

Kardiale Diagnostik

Saskia Gesenberg, Ingo Voigt

2.1 Kardiale Funktionsdiagnostik – 26

- 2.1.1 Das Elektrokardiogramm – 26
- 2.1.2 Ergometrie (Belastungs-EKG) – 34
- 2.1.3 Langzeit-EKG/24-Stunden-EKG – 40
- 2.1.4 Blutdruckmessung – 41
- 2.1.5 Langzeitblutdruckmessung – 43
- 2.1.6 Kipptischuntersuchung/Tilt-Table – 45

2.2 Kardiale Bildgebung – 46

- 2.2.1 Echokardiografie – 46
- 2.2.2 Stressechokardiografie – 49
- 2.2.3 Transösophageale Echokardiografie (TEE) – 51
- 2.2.4 Kardio-MRT – 54
- 2.2.5 Stress-MRT – 56
- 2.2.6 Kardiale Computertomografie/Herz-CT – 58

2.3 Herzkatheteruntersuchung – 60

- 2.3.1 Koronarangiografie – 62
- 2.3.2 Rechtsherzkatheter – 70
- 2.3.3 Elektrophysiologische Untersuchung – 72
- 2.3.4 Druckverbände und Punktionsstellen-Verschlussysteme – 74
- 2.3.5 Pflegerische Vorbereitung und Nachbetreuung – 77

Literatur – 80

2.1 Kardiale Funktionsdiagnostik

2.1.1 Das Elektrokardiogramm

Das Elektrokardiogramm (EKG), auch Herzspannungskurve genannt, dient der Registrierung der Aktionspotentiale des Herzens, die von der Körperoberfläche (Brustwand und Extremitäten) abgeleitet und als Kurve dargestellt werden. Das Elektrokardiogramm gibt Auskunft über den Herzrhythmus, die Herzfrequenz, den Lagetyp des Herzens im Thorax und über eine eventuelle Störung der Erregungsbildung, -ausbreitung und -rückbildung im Myokard. In der Kardiologie findet sich das 12-Kanal-EKG, sprich das Ruhe-EKG, das Langzeit-EKG, das Belastungs-EKG und die kontinuierliche Kontrolle über eine Telemetrie-Einheit. Des Weiteren gibt es zur Erfassung seltener, aber von dem Patienten bemerkten Herzrhythmusstörungen die Möglichkeit, durch einen sogenannten Ereignisrekorder (Event-Recorder) ein Anfalls-EKG aufzuzeichnen. Bei akut auftretenden Herzrhythmusstörungen können externe Ereignisrekorder den Herzrhythmus erfassen und werden mit Klebeelektroden direkt an der Haut beim Patienten fixiert und selbstständig aktiviert. Es besteht auch die Möglichkeit einen implantierbaren Ereignisrekorder zu verwenden, jedoch muss dieser durch einen invasiven Eingriff unter der Haut implantiert werden.

Wichtig dabei ist zu beachten, dass das Oberflächen-EKG nur die elektrische Aktivität des Herzmuskels anzeigt, nicht jedoch die tatsächliche Auswurfleistung (EF) des Herzens widerspiegelt. Das EKG ist ein schmerzloses, jederzeit wiederholbares und fast überall durchführbares Untersuchungsverfahren, welches ohne großen Aufwand von jedem durchgeführt werden kann. Nicht nur deshalb ist es in der Kardiologie eines der wichtigsten Untersuchungsverfahren. Heutzutage wird bei jedem kardiologischen Patienten bei der Neuaufnahme, zur Gesundheitsvorsorge, nach jeder Herzkatheteruntersuchung mit Intervention, vor Operationen, bei erneut auftretenden Angina-pectoris-Beschwerden, in Notfällen und aus diversen weiteren Gründen, z. B. zur Verlaufskontrolle, ein EKG geschrieben.

➤ Das geschriebene EKG kann zwar von zunehmend verlässlicheren Computerprogrammen ausgewertet werden, dies macht aber die Beurteilung der Aufzeichnung auf dem Papier oder auf dem Bildschirm durch den Arzt nicht entbehrlich!

Man leitet immer die Extremitätenableitungen nach Einthoven oder Goldberger (■ Abb. 2.1), die Brustwandableitungen nach Wilson V1 bis V6 (mittlere Axillarlinie) und die Ableitungen nach Nehb (kleines Herzdreieck) (■ Abb. 2.2) ab. Die erweiterten Ableitungen V7 bis V9 der Brustwandableitung und die rechtsventrikulären Ableitungen können bei speziellen Fragestellungen (Rechtsherzinfarkt, streng posteriorer Infarkt) ebenfalls nötig sein.

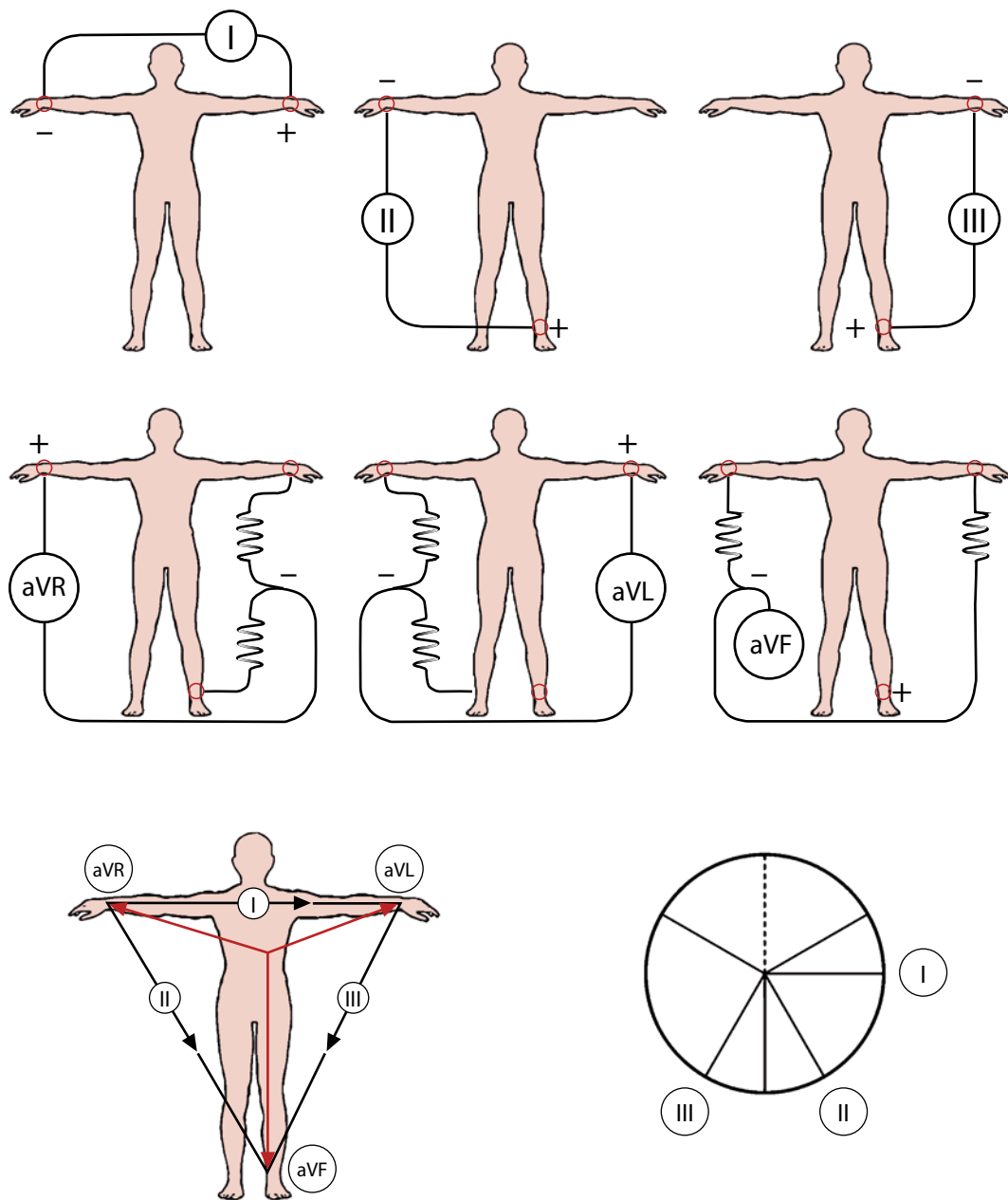
Das EKG ermöglicht die Ableitung dieser elektrischen Erregungsvorgänge und erlaubt Rückschlüsse auf:

- Herzfrequenz
- Herzlage
- Herzrhythmus
- Bestimmung und Auswertung der Zeitwerte
- Erregungsursprung
- Erregungsleitung, Erregungsbildung im Myokard

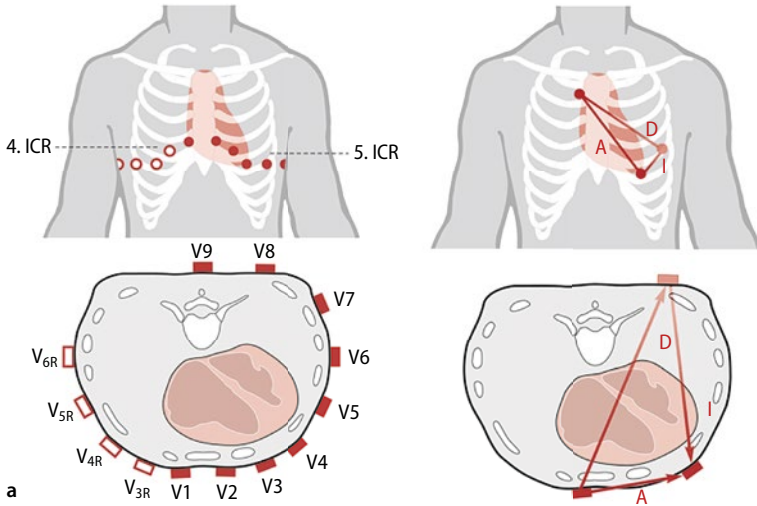
Das EKG gibt bezüglich der meisten Diagnosen nur Hinweise und darf nicht unabhängig vom klinischen Bild beurteilt werden, wie z. B. bei einem Herzinfarkt oder einer Myokarditis. Lediglich bei Störungen des Herzrhythmus oder der Erregungsleitung kann man aus dem EKG allein meist schon eine klare Diagnose stellen (Erdmann 2011).

