Persönliche PDF-Datei für
Jan T. Kielstein, Gabriele Eden

Mit den besten Grüßen vom Georg Thieme Verlag www.thieme.de

Nierenersatztherapie auf der Intensivstation

DOI 10.1055/a-1148-1393
klinikarzt 2020; 49: 192–197

Dieser elektronische Sonderdruck ist nur für die Nutzung zu nicht-kommerziellen, persönlichen Zwecken bestimmt (z. B. im Rahmen des fachlichen Austauschs mit einzelnen Kollegen und zur Verwendung auf der privaten Homepage des Autors). Diese PDF-Datei ist nicht für die Einstellung in Repositorien vorgesehen, dies gilt auch für soziale und wissenschaftliche Netzwerke und Plattformen.

Verlag und Copyright:
© 2020 by
Georg Thieme Verlag KG
Rüdigerstraße 14
70469 Stuttgart
ISSN 0341-2350

Nachdruck nur
mit Genehmigung
des Verlags

Thieme

Demeter Verlag

Nierenersatztherapie auf der Intensivstation

Beginn der Einleitung, Krankheitsdynamik und therapeutisches Konzept

Jan T. Kielstein, Gabriele Eden
Medizinische Klinik V – Nephrologie | Rheumatologie | Blutreinigungsverfahren, Städtisches Klinikum Braunschweig

Bibliografie
10.1055/a-1148-1393

ZUSAMMENFASSUNG
Die akute Nierenschädigung tritt heute vor allem bei Intensivpatienten nach großen operativen Eingriffen, mit Sepsis oder im Rahmen des Versagens eines oder mehrerer anderer Organe auf. Intensivpatienten, die einer Nierenersatztherapie bedürfen, haben eine Krankenhausmortalität von ca. 60 %. Der Zeitpunkt des Beginns der Nierenersatztherapie ist Gegenstand zahlreicher Studien gewesen. Zu den hartnäckigsten Legenden in der Medizin zählt jene zum Harnstoff-Schwellenwert, der die Notwendigkeit einer Nierenersatztherapie anzeigen soll. Zwei rezente Arbeiten zeigen, dass allein ein durch den Laborwert getriggerter Dialysebeginn, z. B. Erfüllung der AKIN-3-Kriterien, dazu führt, dass knapp die Hälfte der Patienten eine Dialysetherapie bekommen, die sie nicht benötigt. Bezüglich der Dosis der Nierenersatztherapie konnte eine Meta-Analyse belegen, dass neben einem fehlenden Vorteil einer hohen Intensität der Nierenersatztherapie auf die Mortalität sogar die Wiederaufnahme der Nierenfunktion verzögert wird. Unter der hohen Dosis der heutzutage eingesetzten Nierenersatzverfahren kommt es auch zur vermehrten Elimination von Elektrolyten, Nährstoffen und Antibiotika, denn die Anpassung von Antibiotika an die Intensität der Nierenersatztherapie ist schwierig. Für die Behandlung der akuten Nierenschädigung stehen mehrere Nierenersatzverfahren zur Verfügung: die klassische intermittierende Hämodialyse, die kontinuierliche Nierenersatztherapie (CVVH), die verlängerte tägliche Dialyse (PIRRT/SLED/GENIUS-Dialyse) und die Peritonealdialyse. Trotz intensiver Forschungsbemühungen in diesem Gebiet gibt es bisher keine Studie, die die Überlegenheit eines dieser Verfahren in Bezug auf die Mortalität oder renale Endpunkte wie z. B. die Wiederaufnahme der Nierenfunktion belegen. Gegenwärtig gibt es auch keinen Konsens bezüglich der Kriterien für die Beendigung der Nierenersatztherapie. Die Menge des Urins scheint jedoch ein guter Parameter zu sein, auch die Höhe des Kreatininanstieges in der RRT-Pause (RRT: renal replacement therapy) oder die 6-h-Kreatininclearance eignen sich als Prädiktor für den erfolgreichen Auslass der Nierenersatztherapie.

