

Vitamin D Spiegel und Prädiktoren bei Schweizer Sportlern – Empfehlung zur Substitution

Kriemler S^{1*}, Zürcher S^{1*}, Quadri A¹, Noack P², Brunner S³, Huber A³, Gojanovic B^{4,5}

¹ Institut für Epidemiologie, Biostatistik und Prävention, Universität Zürich, Zürich

² Zentrum für Medizin und Sport, Medbase Gruppe, Swiss Olympic Medical Center, Abtwil

³ Institut für Labormedizin, Kantonsspital Aarau, Aarau

⁴ Sports Medicine center, Swiss Olympic Medical Center, Hôpital de La Tour, 1217 Meyrin, Switzerland

⁵ Centre Interdisciplinaire de Médecine du Sport des Adolescents – DISA, Département femme-mère-enfant (DFME), CHUV, 1011 Lausanne, Switzerland

*Gemeinsame Erstautoren

Zusammenfassung

Hintergrund: Vitamin D Spiegel über 75 nmol/L 25(OH)D werden generell empfohlen bei Sportlern, da diese Muskel-funktion, -wachstum und -regeration optimal unterstützen sowie eine optimale Knochenmasse und Immunfunktion gewährleisten. Ziel dieser Arbeit war deshalb, die Prävalenz von ungenügenden Vit D Spiegeln und Gründe hierfür bei Schweizer Athleten zu erfassen und basierend auf diesen Daten und der wissenschaftlichen Literatur Empfehlungen zu definieren.

Methode: 603 Schweizer Athleten mit einer Swiss Olympic Karte wurde anlässlich ihrer sportmedizinischen Untersuchung Blut entnommen. Dazu füllten sie einen Fragebogen zur Erfassung von möglichen Prädiktoren eines Vit D Mangels aus. Vit D wurde zentral mit dem Goldstand der Gaschromatographie analysiert.

Resultate: 51% der Athleten zeigten ungenügende 25(OH)D Spiegel. Neben tieferem Alter und BMI waren das Ausüben einer «Indoor»- gegenüber «Outdoor»-Sportart (58 vs. 43%), die sonnenarmen Quartale Herbst, Winter und Frühling (49, 70, 57 vs. 17% im Sommer) sowie die fehlende Substitution (52 vs. 42%) Prädiktoren eines Vit D Spiegels <75 nmol/L.

Konsequenz: Trotz teilweiser Substitution zeigten 1 von 2 Athleten einen Vit D Mangel. Um potenzielle Auswirkungen auf die sportliche Leistungsfähigkeit, Gesundheit und Immunologie zu verhindern, empfehlen wir eine regelmässige Substitution von Vit D täglich, wöchentlich oder monatlich entsprechend einer täglichen Äquivalenzdosis von 600–2000 IE, dies vielleicht mit Ausnahme des Sommers. Routinemässige Vit D Bestimmungen sind nicht notwendig.

Schlüsselwörter:

25(OH)D, Athleten, Risikogruppe, Sportmedizinische Untersuchung, Blut, Therapie

Abstract

Background: Vitamin D concentrations corresponding to 75 nmol/L of 25(OH)D or more have been related to maintained muscle function, growth and regeneration, to optimal bone health and immunology in athletes. The objective of this study was to investigate prevalence and predictors of insufficient 25(OH)D concentrations in athletes and to come up with recommendations for our Swiss athletes.

Methods: 603 competitive Swiss athletes were assessed during their annual pre-participation examination. A standardized questionnaire was used to gather information about potential predictors for 25(OH)D concentrations.

Results: One in 2 athletes showed insufficient 25(OH)D concentrations. Differences in predicted probability of insufficient 25(OH)D were found for those that were not substituted (56%) vs. those substituted (42%) versus unsubstituted (52%), for those performing indoor (58%) vs. outdoor (43%) sports and during the sun deprived seasons fall (49%), winter (70%) and spring (57%) as compared to summer (17%). An increase in BMI z-scores and age was associated with higher 25(OH)D.

Implication: One in two Swiss athletes shows insufficient 25(OH)D concentrations. To prevent potential harmful consequences on athletic performance, muscular, skeletal and immunological health, we recommend a regular substitution in daily, weekly or monthly intervals with a daily equivalent dose of 600–2000 IE Vit D except perhaps in summer. Routine assessments of 25(OH)D concentrations are not necessary.

Keywords:

25(OH)D, athletes, risk group, preparticipation evaluation, blood, therapy

Einführung

Höhere Vitamin D Spiegel (Vit D), gemessen anhand der 25(OH)D Konzentration im Blut, gehen mit diversen gesundheitlichen Vorteilen einher wie stärkeren Knochen, dem Schutz vor kardiovaskulären Erkrankungen und Krebs und anderen chronischen Erkrankungen [1,2]. Trotzdem ist die klinische Relevanz von Vit D speziell im nicht stark defizitären Bereich immer noch kontrovers [3], und unter Experten besteht Uneinigkeit über sinnvolle Cutoffs, die Art und Häufigkeit der Blutbestimmung und um Empfehlungen über eine notwendige Substitution.

Generell wird Vit D durch Art und Ausmass der Sonnenbestrahlung der unbedeckten Haut, durch den Hauttyp, durch die Ernährung und durch verschiedene Erkrankungen beeinflusst. Genügend Sonnenbestrahlung zur Produktion von Vit D besteht nur während der Zeit zwischen Ostern und Oktober, wo der Sonneneinstrahlungswinkel $>45^\circ$ beträgt [2].

Die meisten internationalen Experten und Gesellschaften klassieren 25(OH)D Spiegel >50 nmol/L als genügend und ≥ 75 nmol/L als wünschenswert [4–8]. Der höhere Cutoff basiert auf Studien, welche eine höhere maximale Knochenmasse und -dichte am Ende des Wachstums sowie einen Knochenmetabolismus mit optimaler intestinaler Kalziumresorption und einer maximalen Unterdrückung von Parathormon dokumentieren. [1,2,4,7,9,10] Zusätzlich führen Vit D Spiegel ≥ 75 nmol/L zu einer höheren Muskelkraft und bringen immunologische Vorteile [1,2,4,7,9,10].