■ EKG-Kurve

Die Herzaktionen verursachen messbare Spannungsschwankungen im Körper, die sich von der Oberfläche ableiten und nachweisen lassen. Die Ableitung dieser elektrischen Herzaktivität und ihres spezifisch zeitlichen Verlaufs als Herzstromkurve wird an standardisierten Stellen am Körper vorgenommen. Das EKG wird auf Millimeterpapier geschrieben oder elektronisch aufgezeichnet. Dabei beträgt die horizontale Schreibgeschwindigkeit meist 25 mm pro Sekunde (mm/s) oder 50 mm/s und die vertikale Auslenkung 10 mm/mV (mm/Millivolt). Ein Millimeter entspricht also in Schreib-



■ **Abb. 2.1** Periphere Ableitungen (aus M.Gretsch, Das EKG, 7. Auflage, Springer Verlag)



■ **Abb. 2.2a** Brustwandableitungen

richtung 0,02 s und in der Höhe 0,1 mV. Die übliche Schreibgeschwindigkeit eines 12-Kanal-EKGs beträgt 50 mm/s, das bedeutet 0,1 s gleich 50 mm = 10 größere oder 50 kleine Kästchen oder 1 großes Kästchen = 1/10 einer Sekunde = 0,1 s.

Wichtig ist es, auf die Eichung und Einstellung des Gerätes zu achten. Die Interpretation und das Ausmessen eines EKG, welches auch mit einem EKG-Lineal erfolgen kann, erfolgt nach einem festen Schema. Bei der Analyse des EKG ist zu beachten (■ Tab. 2.1), dass die Bezeichnung der Streckenabschnitte (■ Abb. 2.3) willkürlich gewählt ist, aber elektrische Herzaktionen zugeordnet sind (Latasch 2004).

Die Diagnostik eines EKGs sollte entsprechend einem festen Schema erfolgen und kann somit Rückschlüsse auf Erkrankungen, ihren Ort und Verlauf geben. Deshalb muss auch eine kardiologische Pflegekraft in der Lage sein, Auffälligkeiten beim EKG-Schreiben zu erkennen, den Arzt zu informieren und danach zu handeln, besonders wenn der Patient in folgenden Punkten Symptome aufweist:

- Frequenz, z. B. wird eine Bradykardie oder Tachykardie angezeigt
- Rhythmus, z. B. Sinusrhythmus, ventrikuläre Tachykardie oder Unregelmäßigkeiten wie ein Vorhofflimmern
- Überleitung, wenn z. B. eine AV-Blockierung vorliegt

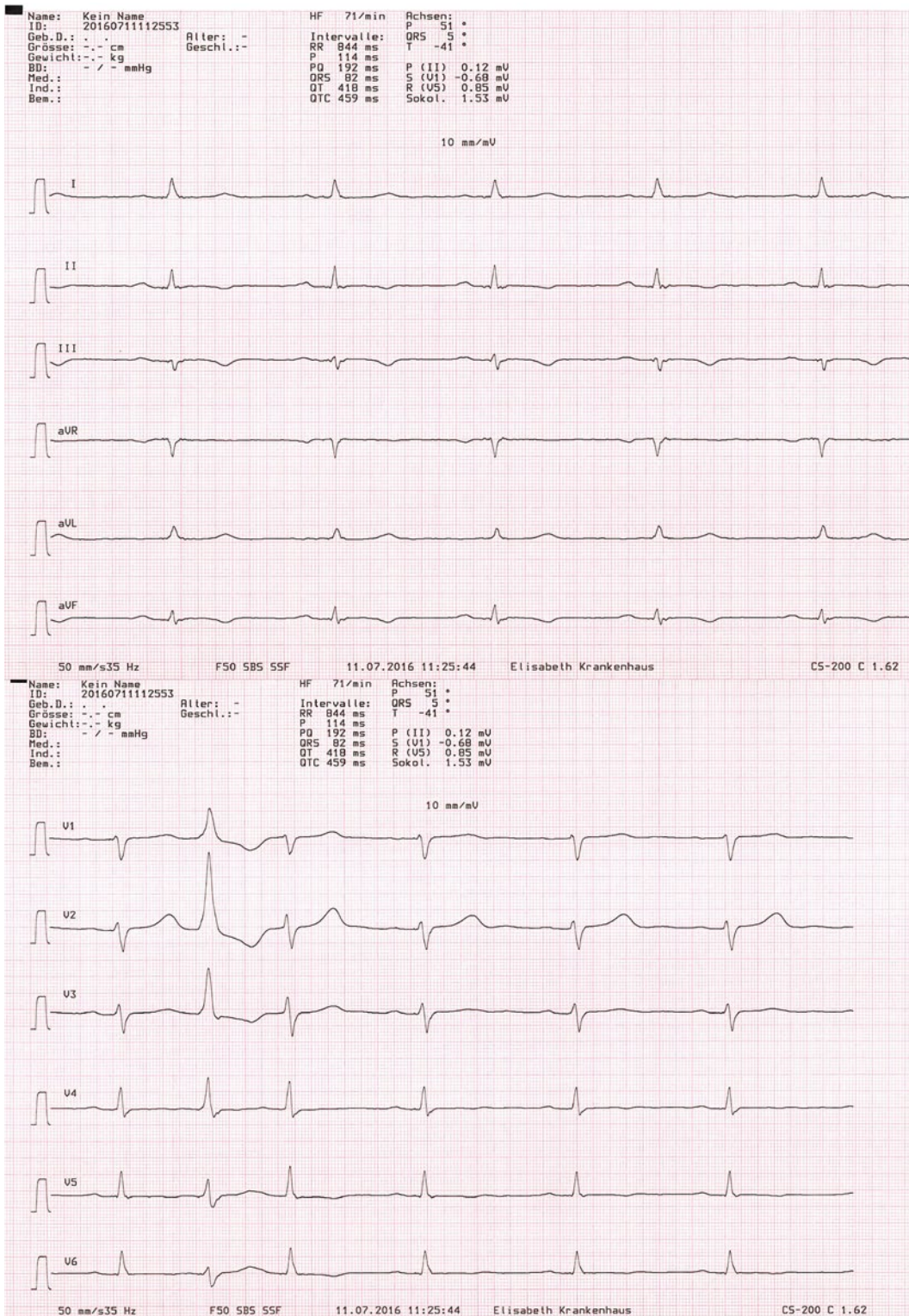
■ Ableitungssysteme

Üblicherweise wird zur Diagnostik oder zur Verlaufskontrolle ein 12-Kanal-Standard-EKG verwendet. Die übliche Schreibgeschwindigkeit eines 12-Kanal-EKGs beträgt 50 mm/s, kann aber nach hausinternen Standards variabel sein. Dies bedeutet, dass ein 12-Kanal-EKG alle 12 Ableitungen im selben Zeitabschnitt wiedergibt. Diese sind aufgeteilt in 6 Extremitätenableitungen und 6 Brustwandableitungen. Routinemäßig werden simultan folgende Ableitungen registriert:

- Ableitung nach William Einthoven (Extremitätenableitungen)
- Ableitung nach Emanuel Goldberger (Extremitätenableitungen)
- Ableitung nach Frank Norman Wilson (Brustwandableitungen)
- Ableitung nach Wolfgang Nehb (Brustwandableitungen)

Praxistipp

Haftelektroden nicht auf Knochen, wie Schlüsselbein oder Rippen, positionieren, da die Signalübertragung behindert werden kann.