75 Jahre Nierenersatztherapie auf der Intensivstation

Am 11. September 2020 jährt sich die erste erfolgreiche Dialysebehandlung durch den Niederländer Willem Kolff zum 75. Mal [1]. Mittlerweile ist das erste Dialysegerät, welches aus einer mit Wurstpelle umwickelten Holztrommel bestand, die sich durch eine Wanne mit einer Elektrolytlösung drehte, Hight-tech-Geräten mit automatischer Bilanzierung und Antikoagulation mit Citrat gewichen – Cellophan wird noch nicht einmal mehr genutzt, um die biokompatiblen Polysulfonmembranen zu verpacken. Dennoch bleiben auch nach einem ¾ Jahrhundert der Nierenersatztherapie kritisch kranker Patienten viele Fragen offen. Gesichert ist lediglich die Zunahme von Patienten mit akuter Nierenschädigung, die einer Nierenersatztherapie bedürfen. Gut belegt sind auch die erheblichen finanziellen Implikationen für das Gesundheitssystem. Patienten mit akutem Nierenversagen (AKI: akute kidney injury) bleiben länger im Krankenhaus und benötigen mehr diagnostische und therapeutische Maßnahmen [2]. Die akute Nierenschädigung ist und bleibt aber auch „nicht selten Folge eines gerechtfertigten ärztlichen Bemühens, gelegentlich auch einmal Folge eines ärztlichen Versagens“ [3] – eine treffende Formulierung von Curd Moeller aus dem Jahre 1956. Im Gegensatz zu den 1950er Jahren betrifft die akute Nierenschädigung heute aber vor allen Dingen Intensivpatienten nach großen operativen Eingriffen, mit Sepsis oder im Rahmen des Versagens eines oder mehrerer anderer Organe [4]. Intensivpatienten, die einer Nierenersatztherapie bedürfen, haben eine Krankenhausmortalität von ca. 60 %. Daher gibt es in einigen Häusern bereits elektronische Warnsysteme, teilweise sogar mit dem automatischen Auslösen eines nephrologischen Konsiles [5]. Dieses Vorgehen scheint bisher jedoch nicht zwingend zu einer Verbesserung der Mortalität zu führen [6] wobei jedoch in einzelnen Zentren die Verweildauer reduziert werden konnte [7].

Nierenstress und Nephrologen-Stress

Neben dem Begriff „akute Nierenschädigung“ versuchen einige Autoren auch den Begriff „akuter Nierenstress“ in die Diskussion einzubringen [34]. Auch Nephrologen in der Klinik fühlen sich häufig gestresst [8]. Eine Ursache hierfür ist sicherlich die Tatsache, dass wir auf einige simpel erscheinende Fragen immer noch keine Antworten haben. Wann leiten wir eine Nierenersatztherapie ein? Welches

Elektronischer Sonderdruck zur persönlichen Verwendung

Verfahren nutzen wir? Mit welcher Intensität sollten wir behandeln? Wann kann die Nierenersatztherapie wieder gestoppt werden? Noch komplexer wird es durch die Verquickung mit ökonomischen Aspekten, die zunehmend unser Gesundheitssystem dominieren. Die (arbeitsintensive) Vermeidung einer Nierenersatztherapie wird im Gegensatz zu einer Nierenersatztherapie nicht vergütet.

Dialyse oder nicht-Dialyse – das ist hier die Frage

Der Zeitpunkt des Beginns der Nierenersatztherapie ist Gegenstand zahlreicher Studien gewesen. Zu den hartnäckigsten Legenden in der Nephrologie zählt jene zum Harnstoff-Schwellenwert, der die Notwendigkeit einer Nierenersatztherapie anzeigen soll. Die ominösen 200 mg/dl Harnstoff ist eine Zahl, die man sich gut merken kann, eine wissenschaftliche Evidenz für diesen Grenzwert gibt es jedoch nicht. Es sei an dieser Stelle daran erinnert, dass Haie mit einem Harnstoffgehalt von 3000 mg/dl (500 mmol/l) im Blut sehr fidel sind [9]. Zwei rezente Arbeiten zeigen, dass allein ein durch den Laborwert getriggerter Dialysebeginn, z. B. Erfüllung der AKIN-3-Kriterien, dazu führt, dass knapp die Hälfte der Patienten eine Dialysetherapie bekommen, die sie nicht benötigt. Die erste Studie, eine multizentrische Studie (AKIKI) aus Frankreich, untersuchte bei 620 Patienten, ob beatmete und/oder Katecholaminpflichtige Patienten mit AKI 3 einen Überlebensvorteil haben, wenn sie entweder sofort nach Diagnose eines AKI 3 einer Nierenersatztherapie unterzogen werden („early strategy“) oder man zusätzlich auf Dinge wie eine K + ↑ ; pH < 7,15 ; Volumen ↑ ; > 72 h Oligurie oder BUN > 112 mg/dl wartet („late strategy“) [10]. Die Mortalität in beiden Gruppen unterschied sich nicht, jedoch war die Rate an Katheterinfekten und Hypophosphatämien in der „early strategy“-Gruppe signifikant höher als in der „delayed strategy“-Gruppe.

