

**Zaangażowanie Autorów**

- A – Przygotowanie projektu badawczego
- B – Zbieranie danych
- C – Analiza statystyczna
- D – Interpretacja danych
- E – Przygotowanie manuskryptu
- F – Opracowanie piśmiennictwa
- G – Pozyskanie funduszy

**Author's Contribution**

- A – Study Design
- B – Data Collection
- C – Statistical Analysis
- D – Data Interpretation
- E – Manuscript Preparation
- F – Literature Search
- G – Funds Collection

**Arkadiusz Matras<sup>1(A,B,D,E,F)</sup>, Maja Nowak<sup>1(A,B,D,E,F)</sup>,  
Damian Parol<sup>2(A,B,D,E,F)</sup>, Daniel Śliż<sup>2,3(A,B,D,E,F)</sup>**

- <sup>1</sup> SKN przy Zakładzie Dietetyki Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu, Polska  
Students Scientific Circle at the Department of Science and Nutrition of the Medical University of Wrocław, Poland
- <sup>2</sup> III Klinika Chorób Wewnętrznych i Kardiologii Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego, Polska  
3<sup>rd</sup> Clinic of Internal Medicine and Cardiology, Medical University of Warsaw, Poland
- <sup>3</sup> Szkoła Zdrowia Publicznego, Centrum Kształcenia Podyplomowego, Warszawa, Polska  
School of Public School Centre, Postgraduate Medical Education, Warsaw, Poland

**PRAWIDŁOWE ODŻYWIENIE WITAMINĄ D A OD-  
PORNOSC I RYZYKO KONTUZJI U SPORTOWCÓW –  
PRZEGLĄD AKTUALNYCH DONIESIEŃ**

**ADEQUATE VITAMIN D INTAKE AND THE RESISTANCE AND INJURY RISK IN ATHLETES – THE REVIEW OF CURRENT REPORTS**

**Słowa kluczowe:** witamina D, 25(OH)D, sport, kontuzje, układ odpornościowy, wydolność

**Key words:** vitamin D, 25(OH)D, sport, injuries, immunological system, performance

**Streszczenie**

Aktywność fizyczna na poziomie zawodowym sprzyja występowaniu infekcji i kontuzji. Poprzez zwiększone obciążenia treningowe towarzyszące imprezom wysokiej rangi, jak np. Igrzyska Olimpijskie urazu i infekcji doznaje średnio 12% i 8% zawodników. Witamina D wykazuje działanie immunomodulujące. Jej aktywna postać 1,25(OH)D zwiększa produkcję IL-10, katelicyny, SIgA w ślinie, ekspresję CD14, czy potencjał fagocytotyczny makrofagów oraz obniża produkcję IL-2, IFN- $\gamma$ , ekspresję CD40. Występuje ujemna korelacja między stężeniem w surowicy krwi 25(OH)D, a częstością infekcji górnych dróg oddechowych. Suplementacja 5000UI witaminy D3 dziennie przez 14 tygodni może istotnie zwiększyć stężenie katelicyny i SIgA w ślinie. W przypadku niedoborów witaminy D obniża się wchłanianie wapnia. W celu utrzymania odpowiedniego stężenia wapnia w surowicy zwiększa się sekrecja PTH oraz ekspresja RANKL indukującego dojrzewanie osteoklastów, prowadząc tym samym do zwiększonego obrotu kostnego sprzyjającemu złamaniom. Występuje ujemna korelacja między stężeniem w surowicy krwi 25(OH)D, a częstością kontuzji. Suplementacja witaminą D może obniżyć ryzyko kontuzji. Istnieje ograniczona liczba publikacji naukowych traktujących o wpływie witaminy D na ryzyko infekcji i kontuzji wśród sportowców, jednak przeprowadzone badania jednoznacznie wskazują na korzyści wynikające z odpowiedniego odżywienia witaminą D. Optymalne stężenie w surowicy krwi 25(OH)D wynosi 30-50 ng/ml. W okresie od września do kwietnia zalecana jest suplementacja dla ogółu społeczeństwa w dawce 800-2000 UI witaminy D3 dziennie.

**Summary**

Physical activity on professional level foster occurrence of infections and injuries. Due to increased training weights which accompany high rank events e.g. Olympic Games, injuries and infections are problems for 12% and 8% competitors. Vitamin D presents immunomodulating action. Its active form 1,25(OH)D increases production of IL-10, cathelicidin, SIgA in saliva, CD14 expression or phagocytic potential of macrophages and reduces production of IL-2, IFN- $\gamma$ , CD40 expression. There is a minus correlation between blood serosity 25(OH)D concentration and frequency of upper respiratory tract infections. 5000UI vitamin D daily supplementation for 14 weeks may relevantly increase cathelicidin and SIgA concentration in saliva. In case of vitamin D deficit calcium absorption is lowered. To maintain proper calcium concentration in serosity PTH secretion is increased as well as expression of RANKL which induces osteoclasts incubating generating in the same time increased bone turnover encouraging fractures. There is a minus correlation between blood serosity 25(OH)D concentration and frequency of injuries. Vitamin D supplementation may reduce the risk of injuries. There is a limited number of scientific publications which address vitamin D influence on the risk of infections and injuries among sportsmen. However, conducted researches unambiguously present benefits coming from proper vitamin D nutrition. Optimal concentration in blood serosity 25(OH)D is 20-50ng/ml. From September to April advised vitamin D supplementation for general public is 800-2000 UI vitamin D3 per day.