■ Abb. 2.2b EKG-Beispiel

Geb:
Alter:
Geschl:
Größe: -.- cm
Gewicht: -.- kg
BD: - / - mmHg

Med:
Bem:

HF 50 /min

Intervalle

RR 1194 ms
P 108 ms
PQ 156 ms
QRS 100 ms
QT 436 ms
QTc 399 ms

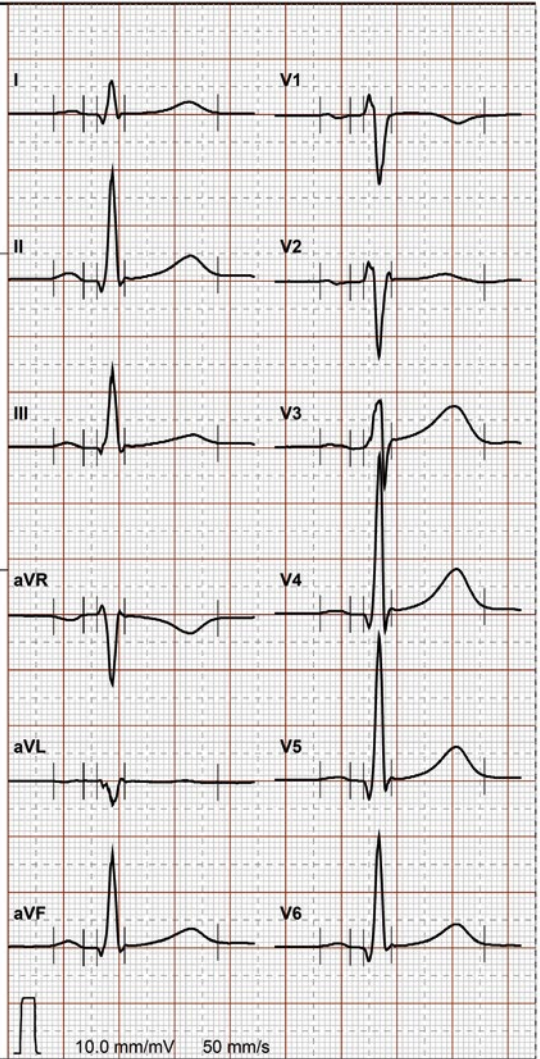
Achsen

P 62 °
QRS 76 °
T 54 °

Interpretation

SINUSRHYTHMUS
LAGETYP NORMAL
UNVOLLSTÄNDIGER RECHTSSCHENKELBLOCK
UNSPEZIFISCH ABNORMES ST-T (HEBUNG)
SONST NORMALES EKG

Validiert von



■ Abb. 2.3 Ruhe-EKG mit 12-Kanal-Ableitung a) Originalausdruck b) computergenerierter Report

■ Tab. 2.1 EKG-Merkmale

Merkmale	Physiologischer Vorgang
P-Welle	Erste sichtbare Aktion im EKG und Teil der elektrischen Herzaktion Ausbreitung der Erregung über die Vorhöfe Dauer ca. 0,08–0,11 s
PQ-Strecke	Impulsweiterleitung im AV-Knoten, führt zur Aktivierung der Purkinje-Fasern; sprich: die Vorhöfe sind erregt, die Herzventrikel hingegen noch nicht Die PQ-Strecke reicht vom Ende der P-Welle bis zum Anfang der Q-Zacke des QRS-Komplexes; daher wird im EKG kein Ausschlag registriert Dauer ca. 0,12–0,21 s
PQ-Zeit	Zeit zwischen dem Erregungsbeginn der Vorhöfe und der Kammern
Q-Zacke	Erste Zacke des QRS-Komplexes im EKG, Erregung des Kammerseptums
QRS-Komplex	Kammererregung, Depolarisierung des Ventrikelmyokards Der QRS-Komplex besteht aus drei Elementen: - negative Q-Zacke - positive hohe R-Zacke - kleine negative S-Zacke Dauer ca. 0,06–0,11 s
ST-Strecke	Reicht vom Ende des QRS-Komplexes bis zum Anfang der T-Welle, vollständige Kammerdepolarisation Man unterscheidet zwischen einer ST-Hebungen und einer ST-Senkungen; eine mögliche ST-Strecken-Hebung indiziert einen Sauerstoffmangel und einen drohenden Herzinfarkt! Dauer ca. 0,05 und 0,15 s
T-Welle	Phase der Erregungsrückbildung der Kammer; die T-Welle ist breiter und höher als die P-Welle
QT-Zeit (oder QT-Intervall)	Abstand vom Beginn der Q-Zacke bis zum Ende der T-Welle Bezeichnet die gesamte intraventrikuläre Erregungsdauer, gesamte elektrische Kammeraktion Die QT-Dauer ist abhängig von der Herzfrequenz
U-Welle	Inkonstant auftretender, physiologischer Kurvenabschnitt, der sich der T-Welle anschließt, Erregungsrückbildung in den Kammern Muskeln durch Kaliumaufnahme

■ ■ Extremitätenableitungen

Man unterscheidet bei einem vollständigen 12-Kanal-EKG zwischen bipolaren und unipolaren Ableitungen. Bei den bipolaren Ableitungen wird die Spannung zwischen zwei gleichberechtigten Punkten der Körperoberfläche registriert, bei unipolaren zwischen einer differentiellen und einer indifferenten Bezugselektrode. Bei der bipolaren Ableitung nach Einthoven wird die elektrische Potentialänderung zwischen den Extremitäten gemessen, die routinemäßig über drei Elektroden plus eine Erdungselektrode erfasst wird.

Ableitung und bipolare Elektrodenposition nach W. Einthoven an den Extremitäten (es werden drei Ableitungen I–III erfasst):

- Rot: rechter Arm am Handgelenk
- Gelb: linker Arm am Handgelenk
- Grün: linkes Bein über dem Fußgelenk
- Schwarz: rechtes Bein über dem Fußgelenk
Erdungselektrode

Die Ableitung nach W. Einthoven dient zur Darstellung von Potentialänderungen in der Frontalebene:

- Ableitung I: zwischen rechtem und linkem Arm
- Ableitung II: zwischen rechtem Arm und linkem Bein
- Ableitung III: zwischen linkem Arm und linkem Bein

Bei der unipolaren Ableitung nach Goldberger erfolgt die Ableitung auch auf der Frontalebene, allerdings werden jeweils zwei Ableitungspunkte nach Einthoven zusammengeschaltet, indifferente Elektrode und gegen die verbliebene differente Elektrode abgeleitet. Die Elektroden werden dabei nach dem Ampelschema wie folgt platziert:

- Rot: rechter Arm am Handgelenk
 - Gelb: linker Arm am Handgelenk
 - Grün: linkes Bein über dem Fußgelenk
 - Schwarz: rechtes Bein über dem Fußgelenk
- Erdungselektrode

■ ■ Brustwandableitungen

Bei der Brustwandableitung werden die Elektroden in einer Ebene um das Herz herum angeordnet und erfassen die elektrischen Potentialschwankungen in der Horizontalebene. Die Anlegepunkte bzw. die Positionierung der Elektroden wurden von einem amerikanischen Kardiologen namens Frank Wilson genau definiert und festgelegt. Die Ableitung nach Wilson ist eine unipolare Brustwandableitung, die routinemäßig über sechs Elektroden (V1–V6) erfasst wird. Die Elektroden werden dabei wie folgt platziert:

- V1: 4. ICR am rechten Rand des Sternums
- V2: 4. ICR am linken Rand des Sternums
- V3: zwischen V2 und V4 auf der 5. Rippe
- V4: Schnittpunkt des 5. ICR mit der linken Medioklavikularlinie
- V5: gleiche Höhe wie V4, auf der vorderen Axillarlinie
- V6: gleiche Höhe wie V4, auf der mittleren Axillarlinie

Diese Ableitungen können durch die Ableitungen V7–V9 ergänzt werden, um z. B. genauere Hinweise auf einen Hinterwandinfarkt zu geben. Dabei werden V4–V6 nach hinten versetzt:

- V7: auf der hinteren Axillarlinie
- V8: auf der Skapularlinie
- V9: auf der Paravertebrallinie

Eine weitere Form der erweiterten EKG-Ableitungen sind die rechtspräkordialen EKG-Ableitungen, die eine spiegelbildliche Version der Brustwandableitung nach Wilson sind. Dies ist eine unipolare Ableitung, bei der die Elektroden wie folgt platziert werden:

- V1R: 4. ICR am linken Rand des Sternums (= V2)
- V2R: 4. ICR am rechten Rand des Sternums (= V1)
- V3R: zwischen V2 und V4 auf der 5. Rippe
- V4R: Schnittpunkt des 5. ICR mit der rechten Medioklavikularlinie
- V5R: gleiche Höhe wie V4 auf der vorderen rechten Axillarlinie
- V6R: gleiche Höhe wie V4 auf der mittleren rechten Axillarlinie

Die rechtspräkordialen EKG-Ableitungen sind beim akuten inferioren bzw. posterioren Infarkt oder bei kongentialen Herzvitien von großem Nutzen, um eine rechtsventrikuläre Beteiligung nachzuweisen. Unter anderem sollten auch bei einem Situs inversus diese Ableitungen geschrieben werden. Je nach Krankenhaus gehört es zur Standardableitung, neben dem normalen 12-Kanal-EKG diese bei allen Hinterwandinfarkten mitzuschreiben und dies ordnungsgemäß zu kennzeichnen.

Aus den Ableitungen V1–V2 lassen sich Störungen des rechten Ventrikels, in V3–V4 Störungen im Bereich des Septums und in V5–V6 Störungen im Bereich der Apex cordis und der linkslateralen Ventrikelwand nachweisen.

Die bipolare Brustwandableitung nach Nehb wird auch als »kleines Herzdreieck« bezeichnet und dient der Darstellung von Potentialänderungen der Herzhinterwand:

- Sternalansatz der 2. Rippe rechts
- 5. ICR, linke Medioklavikularlinie an der Herzspitze
- 5. ICR, hintere linke Axillarlinie

Eine weitere bipolare Ergänzungsableitung ist die Ableitung nach Frank, auch als »das räumliche EKG« bezeichnet, bei dem die Ableitung über sieben Elektroden erfolgt und die im Rahmen der Vektorkardiografie eingesetzt wird. Diese Ableitungen unterscheiden sich dadurch, dass sie den Erregungsvektor in allen drei Ebenen des Koordinatensystems Horizontalebene, Frontalebene und Sagittalebene redundanzfrei erfasst. Dabei werden fünf herznahe und zwei herzferne Elektroden verwendet. Die Ableitung nach Frank bleibt auf spezielle klinische Fragestellungen beschränkt und findet sich kaum in der Praxis.

