

Bedeutung und Beurteilung des Trockengewichts bei Dialysepatienten

Martin K. Kuhlmann
Vivantes Klinikum im Friedrichshain
Klinik für Innere Medizin, Nephrologie
Landsberger Allee 49
10249 Berlin

Die Festlegung des Zielgewichts, welches nach Beendigung einer Dialysetherapie erreicht werden soll, ist neben Dialysezeit und Dialysedosis ein wesentlicher Bestandteil der Dialyseverordnung. Die Bezeichnung ‚Trockengewicht‘ spiegelt bereits recht plastisch die Kriterien wider, die an das Zielgewicht gestellt werden. Trockengewicht wird definiert als das Körpergewicht, bei dem der Flüssigkeitshaushalt (Hydratationszustand) des Patienten normalisiert ist und sich somit nicht von dem eines gleichaltrigen Nierengesunden unterscheidet.

Der Wasseranteil des Körpers beträgt bei Männern ca. 58% des Körpergewichts, bei Frauen liegt er mit ca. 55% etwas niedriger. Sechzig Prozent des Gesamt-Körperwassers befinden sich im intrazellulären Raum (Intrazellulärvolumen, IZV), die restlichen vierzig Prozent verteilen sich extrazellulär im Interstitium und im Intravasalraum (Extrazellulärvolumen, EZV). Bei einem 72.5 kg schweren Mann beträgt der Wassergehalt des Körpers somit 42.0 Liter, wovon sich ca. 25 Liter im IZV und 17 Liter im EZV verteilen.

Dass dieses Verhältnis zwischen IZV und EZV trotz der freien Diffusion von Wasser durch Zellmembranen hindurch aufrechterhalten wird, liegt an der Organisation osmotisch wirksamer Substanzen in den beiden Verteilungsräumen (Abb. 1A). Während Kalium das Haupt-Osmolyt im IZV darstellt, nimmt Natrium diese Rolle im EZV ein. Für beide Elektrolyte besteht ein hoher Konzentrationsgradient zu dem jeweils anderen Verteilungsraum, aufrecht erhalten durch membranständige, energieabhängige Transportproteine (Na-K-ATPase). Unter stabilen Bedingungen entspricht die Osmolalität im IZV immer der im EZV (ca. 280 mosm/L), bei gleicher Osmolalität kommt es zu keiner Bewegung freien Wassers zwischen den beiden Kompartimenten. Bei einem Ungleichgewicht zwischen IZV- und EZV-Osmolalität fließt freies Wasser immer vom Kompartiment mit der niedrigeren Osmolalität zum Kompartiment mit der höheren Osmolalität, so dass die Osmolalität auf der einen Seite steigt während sie auf der anderen entsprechend abfällt.

Dies lässt sich an einigen Beispielen gut erklären: Die alleinige Zufuhr von Kochsalz (NaCl) führt zu einer Steigerung der Natrium-Konzentration und somit der Osmolalität im EZV, während die Osmolalität im IZV nicht direkt beeinflusst wird (Abb. 1B). Als Folge der erhöhten EZV-Osmolalität kommt es zu einer Verschiebung freien Wassers vom IZV nach EZV bis sich die Osmolalität in beiden Kompartimenten angeglichen hat. Durch die Verschiebung freien Wassers von IZV nach EZV nimmt die Kaliumkonzentration und somit die Osmolalität im IZV zu, wohingegen es zu einer Verdünnung der Natrium-Konzentration im EZV und somit zu einer Senkung der EZV-Osmolalität kommt. Wasser fließt solange von IZV nach EZV, bis die gleiche Osmolalität in beiden Kompartimenten herrscht. Bei reiner Salzzufuhr nimmt das IZV also zu Gunsten des EZV ab.

Wird dem Körper freies Wasser ohne Elektrolyte zugeführt (z.B. Glukose-Lösung) so kommt es primär zu einer Verdünnung der extrazellulären Natrium-Konzentration (Serum-Na fällt ab und damit auch die EZV-Osmolalität) und in der Folge zu einem Ungleichgewicht in der Osmolalität zwischen IZV und EZV (Abb. 1C). Nun fließt freies Wasser von EZV nach IZV, bis der Osmolalitätsgradient komplett ausgeglichen ist. Die Zufuhr freien Wassers führt also zu einer Zunahme von EZV und IZV.

