

Steffen Geberth
Rainer Nowack

Praxis der Dialyse

Mit 69 Abbildungen und 88 Tabellen

Inhaltsverzeichnis

1	Indikationen zur Nierenersatz-		
	therapie	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 Nierenfunktions-		
	einschränkung	2	
1.2.2	Ursachen	6	
1.2.3	Indikationen zur Nierenersatztherapie		
	bei akutem Nierenversagen	7	
1.3	Chronische Niereninsuffizienz	8	
1.3.1	Der Patient mit chronischer Niereninsuffi-		
	zienz vor der Nierenersatztherapie	8	
1.3.2	Vorbereitung zur Nierenersatztherapie ...	14	
1.3.3	Indikationen zur Einleitung der		
	Nierenersatztherapie bei chronischer		
	Niereninsuffizienz	17	
	Internet-Links	21	
	Literatur	21	
2	Hämodialyse – technische		
	Komponenten	25	
2.1	Nierenfunktion als Vorbild der Dialyse	26	
2.2	Transportprozesse bei Hämodialyse	27	
2.2.1	(Ultra)-Filtration und konvektiver		
	Transport	27	
2.2.2	Diffusion	27	
2.2.3	Osmose	27	
2.2.4	Adsorption	28	
2.3	Dialysator/Hämofilter	28	
2.3.1	Aufbau der Dialysatoren	28	
2.3.2	Dialysemembran	30	
2.3.3	Biokompatibilität von Hämodialyse-		
	membranen	31	
2.3.4	Komplikationen der AN69-Membranen ..	32	
2.3.5	Leistungskriterien der Dialysatoren	33	
2.3.6	High-flux- und Low-flux-Dialysatoren	37	
2.3.7	Weiterentwicklung der Dialysatoren	37	
2.4	Dialysat	40	
2.4.1	Natrium	41	
2.4.2	Kalium	42	
2.4.3	Calcium	42	
2.4.4	Magnesium	42	
2.4.5	Chlorid	42	
2.4.6	Glukose	42	
2.4.7	Puffersubstanzen	43	
2.4.8	Substitutionslösungen für		
	Hämofiltration und Hämodiafiltration	44	
2.4.9	Wasseraufbereitung für die Dialyse	44	
2.5	Extrakorporaler Blutkreislauf	50	
2.5.1	Material des Schlauchsystems	51	
2.5.2	Blutpumpen	52	
2.5.3	Druckverhältnisse im extrakorporalen		
	Kreislauf	52	
2.6	Dialysatkreislauf	53	
2.6.1	Dialysatfluss	53	
2.6.2	Dialysatproduktion	53	
2.6.3	Erwärmung des Dialysats	54	
2.6.4	Dialysatentgasung	54	
2.7	Überwachung der Dialysebehandlung ...	54	
2.7.1	Überwachung im extrakorporalen		
	Blutkreislauf	54	
2.7.2	Überwachung der Dialysatherstellung ...	57	
2.8	Single-needle-Dialyse	62	
2.8.1	Einpumpenprinzip (Klick-Klack-System) ...	62	
2.8.2	Doppelpumpenbetrieb	63	
2.9	Hämodiafiltration (HDF)	65	
	Internet-Links	67	
	Literatur	67	
3	Gefäßzugang zur Hämodialyse (HD) ...	69	
3.1	Shaldon-Katheter als temporärer		
	Dialyse-Gefäßzugang	70	
3.1.1	Zugänge für Shaldon-Katheter	71	
3.1.2	Technik der Shaldon-Katheteranlage	72	
3.2	Getunnelte Dialysekatheter	74	
3.2.1	Aufbau	74	
3.2.2	Implantation	74	
3.3	Chronische Komplikationen der		
	Dialysekatheter	76	
3.3.1	Septikämien	76	
3.3.2	Katheterdysfunktion durch		
	Thrombosen	78	
3.3.3	Rezirkulation	80	
3.4	Arteriovenöse Zugänge	80	

