

lek. Jarosław Krzywański
Centralny Ośrodek Medycyny Sportowej, Warszawa

ZAOPATRZENIE W WITAMINĘ D ELITY POLSKICH SPORTOWCÓW W ZALEŻNOŚCI OD EKSPOZYCJI NA SŁOŃCE I STOSOWANEJ SUPLEMENTACJI

Rozprawa na stopień doktora nauk medycznych
Warszawski Uniwersytet Medyczny

Promotor:

Prof. dr hab. med. Andrzej Ziemba

Promotor pomocniczy:

Dr n. med. Tomasz Mikulski

z Zakładu Fizjologii Stosowanej Instytutu Medycyny Doświadczalnej i Klinicznej
im. M. Mossakowskiego PAN w Warszawie

Warszawa 2017

STRESZCZENIE

Termin witamina D jest generyczną nazwą rozpuszczalnych w tłuszczach związków o budowie steroidowej i „antykrzywicznych” właściwościach. Nazwa ta jest najczęściej stosowana w stosunku do 2 związków: cholekalcyferolu (witamina D₃, kalcyol), syntetyzowanego w skórze człowieka i zwierząt lub pozyskiwanego ze źródeł pokarmowych (głównie ryby), oraz ergokalcyferolu (witamina D₂), syntetyzowanego przez rośliny i grzyby. Endogenna synteza witaminy D₃ u człowieka jest reakcją wieloetapową, rozpoczynającą się w skórze. Pod wpływem działania promieni UVB 7-dehydrocholesterol (prowitamina D₃) ulega konwersji do prewitaminy D₃, która spontanicznie izomeryzuje do witaminy D₃ i w tej postaci jest uwalniana do krwi, gdzie łączy się z białkiem transportującym VDBP (*vitamin D binding protein*). W wątrobie cholekalcyferol ulega hydroksylacji do 25-hydroksycholekalcyferolu (kalcydiol – 25(OH)D). Ostatni etap przemian zachodzi w nerkach, gdzie w kanalikach proksymalnych nefronu zachodzi hydroksylacja 25-hydroksycholekalcyferolu, w wyniku czego powstaje 1 α ,25-dihydroksycholekalcyferol [1 α ,25(OH)₂D, kalcytriol], który jest aktywną postacią witaminy D. Główną funkcją witaminy D jest utrzymanie homeostazy wapniowo-fosforanowej. Wraz z parathormonem oraz kalcytoniną działa na narządy docelowe: jelita, nerki, kości i przytarczyce. W przewodzie pokarmowym nasila wchłanianie wapnia, natomiast w nerkach wraz z parathormonem zwiększa reabsorpcję wapnia, a w tkance kostnej zapewnia właściwą proporcję między kościotworzeniem a resorpcją.

Głównym źródłem zaopatrzenia w witaminę D jest jej endogenna synteza skórna, która dostarcza około 90% krążącego we krwi 25(OH)D. Jej efektywność zależy od dostępności promieniowania UV, którą warunkują takie czynniki, jak: szerokość geograficzna, pora roku, pora dnia, wysokość nad poziomem morza, zanieczyszczenie powietrza, albedo, kolor skóry, powierzchnia skóry ekspozycja na słońce, masa ciała, wiek, płeć, indywidualne zwyczaje ekspozycji na słońce, ubiór oraz stosowanie filtrów UV. Czynniki zwiększające jej dostępność drogą pokarmową to dieta bogata w witaminę D oraz stosowanie suplementacji.

Stężenie 25(OH)D jest powszechnie stosowanym wskaźnikiem służącym do oceny zaopatrzenia organizmu w witaminę D, ponieważ odzwierciedla zarówno skórny produkcję witaminy D, jak i dostarczaną z pokarmem i suplementami jako witamina D₂ i D₃. W piśmiennictwie światowym nie ma jednolitej definicji wskazującej stężenie 25(OH)D określające niedobór witaminy D. Wytyczne dotyczące Europy Środkowej określają deficyt jako stężenie 25(OH)D <20 ng/ml (<50 nmol/l), suboptymalne zaopatrzenie jako stężenie 25(OH)D wynoszące 20–30 ng/ml (50–75 nmol/l), a stężenie 30–50 ng/ml (75–125 nmol/l) uznaje się za docelowe dla zapewnienia efektu plejotropowego witaminy D.

