

Journal für  
**Mineralstoffwechsel**

Zeitschrift für Knochen- und Gelenkerkrankungen  
Orthopädie • Osteologie • Rheumatologie

**Physiologie und  
Ernährungsphysiologie von Selen**

Markt W

*Journal für Mineralstoffwechsel*

2001; 8 (3), 34-36

**Homepage:**

**[www.kup.at/  
mineralstoffwechsel](http://www.kup.at/mineralstoffwechsel)**

**Online-Datenbank mit  
Autoren- und Stichwortsuche**

Member of the



Indexed in SCOPUS/EMBASE/Excerpta Medica  
[www.kup.at/mineralstoffwechsel](http://www.kup.at/mineralstoffwechsel)



Offizielles Organ der  
Österreichischen Gesellschaft  
zur Erforschung des Knochens  
und Mineralstoffwechsels



Österreichische Gesellschaft  
für Orthopädie und  
Orthopädische Chirurgie



Österreichische  
Gesellschaft  
für Rheumatologie

Krause & Pachernegg GmbH · VERLAG für MEDIZIN und WIRTSCHAFT · A-3003 Gablitz

P. b. b. GZ02Z031108M, Verlagspostamt: 3002 Purkersdorf, Erscheinungsort: 3003 Gablitz

## 2012: Abo-Aktion zum Kennenlernen

**Wenn Sie Arzt sind, in Ausbildung zu einem ärztlichen Beruf, oder im Gesundheitsbereich tätig, haben Sie die Möglichkeit, die elektronische Ausgabe dieser Zeitschrift kostenlos zu beziehen.**

**Die Lieferung umfasst 4–6 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.**

**Das e-Journal steht als PDF-Datei (ca. 5–10 MB) zur Verfügung und ist auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.**

**Inkludiert im PDF sind im Laufe des Jahres eine Serviceseite für Vortragende, mit direktem Zugriff auf hochauflösende Grafiken und – so vorhanden – embedded Video-Clips.**

**Bestellung kostenloses e-Journal Abo**



# PHYSIOLOGIE UND ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE VON SELEN

## PHYSIOLOGIE

Selen weist mit 20–30 mg den viert-höchsten Gehalt eines Spurenelementes im menschlichen Organismus auf und wird nur von Fe, Zn und Cu übertroffen [1]. Es tritt im Organismus als Selenomethionin und Selenocystein auf und ist in diesen beiden Formen in elf Selenproteinen enthalten. Vier dieser Selenproteine sind Glutathionperoxidasen, zwei Dejodasen. Die höchsten Selenkonzentrationen finden sich in der Leber und den Nieren, der größte Selenpeicher des Organismus ist die Skelettmuskulatur. Im Blut findet sich der höchste Selengehalt in den Thrombozyten. Menge und Verteilung der selenhaltigen Proteine werden von der Menge und der chemischen Form des Selen in der Nahrung beeinflusst. So bleibt bei Verminderung oder Erhöhung der alimentären Selenzufuhr die Aktivität der Glutathionperoxidase unverändert, während die Konzentrationen anderer Selenproteine Schwankungen zeigen [2].

Die Resorption von Selen erfolgt in den oberen Abschnitten des Dünndarms und dürfte keiner physiologischen Regulation unterliegen [1]. Die Resorptionsraten werden bei gemischter Kost mit 60–80% angegeben und sind für ein Spurenelement in einem eher hohen Bereich. Da keine Resorptionskontrolle existiert, führt eine Erhöhung der alimentären Selenzufuhr auch zu einer dementsprechenden höheren Selenaufnahme in den Organismus. Dies wird zumindest zum Teil als Ursache der bekannten alimentären Selentoxizität angesehen. Die Selenresorption unterliegt jedoch Einflüssen seitens der Art der vorliegenden Selenverbindungen. Wie Wolfram [3] anführt, werden Selenate über einen  $\text{Na}^+/\text{Selenat-Co-Transport}$  und über einen Selenat/OH-Austauschmechanismus resorbiert. Chemisch-physikalisch verwandte, zweiwertige, anorganische Anionen wie z. B. Sulfate, Thio-

sulfat, Molybdenat oder Chromat sowie organische Anionen wie Oxalat oder Oxalacetat hemmen die Selenataufnahme kompetitiv. Selenite werden offensichtlich überwiegend passiv resorbiert. Allerdings tritt im Anschluß an eine Reaktion von Seleniten mit bestimmten Thiolen, wie z. B. Cystein oder Glutathion, eine deutliche Stimulierung der Selenitresorption auf. Dies wird z. T. auf die Bildung von „Selenaminosäuren“ zurückgeführt, die dann über einen Aminosäure-Carrier resorbiert werden. Die Ausscheidung von Selen erfolgt vorwiegend über den Harn. Der nichtresorbierte Anteil von Selen wird naturgemäß mit dem Stuhl ausgeschieden.

