

**AKADEMIA WYCHOWANIA FIZYCZNEGO  
IM. POLSKICH OLIMPIJCZYKÓW WE WROCŁAWIU**



**AKADEMIA  
WYCHOWANIA FIZYCZNEGO  
IM. POLSKICH OLIMPIJCZYKÓW  
WE WROCŁAWIU**

**ROZPRAWA DOKTORSKA**

**Karol Danielik**

*Stężenie całkowitej oraz wolnej witaminy D w surowicy  
krwi a wybrane elementy stylu życia u sportowców*

**Promotor**  
**prof. dr hab. Małgorzata Słowińska-Lisowska**

Wrocław, 2023



*Składam najserdeczniejsze podziękowania  
Pani prof. dr hab. Małgorzacie Słowińskiej-Lisowskiej  
za nieocenioną pomoc merytoryczną, poświęcony czas,  
cierpliwość oraz cenne rady związane z niniejszą pracą*

*Dziękuję pracownikom Zakładu Biologicznych i Medycznych Podstaw Sportu  
w szczególności dr inż. Aleksandrze Zagrodnej i dr inż. Annie Książek  
za ogromną pomoc, pouczającą współpracę i dobre słowo*

*Dziękuję wszystkim uczestniczkom moich badań  
za życzliwość i współpracę  
zwłaszcza w okresie panującej pandemii*

*Serdecznie dziękuję  
mojej Narzeczonej, Rodzinie oraz Przyjaciołom  
za zrozumienie i ogromne wsparcie.  
W dowód wdzięczności i miłości  
niniejszą pracę im dedykuję*



# SPIS TREŚCI

<b>I WSTĘP .....</b>	<b>9</b>
1.1. Metabolizm witaminy.....	9
1.1. Znaczenie witaminy D.....	11
1.2. Witamina D a wysiłek fizyczny .....	12
1.3. Całkowita i wolna witamina D .....	18
1.4. Metody oznaczania witaminy D w surowicy krwi.....	19
1.5. Elementy stylu życia a witamina D.....	22
<b>II CEL BADAŃ, PYTANIA BADAWCZE.....</b>	<b>28</b>
2.1. Cel badań.....	28
2.2. Pytania badawcze.....	28
<b>III MATERIAŁ I METODY BADAŃ .....</b>	<b>29</b>
3.1. Osoby badane.....	29
3.2. Metody badawcze .....	33
3.2.1. Pomiary antropometryczne .....	33
3.2.2. Kwestionariusz FFLQ.....	34
3.2.3. 24 godzinny dzienniczek żywieniowy bieżącego notowania .....	35
3.2.4. Oznaczenia biochemiczne w surowicy krwi.....	35
3.2.5. Międzynarodowy Kwestionariusz Aktywności Fizycznej – IPAQ.....	37
3.2.6. Ocena maksymalnego poboru tlenu - VO <sub>2</sub> max.....	38
3.2.7. Analiza statystyczna .....	38
<b>IV WYNIKI BADAŃ .....</b>	<b>39</b>
4.1. Porównanie stężenia wolnej oraz całkowitej 25(OH)D w okresie zimowym oraz letnim .....	42

4.2. Stężenie całkowitej oraz wolnej 25(OH)D w zależności od miejsca odbywania treningów (zawodnicy trenujący na zewnątrz vs. trenujący w przestrzeniach zamkniętych) .....	42
4.3. Stężenie całkowitej oraz wolnej 25(OH)D w zależności od poziomu aktywności fizycznej (sportowcy vs osoby o niskim i średnim poziomie aktywności fizycznej) .....	46
4.4. Różnica zmian stężenia całkowitej oraz wolnej 25(OH)D w okresie zimowym oraz letnim .....	46
4.5. Zależność pomiędzy wybranymi elementami stylu życia a stężeniem całkowitej oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych uczestników .....	52
4.6. Zależność pomiędzy ilością suplementowanej witaminy D a stężeniem całkowitej i wolnej 25(OH)D.....	87
<b>V Dyskusja .....</b>	<b>93</b>
<b>VI Podsumowanie wyników badań/wnioski .....</b>	<b>104</b>
<b>VII Streszczenie .....</b>	<b>106</b>
<b>VIII Piśmiennictwo .....</b>	<b>112</b>
<b>IX Spis tabel .....</b>	<b>132</b>
<b>X Spis wykresów.....</b>	<b>136</b>
<b>XI Spis rycin.....</b>	<b>137</b>
<b>XII Załączniki.....</b>	<b>138</b>
12.1. Załącznik nr 1 - Kwestionariusz FFLQ .....	138
12.2. Załącznik nr 2 - 24 godzinny dzienniczek żywieniowy bieżącego notowania .....	141
12.3. Załącznik nr 3 - Międzynarodowy Kwestionariusz Aktywności Fizycznej .....	145

## Wykaz skrótów:

1,25(OH)<sub>2</sub>D – kalcytriol

25(OH)D – kalcydiol

BMI (ang. *Body Mass Index*) – indeks masy ciała

D<sub>2</sub> – ergokalcyferol

D<sub>3</sub> – cholekalcyferol

f. sk-tł. – fałd skórno-tłuszczowy

FFLQ (ang. *Food Frequency Lifestyle Questionnaire*) – Kwestionariusz dotyczący elementów stylu życia wpływających na stężenie witaminy D

IPAQ (ang. *International Physical Activity Questionnaire*) – Międzynarodowy Kwestionariusz Aktywności Fizycznej

LC-MS/MS (ang. *liquid chromatography-tandem mass spectrometry*) – chromatografia cieczowa sprzężona ze spektrometrią mas

M1 – metoda 1 wg Bikle i wsp. (1986)

M2 – metoda 2 wg Vermeulen i wsp. (1999)

PTH – parathormon

RXR (ang. *retinoid x receptor*) – receptor retinoidu X

SNP (ang. *single nucleotide polymorphism*) – polimorfizm pojedynczego nukleotydu

WHR (ang. *Waist-Hip Ratio*) – współczynnik obwodu talii do obwodu bioder

VDBP (ang. *vitamin D binding protein*) – białko wiążące witaminę D

VDR (ang. *vitamin D receptor*) – receptor witaminy D

VO<sub>2</sub>max – maksymalny pobór tlenu





# I WSTĘP

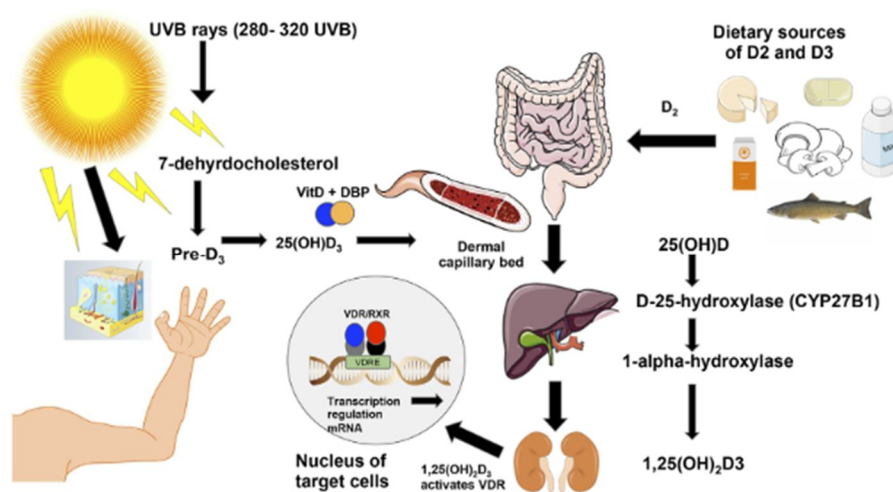
## 1.1. Metabolizm witaminy

Witaminą D nazywamy dwa związki podzielone ze względu na pochodzenie: ergokalcyferol (D<sub>2</sub>) występujący w produktach roślinnych i grzybach oraz cholekalcyferol (D<sub>3</sub>) znajdujący się w organizmach zwierzęcych. Formy te różnią się budową chemiczną łańcucha bocznego. Witamina D<sub>2</sub> zawiera wiązanie podwójne pomiędzy 22 i 23 atomem węgla oraz dodatkową grupę metylową w łańcuchu bocznym przy 24 atomie węgla (Maestro i wsp., 2019).

Pod wpływem promieniowania UVB (długość fali 290-315 nm) w keranocytach następuje konwersja 7-dehydrocholesterolu do prewitaminy D<sub>3</sub>. Najefektywniejsza synteza zachodzi przy długości fali 297 nm i stanowi około 90% całej puli witaminy D w organizmie (Grant, 2009; Holick, 2008). Na skutek nieenzymatycznej fotoizomeryzacji uwarunkowanej temperaturą, z prewitaminy D<sub>3</sub> powstaje 25(OH)D<sub>3</sub>, a jej nadmiar jest przekształcany do metabolitów: lumisterolu, tachysterolu, 5,6-transwitaminy D<sub>3</sub> oraz suprasteroli, które są nieaktywne biologicznie (Bikle, 2014; Mostafa i Hegazy, 2015; Zdrojewicz i wsp., 2015). We krwi znajduje się około 40 metabolitów witaminy D (Bartoszewicz i wsp., 2013). Witamina D jest też przyswajana z pożywienia w postaci D<sub>2</sub> oraz D<sub>3</sub>. Obie nie posiadają aktywności biologicznej, dlatego muszą uczestniczyć w kolejnych przemianach metabolicznych, głównie dwuetapowej hydroksylacji (Bikle, 2014).

W pierwszym etapie dochodzi do związania 25(OH)D ze specyficznym białkiem wiążącym VDBP (z ang. – *vitamin D binding protein*) i transportu do wątroby. Dalej witamina D jest metabolizowana przez 25-hydroksylazę witaminy D oraz enzymy wątrobowe (CYP2R1 i CYP27A1) do kalcydiolu (25(OH)D) – metabolitu, który jest główną krążącą postacią witaminy D w surowicy (Jones i wsp., 2014). Następnie za pośrednictwem enzymu 25(OH)D-1 $\alpha$ -hydroksylazy oraz CYP27B1 powstaje w nerkach najbardziej aktywny metabolit witaminy D – kalcytriol (1,25(OH)<sub>2</sub>D) (Jones i wsp., 2014). Regulacja 1,25(OH)<sub>2</sub>D zależy od równowagi między aktywnością 1 $\alpha$ -hydroksylazy i 24-hydroksylazy. Ponadto oba enzymy są ściśle regulowane przez stężenie wapnia,

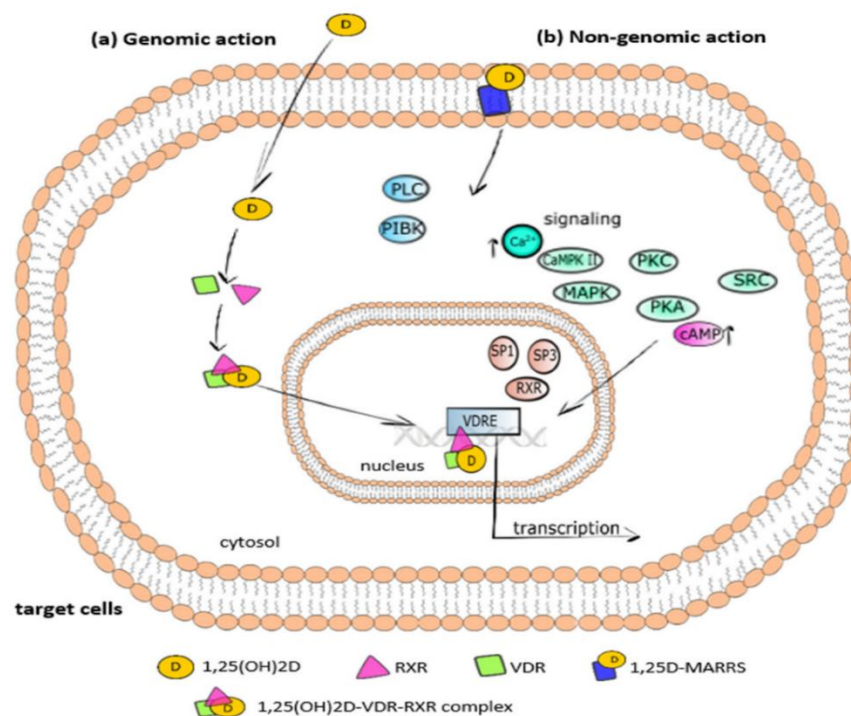
1,25(OH)<sub>2</sub>D i fosforanów w surowicy. Wytwarzanie 1,25(OH)<sub>2</sub>D działa na zasadzie ujemnego sprzężenia zwrotnego. Zmniejsza się ekspresja CYP27B1, a zwiększa CYP24A1, który jest głównym enzymem inaktywującym witaminę D (St-Arnaud, 2010). Oprócz regulacji stężenia 1,25(OH)<sub>2</sub>D, CYP27B1 bierze udział w utrzymaniu homeostazy wapniowo-fosforanowej. Jest regulowany przez parathormon (PTH), co tłumaczy ujemną korelację pomiędzy stężeniem 25(OH)D a PTH w surowicy (Ryc.1) (Bikle i wsp., 2018).



Rycina 1. Schemat syntezy witaminy D (Clark i Mach, 2016)

Po reakcjach podwójnej hydroksylacji witamina D staje się aktywna biologicznie. Aktywna forma może działać bezpośrednio regulując gospodarką wapniowo-fosforanową lub pośrednio poprzez zwiążanie się z receptorem jądrowym witaminy D (VDR - z ang. *vitamin D receptor*) (Bikle, 2014; Wang i wsp., 2012). 1,25(OH)<sub>2</sub>D łączy się z VDR w cytoplazmie, tworząc dimer, który zostaje przeniesiony do jądra. Następnie jądrowy receptor X (RXR – z ang. *retinoid X receptor*) wiąże się z dimerem 1,25(OH)<sub>2</sub>D – VDR. Kompleks ten prowadzi do aktywacji transkrypcji poprzez wiążanie się z elementem reagującym na witaminę D (VDRE) (Ryc.2) (Haussler i wsp., 2011). Oprócz opisanej powyżej odpowiedzi genomowej, metabolit 1,25(OH)<sub>2</sub>D inicjuje również niegenomowy szlak poprzez wiążanie się z receptorem VDR zlokalizowanym na błonie komórkowej. Tego rodzaju szlak sygnalizacyjny jest aktywowany poprzez kinazy, proteazy oraz kanały jonowe.

Dzięki temu wywiera szybszą odpowiedź w porównaniu do szlaku genomowego (Haussler i wsp., 2011).



Rycina 2. Schemat aktywacji transkrypcji genu przez receptor witaminy D (Szymczak-Pajor i wsp., 2022)

### 1.1. Znaczenie witaminy D

Po odkryciu VDR w większości jądrzastych komórek organizmu, witaminie D przypisuje się działanie na wielu płaszczyznach. Poza docelowymi tkankami receptor ten występuje również w limfocytach, keranocytach, makrofagach, komórkach nowotworowych, komórkach jajnika czy komórkach wysp trzustkowych (DeLuca, 2008). W dostępnym piśmiennictwie stwierdzono, że najwyższa ekspresja receptora znajduje się w jelicie, nerkach, przytarczycach i kościach (Bikle, 2014; Bischoff-Ferrari, 2012; Brotto i Bonewald, 2015; Ceglia i Harris, 2013; Pearce i Cheetham, 2010; Pojednic i Ceglia, 2014;). Wykazano także, że 1,25(OH)<sub>2</sub>D nie tylko reguluje gospodarką wapniowo-fosforanową, ale bierze również udział m.in. w reakcjach apoptozy, proliferacji, różnicowania się komórek, wydzielania insuliny oraz odgrywa kluczową rolę

w funkcjonowaniu układu odpornościowego i szkieletowo-mięśniowego (Christakos i wsp., 2016). W związku z powyższym powiązano status witaminy D z wybranymi jednostkami chorobowymi. W badaniach wykazano, że stężenie i aktywność witaminy D jest ściśle związana z występowaniem i rozwojem wielu chorób przewlekłych, takich jak: nowotwory, choroby autoimmunologiczne, zaburzenia metaboliczne i choroby zakaźne (Wang i wsp., 2017). Ponadto zaobserwowano, że wysokie stężenie witaminy D w surowicy może wykazywać działanie protekcyjne w chorobach układu krążenia, cukrzycy i nowotworze jelita grubego (Garland i wsp., 2014). W związku z powyższym  $1,25(\text{OH})_2\text{D}$  należy traktować bardziej jako hormon tkankowy, który wykazuje szerokie działanie poprzez klasyczną sygnalizację ligand-receptor (Haussler i wsp., 2011). Aktywny metabolit witaminy D znajdujący się w wielu komórkach i narządach poprzez wiązanie z VDR wpływa m.in. na wydzielanie insuliny, prawidłowe funkcjonowanie mięśnia sercowego, zmniejszanie wskaźników stanu zapalnego oraz regulacje ciśnienia krwi (Bouvard i wsp., 2011; Holick, 2006; Timpini i wsp., 2011). Poprzez aktywację VDR witamina D ma bezpośredni wpływ na epigenom i ekspresję ponad 1000 genów (Carlberg, 2019). Niektórzy autorzy zatem sugerują jej plejotropowe działanie (Verstuyf i wsp., 2010).

## **1.2. Witamina D a wysiłek fizyczny**

Podstawową funkcją witaminy D jest regulacja gospodarki wapniowo-fosforanowej. Odgrywa także istotną rolę w prawidłowym funkcjonowaniu układu kostnego. Po odkryciu receptora VDR w mięśniach szkieletowych zaobserwowano, że witamina D może mieć również kluczowe znaczenie dla wielu procesów biologicznych zachodzących w układzie mięśniowym. Witamina D wpływa na transport jonów wapnia między komórkami. Ponadto reguluje syntezę białek, które są odpowiedzialne za optymalne funkcjonowanie mięśni. Dowiedziono, że optymalne stężenie  $25(\text{OH})\text{D}$  koreluje z prawidłową kurczliwością mięśni (Wintermeyer i wsp., 2016). Stan niedoboru witaminy D powoduje m.in. atrofię włókien mięśniowych oraz osłabienie siły mięśniowej (Bischoff-Ferrari i wsp., 2004; Dzik i Kaczor, 2019; Janssen i wsp., 2002). Dysfunkcja mięśni objawia się nie tylko upośledzoną strukturą miocytów, ale również zaburzeniem integralności białek kurczliwych i nieprawidłowym działaniem mitochondriów. Warto zauważyć, że włókna mięśniowe typu II są szczególnie

wrażliwe na niedobór witaminy D, a w przypadku jej deficytu obserwuje się ich atrofię ze zwłóknieniem (Boland, 1986). Włókna typu II w odróżnieniu od włókien typu I inicjują szybszy skurcz mięśnia (Talbot i Maves, 2016). Zatem można uznać, że są istotne w wysiłkach o wysokiej intensywności (Bartoszewska i wsp. 2010).

W dostępnym piśmiennictwie dowiedziono istotną rolę witaminy D w prawidłowym funkcjonowaniu wielu układów: mięśniowo-szkieletowego, odpornościowego, krążeniowo-oddechowego oraz nerwowego. Ponadto aktywna forma witaminy D działa przeciwzapalnie co może przekładać się na wyższe wyniki sportowe (de la Puente Yagüe i wsp., 2020).

Niedobór witaminy D stwierdzono w wielu populacjach (Cui i wsp., 2023). Sportowcy są tak samo narażeni na występowanie niskiego stężenia witaminy D jak inne grupy społeczne. W piśmiennictwie znajdują się informacje, że niedobór witaminy D występuje u 56% sportowców, co wskazuje na powszechność tego problemu, nawet w grupie osób trenujących na świeżym powietrzu (Broughton i Larson-Meyer, 2012; Farrokhyar i wsp., 2015; Morton i wsp., 2012; Willis i wsp., 2010). Najbardziej narażeni na deficyt tej witaminy są zawodnicy dyscyplin, którzy trenują w przestrzeniach zamkniętych, w szczególności w miesiącach zimowych (Constantini i wsp., 2010; Farrokhyar i wsp., 2015; Fitzgerald i wsp., 2014; Halliday i wsp., 2011; Krzywanski i wsp., 2016; Lovell, 2008; Ogan i Pritchett, 2013; von Hurst i Beck, 2014;). Sugeruje to, iż ekspozycja na słońce jest głównym czynnikiem determinującym optymalne stężenie witaminy D w surowicy (Knuschke, 2021). Krzywański i wsp. w badaniu z udziałem polskich elitarnych sportowców stwierdzili, że odsetek osób wykazujących deficyt witaminy D nie różnił się znacząco pomiędzy zawodnikami trenującymi na zewnątrz (80%) i w przestrzeniach zamkniętych (84%) (Krzywanski i wsp., 2016). Może to sugerować, że stężenie witaminy D może być bardziej uzależnione od innego czynnika np. szerokości geograficznej na jakiej przebywają zawodnicy lub pigmentacji skóry. Częściej niedobór witaminy D występuje u sportowców zamieszkujących kraje o niskim stopniu nasłonecznienia. Natomiast niedostateczne stężenie 25(OH)D obserwuje się również w krajach o wysokim stopniu nasłonecznienia (González-Molero i wsp. 2011; Spiro i Buttriss, 2014). Ze względu na kluczową rolę, jaką w syntezie witaminy D odgrywa światło słoneczne, każdy czynnik regulujący ten mechanizm będzie

mógł przyczyniać się do niedoboru witaminy D. Przy ocenie statusu witaminy D u sportowców, należ rozważyć różne czynniki na niego wpływające, na przykład: rodzaj uprawianej dyscypliny sportu, porę roku, miejsce treningu oraz kolor skóry (Allison i Close, 2018; Halliday i wsp., 2011; Morton i wsp., 2012; Owens i wsp., 2015). W dostępnym piśmiennictwie coraz więcej uwagi poświęca się na uwarunkowania genetyczne, mające bezpośredni wpływ na stężenie witaminy D. Badania molekularne udowodniły powiązanie polimorfizmu długości fragmentów restrykcyjnych BsmI genu receptora VDR i siły mięśni (Geusens i wsp., 1997). W badaniu Massida i wsp. ustalono, że polimorfizm receptora witaminy D ApaI może być związany z większym ryzykiem uszkodzenia mięśniowo-szkieletowego (Massida i wsp., 2015). Poznanie profilu genomowego DNA może obniżyć ryzyko kontuzji u osób, u których wykryto polimorfizm genu VDR - ApaI. Nadto genotyp receptora VDR może być związany z beztłuszczową masą ciała oraz siłą mięśni u starszych osób (Bahat i wsp., 2010). Zaobserwowano również znaczący wzrost w poziomie ekspresji genu receptora VDR po 7 dniach od urazu włókien mięśniowych, a warianty genetyczne VDBP mogą wpływać na ogólny metabolizm witaminy D. Wydaje się, że aktualne badania będą dotyczyły analizy genotypów VDBP w różnych populacjach (Herrmann i wsp., 2017; Malik i wsp., 2013;).

Normy stężenia 25(OH)D dla sportowców nie są obecnie jednoznacznie ustalone, co powoduje wiele niejasności. W dostępnym piśmiennictwie sugeruje się, że stężenie witaminy D powyżej 40 ng/ml może m.in. poprawiać funkcjonowanie mięśni szkieletowych, zmniejszać czas ich regeneracji powysiłkowej oraz zwiększać ich siłę i moc, co przyczynia się bezpośrednio do zwiększenia zdolności wysiłkowych (Close i wsp., 2013a; 2013b; Książek i wsp., 2019). Natomiast niektórzy autorzy sugerują, iż optymalne stężenie 25(OH)D powinno być jeszcze wyższe. Shuler i wsp. podają, że dla uzyskania optymalnych zdolności wysiłkowych rekomendowane jest stężenie w granicach 50 ng/ml (Shuler i wsp., 2012).

W celu ustalenia optymalnego stężenia witaminy D, szczególnie w grupie sportowców, dalsze badania są niezbędne. W tabeli 1 przedstawiono przegląd aktualnego piśmiennictwa dotyczącego związku pomiędzy stężeniem 25(OH)D a wybranymi zdolnościami wysiłkowymi, uwzględniając także suplementację witaminy D.

Tabela 1. Wybrane badania dotyczące związku pomiędzy witaminą D a zdolnościami wysiłkowymi

<b>Autor</b>	<b>Grupa badana</b>	<b>Dawka witaminy D</b>	<b>Średnia wyjściowa wartość stężenia 25(OH)</b>	<b>Średnia końcowa wartość stężenia 25(OH)D</b>	<b>Wyniki</b>
Koundourakis i wsp., 2014	67 zawodników trenujących piłkę nożną	Bez suplementacji	34,41 ± 7,08 ng/ml 55% badanych miało <30 ng/ml	47,24 ± 13,50 ng/ml 4% badanych miało <30 ng/ml	Dodatnia korelacja między poziomem 25(OH)D a wyskokiem z przysiadu, wyskokiem w przeciwną stronę, maksymalnym poborem tlenu (VO <sub>2</sub> max). Ujemna korelacja między poziomem 25(OH)D a czasem sprintu na 10 m, czasem sprintu na 20 m
Hamilton, i wsp., 2014	342 zawodników trenujących piłkę nożną	Bez suplementacji	20,7 ± 10,8 ng/ml 78% badanych miało <30 ng/ml		Wykazano wyższe wartości szczytowych momentów siły w nodze niedominującej u osób, które miały poziom 25(OH)D > 20 ng/ml w porównaniu z zawodnikami ze stężeniem 25(OH)D poniżej 10 ng/ml
Książek i wsp., 2016	43 zawodników trenujących piłkę nożną	Bez suplementacji	16,9 ± 8,4 ng/ml 77% badanych miało <20 ng/ml		Brak korelacji pomiędzy stężeniem 25(OH)D w surowicy a takimi zmiennymi jak szczytowy moment obrotowy oceniany w warunkach izokinetycznych czy VO <sub>2</sub> max
Książek, i wsp., 2018	25 judoków	Bez suplementacji	17,4 ± 5,2 ng/ml; 80% badanych miało <30 ng/ml		Dodatnia korelacja między 25(OH)D a siłą chwytu lewej ręki (p < 0,05), poziomem i siłą wyskoku pionowego (p < 0,05) oraz pracą całkowitą lewej i prawej kończyny dolnej podczas prostowania

Orysiak i wsp., 2018	50 zawodników trenujących hokej na lodzie	Bez suplementacji	30,3 ± 14,9 ng/ml; 62% badanych miało <30 ng/ml		Brak korelacji między stężeniem 25(OH)D a izometryczną siłą mięśni, wykonaniem skoku pionowego i liczbą powtórzeń
Close i wsp., 2013b	61 zawodników trenujących piłkę nożną, rugby i dżokejów	5000 IU/dzień przez 8 tygodni	<sup>D</sup> 11,6 ± 10,0 ng/ml <sup>P</sup> 21,2 ± 11,6 ng/ml	<sup>D</sup> 41,3 ± 10,0 ng/ml <sup>P</sup> 29,6 ± 9,6 ng/ml	Poprawa czasu sprintu na 10 m i skoku w pionie w grupie z suplementacją w porównaniu do placebo
Close i wsp., 2013a	30 zawodników trenujących piłkę nożną i rugby	20 000 IU/tydzień (D <sup>1</sup> ) i 40 000/tydzień (D <sup>2</sup> ) przez 12 tygodni	<sup>D1</sup> 20,4 ± 10,4 ng/ml <sup>D2</sup> 21,2 ± 10,4 ng/ml <sup>P</sup> 20,8 ± 10,8 ng/ml	<sup>D1</sup> 36,5 ± 9,6 ng/ml <sup>D2</sup> 34,1 ± 4,0 ng/ml <sup>P</sup> 16,4 ± 8,8 ng/ml	Suplementacja w dwóch różnych dawkach spowodowała wzrost stężenia 25(OH)D bez istotnego wpływu na zdolności wysiłkowe
Nieman i wsp., 2013	28 zawodowych kierowców	3800 IU witaminy (D <sub>2</sub> ) /dzień przez 6 tygodni	<sup>D</sup> 36,6 ± 1,7 ng/ml <sup>P</sup> 40,7 ± 2,1 ng/ml	<sup>D</sup> 37,4 ± 1,9 ng/ml <sup>P</sup> 38,6 ± 1,8 ng/ml	Brak znaczącego wpływu suplementacji na zdolności wysiłkowe
Dubnov-Raz i wsp., 2015	47 młodych pływaków (dziewczęta oraz chłopcy)	2000 IU/dzień przez 12 tygodni	<sup>D</sup> 24,4 ± 4,9 ng/ml <sup>P</sup> 24,8 ± 4,6 ng/ml	<sup>D</sup> 29,6 ± 6,5 ng/ml <sup>P</sup> 20,3 ± 4,2 ng/ml	Brak znaczącego wpływu suplementacji na zdolności wysiłkowe
Jastrzębska i wsp., 2016	36 zawodników trenujących piłkę nożną	5000 IU/dzień przez 8 tygodni	<sup>D</sup> 19,4 ± 3,4 ng/ml <sup>P</sup> 19,0 ± 6,5 ng/ml	<sup>D</sup> 42,6 ± 4,1 ng/ml <sup>P</sup> 17,4 ± 5,8 ng/ml	Nie wykazano istotnych zmian w wynikach testów zdolności motorycznych
Todd i wsp., 2017	43 zawodników trenujących futbol irlandzki	3000 IU/dobę przez 12 tygodni	<sup>D</sup> 15,1 ± 5,3 ng/ml <sup>P</sup> 17,3 ± 8,8 ng/ml	<sup>D</sup> 33,5 ± 13,2 ng/ml <sup>P</sup> 19,7 ± 10,2 ng/ml	Suplementacja witaminą D nie miała istotnego wpływu na zdolności wysiłkowe