W ostatnich latach obserwuje się znaczny wzrost zainteresowania witaminą D ze względu na odkrycie obecności receptora VDR w większości tkanek organizmu człowieka. Jej plejotropowe działanie związane jest z wpływem na proliferację i różnicowanie komórek układu

immunologicznego, angiogenezę, funkcję śródbłonna, produkcję insuliny, reniny oraz katelicydiny. Badania obserwacyjne i metaanalizy sugerują związek niedoboru witaminy D z występowaniem chorób układu krążenia, metabolicznych, infekcyjnych, autoimmunologicznych, nowotworów, zaburzeń poznawczych, depresji oraz ze śmiertelnością ogólną, co powoduje, że staje się on znaczącym problemem zdrowotnym.

Klasyczne działanie witaminy D skoncentrowane na homeostazie wapniowej oraz szerokie działanie plejotropowe spowodowały, że stała się ona również przedmiotem zainteresowania medycyny sportowej. Główne kierunki badań koncentrują się na obszarach związanych z funkcją układu immunologicznego u sportowców i potencjalnym działaniu ochronnym na częstość i przebieg zakażeń dróg oddechowych, działaniu protekcyjnym na układ mięśniowo-szkieletowy w kontekście prewencji urazów sportowych i regeneracji mięśni oraz potencjalnym wpływem na zdolność wysiłkową.

Stosując aktualnie obowiązujące kryteria oceny niedoboru, przyjmuje się, że ponad miliard ludzi na świecie ma niewystarczające zaopatrzenie organizmu w witaminę D (70% Amerykanów i 86% Europejczyków). Największy systematyczny przegląd badań na świecie (195 badań), obejmujący 44 kraje i ponad 168 000 badanych, pokazał, że 88% populacji światowej spełnia kryteria niedoboru witaminy D. W literaturze światowej brakuje wystarczającej liczby publikacji dotyczących zaopatrzenia w witaminę D populacji sportowców. Większość badań została przeprowadzona w małych grupach i tylko w wybranych porach roku. Brakuje prac oceniających gospodarkę witaminy D w skali całego roku oraz wyraźnie rozróżniających dyscypliny sportowe uprawiane na powietrzu (*outdoor sports*) od uprawianych w halach (*indoor sports*). W Polsce jak do tej pory opublikowano tylko jedno badanie, przeprowadzone u 24 piłkarzy wiosną i latem. Jedyne systematyczne przeglądy piśmiennictwa z metaanalizą z lat 2008–2014, uwzględniający 23 badania (2313 osób), pokazał, że 56% sportowców ma nieprawidłowe zaopatrzenie w witaminę D ($25(\text{OH})\text{D} < 32 \text{ ng/ml}$), które jest istotnie gorsze zimą oraz u sportowców trenujących i startujących w pomieszczeniach zamkniętych (dyscypliny halowe, *ang. indoor sports*).

Cel pracy

Celem niniejszej pracy była ocena zaopatrzenia w witaminę D elity polskich sportowców w zależności od: wieku, płci, masy ciała, pory roku oraz uprawianej dyscypliny sportowej (*outdoor vs indoor sports*). Zbadano również wpływ zastosowanych interwencji w postaci zwiększonej ekspozycji na słońce zimą oraz suplementacji na status witaminy D oraz porównano skuteczność obu metod.

Material i metody

Badania przeprowadzono w Centralnym Ośrodku Medycyny Sportowej w Warszawie podczas rutynowych badań okresowych sportowców, składających się z kompleksowej oceny lekarskiej oraz badań krwi, w skład których wchodziły między innymi oznaczenia stężenia $25(\text{OH})\text{D}$.

Badaniami objęto grupę 409 sportowców wyczynowych będących członkami kadr narodowych (228 mężczyzn, 181 kobiet), reprezentujących dyscypliny uprawiane na powietrzu (*outdoor sports*): lekkoatletyka, oraz w halach (*indoor sports*): podnoszenie ciężarów, piłka ręczna i piłka siatkowa. Wszyscy badani należeli do rasy kaukaskiej z typem skóry II–III w skali Fitzpatricka. W trakcie kolejnych 5 lat (2010–2014) w różnych porach roku pobrano do analizy 1271 próbek krwi.