Diese Ergebnisse wurden in einer anderen multizentrischen Studie an 488 septischen Patienten bestätigt. Erneut wurde eine frühzeitige Dialyse (innerhalb von 12 Stunden nach Dokumentation von AKI 3) mit Patienten verglichen, die erst bei fehlender renaler Erholung nach 48 Stunden dialysiert wurden. Die Studie wurde nach der zweiten geplanten Interimsanalyse vorzeitig abgebrochen, da die 90-Tage-Sterblichkeit gleich war (58 % in der „early“- und 54 % in der „late“-Gruppe waren verstorben. Interessant war, dass 38 % der Patienten in der „late“-Gruppe keine Nierenersatztherapie benötigten [11]. Zum gleichen Ergebnis kam auch eine rezente Meta-Analyse [12].

Die Internationalen Guidelines von KDIGO fassen die Indikation für den Beginn einer Nierenersatztherapie wie folgt zusammen: “Eine Nierenersatztherapie sollte notfallmäßig dann begonnen werden, wenn lebensbedrohliche Veränderungen des Flüssigkeits-, Elektrolyt- oder Säure-Basenhaushaltes bestehen. Für die Entscheidung, eine Nierenersatztherapie zu beginnen, sollten der klinische Kontext, die durch die Nierenersatztherapie zu verändernden Zustände und der Trend der Laborbefunde in Betracht gezogen und nicht ein singulärer Schwellenwert für Harnstoff oder Kreatinin.“ [13].

Aspekte, die in Guidelines nie erwähnt werden, sind leider personelle und apparative Ressourcen. Wenn sehr viele mit Corona-Virus Erkrankte auf dem Weg in Ihr Krankenhaus sind, ist es sinnvoll, die Nierenersatztherapie noch zu starten, solange Personal und/oder entsprechende Gerätschaften verfügbar sind.

Etablierte Indikationen zur Einleitung einer Nierenersatztherapie finden sich in der ▶ **Textbox 1**. Augenmerk ist hierbei auf das Wort „therapierefraktär“ zu legen. Manchmal reicht es, den Kaliumperfusor auszustellen und den Tomatensaft wegzustellen, um die Hyperkaliämie zu therapieren. Auch sollte bei einer diabetischen Ketoazidose Insulin gegeben werden und keine Dialyse stattfinden, so wie es manchmal doch noch passiert.

TEXTBOX1: INDIKATIONEN ZUR EINLEITUNG EINER AKUTDIALYSE

1. Therapierefraktäre metabolische Azidose
2. Therapierefraktäre Hyperkaliämie
3. Therapierefraktäre Hypervolämie
4. Urämie
5. Intoxikation mit dialysabler Substanz (https://www.extrip-workgroup.org)
6. Hyperkalziämie

Dosis der Nierenersatztherapie – das Aus für Klementine

Von 1968 bis 1986 prägte die Kunstfigur Klementine, eine burschikose Anlagenmechanikerin für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik (fka Klempnerin) mit rot-weiß kariertem Hemd, weißer Latzhose und einer weißen Schirmmütze eine ganze Generation in Bezug auf deren Reinheitsideal. „Ariel wäscht nicht nur sauber, sondern (porentief) rein“ war der Merksatz, den Klementine für ihren Arbeitgeber Procter & Gamble einem Millionenpublikum ins kollektive Gedächtnis schrieb. Auch bei der Dosis der Nierenersatztherapie war lange Zeit das Ziel, das Blut nicht nur sauber, sondern rein zu waschen. Schiffl et al. zeigten in einer kleineren Studie (n = 160) für die intermittierende Dialyse bei Patienten mit dialysepflichtiger akuter Nierenschädigung, dass eine Behandlung 3-mal wöchentlich mit einem Kt/V von 3,0/Woche (Nota bene: das geforderte Kt/V für chronisch stabile Hämodialysepatienten liegt bei 4,2/Woche) gegenüber einer täglichen Dialyse (6 × pro Woche; Kt/V 5,8/Woche) mit einer erhöhten Mortalität assoziiert ist [14]. Ronco et al. hatten bereits 2 Jahre früher gezeigt, dass das Überleben von Patienten mit konti-

