

Erklärungen

Formel 1: Fraktionelle Natriumexkretion (%)

$$Fe_{(\text{Natrium})} = \frac{(\text{Natrium}_{(\text{Harn})} * \text{Kreatinin}_{(\text{Serum})})}{((\text{Natrium}_{(\text{Blut})} * \text{Kreatinin}_{(\text{Serum})}) * 100}$$

Normalwerte: 1-3%

< 1%: Verminderung des effektiv zirkulierenden Volumen (prärenales ANV)

>3%: renaler Natriumverlust (z.B. akuter Tubulusschaden)

Eine Verminderung des effektiv zirkulierenden Volumens führt zu einer Stimulierung des RAAS und ADH Systems und zu einer nahezu vollständigen Rückresorption von Natrium in der Niere (Harn Natrium < 10 mmol/l). Da die Natriumkonzentration im Harn jedoch von der Harnmenge abhängt ist diese vor allem bei polyurischen Patienten oft nicht verwertbar. Eine von der Harnmenge unabhängige Abschätzung der renalen Natriumelimination gelingt mit der Berechnung der FeNa. Diese beschreibt den prozentualen Anteil an glomerulär filtriertem Natrium welcher im Endharn ausgeschieden wird. Wie alle fraktionellen Exkretionsraten ist auch die FeNa nicht nur vom Anteil an rückresorbierten Natrium, sondern auch von der filtrierten Menge abhängig. Bei normaler Nierenfunktion liegt beim prärenalen ANV die typische FeNa <0,5%.

Formel 2: Fraktionelle Chloridexkretion (%)

$$Fe_{(\text{Chlorid})} = \frac{(\text{Chlorid}_{(\text{Harn})} * \text{Kreatinin}_{(\text{Serum})})}{((\text{Chlorid}_{(\text{Blut})} * \text{Kreatinin}_{(\text{Serum})}) * 100}$$

Normalwerte: 1-3%

< 1%: Verminderung des effektiv zirkulierenden Volumen (prärenales ANV)

>3%: renaler Chloridverlust (z.B. akuter Tubulusschaden)

Die FeChlorid sollte immer dann bestimmt werden wenn eine metabolische Alkalose vorhanden ist, da in diesen Fällen die renale Natriumelimination erhöht sein kann (Natrium wird als Kation für die Bikarbonatelimination im Harn benötigt) und damit die FeNa falsch berechnet wird. Es dient wie die FeNa zur Diagnose eines prärenalen ANV.

Formel 3: Fraktionelle Harnstoffexkretion (%)

$$Fe_{(\text{Harnstoff})} = \frac{(\text{Harnstoff}_{(\text{Harn})} * \text{Kreatinin}_{(\text{Serum})})}{(\text{Harnstoff}_{(\text{Blut})} * \text{Kreatinin}_{(\text{Serum})}) * 100}$$

Normalwert:

< 35%: Verminderung des effektiv zirkulierenden Volumen - prärenales ANV

> 65% z.B. bei SIADH

Wie die beiden oben genannten Formeln 1 und 2 dient auch die fraktionelle Harnstoffexkretion zur Beurteilung eines prä- vs. renalen Nierenversagens. Im Gegensatz zu Natrium und Chlorid wird aber die Harnstoffexkretion durch die Therapie mit Diuretika nicht beeinflusst. Deshalb ist die Berechnung der fraktionellen Harnstoffexkretion bei v.a. Diuretika-induziertes prärenales Nierenversagen besser zu verwenden.

Formel 4: Berechnung der Plasmaosmolalität (mosmol/l):

$$\text{Plasma-Osmolalität}_{(\text{berechnet})} = 2 \times \text{Natrium}_{(\text{Serum})} + (\text{Glukose})_{(\text{Serum})} + (\text{BUN})_{(\text{Serum})}$$

alle Angaben in mmol/l

Die Berechnung der Plasmaosmolalität ist vor allem zur Kalkulation der osmotischen Lücke erforderlich.

Osmotische Lücke im Serum (Osmotic-gap) (in mosmol/l):

$$\text{Osmotische Lücke} = \text{Osmol}_{(\text{gemessen})} - \text{Osmol}_{(\text{berechnet})}$$

Bei einer Hyponatriämie sollte immer die Plasmaosmolalität gemessen werden um eine Pseudohyponatriämie auszuschließen. Die Berechnung der Plasma-Osmolalitätslücke zeigt die Existenz nicht berechneter, jedoch osmotisch wirksamer Teilchen an (z.B. Paraprotein)

Die osmotic gap dient auch zur Differentialdiagnose der metabolen Azidose mit erhöhter Anionenlücke, da gewisse organische Säuren die Plasmaosmolalität erhöhen (Ethanol, Methanol, Ethylenglykol).