Badani sportowcy zostali podzieleni na następujące podgrupy:

OUTD (*outdoor sports*) – sportowcy trenujący w Polsce (49–54°N) głównie na powietrzu, reprezentowani przez lekkoatletów.

IND (*indoor sports*) – sportowcy trenujący głównie w halach, reprezentowani przez ciężarowców, piłkarzy ręcznych i siatkarzy.

SUN – lekkoatleci, którzy podczas polskiej zimy (styczeń–marzec) trenowali w RPA (27°S) oraz w kwietniu na Teneryfie (28°N); próbki ich krwi były pobierane 1–4 tygodnie po powrocie ze zgrupowania.

SUN1 – podgrupa lekkoatletów, którzy podczas polskiej zimy (styczeń–marzec) trenowali w RPA (27°S) oraz w kwietniu na Teneryfie (28°N); próbki ich krwi były pobierane 1–6 tygodni przed wyjazdem i 1–4 tygodnie po powrocie z 3–4-tygodniowego zgrupowania treningowego. Wyniki badań tej grupy zostały poddane oddzielnej analizie statystycznej przy użyciu testów sparowanych.

SUN2 – podgrupa lekkoatletów, którzy mieli oznaczone stężenie 25(OH)D po powrocie z obozu treningowego w RPA i na Teneryfie zimą oraz w okresie lata w Polsce. Wyniki tej grupy posłużyły do porównania efektywności promieniowania UVB na syntezę skórną witaminy D na różnych szerokościach geograficznych i zostały poddane oddzielnej analizie statystycznej przy użyciu testów sparowanych.

SUPL – grupa lekkoatletów trenujących w Polsce, u których stwierdzono niedobór lub deficyt witaminy D i zakwalifikowano do programu suplementacji. W zależności od głębokości deficytu stosowano terapię spersonalizowaną 4000–8000 IU cholekalcyferolu (witaminy D₃) dziennie, natomiast w przypadku niedoboru stosowano u wszystkich dawkę 2000 IU dziennie. Efektywność suplementacji oceniano po 8–12 tygodniach.

W pracy przyjęto następujące kryteria oceny zaopatrzenia organizmu w witaminę D na podstawie stężenia 25(OH)D w surowicy: 0–20 ng/ml (0–50 nmol/l) – deficyt; >20–30 ng/ml (>50–75 nmol/l) – niedobór; >30–50 ng/ml (>75–125 nmol/l) – stężenie optymalne.

Wyniki

Nie zaobserwowano istotnych statystycznie różnic w stężeniu 25(OH)D pomiędzy grupą kobiet a mężczyzn w obu badanych grupach łącznie oraz w grupie OUTD. Istotnie wyższe stężenie 25(OH)D stwierdzono u kobiet niż mężczyzn w grupie IND. Nie zaobserwowano zależności pomiędzy stężeniem 25(OH)D a wiekiem i BMI badanych.

Zaopatrzenie w witaminę D wykazywało zmienność sezonową z najniższymi wartościami zimą a najwyższymi latem w obu badanych grupach. W okresie pomiędzy majem a czerwcem nastąpiło istotne zwiększenie średniego stężenia 25(OH)D, osiągając zalecaną wartość 30 ng/ml ($p < 0,001$), natomiast pomiędzy sierpniem a wrześniem nastąpiło istotne zmniejszenie ($p < 0,001$). Najniższe średnie stężenie ($22 \pm 1,0$ ng/ml) zaobserwowano w lutym, najwyższe zaś ($40 \pm 2,3$ ng/ml) w sierpniu. Od września do maja (9 miesięcy) średnie stężenie 25(OH)D we krwi miało wartość < 30 ng/ml. Tylko latem w grupie OUTD średnie stężenie 25(OH)D przekraczało zalecaną wartość 30 ng/ml, natomiast w grupie IND wartość ta nie została osiągnięta przez cały rok. Zaobserwowano istotnie mniejsze stężenie 25(OH)D w grupie IND niż w grupie OUTD latem, jesienią i zimą.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że w skali całego roku 67% elity polskich sportowców ma nieprawidłowe zaopatrzenie w witaminę D (61% lekkoatletów i 80% trenujących w halach). Analiza sezonowa wykazała, że w zimie problem ten dotyka 80% lekkoatletów (21% deficyt, 59% niedobór) i 84% (42% deficyt, 42% niedobór) uprawiających sporty halowe, natomiast latem odpowiednio 32% (3% deficyt, 29% niedobór) i 57% (6% deficyt, 51% niedobór).

