

Inhaltsverzeichnis

Das normale EKG

1	Anatomische Grundlagen	20			
1.1	Lage des Herzens im Thorax	20	1.3	Regionen der Herzkammern	22
1.2	Herzhöhlen und große herznahe Gefäße	20	1.4	Fragen/Übungen	23
2	Anatomie und Physiologie des Erregungsbildungs- und Erregungsleitungssystems	24			
2.1	Vorbemerkung	24	2.4	Atrioventrikular-Knoten und -junktionales Zentrum	25
2.2	Sinusknoten (primäres Erregungsbildungszentrum)	24	2.5	Intraventrikuläres Leitungssystem	25
2.3	Erregungsausbreitung in den Vorhöfen und Erregungsüberleitung zum Atrioventrikular-Knoten	25	2.6	Fragen/Übungen	26
3	Anatomie der Herzkranzarterien und ihre Versorgungsbereiche	27			
3.1	Vorbemerkung	27	3.4	Versorgungsbereiche der Herzkranzarterien	29
3.2	Aufzweigungen der linken Herzkranzarterie	27	3.5	Fragen/Übungen	30
3.3	Aufzweigungen der rechten Herzkranzarterie	29			
4	Elektrophysiologische Grundlagen	31			
4.1	Vorbemerkung	31	4.6	Elektromechanische Kopplung ..	34
4.2	Ruhepotenzial	31	4.7	Spontane diastolische Depolarisation am Sinusknoten	34
4.3	Aktionspotenzial (Erregung)	32	4.8	Vektoren	35
4.3.1	Depolarisation	32	4.9	Polung im EKG	37
4.3.2	Plateau	33	4.10	Größe der Spannungen im EKG ..	38
4.3.3	Repolarisation (Erregungsrückbildung)	33	4.11	Projektion von Vektoren auf Ableitungen	38
4.4	Refraktärzeit	33	4.12	Fragen/Übungen	41
4.5	Erregungsfortleitung	34			

5	Definition des EKGs und seiner Anteile	42
5.1	Vorbemerkung	42
5.2	P-Welle	42
5.3	PQ-Zeit	43
5.4	QRS-Komplex	43
5.4.1	Q-Zacken	44
5.4.2	R-Zacken und S-Zacken	44
5.4.3	QS-Komplex	46
5.5	ST-Strecke	46
5.6	T-Welle	46
5.7	QT-Zeit	47
5.7.1	U-Welle	47
5.8	Fragen/Übungen	49
6	Standard-EKG-Ableitungen	50
6.1	Vorbemerkung	50
6.2	Bipolare Extremitätenableitungen (I, II, III)	51
6.3	Verstärkte unipolare Goldberger-Ableitungen (aVR, aVL, aVF)	51
6.4	Unipolare Brustwandableitungen nach Wilson (V ₁ bis V ₆)	52
6.5	Fragen/Übungen	55
7	Ergänzungsableitungen	56
7.1	Vorbemerkung	56
7.2	Ableitungen nach Nehb	56
7.3	Ableitungen nach Frank	56
7.4	Routineprogramm und erweitertes Routineprogramm der EKG-Registrierung	57
7.5	Fragen/Übungen	57
8	Herzwandlokalisationen im EKG	60
8.1	Herzwandlokalisationen im Routine-EKG mit Zusatzprogramm	60
8.2	Fragen/Übungen	60
9	EKG-Auswertung mit Bestimmung der Achsen von P, QRS und T	61
9.1	Vorbemerkung	61
9.2	Bestimmung der Herzfrequenz	61
9.2.1	Exakte Frequenzbestimmung mit dem EKG-Lineal	61
9.2.2	Exakte Frequenzbestimmung ohne EKG-Lineal	61
9.2.3	Ungenauere Frequenzbestimmung	61
9.3	Ausmessen der Zeitwerte	63
9.4	Bestimmung der elektrischen Herzachse	65
9.4.1	Bestimmung der elektrischen Herzachse anhand der Höhe der Zacken mithilfe des Einthoven-Dreiecks	65