Word count: 1946  
Tables: 0  
Figures: 0  
References: 30

**Adres do korespondencji / Address for correspondence**

Damian Parol  
05-402 Otwock, ul. Kołłątaja 48  
tel. +48 792 170 204, e-mail: parol.damian@gmail.com

## Wstęp

Wiele uwagi przywiązuje się do kształtowania wydolności u sportowców poprzez przemyślane strategie treningowe, żywieniowe i suplementacyjne. Rzadziej zwraca się uwagę na możliwość modyfikowania ryzyka infekcji i kontuzji u zawodników poprzez odpowiednie odżywienie. Infekcje i kontuzje są nierozłącznym elementem kariery sportowca oraz mogą znacząco wpłynąć na możliwość treningów i udziałów w zawodach. Istnieje szereg składników odżywczych oraz sposobów odżywiania, które mogą pozytywnie wpłynąć na odporność zawodników oraz zmniejszyć ilość doznawanych kontuzji – jednym z elementów jest właściwie odżywienie witaminą D.

### Wpływ witaminy D na układ immunologiczny i prawdopodobieństwo infekcji u sportowców

W zależności od objętości i intensywności treningów, wpływają one w różnoraki sposób na odpowiedź układu immunologicznego. O ile umiarkowana aktywność fizyczna wpływa korzystnie na układ immunologiczny, wysiłek na poziomie wyczynowym zwiększa podatność na infekcje układu oddechowego, co przedstawia model „krzywej J” (J curve) [1]. Nadmierne obciążenie treningowe, nieodpowiedni stan odżywienia, częste zmiany klimatu sprzyjają występowaniu kontuzji i infekcji, które mogą wykluczyć sportowców z reżimu treningowego wpływając na obniżenie formy sportowej. Ponadto kontuzje i infekcje mogą utrudniać starty w ważnych imprezach sportowych. Podczas Igrzysk Olimpijskich w Soczi w 2014 r. przynajmniej jednego urazu lub infekcji doznało odpowiednio 12% i 8% sportowców. 39% przypadków kontuzji wykluczyło zawodników z dalszych treningów lub startów. Większość infekcji dotyczyła układu oddechowego (64%) [2]. Podobne wyniki otrzymano cztery lata wcześniej podczas Zimowych Igrzysk Olimpijskich w Vancouver [3] i Letnich Igrzysk Olimpijskich w 2012 r. [4]. Młodzi sportowcy (14–18 lat) startujący w imprezach wysokiej rangi doznają kontuzji nieco rzadziej [5], lecz w ich przypadku urazy mogą mieć długoterminowe skutki zwiększając ryzyko zaburzeń wzrostu nasad kostnych i choroby zwyrodnieniowej [6]. Bardzo wysokie ryzyko infekcji i kontuzji u sportowców skłania do poszukiwań metod zaradczych.

Odkrycie receptora witaminy D (VDR) na komórkach układu immunologicznego takich jak limfocyty T, limfocyty B, neutrofile, monocyty, makrofagi czy komórki dendrytyczne pozwoliło wysnuć hipotezę, że witamina D wykazuje działanie immunomodulujące [7]. He i wsp. [8] opublikowali wyniki eksperymentu trwającego 14 tygodni, podczas którego podzielono 39 osób aktywnych fizycznie na grupę suplementującą 5000 UI witaminy D dziennie i grupę przyjmującą placebo. W grupie suplementującej 5000 UI witaminy D dziennie, po 14 tygodniach poziom SIgA (IgA wydzielnicze) i katelicydyny wzrósł istotnie w porównaniu do osób z grupy placebo, lecz stężenie innych AMP (peptydów antydrobnoustrojowych, z ang. antimicrobial peptides) oznaczanych w ślinie (laktoferyny, lizozymu) nie było zależne od podaży witaminy D. Stymulacja TLR (Toll-like receptor) w ludzkich makrofagach inicjuje ekspresję VDR i CYP27B1 odpowiedzialnego za konwersję 25(OH)

## Introduction

A lot of attention is paid to fitness development in athletes through informed training as well as nutritional and supplementary strategies. More seldom attention is paid to modification of the risk of infection and contusions in competitors through proper nutrition. Infections and contusions are the integral part of athlete career and can considerably affect training potential and participation in competitions. There are numerous nutrients and dietary regimens that can favorably affect immunity in competitors and decrease the risk of contusions; vitamin D intake is one of the factors that can contribute to the improvement of stamina and reduction of contusion risk.

