

Inhaltsverzeichnis

1 Das normale EKG	1
1.1 Anatomische Grundlagen	2
1.1.1 Lage des Herzens im Thorax	2
1.1.2 Herzhöhlen und große herznahe Gefäße	2
1.1.3 Regionen der Herzkammern	3
1.2 Anatomie und Physiologie des Erregungsbildungs- und Erregungsleitungssystems ...	4
1.2.1 Sinusknoten (primäres Erregungsbildungszentrum)	4
1.2.2 Erregungsausbreitung in den Vorhöfen und Erregungsüberleitung zum AV-Knoten	5
1.2.3 AV-Knoten und AV-junktionales Zentrum	5
1.2.4 Intraventrikuläres Leitungssystem ..	6
1.3 Anatomie der Herzkranzarterien und ihre Versorgungsbereiche	7
1.3.1 Aufzweigungen der linken Herzkranzarterie	7
1.3.2 Aufzweigungen der rechten Herzkranzarterie	9
1.3.3 Versorgungsbereiche der Herzkranzarterien	9
1.4 Elektrophysiologische Grundlagen	10
1.4.1 Ruhepotenzial	10
1.4.2 Aktionspotenzial (Erregung)	11
Depolarisation	11
Plateau	12
Repolarisation (Erregungsrückbildung) ..	12
1.4.3 Refraktärzeit	12
1.4.4 Erregungsfortleitung	13
1.4.5 Elektromechanische Koppelung ..	13
1.4.6 Spontane diastolische Depolarisation am Sinusknoten	13
1.4.7 Vektoren	14
1.4.8 Polung im EKG	16
1.4.9 Größe der Spannungen im EKG ..	16
1.4.10 Projektion von Vektoren auf Ableitungen	16
1.5 Definition des EKGs und seiner Anteile	19
1.5.1 P-Welle	19
1.5.2 PQ-Zeit	20
1.5.3 QRS-Komplex	21
Q-Zacken	21
R-Zacken und S-Zacken	22
QS-Komplex	23
1.5.4 ST-Strecke	23
1.5.5 T-Welle	23
1.5.6 QT-Zeit	23
1.5.7 U-Welle	24
1.6 Standard-EKG-Ableitungen	25
1.6.1 Bipolare Extremitätenableitungen (I, II, III)	26
1.6.2 Verstärkte unipolare Goldberger-Ableitungen (aVR, aVL, aVF)	26
1.6.3 Unipolare Brustwandableitungen nach Wilson (V ₁ bis V ₆)	27

