

Inhaltsverzeichnis

1	Indikationen zur Nierenersatztherapie	1
1.1	Einschätzung des Nierenversagens: akut oder chronisch?	2
1.1.1	Diagnostische Indizes im Urin (Unterscheidung prärenal/renal)	2
1.1.2	Harnsediment	2
1.2	Akutes Nierenversagen (ANV)	2
1.2.1	Beurteilung der frühen Nierenfunktionseinschränkung	2
1.2.2	Ursachen	7
1.2.3	Indikationen zur Nierenersatztherapie bei akutem Nierenversagen	8
1.3	Chronische Niereninsuffizienz	9
1.3.1	Der Patient vor der Nierenersatztherapie	9
1.3.2	Vorbereitung zur Nierenersatztherapie	16
1.3.3	Indikationen zur Einleitung der Nierenersatztherapie bei chronischer Niereninsuffizienz ...	19
1.4	Internet-Links	23
	Literatur	23
2	Hämodialyse – technische Komponenten	27
2.1	Nierenfunktion als Vorbild der Dialyse	29
2.2	Transportprozesse bei Hämodialyse	29
2.2.1	(Ultra-)Filtration und konvektiver Transport	29
2.2.2	Diffusion	29
2.2.3	Osmose	31
2.2.4	Adsorption	31
2.3	Dialysator/Hämofilter	32
2.3.1	Aufbau der Dialysatoren	32
2.3.2	Dialysemembran	33
2.3.3	Biokompatibilität von Hämodialysemembranen	36
2.3.4	Komplikationen der AN69-Membranen	36
2.3.5	Leistungskriterien der Dialysatoren	37
2.3.6	High-flux- und Low-flux-Dialysatoren	40
2.3.7	Weiterentwicklung der Dialysatoren	42
2.4	Dialysat	44
2.4.1	Natrium	44
2.4.2	Kalium	46
2.4.3	Kalzium	46
2.4.4	Magnesium	47
2.4.5	Chlorid	47
2.4.6	Glukose	47
2.4.7	Puffersubstanzen	47
2.4.8	Substitutionslösungen für Hämofiltration und Hämodiafiltration	48
2.4.9	Wasseraufbereitung für die Dialyse	49
2.5	Extrakorporaler Blutkreislauf	54
2.5.1	Material des Schlauchsystems	55
2.5.2	Blutpumpen	55
2.5.3	Druckverhältnisse im extrakorporalen Kreislauf	56

2.6	Dialysatkreislauf	57
2.6.1	Dialysatfluss	57
2.6.2	Dialysatproduktion	57
2.6.3	Erwärmung des Dialysats	58
2.6.4	Dialysatentgasung	58
2.7	Überwachung der Dialysebehandlung	59
2.7.1	Überwachung im extra-korporalen Blutkreislauf	59
2.7.2	Überwachung der Dialysatherstellung	62
2.8	Single-needle-Dialyse	66
2.8.1	Einpumpenprinzip (Klick-Klack-System)	66
2.8.2	Doppelpumpenbetrieb	67
2.9	Hämodiafiltration (HDF)	69
2.9.1	Durchführung der Hämodiafiltration in der Praxis	70
2.10	Internet-Links	71
	Literatur	72
3	Gefäßzugang zur Hämodialyse (HD)	73
3.1	Shaldon-Katheter als temporärer Dialyse-Gefäßzugang	75
3.1.1	Zugänge für Shaldon-Katheter	76
3.1.2	Technik der Shaldon-Katheteranlage	77
3.2	Getunnelte Dialysekatheter	79
3.2.1	Aufbau	79
3.2.2	Implantation	79
3.3	Chronische Komplikationen der Dialysekatheter	80
3.3.1	Septikämien	80
3.3.2	Katheterdysfunktion durch Thrombosen	83
3.3.3	Rezirkulation	85
3.4	Arteriovenöse Zugänge	85
3.4.1	Operationsplanung und präoperative Untersuchungen	86
3.4.2	Native arteriovenöse Fisteln	87
3.4.3	Prothesenshunts	88
3.5	Komplikationen des Gefäßzugangs	89
3.5.1	Kardiale Folgen des AV-Shunts	89
3.5.2	Ischämie/Steal-Phänomen	90
3.5.3	Aneurysma/Pseudoaneurysma	91
3.5.4	Infektionen	92
3.5.5	Zentral-venöse Stenosen und Verschlüsse	92
3.5.6	Shuntverschlüsse	93
3.5.7	Shunt-Stenosen	93
3.5.8	Rezirkulation	95
3.6	Monitoring der Shuntfunktionen	96
3.6.1	Apparative Methoden	96
3.7	Hinweise zur Shuntpunktion	96
3.7.1	Vorbereitung	96
3.7.2	Durchführung	97
3.7.3	Entfernung von Dialysekanülen und Kompressionstechnik	98
3.8	Internet-Links	99
	Literatur	99

