

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

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			
10.1	Vorbemerkung	93	10.3	Übungs-EKG in Originalgröße ...	96
10.2	Systematische EKG-Auswertung	94	10.4	Fragen/Übungen	98
Das pathologische EKG					
11	Rhythmusunabhängige Veränderungen	100			
11.1	Formveränderungen der P-Welle (Übersicht)	100	11.2.2	Veränderung der Q-Zacke (der Septum-erregung bzw. des Erregungsausbreitungsbegins 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 Vorhofhypertrophie	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		Linksanteriöer Hemiblock (LAH)	128
				Linksposteriöer Hemiblock (LPH)	130
11.2	Veränderungen des QRS-Komplexes (Erregungsausbreitungsstörungen in den Herzkammern, Schenkelblockbilder)	109		Bifaszikulärer Block	131
11.2.1	Normale Erregungsausbreitung in den Kammern	109		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	
11.3.1	Klassifizierung der Erregungsrückbildungsstörungen	147	Präterminal negative T-Welle	156	
	Spezifische Erregungsrückbildungsstörungen	148	Terminal negative T-Welle	158	
	Unspezifische Erregungsrückbildungsstörungen	150	11.3.3	Auswirkungen von Elektrolytstörungen und Medikamenten auf die Erregungsrückbildung	158
11.3.2	Detaillierte Darstellung der ST-T-Veränderungen	150		Elektrolytstörungen	158
	Veränderung der ST-Strecke	150		Medikamenteneinwirkung	161
	Horizontal angehobene oder gesenkte ST-Strecken	150	11.3.4	Erregungsrückbildungsstörungen in Form von QT-Zeit-Verlängerungen	163
	Deszendierende ST-Strecken	152		Angeborene QT-Verlängerung	163
	Mulden-, bogen- oder girlandenförmig durchhängende ST-Strecken	153		Medikamentös induzierte QT-Verlängerung	164
	Starre ST-Strecken	153		QT-Verlängerung bei schweren zerebralen Blutungen	164
	Aszendierende ST-Strecke	153	11.3.5	Lokalisation von Erregungsrückbildungsstörungen	166
	Nach oben bogenförmige ST-Strecke ..	154	11.4	Niederspannung (Niedervoltage)	167
	ST-T-Verschmelzung	154	11.5	Hochspannung (Makrovoltage)	169
	Veränderungen der T-Welle	154	11.6	Fragen/Übungen	170
	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	12.7	Pararrhythmien	194
	Karotissinussyndrom	177	12.7.1	AV-Dissoziation	194
12.3.5	Sinusknotensyndrom (Sick-Sinus-Syndrom)	177	12.7.2	Interferenzdissoziation	194
			12.7.3	Parasystolie	194
12.4	Heterotope Herzrhythmen	178	12.8	Von ventrikulären Erregungsbildungszentren ausgehende Störungen der Erregungsbildung ..	197
12.5	Von den Vorhöfen ausgehende Störungen der Erregungsbildung	179	12.8.1	Bradykarde ventrikuläre Rhythmen	198
12.5.1	Vorhofflattern	179			
12.5.2	Vorhoftachykardie	182			
12.5.3	Vorhofflimmern	182			

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 Ersatzsystemen	226
	Charakteristika der Extrasystolen	209	12.8.8 Kombinationssystemen	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 (Untervandinfarkt)	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
				Innenschichtinfarkte.....	276
14.10.1	Infarktbild und linksanteriorem Hemiblock	266	14.13.2	Transmuraler Infarkt	278
14.10.2	Infarktbild und Sagittaltyp	267	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
15.1	Entzündliche Herzerkrankungen	284	15.1.1	Perikarditis (Herzbeutelentzündung)	284
15.1.1	Perikarditis (Herzbeutelentzündung)	284	15.1.2	Perimyokarditis.....	284
15.1.2	Perimyokarditis.....	284	15.1.3	Myokarditis (Herzmuskelentzündungen)	287
15.1.3	Myokarditis (Herzmuskelentzündungen)	287	15.2	Kardiomyopathien	291
15.2	Kardiomyopathien	291	15.2.1	Hypertrophe obstruktive Kardiomyopathie (HOCM)	293
15.2.1	Hypertrophe obstruktive Kardiomyopathie (HOCM)	293	15.3	Akute Rechtsherzbelastung (Lungenembolie)	294
15.3	Akute Rechtsherzbelastung (Lungenembolie)	294	15.4	Chronische Rechtsherzbelastung (chronisches Cor pulmonale)	299
15.4	Chronische Rechtsherzbelastung (chronisches Cor pulmonale)	299	15.5	Chronische Linksherzbelastung	302
15.5	Chronische Linksherzbelastung	302	15.6	Situs inversus	304
15.6	Situs inversus	304	15.7	Fragen/Übungen	307
15.7	Fragen/Übungen	307	15.8	Übungs-EKG in Originalgröße	308
15.8	Übungs-EKG in Originalgröße	308			

