

<http://www.aerzteblatt.de/archiv/45682/>

Thomas, Lothar; Thomas, Christian; Heimpel, Hermann

Neue Parameter zur Diagnostik von Eisenmangelzuständen: Retikulozytenhämoglobin und löslicher Transferrinrezeptor

MEDIZIN

Zusammenfassung

Zur Diagnostik von Eisenmangelzuständen werden neben dem Blutbild die biochemischen Marker Transferrin, Transferrinsättigung und Ferritin bestimmt. Diese Marker sind jedoch relativ unempfindlich zur Erkennung eines funktionellen Eisenmangels bei der Anämie chronischer Erkrankungen und unter Therapie mit rekombinantem Erythropoetin (r-HuEPO). Der lösliche Transferrinrezeptor und von diesem abgeleitete Parameter wie der Ferritinindex sind neue biochemische Marker zur Diagnostik des Eisenmangels. Ein neuer hämatologischer Marker, der Hämoglobingehalt des Retikulozyten, ist früher Indikator des Eisenbedarfs der Erythropoese, speziell in Situationen des Eisenmangels, bei denen die biochemischen Marker nicht genügend aussagekräftig sind. Die Kombination des Retikulozytenhämoglobins als Indikator des Eisenbedarfs der Erythropoese mit dem Ferritinindex als Marker der Eisenzufuhr in einem diagnostischen Diagramm ermöglicht die Klassifizierung des Eisenmangels in vier Stadien. Je nachdem, in welchem Feld des Diagramms die Daten des Patienten platziert sind, kann eine therapeutische Entscheidung hinsichtlich oraler Eisentherapie und/oder r-HuEPO-Therapie getroffen und der therapeutische Erfolg kontrolliert werden.



Erythropoese, speziell in Situationen des Eisenmangels, bei denen die biochemischen Marker nicht genügend aussagekräftig sind. Die Kombination des Retikulozytenhämoglobins als Indikator des Eisenbedarfs der Erythropoese mit dem Ferritinindex als Marker der Eisenzufuhr in einem diagnostischen Diagramm ermöglicht die Klassifizierung des Eisenmangels in vier Stadien. Je nachdem, in welchem Feld des Diagramms die Daten des Patienten platziert sind, kann eine therapeutische Entscheidung hinsichtlich oraler Eisentherapie und/oder r-HuEPO-Therapie getroffen und der therapeutische Erfolg kontrolliert werden.

Schlüsselwörter: Anämie, Retikulozytenhämoglobin, Transferrinrezeptor, Eisenmangel, Erythropoetin, Diagnosestellung

Summary

New Parameters for the Diagnosis of Iron-Deficient States –

Reticulocyte Hemoglobin Content and the Soluble Transferrin Receptor

For the detection of iron-deficient states the complete blood count and biochemical markers of iron metabolism including serum transferrin, transferrin saturation and serum ferritin are used. These markers are relatively insensitive in diagnosing functional iron deficiency in conditions such as anemia of chronic disorders (ACD) and in monitoring the response to r-HuEPO therapy. The serum circulating soluble transferrin receptor as well as various ratios like the ferritin-index are new biochemical markers for evaluation of the iron status. The presence of a reduced content of reticulocyte hemoglobin is an indicator of early stages of iron demand of the erythropoiesis before the development of anemia, especially in cases where the biochemical

markers are not informative. The combination of the ferritin-index, a biochemical marker for iron supply to erythropoiesis, with the hemoglobin content of reticulocytes in a diagnostic plot offers the advantage of classification of iron deficiency into four states. On the basis of placement of individual patients in this plot, decisions can be made on the suitability of either iron replacement and/or r-HuEPO therapy. In addition the therapeutic response can be monitored.