9.4.2	Bestimmung der elektrischen Herzachse anhand der Flächen des QRS-Komplexes	69	9.5	Lagetypen	79
9.4.3	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)	70	9.5.1	Linkstyp	80
9.4.4	Bedeutung der Achsen von P, QRS und T	76	9.5.2	Indifferenztyp	81
			9.5.3	Steiltyp	82
			9.5.4	Rechtstyp	83
			9.5.5	Überdrehter Rechtstyp	84
			9.5.6	Überdrehter Linkstyp	85
			9.5.7	Sagittaltyp	86
			9.5.8	Grenzlagetypen	88
			9.6	Beschreibung des EKGs in den Brustwandableitungen V₁ bis V₆	90
			9.7	Fragen/Übungen	91
10	Routinemäßige Auswertung eines EKG	93	10.3	Übungs-EKG in Originalgröße ...	96
10.1	Vorbemerkung	93	10.4	Fragen/Übungen	98
10.2	Systematische EKG-Auswertung	94			
Das pathologische EKG					
11	Rhythmusunabhängige Veränderungen	100			
11.1	Formveränderungen der P-Welle (Übersicht)	100	11.2.2	Veränderung der Q-Zacke (der Septumerrregung bzw. des Erregungsausbreitungsbeginns in den Herzkammern)	111
11.1.1	P-pulmonale (P-dextrokardiale) ...	101	11.2.3	Intraventrikuläre Ausbreitungsstörungen (Schenkelblockbilder) ..	112
11.1.2	P-mitrale (P-sinistroatriale)	102		Parameter zur Identifizierung eines Schenkelblocks	113
11.1.3	P-kardiale (P-biatriale)	103		Vorgehen bei der Identifizierung eines Schenkelblocks	115
11.1.4	Zusammenfassung: Veränderungen der P-Welle bei Vorhoffhypertrophie	104		Rechtsschenkelblock	115
11.1.5	Rückläufige Vorhoferregung (negative P-Wellen)	105		Linksschenkelblock	121
	P-Wellen bei AV-junktionalem Rhythmus	105		Zusammenfassung: Rechts- und Linksschenkelblock	126
	P-Welle bei Vorhofrhythmus	106	11.2.4	Hemiblöcke	128
11.1.6	Blockierung des Bachmann-Bündels	107		Linksanteriorer Hemiblock (LAH)	128
11.2	Veränderungen des QRS-Komplexes (Erregungsausbreitungsstörungen in den Herzkammern, Schenkelblockbilder)	109		Linksposteriorer Hemiblock (LPH)	130
11.2.1	Normale Erregungsausbreitung in den Kammern	109		Bifaszikulärer Block	131
				Trifaszikulärer Block	135
				Bilateraler Schenkelblock	135
				Arborisationsblock	137
				Diffuser intraventrikulärer Block	137
				Elektrischer Alternans des QRS-Komplexes	140
				Links- und rechtsventrikuläre Hypertrophie im EKG	140