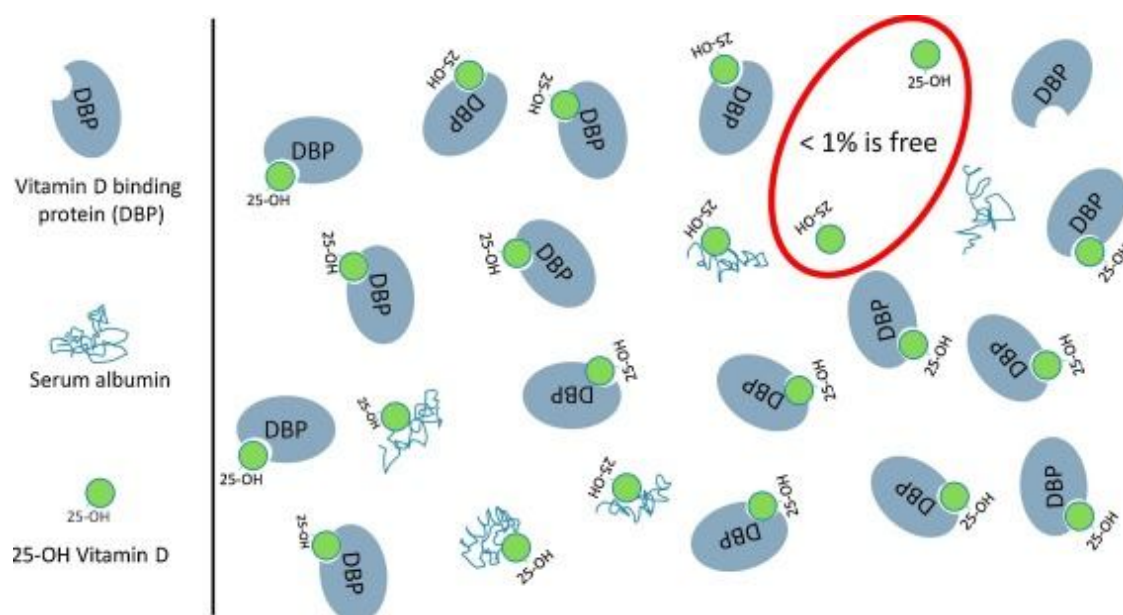


Wyon i wsp., 2016	22 judoków	150 000 IU raz przez 8 dni	<sup>D</sup> 13,2 ± 3,8 ng/ml <sup>P</sup> 16,3 ± 2,7 ng/ml	<sup>D</sup> 16,8 ± 3,2 ng/mL <sup>P</sup> 16,3 ± 2,6 ng/mL	Znaczący wzrost siły mięśniowej w grupie z suplementacją w porównaniu do placebo
Fairbairn i wsp., 2018	57 zawodników trenujących rugby	50 000 IU raz na 2 tygodnie przez 11–12 tygodni	<sup>D</sup> 37,7 ± 7,2 ng/ml <sup>P</sup> 38,1 ± 6,8 ng/ml	<sup>D</sup> 45,7 ± 7,6 ng/ml <sup>P</sup> 32,1 ± 8,4 ng/ml	Brak znaczącego wpływu suplementacji na zdolności wysiłkowe
Jastrzębska i wsp., 2018	36 zawodników trenujących piłkę nożną	5000 IU/dzień przez 8 tygodni	<sup>D</sup> 19,4 ± 3,4 ng/ml <sup>P</sup> 19,0 ± 6,5 ng/ml	<sup>D</sup> 42,6 ± 4,1 ng/ml <sup>P</sup> 17,4 ± 5,8 ng/ml	Znacząca poprawa prędkości biegu na progu mleczanowym, tętna maksymalnego, oraz maksymalnego poboru tlenu w grupie z suplementacją w porównaniu do placebo
Skalska i wsp., 2019	36 młodych zawodników trenujących piłkę nożną	5000 IU/dzień przez 8 tygodni	<sup>D</sup> 19,4 ± 3,4 ng/ml <sup>P</sup> 19,0 ± 6,5 ng/ml	<sup>D</sup> 42,6 ± 10,7 ng/ml <sup>P</sup> 17,4 ± 6,8 ng/ml	Brak znaczącego wpływu suplementacji na zdolności wysiłkowe

D – grupa suplementowana witaminą D; P – grupa placebo

### 1.3. Całkowita i wolna witamina D

VDBP wiąże 85-90% 1,25(OH)<sub>2</sub>D obecnego w krążeniu, a jej pozostała niezwiązana frakcja jest uznawana za biodostępną. Około 10-15% 1,25(OH)<sub>2</sub>D wiąże się z albuminą z czego 1% całkowitej ilości witaminy D to wolna witamina D.



Rycina 3. Formy witaminy D krążące w krwiobiegu (Tsuprykov i wsp., 2018)

Ze względu na możliwość występowania mutacji genu VDBP może istnieć osobnicza zmienność co do ilości biologicznie dostępnej witaminy D (Powe i wsp., 2013). Gen VDBP jest wysoce polimorficzny, co prawdopodobnie wpływa na występowanie różnic w stężeniu witaminy D w organizmie (Engelman i wsp., 2008; Rozmus i wsp., 2020; Sinotte i wsp., 2009). Ponadto w piśmiennictwie pojawiły się informacje świadczące o tym, że w związku z występowaniem określonego polimorfizmu w obrębie genu VDBP zauważono różnice w całkowitym stężeniu 25(OH)D oraz zwiększone ryzyko osteoporozy (Al-oanzi i wsp., 2008; Fang i wsp., 2009; Lauridsen i wsp., 2005).

Najczęściej do oceny statusu witaminy D jest stosowane stężenie 25(OH)D. Natomiast rosnąca liczba dowodów naukowych wskazuje na znaczące ograniczenia tego

oznaczenia (Bartoszewicz i wsp., 2013; Chausmer, 2018). Najnowsze badania dostarczają informacji dotyczących innych markerów statusu witaminy D, takich jak wolna i biodostępna witamina D (Herrmann i wsp., 2017).

Ocena polimorfizmów pojedynczych nukleotydów (z ang. SNP – *single nucleotide polymorphism*) białka VDBP, reduktazy 7-dehydrocholesterolu oraz receptora VDR może pomóc w identyfikacji osób zagrożonych niedoborem witaminy D. Szczególnie jest to ważne w przypadku niewystarczającej odpowiedzi na suplementację witaminą D (Herrmann i wsp., 2017). Oznaczenie wolnej frakcji witaminy D jest lepiej skorelowane z niektórymi jednostkami chorobowymi (Tsuprykov i wsp., 2018), zatem może ona być lepszym markerem oceny statusu witaminy D w surowicy (Carter, 2009, 2011; Singh, 2008;). Wydaje się zatem, że ocena wolnej 25(OH)D z uwzględnieniem genotypu białka VDBP i receptora VDR będzie miała większe znaczenie kliniczne. Niektórzy autorzy sugerują, że ocena tylko całkowitego stężenia 25(OH)D jako wskaźnika niedoboru witaminy D jest prawdopodobnie niewystarczające (Bikle i Schwartz, 2019). Natomiast kalkulowane stężenie wolnej 25(OH)D, w niektórych przypadkach, może być niedokładne (Schwartz i wsp., 2014). W badaniach na zdrowych, młodych osobach, ocena zarówno wolnej 25(OH)D jak i 1,25(OH)<sub>2</sub>D dwoma metodami – bezpośrednia i kalkulowana dała podobne wyniki (Lopez-Molina i wsp., 2018). Natomiast w przypadku osób z jednostkami chorobowymi lub w różnych stanach fizjologicznych (np. ciąży) zauważono, iż obliczone wartości wolnej 25(OH)D różnią się od zmierzonych bezpośrednio np. przy użyciu ultrafiltracji odśrodkowej lub testu ELISA (Schwartz i wsp., 2014).

#### **1.4. Metody oznaczania witaminy D w surowicy krwi**

Do oceny statusu witaminy D w organizmie stosuje się metabolit 25(OH)D. Okres półtrwania tego związku wynosi około 21 dni. W przypadku 1,25(OH)<sub>2</sub>D czas ten waha się od 1 do 7 godzin (Napiórkowska i Franek, 2009). 25(OH)D występuje we krwi w najwyższym stężeniu w porównaniu do pozostałych form witaminy D. Pomimo że, 1,25(OH)<sub>2</sub>D jest biologicznie aktywną formą witaminy D, jego oznaczenie nie jest obecnie stosowane. Powodem jest krótki okres półtrwania – stężenie może wahać się w ciągu jednej doby oraz zależeć od poziomu PTH, wapnia i fosforu (DeLuca, 2004). W sytuacji niedoboru

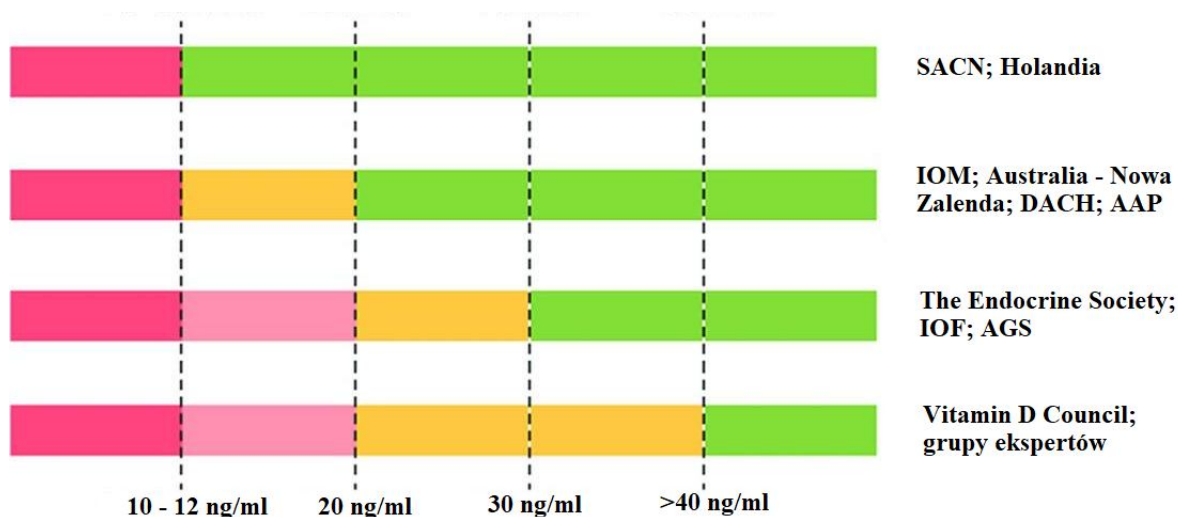
witaminy D w organizmie następuje obniżenie wchłaniania wapnia w jelitach, co zwiększa sekrecję PTH. Hormon ten jest odpowiedzialny za metabolizm wapnia poprzez zwiększenie jego kanalikowego wchłaniania zwrotnego w nerkach i uwalniania z kośćca. Ponadto PTH zmniejsza także stężenie fosforanów we krwi i zwiększa ich wydalanie z moczem. Stężenie  $1,25(\text{OH})_2\text{D}$  w surowicy krwi jest tysiącrotnie niższe niż  $25(\text{OH})\text{D}$ , co powoduje brak użyteczności tego związku w diagnostyce laboratoryjnej (Holick, 2009).

Standardem diagnostycznym powinno być równoczesne oznaczanie  $25(\text{OH})\text{D}_2$  oraz  $25(\text{OH})\text{D}_3$ , czyli  $25(\text{OH})\text{D}$  całkowitej. Do oceny stężenia witaminy D oraz krążących metabolitów najczęściej stosuje się testy immunochemiczne. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że przeciwciała wykorzystywane w tego rodzaju testach charakteryzują się różnym powinowactwem do metabolitów  $25(\text{OH})\text{D}_2$  oraz  $25(\text{OH})\text{D}_3$ . Ponadto przeciwciała monoklonalne mogą być wrażliwe na polimorfizmy białek, co wpływa na ostateczny wynik (Denburg i wsp., 2016; Nielson i wsp., 2016;).

Barake i wsp. porównali stężenie  $25(\text{OH})\text{D}$  w surowicy krwi 492 pacjentów. Oceny dokonano za pomocą testów ELISA dwóch różnych firm (Barake i wsp., 2012). Oznaczenie z wykorzystaniem jednego z testów wskazywało deficyt u 52% badanych osób, natomiast z drugiego tylko u 36 % pacjentów. Niektórzy autorzy sugerują, że stężenie  $25(\text{OH})\text{D}$  może również wykazywać dobowe wahania (Masood i wsp., 2015).

Ze względu na niejednoznaczne wyniki badań immunochemicznych, coraz częściej w diagnostyce medycznej wykorzystuje się chromatografię cieczową sprzężoną ze spektrometrią mas (LC-MS/MS). W ostatnich latach oprócz LC-MS/MS zaproponowano alternatywne metody oznaczania witaminy D takie jak: chromatografia gazowa ze spektrometrią mas (GC-MS) oraz wysokosprawna chromatografia cieczowa (HPLC) (Barake i wsp., 2012; Carter, 2009, 2012; El-Khoury i wsp., 2012; Luque de Castro i wsp., 1999; Singh, 2008; Wallace i wsp., 2010;). Obecnie stwierdza się, że jednoczesna spektrometria masowa z chromatografią cieczową jest najdokładniejszą metodą do oceny stężenia metabolitów witaminy D i można ją uznać za tak zwany „złoty standard”.

Ponadto wartym podkreślenia jest fakt, że instytuty na całym świecie nie są zgodne, co do interpretacji stężenia 25(OH)D w surowicy oraz zaleceń, dotyczących wymaganej suplementacji. Na rycinie 4 przedstawiono rekomendowane normy stężenia 25(OH)D.



Rycina 4. Zalecenia instytutów i grup eksperckich dotyczące rekomendowanych norm stężenia 25(OH) D w surowicy (Sempos i Binkley, 2020) (AAP - Amerykańska Akademia Pediatrii; AGS - Amerykańskie Towarzystwo Geriatryczne; DACH - Niemcy, Austria i Confoederatio Helvetica (Szwajcaria); IOF - Międzynarodowa Fundacja Osteoporozy; IOM - Instytut Medycyny; SACN - Naukowy Komitet Doradczy ds. Żywienia; The Endocrine Society – Towarzystwo Endokrynologiczne; Vitamin D Council – Rada ds. witaminy D; Kolorem czerwonym zaznaczono poziom deficytu, różowym stan niedoboru, a pomarańczowym stężenie suboptymalne. Kolorem zielonym zaznaczono stężenie witaminy D, który nie wymaga dodatkowej suplementacji)

Polskie Towarzystwo Endokrynologii Dziecięcej i Diabetologii oraz Panel Ekspertów z udziałem Krajowych Konsultantów Specjalistycznych i Przedstawicieli Towarzystw Naukowych w 2018 rekomendował następujące normy stężenia całkowitej 25(OH)D:

- od 0 i < 10 ng/ml - ciężki niedobór,
- $\geq 10$  i < 20 ng/ml- niedobór znaczny,
- $\geq 20$  i < 30 ng/ml- stężenie suboptymalne,
- $\geq 30$  i < 50 ng/ml- stężenie optymalne,
- $\geq 50$  i < 100 ng/ml- wartość podwyższona,
- > 100 ng/ml wartość toksyczna (Rusińska i wsp., 2018).

Według najnowszych rekomendacji z 2023 roku określono następujące normy stężenia 25(OH)D w surowicy:

- $< 20$  ng/ml wskazuje na niedobór witaminy D, stan, który powinien być leczony z zastosowaniem dawek terapeutycznych,
- $\geq 20$  i  $< 30$  ng/ml uznano za suboptymalne stężenie witaminy D, które wymaga suplementacji,
- $\geq 30$  ng/ml i  $< 50$  ng/ml przyjęto jako optymalne stężenie witaminy D,
- $\geq 50$  ng/ml i  $< 100$  ng/ml wskazują na wysoką podaż witaminy D,
- $\geq 100$  ng/ml może sugerować zwiększone ryzyko zatrucia i konieczność ograniczenia/przerwania suplementacji lub leczenia (Płudowski i wsp., 2023).

### **1.5.Elementy stylu życia a witamina D**

Ilość syntetyzowanego endogennie 25(OH)D zależy może od wielu czynników takich jak: wskaźnika BMI, a szczególnie ilości tkanki tłuszczowej, wieku, pory roku i dnia, stosowania kremów z filtrami UV, karnacji skóry, stopnia zachmurzenia, powierzchni skóry, na którą padają promienie słoneczne, szerokości geograficznej, w jakiej się przebywa, poziomu zanieczyszczenia powietrza oraz rodzaju noszonych ubrań. Ponadto na stężenie 25(OH)D wpływa również stan zdrowia i ilość witaminy D dostarczona egzogennie poprzez spożyte produkty żywnościowe i suplementację.

Witamina D jest rozpuszczalna w tłuszczach i łatwo gromadzi się w tkance tłuszczowej (Park i Han, 2021). W piśmiennictwie zwraca się uwagę na związek między ilością tkanki tłuszczowej a niskim stężeniem witaminy D. Potencjalnej przyczyny niższego stężenia 25(OH)D u osób z nadmierną masą ciała doszukuje się w niższym spożyciu witaminy D ogółem, mniej wydajnej syntezie skórnej, gorszym wchłanianiu oraz zmienionym metabolizmie (Vanlint, 2013). Okazuje się jednak, że wzrost stężenia witaminy D w organizmie po ekspozycji na promienie słoneczne jest podobny u osób

z nadmierną masą ciała oraz tych z prawidłową (Wortsman i wsp., 2000). Dlatego różnice w stężeniu 25(OH)D najprawdopodobniej wynikają z kumulacji witaminy D w tkance tłuszczowej albo z mniejszej jej biodostępności (Drincic i wsp., 2012; Wortsman i wsp., 2000).

Czynnikiem zmniejszającym produkcję witaminy D jest starzenie się. Stężenie 7-dehydrocholesterolu w naskórku osób starszych w porównaniu z młodymi jest mniejsze. Występuje gorsza reakcja na promieniowanie UV, co skutkuje 50% spadkiem tworzenia się prewitaminy D<sub>3</sub> (MacLaughlin i Holick, 1985).

Głównym źródłem witaminy D jest ekspozycja na światło słoneczne. W krajach powyżej 37 stopnia szerokości geograficznej, szczególnie w miesiącach od listopada do lutego, ilość padających promieni słonecznych jest niewystarczająca do endogennej syntezy witaminy D (Holick, 2004, 2006; Holick i Chen, 2008; Timpini i wsp., 2011; Vasquez i wsp., 2004; Zhang i Naughton, 2010;). Dlatego w tym okresie szczególnie rekomendowana jest suplementacja witaminą D. Aktualnie w celu zmniejszenia ryzyka niedoborów stosuje się dawki w ilości 800-2000 IU cholekalcyferolu/dzień lub zindywidualizowane określone po konsultacji z lekarzem (Cannell i Hollis, 2008; Holick, 2011; Płudowski i wsp., 2023; Ross i wsp., 2011; Rusińska i wsp., 2018; Willis i wsp., 2008). Należy jednak zauważyć, że stosowanie 10 000 IU cholekalcyferolu/dziennie lub 50 000 IU cholekalcyferolu/tydzień przy poziomie 25(OH)D wyższym niż 100-150 ng/ml może wywołać działanie toksyczne, co objawia się: hiperkalcemią, symptomami neuropsychiatrycznymi, dolegliwościami żołądkowo-jelitowymi, problemami z układem sercowo-naczyniowym oraz z funkcjonowaniem nerek (Marcinowska-Suchowierska i wsp., 2018). Przy tak wysokich dawkach suplementacji witaminą D należy zadbać o odpowiednią podaż wapnia w celu uniknięcia hipokalcemii (Vieth, 2009). Należy jednak zauważyć, iż rekomendacje stosowania wysokich dawek mogą być skutecznym sposobem leczenia pacjentów z ciężkim niedoborem witaminy D. W badaniu Singh wykazano, że 10 tygodniowy protokół suplementacji witaminy D w ilości 60 000 IU na tydzień oraz 500 mg wapnia na dzień podniósł stężenie witaminy D o 28,33 ng/ml, podczas gdy w grupie otrzymującej 1000 IU dziennie średni wzrost stężenia wyniósł 6,79 ng/ml (Singh i wsp. 2019).

Ze względu na kluczową rolę, jaką w syntezie witaminy D odgrywa światło słoneczne, a w szczególności promieniowanie ultrafioletowe, każde działanie zaburzające syntezę w keranocytach będzie przyczyniać się do występowania niedoboru witaminy D. Powszechnie uważa się, że główną przyczyną zakłócającą syntezę witaminy D jest stosowanie kremów z filtrami UVB (Holick, 2004, 2006; Holick i Chen, 2008; Vasquez i wsp., 2004; Zhang i Naughton, 2010;). Zwłaszcza stosowanie kremów z filtrem o wysokim współczynniku SPF. Udowodniono, iż stosowanie kremów z filtrami zmniejsza endogenną produkcję witamin D po pojedynczej ekspozycji na promienie UVB, niezależnie od eksponowanej powierzchni ciała (Libon i wsp., 2017). Warty podkreślenia jest fakt, że pomimo ograniczenia skórnej produkcji witaminy D, stężenie krążącego 25(OH)D zmniejsza się tylko w minimalnym stopniu. Nowe badania dostarczają informacji, że kremy z filtrami przeciwsłonecznymi nie muszą całkowicie blokować endogennej produkcji 25(OH)D przy jednoczesnym zapobieganiu oparzeniom przez słońce (Young i wsp., 2019). Według niektórych autorów stosowanie kremów z filtrami przeciwsłonecznymi nie zwiększa ryzyka niedoboru witaminy D i nie powinno się odrzucać zaleceń co do profilaktyki raka skóry (Neale i wsp., 2019). Należy podkreślić, że nadal brakuje jednoznacznych informacji, co do wpływu filtrów o wysokim współczynniku ochrony przeciwsłonecznej oraz ich długotrwałego stosowania na stężenie witaminy D.

Ciemna karnacja skóry czy nadmierna pigmentacja również uniemożliwiają powstawanie witaminy D w skórze (u czarnoskórych synteza skórna witaminy D jest 6–10 razy mniejsza, a u Azjatów około 3 razy mniejsza niż u osób rasy kaukaskiej). Melanina zawarta w skórze w dużych ilościach hamuje absorpcję promieni UVB. W pracy Aloia i wsp. wykazano, że Afroamerykanie do skutecznej syntezy witaminy D<sub>3</sub> wymagają 5-10 krotnie dłuższego okresu ekspozycji na słońce niż osoby rasy kaukaska (Aloia i wsp., 2015). Ponadto nie ma uogólnionych zaleceń co do czasu ekspozycji na promienie słoneczne, potrzebnego do dostatecznego wytworzenia witaminy D. W pracy Holick wykazano, że pojedyncza dawka promieniowania UV powoduje syntezę witaminy D w ilości od 10 000 do 25 000 IU po 24 godzinach od ekspozycji (Holick, 2006). W miesiącach letnich lub w krajach o większej liczbie godzin nasłonecznienia, promieniowanie UVB może być wystarczające do syntezy witaminy D. Szacuje się że synteza skórna może pokryć 80-100% dziennego zapotrzebowania na witaminę D. Jednak



w miesiącach zimowych kąt padania promieni słonecznych uniemożliwia prawidłową syntezę witaminy D. Dotyczy to przede wszystkim obszarów położonych na szerokości geograficznych powyżej 35–37 stopni (Neville i wsp. 2021). W tych rejonach, w okresie od października do marca syntezę skórną uważa się za nieefektywną. W Polsce endogenna synteza witaminy D wytwarzana w skórze może być skuteczna tylko w miesiącach od maja do września od godziny 10:00 do 15:00. Ponadto wymagane są odpowiednie warunki pogodowe, a dokładnie przeważająca bezchmurna pogoda (Krzyścin i wsp. 2011). Co najmniej 18% powierzchni ciała powinno zostać wyeksponowane na promienie słoneczne przez około 15 minut. Takie nasłonecznienie organizmu powinno stanowić połowę dawki, która powoduje lekkie zaróżowienie skóry i może prowadzić do zsyntetyzowania witaminy D w ilości 2000-4000 IU na dzień ( Krzyścin i wsp., 2016; Krzyścin i wsp. 2011). Najnowsze rekomendacje zalecają jednak dłuższą (30-45 minut) ekspozycję na promienie UV z odkrytymi przedramionami i nogami (Płudowski i wsp., 2023). Należy jednak pamiętać, że zanieczyszczenie powietrza jest czynnikiem, który może ograniczać wchłanianie światła słonecznego przez skórę. Osłabienie promieniowania UVB obniża efektywność syntezy skórnej, co może przyczynić się do zmniejszenia stężenia witaminy D (Mousavi i wsp., 2019).

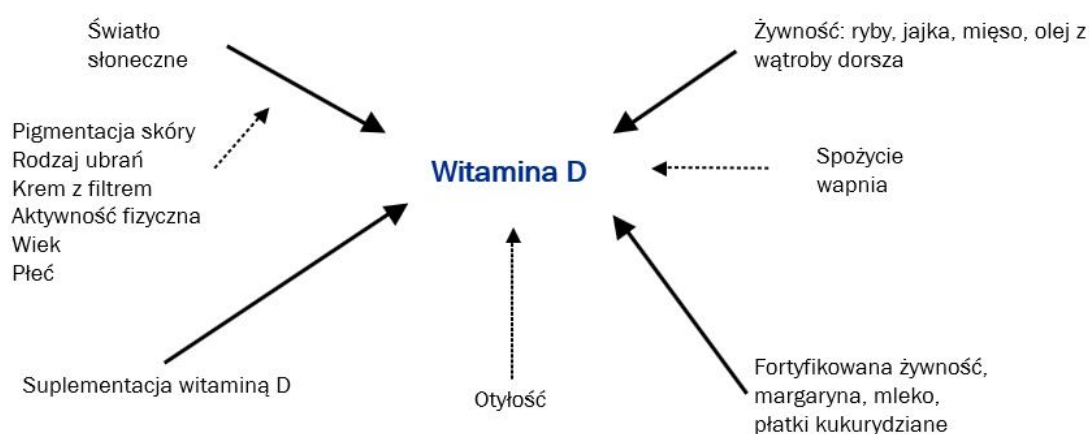
Kolejnym czynnikiem ograniczającym ilość docierających promieni UV do skóry jest rodzaj noszonych ubrań. Wiele arabskich kobiet zakrywa swoje ciała ze względów kulturowych i religijnych, zmniejszając ekspozycję skóry na światło słoneczne. Style ubierania się, w których zakrywa się większość lub prawie całe ciało mają niekorzystny wpływ na stężenie 25(OH)D. Zaobserwowano występowanie niedoboru witaminy D wśród muzułmańskich kobiet, pomimo zamieszkania w krajach o wysokim stopniu nasłonecznienia (Hussain i wsp., 2021; Odhaib i wsp, 2021).

Niedobór witaminy D może również być związany z niektórymi schorzeniami. Na niższe stężenie 25(OH)D w surowicy mogą wpływać choroby układu pokarmowego (np. celiakia, choroba Leśniowskiego-Crohna). Dodatkowo na obniżenie poziomu w organizmie wpływają długo stosowane leki. Glikokortykoidy, substancje przeciwbakteryjne, przeciwretrowirusowe oraz przeciwepileptyczne zwiększają katabolizm

1,25(OH)<sub>2</sub>D do nieaktywnego kwasu kalcytrionowego wydalanego wraz z żółcią (Zdrojewicz i wsp. 2015).