Key words: anemia, reticulocyte hemoglobin content, transferrin receptor, iron deficiency, erythropoetin

Der Eisenstoffwechsel wird von der Erythropoese bestimmt. Für die Menge von etwa 6 bis 7 g Hämoglobin, die ein gesunder Erwachsener täglich bildet, werden etwa 30 bis 40 mg Eisen benötigt. Dieses Eisen stammt aus der Maserung gealterter Erythrozyten, deren Hämoglobineisen nach Abbau in den Makrophagen dem Körpereisenpool wieder zur Verfügung steht. Die Hämoglobinkonzentration des Blutes ist das Ergebnis der Bildung und Entfernung roter Blutzellen aus der Zirkulation. Unterschreitet die Bildungsrate nach Ausschöpfung der kompensatorischen Möglichkeiten der Blutbildung die Eliminationsrate, resultiert eine Verminderung der Hämoglobinkonzentration. Unterschreitet diese einen bestimmten Grenzwert, wird dieser Zustand als Anämie bezeichnet. Etwa 70 Prozent des Gesamtkörpereisens von im Mittel 3 g bei der Frau und 4 g beim Mann sind Bestandteil des dynamischen Prozesses der Erythropoese (1) (**Grafik 1**). 0,5 bis 1g des Gesamtkörpereisens sind als Speichereisen im retikuloendothelialen System und in den Hepatozyten lokalisiert. Das Eisen liegt dort intrazellulär an Apoferritin gebunden und als Ferritin oder Hämosiderin gespeichert vor. Im Überschuss gebildetes Apoferritin wird von der Zelle in den Kreislauf abgegeben. Bei der Ferritinbestimmung im Serum wird Apoferritin gemessen und als Serumferritin angegeben. 1µg Ferritin/L Serum ist repräsentativ für etwa 10 mg gespeichertes Eisen (20). Eine unter den Wert von 10 bis 30 µg/L erniedrigte Serumferritinkonzentration zeigt immer eine Verminderung des Speichereisens und somit ein erniedrigtes Gesamtkörpereisen an. Dies ist unabhängig davon, ob eine Akute-Phase-Reaktion oder eine chronische Lebererkrankung vorliegt, bei denen die Beziehung zwischen Serumferritin und Speichereisen nicht mehr besteht und trotz einer Verminderung des Gesamtkörpereisens eine noch normale Serumferritinkonzentration gemessen wird.

Im Blut ist Eisen an das Transportprotein Transferrin gebunden, das für den Eisenaustausch zwischen den Enterozyten als Ort der Eisenaufnahme, den Speicherkompartimenten und den Erythroblasten sorgt. Der tägliche Bedarf an Eisen für die Erythropoese ist etwa zehnfach höher als die zirkulierende Eisenmenge. Das bedeutet, dass der zirkulierende Eisenpool mindestens täglich zehnmals umgesetzt werden muss, damit für die Erythropoese ausreichend Eisen verfügbar ist. 20 bis 30 Prozent des Serumtransferrins sind mit Eisen gesättigt und zeigen eine ausreichende Zufuhr von Eisen aus den Speicherkompartimenten an. Eine Transferrinsättigung von weniger als 16 Prozent weist auf eine mangelnde Eisenversorgung der Erythropoese hin (6, 20).

Das Transferrin-gebundene Eisen des Plasmas wird in die Erythroblasten des Knochenmarks und die Retikulozyten durch auf der Zellmembran lokalisierte Transferrinrezeptoren aufgenommen (27).

Die ausreichende Erythrozyten- und Hämoglobinproduktion ist von der Stimulation durch Erythropoetin und der Versorgung mit Eisen abhängig. Eine adäquate Erythropoetinkonzentration steuert die Poolgröße erythroider Vorläuferzellen. Bei einem relativen Erythropoetinmangel fallen Vorläuferzellen vermehrt der Apoptose anheim, die überlebenden Zellen reifen jedoch bei ausreichender Eisenversorgung zu normalen Erythrozyten heran. Die Zahl der ausreifenden Erythrozyten ist vermindert, jedoch haben die roten Blutzellen einen normalen Hämoglobingehalt und ein normales Volumen.

