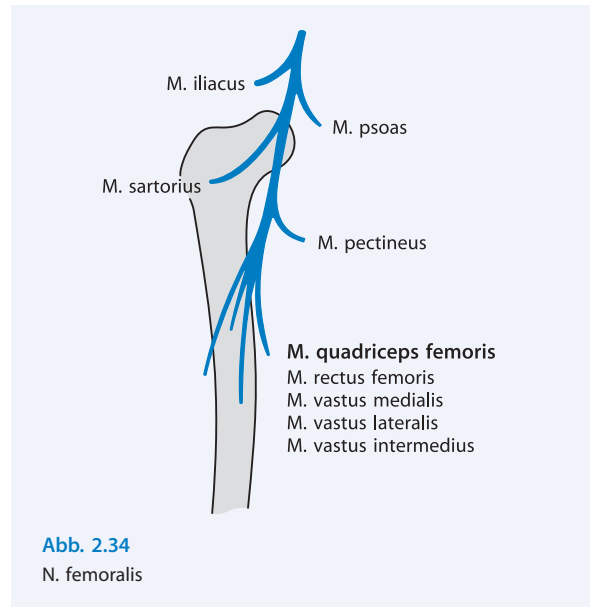
- Beugung des Daumenendglieds nicht möglich: Medianusläsion,
- Streckung des Daumenendglieds nicht möglich: Radialisparese,
- Adduktion des Daumens gestört (Fromentsches Zeichen): Ulnarislähmung.

2.5.6 N. femoralis

Anatomie. Der N. femoralis wird aus Fasern des 2.–4. Lumbalsegments gebildet. Er zieht auf dem M. iliacus bzw. unter dem M. psoas major zum Oberschenkel, wo er sich am Leistenband in seine Endäste aufteilt (Abb. 2.34).

Motorische Versorgung. M. iliacus, M. psoas major, M. sartorius, M. pectineus, M. quadriceps femoris.

Klinische Untersuchung. Bei hoch sitzender Läsion ist die Hüftbeugung stark abgeschwächt (Mitversorgung des M. iliopsoas durch direkte Plexusäste). Dies hat zur Folge, dass ein aufrechter Gang und Treppensteigen unmöglich werden. Bei distaler Läsion (nach Abgang der Äste für den M. iliopsoas) fallen die Mm. sartorius, pectineus und qua-



driceps femoris aus. Während die ersten beiden funktionell nicht bedeutsam sind, ist bei Ausfall des M. quadriceps femoris die aktive Kniestreckung im Sitzen bzw. das Anheben des gestreckten Beins im Liegen nicht möglich. Der Patellarsehnenreflex ist erloschen. Die Kniescheibe steht tiefer als auf der gesunden Seite und kann nicht hochgezogen werden. Infolge der Muskelatrophie resultiert ein Verlust der Oberschenkelkontur. Beim Gehen kommt es zum Genu recurvatum (Tabelle 2.7).

Schädigungsursachen. Läsionen erfolgen gelegentlich bei Operationen (Appendektomie, gynäkologische Operationen, Hüftgelenkttotalendoprothesen), nach Blutungen in

Tabelle 2.7 Motorische Funktion und Ausfallerscheinungen des N. femoralis

Muskel	Funktion	Störung
■ M. iliopsoas	Hüftbeugung	Abgeschwächt
■ M. sartorius	Hüftbeugung und Außenrotation	Unbedeutend
■ M. pectineus	Adduktion	Unbedeutend
■ M. quadriceps femoris	Kniestreckung	Ausgefallen; ferner Tiefstand der Patella, Patellarsehnenreflex erloschen, Atrophie des Oberschenkels, Genu recurvatum

den M. iliopsoas (Antikoagulantientherapie, Hämophilie) und bei Punktion der A. femoralis.

Elektrodiagnostik. Nur der M. quadriceps femoris ist zugänglich, wobei am besten bipolar vorgegangen wird (s. Abb. 2.35). Auf die Untersuchung des M. sartorius und M. pectineus kann verzichtet werden, da sich diese Muskeln gleichsinnig zum M. quadriceps femoris verhalten. Der M. iliopsoas ist in seinem distalen Abschnitt nur mittels Elektromyographie (EMG) zu untersuchen.

Therapie. Eine chirurgische Versorgung ist nur bei den sehr seltenen Stich- und Schussverletzungen erforderlich. In allen anderen Fällen kann zugewartet und konservativ vorgegangen werden. Konsequente Exponentialstromtherapie mit bipolarer Elektrodentechnik auf den M. quadriceps femoris ist jedoch erforderlich (Abb. 2.35).

2.5.7 N. peroneus (N. fibularis communis)

Anatomie. Der N. peroneus zweigt oberhalb der Kniekehle vom N. ischiadicus ab, zieht zum Fibulaköpfchen und teilt sich anschließend in einen oberflächlichen und einen tiefen Ast. Der N. fibularis superficialis versorgt motorisch die Peroneusgruppe (Mm. fibularis longus et brevis), der N. fibularis profundus innerviert sämtliche Unterschenkelstrecker (M. tibialis anterior, Mm. extensor digitorum longus et brevis, M. extensor hallucis longus et brevis) (Abb. 2.36).

