

## Altern und Immunsystem

Der weltweite Trend zur immer älteren Bevölkerung richtet verstärkt den Fokus auf die altersbedingten Krankheiten. Angestoßen wurden mehr Studien zur Verzögerung oder Umkehrung der schädlichen Auswirkungen des Alterns.

Altern ist das Ergebnis des komplexen Zusammenspiels physischer, sozialer und umweltbedingter Faktoren. Es führt in allen biologischen Systemen zu strukturellen und funktionellen Veränderungen auf molekularer, zellulärer und systemischer Ebene und zur erhöhten Prävalenz chronischer, altersbedingter Krankheiten. Das Immunsystem ist als wichtige Abwehrbarriere, die Antigene identifiziert und Reaktionen auslöst, für die Erhaltung der Gesundheit entscheidend. Es wird von in- und extrinsischen Faktoren beeinflusst und verändert sich im Lauf des Alterns erheblich. Die komplexen Auswirkungen der Altersprozesse auf die angeborene und adaptive Immunität schwächen die physiologischen Funktionen und stören das homöostatische Gleichgewicht, was das Risiko für degenerative Krankheiten und die Sterblichkeit erhöht. Die Immunzellen gelten allgemein als Wächter dieser Prozesse und sind für die Beseitigung seneszenten Zellen zuständig. Die Immunseneszenz wird durch Faktoren wie Thymusinvolution, Entzündungen und DNA-Schäden beeinflusst, die entzündungsbedingte Signalwege aktivieren, was zum Ausbruch von Krankheiten beiträgt und die individuelle Alterung beeinflusst. Dies verschlimmert Alterungsprozesse und schafft eine Rückkopplungsschleife, die das Auftreten von Infektions-, Autoimmun- und Krebskrankheiten begünstigt. Dabei können nicht-genetische Umweltfaktoren und pharmakologische Eingriffe das Fortschreiten der Alterung verändern oder beschleunigen. Zu den Ansätzen, der Immunseneszenz entgegenzuwirken, gehören eine ganze Reihe von Interventions-Strategien, darunter Einflüsse auf den Lebensstil, gesündere Ernährung, mehr Körperaktivität, besserer Schlaf, pharmakologische und immunmodulatorische Therapien. Sie haben zum Ziel, die Immunfunktionen zu verbessern, indem sie die Aktivitäten und Interaktionen der vom Altern betroffenen Immunzellen verbessern oder entzündliche Reaktionen modulieren, z. B. durch Unterdrückung einer übermäßigen Zytokin-Sekretion. Sie haben das Potenzial, die Immunhomöostase wiederherzustellen, altersbedingte Entzündungen und das Risiko chronischer Krankheiten im Zusammenhang mit dem Altern zu verringern. Dabei zeichnet sich die Ernährungs-Intervention als ein sicherer und vielversprechender Ansatz für die personalisierte Therapie aus. Eine Gruppe chinesischer Forscher stellte in einem Review die altersbedingten Veränderungen der Immunfunktionen, ihre Auswirkungen auf die Gesundheit,

zugrundeliegende biologische Mechanismen und potenzielle Strategien zur Intervention vor. Wir stellen hier einige Aspekte zu den Mikronährstoffen und Probiotika vor.

Vitamine beeinflussen als essenzielle Nährstoffe und wichtige Modulatoren auch die Immunantwort. Ein Vitaminmangel kann zu erhöhten Entzündungen und einer geschwächten Immunität führen, während angemessene Ergänzungen die Auswirkungen pathogener Infektionen verringern können. Vitamin A besitzt nicht nur antientzündliche Eigenschaften, sondern reguliert auch die Homöostase von Thymus und Knochenmark, wodurch es die Immunfunktionen verbessert und die Abwehrkräfte des Körpers gegen Infektionen stärkt. Vitamin C fördert als starkes Antioxidans die Proliferation von T- und NK-Zellen und beeinflusst so die Immunfunktionen. Vitamin D fördert nicht nur die Differenzierung von Monozyten zu Makrophagen, sondern verbessert auch die Chemotaxis und deren phagozytische Funktionen, was dazu beiträgt, dem altersbedingten Rückgang des Immunsystems entgegenzuwirken. Neben der Regulierung der angeborenen Immunität moduliert Vitamin D auch die adaptive Immunität, indem es die Freisetzung von Zytokinen und Entzündungsfaktoren aus dendritischen und T-Zellen beeinflusst.