Niewiele produktów spożywczych zawiera witaminę D, a pokarmy bogate w witaminę D nie są spożywane często. Wątroba wołowa, żółtka jaj i sery zawierają niewielkie ilości witaminy D, głównie w postaci witaminy D<sub>3</sub> i jej metabolitu 25(OH)D<sub>3</sub>. Natomiast źródłem roślinnym witaminy D<sub>2</sub> są grzyby oraz algi morskie (Benedik, 2022). Wysoką zawartość zawartości witaminy D znajdziemy w wątrobach tłustych ryb takich jak: łosoś, sardynki, śledź czy węgorz. Dodatkowym jej źródłem mogą być produkty, które są w nią wzbogacane, takie jak: mleko, tłuszcze do smarowania i płatki zbożowe (Roseland i wsp., 2018). Spożycie wskazanych produktów jest bardzo zmienne, a ich występowanie rzadkie. Dlatego wkład spożycia fortyfikowanej żywności w zmniejszenie niedoboru witaminy D jest znikomy.

Na rycinie 5 przedstawiono determinanty stężenia 25(OH)D w organizmie.



Rycina 5. Czynniki determinujące stężenie witaminy D. Pełne strzałki wskazują bezpośrednie źródła witaminy D. Strzałki przerywane wskazują pośredni wpływ na stan stężenia witaminy D (Fayet-Moore i wsp., 2019; Lips i wsp., 2014; Touvier i wsp., 2015)

Analizując stężenie 25(OH)D w organizmie, należy wziąć pod uwagę wiele determinantów. Według aktualnych danych na poziom witaminy D wpływają nie tylko czynniki środowiskowe, ale również genetyczne i epigenetyczne (Caccamo, i wsp. 2018; Carlberg, 2017). W piśmiennictwie wykazano, że polimorfizm pojedynczego nukleotydu ma

związek ze stężeniem metabolitu witaminy D (Bahrami i wsp., 2018; Dastani i wsp., 2013; Engelman i wsp., 2008). Ponadto warianty genetyczne VDBP mogą wpływać na metabolizm witaminy D. Zastosowanie technik biologii molekularnej może doprowadzić do nowych spostrzeżeń na temat genotypów VDBP w różniących się genetycznie i geograficznie populacjach (Herrmann i wsp., 2017; Malik i wsp., 2013). Poznanie nowych polimorfizmów VDBP będzie pomocne w zrozumieniu różnic w metabolizmie witaminy D.

## **II CEL BADAŃ, PYTANIA BADAWCZE**

### **2.1. Cel badań**

Celem badań była ocena zależności pomiędzy stężeniem całkowitej oraz wolnej witaminy D w surowicy krwi a wybranymi elementami stylu życia u sportowców.

### **2.2. Pytania badawcze**

1. Czy stężenie wolnej oraz całkowitej witaminy D istotnie różni się w zależności od pory roku (zima vs lato)?
2. Czy stężenie wolnej oraz całkowitej witaminy D różni się w zależności od miejsca odbywania treningów (zawodnicy trenujący na zewnątrz vs. trenujący w przestrzeniach zamkniętych)?
3. Czy stężenie wolnej oraz całkowitej witaminy D różni się w zależności od poziomu aktywności fizycznej (sportowcy vs osoby o niskim i średnim poziomie aktywności fizycznej) w dwóch okresach?
4. Czy występuje zależność pomiędzy wybranymi elementami stylu życia a stężeniem wolnej oraz całkowitej witaminy D w surowicy krwi badanych uczestników? Które czynniki można uznać za najsilniejsze z predyktorów wpływające na stężenie witaminy D - wolnej i całkowitej?

### III MATERIAŁ I METODY BADAŃ

#### 3.1. Osoby badane

Badanie zostało podzielone na dwa etapy.

W pierwszej części eksperymentu przeprowadzonego w okresie zimowym (luty/marzec 2021 rok) brało udział 31 zawodników grających w piłkę nożną oraz 19 zawodników trenujących judo. Materiał badawczy stanowili zawodnicy grający w piłkę nożną w III lidze. Sportowcy trenujący judo byli z drużyny KS Gwardia Wrocław oraz MKS Juwenia Wrocław. Są to zawodnicy rywalizujący na szczeblu krajowym i międzynarodowym. Podczas badań zawodnicy byli w okresie przygotowawczym, trenowali 5-6 razy w tygodniu po 1,5-2 godziny. Sportowcy w ramach dyscypliny sportowej mieli podobne obciążenia wysiłkowe.

Do porównania ze sportowcami utworzono grupę 23 osób o niskim ( $n=5$ ) i średnim ( $n=18$ ) poziomie aktywności fizycznej zwaną dalej grupą kontrolną. Poziom aktywności fizycznej został oceniony na podstawie Międzynarodowego Kwestionariusza Aktywności Fizycznej (z ang. *International Physical Activity Questionnaire* - IPAQ) – wersja krótka (Craig i wsp., 2003). W okresie zimowym średnia ekspozycja na promienie słoneczne osób z grupy kontrolnej wynosiła  $1,8 \pm 0,8$  h/dzień, a w okresie letnim  $2,4 \pm 1,2$  h/dzień.

Spożycie witaminy D w dawce minimum 1000 IU/dziennie w postaci suplementu diety w okresie zimowym deklarowało pięciu (22%) mężczyzn z grupy kontrolnej sześciu (32%) judoków oraz dziewięciu (29%) piłkarzy nożnych. W okresie letnim suplementację witaminą D stosowało dwóch (12%) uczestników badań z grupy kontrolnej, czterech (33%) judoków oraz ośmiu (40%) piłkarzy nożnych.

Wszyscy uczestnicy badania byli rasy kaukaskiej, mieszkali we Wrocławiu lub w jego okolicach ( $51^{\circ}06'N$ ).

Jeden z uczestników badań (zawodnik grający w piłkę nożną) w okresie zimowym korzystał z solarium.

Drugą część eksperymentu przeprowadzono w okresie letnim (wrzesień 2021) i brało w nim udział 49 uczestników w tym 20 zawodników grających w piłkę nożną, 12 zawodników trenujących judo oraz 17 osób grupy kontrolnej.

Uczestnicy zostali poinformowani o celu badań i możliwości zrezygnowania z eksperymentu na każdym jego etapie. Wszyscy badani wyrazili pisemną świadomą zgodę zgodnie z Deklaracją Helsińską dla ludzi i dyrektywą Rady Wspólnot Europejskich z dnia 24 listopada 1986 r. (86/608/EEC). Realizacja badań rozpoczęła się po wcześniejszym otrzymaniu zgody Senackiej Komisji ds. Etyki Badań Naukowych przy Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, uchwała nr 18/2013.

W trakcie badań wszyscy uczestnicy prowadzili rejestr spożytych posiłków, napojów oraz suplementów diety. W okresie zimowym średnie dzienne spożycie energii, białka, węglowodanów i tłuszczu w grupie piłkarzy nożnych wynosiło  $2549,8 \pm 509,9$  kcal/dobę,  $114,0 \pm 23,5$  g/kg m.c./dobę,  $282 \pm 67,8$  g/kg m.c./dobę,  $97,6 \pm 28,4$  g/kg m.c./dobę, w grupie judoków wynosiło  $2827,9 \pm 601,3$  kcal/dobę,  $137,6 \pm 44,8$  g/kg m.c./dobę,  $306,1 \pm 88,4$  g/kg m.c./dobę,  $105,2 \pm 28,1$  g/kg m.c./dobę a w grupie kontrolnej  $2760 \pm 499,6$  kcal/dobę,  $135,5 \pm 30,3$  g/kg m.c./dobę,  $324,2 \pm 67,1$  g/kg m.c./dobę,  $93,5 \pm 24,6$  g/kg m.c./dobę.

Natomiast w okresie letnim średnie dzienne spożycie energii, białka, węglowodanów i tłuszczu w grupie piłkarzy nożnych wynosiło  $2715,9 \pm 428,1$  kcal/dobę,  $131,4 \pm 28,8$  g/kg m.c./dobę,  $320,8 \pm 70$  g/kg m.c./dobę,  $100,5 \pm 56,3$  g/kg m.c./dobę, w grupie judoków wynosiło  $2621,4 \pm 553$  kcal/dobę,  $131,6 \pm 32,7$  g/kg m.c./dobę,  $299,8 \pm 73,4$  g/kg m.c./dobę,  $95,6 \pm 22,1$  g/kg m.c./dobę a w grupie kontrolnej  $2815,6 \pm 454,3$  kcal/dobę,  $122,9 \pm 26,4$  g/kg m.c./dobę,  $311,4 \pm 55,7$  g/kg m.c./dobę,  $103,5 \pm 26,5$  g/kg m.c./dobę.

Charakterystyka antropometryczna grupy badanej w okresie zimowym została przedstawiona w tabeli 2 a w okresie letnim w tabeli 3.

Tabela 2. Charakterystyka antropometryczna badanej grupy z okresu zimowego.

Wskaźnik	Kontrola (n= 23) <sup>1</sup>	Piłka nożna (n=31) <sup>1</sup>	Judo (n=19) <sup>1</sup>	Sport (n=50) <sup>1</sup>
Wiek [lata]	28,39 ± 4,04; 28 [26-30]	22,48 ± 3,94; 23 [19-26]	22,84 ± 2,87; 23 [21-25]	22,62 ± 3,54; 23 [19-25]
Wysokość ciała [m]	1,78 ± 0,07; 1,79 [1,72-1,84]	1,81 ± 0,06; 1,82 [1,78-1,84]	1,8 ± 0,05; 1,81 [1,78-1,83]	1,81 ± 0,05; 1,81 [1,78-1,84]
Masa ciała [kg]	82,69 ± 13,66; 83 [72-93]	76,82 ± 7,11; 77 [73-81,5]	81,75 ± 9,84; 81,5 [73-90]	78,69 ± 8,51; 77,4 [73-84]
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	25,91 ± 3,29; 25,88 [24,34-27,76]	23,37 ± 1,37; 23,45 [22,31-24,54]	25,04 ± 2,15; 25,39 [23,75-26,48]	24,01 ± 1,88; 23,84 [22,37-25,36]
WHR [cm/cm]	0,95 ± 0,03; 0,96 [0,93-0,98]	0,96 ± 0,02; 0,96 [0,95-0,98]	0,99 ± 0,03; 0,98 [0,97-1,01]	0,98 ± 0,03; 0,97 [0,95-0,99]
Zawartość tkanki tłuszczowej [%]	16,98 ± 5,12; 15,57 [13,56-21,24]	10,72 ± 1,51; 10,67 [9,22-11,78]	10,95 ± 2,34; 10,04 [9,31-13,68]	10,81 ± 1,85; 10,29 [9,31-11,78]
VO <sub>2</sub> max [ml/kg/min]		53,8 ± 3,6; 54,1 [51,4-56,4]	51,5 ± 2,4; 51,4 [49,8-53,1]	53 ± 3,5; 52,8 [50,5-55,3]

<sup>1</sup> Średnia ± odchylenie; mediana [kwartyle]

Tabela 3. Charakterystyka antropometryczna badanej grupy z okresu letniego

Wskaźnik	Kontrola (n= 17) <sup>1</sup>	Piłka nożna (n=20) <sup>1</sup>	Judo (n=12) <sup>1</sup>	Sport (n=32) <sup>1</sup>
Wiek [lata]	27,65 ± 2,76; 28 [26-30]	22,7 ± 4,31; 22 [19-26,5]	23,08 ± 2,84; 23,5 [21,5-25]	22,84 ± 3,78; 23 [19-26]
Wysokość ciała [m]	1,78 ± 0,07; 1,79 [1,73-1,83]	1,81 ± 0,06; 1,82 [1,78-1,84]	1,8 ± 0,05; 1,81 [1,78-1,83]	1,81 ± 0,05; 1,82 [1,78-1,84]
Masa ciała [kg]	81,24 ± 12,99; 83 [70-90]	76,8 ± 6,52; 78 [72-80,5]	80,18 ± 7,1; 81,75 [76-84,8]	78,06 ± 6,83; 79 [73,5-81,75]
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	25,56 ± 3,14; 25,74 [23,94-26,88]	23,36 ± 1,09; 23,58 [22,82-24,09]	24,65 ± 1,63; 24,69 [24,03-25,67]	23,84 ± 1,44; 23,98 [23,21-24,58]
WHR [cm/cm]	0,9 ± 0,09; 0,88 [0,84-0,93]	0,87 ± 0,06; 0,87 [0,82-0,9]	0,85 ± 0,04; 0,85 [0,83-0,88]	0,86 ± 0,05; 0,86 [0,82-0,89]
Zawartość tkanki tłuszczowej [%]	15,52 ± 4,06; 13,69 [13,17-17,94]	10,36 ± 1,34; 10,17 [9,64-11,04]	11,09 ± 2,12; 10,46 [9,31-12,85]	10,63 ± 1,68; 10,24 [9,6-11,61]

<sup>1</sup> Średnia ± odchylenie; mediana [kwartyle]



## 3.2. Metody badawcze

### 3.2.1. Pomiary antropometryczne

#### 3.2.1.1. Masa i wysokość ciała

Do pomiarów wysokości oraz masy ciała wykorzystano wagę medyczną z cyfrowym wyświetlaczem i wzrostomierzem. Do ogólnej oceny budowy ciała badanych uczestników skorzystano ze wskaźnika wagowo-wzrostowego względnej masy ciała - BMI (z ang. *body mass index*).

#### 3.2.1.2. Wskaźnik WHR (z ang. *Waist-Hip Ratio*)

Badanym uczestnikom zmierzono taśmą mierniczą obwód w najwęższej części talii, tuż nad pępkiem oraz w najszerszym punkcie bioder. Wskaźnik WHR obliczono jako stosunek obwodu talii do bioder.

#### 3.2.1.3. Fałdy skórno – tłuszczowe

Uczestnikom eksperymentu wykonano pomiary antropometryczne, w tym fałdy skórno-tłuszczowe. Pomiary fałdów skórnych przeprowadzono za pomocą suwmiarki do pomiaru tkanki tłuszczowej typu Harpenden, charakteryzującej się stałym naciskiem 10 g/mm<sup>2</sup>. Do oceny zawartości tkanki tłuszczowej podskórnej mierzono grubość fałdu skórno-tłuszczowego na klatce piersiowej, na linii pachowej środkowej, bicepsie, tricepsie, pod łopatką, na brzuchu, nad grzebieniem biodrowym oraz na udzie. W celu obliczenia procentowej zawartości tkanki tłuszczowej w ciele skorzystano ze wzoru Oliver i wsp. uwzględniającego 7 fałdów skórnych: klatki piersiowej, linii pachowej środkowej, tricepsa, podłopatki, brzucha, biodra oraz uda (Oliver i wsp., 2012).

$$BF = 3,53 + \left( 0,132 \left( \sum SUMSF \right) \right)$$

SUMSF- suma 7 fałdów skórno-tłuszczowych

### 3.2.2. Kwestionariusz FFLQ

Za pomocą Kwestionariusza FFLQ (z ang. *Food Frequency Lifestyle Questionnaire*) (załącznik nr 1) oceniono m.in. częstość spożycia produktów zawierających witaminę D, spożycie witaminy D z suplementów diety, czas spędzony na powietrzu, korzystanie z solarium, całkowitą ekspozycję na promieniowanie UV, rodzaj noszonych ubrań oraz stosowanie filtrów przeciwsłonecznych (Larson-Meyer i wsp., 2019). Uzyskano pisemną zgodę autora Kwestionariusza na jego wykorzystanie i zmodyfikowano go uwzględniając produkty dostępne na polskim rynku.

W Kwestionariuszu FFLQ oceniano następujące czynniki dotyczące stylu życia:

- częstość spożywania produktów żywnościowych zawierających witaminę D,
- częstość spożywania suplementów diety,
- ilość czasu spędzanego na świeżym powietrzu,
- korzystanie z solarium,
- używanie filtrów przeciwsłonecznych,
- ilość minut poświęconego na spacerowaniu do szkoły, pracy, itp.,
- miejsce pobytu przez ostatnie dwa miesiące,
- miejsce spędzania ferii/wakacji,
- kolor skóry/pochodzenie etniczne,
- rodzaj noszonych ubrań w ostatnich dwóch miesiącach.

W celu oszacowania powierzchni ciała zakrytej przez ubrania skorzystano z metody „reguły 9” (Moore, Waheed i Burns, 2022). Całkowita ekspozycja na słońce została oszacowana na podstawie sumy zgłoszonego czasu wolnego spędzonego na świeżym powietrzu i korzystania z solarium. W przypadku zawodników trenujących judo przyjęto 0 godzin dziennie na powietrzu w trakcie treningu, a u piłkarzy 2 godziny dziennie.

### **3.2.3. 24 godzinny dzienniczek żywieniowy bieżącego notowania**

Do oceny całkowitego spożycia witaminy D z pożywienia oraz suplementów diety wykorzystano metodę dzienniczka żywieniowego bieżącego notowania (załącznik nr 2). Uczestnicy badań notowali na bieżąco wszystkie spożyte płyny, pokarmy oraz suplementy diety w ciągu 3 kolejnych dni. Badani zostali poinstruowani, jak prowadzić dokładny rejestr wszystkich spożytych posiłków i napojów.

### **3.2.4. Oznaczenia biochemiczne w surowicy krwi**

Uczestnikom badania pobrano krew z żyły odłokciowej w celu oznaczenia stężenia całkowitej i wolnej witaminy D, białka wiążącego witaminę D (VDBP) albuminy, wapnia całkowitego oraz PTH.

Krew pobierano na czczo w godzinach porannych (7-10 godzina). Badani nie podejmowali żadnej aktywności fizycznej przez okres co najmniej 24 godzin poprzedzających badanie krwi. Próbki pobierano do probówek, zawierających aktywator skrzepu (Vacutest, Kima, Włochy). Krew przechowywano w temperaturze pokojowej przez 1 godzinę, a następnie wirowano przy 1300 g, przez 10 min, w temperaturze 22°C. Surowicę przechowywano w temperaturze -70°C.

#### *3.2.4.1. Oznaczanie albuminy*

Albuminę oznaczano metodą kolorymetryczną z zielenią bromokrezolową. Oznaczenie zostało wykonane na analizatorze biochemicznym BS-800- firmy MINDRAY.

#### *3.2.4.2. Oznaczanie wapnia*

Wapń całkowity oznaczano w surowicy metodą kolorymetryczną z Arsenazo III- na analizatorze biochemicznym BS-800- firmy MINDRAY.

#### 3.2.4.3. Oznaczanie PTH

PTH w surowicy krwi oznaczano metodą elektrochemiluminescencji (ECLIA) na analizatorze Elecsys (Roche, Szwajcaria). Współczynniki zmienności wewnątrz- i między-testowej (CVs) wynosiły odpowiednio 4,5% i 4,8%, a granica wykrywalności wynosiła 1,20 pg/ml (0,127 pmol/l).

#### 3.2.4.4. Oznaczanie 25(OH)D

25(OH)D oznaczono metodą analizy ilościowej przy użyciu chromatografii ciekowej sprzężonej z tandemową spektrometrią mas (LC-MS/MS; QTRAP®4500, Sciex, Framingham, MA, USA) i systemem EXion LC HPLC. Badanie zostało przeprowadzone udoskonaloną metodą przygotowania próbki do szybkiej analizy LC-MS/MS (Rola i wsp., 2020).

#### 3.2.4.5. Oznaczanie białka wiążącego witaminę D (VDBP)

Białko wiążące witaminę D (VDBP) mierzono za pomocą testu immunoenzymatycznego (ELISA) R&D Systems, Minneapolis, MN, Stany Zjednoczone) zgodnie z instrukcjami producenta. Współczynnik zmienności w obrębie testu mieści się w zakresie od 5% do 7%, a w obrębie testu w zakresie od 5% do 8%.

#### 3.2.4.6. Oznaczanie wolnej witaminy D

Stężenie wolnej 25(OH)D w surowicy kalkulowano przy użyciu dwóch metod. Stężenie wolnej 25(OH)D obliczono stosując równania opisane przez Bikle i wsp. (metoda 1 – M1) (Bikle i wsp., 1986).

$$Free25(OH)D = \frac{total\ 25(OH)D}{1 + (6 \times 10^5 \text{albumin}) + (7 \times 10^8 \text{xVDBP})}$$

Stężenie wolnej 25(OH)D obliczono również poprzez równania opisane przez Vermeulena i wsp. (metoda 2 – M2) (Vermeulen i wsp., 1999). Algorytm Vermeulena i wsp. dostosowano przez zastąpienie zmiennych dla testosteronu, SHBG oraz ich odpowiednich stałych wiązania przez zmienne dla 25(OH)D, VDBP ,

$$FT = \frac{(|T| - (N \times |FT|))}{(K_t \{SHBG - [T] + N[FT]\})}$$

gdzie  $K_t$  jest stałą asocjacji SHBG dla T i  $N=K_aCa+1$ . Daje to równanie drugiego stopnia, które można rozwiązać dla FT lub SHBG.

### 3.2.5. Międzynarodowy Kwestionariusz Aktywności Fizycznej – IPAQ

Do oceny poziomu aktywności fizycznej badanych osób wykorzystano Międzynarodowy Kwestionariusz IPAQ – wersja krótka (załącznik nr 3). Uzupełnianie odpowiedzi w Kwestionariuszu odbywało się przy udziale ankietera prowadzącego badania w dniu wykonywania pomiarów antropometrycznych.

Na podstawie Kwestionariusza oceniano poziom aktywności fizycznej osób z grupy kontrolnej. Pytania dotyczyły czasu poświęconego na różne rodzaje aktywności fizyczne w ciągu ostatniego przebytego tygodnia (7dni). Respondenci brali pod uwagę czynności wykonywane w trakcie swojej pracy zawodowej, w czasie wolnym poświęconym rekreacji oraz przemieszczanie się z miejsca na miejsce.

Aktywność fizyczna oszacowana na podstawie Kwestionariusza IPAQ została wyrażona w jednostkach MET – minuty/tydzień i jest to suma poszczególnych wydatków energetycznych aktywności fizycznej o wysokiej, średniej i niskiej intensywności (Ainsworth i wsp., 2000).

Szacowana za pomocą Kwestionariusza IPAQ aktywność fizyczna była ostatecznie wyrażana w jednostkach MET - minuty/tydzień, która jest sumą poszczególnych wydatków energetycznych aktywności o wysokiej, średniej i niskiej intensywności (Ainsworth i wsp., 2000).

### **3.2.6. Ocena maksymalnego poboru tlenu - VO<sub>2</sub>max**

Maksymalny pobór tlenu określono za pomocą wystandaryzowanego testu sprawności przerywanej 30-15 (30-15IFT). Test składał się z 30-sekundowych biegów wahadłowych z 15-sekundową bierną regeneracją. Prędkość startową testu ustalono na 8 km/h, następnie zwiększano o 0,5 km/h co 30 sekund. Uczestnicy biegali między dwiema liniami (oddalonymi od siebie o 40 m) w tempie wyznaczonym przez nagrany wcześniej sygnał dźwiękowy. Osoby badane kończyły test w momencie odmowy lub gdy nie były w stanie utrzymać wymaganej prędkości biegu - wtedy proszono o przerwanie testu. Wynik testu stanowiła prędkość przy której zawodnik kończył test. Szacowany VO<sub>2</sub>max został obliczony na podstawie uzyskanego wyniku testu (Buchheit, 2008).

### **3.2.7. Analiza statystyczna**

Dane przedstawione zostały przy pomocy średniej, mediany, odchylenia standardowego oraz przedziału kwartylowego. Normalność danych została oceniona przy pomocy testu Shapiro-Wilka. Porównanie stężenia wolnej i całkowitej 25(OH)D pomiędzy grupą kontrolną, judoków oraz piłkarzy nożnych zostało wykonane przy pomocy testu Kruskala-Wallisa z analizą post-hoc z poprawką Holma. Ocenę zmian pomiędzy zimą a latem stężenia wolnej i całkowitej 25(OH)D dokonano przy pomocy testu Wilcoxon dla danych sparowanych.

Ocena związku pomiędzy czynnikami analizowanymi w projekcie badawczym, a stężeniem wolnej i całkowitej 25(OH)D została wykonana przy pomocy analizy liniowych modeli mieszanych. Stworzono zarówno modele jednoczynnikowe, jak i wieloczynnikowe z uwzględnieniem suplementacji witaminą D oraz pory roku.

Analiza została przygotowana przy pomocy programu R for Windows (wersja 4.2.3, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) oraz programu Statistica (wersja 13.3). Istotności testów została ustalona na poziomie  $\leq 0,05$ .

## IV WYNIKI BADAŃ

Wyniki badań przedstawiono w tabelach 2-40 oraz na wykresach 1-9.

W tabeli 4 i 5 przedstawiono liczbę oraz procent badanych mężczyzn uwzględniając podział ze względu na normy stężenia całkowitej 25(OH)D w okresie zimowym oraz letnim. Za wartości referencyjne przyjęto wytyczne dotyczące profilaktyki i leczenia niedoboru witaminy D w Polsce podane przez grupę reprezentującą polskie i międzynarodowe towarzystwa medyczne oraz ośmiu krajowych konsultantów specjalistycznych (Płudowski i wsp., 2023). Należy jednak podkreślić, że dla sportowców rekomendowane jest stężenie 25(OH)D powyżej 40 ng/ml (Książek i wsp., 2019; Ogan i Pritchett, 2013).

Tabela 4. Liczba oraz procent badanych mężczyzn w zależności od stężenia całkowitej 25(OH)D w surowicy krwi w okresie zimowym

Grupa / Norma	<20 ng/ml	20-30 ng/ml	30-50 ng/ml	50-100 ng/ml
Kontrolna	11 (48%)	9 (39%)	3 (13%)	0 (0%)
Judo	8 (43%)	5 (26%)	5 (26%)	1 (5%)
Piłka nożna	9 (29%)	13 (42%)	7 (23%)	2 (6%)

W okresie zimowym w grupie kontrolnej tylko trzech (13%) uczestników badań posiadała optymalne (30-50 ng/ml) stężenie 25(OH)D w surowicy krwi. W grupie judoków osiemnastu (95%) uczestników badań miało stężenie poniżej zalecanego dla sportowców (<40 ng/ml). W grupie piłkarzy nożnych w okresie zimowym tylko u trzech (10%) uczestników wykazano optymalne stężenie (>40 ng/ml) całkowitej 25(OH)D. W okresie zimowym nie wykazano stężenia 25(OH)D powyżej 100 ng/ml.

W okresie letnim w grupie kontrolnej siedmiu (41%) uczestników posiadało optymalne (30-50 ng/ml) stężenie 25(OH)D w surowicy krwi. Jeden uczestnik badań miał powyżej optymalnego stężenia (>50 ng/ml). W grupie judoków 42% uczestników badań miało optymalne stężenie zalecanego dla sportowców (>40 ng/ml). W grupie piłkarzy

nożnych w okresie letnim aż 70% badanych nie posiadało zalecanego stężenia (>40 ng/ml) całkowitej 25(OH)D dla sportowców. Żaden z piłkarzy nożnych nie został zakwalifikowany do grupy z niedoborem (<20ng/ml) stężenie 25(OH)D w surowicy. W okresie letnim nie wykazano stężenia 25(OH)D powyżej 100 ng/ml.

Tabela 5. Liczba oraz procent badanych mężczyzn w zależności od stężenia całkowitej 25(OH)D w surowicy krwi w okresie letnim

Grupa / Norma	<20 ng/ml	20-30 ng/ml	30-50 ng/ml	50-100 ng/ml
Kontrolna	2 (12%)	7 (41%)	7 (41%)	1 (6%)
Judo	0 (0%)	4 (33%)	7 (58%)	1 (8%)
Piłka nożna	0 (0%)	5 (25%)	12 (60%)	3 (15%)

W tabeli 6 i 7 przedstawiono liczbę oraz procent badanych mężczyzn uwzględniając podział ze względu na stężenie wolnej 25(OH)D w okresie zimowym oraz letnim.

Tabela 6. Liczba oraz procent badanych mężczyzn w zależności od stężenia wolnej 25(OH)D M1 i M2 w surowicy badanych mężczyzn w okresie zimowym

Grupa / Norma	0-8,49 pg/ml		≥8,50 pg/ml	
	25(OH)D M1	25(OH)D M2	25(OH)D M1	25(OH)D M2
Kontrolna	7 (30%)	7 (30%)	16 (70%)	16 (70%)
Judo	4 (21%)	5 (26%)	15 (79%)	14 (74%)
Piłka nożna	7 (23%)	7 (23%)	24 (77%)	24 (77%)

Wartość referencyjna wolnej 25(OH)D - powyżej 8,5 pg/ml - została przyjęta na podstawie rekomendacji Zeng i wsp. z 2021 (Zeng i wsp., 2021). W okresie zimowym wykazano, że u czterech lub pięciu judoków zależności od zastosowanej metody obliczenia (M1 lub M2), stężenie wolnej 25(OH)D jest poniżej optymalnego (<8,5 pg/ml). W grupie



kontrolnej w okresie zimowym siedmiu (30%) uczestników badań oraz siedmiu (23%) piłkarzy nożnych nie posiadała optymalnego stężenia wolnej 25(OH)D ( $\geq 8,5$  pg/ml).