Formel 5: Elektrolyt-freie Wasserclearance ($T^e_{H_2O}$); (in ml/Zeiteinheit):

$$T^e_{H_2O} = \text{Harnvolumen} \cdot (1 - (\text{Natrium} + \text{Kalium}_{(\text{Harn})}) / \text{Natrium}_{(\text{Blut})})$$

$T^e_{H_2O}$ entspricht den Verlust oder der Retention von elektrolytfreiem Wasser. Ein negativer Wert gibt die Menge an renal retiniertem Wasser in ml an (bezogen auf den Zeitraum der Sammelperiode). Ein positiver Wert zeigt einen renalen Verlust an Wasser an. Mit der $T^e_{H_2O}$

kann besser als mit der Bestimmung der Harnosmolalität kontrolliert werden ob die Niere freies Wasser retiniert oder eliminiert, was zur Steuerung der Therapie der Dysnatriämien genutzt werden kann.

Formel 6: Trans-Tubulärer Kaliumgradient (TTKG)

Der TTKG gibt das Verhältnis des Serum-Kaliums zum Harn-Kalium abhängig von der Harnkonzentrierung an. Damit kann die Kaliumsekretion der distalen Tubulusabschnitte evaluiert werden und damit die Netto-Aldosteronaktivität bzw. ob ein renaler Kaliumverlust besteht abgeschätzt werden. Ein hoher TTKG entspricht einer hohen Aldosteronaktivität, welche bei Hyperkaliämie adäquat ist, bei Hypokaliämie jedoch nicht.

$$\text{TTKG} = \frac{K_{\text{CCD}}}{K_{\text{Harn}}} / \left(\frac{K_{\text{Serum}}}{\text{Osm}_{\text{Harn}} / \text{Osm}_{\text{Serum}}} \right)$$

$$K_{\text{CCD}} = \frac{\text{Osm}_{\text{Harn}}}{\text{Osm}_{\text{Plasma}}} \rightarrow \text{TTKG} = \frac{K_{\text{Harn}}}{K_{\text{Serum}}}$$

TTKG : Verhältnis zwischen K-Konzentration im Lumen des kortikalen Sammelrohrs (CCD) ; (= K_{CCD}) zur K-Konzentration in den peritubulären Kapillaren, welche in etwa der Plasma-K-Konzentration entspricht (= K_{Blut}).

Vorraussetzung zur Bestimmung des TTKG

Die Urinosmolalität muss größer als die Serumosmolalität sein, also zumindest > 300 mosmol/kg.

Die Harn Natrium Konzentration sollte > 20 mmol/l da ansonsten eine aufgrund der verminderten Anflutung von Na an den Tubulusapparat limitierte Kaliumsekretion erfolgt.

TTKG	Interpretation
HYPERKALIÄMIE	
> 10	Normale Aldosteronwirkung
< 6	Verminderte Aldosteronwirkung
<i>nach Gabe von 0,05 mg 9á Fludrocortison:</i>	
>10	Aldosteronmangel
<6	K-sparende Diuretika Aldosteronresistenz Medikamente: TMP
HYPOKALIÄMIE	
<2	Extrarenaler Verlust
>2	Renaler Verlust-Hyperaldosteronismus

Plasma-Anionenlücke (PAG):

Natrium-(Chlorid+HCO₃)= 8-12 mmol (CAVE: Normwert abhängig vom Laborreferenzwert)

Eine Erhöhung der Plasmaanionenlücke erfolgt bei Akkumulation eines nicht rasch eliminierbaren (Metabolisierung oder renale Exkretion) Anions. Aufgrund elektrophysiologischer Gründe (Kationen=Anionen) wird Chlorid durch das kumulierende Anion der Säure aus den EZR verdrängt und die PAG wird größer. Bei hyperchloridämischer Azidose hingegen führt ein Bikarbonatverbrauch oder Verlust zu einem Abfall des Plasma HCO₃ und wiederum aufgrund elektrophysiologischer Notwendigkeit zum Anstieg des Chlorids im Serum.

Formel 7: Harnosmolalitätslücke (UOG) (mosm/l)

$UOG = U_{osmol}(\text{gemessen}) - U_{osmol}(\text{berechnet})$

$U_{osmol}(\text{berechnet}) = 2x(\text{Na}+\text{K})_{\text{Harn}} + \text{Glukose}_{\text{Harn}} + \text{Harnstoff}_{\text{Harn}}$

Bei adäquater renaler Steigerung der Ammoniumproduktion kommt es zu einem Anstieg der Harnosmolalitätslücke als Ausdruck der vermehrten Exkretion von NH₄. Beim gastrointestinalen Bikarbonatverlust durch Diarrhö können die Nieren die Ammoniumproduktion adäquat steigern und die UOG wird > 100 mosm/l. Bei den renal tubulären Azidosen ist die Ammoniumproduktion durch verschiedenen Mechanismen inhibiert und die UOG ist < 50 mosm/l. Auch eine chronische Niereninsuffizienz geht mit einer verminderten absoluten Ammoniumproduktion einher. Bei mäßig eingeschränkter Nierenfunktion (GFR 20-50 ml/min) kommt es deshalb zu einer hyperchloridämischen metabolen Azidose, welche bei weiteren Funktionsverlust in eine Azidose mit hoher Anionenlücke übergehen kann (oder gemischte Formen). Die UOG/2 entspricht in etwa der renalen Ammoniumausscheidung in mmol/l.