Bei Athleten wird das zirkulierende Vit D als wesentlich für die Aufrechterhaltung der Muskelfunktion beschrieben. Es unterstützt die Muskelkontraktion, fördert das Wachstum und auch die Regeneration nach muskulärer Verletzung und optimiert die Knochengesundheit [11–15]. Athleten mit wünschenswerten Vit D Spiegel von ≥ 75 nmol/L zeigen eine bessere Funktion des Immunsystems, zum Beispiel in Form von weniger respiratorischen Infekten [1,2,4,7,9,10]. Trotzdem sind ungenügende Vit D Spiegel bei Athleten häufig, speziell während den Wintermonaten [16,17].

Da viele Studien, welche Prävalenz und Prädiktoren von Vit D Mangel bei Athleten erfassen methodologische Mängel aufwiesen, die Untersuchungen an nicht vergleichbaren Populationen oder an kleinen Fallzahlen durchgeführt wurden, haben wir eine Studie an einer grossen Gruppe von Schweizer Sportlern über die Zeitspanne von 1 Jahr durchgeführt, um die Prävalenz von Vit D Mangel und potenzielle Prädiktoren zu untersuchen. Basierend auf den bereits publizierten [18] und neuen Resultaten und unter Einbezug der bestehenden internationalen Literatur, war das Ziel, Empfehlungen für Schweizer Sportler zu formulieren.

Methode

Studienteilnehmende

603 Schweizer Athleten mit einer Swiss Olympic Karte, entsprechend 3.4% der 17 927 Sportler mit einer regionalen, nationalen oder internationalen Swiss Olympic Karte nahmen während der jährlichen sportmedizinischen Untersuchung zwischen 5/2014 und 6/2015 an der Studie teil. Alle Athleten waren anamnestisch gesund. Von potenziell 39 Swiss Olympic akkreditierten Zentren und Basen nahmen 24 freiwillig an der Studie teil. Die Untersuchung und Studie

beinhaltete eine medizinische Untersuchung, eine Blutentnahme und das Ausfüllen eines Fragebogens. Alle Blutproben wurden mittels Express-Sendung innert 12 Stunden verschickt und zentral im akkreditierten Labor des Kantonspitals Aarau analysiert. Die Teilnahme war freiwillig und eine schriftliche Einwilligung wurde von allen Athleten eingeholt. Alle Angaben und Resultate wurden anonymisiert, weshalb es keiner Einwilligung eines ethischen Komitees bedurfte.

Vitamin D

Vitamin D (Cholecalciferol / 25-Hydroxyvitamin D3) in nmol/L wurde mittels Isotop-Dilution und HPLC Massenspektrometrie (ID-LC-APCI-MS/MS), welches Vitamin D2 und D3 erfasst (PerkinElmer, Turku, Finland), analysiert. Die Detektionsgrenze betrug 5 nmol/L. Die «intra-assay» und «intra-assay» Variabilität betrug 4.4–5.0% und 4.3–5.6%. Für die Hauptanalyse wurde 25(OH)D dichotomisiert mit einer Grenze von 75 nmol/L (<75 nmol/L ungenügend/ ≥ 75 nmol/L wünschenswert).

Prädiktoren

Potenzielle Prädiktoren eines Vit D Mangels wurden mittels Fragebogen und klinischem Untersuchen erfasst. BMI z-Scores wurden aufgrund von WHO-Referenzen ausgerechnet (Athleten über 19 Jahre wurden wie 19-Jährige betrachtet). Die Jahreszeiten wurden aufgrund der Sonneneinstrahlung definiert mit Frühling (21. März bis 20. Juni), Sommer (21. Juni bis 20. Sept.), Herbst (21. Sept. bis 20. Dez.) und Winter (21. Dez. bis 20. März). Die Sportarten wurden in vorwiegend «indoors» und «outdoors» Sportarten unterteilt. Der Trainingsumfang wurde erfasst als Anzahl Stunden pro Woche während den letzten 3 Monaten. Der Hauttyp wurde in 5 Stufen erfasst und anschliessend dichotomisiert in helle Haut versus dunkle Haut. Der Gebrauch von Sonnencreme wurde auf einer 5-Punkt-Likertskala (100%, 75%, 50%, 25% und 0% der Zeit) erfasst und anschliessend dichotomisiert in regelmässiger (75–100%) und gelegentlicher/seltener/fehlender (0–50%) Gebrauch. Die Einnahme von Vit D oder Multivitaminpräparaten wurde erfasst mittels Frage nach Produkt, Dosierung und Häufigkeit der Einnahme. Aufgrund ungenauer Dosis und Produktangaben der Probanden konnte lediglich festgelegt werden, ob die Produkte Vit D enthielten oder nicht (ja-nein). Bei fehlender Angabe der Markenbezeichnung des Multivitaminpräparates wurde angenommen, dass dies Vit D enthielt.

Statistik

Z-Test und Chi2-Test wurden gebraucht, um Unterschiede im 25(OH)D Spiegel (ungenügend versus wünschenswert) für alle unabhängigen kategoriellen Variablen zu testen. Unterschiede der Mittelwerte von kontinuierlichen Variablen wurden mittels unabhängigem T-Test mit ungleicher Varianz (Welch's t-Test) erfasst. Eine binäre logistische Regression wurde verwendet, um potentielle Risikofaktoren für ungenügende 25(OH)D Spiegel unter Angabe von Odds Ratios und 95% Konfidenzintervallen zu bestimmen. Zusätzlich wurde eine multivariate lineare Regressionen

gerechnet mit Darstellung von beta-Koeffizienten und 95% Konfidenzintervallen. Fehlende Werte wurden mittels «chain equation approach» imputiert [19,20]. Prädizierte 25(OH)D Konzentrationen aller unabhängigen Variablen inklusive 95% Konfidenzintervalle (Mittelwerte adjustiert für alle anderen Variablen im Modell) wurden errechnet und grafisch dargestellt. Alle Analysen wurden mit Stata 13.1 (StataCorp LP, College Station, Texas, USA) durchgeführt.

Resultate

Tabelle 1 und Abbildung 1 beschreiben die Charakteristika der gesamten Studienpopulation sowie stratifiziert nach 25(OH)D Kategorie. 0.3 bis 15.6% der Werte in den verschiedenen Variablen fehlten und wurden imputiert. 50.5% der Athleten wiesen ungenügende 25(OH)D Spiegel (<75 nmol/L) auf. Defizitäre Spiegel <50 nmol/L zeigten sich bei 14% der Athleten.