11.3	Erregungsrückbildungsstörungen: Veränderung der T-Welle und/oder der ST-Strecke	147	Überhöhte T-Welle	156
			Präterminal negative T-Welle	156
			Terminal negative T-Welle	158
11.3.1	Klassifizierung der Erregungsrückbildungsstörungen	147	11.3.3 Auswirkungen von Elektrolytstörungen und Medikamenten auf die Erregungsrückbildung	158
	Spezifische Erregungsrückbildungsstörungen	148	Elektrolytstörungen	158
	Unspezifische Erregungsrückbildungsstörungen	150	Medikamenteneinwirkung	161
11.3.2	Detaillierte Darstellung der ST-T-Veränderungen	150	11.3.4 Erregungsrückbildungsstörungen in Form von QT-Zeit-Verlängerungen	163
	Veränderung der ST-Strecke	150	Angeborene QT-Verlängerung	163
	Horizontal angehobene oder gesenkte ST-Strecken	150	Medikamentös induzierte QT-Verlängerung	164
	Deszendierende ST-Strecken	152	QT-Verlängerung bei schweren zerebralen Blutungen	164
	Mulden-, bogen- oder girlandenförmig durchhängende ST-Strecken	153	11.3.5 Lokalisation von Erregungsrückbildungsstörungen	166
	Starre ST-Strecken	153		
	Aszendierende ST-Strecke	153	11.4 Niederspannung (Niedervoltage)	167
	Nach oben bogenförmige ST-Strecke	154	11.5 Hochspannung (Makrovoltage)	169
	ST-T-Verschmelzung	154	11.6 Fragen/Übungen	170
	Veränderungen der T-Welle	154		
	Abgeflachte T-Welle	154		
	Gleichschenkelig positive „spitze“ T-Welle	156		
12	Rhythmusstörungen	172		
12.1	Vorbemerkung	172	12.5.4 Vorhofflimmerflattern	186
12.2	Nomotoper Herzrhythmus	172	12.5.5 Vorhofrhythmus	187
12.3	Vom Sinusknoten ausgehende Störungen der Erregungsbildung	172	12.6 Vom Bereich um den AV-Knoten ausgehende Störungen der Erregungsbildung	188
12.3.1	Sinusarrhythmie	172	12.6.1 AV-junktionaler Rhythmus	188
12.3.2	Sinusbradykardie	173	12.6.2 AV-Knoten- bzw. AV-junktionale Tachykardie	191
12.3.3	Sinustachykardie	174	12.6.3 Wandernder Schrittmacher	192
12.3.4	Sinusknotenstillstand	176		
	Karotissinussyndrom	177	12.7 Pararrhythmien	194
12.3.5	Sinusknotensyndrom (Sick-Sinus-Syndrom)	177	12.7.1 AV-Dissoziation	194
12.4	Heterotope Herzrhythmen	178	12.7.2 Interferenzdissoziation	194
12.5	Von den Vorhöfen ausgehende Störungen der Erregungsbildung	179	12.7.3 Parasystolie	194
12.5.1	Vorhofflattern	179	12.8 Von ventrikulären Erregungsbildungszentren ausgehende Störungen der Erregungsbildung	197
12.5.2	Vorhofftachykardie	182		
12.5.3	Vorhofflimmern	182	12.8.1 Bradykarde ventrikuläre Rhythmen	198

