ÜBERSICHTSARBEIT

Vitamin D-Mangel: Ein häufig unterschätztes Risiko

Vitamin D deficiency: An often underestimated risk

Emanuel Vits[a], Markus Staudt[a], Maike Berresheim[a], Ulrich Rohde[a], Thomas Eger[b], Christoph Bickel[c], Dieter Leyk[a,d]

Zusammenfassung

Vitamin D spielt nicht nur eine wesentliche Rolle für den Calcium- und Knochenmetabolismus, sondern hat auch in anderen Organsystemen zahlreiche präventive und kurative Wirkungen. In der Literatur gibt es allerdings große Unterschiede bei den Angaben hinsichtlich des Vitamin D-Mindestspiegels und der Vitamin D-Supplementierung. In dieser Arbeit wurden mittels einer systematischen Literaturrecherche Hintergründe für die divergierenden Aussagen ermittelt und geprüft, ob eine Vitamin D-Supplementierung bei Soldatinnen und Soldaten zu empfehlen ist.

Verschiedene Fachgesellschaften gehen derzeit von einem Vitamin D-Mangel aus, wenn der Vitamin D-Serumspiegel (Calcidiol; 25-Hydroxy Vitamin-D_3, 25(OH)D_3) unter 20 ng/ml (= 50 nmol/l) liegt. Epidemiologische Studien sprechen allerdings für einen höheren Normwertbereich: Bei Vitamin D-Serumspiegel von 30 ng/ml (= 75 nmol/l) sind z. B. geringere kardiometabolische und inflammatorische Biomarker vorhanden. Neuere Studien sprechen dafür, dass die unterschiedlichen Vitamin D-Wirkungen im Organismus konzentrations- und gewebeabhängig sind. Bei indigenen, äquatornah lebenden Volksgruppen liegt der Vitamin D-Spiegel deutlich über 40 ng/ml (> 100 nmol/l).

Bei rund 60 % der deutschen Bevölkerung besteht eine Unterversorgung mit Vitamin D. Mehr als 80 % der Männer und 90 % der Frauen erreichen nicht die täglich empfohlene Vitamin D-Nahrungszufuhr. In Deutschland ist im Winterhalbjahr aufgrund zu geringer UV-Indizes keine ausreichende Vitamin D-Produktion in der Haut (eigentliche Hauptquelle) möglich. Ein erhöhtes Risiko für eine Vitamin D-Unterversorgung liegt bei zahlreichen Bevölkerungsgruppen vor, dass durch den Aufenthalt hinter Fensterglas, in geschlossenen Räumen u. a. weiter erhöht wird.

Im militärischen Bereich führt das Tragen von Uniform, Schutzausrüstung und Kopfbedeckung zusätzlich zu einer Einschränkung der endogenen Vitamin D-Produktion. Bei über 70 % eines Luftwaffenkollektivs der Bundeswehr (> 2 000 Personen) wurde ein Vitamin D-Mangel festgestellt. Angesichts der neuen Erkenntnisse und den Besonderheiten im militärischen Bereich ist die gezielte Supplementierung von Vitamin D bei Soldatinnen und Soldaten eindeutig zu empfehlen.

Schlüsselworte: Supplementierung, Militär, Prävention, Unterversorgung, Risikofaktoren, Vitamin D

Summary

Vitamin D does not only play an essential role in calcium and bone metabolism, but also has numerous preventive and curative effects in other organ systems. However, literature reviews show large differences regarding minimum vitamin D levels and vitamin D supplementation. In this study, a systematic literature search was conducted to determine the background for these divergent statements and to examine whether vitamin D supplementation is recommended for soldiers.

[a] Institut für Präventivmedizin der Bundeswehr, Abteilung A Gesundheits- und Leistungsförderung, Andernach/Koblenz
[b] BundeswehrZentralkrankenhaus Koblenz, Abteilung XXIII Zahnmedizin, Koblenz
[c] BundeswehrZentralkrankenhaus Koblenz, Abteilung I Innere Medizin, Koblenz
[d] Deutsche Sporthochschule Köln, Forschungsgruppe Leistungsepidemiologie, Köln

Various professional societies currently assume a vitamin D deficiency if serum vitamin D levels (calcidiol, 25-hydroxyvitamin D_3; $25(OH)D_3$) are below 20 ng/ml (= 50 nmol/l). Epidemiological studies, however, hint at higher levels for normal serum concentrations: Vitamin D serum levels of 30 ng/ml (= 75 nmol/l) are associated with lower cardiometabolic and inflammatory biomarker levels. Newer studies provide supportive evidence that the different effects of vitamin D in the organism are concentration- and tissue related. Vitamin D levels in indigenous ethnic groups living close to the equator are markedly above 40 ng/ml (> 100 nmol/l).
Roughly 60 % of the German population has an undersupply of vitamin D. More than 80 % of men and 90 % of women do not reach the recommended daily vitamin D intake. Due to the low UV indices during the winter half year in Germany, vitamin D production in the skin (the actual main source) is insufficient. There is an increased risk of vitamin D deficiency in numerous population groups, which is further increased by staying behind window glass, in closed rooms etc.
There are further restrictions of endogenous vitamin D production in the military due the wearing long-sleeved uniforms, protective equipment and headgear. In a group of German air force personnel (> 2 000 persons) vitamin D deficiency was found in over 70 %. In view of the new findings and the special circumstances in the military sector, targeted supplementation of vitamin D in female and male soldiers is clearly recommended.
Key Words: supplementation, military, prevention, deficiency, risk factors, Vitamin D

Einleitung

In den letzten 20 Jahren ist das Interesse an Vitamin D erheblich gestiegen. Allein im Jahr 2020 erschienen auf PubMed über 5 100 wissenschaftliche Publikationen (PubMed-Abfrage vom 08. März 2021). Auch in den Medien wird vermehrt über Vitamin D berichtet. Ursache für die gestiegene Aufmerksamkeit sind neue Erkenntnisse zu Vitamin D-Wirkungen, die weit über die bekannte endokrine Steuerung der Kalziumhomöostase und des Knochenmetabolismus hinausgehen [4, 15, 22, 31]. Mittlerweile ist erwiesen, dass Vitamin D in den meisten Geweben zusätzlich autokrin und parakrin wirkt. Das aktivierte und membrangängige Steroidhormon Calcitriol (1,25-Dihydroxycholecalciferol; $1,25(OH)_2D_3$) hat multiple Einflüsse, unter anderem auf Genexpression [22, 58] und Epigenetik [14, 15, 71].
Bei zahlreichen Erkrankungen sind erniedrigte Vitamin D-Spiegel beobachtet worden (siehe Beispiele in Tabelle 1). Laut Metaanalysen ist ein Vitamin D-Mangel auch ein eigenständiger Risikofaktor für Erkrankungen unterschiedlicher Organsysteme. Das 2020 erschienene Umbrella Review [44] beispielsweise zeigt positive Effekte einer Vitamin D-Supplementierung in der Primärprävention von akuten respiratorischen Erkrankungen sowie bei Demenz und Depression. Kurative Wirkungen bestehen unter anderem bei Patienten mit Asthma und COPD [7, 44]. Die zahnärztliche Parodontitis- und Periimplantitistherapie verläuft mit günstigeren Behandlungsergebnissen [42] und auch bei SARS-CoV-2 Infektionen gibt es Hinweise auf einen positiven Einfluss von Vitamin D [20,

Tab. 1: Erkrankungen und Arzneimittel, die häufig mit einem erniedrigten Vitamin D-Spiegel assoziiert sind (nach [4, 9, 21, 54 ,59, 61, 70, 71]).

