



Beurteilung der Nierenfunktion: Plasmakreatinin, Harnstoff und glomeruläre Filtrationsrate (GFR)

Dimitrios Tsinalis, Isabelle Binet

Fachbereich Nephrologie, Kantonsspital St. Gallen

Quintessenz

- Die chronische Niereninsuffizienz ist ein häufiges Leiden, das oft nicht wahrgenommen wird, weil abhängig von den Charakteristika des jeweiligen Patienten (Alter und Muskelmasse) der Kreatininwert irreführenderweise auch im «Normalbereich» liegen kann. Der gleiche Kreatininwert kann bei verschiedenen Patienten völlig unterschiedlichen glomerulären Filtrationsraten (GFR) entsprechen.
- Im Alltag bietet die Schätzung der GFR durch eine der gängigen Formeln die beste Näherung und sollte daher sowohl zum Screening als auch zur Verlaufsbeobachtung eingesetzt werden.
- Die Bestimmung der Kreatininclearance aus dem 24-Stunden-Urin ist aufwendig und birgt viele potentielle Fehlerquellen, weshalb sie nur in wenigen Ausnahmefällen indiziert ist.
- Eine genaue Messung der GFR mit nuklearmedizinischen Verfahren ist in der Regel zu aufwendig und daher meistens unwirtschaftlich.

Summary

Assessment of renal function: plasma creatinine, urea and glomerular filtration rate (GFR)

- *Chronic renal failure has a high prevalence and is often underestimated, since the "normal range" given on laboratory result sheets does not apply to all patients. Depending on patient characteristics (age and body weight), the same creatinine value may express a wide range of possible glomerular filtration rates (GFR).*
- *For estimation of GFR in daily practice, use of one of the formulas supplied is at least as accurate as measurement of creatinine clearance and should be the standard tool for assessing renal function.*
- *Measurement of creatinine clearance by 24-hour urine collection is often difficult to organise and highly error-prone. It should therefore be limited to patients in special circumstances.*
- *Exact measurement of GFR using radionuclide techniques is expensive and cumbersome and should therefore be confined to rare cases where knowledge of the precise GFR is mandatory.*

Einleitung

Die chronische Niereninsuffizienz zählt zu den am häufigsten nichtdiagnostizierten Erkrankungen. Amerikanische Studien beschreiben eine Prävalenz von über 10% in den USA [1]; aus Europa sind den Autoren keine vergleichbaren Untersuchungen bekannt, ein gravierender Unterschied ist jedoch nicht anzunehmen.

Da die Prognose der chronischen Niereninsuffizienz wesentlich vom Zeitpunkt der Diagnose abhängt und viele therapeutische und diagnostische Entscheidungen von der Nierenfunktion entscheidend beeinflusst werden, ist deren Beurteilung nicht nur für den Nephrologen, sondern auch für den Allgemeinpraktiker und den Arzt im allgemeinen von grosser Wichtigkeit. Eine Einteilung der chronischen Niereninsuffizienz in verschiedene Stadien (Tab. 1 [2]) erleichtert auch die prognostische Einschätzung und gibt Hinweise für den Therapieplan.

Dabei ergeben sich zwei grundsätzlich verschiedene Situationen: zum einen die Notwendigkeit einer Einschätzung der Nierenfunktion beim unbekanntem (oder diesbezüglich nie abgeklärten) Patienten, zum anderen die Verlaufsbeurteilung bei bekannter Niereninsuffizienz.

An dieser Stelle sollen die Vor- und Nachteile verschiedener Methoden zur Beurteilung der Nierenfunktion vorgestellt und diskutiert werden.

Möglichkeiten zur Beurteilung der glomerulären Filtrationsrate (GFR)

Messung der GFR

Eine genaue Messung der GFR ist nur unter Zuhilfenahme körperfremder, nicht metabolisierbarer Substanzen möglich, die ausschliesslich durch die glomeruläre Filtration ausgeschieden werden, also zum Beispiel Inulin, oder die zur späteren Messung radioaktiv markiert werden wie etwa Iohexol oder EDTA. Diese unterliegen zwar ebenfalls einer geringen Sekretion, überschätzen in der Praxis jedoch die GFR selbst bei fortgeschrittener Niereninsuffizienz nur um wenige ml/min [3].