Dieser Zustand ist typisch für die normochrom-normozytäre Form der Anämie chronischer

Erkrankungen (17), bei der aufgrund eines systemischen inflammatorischen Zustandes die antiapoptotische Wirkung von Erythropoetin auf die frühen erythroiden Vorläuferzellen teilweise aufgehoben wird (19).

Eisenbedarf und Eisenversorgung der Erythropoese stehen in einem labilen Gleichgewicht. Ist bei normaler oder gesteigerter Erythrozytenproduktion die Eisenversorgung limitiert, oder wird bei verminderter Erythrozytenproduktion diese durch Erythropoetingabe rasch gesteigert, und hält die Eisenversorgung nicht Schritt, so werden hypochrome, mikrozytäre Erythrozyten gebildet.

Dieser Zustand wird als funktioneller Eisenmangel (IDE, „iron deficient erythropoiesis“) bezeichnet (7). Ein funktioneller Eisenmangel tritt bei einer Verminderung des Reserve- und Ganzkörpereisens (dem klassischen Eisenmangel) und unter der Stimulation der Erythropoese mit rekombinantem Erythropoetin (r-HuEPO) auf. Er kommt zudem bei etwa 20 Prozent der Patienten mit Anämie aufgrund einer chronischen Erkrankung vor (**Kasten**).

Diagnostik der Eisenstoffwechselstörungen bei Anämien

Die Kenntnis der vereinfacht dargestellten, tatsächlich aber weit komplexeren Zusammenhänge beruht auf Ergebnissen der pathophysiologischen Forschung, insbesondere von Methoden der nuklearmedizinischen Funktionsdiagnostik, die heute wegen des Aufwandes und der Strahlenbelastung nicht mehr eingesetzt werden. Die praktische Diagnostik stützt sich vielmehr auf die Blutbildwerte und die Bestimmung von biochemischen Markern. Während die Bestimmung des Serumeisens in der Anämiediagnostik keinen Stellenwert mehr hat, ist beim unkomplizierten Eisenmangel als der häufigsten Anämieursache Blutbild und Ferritinbestimmung ausreichend (15).

Dies gilt nicht für Formen des funktionellen Eisenmangels, die in Kombination mit akuten und chronischen Entzündungen auftreten, insbesondere wenn Akute-Phase-Proteine, wie das C-reaktive Protein, erhöht sind, oder für das Frühstadium einer Behandlung mit Erythropoetin. Die Erfassung dieser Formen des funktionellen Eisenmangels ist durch neue Parameter, die die vertiefte Analyse von Eisenstoffwechselstörungen in der Diagnostik der Anämien erlauben, möglich (**Tabelle**).

Mikrozytäre Erythrozyten und Retikulozytenhämoglobin

Zur Diagnostik früher Einschränkungen in der Eisenversorgung der Erythropoese ist die Analyse der gängigen Blutbildparameter wie Hämoglobinwert, mittleres zelluläres Volumen (MCV) oder mittlere zelluläre Hämoglobinkonzentration (MCH) zu langsam, weil diese Parameter erst nach Wochen signifikante Veränderungen zeigen (16). Die Bestimmung des Anteils abnormal kleiner oder hämoglobinarmer Erythrozyten (%HYPO) (18) mit modernen Hämatologieanalysatoren entspricht im Prinzip der weit zeitaufwendigeren und weniger präzisen Schätzung ihres Anteils im Blutausschlag.

Die Methode erlaubt die Erkennung eines neu aufgetretenen funktionellen Eisenmangels bevor MCV und MCH aus ihrem Referenzbereich nach unten auswandern. Noch zeitnähere Informationen liefert die Bestimmung des Retikulozytenhämoglobins, die ebenfalls mit modernen Hämatologieanalysatoren zuverlässig möglich ist (4).