### The effect of vitamin D on the immune system and the incidence of infections in athletes

Training volume and intensity affect in various ways the response from the immune system. While moderate-intensity physical activity has a favorable effect on the immune system, professional level exercise increases susceptibility to respiratory infections, which is presented as J curve [1]. Excessive training load, inadequate nutrition and frequent changes in climate foster the incidence of contusions and infections which can exclude athletes from training regime, contributing to a decrease of athletic condition. Moreover, contusions and infections can hinder participation in important sporting events. During the Olympics in Sochi, 12% and 8% athletes suffered from infections. Moreover, 39% of contusion cases excluded the competitors from further training sessions or from participation in competitions. The majority of such infections (64%) affected the respiratory system [2]. Similar results were obtained four years earlier during the Winter Olympics in Vancouver [3] and Summer Olympics in 2012 [4]. Young (14-18 years old) athletes participating in top sporting events slightly more seldom sustain contusions [5], however, in such cases the contusions can have long-term consequences, increasing the risk of epiphyseal plate development impairment and degenerative disease [6]. Due to the significant risk of infections and contusions in athletes it is necessary to seek adequate remedies for this problem.

The discovery of vitamin D receptor (VDR) on immune system cells, such as T lymphocytes, B lymphocytes, neutrophils, monocytes macrophages or dendrites, allowed developing the hypothesis that vitamin D has an immunomodulatory effect [7]. He et al. [8] published the results of their 14 week long experiment carried out in 39 physically active individuals, divided into two groups. One group took 5000 UI of vitamin D daily and the other one took placebo. In the group taking 5000 UI of vitamin D daily, after 14 weeks the levels of SIgA (secretive IgA) and cathelicidin significantly increased compared with placebo group, however, the level of other antimicrobial peptides (AMP) assayed in the saliva (lactoferrin, lysozyme) did not depend on vitamin D supply. Toll-like receptor (TLR) stimulation in human macrophages initiates expression of VDR and CYP27B1 which is responsible for of 25 (OH)D to 1.25(OH)D. CYP27B1 inhibition hampers TLR2/1L activation by cathelicidin by 80% while adding VDR antagonist inhibits cathelicidin production by

D do 1,25(OH)D. Inhibicja CYP27B1 hamuje aktywację TLR2/1L przez katelicydynę o 80%, natomiast dodatek antagonisty VDR hamuje produkcję katelicydyny o 80% i redukuje aktywność przeciwbakteryjną o blisko 70%. Jest to potencjalny mechanizm działania witaminy D jako ogniwa między aktywacją TLR a odpowiedzią przeciwbakteryjną w nieswoistym układzie odpornościowym. Jak pokazują wyniki badań, wyżej przedstawione informacje nie świadczą, iż jest to jedyny antybakteryjny mechanizm dla ludzkich makrofagów [9]. Między innymi 1,25(OH)D zwiększa produkcję IL-10 (interleukiny 10) [10], katelicydyny [11], SIgA w ślinie, ekspresję CD14 (ang. cluster of differentiation 14) czy potencjał fagocytotyczny makrofagów oraz obniża produkcję IL-2 (interleukiny 2), IFN- $\gamma$  (interferonu gamma), ekspresję CD40 (ang. cluster of differentiation 40) [12].

W badaniu przeprowadzonym przez He i wsp. [13] trwającym cztery miesiące, z udziałem 225 osób aktywnych fizycznie (trenujących 10 h/tygodniowo) w wieku 18–40 lat autorzy zaobserwowali, że uczestnicy ze stężeniem w surowicy krwi 25(OH)D mniejszym niż 30nmol/l częściej doznawali zakażenia górnych dróg oddechowych (URTI – ang. upper respiratory tract infection) niż grupy o wyższym stężeniu w surowicy krwi 25(OH)D. Również w mniejszym badaniu z udziałem młodych sportowców zaobserwowano odwrotną korelację ( $r=-0,40$ ) między stężeniem w surowicy krwi 25(OH)D, a ryzykiem infekcji [14]. Dodatkowo zauważono, że wielu sportowców ma nieprawidłowe stężenie 25(OH)D szczególnie zimą i wiosną. W badaniach He i wsp. [13] obserwowali, że 70% osób z zakażeniem górnych dróg oddechowych doświadczyło pogorszenia jakości treningu. Średnia aktywność fizyczna podczas tygodnia, w którym wystąpił epizod URTI uległa obniżeniu o 24% MET-h/tydzień (MET – ekwiwalent metaboliczny) w porównaniu do tygodnia, w którym nie wystąpił epizod URTI. Oznacza to, że infekcje miały kluczowy wpływ na możliwość trenowania zawodników. Podczas trwania badania wśród osób charakteryzujących się niedoborem 25(OH)D (<30 nmol/l) minimum jednego zakażenia górnych dróg oddechowych doznało 67% uczestników, natomiast wśród osób z grupy ze stężeniem 25(OH)D (>120nmol/l), którą uznano za optymalną, zakażenia górnych dróg oddechowych doznało 27% badanych. Ilość dni z symptomami URTI była wyższa u osób z grupy, w której występował niedobór 25(OH)D (<30 nmol/l) w porównaniu do uczestników z innych grup. Czynnikiem, który może wpływać na pogorszenie odporności może być również produkcja cytokin prozapalnych. Zaobserwowano, że ich produkcja po ekspozycji na antygen była niższa u osób z grupy z niedoborem 25(OH)D (<30 nmol/l) w porównaniu do osób z innymi grup. Koncentracja katelicydyny oraz SIgA w ślinie była dodatnio skorelowana ze stężeniem witaminy D, czego nie zaobserwowano w stosunku do innych AMP oznaczanych w ślinie.