Tabelle 1. Stadieneinteilung der chronischen Niereninsuffizienz.

Stadium	Definition	Prävalenz (USA)	Massnahmen
I	GFR >90 ml/min/1,73 m ² Albuminurie	3,3%	Diagnose und Behandlung der Grunderkrankung, Behandlung von Komorbiditäten, Reduktion kardiovaskulärer Risikofaktoren
II	GFR 60–89 ml/min/1,73 m ²	3%	Abschätzung der Progression
III	GFR 30–59 ml/min/1,73 m ²	4,3%	Diagnose und Behandlung von Komplikationen (Anämie, Hyperparathyreoidismus)
IV	GFR 15–29 ml/min/1,73 m ²	0,2%	Vorbereitung für Nierenersatztherapie
V	GFR <15 ml/min/1,73 m ²	0,2%	Nierenersatztherapie bei urämischen Symptomen

Gemeinsam ist diesen Verfahren, dass sie sehr aufwendig und in der Praxis kaum umsetzbar sind, weshalb an dieser Stelle nicht weiter darauf eingegangen werden soll.

Beurteilung von Markern im Serum

Kreatinin

Da Kreatinin im Metabolismus der Muskulatur in konstanter Menge anfällt, nicht metabolisiert wird und im Glomerulum im wesentlichen frei filtriert wird, gilt es seit langem als geeigneter endogener Marker für die GFR.

Fraglos dürfte es sich hierbei um die einfachste Möglichkeit handeln, einen Eindruck von der

Nierenfunktion eines Patienten zu erhalten: Eine einmalige Blutentnahme liefert Analyseergebnisse, die mit einem Referenzwert verglichen werden können.


Genau hier liegt aber auch die Crux dieses Vorgehens: Für das Kreatinin im Serum existieren keine differenzierten Normalwerte, und da die Kreatininproduktion von der Muskelmasse abhängt, kann ein Wert innerhalb des Normalbereichs durchaus eine mittelschwere Niereninsuffizienz ausdrücken, während ein zu hoher Wert nicht zwingend mit einer verminderten Nierenfunktion einhergehen muss.

Zum Beispiel kann bei einem Serumkreatinin von 105 µmol/L:

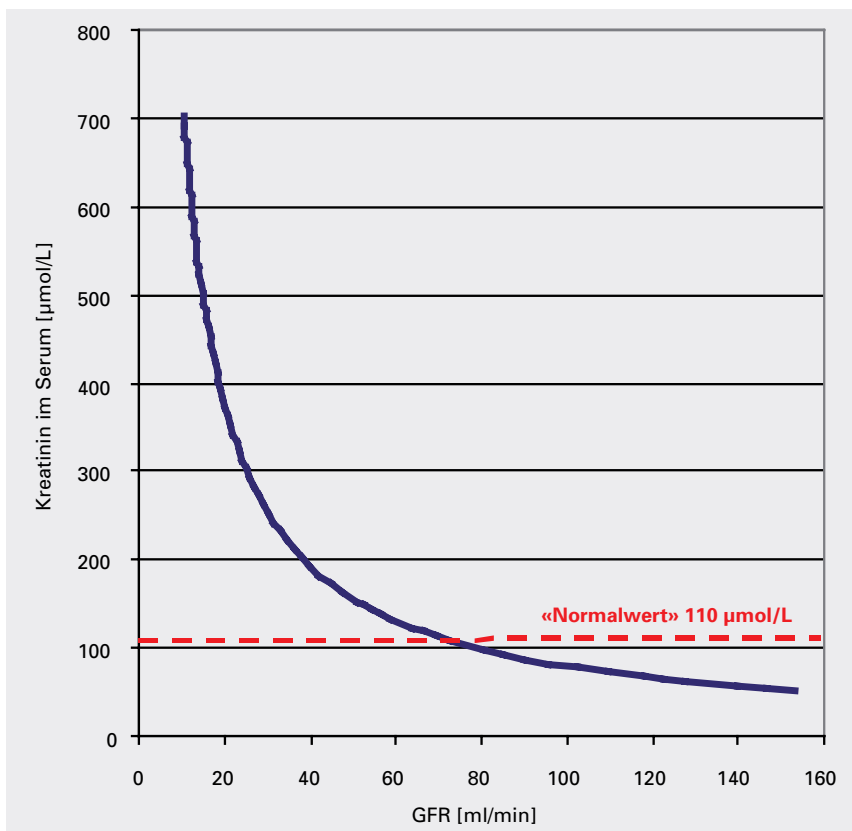
- ein 20jähriger Bauarbeiter mit 100 Kg Körpergewicht eine normale Nierenfunktion mit einer GFR von 135 ml/min haben;
- eine 80jährige Frau von 45 Kg Körpergewicht mit einer GFR von 25 ml/min eine schwere Niereninsuffizienz im Stadium IV aufweisen.