Alle analysierten Prädiktoren von ungenügenden vs. wünschenswerten 25(OH)D Spiegel (Odds Ratios) bzw. von tieferen versus höheren Spiegel (β-Koeffizienten) sind in Tabelle 2 und Abbildungen 2–4 (prädizierte 25(OH)D Konzentrationen) wiedergegeben. Ein tieferes Alter, ein tieferer BMI z-Score, das Fehlen einer Vit D Supplementierung, die Ausübung des Sports «indoors» und die sonnenarmen Jahreszeiten (Frühling-Herbst-Winter) fanden sich als signifikante Prädiktoren für ungenügende 25(OH)D Spiegel. Anders ausgedrückt war die Wahrscheinlichkeit eines Vit D Mangels für «indoor» versus «outdoor» Sportarten 58 versus 43%, bei fehlender versus vorhandener Vit D Supplementierung 52 versus 42%, und während den sonnenarmen Monaten versus Sommer (50–70% versus 17%). Höhere Wahrscheinlichkeiten für einen 25(OH)D fanden sich auch für jüngere versus ältere Athleten und bei denjenigen mit tieferen versus höheren BMI z-Scores.

Geschlecht, Hauttyp, die Anwendung von Sonnencreme und Trainingsdauer hatten keinen signifikanten Einfluss auf die 25(OH)D Spiegel.

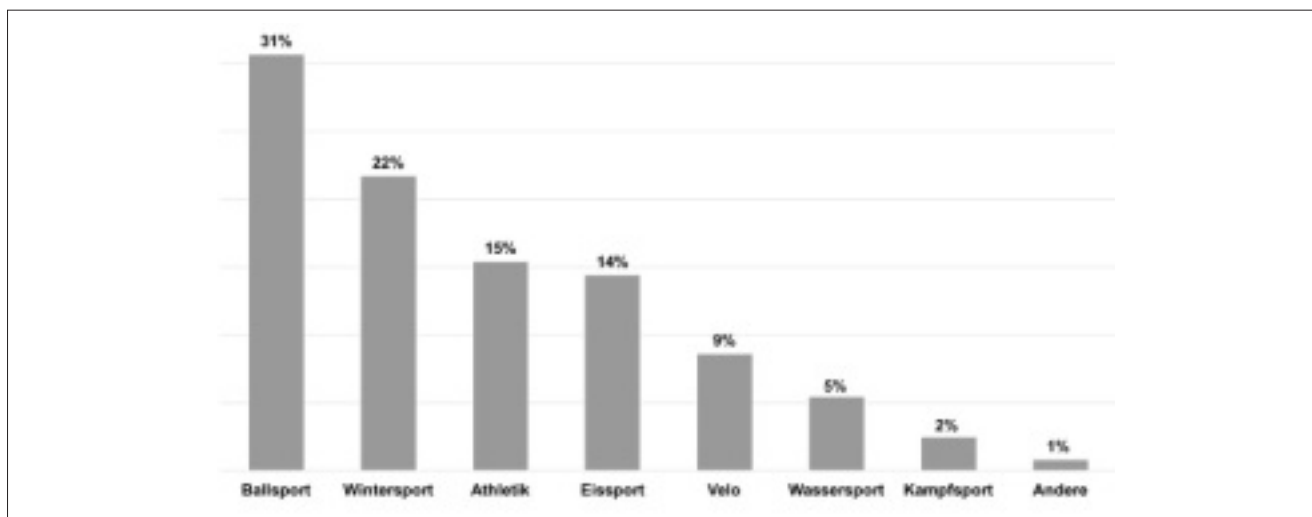


Abbildung 1: Verteilung der Sportarten in der Studienpopulation (n=603)

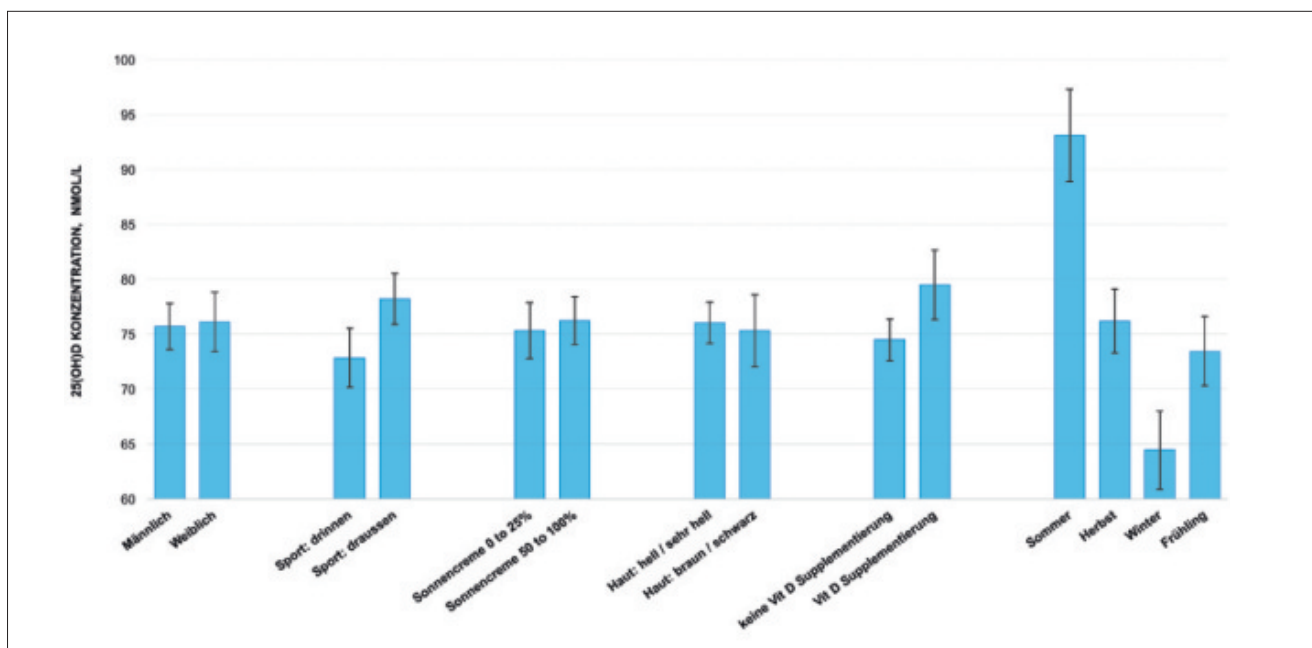


Abbildung 2: Adjustierte Prädiktion (95% CI) von ungenügenden 25(OH)D Spiegel für alle kategoriellen Variablen

