

## 5 Ärztliche neurologische Untersuchung

Klaus Scheidtmann (unter Mitarbeit von Ulla Trockel)

Die neurologische Untersuchung muss 2 sehr wichtige und grundlegende Aspekte berücksichtigen:

- Für das Verständnis der Erkrankungen des Nervensystems ist eine eingehende Kenntnis der Neuroanatomie und Neurophysiologie erforderlich. Besonderes Augenmerk dabei liegt auf der Neurotopografie, d. h. der Zuordnung einer klinischen Symptomatik zu den betroffenen neuroanatomischen Strukturen. Ohne neuroanatomische und neurophysiologische Kenntnisse lassen sich die Zusammenhänge einzelner Funktionsweisen nur schwer nachvollziehen. Zur besseren Darstellung der strukturellen Veränderungen des Nervensystems und der quantitativen Erfassung von Stoffwechselstörungen dienen zusätzliche neurophysiologische Untersuchung sowie bildgebende Verfahren.
- Man muss sich immer vor Augen halten, dass es sich beim Nervensystem um kein einzelnes abgrenzbares Organ handelt. Die Nerven durchziehen den ganzen Körper, sie besitzen „Nachbarschaftsbeziehungen“ mit anderen Organen, deren krankhafte Veränderungen Rückwirkungen auf das Nervensystem haben.

### Lernziele

Nach dem Lesen dieses Kapitels

- kennen Sie die ärztlichen Untersuchungen und können die spezifischen Fragestellungen durch weitere Tests oder Assessments ergänzen,
- können Sie die Untersuchungsergebnisse interpretieren, um beeinflussende physiotherapeutische Maßnahmen anzuwenden.

### Merke

Die neurologische Untersuchung ist im besonderen Maße eine Untersuchung des ganzen Körpers und erfordert die Berücksichtigung von Befunden aus anderen Fachdisziplinen.

### 5.1 Anamnese

Die Anamnese umfasst alles, was aus den persönlichen Daten der erkrankten Person, ihrer Familie und ihrer Umgebung einen Bezug zu der aktuellen Erkrankung haben könnte. Dabei werden wichtige Informationen zur aktuellen Anamnese, der früheren Anamnese (sonstige Erkrankungen oder bereits vorgekommene neurologische Erkrankungen), die Familienanamnese, die Sozial- und Berufsanamnese und die Fremdanamnese berücksichtigt. Aus den gewonnenen Erkenntnissen ergeben sich möglicherweise Hinweise z. B. aus der Familienanamnese zu

vererbaren Erkrankungen, aus der Sozial- und Berufsanamnese Hinweise auf eventuell vorliegende Verhaltensstörungen oder Hirnleistungsstörungen oder eine allgemeine Leistungsminderung. Die Fremdanamnese kann wichtig sein, wenn die Person uns keine Hinweise zu ihrer Erkrankung liefern kann oder sie keinen realistischen Bezug zu ihrer jetzigen Erkrankung aufbauen kann. Auch im Hinblick auf die Planung eines poststationären Konzeptes nach der klinischen Entlassung oder einer begleitenden ambulanten neurologischen Betreuung sind diese Informationen von besonderer Bedeutung.

### Merke

Zur Planung der poststationären Versorgung (poststationäres Konzept) sind wichtige Hintergrundinformationen sehr hilfreich, z. B. soziale Einbindung, Wohnungsbeschaffenheit.

## 5.2 Klinisch-neurologische Untersuchung

Die neurologische Untersuchung sollte immer in einer festgelegten Reihenfolge abgearbeitet werden. Dadurch wird eher verhindert, dass Teile des umfangreichen Prüfungsablaufes vergessen werden.

### 5.2.1 Inspektion

Die Inspektion, d. h. die sorgfältige Beobachtung von Körperhaltung und Körperbewegungen, steht am Anfang der Untersuchung. Gleichzeitig wird auch der allgemeine Eindruck des Patienten bewertet, d. h. wie er spricht oder sich ausdrückt, ob möglicherweise Anhaltspunkte für eine psychomotorische Verlangsamung deutlich werden oder ob sich bereits bei den ersten Untersuchungen Verhaltensstörungen offenbaren. Wir versuchen uns einen Eindruck über die höhere Hirnleistung zu verschaffen. Neben einer Inspektion der Körperhaltung und der Körperbewegungen sollte auch eine Beurteilung des Muskelreliefs sowie die Bewegungsausmaße der Extremitäten und des Rumpfes erfolgen.

### 5.2.2 Untersuchung von Kopf und Gesicht

Hier sollten die 12 Hirnnerven, deren Kerngebiete sich im Mittelhirn, in der Brücke und im verlängerten Rückenmark befinden, ihrer Reihenfolge nach abgearbeitet werden (► Tab. 5.1).

**Tab. 5.1** Untersuchung der Hirnnerven (die Hirnnerven werden klassischerweise mit römischen Zahlen von I bis XII bezeichnet).

Nr.	Nerv	Funktion	Test
1 (I)	N. olfactorius	Geruch	Riechsubstanzen (z. B. Kaffee, Tabak, Zimt)
2 (II)	N. opticus	Sehen	Nah-Visus (Leseprobe)
3 (III)	N. oculomotorius	Augenmuskeln, Pupillenverenger (parasympathischer Anteil)	Lidspaltenweite, Pupillenverengung, Augenbulbusbewegung
4 (IV)	N. trochlearis	oberer schräger Augenmuskel	Bulbusbewegung jeweils nach rechts unten
5 (V)	N. trigeminus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sensibel: Gesicht, seitlicher Kopf, Augenregion</li> <li>• motorisch: Kaumuskeln</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sensibel: Kornealreflex</li> <li>• motorisch: Masseterreflex</li> </ul>
6 (VI)	N. abducens	laterale Augenmuskeln, Bewegung der Augen nach lateral	Augenbewegung zur Seite
7 (VII)	N. facialis	motorischer Gesichtsnerv, Tränendrüsen	Spitzmund, Wangen aufblasen, Geschmacksproben, Stirnrunzeln, Naserümpfen, Geschmacksempfindung
8 (VIII)	N. vestibulocochlearis	Gleichgewichtsnerv, Hörnerv	Stimmgabeltest, Prüfung Blickkoordination bzw. Nystagmus, Fingerreiben vor dem Ohr, Prüfung der Gleichgewichtsregulation, Gang- u. Stehprüfung, Unterberger-Tretversuch
9 (IX)	N. glossopharyngeus	Zungen-, Schlund-, Geschmacksnerv	Schluckprüfung
10 (X)	N. vagus	Hauptnerv des parasympathischen Systems, Kreislauf, Verdauung, Atmung, willkürliche Betätigung der Kehlkopfmuskulatur (N. recurrens)	Schluckprüfung, Würgereflex
11 (XI)	N. accessorius	motorische Innervation der Mm. sternocleidomastoideus und trapezius	Kopfdrehung nach links und rechts, Schulterhebung
12 (XII)	N. hypoglossus	motorisch: Zunge	Zunge herausstrecken