Tabela 7. Liczba oraz procent badanych mężczyzn w zależności od stężenia wolnej 25(OH)D M1 i M2 w surowicy badanych mężczyzn w okresie letnim

Grupa / Norma	0-8,49 pg/ml		$\geq 8,50$ pg/ml	
	25(OH)D M1	25(OH)D M2	25(OH)D M1	25(OH)D M2
Kontrolna	1 (6%)	1 (6%)	16 (94%)	16 (94%)
Judo	0 (0%)	0 (0%)	12 (100%)	12 (100%)
Piłka nożna	0 (0%)	0 (0%)	20 (100%)	20 (100%)

W okresie letnim nie odnotowano różnice w ilości osób poniżej optymalnego stężenia wolnej 25(OH)D pomiędzy dwoma metodami wyliczenia wolnej 25(OH)D. Praktycznie 100% uczestników badań posiadała optymalne stężenie wolnej 25(OH)D ( $\geq 8,5$  pg/ml). Tylko u jednego uczestnika badań wykazano stężenie wolnej 25(OH)D poniżej optymalnego ( $< 8,5$  pg/ml).

#### **4.1. Porównanie stężenia wolnej oraz całkowitej 25(OH)D w okresie zimowym oraz letnim**

W tabeli 8 przedstawiona została mediana stężenia całkowitej oraz wolnej 25(OH)D w okresie zimowym oraz letnim u wszystkich badanych uczestników oraz w poszczególnych grupach. We wszystkich analizowanych grupach oprócz judoków zaobserwowano statystycznie istotnie wyższą medianę stężenia całkowitej 25(OH)D między okresem zimowym a letnim ( $p < 0,001$ ). Analizując stężenie wolnej 25(OH)D M1 wykazano w okresie letnim wyższy jej poziom u piłkarzy nożnych ( $p = 0,019$ ) i w grupie sportowców ( $p = 0,002$ ). Natomiast nie obserwowano istotnych różnic w medianie stężenia wolnej 25(OH) M1 pomiędzy okresem zimowym a letnim w grupie kontrolnej ( $p = 0,37$ ) oraz w grupie judoków ( $p = 0,035$ ). W przypadku stężenia wolnej 25(OH)D M2 nie wykazano istotnych różnic w podgrupach.

#### **4.2. Stężenie całkowitej oraz wolnej 25(OH)D w zależności od miejsca odbywania treningów (zawodnicy trenujący na zewnątrz vs. trenujący w przestrzeniach zamkniętych)**

W tabeli 9 przedstawiono medianę stężenia całkowitej i wolnej 25(OH)D w surowicy sportowców trenujących na zewnątrz (piłkarze nożni) oraz w przestrzeniach zamkniętych (judocy) w okresie zimowym oraz letnim. Wykazano brak istotnych statystycznie różnic w medianie stężenia całkowitej oraz wolnej 25(OH)D M1 i M2 w surowicy badanych judoków oraz piłkarzy nożnych zarówno w okresie zimowym jak i letnim.

Tabela 8. Stężenie całkowitej 25(OH)D (mediana [kwartyle]) i wolnej 25(OH)D (mediana [kwartyle]) w okresie letnim oraz zimowym w badanych grupach

Pora roku / Grupa uczestników	Całkowita 25(OH)D (ng/ml)			Wolna 25(OH)D M1 (pg/ml)			Wolna 25(OH)D M2 (pg/ml)		
	Zima	Lato	p-value	Zima	Lato	p-value	Zima	Lato	p-value
<b>Grupa kontrolna</b>	20,76 [13,07 - 27,24]	29,74 [26,47 - 36,15]	<b>&lt;0,001</b>	14,99 [8,60 - 19,87]	16,83 [15,58 - 22,15]	0,16	14,98 [8,71 - 20,14]	13,72 [12,09 - 18,06]	0,77
<b>Pilkarze nożni</b>	28,10 [16,37 - 30,64]	33,89 [30,26 - 42,92]	<b>&lt;0,001</b>	16,91 [9,25 - 21,49]	19,87 [16,32 - 25,57]	<b>0,019</b>	16,79 [9,32 - 21,29]	16,84 [13,67 - 21,02]	0,36
<b>Judocy</b>	22,45 [13,00 - 30,73]	32,36 [28,02 - 41,36]	0,013	13,22 [8,92 - 20,71]	20,09 [15,96 - 25,44]	0,035	13,16 [9,02 - 20,61]	15,60 [12,73 - 20,60]	0,24
<b>Grupa sportowców</b>	25,57 [14,82 - 30,78]	33,69 [29,71 - 42,72]	<b>&lt;0,001</b>	15,25 [8,97 - 21,33]	19,87 [16,23 - 25,57]	<b>0,002</b>	15,29 [9,02 - 21,22]	16,44 [13,34 - 20,97]	0,16

Tabela 9. Stężenie całkowitej 25(OH)D (mediana [kwartyle]) i wolnej 25(OH)D (mediana [kwartyle]) w grupie sportowców trenujących w przestrzeniach zamkniętych (zawodnicy judo) oraz trenujących na zewnątrz (zawodnicy grający w piłkę nożną)

Pora roku / Grupa uczestników	Całkowita 25(OH)D (ng/ml)				Wolna 25(OH)D M1 (pg/ml)				Wolna 25(OH)D M2 (pg/ml)			
	Zima	p-value	Lato	p-value	Zima	p-value	Lato	p-value	Zima	p-value	Lato	p-value
<b>Judocy</b>	22,45 [13,00 - 30,73]	0,327	32,36 [28,02 - 41,36]	0,546	13,22 [8,92 - 20,71]	0,586	20,09 [15,96 - 25,44]	0,599	13,16 [9,02 - 20,61]	0,600	15,60 [12,73 - 20,60]	0,922
<b>Piłkarze nożni</b>	28,10 [16,37 - 30,64]		33,89 [30,26 - 42,92]		16,91 [9,25 - 21,49]		19,87 [16,32 - 25,57]		16,79 [9,32 - 21,29]		16,84 [13,67 - 21,02]	

Tabela 10. Stężenie całkowitej 25(OH)D (mediana [kwartyle]) oraz wolnej 25(OH)D (mediana [kwartyle]) surowicy krwi badanych mężczyzn w okresie zimowym

<b>Zmienne / Grupa</b>	<b>Grupa kontrolna</b>	<b>Judocy</b>	<b>Pilkarze nożni</b>	<b>p-value</b>
<b>Całkowita 25(OH)D (ng/ml)</b>	20,76 [13,07 - 27,24]	22,45 [13,00 - 30,73]	28,10 [16,37 - 30,64]	0,17
<b>Wolna 25(OH)D M1 (pg/ml)</b>	14,99 [8,60 - 19,87]	13,22 [8,92 - 20,71]	16,91 [9,25 - 21,49]	0,79
<b>Wolna 25(OH)D M2 (pg/ml)</b>	14,98 [8,71 - 20,14]	13,16 [9,02 - 20,61]	16,79 [9,32 - 21,29]	0,80

Tabela 11. Stężenie całkowitej 25(OH)D (mediana [kwartyle]) oraz wolnej 25(OH)D (mediana [kwartyle]) w surowicy krwi badanych mężczyzn w okresie letnim

<b>Zmienne / Grupa</b>	<b>Grupa kontrolna</b>	<b>Judocy</b>	<b>Pilkarze nożni</b>	<b>p-value</b>
<b>Całkowita 25(OH)D (ng/ml)</b>	29,74 [26,47 - 36,15]	32,36 [28,02 - 41,36]	33,89 [30,26 - 42,92]	0,29
<b>Wolna 25(OH)D M1(pg/ml)</b>	16,83 [15,58 - 22,15]	20,09 [15,96 - 25,44]	19,87 [16,32 - 25,57]	0,32
<b>Wolna 25(OH)D M2(pg/ml)</b>	13,72 [12,09 - 18,06]	15,60 [12,73 - 20,60]	16,84 [13,67 - 21,02]	0,28

#### **4.3. Stężenie całkowitej oraz wolnej 25(OH)D w zależności od poziomu aktywności fizycznej (sportowcy vs osoby o niskim i średnim poziomie aktywności fizycznej)**

Nie wykazano istotnych statystycznie różnic w medianie stężenia całkowitej 25(OH)D ( $p=0,12$ ) oraz wolnej 25(OH)D M1 ( $p=0,55$ ) i M2 ( $p=0,46$ ) pomiędzy 3 grupami bez względu na porę roku. W tabeli 10 oraz 11 przedstawiono analizę stężenia całkowitej oraz wolnej 25(OH)D w surowicy badanych piłkarzy nożnych, judoków oraz osób z grupy kontrolnej kolejno w okresie zimowym oraz letnim. Nie wykazano istotnych statystycznie różnic w medianie stężenia wolnej i całkowitej 25(OH)D pomiędzy grupami zarówno zimą jak i latem ( $p>0,05$ ).

Nie wykazano istotnych statystycznie różnic w medianie stężenia całkowitej 25(OH)D i wolnej 25(OH)D porównaniu z osobami z grupy kontrolnej w okresie zimowym ( $p>0,05$ ) (tabela 12) i w letnim ( $p>0,05$ ) (tabela 13). Zaobserwowano jedynie trend, w którym sportowcy (judocy i piłkarze nożni) mieli wyższe stężenia całkowitej oraz wolnej 25(OH)D w porównaniu do grupy kontrolnej. Wyjątek stanowi trend niższej mediany stężeń wolnej 25(OH)D w grupie judoków oraz w grupie sportowców od osób grupy kontrolnej w okresie zimowym.

#### **4.4. Różnica zmian stężenia całkowitej oraz wolnej 25(OH)D w okresie zimowym oraz letnim**

Nie wykazano istotnych statystycznie różnic w zmianie stężeń całkowitej oraz wolnej 25(OH)D pomiędzy okresem zimowym a letnim. Na wykresie 1, 2, 3 przedstawiono jak zmieniała się mediana stężenia całkowitej oraz wolnej 25(OH)D w surowicy u badanych osób z grupy kontrolnej, judoków oraz piłkarzy nożnych.

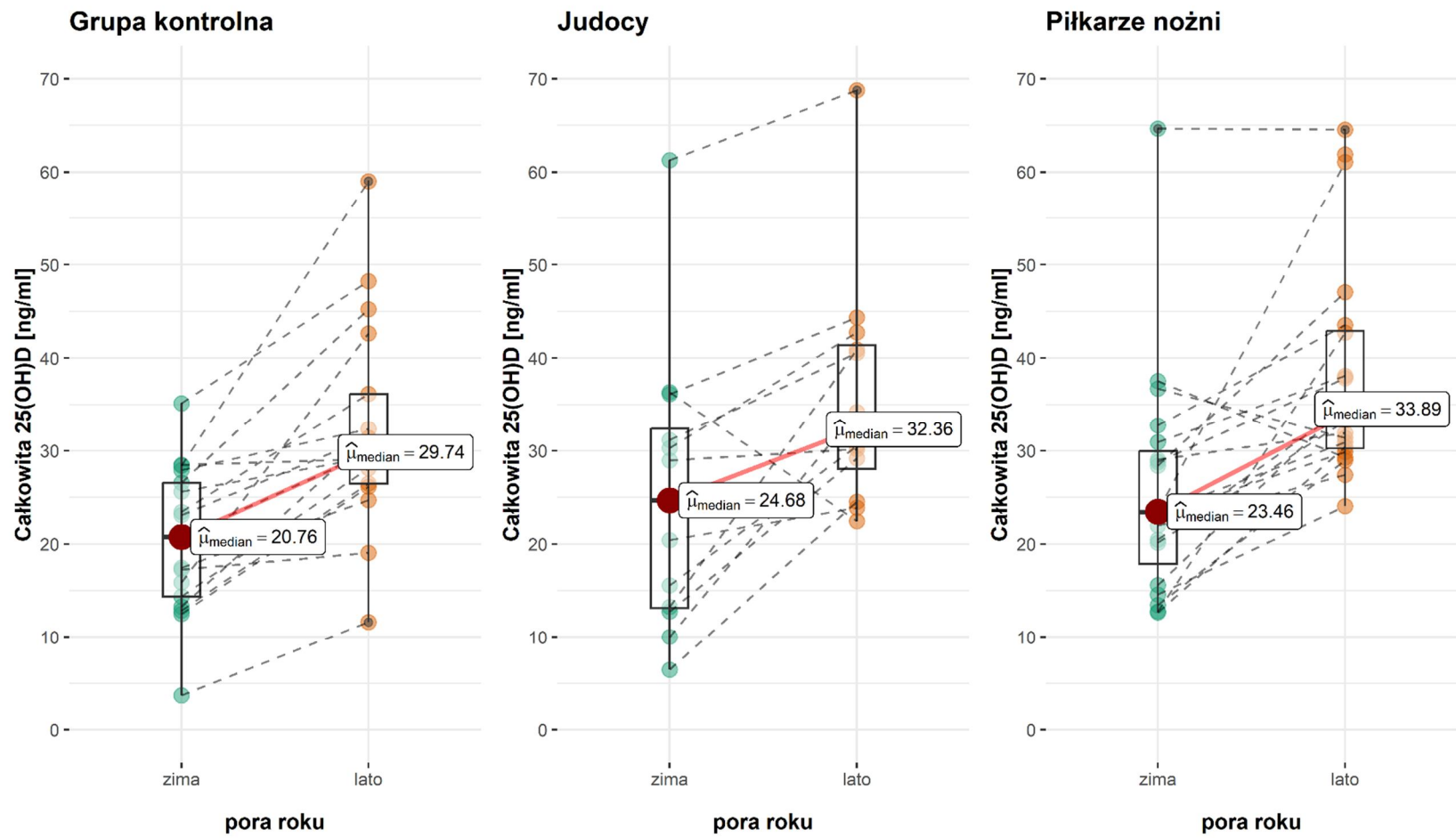
Tabela 12. Stężenie całkowitej 25(OH)D (mediana [kwartyle]) oraz wolnej 25(OH)D (mediana [kwartyle]) oceniane pomiędzy poszczególnymi grupami w okresie zimowym

	Judocy	Grupa Kontrolna	p-value	Piłkarze nożni	Grupa Kontrolna	p-value	Grupa sportowców	Grupa Kontrolna	p-value
<b>Całkowita 25(OH)D (ng/ml)</b>	22,45 [13,00 - 30,73]	20,76 [13,07 - 27,24]	0,471	28,10 [16,37 - 30,64]	20,76 [13,07 - 27,24]	0,062	25,57 [14,82 - 30,78]	20,76 [13,07 - 27,24]	0,11
<b>Wolna 25(OH)D M1 (pg/ml)</b>	13,22 [8,92 - 20,71]	14,99 [8,60 - 19,87]	0,978	16,91 [9,25 - 21,49]	14,99 [8,60 - 19,87]	0,572	15,25 [8,97 - 21,33]	14,99 [8,60 - 19,87]	0,67
<b>Wolna 25(OH)D M2 (pg/ml)</b>	13,16 [9,02 - 20,61]	14,98 [8,71 - 20,14]	0,723	16,79 [9,32 - 21,29]	14,98 [8,71 - 20,14]	0,921	15,29 [9,02 - 21,22]	14,98 [8,71 - 20,14]	0,69

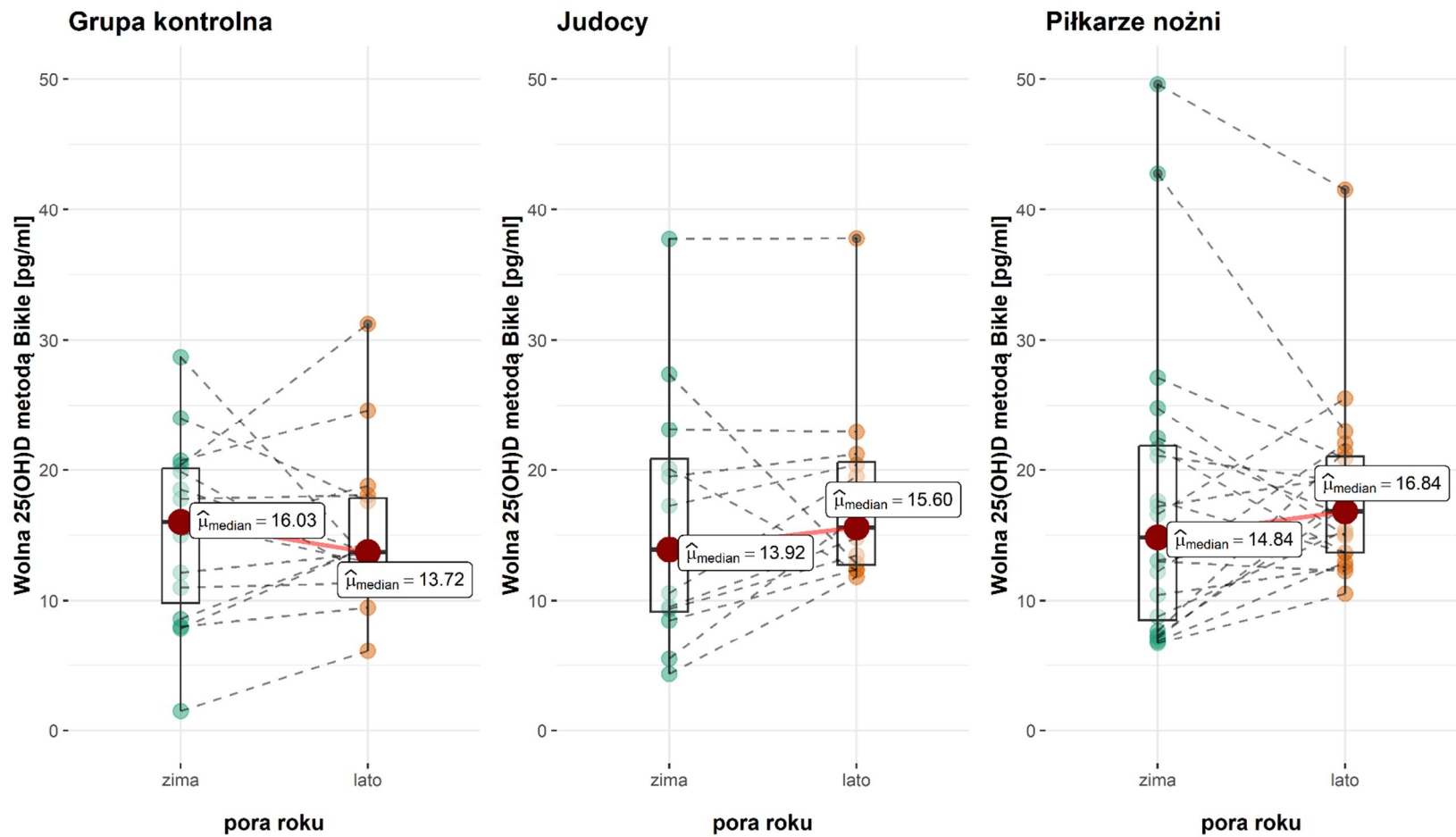
Tabela 13. Stężenie całkowitej 25(OH)D (mediana [kwartyle]) oraz wolnej 25(OH)D (mediana [kwartyle]) oceniane pomiędzy poszczególnymi grupami w okresie letnim

	Judo	Kontrolna	p-value	Piłka nożna	Kontrolna	p-value	Sport	Kontrolna	p-value
<b>Całkowita 25(OH)D (ng/ml)</b>	32,36 [28,02 - 41,36]	29,74 [26,47 - 36,15]	0,611	33,89 [30,26 - 42,92]	29,74 [26,47 - 36,15]	0,103	33,69 [29,71 - 42,72]	29,74 [26,47 - 36,15]	0,174
<b>Wolna 25(OH)D M1 (pg/ml)</b>	20,09 [15,96 - 25,44]	16,83 [15,58 - 22,15]	0,388	19,87 [16,32 - 25,57]	16,83 [15,58 - 22,15]	0,117	19,87 [16,23 - 25,57]	16,83 [15,58 - 22,15]	0,142
<b>Wolna 25(OH)D M2 (pg/ml)</b>	15,60 [12,73 - 20,60]	13,72 [12,09 - 18,06]	0,319	16,84 [13,67 - 21,02]	13,72 [12,09 - 18,06]	0,148	16,44 [13,34 - 20,97]	13,72 [12,09 - 18,06]	0,171

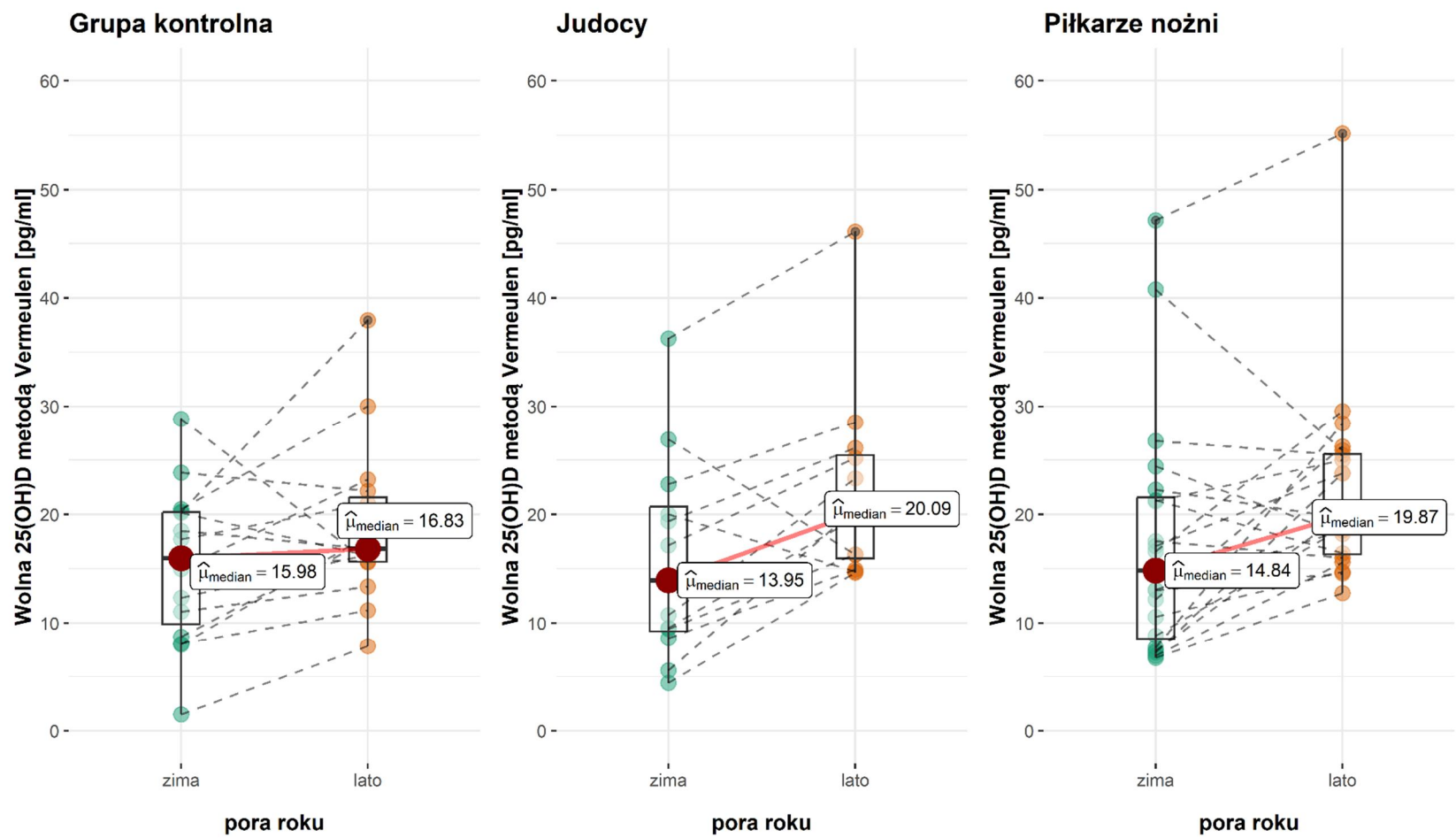




Wykres 1. Zmiany stężenia całkowitej 25(OH)D w okresie zimowym i letnim



Wykres 2. Zmiany stężenia wolnej 25(OH)D M1 w okresie zimowym i letnim



Wykres 3. Zmiany stężenia wolnej 25(OH)D M2 w okresie zimowym i letnim

#### **4.5. Zależność pomiędzy wybranymi elementami stylu życia a stężeniem całkowitej oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych uczestników**

Stwierdzono statystycznie istotny związek między wiekiem badanych osób, a stężeniem wolnej 25(OH)D M1 ( $p=0,031$ ) oraz M2 ( $p=0,027$ ). W przypadku całkowitej 25(OH)D nie odnotowano podobnej zależności ( $p=0,27$ ). Oprócz wieku badanych uczestników nie zaobserwowano zimą innych zależności ze stężeniem wolnej 25(OH)D ( $p>0,05$ ) (tabela 14). Nie wykazano istotnych zależności całkowitej i wolnej 25(OH)D z wysokością ciała, masą ciała, wskaźnikiem WHR, fałdami skórno-tłuszczowymi, gęstością ciała oraz zawartością tkanki tłuszczowej w okresie zimowym u wszystkich badanych mężczyzn.

W okresie zimowym wykazano istotny statystycznie związek między stężeniem całkowitej 25(OH)D a  $VO_2\max$  ( $p=0,018$ ), godzinami siedzenia w ciągu dnia ( $p=0,003$ ), czasem spędzonym na świeżym powietrzu ( $p=0,018$ ), sumą czasu ekspozycji na promienie słoneczne. W przypadku wolnej 25(OH)D odnotowano jedynie dodatni związek z częstością używania filtrów słonecznych wolnej 25(OH)D M1 ( $p=0,027$ ) i M2 ( $p=0,024$ ) (tabela 15).

Natomiast nie stwierdzono znaczącej zależności pomiędzy wartością równoważnika MET TOTAL, spożyciem witaminy D na podstawie Kwestionariusz FFLQ, korzystania z solarium, używania filtrów przeciwsłonecznych, czasem spacerowania po dworze, czasem w drodze do szkoły lub pracy, pokryciem ciała przez ubrania, czy spożyciem witaminy D na podstawie dzienniczka żywieniowego a wolną i całkowitą 25(OH)D.

Wykazano znaczący ujemny związek między stężeniem PTH a stężeniem całkowitej 25(OH)D ( $p<0,001$ ) oraz wolnej 25(OH)D M1 ( $p=0,002$ ) i M2 ( $p=0,002$ ). Nie odnotowano zależności w przypadku wapnia całkowitego w surowicy krwi a wolną i całkowitą 25(OH)D w surowicy badanych uczestników (tabela 16).