Der Dialysepatienten führt zwischen zwei Dialysebehandlungen allerdings weder ausschließlich freies Wasser, noch reines Kochsalz zu sich, sondern eine Mischung aus beidem, also in Form isotoner Lösung. Es sollte nun verständlich geworden sein, dass die Zufuhr isotoner Lösung zu einer direkten Expansion des EZV führt, allerdings ohne Veränderung der Natrium-Konzentration im EZV (Abb. 1D). Somit bleibt auch die EZV-Osmolalität trotz gesteigerten Volumens unverändert. Die Zufuhr von 2 Liter isotoner Flüssigkeit geht also mit einer Steigerung des EZV um genau diese 2 Liter einher. Es kommt zu keiner zusätzlichen Verschiebung von Wasser zwischen IZV und EZV.

Es konnte entsprechend gezeigt werden, dass die zwischen zwei Dialysebehandlungen auftretende Zunahme des Gesamt-Körperwassers bei Dialysepatienten fast ausschließlich auf eine Expansion des EZV zurückzuführen ist, während das IZV nahezu unverändert bleibt. Das Anstreben einer Normalisierung des Hydratationszustandes bei Dialysepatienten bedeutet also eine Reduktion des EZV in den normalen Bereich.

Während der Dialyse erfolgt die Reduktion des EZV mittels Ultrafiltration von Wasser und Elektrolyten. Zur Ultrafiltration steht dabei lediglich ein kleiner Ausschnitt des EZV, nämlich das Blutvolumen zu Verfügung. Dieses beträgt bei einem 72 kg Patienten ca. 6.5 Liter. Während dem Blutvolumen auf der einen Seite kontinuierlich Ultrafiltrat entzogen wird, wird es auf der anderen Seite durch eine Verschiebung überschüssigen Wassers aus dem Interstitium in den Intravasalraum wieder aufgefüllt (sog. ‚Refilling‘) (Abb. 2). Die Geschwindigkeit, mit der Wasser aus dem Interstitium verschiedener Körperpartien (Arme, Beine, Rumpf) das Blutvolumen wieder auffüllt, ist von verschiedenen, zum Teil sicherlich noch gar nicht bekannten Faktoren abhängig. Unter anderem spielen sicherlich von extern ausgeübter Druck (Stützstrümpfe, Massagen, hydrostatischer Druck), die Perfusion der jeweiligen Region und auch die osmotischen Druckverhältnisse im Interstitium (Albuminkonzentration, Lymphabfluß) eine bedeutende Rolle. Es ist derzeit noch nicht klar, ob und wie die Refilling-Rate medikamentös oder durch andere Maßnahmen beeinflusst werden kann.

Im Idealfall halten sich UF-Rate und Refilling-Rate die Waage, so dass das Blutvolumen während der Dialyse nicht oder nur langsam abnimmt. Übersteigt die UF-Rate die Refilling-Rate, kommt es zu einem kontinuierlichen oder gar plötzlichen Abfall des Blutvolumens. Dieser kann zunächst durch kardiovaskuläre und neurohumorale Reflexe kompensiert werden. Von Bedeutung sind hierbei vor allem ein Anstieg der Herzfrequenz und eine Vasokonstriktion im arteriellen und kapazitativ-venösen Gefäßbett. Werden die individuellen Grenzen dieser Kompensationsmechanismen allerdings überschritten, oder sprechen diese Mechanismen nicht adäquat an, wie dies bei Diabetikern häufig der Fall ist, kommt es zu einem Blutdruckabfall, entweder noch intradialytisch, oder nach Beendigung der Dialysebehandlung im Sinne einer Orthostasereaktion. Häufige intradialytische und postdialytische Blutdruckabfälle sind langfristig mit einem erhöhten Mortalitätsrisiko verbunden.

Die Veränderung des Blutvolumens kann während der Dialysebehandlung online mit dem Blutvolumen-Monitor (BVM) überwacht werden. Individuelle Grenzen für den Abfall des Blutvolumens können festgelegt werden, bei deren Überschreiten die UF-Rate reduziert oder ganz zurückgenommen wird. Wie bereits oben dargelegt, hängt die Abnahme des Blutvolumens in großem Maße von der Refilling-Rate ab, die jedoch täglichen Schwankungen unterworfen sein kann. Entgegen der ursprünglichen Erwartungen ist das Blutvolumen-Monitoring nicht zur Festlegung des Trockengewichts geeignet, da starke

Veränderungen des Blutvolumens auch bei noch nicht erreichtem Trockengewicht beobachtet werden können.

Zur Beurteilung des Trockengewichts können indirekte, klinische und direkte, apparative Methoden herangezogen werden. Klinische Methoden orientieren sich am Hautturgor, am Vorliegen von Ödemen, am Ausmaß einer Halsvenen-Stauung und an der Auskultation der Lunge. Hinzu kommen anamnestische Angaben des Patienten hinsichtlich Belastungsdyspnoe, Orthopnoe und innerer Unruhe, sowie radiologische Zeichen einer pulmonalen Stauung. Auch die sonographische Beurteilung des absoluten und des atemabhängigen Durchmessers der Vena cava inferior kann zur Quantifizierung des Hydratationszustandes herangezogen werden, ist jedoch in der Aussagekraft limitiert, wie generell alle indirekten Parameter zur Beurteilung des Volumenstatus.