### Tipp

Um sich die 12 Hirnnerven besser merken zu können, existieren verschiedene Merksprüche. Hier ist einer davon:

Onkel Otto orgelt Tag täglich, aber freitags verspeist er gerne viele alte Hamburger.

### 5.2.3 Reflexe

Reflexe sind unwillkürliche, immer gleich ablaufende Reaktionen des Nervensystems auf einen Reiz. Muskeleigenreflexe können z. B. mit einem Reflexhammer ausgelöst werden (► Abb. 5.1). Dabei wird insbesondere auf Seitenunterschiede und zu starke oder fehlende Reflexe geach-

tet. Auch sog. pathologische Reflexe können aufgedeckt werden. Dabei handelt es sich um Reflexe, die bei Gesunden nicht auftreten.

Hier einige Beispiele:

- **Muskeleigenreflexe:**
  - obere Extremität: Bizepssehnenreflex, Radiusperiostreflex, Trizepssehnenreflex
  - untere Extremität: Patellarsehnenreflex, Achillessehnenreflex
- **Fremdreflexe:**
  - Bauchhautreflex
  - Analreflex
- **Pyramidenbahnzeichen und pathologische Mitbewegungen:**
  - Babinski-Zeichen
  - Gordon-Zeichen
  - Orbikularis-oris-Reflex.

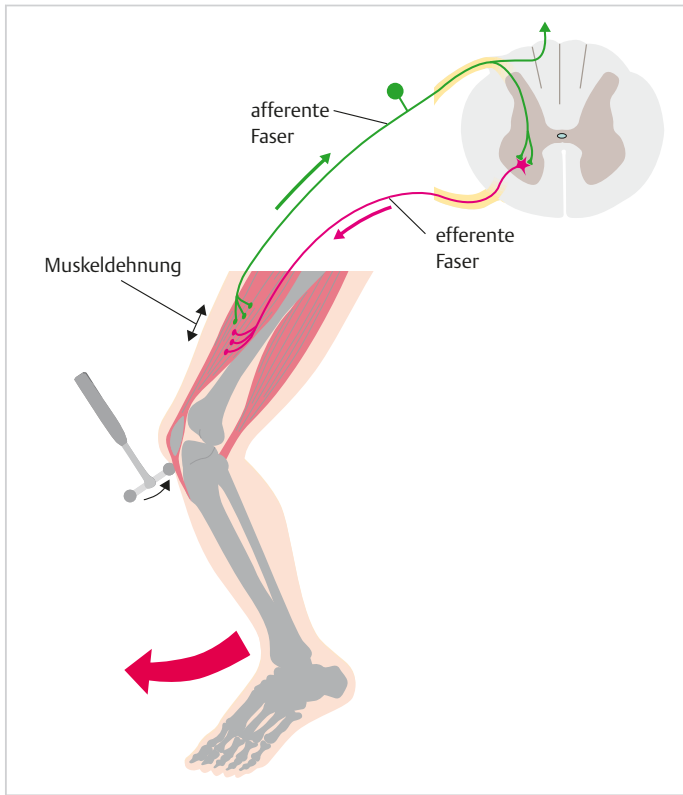


Abb. 5.1 Muskeldehnungsreflex. (Quelle: I care Anatomie, Physiologie. Stuttgart: Thieme; 2020)

- Primitivreflexe (Zeichen einer generalisierten, fortgeschrittenen organischen Hirnschädigung, z. B. bei Demenz oder arteriosklerotischer Enzephalopathie):
  - Saugreflex: Mundöffnung, Saugen oder Hinwendung bei perioraler Berührung
  - Palmomentalflex: kurzes Zucken des ipsilateralen M. mentalis bei Bestreichen des Daumenballens von proximal nach distal mit einer Nadel.

### 5.2.4 Motorisches System

Hier liegt der Fokus auf der Begutachtung des Bewegungsapparates: Wirbelsäule, Gelenke, Gliedmaßen und Muskulatur.

Eine Einteilung von Paresen erfolgt mithilfe des Muskelfunktionstestes (MFT):

- MFT 0: absolute Inaktivität (Plegie)
- MFT 1: Muskelzuckung
- MFT 2: Unter Abnahme der Schwerkraft können Bewegungen ausgeübt werden (Bewegung mit verminderter Schwerkraft z. B. durch seitliche Bewegung).
- MFT 3: Bewegung gegen Schwerkraft
- MFT 4: mittlerer Widerstand gegen die Kraft des Untersuchers
- MFT 5: maximale (angemessene) Kraft.

Ebenso kann eine Muskeltonuserhöhung vorliegen, die man als Spastik bezeichnet. Auch hier wird mithilfe einer einfachen Skala versucht, das Ausmaß der Spastik zu beurteilen (► Tab. 5.2). Vielfach wird auch die modifizierte Tardieu-Skala verwendet (Kap. 6.4.1).

ROM = Range of Movement, Bewegungsausmaß in einer Ebene

Tab. 5.2 Modifizierte Ashworth-Skala zur Beurteilung einer spastischen Tonuserhöhung bei Patienten [1]. Die Tabelle ist insbesondere hilfreich, wenn gleichzeitig tonusenkende Maßnahmen durchgeführt werden.