1.7	Ergänzungsableitungen	30
1.7.1	Ableitungen nach Nehb	30
1.7.2	Ableitungen nach Frank	31
1.8	Herzwandlokalisationen im EKG	34
1.9	EKG-Auswertung mit Bestimmung der Achsen von P, QRS und T	34
1.9.1	Bestimmung der Herzfrequenz	35
	Exakte Frequenzbestimmung mit dem EKG-Lineal	35
	Exakte Frequenzbestimmung ohne EKG-Lineal	35
	Ungenau Frequenzbestimmung	36
1.9.2	Ausmessen der Zeitwerte	36
1.9.3	Bestimmung der elektrischen Herzachse	37
	Bestimmung der elektrischen Herzachse anhand der Höhe der Zacken mithilfe des Einthoven-Dreiecks	37
	Bestimmung der elektrischen Herzachse anhand der Flächen des QRS-Komplexes	40
1.7.3	Routineprogramm und erweitertes Routineprogramm der EKG-Registrierung	31
	Herzachsenbestimmung anhand der Flächen des QRS-Komplexes sowie aller Ableitungen des Cabrera-Kreises (Extremitätenableitungen I, II, III und verstärkt unipolare Goldberger-Ableitungen aVR, aVL und aVF)	41
	Bedeutung der Achsen von P, QRS und T	46
1.9.4	Lagetypen	48
	Linkstyp	49
	Indifferenztyp	50
	Steiltyp	51
	Rechtstyp	52
	Überdrehter Rechtstyp	53
	Überdrehter Linkstyp	54
	Sagittaltyp	55
1.9.5	Beschreibung des EKGs in den Brustwandableitungen V₁ bis V₆	57
	Beispiele	60
1.10	Routinemäßiges Auswerten eines EKGs	58
1.10.1	Systematische EKG-Auswertung	58
2	Das pathologische EKG	63
2.1	Rhythmusunabhängige Veränderungen	64
2.1.1	Formveränderungen der P-Welle (Übersicht)	64
	P-pulmonale (P-dextrokardiale)	65
	P-mitrale (P-sinistroatriale)	65
	P-kardiale (P-biatriale)	67
	Zusammenfassung: Veränderungen der P-Welle bei Vorhoffhypertrophie	68
	Rückläufige Vorhoferregung (negative P-Wellen)	68
	Blockierung des Bachmann-Bündels	69
2.1.2	Veränderungen des QRS-Komplexes (Erregungsausbreitungsstörungen in den Herzkammern, Schenkelblockbilder)	72
	Normale Erregungsausbreitung in den Kammern	72
	Veränderung der Q-Zacke (der Septum-erregung bzw. des Erregungsausbreitungsbeginns in den Herzkammern)	73
	Intraventrikuläre Ausbreitungsstörungen (Schenkelblockbilder)	74
	Rechtsschenkelblock	76
	Linksschenkelblock	82
	Zusammenfassung: Rechts- und Linksschenkelblock	86
	Hemiblöcke	87
	Bifaszikulärer Block	90
	Trifaszikulärer Block	94
	Bilateraler Schenkelblock	94
	Arborisationsblock	96
	Diffuser intraventrikulärer Block	96

Elektrischer Alternans des QRS-Komplexes	99	Auswirkungen von Elektrolyt- störungen und Medikamenten auf die Erregungsrückbildung	116
Links- und rechtsventrikuläre Hypertrophie im EKG	99	Erregungsrückbildungsstörungen in Form von QT-Zeit-Verlängerungen . .	120
2.1.3 Erregungsrückbildungsstörungen: Veränderung der T-Welle und/oder der ST-Strecke	105	Lokalisation von Erregungsrück- bildungsstörungen	122
Klassifizierung der Erregungsrück- bildungsstörungen	105	2.1.4 Niederspannung (Niedervoltage). .	123
Detaillierte Darstellung der ST-T-Veränderungen	108	2.1.5 Hochspannung (Makrovolage) . .	125
2.2 Rhythmusstörungen	126	AV-junktionale Tachykardie (paroxysmale supraventrikuläre Tachykardie)	142
2.2.1 Nomotoper Herzrhythmus	126	Wandernder Schrittmacher	143
2.2.2 Vom Sinusknoten ausgehende Störungen der Erregungsbildung .	126	2.2.6 Pararrhythmien	145
Sinusarrhythmie	126	AV-Dissoziation	145
Sinusbradykardie	127	Interferenzdissoziation	146
Sinustachykardie	127	Parasystolie	146
Sinusknotenstillstand	129	2.2.7 Von ventrikulären Erregungs- bildungszentren ausgehende Störungen der Erregungsbildung .	148
Sinusknotensyndrom (Sick-Sinus-Syndrom)	130	Bradykarde ventrikuläre Rhythmen .	149
2.2.3 Heterotope Herzrhythmen	131	Akzelerierter idioventrikulärer Rhythmus	149
2.2.4 Von den Vorhöfen ausgehende Störungen der Erregungsbildung .	131	Tachykarde ventrikuläre Rhythmus- störungen	151
Vorhofflattern	131	Extrasystolen	157
Vorhoftachykardie	134	Supraventrikuläre Extrasystolen (SVES)	159
Vorhofflimmern	134	Ventrikuläre Extrasystolen (VES) . .	164
Vorhofflimmerflattern	138	Ersatzsystolen	175
Vorhofrhythmus	138	Kombinationssystolen	176
2.2.5 Vom Bereich um den AV-Knoten ausgehende Störungen der Erregungsbildung	139	2.3 Erregungsüberleitungsstörungen	178
AV-junktionaler Rhythmus	139	2.3.1 Atrioventrikuläre Überleitungs- störungen (AV-Blockierungen) . .	178
2.3 Erregungsüberleitungsstörungen	178	AV-Block I. Grades	179
2.3.1 Atrioventrikuläre Überleitungs- störungen (AV-Blockierungen) . .	178	AV-Block II. Grades	180
AV-Block I. Grades	179	AV-Block III. Grades (totaler AV-Block)	182
AV-Block II. Grades	180	2.3.2 Sinuatriale Überleitungsstörungen (SA-Blockierungen)	185
AV-Block III. Grades (totaler AV-Block)	182	Sinuatrialer Block I. Grades	185
2.3.2 Sinuatriale Überleitungsstörungen (SA-Blockierungen)	185	Sinuatrialer Block Grad IIa	185
Sinuatrialer Block I. Grades	185	Sinuatrialer Block Grad IIb	185
Sinuatrialer Block Grad IIa	185	Sinuatrialer Block Grad III. Grades	185
Sinuatrialer Block Grad IIb	185	2.3.3 Präexzitationssyndrome (Wolff-Parkinson-White-Syndrom, LGL-Syndrom)	186
Sinuatrialer Block Grad III. Grades	185	Wolff-Parkinson-White-WPW- Syndrom	187
2.3.3 Präexzitationssyndrome (Wolff-Parkinson-White-Syndrom, LGL-Syndrom)	186	Lown-Ganong-Levine-Syndrom	189
Wolff-Parkinson-White-WPW- Syndrom	187	Anfälle paroxysmaler Tachykardien bei Präexzitation	190
Lown-Ganong-Levine-Syndrom	189		
Anfälle paroxysmaler Tachykardien bei Präexzitation	190		