	Wünschenswerter Spiegel (n=297)		Ungenügender Spiegel (n=303)		Alle (n=603)		Delta Mittelwerte	
	n (%)	MW (SD)	n (%)	MW (SD)	n (%)	MW (SD)	Diff.	(95% CI)
Zielvariable								
25(OH)D	297 (49.5)		303 (50.5)		600 (99.5) 75.9 (23.4)			
Prädiktoren								
Geschlecht ^a								
Weiblich	91 (40.4)		134 (59.6)		225 (37.3)		14.5**	(22.6 ; 6.3)
Männlich	206 (54.9)		169 (45.1)		378 (62.7)			
Alter (Jahren) ^b	297	20.4 (5.7)	303	17.2 (5.3)	603	18.8 (5.8)	3.2**	(2.3 ; 4.1)
BMI ^b	271	22.1 (2.9)	235	20.4 (2.9)	509 (84.4)	21.3 (3.0)	1.8**	(1.3 ; 2.3)
BMI z-Score ^b		0.22 (0.80)		- 0.10 (0.84)		0.07 (0.8)	0.31**	(0.16 ; 0.45)
Vitamin D Substitution ^a								
Ja	93 (57.1)		70 (42.9)		164 (27.2)			
Nein	204 (46.7)		233 (53.3)		439 (72.8)		10.4*	(1.5 ; 19.3)
Trainingsstunden / Woche ^b	285	13.3 (5.7)	282	12.3 (6.9)	570 (94.5)	12.8 (6.3)	1.0*	(0.0 ; 2.1)
Hauttyp ^a								
Hell	205 (48.8)		215 (51.2)		421 (69.8)		5.6	(-3.8 ; 15.0)
Dunkel	80 (54.4)		67 (45.6)		149 (24.7)			
Applikation von Sonnencreme ^a								
0% bis 25%	109 (46.0)		128 (54.0)		238 (39.5)		7.4	(-1.0 ; 15.8)
50% bis 100%	173 (53.4)		151 (46.6)		326 (54.1)			
Ort Sportausübung ^a								
outdoors	177 (52.7)		159 (47.3)		337 (55.9)		7.3	(-1.0 ; 15.0)
indoors	119 (45.4)		143 (54.6)		264 (43.8)			
Saison ^c								
Sommer	90 (83.3)		18 (16.7)		108 (17.9)		0.00**	
Herbst	98 (50.0)		98 (50.0)		197 (32.7)			
Winter	43 (32.1)		91 (67.9)		135 (22.4)			
Frühling	66 (40.7)		96 (59.3)		163 (27.0)			

*Signifikant (p<0.05) / ** hoch signifikant (p<0.01) basierend auf zweiseitigem Test
^a Differenz (%) basierend auf einem 2-Stichproben z-Test (z.B. Proportion (Weiblich ungenügend) – Proportion (Männlich ungenügend)
^b Zwei Stichproben t-Test mit unterschiedlichen Varianzen (Welch Approximation)
^c Chi Quadrat Test

Tabelle 1: 25(OH)D Spiegel und Prädiktoren von ungenügenden Spiegeln bei Schweizer Kaderathleten

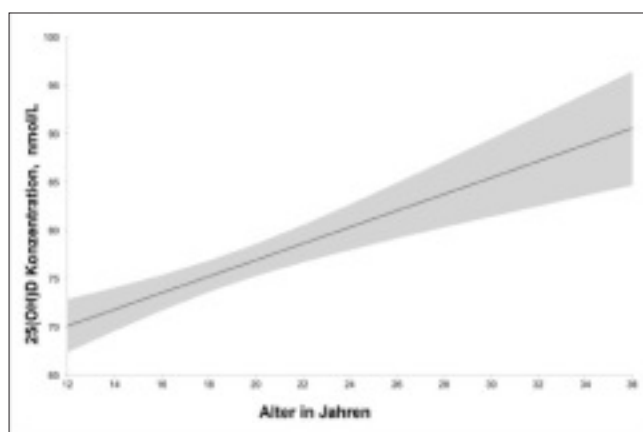


Abbildung 3: Adjustierte Prädiktion (95% CI) von ungenügenden 25(OH)D Konzentrationen für Alter

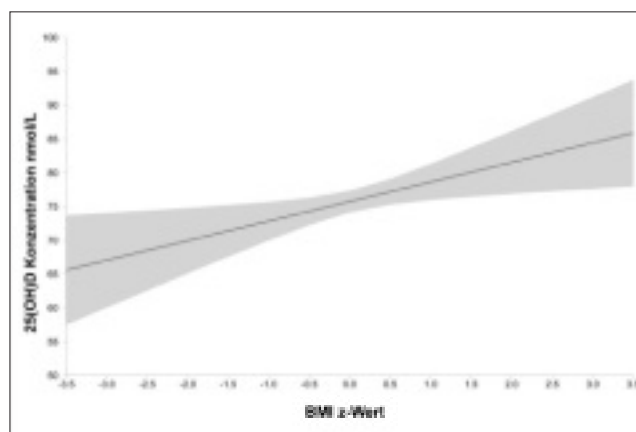


Abbildung 4: Adjustierte Prädiktion (95% CI) von ungenügenden 25(OH)D Konzentrationen für BMI z-Score

	OR/*β-Koeff	(95% CI)	p-Wert
Geschlecht			
Weiblich	Referenz		
Männlich	1.29	(0.88 bis 1.90)	0.20
*Alter (Jahre)	0.85	(0.52 bis 1.18)	<0.001
*BMI z-Scores WHO	3.04	(0.83 bis 5.24)	0.007
Vitamin D Substitution ^a			
Ja	Referenz		
Nein	0.66	(0.43 bis 0.99)	0.045
Hauttyp ^a			
Hell	Referenz		
Dunkel	0.85	(0.55 bis 1.32)	0.48
Applikation Sonnencreme ^a			
0% bis 25%	Referenz		
50% bis 100%	0.85	(0.58 bis 1.25)	0.41
Trainingsstunden (Woche)	1.01	(0.97 bis 1.04)	0.68
Ort der Sportausübung			
Draussen	Referenz		
Drinnen	0.53	(0.34 bis 0.82)	0.004
Season			
Sommer	Referenz		
Herbst	4.78	(2.49 bis 9.19)	<0.001
Winter	11.49	(5.68 bis 23.23)	<0.001
Frühling	6.59	(3.45 bis 12.57)	<0.001
Werte definieren Odds Ratios (OR) für kategorielle Variablen (logistische Regression) bzw. *Beta-Koeffizienten (β) für kontinuierliche Variablen (lineare Regression)			