Das Hauptinteresse an Selen aus medizinischer Sicht betrifft die antioxidative Wirksamkeit dieses Spurenelementes als Bestandteil der Glutathionperoxidase. Einen Überblick über die postulierten Wirkungen von Selen bzw. den Selenproteinen gibt die Tabelle 1. Darüberhinaus ist auch noch festzuhalten, daß die selenhaltige Typ 1-Jodthyronin-Dejodase die Umwandlung von  $\text{T}_4$  in  $\text{T}_3$  katalysiert. Bei Selenmangel kann daher die  $\text{T}_3$ -Produktion vermindert sein [2]. Für die Aufrechterhaltung einer normalen Schilddrüsenfunktion ist daher nicht nur Jod, sondern auch Selen notwendig.

Tabelle 1: Selenwirkung

- 1) Zerstörung von Hydroxyl- und Peroxidradikalen (Schutz von Zellmembranen)
- 2) Antimutagene Wirksamkeit
- 3) Schutz vor Chromosomenschäden
- 4) Schwermetallentgiftung (Hg, Pb, Cd)
- 5) Arsen-Antagonismus
- 6) Schutz vor Alkylierungsmitteln
- 7) Stimulierung der Immunabwehr, (humorale und zelluläre Abwehr)
- 8) Schutz vor Strahlenwirkungen
- 9) Leberschutz
- 10) Stimulation der Mikrozirkulation

## ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE

Als empfehlenswerte Höhe der alimentären Selenzufuhr werden  $0,9 \mu\text{g}/\text{kg}$  Körpergewicht und Tag angesehen. Als gute Selenlieferanten gelten Getreide und daraus hergestellte Produkte. Es ist allerdings festzuhalten, daß der Selengehalt des Getreides in Abhängigkeit von jenem des Bodens relativ starken Schwankungen unterliegen kann. Unter durchschnittlichen Bedingungen wird geschätzt, daß Zerealien ungefähr 50% zur täglichen Selenzufuhr beitragen und der Rest von Fleisch und Eiern stammt. Trinkwasser oder Mineralwasser haben als alimentäre Selenlieferanten keine Bedeutung.

Angesichts der Tatsache, daß der Selengehalt, der für die Selenversorgung so wichtigen Getreideprodukte stark unterschiedlich sein kann, ist es nicht verwunderlich, daß die Angaben über die tatsächliche Höhe der Selenzufuhr mit der Nahrung ebenfalls große Unterschiede zeigen. So kann in der wissenschaftlichen Literatur über die Selenzufuhrhöhen in verschiedenen Ländern der Erde eine ausgeprägte Variationsbreite von 30–300  $\mu\text{g}$  Selen pro Tag gefunden werden. Dementsprechend unterschiedlich sind die Angaben darüber, ob und inwieweit eine alimentäre Unterversorgung mit Selen besteht oder ob dies nicht der Fall ist. Dazu kommt, daß auch die Frage nach der wünschenswerten Höhe der Nahrungselenzufuhr noch nicht ganz einheitlich beantwortet wird. Bei der Beurteilung von Einzelpublikationen zur Frage der Selenversorgung sollte daher eine gewisse Vorsicht walten, vor allem dann, wenn aus den Ergebnissen solcher Studien die Notwendigkeit oder Sinnhaftigkeit einer Selen-supplementierung abgeleitet wird.