Es wurden Versuche unternommen, dies zu berücksichtigen, indem Normalwerte in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht angegeben wurden. Nicht berücksichtigt wurde hier jedoch weiterhin, dass auch bei Personen des selben Geschlechts und Alters die gesamte Muskelmasse erheblich differieren kann.

Hinzu kommt, dass die unter normalen Umständen zu vernachlässigende Sekretion von Kreatinin im proximalen Tubulus (etwa 15% des ausgeschiedenen Kreatinins) bei eingeschränkter Nierenfunktion deutlich zunimmt und somit zu einer Überschätzung der GFR führt. Die Sekretion kann wiederum durch Medikamente beeinflusst werden. Als häufig verwendete Beispiele seien Trimehoprim und Cimetidin genannt, welche durch die Hemmung der Kreatininsekretion einen Anstieg um bis zu 40 µmol/L verursachen können, ohne dass sich die GFR tatsächlich geändert hätte.


Die Interpretation wird weiter durch die Tatsache erschwert, dass zwischen dem Kreatinin im Serum und der GFR keine lineare Beziehung besteht. Die sich daraus ergebenden Schwierigkeiten können am Beispiel eines 40jährigen Mannes mit einem Gewicht von 70 kg und durchschnittlicher Muskelmasse verdeutlicht werden (Abb. 1 

- Im oberen Bereich kann ein relevanter Abfall der GFR mit einem relativ kleinen Kreatininanstieg einhergehen. Im Beispiel von Abbildung 1 führt ein Verlust eines Drittels der GFR (von 120 auf 80 ml/min) zu einem Anstieg des Kreatinins von 65 auf 95 µmol/L. Hier würde nicht einmal der postulierte Normalwert überschritten. Ein Anstieg des Kreatinins über den sogenannten «Normalwert» kann also bereits den Verlust von fast 50% der normalen GFR bedeuten und darf keineswegs zur Annahme einer nur leicht eingeschränkten Nierenfunktion verführen.

**Abbildung 1**

Idealisierte Darstellung der Beziehung zwischen GFR und Kreatinin im Serum am Beispiel eines 40jährigen Mannes mit normaler Muskelmasse bei 70 kg Körpergewicht.

- Bei bestehender Niereninsuffizienz kann bereits eine kleine Änderung der GFR grosse Schwankungen des Kreatinins im Serum bewirken: Bei einem Anstieg des Kreatinins von 250 auf 300 $\mu\text{mol/L}$ ist die «gefühlte» Zunahme der Niereninsuffizienz gross, im Beispiel von Abbildung 1 liegt der effektive Verlust der GFR jedoch lediglich bei 5 ml/min.

Dieser Effekt lässt sich umgehen, indem der reziproke Kreatininwert betrachtet wird: Der Quotient $1/\text{Kreatinin}$ verhält sich linear zur GFR [4] (Abb. 2 ). Der reziproke Wert des Kreatinins kann daher in einer sogenannten «Mitch-Kurve» über die Zeit dargestellt werden und eignet sich gut für die Beurteilung der Dynamik des Verlaufs.