■ Verschiedene EKG-Arten

EKG-Arten

- Ruhe-EKG
- Langzeit-EKG
- Belastungs-EKG
- Telemetrie
- Monitor-EKG
- Implantierbarer Herzmonitor
- Fetales EKG
- Intrakardiales EKG
- Ösophagus-EKG

■ ■ Ruhe-EKG

Das Ruhe-EKG ist das klassische EKG, bei welchem die Aktionspotentiale des Herzen abgeleitet werden. Wichtig hierbei ist, dass der Patient nicht friert, sichtgeschützt und entspannt ist. Das EKG wird meist im Liegen angefertigt, kann aber auch in schräg sitzender Position erfolgen. Es ist als kardiologische Basisuntersuchung anzusehen und dauert nur ein paar Minuten.

■ ■ Telemetrie

Eine Telemetrie ist als Überwachungsmöglichkeit im Krankenhaus und auf den kardiologischen Stationen nicht mehr wegzudenken. Ähnlich dem Langzeit-EKG trägt der gehfähige, aber auch der immobile bettlägerige Patient ein mobiles Gerät bei sich, welches das EKG kontinuierlich via Funk an einen Computer sendet, dort angezeigt und automatisch analysiert wird. Entsprechend einstellbarer Alarmgrenzen alarmiert der Computer akustisch und visuell das Personal. Jedoch sind die Funk-Übertragungsmöglichkeiten begrenzt, so kann es sein, dass der Patient sich nur auf einer bestimmten Ebene frei bewegen darf, da sonst das Signal unterbrochen ist.

■ ■ Monitor-EKG

Die Patientenüberwachung erfolgt über einen fest liegenden Monitor am Bett und hat keine Funkfunktion wie eine Telemetrie-Station. Im Gegensatz zur Telemetrie registriert dieses Gerät jedoch nicht nur das EKG, sondern ggf. auch den Blutdruck, die Sauerstoffsättigung, die Atemfrequenz oder die

Körpertemperatur. Das Monitorbild und die Ableitungswahl des gewünschten Parameters und die damit verbundene Diagnostik ist von der jeweiligen Monitoranlage abhängig.

■ ■ Fetales EKG

Das fetale EKG ist ein nicht invasives Verfahren in der Pränataldiagnostik zur vorgeburtlichen Analyse der kindlichen Herzaktionen. Die Ableitung des EKGs kann über die Bauchdecke oder das Rektum der Schwangeren erfolgen, nach einem Blasen-sprung wird es direkt über eine spezielle Elektrode von der Kopfhaut des Fötus übertragen.

■ ■ Intrakardiales EKG

Diese Methode wird verwendet, um Herzrhythmusstörungen genauer zu lokalisieren. Im Rahmen einer elektrophysiologischen Untersuchung (EPU) wird ein intrakardiales EKG über spezielle Katheter mit Metallringe Elektroden abgeleitet, die meist über einen venösen Zugang (aber wenn nötig auch arteriellen Zugang) entweder über die Leiste oder dem Arm zum Herzen vorgeschoben werden. An jedem Katheter sind zwei oder auch mehrerer Metallringe Elektroden angebracht, die an verschiedenen Stellen des Endokards platziert werden und dort die lokalen elektrischen Potentialschwankungen des Myokards ableiten. Zur Registrierung und Auswertung sind computergestützte Einheiten notwendig. Der Untersucher ist hierdurch in der Lage, ein präzises elektrisches Bild des Herzens zu erstellen.

■ ■ Ösophagus-EKG

Dieses beruht auf der Ableitung von EKG-Signalen über den Ösophagus mittels spezieller Elektroden nach Einbringen spezieller Sonden. Aufgrund der topographischen Nähe des Ösophagus zum Herzen können die Vorhofpotentiale mit größerer Verstärkung als mit dem Oberflächen-EKG erfasst werden. Die Ableitung erfolgt über drei Elektroden, die nahezu artefaktfrei aufzeichnen können. Transösophageale Ableitungen aus der Höhe des mittleren linken Vorhofs eignen sich für die Differenzialdiagnose von Rhythmusstörungen. Das Vorgehen und die Patientenvorbereitung ist der einer gastrokopischen Untersuchung entsprechend.

■ Vorbereitung zum EKG-Schreiben

In Notfällen ist das EKG-Gerät immer zum Patienten zu befördern! Vorbereitung der benötigten Materialien:

- 12-Kanal-Gerät auf Funktion überprüfen
- Papier, Filter, Laufgeschwindigkeit, Stromleistung oder Akkuleistung testen
- Evtl. Patientendaten eingeben
- Einmalelektrode oder Saugelektroden bereithalten, Elektrodenspray oder Gel vorbereiten
- Einmalrasierer bereithalten

■ Vorbereitung des Patienten zum EKG-Schreiben

- Patienten über die Maßnahme aufklären, ggf. in die Funktionsabteilung begleiten (z. B. bei Anlage eines LZ-EKGs)
- Je nach Allgemeinzustand des Patienten ist eine Begleitung im Rollstuhl oder Bett notwendig!
- Patienten in eine liegende Position oder bequeme Rückenlage bringen, evtl. Benutzung von Hilfsmitteln, wie z. B. Knie- oder Nackenrolle
- Patienten informieren, Oberkörper, Unterarme und Unterschenkel frei zu machen
- Ggf. Rasur oder Entfetten der Kontaktstellen
- Platzierung der Elektroden (wie oben beschrieben), Patienten immer darüber informieren, dass es kalt oder nach Verwendung von Gel glitschig werden kann
- Bewegungsfreiheit des Patienten erhalten
- Patienten auffordern, ruhig liegen zu bleiben, sich nicht zu bewegen und ruhig zu atmen, um eine störungsfreie Aufzeichnung zu erhalten
- Messung starten und je nach gewünschter Ableitung ggf. das Programm verändern
- EKG-Ausdruck kontrollieren und direkt mit den Patientendaten beschriften
- In der Regel stehen Laufgeschwindigkeit, Datum, Uhrzeit, Ableitungsmodus, Amplitude oder Pacer-/Filter-Erkennung auf dem EKG-Ausdruck, wenn nicht, müssen diese Informationen notiert werden
- Sollte das EKG verwackelt sein, Artefakte oder andere Fehlerquellen haben, Vorgang wiederholen
- Bei Auffälligkeiten den Arzt informieren!

- Die Beurteilung des EKGs und die Information des Patienten obliegen dem Arzt!

Uhren und kleinere Bewegungen können Artefakte bei der EKG-Aufzeichnung verursachen. Andere Fehlerquellen könnten z. B. Frieren und dadurch bedingtes Muskelzittern, beschleunigte Atmung, schlechte Rasur, schlechter Elektrodenkontakt, abgelaufene vertrocknete Elektroden, fehlende Herzschrittmachererkennung oder Bediendefekte (Wackelkontakt) des Gerätes sein. Fehlerhafte oder falsche Positionierung der Elektroden oder Kabel oder Verpolung sorgen für ein völlig anderes EKG.

■ Nachsorge des Patienten

- Entfernung der Ableitungen, ggf. Reinigung der Haut
- Patienten, wenn nötig, beim Ankleiden helfen
- Dokumentation der Maßnahme in der Patientenakte
- Gerät zur weiteren Verwendung aufbereiten und entsprechend reinigen
- Benutzte Materialien entsorgen
- Mehrwegprodukte aufbereiten
- Ggf. Station informieren, den Patienten abzuholen

➤ **Unphysiologische Abweichungen eines EKG-Bildes können nur erkannt und interpretiert werden, wenn die normalen Abläufe erkannt und verstanden werden!**

Praxistipp

Bei Patienten mit amputierten Gliedmaßen beide Elektroden auf gleicher Höhe positionieren! Bei starken Störungen durch Muskelzittern können durch Positionierung am proximalen Oberarm und Oberschenkel Störungen verringert oder ggf. vermieden werden.

2.1.2 Ergometrie (Belastungs-EKG)

Die Ergometrie ist eine in der Kardiologie häufig eingesetzte Untersuchungsmethode mit beträchtlicher Indikationsbreite. Neben der diagnostischen Funktion ergibt sich ebenfalls die Möglichkeit einer

Therapiekontrolle unter standardisierten Bedingungen und unter Umständen sogar die Abschätzung der Prognose bei einigen kardialen Erkrankungen. Am gebräuchlichsten ist die Fahrradergometrie mit kontinuierlichen EKG-Ableitungen. Je nach Fragestellung erfolgt die ergometrische Belastung aber auch im Rahmen einer Laufbandanalyse. Wird neben der EKG-Aufzeichnung auch die Funktion der Atmungsorgane während der Belastung untersucht, erfolgt dies nach Anlage einer Mund-Nasen-Maske unter kontinuierlicher Messung der Atemgasflüsse sowie der Zusammensetzung der Atemgase. In diesem Fall spricht man von einer Spiroergometrie.