## BEURTEILUNG DES VERSORGUNGSZUSTANDES

Für die Untersuchung des individuellen Selenversorgungszustandes stehen verschiedene Möglichkeiten mit allerdings unterschiedlicher Aussagekraft zur Verfügung. Im Serum ist Selen hauptsächlich proteingebunden und zwar in der  $\alpha$ - und  $\beta$ -Globulinfraktion sowie in den Lipoproteinen. Die Serumseleknkonzentration spiegelt kurzfristige Veränderungen der Selenzufuhr wieder. In Bevölkerungsgruppen, die eine relativ konstante Selenzufuhr aufweisen, kann die Serumseleknkonzentration ein guter Indikator des Versorgungszustandes sein. Zu beachten ist unter Umständen jedoch, daß die Selenkonzentration im Serum eine gewisse Altersabhängigkeit aufweist, die sich in niedrigen Konzentrationen bei Kleinkindern, einem Anstieg bis hin zum Erwachsenenalter und tendenziellen Abnahmen bei alten Menschen manifestiert [4]. Bei Zufuhr größerer Mengen organischer Selenverbindungen reflektiert jedoch die Serumseleknkonzentration die Körperspeicher nicht [5]. Die Selenkonzentrationen von Vollblut und Erythrozyten werden als brauchbare Indikatoren für den langfristigen Selenversorgungszustand anerkannt, da sich diese Werte erst nach wochen- oder monatelanger Selenunterversorgung bzw. Selen-supplementierung verändern.

Wie bereits beschrieben, wird Selen in erster Linie im Harn ausgeschieden und es besteht eine gute Korrelation zwischen den Serumseleknspiegeln und der Selenkonzentration im Harn. Die Harnausscheidung von Selen hat daher eine ähnliche Aussagekraft wie jene der Serumseleknkonzentration und liegt üblicherweise unter 30  $\mu\text{g/l}$  Harn.

Die Messung der Aktivität des Enzyms Glutathionperoxidase als Indikator für den Selenversorgungszustand ist nur in Regionen mit einer niedrigen

Selenzufuhr sinnvoll, da ab einer bestimmten Zufuhrhöhe die maximale Enzymaktivität erreicht ist und damit eine Abflachung der Aktivitätskurve eintritt. Überdies wird die Aktivität dieses Enzyms auch von Faktoren beeinflusst, die nicht mit dem Selenstatus zusammenhängen [5].

Die Messung des Selengehaltes der Haare ist an sich zur Beurteilung des Selenstatus geeignet. Es müssen allerdings streng standardisierte Bedingungen eingehalten werden, um vertrauenswürdige Ergebnisse zu erhalten. Im Prinzip sind auch die Zehennägel ein geeignetes Untersuchungsmaterial, weil ihr Selengehalt den Selenstatus sechs bis neun Monate vor der Gewinnung wieder spiegelt. Der Selengehalt der Nägel hängt allerdings von der Länge und der Wachstumsgeschwindigkeit ab.

## SYMPTOMATIK DER UNTERVERSORGUNG

Zu einer unbefriedigenden alimentären Selenzufuhr können mehrere Faktoren beitragen. Auf die Möglichkeit eines niedrigen Selengehaltes im Boden und eines daraus resultierenden niedrigen Selengehaltes primär in pflanzlichen, sekundär aber auch in tierischen Lebensmitteln wurde bereits hingewiesen. Bei Menschen, die sich vorwiegend mit pflanzlichen Lebensmitteln ernähren, kann es daher zu einer Unterversorgung kommen, wenn diese pflanzlichen Lebensmittel selenarm sind. Bezüglich der Selenversorgung spielen aber auch sozioökonomische Gesichtspunkte eine Rolle, da z. B. bei älteren Menschen, die an ihre Wohnung gebunden sind, die Selenzufuhr geringer ist als bei noch mobilen Gleichaltrigen. Schließlich kann auch noch eine Schwermetallkontamination eine Teilursache einer schlechten Selenversorgung sein, weil Schwermetalle mit Selen schwer lösliche und schlecht resorbierbare Verbindungen bilden.

Auch eine Schwefelanreicherung des Bodens kann eine Verschlechterung der Selenversorgung bewirken, weil Selen ein natürlicher Antagonist des Schwefels ist.