Studien zeigten, dass ein signifikanter inverser Zusammenhang zwischen dem Serum-Vitamin-D-Spiegel und der Entwicklung der rheumatoiden Arthritis besteht, wobei Patienten im Frühstadium eine höhere Prävalenz von schwerem Vitamin-D-Mangel aufwiesen als Gesunde. Vitamin E, ein weit verbreitetes fettlösliches Antioxidans, steigert die Aktivierung und Funktion der dendritischen Zellen und fördert die Infiltration und Aktivierung der tumorantigen-spezifischen T-Zellen. Dies deutet darauf hin, dass Vitamin E antitumoröse Immunreaktionen durch die gesteigerte Aktivität der dendritischen Zellen verstärkt. Mängel an Mineralstoffen können zu verschiedenen Krankheiten führen, da sie den Appetit und in der Folge die Verdauung, Absorption, den Stoffwechsel und das Wachstum beeinträchtigen, was sich indirekt auf das Immunsystem auswirkt. So führt z. B. ein Kalziummangel zur verringerten Aktivität der Immunzellen und Antikörper-Sekretion, wodurch ältere Menschen aufgrund der geschwächten Immunität anfälliger für Krankheiten werden. Zink ist für die Aufrechterhaltung der

Hautgesundheit, Kontrolle der Sekretion und Produktion immunregulierender Faktoren, Beeinflussung der Lymphorgane und Synthese von Antikörpern sehr wichtig. Darüber hinaus ist es am Stoffwechsel von Nukleinsäuren und Proteinen beteiligt, was sich indirekt auf die Immunfunktionen auswirkt.

Die Darm-Mikrobiota wandelt kontinuierlich Nahrungsbestandteile in zahlreiche bioaktive Metaboliten um und vermittelt so die regulierenden Auswirkungen der Ernährung auf die Gesundheit. Durch komplexe Wechselwirkungen mit den Immunzellen in Dün- und Dickdarm moduliert die Darm-Mikrobiota T- und B-Zellen und beeinflusst die Immunreaktionen im peripheren und zentralen Nervensystem. Prä- und Probiotika sind Strategien, um die Gesundheit und Immunprozesse durch Modulation der Darm-Mikrobiota zu verbessern und die Wahrscheinlichkeit und Schwere altersbedingter Krankheiten zu verringern. In den letzten Jahren entstanden therapeutische Ansätze, bei denen Probiotika u. a. eine große Rolle bei der antientzündlichen Regulierung und Modulation von Immunzellen spielen. Einige Bakterienstämme, darunter *Lactobacillus* und *Bifidobacterium bifidum*, beeinflussen die Barriere der Darmschleimhaut, das lumenale Milieu und das Immunsystem der Schleimhaut. Sie können verschiedene Zellen des angeborenen und des adaptiven Immunsystems, z. B. Monozyten, Makrophagen, dendritische Zellen, NK-Zellen und Lymphozyten beeinflussen. Antientzündliche Zytokine, die sie im Gastrointestinal-Trakt freisetzen, spielen dabei eine entscheidende Rolle. Unter den immunologischen Wirkstoffen sind T-regulatorische Zellen (Tregs) von zentraler Bedeutung für die Aufrechterhaltung von Immunregulation und Toleranz. Stämme wie *L. reuteri* und *L. casei* verstärken entzündungshemmende Reaktionen, indem sie die IL-10-Spiegel erhöhen und Tregs aktivieren.

In diesem Review wird die gegenseitige Beeinflussung von physiologischer Alterung und Immunseneszenz erörtert, dennoch bleibt ihre Beziehung schwer fassbar. Aus immunologischer Sicht ist ein höheres physiologisches Alter nicht unbedingt gleichbedeutend mit einer stärkeren Immunseneszenz. Der

Grad der Immunalterung steht vielmehr im direkten Zusammenhang mit dem Auftreten und Fortschreiten von Krankheiten. Ältere Menschen mit hoher Lebenserwartung verfügen über ein leistungsfähiges Immunsystem, das schnell auf Infektionen und Tumore reagieren kann, wodurch sie sich besser vor Infektionen schützen und Alterungsprozesse verlangsamen können. Daher ist es unerlässlich, zwischen der physiologischen Alterung und Immunseneszenz zu unterscheiden. Aufgrund der Komplexität des Immunsystems mit Hunderten von Zelltypen und Tausenden von epigenetischen Markern ist die Entwicklung von Biomarkern, die den Immunstatus eines Patienten widerspiegeln, eine bisher weitgehend ungelöste Aufgabe für die Forschung. Eine große Herausforderung ist z. B. die selektive Modulation – Aktivierung oder Hemmung – bestimmter Proteine oder zellulärer Signalwege, ohne andere physiologische Prozesse, z. B. onkogene Signalwege, zu stören. Die Entwicklung gezielter Therapien, die in Alterungsprozesse ohne unerwünschte Wirkungen eingreifen, ist nach wie vor ein komplexer, kritischer Forschungsbereich. Sicher, effizient und höchst akzeptabel ist dagegen die Verwendung von aus Lebensmitteln gewonnenen Substanzen für präzise Ernährungs-Interventionen.