Erkrankungen
Adipositas
Fettmalabsorption
Granulomatöse Erkrankungen (z. B.: Sarkoidose, Tuberkulose, Histoplasmose, …)
Hospitalisierte Patienten (ICU)
Hyperthyreoidismus
Hypo- /Hyperparathyreoidismus
Karies
Leberinsuffizienz
Lymphome
Malabsorptionssyndrome (z. B.: Mukoviszidose, CEDs, Z.n. bariatrischer OP, Strahlenenteritis)
Nierenerkrankungen
Osteomalazie
Osteoporose
Pankreasinsuffizienz
Parodontitis
Rachitis
Tumorerkrankungen
Untergewicht
Arzneimittel
Antibiotika (z. B.: Rifampicin)
Antihistaminika (z. B.: Cimetidin)
Antikonvulsiva (z. B.: Phenobarbital, Phenytoin, Carbamazepin)
Antimykotika (z. B.: Ketoconazol)
Antituberkulotika (z. B.: Rifabutin)
Bisphosphonate
Corticosteroide
Ethanol
Heparin
HIV-Medikamente (z. B.: Antiretrovirale Arzneimittel)
Lipidsenker (z. B.: Colestyramin)
Thiazide

Tab. 2: Erkrankungen, bei denen positive Wirkungen von Vitamin D-Gaben nachgewiesen sind.

Erkrankung	Studientyp*	Quelle(n)
Asthma	RCT	7, 44
COVID-19	RCT	36
Demenz	OS	44
Depression	OS	44
Primäre Dysmenorrhoe	RCT	1
(Stress)frakturen	RCT	18, 71
Infektionen des Respirationstraktes	RCT	35, 44
Migräne	RCT	28
Gesamt-Mortalität	RCT	53
Osteomalazie	RCT	53
Osteoporose	RCT	53
Parodontitis	RCT	27, 51
Periimplantitis	OS	3
Prämenstruelles Syndrom	RCT	2
Rachitis	RCT	54, 63
Restless-Legs-Syndrom	OS	43
Rheumatoide Arthritis	OS	30
Schwangerschaftskomplikationen	RCT	53
Tuberkulose	OS	63
Tumore	RCT	38
Typ 1 Diabetes	RCT	29

* RCT = Randomized Controlled Study, OS = Observational Study/ Beobachtungsstudie

36]). In **Tabelle 2** sind Erkrankungen aufgelistet, bei denen Vitamin D-Gaben zu positiven Effekten führen.
Kürzlich veröffentlichte randomisierte Studien (RCT) ergaben eine Reduktion der Krebssterblichkeit durch Vitamin D-Gabe um 13 % [38], was allein in Deutschland jährliche Einsparungen von mehr als 250 Millionen Euro bedeuten würde [49].
Während die vielfältigen Vitamin D-Wirkungen wissenschaftlich mittlerweile unstrittig sind, gibt es hinsichtlich der Vitamin D-Versorgung nur teilweise Konsens [71]. So unterscheiden sich die Empfehlungen mit Blick auf den Vitamin D-Spiegel, den tatsächlichen Vitamin D-Bedarf und die Notwendigkeit einer Supplementierung erheblich [53]. In der Literatur werden Vitamin D-Serumspiegel in ng/ml bzw. nmol/l (1 ng/ml = 2,5 nmol/l) aufgeführt, während die benötigten Vitamin D-Mengen in IE und µg (40 IE = 1 µg) angegeben werden.
Der empfohlene Calcidiol-Mindestspiegel (25-Hydroxy-Vitamin-D_3; 25(OH)D_3) variiert je nach Fachgesellschaft von 10 ng/ml (= 25 nmol/l; 63) bis zu 30 ng/ml (= 75 nmol/l; Endocrine Society (ES), 32). Die D-A-CH-Ernährungsgesellschaften (Deutschland: Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE), Österreich (ÖGE), Schweiz (SGE, SVE)) empfehlen Mindestspiegel von ≥ 20 ng/ml (≥ 50 nmol/l) [48]. Weitaus höhere Mindestwerte (40 ng/ml - 60 ng/ml (= 100 nmol/l - 150 nmol/l)) werden u. a. von der „VitaminD Society“ [67] genannt.
In dieser Übersichtsarbeit werden Hintergründe für die abweichenden Referenzbereiche und Empfehlungen zum Vitamin D-Normalbedarf vorgestellt. Darüber hinaus erfolgt eine Bewertung, ob eine Vitamin D-Supplementierung bei Soldatinnen und Soldaten sinnvoll ist.

Methodik

Im Zeitraum vom 1. Februar 2021 bis zum 23. März 2021 wurde eine systematische Literaturrecherche nach den „preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses“ (PRISMA-Empfehlungen) in der PubMed Datenbank (https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/) durchgeführt. Mit dem Suchterminus „Vitamin D“ wurde nach systematischen Reviews gesucht, die in den letzten 10 Jahren in deutscher oder englischer Sprache veröffentlicht wurden. Zusätzlich wurde neben einer Analyse der zitierten Literatur eine Handsuche zu „Vitamin D & physiology“, „Vitamin D & recommendation“, „Vitamin D & status“, „Vitamin D & Germany“, „Vitamin D & sport“, „Vitamin D & Armed Forces“ und „Vitamin D & Bundeswehr“ (Zeitraum: letzte 10 Jahre) durchgeführt. Hierbei wurden aktuelle Artikel priorisiert und übrige Artikel auf substantiell konträre Meinung untersucht. Ausgeschlossen wurden Studien zu Heranwachsenden (unter 18 Jahre), Schwangeren sowie Senioren (über 65 Jahre). Ebenso wurden klinische Übersichtsarbeiten zu einzelnen Krankheitsentitäten ausgeschlossen. Abbildung 1 zeigt das Prisma-Flow-Diagramm mit der durchgeführten Literaturselektion. Von insgesamt 1262 Artikeln wurden in der vorliegenden Publikation 168 Studien ausgewertet.