12.8.2	Akzelerierter idioventrikulärer Rhythmus	199	Sinusknotenextrasystolen	210
12.8.3	Tachykarde ventrikuläre Rhythmusstörungen	199	Vorhofextrasystolen	211
	Kammertachykardie (ventrikuläre Tachykardie)	201	AV-junktionale Extrasystolen	211
	Polymorphe ventrikuläre Tachykardie ..	203	Ursachen der supraventrikulären Extrasystolie	214
	Torsade de pointes	203	Gefahren und Therapie der supraventrikulären Extrasystolen	214
	Kammerflattern	203	12.8.6 Ventrikuläre Extrasystolen (VES) ..	216
	Kammeranarchie	205	Charakterisierung der ventrikulären Extrasystolen	217
	Kammerflimmern	205	Ursachen der ventrikulären Extrasystolie	224
12.8.4	Extrasystolen	207	Gefahren und Therapie der ventrikulären Extrasystolie	225
	Hämodynamische Bedeutung der Extrasystolen	208	12.8.7 Ersatzsystolen	226
	Charakteristika der Extrasystolen	209	12.8.8 Kombinationssystolen	227
12.8.5	Supraventrikuläre Extrasystolen (SVES)	210	12.9 Fragen/Übungen	229
13	Erregungsüberleitungsstörungen	231		
13.1	Atrioventrikuläre Überleitungsstörungen (AV-Blockierungen) ..	231	13.3 Präexzitationssyndrome (WPW-Syndrom, LGL-Syndrom)	240
13.1.1	AV-Block I. Grades	232	13.3.1 Wolff-Parkinson-White-Syndrom (WPW-Syndrom)	240
13.1.2	AV-Block II. Grades	233	13.3.2 Lown-Ganong-Levine-Syndrom (LGL-Syndrom)	242
	Typ A (Wenckebach-Periodik)	233	13.3.3 Mahaim-Syndrom	243
	Typ B (Mobitz-Block)	234	13.3.4 Anfälle (Paroxysmen) und Tachykardien bei Präexzitation	244
13.1.3	AV-Block III. Grades (totaler AV-Block)	235	13.4 Fragen/Übungen	245
13.2	Sinuatricale Überleitungsstörungen (SA-Blockierungen)	238		
13.2.1	Sinuatricaler Block I. Grades	238		
13.2.2	Sinuatricaler Block Grad IIa	238		
13.2.3	Sinuatricaler Block Grad IIb	238		
13.2.4	Sinuatricaler Block III. Grades	238		
14	Herzinfarkt im EKG	246		
14.1	Koronare Herzkrankheit (KHK) ..	246	14.4.3 Stadium 0–I	251
14.2	Herzinfarkt – Definition	246	Prinzmetal-Angina (vasospastische Angina, Variant-Angina)	252
14.3	Lokalisation des Herzinfarkts ...	247	14.4.4 Stadium I–II, ST-T-Stadium des Herzinfarkts	253
14.4	Stadien eines ST-Hebungs-Myokardinfarkts (STEMI)	248	14.4.5 Stadium II, T-Stadium des Herzinfarkts	254
14.4.1	Stadium 0 des Herzinfarkts (STEMI)	248	14.4.6 Stadium II–III des Herzinfarkts ...	255
14.4.2	Stadium I, ST-Stadium des Herzinfarkts	249	14.4.7 Stadium III (Endstadium des Herzinfarkts)	256

14.5	Sichere Infarktzeichen	256	14.10.3	Infarktbild und Rechtsschenkelblock sowie bei Rechtsschenkelblock plus linksanteriorem Hemiblock	268
14.5.1	Pathologische Q-Zacken (Infarkt-Q, Pardée-Q)	256	14.10.4	Infarktbild und Linksschenkelblock	272
14.6	Infarktalter	258	14.11	Veränderungen im EKG durch mehrere Herzinfarkte	274
14.7	EKG-Veränderungen beim inferioren Infarkt (Unterwandinfarkt)	258	14.12	Veränderungen im EKG beim rechtsventrikulären Infarkt	275
14.8	EKG-Veränderungen beim anterioren Infarkt (Vorderwandinfarkt)	259	14.13	Alte Nomenklatur der Herzinfarkte	275
14.9	EKG-Veränderungen beim posterioren Infarkt (Hinterwandinfarkt)	262	14.13.1	Rudimentäre Infarkte	276
14.10	EKG-Veränderungen bei Herzinfarkt und zusätzlichen intraventrikulären Erregungsleitungsstörungen	266		Außenschichtinfarkte	276
14.10.1	Infarktbild und linksanteriorer Hemiblock	266		Innenschichtinfarkte	276
14.10.2	Infarktbild und Sagittaltyp	267	14.13.2	Transmuraler Infarkt	278
			14.14	Komplikationen beim Herzinfarkt	278
			14.14.1	Herzrhythmusstörungen	278
			14.14.2	Herzinsuffizienz	279
			14.14.3	Herzwandaneurysma	279
			14.14.4	Herzwandruptur	282
			14.15	Fragen/Übungen	283
15	EKG-Veränderungen bei verschiedenen Erkrankungen	284			
15.1	Entzündliche Herzerkrankungen	284	15.3	Akute Rechtsherzbelastung (Lungenembolie)	294
15.1.1	Perikarditis (Herzbeutelentzündung)	284	15.4	Chronische Rechtsherzbelastung (chronisches Cor pulmonale) ...	299
15.1.2	Perimyokarditis	284	15.5	Chronische Linksherzbelastung	302
15.1.3	Myokarditis (Herzmuskelentzündungen)	287	15.6	Situs inversus	304
15.2	Kardiomyopathien	291	15.7	Fragen/Übungen	307
15.2.1	Hypertrophe obstruktive Kardiomyopathie (HOCM)	293	15.8	Übungs-EKG in Originalgröße ...	308