Grad	Klinisches Ausmaß der Spastik
0	keine Steigerung des Muskeltonus
1	leichte Steigerung des Muskeltonus (schnelles Greifen, Ende der Bewegung)
1+	leichte Steigerung des Muskeltonus über den halben ROM*
2	Steigerung über den gesamten ROM*, passive Bewegung gut möglich
3	erhebliche Steigerung, passive Bewegung schwierig
4	verharrt starr in der Position

## Cave

Eine Parese kann sowohl zentral bedingt sein (gesteigerte Muskeleigenreflexe, Babinski-Zeichen) als auch peripher (abgeschwächte Muskeleigenreflexe, keine pathologischen Reflexe). Eine Tonuserhöhung (Spastik) kann sowohl bei einer zentralen Schädigung des Gehirns (Z. n. zerebraler Ischämie) oder nach einer Rückenmarksschädigung bei traumatischer Verletzung der Wirbelsäule auftreten (Querschnittsyndrom).

### 5.2.5 Koordination

Hier wird das Zusammenspiel verschiedener Muskeln untersucht. Dabei werden gleichzeitig verschiedene neurologische Systeme geprüft, die uns dann einen Hinweis auf einen möglichen Schädigungsort geben. Bei den einzelnen Untersuchungen soll insbesondere auf Zielsicherheit, Flüssigkeit der Bewegung, Intentionstremor und Ataxie geachtet werden. Hier eine kleine Aufstellung der wichtigsten Koordinationsprüfungen im Rahmen der neurologischen Untersuchung:

- **Finger-Nase-Versuch:** In weitem Bogen erst mit geöffneten, dann mit geschlossenen Augen den Zeigefinger zur Nasenspitze führen.
- **Fingerfolge-Versuch (Finger-Finger-Versuch):** In weitem Bogen beide Zeigefingerspitzen sich berühren lassen. Die untersuchte Person soll im Wechsel auf die eigene Nasenspitze und auf den Finger der untersuchenden Person deuten; Position des Fingers rasch ändern.
- **Knien-Hacken-Versuch:** Ferse des einen Beines auf die Patella des anderen aufsetzen und die Schienbeinkante herunterführen lassen; das Gleiche mit der anderen Seite wiederholen.
- **Diadochokinese (rasche alternierende Bewegung):** schnell abwechselnd mit Handrücken und Handfläche auf eine Unterlage klopfen oder Hände schnell im Wechsel supinieren und pronieren; Dys- oder Bradydiadochokinese bedeutet unregelmäßig alternierende bzw. verlangsamt alternierende Bewegung.
- **Rebound-Phänomen:** Person drückt die nach vorn gestreckten Arme gegen den Widerstand der untersuchenden Person nach oben. Bei plötzlichem Nachlassen des Gegendrucks schlagen bei Personen mit Kleinhirnläsion die Arme nach oben aus (= Rebound). Gesunde federn durch Innervation der Antagonisten schnell ab.
- **Romberg-Versuch:** Person steht mit geschlossenen Füßen zunächst mit offenen, dann mit geschlossenen Augen. Ein positiver Befund bedeutet einen unsicheren Stand nach dem Schließen der Augen = sensible Ataxie. Eine Fallneigung zu der Seite ohne Parese spricht für eine ipsilaterale Schädigung des Gleichgewichtsorganes oder des Kleinhirns; bei unsystematischem, unklarem Schwanken kann die Person mit einfachen Rechenaufgaben abgelenkt werden.
- **Unterberger-Tretversuch:** Mit geschlossenen Augen etwa 1 min auf der Stelle treten. Bei einseitigen vestibulären oder zerebellären Störungen, kommt es zur Drehung um die Körperachse zur kranken Seite ( $>45^\circ$ ).

- **Gangprüfung mit Normal-, Blind-, Seitänzergang:** je mindestens 10 Schritte; auf Flüssigkeit der Bewegung, Mitbewegung der Arme, Seitenabweichen, Schwanken und normale oder breite Führung der Beine achten.
- **Einbeinhüpfen:** sehr sensitive Methode zur Prüfung leichter Paresen oder Koordinationsstörungen.

Zur Beurteilung der Koordination einer Person gehört auch ihr Verhalten im Raum. Das Raumkoordinationssystem kann durch eine zerebrale Schädigung gestört sein. Auffällig ist dann bei der Untersuchung z. B. eine schräge Körper- oder Kopfhaltung, ohne dass die betroffene Person diese Abweichung selbst wahrnimmt. Versucht man, die schräge Körperhaltung passiv durch Aufrichten des Körpers zu korrigieren, wird dem meist ein massiver Widerstand entgegengesetzt. Dieses aktive Drücken der erkrankten Person wird als „Pusher-Syndrom“ bezeichnet (Kap. 11.1.7).

### 5.2.6 Sensibilität

Hier werden die Empfindungen für Schmerz, Temperatur, Druck und Berührung untersucht. Dabei wird zwischen verschiedenen Wahrnehmungsqualitäten unterschieden:

- **Berührung (Hyp-/Anästhesie):** Bei geschlossenen Augen mit Wattetupfer/Fingerkuppen durch Bestreichen prüfen
- **Schmerz (Hyp-/Analgesie):** Mit abgebrochenen Holzstäbchen kleine Schmerzreize setzen, hier auch Prüfung der Spitz-stumpf-Diskrimination, d. h. in unregelmäßiger Abfolge Prüfung mit spitzen oder stumpfen Gegenständen bei geschlossenen Augen.
- **Temperatur (Thermhypästhesie):** Warm-kalt-Prüfung, z. B. kaltes Stück Metall oder Wasserglas
- **Vibration (Pallhyp-/Anästhesie):** eine angeschlagene 128-Hz-Stimmgabel auf Knochenvorsprünge aufsetzen (z. B. Handgelenke, Patella, Malleolus medialis, Hallux) und die Abnahme der Vibration in einer an der Stimmgabel angebrachten Skala in Achtschritten beurteilen.
- **Tiefensensibilität:** Zeigefinger oder Großzehe lateral anfassen, bei geschlossenen Augen Bewegungsveränderungen nach oben oder unten angeben.
- **Stereognosie:** Erkennen von auf der Haut geschriebenen Zahlen oder gezeichneter kleiner Gegenstände (Ball, Dreieck). Gelingt dies nicht, liegt eine Astereognosie vor.
- **Zwei-Punkt-Diskrimination:** prüfen des räumlichen Auflösungsvermögens mit einem Tastzirkel; in gemischter Reihenfolge ein oder zwei simultane Reize setzen. Bei zentraler Sensibilitätsstörung sind die Schwellenwerte erhöht.