Elektronischer Sonderdruck zur persönlichen Verwendung

nuierlicher Behandlung (CVVH; n = 425) besser war, wenn die Austauschrate 35 oder 45 ml/kg KG/h statt 20 ml/kg KG/h betrug [15]. Bei septischen Patienten propagierte Ronco die Dosis der Nierenersatztherapie bis auf 85 ml/kg KG/h zu erhöhen. Im Jahre 2008 erschien die erste von 3 Studien, die alle eine unerwartete Antwort auf die Frage nach der Dosis der Nierenersatztherapie brachten. Das VA/ATN-trial konnte bei 1124 Patienten mit AKI keinen Unterschied im Überleben in Abhängigkeit von der Dosis feststellen. Dies galt für intermittierende Hämodialyse ebenso wie für CVVH (kontinuierliche veno-venöse Hämofiltration) und die verlängerte tägliche Dialyse (prolonged intermittent renal replacement therapy PIRRT) [16]. Tolwani et al. verglichen bei 200 Patienten high-dose- mit normaler CVVHDF (kontinuierliche veno-venöse Hämodiafiltration) und fanden ebenfalls keinen Unterschied im Überleben [17]. Auch in der dritten Studie, der Hannover-Dialysis-Outcome (HAND-OUT)-Studie konnten wir bei 156 Patienten keinen Überlebensvorteil einer intensiven extended dialysis mit einem Harnstoffziel von < 90 mg/dl (< 15 mmol/l) gegenüber einer intensified extended dialysis mit einem Harnstoffziel von 120–150 mg/dl (20–25 mmol/l) zeigen [18]. Abschließend bestätigte sich der fehlende Vorteil einer Hochdosis-Nierenersatztherapie durch die RENAL-Studie [19]. Eine Meta-Analye konnte zudem zeigen, dass neben einem fehlenden Vorteil einer hohen Intensität der Nierenersatztherapie auf die Mortalität sogar die Wiederaufnahme der Nierenfunktion verzögert wird [20]. Aktuelle Empfehlungen der Sektionen „Niere“ der DGIIN, ÖGIAIN und DIVI zur extrakorporalen Nierenersatztherapie bei akuter Nierenschädigung finden sich hier [21].

Vielleicht sind Kreatinin und Harnstoff aber auch die falschen Zielparameter. Nicht nur bei Waschmaschinen spielt die Wasserbilanz eine große Rolle, sondern auch bei der Blutwaschmaschine – also der Nierenersatztherapie. Ein Anstieg des Körpergewichtes bei Intensivpatienten um > 10 % geht mit einer erhöhten Rate an Mortalität und (dauerhafter) renaler Schädigung einher [22]. Der Wasserverbrauch einer Waschmaschine wird heute auf das Gewicht der Wäsche bezogen. Eine sehr wassersparsame Waschmaschine kommt mit ca. 6 Litern pro Kilogramm Wäsche aus. Auch die Flüssigkeitsbilanz von Intensivpatienten sollte idealerweise als prozentualer Anstieg des Körpergewichts, also ebenfalls bezogen auf das Gewicht, erfasst werden. Gegenwärtig wird in der POINCARE-2-Studie prospektiv überprüft, ob Maßnahmen zur Vermeidung einer Positivbilanzierung bei kritisch kranken Patienten die Mortalität senken, so wie es gegenwärtig aufgrund retrospektiver Studien vermutet wird [24]. Es ist also möglich, dass wir bald neben der fluid challenge auch eine ultrafiltration challange auf der Intensivstation praktizieren. Eine rezente post-hoc-Analyse der RENAL-Studie legt jedoch die Vermutung nahe, dass der Flüssigkeitsentzug pro Stunde und kg KG nicht ad libidum gesteigert werden sollte [23].

Dosis 2.0 – Dosierung von Antiinfektiva unter Nierenersatztherapie

Unter der hohen Dosis der heutzutage eingesetzten Nierenersatzverfahren kommt es auch zur vermehrten Elimination von Elektrolyten, Nährstoffen und Antibiotika, denn die Anpassung von Antibiotika an die Intensität der Nierenersatztherapie ist schwierig. Aufgrund eines höheren Verteilungsvolumens (fluid rescucitation, capillary leak) oder einer Hypalbuminämie kann die wirksame Konzentration eines Antibiotikums deutlich vermindert sein. Bei einem Nierenfunktionsverlust wird das Problem noch komplexer und die Dosierung der Antibiotika noch schwieriger, da nur bei wenigen Antibiotika die Möglichkeit des therapeutischen drug monitorings (TDM) besteht. Alte Dosierungsrichtlinien beruhen jedoch (auch in aktuellen Auflagen) auf Nierenersatzverfahren mit nicht mehr eingesetzten Filtern und reduzierten Dialyseintensitäten aus den 1960er und 1970er Jahren und sind somit meist nicht mehr zutreffend. Damit besteht die Gefahr der Unterdosierung der Antibiotika durch die Elimination während der Nierenersatztherapie. Im Rahmen mehrerer rezenter Studien konnte bestätigt werden, dass teilweise das Doppelte [24] bis zum 10-fachen [25] der empfohlenen Dosis eingesetzt werden muss. Kein Mensch würde auf die Idee kommen, eine Schallplatte mit einer i-watch abspielen zu wollen und dennoch benutzen wir Dosierungsrichtlinien aus der Zeit der Schallplatte für Nierenersatzverfahren der i-watch-Ära [26]. Aktuelle Empfehlungen der Sektionen Niere der DGIIN, ÖGIAIN und DIVI zur Dosierung von Antiinfektiva bei Nierenversagen und Nierenersatztherapie in der Intensivmedizin finden sich hier [27].