Tabela 14. Zależności pomiędzy wskaźnikami antropometrycznymi a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych mężczyzn w okresie zimowym (n=73)

Zmienna	Całkowita 25(OH)D (ng/ml)		Wolna 25(OH)D M1(pg/ml)		Wolna 25(OH)D M2 (pg/ml)	
	$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value
Wiek [lata]	0,130 (-0,101; 0,361)	0,27	0,253 (0,023; 0,483)	<b>0,031</b>	0,259 (0,030; 0,489)	<b>0,027</b>
Wysokość ciała [m]	-0,078 (-0,310; 0,154)	0,51	-0,098 (-0,335; 0,138)	0,41	-0,100 (-0,336; 0,137)	0,41
Masa ciała [kg]	-0,072 (-0,304; 0,160)	0,54	-0,010 (-0,247; 0,228)	0,94	-0,008 (-0,245; 0,230)	0,95
Obwód talii [cm]	-0,089 (-0,320; 0,143)	0,45	0,066 (-0,171; 0,303)	0,59	0,071 (-0,166; 0,308)	0,56
Obwód bioder [cm]	-0,128 (-0,358; 0,103)	0,28	0,039 (-0,198; 0,277)	0,74	0,045 (-0,192; 0,283)	0,71
WHR [cm/cm]	0,087 (-0,145; 0,318)	0,46	0,048 (-0,190; 0,285)	0,69	0,046 (-0,191; 0,284)	0,70
f. sk.-tł. klatka piersiowa [mm]	-0,122 (-0,353; 0,109)	0,30	-0,001 (-0,238; 0,237)	>0,99	0,004 (-0,234; 0,242)	0,97
f. sk.-tł. pod pachą [mm]	-0,156 (-0,386; 0,073)	0,18	-0,010 (-0,248; 0,228)	0,94	-0,002 (-0,240; 0,236)	0,99
f. sk.-tł. biceps [mm]	-0,178 (-0,407; 0,050)	0,13	-0,112 (-0,348; 0,125)	0,35	-0,108 (-0,344; 0,128)	0,37
f. sk.-tł. triceps [mm]	-0,092 (-0,324; 0,139)	0,43	0,012 (-0,226; 0,250)	0,92	0,016 (-0,221; 0,254)	0,89
f. sk.-tł. łopatka [mm]	-0,187 (-0,415; 0,042)	0,11	-0,078 (-0,315; 0,159)	0,52	-0,073 (-0,310; 0,164)	0,55
f. sk.-tł. brzucha [mm]	-0,183 (-0,412; 0,045)	0,12	-0,055 (-0,292; 0,183)	0,65	-0,049 (-0,286; 0,189)	0,69
f. sk.-tł. grzebień biodrowy [mm]	-0,152 (-0,382; 0,078)	0,19	-0,032 (-0,270; 0,206)	0,79	-0,026 (-0,264; 0,211)	0,83
f. sk.-tł. udo [mm]	-0,148 (-0,378; 0,082)	0,21	-0,047 (-0,285; 0,190)	0,70	-0,043 (-0,281; 0,194)	0,72
Suma fałdów [mm]	-0,174 (-0,403; 0,055)	0,14	-0,046 (-0,284; 0,191)	0,70	-0,040 (-0,278; 0,197)	0,74
Poziom tkanki tłuszczowej na podstawie Oliver-7site [%]	-0,173 (-0,402; 0,056)	0,14	-0,043 (-0,280; 0,195)	0,72	-0,037 (-0,274; 0,201)	0,76

WHR – ang. *Waist-Hip Ratio*; f. sk.-tł. – fałd skórno-tłuszczowy;  $\beta$  – współczynnik niestandardowany; 95% CI – przedział ufności

Tabela 15. Zależności pomiędzy stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D a wybranymi elementami stylu życia w surowicy krwi badanych mężczyzn w okresie zimowym (n=73)

Zmienna		Całkowita 25(OH)D (ng/ml)		Wolna 25(OH)D M1(pg/ml)		Wolna 25(OH)D M2 (pg/ml)	
		β (95% CI)	p-value	β (95% CI)	p-value	β (95% CI)	p-value
Aktywność fizyczna	VO <sub>2</sub> max *	0,367 (0,065; 0,668)	<b>0,018</b>	0,296 (-0,018; 0,609)	0,064	0,291 (-0,022; 0,605)	0,068
	MET TOTAL [MET-min/tydzień]	0,060 (-0,173; 0,292)	0,62	0,000 (-0,238; 0,237)	>0,99	-0,002 (-0,240; 0,236)	0,99
	Godziny siedzenia/dzień [h]	-0,337 (-0,556; -0,118)	<b>0,003</b>	-0,209 (-0,442; 0,023)	0,077	-0,203 (-0,436; 0,030)	0,088
Kwestionariusz FFLQ	Spożycie witaminy D FFLQ [IU]	0,049 (-0,184; 0,281)	0,68	0,023 (-0,214; 0,261)	0,85	0,026 (-0,211; 0,264)	0,83
	Czas spędzony na słońcu na świeżym powietrzu [min]	0,271 (0,047; 0,495)	<b>0,018</b>	0,224 (-0,008; 0,456)	0,058	0,221 (-0,011; 0,453)	0,062
	Częstość korzystania z solarium	0,168 (-0,061; 0,398)	0,15	0,019 (-0,219; 0,257)	0,88	0,018 (-0,219; 0,256)	0,88
	Częstość stosowania kremów z filtrem	0,135 (-0,095; 0,366)	0,25	0,259 (0,029; 0,488)	<b>0,027</b>	0,265 (0,035; 0,494)	<b>0,024</b>
	Rodzaj stosowanego filtra SPF	0,062 (-0,170; 0,295)	0,60	0,155 (-0,080; 0,390)	0,20	0,158 (-0,077; 0,393)	0,19
	Czas spacerowania w drodze do pracy/szkoły [min]	0,045 (-0,188; 0,277)	0,71	0,032 (-0,206; 0,269)	0,79	0,028 (-0,209; 0,266)	0,81
	Czas ekspozycji na słońce [h]	0,233 (0,007; 0,459)	<b>0,044</b>	0,162 (-0,073; 0,396)	0,18	0,157 (-0,078; 0,392)	0,19
	Pokrycie ciała przez ubrania [%]	0,201 (-0,027; 0,429)	0,084	0,164 (-0,071; 0,398)	0,17	0,160 (-0,074; 0,395)	0,18
Dzienniczek żywności	Witamina D dzienniczek żywności [IU]	0,152 (-0,078; 0,382)	0,19	0,105 (-0,131; 0,341)	0,38	0,110 (-0,126; 0,347)	0,36

MET – ang. *metabolic equivalent*; β – współczynnik niestandardyzowany; 95% CI – przedział ufności.

\*Maksymalny pobór tlenu (VO<sub>2</sub>max) – analiza dotyczyła grupy sportowców (n=50)

Tabela 16. Zależności pomiędzy stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D a stężeniem wapnia i PTH w surowicy badanych mężczyzn w okresie zimowym (n=73)

Zmienna	Całkowita 25(OH)D (ng/ml)		Wolna 25(OH)D M1 (pg/ml)		Wolna 25(OH)D M2 (pg/ml)	
	$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value
<b>Wapń (mg/dl)</b>	-0,112 (-0,343; 0,119)	0,34	-0,104 (-0,340; 0,133)	0,39	-0,107 (-0,343; 0,130)	0,38
<b>PTH (pg/ml)</b>	-0,403 (-0,616; -0,190)	<b>&lt;0,001</b>	-0,359 (-0,581; -0,137)	<b>0,002</b>	-0,356 (-0,578; -0,134)	<b>0,002</b>

PTH – parathormon;  $\beta$  – współczynnik niestandardyzowany; 95% CI – przedział ufności

W okresie letnim wykazano jedynie istotną statystycznie ujemną zależność między fałdem skórno-tłuszczowym tricepsa a stężeniem całkowitej 25(OH)D ( $p=0,014$ ) oraz wolnej 25(OH)D M1 ( $p=0,035$ ) i M2 ( $p=0,025$ ) (tabela 17).

Ponadto stwierdzono również statystycznie istotny dodatni związek między wartością równoważnika MET TOTAL a stężeniem całkowitej 25(OH)D ( $p=0,005$ ) oraz wolnej 25(OH)D M2 ( $p=0,049$ ). Dodatkowo odnotowano istotną statystycznie ujemną zależność między godzinami siedzenia w ciągu dnia, a stężeniem całkowitej 25(OH) i wolnej wyliczonej dwoma metodami ( $p<0,05$ ). Zaobserwowano również istotną statystycznie dodatnią zależność pomiędzy ilością spożytej witaminy D oszacowaną na podstawie dzienniczka żywieniowego a stężeniem całkowitej 25(OH)D ( $p=0,003$ ) oraz wolnej 25(OH)D M1 ( $p=0,005$ ), M2 ( $p=0,004$ ). Nie stwierdzono znaczącej zależności pomiędzy spożyciem witaminy D na podstawie Kwestionariusz FFLQ, używaniem filtrów przeciwsłonecznych, czasem ekspozycji na promienie słoneczne lub pokryciem ciała przez ubrania na podstawie dzienniczka żywieniowego a stężeniem całkowitej i wolnej 25(OH)D.

Po okresie letnim wykazano jedynie ujemny związek między stężeniem PTH a całkowitą 25(OH)D ( $p=0,024$ ). W przypadku wolnej 25(OH)D wyliczonej dwoma metodami nie odnotowano istotnej statystycznie zależności.



Tabela 17. Zależność pomiędzy wskaźnikami antropometrycznymi a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych mężczyzn w okresie letnim (n=49)

Zmienna	Całkowita 25(OH)D (ng/ml)		Wolna 25(OH)D M1 (pg/ml)		Wolna 25(OH)D M2 (pg/ml)	
	$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value
Wiek [lata]	-0,005 (-0,291; 0,280)	0,97	-0,054 (-0,339; 0,232)	0,710	-0,033 (-0,318; 0,253)	0,820
Wysokość ciała [m]	0,061 (-0,224; 0,346)	0,67	0,027 (-0,258; 0,313)	0,850	0,037 (-0,249; 0,323)	0,800
Masa ciała [kg]	0,067 (-0,218; 0,352)	0,65	0,000 (-0,286; 0,285)	>0,99	0,016 (-0,270; 0,302)	0,910
Obwód talii [cm]	-0,012 (-0,298; 0,274)	0,93	-0,113 (-0,397; 0,171)	0,44	-0,093 (-0,378; 0,192)	0,520
Obwód bioder [cm]	0,133 (-0,151; 0,416)	0,36	0,095 (-0,190; 0,379)	0,51	0,106 (-0,178; 0,390)	0,470
WHR [cm/cm]	-0,120 (-0,403; 0,164)	0,41	-0,201 (-0,481; 0,079)	0,16	-0,187 (-0,468; 0,093)	0,190
f. sk.-tł. klatka piersiowa [mm]	-0,181 (-0,463; 0,100)	0,21	-0,226 (-0,505; 0,052)	0,11	-0,223 (-0,502; 0,055)	0,120
f. sk.-tł. pod pachą [mm]	-0,265 (-0,541; 0,011)	0,060	-0,263 (-0,538; 0,013)	0,062	-0,271 (-0,546; 0,004)	0,053
f. sk.-tł. biceps [mm]	-0,150 (-0,433; 0,133)	0,30	-0,238 (-0,516; 0,040)	0,093	-0,232 (-0,510; 0,046)	0,100
f. sk.-tł. triceps [mm]	-0,337 (-0,606; -0,068)	<b>0,014</b>	-0,294 (-0,567; -0,020)	<b>0,035</b>	-0,310 (-0,582; -0,039)	<b>0,025</b>
f. sk.-tł. łopatką [mm]	-0,161 (-0,443; 0,121)	0,26	-0,142 (-0,425; 0,141)	0,33	-0,149 (-0,432; 0,134)	0,300
f. sk.-tł. brzucha [mm]	-0,233 (-0,511; 0,045)	0,10	-0,269 (-0,544; 0,006)	0,056	-0,271 (-0,546; 0,004)	0,054
f. sk.-tł. grzebień biodrowy [mm]	-0,170 (-0,451; 0,112)	0,24	-0,196 (-0,476; 0,085)	0,172	-0,199 (-0,479; 0,082)	0,16
f. sk.-tł. udo [mm]	-0,255 (-0,532; 0,021)	0,070	-0,261 (-0,537; 0,015)	0,064	-0,266 (-0,542; 0,010)	0,058
Suma fałdów [mm]	-0,242 (-0,520; 0,035)	0,087	-0,259 (-0,535; 0,017)	0,066	-0,264 (-0,540; 0,012)	0,061
Poziom tkanki tłuszczowej na podstawie Oliver-7site [%]	-0,244 (-0,521; 0,033)	0,085	-0,257 (-0,534; 0,019)	0,068	-0,263 (-0,538; 0,013)	0,062

WHR – ang. *Waist-Hip Ratio*; f. sk.-tł. – fałd skórno-tłuszczowy;  $\beta$  – współczynnik niestandardyzowany; 95% CI – przedział ufności

Tabela 18. Zależność pomiędzy czynnikami stylu życia a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych mężczyzn w okresie letnim (n=49)

Zmienna		Całkowita 25(OH)D (ng/ml)		Wolna 25(OH)D M1 (pg/ml)		Wolna 25(OH)D M2 (pg/ml)	
		$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value
Aktywność fizyczna	MET TOTAL [MET-min/tydzień]	0,381 (0,117; 0,646)	<b>0,005</b>	0,243 (-0,034; 0,521)	0,085	0,275 (0,000; 0,550)	<b>0,050</b>
	Godziny siedzenia/dzień [h]	-0,312 (-0,583; -0,040)	<b>0,025</b>	-0,347 (-0,615; -0,079)	<b>0,011</b>	-0,349 (-0,617; -0,082)	<b>0,011</b>
Kwestionariusz FFLQ	Spożycie witaminy D FFLQ [IU]	0,002 (-0,284; 0,288)	0,99	-0,104 (-0,388; 0,180)	0,47	-0,084 (-0,369; 0,201)	0,56
	Czas spędzony na słońcu na świeżym powietrzu [min]	0,113 (-0,171; 0,397)	0,43	0,052 (-0,234; 0,337)	0,72	0,057 (-0,228; 0,342)	0,70
	Częstość stosowania kremów z filtrem	0,057 (-0,228; 0,343)	0,69	0,012 (-0,274; 0,298)	0,93	0,030 (-0,256; 0,316)	0,84
	Rodzaj stosowanego filtra SPF	-0,012 (-0,298; 0,274)	0,94	-0,092 (-0,377; 0,193)	0,53	-0,073 (-0,358; 0,212)	0,62
	Czas spacerowania w drodze do pracy/szkoły [min]	0,048 (-0,238; 0,333)	0,74	0,102 (-0,182; 0,386)	0,48	0,099 (-0,185; 0,384)	0,49
	Czas ekspozycji na słońce [h]	0,164 (-0,118; 0,446)	0,25	0,131 (-0,153; 0,414)	0,37	0,137 (-0,146; 0,420)	0,34
	Pokrycie ciała przez ubrania [%]	0,157 (-0,125; 0,440)	0,28	0,134 (-0,150; 0,417)	0,35	0,135 (-0,148; 0,418)	0,35
Dzienniczek żywienia	Witamina D dzienniczek żywności [IU]	0,401 (0,139; 0,663)	<b>0,003</b>	0,377 (0,112; 0,642)	<b>0,005</b>	0,385 (0,121; 0,649)	<b>0,004</b>

MET – ang. *metabolic equivalent*;  $\beta$  – współczynnik niestandardyzowany; 95% CI – przedział ufności

Tabela 19. Zależności pomiędzy stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D a stężeniem wapnia i PTH w surowicy badanych mężczyzn w okresie letnim (n=49)

Zmienna	Całkowita 25(OH)D (ng/ml)		Wolna 25(OH)D M1 (pg/ml)		Wolna 25(OH)D M2 (pg/ml)	
	$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value
<b>Wapń (mg/dl)</b>	0,133 (-0,150; 0,417)	0,36	0,139 (-0,144; 0,422)	0,34	0,130 (-0,153; 0,414)	0,37
<b>PTH (pg/ml)</b>	-0,314 (-0,585; -0,042)	<b>0,024</b>	-0,229 (-0,507; 0,050)	0,11	-0,256 (-0,532; 0,020)	0,069

PTH – parathormon;  $\beta$  – współczynnik niestandardyzowany; 95% CI – przedział ufności

W tabeli 20 przedstawiono wyniki analizy dwuczynnikowej liniowego modelu mieszanego dotyczącego wpływu pory roku i suplementacji witaminą D na stężenie całkowitej 25(OH)D.

Suplementacja oraz pora roku istotnie wpływają na stężenie całkowitej 25(OH)D. Wykazano, że pora roku jest silniejszym predyktorem niż suplementacja witaminą D.

W tabeli 21 przedstawiono wyniki analizy dwuczynnikowej liniowego modelu mieszanego dotyczącego wpływu pory roku i suplementacji witaminą D na stężenie wolnej 25(OH)D M1. W przypadku wolnej 25(OH)D M1 w stworzonych modelach nie zaobserwowano istotnego wpływu pory roku w grupie kontrolnej. W grupie kontrolnej istotnym predyktorem okazała się jedynie suplementacja. W pozostałych podgrupach oba czynniki były istotne statystycznie. Zaobserwowano, że suplementacja jest silniejszym predyktorem stężenia wolnej 25(OH)D M1 niż pora roku. W pozostałych podgrupach wykazano, że to pora roku bardziej determinuje stężenie wolnej 25(OH)D niż suplementacja.

W tabeli 22 przedstawiono wyniki analizy dwuczynnikowej liniowego modelu mieszanego dotyczącego wpływu pory roku i suplementacji witaminą D na stężenie wolnej 25(OH)D M2. We wszystkich analizowanych podgrupach wykazano, że pora roku nie wpływa na stężenie wolnej 25(OH)D M2. W stworzonych modelach istotnym czynnikiem jest tylko suplementacja.

Tabela 20. Wartość współczynnika  $\beta$  dotycząca wpływu pory roku oraz suplementacji na stężenie całkowitej 25(OH)D w badanych grupach

Zmienne / Grupa uczestników	Całkowita 25(OH)D (ng/ml)			
	Pora roku $\beta$ (95% CI)	p-value	Suplementacja $\beta$ (95% CI)	p-value
Wszyscy uczestnicy	-0,869 (-1,115; -0,624)	<0,001	0,621 (0,500; 0,742)	<0,001
Grupa kontrolna	-1,016 (-1,488; -0,543)	<0,001	0,480 (0,244; 0,717)	<0,001
Pilkarze nożni	-0,850 (-1,236; -0,465)	<0,001	0,658 (0,468; 0,848)	<0,001
Judocy	-0,796 (-1,310; -0,282)	0,004	0,626 (0,371; 0,880)	<0,001
Grupa sportowców	-0,836 (-1,126; -0,536)	<0,001	0,643 (0,496; 0,536)	<0,001

$\beta$  – współczynnik niestandardyzowany; 95% CI – przedział ufności

Tabela 21. Wartość współczynnika  $\beta$  dotycząca wpływu pory roku oraz suplementacji na stężenie wolnej 25(OH)D M1 w badanych grupach

Zmienne / Grupa uczestników	Wolna 25(OH)D M1 (pg/ml)			
	Pora roku $\beta$ (95% CI)	p-value	Suplementacja $\beta$ (95% CI)	p-value
Wszyscy uczestnicy	-0,595 (-0,874; -0,317)	<0,001	0,606 (0,468; 0,743)	<0,001
Grupa kontrolna	-0,494 (-0,995; 0,007)	0,053	0,631 (0,378; 0,883)	<0,001
Pilkarze nożni	-0,604 (-1,068; -0,139)	0,012	0,570 (0,340; 0,800)	<0,001
Judocy	-0,672 (-1,180; -0,165)	0,011	0,670 (0,419; 0,922)	<0,001
Grupa sportowców	-0,642 (-0,98; -0,301)	<0,001	0,602 (0,434; 0,769)	<0,001

$\beta$  – współczynnik niestandardyzowany; 95% CI – przedział ufności

Tabela 22. Wartość współczynnika  $\beta$  dotycząca wpływu pory roku oraz suplementacji na stężenie wolnej 25(OH)D M2 w badanych grupach

Zmienne / Grupa uczestników	Wolna 25(OH)D M2 (pg/ml)			
	Pora roku $\beta$ (95% CI)	p-value	Suplementacja $\beta$ (95% CI)	p-value
<b>Wszyscy uczestnicy</b>	-0,206 (-0,492; 0,080)	0,16	0,636 (0,495; 0,778)	<0,001
<b>Grupa kontrolna</b>	-0,069 (-0,582; 0,443)	0,79	0,658 (0,400; 0,916)	<0,001
<b>Pilkarze nożni</b>	-0,236 (-0,705; 0,233)	0,32	0,613 (0,381; 0,845)	<0,001
<b>Judocy</b>	-0,280 (-0,828; 0,268)	0,30	0,694 (0,423; 0,966)	<0,001
<b>Grupa sportowców</b>	-0,263 (-0,613; 0,086)	0,14	0,638 (0,466; 0,810)	<0,001

$\beta$  – współczynnik niestandardyzowany; 95% CI – przedział ufności

W tabeli 23, 24 oraz 25 przedstawiono zależności pomiędzy czynnikami stylu życia oraz wskaźnikami biochemicznymi we krwi a stężeniem całkowitej i wolnej 25(OH)D w grupie kontrolnej w okresie zimowym. Stwierdzono statystycznie istotny związek między wiekiem badanych osób z grupy kontrolnej, a stężeniem całkowitej oraz wolnej 25(OH)D ( $p < 0,05$ ). Zaobserwowano również zależność pomiędzy stosowaniem filtrów przeciwsłonecznych a stężeniem całkowitej 25(OH)D ( $p = 0,041$ ) oraz wolnej 25(OH)D M1 ( $p = 0,002$ ) i M2 ( $p = 0,003$ ). W przypadku stężenia wolnej 25(OH)D dwoma metodami wykazano również istotną zależność z rodzajem stosowanych filtrów SPF ( $p < 0,05$ ). Istotną statystycznie ujemną zależność stężenia PTH odnotowano jedynie dla całkowitej 25(OH)D ( $p = 0,018$ ).

Tabela 23. Zależność pomiędzy wskaźnikami antropometrycznymi a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych mężczyzn z grupy kontrolnej (n=23) z okresu zimowego

Zmienna	Całkowita 25(OH)D (ng/ml)		Wolna 25(OH)D M1 (pg/ml)		Wolna 25(OH)D M2 (pg/ml)	
	$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value
Wiek [lata]	0,531 [0,169; 0,893]	<b>0,004</b>	0,625 [0,274; 0,976]	<b>&lt;0,001</b>	0,621 [0,268; 0,97]	<b>&lt;0,001</b>
Wysokość ciała [m]	0,112 [-0,314; 0,537]	0,61	0,057 [-0,392; 0,506]	0,80	0,056 [-0,393; 0,505]	0,81
Masa ciała [kg]	0,027 [-0,401; 0,454]	0,90	0,147 [-0,298; 0,591]	0,52	0,148 [-0,297; 0,592]	0,52
Obwód talii [cm]	-0,037 [-0,464; 0,390]	0,87	0,263 [-0,171; 0,697]	0,23	0,266 [-0,168; 0,699]	0,23
Obwód bioder [cm]	-0,120 [-0,545; 0,304]	0,58	0,177 [-0,266; 0,619]	0,43	0,180 [-0,262; 0,623]	0,42
WHR [cm/cm]	0,277 [-0,134; 0,688]	0,19	0,220 [-0,218; 0,659]	0,32	0,217 [-0,222; 0,656]	0,33
f. sk.-tł. klatka piersiowa [mm]	0,019 [-0,409; 0,446]	0,93	0,140 [-0,306; 0,585]	0,54	0,139 [-0,306; 0,585]	0,54
f. sk.-tł. pod pachą [mm]	-0,058 [-0,485; 0,369]	0,79	0,110 [-0,336; 0,557]	0,63	0,116 [-0,331; 0,563]	0,61
f. sk.-tł. biceps [mm]	-0,194 [-0,614; 0,225]	0,36	-0,190 [-0,631; 0,252]	0,40	-0,185 [-0,627; 0,256]	0,41
f. sk.-tł. triceps [mm]	0,098 [-0,327; 0,524]	0,65	0,197 [-0,244; 0,638]	0,38	0,198 [-0,243; 0,638]	0,38
f. sk.-tł. łopatką [mm]	-0,186 [-0,606; 0,235]	0,39	-0,085 [-0,533; 0,363]	0,71	-0,080 [-0,528; 0,368]	0,73
f. sk.-tł. brzucha [mm]	-0,175 [-0,596; 0,246]	0,41	0,001 [-0,449; 0,450]	0,99	0,007 [-0,442; 0,457]	0,97
f. sk.-tł. grzebień biodrowy [mm]	-0,073 [-0,499; 0,354]	0,74	0,027 [-0,422; 0,477]	0,91	0,033 [-0,417; 0,482]	0,89
f. sk.-tł. udo [mm]	0,117 [-0,308; 0,542]	0,59	0,122 [-0,325; 0,568]	0,59	0,122 [-0,324; 0,569]	0,59
Suma fałdów [mm]	-0,081 [-0,507; 0,345]	0,71	0,042 [-0,407; 0,492]	0,85	0,047 [-0,403; 0,496]	0,84
Poziom tkanki tłuszczowej na podstawie Oliver-7site [%]	-0,074 [-0,501; 0,352]	0,73	0,055 [-0,394; 0,504]	0,81	0,059 [-0,390; 0,508]	0,80

WHR – ang. *Waist-Hip Ratio*; f. sk.-tł. – fałd skórno-tłuszczowy;  $\beta$  – współczynnik niestandardyzowany; 95% CI – przedział ufności



Tabela 24. Zależność pomiędzy czynnikami stylu życia a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych mężczyzn z grupy kontrolnej (n=23) z okresu zimowego

Zmienna		Całkowita 25(OH)D (ng/mL)		Wolna 25(OH)D M1 (pg/ml)		Wolna 25(OH)D M2 (pg/ml)	
		$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value
Aktywność fizyczna	MET TOTAL [MET-min/tydzień]	0,092 [-0,334; 0,518]	0,67	-0,029 [-0,478; 0,421]	0,90	-0,035 [-0,484; 0,415]	0,88
	Godziny siedzenia/dzień [h]	-0,139 [-0,563; 0,284]	0,52	0,131 [-0,315; 0,577]	0,56	0,137 [-0,308; 0,583]	0,55
Kwestionariusz FFLQ	Spożycie witaminy D FFLQ [IU]	0,379 [-0,017; 0,775]	0,061	0,300 [-0,128; 0,729]	0,17	0,298 [-0,131; 0,727]	0,17
	Czas spędzony na słońcu na świeżym powietrzu [min]	0,272 [-0,140; 0,683]	0,20	0,208 [-0,232; 0,648]	0,35	0,205 [-0,235; 0,645]	0,36
	Częstość stosowania kremów z filtrem	0,407 [0,016; 0,797]	<b>0,041</b>	0,571 [0,201; 0,940]	<b>0,002</b>	0,564 [0,192; 0,935]	<b>0,003</b>
	Rodzaj stosowanego filtra SPF	0,290 [-0,119; 0,699]	0,16	0,474 [0,077; 0,870]	<b>0,019</b>	0,466 [0,068; 0,864]	<b>0,022</b>
	Czas spacerowania w drodze do pracy/szkoły [min]	0,074 [-0,352; 0,501]	0,73	0,034 [-0,415; 0,483]	0,88	0,031 [-0,418; 0,481]	0,89
	Czas ekspozycji na słońce [h]	0,176 [-0,245; 0,597]	0,41	0,105 [-0,342; 0,553]	0,64	0,101 [-0,346; 0,548]	0,66
	Pokrycie ciała przez ubrania [%]	0,099 [-0,327; 0,524]	0,65	0,168 [-0,275; 0,612]	0,46	0,169 [-0,275; 0,612]	0,46
Dzienniczek żywienia	Witamina D dzienniczek żywności [IU]	0,385 [-0,010; 0,780]	0,056	0,257 [-0,178; 0,692]	0,25	0,255 [-0,180; 0,690]	0,25

MET – ang. *metabolic equivalent*;  $\beta$  – współczynnik niestandardyzowany; 95% CI – przedział ufności

Tabela 25. Zależności pomiędzy stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D a stężeniem wapnia i PTH w surowicy krwi badanych mężczyzn z grupy kontrolnej (n=23) z okresu zimowego

Zmienna	Całkowita 25(OH)D (ng/mL)		Wolna 25(OH)D M1 (pg/ml)		Wolna 25(OH)D M2 (pg/ml)	
	$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value
<b>Wapń (mg/dl)</b>	-0,306 [-0,713; 0,102]	0,14	-0,251 [-0,686; 0,184]	0,26	-0,256 [-0,691; 0,178]	0,25
<b>PTH (pg/ml)</b>	-0,457 [-0,838; 0,077]	<b>0,018</b>	-0,235 [-0,672; 0,202]	0,29	-0,227 [-0,665; 0,211]	0,31

PTH – parathormon;  $\beta$  – współczynnik niestandardyzowany; 95% CI – przedział ufności

W tabeli 26, 27 oraz 28 przedstawiono zależności pomiędzy czynnikami stylu życia oraz wskaźnikami biochemicznymi we krwi a stężeniem całkowitej i wolnej 25(OH)D w grupie kontrolnej w okresie letnim. Stwierdzono statystycznie istotny związek między wiekiem badanych osób z grupy kontrolnej, a stężeniem całkowitej 25(OH)D ( $p=0,044$ ). Stężenie całkowitej 25(OH) istotnie dodatnio korelowało ze spożyciem witaminy D na podstawie kwestionariusza FFLQ ( $p=0,017$ ). W przypadku oceny ilościowej spożycia witaminy D na podstawie dzienniczka żywieniowego odnotowano jedynie zależność dla wolnej 25(OH)D M1 ( $p=0,013$ ) oraz M2 ( $p=0,015$ ). Stężenie całkowitej oraz wolnej 25(OH)D istotnie korelowała ze stosowaniem filtrów przeciwsłonecznych. W okresie letnim stężenie PTH ujemnie korelowała ze stężeniem całkowitej oraz wolnej 25(OH)D M2.