## Tipp

Für eine genaue Sensibilitätsprüfung in der Physio- und Ergotherapie eignet sich das Nottingham Sensory Assessment [2],[3]. Therapierende können damit den Verlauf sehr gut dokumentieren, allerdings dauert die Durchführung relativ lang.

Weil die Sensibilität eine subjektive Wahrnehmung ist, gehören die Angaben des Patienten ebenfalls zur Sensibilitätsprüfung. Man unterscheidet:

- Missempfindungen:
  - Parästhesien: z. B. Ameisenlaufen, Kribbeln
  - Dysästhesien: quälende Missempfindungen
  - Hyperästhesie: gesteigerte Empfindung von Berührungseizen
  - Hyperpathie: lang anhaltende unangenehme Empfindungen
  - Hypästhesie: Taubheitsgefühl (wie beim „Zahnarzt“)
- Schmerzen: Art, Dauer
  - Hypalgesie/Analgesie
  - verminderte Schmerzempfindung/Schmerz-unempfindlichkeit
  - Hyperalgesie: verstärkte Schmerzempfindung auf adäquate Reize
  - Allodynie: Schmerzempfindung auf inadäquate Reize.

## Merke

Das gesamte Behandlungsteam sollte Schmerzangaben der Patient\*innen sehr sorgfältig dokumentieren, analysieren und disziplinübergreifende Therapiestrategien formulieren (Kap. 11.1.2).

Bei der Prüfung der Sensibilität sollte ebenfalls zwischen betroffenen Dermatomen und Hautnervenarealen unterschieden werden (► Abb. 5.2). Ebenso ist es üblich, zwischen der sog. Oberflächensensibilität (Druck, Berührung, Schmerz, Temperatur, Nozizeption) und der Tiefensensibilität (Stellungs-, Bewegungs- und Kraftempfinden) zu unterscheiden. Die epikritische Sensibilität (Feinwahrnehmung) umfasst Druck, Berührung, Vibration und Stellungssinn, die protopathische (Grobwahrnehmung) Temperatur-, Schmerz- und Mechanorezeption).

## 5.2.7 Vegetatives Nervensystem

Das vegetative Nervensystem, auch als autonomes oder unwillkürliches Nervensystem bezeichnet, versorgt die Muskulatur aller Organe und regelt die Funktion der Atmung, des Kreislaufs, der Verdauung des Stoffwechsels, der Drüsensekretion, der Temperatur und der Fortpflanzung. Die Prüfung erfolgt meist durch genaueres Erfragen der Blasen- u. Darmfunktion, Beobachtung der Atmung und eine kurze Kreislaufuntersuchung.

Ebenfalls zur Beurteilung des neurologisch erkrankten Patienten gehören ein psychopathologischer Befund sowie die Beurteilung der höheren Hirnleistungen.

Anhand dieses Befundes können sich Physiotherapeut\*innen ein Bild von der erkrankten Person machen. Eventuell werden auch weitere diagnostische Maßnahmen, das Ziel der Behandlung usw. angegeben.

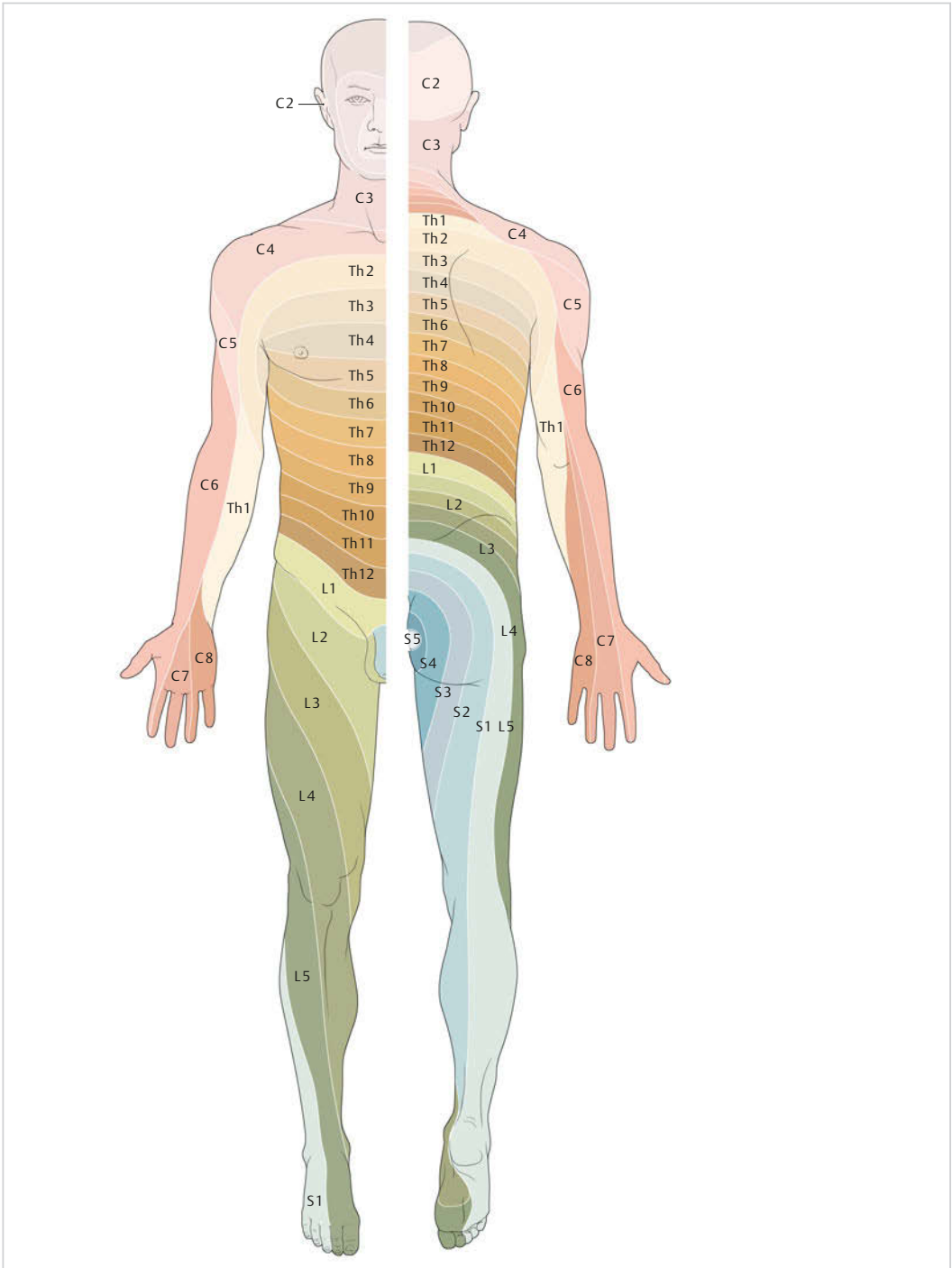
## 5.3 Apparative Diagnostik

Die zusätzliche apparative oder auch neurophysiologische Diagnostik umfasst eine Reihe von Untersuchungsmethoden, die über die unterschiedlichen Funktionen des zentralen und peripheren Nervensystems eine Aussage erlauben. Im weitesten Sinne zählen hierzu auch die Messungen der zerebralen Durchblutung, die Liquoruntersuchung sowie kraniale CT- und/oder MRT-Aufnahmen.