Hypophosphatämie Marker des Renal Repalcement Traumas

Hypophosphatämie ist definiert als ein Serumphosphat < 0,81 mmol/l. Je nach Serumspiegel wird der Schweregrad als mild (0,62–0,81 mmol/l), moderat (0,32–0,61 mmol/l) oder schwerwiegend (< 0,32 mmol/l) eingeteilt. Septische Patienten haben in bis zu 80 % eine Hypophosphatämie [28]. Eine extrem hohe Rate an Hyophosphatämien findet man auch bei Traumapatienten und Brandverletzten [29]. Auch in der Frühphase nach Operationen wird häufig eine Hypophosphatämie beobachtet [30].

Während sich die Nephrologen in der chronischen Dialysetherapie mit Calcium, seltenen Erden und Kunststoffen um die Senkung des Phosphates bemühen, kann bei der Nierenersatztherapie auf der Intensivstation bereits 12 Stunden nach dem Beginn eine Hypophosphatämie beobachtet werden [31]. Die Rate der Hypophosphatämie betrug in der ATN-Studie 17,6 % [16], in der RENAL-Studie sogar 65 % [19]. In einigen Zentren gehört daher die Substitution von Phosphat (0,1–0,2 mmol/kg KG/d) zum Routineprotokoll während der Nierenersatztherapie, da bekannt ist, dass Hypophosphatämie die Entwöhnung von

Elektronischer Sonderdruck zur persönlichen Verwendung

der maschinellen Beatmung verlängert [32] und die Sterblichkeit erhöht [33]. Bei Nachweis einer Hypophosphatämie sollte daher neben der Ernährung auch die Antibiotikadosierung überprüft werden.

IHD, CVVH, SLED, PD – Nierenersatzverfahren bei akuter Nierenschädigung

Für die Behandlung der akuten Nierenschädigung stehen mehrere Nierenersatzverfahren zur Verfügung. Diese beinhalten die klassische intermittierende Hämodialyse, wie sie auch im ambulanten Bereich durchgeführt wird, die kontinuierliche Nierenersatztherapie (CVVH), die verlängerte tägliche Dialyse (PIRRT/SLED/GENIUS-Dialyse) und die Peritonealdialyse.

Trotz intensiver Forschungsbemühungen in diesem Gebiet gibt es bisher keine Studie, die die Überlegenheit eines dieser Verfahren in Bezug auf die Mortalität oder renale Endpunkte wie z. B. die Wiederaufnahme der Nierenfunktion belegen.

Die intermittierende Dialyse wird wegen der Personalintensität (1:1-Betreuung) nur noch selten im Intensivbereich durchgeführt. Um hierunter eine Kreislaufstabilität trotz hoher Ultrafiltrationsrate pro Stunde zu ermöglichen, ist eine liebevolle Optimierung von Dialysattemperatur, Dialysatnatrium etc. notwendig [34]. Bei speziellen Indikationen wie z. B. der Methanolvergiftung sollte jedoch auf jeden Fall eine intermittierende Dialyse durchgeführt werden [35]. Nach wie vor gilt die kontinuierliche Nierenersatztherapie (CVVH) bei kreislaufinstabilen Patienten als Methode der Wahl, obwohl prospektiv randomisierte Studien im Vergleich zur GENIUS-Dialyse weder eine bessere Kreislaufstabilität (bei gleichem Volumenentzug in 24 h) [31], noch eine geringere Mortalität nachgewiesen haben [36]. Ebenso wie bei der chronischen Dialysetherapie führt die Peritonealdialyse auch im Intensivbereich ein stiefmütterliches Dasein – zumindest außerhalb der Pädiatrie. Ursache hierfür ist, dass es nur wenige Vergleichsstudien zu anderen Dialyseverfahren gibt. Eine sehr hoch publizierte Studie aus Vietnam verglich die Peritonealdialyse mit der CVVH bei vorwiegend an Malaria erkrankten Patienten [37]. Für die höhere Mortalität in der PD-Gruppe gibt es viele methodologische Erklärungen (selbst hergestelltes Peritonealdialysat, starre PD-Katheter, positiver Effekt von Heparin in der CVVH-Gruppe), sodass sich die Ergebnisse sicherlich nicht auf die heutige Intensivmedizin in Europa übertragen lassen. Eine neuere Studie aus Brasilien fand keinen Unterschied im Outcome zwischen high-volume-Peritonealdialyse und verlängerter täglicher Hämodialyse [38]. Eine Meta-Analyse von 6 Studien mit 484 Patienten fand ebenfalls keine Unterlegenheit der Peritoenaldialyse gegenüber extrakorporalen Nierenersatzverfahren [39]. Expertise und Verfügbarkeit lassen dieses Verfahren jedoch zur Ausnahme auf den Intensivstationen in Deutschland werden. Es sollte zumindest keine Umstellung des Dialyseverfahrens bei chronischen PD-Patienten auf der Intensivstation durchgeführt werden, um ein „besseres“ Verfahren zu verwenden.