Motorische Versorgung

- *N. fibularis superficialis.* M. fibularis longus, M. fibularis brevis.
- *N. fibularis profundus.* M. tibialis anterior, M. extensor digitorum longus, M. extensor hallucis longus, M. extensor digitorum brevis, M. extensor hallucis brevis.

Klinische Untersuchung. Bei einer Lähmung hängt der Vorfuß herab, er kann ebenso wie der seitliche Fußrand nicht angehoben werden. Beim Gehen wird das Bein abnorm angehoben (Hahnentritt), und der Fuß wird mit der Spitze zuerst aufgesetzt (Steppergang). Bei Atrophie des M. tibialis anterior tritt die Tibiakante stärker hervor bzw. bei Atrophie der Peroneusgruppe kommt es zum

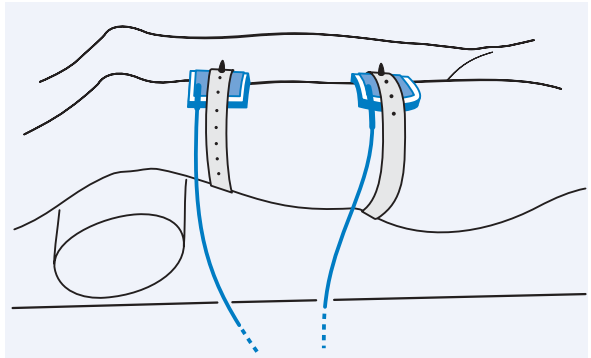


Abb. 2.35
Therapie des M. quadriceps femoris

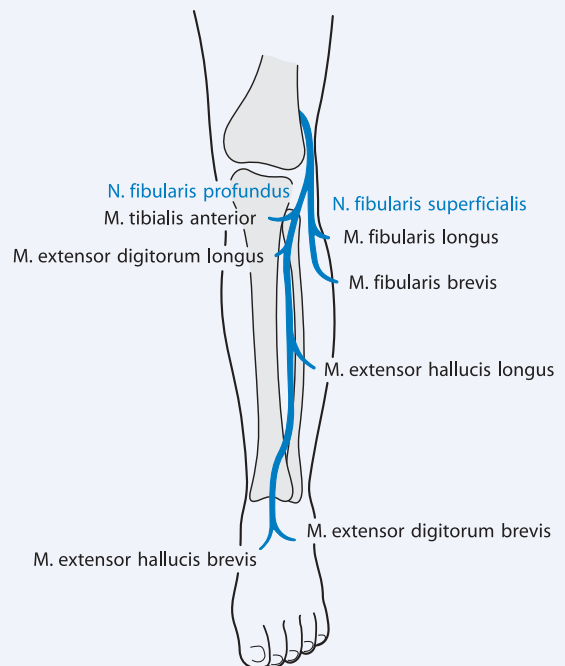


Abb. 2.36
N. peroneus

Schwund der seitlichen Wade. Die Extension der Zehen ist ebenfalls gestört.

Bei isolierter Läsion des N. fibularis superficialis kann der laterale Fußrand nicht gehoben werden, d. h. das Auswärtskanten des Fußes im Sinne der Pronation ist gestört. Es kommt zum Überwiegen der Supinatoren, und beim Anheben des Vorfußes weicht dieser nach medial ab (Equinovarusstellung). Beim Gehen wird der Fuß mit dem seitlichen Rand zuerst aufgesetzt (Tabelle 2.8).

Bei totaler Peroneusparesis kommt es zur Aufhebung von Dorsalextension des Vorfußes und der Zehen. Auch die Pronation des Fußes ist aufgehoben. Ferner resultieren Hahnentritt und Steppergang.

Schädigungsursachen. Druckschäden des Nervs auf das Wadenköpfchen kommen vor bei:

- Bewusstlosigkeit,
- ungünstiger Lagerung auf einer Schiene nach Traumen,
- zu engem und ungepolstertem Gipsverband,
- Frakturen oder Luxationen des Fibulaköpfchens,
- stumpfen Traumen oder direktem Schlag auf die Knieaußenseite.

Tabelle 2.8 Motorische Funktion und Ausfallerscheinungen des N. peroneus (N. fibularis communis)

Muskel	Funktion	Störung
— M. fibularis longus	Hebung des lateralen Fußrands	Aufgehoben. Extension des Fußes und der Zehen erhalten
— M. tibialis anterior	Hebung des Vorfußes	Aufgehoben
— M. extensor digitorum longus	Dorsalextension der Zehen	Aufgehoben
— Mm. extensor hallucis longus et brevis	Dorsalextension der Großzehe	Pronation des Fußes erhalten

Bei proximaler Schädigung des Ischiadikusstamms (Hüftgelenkverletzungen, Dehnung des Nerven bei Hüftgelenktotalendoprothesen) kommt es viel häufiger zur Schädigung des Fibularisanteils als zu der des Tibialis.

Differentialdiagnose. Zu denken ist an:

- Radikulärsyndrom L5,
- Polyneuropathie,
- zentrale Lähmung (Hahnentritt fehlt),
- Tibialis-anterior-Syndrom.