Neurophysiologische Untersuchungsmethoden erlauben eine Objektivierung und Quantifizierung klinischer Angaben und können in bestimmten Situationen darüber hinausgehende Zusatzinformation liefern, z.B. den Typ einer peripheren Neuropathie oder eine klinisch stumme Myelinisierungsstörung bei einer Multiplen Sklerose entlarven.

### 5.3.1 Elektroenzephalografie

Die Elektroenzephalografie (EEG) ist eine Methode zur Messung elektrischer Gehirnströme, bei der die Spannungsschwankungen im Gehirn abgeleitet werden. Sie funktioniert mithilfe von etwa 20 auf der Kopfhaut aufgesetzten Metallplättchen (Elektroden), welche die Spannungsunterschiede zwischen den jeweiligen Elektroden messen (meist 2 Elektroden, in verschiedenen Kombinationen). Diese werden anschließend elektrisch verstärkt und schließlich als Hirnstromwellen aufgezeichnet. Beurteilt werden hierbei insbesondere die Frequenz, der Ausschlag der Stromwellen, ihre Steilheit und die Lokalisation auffälliger Befunde. Dabei wird insbesondere auf die Symmetrie zwischen den beiden Gehirnhälften geachtet.



**Abb. 5.2 Dermatome der sensiblen Versorgung.** Die linke Seite zeigt die einzelnen Hautabschnitte nach den jeweiligen Nervenwurzeln von vorn, rechts die Ansicht von hinten. (Quelle: Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K, Hrsg. Prometheus LernAtlas – Kopf, Hals und Neuroanatomie. 6. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2022.)

## EEG

Mithilfe des EEGs können krankhafte Veränderungen der elektrischen Hirnaktivität erfasst werden. Dazu zählen:

- **Krampfpotenziale:** Typische EEG-Veränderungen bei Neigung zu sog. epileptischen Anfällen. Oftmals gelingt dies in den einfachen Ableitungen nicht, sodass eine Erhöhung der Krampfbereitschaft gefordert wird, wie sie z. B. nach einem Schlafentzug oder mithilfe der Hyperventilation provoziert wird.
- **Allgemeinveränderungen:** Die sog. Allgemeinveränderungen treten z. B. bei entzündlichen oder stoffwechselbedingten Hirnerkrankungen in Erscheinung und können einen Hinweis auf den Schweregrad der Erkrankung geben.
- **Herdbefunde:** Das sind Veränderungen der Hirnstromwellen, die vor allem bei lokalen Hirnerkrankungen wie Schlaganfall, Hirntumor oder lokale Entzündungen auftreten.
- **Abflachung der Hirnstromkurve bis zur Nulllinie:** meist Ausdruck einer schweren Vigilanzänderung (Bewusstseinsänderung) bis hin zum Koma. Hier werden noch verschiedene Stadien unterschieden. Das Nulllinien-EEG ist Ausdruck des Hirntods.

### 5.3.2 Elektromyografie

Das Ziel der Elektromyografie (EMG) ist das Erfassen von umschriebenen oder generalisierten Veränderungen der Muskulatur, verknüpft nach Möglichkeit mit einer Aussage darüber, ob es sich um primär myogene/myopathische (muskelbedingte) oder neurogene (nerval bedingte) Veränderungen handelt und in welchem zeitlichen Stadium sich diese befinden.

#### Merke

Ein EMG allein erlaubt noch keine definitive Diagnose, sondern sollte vielmehr als Ergänzung einer klinischen Untersuchung gewertet werden.

Erst in der Zusammenschau mit anderen Informationen kann dann die diagnostische Einordnung erfolgen. Grundlage für die elektrophysiologische Untersuchung ist das Verständnis der Organisation des peripheren motorischen Systems in Form von motorischen Einheiten. Jeder Muskel ist aus vielen einzelnen, innerhalb einer funktionellen Einheit zusammengefassten Muskelfasern aufgebaut. Eine motorische Einheit besteht aus einem Alpha-Motoneuron im Vorderhorn des Rückenmarks bzw. im motorischen Hirnnervenkern, seinem Axonfortsatz mit allen terminalen Endigungen und den von dieser Zelle versorgten Muskelfasern.

Die Zahl der Muskelfasern pro motorischer Vorderhornzelle variiert je nach Muskel erheblich. Die Untersuchung erfolgt mit einer dünnen Nadelelektrode, die in den zu untersuchenden Muskeln eingebracht wird. Es las-

sen sich verschiedene motorische Einheiten eines Muskels untersuchen, und es wird somit eine Aussage über den Organisationszustand dieser motorischen Einheiten des Muskels möglich. In einer standardisierten Untersuchung wird zunächst der Muskel in Ruhe, dann bei leichter Anspannung und schließlich bei zunehmender bis kräftiger Willkürinnervation untersucht.

### 5.3.3 Elektroneurografie

Sämtliche elektroneurografischen Techniken basieren darauf, dass mit definierten Rechteckstromimpulsen periphere Nerven über Oberflächen- oder Nadelelektroden leicht gereizt werden können. Auf diesen Rechteckimpulsen getriggert kann dann ein evoziertes Summenpotenzial von einem Muskel (M-Antwort) oder ein sensibles Nervenaktionspotenzial (SNAP), wiederum mittels Oberflächenelektroden, registriert und bei definierten Reizpunkten und den zugehörigen Abstandsmessungen eine Nervenleitgeschwindigkeit (NLG) errechnet werden. Die unterschiedlichen Abweichungen in der Höhe des abgeleiteten Aktionspotenzials (verminderte Amplitude) oder eine Verlängerung der Nervenleitgeschwindigkeit weisen auf unterschiedliche Schädigungsmechanismen entweder axonaler Natur oder demyelinisierender Natur hin.