Harnanionenlücke (UAG)

$$UAG = [Na_{(Harn)} + K_{(Harn)}] - Cl_{(Harn)}$$

Ähnlich wie bei der Harnosmolalitätslücke dient die Bestimmung der Harnanionenlücke zur indirekten Kalkulation der renalen Ammoniumproduktion. Ein negativer Wert (relativer Überschuss von Cl im Vergleich zu Na und K) ist ein Hinweis auf eine hohe renale Ammoniumproduktion (das Kation zum Chlorid), als adäquate Antwort bei systemischer Azidose. Bei inadäquater Ammoniumausscheidung wird die UAG positiv.

Transportmaximum für Phosphat/glomeruläre Filtrationsrate (TmP/GFR)

Die Niere hat eine wesentliche Rolle in der Regulation der Phosphathomöostase. Nach glomerulärer Filtration werden normalerweise mehr als 80 % des Phosphat rückresorbiert (TRP = Tubulär Rückresorbiertes Phosphat), ohne dabei aktiv sezerniert zu werden. Die renale Phosphatausscheidung ist daher durch die glomerulär filtrierte Menge und des TRP determiniert.

Fraktionelle Tubuläre Rückresorption von Phosphat (TRP in %): Referenzbereich: 82 – 90 %

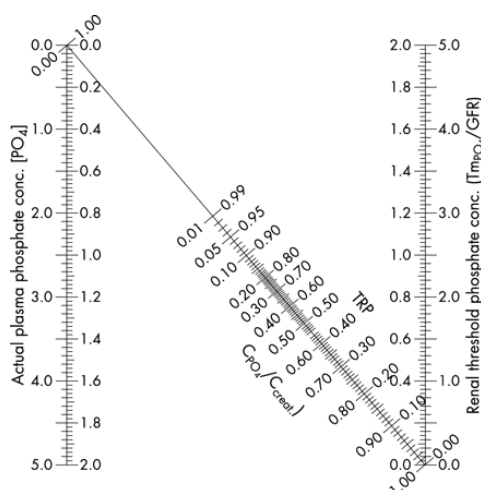
$$TRP(\%) = 1 - (\text{Phosphat}_{(Harn)} \cdot \text{Kreatinin}_{(Serum)} / \text{Phosphat}_{(Serum)} \cdot \text{Kreatinin}_{(Harn)}) \cdot 100$$

TmP/GFR (=Schwellenwert der Phosphatexkretion)

Das tubuläre Maximum der Phosphatrückresorption ist identisch mit der theoretischen Nierenschwelle der Phosphatexkretion. TmP/GFR ist daher der beste Parameter zur Feststellung einer tubulären Störung der Phosphatrückresorption. Referenzbereich: 0,8 – 1,4 mmol/l

$$TmP/GFR = \text{Phosphat}_{(Serum)} - [(\text{Phosphat}_{(Harn)} \cdot \text{Kreatinin}_{(Plasma)}) / \text{Kreatinin}_{(Harn)}]$$

Ist die Phosphatausscheidung hoch (TRP < 80%), lässt sich die Phosphatschwelle errechnen. Ist sie gering (TRP > 80%), wird das Nomogramm von Walton und Bijvoet benötigt, bei dem man aus der aktuellen Serum-Phosphatkonzentration und der errechneten TRP die TmP/GFR erkennen kann..



Die Phosphatschwelle ist erniedrigt bei tubulären Syndromen mit Phosphatverlust ,
weilers bei primären und sekundären
Hyperparathyreoidismus .

Kalzium/Kreatinin-Ratio

$$\text{Ca/Crea} = \text{Kalzium}_{(\text{Ham})} / (\text{Kreatinin}_{(\text{Ham})} * 0,0884)$$

Um die Kalziumausscheidung im Harn zu bestimmen kann die 24
Stundenharnsammlung herangezogen werden. Da die Sammlungen sehr
fehleranfällig sind wurde die Bestimmung der Kalzium/Kreatinin-Ratio herangezogen
um eine Hyperkalziurie zu erkennen.

Normalwerte: <0,57 mmol/mmol Kreatinin

Wichtige Umrechnungsfaktoren:

Kreatinin mg/dl - $\mu\text{mol/l}$ = *88,4
Kreatinin $\mu\text{mol/l}$ - mmol/l = /1000
Harnstoff mg/dl - mmol/l= *0,1665
BUN - Harnstoff (jeweils mg/dl)= *2,144
BUN mg/dl – mmol/l= *0,357
Harnstoff mmol/l in mg/dl *0,601
Glukose mg/dl in mmol/l=*0,0555