Ergebnisse

Konzentrationsabhängige Vitamin D-Wirkung

Die Vitamin D-Wirkungen im Organismus sind konzentrations- und gewebeabhängig [65] und werden in erster Linie durch Calcitriol ($1,25(OH)_2D_3$) vermittelt. Goldstandard für die Bestimmung des Vitamin D-Status ist allerdings der messtechnisch leichter zu bestimmende und konstantere Calcidiol-Plasmaspiegel (25(OH)D_3) [71]. Dieser korreliert jedoch nicht zwangsläufig mit dem Calcitriol-Level.
Calcidiol hat eine längere Halbwertszeit als Calcitriol (21 d–30 d vs. 4 h–48 h) und liegt in einer 1 000-fach höheren Konzentration vor [37, 60]. Mehr als 99 % des Calcidiols ist im Blut an Transportproteine, wie das Vitamin D-bindende Protein (DBP/VDP, 85 %, hohe Affinität) oder Albumin (15 %, geringere Affinität) gebunden [8, 10].

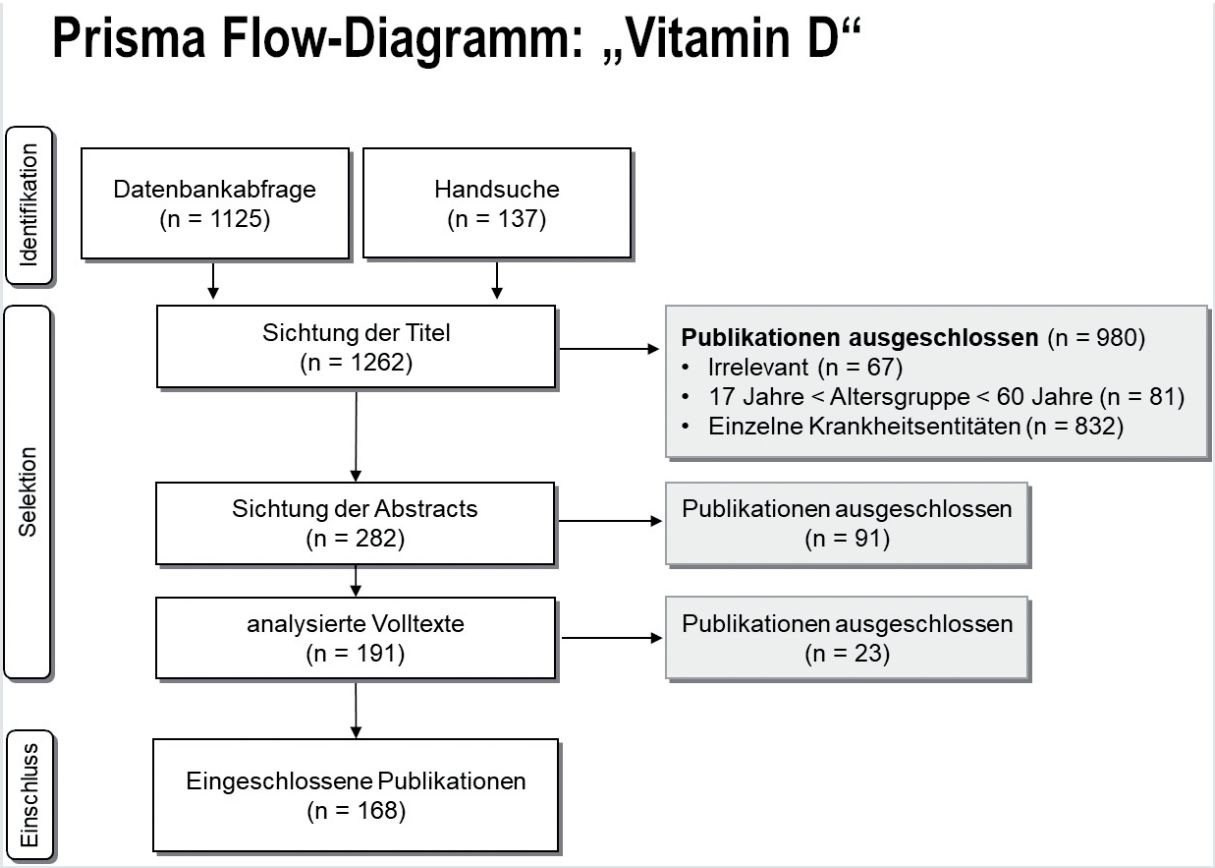

Abb. 1: PRISMA Flow-Diagramm der durchgeführten Literaturrecherche zu systematischen Reviews der vergangenen 10 Jahre mit dem Suchterminus „Vitamin D“

Hauptsächlich ist die ungebundene Fraktion (<< 1 %) wirksam [8]. Somit beeinflussen auch die Transportproteine und der weit verbreitete DBP-Polymorphismus die Vitamin D-Wirkung [10]. Dies kann z. B. dazu führen, dass trotz scheinbarem Calcidiol-Mangel im Serum eine ausreichende Menge an biologisch wirksamen, freien Calcitriol vorhanden ist. Hinzu kommt, dass in Geweben eine Feinregulation des Wirkspiegels mittels 1α-Hydroxylasen erfolgt. Zusätzlich können Wirkeffekte über die Freigabe von Bindungsstellen des Vitamin D-Rezeptors (VDR) verändert werden [14, 15]. Die geringen und räumlich schwankenden Konzentrationen, unterschiedliche und nicht ausreichend standardisierte Analyseverfahren können zu Calcidiol-Messwertunterschiede von über 38 % führen [39, 60]. Dies ist bei der Interpretation von Vitamin D-Werten zu berücksichtigen [57] und liefert eine Erklärung für die divergierenden Studienergebnisse und Empfehlungen zu Vitamin D.

Abschätzung des Normalbedarfs

Wie in der Einleitung dargestellt, gibt es in der Literatur große Unterschiede mit Blick auf den Vitamin D-Normwertbereich. Die Festlegung des Normalbedarfes an Vitamin D ist entscheidend bei der Frage, ob und wie viel Vitamin D supplementiert werden sollte. Das Robert Koch-Institut und andere international renommierte Einrichtungen nutzen die Klassifikation des US-amerikanischen Institute of Medicine [45] zur Beurteilung des Vitamin D-Status. Ein Vitamin D-Mangel liegt demnach vor, wenn eine Calcidiol-Konzentration unterhalb von 20 ng/ml (= 50 nmol/l) liegt. Auch in den aktuellen Empfehlungen der D-A-CH[1] wird 20 ng/ml (= 50 nmol/l) als Grenzwert genannt [19]. Dieser Serumspiegel orientiert sich an dem Auftreten von Mangelsymptomen wie Rachitis und anderen Skeletterkrankungen.