Mach mal Pause – Wann sollte die Nierenersatztherapie pausiert werden?

Wann sollte die Nierenersatztherapie pausiert werden? Gegenwärtig gibt es keinen Konsens bezüglich der Kriterien für die Beendigung der Nierenersatztherapie [40]. Die Menge des Urins scheint jedoch ein guter Parameter für die Beendigung der Nierenersatztherapie zu sein. Bei Urinmengen von > 400 ml/d (ohne Diuretika) oder ca. 2000 ml/d mit Diuretika kann über die Pausierung einer Nierenersatzterapie nachgedacht werden [41]. Auch die Höhe des Kreatininanstieges in der RRT-Pause oder die 6-h-Kreatininclearance eignen sich als Prädiktor [42] für den erfolgreichen Auslass der Nierenersatztherapie.

Die Niere vergisst nicht – AKI als Ausgangspunkt für CKD

In einer Untersuchung war die Notwendigkeit zur Dialyse im Rahmen einer akuten Nierenschädigung mit einem 28-fach erhöhten Risiko einer hochgradigen Nierenschädigung (CKD 4/5) assoziiert [43], was vermutlich mit der Destruktion von tubulointerstitiellen Strukturen zusammenhängt. Die ambulante nephrologische Nachbetreuung nach Entlassung aus dem Krankenhaus mindert die Mortalität immerhin um 24 % [44].

KURZZUSAMMENFASSUNG

1. Weder Harnstoff noch Haribo-Bären spielen eine Rolle für den Beginn der Nierenersatztherapie. Krankheitsdynamik und therapeutisches Konzept, die Verfügbarkeit von Personal und Maschinen sind wichtiger als einzelne Laborwerte.
2. Das beste Nierenersatzverfahren ist das, in dem sich das Personal auskennt. Die Überlegenheit eines Verfahrens gegenüber einem anderen Verfahren ist bisher nicht belegt.
3. Die Dialysedosis sollte bei CVVH 25 ml/kg KG pro Stunde betragen. Eine Flüssigkeitsüberladung sollte quantifiziert und reduziert werden.
4. Wer Blut wäscht, entfernt auch wichtige Dinge! Tägliche Messungen des Phosphates und ein therapeutisches drug monitoring (TDM) von Antiinfektiva können ein renal replacement trauma minimieren oder verhindern.
5. Grundlage eines Dialyseauslassversuches sollte die Wiederaufnahme der Diurese sein.

Elektronischer Sonderdruck zur persönlichen Verwendung

Interessenkonflikt

Erklärung zu finanziellen Interessen

Forschungsförderung erhalten: ja; Honorar/geldwerten Vorteil für Referententätigkeit erhalten: ja; Bezahlter Berater/interner Schulungsreferent/Gehaltsempfänger:–; Patent/Geschäftsanteile/Aktien (Autor/Partner, Ehepartner, Kinder) an Firma (Nicht-Sponsor der Veranstaltung): nein; Patent/Geschäftsanteile/Aktien (Autor/Partner, Ehepartner, Kinder) an Firma (Sponsor der Veranstaltung): nein.

Erklärung zu nichtfinanziellen Interessen

JTK ist Mitglied der Extracorporeal Treatments in Poisoning (EXTRIP) workgroup.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. Jan T. Kielstein
Nephrologie | Rheumatologie | Blutreinigungsverfahren
Medizinischen Klinik V
Klinikum Braunschweig gGmbH
Salzdahlumer Straße 90
38126 Braunschweig
j.kielstein@klinikum-braunschweig.de

Dr. med. Gabriele Eden
Nephrologie | Rheumatologie | Blutreinigungsverfahren
Medizinischen Klinik V
Klinikum Braunschweig gGmbH
Salzdahlumer Straße 90
38126 Braunschweig
g.eden@klinikum-braunschweig.de

Literatur

[1] Kolff WJ. Lasker Clinical Medical Research Award. The artificial kidney and its effect on the development of other artificial organs. Nat Med 2002; 8: 1063–1065