Tabela 26. Zależność pomiędzy wskaźnikami antropometrycznymi a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych mężczyzn z grupy kontrolnej (n=17) z okresu letniego

Zmienna	Całkowita 25(OH)D (ng/ml)		Wolna 25(OH)D M1 (pg/ml)		Wolna 25(OH)D M2 (pg/ml)	
	$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value
Wiek [lata]	0,461 [0,012; 0,910]	<b>0,044</b>	0,377 [-0,092; 0,845]	<b>0,12</b>	0,395 [-0,070; 0,860]	<b>0,10</b>
Wysokość ciała [m]	0,159 [-0,341; 0,658]	0,53	0,124 [-0,378; 0,627]	0,63	0,138 [-0,364; 0,639]	0,59
Masa ciała [kg]	0,255 [-0,235; 0,744]	0,31	0,227 [-0,266; 0,720]	0,37	0,229 [-0,264; 0,722]	0,36
Obwód talii [cm]	0,280 [-0,205; 0,766]	0,26	0,259 [-0,229; 0,748]	0,30	0,261 [-0,227; 0,750]	0,29
Obwód bioder [cm]	0,305 [-0,177; 0,787]	0,21	0,254 [-0,236; 0,743]	0,31	0,260 [-0,229; 0,748]	0,30
WHR [cm/cm]	0,045 [-0,460; 0,551]	0,86	0,073 [-0,432; 0,577]	0,78	0,069 [-0,435; 0,574]	0,79
f. sk.-tl. klatka piersiowa [mm]	0,047 [-0,458; 0,553]	0,85	-0,049 [-0,555; 0,456]	0,85	-0,039 [-0,545; 0,466]	0,88
f. sk.-tl. pod pachą [mm]	0,014 [-0,492; 0,520]	0,96	0,002 [-0,504; 0,508]	>0,99	-0,012 [-0,518; 0,495]	0,96
f. sk.-tl. biceps [mm]	0,129 [-0,373; 0,630]	0,62	0,042 [-0,464; 0,547]	0,87	0,043 [-0,463; 0,549]	0,87
f. sk.-tl. triceps [mm]	-0,120 [-0,622; 0,382]	0,64	0,058 [-0,447; 0,564]	0,82	0,012 [-0,494; 0,518]	0,96
f. sk.-tl. łopatką [mm]	0,109 [-0,394; 0,612]	0,67	0,181 [-0,317; 0,678]	0,48	0,156 [-0,344; 0,656]	0,54
f. sk.-tl. brzucha [mm]	-0,019 [-0,525; 0,487]	0,94	-0,021 [-0,527; 0,485]	0,93	-0,034 [-0,540; 0,471]	0,89
f. sk.-tl. grzebień biodrowy [mm]	0,009 [-0,497; 0,515]	0,97	0,006 [-0,500; 0,513]	0,98	-0,004 [-0,510; 0,502]	0,99
f. sk.-tl. udo [mm]	0,074 [-0,430; 0,579]	0,77	0,068 [-0,437; 0,573]	0,79	0,059 [-0,446; 0,565]	0,82
Suma fałdów [mm]	0,028 [-0,478; 0,534]	0,91	0,034 [-0,472; 0,540]	0,90	0,019 [-0,487; 0,525]	0,94
Poziom tkanki tłuszczowej na podstawie Oliver-7site [%]	0,023 [-0,483; 0,529]	0,93	0,033 [-0,472; 0,539]	0,90	0,018 [-0,488; 0,524]	0,94

WHR – ang. *Waist-Hip Ratio*; f. sk.-tl. – fałd skórno-tłuszczowy;  $\beta$  – współczynnik niestandardyzowany; 95% CI – przedział ufności

Tabela 27. Zależność pomiędzy czynnikami stylu życia a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych mężczyzn z grupy kontrolnej (n=17) z okresu zimowego

Zmienna		Całkowita 25(OH)D (ng/ml)		Wolna 25(OH)D M1 (pg/ml)		Wolna 25(OH)D M2 (pg/ml)	
		β (95% CI)	p-value	β (95% CI)	p-value	β (95% CI)	p-value
Aktywność fizyczna	MET TOTAL [MET-min/tydzień]	-0,087 [-0,591; 0,417]	0,74	-0,050 [-0,555; 0,456]	0,85	-0,051 [-0,556; 0,454]	0,84
	Godziny siedzenia/dzień [h]	-0,308 [-0,790; 0,173]	0,21	-0,307 [-0,789; 0,174]	0,21	-0,316 [-0,796; 0,165]	0,20
Kwestionariusz FFLQ	Spożycie witaminy D FFLQ [IU]	0,525 [0,094; 0,96]	<b>0,017</b>	0,350 [-0,124; 0,824]	0,15	0,390 [-0,076; 0,856]	0,10
	Czas spędzony na słońcu na świeżym powietrzu [min]	-0,009 [-0,515; 0,497]	0,97	0,010 [-0,496; 0,516]	0,97	0,006 [-0,500; 0,512]	0,98
	Częstość stosowania kremów z filtrem	0,575 [0,160; 0,99]	<b>0,007</b>	0,581 [0,169; 0,99]	<b>0,006</b>	0,585 [0,175; 0,996]	<b>0,005</b>
	Rodzaj stosowanego filtra SPF	0,286 [-0,199; 0,771]	0,25	0,272 [-0,215; 0,759]	0,27	0,264 [-0,224; 0,752]	0,29
	Czas spacerowania w drodze do pracy/szkoły [min]	0,260 [-0,229; 0,749]	0,30	0,293 [-0,190; 0,777]	0,23	0,298 [-0,185; 0,781]	0,23
	Czas ekspozycji na słońce [h]	0,191 [-0,306; 0,688]	0,45	0,218 [-0,276; 0,712]	0,39	0,222 [-0,271; 0,716]	0,38
	Pokrycie ciała przez ubrania [%]	0,151 [-0,349; 0,652]	0,55	0,215 [-0,279; 0,709]	0,39	0,210 [-0,285; 0,705]	0,41
Dzienniczek żywienia	Witamina D dzienniczek żywności [IU]	0,443 [-0,011; 0,897]	0,056	0,541 [0,115; 0,97]	<b>0,013</b>	0,532 [0,104; 0,96]	<b>0,015</b>

MET – ang. *metabolic equivalent*; β – współczynnik niestandardyzowany; 95% CI – przedział ufności

Tabela 28. Zależności pomiędzy stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D a stężeniem wapnia i PTH w surowicy krwi badanych mężczyzn z grupy kontrolnej (n=17) z okresu zimowego

Zmienna	Całkowita 25(OH)D (ng/ml)		Wolna 25(OH)D M1 (pg/ml)		Wolna 25(OH)D M2 (pg/ml)	
	$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value
<b>Wapń (mg/dl)</b>	0,146 [-0,355; 0,646]	0,57	0,140 [-0,361; 0,641]	0,58	0,136 [-0,365; 0,638]	0,59
<b>PTH (pg/ml)</b>	-0,464 [-0,913; -0,016]	<b>0,042</b>	-0,439 [-0,894; 0,015]	0,058	-0,453 [-0,904; -0,001]	<b>0,049</b>

PTH – parathormon;  $\beta$  – współczynnik niestandardyzowany; 95% CI – przedział ufności

W tabeli 29, 30 oraz 31 przedstawiono zależności pomiędzy czynnikami stylu życia oraz wskaźnikami biochemicznymi we krwi a stężeniem całkowitej i wolnej 25(OH)D w grupie judoków w okresie zimowym. Stwierdzono istotną statystycznie dodatnią zależność pomiędzy całkowitą i wolną 25(OH)D a wiekiem badanych judoków w okresie zimowym. Stężenie wolnej 25(OH)D istotnie koreluje z wysokością ciała judoków. Tej zależności nie wykazano w przypadku całkowitej 25(OH)D. Ponadto odnotowano istotną ujemną zależność pomiędzy stężeniem całkowitej 25(OH)D a ilością godzin siedzenia w ciągu dnia ( $p=0,039$ ). Taka zależność również wykazano dla wolnej 25(OH)D M1 ( $p=0,016$ ). W okresie zimowym w grupie judo spożycie witaminy D ocenione na podstawie dzienniczka żywieniowego wyjaśnia stężenie wolnej 25(OH)D M2. Ponadto stężenie PTH jest istotnie ujemnie skorelowane ze stężeniem wolnej 25(OH)D wyliczonej obiema metodami ( $p<0,05$ ).

Tabela 29. Zależność pomiędzy wskaźnikami antropometrycznymi a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych judoków (n=19) z okresu zimowego

Zmienna	Całkowita 25(OH)D (ng/ml)		Wolna 25(OH)D M1 (pg/ml)		Wolna 25(OH)D M2 (pg/ml)	
	β (95% CI)	p-value	β (95% CI)	p-value	β (95% CI)	p-value
Wiek [lata]	0,474 [0,056; 0,893]	<b>0,026</b>	0,475 [0,056; 0,893]	<b>0,026</b>	0,470 [0,050; 0,890]	<b>0,028</b>
Wysokość ciała [m]	-0,392 [-0,829; 0,045]	0,079	-0,431 [-0,860; -0,002]	<b>0,049</b>	-0,434 [-0,863; -0,006]	<b>0,047</b>
Masa ciała [kg]	-0,020 [-0,495; 0,455]	0,93	-0,062 [-0,536; 0,413]	0,80	-0,065 [-0,539; 0,410]	0,79
Obwód talii [cm]	-0,019 [-0,494; 0,456]	0,94	-0,047 [-0,522; 0,428]	0,85	-0,047 [-0,521; 0,428]	0,85
Obwód bioder [cm]	0,034 [-0,441; 0,509]	0,89	0,000 [-0,475; 0,475]	>0,99	-0,003 [-0,479; 0,472]	0,99
WHR [cm/cm]	-0,140 [-0,611; 0,331]	0,56	-0,123 [-0,595; 0,349]	0,61	-0,115 [-0,587; 0,357]	0,63
f. sk.-tł. klatka piersiowa [mm]	-0,069 [-0,544; 0,405]	0,77	-0,024 [-0,499; 0,451]	0,92	-0,026 [-0,501; 0,450]	0,92
f. sk.-tł. pod pachą [mm]	-0,107 [-0,579; 0,366]	0,66	-0,051 [-0,526; 0,424]	0,83	-0,050 [-0,525; 0,425]	0,84
f. sk.-tł. biceps [mm]	-0,263 [-0,722; 0,195]	0,26	-0,243 [-0,704; 0,218]	0,30	-0,244 [-0,705; 0,217]	0,30
f. sk.-tł. triceps [mm]	-0,057 [-0,531; 0,418]	0,81	-0,076 [-0,550; 0,398]	0,75	-0,075 [-0,549; 0,399]	0,76
f. sk.-tł. łopatką [mm]	-0,116 [-0,588; 0,356]	0,63	-0,116 [-0,588; 0,356]	0,63	-0,115 [-0,587; 0,357]	0,63
f. sk.-tł. brzucha [mm]	-0,059 [-0,533; 0,416]	0,81	-0,034 [-0,509; 0,441]	0,89	-0,034 [-0,509; 0,441]	0,89
f. sk.-tł. grzebień biodrowy [mm]	-0,129 [-0,600; 0,343]	0,59	-0,098 [-0,571; 0,375]	0,69	-0,098 [-0,571; 0,375]	0,69
f. sk.-tł. udo [mm]	-0,371 [-0,813; 0,070]	0,10	-0,380 [-0,820; 0,060]	0,091	-0,382 [-0,821; 0,058]	0,089
Suma fałdów [mm]	-0,168 [-0,637; 0,301]	0,48	-0,151 [-0,621; 0,319]	0,53	-0,151 [-0,621; 0,318]	0,53
Poziom tkanki tłuszczowej na podstawie Oliver-7site [%]	-0,162 [-0,631; 0,308]	0,50	-0,145 [-0,616; 0,325]	0,54	-0,145 [-0,616; 0,325]	0,54

WHR – ang. *Waist-Hip Ratio*; f. sk.-tł. – fałd skórno-tłuszczowy; β – współczynnik niestandardyzowany; 95% CI – przedział ufności



Tabela 30. Zależność pomiędzy czynnikami stylu życia a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych judoków (n=19) z okresu zimowego

Zmienna		Całkowita 25(OH)D (ng/ml)		Wolna 25(OH)D M1 (pg/ml)		Wolna 25(OH)D M2 (pg/ml)	
		β (95% CI)	p-value	β (95% CI)	p-value	β (95% CI)	p-value
Aktywność fizyczna	MET TOTAL [MET-min/tydzień]	-0,049 [-0,524; 0,426]	0,84	-0,079 [-0,553; 0,395]	0,74	-0,079 [-0,553; 0,395]	<b>0,018</b>
	Godziny siedzenia/dzień [h]	-0,448 [-0,873; -0,024]	<b>0,039</b>	-0,503 [-0,914; -0,092]	<b>0,016</b>	-0,498 [-0,910; -0,085]	0,77
Kwestionariusz FFLQ	Spożycie witaminy D FFLQ [IU]	-0,121 [-0,593; 0,351]	0,62	-0,077 [-0,550; 0,397]	0,75	-0,071 [-0,545; 0,403]	0,39
	Czas spędzony na słońcu na świeżym powietrzu [min]	0,177 [-0,290; 0,645]	0,46	0,205 [-0,260; 0,670]	0,39	0,205 [-0,261; 0,670]	0,15
	Częstość stosowania kremów z filtrem	0,225 [-0,238; 0,688]	0,34	0,330 [-0,119; 0,779]	0,15	0,333 [-0,115; 0,781]	0,15
	Rodzaj stosowanego filtra SPF	0,225 [-0,238; 0,688]	0,34	0,330 [-0,119; 0,779]	0,15	0,333 [-0,115; 0,781]	0,50
	Czas spacerowania w drodze do pracy/szkoły [min]	-0,137 [-0,608; 0,334]	0,57	-0,188 [-0,655; 0,279]	0,43	-0,189 [-0,655; 0,278]	0,74
	Czas ekspozycji na słońce [h]	-0,054 [-0,529; 0,421]	0,82	-0,081 [-0,555; 0,393]	0,74	-0,080 [-0,554; 0,394]	0,45
	Pokrycie ciała przez ubrania [%]	0,258 [-0,202; 0,717]	0,27	0,187 [-0,280; 0,654]	0,43	0,182 [-0,286; 0,649]	0,44
Dzienniczek żywienia	Witamina D dzienniczek żywności [IU]	0,178 [-0,290; 0,645]	0,46	0,174 [-0,294; 0,642]	0,47	0,182 [-0,285; 0,650]	<b>0,018</b>

MET – ang. *metabolic equivalent*; β – współczynnik niestandardyzowany; 95% CI – przedział ufności

Tabela 31. Zależności pomiędzy stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D a stężeniem wapnia i PTH w surowicy krwi badanych judoków (n=19) z okresu zimowego

Zmienna	Całkowita 25(OH)D (ng/ml)		Wolna 25(OH)D M1 (pg/ml)		Wolna 25(OH)D M2 (pg/ml)	
	$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value
<b>Wapń (mg/dl)</b>	-0,312 [-0,764; 0,139]	0,020	-0,498 [-0,910; -0,085]	0,74	-0,377 [-0,817; 0,063]	0,093
<b>PTH (pg/ml)</b>	-0,491 [-0,905; -0,077]	0,092	-0,334 [-0,782; 0,114]	<b>0,016</b>	-0,498 [-0,910; -0,086]	<b>0,018</b>

PTH – parathormon;  $\beta$  – współczynnik niestandardyzowany; 95% CI – przedział ufności

W tabeli 32, 33 oraz 34 przedstawiono zależności pomiędzy czynnikami stylu życia oraz wskaźnikami biochemicznymi we krwi a stężeniem całkowitej i wolnej 25(OH)D w grupie judoków w okresie letnim. Stężenie całkowitej 25(OH)D wyjaśnia jedynie grubość fałdu skórno-tłuszczowego tricepsa ( $p=0,036$ ) oraz wartość równoważnika MET TOTAL ( $p=0,034$ ). Wolne stężenie 25(OH) nie koreluje istotnie statystycznie z żadnym czynnikiem u judoków w okresie letnim.

Tabela 32. Zależność pomiędzy wskaźnikami antropometrycznymi a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych judoków (n=12) z okresu letniego

Zmienna	Całkowita 25(OH)D (ng/ml)		Wolna 25(OH)D M1 (pg/ml)		Wolna 25(OH)D M2 (pg/ml)	
	β (95% CI)	p-value	β (95% CI)	p-value	β (95% CI)	p-value
Wiek [lata]	0,275 [-0,321; 0,871]	0,37	0,252 [-0,348; 0,852]	0,41	0,273 [-0,323; 0,870]	0,37
Wysokość ciała [m]	-0,242 [-0,843; 0,360]	0,43	-0,246 [-0,847; 0,354]	0,42	-0,258 [-0,857; 0,341]	0,40
Masa ciała [kg]	-0,219 [-0,824; 0,386]	0,48	-0,248 [-0,849; 0,352]	0,42	-0,244 [-0,845; 0,357]	0,43
Obwód talii [cm]	-0,233 [-0,836; 0,369]	0,45	-0,312 [-0,901; 0,277]	0,30	-0,296 [-0,888; 0,296]	0,33
Obwód bioder [cm]	-0,311 [-0,900; 0,278]	0,30	-0,388 [-0,96; 0,183]	0,18	-0,366 [-0,943; 0,210]	0,21
WHR [cm/cm]	0,004 [-0,616; 0,623]	>0,99	-0,038 [-0,657; 0,581]	0,90	-0,036 [-0,656; 0,583]	0,91
f. sk.-tł. klatka piersiowa [mm]	-0,368 [-0,944; 0,209]	0,21	-0,456 [-1,008; 0,095]	0,11	-0,443 [-0,999; 0,113]	0,12
f. sk.-tł. pod pachą [mm]	-0,323 [-0,909; 0,264]	0,28	-0,450 [-1,003; 0,104]	0,11	-0,432 [-0,99; 0,127]	0,13
f. sk.-tł. biceps [mm]	-0,333 [-0,918; 0,251]	0,26	-0,395 [-0,96; 0,175]	0,17	-0,394 [-0,96; 0,176]	0,18
f. sk.-tł. triceps [mm]	-0,534 [-1,058; -0,009]	<b>0,046</b>	-0,428 [-0,99; 0,132]	0,13	-0,446 [-1,001; 0,108]	0,11
f. sk.-tł. łopatka [mm]	-0,470 [-1,017; 0,078]	0,093	-0,500 [-1,036; 0,037]	0,068	-0,502 [-1,038; 0,034]	0,066
f. sk.-tł. brzucha [mm]	-0,432 [-0,99; 0,127]	0,13	-0,485 [-1,027; 0,058]	0,080	-0,483 [-1,026; 0,060]	0,081
f. sk.-tł. grzebień biodrowy [mm]	-0,312 [-0,901; 0,276]	0,30	-0,444 [-0,999; 0,112]	0,12	-0,426 [-0,99; 0,135]	0,14
f.sk.-tł. udo [mm]	-0,449 [-1,003; 0,105]	0,11	-0,433 [-0,99; 0,126]	0,13	-0,445 [-1,000; 0,110]	0,12
Suma fałdów [mm]	-0,471 [-1,018; 0,076]	0,092	-0,526 [-1,053; 0,001]	0,051	-0,524 [-1,052; 0,005]	0,052
Poziom tkanki tłuszczowej na podstawie Oliver-7site [%]	-0,469 [-1,016; 0,079]	0,093	-0,522 [-1,051; 0,006]	0,053	-0,520 [-1,049; 0,010]	0,054

WHR – ang. *Waist-Hip Ratio*; f. sk.-tł. – fałd skórno-tłuszczowy; β – współczynnik niestandardyzowany; 95% CI – przedział ufności

Tabela 33. Zależność pomiędzy czynnikami stylu życia a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych mężczyzn z grupy kontrolnej (n=12) z okresu letniego

Zmienna		Całkowita 25(OH)D (ng/ml)		Wolna 25(OH)D M1 (pg/ml)		Wolna 25(OH)D M2 (pg/ml)	
		$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value
Aktywność fizyczna	MET TOTAL [MET-min/tydzień]	0,557 [0,043; 1,072]	<b>0,034</b>	0,463 [-0,087; 1,012]	0,10	0,478 [-0,066; 1,023]	0,085
	Godziny siedzenia/dzień [h]	-0,449 [-1,003; 0,104]	0,11	-0,407 [-0,97; 0,159]	0,16	-0,423 [-0,98; 0,138]	0,14
Kwestionariusz FFLQ	Spożycie witaminy D FFLQ [IU]	-0,194 [-0,802; 0,414]	0,53	-0,249 [-0,849; 0,352]	0,42	-0,240 [-0,841; 0,362]	0,44
	Czas spędzony na słońcu na świeżym powietrzu [min]	-0,030 [-0,650; 0,589]	0,92	-0,140 [-0,754; 0,473]	0,65	-0,128 [-0,742; 0,487]	0,68
	Częstość stosowania kremów z filtrem	0,039 [-0,580; 0,659]	0,90	-0,038 [-0,657; 0,582]	0,91	-0,022 [-0,641; 0,598]	0,95
	Rodzaj stosowanego filtra SPF	0,016 [-0,603; 0,636]	0,96	-0,074 [-0,692; 0,544]	0,81	-0,051 [-0,670; 0,568]	0,87
	Czas spacerowania w drodze do pracy/szkoły [min]	0,113 [-0,503; 0,728]	0,72	0,160 [-0,452; 0,772]	0,61	0,156 [-0,456; 0,768]	0,62
	Czas ekspozycji na słońce [h]	0,041 [-0,578; 0,661]	0,90	0,030 [-0,590; 0,649]	0,93	0,033 [-0,586; 0,652]	0,92
Dzienniczek żywienia	Pokrycie ciała przez ubrania [%]	-0,032 [-0,652; 0,587]	0,92	-0,085 [-0,702; 0,533]	0,79	-0,083 [-0,701; 0,535]	0,79
	Witamina D dzienniczek żywności [IU]	-0,023 [-0,643; 0,596]	0,94	-0,132 [-0,747; 0,482]	0,67	-0,112 [-0,728; 0,504]	0,72

MET – ang. *metabolic equivalent*;  $\beta$  – współczynnik niestandardyzowany; 95% CI – przedział ufności

Tabela 34. Zależności pomiędzy stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D a stężeniem wapnia i PTH w surowicy krwi badanych mężczyzn z grupy kontrolnej (n=12) z okresu letniego

Zmienna	Całkowita 25(OH)D (ng/ml)		Wolna 25(OH)D M1 (pg/ml)		Wolna 25(OH)D M2 (pg/ml)	
	$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value
<b>Wapń (mg/dl)</b>	0,136 [-0,478; 0,750]	0,66	0,109 [-0,507; 0,725]	0,73	0,093 [-0,525; 0,710]	0,77
<b>PTH (pg/ml)</b>	-0,397 [-0,97; 0,172]	0,17	-0,412 [-0,98; 0,152]	0,15	-0,409 [-0,97; 0,156]	0,16

PTH – parathormon;  $\beta$  – współczynnik niestandardyzowany; 95% CI – przedział ufności.

W tabeli 35, 36 oraz 37 przedstawiono zależności pomiędzy czynnikami stylu życia oraz wskaźnikami biochemicznymi we krwi a stężeniem całkowitej i wolnej 25(OH)D w grupie piłkarzy nożnych w okresie zimowym. Nie wykazano zależności pomiędzy wskaźnikami antropometrycznymi i czynnikami stylu życia badanych piłkarz a stężeniem całkowitej i wolnej 25(OH)D. Ze stężeniem całkowitej i wolnej 25(OH)D jedynie istotnie statystycznie ujemnie koreluje stężenie PTH w okresie zimowym ( $p < 0,05$ ).

Tabela 35. Zależność pomiędzy wskaźnikami antropometrycznymi a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych piłkarzy nożnych (n=31) z okresu zimowego

Zmienna	Całkowita 25(OH)D (ng/ml)		Wolna 25(OH)D M1 (pg/ml)		Wolna 25(OH)D M2 (pg/ml)	
	$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value
Wiek [lata]	0,159 [-0,201; 0,518]	0,39	0,160 [-0,205; 0,526]	0,39	0,166 [-0,199; 0,531]	0,37
Wysokość ciała [m]	-0,148 [-0,508; 0,212]	0,42	-0,105 [-0,473; 0,264]	0,58	-0,104 [-0,473; 0,264]	0,58
Masa ciała [kg]	-0,055 [-0,419; 0,308]	0,76	-0,045 [-0,415; 0,325]	0,81	-0,044 [-0,414; 0,326]	0,82
Obwód talii [cm]	0,099 [-0,263; 0,462]	0,59	0,145 [-0,221; 0,511]	0,44	0,149 [-0,218; 0,515]	0,43
Obwód bioder [cm]	0,027 [-0,337; 0,391]	0,88	0,096 [-0,273; 0,464]	0,61	0,102 [-0,266; 0,471]	0,59
WHR [cm/cm]	0,135 [-0,225; 0,496]	0,46	0,092 [-0,277; 0,460]	0,63	0,085 [-0,284; 0,454]	0,65
f. sk.-tł. klatka piersiowa [mm]	-0,057 [-0,421; 0,306]	0,76	-0,061 [-0,431; 0,308]	0,74	-0,058 [-0,428; 0,312]	0,76
f. sk.-tł. pod pachą [mm]	0,136 [-0,225; 0,496]	0,46	0,121 [-0,247; 0,488]	0,52	0,131 [-0,236; 0,498]	0,48
f. sk.-tł. biceps [mm]	0,142 [-0,218; 0,502]	0,44	0,202 [-0,161; 0,565]	0,28	0,215 [-0,147; 0,577]	0,24
f. sk.-tł. triceps [mm]	-0,042 [-0,406; 0,321]	0,82	-0,015 [-0,386; 0,355]	0,94	-0,016 [-0,386; 0,354]	0,93
f. sk.-tł. łopatka [mm]	0,052 [-0,311; 0,416]	0,78	0,097 [-0,272; 0,465]	0,61	0,107 [-0,262; 0,475]	0,57
f. sk.-tł. brzucha [mm]	0,050 [-0,314; 0,413]	0,79	0,006 [-0,365; 0,376]	0,98	0,009 [-0,362; 0,379]	0,96
f. sk.-tł. grzebień biodrowy [mm]	0,141 [-0,219; 0,501]	0,44	0,166 [-0,199; 0,531]	0,37	0,170 [-0,195; 0,535]	0,36
f. sk.-tł. udo [mm]	0,051 [-0,312; 0,415]	0,78	0,110 [-0,259; 0,478]	0,56	0,113 [-0,255; 0,481]	0,55
Suma fałdów [mm]	0,050 [-0,314; 0,413]	0,79	0,068 [-0,301; 0,438]	0,72	0,074 [-0,296; 0,443]	0,70
Poziom tkanki tłuszczowej na podstawie Oliver-7site [%]	0,044 [-0,320; 0,407]	0,81	0,060 [-0,310; 0,429]	0,75	0,064 [-0,305; 0,434]	0,73

WHR – ang. *Waist-Hip Ratio*; f. sk.-tł. – fałd skórno-tłuszczowy;  $\beta$  – współczynnik niestandardyzowany; 95% CI – przedział ufności



Tabela 36. Zależność pomiędzy czynnikami stylu życia a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych piłkarzy nożnych (n=31) z okresu zimowego

Zmienna		Całkowita 25(OH)D (ng/ml)		Wolna 25(OH)D M1 (pg/ml)		Wolna 25(OH)D M2 (pg/ml)	
		$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value
Aktywność fizyczna	MET TOTAL [MET-min/tydzień]	0,021 [-0,343; 0,385]	0,91	0,027 [-0,344; 0,397]	0,89	0,028 [-0,342; 0,398]	0,88
	Godziny siedzenia/dzień [h]	-0,240 [-0,594; 0,113]	0,18	-0,206 [-0,568; 0,157]	0,27	-0,207 [-0,569; 0,156]	0,26
Kwestionariusz FFLQ	Spożycie witaminy D FFLQ [IU]	0,028 [-0,336; 0,392]	0,88	-0,065 [-0,435; 0,304]	0,73	-0,065 [-0,435; 0,304]	0,73
	Czas spędzony na słońcu na świeżym powietrzu [min]	0,136 [-0,224; 0,497]	0,46	0,210 [-0,152; 0,573]	0,25	0,209 [-0,154; 0,571]	0,26
	Częstość stosowania kremów z filtrem	0,079 [-0,284; 0,442]	0,67	-0,058 [-0,428; 0,311]	0,76	-0,059 [-0,428; 0,311]	0,76
	Rodzaj stosowanego filtra SPF	-0,033 [-0,397; 0,331]	0,86	-0,079 [-0,449; 0,290]	0,67	-0,079 [-0,448; 0,290]	0,67
	Czas spacerowania w drodze do pracy/szkoły [min]	0,111 [-0,251; 0,472]	0,55	0,105 [-0,263; 0,473]	0,58	0,101 [-0,267; 0,470]	0,59
	Czas ekspozycji na słońce [h]	0,196 [-0,161; 0,553]	0,28	0,254 [-0,104; 0,612]	0,16	0,251 [-0,108; 0,609]	0,17
	Pokrycie ciała przez ubrania [%]	0,209 [-0,147; 0,565]	0,25	0,129 [-0,238; 0,496]	0,49	0,124 [-0,244; 0,491]	0,51
Dzienniczek żywienia	Witamina D dzienniczek żywności [IU]	0,070 [-0,293; 0,433]	0,71	-0,038 [-0,408; 0,332]	0,84	-0,034 [-0,404; 0,336]	0,86

MET – ang. *metabolic equivalent*;  $\beta$  – współczynnik niestandardyzowany; 95% CI – przedział ufności

Tabela 37. Zależności pomiędzy stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D a stężeniem wapnia i PTH w surowicy krwi badanych piłkarzy nożnych (n=31) z okresu zimowego

Zmienna	Całkowita 25(OH)D (ng/ml)		Wolna 25(OH)D M1 (pg/ml)		Wolna 25(OH)D M2 (pg/ml)	
	$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value
<b>Wapń (mg/dl)</b>	0,066 [-0,297; 0,429]	0,14	0,107 [-0,262; 0,475]	0,57	0,105 [-0,263; 0,474]	0,58
<b>PTH (pg/ml)</b>	-0,317 [-0,662; 0,028]	<b>0,018</b>	-0,349 [-0,696; -0,002]	<b>0,049</b>	-0,348 [-0,695; 0,000]	<b>0,050</b>

PTH – parathormon;  $\beta$  – współczynnik niestandardyzowany; 95% CI – przedział ufności

W tabeli 38, 39 oraz 40 przedstawiono zależności pomiędzy czynnikami stylu życia oraz wskaźnikami biochemicznymi we krwi a stężeniem całkowitej i wolnej 25(OH)D w grupie piłkarzy nożnych w okresie letnim. Stwierdzono istotną zależność pomiędzy stężeniem całkowitej 25(OH)D a fałdem skórno tłuszczowym pod pachą ( $p=0,010$ ) oraz równoważnika MET TOTAL ( $p=0,033$ ). Stężenie wolnej 25(OH)D M1 istotnie koreluje ze wskaźnikiem WHR ( $p=0,014$ ), fałdem skórno tłuszczowym triceps ( $p=0,036$ ), sumy fałdów ( $p=0,045$ ) oraz zawartością tkanki tłuszczowej na podstawie Oliver-7site ( $p=0,050$ ). Natomiast stężenie wolnej 25(OH)D M2 istotnie wyjaśnia wskaźnik WHR ( $p=0,018$ ), fałd skórno-tłuszczowy pod pachą ( $p=0,048$ ) oraz tricepsa ( $p=0,037$ ). W okresie letnim stężenie wolnej oraz całkowitej 25(OH)D istotnie koreluje z ilością spożytej witaminy D ocenionej na podstawie dzienniczka żywieniowego ( $p<0,001$ ).