Harnstoff

Noch weniger Aussagekraft bezüglich der Nierenfunktion bietet eine Bestimmung des Harnstoffs: Die Menge des täglichen anfallenden Harnstoffs variiert je nach Ernährungszustand, steigt bei kataboler Stoffwechsellage oder hoher Proteinzufuhr und fällt entsprechend bei proteinarmer Diät. Da Harnstoff zudem einer ausgeprägten tubulären Rückresorption unterliegt, die im wesentlichen vom Angebot an freiem Wasser im Nephron abhängt, ist auch die Ausscheidung inkonstant. Ein genauer Rückschluss auf die Nierenfunktion ist somit nicht möglich [3].

Cystatin C

Cystatin C ist ein in allen kernhaltigen Zellen produziertes kleinmolekulares Protein, dessen Produktionsrate relativ konstant und von der Ernährung sowie der Muskelmasse weitgehend unabhängig ist. Es wird in der Niere frei filtriert und nicht sezerniert, jedoch tubulär reabsorbiert und katabolisiert. Erstere Eigenschaften machen es zu einem geeigneten endogenen Marker für die Nierenfunktion, durch die tubuläre Reabsorption ist es jedoch unmöglich, die tatsächliche


Ausscheidung und damit die Clearance als Messwert für die GFR zu bestimmen. Im Vergleich zum Kreatinin scheint eine engere Korrelation zur GFR zu bestehen [5]. Analog zum Kreatinin besteht ein lineares Verhältnis zur GFR nur für den reziproken Wert $1/\text{Cystatin C}$.

Die Bestimmung von Cystatin C wird kommerziell zunehmend angeboten. Insgesamt sind die Erfahrungen mit diesem Wert jedoch noch zu gering, so dass der Platz dieses Parameters im Alltag noch nicht genau definiert werden kann. Für den Praktiker dürfte es vor allem problematisch sein, dass zurzeit keine gut validierte Formel existiert, um aus der Cystatin-C-Konzentration auf die GFR zu schliessen.

Gemessene Ausscheidung endogener Marker Kreatininclearance

Die Limitierungen, die sich durch die Abhängigkeit der Kreatininproduktion von der Muskelmasse ergeben, können umgangen werden, indem die tatsächlich ausgeschiedene Menge Kreatinin bestimmt wird. Dies erfordert die Durchführung einer Urinsammlung über 24 Stunden. Die daraus bestimmte Gesamtmenge Kreatinin lässt sich nun ins Verhältnis zur Konzentration im Serum und zur Zeit setzen und ergibt dann die Menge kreatiningesäuberten Blutes pro Zeiteinheit:

$$\text{Cl}_{(\text{Krea})} [\text{ml}/\text{min}] = \frac{\text{Krea}_{\text{Urin}} [\mu\text{mol}/\text{L}] \times \text{Urinvolumen} [\text{ml}]}{\text{Krea}_{\text{Serum}} [\mu\text{mol}/\text{L}] \times \text{Sammelzeit} [\text{min}]}$$

Unter praktischen Aspekten schränkt die Urinsammlung den ambulanten Patienten in seinem Tagesablauf stark ein, was häufig zu fehlerhaften Sammlungen führt. Oft ist dem Patienten nicht bewusst, dass die Sammlung mit leerer Blase beginnen muss, und es werden daher zwei Morgenurine in die Sammlung eingeschlossen. Bei einer angenommenen Diurese von 1500 ml pro Tag verursacht eine Differenz von 300 ml, die auf diese Weise leicht entstehen kann, bereits eine Abweichung von 20% im Ergebnis. Es ist daher wichtig, den Patienten exakt zu instruieren, wie die Sammlung zu erfolgen hat (Abb. 3 ). Zusätzlich sollte die Vollständigkeit des Sammelurins anhand der Kreatininausscheidung abgeschätzt werden: Bei unverändertem Kreatinin im Serum muss die Ausscheidung der Produktion entsprechen und damit auch konstant sein. Als Anhaltspunkt für gesunde Erwachsene mit normaler Muskelmasse können für Männer etwa 200, für Frauen ungefähr 160 μmol pro Kilogramm und Tag gelten [6].