Tabelle 2: Chancenverhältnis für ungenügende vs. wünschenswerte bzw. für tiefere vs. höhere 25(OH)D Spiegel bei Schweizer Kaderathleten (n=603)

Diskussion

Diese Vergleichsstudie mit einer grossen Gruppe von Schweizer Athleten fand bei 1 von 2 Sportlern ungenügende 25(OH)D Spiegel unter 75 nmol/L, welche potenziell Gesundheit und die sportliche Leistungsfähigkeit kompromittieren. Prädiktoren für ungenügende Werte waren tieferes Alter, ein niedrigerer BMI und die Jahreszeiten Herbst, Winter und Frühling, während die Substitution von Vit D und die Ausübung eines Outdoorsports sich positiv auf die 25(OH)D Spiegel auswirkten. Geschlecht, Hauttyp, die Anwendung von Sonnencreme und Trainingsdauer hatten keinen nennenswerten Einfluss auf die 25(OH)D Spiegel.

Häufigkeit des Vit D Mangels

Die Häufigkeit von ungenügenden 25(OH)D Spiegeln bei 51% der Sportler war vergleichbar zu anderen Studien mit Sportlern (56%) und etwas tiefer als in einer Normalbevöl-

kerung (64–70%) [16,21,22]. Diese Unterschiede verwundern kaum, sind doch Unterschiede von 25(OH)D Spiegeln durch multiple Einflussgrössen wie Alter, Lebensort (Breitengrad) und Jahreszeiten mit unterschiedlicher Sonnenexposition, Hauttyp, Sonnenschutz (Kleider und Sonnenschutz), Ernährung und Supplementierung beeinflusst [2,16,23]. Unabhängig dieser individuellen und Umgebungsfaktoren, kann auch die Analysemethode des Labors zu einer grossen Variabilität von 25(OH)D Spiegeln beitragen; je nach Methodik wurden in gleichen Blutprobensammlungen Prävalenzen von 25(OH)D Mangel von 8 bis 42% gefunden [24].

Jahreszeiten

Übereinstimmend mit anderen Studien war die Jahreszeit der stärkste Prädiktor für die 25(OH)D Konzentration bei unseren Sportlern; während den sonnenarmen Monaten von Herbst bis und mit Frühling zeigten 50–70% der Sportler ungenügende Werte, während dies im Sommer nur bei 17%

der Fall war. Dieses Resultat ist plausibel, da von Oktober bis Ostern der Sonneneinstrahlungswinkel in der Schweiz kleiner als 45 Grad und somit zu tief ist, eine relevante Vit D Produktion in der Haut zu induzieren. Ausserdem führen die tieferen Temperaturen während diesen sonnenarmen Monaten dazu, dass die Athleten die Haut mit Kleidern schützen, was die natürliche Produktion von Vit D weiter verhindert.

Alter und Geschlecht

Nicht erwartungsgemäss zeigten ältere Sportler höhere 25(OH)D Konzentrationen [25]. Im Alter wird die 25(OH)D Produktion nämlich ineffizienter aufgrund eines tieferen 7-Dehydrocholesterol Bestands in der Epidermis der Haut, welcher zur Vit D Produktion notwendig ist [26]. Es ist möglich, dass das zunehmende Bewusstsein des kanzerogenen Effekts von UV Strahlen zur absoluten Vermeidung von Sonnenexposition unter strikter Anwendung von Sonnencremen geführt hat [27]. Nicht ausgeschlossen werden kann, dass diese Haltung vor allem bei jüngeren Athleten zu finden war, die noch unter einer gewissen Kontrolle ihrer gesundheitsbewussten Eltern standen.

Der Einfluss des Geschlechts auf 25(OH)D Spiegel ist kontrovers mit Studien, die mehr Defizite beim weiblichen und andere beim männlichen Geschlecht fanden [22,25,28,29]. In unserer Studie verschwanden Geschlechtsunterschiede nach Adjustierung für andere Variablen, sodass von keinen nennenswerten Geschlechtsunterschieden ausgegangen werden kann.

BMI, Hauttyp und Sonnencreme

Mehrere Studien fanden eine inverse Beziehung zwischen BMI und Vit D Konzentrationen [30], da Körperfett als Speicher für 25(OH)D dient und seine Freigabe vermindert [31]. Wir fanden entgegengesetzte Resultate mit einer positiven Assoziation zwischen BMI (z-Scores) und 25(OH) Spiegeln. Bei Sportlern ist ein hoher BMI normalerweise kein Ausdruck von vermehrtem Körperfett, sondern eher von einer erhöhten Muskelmasse, die mit höheren 25(OH)D Spiegeln vergesellschaftet ist. Möglich ist auch, dass die Athleten mit tiefem BMI nutritiv weniger Vit D zuführten. Ein restriktives Essverhalten bis hin zu einer Essstörung ist nicht selten bei vielen Sportarten. Dies betrifft vor allem Sportarten bei denen sich ein tiefer BMI leistungsmässig vorteilhaft auswirkt, wie in ästhetischen Sportarten oder im Ausdauerbereich [32]. Ob in der Beeinflussung der Vit D Spiegel die Ernährung überhaupt eine Rolle spielt, ist nach wie vor kontrovers. In einer grossen Kohorte konnte zum Beispiel nachgewiesen werden, dass weniger als 2% der Studienpopulation die täglich empfohlene Vit D Dosis (RDA) einnahm [33], was die Relevanz des nutritiv zugeführten Vit D generell infrage stellt [33].

Ein dunkler Hauttyp mit mehr Melanin und ein regelmässiger Gebrauch von Sonnencreme sind effiziente Barrieren für die Vit D Produktion über die Haut. Sie sind deshalb vergesellschaftet mit tieferen Spiegeln von zirkulierendem 25(OH)D [34]. Erstaunlicherweise waren beide Faktoren statistisch nicht prädiktiv für tiefe 25(OH)D Spiegel in unserer Population [4,34–36]. Nicht ausgeschlossen sind Fehleinschätzungen des Hauttyps und eine reduzierte Erinnerungsfähigkeit was Sonnencremegebrauch angeht [37].