4	Antikoagulation	101
4.1	Standard-Antikoagulation bei chronisch intermittierender Hämodialysebehandlung	102
4.1.1	Heparine	102
4.1.2	Klinik und Diagnostik der HIT II	106
4.1.3	HIT-4T-Score	108
4.1.4	Heparingabe nach einer heparininduzierten Thrombopenie?	108
4.1.5	Alternative Antikoagulanzen	109
4.2	Antikoagulation bei erhöhtem Blutungsrisiko	113
4.2.1	Minimalheparinisierung	113
4.2.2	»Heparinfreie« Dialyse	113
4.2.3	Regionale Antikoagulation	114
4.3	Internet-Links	116
	Literatur	116
5	Praxis der Dialyseverschreibung	119
5.1	Die erste Dialysebehandlung	120
5.2	Optimierung der chronischen Dialysebehandlung	122
5.2.1	Überragende Bedeutung der Behandlungsdauer	123
5.2.2	Harnstoffkinetik als Maß für die Dialyседosis	123
5.2.3	Dialysequalität und Ernährungsstatus	127
5.2.4	PCR (»protein catabolic rate«) = PNA (»protein equivalent of total nitrogen appearance«)	128
5.3	Strategien zur Optimierung der Dialysetherapie	128
5.3.1	Optimierung des Blutdrucks und des Sollgewichtes	128
5.3.2	Optimierung der Dialyse durch Verlängerung der Dialyседauer	129
5.3.3	Nächtliche Dialysebehandlung	129
5.3.4	Heimhämodialyse	133
5.3.5	Bessere Blutreinigung durch High-flux-Dialyse oder Hämodiafiltration?	134
5.4	Internet-Links	137
	Literatur	137
6	Akute Probleme während der Dialysebehandlung	139
6.1	Hämodynamische Instabilität	140
6.1.1	Intradialytische Hypertonie	140
6.1.2	Intradialytische Hypotonie	140
6.2	Andere häufige Komplikationen	142
6.3	Seltenerе Komplikationen	144
6.3.1	Dysäquilibriumssyndrom	144
6.3.2	Kardiale Arrhythmien	145
6.3.3	Intrakranielle Blutung	145
6.3.4	Luftembolie	145
6.3.5	Hämolyse	146
6.3.6	Obere gastrointestinale Blutung	146
6.3.7	Akutes Abdomen beim Dialysepatienten	146
6.3.8	Spontane Kolonperforation	147
6.3.9	Darmwandnekrosen durch Kaliumbinder	147
6.4	Bewusstlosigkeit und Herz-Kreislauf-Stillstand	148