Neuere epidemiologische Studien sprechen allerdings für einen deutlich höheren Normwertbereich. So reduzieren Vitamin D-Serumkonzentrationen oberhalb von 30 ng/ml (= 75 nmol/l) kardiometabolische und inflammatorische Biomarker und senken die Morbidität für das Metabolische Syndrom, Diabetes und Kreislauferkrankungen [26]. Die Calcidiol-Serumspiegel indigener, äqua-

[1] D-A-CH-Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr: Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE), die Österreichische Gesellschaft für Ernährung (ÖGE), die Schweizerische Gesellschaft für Ernährung (SGE) sowie die Schweizerische Vereinigung für Ernährung (SVE) haben sich im Jahr 2000 zum ersten Mal auf gemeinsame Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr geeinigt. In Anlehnung an die üblichen Kennzeichen der beteiligten Länder (Deutschland = D; Österreich = A; Schweiz = CH) werden die neuen Referenzwerte als DACH-Referenzwerte bezeichnet.

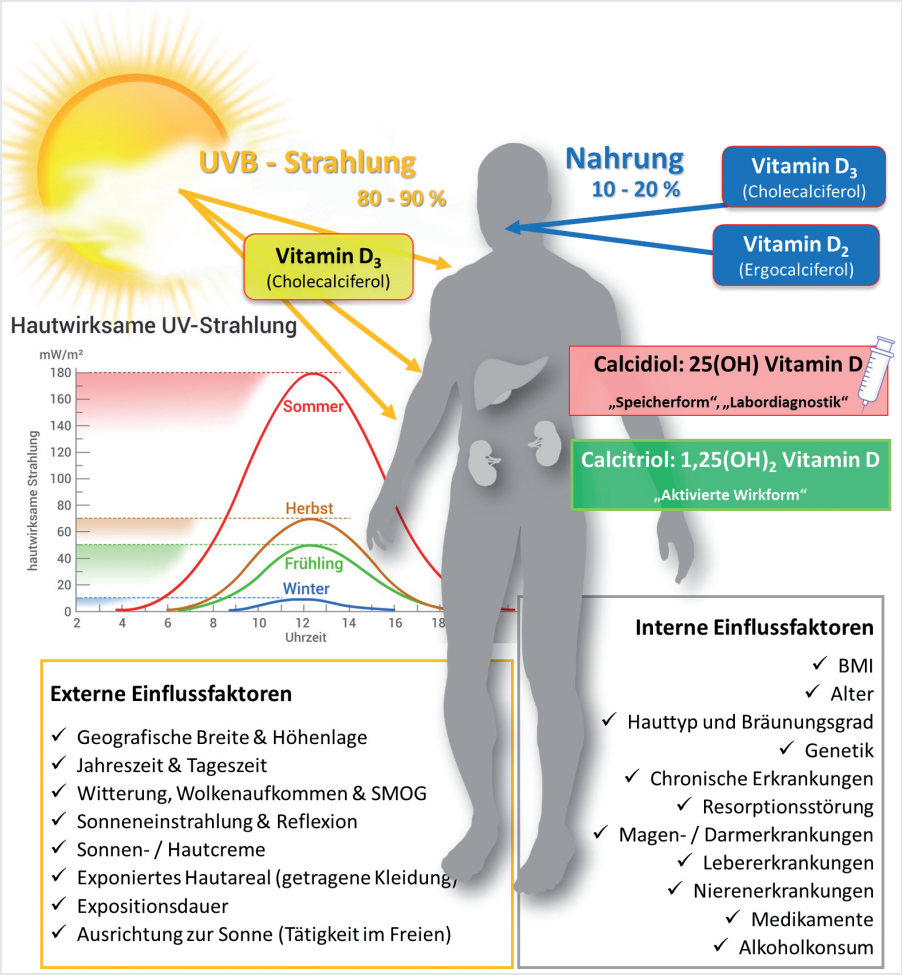

Abb. 2: Physiologisch wirksame Vitamin D-Formen und Einflussfaktoren auf den Vitamin D-Haushalt

tornah lebender Volksgruppen liegen sogar doppelt so hoch wie die IOM-Empfehlungen. Bei den traditionell lebenden Hadzabe und Massai in Tanzania („Modell-Ethnien") wurden durchschnittlich 46 ng/ml (= 115 nmol/l) gemessen [41]. Die vorliegenden epidemiologischen Daten wie auch die Serumspiegel äquatornah lebender Volksgruppen sprechen dafür, dass der Vitamin D-Normwertbereich nach oben verschoben werden sollte.

Vitamin D-Mangel in der Bevölkerung

Aufgrund der recht unspezifischen Symptome wie Adynamie, Infektanfälligkeit, verminderte Muskelkraft, Myalgie, neurologische Störungen, orthostatische Dysregulation und Skelettbeschwerden bleibt ein Vitamin D-Mangel meist unerkannt [5]. In Deutschland haben rund 30 % der Erwachsenen einen Calcidiol-Spiegel unterhalb von 12 ng/ml (= 30 nmol/l). Bei ca. einem Drittel der deutschen Männer und Frauen liegen die Konzentrationen zwischen 12 ng/ml (= 30 nmol/l) und 20 ng/ml (= 50 nmol/l) [56]. Damit besteht bei der überwiegenden Mehrheit der deutschen Bevölkerung (> 60 %) eine Unterversorgung mit Vitamin D. In Europa haben etwa 40 % der Bevölkerungen einen Calcidiol-Serumspiegel unterhalb 20 ng/ml (= 50 nmol/l) [16]. Die Hauptgründe für die Unterversorgung sind in der ungenügenden Vitamin D-Zufuhr über die Ernährung und in einer zu geringen Vitamin D-Produktion über die Haut zu suchen. Abbildung 2 zeigt wesentliche Einflussfaktoren auf den Vitamin D-Spiegel.