Vit D Supplementierung

In gewissen Studien wird eine VitD Supplementierung als stärkster Prädiktor für wünschenswerte 25(OH)D Spiegel beschrieben [23]. Bei unseren Sportlern war die Supplementierung mit lediglich einer 5 nmol/L höheren 25(OH)D Konzentrationen vergesellschaftet gegenüber der nicht substituierten Gruppe. Möglich ist, dass die Supplementierung über Multivitaminpräparate, die üblicherweise 400 IU enthalten, ungenügend ist. Spezifische Vit D Supplemente enthalten mindestens 600 IE oder mehr [4,6,8]. Es wird erwartet, dass die tägliche Supplementierung von 400 IE zu einer Spiegelerhöhung von 6–10 nmol/L führt, was unseren Resultaten entspricht [38]. Ausserdem ist zu erwarten, dass auch eine ungenügende bewusste oder unbewusste Compliance mit eine Rolle gespielt hat [39].

Indoor Sport und Trainingsstunden

Plausiblerweise finden sich ungenügende Vit D Spiegel häufiger bei «indoor» als bei «outdoor» Sportarten [16] in Übereinstimmung mit den saisonalen Schwankungen [4,16,40]. Konsequenterweise hätten wir erwartet, dass auch die Anzahl Trainingsstunden mit den Vit D Spiegeln positiv korreliert wären, was aber nicht der Fall war. Die Anzahl Trainingsstunden scheint kein guter Proxyparameter zu sein für die Sonnenexposition, da dieser von der Tageszeit, dem Ort des Trainings sowie der Art der getragenen Kleider abhängt.

Empfehlungen

Aufgrund guter Übersichtsarbeiten für Sportler, welche den Zusammenhang von 25(OH)D Spiegeln und muskulärer Leistungsfähigkeit und Regeneration [12] sowie immunologische Vorteile, wie beispielsweise ein präventiver Effekt beleuchten, wird ein Zielspiegel von mindestens 75 nmol/L 25(OH)D empfohlen. Dieser Spiegel ist auch unterstützend in der Aufrechterhaltung einer optimalen Knochengesundheit und unterstützt das Erreichen einer maximalen Knochenmasse am Ende des Wachstums [1,2,4,7,9].

Da 1 von 2 Athleten ungenügende Vit D Spiegel aufwies, empfiehlt die SGSM den Athleten, Vit D zu substituieren mit Ausnahme während den Sommermonaten. Die Einnahme von 600 bis 1000 IE täglich wird von den meisten Spezialisten (Endocrine Society, Institute of Medicine) [4,6,8] empfohlen. Es ist jedoch möglich, dass höhere Dosen benötigt werden (bis 2000 IE), um einen konstanten Spiegel von >75 nmol 25(OH)D zu erreichen [4,6,8,41]. Nachfolgend aufgelistet sind Arten der Substitution, welche in täglichen, wöchentlichen oder monatlichen Abständen eingenommen werden können (42). Es existiert ein 10 ml Flacon (Vit D3 Wild ölige Lösung) mit einer Konzentration von 500 IE/Tropfen bzw 20 000 IE/ml. Ein Fläschchen reicht bei einer Dosierung von 600 IE 11 Monate, bei einer Dosierung von 1000 IE knapp 7 Monate (200 000 IE/10 ml Flasche). 1 Flasche kostet etwa 20 CHF. Kalzium sollte nur supplementiert werden, wenn klar zu wenig über die Nahrung zugeführt wird, was meist nur bei milchproduktloser oder -armer Ernährung der Fall ist. Längere Substitutionsintervalle, zum Beispiel in wöchentlichen oder monatlichen Abständen können die Compliance erhöhen. Längere Intervalle alle paar Monate sind nicht empfehlenswert, da hohe Einmaldosen von 100 000 zu einem

erhöhten Knochenabbau führen können. Idealerweise sollte das fettlösliche Vitamin D zum Essen eingenommen werden.

Unter strikter Beachtung der Sicherheitsmassnahmen bei Sonnenexposition (kurze Sonnenexposition unter strikter Vermeidung von Sonnenbrand und Einstreichen einer Sonnencreme nach 15–20-minütiger Exposition) [43,44], kann eine Supplementierung eventuell über die Sommermonate sistiert werden. Für alle Athleten jedoch, die Sonnenbrand-gefährdet sind, die vorwiegend indoors oder eingepackt in Kleider und/oder Sportmaterialien trainieren [45], kann eine Supplementierung problemlos über das ganze Jahr hinweg durchgeführt werden. Bei diesen Dosen besteht kein Risiko einer toxischen Anreicherung von Vit D [46].

Abschliessende Überlegungen für Sportärzte

Unsere Sportler zeigen eine hohe Prävalenz von ungenügenden 25(OH)D Spiegel <75 nmol/L, speziell häufig bei jüngeren Athleten, bei tieferem Gewicht und bei «indoor» Sportarten, bei fehlender Vit D Supplementierung und während den Jahreszeiten mit einer flachen Sonneneinstrahlung von Herbst bis Frühling. Gewisse internationale Experten fordern einen minimalen Spiegel von 50 nmol/L. Damit hätten 14% unserer Sportler ein Defizit aufgewiesen. Die Evidenz ist, wie so oft, kontrovers. Wir sind der Meinung, dass wir unsere Athleten vor möglichen negativen Auswirkungen von zu tiefen Vit D Spiegel auf Muskelfunktion, Regeneration und Infektanfälligkeit mit einer täglichen, wöchentlichen oder monatlichen Substitution (Äquivalenzdosis entsprechend einer täglichen Einnahme von 600–1000 IE Vit D) optimal schützen – auch wenn diese Evidenz nicht in Stein gemeisselt ist. Es gibt keine Kontraindikationen für eine solche «nicht überwachte» Supplementierung von einer täglichen Äquivalenzdosis von 1000 IE. Multivitaminprodukte enthalten zu wenig Vit D (bis maximal 400 IE) und sollten deshalb ergänzt werden.

Wir erachten die Bestimmung von 25(OH)D im Blut als nicht notwendig, ausser es bestehen Symptome vereinbar mit defizitären Vit D Spiegel wie Müdigkeit, Infektanfälligkeit, verzögerte Regeneration, Stressfrakturen usw. In diesem Fall sollte beachtet werden, welche Bestimmungsmethode das jeweilige Labor benutzt. Goldstandard ist die vom Kantonsspital Aarau verwendete Isotop-Dilution und HPLC-Massenspektrometrie (ID-LC-APCI-MS/MS), welche Vitamin D2 und D3 (Vitamin D (Cholecalciferol / 25-Hydroxyvitamin D3) in nmol/L erfasst. Prävalenzen von Vit D Mangel können je nach Methode um ein 5-Faches variieren!