Die Forscher ziehen das Fazit: Dieser Review vertieft die Kenntnisse über die vielfältigen Transformationen im alternden Immunsystem. Dazu gehören qualitative und quantitative Veränderungen im angeborenen und adaptiven Immunsystem bzw. in den Immunzellen. Hervorgehoben wird, wie diese Veränderungen im Lauf des Alterns zur erhöhten Anfälligkeit für Infektionen und Komplikationen beitragen. Es werden mögliche Interventionen und Strategien vorgestellt, vor allem fokussiert auf die Ernährung, um die Immunseneszenz zu verringern und die Immunresilienz bei älteren Menschen zu verbessern.

Quelle:

Weiru Yu et al., *Immune Alterations with Aging: Mechanisms and Intervention Strategies*. In: *Nutrients*, online 08.11.2024, doi: 10.3390/nu16223830.

## Selen und seine Wirkungen auf das Immunsystem

Eine der wichtigsten Funktionen von Selen ist die Unterstützung des Immunsystems. In einem Review werden die aktuellen Kenntnisse über die Beziehungen von Selen zum Immunsystem vorgestellt.

Mit der unzureichenden Selenzufuhr sind viele gesundheitliche Beeinträchtigungen verbunden, dazu gehören u. a. erhöhte Krebsvorkommen und pathogene virale Mutationen. Sie tragen zur übermäßigen Produktion reaktiver Sauerstoffspezies (ROS), verschlechterten kognitiven Funktionen, zum erhöhten Risiko für koronare Herzkrankheiten, verringerter Fruchtbarkeit, geschwächter Immunantwort und beeinträchtigten Funktionen der Schilddrüse bei. Selen gelangt vor allem durch pflanzliche Nahrung in den Körper. Gute Quellen sind z. B. Milchprodukte, Getreide, Brot, Paranüsse (in geringen Men-

gen), Pilze, Brokkoli, Knoblauch, Zwiebeln und Algen. Auch einige tierische Produkte (Fleisch, Eier, Fisch) tragen, z. B. durch die Anreicherung von Selen im Tierfutter, zur Versorgung bei. Weltweit gibt es Regionen, in denen die Selen-Konzentration im Boden begrenzt oder erschöpft ist, auch Deutschland gehört zu diesen Mangelgebieten. Menschen, die dort leben, haben ein erhöhtes Risiko für einen suboptimalen Selenstatus oder gar -mangel. In Deutschland werden für Frauen täglich 60 mcg und für Männer 70 mcg empfohlen, jeweils ab 15 Jahren bis ins hohe Alter. Nur für Stillende ist die Menge mit 75

mcg Selen pro Tag etwas höher angesetzt. Erwachsene nehmen in Deutschland täglich meist etwa 30 bis 50 mcg Selen auf, der empfohlene Bedarf wird oft nicht erreicht. Bei Bedarf kann Selen als Nahrungsergänzung aufgenommen werden, es ist in organischen und anorganischen Formen verfügbar. Es gibt Hinweise, dass die organischen Formen (Selenocystein, Selenomethionin) besser bioverfügbar sind als anorganisches Selen (Selenit, Selenat). Eine der bekanntesten Eigenschaften von Selen ist seine antioxidative Wirkung. Es schützt die Zellen vor oxidativen Schäden und fördert ihre gesunden Funktionen. Antioxidantien sind nötig, um die zu hohe Produktion der potenziell schädlichen freien Radikale (RNS/ROS) zu bekämpfen. Ihr Übermaß kann zur Lipidperoxidation der Zellmembranen, zu DNA-Schäden und zum Proteinabbau führen, was zahlreiche Prozesse, einschließlich der Immunfunktionen, erheblich beeinträchtigen kann. Ohne die nötige Regulierung durch Antioxidantien können die Leukozyten und das Lymphgewebe geschädigt werden. Viele Selenoproteine wie Glutathionperoxidase (Gpx 1-4, 6) und Thioredoxin-Reduktase (TrxRs 1-3), haben im Körper antioxidative Funktionen. Sie verringern freie Radikale durch Reduktions-Reaktionen, z. B. katalysiert Gpx die Umwandlung von reaktivem Wasserstoffperoxid in Wasser und Sauerstoff. Sind die antioxidativen Prozesse unzureichend, steigt das Risiko für Krankheiten, z. B. Krebs, neurodegenerative Erkrankungen, Infertilität, Nierenschäden, Herz-Kreislauf- und Muskel-Krankheiten. Ein immunologischer Vorteil der antioxidativen Aktivität von Selen ist die Schwächung von durch ROS/RNS verursachte Entzündungsprozesse. Daher ist die antioxidative Kontrolle dieser Prozesse durch Selenoenzyme sehr wichtig.