Ernährung

Über die Ernährung kann nur ein kleiner Teil (bis etwa 20 %) der benötigten Vitamin D-Menge gedeckt werden [52]. Verantwortlich dafür ist, dass nur wenige, fast ausschließlich tierische Nahrungsmittel signifikante Mengen an Vitamin D enthalten [33]. Vegetarisch und vegan lebende Menschen haben daher ein erhöhtes Risiko für eine Unterversorgung. Vitamin D kommt vor allem in fetten Seefischen (Hering: 7,8–25 µg/100 g, Lachs: 16 µg/100 g), Hühnereiern (2,9 µg/100 g) und in Spuren in Milchprodukten und Tierleber vor. Pilze und Flechten können unter UV-Bestrahlung hohe Konzentrationen an Vitamin D_2 (Ergocalciferol) bilden, das jedoch im Vergleich zu Vitamin D_3 weniger wirksam ist [34, 40, 66].
Die D-A-CH rät mittlerweile zu einer täglichen Vitamin D-Zufuhr von 800 IE (= 20 µg) bei Erwachsenen [71]. Nach der Nationalen Verzehrstudie II [46] erreichen über 80 % der Männer und über 90 % der Frauen die täglich

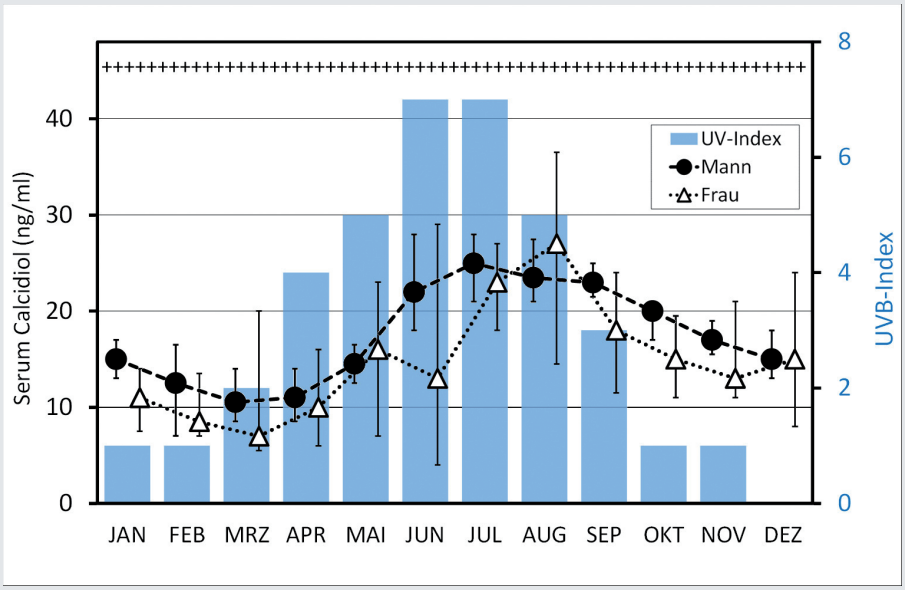

Abb. 3: Typischer jahreszeitlicher Verlauf der Vitamin D-Serumwerte [24] und des UVB-Index (Balkendiagramm) [12] in Deutschland. Die physiologischen Vitamin D-Spiegel bei indigenen, äquatorial lebenden Volksgruppen liegen oberhalb von 40 ng/ml (> 100 nmol/l) [41] und sind mit +++ gekennzeichnet.

empfohlene Vitamin D-Zufuhr nicht. Bei den Senioren sind es sogar über 95 %.

Vitamin D-Produktion in der Haut

Hauptquelle für Vitamin D ist die endogene Synthese, die in der menschlichen Haut unter Einwirkung von UVB-Strahlung der Sonne erfolgt. Sie ist von einer Vielzahl von Faktoren abhängig [23]. Primär sind das der Sonnenstand (Geografischer Breitengrad, Jahreszeit, Tageszeit, Höhenlage), Umgebungsfaktoren (Smog/Wetter, Schatten bzw. Oberflächenreflektion der Umgebung), aber auch Hauttyp und Alter [23, 68]. Zu den beeinflussbaren Faktoren zählen: exponiertes Hautareal, Tageszeitpunkt, Nutzung von Sonnen-/Hautcremes, Expositionsdauer, aber auch der Körperfettanteil [69]. Ein Sonnenbrand sollte in jedem Fall aufgrund des erhöhten Hautkrebsrisikos vermieden werden.

Für eine ausreichende Vitamin D-Produktion in der Haut ist es laut Bundesamt für Strahlenschutz [11] ausreichend, 2- bis 3-mal pro Woche Gesicht, Hände und Arme unbedeckt und ohne Sonnenschutz für 12 Minuten zu sonnen. Diese Zeitangaben gelten für einen UV-Index von 7, der in Deutschland bei gutem Wetter meist nur in den Monaten Juni und Juli um die Mittagszeit erreicht wird [13]. In den restlichen Sommermonaten mit niedrigeren UV-Indizes ist hingegen eine weitaus längere Exposition notwendig. Im Winterhalbjahr (Oktober bis März) ist die UVB-Strahlung in Deutschland für eine ausreichende Vitamin D-Produktion zu gering [12]. Mit Blick auf die oben dargestellten Vitamin D-Spiegel ist es offensichtlich, dass die Vitamin D-Speicher in Fett-, Muskelgewebe und Leber nicht ausreichen, um die reduzierte UVB-Strahlung für 6 Monate zu kompensieren. Der typische wellenförmige Jahresverlauf bei Einwohnern in Deutschland ist in Abbildung 3 dargestellt.

Bevölkerungsgruppen mit vermehrtem Vitamin D-Bedarf

Es liegt auf der Hand, dass Personen mit dunkler Haut, Vegetarier und Veganer ein erhöhtes Risiko für einen Vitamin D-Mangel haben. Auch ältere (insbesondere immobile) Menschen, Säuglinge, Kleinkinder und Schwangere zählen zu den Risikogruppen. Übergewicht, Adipositas [50], Parodontitis, zahlreiche Erkrankungen wie auch bestimmte Medikamente können sich negativ auf den Vitamin D-Spiegel auswirken. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über entsprechende Medikamente und Erkrankungen.

Lebenswelten

Das Problem einer ausreichenden Vitamin D-Versorgung wird zusätzlich durch die modernen Lebenswelten und veränderten Lebensstile verschärft. Beim Aufenthalt in geschlossenen Räumlichkeiten, hinter Fensterglas und in Fahrzeugen findet de facto – auch bei Sonnenschein – nahezu keine UVB-Exposition statt. Der Aufenthalt im Freien allein garantiert allerdings noch keine ausreichende Vitamin D-Produktion, da in den Morgen- und Abendstunden die UVB-Strahlung nur einen Bruchteil der Strahlung während der Mittagszeit ausmacht. Personen, die nicht im Freien arbeiten und Schichtarbeitende sind somit besonders häufig von einem Mangel betroffen [17]. Hinzu kommt, dass beim Aufenthalt im Freien meist beträchtliche Hautareale durch Bekleidung, aber auch (Sonnen-) Cremes geschützt und deshalb nur unzureichend an der Vitamin D-Produktion beteiligt sind. So reduziert beispielsweise eine Sonnencreme mit UV-Schutzfaktor 8 die Vitamin D-Synthese um 93 % [71].