Zbliżone do powyższych obserwacje uzyskano w dużej grupie ( $n=800$ ) młodych mężczyzn z Finlandii służących w bazie wojskowej. Mężczyźni odznaczali się relatywnie wysokim stężeniem 25(OH)D w surowicy krwi wynoszącym średnio  $80,2 \pm 29,3$  nmol/l. U mężczyzn ze stężeniem w surowicy krwi 25(OH)D poniżej 40 nmol/l zaobserwowano istotną statystycznie różnicę między liczbą dni służby opuszczonych z powodu infekcji górnych dróg oddechowych w porównaniu do grupy kontrolnej (4 vs 2 dni) w 6 miesięcznym okresie obserwacji [15].

80% and reduces antibacterial activity by approximately 70%. This is a potential mechanism of vitamin D activity, being the link between TLR activation and the antibacterial response in a nonspecific immune system. Research results show that the information presented above does not indicate that this is the only antibacterial mechanism for human macrophages [9]. 1,25(OH)D increases production of interleukin 10 (IL-10) [10], cathelicidin [11], salivary SIgA, CD14 (cluster of differentiation 14) expression or phagocytic potential of macrophages, reduces the production of interleukin 2 (IL-2), IFN- $\gamma$  (gamma interferon) and expression of cluster of differentiation 40 (CD40) [12].

He et al. [13] in their four month long study carried out in a sample of 225 physically active individuals (training 10 h/weekly) aged 18–40, noted that the participants with serum 25(OH)D levels lower than 30nmol/l more frequently suffered from upper respiratory tract infections (URTI) than the groups of subjects with higher serum 25(OH)D levels. Another study carried out in a sample of young athletes also showed an inverse correlation ( $r=-0,40$ ) between serum 25(OH)D level and the risk of infection [14]. Additionally, it was noted that many athletes have abnormal 25(OH)D concentration, especially in winter and spring. He et al. [13] in their study noted that in 70% of subjects with upper respiratory tract infections the quality of training was lower. The average physical activity during the week of URTI episode decreased by 24% MET-h/week (MET – metabolic equivalent) compared with the week with no URTI episode. This means that it had a significant effect on training potential in athletes. During the study conducted in subjects with 25(OH)D (<30 nmol/l) deficiency, 67% of the participants suffered from minimum one upper respiratory tract infection while in the subjects with serum 25(OH)D level >120 nmol/l, which is considered optimum value, only 27% suffered from upper respiratory tract infections. The number of days with URTI symptoms was bigger in the subjects with 25(OH)D deficiency (<30 nmol/l) compared with subjects from other groups. Another possible factor responsible for resistance impairment is pro-inflammatory cytokine production. It was noted that production of pro-inflammatory cytokines after an exposure to antigen was lower in subjects with 25(OH)D deficiency (<30 nmol/l) compared with subjects from other groups. Cathelicidin level and SIgA salivary level positively correlated with vitamin D concentration, which was not observed in other AMP assayed in e saliva.

Similar findings have been reported by the researchers who studied a large sample ( $n=800$ ) of young males from Finland doing their service on a military base. Serum 25(OH)D levels were relatively high in this sample, amounting on average to  $80.2 \pm 29.3$  nmol/l. In males with serum 25(OH)D levels below 40 nmol/l a statistically significant difference was noted between the days of sick leave due to upper respiratory tract infection compared with the control group (4 vs 2 days) during a 6 month period of observation [15].

## Wpływ witaminy D na kondycję układu kostnego

Witamina D jest istotnym czynnikiem zapewniającym prawidłową budowę i funkcjonowanie układu kostnego. Witamina D inicjuje różnicowanie osteoblastów i proliferację preosteoblastów poprzez ekspresję LRP5 (ang. low-density lipoprotein receptor-related protein 5) będącego co-receptorem frizzled aktywującego szlak Wnt. Utrata LRP5 powiązana jest ze zmniejszoną liczbą osteoblastów i redukcją BMD (gęstości mineralnej kości – ang. bone mineral density) [16]. Kaskada transdukcji sygnału szlaku Wnt powoduje zwiększone różnicowanie się komórek szpiku macierzystego w kierunku stymulacji linii osteoblastów [17]. Witamina D wpływa również na gospodarkę wapniową w organizmie. 1,25(OH)D reguluje wchłanianie wapnia w jelitach i reabsorpcję tego składnika mineralnego w cewkach nerkowych zapewniając tym samym odpowiednią mineralizację kości [18]. Przy niedoborach witaminy D słabnie absorpcja wapnia, a w celu utrzymania odpowiedniego stężenia wapnia w surowicy zwiększa się sekrecja PTH (parathormonu) oraz ekspresja RANKL (ligand aktywatora receptora jądrowego czynnika  $\kappa$  B) indukującego dojrzewanie osteoklastów, prowadząc tym samym do zwiększonego obrotu kostnego sprzyjającemu złamaniom [19].