EKG-Sonderformen

16	Intrakardiales Elektrokardiogramm	312
16.1	Vorbemerkung	312
16.2	His-Bündel-EKG	313
16.3	Fragen/Übungen	313
17	Elektrophysiologische Untersuchung	314
17.1	Vorbemerkung	314
17.2	Fragen/Übungen	315
18	Schrittmacher-EKG	316
18.1	Vorbemerkung	316
18.2	Beschreibung des Prinzips	316
18.3	Indikationen zur Herzschritt- macherimplantation	318
18.3.1	Allgemeine Indikationen	318
	Absolute Indikationen	318
	Relative Indikationen	318
18.3.2	Spezielle Indikationen der Herz- schritt- machertherapie	318
18.4	Nomenklatur der Schrittmacher- typen	319
18.5	EKG bei einem ventrikulären Ein- Kammer-Schrittmacher	320
18.6	EKG bei einem atrialen Ein- Kammer-Schrittmacher	323
18.7	EKG bei einem Zwei-Kammer- Schrittmacher	325
18.7.1	Vorhofgesteuerter Kammer-Schritt- macher (VAI-Modus)	325
18.7.2	AV-sequenzieller Schrittmacher (DDD-Modus)	326
18.7.3	Biventrikulärer Schrittmacher	329
18.8	Implantierbarer Cardioverter- Defibrillator (ICD)	331
18.9	EKG bei Schrittmacherdefekten ..	332
18.9.1	Typen und Ursachen von Schritt- macherdefekten	332
	Austrittsblock (Exit Block)	332
	Eingangsblock (Entrance Block)	333
	Batterieermüdung bzw. Defekt in der Elektronik	333
18.9.2	Hinweise auf einen Schrittmacher- defekt im EKG	333
18.10	Schrittmacherüberwachung	336
18.11	Fragen/Übungen	337