Direkte Methoden zur Festlegung des Trockengewichts beruhen auf der Messung des EZV oder des Verhältnisses von EZV/IZV. Die Methode der bioelektrische Impedanzmessung (Bioimpedanz) ist in der Lage eine quantitativ verlässliche Auskunft zum Ausmaß des EZV zu geben. Der Wassergehalt des Körpers wird anhand des endogenen Widerstandes gegen ein definiertes Frequenzspektrum eines den Körper oder bestimmte Areale durchfließenden niedervoltigen Stroms beurteilt. Diese Messungen sind gut reproduzierbar und somit für die Verlaufskontrolle einsetzbar. Problematisch ist jedoch, dass es auch mit dieser Methode derzeit nicht möglich ist eine genaue Angabe des Trockengewichts zu machen, da das aktuelle EZV zwar angegeben werden kann, nicht jedoch das ideale EZV. Hierzu muss der Einzelwert mit einem statistischen Mittelwert einer alters- und geschlecht-gematchten gesunden Vergleichsgruppe abgeglichen werden. Die Schwankungsbreite dieser Vergleichsgruppen liegt in der Regel derzeit noch bei $\pm 1-2$ kg, was für die Festlegung eines Trockengewichts unakzeptabel hoch ist.

Eine neue Bioimpedanz-Methode, die sich derzeit noch in der klinischen Entwicklung befindet, wendet sich ab vom Versuch der Vorhersage eines Absolutwertes für das Trockengewicht anhand einer prä-dialytisch durchgeführten Messung. Die Methode basiert auf der intradialytischen kontinuierlichen Messung der Bioimpedanz am Unterschenkel. Mittels Mehrfrequenz-Bioimpedanz wird die Veränderung des interstitiellen EZV an einem 10cm langen Areal eines Unterschenkels während der gesamten Dialyse-Behandlungsdauer beobachtet. Der Unterschenkel wurde gewählt, da er die Körperregion mit dem höchsten interstitiellen EZV darstellt. Bei UF mit anhaltendem Refilling ist eine kontinuierliche Abnahme des EZV in diesem Bereich zu beobachten. Nimmt das interstitielle EZV trotz anhaltender UF-Rate nicht weiter ab, wird dies als Zeichen für das Erreichen des Trockengewichts gewertet. Es wird postuliert, dass zu diesem Zeitpunkt alles überschüssige Wasser aus dem Interstitium des gesamten Körpers entfernt wurde und eine weitere Ultrafiltration mit dem erhöhten Risiko eines Blutdruckabfalls einhergeht. Weitere klinische Studien sind nötig, um die Validität dieser Methode zu dokumentieren.

Das Risiko für das Auftreten intradialytischer Hypotonien wird sich potentiell deutlich vermindern lassen, wenn eine Methode zur direkten und objektiven Festlegung des Trockengewichts mit Methoden zur intradialytischen Überwachung der Veränderungen des Blutvolumens kombiniert werden. Automatische Feedback-Mechanismen können dann die UF-Rate individuell so steuern, dass das Trockengewicht in einer vorgegebenen Zeit erreicht werden kann, ohne dass es zu einem ungewollten Abfall des Blutvolumens gekommen ist. Aus diese zukünftigen Entwicklungen dürfen Ärzte, Pflegepersonal und Patienten sicherlich gespannt sein.