U sportowców poddanych zwiększonej ekspozycji na słońce poprzez wyjazdy na zgrupowania treningowe do RPA i na Teneryfę zimą (SUN) wykazano istotnie większe stężenie 25(OH)D we krwi niż u badanych trenujących w tym samym czasie w Polsce (46 ± 1 ng/ml vs 25 ± 1 ng/ml, $p < 0,001$). Stwierdzono prawie dwukrotne zwiększenie stężenia 25(OH)D z 25 ± 1 ng/ml do 46 ± 2 ng/ml ($p < 0,001$) po wyjeździe na zgrupowanie treningowe zimą w regiony o wyższym nasłonecznieniu (RPA, Teneryfa) (SUN1). Porównanie efektywności promieniowania UV w zakresie skórnej syntezy witaminy D zimą w krajach położonych na niższych szerokościach geograficznych i latem w Polsce wykazało silniejsze działanie promieniowania UV w RPA i na Teneryfie (44 ± 3 ng/ml vs 38 ± 2 ng/ml, $p < 0,01$). Zastosowanie suplementacji witaminą D u sportowców deficytowych i niedoborowych spowodowało istotne zwiększenie stężenia 25(OH)D z 25 ± 1 ng/ml do 37 ± 1 ng/ml ($p < 0,001$). Zarówno zwiększona ekspozycja na słońce zimą, jak i suplementacja okazały się skutecznymi metodami poprawy zaopatrzenia organizmu w witaminę D do wartości uznawanych za docelowe. Porównanie obu zastosowanych interwencji wykazało silniejsze działanie zimowej ekspozycji na promieniowanie, która zwiększała stężenie 25(OH)D o 21 ± 3 ng/ml, podczas gdy suplementacja o 11 ± 1 ng/ml ($p < 0,001$).

Dyskusja

Niniejsza praca stanowi unikatową ocenę miesięcznych i sezonowych zmian stężenia 25(OH)D w ciągu 4 lat obserwacji, przeprowadzoną wśród elity polskich sportowców reprezentujących zarówno sporty uprawiane na powietrzu, jak i halowe. Do tej pory w literaturze światowej brakuje takich danych.

Zjawisko sezonowych zmian stężenia 25(OH)D w krajach leżących powyżej 40° szerokości geograficznej jest szeroko opisywane w piśmiennictwie, wskazując, że jest ono 1,5 razy większe latem niż zimą. Uzyskane w niniejszym badaniu wyniki są zgodne z obserwacjami innych autorów i jednoznacznie wskazują, że największe znaczenie w powstawaniu sezonowych zmian stężenia 25(OH)D, a tym samym nieprawidłowego statusu witaminy D zimą, wiosną i jesienią, ma szerokość geograficzna Polski, która warunkuje występowanie pór roku i związanych z nimi różnic w dostępności promieniowania UVB potrzebnego do syntezy skórnej witaminy D. Można zaobserwować dwumiesięczny okres latencji pomiędzy dostępnością promieniowania UVB niezbędnego do syntezy skórnej witaminy D a osiągnięciem stężenia 25(OH)D uznawanego za docelowe, który jest spowodowany indywidualnymi zwyczajami ekspozycji na słońce oraz temperaturą uniemożliwiającą noszenie lekkiej odzieży.

Nieprawidłowe zaopatrzenie w witaminę D zimą w populacji polskich sportowców, zarówno trenujących na powietrzu, jak i w halach, jest zjawiskiem powszechnym, lecz jego skala jest mniejsza niż w populacji ogólnej, natomiast większa niż w populacji sportowców na świecie. W lecie w grupie lekkoatletów skala tego zjawiska jest mniejsza niż w populacji ogólnej, ale większa niż w populacji sportowców na świecie. W grupie sportowców trenujących w halach w lecie jest na poziomie zbliżonym do populacji ogólnej, a większa niż w populacji sportowców na świecie.