Werden diese Werte unterschritten, ist anzunehmen, dass zu wenig oder zu kurz gesammelt wurde; entsprechend ist bei einer Überschreitung von einer zu langen Sammlung oder einem Beginn der Sammlung mit voller Blase auszugehen.

Leider ist die Abschätzung der Muskelmasse eines Patienten klinisch kein leichtes Unterfan-

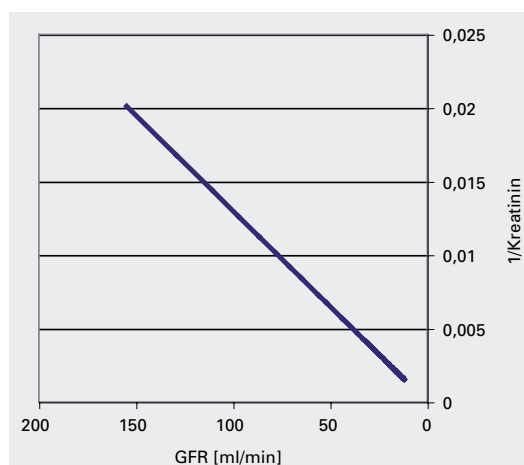


Abbildung 2

Durch Betrachtung des Quotienten $1/\text{Kreatinin}$ kann das Verhältnis zur GFR linearisiert werden.

1. Entleeren Sie zu Beginn der Sammelperiode – zum Beispiel um 07.00 Uhr – die Blase vollständig in die Toilette. Dieser erste Urin wird **noch nicht gesammelt**.
2. Urinieren Sie von da an nur noch in das Sammelgefäss. Es empfiehlt sich, bei Stuhldrang vorher in das Sammelgefäss zu urinieren.
3. Entleeren Sie nach genau 24 Stunden – also zum Beispiel um 07.00 Uhr des nächsten Tages – die Blase vollständig in das Sammelgefäss.

Abbildung 3

Instruktionen für den Patienten zum Sammeln eines 24-Stunden-Urins.

gen, und der angegebene Bereich gilt sicher nicht für chronisch kranke, bettlägerige, stark adipöse oder kachektische Patienten; hier kann die Qualität der Sammlung allenfalls aus der Reproduzierbarkeit der ausgeschiedenen Menge Kreatinin bei mehreren Sammlungen geschlossen werden.

Ein weiteres Problem ist die geforderte Genauigkeit bei der Messung des Urinvolumens: Sie ist auf 1% des Gesamtvolumens auszuführen, was einer Messgenauigkeit von 10 ml entspricht [7].

Kommt es zusätzlich zu den Faktoren der Vollständigkeit und der Messgenauigkeit noch zu Abweichungen bei der Einhaltung der Sammelzeit, kann das Resultat schnell völlig unbrauchbar werden, zumal diese Fehler nicht systematisch sind und bei jeder erneuten Sammlung variieren können.

Bestehen bleibt hier auch das Problem, dass nicht angegeben werden kann, *auf welche Weise* das Kreatinin in den Urin gelangte, und stillschweigend angenommen wird, dies sei durch glomeruläre Filtration geschehen. Wenn also bei fallender GFR die tubuläre Sekretion zunimmt, werden sich auch hier falsch-hohe Werte ergeben.

Harnstoffclearance

Analog zur Kreatinin-clearance lässt sich die Harnstoffclearance berechnen. Aufgrund der bereits erwähnten tubulären Rückresorption kommt es dabei erwartungsgemäss zu einer starken Unterschätzung der GFR.

Dennoch kann diese Bestimmung hilfreich sein, denn bei tiefer GFR (Stadium IV) ergibt die Kreatinin-clearance – durch eine vermehrte Kreatininsekretion – einen zu hohen Wert. Indem der Mittelwert aus Kreatinin- und Harnstoffclearance gebildet wird, lassen sich beide Fehler ausgleichen.