W badaniu kohortowym z udziałem 80 zawodników futbolu amerykańskiego grających w NFL (National Football League) autorzy zaobserwowali, że osoby mające minimum jedno złamanie w sezonach 2011/12 i 2012/13 miały statystycznie istotnie niższe stężenie 25(OH)D w surowicy krwi w porównaniu ze sportowcami, którzy nie doznali żadnego złamania. Zawodnicy z prawidłowym stężeniem witaminy D grali więcej meczów w ciągu sezonu oraz mieli wyższe prawdopodobieństwo zagrania większej ilości sezonów w NFL [20]. W badaniu z udziałem biegaczek długodystansowych, w którym oceniano wpływ czynników żywieniowych na gęstość mineralną kości i ryzyko złamań zaobserwowano, iż wyższe spożycie między innymi witaminy D było powiązane ze wzrostem gęstości mineralnej kości oraz niższą częstotliwością złamań [21]. Wśród piłkarzy częstym problemem jest występowanie złamań kości śródstopia. Najczęściej doświadczają oni złamań piątej kości śródstopia, które wyklucza z gry na okres 3–5 miesięcy wpływając negatywnie na rozwój ich kariery sportowej. Shimasaki i wsp. [22] przeprowadzili badanie z udziałem 38 wytrenowanych piłkarzy (5–6 jednostek treningowych w tygodniu), z czego 18 uczestników doznało złamania piątej kości śródstopia, a 19 zawodników było grupą kontrolną bez historii złamań piątej kości śródstopia. Naukowcy zaobserwowali, że 8 uczestników z grupy, mającej w przeszłości złamanie piątej kości śródstopia charakteryzowało się niedoborem witaminy D klasyfikowanym jako stężenie 25(OH)D w surowicy krwi  $<30$  ng/ml, podczas gdy w grupie bez tego złamania niedobór witaminy D występował tylko u jednego piłkarza. Stężenie 25(OH)D w surowicy krwi  $<30$  ng/ml było związane z istotnym wzrostem ryzyka złamania piątej kości śródstopia przy ilorazie szans wynoszącym 23,3. Wykazano, że stężenie 25(OH)D w surowicy krwi równe 10 ng/ml i 20 ng/ml zwiększały ryzyko złamania piątej kości śródstopia odpowiednio o 5,1 i 2,9 razy w porównaniu do osób o prawidłowym stężeniu 25(OH)D. Powyższe wyniki

## The effect of vitamin D on the skeletal system

Vitamin D is an important factor responsible for a correct posture and function of the skeletal system. Vitamin D initiates differentiation of osteoblasts and proliferation of pre-osteoblasts through low-density lipoprotein receptor-related protein (LRP5) expression. LRP55 is a frizzled co-receptor, activating Wnt signalling pathway. The loss of LRP5 is associated with a decreased number of osteoblasts and bone mineral density (BMD) reduction [16]. The cascade of Wnt pathway transduction results in an increased differentiation the native bone marrow cells towards stimulation of the osteoblast line [17]. Vitamin D also affects calcium metabolism in the human body. 1,25(OH)D regulates calcium absorption in the intestines and reabsorption of this mineral component in renal water channels, assuring this way an adequate bone mineralization [18]. Vitamin D deficiency causes impairment of calcium absorption and in order to maintain an adequate serum levels of calcium parathormone (PTH) secretion increases as well as RANKL (receptor activator for nuclear factor  $\kappa$  B ligand) inducing osteoclast maturation, leading to increased bone turnover, which contributes to fractures [19].

In the cohort study carried out in a sample of 80 football National Football League (NFL) players the researchers noted that the subjects who sustained minimum one fracture during the seasons 2011/12 and 2012/13 had statistically significantly lower serum 25(OH)D levels compared with the players who did not sustain any injury at all. The competitors with normal levels of vitamin D played more matches during the season and the probability of playing in more NFL seasons was higher in these subjects [20]. The study conducted in a sample of female long distance runners, assessing the effect of nutritional factors on bone mineral density and the risk of contusions, found that a higher consumption of, inter alia, vitamin D was associated with BMD improvement and a lower incidence of fractures [21]. Among football players, metatarsal bone fractures are frequent problems. The players most often sustain fractures of the fifth metatarsal bone; such fractures exclude the competitors from play for 3-5 months, adversely affecting the development of their athletic career. Shimasaki et al. [22] carried out their study in a sample of 38 trained footballers (5-6 training units weekly) including 18 participants who sustained fractures of the fifth metatarsal bone and 19 players (the control group) with no history of the fifth metatarsal bone fractures. The researchers found that 8 participants from the study group had vitamin D deficiency, classified as serum 25(OH)D concentration  $<30$  ng/ml, while in the control group only one footballer had vitamin D deficiency. Serum 25(OH)D levels  $<30$  ng/ml were associated with a significantly elevated risk of fifth metatarsal bone fractures with the odd ratio of 23.3. The study showed that serum 25(OH)D levels of 10 ng/ml and 20ng/ml increased the risk of the fifth metatarsal bone fractures 5.1 and 2.9 times respectively compared with normal 25(OH)D serum levels. The above results confirm the findings presented by Ruohola et al. [23] based on their study conducted in a sample of 756 volunteers.

The first randomized study with a double blind trial, assessing the effect of vitamin D supplementation on the risk of fractures in physically active individuals was carried

potwierdzają obserwacje Ruohola i wsp. [23] przeprowadzone w grupie 756 ochotników.

