

Daniel Heise

# Kontinuierliche Nierenersatz- verfahren auf der Intensivstation

Verstehen und differenziert  
anwenden

 Springer

---

# Kontinuierliche Nierenersatzverfahren auf der Intensivstation

---

Daniel Heise

# Kontinuierliche Nierenersatzver- fahren auf der Intensivstation

Verstehen und differenziert  
anwenden

 Springer

Daniel Heise  
Klinik für Anästhesiologie  
Universitätsmedizin Göttingen  
Göttingen, Deutschland

ISBN 978-3-662-63025-9      ISBN 978-3-662-63026-6 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-63026-6>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert durch Springer-Verlag GmbH, DE, ein Teil von Springer Nature 2021

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung der Verlage. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Umschlaggestaltung: deblik Berlin

Planung: Anna Krätz

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

---

## Vorwort

Kontinuierliche Nierenersatzverfahren sind seit Jahrzehnten ein fester Bestandteil der modernen Intensivmedizin und heutzutage aus der Behandlung kritisch kranker Patienten kaum noch wegzudenken. Seit den ersten „Blutwäschen“ zu Beginn des 20. Jahrhunderts hat das Wissen auf dem Gebiet der Nierenersatztherapie in erheblichem Umfang zugenommen. Die praktische Anwendung der Geräte wurde im Laufe der Zeit durch die stetige technische Weiterentwicklung immer einfacher, so dass heute nahezu jede Intensivstation über die Möglichkeit verfügt, Patienten mit akutem Nierenversagen effektiv zu therapieren. Die weite Verbreitung von Geräten zur Nierenersatztherapie hat zur Folge, dass Nierenersatzverfahren häufig auch von nicht-Nephrologen auf Intensivstationen angewendet werden.

Bislang gültiges medizinisches Wissen wird oft durch neuere, evidenzbasierte Erkenntnisse aus der klinischen Forschung abgelöst, und so sind auch die medizinisch-therapeutischen Aspekte der Nierenersatztherapie (z.B. Indikationen, Therapie-dauer und -verfahren etc.) einem stetigen Wandel unterworfen. Die zugrundeliegenden physikalischen Prinzipien der Nierenersatztherapie wie Diffusion und Konvektion im Gegenstromverfahren bleiben in ihren Grundzügen jedoch trotz aller technischen Weiterentwicklungen und neu gewonnener medizinischer Erkenntnisse naturgemäß unverändert.

Ziel des vorliegenden Buches ist in erster Linie die Vermittlung von Wissen über die grundlegenden Prinzipien und Funktionsweisen moderner Nierenersatzverfahren; klinisch

orientierte Informationen werden vor dem Hintergrund ihres beständigen Wandels dagegen bewusst auf ein Minimum reduziert. Ein solides Verständnis der unterschiedlichen Therapieformen, ihrer Funktionsweisen und ihrer Vor- und Nachteile bildet jedoch die Grundlage dafür, die aktuell gültigen klinischen Empfehlungen zu verstehen, sie im Einzelfall zu überprüfen, gegebenenfalls zu modifizieren und in der intensivmedizinischen Praxis in optimale Therapiekonzepte umzusetzen.

Daniel Heise

---

## Danksagungen

Für die kreative und professionelle Umsetzung meiner Ideen bei der Erstellung der Abbildungen möchte ich mich herzlich bei Herrn Michael Hoffmann von MedicalGraphics bedanken, sowie bei Herrn PD Dr. Marcus Frank vom Elektronenmikroskopischen Zentrum der Universitätsmedizin Rostock für die unbürokratische Erstellung der in diesem Buch verwendeten elektronenmikroskopischen Aufnahmen.

Mein besonderer Dank gilt darüber hinaus meinem langjährigen beruflichen Wegbegleiter Dr. Tassilo Kunzmann und Herrn PD Dr. Orfeas Liangos, die mein Manuskript mit dem kritischen Blick des erfahrenen Nephrologen gegengelesen und an der einen oder anderen Stelle mit konstruktiven Verbesserungsvorschlägen versehen haben.

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Historische Entwicklungen</b> .....	1
1.1	Eine kleine Zeitreise .....	1
<b>2</b>	<b>Bewährt bis in die Gegenwart: Kontinuierliche Hämofiltration</b> .....	9
2.1	Erste kontinuierliche Nierenersatztherapie .....	9
2.2	Technische Weiterentwicklungen .....	11
2.2.1	Blutpumpe .....	12
2.2.2	Filtratpumpe .....	13
2.2.3	Substitutionslösung .....	14
2.3	Einfluss der Molekülgröße auf den Filtrationsprozess .....	17
	Literatur .....	18
<b>3</b>	<b>Kenngroßen der Nierenersatztherapie</b> .....	19
3.1	Entzug und Therapedosis: Bitte nicht verwechseln! .....	19
3.2	Entzug .....	20
3.3	Therapedosis .....	22
3.4	Und welcher Blutfluss QB? .....	25
3.5	Prädilution: Kompromiss zwischen Filterstandzeit und Entgiftungsleistung .....	27
3.6	Zusammenfassung kontinuierliche veno-venöse Hämofiltration (CVVH) .....	31
	Literatur .....	32

<b>4</b>	<b>Dialyse: Austausch ohne Strömung</b> .....	33
4.1	Diffusion als Grundprinzip .....	33
4.1.1	Selektive Diffusion .....	35
4.1.2	Kontinuierliche Diffusion im Gegenstromprinzip .....	36
4.2	Therapiedosis einer Hämodialyse .....	39
4.3	Entzug .....	39
4.4	Einfluss der Molekülgröße auf den Diffusionsprozess .....	41
4.5	Zusammenfassung kontinuierliche venovenöse Hämodialyse (CVVHD) .....	42
<b>5</b>	<b>Best of both worlds: Hämodiafiltration</b> .....	45
5.1	Von der Hämodialyse mit Entzug zur Hämodiafiltration .....	45
5.2	Therapiedosis .....	47
5.3	Entzug .....	48
5.4	Zusammenfassung kontinuierliche venovenöse Hämodiafiltration (CVVHDF) .....	50
<b>6</b>	<b>Sauer macht lustig: Zitratantikoagulation</b> .....	51
6.1	Antikoagulation bei kontinuierlichen Nierenersatzverfahren .....	51
6.2	Funktionsweise .....	52
6.3	Effektivität der Antikoagulation .....	56
6.4	Blut-pH .....	57
6.4.1	Metabolische Azidose .....	57
6.4.2	Metabolische Alkalose .....	58
6.5	Systemisches Calcium .....	60
6.6	Zitrat-Zugabe: Eine Art Prädilution .....	61
6.7	Zitrat-Antikoagulation bei Leberinsuffizienz .....	63
6.8	Zusammenfassung Zitrat-Antikoagulation .....	65
	Literatur .....	66
<b>7</b>	<b>Under Pressure: Druckparameter der Nierenersatztherapie</b> .....	67
7.1	Druck, Fluss und Widerstand .....	67
7.1.1	Abnahme- oder Zugangsdruck .....	69
7.1.2	Präfilter-Druck .....	70