Obwohl Komplikationen im Rahmen ergometrischer Untersuchungen selten sind (z. B. Kammerflimmern 1:15.000, Myokardinfarkt und Tod 1:75.000), müssen vor der Untersuchung Indikationen und Kontraindikationen beachtet sowie die notwendigen Sicherheitsmaßnahmen in Form eines adäquaten Notfall equipments getroffen werden (Löllgen und Erdmann 2000).

■ Indikationen

1. Diagnostik:

- Beurteilung der Belastungsfähigkeit beim Gesunden, Sportler oder Erkrankten
- Eignungstests in der Arbeits-, Flug- und Sportmedizin
- Nichtinvasive Diagnostik der KHK mit Schwerebeurteilung
- Arterielle Hypertonie unter Belastung
- Chronotrope Kompetenz (z. B. vor Schrittmacherimplantation)
- Nachweis belastungsinduzierter Herzrhythmusstörungen, Arrhythmien oder Schenkelblöcke
- Leistungstest zur Erstellung individueller Trainingspläne für Patienten in der kardiologischen Rehabilitation oder für Sportler

2. Therapieüberwachung:

- Beurteilung der Belastungsreaktion (Herzfrequenz und Blutdruck) sowie Angina-pectoris-Symptomatik nach interventioneller (PCI, Bypass-OP) und/oder medikamentöser Therapie
- Nach Schrittmacherimplantation zur Kontrolle bei aktivitätsgesteuerten oder biventrikulären Aggregaten

3. Prognoseabschätzung:

- Nach Myokardinfarkt
- Beurteilung belastungsinduzierter Hypertonie
- Herzinsuffizienz jeder Ätiologie
- Sportphysiologische und sportmedizinische Fragestellungen

■ Kontraindikationen

- Erkrankungen des kardio-pulmonalen Systems
- Schwere Herzinsuffizienz bei Herzklappenerkrankungen, Kardiomyopathien und KHK
- Akuter Myokardinfarkt (NSTEMI, STEMI)
- Aortendissektion
- Akute Peri-Myokarditis
- Maligne ventrikuläre Herzrhythmusstörungen
- Floride Thrombose, Lungenembolie
- Hypertensive Entgleisung (RR sys > 200 mmHg, RR dia > 100 mmHg)
- Schwere pulmonalerterielle Hypertonie
- AV-Block II oder III

Die Kontraindikationen sowie die Bestimmung der Abbruchkriterien einer Ergometrie sind unter anderem abhängig von der Erfahrung der Untersucher und den Möglichkeiten, bei auftretenden Komplikationen sofortige Notfallmaßnahmen einzuleiten. In der ambulanten Praxis bestehen somit unter Umständen andere Kriterien als in einer Krankenhaus-kardiologie mit angeschlossenem medizinischem Notfallmanagement.

Notfallausrüstung:

- Blutdruckmessgerät/Stethoskop
- EKG
- Defibrillator/AED
- Beatmungsmaske/-beutel mit Sauerstoff ggf. Beatmungshilfen (Guedel- oder Wendl-Tubus)
- Stauschlauch
- Venenverweilkanülen
- Telefon mit Notfallnummer

Medikamente: Die Bestückung des Ergometrie-raums mit Medikamenten ist abhängig von der Struktur des medizinischen Notfallmanagements. In einer Praxis bietet sich an, die gängigen Notfall-medikamente (**die 5 A's**):

- Adrenalin,
- Atropin,

- Amiodaron, Ajmalin,
- Antianginosa: Nitroglycerin (Spray oder Kapsel) und
- Antihypertensiva: Urapidil, B-Blocker

griffbereit vorzuhalten. Innerhalb des Krankenhauses ist bei zeitnaher Verfügbarkeit eines medizinischen Notfall-/Reanimationsteam eine entsprechende Anpassung vorzunehmen.

■ Untersuchungsablauf

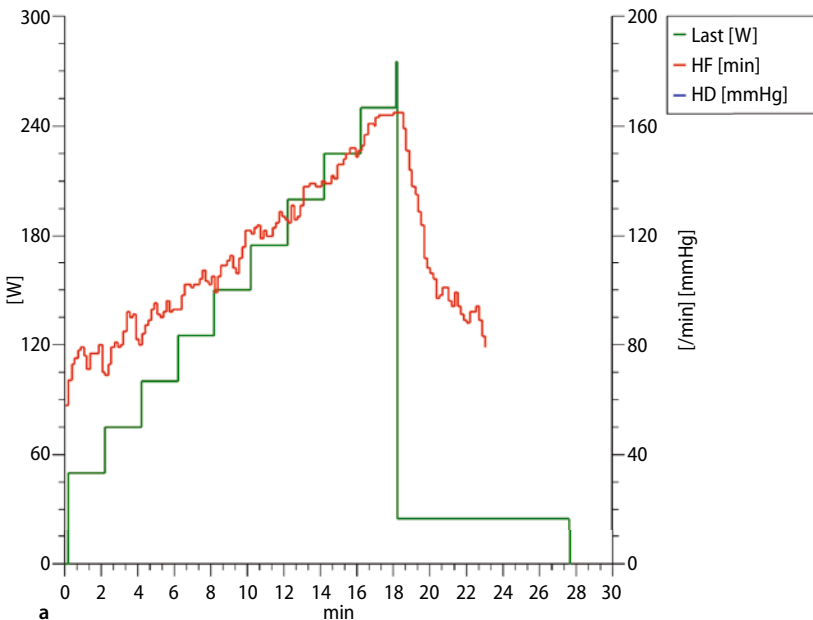
Nachdem die Elektroden zur kontinuierlichen EKG-Aufzeichnung platziert wurden, erfolgt die Registrierung von Blutdruck und EKG (sowie ggf. der Atmungsparameter im Falle einer Spiroergometrie). Ziel ist eine durchgehend gute Ableitungsqualität auch während hoher Belastungsstufen. Standard ist die fortlaufende Darstellung der sechs Brustwand-(V1–V6) sowie der sechs peripheren Ableitungen (I, II, III, avF, avR, avL). Den Brustwandableitungen und insbesondere der Ableitung V5 mit der größten diagnostischen Sensitivität kommt hierbei die größte Bedeutung zu. Sollte aus technischen Gründen eine Aufzeichnung von nur drei Brustwandableitungen möglich sein, sollten die Ableitungen

V2, V4 und V5 gewählt werden. Die Detektion von Ischämieveränderungen sind jedoch in diesem abgespeckten Setting vermindert und schmälern somit die diagnostische Wertigkeit des Verfahrens! Zu beachten ist, dass die Orte der peripheren EKG-Ableitungen ebenfalls modifiziert werden (Hüfte für Beinelektroden, Schultervorderseite für Armelektroden), um im Rahmen der Extremitätenbewegungen während der Belastung Artefakte zu minimieren. In diesem Falle ändern sich jedoch auch die Amplituden der Ableitungen, weshalb eine Dokumentation in diesem Setting als »Standard-Ruhe-EKG« nicht statthaft ist!