Soldatinnen und Soldaten

Im militärischen Bereich führen das Tragen von Uniform, Schutzausrüstung und Kopfbedeckung sowie die Tätig-

keiten in Gebäuden, Luft-, Land- und Wasserfahrzeugen zu einer deutlichen Einschränkung der endogenen Vitamin D-Produktion. Daher ist auch bei Soldatinnen und Soldaten von einem weitverbreiteten und oftmals unerkannten Vitamin D-Mangel auszugehen. Aktuelle Zahlen zu der Vitamin D-Versorgung bei der Bundeswehr liegen bisher nur von einem kleinen und nichtrepräsentativen Kollektiv von 2176 Piloten und Luftfahrtpersonal vor. Hiervon zeigten 71,6 % einen Vitamin D-Mangel [55].

Im Gegensatz zum zivilen Bereich könnte Vitamin D bei Militär, Polizei und Feuerwehr eine noch höhere Bedeutung besitzen. Durch hohe Zusatzlasten (Schutzkleidung, Ausrüstung, Bewaffnung) kann es im Dienst zu Belastungsspitzen kommen, die bei einer Vitamin D-Unterversorgung unter anderem das Risiko von Stressfrakturen signifikant erhöhen [18]. Dies gilt insbesondere für Soldatinnen [47].

Fazit und Empfehlung

Ein hoher Vitamin D-Spiegel liefert zahlreiche gesundheitliche Vorteile. Immer mehr Fachorganisationen empfehlen die Vitamin D-Supplementierung, diese reichen von 800 IE (= 20 µg) bis 10 000 IE (= 250 µg). In einigen Ländern (USA, Canada, Indien und Finnland) werden bereits Nahrungsmittel wie z. B. Milch, Joghurt und Orangensaft mit Vitamin D angereichert [52].

Obwohl es in der Bundeswehr keine repräsentative Datenlage zu den Vitamin D-Spiegeln gibt, ist ein weit verbreiteter Vitamin D-Mangel bei Soldatinnen und Soldaten sehr wahrscheinlich. Dies gilt insbesondere mit Blick auf das Winterhalbjahr. Daher ist eine gezielte Supplementierung mit Vitamin D sinnvoll. So zeigen Studien mit Soldatinnen und Soldaten anderer Nationen, dass tägliche Vitamin D-Gaben von 2 000 IE/d (= 50 µg/d) in Kombination mit Kalzium zu einer Verbesserung der Knochengesundheit sowie Abnahme der Frakturraten führten [64]. Auch das kürzlich erschienene systematische Review „Nonexercise interventions for prevention of musculoskeletal injuries in armed forces“ bestätigt einen präventiven Effekt durch Supplementation von Vitamin D, Calcium und Proteinen [6].

Häufiges Argument gegen eine Supplementierung ist die Gefahr einer Überdosierung. Eine Hypervitaminose mit Vitamin D ist allerdings sehr selten. Eine höhere Gefährdung besteht in erster Linie bei Vorliegen einer idiopathischen infantilen Hyperkalzämie [62], die sich im Verdachtsfall jedoch einfach durch Bestimmung des 24,25 : 25 Vitamin D-Metabolitenverhältnisses im Blut diagnostizieren lässt [4]. Hypervitaminosen bei Gesunden treten nur bei massiver Überdosierung, wie z. B. tägliche Mengen von über 50 000 IE (= 1 250 µg/d), meist über Monate oder Jahre hinweg, auf [25]. Die hierbei gemessenen toxischen Serum-Konzentrationen lagen zwischen 150 ng/ml und 1 220 ng/ml (= 375 nmol/l - 3 050 nmol/l) [25]. Durch Bestimmung des Vitamin D-Spiegels können im Verdachtsfall Hypervitaminosen leicht verhindert werden.

Mit Blick auf die aktuelle Studienlage und die Besonderheiten im militärischen Bereich ist eine gezielte Supplementierung von Vitamin D bei Soldatinnen und Soldaten eindeutig zu empfehlen.

Literatur

1. Abdi F, Amjadi MA, Zaheri F, Rahnemaei FA: Role of vitamin D and calcium in the relief of primary dysmenorrhea: a systematic review. Obstet Gynecol Sci 2021; 64 (1): 13–26.
2. Abdi F, Ozgoli G, Rahnemaie FS: A systematic review of the role of vitamin D and calcium in premenstrual syndrome. Obstet Gynecol Sci 2019; 62 (2): 73–86.
3. Acipinar S, Karsiyaka Hendek M, Olgun E, Kisa U: Evaluation of FGF-23 and 25(OH)D3 levels in peri-implant sulcus fluid in peri-implant health and diseases. Clin Implant Dent Relat Res 2019; 21 (5): 1106–1112.
4. Amrein K, Scherkl M, Hoffmann M et al.: Vitamin D deficiency 2.0: an update on the current status worldwide. Eur J Clin Nutr 2020; 74 (11): 1498–1513.
5. Aoun A, Maalouf J, Fahed M, El Jabbour F: When and How to Diagnose and Treat Vitamin D Deficiency in Adults: A Practical and Clinical Update. J Diet Suppl 2020; 17 (3): 336–354.
6. Arslan IG, Dijksma I, van Etten-Jamaludin FS, Lucas C, Stuiver MM: Nonexercise interventions for prevention of musculoskeletal injuries in armed forces: A systematic review and meta-analysis. Am J Prev Med 2021; 60 (2): e73-e84.
7. Autier P, Mullie P, Macacu A et al.: Effect of vitamin D supplementation on non-skeletal disorders: a systematic review of meta-analyses and randomised trials. Lancet Diabetes Endocrinol 2017; 5 (12): 986–1004.
8. Bikle DD, Schwartz J: Vitamin D binding protein, total and free Vitamin D levels in different physiological and pathophysiological conditions. Front Endocrinol (Lausanne) 2019; 10: 317.
9. Botelho J, Machado V, Proença L, Delgado AS, Mendes JJ: Vitamin D deficiency and oral health: A comprehensive review. Nutrients 2020; 12 (5): 1471.
10. Bouillon R, Schuit F, Antonio L, Rastinejad F: Vitamin D binding protein: A historic overview. Front Endocrinol (Lausanne) 2019; 10: 910.
11. Bundesamt für Strahlenschutz: Konsentierte Empfehlung zu UV-Strahlung und Vitamin D. <https://www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/wirkung/akut/empfehlung-vitamin-d.html>, letzter Aufruf 9. Juni 2021.
12. Bundesamt für Strahlenschutz: UV-Index weltweit:. <https://www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/uv-index/weltweit/weltweit_node.html>, letzter Aufruf 9. Juni 2021.
13. Bundesamt für Strahlenschutz: UV-Prognose. <https://www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/uv-index/prognose/prognose_node.html>, letzter Aufruf 9. Juni 2021.
14. Carlberg C: Nutrigenomics of Vitamin D. Nutrients 2019; 11 (3): 676.
15. Carlberg C, Haq A: The concept of the personal vitamin D response index. J Steroid Biochem Mol Biol 2018; 175: 12–17.
16. Cashman KD, Dowling KG, Škrabáková Z et al.: Vitamin D deficiency in Europe: pandemic? Am J Clin Nutr 2016; 103 (4): 1033–1044.
17. Coppeta L, Papa F, Magrini A: Are shiftwork and indoor work related to D3 Vitamin deficiency? A systematic review of current evidences. J Environ Public Health 2018; 2018: 8468742.
18. Dao D, Sodhi S, Tabasinejad R et al.: Serum 25-Hydroxyvitamin D levels and stress fractures in military personnel: A systematic review and meta-analysis. Am J Sports Med 2015; 43 (8): 2064–2072.
19. Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V.: Referenzwerte Vitamin D (Calciferole). <https://www.dge.de/wissenschaft/referenzwerte/vitamin-d/> (last accessed on 09 June 2021)
20. Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V.: Vitamin D und COVID-19: <https://www.dge.de/presse/pm/vitamin-d-und-covid-19/>, letzter Aufruf 9. Juni 2021.
21. Dietrich T, Joshipura KJ, Dawson-Hughes B, Bischoff-Ferrari HA: Association between serum concentrations of 25-hydroxyvitamin D3 and periodontal disease in the US population. Am J Clin Nutr 2004; 80 (1): 108–113.