Dieser Wert wird aus dem Vorwärtsstreulicht fluoreszenz- oder farbstoffmarkierter Retikulozyten ermittelt. Die Messgröße wird abhängig vom Verfahren, das der Hersteller des Hämatologieanalysators zur Messung einsetzt, als CHr (4) oder als Ret-He (5, 14) bezeichnet. Der Hämoglobingehalt des Retikulozyten ist ein früher und aktueller Marker des funktionellen Eisenmangels, weil die Reifungszeit der Eisen aufnehmenden Erythroblasten zum Retikulozyten nur wenige Tage beträgt und diese nur ein bis zwei Tage zirkulieren (4).

Der Referenzbereich des Retikulozytenhämoglobins beträgt 28 bis 35 pg (26). Ein funktioneller Eisenmangel besteht, wenn das Retikulozytenhämoglobin < 28 pg abfällt oder der Wert des Retikulozytenhämoglobins kleiner ist als der Wert der mittleren zellulären Hämoglobinkonzentration (12, 26). Bedeutsam ist dies vor allem in der Anfangsphase oder bei intermittierender Gabe einer Behandlung mit Erythropoetin, um die Notwendigkeit der zusätzlichen oralen oder parenteralen Eisensubstitution zu erkennen.

Löslicher Transferrinrezeptor

Biochemische Marker des Eisenstoffwechsels wie das Ferritin repräsentieren nur bei Gesunden und unkomplizierten Eisenmangelzuständen die Speichereisenreserve. Sie sind aber, weil erhöht, ein schlechter Indikator bei Entzündung/Infektion, Autoimmunerkrankung, hepatozellulärer Erkrankung, Alkoholismus, Hypothyreose und der Einnahme oraler Kontrazeptiva (3, 17, 25). Auch die Transferrinsättigung ist kein Indikator der Eisenversorgung bei diesen Zuständen und Erkrankungen, weil Transferrin als negatives Akute-Phase-Protein unabhängig vom Eisenstoffwechsel erniedrigt ist (20) und die Unzuverlässigkeit der Serumeisenbestimmung in die Berechnung der Sättigung eingeht (16).

Der Transferrinrezeptor ist ein Glykoprotein auf der Zellmembran. Er hat die Funktion, das durch Transferrin zur Zelle transportierte Eisen aufzunehmen und in die Zelle zu bringen. Etwa 80 Prozent der Transferrinrezeptoren sind auf Vorläuferzellen der Erythropoese, ausgenommen der Erythrozyten, lokalisiert. Bei jedem funktionellen Eisenmangel, das heißt ungenügender Verfügbarkeit von Eisen für die Erythropoese, wird die Zahl der Rezeptoren auf der Membran hochreguliert. Da die Transferrinrezeptoren von der Zellmembran kontinuierlich abgeworfen werden und als lösliche Transferrinrezeptoren (sTfR, „soluble transferrin receptors“) in das Plasma übertreten, ist die Konzentration der sTfR im Serum ein Indikator der Eisenversorgung der Erythropoese (23).

Diese Serumkonzentration wird allerdings nicht nur durch die Rezeptordichte, sondern ebenso durch die Erythroblastenzahl bestimmt. Die Serumkonzentration des sTfR wird nicht wie die von Ferritin oder Transferrin durch Entzündungszustände beeinflusst. Erhöhte Konzentrationen des sTfR werden außer beim Eisenmangel auch bei jeder Expansion der Erythropoese, zum Beispiel hämolytischen Anämien, Thalassämien und Polyzythämien gemessen. Vermindert ist die sTfR-Konzentration bei aplastischer Anämie und anderen Zuständen mit hypoproliferativer Erythropoese wie der renalen Anämie.

Auch unter Einsatz des löslichen Transferrinrezeptors stellt die Diagnose eines funktionellen Eisenmangels eine Herausforderung dar, die bei komplexen Eisenstoffwechselstörungen allein durch Bestimmung biochemischer Marker nicht immer zu bewältigen ist (3).