Pierwsze randomizowane badanie z podwójną ślepią próbą oceniające wpływ suplementacji witaminy D na ryzyko złamań wśród osób aktywnych fizycznie przeprowadził Lappe i wsp. [24]. W badaniu udział wzięło 5201 kobiet w wieku 17–35 lat zrekrutowanych do marynarki wojennej. Ochotniczki podzielono na grupę suplementującą 800 UI witaminy D na dobę w połączeniu z 2000 mg wapnia oraz grupę otrzymującą placebo. Podczas 8-tygodniowego szkolenia 365 rekrutek zostało zwolnionych, a dodatkowe 1136 zrezygnowało z badania. W analizie zgodnej z protokołem, biorącej pod uwagę 3700 rekrutek, które ukończyły badanie zaobserwowano 21% mniej przypadków złamań w grupie suplementującej 2000 mg wapnia w połączeniu z 800 UI witaminy D w porównaniu do grupy otrzymującej placebo. Spośród wszystkich uczestniczek, 309 osób doznało 496 złamań, większość z nich dotyczyło złamań kości piszczelowej i kości strzałkowej, ale 53 przypadki obejmowały poważne złamania kości udowej lub miednicy.

Duże obciążenie treningowe połączone z restrykcjami kalorycznymi w okresie rozwoju może niekorzystnie wpływać na rozwój tkanki kostnej. Powyższe warunki treningowe i dietetyczne spełniają dżokeje, bowiem wyścigi konne są jednym ze sportów charakteryzujących się limitami wagowymi. Dżokeje stosują surowe restrykcje wartości energetycznej diety. Podaż energii z całodzienną racją pokarmową w tej grupie szacowana jest na  $1803 \pm 564$  kcal ze współwystępującymi cechami zaburzeń odżywiania [25]. W badaniu z podwójnie ślepią próbą oceniano skuteczność suplementacji 400 UI witaminy D3 w połączeniu z 800 mg na obrót kostny u dżokejów w wieku  $20,18 \pm 3,23$  lat. Suplementy podawano dwa razy dziennie w celu maksymalizacji absorpcji wapnia z układu pokarmowego. Po 6 miesiącach trwania eksperymentu u dżokejów suplementujących 400 UI witaminy D3 w połączeniu z 800 mg wapnia zaobserwowano istotnie statystycznie obniżenie o 24,8% stężenia C-końcowego usieciowanego telopeptydu łańcucha alfa kolagenu typu I (CTX) w porównaniu do grupy suplementującej placebo. Opublikowane wyniki świadczą o korzystnych zmianach w metabolizmie tkanki kostnej u osób suplementujących witaminę D oraz wapń. Z uwagi, iż jest to pierwsze badanie oceniające wpływ suplementacji witaminą D3 i wapniem na metabolizm kości u sportowców kategorii z limitami wagowymi, potrzebne są dalsze, długoterminowe badania potwierdzające korzyści płynące z suplementacji witaminą D3 i wapniem [26].

Wyniki powyższych badań wskazują na mniejsze ryzyko kontuzji w przypadku stosowania suplementacji witaminy D z wapniem, niemniej jednak istnieją prace, w których potwierdzono korzystny wpływ suplementacji tylko witaminy D. W interwencyjnym badaniu przeprowadzonym w grupie 24 wysokowykwalifikowanych baletnic stwierdzono mniejsze ryzyko kontuzji u zawodniczek, które przyjmowały witaminę D w dawce 2000 IU przez 4 miesiące. Grupa badana doświadczała statystycznie mniej kontuzji niż baletnice, które otrzymały placebo. Baletnice, które otrzymały placebo doświadczały średnio 1,87 kontuzji na 1000 godzin treningów, natomiast baletnice, które przyjmowały witaminę D jedynie 0,55 kontuzji [27]. Ponadto baletnice przyjmujące witaminę D poprawiły siłę izometryczną i wyskok, odpowiednio o 18,7% i 7,1%.

out by Lappe et al. [24]. The sample included 5201 females aged 17-35 years, recruited to the Navy. The volunteers were divided into the group taking 800UI of vitamin D daily combined with 2000mg of calcium and placebo group. During the 8-week training, 365 recruits were excluded and additional 1136 withdrew from the study. The analysis conducted according to the study protocol in 3700 recruits who completed the study, showed there were fewer than 21% cases of fractures in the group taking 2000mg of calcium combined with 800UI of vitamin D compared with placebo group. Among all the participants 309 sustained 496 fractures, most often of the tibia and the fibula, however, there were 53 cases of acute fractures of the femur or pelvis.

A substantial training load combined with a restricted calorie intake during the physical development stages can adversely affect the development of bone tissue. Jockeys fulfill the above training and dietary conditions as horse racing is one of the sports characterized by body weight limitations. Jockeys observe strict dietary restrictions concerning energetic value of the diet. The estimated energy supply in a daily food ratio is  $1803 \pm 564$  kcal with associated traits of nutritional disorders [25]. In the study with a double blind trial the effectiveness of supplementation with 400 UI of vitamin D3 combined with 800 mg was assessed in jockeys whose mean age was  $20.18 \pm 3.23$  years. Supplements were administered twice daily to maximize calcium absorption from the digestive system. After 6 months of the experiment, a statistically significant decrease in the concentration of C-terminal cross linked telopeptide of type 1 collagen alpha 1 chain (CTX) was observed in jockeys taking 400 UI of vitamin D combined with 800 mg of calcium compared with the subjects taking placebo. The published results indicate favorable changes in bone tissue metabolism in persons taking vitamin D and calcium as dietary supplements. Since this study was the first study assessing the effect of supplementation with vitamin D and calcium on bone metabolism in athletes involved in sports requiring body weight limitations, further long-term studies are needed to confirm the advantages of supplementation with vitamin and calcium [26].