2.4	Herzinfarkt im EKG	191
2.4.1	Koronare Herzkrankheit (KHK) . . .	191
2.4.2	Herzinfarkt – Definition	191
2.4.3	Lokalisation des Herzinfarktes . . .	192
2.4.4	Stadien eines ST-Hebungs-Myokardinfarktes (STEMI)	193
	Stadium 0 des Herzinfarktes (STEMI)	193
	Stadium I, ST-Stadium des Herzinfarktes	194
	Stadium 0–I	197
	Stadium I–II, ST-T-Stadium des Herzinfarktes	199
	Stadium II, T-Stadium des Herzinfarktes	199
	Stadium II–III des Herzinfarktes . . .	201
	Stadium III (Endstadium des Herzinfarktes)	201
2.4.5	Sichere Infarktzeichen	201
	Pathologische Q-Zacken (Infarkt-Q, Pardée-Q)	201
2.4.6	Infarktalter	203
2.4.7	EKG-Veränderungen beim inferioren Infarkt (Unterwandinfarkt) .	203
2.4.8	EKG-Veränderungen beim anterioren Infarkt (Vorderwandinfarkt)	203
2.5	EKG-Veränderungen bei verschiedenen Erkrankungen	227
2.5.1	Entzündliche Herzerkrankungen . .	227
	Perikarditis (Herzbeutelentzündung)	227
	Perimyokarditis	227
	Myokarditis (Herzmuskelentzündungen)	229
2.5.2	Kardiomyopathien	232
	Hypertrophe obstruktive Kardiomyopathie (HOCM)	234
2.4.9	EKG-Veränderungen beim posterioren Infarkt (Hinterwandinfarkt)	207
2.4.10	EKG-Veränderungen bei Herzinfarkt und zusätzlichen intraventrikulären Erregungsleitungsstörungen	210
	Infarktbild und linksanteriorer Hemiblock	210
	Infarktbild und Sagittaltyp	213
	Infarktbild und Rechtsschenkelblock	213
	Infarktbild und Linksschenkelblock .	216
2.4.11	Veränderungen im EKG durch mehrere Herzinfarkte	218
2.4.12	Veränderungen im EKG beim rechtsventrikulären Infarkt	218
2.4.13	Alte Nomenklatur der Herzinfarkte	219
	Rudimentäre Infarkte	219
	Transmuraler Infarkt	222
2.4.14	Komplikationen beim Herzinfarkt .	222
	Herzrhythmusstörungen	222
	Herzinsuffizienz	223
	Herzwandaneurysma	223
	Herzwandruptur	226
2.5.3	Akute Rechtsherzbelastung (Lungenembolie)	234
2.5.4	Chronische Rechtsherzbelastung (chronisches Cor pulmonale) . . .	238
2.5.5	Chronische Linksherzbelastung . .	241
2.5.6	Situs inversus	243
3	EKG-Sonderformen	245
3.1	Intrakardiales Elektrokardiogramm	246
3.1.1	His-Bündel-EKG	247
3.2	Elektrophysiologische Untersuchung (EPU)	248
3.3	Schrittmacher-EKG	249
3.3.1	Beschreibung des Prinzips	249
3.3.2	Indikationen zur Herzschrittmacherimplantation	250
	Allgemeine Indikationen	250
	Spezielle Indikationen der Herzschrittmachertherapie . . .	251