Schätzung der GFR

Wegen der genannten Schwierigkeiten bei der Bestimmung der GFR wurden verschiedene Formeln entwickelt, die mittels einfach zu erlangender Werte eine Schätzung der GFR versuchen. Voraussetzung dafür ist immer ein stabiles Fließgleichgewicht zwischen Serumkreatinin

und GFR, die Formeln können also nur bei stabiler Nierenfunktion Anwendung finden.

Am weitesten verbreitet ist sicherlich die Schätzung der Kreatinin-clearance nach Cockcroft und Gault [8], hier in einer transformierten Formel, in der die Umrechnung des Kreatinins von mg/dl in $\mu\text{mol/L}$ bereits enthalten ist:

$$\text{Kreatinin-clearance} = \frac{(140 - \text{Alter}) \times \text{Körpergewicht [kg]} \times 1,03 \text{ [für Frauen]} \text{ bzw. } \times 1,23 \text{ [für Männer]}}{\text{Serumkreatinin } [\mu\text{mol/L}]}$$

Diese Formel berücksichtigt die mit dem Körpergewicht steigende und mit fortschreitendem Alter fallende Kreatininproduktion. Zu beachten ist, dass sie explizit nicht die GFR, sondern die Kreatinin-clearance schätzt, die aus den obengenannten Gründen (tubuläre Kreatininsekretion) stets höher ist als die GFR. Diese Formel ist seit ihrer Entwicklung in über 50 Studien an unterschiedlichen Patienten validiert worden [2]. Eine weitere Formel wurde von der MDRD-Study Group publiziert [9]:

$$\begin{aligned} \text{GFR [ml/min/1,73 m}^2] &= 170 \times \text{Serumkreatinin}^{-0,999} \\ &\quad \text{[mg/dl]} \\ &\quad \times \text{Alter}^{-0,176} \times \text{BUN}^{-0,170} \text{ [mg/dl]} \\ &\quad \times \text{Albumin } 0,318 \text{ [g/dl]} \\ &\quad \times 0,762 \text{ [für Frauen]} \text{ bzw.} \\ &\quad \times 1,180 \text{ [für Afroamerikaner]} \end{aligned}$$

BUN = blood urea nitrogen.

Aus diesen Daten wurde auch eine vereinfachte Formel abgeleitet [2]:

$$\begin{aligned} \text{GFR [ml/min/1,73 m}^2] &= 186,3 \times \text{Serumkreatinin}^{-1,154} \text{ [mg/dl]} \\ &\quad \times \text{Alter}^{-0,203} \times 0,742 \text{ [für Frauen]} \\ &\quad \text{bzw. } \times 1,21 \text{ [für Afroamerikaner]} \end{aligned}$$

Für die in der Schweiz gebräuchlicheren SI-Einheiten müssen bei der Verwendung dieser Formel folgende Umrechnungsfaktoren berücksichtigt werden:

$$\begin{aligned} \text{Kreatinin [mg/dl]} &= \text{Kreatinin}/88,4 \text{ } [\mu\text{mol/L}] \\ \text{BUN [mg/dl]} &= \text{Harnstoff} \times 2,75 \text{ } [\mu\text{mol/L}] \\ \text{Albumin [g/dl]} &= \text{Albumin}/10 \text{ [G/L]} \end{aligned}$$

Diese Formeln wurden aufgrund eines Patientenkollektivs mit chronischer Niereninsuffizienz entwickelt und in der Folge auch für weitere Patientengruppen validiert.