The results of this study indicate that the risk of contusion is lower in persons taking dietary supplements, in this case – vitamin D combined with calcium, however, there are papers confirming the favorable effect of vitamin D supplementation. The intervention study conducted in a sample of 24 high performance ballerinas showed that the risk of contusion was lower in the subjects who took 2000 IU of vitamin D within 4 months. The study group members were found to sustain statistically fewer contusions than the ballerinas who took placebo. The latter sustained on average 1.87 contusions per 1000 hours of training while the ballerinas who took vitamin D sustained only 0.55 contusions [27]. Moreover, the ballerinas who used vitamin D supplementation improved their isometric strength and jump ups by 18.7% and 7.1% respectively.

## Podsumowanie

Istnieje stosunkowo niewiele danych na temat wpływu odpowiedniego odżywienia witaminą D na prawdopodobieństwo wystąpienia kontuzji i infekcji u sportowców. Jednak te badania, które zostały przeprowadzone jednoznacznie wskazują na ochronny wpływ suplementacji witaminą D. Mimo, że obszar ten wymaga dalszych badań to należy przypuszczać, że sportowcy skorzystają z suplementacji witaminą D, szczególnie w miesiącach jesiennozimowych. Obecnie nie zostały sformułowane oficjalne wytyczne dla sportowców w kontekście suplementacji witaminą D, należy więc opierać się na rekomendacjach dla populacji ogólnej [28]. W Polsce, w okresie zimowym niedoborami witaminy D charakteryzowało się 80% elitarnych sportowców trenujących na zewnątrz i 84% elitarnych sportowców trenujących wewnątrz budynku [29]. Z uwagi na praktykowanie suplementacji rzadziej, ale w mega dawkach należy zaznaczyć, że takie poczynanie może nieść za sobą negatywne konsekwencje. Suplementacja 35000 lub 70000 UI witaminy D3 raz w tygodniu, wśród elitarnych sportowców powodowała zwiększenie stężenia 25OHD we krwi, lecz zwiększało się również stężenie 24,25OHD mogące blokować aktywność biologiczną 1,25(OH)2D3 [30]. Zalecana dawka suplementacyjna to 800 do 2000 UI na dobę dla osób dorosłych bez deficytów w miesiącach od września do kwietnia lub przez cały rok, jeśli synteza skórna nie jest wystarczająca. W przypadku sportowców wyczynowych szczególnie zasadne wydaje się monitorowanie stężenia 25(OH)D w celu utrzymania optymalnego odżywienia witaminą D, które wynosi od 75 do 125 nmol/l. Monitorowanie odżywienia witaminą D pozwala na precyzyjne dobranie dawki suplementu.

## Conclusions

There are relatively few data on the effect of adequate vitamin D intake on the probability of contusions and infections in athletes. The so far conducted studies, however, show the protective effect of vitamin D supplementation. Although this issue requires further studies, we can assume that athletes take vitamin D as a supplement, particularly during fall and winter. So far, no official guidelines on vitamin D supplementation for athletes have been formulated, therefore we should follow the recommendations for general population [28]. In Poland, during winter 80% of elite athletes training outdoors and 84% of elite athletes training indoors were found to have vitamin D deficiencies [29]. Since athletes generally more seldom take supplements and to compensate them take them in mega doses, it is of note that such supplementation can have adverse effects. Taking 35000 or 70000 UI of vitamin D3 once a week by elite athletes resulted in the increase in 25OHD blood levels and the increase in 24.25OHD levels that can block bioactivity of 1.25(OH)2D3 [30]. The recommended supplementary daily dose for adults with no deficits is 800 to 2000 UI between September and April or all year long if the skin synthesis is sufficient. In the case of professional athletes, monitoring of 25(OH)D levels to maintain optimal vitamin D intake (between 75 and 125 nmol/l) is especially justifiable. Such monitoring enables following the recommended dosage of the supplement.