Osiągnięcie i utrzymanie prawidłowego zaopatrzenia organizmu w witaminę D w Polsce jest możliwe tylko w miesiącach letnich pod warunkiem spędzania odpowiedniej ilości czasu na powietrzu z właściwą ekspozycją na słońce. Zapewnienie prawidłowego statusu tej witaminy zimą, wiosną i jesienią u większości sportowców wymaga zastosowania interwencji w postaci zwiększonej ekspozycji na słońce lub suplementacji. Zimowa ekspozycja na słońce w krajach leżących na niższych szerokościach geograficznych niż Polska powoduje niemal dwukrotne zwiększenie stężenia 25(OH)D i jest silniejszym bodźcem dla skórnej biosyntezy witaminy D niż słońce latem w Polsce, co jest spowodowane większym natężeniem promieniowania UV w krajach leżących bliżej równika.

Suplementacja witaminą D zgodnie z zaleceniami dla Europy Środkowej jest również skutecznym sposobem osiągnięcia stężenia 25(OH)D uznawanego za docelowe, jednak działa słabiej niż ekspozycja na słońce w krajach o wysokim nasłonecznieniu.

Mając na uwadze korzyści zdrowotne związane z utrzymaniem prawidłowego statusu witaminy D, potencjalny wpływ na zdolności wysiłkowe i regenerację organizmu oraz stosunkowo niskie koszty, ocena zaopatrzenia organizmu w witaminę D powinna być wykonywana rutynowo w ciągu całego roku w ramach monitoringu medycznego.

Osoby oraz instytucje odpowiedzialne za stan zdrowia sportowców wyczynowych powinny zadbać o przygotowanie zaleceń, które zapewnią tej grupie prawidłowy status witaminy D. Rekomendacje powinny uwzględniać podjęcie działań mających na celu zapewnienie odpowiedniej ilości tej witaminy w pożywieniu z naturalnych źródeł pokarmowych, fortyfikację żywności, suplementację oraz racjonalne korzystanie z promieniowania słonecznego.

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

1. Stężenie 25(OH)D w surowicy krwi elity polskich sportowców będące markerem zaopatrzenia organizmu w witaminę D wykazuje zmienność sezonową z najwyższymi wartościami latem, a najniższymi zimą.

2. Występuje dwumiesięczny okres latencji (kwiecień–maj) pomiędzy dostępnością promieniowania UVB a osiągnięciem stężenia 25(OH)D uznawanego za docelowe.

3. Nieprawidłowy status witaminy D wśród sportowców trenujących na powietrzu w Polsce występuje przez 9 miesięcy w roku: od września do maja.

4. Sportowcy uprawiający dyscypliny halowe wymagają szczególnego nadzoru, ponieważ przez cały rok większa część ich populacji ma nieprawidłowy status witaminy D.

5. Zimowe wyjazdy na zgrupowania treningowe do krajów leżących na niższych szerokościach geograficznych niż Polska (RPA, Teneryfa) pozwalają uzyskać stężenie 25(OH)D w surowicy krwi uznawane za docelowe.

6. Zastosowanie suplementacji w dawkach zgodnych z zaleceniami ekspertów dla Europy Środkowej pozwala uzyskać stężenie 25(OH)D w surowicy krwi uznawane za docelowe.

7. Interwencja w postaci zimowego wyjazdu do krajów leżących na niższych szerokościach geograficznych niż Polska jest skuteczniejszą metodą zwiększenia stężenia 25(OH)D w surowicy krwi niż suplementacja doustna.

8. Ekspozycja na promieniowanie słoneczne w okresie zimowo-wiosennym w krajach leżących na niższych szerokościach geograficznych jest silniejszym bodźcem do skórnej syntezy witaminy D niż ekspozycja na słońce w lecie w Polsce.

9. Oznaczanie stężenia 25(OH)D w surowicy krwi powinno być rutynowo wykonywanym badaniem w ramach monitoringu medycznego sportowców wyczynowych przez cały rok.

10. Osoby oraz instytucje zajmujące się ochroną zdrowia sportowców wyczynowych powinny przygotować rekomendacje, które spowodują podjęcie działań mających na celu zapewnienie tej grupie prawidłowego statusu witaminy D. Powinny one uwzględniać naturalne źródła pokarmowe, fortyfikację żywności, suplementację oraz racjonalne korzystanie z promieniowania słonecznego.