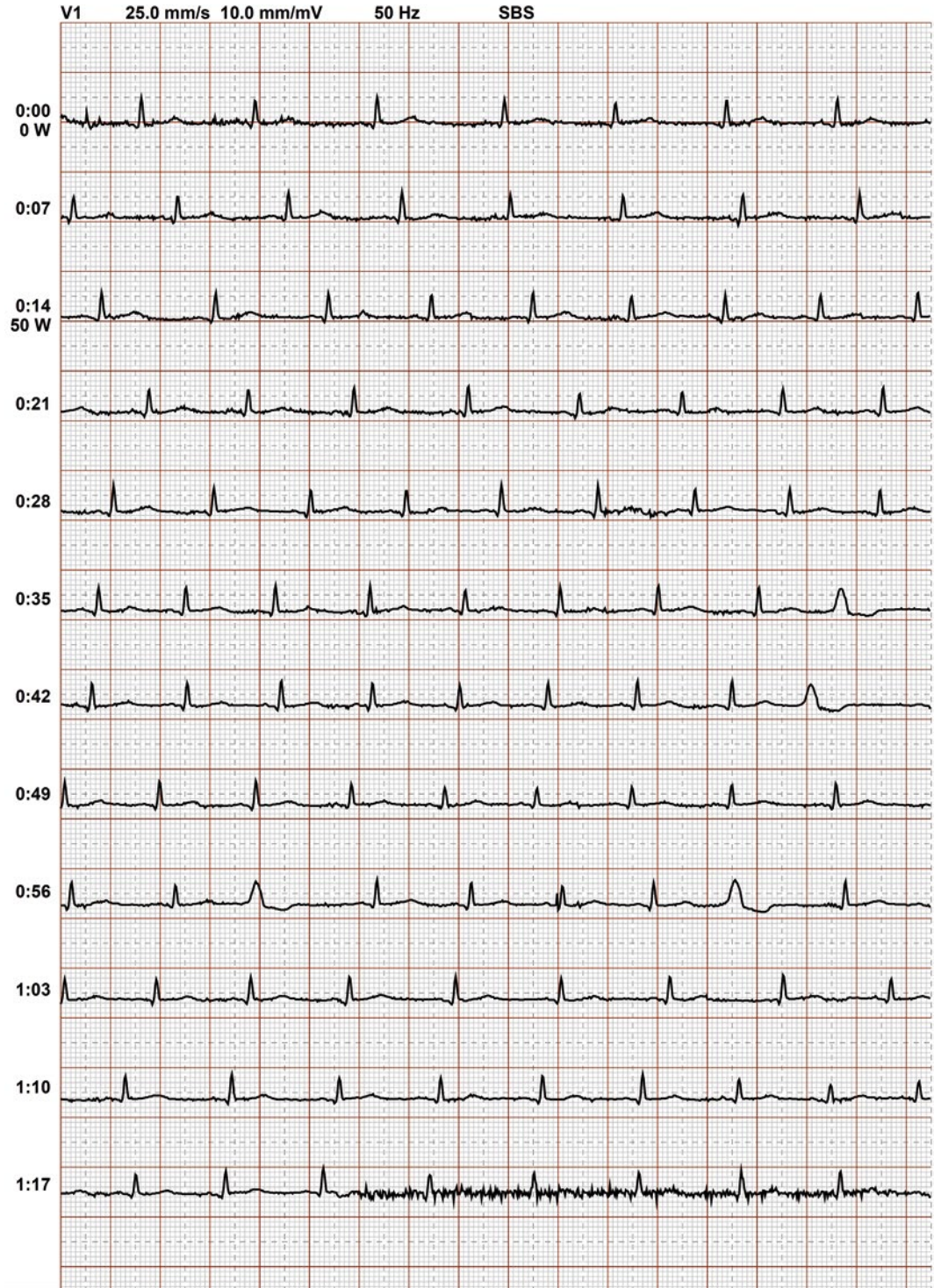
Praxistipp

Die Qualität der Ableitung lässt sich zur Benutzung von Saugelektroden, Rasur von Brustbehaarung und Entfetten der Hautoberflächen ebenfalls weiter verbessern.

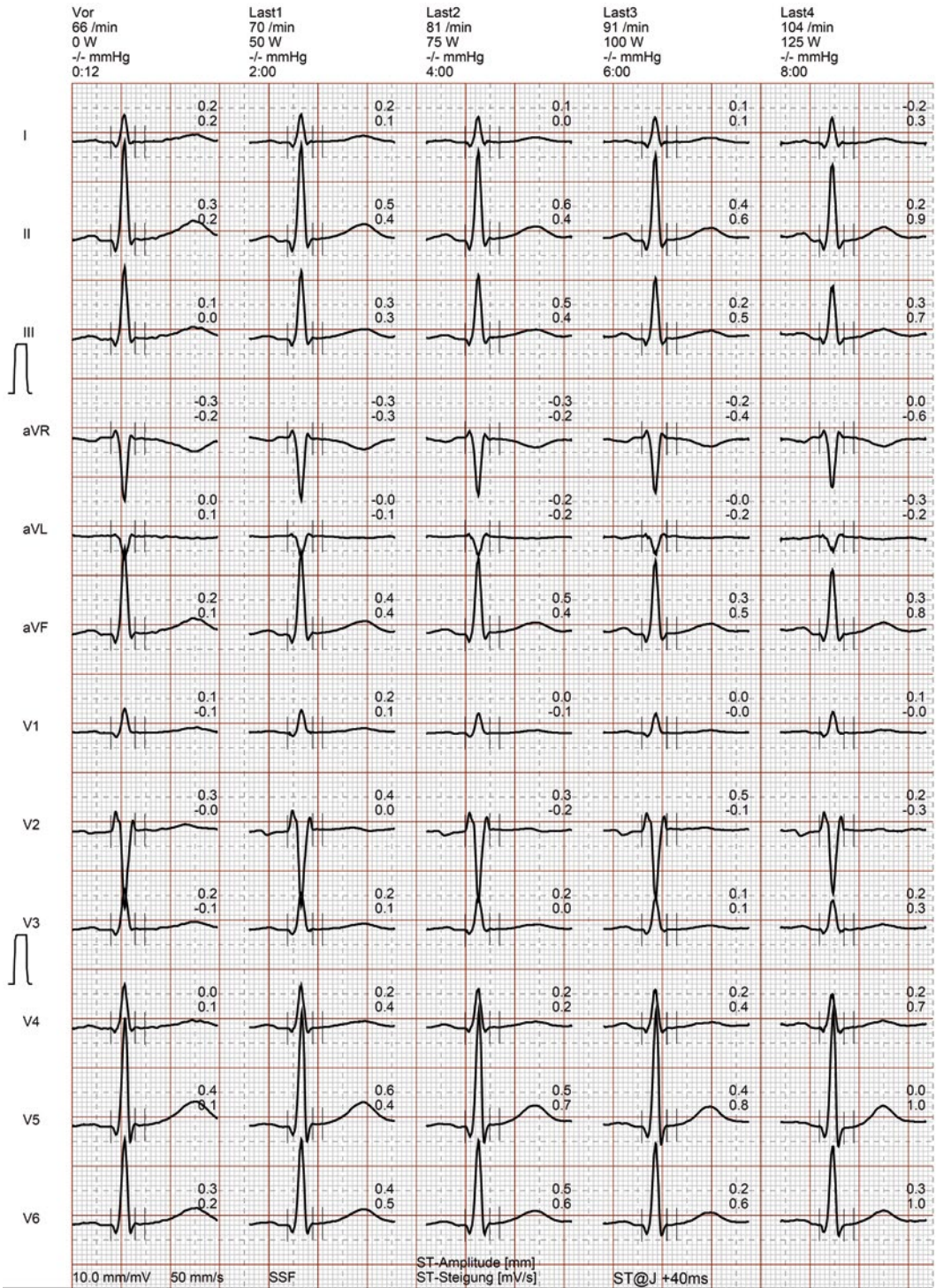
Nach Aufzeichnung unter Ruhebedingungen erfolgt die Belastung nach einem Stufen- oder Rampenprotokoll (■ Abb. 2.4), bis die im Vorfeld der Belastung



■ Abb. 2.4 Ergometrie Befund (Rampenprotokoll und EKG). a Rampenprotokoll

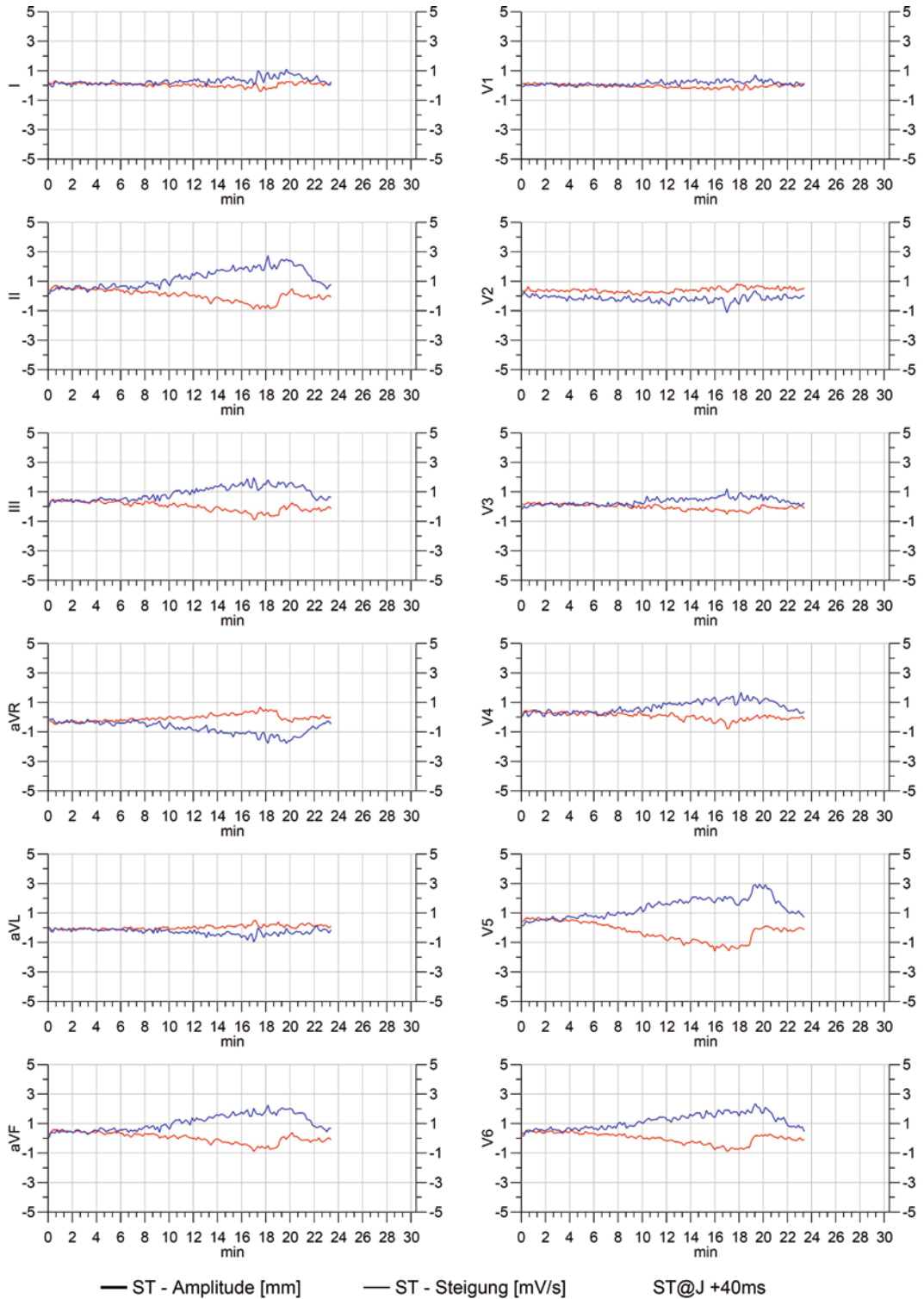


■ Abb. 2.4b Kontinuierliche EKG-Aufzeichnung



■ Abb. 2.4c Direkter Vergleich der EKG-Kurven während verschiedener Belastungsphasen