19	Belastungs-EKG	338
19.1	Definition und Voruntersuchungen	338
19.2	Methoden	339
19.3	Indikationen für die Fahrrad-ergometer-Belastung	339
19.4	Kontraindikationen der Fahr-radergometer-Belastung	340
19.4.1	Vorbemerkung	340
19.4.2	Generelle Kontraindikationen für eine Fahrradergometer-Belastung jedweder Fragestellung	340
19.4.3	Kontraindikationen für eine Fahr-radergometer-Belastung zur Abklärung einer koronaren Herz-krankheit	342
19.4.4	Medikamentenpause vor einer Fahrradergometer-Belastung	342
19.4.5	Kontraindikationen für eine Fahr-radergometer-Belastung zur Verifi-zierung und Beobachtung von Herzrhythmusstörungen	343
19.4.6	Kontraindikationen für eine Fahr-radergometer-Belastung zur Verifi-zierung eines Belastungshyper-tonus bzw. zur Überwachung einer medikamentösen Blutdruckeinstel-lung	343
19.4.7	Kontraindikationen für eine Fahr-radergometer-Belastung zur Abklärung der Belastbarkeit von Patienten	344
19.5	Ausrüstung	344
19.5.1	Wahl des Fahrradergometers	344
19.6	Belastbarkeit des Patienten	345
19.7	Durchführung der Ergometer-belastung	347
19.7.1	Vorbereitung	347
19.7.2	Registrierung	348
19.7.3	Nachbeobachtung	349
19.8	Abbruchkriterien (Zwischen-fälle)	350
19.9	Für die Auswertung des Belas-tungs-EKG festzuhaltende Daten	350
19.10	Beurteilung eines Belastungs-tests	352
19.10.1	Auf eine koronare Herzkrankheit hindeutende Veränderungen im Belastungs-EKG	353
	ST-Strecken-Senkungen	353
	ST-Strecken-Deszensionen von gesenktem Abgang	355
	ST-Strecken-Hebungen	356
	Von gesenktem Abgang aufsteigende ST-Strecken-Senkungen	356
	QRS-Verbreiterungen	357
	Ventrikuläre Extrasystolen / tachykarde ventrikuläre Rhythmusstörungen	357
	T-Inversion	358
	Negative U-Wellen	358
	PQ-Verlängerungen (AV-Blockierungen)	358
	Chronotrope Inkompetenz	359
	Blutdruckabfall / mangelhafter Blut-druckanstieg während Belastung	359
	Pathologischer Blutdruckanstieg	359
19.10.2	Nicht auf eine koronare Herzkrankheit hindeutende Veränderungen im Belastungs-EKG	359
	Positivierung der vor der Belastung negativen T-Wellen	359
	Erregungsrückbildungsstörungen bei Patienten mit Mitralklappenprolaps	360
	Erregungsrückbildungsstörungen bei Patienten mit WPW-Syndrom	360
	Erregungsrückbildungsstörungen bei jungen Frauen	360
	Erregungsrückbildungsstörungen durch Medikamenteneinwirkung	360
19.10.3	Beim Belastungstest auftretende Veränderungen unabhängig von der Fragestellung koronare Herz-krankheit	360
	Blutdruckverhalten	360
	Trainingszustand	361
	Pulmonale Leistungsfähigkeit	361
19.11	Fragen/Übungen	361

20	Langzeit-Elektrokardiografie	362		
20.1	Vorbemerkung	362	20.5	Fragen/Übungen
20.2	Durchführung	362	20.6	Übungs-EKG in Originalgröße ...
20.3	Indikationen	362	20.6.1	Auswerten eines Schrittmacher-EKGs
20.4	Auswertung	362		365
Artefakte				
21	Artefakte im EKG – Übersicht	370		
22	Bedienerbedingte Artefakte	371		
22.1	Vorbemerkung	371	22.4	Mangelnder Haut-Elektroden Kontakt
22.2	Vertauschte Extremitätenelektroden	371	22.5	Fragen/Übungen
22.3	Vertauschte Brustwandelektroden	372		374
23	Apparatebedingte Artefakte	375		
23.1	Wechselstromstörungen	375	23.4	Drosselung der Papiervorlaufgeschwindigkeit
23.2	Weitere elektrische Störungen ..	375	23.5	Fragen/Übungen
23.3	Dämpfung bzw. Auslöschung ...	377		378
24	Patientenbedingte Artefakte	379		
24.1	Vorbemerkung	379	24.5	Übungs-EKG in Originalgröße ...
24.2	Artefakte durch verstärkte Respiration	380	24.5.1	Beurteilung und Anmerkungen zur Auswertung des EKGs in
24.3	Bewegungsartefakte	380		► Abb. 24.18
24.4	Fragen/Übungen	392		394
Anhang				
25	Verzeichnis der Abbildungen	396		
26	Verzeichnis der Tabellen	407		
27	Verzeichnis der Merkkästen	409		

28	Glossar	413
	A	413
	B	414
	C	415
	D	415
	E	416
	F	417
	G	418
	H	418
	I	420
	J	421
	K	421
	L	422
	M	424
	N	425
	O	425
	P	425
	Q	427
	R	427
	S	428
	T	431
	U	431
	V	432
	W	433
	Z	434
	Sachverzeichnis	432