ABSTRACT

”Vitamin D” is the term denoting a generic name of the fat soluble steroids with antirachitic properties. The name is used mostly for two substances: cholecalciferol (vitamin D₃, calcyol) – synthesized in human and animal skin or consumed with food (mainly fish) and ergocalciferol (vitamin D₂) – synthesized by plants and fungi. Endogenous synthesis of vitamin D₃ in humans is a multistage reaction, beginning in the skin. Under the influence of ultraviolet B radiation 7-dehydrocholesterol (provitamin D₃) is transformed to previtamin D₃ which spontaneously isomerizes to vitamin D₃ and in this form is released to the bloodstream where it is bound by the transporting protein VDBP (*vitamin D binding protein*). Cholecalciferol is hydroxylated to 25-hydroxycholecalciferol (calcidiol, 25(OH)D) in the liver. The last stage takes place in the kidneys where in the proximal tubes of the nephron 25-hydroxycholecalciferol is hydroxylated to 1 α ,25-dihydroxycholecalciferol (1 α ,25(OH)₂D, calcitriol), which is the final and biologically active form of vitamin D. The maintenance of the mineral (calcium-phosphate) homeostasis is the main function of vitamin D. Together with parathormone and calcitonin it influences the function of intestine, kidneys, bones and parathyroid glands. Vitamin D increases calcium absorption in the gastrointestinal tract, calcium reabsorption in kidneys and proper bone mineralization by maintaining the balance between bone formation by the osteoblasts and absorption by the osteoclasts.

The endogenous synthesis in the skin is the main source of vitamin D and it delivers approximately 90% of the 25(OH)D present in the blood. The effectiveness of the skin synthesis depends on the availability of the ultraviolet B radiation which is influenced by: latitude, season, time of the day, altitude, air pollution, albedo, color of the skin, area of the exposed skin, body mass, age, sex, use of sunscreens and sunbathing habits. Oral bioavailability of vitamin D can be enhanced by food products rich in vitamin D or supplements.

Blood concentration of the 25(OH)D is a generally accepted marker of the vitamin D status, reflecting both the effectiveness of the skin synthesis and consumption of vitamin D₂ and D₃ with food or supplements. In the literature, however, there is no consensus on the 25(OH)D threshold as the vitamin D deficiency. Guidelines for Central Europe define the 25(OH)D concentration <20 ng/ml (<50 nmol/l) as deficiency, 20–30 ng/ml (50–75 nmol/l) as insufficiency and 30–50 ng/ml (75–125 nmol/l) as the target for proper pleiotropic function of vitamin D.

Recent and a significantly growing interest in vitamin D was stimulated by the discovery of its VDR receptor in most of the human tissues. Pleiotropic function of vitamin D is associated with immune functioning, angiogenesis, endothelium function, insulin, renin and cathelicidin. Observational studies and metaanalyses showed the relationship between vitamin D deficiency and cardiovascular, metabolic, infectious and autoimmune diseases as well as neoplasm, cognitive disorders, depression and all-cause mortality, which, altogether makes it a significant health issue.

The classic vitamin D function linked with calcium homeostasis along with its multiple pleiotropic effects have aroused the interest of sports medicine specialists. Their main fields of studies include immune system functioning and respiratory infections prevention, protection and regeneration of the musculoskeletal system and possible influence on sports performance.

According to the current deficiency criteria it can be assumed that over a billion people around the world have inadequate vitamin D status (70% of Americans and 86% of Europeans). The largest available metaanalysis (195 studies, 44 countries and over 168 000 subjects) showed that 88% of the world population fulfils the criteria of vitamin D deficiency. The data concerning athletes are very limited. Moreover, most of the available studies were performed on small groups of subjects and during selected seasons only. There are no data concerning athletes' all-year vitamin D status as well as distinguishing between outdoor and indoor sports. The only available study published in Poland so far describes merely spring and summer samples collected in 24 soccer players. The only available metaanalysis (years 2008–2014, 23 studies, 2313 subjects) showed that 56% of athletes had inadequate vitamin D status (25(OH)D <32 ng/ml), which was significantly worse in winter, and in athletes who trained and competed indoors.

Aim of the study

The aim of the present study was to evaluate the vitamin D status of elite Polish athletes in relation to: age, sex, body mass, season and sport discipline (outdoor vs indoor). In athletes with inadequate vitamin D status the effectiveness of recommended oral supplementation was also verified and compared with the exposure to sunlight during summer in Poland and in low-latitude countries during Polish winter.