#### Merke

Eine axonale Schädigung bezeichnet einen zugrunde gegangenen Nerv, eine demyelinisierende Schädigung bezieht sich auf eine Schädigung der Myelinscheide (Nervenisolierung).

### 5.3.4 Evozierte Potenziale

Evozierte Potenziale sind Potenziale der Hirnaktivität, welche auf einen spezifischen Reiz hin entstehen und aus der allgemeinen EEG-Aktivität herausgemittelt werden können. Als einfache Reize kommen sensible Stimuli (sensibel evozierte Potenziale, SEP), visuelle Muster (visuell evozierte Potenziale, VEP) oder akustische Reize infrage (akustisch evozierte Potenziale, AEP). Die sog. motorisch evozierten Potenziale (MEP; eigentlich „evozierte motorische Potenziale“) unterscheiden sich hiervon grundlegend, da sie nach Stimulation der zentralmotorischen Region in der Peripherie am Muskel abgeleitet werden. Sie werden daher in einem gesonderten Abschnitt nochmals erklärt.

Mithilfe dieser elektrophysiologischen Untersuchungen können Rückschlüsse auf den Funktionszustand der einzelnen Nervenbahnen und ihrer jeweiligen kortikalen Repräsentation gezogen werden.

### 5.3.5 Transkranielle Magnetstimulation – motorisch evozierte Potenziale

Bei der transkraniellen Magnetstimulation (TMS) wird mithilfe einer Spule ein Magnetfeld auf dem Kopf in Höhe des primär-motorischen Kortex induziert, wodurch die



Pyramidenbahn erregt wird. Mit der Erregung der Pyramidenbahnzellen und somit des Tractus corticospinalis kann an einem Erfolgsmuskel, z. B. M. abductor pollicis brevis oder M. tibialis anterior, ein Muskelsummenaktionspotenzial abgeleitet werden. Die gemessenen Werte erlauben eine Aussage über die Leitungszeit der afferenten motorischen Bahn, d. h. des 1. plus des 2. motorischen Neurons.

### 5.3.6 Liquoruntersuchung

Der Liquor cerebrospinalis ist eine in den Kammern des Gehirns gebildete Flüssigkeit, die Gehirn und Rückenmark innerhalb des Schädels und des Wirbelkanals schützend umgibt. Der Liquor steht dabei im ständigen Austausch mit der Interzellularflüssigkeit zwischen den Gehirnzellen im Gewebe und kann somit Aufschluss über krankhafte Veränderungen im Gehirngewebe geben.

Gewonnen wird der Liquor durch die sog. Lumbalpunktion. Ebenso wie im Blut bestimmte Blutwerte bei Erkennung der inneren Organe verändert sein können, lassen sich bei Erkrankung des Gehirns auch Veränderungen im Liquor feststellen. So findet sich z. B. bei der Multiplen Sklerose ein ganz bestimmtes Muster an Antikörpern und Eiweißen des Immunsystems. Neben den Eiweißen als Entzündungsindikatoren kann auch die Anzahl der Abwehrzellen selbst erhöht sein.

#### Lumbalpunktion

Für eine Liquoruntersuchung wird die Rückenmarksflüssigkeit durch Punktion des Wirbelkanals in der lumbalen Wirbelsäule gewonnen. Die Betroffenen sollen anschließend mindestens 12 Stunden Bettruhe halten und reichlich trinken. Bis zu 18 % der punktierten Personen leiden anschließend für wenige Tage unter postpunktionellem Kopfschmerz, der vor allem okzipital empfunden wird und auch mit Erbrechen einhergehen kann. Typischerweise verschlimmern sich die Beschwerden beim Aufrichten und Stehen und bessern sich wieder im Liegen.

Neben dem Nachweis oder Ausschluss eines Erregers oder autoimmunologisch bedingter Prozesse liefert die Liquoruntersuchung auch wichtige Hinweise auf neoplastische Erkrankungen der Meningen und des ZNS sowie auf eine Subarachnoidalblutung, die im CT eventuell nicht sichtbar ist.

Von besonderer Bedeutung sind hierbei auch die Blut-Hirn-Schranke und die Blut-Liquor-Schranke, welche die Passage von Molekülen und Zellen aus dem arteriellen Blut in das Hirnparenchym behindern. Die Permeabilität und Selektivität dieser Schranken kann durch verschiedene Erkrankungen verändert werden, sodass durch eine Quantifizierung der Schrankenfunktion Hinweise auf verschiedene Erkrankungen erhalten werden können.

### 5.3.7 Sonografie

Die Sonografie ist ein Verfahren zur bildlichen Darstellung verschiedener Körperregionen mithilfe von Ultraschallwellen. Hochfrequente Ultraschallwellen werden dabei über einen Schallkopf in den Körper gesendet und von unterschiedlich dichten Geweben unterschiedlich stark reflektiert und vom selben Schallkopf wieder empfangen. Die reflektierten Schallwellen werden in elektrische Impulse umgewandelt, verstärkt und auf einem Bildschirm dargestellt. Dadurch erhält man ein 2-dimensionales Bild, das eine Vorstellung von Größe, Form und Struktur der untersuchten Organe, Weichteilgewebe und Gefäße vermittelt.

Mittels Doppler-Sonografie (auch Duplex-Sonografie als Zusammenführung von Ultraschall und Doppler-Sonografie genannt) erhält man zusätzliche Informationen über die Richtung, Geschwindigkeit und Stärke des Blutflusses in den Gefäßen. In der Neurologie wird die Doppler-Sonografie vor allem zur Untersuchung der Halsarterien aber auch intrakranieller Arterien genutzt und hilft bei der Diagnose von Gefäßverengungen oder -verschlüssen. Die Duplex-Sonografie kann auch arteriosklerotische Plaques direkt nachweisen (► Abb. 5.3). Das Verfahren ist nicht invasiv und ungefährlich und fester Bestandteil der neurologischen Routinediagnostik.