6.5	Krampfanfall	148
6.6	Internet-Links	149
	Literatur	149
7	Management von Begleiterkrankungen des chronischen Dialysepatienten	151
7.1	Kardiovaskuläres System	153
7.1.1	Arterielle Hypertonie	153
7.1.2	Urämische Perikarditis bei chronischer Niereninsuffizienz	154
7.1.3	Koronare Herzerkrankung und Herzinsuffizienz	155
7.2	Blut und blutbildende Organe	156
7.2.1	Renale Anämie	156
7.2.2	Gerinnungsstörungen	156
7.2.3	Erythrozytose, Thrombozytose	157
7.3	Säure-Basen-Haushalt, Elektrolyte, Flüssigkeitshaushalt	157
7.3.1	Metabolische Azidose	157
7.3.2	Hyperphosphatämie	158
7.4	Gastrointestinale Störungen	158
7.4.1	Mund- und Rachenraum, Speiseröhre	158
7.4.2	Magen	158
7.4.3	Dünndarm	158
7.4.4	Dickdarm	159
7.4.5	Leber, Galle, Pankreas	159
7.4.6	Akutes Abdomen beim Dialysepatienten	159
7.5	Endokrinologische Störungen und Sexualfunktionsstörungen	159
7.5.1	Kohlenhydratstoffwechsel und Insulinmetabolismus	159
7.5.2	Störungen der Sexualfunktion	160
7.5.3	Kortisolmetabolismus	162
7.5.4	Hyperlipidämie	162
7.5.5	Schilddrüsenfunktion	162
7.6	Dermatologische Veränderungen in der Urämie	162
7.7	Neurologische Probleme	163
7.7.1	Zentrale neurologische Probleme	163
7.7.2	Periphere Polyneuropathie und Mononeuropathien	163
7.7.3	Mononeuropathien	164
7.8	Renale Osteopathie	166
7.8.1	Symptome	166
7.8.2	Knochenstoffwechsel bei chronischer Niereninsuffizienz	166
7.8.3	Einteilung	167
7.8.4	Diagnostik	170
7.8.5	Prophylaxe und Therapie	171
7.9	Dialyse-assoziierte β_2-Amyloidose	173
7.9.1	Therapie	173
7.10	Aluminiumtoxizität	174
7.10.1	Diagnostik	174
7.10.2	Therapie	174

7.11	Infektionen	174
7.11.1	Allgemeines	175
7.11.2	HIV-Infektion	176
7.11.3	Infektiöse Hepatitiden	176
7.11.4	Infektionen über den Gefäßzugang	177
7.11.5	Sonstige Infektionen	177
7.12	Impfungen	178
7.12.1	Hepatitis B	179
7.12.2	Pneumokokken und Influenza (H1N1)	179
7.12.3	Polio, Diphtherie und Tetanus	180
7.13	Internet-Links	180
	Literatur	180
8	Peritonealdialyse (PD)	183
8.1	Historische Entwicklung	185
8.2	Prinzip	185
8.2.1	Funktionelle Anatomie des Peritoneums	185
8.2.2	Transperitonealer Transport	186
8.2.3	Peritoneale Ultrafiltrations- und Transportkinetik	187
8.3	Material zur Durchführung	188
8.3.1	Lösungen (= Peritonealdialysate)	188
8.3.2	Puffer	188
8.3.3	Osmotika	189
8.3.4	Technik und Systeme	190
8.3.5	Peritonealdialysekatheter	191
8.4	Peritonealdialyseverfahren der Wahl	197
8.4.1	CAPD	197
8.4.2	Automatisierte PD (=APD)	198
8.4.3	Kontinuierliche, zyklische Peritonealdialyse (CCPD)	199
8.5	Quantifizierung	200
8.5.1	PET-Test zur Beurteilung von peritonealen Transporteigenschaften	200
8.5.2	Fast-PET	201
8.5.3	Soluta-Clearance	202
8.5.4	Natriumelimination	204
8.5.5	Laborparameter zur Beurteilung des Ernährungszustandes	204
8.6	Adäquate Peritonealdialyse mit Hilfe von PET und Soluta-Clearance	205
8.6.1	Kriterien	205
8.6.2	Einfluss des PET auf die Verordnung des PD-Regimes	206
8.7	Patienteneignung	207
8.7.1	Kontraindikationen	207
8.7.2	Vorteile der Peritonealdialyse gegenüber der Hämodialyse	208
8.7.3	Besondere Patientengruppen und deren Behandlung	208
8.8	Komplikationen	210
8.8.1	Peritonitis	210
8.8.2	Katheter-assoziierte Komplikationen	218
8.9	Besonderheiten bei Diät und Medikation	222
8.9.1	Beurteilung des Ernährungszustands	222