EKG-Sonderformen

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

19	Belastungs-EKG	338		
19.1	Definition und Voruntersuchungen	338	19.8	Abbruchkriterien (Zwischenfälle)
19.2	Methoden	339	19.9	Für die Auswertung des Belastungs-EKG festzuhaltende Daten
19.3	Indikationen für die Fahrradergometer-Belastung	339	19.10	Beurteilung eines Belastungstests
19.4	Kontraindikationen der Fahrradergometer-Belastung	340	19.10.1	Auf eine koronare Herzkrankheit hindeutende Veränderungen im Belastungs-EKG
19.4.1	Vorbemerkung	340		ST-Strecken-Senkungen
19.4.2	Generelle Kontraindikationen für eine Fahrradergometer-Belastung jedweder Fragestellung	340		ST-Strecken-Deszensionen von gesenktem Abgang
19.4.3	Kontraindikationen für eine Fahrradergometer-Belastung zur Abklärung einer koronaren Herzkrankheit	342		ST-Strecken-Hebungen
19.4.4	Medikamentenpause vor einer Fahrradergometer-Belastung	342		Von gesenktem Abgang ascendierende ST-Strecken-Senkungen
19.4.5	Kontraindikationen für eine Fahrradergometer-Belastung zur Verifizierung und Beobachtung von Herzrhythmusstörungen	343		QRS-Verbreiterungen
19.4.6	Kontraindikationen für eine Fahrradergometer-Belastung zur Verifizierung eines Belastungshypertonus bzw. zur Überwachung einer medikamentösen Blutdruckeinstellung	343		Ventrikuläre Extrasystolen / tachykarde ventrikuläre Rhythmusstörungen
19.4.7	Kontraindikationen für eine Fahrradergometer-Belastung zur Abklärung der Belastbarkeit von Patienten	344		T-Inversion
19.5	Ausrüstung	344		Negative U-Wellen
19.5.1	Wahl des Fahrradergometers	344		PQ-Verlängerungen (AV-Blockierungen)
19.6	Belastbarkeit des Patienten	345		Chronotrope Inkompetenz
19.7	Durchführung der Ergometerbelastung	347		Blutdruckabfall / mangelhafter Blutdruckanstieg während Belastung
19.7.1	Vorbereitung	347		Pathologischer Blutdruckanstieg
19.7.2	Registrierung	348	19.10.2	Nicht auf eine koronare Herzkrankheit hindeutende Veränderungen im Belastungs-EKG
19.7.3	Nachbeobachtung	349		Positivierung der vor der Belastung negativen T-Wellen
				Erregungsrückbildungsstörungen bei Patienten mit Mitralklappenprolaps ...
				Erregungsrückbildungsstörungen bei Patienten mit WPW-Syndrom
				Erregungsrückbildungsstörungen bei jungen Frauen
				Erregungsrückbildungsstörungen durch Medikamenteneinwirkung
			19.10.3	Beim Belastungstest auftretende Veränderungen unabhängig von der Fragestellung koronare Herzkrankheit
				Blutdruckverhalten
				Trainingszustand
				Pulmonale Leistungsfähigkeit
			19.11	Fragen/Übungen

20	Langzeit-Elektrokardiografie	362			
20.1	Vorbemerkung	362	20.5	Fragen/Übungen	363
20.2	Durchführung	362	20.6	Übungs-EKG in Originalgröße ...	365
20.3	Indikationen	362	20.6.1	Auswerten eines Schrittmacher- EKGs	365
20.4	Auswertung	362			
Artefakte					
21	Artefakte im EKG – Übersicht	370			
22	Bedienerbedingte Artefakte	371			
22.1	Vorbemerkung	371	22.4	Mangelnder Haut-Elektroden Kontakt	374
22.2	Vertauschte Extremitätenelek- troden	371	22.5	Fragen/Übungen	374
22.3	Vertauschte Brustwandelektro- den	372			
23	Apparatebedingte Artefakte	375			
23.1	Wechselstromstörungen	375	23.4	Drosselung der Papiervorlauf- geschwindigkeit	377
23.2	Weitere elektrische Störungen..	375	23.5	Fragen/Übungen	378
23.3	Dämpfung bzw. Auslöschung ...	377			
24	Patientenbedingte Artefakte	379			
24.1	Vorbemerkung	379	24.5	Übungs-EKG in Originalgröße ...	392
24.2	Artefakte durch verstärkte Respiration	380	24.5.1	Beurteilung und Anmerkungen zur Auswertung des EKGs in ► Abb. 24.18.....	394
24.3	Bewegungsartefakte	380			
24.4	Fragen/Übungen	392			
Anhang					
25	Verzeichnis der Abbildungen	396			
26	Verzeichnis der Tabellen	407			
27	Verzeichnis der Merkkästen	409			

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