Notabene kostet eine einzelne Vit D Bestimmung im Labor 53 CHF, eine Substitution von Vit D über 9 Monate mit einer öligen Lösung 1x pro Monat zirka 30 CHF.

Die Sonne kann in den Sommerperioden von Ostern bis Oktober (O bis O) zur natürlichen Vit D Produktion genutzt werden, aber unter strikter Verhinderung von Sonnenbrand. 15–20 Minuten Sonnenbestrahlung zwischen 9 bis 15 Uhr reichen, um genügend Vit D zu produzieren über die Haut. Vit D wird über die Ernährung eingenommen, aber eine Vit D reiche Ernährung ist schwierig zu erreichen und scheint wenig zum Gesamtspiegel beizutragen.

Praktische Relevanz

- Wünschenswerte Vitamin D Spiegel entsprechend 75 nmol/L 25(OH)D oder mehr gewährleisten eine optimale Muskelfunktion, -leistung und -regeneration, Knochengesundheit und Immunfunktion bei Athleten
- 1 von 2 Kaderathleten der Schweiz weisen ungenügende 25(OH)D Spiegel auf
- Jüngerer Alter, ein tieferer BMI, das Ausüben von «Indoor» Sportarten, fehlende Vit D Substitution, und die sonnenarmen Jahreszeiten Herbst-Winter-Frühling sind Prädiktoren einer ungenügenden 25(OH)D Konzentration
- Eine regelmässige Vit D Supplementierung einmal pro Tag, Woche oder Monat mit einer täglichen Äquivalenzdosis von 600–1000 IU sollte, speziell während den sonnenarmen Monaten, angestrebt werden
- Eine Vit D Bestimmung im Blut ist nicht notwendig, ausser es bestehen Symptome

Acknowledgement

Die Autoren haben keinerlei Interessenskonflikte. Dank gilt der SGSM, Swiss Olympic und dem Labor des Kantonsspitals Aarau für die finanzielle Unterstützung der Studie. Ein spezieller Dank geht an alle teilnehmenden sportmedizinischen Institutionen und die Sportler selbst, da sie trotz vermehrtem Aufwand an der Studie teilgenommen haben.

Korrespondenzadresse

Susi Kriemler
Epidemiology, Biostatistic
and Prevention Institute
University of Zürich
Hirschengraben 84
8001 Zürich
Tel.: +41 44 634 63 20
E-Mail: susi.kriemlerwiget@uzh.ch



References

1. Bischoff-Ferrari HA, Giovannucci E, Willett WC, Dietrich T, Dawson-Hughes B. Estimation of optimal serum concentrations of 25-hydroxyvitamin D for multiple health outcomes. *The American journal of clinical nutrition*. 2006 Jul;84:18-28.
2. Holick MF. Vitamin D Deficiency. *N Engl J Med*. 2007;357:266-81.
3. Theodoratou E, Tzoulaki I, Zgaga L, Ioannidis JP. Vitamin D and multiple health outcomes: umbrella review of systematic reviews and meta-analyses of observational studies and randomised trials. *BMJ (Clinical research ed)*. 2014 Apr 01;348:g2035.
4. Holick MF, Binkley NC, Bischoff-Ferrari HA, Gordon CM, Hanley DA, Heaney RP, et al. Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: an Endocrine Society clinical practice guideline. *J Clin Endocrinol Metab*. 2011 Jul;96:1911-30.
5. Ogan D, Pritchett K. Vitamin D and the Athlete: Risks, Recommendations, and Benefits. *Nutrients*. 2013 05/28 04/02/received 05/07/revised 05/08/accepted;5:1856-68.