Selen verfügt über viele Mechanismen zur Modulation der angeborenen Immunfunktionen, um schnell auf Infektionen zu reagieren. Um Krankheitserreger zu bekämpfen und zu eliminieren, nutzt das angeborene Immunsystem die Aktivierung des Komplementsystems sowie phagozytische Zellen und antimikrobielle Peptide. Dazu gehören Mastzellen, NK-Zellen, Monozyten, Makrophagen, dendritische Zellen, Neutrophile, Basophile und Eosinophile. Primäres Mittel, mit dem Leukozyten Krankheitserreger abtöten, ist die ROS-Erzeugung bei einer biochemischen Reaktion, die „oxidativer Burst“ genannt wird. Dies ist ein Prozess, der zum Teil durch Selenoproteine wie SelK und Gpx reguliert wird, die an Ca<sup>2+</sup>- bzw. Redox-Signalwegen beteiligt sind. Gute Selenzufuhren fördern die Wirksamkeit des oxidativen Bursts, der in den durch Krankheitserreger stimulierten Phagozyten ausgelöst wird. Beim Selenmangel ist der oxidative Burst beeinträchtigt, beim Anstieg von Selen erhöht er sich, obwohl antioxidative Selen-Aktivitäten an anderer Stelle im Körper zunehmen. Die ROS-stimulierenden und -dämpfenden Selen-Prozesse sind voneinander unabhängig und beeinträchtigen andere Funktionen nicht. Dies ermöglicht es dem Immunsystem, Mikroben wirksam zu zerstören und zu sichern, dass ROS keine übermäßigen Gewebeschäden verursachen. Das Überleben und die Differenzierung der Leukozyten hängen von Selen ab, z. B. mit der Differenzierung proinflammatorischer (M1-)Makropha-

gen zu antinflammatorischen (M2-)Makrophagen. Selen moduliert auch das adaptive Immunsystem mit Hilfe der T- und B-Lymphozyten. Es fördert die Produktion der Zytokine IL-2 und IFN- $\gamma$  durch T-Zellen, beeinflusst die T-Zell-Proliferation und -Differenzierung, epigenetische Regulierung, hemmt den endoplasmatischen Retikulum-Stress und senkt die Leukozyten-Gewebe-Infiltration.

Selen spielt eine besondere Rolle bei der Modulation der Darm-Mikrobiota, und auch daraus resultiert eine Wirkung auf das Immunsystem. Die Beziehungen zwischen Selen und der Mikrobiota mit der Vielzahl von Mikroorganismen wie Bakterien, Viren, Pilze und Parasiten sind komplex. Selenoprotein-Gene finden sich etwa in einem Viertel aller Bakterien (z. B. in E. coli, Clostridien, Enterobakterien). Daher beeinflussen erhöhte oder verringerte Selenaufnahmen vermutlich auch die Aktivitäten im Stoffwechsel und die Häufigkeit einiger Bakterienarten. Die Nutzung von Selen durch die Mikrobiota kann bei begrenzter Zufuhr die Versorgung beeinträchtigen, was zum Wettbewerb um Selen führt. Nachweise deuten auf Selenergänzungen als vorteilhafte Strategie zur Förderung eines gesunden Darm-Mikrobioms hin. In einer chinesischen Studie wurde die Darm-Mikrobiota von Senioren charakterisiert, die in Regionen mit einem hohen oder niedrigen Selengehalt im Boden lebten. In beiden Gebieten gab es keine signifikanten Unterschiede in der phänotypischen Klassifizierung der Darm-Mikrobiota. In den beiden Gruppen fanden sich jedoch viele signifikante Unterschiede in den Aktivitäten der Darm-Mikroflora (z. B. DNA-Reparatur und -Rekombination, Cystein- und Methionin-Stoffwechsel, Aminosäure-Synthese). Es zeigte sich, dass der Selengehalt der Nahrung mit den Funktionen der mikrobiellen Population im Darm korrelierte. In einer neueren (randomisierten, kontrollierten) Studie wurde untersucht, wie sich der Verzehr von selenreichen Cashew- und Paranüssen auf das Mikrobiom übergewichtiger Frauen auswirkte.