[2] Chertow GM, Burdick E, Honour M et al. Acute kidney injury, mortality, length of stay, and costs in hospitalized patients. J Am Soc Nephrol 2005; 16: 3365–3370

[3] Moeller C, Kohling H. Die apparative Blut-Dialyse (Kuenstliche Niere) Ueberblick und eigene Erfahrungen. Klin Wochenschr 1956; 34: 569–577

[4] Uchino S, Kellum JA, Bellomo R et al. Acute renal failure in critically ill patients: a multinational, multicenter study. JAMA 2005; 294: 813–818

[5] Mutter M, Martin M, Yamamoto Y et al. Electronic Alerts for Acute Kidney Injury Amelioration (ELAIA-1): a completely electronic, multicentre, randomised controlled trial: design and rationale. BMJ Open 2019; 9: e025117

[6] Lachance P, Villeneuve PM, Rewa OG et al. Association between e-alert implementation for detection of acute kidney injury and outcomes: a systematic review. Nephrol Dial Transplant 2017; 32: 265–272

[7] Selby NM, Casula A, Lamming L et al. An Organizational-Level Program of Intervention for AKI: A Pragmatic Stepped Wedge Cluster Randomized Trial. J Am Soc Nephrol 2019; 30: 505–515

[8] Agrawal V, Plantinga L, Abdel-Kader K et al. Burnout and Emotional Well-Being among Nephrology Fellows – a National Online Survey. J Am Soc Nephrol 2020; 31: 675–685

[9] Yancey PH, Clark ME, Hand SC et al. Living with water stress: evolution of osmolyte systems. Science 1982; 217: 1214–1222

[10] Gaudry S, Hajage D, Schortgen F et al. Initiation Strategies for Renal-Replacement Therapy in the Intensive Care Unit. N Engl J Med 2016; 375: 122–133

[11] Barbar SD, Clere-Jehl R, Bourredjem A et al. Timing of Renal-Replacement Therapy in Patients with Acute Kidney Injury and Sepsis. N Engl J Med 2018; 379: 14311442

[12] Zhang L, Chen D, Tang X et al. Timing of initiation of renal replacement therapy in acute kidney injury: an updated meta-analysis of randomized controlled trials. Ren Fail 2020; 42: 77–88

[13] [Anonym]. Section 5: Dialysis Interventions for Treatment of AKI. Kidney Int Suppl (2011) 2012; 2: 89–115

[14] Schiffl H, Lang SM, Fischer R. Daily hemodialysis and the outcome of acute renal failure. N Engl J Med 2002; 346: 305–310

[15] Ronco C, Bellomo R, Homel P et al. Effects of different doses in continuous veno-venous haemofiltration on outcomes of acute renal failure: a prospective randomised trial. Lancet 2000; 356: 26–30

[16] Network VNARFT, Palevsky PM, Zhang JH et al. Intensity of renal support in critically ill patients with acute kidney injury. N Engl J Med 2008; 359: 720

[17] Tolwani AJ, Campbell RC, Stofan BS et al. Standard versus high-dose CVVHDF for ICU-related acute renal failure. J Am Soc Nephrol 2008; 19: 1233–1238

[18] Faulhaber-Walter R, Hafer C, Jahr N et al. The Hannover Dialysis Outcome study: comparison of standard versus intensified extended dialysis for treatment of patients with acute kidney injury in the intensive care unit. Nephrol Dial Transplant 2009; 24: 2179–2186

[19] Investigators RRTS, Bellomo R, Cass A et al. Intensity of continuous renal-replacement therapy in critically ill patients. N Engl J Med 2009; 361: 16271638

[20] Wang Y, Gallagher M, Li Q et al. Renal replacement therapy intensity for acute kidney injury and recovery to dialysis independence: a systematic review and individual patient data meta-analysis. Nephrol Dial Transplant 2018; 33: 1017–1024

[21] Schwenger V, Kindgen-Milles D, Willam C et al. [Extracorporeal renal replacement therapy in acute kidney injury: Recommendations from the renal section of the DGIIN, OGIAIN and DIVI]. Med Klin Intensivmed Notfmed 2018; 113: 370–376

[22] Woodward CW, Lambert J, Ortiz-Soriano V et al. Fluid Overload Associates With Major Adverse Kidney Events in Critically Ill Patients With Acute Kidney Injury Requiring Continuous Renal Replacement Therapy. Crit Care Med 2019; 47: e753–e760

[23] Agrinier N, Monnier A, Argaud L et al. Effect of fluid balance control in critically ill patients: Design of the stepped wedge trial POINCARE-2. Contemp Clin Trials 2019; 83: 109–116