## Piśmiennictwo / References

1. Walsh NP. Position statement. Part one: Immune function and exercise. *Exerc Immunol Rev* 2011; 17: 6-63.
2. Soligard T, Steffen K, Palmer-Green D, et al. Sports injuries and illnesses in the Sochi 2014 Olympic Winter Games. *Br J Sports Med* 2015; 49(7): 441-7.
3. Engebretsen L, Steffen K, Alonso J, et al. Sports injuries and illnesses during the Winter Olympic Games 2010. *Br J Sports Med* 2010; 44(11): 772-8.
4. Engebretsen L, Soligard T, Steffen K, et al. Sports injuries and illnesses during the London Summer Olympic Games 2012. *Br J Sports Med* 2013; 47(7): 407-14.
5. Ruedl G, Schnitzer M, Kirschner W, et al. Sports injuries and illnesses during the 2015 Winter European Youth Olympic Festival. *Br J Sports Med* 2016; 50: 631-6.
6. Steffen K, Engebretsen L. More data needed on injury risk among young elite athletes. *Br J Sports Med* 2010; 44(7): 485-9.
7. Prietl B, Treiber G, Pieber T, et al. Vitamin D and Immune Function. *Nutrients* 2013; 5(7): 2502-21.
8. He C, Fraser W, Tang J, et al. The effect of 14 weeks of vitamin D3 supplementation on antimicrobial peptides and proteins in athletes. *J Sports Sci* 2016; 34(1): 67-7.
9. Liu P, Stenger S, Li H, et al. Toll-like receptor triggering of a vitamin D-mediated human antimicrobial response. *Science* 2006; 311(5768): 1770-3.
10. Ragab D, Soliman D, Samaha D, et al. Vitamin D status and its modulatory effect on interferon gamma and interleukin-10 production by peripheral blood mononuclear cells in culture. *Cytokine* 2016; 85: 5-10.
11. Gombart F. The vitamin D-antimicrobial peptide pathway and its role in protection against infection. *Future Microbiol* 2009; 4: 1151.
12. He C, Aw Yong X, Walsh N, et al. Is there an optimal vitamin D status for immunity in athletes and military personnel? *Exerc Immunol Rev* 2016; 22: 42-64.
13. He C, Handzlik M, Fraser W, et al. Influence of vitamin D status on respiratory infection incidence and immune function during 4 months of winter training in endurance sport athletes. *Exerc Immunol Rev* 2013; 19: 86-101.

14. Halliday T, Peterson N, Thomas J, et al. Vitamin D status relative to diet, lifestyle, injury, and illness in college athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2011; 43(2): 335-43.
15. Laaksi I, Ruohola J, Tuohimaa P, et al. An association of serum vitamin D concentrations < 40 nmol/L with acute respiratory tract infection in young Finnish men. *Am J Clin Nutr* 2007; 86(3): 714-7.
16. Fretz J, Zella L, Kim S, Sheyde N, et al. 1,25-Dihydroxyvitamin D<sub>3</sub> induces expression of the Wnt signaling co-regulator LRP5 via regulatory elements located significantly downstream of the gene's transcriptional start site. *J Steroid Biochem Mol Biol* 2007; 103(3-5): 440-5.
17. Rodda S, McMahon A. Distinct roles for Hedgehog and canonical Wnt signaling in specification, differentiation and maintenance of osteoblast progenitors. *Development* 2006; 133(16): 3231-44.
18. Norman W. From vitamin D to hormone D: fundamentals of the vitamin D endocrine system essential for good health. *Am J Clin Nutr* 2008; 88(2): 491-9.
19. Holick M. Vitamin D deficiency. *N Engl J Med* 2007; 357(3): 266-81.
20. Maroon J, Mathyssek C, Bost J, et al. Vitamin D profile in National Football League players. *Am J Sports Med* 2015; 43(5): 1241-5.
21. Nieves J, Melsop K, Curtis M, et al. Nutritional factors that influence change in bone density and stress fracture risk among young female cross-country runners. *PM R* 2010; 2(8): 740-50.
22. Shimasaki Y, Nagao M, Miyamori T, et al. Evaluating the Risk of a Fifth Metatarsal Stress Fracture by Measuring the Serum 25-Hydroxyvitamin D Levels. *Foot Ankle Int* 2016; 37(3): 307-11.
23. Ruohola J, Laaksi I, Ylikomi T, et al. Association between serum 25(OH)D concentrations and bone stress fractures in Finnish young men. *J Bone Miner Res* 2006; 21(9): 1483-8.
24. Lappe J, Cullen D, Haynatzki G, et al. Calcium and vitamin d supplementation decreases incidence of stress fractures in female navy recruits. *J Bone Miner Res* 2008; 23(5): 741-9.
25. Dolan E, O'Connor H, McGoldrick A. et al.: Nutritional, lifestyle, and weight control practices of professional jockeys. *J Sports Sci* 2011; 29(8): 791-9.
26. Silk L, Greene D, Baker M, et al. The effect of calcium and vitamin D supplementation on bone health of male Jockeys. *J Sci Med Sport* 2016; 1440-2440(16): 30147-55.
27. Wyon M, Koutedakis Y, Wolman R, et al. The influence of winter vitamin D supplementation on muscle function and injury occurrence in elite ballet dancers: a controlled study. *J SciMed Sport* 2014; 17(1): 8-12
28. Płudowski P, Karczmarewicz E, Bayer M, et al. Practical guidelines for the supplementation of vitamin D and the treatment of deficiencies in Central Europe – recommended vitamin D intakes in the general population and groups at risk of vitamin D deficiency. *Endokrynol Pol* 2013; 64(4): 319-27.
29. Krzywanski J, Mikulski T, Krysztofiak H, et al. Seasonal Vitamin D Status in Polish Elite Athletes in Relation to Sun Exposure and Oral Supplementation. *PLOS ONE* 2016; 11(10): e0164395. doi:10.1371/journal.pone.0164395
30. Owens D, Tang J, Bradley W, et al. Efficacy of High-Dose Vitamin D Supplements for Elite Athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2017; 49(2): 349-56.