Abb. 1

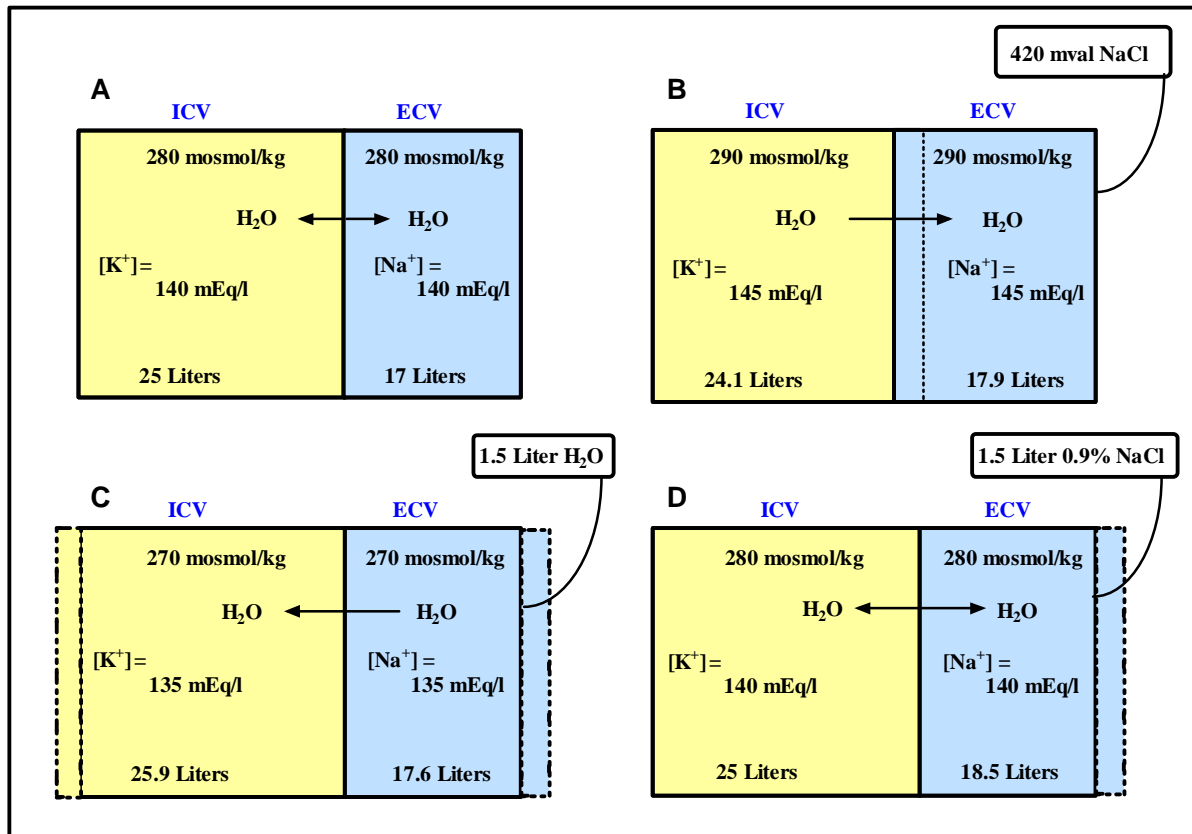
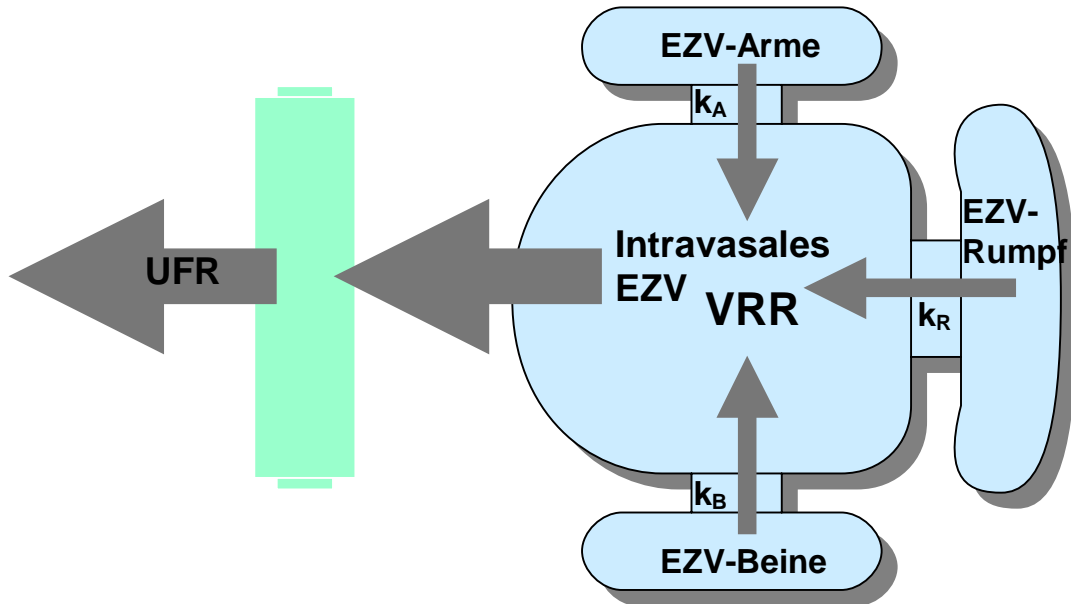


Abb. 2

Ultrafiltration und vaskuläres ‚Refilling‘



VRR = Vaskuläre Refilling-Rate
 k_A , k_R , k_B = Refilling Transfer-Koeffizienten