Explizit nicht validiert wurden die MDRD-Formeln für Kinder, Schwangere, Patienten im Alter von über 70 Jahren und Probanden mit normaler Nierenfunktion. Zu beachten ist auch, dass die MDRD-Formel ausdrücklich die auf eine Körperoberfläche von 1,73 m² normierte GFR schätzt; das ist für Vergleichszwecke sinnvoll, zur Dosisanpassung von Medikamenten sollte aber die nichtnormierte, absolute GFR verwendet werden. Bei Patienten mit wesentlich grösserer oder kleinerer Körperoberfläche ist es

daher notwendig, den von der MDRD-Formel geschätzten Wert auf die nichtkorrigierte GFR zurückzurechnen [2]:

$$\text{GFR [ml/min]} = \text{GFR}/1,73 \text{ m}^2 \text{ [ml/min}/1,73 \text{ m}^2] \\ \times (\text{Gewicht}^{0,425} \times \text{Grösse}^{0,725} \times 0,007184)$$

Diskussion

In Anbetracht der Kosten und des erheblichen Aufwandes für eine genaue Messung der GFR bleiben für die tägliche Praxis die Alternativen einer Schätzung der GFR mittels einer der genannten Formeln und einer Bestimmung der Kreatinin-clearance, gegebenenfalls in Kombination mit der Harnstoffclearance.

Im Fall einer Clearancemessung ist es für die Verwertbarkeit der Ergebnisse ausschlaggebend, dass der Patient sehr gut verstanden hat, wie die Sammlung durchzuführen ist, und dies gut befolgt. Die Schätzung der GFR ist – besonders für den Patienten – weit weniger umständlich und durch die Ausschaltung der vielen möglichen Fehlerquellen bei der Urinsammlung letztlich sogar genauer als eine aus einer ambulanten Urinsammlung berechnete Clearance [10].

Hier muss auch die Frage gestellt werden, wie genau die GFR denn zu ermitteln ist: Um eine Einschätzung der Nierenfunktion zu erhalten, spielt es nur eine geringe Rolle, ob die genaue GFR nun 53 oder 58 ml/min beträgt; die wesentliche Aussage ist in beiden Fällen, dass eine mittelschwer eingeschränkte Nierenfunktion vorliegt. Bei Verlaufsbeobachtungen am gleichen Patienten bleiben systematische Fehler – zum Beispiel durch eine höhere oder geringere Muskelmasse – in der Regel konstant oder ändern sich nur sehr langsam, so dass die Differenz zwischen verschiedenen Schätzungen eine sehr gute Aussage über die Progredienz einer Niereninsuffizienz erlaubt.

Die MDRD-Formel wurde anhand einer Patientengruppe aus den USA entwickelt, so dass nicht auszuschliessen ist, dass im Vergleich zu einem Schweizer (oder europäischen) Patientenkollektiv Differenzen hinsichtlich der relativen Muskelmasse im Verhältnis zum Körpergewicht bestehen. Attraktiv erscheint an dieser Formel der darin enthaltene Korrekturfaktor für die höhere Muskelmasse und die höhere Kreatininproduktion von Afroamerikanern; zu beachten bleibt aber, dass dieser Faktor nicht für afrikanische Patienten validiert ist. Es kann spekuliert werden, dass ein direktes Übernehmen dieses Faktors wegen der Ethnizität und der doch recht verschiedenen Lebensumstände von Afroamerikanern einerseits und afrikanischen Immigranten andererseits nicht sinnvoll ist.

Vor dem Hintergrund dieser Überlegungen ist ein weiterer Gebrauch der Cockcroft-Formel, die

zudem wesentlich einfacher zu handhaben ist, gut zu rechtfertigen.

Empfehlungen

Die erste Evaluation der Nierenfunktion sollte im Normalfall durch eine Schätzung der GFR mittels der Cockcroft- oder MDRD-Formel erfolgen. Hilfreich ist hierfür die Verwendung eines Handheld-Computers, wobei mehrere Programme zur Berechnung dieser und anderer Formeln kostenlos erhältlich sind (z.B. unter www.media.ch/medcalc). Alternativ können Online-Kalkulatoren genutzt (etwa unter www.medcalc3000.com) oder über das «Medical Algorithms Project» (www.medalreg.com) Vorlagen für eine gängige Tabellenkalkulation heruntergeladen werden. Sehr einfach lassen sich die Gleichungen ebenfalls unter www.kdoqui.org → Professionals → Clinical tools → GRF Calculator lösen.