### 5.3.8 Zerebrale Bildgebung

Bei der Computertomografie (CT) handelt es sich um ein spezielles Röntgenverfahren, das Querschnittsbilder verschiedener Körperabschnitte anfertigt. Dieses Verfahren wurde 1972 von dem amerikanischen Physiker A. M. Cormak und dem britischen Ingenieur G. N. Hounsfield entwickelt, die für ihre Entwicklung 1979 den Nobelpreis für Medizin erhielten. Diese Methode etablierte sich innerhalb weniger Jahre zum wertvollsten diagnostischen Verfahren in der Radiologie.

Mittels einer Röntgenröhre und Blenden wird ein schmaler Röntgenstrahl erzeugt. Dieser durchdringt die gewünschte Körperstelle und wird innerhalb des Körpers durch die verschiedenen Strukturen wie Hautfett, Muskeln, Organe und Knochen unterschiedlich stark abgeschwächt. Genau gegenüber der Röntgenröhre befindet sich eine Vielzahl von Sensoren (Detektoren), die das abgeschwächte Signal empfangen, elektronisch aufbereiten und zu einem Computer zur Auswertung weiterleiten. Im Anschluss daran dreht sich die Röntgenröhre samt gegenüberliegender Detektoren geringfügig um den Patienten weiter. Dieser Vorgang wiederholt sich mehrere Male, sodass auf diese Weise verschiedene Projektionen der Wirbelschicht erzeugt und im Computer zu einem Stufenbild umgerechnet werden. Dieses Bild kann auf einem Bildschirm oder auf einem Röntgenfilm betrachtet und ausgewertet werden. Im Vergleich zum üblichen Röntgenbild ist das computertomografische Bild übersichtlicher. Es zeigt eine bessere Kontrastabstufung zwischen den verschiedenen Gewebearten wie Knochen, Muskeln oder Fett. Dieser Umstand kann durch Spritzen von Kontrastmitteln noch verbessert und optimiert werden.



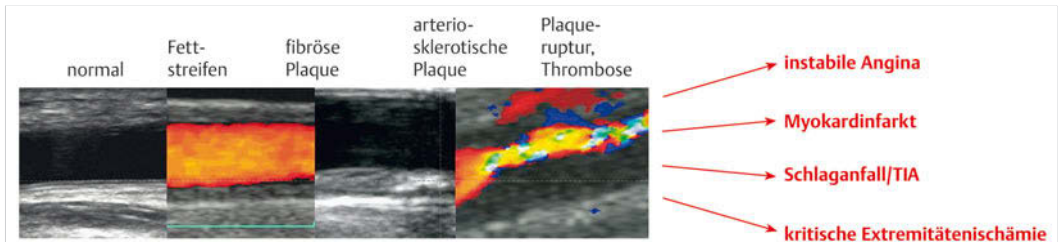


Abb. 5.3 Die Sonografie kann arteriosklerotische Ablagerung an den Gefäßwänden entdecken. (Quelle: Amann-Vesti B, Thalhammer C, Hrsg. Kursbuch Doppler- und Duplexsonografie. 4., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart: Thieme; 2015.)

Die Spiralcomputertomografie ist eine moderne Weiterentwicklung der Computertomografie. Hier dreht sich die Röntgenröhre spiralförmig und kontinuierlich um den Patienten, wobei größere Körperabschnitte fortlaufend dargestellt und zu einem 3-dimensionalen Bild aufgebaut werden können.

Indikationen zur Durchführung eines kranialen CTs sind folgende Verdachtsfälle oder Fragestellungen: Blutung, Erweiterung von Blutgefäßen, Hirntumor, Gehirn-ödem, degenerative altersbedingte Veränderungen, Schlaganfall, Schädelfraktur.

**Cave**

Die Computertomografie ist ein Röntgenverfahren, bei dem gesundheitsschädliche ionisierende Strahlen freigesetzt werden.

**5.3.9 Magnetresonanztomografie**

Eine weitere unverzichtbare Untersuchung in der Diagnostik der Neurologie ist die Kernspin- oder auch Magnetresonanztomografie (MRT) geworden. Bei diesem Verfahren werden anstelle von Röntgenstrahlen starke Magnetfelder genutzt, um die Strukturen von Hirn- und Rückenmark in Schichten und ohne Strahlenbelastung darzustellen. Das technische Prinzip ist relativ alt und wurde 1946 von Bloch und Purcell unabhängig voneinander entdeckt und bald in Physik und Chemie angewandt. 1952 erhielten die beiden Wissenschaftler den Nobelpreis für ihre Entdeckung. Praktisch verfügbar ist das Verfahren seit 1984. Seither können neben der Darstellung des Gehirngewebes auch funktionelle, d. h. stoffwechselbedingte Veränderungen des Gehirns dargestellt werden.

Der menschliche Körper besteht zum überwiegenden Teil aus Wasserstoffatomen, die man sich als sehr kleine Kompassnadeln vorstellen kann, die normalerweise ungeordnet ausgerichtet sind. Im Kernspintomografen befindet sich ein sehr starkes Magnetfeld, das die Atomkerne zu einer bestimmten Ausrichtung zwingt. Dies ist vergleichbar mit einem Magneten, der die Kompassnadel ausrichtet. Die Wasserstoffatome stehen nun unter einer

Tab. 5.3 Vor und Nachteile der Magnetresonanztomografie (MRT).

Vorteile	Nachteile
keine Strahlenbelastung, keine Nebenwirkungen bekannt	manchmal wegen Metall (z. B. Implantate) im Körper nicht durchführbar
größtes Diagnosespektrum aller bildgebenden Verfahren	längere Untersuchungsdauer als die CT
besonders gut in der Weichteildiagnostik	enge Röhre während der Untersuchung problematisch bei Klaustrophobie
bei Schwangeren möglich	sehr teuer

gewissen Spannung. Mithilfe von Radiowellen können sie aus ihrer aufgezungenen Position ausgelenkt werden. Schaltet man die Radiowellen wieder aus, so springen die Atome wieder in die Richtung zurück, die ihnen von dem starken Magnetfeld vorgegeben wird. Dabei senden die Atome Signale aus, die durch hochempfindliche Antennen gemessen werden können. Ein Computer berechnet aus den Signalen mithilfe sehr komplizierter mathematischer Verfahren ein Schnittbild (Tomogramm) des Körpers. Im Gegensatz zum CT, bei dem auch Schnittbilder erzeugt werden, lassen sich beim MRT verschiedene Schichtebenen darstellen, ohne die Lage der Patient\*innen dafür zu verändern.