Interpretation komplexer Eisenstoffwechselstörungen

Indizes und diagnostisches Diagramm

Die Diagnostik des funktionellen Eisenmangels ist bei inflammatorischen Zuständen und der Anämie chronischer Erkrankungen schwierig, weil Ferritin und die Transferrinsättigung durch die Akute-Phase-Reaktion beeinflusst werden. Der Quotient aus dem sTfR-Wert und dem Logarithmus des Ferritinwertes (sTfR/log Ferritin), auch als Ferritinindex bezeichnet, hat sich demgegenüber als ein brauchbarer Indikator der Eisenversorgung der Erythropoese erwiesen (24). Sein Wert korreliert gut mit dem Goldstandard zur Messung der Speichereisenreserve, der Berliner-Blau-Färbung von Knochenmarkgewebe (21).

Verbindet man den Ferritinindex als Marker der Eisenversorgung und den Hämoglobingehalt der Retikulozyten als Indikator des Eisenbedarfs der Erythropoese in einem diagnostischen Diagramm miteinander, ist es möglich, verschiedene Zustände des Eisenstoffwechsels zu definieren, und zwar für Patienten mit und ohne inflammatorische Reaktion (Entscheidungswert des C-reaktiven Proteins [CRP] von 5 mg/L, (10, 26) (**Grafik 2**). In dem Diagramm ist der funktionelle Eisenmangel als ein Hämoglobingehalt der Retikulozyten < 28 pg definiert, basierend auf dem unteren Grenzwert gesunder Kontrollen. Der Entscheidungswert des Ferritinindex ist > 1,5 beziehungsweise > 3,2 für die unzureichende Eisenversorgung bei Patienten ohne und > 0,8 beziehungsweise > 2,0 bei denjenigen mit inflammatorischer Reaktion.

Die Entscheidungswerte sind vom Hersteller des sTfR-Tests abhängig (Tabelle 1). Die Entscheidungswerte sind für Patienten mit inflammatorischer Reaktion niedriger, weil Ferritin durch die Akute-Phase-Reaktion bei gleicher Speichereisenreserve höher ist als bei Patienten mit Akute-Phase-Reaktion (26).

Bestimmt man sTfR, Ferritin und den Hämoglobingehalt der Retikulozyten, können anhand der

Lage des Datenpunktes im Diagramm folgende vier Stadien des Eisenstoffwechsels identifiziert werden (26):

- Quadrant 1: Normale oder vermehrte Speichereisenreserve, Erythropoese normal oder vermindert. Kein Anhalt für Störung des Eisenstoffwechsels bei Anämie. Bei erniedrigtem Hämoglobinwert besteht ein Zustand wie er typisch ist für 80 Prozent der Patienten mit Anämie chronischer Erkrankungen, zum Beispiel für Patienten im Endstadium chronischer Niereninsuffizienz, für Tumorpatienten oder Patienten mit rheumatischer Erkrankung.
- Quadrant 2: Verminderte Speichereisenreserve bei noch nicht vorhandenem funktionellen Eisenmangel und normaler Erythropoese (MCV und MCH normal). Es handelt sich um einen latenten Eisenmangel, wie er für Kinder im Wachstumsschub, bei Frauen im menstruationsfähigen Alter, Schwangeren, Ausdauersportlern und häufigen Blutspendern bestehen kann.
- Quadrant 3: Mikrozytäre, hypochrome Erythropoese aufgrund eines klassischen Eisenmangels. Die Speichereisenreserve ist vermindert, und es besteht ein funktioneller Eisenmangel.
- Quadrant 4: Funktioneller Eisenmangel bei normaler oder vermehrter Speichereisenreserve. Die meisten Patienten haben eine chronisch entzündliche Erkrankung. Etwa 20 Prozent der Patienten mit Anämie chronischer Erkrankungen sind in diesem Quadranten platziert. Bei dem überwiegenden Anteil ist CRP erhöht. Aufgrund der Erhöhung von sTfR durch die Hyperplasie der Erythropoese werden in diesem Quadranten auch Patientien mit Thalassämiesyndromen oder anderen Störungen der Hämoglobinbildung gruppiert, bei denen kein funktioneller Eisenmangel besteht. Liegen derartige Störungen der Erythropoese nicht vor, ist das Diagramm zweifellos eine wertvolle Interpretationshilfe (3, 14) und wird als neuer Goldstandard zur Diagnostik komplexer Eisenmangelzustände diskutiert (2).