3.3.3 Nomenklatur der Schrittmachertypen	252	3.3.7 EKG bei Schrittmacherdefekten . .	261
3.3.4 EKG bei einem ventrikulären Ein-Kammer-Schrittmacher	253	Typen und Ursachen von Schrittmacherdefekten	261
3.3.5 EKG bei einem atrialen Ein-Kammer-Schrittmacher	255	Hinweise auf einen Schrittmacherdefekt im EKG	261
3.3.6 EKG bei einem Zwei-Kammer-Schrittmacher	257	3.3.8 Implantierbarer Cardioverter-Defibrillator (ICD)	264
3.4 Belastungs-EKG	267	3.3.9 Schrittmacherüberwachung	265
3.4.1 Definition und Voruntersuchungen	267	Kontraindikationen für eine Fahrradergometer-Belastung zur Abklärung der Belastbarkeit von Patienten	272
3.4.2 Methoden	267	3.4.5 Ausrüstung	272
3.4.3 Indikationen für die Fahrradergometer-Belastung	268	Wahl des Fahrradergometers	272
3.4.4 Kontraindikationen der Fahrradergometer-Belastung	268	3.4.6 Belastbarkeit des Patienten	273
Vorbemerkungen	268	3.4.7 Durchführung der Ergometerbelastung	274
Generelle Kontraindikationen für eine Fahrradergometer-Belastung jedweder Fragestellung	270	Vorbereitung	275
Kontraindikationen für eine Fahrradergometer-Belastung zur Abklärung einer koronaren Herzkrankheit	270	Registrierung	275
Medikamentenpause vor einer Fahrradergometer-Belastung	271	Nachbeobachtung	277
Kontraindikationen für eine Fahrradergometer-Belastung zur Verifizierung und Beobachtung von Herzrhythmusstörungen	271	3.4.8 Abbruchkriterien (Zwischenfälle)	277
Kontraindikationen für eine Fahrradergometer-Belastung zur Verifizierung eines Belastungshypertonus bzw. zur Überwachung einer medikamentösen Blutdruckeinstellung	271	3.4.9 Für die Auswertung des Belastungs-EKGs festzuhaltende Daten	278
3.5 Langzeit-Elektrokardiografie	289	3.4.10 Beurteilung eines Belastungstestes	280
4 Verzeichnisse	293	Auf eine koronare Herzkrankheit hindeutende Veränderungen im Belastungs-EKG	280
4.1 Verzeichnis der Abbildungen	294	Nicht auf eine koronare Herzkrankheit hindeutende Veränderungen im Belastungs-EKG	286
4.2 Verzeichnis der Tabellen	304	Beim Belastungstest auftretende Veränderungen unabhängig von der Fragestellung koronare Herzkrankheit	287
4.3 Verzeichnis der Merkkästen	307		

5 Fragen	311
6 Glossar	317
7 Sachverzeichnis	339