8.9.2	Adäquate Ernährung	222
8.9.3	Bedeutung der Kochsalzrestriktion	222
8.10	Internet-Links	223
	Literatur.....	223
9	Dialyse auf der Intensivstation	225
9.1	Indikationsstellung zur Nierenersatztherapie	226
9.1.1	Klassische Indikationen	226
9.1.2	Erweiterte Indikationen.....	226
9.2	Welche Verfahren: kontinuierlich oder intermittierend?	227
9.3	Dosierung der Nierenersatztherapie: Ist mehr besser?.....	227
9.4	Kontinuierliche Nierenersatzverfahren (CRRT).....	228
9.4.1	Kontinuierliche venovenöse Hämofiltration (CVVHF)	229
9.5	Hybridverfahren	231
9.6	Filter und Membranen bei kontinuierlichen Verfahren.....	232
9.7	Substitutionslösungen und Dialysierflüssigkeit	232
9.8	Gefäßzugänge	233
9.9	Antikoagulation bei CRRT	233
9.9.1	Heparin.....	233
9.9.2	Regionale Antikoagulation mit Heparin.....	234
9.9.3	Antikoagulationsfreie Durchführung der CRRT	234
9.9.4	Regionale Zitratantikoagulation.....	234
9.9.5	Prostazyklin.....	235
9.10	Hypothermie bei CRRT	235
9.11	Internet-Links	236
	Literatur.....	236
10	Dialyse bei speziellen Patientengruppen.....	237
10.1	Diabetiker.....	238
10.2	Schwangerschaft.....	238
10.3	Hochbetagte Patienten.....	239
10.4	Schmerztherapie.....	239
10.5	Chemotherapie	240
10.6	Dialyse und Kontrastmitteluntersuchung.....	241
10.6.1	Gadolinium	242
10.7	Internet-Links	243
	Literatur.....	243
11	Medikamente bei Dialyseverfahren.....	245
11.1	Pharmakokinetische Parameter	246
11.1.1	Medikamentendosierung bei eingeschränkter Nierenfunktion	246
11.1.2	Besonderheiten bestimmter Medikamentengruppen.....	248
11.1.3	Sekundärer Hyperparathyreoidismus und renale Osteopathie.....	256
11.1.4	Vitamine.....	260
11.2	Therapie der renalen Anämie.....	260
11.2.1	Erythropoese-stimulierende Faktoren (ESF), Erythropoetine	260
11.3	Internet-Links	267
	Literatur.....	267