Es ist sicherlich schwer, eine alternative Untersuchungsmethode zur Kernspintomografie zu finden, da es sich hier um eine Ergänzung zu anderen Methoden handelt, die meist aussagekräftiger ist als ihre Alternativen. Kein anderes Verfahren kann derzeit neuroanatomische Strukturen so genau abbilden wie die Kernspintomografie (► Tab. 5.3).

Wie beim CT kann auch beim MRT ein Kontrastmittel gegeben werden. Hier wird allerdings insbesondere auf eine mögliche Schädigung der Blut-Hirn-Schranke z.B. bei entzündlichen Prozessen hingewiesen. Kleinste Traumata, wie z. B. der diffuse Axonschaden, d. h. eine Multiple Einreißung der Axone im Bereich des Gehirns, kann

mithilfe des MRTs auch noch Wochen nach der Schädigung im Detail dargestellt werden.

Ein eher neueres Verfahren ist die sog. Diffusions-/Perfusionsgewichtung in der Kernspintomografie. Diese dia-

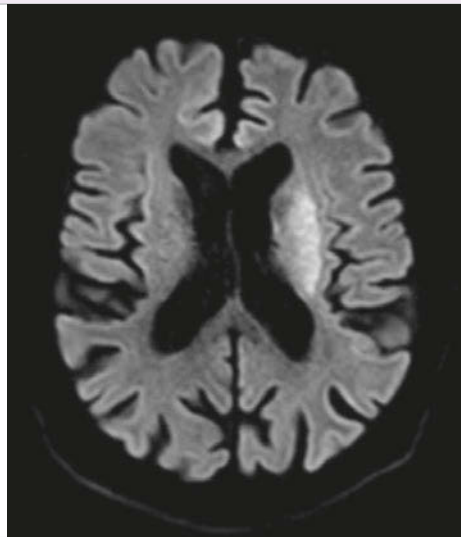
gnostischen Verfahren sind insbesondere hilfreich zur Beurteilung von Stoffwechselstörungen oder Durchblutungsstörungen im Rahmen einer akuten zerebralen Ischämie.

## Fallbeispiel Schlaganfall: Herr T.

Der 58-jährige Herr T. sinkt nach dem Mittagessen zusammen. Seine Ehefrau bemerkt sogleich, dass ihr Mann nicht mehr auf Ansprache reagiert und die rechte Körperhälfte nicht mehr bewegen kann. Sie ruft sofort den Notarzt, der seinerseits die umgehende Einweisung auf die Stroke Unit der städtischen Klinik veranlasst (spezielle Schlaganfall-Station). Der diensthabende Neurologe stellt folgenden Befund zusammen (► Tab. 5.4).

Aufgrund des schweren neurologischen Defektsyndroms vermutet der Neurologe eine Hirnschädigung in der linken Hemisphäre. Aus der Vorgeschichte ist von der Ehefrau zu erfahren, dass er seit Jahren an Bluthochdruck leidet, diesen aber nicht medikamentös behandeln ließ. Nach der orientierenden neurologischen Untersuchung wird eine Bildgebung vom Kopf veranlasst.

Die folgende MRT-Aufnahme bestätigt den Verdacht auf einen Teilinfarkt der A. cerebri media links (► Abb. 5.4).



**Abb. 5.4** MRT-Aufnahme eines kleinen linkshemisphärischen Infarktes; helle Stelle neben den Ventrikeln (linke Hirnhälfte, Ansicht von unten). (Quelle: Mattle H, Fischer U. Territorialinfarkt. In: Mattle H, Fischer U, Hrsg. Kurzlehrbuch Neurologie. 5., überarbeitete Auflage. Stuttgart: Thieme; 2021.)

Herr T. wurde auf der Stroke Unit eingehend überwacht und eine Schlaganfallprophylaxe wurde eingeleitet.

**Tab. 5.4** Situation von Herrn T. bei der Aufnahme.

Anamnese und Untersuchung	Angaben und Befunde
Beruf	Lehrer ( ) Rentner ( ) Hausfrau/Hausmann
Wohnsituation	( x ) Selbstversorger ( ) amb. Hilfe ( ) Altersheim ( ) Pflegeheim, Pflegestufe:
Familiensituation	( ) alleinstehend ( x ) mit Partner ( ) im Familienverbund ( x ) verh. ( ) gesch. ( ) verwitwet
Betreuung	( x ) notwendig ( ) schon eingerichtet ( ) nein Tel. Nr. nächster Angeh.: XXXXXXXX

### Neurologischer Untersuchungsbefund

psychischer Befund	Wach; die Orientierung kann aufgrund der schweren Kommunikationsproblematik nicht geprüft werden. Insgesamt wirkt der Patient ratlos und ängstlich.
höhere Hirnleistung	Keine Spontansprache; einfache Aufforderungen (heben Sie bitte die linke Hand) können nicht befolgt werden (schwere Aphasie). Augenschluss auf Aufforderung nicht durchgeführt, Hinweis auf Apraxie
Hirnnerven	kein Meningismus, Visus intakt, deutliche homonyme Hemianopsie rechts (Gesichtsfeld einschränkung rechts)
Motorik	schlaflaffe Plegie rechts, Kraftgrad (MFT): 0
Reflexe	Muskeleigenreflexe rechts gesteigert; Babinski-Zeichen rechts positiv
Koordination	Sitzen/Stehen/Gehen nicht möglich
Sensibilität	auf Schmerzreiz rechtsseitig verminderte Reaktion, andere Qualitäten nicht prüfbar, Harninkontinenz
Vegetativum	orientierender internistischer Befund unauffällig

## Literatur

- [1] Ansari NN, Naghdi S, Arab TK et al. The interrater and intrarater reliability of the Modified Ashworth Scale in the assessment of muscle spasticity: limb and muscle group effect. *NeuroRehabilitation* 2008; 23(3): 231–237
- [2] Lincoln NB, Crow JL, Jackson JM et al. The unreliability of sensory assessments. *Clin Rehabil* 1991; 5(4): 273–282
- [3] Lincoln N, Jackson J, Adams S. Reliability and Revision of the Nottingham Sensory assessment for Stroke Patients. 1998; DOI: 10.1016/S0031-9406(05)61454-X