Die Teilnehmerinnen reduzierten acht Wochen ihren geschätzten Energiebedarf täglich um 500 Kalorien. Eine Gruppe erhielt täglich 30 g Cashew- und 15 g Paranüsse, die andere Gruppe erhielt keine Nüsse. Am Ende hatten die Frauen der Nuss-Gruppe signifikant höhere Mengen an Ruminococcus, Roseburia und Ruminococceae-Arten in ihren Stuhlproben. Diese Bakterien werden mit positiven gesundheitlichen Effekten verbunden, z. B. mit der Produktion von Propionat (kurzkettige Fettsäure), die mit einem Anstieg der Tight-Junction-Proteine, antioxidativen Enzymaktivitäten und anti-entzündlichen Prozessen verbunden wird. Die Forscher vermuteten, dass Selen durch antioxidative Wirkungen und den signifikanten Plasma-Anstieg einen wichtigen Beitrag zu den gesundheitlichen Verbesserungen leistete.

Die Fähigkeit von Viren, die ROS-Produktion zu erhöhen und antioxidative Prozesse zu senken, ist bekannt. Eine verstärkte ROS-Produktion tritt als Reaktion auf viele Virusinfektionen auf, z. B. Hepatitis B und C, HIV, Herpes-Simplex-Virus Typ 1, RSV und Influenza. Bleibt der ROS-Anstieg unkontrol-

liert, kann er einen Druck auf bestimmte Viren ausüben, damit diese mutieren und schädlicher werden. Antioxidative Selen-Funktionen, wie in den Selenoenzymen GPxs und TrxRs nachgewiesen, sind wichtig, um unausgewogene, intrazelluläre Redox-Zustände bei Virusinfektionen ins Gleichgewicht zu bringen. Eine neuere Untersuchung zeigte, dass Patienten mit dem schweren akuten respiratorischen Syndrom Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) im Vergleich zu Gesunden niedrigere Selenpiegel hatten. Dazu könnten u. a. Auswirkungen pharmazeutischer Therapien auf die Selenabsorption und -ausscheidung, geschwächte Nierenfunktionen, die zur höheren Selen-Ausscheidung führen, erhöhter Selenbedarf durch Induktion von Stress-Signalwegen oder erhöhter oxidativer Stress führen. Möglich ist auch, dass niedrige Selenpiegel bereits vor der Infektion das Risiko erhöht hatten, sich mit SARS-CoV-2 zu infizieren. Die Verabreichung von Selen an Patienten, die unter Viren leiden, kann dazu beitragen, schwere Erkrankungen zu verhindern und die Genesung zu fördern. Der Selenmangel wird außerdem mit verschiedenen bakteriellen Infektionen in Verbindung gebracht. Auch hier können Selenergänzungen zu einem verbesserten Gesundheitszustand beitragen, um Bakterien besser zu bekämpfen. In manchen Fällen ist die Selenergänzung jedoch nicht ratsam, da bestimmte Bakterien Selen nutzen, um ihre Fähigkeit zum Eindringen in das Wirtsgewebe zu verbessern. Die Pathogenität von *Campylobacter jejuni* wird z. B. durch Expression des Selenoprotein-Gens Formiat-Dehydrogenase A erhöht. Gleiches gilt für die Infektiosität von *C. sticklandii* und *Enterococcus faecalis*. Obwohl dazu weitere Forschung nötig sind, geht man davon aus, dass die Vorteile von Selen bei der verbesserten Immunantwort die Risiken einer erhöhten bakteriellen Pathogenität überwiegen.