2.1 · Kardiale Funktionsdiagnostik



■ Abb. 2.4d Kontinuierliche ST-Streckendokumentation während der Ergometrie

definierten Abbruch- bzw. Ausbelastungskriterien erreicht sind. Die maximal zu erreichende Herzfrequenz kann aus der Formel 220 minus Alter (in Jahren) errechnet werden. Den aktuellen Empfehlungen zufolge beginnt die Fahrradergometrie mit 25 Watt und wird alle 2 Minuten um 25 Watt gesteigert. Die Belastungsdauer sollte 9–12 Minuten betragen, weshalb junge, gesunde Probanden oder Sportler zur Leistungsdiagnostik mit höheren Belastungsstufen (z. B. 50–100 W) beginnen sollten. Am Ende jeder Belastungsstufe erfolgt die Registrierung des EKGs sowie des Blutdrucks. Nach Abbruch der Belastung erfolgt nach drei sowie sechs Minuten eine erneute EKG- und Blutdruck-Registrierung. Neben der sorgfältigen Dokumentation von EKG, Blutdruck und erreichter Belastungsstufe sind die zum Abbruch geführten Kriterien sowie die objektive und subjektive Belastungswahrnehmung zu dokumentieren. Das Gleiche gilt für einen Abbruch aufgrund von Knie- oder Hüftschmerzen. Da die Sensitivität der Ergometrie abhängig von der erreichten Belastungsintensität ist, gehört es zur Aufgabe des Registrierenden, den Patienten zu motivieren, bis an die persönliche Belastungsgrenze heranzugehen.

■ Abbruchkriterien (Trappe und Löllgen 2000)

Absolute Abbruchindikationen:

- ST-Strecken-Senkung ≥ 3 mm
- ST-Strecken-Hebung ≥ 1 mm
- Blutdruckabfall > 10 mmHg (Vergleich zum Ausgangsblutdruck) mit Zeichen einer myokardialen Ischämie (Angina pectoris, ST-Senkung)
- Mäßige bis schwere Angina-pectoris-Symptomatik
- Schwere Dyspnoe
- Klinische Zeichen einer Minderperfusion (Zyanose)
- Anhaltende ventrikuläre Tachykardie (Dauer > 30 s)
- Erschöpfung des Patienten
- Technische Probleme (defekte EKG-Registrierung, Monitorausfall)

Relative Indikationen:

- Hypertensive Fehlregulation (RR syst 230–260 mmHg, RR diast ≥ 115 mmHg)
- Blutdruckabfall > 10 mmHg (Vergleich zum Ausgangsblutdruck) ohne Zeichen einer myo-

kardialen Ischämie (keine Angina pectoris, keine ST-Senkung)

- Polymorphe Extrasystolie, Paare (2 konsekutive VES), Salven (≥ 3 konsekutive VES)
- Supraventrikuläre Tachykardien
- Bradyarrhythmien
- Leitungsstörungen
- Auftreten von Leitungsstörungen (höhergradiger AV-Block, Schenkelblock)
- Verstärkte Angina-pectoris-Symptomatik

2.1.3 Langzeit-EKG/24-Stunden-EKG

Mit Hilfe des Langzeit-EKGs (LZ-EKG) erfolgt die Aufzeichnung der elektrischen Aktivität des Herzens über einen längeren Zeitraum, meist 24 Stunden. Die Aufzeichnung des LZ-EKGs erfolgt dabei nach denselben Prinzipien wie die einmalige EKG-Registrierung. Es werden mindestens zwei EKG-Ableitungen aufgezeichnet. Wichtige Indikationen zur Durchführung einer 24-Stunden-LZ-EKG-Messung sind (Löllgen 2005):

- Nachweis von Herzrhythmusstörungen und Palpitationen (Vorhofflimmern, -flattern, supraventrikuläre oder ventrikuläre Tachykardien, intermittierende AV-Blöcke)
- Diagnose von Synkopen (ventrikuläre Tachykardien, höhergradige AV- oder SA-Blöcke)
- Therapiekontrolle einer Behandlung von Herzrhythmusstörungen oder nach Einsetzen eines Herzschrittmachers/Defibrillators

■ Messablauf

Nach entsprechender Reinigung der Haut werden die EKG-Klebeelektroden auf der Brust des Patienten angebracht und mit dem Registriergerät verbunden. Die EKG-Geräte sind heutzutage so klein (100–120 g), dass diese bequem mittels Umhängetasche oder am Gürtel getragen werden können. Auf einem Speicherchip werden die Messdaten gespeichert und können an einem Computer mit spezieller Software ausgelesen und bewertet werden.

- Der Patient sollte aufgefordert werden, seinen Tagesablauf zu dokumentieren, um zu schauen, ob möglicherweise vorhandene Symptome mit EKG-Auffälligkeiten korrelieren.

■ Event-Recorder

Event-Recorder sind digitale Aufzeichnungsgeräte mit der Größe eines Mobiltelefons, die vom Patienten beim Auftreten von Symptomen, wie Schwindel oder Palpitationen, auf die Haut im Brustbereich gedrückt werden und dann ein EKG über eine Dauer von bis zu 60 s ableiten. Diese können dann über einen Computer ausgelesen werden. Moderne Geräte haben sogar die Möglichkeit, die Daten via GSM-Netz an eine spezielle Notrufzentrale zu senden, von der dann, bei Bedarf, der Aufenthaltsort des Patienten ermittelt wird und Rettungskräfte entsandt werden können.

Externe Loop-Recorder hingegen zeichnen das EKG über Hautelektroden dauerhaft auf, löschen diesen Loop aber nach meist 30 s wieder. Nur bei vorher programmierten EKG-Konstellationen oder einer Aktivierung mittels Tastendruck durch den Patienten erfolgt eine dauerhafte Speicherung des Loops.

Implantierte Loop-Recorder werden subkutan am Herzen implantiert und haben etwa die Größe eines USB-Sticks. Spezielle zum Herzen führende Sonden sind für die Aufzeichnung nicht erforderlich. Die Implantation erfolgt meist ambulant in lokaler Anästhesie. Es können ein bis zwei Jahre EKG-Aufzeichnungen ohne nennenswerte Beeinträchtigung des Patienten durchgeführt werden. Die Abfrage dieser Recorder erfolgt ähnlich wie bei einer Schrittmacherabfrage telemetrisch. Die Indikation für die Implantation dieser Geräte besteht insbesondere bei Patienten mit rezidivierenden Synkopen, die nicht in der Lage sind, den Event-Recorder aufzulegen oder die Taste des Loop-Recorders zu bedienen, und bei denen andere Untersuchungen zur Synkopenabklärung (LZ-EKG, Ergometrie, Kipptischuntersuchung) zu keinem pathologischen Ergebnis geführt haben.

2.1.4 Blutdruckmessung

Die Bestimmung des arteriellen Blutdrucks kann sowohl nichtinvasiv als auch mittels intraarteriell einliegendem Katheter invasiv bestimmt werden. Die Messwerte werden dabei in mmHg bestimmt.

■ Invasive arterielle Blutdruckmessung

Die direkte Messung des arteriellen Blutdrucks erfolgt über die Einlage eines Katheters in ein arterielles Gefäß. Bevorzugt werden die A. radialis, A. brachialis oder A. femoralis als Ort der Messung gewählt. Die arterielle Druckkurve wird an einen Druckwandler (Transducer) weitergeleitet, auf einen Monitor übertragen und dort grafisch als Kurvenform dargestellt.

■ Vorteile

Die invasive arterielle Blutdruckmessung hat den Vorteil einer zuverlässigen und kontinuierlichen Darstellbarkeit des Blutdrucks. Hieraus ergibt sich die Möglichkeit, relevante Blutdruckschwankungen ohne zeitliche Verzögerung zu detektieren. Insbesondere der hämodynamische Effekt auf den Blutdruck durch verschiedene Erkrankungen, Herzrhythmusstörungen und medikamentöse oder andere Therapiemaßnahmen kann umgehend beurteilt werden. Neben der alleinigen numerischen Darstellung von systolischem, diastolischem und mittlerem Blutdruck können anhand der Kurvendarstellung weitere Messparameter erhoben werden:

- Der Verlauf der arteriellen Kurve unter Respiration kann Hinweise auf den intravasalen Volumenstatus des Patienten geben. Schlagvolumenvariation (SVV) oder Pulse Pressure Variation (PPV)
- Die Berechnung der Fläche unterhalb der Druckkurve ermöglicht die Bestimmung des Schlagvolumens (SV) und in Kombination mit der Herzfrequenz das Herzzeitvolumen (HZV). Unter bestimmten Voraussetzungen (intubierter, kontrolliert beatmeter Patient im Sinusrhythmus) ist eine Beat-to-Beat-Bestimmung des Schlagvolumens möglich
- Die Druckanstieggeschwindigkeit (dp/dt) der arteriellen Druckkurve ermöglicht eine Abschätzung der myokardialen Kontraktilität
- Zu jedem Zeitpunkt ist die Gewinnung einer arteriellen Blutgasanalyse möglich. Hierbei können mittels Point-of-care-Analysegeräten respiratorisch, metabolisch oder auch hämodynamisch relevante Laborparameter umgehend bestimmt und notwendige diagnostische und therapeutische Maßnahmen eingeleitet werden

Die erwähnten Punkte machen die invasive Blutdruckmessung vor allem beim kritisch kranken Intensivpatienten zu einem unverzichtbaren Basismonitoringverfahren.