Tabela 38. Zależność pomiędzy wskaźnikami antropometrycznymi a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych piłkarzy nożnych (n=20) z okresu letniego

Zmienna	Całkowita 25(OH)D (ng/ml)		Wolna 25(OH)D M1 (pg/ml)		Wolna 25(OH)D M2 (pg/ml)	
	β (95% CI)	p-value	β (95% CI)	p-value	β (95% CI)	p-value
Wiek [lata]	-0,099 [-0,559; 0,361]	0,67	-0,142 [-0,599; 0,316]	0,54	-0,127 [-0,586; 0,331]	0,59
Wysokość ciała [m]	0,014 [-0,448; 0,475]	0,95	-0,015 [-0,477; 0,447]	0,95	0,002 [-0,460; 0,464]	>0,99
Masa ciała [kg]	0,145 [-0,313; 0,602]	0,54	-0,039 [-0,501; 0,422]	0,87	0,009 [-0,453; 0,471]	0,97
Obwód talii [cm]	0,018 [-0,444; 0,480]	0,94	-0,256 [-0,703; 0,191]	0,26	-0,210 [-0,662; 0,241]	0,36
Obwód bioder [cm]	0,410 [-0,012; 0,831]	0,057	0,370 [-0,059; 0,799]	0,091	0,408 [-0,014; 0,829]	0,058
WHR [cm/cm]	-0,289 [-0,731; 0,153]	0,20	-0,500 [-0,900; -0,100]	<b>0,014</b>	-0,488 [-0,891; -0,085]	<b>0,018</b>
f. sk.-tł. klatka piersiowa [mm]	-0,311 [-0,750; 0,129]	0,17	-0,317 [-0,755; 0,121]	0,16	-0,316 [-0,754; 0,123]	0,16
f. sk.-tł. pod pachą [mm]	-0,520 [-0,914; -0,125]	<b>0,010</b>	-0,392 [-0,817; 0,033]	0,070	-0,422 [-0,841; -0,003]	<b>0,048</b>
f. sk.-tł. biceps [mm]	-0,150 [-0,607; 0,306]	0,52	-0,390 [-0,815; 0,036]	0,073	-0,360 [-0,791; 0,071]	0,10
f. sk.-tł. triceps [mm]	-0,296 [-0,737; 0,146]	0,19	-0,444 [-0,858; -0,030]	<b>0,036</b>	-0,441 [-0,856; -0,026]	<b>0,037</b>
f. sk.-tł. łopatka [mm]	-0,203 [-0,656; 0,249]	0,38	-0,267 [-0,712; 0,178]	0,24	-0,256 [-0,702; 0,191]	0,26
f. sk.-tł. brzucha [mm]	-0,169 [-0,624; 0,287]	0,47	-0,328 [-0,764; 0,109]	0,14	-0,309 [-0,749; 0,130]	0,17
f. sk.-tł. grzebień biodrowy [mm]	-0,150 [-0,607; 0,307]	0,52	-0,276 [-0,720; 0,168]	0,22	-0,259 [-0,705; 0,187]	0,25
f. sk.-tł. udo [mm]	-0,177 [-0,632; 0,278]	0,45	-0,234 [-0,683; 0,215]	0,31	-0,230 [-0,679; 0,220]	0,32
Suma fałdów [mm]	-0,313 [-0,751; 0,126]	0,16	-0,427 [-0,845; -0,010]	<b>0,045</b>	-0,418 [-0,837; 0,002]	0,051
Poziom tkanki tłuszczowej na podstawie Oliver-7site [%]	-0,315 [-0,754; 0,123]	0,16	-0,419 [-0,839; 0,000]	<b>0,050</b>	-0,411 [-0,832; 0,010]	0,056

WHR – ang. *Waist-Hip Ratio*; f. sk.-tł. – fałd skórno-tłuszczowy; β – współczynnik niestandardyzowany; 95% CI – przedział ufności

Tabela 39. Zależność pomiędzy czynnikami stylu życia a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych piłkarzy nożnych (n=20) z okresu letniego

Zmienna		Całkowita 25(OH)D (ng/ml)		Wolna 25(OH)D M1 (pg/ml)		Wolna 25(OH)D M2 (pg/ml)	
		β (95% CI)	p-value	β (95% CI)	p-value	β (95% CI)	p-value
Aktywność fizyczna	MET TOTAL [MET-min/tydzień]	0,449 [0,037; 0,862]	<b>0,033</b>	0,091 [-0,369; 0,551]	0,70	0,166 [-0,290; 0,621]	0,48
	Godziny siedzenia/dzień [h]	-0,072 [-0,533; 0,388]	0,76	-0,246 [-0,693; 0,202]	0,28	-0,213 [-0,665; 0,238]	0,35
Kwestionariusz FFLQ	Spożycie witaminy D FFLQ [IU]	-0,179 [-0,634; 0,275]	0,44	-0,263 [-0,708; 0,183]	0,25	-0,259 [-0,705; 0,187]	0,26
	Czas spędzony na słońcu na świeżym powietrzu [min]	0,243 [-0,206; 0,691]	0,29	0,152 [-0,305; 0,608]	0,52	0,167 [-0,289; 0,622]	0,47
	Częstość stosowania kremów z filtrem	-0,265 [-0,710; 0,181]	0,24	-0,306 [-0,745; 0,134]	0,17	-0,303 [-0,743; 0,138]	0,18
	Rodzaj stosowanego filtra SPF	-0,175 [-0,630; 0,280]	0,45	-0,282 [-0,725; 0,162]	0,21	-0,266 [-0,712; 0,179]	0,24
	Czas spacerowania w drodze do pracy/szkoły [min]	-0,285 [-0,728; 0,158]	0,21	-0,103 [-0,563; 0,356]	0,66	-0,141 [-0,598; 0,317]	0,55
	Czas ekspozycji na słońce [h]	-0,134 [-0,592; 0,324]	0,57	-0,033 [-0,495; 0,428]	0,89	-0,058 [-0,519; 0,403]	0,81
	Pokrycie ciała przez ubrania [%]	0,290 [-0,152; 0,732]	0,20	0,237 [-0,212; 0,686]	0,30	0,250 [-0,198; 0,697]	0,27
Dzienniczek żywienia	Witamina D dzienniczek żywności [IU]	0,668 [0,324; 1,012]	<b>&lt;0,001</b>	0,611 [0,246; 0,98]	<b>&lt;0,001</b>	0,649 [0,297; 1,000]	<b>&lt;0,001</b>

MET – ang. *metabolic equivalent*; β – współczynnik niestandardyzowany; 95% CI – przedział ufności

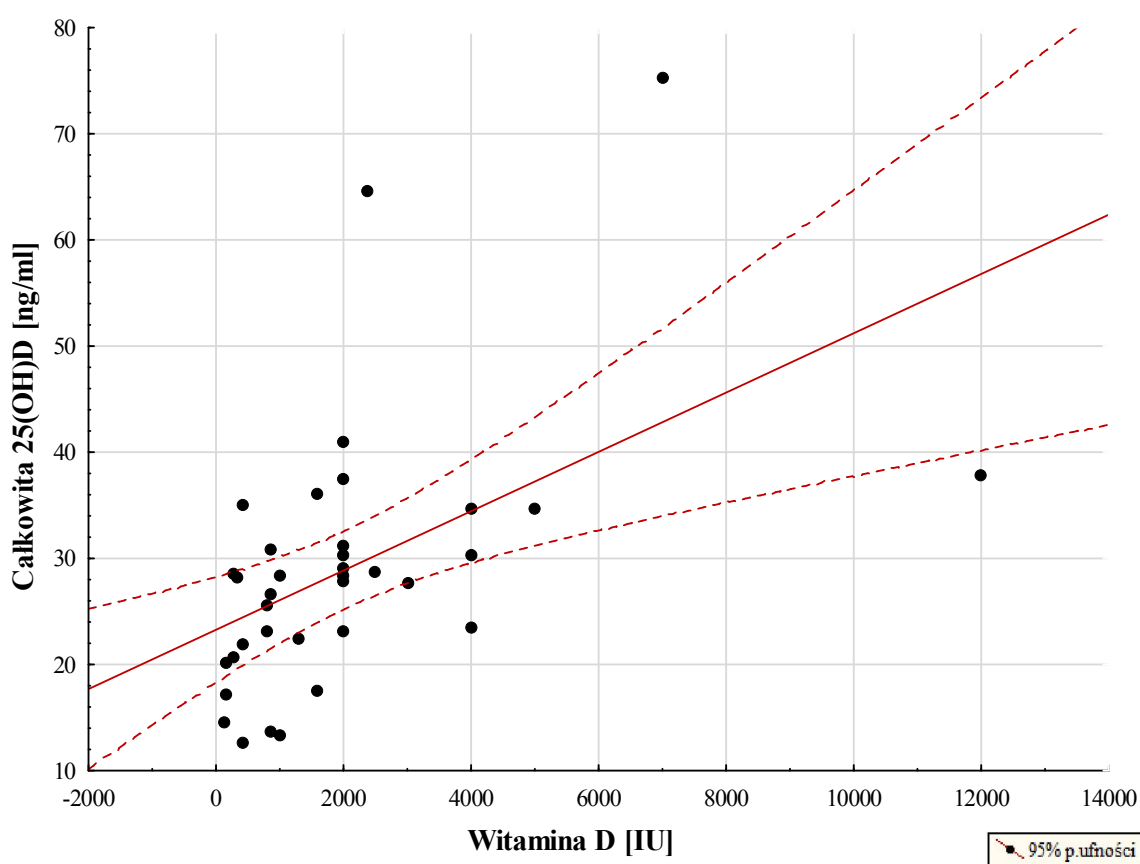
Tabela 40. Zależności pomiędzy stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D a stężeniem wapnia i PTH w surowicy krwi badanych piłkarzy nożnych (n=20) z okresu letniego

Zmienna	Całkowita 25(OH)D (ng/ml)		Wolna 25(OH)D M1 (pg/ml)		Wolna 25(OH)D M2 (pg/ml)	
	$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value	$\beta$ (95% CI)	p-value
Wapń (mg/dl)	-0,003 [-0,465; 0,459]	0,35	0,203 [-0,249; 0,655]	0,38	0,204 [-0,248; 0,656]	0,38
PTH (pg/ml)	0,216 [-0,236; 0,667]	0,42	0,400 [-0,024; 0,823]	0,064	0,377 [-0,051; 0,805]	0,085

PTH – parathormon;  $\beta$  – współczynnik niestandardyzowany; 95% CI – przedział ufności

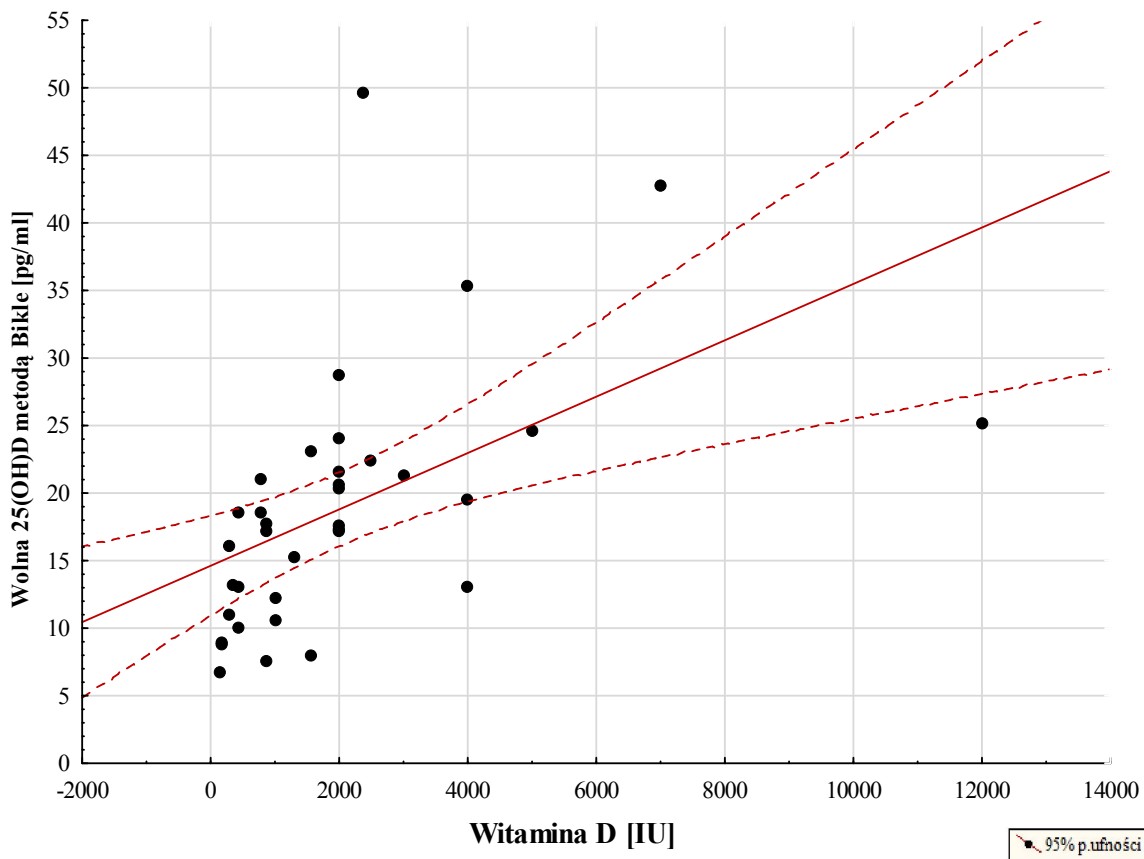
#### 4.6. Zależność pomiędzy ilością suplementowanej witaminy D a stężeniem całkowitej i wolnej 25(OH)D

Na wykresach 4,5 oraz 6 przedstawiono wykresy rozrzutu analizy regresji prostej ilości suplementowanej witaminy D oraz stężenia całkowitej oraz wolnej 25(OH)D w okresie zimowym. W analizie uwzględniono również uczestników badań, którzy spożywali poniżej 1000 IU witaminy D dziennie (n=36). Wszystkie stworzone modele były istotne statystycznie ( $p < 0,05$ ).



Wykres 4. Szacowanie wartości stężeń 25(OH)D (ng/ml) względem spożycia suplementów witaminy D w okresie zimowym

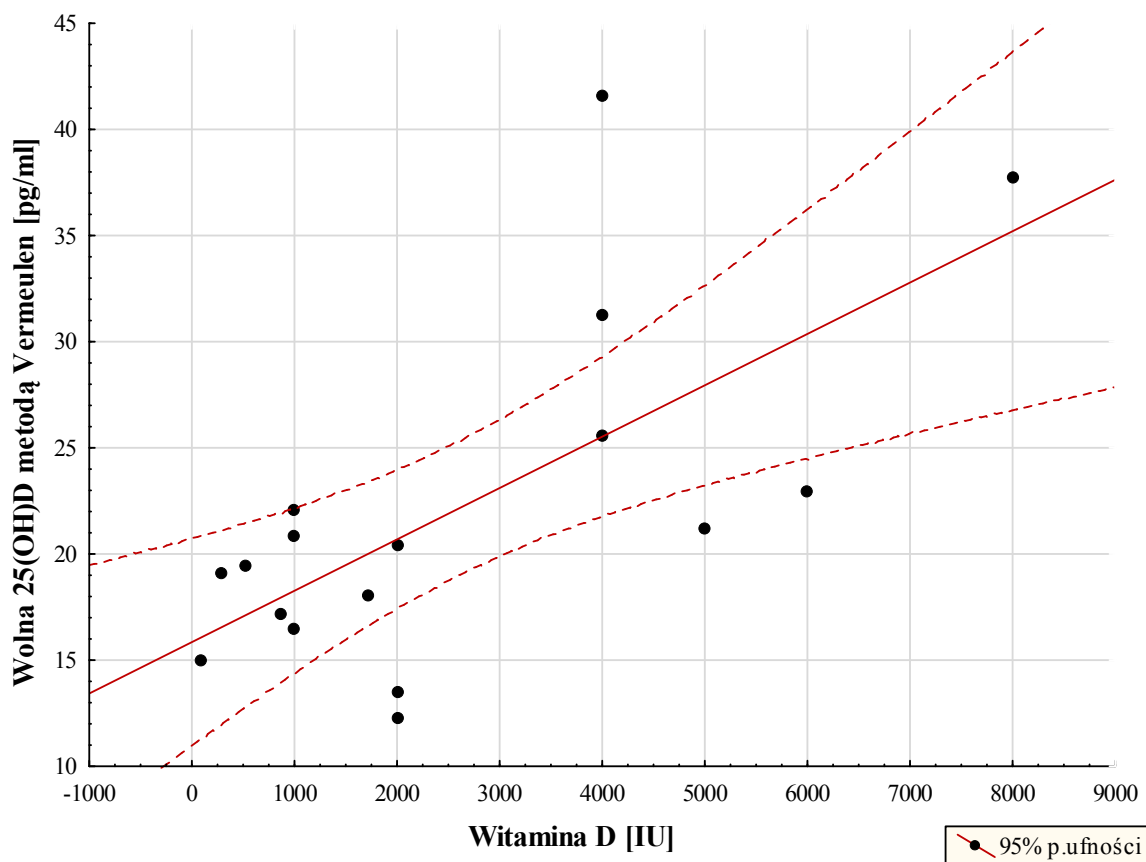
Do uzyskania stężenia całkowitej 25(OH)D na poziomie 30 ng/ml w okresie zimowym należy suplementować dziennie 2 129,06 IU witaminy D a do uzyskania 40 ng/ml 3 065,20 IU witaminy D.



Wykres 5. Szacowanie wartości stężeń wolnej 25(OH)D M1 (pg/ml) względem spożycia suplementów witaminy D w okresie zimowym

Wykazano, że do uzyskania optymalnego stężenia wolnej 25(OH)D M1 w okresie zimowym nie jest niezbędna suplementacja witaminą D. Wyjściowy poziom stężenia wolnej 25(OH)D M1 oraz M2 jest powyżej zalecanego 8,5 pg/ml.

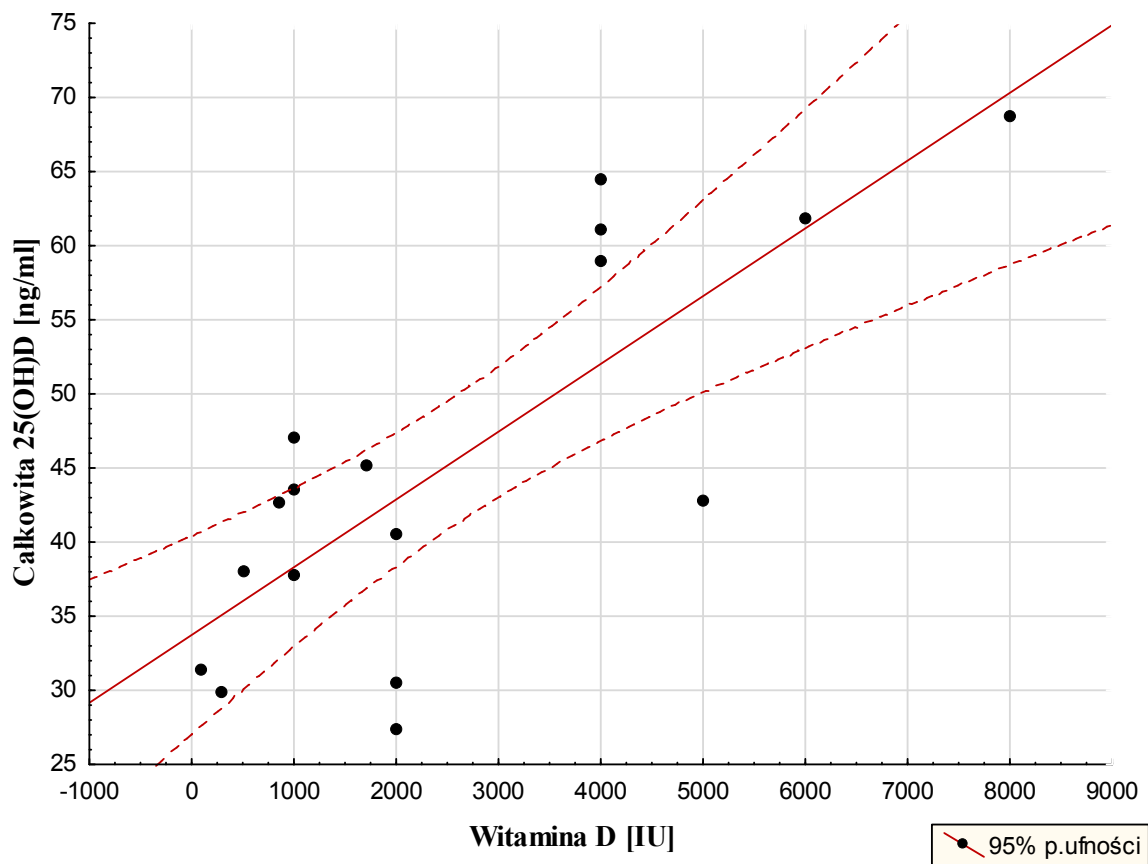




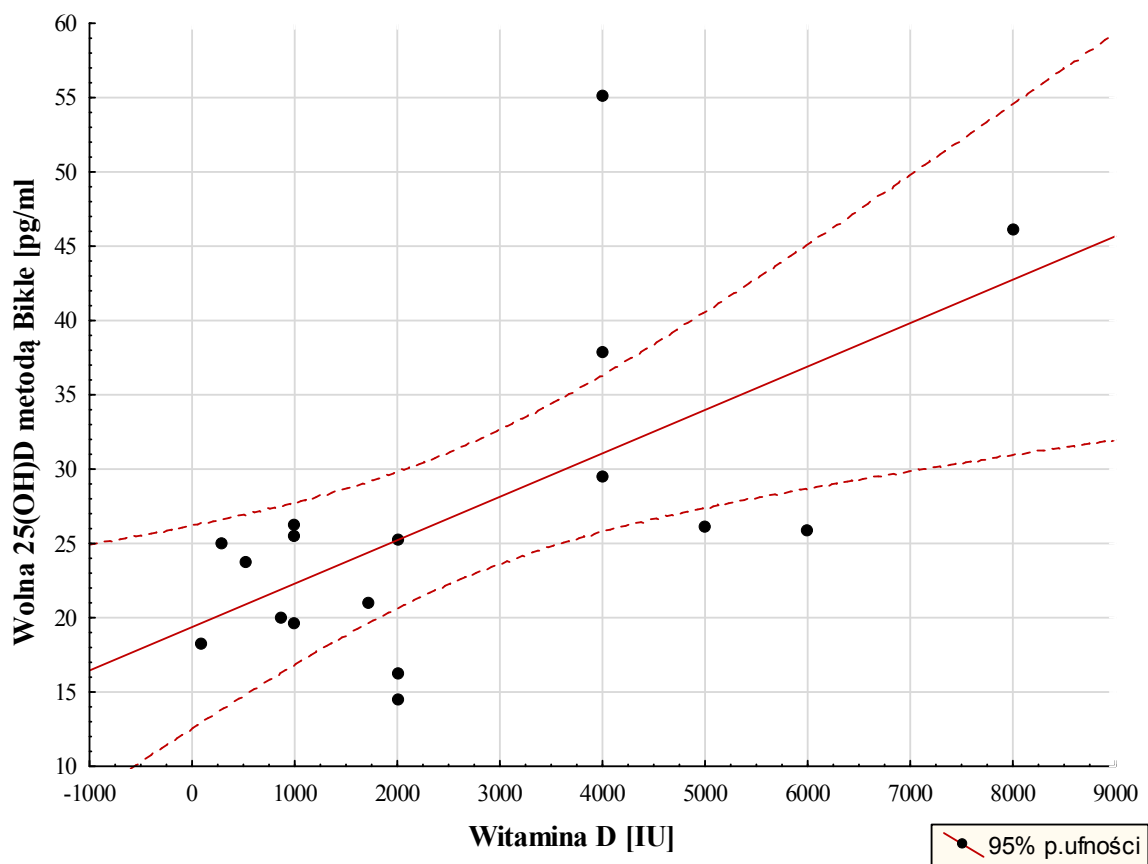
Wykres 6. Szacowanie wartości stężeń wolnej 25(OH)D M2 (pg/ml) względem spożycia suplementów witaminy D w okresie zimowym

Na wykresach 7, 8 oraz 9 przedstawiono wykresy rozrzutu analizy regresji ilości suplementowanej witaminy D oraz stężenia całkowitej oraz wolnej 25(OH)D w okresie letnim. W analizie uwzględniono również uczestników badań, którzy spożywali poniżej 1000 IU witaminy D dziennie (n=17). Wszystkie stworzone modele były istotne statystycznie ( $p < 0,05$ ).

