

Teil V: Medizintechnik

34 Dialyse als Nierenersatztherapie: Lösungen

Christian P. Karger

Lösung zu 34.1

Bei der Dialyse werden 3 Substanzklassen entzogen: (i) Harnpflichtige Substanzen („Giftstoffe“), (ii) Salze (Elektrolyte) und Wasser. Harnpflichtige Substanzen und Elektrolyte werden entzogen, indem im Dialysator ein Konzentrationsgefälle zwischen der Blut und der Dialysat-Seite erzeugt wird. Damit die Elektrolyt-Konzentration im Patienten nicht zu stark absinkt, enthält das Dialysat ebenfalls Elektrolyte (z.B. K, Na, Ca, Mg), deren Konzentration jedoch unterhalb der des Blutes liegt. Die harnpflichtigen Substanzen, wie z.B. Kreatinin und Harnstoff, sollen dagegen so vollständig wie möglich entzogen werden und sind daher nicht im Dialysat enthalten. Um dem Patienten Wasser zu entziehen, wird bei der Hämodialyse auf der Dialysat-Seite ein Unterdruck angelegt, bei der Peritonealdialyse wird dem Dialysat Glukose zugegeben. Im letzteren Fall erfolgt der Wasserentzug durch die erhöhte Osmolarität des Dialysats.

Lösung zu 34.2

Die Reinigungswirkung basiert sowohl bei der Hämodialyse als auch bei der Hämodiafiltration auf dem Prinzip der Osmose, d.h. dem durch Konzentrationsunterschiede zwischen Blut und Dialysat herbeigeführten diffusiven Austausch. Aufgrund des Wasserentzugs findet grundsätzlich auch ein konvektiver Austausch statt, der jedoch bei der Hämodialyse nur von sehr untergeordneter Bedeutung für die Blutreinigung ist. Bei der Hämodiafiltration wird zusätzlich die Entzugsrate des Wassers stark erhöht und die Differenz zum erforderlichen Wasserentzug kontinuierlich resubstituiert. Dadurch erhöht sich der Anteil des konvektiven Stofftransports und man erzielt eine verbesserte Reinigungswirkung für Moleküle im mittelmolekularen Bereich. Für den niedermolekularen Bereich (z.B. Kreatinin und Harnstoff) spielt die Konvektion aufgrund der höheren mittleren Geschwindigkeit der Moleküle keine Rolle.



Lösung zu 34.3

In beiden Fällen fließen 84 Liter Blut durch den Dialysator. Trotzdem ist Behandlung (ii) klinisch effektiver und schonender als Behandlung (i). Die Reinigung erfolgt bei der Dialyse zunächst nur für das Blut, die zu entfernenden Stoffe sind aber auch im Gewebe (inter- und intrazellulärer Raum) vorhanden. Dort werden sie erst entzogen, wenn mit der Dialyse ein Konzentrationsgefälle zwischen Blut und dem interzellulären Raum bzw. zwischen dem inter- und intrazellulären Raum aufgebaut wurde. Da das Nachfluten der harnpflichtigen Substanzen und Elektrolyten vom Gewebe ins Blut ein langsamer Prozess ist, ist eine lange Dialysedauer effektiver als eine kurze. Hinzu kommt, dass der langsamere Entzug von Wasser und Elektrolyten schonender für den Patienten ist.

Lösung zu 34.4

Die Clearance hängt von der Austauschfläche des Dialysators, dem Blutfluss, der Molekülgröße, dem Dialysatfluss und bei Anwendung der Hämodiafiltration auch von der Ultrafiltrationsrate ab. Je größer die Oberfläche, der Blutfluss und der Dialysatfluss, desto größer ist die Clearance. Für einen Dialysatfluss >500 ml/min ergibt sich allerdings kein großer Zugewinn mehr, so dass normalerweise dieser Wert verwendet wird. Mit steigendem Blutfluss nimmt die Clearance zunächst linear, danach aber immer weniger zu, da sich die Verweildauer des Blutes in den Kapillaren und damit die Austauschzeit immer weiter verkürzt. Je größer die Moleküle, desto kleiner ist ihre mittlere Geschwindigkeit und damit auch die Wahrscheinlichkeit, dass sie während Verweildauer in der Kapillare den Weg ins Dialysat zurücklegen. Außerdem wird dieser Übertritt mit steigender Molekülgröße zunehmend durch die Porengröße der Kapillaren limitiert. Daher nimmt die Clearance mit der Molekülgröße ab. Durch die Ultrafiltration kommt es prinzipiell zu einem konvektiven Stofftransport. Allerdings ist dieser Effekt nur für große Moleküle und bei hohen Filtrationsraten, wie sie bei der Hämodiafiltration angewendet werden, relevant.



Lösung zu 34.5

Bei abnehmender Nierenfunktion reduziert sich die Ausscheidung von Wasser, Salzen und harnpflichtigen Substanzen. Die im dialysefreien Intervall aufgenommene Flüssigkeit wird daher bei der nächsten Dialyse wieder entzogen. Damit dies für den Patienten nicht zu belastend ist, muss die Flüssigkeitsaufnahme beschränkt werden. Weiterhin muss die Kalium- und Phosphataufnahme begrenzt werden, da eine zu hohe Kaliumkonzentration im Blut die Erregungsleitung im Herzen beeinträchtigt und zu hohe Phosphatwerte zu einer Entmineralisierung der Knochen führen. Für die Bauchfelldialyse sind diese Vorgaben weniger streng, da die Dialyse kontinuierlich stattfindet und es somit zu keiner Akkumulation kommt.