Wichtig !

N. fibularis und N. tibialis liegen bereits im Hauptstamm des N. ischiadicus morphologisch getrennt als selbständige „Kabel“ vor. Dies hat zur Folge, dass bei proximaler Schädigung des Ischiadikusstamms im kleinen Becken eine isolierte Fibularisparesis auftreten kann. Die größere Empfindlichkeit des N. fibularis wird damit erklärt, dass in diesem Nerv mehr Nervenfasern und weniger Bindegewebshüllen vorhanden sind, während im N. tibialis dieses Verhältnis zugunsten des Bindegewebes verschoben ist.

Elektrodiagnostik. Der M. tibialis anterior wie auch der M. fibularis longus sind einer elektrodiagnostischen Untersuchung gut zugänglich, die monopolar erfolgen kann. Bei ungenügender Muskelzuckung ist die bipolare Elektrodentechnik anzuwenden. Bei der Untersuchung muss unbedingt auf das eventuelle Überspringen auf benachbarte Muskeln geachtet werden (vom M. tibialis anterior auf den M. tibialis posterior, vom M. fibularis longus auf den M. soleus). Das Überspringen ist an einer Anspannung der Achillessehne erkennbar, die deshalb bei jeder elektrodiagnostischen Prüfung am Unterschenkel getestet werden muss. Sobald eine Anspannung der Sehne bzw. eine Plantarflexion des Fußes erkennbar wird, ist die Erregung auf einen anderen Muskel übersprungen und eine diagnostische Aussage nicht möglich; es muss die Elektromyographie erfolgen.

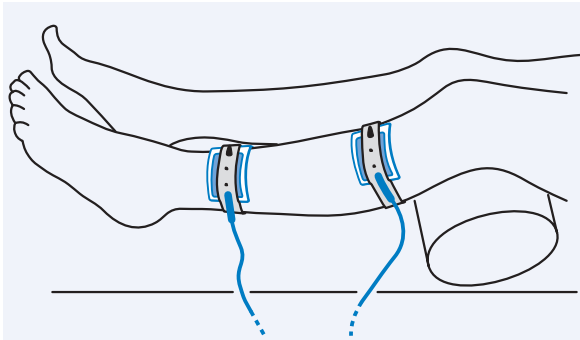


Abb. 2.37

Therapie der Fußheber (M. tibialis anterior et M. peroneus longus)

Therapie. Bei Läsionen im Rahmen eines Traumas im Bereich der Fibula ist ein frühzeitiges chirurgisches Vorgehen mit Neurolyse erforderlich. Bei stumpfen Traumen auf der Knieaußenseite kann zunächst abgewartet werden. Sofern nach 3–4 Monaten keine Reinnervationszeichen erkennbar werden, ist eine chirurgische Exploration an der Schädigungsstelle notwendig. Die Prognose bei Drucklähmungen ist gut, auch bei Dehnung des Nervs im proximalen Abschnitt (TEP) ist Zuwarten gerechtfertigt. In allen Fällen ist jedoch eine konsequente Exponentialstromtherapie bis zur Wiederkehr der Willkürbeweglichkeit erforderlich. Die Elektrodentechnik ist bipolar, bei totaler Fibularislähmung auf M. tibialis anterior und M. fibularis gemeinsam (Abb. 2.37).

Auf eine korrekte Muskelkontraktion ist zu achten, d. h. es darf zu keiner Flexion und zu keiner Supination des Vorfußes während der Elektrotherapie kommen. Zur Vermeidung eines Spitzfußes ist das passive Durchbewegen des Fußgelenkes und eine Lagerungsschiene – besonders nachts – notwendig. Beim Gehen ist ein elastischer Fibulariszügel günstiger als ein steifer Fibularisstiefel.

Fazit für die Praxis

Alle oberflächlich gelegenen Muskeln sind der herkömmlichen Elektrodiagnostik prinzipiell zugänglich (s. Abb. 2.17–2.20). Damit wird zumindest eine orientierende Untersuchung möglich. In Abschn. 2.5 finden sich alle klinisch wichtigen Nervenläsionen, bei denen auch eine sorgfältige Exponentialstromtherapie wichtig ist.

2.6 Literatur

- Edel H (1991) Fibel der Elektrodiagnostik und Elektrotherapie, 6. Aufl. Gesundheit, Berlin
- Günther R, Jantsch H (1986) Physikalische Medizin, 2. Aufl. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Lange A (1979) Diagnostische Möglichkeiten der Mittelfrequenzreizung. Z Physiother 31:3–10
- Lange A (1981) Diagnostische Wertigkeit der klassischen elektrodiagnostischen Verfahren im Vergleich zur Elektromyographie. Dt Gesundheitswesen 36:567–570
- Mumenthaler M, Schliack H (Hrsg) (1993) Läsionen peripherer Nerven, 6. Aufl. Thieme, Stuttgart
- Schmidt RF, Thews G (1997) Physiologie des Menschen, 27. Aufl. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Sunderland S (1978) Nerves and nerve injuries, 2nd edn. Churchill, Livingstone, Edinburgh