Material and Methods

The study was carried out in National Center of Sports Medicine during the routine medical monitoring program which consisted of full medical examination and blood analyses including the determination of 25(OH)D concentration. The population of this observational study consisted of 409 international level, male and female Polish athletes (228 males and 181 females). A total of 1271 samples were taken in the morning between 8 and 9 a.m. in different seasons for five consecutive years since 2010 till 2014. All the athletes were Caucasians with skin type II–III according to Fitzpatrick's scale. The following groups were distinguished for the purpose of the analysis: OUTD – outdoor sports, represented by track and field athletes, who trained in Poland, at the latitude of 49–54°N; IND – weightlifters, handball and volleyball players who trained mostly indoors in Poland; SUN – track and field athletes who trained in The Republic of South Africa (RSA) during Polish winter (Jan-Mar), at the latitude of 27°S and on Tenerife in April, at the latitude of 28°N, and had their samples taken within 1–4 weeks after their return to Poland. SUN1 subgroup with their samples taken for 25(OH)D to be determined within 1–6 weeks before and 1–4 weeks after the 3–4 weeks' training camp abroad was distinguished for

a separate comparison using the paired statistical analyses. Additionally, SUN2 represented a subgroup of SUN athletes who, after the increased sun exposure during winter camp abroad, had their 25(OH)D concentration determined additionally during the consecutive summer in Poland. SUN2 subgroup was used to compare the efficacy of winter exposure to sun during the training camp abroad and summer exposure to sun in Poland. SUPL group was composed of track and field athletes who trained in Poland, had vitamin D deficiency or insufficiency and were supplemented orally. The deficient athletes received individually adjusted vitamin D (cholecalciferol) supplementation of 4000–8000 IU daily, depending on the scale of deficiency, whereas the dose for the insufficient ones was established at 2000 IU in accordance with the experts' guidelines for Poland and Central Europe. The effectiveness of supplementation was evaluated after 8–12 weeks of treatment and only fully compliant athletes who confirmed strict follow-up of the prescribed doses were included in SUPL group.

In the present study the following 25(OH)D concentration criteria were assumed: <20 ng/ml was defined as deficiency, 21–29 ng/ml as insufficiency, 30–50 ng/ml as normal, 50–100 ng/ml as high and >100 ng/ml as toxic. Deficiency and insufficiency were classified as inadequate vitamin D status.

Results

There were no significant differences in 25(OH)D between males and females in OUTD+IND and OUTD groups. In IND group 25(OH)D was significantly higher in females. There were no significant differences in 25(OH)D according to age and BMI of the subjects. The vitamin D status showed seasonal changes with the lowest value of 25(OH)D recorded in winter and the highest in summer, both in OUTD and IND groups. The average 25(OH)D concentration increased significantly in June and exceeded the recommended value of 30 ng/ml ($p < 0.001$), whereas it decreased in September ($p < 0.001$). The lowest average 25(OH)D concentration (22 ± 1.0 ng/ml) was observed in February and the highest (40 ± 2.3 ng/ml) in August. Since September till May (9 months) the average 25(OH)D concentration was below the recommended value of 30 ng/ml. The average 25(OH)D concentration exceeded the recommended value of 30 ng/ml only in OUTD group in summer, whereas in IND group it never reached the level. A significantly lower 25(OH)D was observed in IND than in OUTD group in summer, autumn and winter.

During the whole year 67% of Polish elite athletes had inadequate vitamin D status (61% OUTD and 80% IND). Seasonal analysis showed that in winter it referred to 80% of OUTD athletes (21% deficient, 59% insufficient) and 84% of IND athletes (42% deficient, 42% insufficient), whereas in summer 32% (3% deficient, 29% insufficient) and 57% (6% deficient, 51% insufficient), respectively.