6. Ross AC, Manson JE, Abrams SA, Aloia JF, Brannon PM, Clinton SK, et al. The 2011 Report on Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D from the Institute of Medicine: What Clinicians Need to Know. *J Clin Endocrinol Metab*. 2011 11/30 11/16/received 11/16/accepted:96:53-8.
7. Dawson-Hughes B, Heaney RP, Holick MF, Lips P, Meunier PJ, Vieth R. Estimates of optimal vitamin D status. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*. 2005 Jul;16:713-6.
8. Dawson-Hughes B, Mithal A, Bonjour JP, Boonen S, Burckhardt P, Fuleihan GE, et al. IOF position statement: vitamin D recommendations for older adults. *Osteoporosis international : a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*. 2010 Jul;21:1151-4.
9. Heaney RP. Health is better at serum 25(OH)D above 30ng/mL. *The Journal of steroid biochemistry and molecular biology*. 2013 Jul;136:224-8.
10. He CS, Aw Yong XH, Walsh NP, Gleeson M. Is there an optimal vitamin D status for immunity in athletes and military personnel? *Exercise immunology review*. 2016;22:42-64.
11. Cannell JJ, Hollis BW, Sorenson MB, Taft TN, Anderson JJ. Athletic performance and vitamin D. *Med Sci Sports Exerc*. 2009 May;41:1102-10.
12. Owens DJ, Sharples AP, Polydorou I, Alwan N, Donovan T, Tang J, et al. A systems-based investigation into vitamin D and skeletal muscle repair, regeneration, and hypertrophy. *American journal of physiology Endocrinology and metabolism*. 2015 Dec 15;309:E1019-31.
13. Tomlinson PB, Joseph C, Angioi M. Effects of vitamin D supplementation on upper and lower body muscle strength levels in healthy individuals. A systematic review with meta-analysis. *Journal of science and medicine in sport*. 2015 Sep;18:575-80.
14. Goolsby MA, Boniquit N. Bone Health in Athletes. *Sports Health*. 2016 2017/03/01;9:108-17.
15. Shuler FD, Wingate MK, Moore GH, Giangarra C. Sports Health Benefits of Vitamin D. *Sports Health*. 2012;4:496-501.
16. Farrokhyar F, Tabasinejad R, Dao D, Peterson D, Ayeni OR, Hadioonazadeh R, et al. Prevalence of vitamin D inadequacy in athletes: a systematic-review and meta-analysis. *Sports medicine (Auckland, NZ)*. 2015 Mar;45:365-78.
17. Bakken A, Targett S, Bere T, Adamuz MC, Tol JL, Whiteley R, et al. Health conditions detected in a comprehensive periodic health evaluation of 558 professional football players. *Br J Sports Med*. 2016 Sep;50:1142-50.
18. Quadri A, Gojanovic B, P N, C F, C S, Huber A, et al. Seasonal variation of vitamin D levels in Swiss athletes. *Swiss Sports Exerc Med*. 2016;64:19-25.
19. Armstrong N, Welsman JR, Williams CA, Kirby BJ. Longitudinal changes in young people's short-term power output. 2000 2000/06//;32:1140-5.
20. Moons KG, Donders RA, Stijnen T, Harrell FE, Jr. Using the outcome for imputation of missing predictor values was preferred. *Journal of clinical epidemiology*. 2006 Oct;59:1092-101.
21. Burnand B, Sloutskis D, Gianoli F, Cornuz J, Rickenbach M, Paccaud F, et al. Serum 25-hydroxyvitamin D: distribution and determinants in the Swiss population. *The American journal of clinical nutrition*. 1992 Sep;56:537-42.
22. Mitchell DM, Henao MP, Finkelstein JS, Burnett-Bowie S-AM. PREVALENCE AND PREDICTORS OF VITAMIN D DEFICIENCY IN HEALTHY ADULTS. *Endocr Pract*. 2012 Nov-Dec;18:914-23.
23. Levy MA, McKinnon T, Barker T, Dern A, Helland T, Robertson J, et al. Predictors of vitamin D status in subjects that consume a vitamin D supplement. *European journal of clinical nutrition*. 2015 01// print:69:84-9.
24. Snellman G, Melhus H, Gedeberg R, Byberg L, Berglund L, Wernroth L, et al. Determining vitamin D status: a comparison between commercially available assays. *PLoS One*. 2010 Jul 13;5:e11555.
25. Kumar J, Muntner P, Kaskel FJ, Hailpern SM, Melamed ML. Prevalence and associations of 25-hydroxyvitamin D deficiency in US children: NHANES 2001-2004. *Pediatrics*. 2009 Sep;124:e362-70.
26. MacLaughlin J, Holick MF. Aging decreases the capacity of human skin to produce vitamin D3. *The Journal of clinical investigation*. 1985 Oct;76:1536-8.
27. Narayanan DL, Saladi RN, Fox JL. Ultraviolet radiation and skin cancer. *International journal of dermatology*. 2010 Sep;49:978-86.
28. Moore C, Murphy MM, Keast DR, Holick MF. Vitamin D intake in the United States. *Journal of the American Dietetic Association*. 2004 Jun;104:980-3.
29. Weng FL, Shults J, Leonard MB, Stallings VA, Zemel BS. Risk factors for low serum 25-hydroxyvitamin D concentrations in otherwise healthy children and adolescents. *The American journal of clinical nutrition*. 2007 Jul;86:150-8.
30. Skaaby T, Husemoen LL, Thuesen BH, Pisinger C, Hannemann A, Jorgensen T, et al. Longitudinal associations between lifestyle and vitamin D: A general population study with repeated vitamin D measurements. *Endocrine*. 2016 Feb;51:342-50.
31. Rosenstreich SJ, Rich C, Volwiler W. Deposition in and release of vitamin D(3) from body fat: evidence for a storage site in the rat. *Journal of Clinical Investigation*. 1971;50:679-87.
32. Sundgot-Borgen J, Torstveit MK. Prevalence of eating disorders in elite athletes is higher than in the general population. *Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*. 2004 Jan;14:25-32.
33. Hill KM, Jonnalagadda SS, Albertson AM, Joshi NA, Weaver CM. Top food sources contributing to vitamin D intake and the association of ready-to-eat cereal and breakfast consumption habits to vitamin D intake in Canadians and United States Americans. *J Food Sci*. 2012 Aug;77:H170-5.
34. Clemens TL, Adams JS, Henderson SL, Holick MF. Increased skin pigment reduces the capacity of skin to synthesise vitamin D3. *Lancet*. 1982 Jan 9;1:74-6.
35. Matsuoka LY, Ide L, Wortsman J, MacLaughlin JA, Holick MF. Sunscreens suppress cutaneous vitamin D3 synthesis. *J Clin Endocrinol Metab*. 1987 Jun;64:1165-8.
36. Chen TC, Chimeh F, Lu Z, Mathieu J, Person KS, Zhang A, et al. Factors that influence the cutaneous synthesis and dietary sources of vitamin D. *Archives of biochemistry and biophysics*. 2007 Apr 15;460:213-7.
37. Glanz K, McCarty F, Nehl EJ, O'Riordan DL, Gies P, Bundy L, et al. Validity of self-reported sunscreen use by parents, children, and lifeguards. *American journal of preventive medicine*. 2009 Jan;36:63-9.
38. Heaney RP. The Vitamin D requirement in health and disease. *The Journal of steroid biochemistry and molecular biology*. 2005 Oct;97:13-9.
39. Wroe AL. Intentional and unintentional nonadherence: a study of decision making. *Journal of behavioral medicine*. 2002 Aug;25:355-72.
40. Owens DJ, Fraser WD, Close GL. Vitamin D and the athlete: emerging insights. *European journal of sport science*. 2015;15:73-84.
41. Vieth R, Kimball S, Hu A, Walfish PG. Randomized comparison of the effects of the vitamin D3adequate intake versus 100 mcg (4000 IU) per day on biochemical responses and the wellbeing of patients. *Nutrition Journal*. 2004 2004/07/19;3:8.
42. Bischoff-Ferrari HA, Rosemann T, Grob D, Theiler R, Simmen H-P, Meyer O. . Vitamin-D-Supplementation in der Praxis. *Swiss Med Forum*. 2014;14:949-63.
43. Webb AR, Kift R, Berry JL, Rhodes LE. The vitamin D debate: translating controlled experiments into reality for human sun exposure times. *Photochemistry and photobiology*. 2011 May-Jun;87:741-5.
44. Webb AR. Who, what, where and when-influences on cutaneous vitamin D synthesis. *Progress in biophysics and molecular biology*. 2006 Sep;92:17-25.
45. Hamilton B, Grantham J, Racinais S, Chalabi H. Vitamin D deficiency is endemic in Middle Eastern sportsmen. *Public Health Nutr*. 2010 Oct;13:1528-34.
46. Heaney RP. Vitamin D: criteria for safety and efficacy. *Nutrition reviews*. 2008 Oct;66:S178-81.