Die Colitis ulcerosa gehört zu den Autoimmunkrankheiten, die durch Gaben von Selen gelindert werden kann. In einer (randomisierten, doppelblinden, placebokontrollierten) Studie erhielt eine Patientengruppe über zehn Wochen täglich 200 mcg Selenomethionin. Im Vergleich zur Kontrollgruppe sank ihre Konzentration des proinflammatorischen Zytokins IL-17 im Serum. Es wird von den T-Zellen sezerniert, verstärkt die Produktion anderer Entzündungsmediatoren und ist in die Pathogenese der Colitis ulcerosa involviert. Die Patienten mit Selen berichteten am Ende der Studie auch über eine verbesserte Lebensqualität und niedrigere Werte auf einem Colitis-Aktivitätsindex im Vergleich zur Kontrollgruppe. Darüber hinaus zeigte eine kürzlich durchgeführte Fall-Kontroll-Studie, dass Patienten mit schubförmiger Colitis im Vergleich zu gesunden oder in Remission befindlichen Personen signifikant niedrigere Selen-Konzentrationen im Serum aufwiesen. Dies deutet darauf hin, dass Selen eine Rolle bei der Pathogenese der Colitis ulcerosa spielen könnte.

Die Immuntherapie, bei der das Immunsystem zur Bekämpfung von Krebszellen eingesetzt wird, ist ein vielversprechender Ansatz zur Therapie verschiedener Krebsarten, dazu kann auch Selen beitragen. Es kann z. B. die Aktivierung der NK-Zellen erhöhen und die Faserprotein-Struktur, die Tumorzellen bedeckt, reduzieren, um den Zugang der NK-Zellen zu Antigenen zu erleichtern. Die durch Selen verringerte Ferroptose (eisenabhängige Form des programmierten Zelltods) wird als eine seiner krebshemmenden Eigenschaften genannt. Darüber hinaus kann Selen prooxidativ und proinflammatorisch wirken, um den Tod von Krebszellen herbeizuführen. Doch nicht alle Studien zeigten, dass Selen die Krebsinzidenz beeinflusst. In einer randomisierten Studie erhielten Patienten in einer der Behandlungsgruppen über 4,6 Jahre täglich 200 mcg L-Selenomethionin, es wurde kein signifikanter Einfluss auf Adenome im Dick- oder Enddarm festgestellt. Dies deutet auf die Möglichkeit hin, dass verschiedene Selenformen oder Wege der Verabreichung für Krebstherapien effizienter sein könnten. Dabei sollte künftig auch die Entwicklung neuartiger Selen-Nanopartikel weiter untersucht werden.

Die Forscher ziehen das Fazit: Selen ist als vielseitiger Mikronährstoff für die Funktion aller Zellen, einschließlich der Leukozyten des Immunsystems, wichtig. Ohne ausreichend Selen können Entzündungen und Oxidation (ROS/RNS) unkontrolliert verlaufen, auch die zelluläre Signalübertragung und Beseitigung von Krankheitserregern können suboptimal sein. Unabhängig davon, ob Selen aus der Nahrung oder Ergänzungen aufgenommen wird, ist es notwendig, um alle Aspekte der Immunfunktionen und Krankheitsresistenz zu unterstützen. Weitere Forschung ist nötig, um optimale Therapie-Protokolle zu erstellen, einschließlich der Möglichkeiten zur Überwachung des Selenpiegels, um die immunologische Wirkungen ohne Toxizität zu sichern. Zu den Fragen, die weiter zu erforschen sind, gehören z. B.: Welche Selenformen und -dosen sind für die Ernährung oder Therapie am besten geeignet? Können Patienten mit bestimmten Krankheiten routinemäßig erhöhtes Selen erhalten, ohne dass es zu unerwünschten Wirkungen kommt? Wie können ROS-erzeugende und -fahrende Wirkungen von Selen am besten genutzt werden, um die Ergebnisse von Krebspatienten zu verbessern? Antworten darauf könnten dazu beitragen, die Gesundheit in einer Welt mit steigenden Herausforderungen wie neuen Krankheitserregern, Antibiotikaresistenz, Adipositas, Krebs und Autoimmunkrankheiten zu fördern.

Quelle:

Rebecka A. Sadler et al., *The Immunomodulatory Effects of Selenium: A Journey from the Environment to the Human Immune System*. In: *Nutrients*, online 30.09.2024, doi:

... und ein Hinweis von PreventNetwork:

Für empfindliche Personen bieten internationale Hersteller hypoallergene gut verträgliche umfassende Kombinationsprodukte zur Ergänzung des Mikronährstoffstatus, sowie Monoprodukte zur gezielten Gabe an (z.B. Selen als Selenomethionine 200 mcg, Vitamin D Liquid, Vitamin E in Ultimate E, Calcium, Flora Sport 20B-NFS u.a. von Thorne Research).