3.4.1	Operationsplanung und präoperative Untersuchungen	80	5.2.2	Harnstoffkinetik als Maß für die Dialyседosis	117
3.4.2	Native arteriovenöse Fisteln	82	5.2.3	Dialysequalität und Ernährungsstatus	122
3.4.3	Prothesenshunts	83	5.2.4	PCR (»protein catabolic rate«) = PNA (»protein equivalent of total nitrogen appearance«)	122
3.5	Komplikationen des Gefäßzugangs	84	5.3	Strategien zur Optimierung der Dialysetherapie	122
3.5.1	Kardiale Folgen des AV-Shunts	84	5.3.1	Optimierung des Blutdrucks und des Sollgewichtes	122
3.5.2	Ischämie/Steal-Phänomen	84	5.3.2	Optimierung der Dialyse durch Verlängerung der Dialyседauer	123
3.5.3	Aneurysma/Pseudoaneurysma	85	5.3.3	Nächtliche Dialysebehandlung	124
3.5.4	Infektionen	86	5.3.4	Heimhämodialyse	127
3.5.5	Zentral-venöse Stenosen und Verschlüsse	87	5.3.5	Bessere Blutreinigung durch High-flux-Dialyse oder Hämodiafiltration?	129
3.5.6	Shuntverschlüsse	88		Internet-Links	131
3.5.7	Shunt-Stenosen	88		Literatur	131
3.5.8	Rezirkulation	90			
3.6	Monitoring der Shuntfunktionen	90	6	Akute Probleme während der Dialysebehandlung	133
3.6.1	Apparative Methoden	90	6.1	Hämodynamische Instabilität	134
3.7	Hinweise zur Shuntpunktion	91	6.1.1	Intradialytische Hypertonie	134
3.7.1	Vorbereitung	91	6.1.2	Intradialytische Hypotonie	134
3.7.2	Durchführung	91	6.2	Andere häufige Komplikationen	137
3.7.3	Entfernung von Dialysekanülen und Kompressionstechnik nach Abschluss der Hämodialysebehandlung	93	6.3	Seltener Komplikationen	138
	Literatur	94	6.3.1	Dysäquilibriumssyndrom	138
4	Antikoagulation	95	6.3.2	Kardiale Arrhythmien	139
4.1	Standard-Antikoagulation bei chronisch intermittierender Hämodialysebehandlung	96	6.3.3	Intrakranielle Blutung	139
4.1.1	Heparine	96	6.3.4	Luftembolie	139
4.1.2	Klinik und Diagnostik der HIT II	100	6.3.5	Hämolyse	140
4.1.3	HIT-4T-Score	102	6.3.6	Obere gastrointestinale Blutung	140
4.1.4	Heparin-gabe nach einer heparin-induzierten Thrombopenie?	102	6.3.7	Akutes Abdomen beim Dialysepatienten	140
4.1.5	Alternative Antikoagulanzen	103	6.3.8	Spontane Kolonperforation	141
4.2	Antikoagulation bei Patienten mit erhöhtem Blutungsrisiko	107	6.3.9	Darmwandnekrosen durch Kaliumbinder	141
4.2.1	Minimalheparinisierung	107	6.4	Bewusstlosigkeit und Herz-Kreislauf-Stillstand	141
4.2.2	»Heparinfreie« Dialyse	107	6.5	Krampfanfall	142
4.2.3	Regionale Antikoagulation	108		Internet-Links	143
	Internet-Links	110		Literatur	143
	Literatur	110	7	Management von Begleit-erkrankungen des chronischen Dialysepatienten	145
5	Praxis der Dialyseverschreibung	113	7.1	Kardiovaskuläres System	146
5.1	Die erste Dialysebehandlung	114	7.1.1	Arterielle Hypertonie	146
5.2	Optimierung der chronischen Dialysebehandlung	116			
5.2.1	Überragende Bedeutung der Behandlungsdauer	117			