Bei der Frage nach den möglichen Folgen einer suboptimalen Selenzufuhr steht der Zusammenhang mit der Inzidenz bösartiger Tumoren im Vordergrund des Interesses. In diversen epidemiologischen Studien wurde eine inverse Beziehung zwischen der Höhe der alimentären Selenzufuhr, dem Selengehalt des Bodens oder Trinkwassers und der Krebsmorbidity oder -mortality gefunden. Bei Krebspatienten konnten in einigen Studien auch niedrigere Selenblutspiegel gefunden werden als bei gesunden Vergleichspersonen. Diese epidemiologischen Angaben werden durch die Ergebnisse von Tierexperimenten unterstützt. Mögliche, in der wissenschaftlichen Literatur diskutierte Wirkungsmechanismen zeigt die Tabelle 2. Auf der Grundlage dieser für Selen reklamierten Wirkungen finden sich in der Literatur immer wieder Empfehlungen zur Selen-supplementierung. Als Dosierung wird am häufigsten eine Selenzufuhr von 300  $\mu\text{g/Tag}$  empfohlen. Zu bevorzugen sind dabei anorganische Selenformen (Selenite), da sie am effektivsten sind und die geringste Toxizität aufweisen.

Tabelle 2: Beispiele für postulierte Selenwirkungen

- Antioxidative Wirkungen
- Aktivierung der DNA-Reparaturmechanismen
- Verminderung der DNS-Syntheserate
- Hemmung der Aktivität von potentiell karzinogenen Enzymen
- Förderung der Funktion neutrophiler Granulozyten
- Stimulierung der Antikörperfunktion
- Förderung der Proliferation von B- und T- Lymphozyten als Reaktion auf Mitogene
- Förderung der Zeldestruktion durch Lymphozyten und natürliche Killerzellen

## TOXIZITÄT VON SELEN

Selen gehört zu jenen Spurenelementen, bei denen die Spanne zwischen der ernährungsphysiologisch empfohlenen Zufuhrmenge und jener Menge, die toxische Wirkungen entfalten kann, nicht besonders weit ist. Dies betrifft in erster Linie die chronische Toxizität und ist nicht bei der üblichen alimentären Zufuhr zu beachten, kann aber im Falle der Supplementierung von Bedeutung sein. Als obere sichere Grenze wird bei längerdauernder Zufuhr eine

Menge von 5 µg/kg Körpergewicht und Tag angegeben [5]. Dieser Wert entspricht somit fast dem Empfehlungswert für die Supplementierung. Auswirkungen einer chronischen Selenoxizität werden ab Zufuhrmengen von 2400–3000 µg/Tag gefunden. Symptome der chronischen Selenvergiftung sind Diarrhoen oder Obstipation, Hepatopathien, zentralnervöse Reizzustände und eine Porphyrinurie.

### Literatur:

1. Gassmann B. Selen. Ernährungsumschau 1996; 43: 464–7.
2. Behne D, Kyriakopoulos K. Neue Seleno-

3. Wolfrum S. Mechanismen der intestinalen Absorption von Selen. Med Klein 1995; 90 (Suppl 1): 1–5.
4. Robberecht H, Deelstra H. Factors influencing blood selenium concentration values: a literature review. J Trace Element Electrolyt Hlth Dis 1994; 8: 129–43.
5. Gibson RSL. Assessment of trace element status in humans. Progr Food Nutr Sci 1989; 13: 67–111.

### Korrespondenzadresse:

A. Univ.-Prof.  
Dr. med. Wolfgang Marktl  
Institut für Medizinische Physiologie  
der Universität Wien  
A-1090 Wien, Schwarzspanierstr. 17  
e-mail: wolfgang.marktl@univie.ac.at

# JOURNAL FÜR MINERALSTOFFWECHSEL

**Achtung Aktion: Abonnement e-Journal derzeit bis auf Widerruf kostenlos!**

 **DAZU HIER KLICKEN**

Hiermit bestelle ich  
ein Jahresabonnement  
(mindestens 4 Ausgaben)

- als Printversion zum Preis von  
€ 36,-\*
- als e-Journal (das Gesamt-PDF  
erhalte ich per Download zum  
Preis von € 36,-)
- als Printversion und e-Journal  
zum Preis von € 36,-\*

Zutreffendes bitte ankreuzen

\* im Ausland zzgl. Versandkosten  
Stand 1.1.2012

Name

---

Anschrift

---

E-Mail

---

Datum, Unterschrift

---

**Einsenden oder per Fax an:**

Krause & Pachernegg GmbH, Verlag für Medizin und Wirtschaft  
A-3003 Gablitz, Mozartgasse 10  
FAX: +43/(0)2231/612 58-10

 **ELEKTRONISCHE BESTELLUNG**

---

**Bücher & CDs**  
**Homepage: [www.kup.at/buch\\_cd.htm](http://www.kup.at/buch_cd.htm)**

---