[24] Lorenzen JM, Broll M, Kaever V et al. Pharmacokinetics of ampicillin/sulbactam in critically ill patients with acute kidney injury undergoing extended dialysis. Clin J Am Soc Nephrol 2012; 7: 385–390

Elektronischer Sonderdruck zur persönlichen Verwendung

[25] Schmidt JJ, Strunk AK, David S et al. Single- and multiple-dose pharmacokinetics and total removal of colistin in critically ill patients with acute kidney injury undergoing prolonged intermittent renal replacement therapy. J Antimicrob Chemother 2019; 74: 997–1002

[26] Kielstein JT, Kruse AK, Anderson N et al. [Hot rods in the ICU: What is the antibiotic mileage of your renal replacement therapy?]. Med Klin Intensivmed Notfmed 2019; 114: 139–145

[27] Czock D, Schwenger V, Kindgen-Milles D et al. [Dose adjustment of anti-infective drugs in patients with renal failure and renal replacement therapy in intensive care medicine: Recommendations from the renal section of the DGIIN, OGIAIN and DIVI]. Med Klin Intensivmed Notfmed 2018; 113: 384–392

[28] Geerse DA, Bindels AJ, Kuiper MA et al. Treatment of hypophosphatemia in the intensive care unit: a review. Crit Care 2010; 14: R147

[29] Berger MM, Rothen C, Cavadini C et al. Exudative mineral losses after serious burns: a clue to the alterations of magnesium and phosphate metabolism. Am J Clin Nutr 1997; 65: 1473–1481

[30] Cohen J, Kogan A, Sahar G et al. Hypophosphatemia following open heart surgery: incidence and consequences. Eur J Cardiothorac Surg 2004; 26: 306–310

[31] Kielstein JT, Kretschmer U, Ernst T et al. Efficacy and cardiovascular tolerability of extended dialysis in critically ill patients: a randomized controlled study. Am J Kidney Dis 2004; 43: 342–349

[32] Lim C, Tan HK, Kaushik M. Hypophosphatemia in critically ill patients with acute kidney injury treated with hemodialysis is associated with adverse events. Clin Kidney J 2017; 10: 341–347

[33] Demirjian S, Teo BW, Guzman JA et al. Hypophosphatemia during continuous hemodialysis is associated with prolonged respiratory failure in patients with acute kidney injury. Nephrol Dial Transplant 2011; 26: 3508–3514

[34] Schortgen F, Soubrier N, Delclaux C et al. Hemodynamic tolerance of intermittent hemodialysis in critically ill patients: usefulness of practice guidelines. Am J Respir Crit Care Med 2000; 162: 197–202

[35] Roberts DM, Yates C, Megarbane B et al. Recommendations for the role of extracorporeal treatments in the management of acute methanol poisoning: a systematic review and consensus statement. Crit Care Med 2015; 43: 461–472

[36] Schwenger V, Weigand MA, Hoffmann O et al. Sustained low efficiency dialysis using a single-pass batch system in acute kidney injury a randomized interventional trial: the REnal Replacement Therapy Study in Intensive Care Unit PatiEnts. Crit Care 2012; 16: R140

[37] Phu NH, Hien TT, Mai NT et al. Hemofiltration and peritoneal dialysis in infection-associated acute renal failure in Vietnam. N Engl J Med 2002; 347: 895–902

[38] Ponce D, Berbel MN, Abrao JM et al. A randomized clinical trial of high volume peritoneal dialysis versus extended daily hemodialysis for acute kidney injury patients. Int Urol Nephrol 2013; 45: 869–878

[39] Liu L, Zhang L, Liu GJ et al. Peritoneal dialysis for acute kidney injury. Cochrane Database Syst Rev 2017; 12: CD011457

[40] Baroke E, Schmidt JJ, Strunk AK et al. Saving two lives with one dialysis treatment. Clin Nephrol 2015; 84: 104–107

[41] Kelly YP, Waikar SS, Mendu ML. When to stop renal replacement therapy in anticipation of renal recovery in AKI: The need for consensus guidelines. Semin Dial 2019; 32: 205–209

[42] Stads S, Kant KM, de Jong MFC et al. Predictors of short-term successful discontinuation of continuous renal replacement therapy: results from a prospective multicentre study. BMC Nephrol 2019; 20: 129

[43] Lo LJ, Go AS, Chertow GM et al. Dialysis-requiring acute renal failure increases the risk of progressive chronic kidney disease. Kidney Int 2009; 76: 893–899

[44] Harel Z, Wald R, Bargman JM et al. Nephrologist follow-up improves all-cause mortality of severe acute kidney injury survivors. Kidney Int 2013; 83: 901–908

Elektronischer Sonderdruck zur persönlichen Verwendung