22. Dusso AS, Brown AJ, Slatopolsky E: Vitamin D. Am J Physiol Renal Physiol 2005; 289 (1): F8–28.
23. Engelsen O: The relationship between ultraviolet radiation exposure and vitamin D status. Nutrients 2010; 2 (5): 482–495.
24. Francic V, Keppel M, Schwetz V et al.: Are soluble ST2 levels influenced by vitamin D and/or the seasons? Endocr Connect 2019; 8 (6): 691–700.
25. Galior K, Grebe S, Singh R: Development of Vitamin D toxicity from overcorrection of Vitamin D deficiency: A review of case reports. Nutrients 2018; 10 (8): 953.
26. Ganji V, Tangpricha V, Zhang X: Serum Vitamin D Concentration ≥75 nmol/l Is Related to Decreased Cardiometabolic and Inflammatory Biomarkers, Metabolic Syndrome, and Diabetes; and Increased Cardiorespiratory Fitness in US Adults. Nutrients 2020; 12 (3): 730.
27. Gao W, Tang H, Wang D et al.: Effect of short-term vitamin D supplementation after nonsurgical periodontal treatment: A randomized, double-masked, placebo-controlled clinical trial. J Periodontal Res 2020; 55 (3): 354–362.
28. Ghorbani Z, Togha M, Rafiee P et al.: Vitamin D in migraine headache: a comprehensive review on literature. Neurol Sci 2019; 40 (12): 2459–2477.
29. Gregoriou E, Mamais I, Tzanetakou I, Lavranos G, Chrysostomou S: The effects of Vitamin D supplementation in newly diagnosed type 1 diabetes tatients: systematic review of randomized controlled trials. Rev Diabet Stud 2017; 14 (2–3): 260–268.
30. Guan Y, Hao Y, Guan Y, Bu H, Wang H: The effect of Vitamin D supplementation on rheumatoid arthritis patients: A systematic review and meta-analysis. Front Med (Lausanne) 2020; 7: 596007.
31. Holick MF: Vitamin D deficiency. N Engl J Med 2007; 357 (3): 266–281.
32. Holick MF, Binkley NC, Bischoff-Ferrari HA et al.: Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: an Endocrine Society clinical practice guideline. J Clin Endocrinol Metab 2011; 96 (7): 1911–1930.
33. Holick MF, Chen TC: Vitamin D deficiency: a worldwide problem with health consequences. Am J Clin Nutr 2008; 87 (4): 1080S-1086S.
34. Houghton LA, Vieth R: The case against ergocalciferol (vitamin D2) as a vitamin supplement. Am J Clin Nutr 2006; 84 (4): 694–697.
35. Jolliffe DA, Camargo CA, Sluyter JD et al.: Vitamin D supplementation to prevent acute respiratory infections: systematic review and meta-analysis of aggregate data from randomised controlled trials. Lancet 2021; 9 (5):276–292.
36. Kazemi A, Mohammadi V, Aghababaee SK et al.: Association of Vitamin D status with SARS-CoV-2 infection or COVID-19 severity: A systematic review and meta-analysis. Adv Nutr 2021; [Online ahead of print].
37. Kennedy DA, Cooley K, Skidmore B et al.: Vitamin d: pharmacokinetics and safety when used in conjunction with the pharmaceutical drugs used in cancer patients: a systematic review. Cancers (Basel) 2013; 5 (1): 255–280.
38. Keum N, Lee DH, Greenwood DC, Manson JE, Giovannucci E: Vitamin D supplementation and total cancer incidence and mortality: a meta-analysis of randomized controlled trials. Ann Oncol 2019; 30 (5): 733–743.
39. Lips P, Chapuy MC, Dawson-Hughes B, Pols HA, Holick MF: An international comparison of serum 25-hydroxyvitamin D measurements. Osteoporos Int 1999; 9 (5): 394–397.
40. Logan VF, Gray AR, Peddie MC, Harper MJ, Houghton LA: Long-term vitamin D3 supplementation is more effective than vitamin D2 in maintaining serum 25-hydroxyvitamin D status over the winter months. Br J Nutr 2013; 109 (6): 1082–1088.
41. Luxwolda MF, Kuipers RS, Kema IP, Dijck-Brouwer DAJ, Muskiet FAJ: Traditionally living populations in East Africa have a mean serum 25-hydroxyvitamin D concentration of 115 nmol/l. Br J Nutr 2012; 108 (9): 1557–1561.
42. Machado V, Lobo S, Proença L, Mendes JJ, Botelho J: Vitamin D and periodontitis: A systematic review and meta-analysis. Nutrients 2020; 12 (8): 12(8):2177.
43. Mansourian M, Rafie N, Khorvash F, Hadi A, Arab A: Are serum vitamin D, calcium and phosphorous associated with restless leg syndrome? A systematic review and meta-analysis. Sleep Med 2020; 75: 326–334.
44. Maretzke F, Bechthold A, Egert S et al.: Role of Vitamin D in preventing and treating selected extraskeletal diseases-An umbrella review. Nutrients 2020; 12(4): 969.
45. National Institutes of Health: Vitamin D. Sheet for health professionals. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminD-HealthProfessional/>, letzter Aufruf 9. Juni 2021.
46. Nationale Verzehrsstudie II. Ergebnisbericht Teil 2. Karlsruhe 2008.
47. Nestler K, Tofaute KA, Leyk D: Frauen in der Bundeswehr. Wehrmed Wehrpharm 2016; 16 (4): 99–101.
48. New reference values for vitamin D. Ann Nutr Metab 2012; 60 (4): 241–246.
49. Niedermaier T, Gredner T, Kuznia S et al.: Vitamin D supplementation to the older adult population in Germany has the cost-saving potential of preventing almost 30 000 cancer deaths per year. Mol Oncol 2021; [Online ahead of print].
50. Oliveira LF de, Azevedo LG de, Da Mota Santana J, de Sales, Luanna Pimenta Carlos, Pereira-Santos M: Obesity and overweight decreases the effect of vitamin D supplementation in adults: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Rev Endocr Metab Disord 2020; 21 (1): 67–76.
51. Perayil J, Menon KS, Kurup S et al.: Influence of Vitamin D & Calciu.m supplementation in the management of periodontitis. J Clin Diagn Res 2015; 9 (6): ZC35–8.
52. Pilz S, März W, Cashman KD et al.: Rationale and plan for Vitamin D food fortification: A review and guidance paper. Front Endocrinol (Lausanne) 2018; 9: 373.
53. Pilz S, Zittermann A, Trummer C et al.: Vitamin D testing and treatment: a narrative review of current evidence. Endocr Connect 2019; 8 (2): R27-R43.
54. Pilz Stefan et al.: Vitamin D and mortality 2016 (36): 1379–1388.
55. Pippig T, Matthias O, Zahedi F: Erste Ergebnisse: Vitamin-D-Versorgung bei Piloten und Luftfahrtpersonal der Bundeswehr. Flug u Reisemed 2019; 26 (04): 171–178.
56. Rabenberg M, Scheidt-Nave C, Busch MA et al.: Vitamin D status among adults in Germany--results from the German Health Interview and Examination Survey for Adults (DEGS1). BMC Public Health 2015; 15: 641.
57. Rabenberg M, Scheidt-Nave C, Busch MA et al.: Implications of standardization of serum 25-hydroxyvitamin D data for the evaluation of vitamin D status in Germany, including a temporal analysis. BMC Public Health 2018; 18 (1): 845.
58. Ramasamy I: Vitamin D metabolism and guidelines for Vitamin D supplementation. Clin Biochem Rev 2020; 41 (3): 103–126.
59. Robien K, Oppeneer SJ, Kelly JA, Hamilton-Reeves JM: Drug-vitamin D interactions: a systematic review of the literature. Nutr Clin Pract 2013; 28 (2): 194–208.
60. Romagnoli E, Pepe J, Piemonte S, Cipriani C, Minisola S: Management of endocrine disease: value and limitations of assessing vitamin D nutritional status and advised levels of vitamin D supplementation. Eur J Endocrinol 2013; 169 (4): R59–69.
61. Ross AC, Taylor CL, Yaktine AL, Del Valle HB (ed.): Dietary reference intakes for Calcium and Vitamin D. Washington (DC): National Academies Press 2011.
62. Schlingmann KP, Kaufmann M, Weber S et al.: Mutations in CYP24A1 and idiopathic infantile hypercalcemia. N Engl J Med 2011; 365 (5): 410–421.
63. Scientific Advisory Committee on Nutrition: Vitamin D and health report. <https://www.gov.uk/government/groups/scientific-advisory-committee-on-nutrition>, letzter Aufruf 9. Juni 2021.
64. Sivakumar G, Koziarz A, Farrokhyar F: Vitamin D supplementation in military personnel: A systematic review of randomized controlled trials. Sports Health 2019; 11 (5): 425–431.
65. Spedding S, Vanlint S, Morris H, Scragg R: Does vitamin D sufficiency equate to a single serum 25-hydroxyvitamin D level or are different levels required for non-skeletal diseases? Nutrients 2013; 5 (12): 5127–5139.
66. Tripkovic L, Wilson LR, Hart K et al.: Daily supplementation with 15 µg vitamin D2 compared with vitamin D3 to increase wintertime 25-hydroxyvitamin D status in healthy South Asian and white European women: a 12-wk randomized, placebo-controlled food-fortification trial. Am J Clin Nutr 2017; 106 (2): 481–490.
67. VitaminD Society: The VitaminD Society. <https://www.vitamindsociety.org/>, letzter Aufruf 9. Juni 2021.
68. Webb AR: Who, what, where and when-influences on cutaneous vitamin D synthesis. Prog Biophys Mol Biol 2006; 92 (1): 17–25.
69. Wortsman J, Matsuoka LY, Chen TC, Lu Z, Holick MF: Decreased bioavailability of vitamin D in obesity. Am J Clin Nutr 2000; 72 (3): 690–693.