In athletes exposed to sun in winter (SUN group) 25(OH)D value was found to be significantly higher than in athletes who stayed in Poland (46 ± 1 ng/ml vs 25 ± 1 ng/ml, $p < 0.001$). Paired analysis (subgroup SUN1) showed almost a two-fold increase in 25(OH)D after the win-

ter training camp in lower latitude (from 25 ± 1 ng/ml to 46 ± 2 ng/ml, $p < 0.001$). Significantly higher efficacy of the skin vitamin D synthesis was found after the winter training camp in lower latitude than in summer sunshine in Poland (44 ± 3 ng/ml vs 38 ± 2 ng/ml, $p < 0.01$). The supplementation in the vitamin D deficient and insufficient athletes produced a significant increase in 25(OH)D from 25 ± 1 ng/ml to 37 ± 1 ng/ml ($p < 0.001$). Both increased sun exposure in winter and oral supplementation proved to be effective in achieving the recommended vitamin D status. Comparing the two interventions, the winter sunshine exposure was a stronger stimulus as it increased the 25(OH)D concentration by 21 ± 3 ng/ml whereas the supplementation elevated the value by 11 ± 1 ng/ml ($p < 0.001$).

Discussion

This thesis is a unique evaluation of monthly and seasonal changes in 25(OH)D concentration during a 4-year observation of elite Polish athletes of both outdoor and indoor sports. No such data have been available in the literature so far.

The seasonal changes of the 25(OH)D concentration in the countries situated over the 40° latitude have already been widely described in the literature, with 1.5 times higher values observed in summer than in winter. The results of the present study are consistent with those findings and unequivocally show that seasonal changes of 25(OH)D, and therefore vitamin D status, are dependent on latitude which limits the ultraviolet B radiation availability necessary for the skin synthesis. The latency of two months was observed between the onset of sufficient sunshine exposure for the skin synthesis and the moment when 25(OH)D reached the recommended value. This results from individual sunshine habits and too low temperature which precludes the use of light clothing.

Inadequate vitamin D status in winter, both in outdoor and indoor athletes, is common but less frequent than in general population, yet it is still higher than described for the world population of athletes. In summer Polish outdoor athletes have better vitamin D status than general population but worse than the world population of athletes. In summer vitamin D status in indoor athletes is similar to general population but remarkably worse than in the world population of athletes.

In Poland the recommended vitamin D status can be achieved only in summer and only if the skin is properly exposed to sunshine. For the rest of the year the intervention is required as either oral supplementation or a trip to the region with proper sunshine. Exposure to sunshine in winter in a location of lower latitude than Poland produces almost a two-fold increase in 25(OH)D and is a stronger stimulus for the vitamin D skin synthesis than Polish summer sunshine because of the higher ultraviolet B radiation availability due to more favorable “zenith angle” of the sun.

Supplementation of vitamin D according to the Central European guidelines also produces the recommended 25(OH)D concentration but it is less efficient than the proper sunshine exposure, especially in lower latitude.

Considering the health benefits that the maintenance of the recommended vitamin D status can provide, its potential influence on physical performance and recovery as well as a relatively low cost of 25(OH)D determination in blood, regular monitoring of vitamin D status should be conducted all year round during routine blood analyses. People and institutions responsible for elite athletes health care should provide counsel on the proper all-year vitamin D status maintenance. Such guidelines should include balanced proportions of diet, supplements and sunshine exposure.

The following conclusions resulted from the present study:

1. The blood concentration of 25(OH)D is a good marker of vitamin D status of elite athletes and shows seasonal changes with the highest values recorded in summer and the lowest in winter.

2. The latency of two months (April–May) is observed between the onset of sufficient sunshine exposure for the skin synthesis and the moment of 25(OH)D reaching the recommended value.

3. Improper vitamin D status in outdoor athletes is observed for nine months: since September till May.

4. Specific monitoring is required for indoor athletes because most of them have improper vitamin D status for the whole year.

5. Winter camps in lower latitude countries enable the achievement of the recommended 25(OH)D concentration.

6. According to the Central European guidelines, the use of vitamin D supplementation produces the recommended 25(OH)D concentration.

7. Winter camps in lower latitude countries are a more efficient way of achieving the recommended 25(OH)D concentration than oral supplementation.

8. Exposure to sunshine in winter in a lower latitude than Poland is a stronger stimulus for the vitamin D skin synthesis than Polish summer sunshine.

9. Regular monitoring of 25(OH)D concentration should be conducted all year round during the routine medical check of elite athletes.

10. People and institutions responsible for the care of elite athletes should provide them with guidelines on the all-year maintenance of the proper vitamin D status by balanced proportions of diet, supplements and sunshine exposure.