Die Bestimmung des Hämoglobingehaltes der Retikulozyten und des Ferritinindex verbessert die Diagnostik von Eisenstoffwechselstörungen, wenn diese in Kombination mit chronisch entzündlichen Erkrankungen, Infektionen und malignen Tumoren auftreten. Aber auch wenn keine systemische Erkrankung vorliegt, zum Beispiel in Grenzfällen mit fraglichem Eisenmangel gibt der Hämoglobingehalt der Retikulozyten eine zuverlässige zeitnahe Aussage zum Eisenbedarf der Erythropoese. Das ist der Fall bei Schwangeren, die ein um 40 Prozent erhöhtes extrazelluläres Flüssigkeitsvolumen haben, wodurch die Aussagekraft der biochemischen Marker limitiert ist.

So hatten nach einer Studie (26) ein Drittel der Schwangeren im letzten Trimenon mit erniedrigtem Hämoglobinwert einen Eisenmangel, wenn der Ferritinwert als alleiniges Kriterium herangezogen wurde; 34 Prozent dieser Frauen hatten jedoch keine Mikrozytose und keine Verminderung des retikulozytären Hämoglobins.

Therapeutische Bedeutung des diagnostischen Diagramms

Auf Basis der Lokalisation von Datenpunkten im diagnostischen Diagramm sind therapeutische Empfehlungen möglich (**Grafik 3**). Patienten mit Datenpunkten in den Quadranten 2 und 3 ist eine orale Eisentherapie zu empfehlen. Bei guter Compliance von Patienten mit klassischem Eisenmangel und Datenpunkten in Quadrant 3 kommt es nach eigenen Untersuchungen im Mittel nach 10 Tagen oraler Therapie zu einer Verschiebung des Datenpunktes von Quadrant 3 in Quadrant 2 und nach 20 bis 30 Tagen von Quadrant 2 in Quadrant 1. Dies weist auf eine ausreichende Eisenversorgung aus einer wieder gefüllten Speichereisenreserve hin.

Einschränkend ist jedoch anzumerken, dass Personen oder Patienten mit latentem Eisenmangel (Datenpunkt in Quadrant 2) nur dann eine Eisensubstitution benötigen, wenn ein erhöhter Eisenbedarf zu erwarten ist. Dies trifft zum Beispiel auf Schwangere, häufige Blutspender und Kinder im Wachstumsschub zu. Der Vorteil des diagnostischen Diagramms gegenüber der Bestimmung von Serumferritin und dem Blutbild besteht in der zeitnahen Kontrolle darüber, dass aufgenommenes Eisen auch effektiv zur Hämoglobinbildung verwendet wird.

Patienten mit Datenpunkten in Quadrant 1 und 2 benötigen zur Anhebung der Hämoglobinkonzentration einer r-HuEPO-Therapie, wenn die übrigen Voraussetzungen

(therapierefraktäre Grundkrankheit, klinisch relevante Anämie, inadäquat gesteigerte endogene Erythropoetinproduktion) erfüllt sind.

Bei Patienten mit Datenpunkten in Quadrant 1 sollte die r-HuEPO-Therapie ohne die Gabe von intravenösen Eisen begonnen werden, weil sie eine ausreichende Speichereisenreserve und keinen Funktionseisenmangel haben. Eine Verschiebung des Datenpunktes nach rechts bei Verbleiben innerhalb des Quadranten 1, nach zweiwöchiger Kontrolle der r-HuEPO-Therapie, weist auf einen Responder sowie eine angemessene r-HuEPO-Dosierung hin. Wandert der Datenpunkt in Quadrant 2 oder nimmt der retikulozytäre Hämoglobingehalt ab, entspricht die Eisenversorgung nicht dem gesteigerten Bedarf und eine intravenöse Eisenzufuhr ist erforderlich.