7.1.2	Urämische Perikarditis bei chronischer Niereninsuffizienz	147	7.11	Infektionen	167
7.1.3	Koronare Herzerkrankung und Herzinsuffizienz	148	7.11.1	Allgemeines	167
7.2	Blut und blutbildende Organe	149	7.11.2	HIV-Infektion	169
7.2.1	Renale Anämie	149	7.11.3	Infektiöse Hepatitiden	169
7.2.2	Gerinnungsstörungen	149	7.11.4	Infektionen über den Gefäßzugang	170
7.2.3	Erythrozytose, Thrombozytose	149	7.11.5	Sonstige Infektionen	170
7.3	Säure-Basen-Haushalt, Elektrolyte, Flüssigkeitshaushalt	150	7.12	Impfungen	171
7.3.1	Metabolische Azidose	150	7.12.1	Hepatitis B	172
7.3.2	Hyperphosphatämie	151	7.12.2	Pneumokokken und Influenza (H1N1) ...	172
7.4	Gastrointestinale Störungen	151	7.12.3	Polio, Diphtherie und Tetanus	172
7.4.1	Mund- und Rachenraum, Speiseröhre	151		Internet-Links	173
7.4.2	Magen	151		Literatur	173
7.4.3	Dünndarm	151	8	Peritonealdialyse (PD)	175
7.4.4	Dickdarm	152	8.1	Historische Entwicklung	176
7.4.5	Leber, Galle, Pankreas	152	8.2	Prinzip	176
7.4.6	Akutes Abdomen beim Dialysepatienten	152	8.2.1	Funktionelle Anatomie des Peritoneums	176
7.5	Endokrinologische Störungen und Sexualfunktionsstörungen	152	8.2.2	Transperitonealer Transport	177
7.5.1	Kohlenhydratstoffwechsel und Insulinmetabolismus	152	8.2.3	Peritoneale Ultrafiltrations- und Transportkinetik	178
7.5.2	Störungen der Sexualfunktion	153	8.3	Material zur Durchführung	179
7.5.3	Kortisolmetabolismus	155	8.3.1	Lösungen (= Peritonealdialysate)	179
7.5.4	Hyperlipidämie	155	8.3.2	Puffer	179
7.5.5	Schilddrüsenfunktion	155	8.3.3	Osmotika	180
7.6	Dermatologische Veränderungen in der Urämie	155	8.3.4	Technik und Systeme	181
7.7	Neurologische Probleme	156	8.3.5	Peritonealdialysekatheter	182
7.7.1	Zentrale neurologische Probleme	156	8.4	Peritonealdialyseverfahren der Wahl	187
7.7.2	Periphere Polyneuropathie und Mononeuropathien	156	8.4.1	CAPD	187
7.7.3	Mononeuropathien	157	8.4.2	Automatisierte PD=APD	188
7.8	Renale Osteopathie	159	8.4.3	Kontinuierliche, zyklische Peritonealdialyse (CCPD)	189
7.8.1	Symptome	159	8.5	Quantifizierung	190
7.8.2	Knochenstoffwechsel bei chronischer Niereninsuffizienz	159	8.5.1	PET-Test zur Beurteilung von peritonealen Transporteigenschaften ...	190
7.8.3	Einteilung	160	8.5.2	Fast-PET	191
7.8.4	Diagnostik	163	8.5.3	Soluta-Clearance	193
7.8.5	Prophylaxe und Therapie	164	8.5.4	Natriumelimination	194
7.9	Dialyse-assoziierte β_2 -Amyloidose	166	8.5.5	Laborparameter zur Beurteilung des Ernährungszustandes	194
7.9.1	Therapie	166	8.6	Adäquate Peritonealdialyse und klinische Verschreibung auf Basis von PET und Soluta-Clearance	195
7.10	Aluminiumtoxizität	167	8.6.1	Kriterien	195
7.10.1	Diagnostik	167	8.6.2	Einfluss des PET auf die Verordnung des PD-Regimes	196
7.10.2	Therapie	167	8.7	Patienteneignung	197
			8.7.1	Kontraindikationen	197

8.7.2	Vorteile der Peritonealdialyse gegenüber der Hämodialyse	198	9.10	Hypothermie bei CRRT	225
8.7.3	Besondere Patientengruppen und deren Behandlung	198		Literatur	226
8.8	Komplikationen	200	10	Dialyse bei speziellen Patientengruppen/besondere Dialyseumstände	227
8.8.1	Peritonitis	200	10.1	Diabetiker	228
8.8.2	Katheterassoziierte Komplikationen	207	10.2	Schwangerschaft	228
8.9	Besonderheiten bei Diät und Medikation	211	10.3	Hochbetagte Patienten/Terminierung der Dialysebehandlung	229
8.9.1	Beurteilung des Ernährungszustands	211	10.4	Schmerztherapie	229
8.9.2	Adäquate Ernährung	211	10.5	Chemotherapie	230
8.9.3	Bedeutung der Kochsalzrestriktion	211	10.6	Dialyse und Kontrastmitteluntersuchung	231
	Internet-Links	212	10.6.1	Gadolinium	231
	Literatur	212		Internet-Links	232
9	Dialyse auf der Intensivstation	215		Literatur	232
9.1	Indikationsstellung zur Nierenersatztherapie	216	11	Medikamente bei Dialyseverfahren	233
9.1.1	Klassische Indikationen	216	11.1	Pharmakokinetische Parameter und ihre Veränderung durch Niereninsuffizienz	234
9.1.2	Erweiterte Indikationen	216	11.1.1	Medikamentendosierung bei eingeschränkter Nierenfunktion	234
9.2	Welche Verfahren: kontinuierlich oder intermittierend?	217	11.1.2	Besonderheiten bestimmter Medikamentengruppen	236
9.3	Dosierung der Nierenersatztherapie bei Intensivpatienten: Ist mehr besser?	217	11.1.3	Prophylaxe und Therapie von sekundärem Hyperparathyreoidismus und renaler Osteopathie	243
9.4	Kontinuierliche Nierenersatzverfahren (CRRT)	218	11.1.4	Vitamine	247
9.4.1	SCUF (»slow continuous ultrafiltration«) und CAVH (»continuous arterio-venous hemofiltration«)	218	11.2	Therapie der renalen Anämie	247
9.4.2	Kontinuierliche venovenöse Hämofiltration (CVVH)	219	11.2.1	Erythropoese-stimulierende Faktoren (ESF), Erythropoetine	247
9.5	Hybridverfahren zwischen intermittierender Dialysebehandlung und kontinuierlichen Nierenersatzverfahren	221		Internet-Links	255
9.6	Filter und Membranen bei kontinuierlichen Verfahren	222		Literatur	255
9.7	Substitutionslösungen und Dialysierflüssigkeit	222	12	Vorbereitung zur Nierentransplantation	257
9.8	Gefäßzugänge	223	12.1	Transplantationszeitpunkt	258
9.9	Antikoagulation bei CRRT	223	12.1.1	Vorteile der präemptiven Transplantation	258
9.9.1	Heparin	223	12.2	HLA-Matching und Transplantatüberleben	258
9.9.2	Regionale Antikoagulation mit Heparin	224	12.2.1	Sensibilisierung	259
9.9.3	Antikoagulationsfreie Durchführung der CRRT	224	12.2.2	Serologische Testsysteme	260
9.9.4	Regionale Zitratantikoagulation	224	12.3	Vorbereitung des Empfängers	260
9.9.5	Prostazyklin	225	12.3.1	Aufklärung und Information	260