Eine Messung der Kreatinin-clearance sollte nur in Ausnahmefällen [2] erfolgen bei Patienten:

- hohen Alters (>80 Jahre);
- mit ausgeprägter Malnutrition oder Adipositas;
- mit Erkrankungen der Muskulatur;
- mit Para- oder Tetraplegie;
- mit streng vegetarischer oder veganer Diät;
- mit instabiler Nierenfunktion;
- in der Schwangerschaft.

Bei Patienten mit sehr tiefer GFR (unter 25 ml/min) sollte als bester Näherungswert das Mittel aus Kreatinin- und Harnstoffclearance berechnet werden.

Wenn in diesen Ausnahmefällen eine Urinsammlung durchgeführt wird, lässt sich eben aufgrund des Ausnahmecharakters eine Validierung durch die Kreatininausscheidung pro kg Körpergewicht nicht durchführen. Deshalb ist es sinnvoll, wenn möglich zwei bis drei Sammlungen an nicht aufeinanderfolgenden Tagen durchzuführen und die jeweilige totale Kreatininausscheidung zu vergleichen.

Eine Bestimmung der GFR mittels der Inulin- oder Isotopenclearance ist nur angezeigt, wenn die genaue GFR von hoher klinischer Relevanz ist.

Zur Verlaufsbeobachtung bei bekannter Niereninsuffizienz reicht eine Beobachtung der geschätzten GFR (oder des reziproken Kreatininwerts) aus, da relative Änderungen gut erfasst werden.

Danksagung

Für die Durchsicht des Manuskriptes danken wir Frau Dr. med. Ewa Cynke, Fachärztin FMH für Innere Medizin und Nephrologie, Praxis & Dialysezentrum «Alt-Münchenstein», Münchenstein.

Literatur

- 1 Coresh J, Astor BC, Greene T, Eknoyan G, Levey AS. Prevalence of chronic kidney disease and decreased kidney function in the adult US population. Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Am J Kidney Dis* 2003;41:1–12.
- 2 K/DOQI clinical practice guidelines for chronic kidney disease: evaluation, classification, and stratification. *Am J Kidney Dis* 2002;39:S1–266.
- 3 Levey AS. Measurement of renal function in chronic renal disease. *Kidney Int* 1990;38:167–84.
- 4 Mitch WE, Walser M, Buffington GA, Lemann J, Jr. A simple method of estimating progression of chronic renal failure. *Lancet* 1976;2:1326–8.
- 5 Coll E, Botey A, Alvarez L, Poch E, Quinto L, Saurina A, et al. Serum cystatin C as a new marker for noninvasive estimation of glomerular filtration rate and as a marker for early renal impairment. *Am J Kidney Dis* 2000;36:29–34.
- 6 Pirlich M, Schwenk A, Mueller MJ. DGEM Guidelines Enteral Nutrition: Nutritional Status. *Aktuel Ernaehr Med* 2003;28(Suppl 1):10–25.
- 7 Koechli HP, Bachmann C. Scriptum zu Fertigkeitssausweis Praxislabor. 1-6-2003. Kollegium für Hausarztmedizin. Ref Type: Generic.
- 8 Cockcroft DW, Gault MH. Prediction of creatinine clearance from serum creatinine. *Nephron* 1976;16:31–41.
- 9 Levey AS, Bosch JP, Lewis JB, Greene T, Rogers N, Roth D. A more accurate method to estimate glomerular filtration rate from serum creatinine: a new prediction equation. Modification of Diet in Renal Disease Study Group. *Ann Intern Med* 1999;130:461–70.
- 10 DeSanto NG, Coppola S, Anastasio P, Coscarella G, Capasso G, Bellini L, et al. Predicted creatinine clearance to assess glomerular filtration rate in chronic renal disease in humans. *Am J Nephrol* 1991;11:181–5.

Korrespondenz:

Dr. med. Dimitrios Tsinalis
Fachbereich Nephrologie
Kantonsspital
Rorschacher Strasse 95
CH-9007 St. Gallen
dimitrios.tsinalis@kssg.ch