■ ■ Nachteile

Nachteil des invasiven Blutdruckmonitorings sind die im Rahmen der Punktion möglichen Risiken eines Hämatoms, lokaler und systemischer Infektionen, eines Aneurysmas oder einer arteriovenösen Fistel, eines Gefäßverschlusses oder einer Dissektion. Neben der Einhaltung steriler Maßnahmen während der Anlage ist vor allem auch eine sorgfältige Überwachung nötig. Deshalb sollte eine langfristige invasive Blutdruckmessung nur auf einer Intensivstation oder Intermediate Care Station erfolgen.

■ Indirekte Blutdruckmessung nach Riva-Rocci

Die indirekte Blutdruckmessung erfolgt mit Hilfe einer der Größe entsprechend angepassten Manschette und eines Stethoskops. Im Rahmen der zunehmenden Adipositas in den Industriestaaten muss diesem Aspekt unbedingt Beachtung geschenkt werden. Der häufigste Fehler bei der Wahl der richtigen Blutdruckmanschette, insbesondere bei Adipositas, ist das sogenannte »Undercuffing«, d. h., die Blutdruckmanschette (aufblasbarer Gummiteil) wird, bezogen auf den Oberarmumfang, zu klein gewählt. In diesem Fall kann es zu einer Überschätzung des tatsächlichen Blutdrucks von bis zu 30 mmHg kommen. Die Werte sind somit fälschlicherweise zu hoch bestimmt. Wird eine zu große Blutdruckmanschette benutzt (»Overcuffing«) können Werte bestimmt werden, die bis zu 30 mmHg niedriger sind als mit einer adäquaten Blutdruckmanschette. Verschieden große Blutdruckmanschetten stehen in Abhängigkeit vom Armdurchmesser sowohl für Gelegenheitsmessung beim Arzt, die 24-Stunden-Blutdruckmessung als auch für die Patientenselbstmessung zur Verfügung. In Abhängigkeit vom Oberarmumfang werden folgende Manschetten (aufblasbarer Teil der Gummimanschette, Breite × Länge) empfohlen:

- Unter 24 cm: 10 × 18 cm
- 24–32 cm: 12–13 × 24 cm
- 33–41 cm: 15 × 30 cm
- Über 41 cm: 18 × 36 cm

Die heute gebräuchlichen Geräte für die Messung am Handgelenk zeigen eine von der klassischen Messung am Oberarm abweichende tolerable Messungenauigkeit von bis zu 2–6 mmHg. Bei Abweichungen von mehr als 10 mmHg sollte im Zweifel eine Vergleichsmessung mittels einer Oberarmmanschette durchgeführt werden.

Der Messvorgang wird nach Empfehlung der American Heart Assoziation wie folgt durchgeführt: Die Messung sollte im Sitzen nach 3–5 Minuten Ruhepause durchgeführt werden. Die Manschette sollte etwa 2,5 cm oberhalb der Ellenbeuge angelegt und etwa 20–40 mmHg über den systolischen Druck aufgepumpt werden. Im Anschluss wird der Druck in der Manschette langsam wieder abgelassen. Die Rate des Druckabfalls sollte etwa 2–3 mmHg pro Sekunde betragen. Während der Auskultation über der Arterie lassen sich die Auskultationsphänomene in fünf verschiedene Phasen einteilen (Löllgen und Erdmann 2000).

- **Phase I:** Das erste Auftreten eines akustischen Phänomens nach Korotkoff definiert den systolischen Blutdruckwert
- **Phase II:** bei weiterem Abfall des Drucks zunehmend zischender Charakter
- **Phase III:** zunehmend lauter werdendes zischendes Geräusch
- **Phase IV:** abruptes Leiserwerden des Pulsgeräusches
- **Phase V:** Das völlige Verschwinden der Korotkoff-Geräusche definiert den diastolischen Blutdruckwert

In verschiedenen Untersuchungen konnte eine gute Übereinstimmung der indirekten und direkten Blutdruckmessung gezeigt werden, wobei die nicht-invasive Messung den diastolischen Blutdruckwert meist unterschätzt. Bei erhöhter Strömungsgeschwindigkeit und hyperzirkulatorischen Zuständen (Schwangerschaft, Belastung, Kinder und Jugendliche, Anämie) sind die Korotkoff-Töne gelegentlich bis zum Druck Null zu hören. In diesen Fällen sollte der gemessene Blutdruck bei Leiserwerden der Töne (Phase IV) als diastolischer Wert angegeben werden!

Praxistipp

- Bei Patienten mit Arrhythmien, z. B. Vorhofflimmern, sollte die Messung mindestens einmal wiederholt werden, um die Messgenauigkeit zu erhöhen
- Während der Erstuntersuchung sollte der Blutdruck an beiden Armen gemessen werden
- Der höhere Blutdruckwert gilt als Referenzwert
- Keine Blutdruckmessungen an Extremitäten mit Shunt oder Z. n. Mammakarzinom mit axillärer Lymphknotenentfernung
- Messungen an Extremitäten mit venösem Zugang vermeiden
- Vermeidung von abschnürender Kleidung unter der Manschette
- Bei krisenhaftem RR-Anstieg sofort den Arzt benachrichtigen
- Werte unmittelbar dokumentieren

■ Weitere Blutdruckmessverfahren

■ ■ Oszillationsmethode

Bei der oszillometrischen Blutdruckmessung werden feine pulssynchrone Volumenänderungen des Oberarmumfangs erfasst. Aus dem Manschetten- druck wird anhand spezifischer Algorithmen der arterielle Blutdruck bestimmt. Der systolische Blutdruck wird als erstes Auftreten der Oszillationen definiert, die Abnahme der Amplitude bestimmt den diastolischen Wert.

■ ■ Fingerarteriendruckmessung

(► Abschn. 2.1.6 Kipptischuntersuchung)

■ ■ Blutdruckbestimmung mittels Doppler-Sonde

Die Blutdruckbestimmung mittels Doppler-Sonde ist insbesondere bei Patienten mit implantiertem LVAD hilfreich. Aufgrund des laminaren Blutflusses mit nur marginaler Druckamplitude ist bei diesen Patienten oftmals eine nichtinvasive Blutdruckmessung unmöglich. In diesem Fall wird mit einer Doppler-Stiftsonde die A. brachialis aufgesucht und das Pulsgeräusch verstärkt.

■ ■ Palpatorische Blutdruckmessung

Mit dieser vor allem im amerikanischen Paramedic System gebräuchlichen Methode wird nach Aufblasen der Blutdruckmanschette das palpatorische Wahrnehmen eines Pulses nach Druckreduktion der Manschette als systolischer Blutdruck dokumentiert. Auch wenn kein Stethoskop vorhanden ist, die Umgebungsgeräusche so laut sind, dass eine adäquate Auskultation nicht möglich ist oder der Blutdruck so niedrig ist, dass keine Töne wahrgenommen werden können, ermöglicht die palpatorische Messung eine hinreichende Abschätzung des aktuellen Blutdrucks.

➤ **Da nur der systolische Blutdruck bestimmt wird, kann auch nur ein Blutdruckwert dokumentiert werden (z. B. 80/? mmHg).**

2.1.5 Langzeitblutdruckmessung

Die Langzeitblutdruckmessung oder auch ambulante Blutdruckmessung (ABDM) bezeichnet die wiederholte indirekte Messung des Blutdrucks über einen längeren Zeitraum. Meistens wird die Untersuchung über eine Messdauer von 24 Stunden durchgeführt. Sie ist der Gelegenheits- und der Belastungsmessung überlegen im Hinblick auf Diagnostik und Prognose. Damit ist das Verfahren ein wesentlicher Baustein in der Hypertoniediagnostik. Neben dem Ausschluss einer »Weißkittelhypertonie«, isolierter nächtlicher Hypertonien ist auch die Evaluierung einer bestehenden Blutdrucktherapie im zirkadianen Rhythmus eine Indikation zur Durchführung einer Langzeitblutdruckmessung.

■ Methode

Für die Untersuchung wird in der Praxis meist die oszillometrische Blutdruckmessung gewählt, wobei die Messzyklen tagsüber alle 15 min bzw. nachts alle 30 min betragen (■ Tab. 2.2). Die Messdaten werden in einer Rechneinheit im Rekorder gespeichert und können entweder tabellarisch oder als grafische Darstellung an einem PC ausgegeben werden. Zur Auswertung sollten mindestens 60 Messwerte vorliegen, um eine adäquate Befundung zu gewährleisten. Häufige Messfehler entstehen vor allem bei Armbewegungen während der oszillo-

Pflegewissen Kardiologie
Gesenberg, S.; Voigt, I.
2017, XI, 293 S., Softcover
ISBN: 978-3-662-53978-1