Eine r-HuEPO-Therapie sollte jedoch begrenzt bleiben auf die klinischen Situationen, bei denen nicht erwartet werden kann, dass durch eine Behandlung der Ursache der Anämie chronischer Erkrankungen die Anämie korrigiert werden kann. Der Prototyp einer erfolgreichen r-HuEPO-Therapie ist die Anämie bei Dialysepatienten im Endstadium chronischer Niereninsuffizienz. In der Anämiebehandlung von Patienten mit chronischer Niereninsuffizienz dient die Bestimmung des Hämoglobingehaltes der Retikulozyten als ein Kriterium zur aktuellen Ermittlung des Eisenbedarfs der Erythropoese unter r-HuEPO-Therapie (13, 22). Zur Kontrolle des diagnostischen Diagramms beurteilten die Autoren den Eisenstatus von 142 Dialysepatienten unter r-HuEPO-Therapie und guter Eiseneinstellung nach den Kriterien der „European Best Practice Guidelines for the Management of Anemia in Patients with Chronic Renal Failure“ (11).

Es hatten 82 Prozent der Patienten Datenpunkte in Quadrant 1, 16 Prozent in Quadrant 2 und jeweils 1 Prozent in den Quadranten 3 und 4. Die Ergebnisse zeigen eine gute Übereinstimmung, weisen aber darauf hin, dass bei 16 Prozent der Patienten durch die in den Richtlinien empfohlene Bestimmung von Ferritin, Transferrinsättigung beziehungsweise den Anteil hypochromer Erythrozyten zur Kontrolle der Eisenversorgung unter r-HuEPO-Therapie ein latenter Eisenmangel nicht erkannt wird. Weitere Untersuchungen an 31 intensivmedizinischen Patienten unter r-HuEPO-Therapie zeigten bei 12 mit Datenpunkten in Quadrant 4 und ohne Eisensubstitution innerhalb von 2 Wochen keinen Anstieg des Retikulozytenhämoglobins; bei 12 von 15 Patienten mit Datenpunkten in Quadrant 1 wurde jedoch ein Anstieg verzeichnet. Da die Kosten für die kontinuierliche Kontrolle der Erythropoetintherapie mittels diagnostischem Diagramm zu hoch sind, ist die Durchführung als Basisuntersuchung zur Feststellung einer erforderlichen Eisensupplementation zu empfehlen. Eine weitere Untersuchung sollte nach 10 bis 14 Tagen das Ansprechen der Erythropoese kontrollieren und den Eisenbedarf feststellen. Der Hämoglobingehalt der Retikulozyten kombiniert mit dem Ferritinindex in einem diagnostischen Diagramm liefert ein wichtiges Instrument zur Abklärung und Verlaufsbeurteilung komplexer Eisenstoffwechselstörungen. Zudem können therapeutische Empfehlungen ausgesprochen und der Erfolg kontrolliert werden.

Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors besteht.

Manuskript eingereicht: 2. 9. 2004, angenommen: 30. 9. 2004

zZitierweise dieses Beitrags:

Dtsch Arztebl 2005; 102: A 580–586 [Heft 9]

Die Zahlen in Klammern beziehen sich auf das Literaturverzeichnis, das beim Verfasser erhältlich oder im Internet unter www.aerzteblatt.de/lit0905 abrufbar ist.

Anschrift für die Verfasser:
Prof. Dr. med. Lothar Thomas
Krankenhaus Nordwest
Laboratoriumsmedizin
Steinbacher Hohl 2-26
60488 Frankfurt
E-Mail: th-books@t-online.de

© Deutsches Ärzteblatt