12	Vorbereitung zur Nierentransplantation	269
12.1	Transplantationszeitpunkt	270
12.1.1	Vorteile der präemptiven Transplantation	270
12.2	HLA-Matching und Transplantatüberleben	270
12.2.1	Sensibilisierung	271
12.2.2	Serologische Testsysteme	272
12.3	Vorbereitung des Empfängers	272
12.3.1	Aufklärung und Information	272
12.3.2	Medizinische Evaluation	272
12.3.3	Update-Untersuchungen bei Wartelistenpatienten	274
12.4	Kriterien für die Zuteilung (= Allokation) von Nierenspenden	274
12.4.1	Gesetzliche Allokationskriterien	275
12.5	Auswahl von Empfänger und Spender	276
12.5.1	Eignung von Empfängern	276
12.5.2	Nierentransplantation bei älteren Patienten	277
12.5.3	Nierentransplantation beim Diabetiker	278
12.6	Nierenlebendspende	278
12.6.1	Eignung zur Lebendspende	279
12.6.2	ABO-inkompatible Nierenlebendspende	282
12.6.3	Psychologische Betreuung bei Nierenlebendspende	283
12.6.4	Nichtverwandte Lebendspender	283
12.6.5	Crossover-Spende	283
12.7	Immunologische Risikopatienten	284
12.8	Transplantationsgesetz und Organisation der Nieren- bzw. Organtransplantation in Europa	285
12.8.1	Einwilligungserklärung	285
12.9	Internet-Links	286
	Literatur	287
13	Ernährung von Dialysepatienten	289
13.1	Adäquate Ernährung bei Dialysebehandlung	290
13.1.1	Risiko der Malnutrition	290
13.1.2	Energiezufuhr	290
13.1.3	Kalium	292
13.1.4	Kalzium	293
13.1.5	Phosphat	293
13.1.6	Kochsalz und Natrium	295
13.1.7	Flüssigkeitszufuhr – Trinkmenge	296
13.1.8	Vitamine	297
13.1.9	Spurenelemente	297
13.2	Kontrolle des Ernährungszustands	298
13.2.1	Behandlung der Malnutrition	300
13.3	Internet-Links	300
	Literatur	301
14	Qualitätsmanagement (QM): Organisation der Dialysepraxis	303
14.1	Worin besteht der Nutzen von Qualitätsmanagement?	304
14.1.1	Gesetzliche Bestimmungen	305

14.2	Welche QM-Systeme gibt es?	305
14.3	Qualitätsmanagement in der Dialyse	305
14.3.1	Gesetzliche Bestimmungen	306
14.3.2	Aufbau eines QM-Handbuchs (QMH)	307
14.4	Ausstattung von Dialysezentren	310
14.4.1	Technische Ausstattung und ärztliche Qualifikation	310
14.4.2	Organisation	310
14.4.3	Räumliche Ausstattung	311
14.5	Apparative Ausstattung	314
14.6	Personelle Ausstattung	315
14.6.1	Qualifikation des Pflegepersonals	315
14.6.2	Quantitativer Personalbedarf	315
14.6.3	Ärztliches Personal	316
14.7	Internet-Links	316
	Literatur	316
15	Dosierung wichtiger Pharmaka bei Niereninsuffizienz	319
15.1	Hinweise zur Tabelle »Dosierung wichtiger Pharmaka«	320
15.2	Erläuterungen zur Tabelle »Dosierung wichtiger Pharmaka«	320
16	FAQ – Antworten kurz & knapp	387
16.1	Wofür steht die Abkürzung RIFLE?	388
16.2	Wie lauten Definition und Klassifikation der chronischen Niereninsuffizienz nach K/DOQI?	388
16.3	Wo liegen die Vorteile der CKD-EPI-Formel?	388
16.4	Was sind HCO-Membranen?	388
16.5	Wie funktioniert die Umkehrosmose (= »reverse osmosis«, RO)	388
16.6	Sind Mikrolecks gefährlich?	389
16.7	Lysetherapie von Katheterobstruktionen: wann beginnen?	389
16.8	Welchen Vorteil haben Shuntprothesen?	389
16.9	Was ist beim Heparin-Antidot-Protaminsulfat zu beachten?	389
16.10	Wie stelle ich unfraktioniertes auf fraktioniertes Heparin um?	389
16.11	Ist Double-Pool-Kt/V genauer als Single-Pool-Kt/V?	389
16.12	Verbessert die Nachtdialyse das Patientenüberleben?	390
16.13	Welche Patienten profitieren am meisten von High-flux-Dialysatoren?	390
16.14	CAPD-Katheter: Laparoskopisch oder chirurgisch implantieren?	390
16.15	Was versteht man unter Tidal-Peritonealdialyse (TPD)?	390
	Literatur	390
	Stichwortverzeichnis	391