70. Zhou F, Zhou Y, Shi J: The association between serum 25-hydroxy-vitamin D levels and dental caries in US adults. Oral Dis 2020; 26 (7): 1537–1547.
71. Zittermann A, Pilz S: Vitamin D in Klinik und Praxis. Dtsch Med Wochenschr 2017; 142 (8): 601–616.

Manuskriptdaten

Eingereicht: 3. Juni 2021
Angenommen: 25. Juni 2021

Zitierweise
Vits E, Staudt M, Berresheim M, Rohde U, Eger T, Bickel C, Leyk D: Vitamin D-Mangel: Ein häufig unterschätztes Risiko. WMM 2021; 65(8): 308-314.

Für die Verfasser
Oberstabsarzt Dr. Emanuel Vits
Institut für Präventivmedizin der Bundeswehr
Abteilung A – Gesundheits- und Leistungsförderung
Andernacher Str. 100; 56070 Koblenz
E-Mail: emanuelvits@bundeswehr.org

Manuscript Data

Submitted: June 3, 2021
Accepted: June 25, 2021

Citation
Vits E, Staudt M, Berresheim M, Rohde U, Eger T, Bickel C, Leyk D: Vitamin D deficiency: An often underestimated risk. WMM 2021; 65(8): 308-314.

For the authors
Major (MC) Dr. Emanuel Vits
Bundeswehr Institute for Preventive Medicine
Division A – Health and Fitness Promotion
Andernacher Str. 100; D-56070 Koblenz
E-Mail: emanuelvits@bundeswehr.org