12.3.2	Medizinische Evaluation	260	14.2	Welche QM-Systeme gibt es?	293
12.3.3	Update-Untersuchungen bei Wartelistenpatienten	261	14.3	Qualitätsmanagement in der Dialyse	293
12.4	Kriterien für die Zuteilung (= Allokation) von Nierenspenden	261	14.3.1	Gesetzliche Bestimmungen	293
12.4.1	Gesetzliche Allokationskriterien	262	14.3.2	Aufbau eines QM-Handbuchs (QMH)	295
12.5	Auswahl von Empfänger und Spender ...	263	14.4	Ausstattung von Dialysezentren	297
12.5.1	Eignung von Empfängern	263	14.4.1	Technische Ausstattung und ärztliche Qualifikation	298
12.5.2	Nierentransplantation bei älteren Patienten	265	14.4.2	Organisation	298
12.5.3	Nierentransplantation beim Diabetiker ..	265	14.4.3	Räumliche Ausstattung	299
12.6	Nierenlebenspende	266	14.5	Apparative Ausstattung	301
12.6.1	Eignung zur Lebenspende	266	14.6	Personelle Ausstattung	301
12.6.2	ABO-inkompatible Nierenlebenspende ..	270	14.6.1	Qualifikation des Pflegepersonals	301
12.6.3	Psychologische Betreuung bei Nierenlebenspende	270	14.6.2	Quantitativer Personalbedarf	302
12.6.4	Nichtverwandte Lebendspender	270	14.6.3	Ärztliches Personal	302
12.6.5	Crossover-Spende	271		Internet-Links	303
12.7	Immunologische Risikopatienten	271		Literatur	303
12.8	Transplantationsgesetz und Organisation der Nieren- bzw. Organ- transplantation in Europa	273	15	Dosierung wichtiger Pharmaka bei Niereninsuffizienz	305
12.8.1	Einwilligungserklärung	273	16	FAQ – Antworten kurz & knapp	371
	Internet-Links	274		Stichwortverzeichnis	375
	Literatur	274			
13	Ernährung von Dialysepatienten	277			
13.1	Adäquate Ernährung bei Dialysebehandlung	278			
13.1.1	Risiko der Malnutrition	278			
13.1.2	Energiezufuhr	278			
13.1.3	Kalium	280			
13.1.4	Calcium	281			
13.1.5	Phosphat	281			
13.1.6	Kochsalz und Natrium	283			
13.1.7	Flüssigkeitszufuhr – Trinkmenge	284			
13.1.8	Vitamine	285			
13.1.9	Spurenelemente	286			
13.2	Kontrolle des Ernährungszustands	286			
13.2.1	Behandlung der Malnutrition	288			
	Internet-Links	288			
	Literatur	289			
14	Qualitätsmanagement (QM): Organisation der Dialysepraxis	291			
14.1	Worin besteht der Nutzen von Qualitätsmanagement?	292			
14.1.1	Gesetzliche Bestimmungen	293			