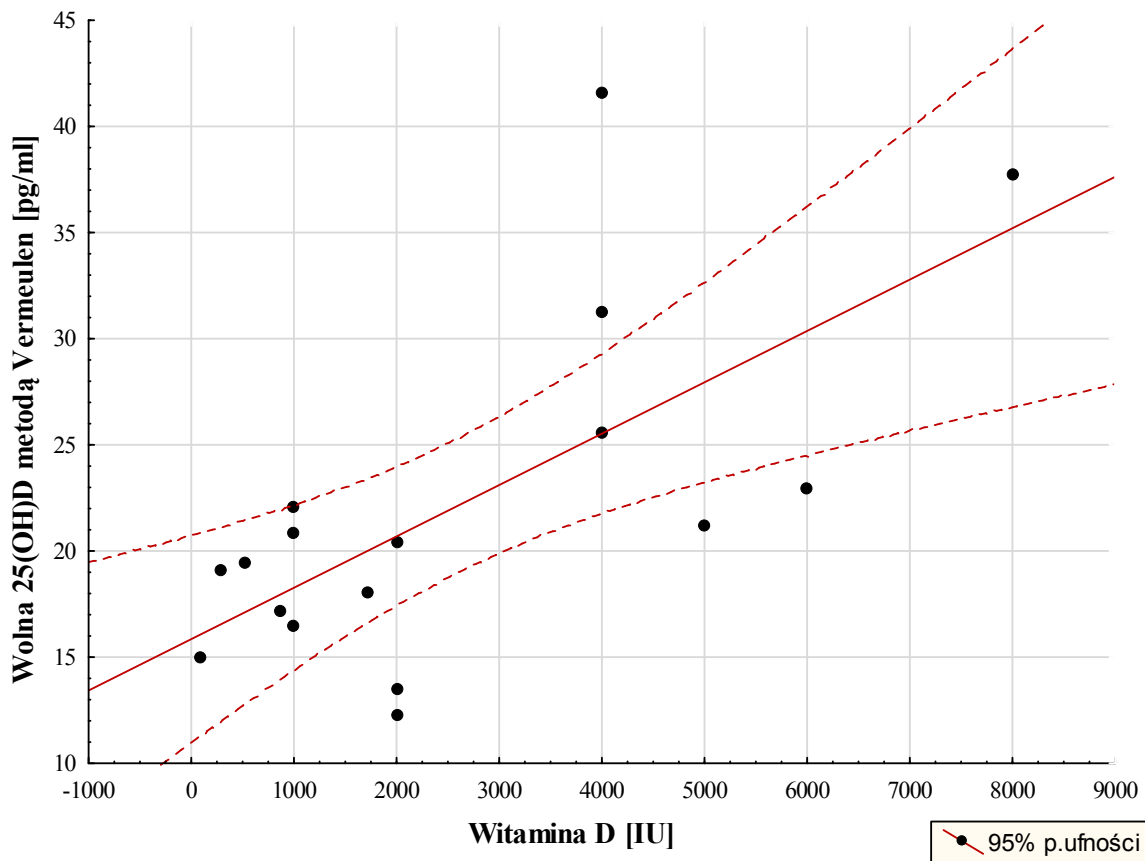
Do uzyskania stężenia całkowitej 25(OH)D w okresie letnim na poziomie 30 ng/ml należy suplementować dziennie 483,74 IU witaminy D, a do uzyskania 40 ng/ml 1828,1 IU witaminy D.



Wykres 7. Szacowanie wartości stężeń całkowitej 25(OH)D (ng/ml) względem spożycia suplementów witaminy D w okresie letnim



Wykres 8. Szacowanie wartości stężeń wolnej 25(OH)D M1 (pg/ml) względem spożycia suplementów witaminy D w okresie letnim



Wykres 9. Szacowanie wartości stężeń wolnej 25(OH)D M2 (pg/ml) względem spożycia suplementów witaminy D w okresie letnim

Wykazano, że do uzyskania optymalnego stężenia wolnej 25(OH)D w okresie letnim nie jest niezbędna suplementacja witaminą D. Wyjściowy poziom stężenia wolnej 25(OH)D M1 oraz M2 bez suplementacji jest powyżej zalecanego 8,5 pg/ml

## V DYSKUSJA

W ciągu ostatnich lat wzrosło zainteresowanie rolą białka wiążącego witaminę D oraz wolnej frakcji witaminy D. Ponadto przedmiotem wielu badań jest określenie norm stężenia 25(OH)D w surowicy krwi w różnych populacjach (Sempos i Binkley, 2020).

Wyniki badań własnych wykazały na niedostateczne stężenie całkowitej 25(OH)D (<30ng/ml) w okresie zimowym u 87% badanych z grupy kontrolnej, 69% zawodników trenujących judo oraz 71% zawodników trenujących piłkę nożną.

Problem niedoboru witaminy D jest powszechny szczególnie w okresie jesienno-zimowym (od listopada do lutego) zwłaszcza w krajach położonych powyżej 37 stopnia szerokości geograficznej. Należy podkreślić, że problem ten częściej dotyka podgrupy etniczne o ciemnej karnacji (Cashman i wsp., 2016). W badaniu populacyjnym Cashman i wsp. wykazano, że średnio w ciągu roku u 13% Europejczyków występuje deficyt witaminy D (<12 ng/ml), a w okresach od października do marca odsetek ten wynosi średnio 17,7% (Cashman i wsp., 2016).

W badaniu Płudowskiego i wsp. (Płudowski i wsp., 2016) oceniano stężenie witaminy D w okresie zimowym u 1311 mężczyzn z 22 polskich miast i stwierdzono jej niedostateczne stężenie u 91,3% badanych. Krzywański i wsp. oceniając ten sam okres roku – zima, wykazali także obniżone stężenie 25(OH)D (<30 ng/ml) u 80% sportowców trenujących na zewnątrz oraz 84% sportowców trenujących w przestrzeniach zamkniętych (Krzywanski i wsp., 2016). Książek i wsp. badając zawodników w sezonie zimowym stwierdzili, że obniżone stężenie 25(OH)D w surowicy wystąpiło u blisko 75% profesjonalnych piłkarzy nożnych (Książek i wsp., 2015).

W badaniu własnym odnotowano stężenie 25(OH)D w przedziale 20 - 30 ng/ml w okresie letnim u 53% badanych z grupy kontrolnej, 33% zawodników judo oraz 25% osób trenujących piłkę nożną. Latem problem niedostatecznego stężenia 25(OH)D jest zatem zdecydowanie mniejszy niż zimą. Wynika to przede wszystkim z faktu, iż do efektywnej endogennej syntezy witaminy D w okresie letnim wystarczy kilkunastominutowa ekspozycja ciała na promienie słoneczne.

Porównując wyniki uzyskanych badań należy podkreślić, że różnorodność metod stosowanych do oceny stężenia 25(OH)D może uniemożliwić ich analizę, szczególnie gdy są one prowadzone w różnych lokalizacjach i na różnych grupach populacyjnych (Cashman i wsp., 2013; Lai i wsp., 2012).

W omawianym projekcie nie wykazano istotnych statystycznie różnic w stężeniu całkowitej i wolnej 25(OH)D pomiędzy zawodnikami trenującymi na zewnątrz a trenującymi w zamkniętych przestrzeniach. Zaobserwowano tylko pewien trend: latem niedobór 25(OH)D (<20 ng/ml) częściej występuje u judoków (33%) w porównaniu do piłkarzy nożnych (25%). Natomiast zimą wykazano podobny odsetek judoków (69%) i piłkarzy nożnych (71%) z niedoborem 25(OH)D. Krzywański i wsp. wykazali, że niewystarczający poziom witaminy D latem rzadziej występuje u sportowców trenujących na zewnątrz (42%) niż u osób trenujących w zamkniętych pomieszczeniach (83%) (Krzywanski i wsp., 2016). Stwierdzono także, że nie ma istotnej różnicy w stężeniu całkowitej 25(OH)D pomiędzy badanymi grupami sportowców. Halliday i wsp. nie zaobserwowali istotnych statystycznie różnic w stężeniu 25(OH)D u zawodników trenujących na zewnątrz i w zamkniętych pomieszczeniach, zarówno w okresie zimowym jak i wiosennym (Halliday i wsp., 2011). Tylko w okresie jesiennym zauważono znaczącą różnicę. Podobnie w badaniach Pritchett i wsp. nie zaobserwowano różnic w stężeniu całkowitej 25(OH)D pomiędzy zawodnikami sportów halowych, a trenującymi na zewnątrz (Pritchett i wsp., 2016).

Niektórzy badacze, sugerują, że hipoteza tzw. „wolnych hormonów” może zostać przypisana również do witaminy D. Uważa się, że hormony związane z białkami są nieaktywne i tylko wolna, niezwiązana frakcja może dostać się do komórki i wykazywać działanie biologiczne. Możliwe jest, że pomiary stężenia wolnej witaminy D będą odgrywały coraz większą rolę w ocenie statusu witaminy D, szczególnie przy dostępności testów o wysokiej czułości i specyficzności.

W okresie zimowym w badaniach własnych u 30% mężczyzn z grupy kontrolnej, 21% judoków oraz 23% piłkarzy nożnych wykazano stężenie wolnej witaminy D poniżej 8,50 pg/ml. Natomiast po okresie letnim nie stwierdzono takiego niedoboru. Wartość wolnej 25(OH)D została skalkulowana, a wartość referencyjna powyżej 8,5 pg/ml ustalona na

podstawie rekomendacji Zeng i wsp. z 2021 (Zeng i wsp., 2021). Zalecane stężenie wolnej 25(OH)D ustalono na poziomie powyżej 8,50 pg/ml, co odpowiada stężeniu całkowitej 25(OH)D wynoszącej 30 ng/ml.

Schwartz i wsp. zauważyli, że poziom kalkulowanej wolnej 25(OH)D jest wyższy w porównaniu z mierzoną metodą bezpośrednią, szczególnie u osób innych niż rasa kaukaska (Schwartz i wsp., 2014). Większe różnice obserwowano wśród Afroamerykanów oraz Azjatów. Rozbieżności wynikają najprawdopodobniej z różnic w powinowactwie do VDBP. Wskazuje to, że algorytmy ustalone do obliczenia wolnej 25(OH)D mogą być niedokładne zwłaszcza wśród Afroamerykanów oraz Azjatów.

Oleröd i wsp. wykazali istotną statystycznie korelację pomiędzy mierzonym stężeniem wolnej witaminy D a jej całkowitym stężeniem u dorosłych kobiet mieszkających w Szwecji (57 °N szerokości geograficznej) (Oleröd i wsp., 2017). Zauważyli także, iż podlegało ono zmianom sezonowym. Natomiast stężenie białka wiążącego witaminę D oraz albuminy w surowicy nie zmieniało się istotnie w zależności od okresu pomiaru. Ponadto stwierdzono wysoką korelację między bezpośrednio zmierzoną wolną frakcją 25(OH)D a stężeniem PTH. W przypadku wyliczonej wolnej frakcji witaminy D korelacja ze stężeniem PTH nie była istotna.

W badaniach kilku autorów wykazano, że wolna frakcja 25(OH)D wykazuje silniejszy związek ze stężeniem PTH w surowicy niż całkowite stężenie 25(OH)D (Bhan i wsp., 2012; Johnsen i wsp., 2014; Powe i wsp., 2011). W badaniach innych autorów takich zależności jednak nie wykazano (Jemielita i wsp., 2016).

W badaniu własnym przeprowadzonym w okresie zimowym zaobserwowano istotną korelację stężenia wolnej i całkowitej 25(OH)D ze stężeniem PTH. W okresie letnim także wykazano zależności pomiędzy stężeniem całkowitej witaminy D a PTH, natomiast w przypadku wolnej witaminy D korelacja ta była nieistotna statystycznie.

Ze względu na niejednoznaczność otrzymanych wyników konieczna jest dalsza ocena bezpośrednio mierzonego oraz wyliczonego poziomu wolnej 25(OH)D ze stężeniem PTH. Potwierdzenie hipotezy, że wolna frakcja 25(OH)D jest lepszym wskaźnikiem statusu witaminy D wymaga większej liczby badań oraz rzetelnej walidacji zastosowanych metod.

Należy podkreślić, iż w omawianym projekcie badawczym stężenie 25(OH)D oznaczono metodą LC-MS/MS. Badania oparte na innych metodach diagnostycznych mogą być obarczone błędami spowodowanymi wpływem różnych czynników zakłócających. Według aktualnych doniesień metoda LC-MS/MS, daje najbardziej wiarygodny pomiar stężenia 25(OH)D (Dirks i wsp., 2023).

W celu wyliczenia wolnej frakcji witaminy D w badaniu własnym skorzystano z metody opisanej przez Bikle i wsp. oraz Vermeulen i wsp. (Bikle i wsp., 1986; Vermeulen, i wsp., 1999). W analizie Bikle i wsp. korelacja zmierzonej frakcji wolnej z wartością obliczoną była wysoce istotna ( $r = 0,925$ ;  $p < 0,0001$ ) (Bikle i wsp., 1986). Według Schwartz i wsp. obliczenia z zastosowaniem dwóch metod dają prawie identyczne wyniki (Schwartz i wsp., 2014). Odpowiednio zwalidowana metoda LC-MS/MS jest preferowana do oznaczeń wolnej 25(OH)D ze względu na wysoką czułość i specyficzność. Natomiast istnieją wciąż problemy analityczne i niewystarczające dowody kliniczne uzasadniające ich stosowanie. Przyszłe badania powinny zająć się badaniem wartości klinicznej oznaczania wolnej 25(OH)D metodą bezpośrednią oraz kalkulowaną.

W dostępnym piśmiennictwie znajdują się przede wszystkim informacje dotyczące oceny zależności między stężeniem 25(OH)D a ilością tkanki tłuszczowej u osób z nadwagą lub otyłością (Alemzadeh i wsp., 2008; Caron-Jobin i wsp., 2011; McKinney i wsp., 2008). Natomiast badań dotyczących osób o prawidłowej masie ciała i wysokim poziomie aktywności fizycznej jest niewiele. W badaniu Heller i wsp. wykazano, że sportowcy o większym poziomie tkanki tłuszczowej są bardziej narażeni na niedobór witaminy D (Heller i wsp., 2015). W omawianym projekcie badawczym w okresie letnim stwierdzono u wszystkich uczestników istotną ujemną korelację pomiędzy stężeniem wolnej i całkowitej 25(OH)D a grubością fałdu skórno-tłuszczowego tricepsu. Savastano i wsp. oraz Mawer i wsp. wykazali, że witamina D może być deponowana w tkance tłuszczowej (Mawer i wsp., 1972; Savastano i wsp., 2017). Sugeruje to, że osoby z wysoką zawartością tkanki tłuszczowej są bardziej narażone na deficyty witaminy D.

W badaniu własnym zarówno w okresie zimowym oraz letnim w grupie kontrolnej nie odnotowano istotnych korelacji stężenia wolnej i całkowitej 25(OH)D z ocenianymi wskaźnikami antropometrycznymi.



Natomiast w grupie judoków odnotowano ujemną zależność wysokości ciała ze stężeniem wolnej 25(OH)D w okresie zimowym. Latem zaobserwowano jedynie ujemną korelację stężenia całkowitej 25(OH)D z grubością fałdu skórno-tłuszczowego tricepsu. W grupie piłkarzy nożnych zimą nie wykazano istotnej korelacji wskaźników antropometrycznych a stężeniem wolnej i całkowitej 25(OH)D. Natomiast latem stwierdzono ujemne korelacje stężenia wolnej 25(OH)D ze wskaźnikiem WHR, fałdem skórno-tłuszczowym pod pachą oraz tricepsu. W przypadku całkowitej 25(OH)D odnotowano ujemną korelację fałdu pod pachą. Ponadto w grupie piłkarzy nożnych stwierdzono ujemną zależność zawartości tkanki tłuszczowej oraz sumy fałdów skórno-tłuszczowych z wolną 25(OH)D skalkulowaną metodą M2.

Podobne zależności uzyskali Koundourakis i wsp. oraz Książek i wsp. (Koundourakis i wsp., 2014; Książek i wsp., 2015). Badali oni u piłkarzy nożnych korelację pomiędzy stężeniem witaminy D w surowicy krwi a grubością fałdów skórno-tłuszczowych. Analizy dotyczyły tylko stężenia całkowitej 25(OH)D. Przeciwnie wyniki badań uzyskali Peeling i wsp. (Peeling i wsp., 2013). Stwierdzili istotną dodatnią korelację pomiędzy stężeniem 25(OH)D a sumą grubości fałdów skórno-tłuszczowych u badanych sportowców. Należy jednak wziąć pod uwagę fakt, że w badaniu Peeling i wsp. oceniano sportowców płci męskiej oraz żeńskiej z różnych dyscyplin sportowych (gimnastyka, nurkowanie, lekkoatletyka, wioślarstwo, hokej na trawie, piłka wodna oraz kolarstwo), co w pewnym stopniu utrudnia porównanie z wynikami badań własnych (Peeling i wsp., 2013).

Stężenie 25(OH)D zależy od czasu ekspozycji na światło słoneczne, egzogennej podaży witaminy D, stylu życia oraz różnic genetycznych i rasowych (Chen i wsp., 2007; Holick, 2011; Mendes i wsp., 2019). W omawianym projekcie badawczym w okresie zimowym wykazano istotną dodatnią korelację między stężeniem całkowitej 25(OH)D a ilością czasu spędzanego na słońcu u wszystkich badanych osób. Natomiast nie stwierdzono takiej zależności z wolną witaminą D. W okresie letnim nie wykazano istotnych korelacji pomiędzy stężeniem 25(OH)D a ilością godzin przebywania na słońcu. Uzyskane wyniki mogą wynikać z faktu, iż otrzymane na podstawie deklaracji dane mogą niedokładnie oszacowywać czas ekspozycji uczestników badania na promieniowanie UVB, szczególnie w słonecznych miesiącach.

W badaniu Ferrari i wsp. sprawdzono, czy na danej szerokości geograficznej dawka promieniowania UV będzie silnym predyktorem stężenia całkowitej 25(OH)D (Ferrari i wsp., 2019). Pomiarów dokonywano comiesięcznie pomiędzy 2006 a 2018 rokiem na populacji europejskiej zamieszkującej na 45 stopniu szerokości geograficznej. Wykazano bezpośredni związek między stężeniem 25(OH)D a ilością promieniowania UV. Wartość UV została wyrażona jako dawka napromieniowania docierającego do powierzchni ziemi powodującego oparzenie słoneczne, dostosowana do występującego zachmurzenia tłumiącego promieniowanie. Dodatkowo stwierdzili, że najprawdopodobniej także inne czynniki związane ze stylem życia i uwarunkowaniami genetycznymi wpływa na stężenie 25(OH)D. W badaniu Joh i wsp. sprawdzono, czy codzienna 20-30 minutowa ekspozycja na promienie słoneczne w okresie południa zwiększa stężenie witaminy D w porównaniu do doustnej suplementacji w dawce 500 IU/dzień (Joh i wsp., 2020). Zarówno ekspozycja na słońce, jak i suplementacja zwiększały stężenie 25(OH)D w surowicy badanych dorosłych, ale suplementacja była skuteczniejsza. Natomiast Krzywański i wsp. w podobnych badaniach w okresie zimowym, które dotyczyły porównania stosowania protokołów suplementacyjnych z treningiem w krajach o wysokim stopniu nasłonecznienia, stwierdzili, iż synteza skórna pod wpływem promieni UV była skuteczniejsza w zmianie stężenia 25(OH)D (Krzywanski i wsp., 2016).

W badaniu własnym na podstawie wyników analizy silniejszym predyktorem stężenia całkowitej 25(OH)D okazała się pora roku niż stosowana suplementacja.

Osoby, które eksponują skórę w mniejszym stopniu na promienie słoneczne są bardziej narażone na niedobór witaminy D. Do tej grupy należą także sportowcy trenujący wewnątrz pomieszczeń oraz osoby o niskim poziomie aktywności fizycznej jak np. pracownicy biurowi. W badaniach własnych w okresie zimowym wykazano ujemną korelację między stężeniem całkowitej 25(OH)D a deklarowanymi godzinami siedzenia oraz dodatnią korelację z liczbą godzin spędzonych na świeżym powietrzu u wszystkich badanych grup. Pritchett i wsp. wykazali, że czas spędzony na świeżym powietrzu jest dodatnio skorelowany ze stężeniem witaminy D jesienią, a zimą nie zauważyli takiej zależności (Pritchett i wsp., 2016). Podobnie Hanwell i wsp. wśród grupy zdrowych, włoskich dorosłych, stwierdzili istotną korelację ekspozycji na słońce ze stężeniem

witaminy D, ale tylko w okresie letnim (Hanwell i wsp., 2010). Należy zauważyć, iż podobnie jak w badaniach własnych ekspozycję na słońce badani deklarowali w Kwestionariuszu. W badaniach własnych w okresie letnim stwierdzono ujemną korelację pomiędzy deklarowanymi godzinami siedzenia a stężeniem całkowitej i wolnej 25(OH)D. Ponadto wskazano na dodatnią zależność pomiędzy wartością równoważnika MET TOTAL a stężeniem całkowitej i wolnej 25(OH)D M2.

W badaniu Eymundsdottir i wsp. badano związek pomiędzy stylem życia a stężeniem 25(OH)D u osób starszych zamieszkujących Islandię (64° N) (Eymundsdottir i wsp., 2020). Niższy poziom deklarowanej aktywności fizycznej badanych osób nie był powiązany ze stężeniem 25(OH)D.

W omawianym projekcie badawczym stwierdzono, że częstość korzystania z kremów z filtrami UV jest dodatnio skorelowana u wszystkich uczestników badania z poziomem wolnej 25(OH)D w okresie zimowym. Na podstawie ankiety przeprowadzonej wśród dorosłych zamieszkujących Malezję wykazano dodatnią korelację pomiędzy ekspozycją na słońce a stężeniem 25(OH)D (Moy, 2011). Ponadto zaobserwowano ujemną korelację pomiędzy stężeniem 25(OH)D a ochroną przed słońcem poprzez stosowanie nakrycia wierzchniego oraz kremów z filtrem UV. Ustalono, że styl życia i ubiór są bezpośrednio związane z niskim poziomem witaminy D, zwłaszcza u kobiet. Larson-Meyer i wsp. wykazali dodatnią korelację pomiędzy częstością stosowania kremów z filtrem UV a stężeniem całkowitej 25(OH)D tylko w okresie wiosny oraz jesieni (Larson-Meyer i wsp., 2018). Nie odnotowali tej zależności zimą. W badaniu własnym większa częstość stosowania kremów z filtrami UV mogła wiązać się najprawdopodobniej z dłuższą ekspozycją na promienie słoneczne. Ponadto respondenci zaznaczając częstsze korzystanie z kremów ochronnych mogli smarować tylko wybrane części ciała lub używać kremów o niskim filtrze ochronnym.

W badaniu własnym wykazano, że suplementacja jest silnym predyktorem stężenia wolnej i całkowitej 25(OH)D. Suplementacja witaminą D w populacji Polskiej jest rekomendowana przez instytuty naukowe i powszechnie stosowana. Większość zawodników trenujących na wysokim poziomie suplementuje witaminę D, szczególnie w okresie zimowym. W badaniu własnym suplementację deklarowało 54% w okresie

zimowym, a w okresie letnim 47% sportowców. Zakłada się, że podaż witaminy D w ilości 100 IU/dzień powoduje wzrost stężenia całkowitej 25(OH)D o 1 ng/ml (Płudowski i wsp., 2022). W badaniu własnym oszacowano, że suplementacja powyższą dawką powodowała wzrost stężenia całkowitej 25(OH)D w okresie zimowym o 0,28 ng/ml, a w okresie letnim o 0,46 ng/ml.

Odpowiedź organizmu na suplementację jest zależna od wielu czynników, w tym wyjściowego stężenia 25(OH)D (Płudowski i wsp., 2022). Dlatego profilaktyka niedoborów witaminy D w populacji za pomocą suplementacji powinna być zindywidualizowana w zależności od wieku, masy ciała, czasu ekspozycji na słońce, nawyków żywieniowych i stylu życia (Płudowski i wsp., 2023). W dostępnym piśmiennictwie są doniesienia sugerujące, że suplementacja witaminą D może mieć korzystny wpływ na zdolności wysiłkowe. Zaobserwowano między innymi wpływ suplementacji na poprawę maksymalnego poboru tlenu, czasu sprintu na 10 metrów i wysokość skoku w pionie oraz wzrost siły mięśni (Close i wsp., 2013b, Jastrzębska i wsp., 2018 Wyon i wsp., 2016). Należy jednak pamiętać, że suplementacja dużymi dawkami witaminy D, bez uzasadnienia medycznego, może być niebezpieczna (de la Puente Yagüe i wsp., 2020). Podaż wysokich dawek witaminy D może prowadzić do między innymi: hiperkalcemii, dolegliwości żołądkowo-jelitowych, problemów z układem sercowo-naczyniowym oraz zaburzeń funkcjonowania nerek (Marcinowska-Suchowierska i wsp., 2018).

W metaanalizie Han i wsp. dotyczącej sportowców zaobserwowano, iż uzyskanie optymalnego stężenia 25(OH)D występuje przy dawce 2800- 5000 IU/dzień stosowanej przez 4 tygodnie (Han i wsp., 2019). W badaniach wzięło udział 149 zawodników reprezentujących różne dyscypliny sportowe, a stężenie powyżej 30 ng/ml 25(OH)D było uznawane za optymalne.

W badaniu własnym stwierdzono, iż aby uzyskać stężenie witaminy D na poziomie 30 ng/ml zimą trzeba stosować suplementację w dawce 2129 IU/dzień a latem 483 IU/dzień.

W piśmiennictwie pojawiają się informacje, że stężenie witaminy D powyżej 40 ng/ml jest optymalne dla sportowców (Ogan i Pritchett, 2013; Książek i wsp., 2019). Stężenie witaminy 25(OH)D >40 ng/ml może przyczyniać się do magazynowania witaminy

D w mięśniach i tkance tłuszczowej, co może stanowić jej zapas w przypadku wystąpienia deficytu (Cannell i Hollis, 2008; Cannell i wsp., 2009). W badaniu własnym odnotowano zaledwie 4 sportowców zimą i 11 latem, u których stężenie całkowitej 25(OH)D w surowicy krwi wynosiło powyżej 40 ng/ml. Na podstawie uzyskanych wyników badań własnych stwierdzono także, iż do uzyskania stężenia witaminy D w surowicy krwi na poziomie powyżej 40 ng/ml należałoby podawać witaminę w ilości 3065 IU/dzień zimą, a latem 1828 IU/dzień. Wynik dotyczący sugerowanej dawki suplementacyjnej witaminy D należy jednak traktować z pewną ostrożnością bowiem jest oparty tylko o analizę statystyczną uzyskanych wyników.

W metaanalizie Farrokhyar i wsp. wykazano, że suplementacja witaminą D w ilości 3000 IU/dzień powoduje znaczący wzrost stężenia witaminy D u sportowców z niewystarczającym jej stężeniem (Farrokhyar i wsp., 2017). Dotyczy to sportowców, którzy zamieszkują na szerokościach geograficznych, gdzie ekspozycja na słońce w miesiącach zimowych jest niedostateczna. Ponadto autorzy sugerują, że w okresie wiosenno-letnim do utrzymania optymalnego stężenia całkowitej 25(OH)D jest rekomendowana suplementacja w dawce 2000 IU/dzień. Wyniki te są zbieżne z wynikami badań własnych. Według oszacowań na podstawie analizy regresji w okresie letnim sportowcy do uzyskania optymalnego stężenia 25(OH)D (>40ng/ml) powinni suplementować około 2000 IU/dzień.

Należy podkreślić, że brak jest jednoznacznych wytycznych dotyczących progów niedoboru oraz toksyczności witaminy D, jak również optymalnego spożycia w postaci produktów żywnościowych oraz suplementów diety. Dieta jest alternatywnym źródłem witaminy D dla człowieka, ale znacznie mniej efektywnym w porównaniu do skórnej syntezy. Szacuje się, że zbilansowana dieta pokrywa maksymalnie do 20% dziennego zapotrzebowania na witaminę D (Rusińska i wsp., 2018). W badaniu własnym wykazano dodatnią korelację spożycia witaminy D, wyliczonej na podstawie dzienniczka żywieniowego bieżącego notowania, ze stężeniem wolnej i całkowitej 25(OH)D. Należy podkreślić, iż wyniki uzyskano u wszystkich badanych, ale tylko w okresie letnim. Powinno się jednak pamiętać, że błędy w oszacowaniu danych dotyczących spożycia m.in. energii oraz innych składników odżywczych jest znaną wadą dzienniczków żywieniowych (Larson-

Meyer i wsp., 2018). W badaniach własnych spożycie witaminy D ustalone na podstawie specyficznego Kwestionariusza FFLQ korelowało dodatnio z całkowitym stężeniem 25(OH)D u osób z grupy kontrolnej w okresie zimowym. Natomiast w badaniach Larson-Meyer i wsp. nie stwierdzono korelacji spożycia witaminy D (FFQL) ze stężeniem 25(OH)D w surowicy badanych (Larson-Meyer i wsp., 2019). Ponadto wykazali, że spożycie witaminy D oszacowane na podstawie dzienników żywieniowych bieżącego notowania nie korelowało z tym uzyskanym z Kwestionariusza FFLQ. Również Pritchett i wsp. nie stwierdzili istotnej korelacji między stężeniem całkowitej 25(OH)D a spożyciem żywności zawierającej witaminę D (Pritchett i wsp., 2016). Wykazano jedynie dodatnią zależność pomiędzy spożyciem wapnia a stężeniem witaminy D.

Główne źródła pokarmowe witaminy D są pochodzenia zwierzęcego. Należą do nich tłuste ryby, wątróbka, żółtko jaj oraz mleko i jego przetwory. W jednym z badań oszacowano zmiany w diecie niezbędne do spożycia rekomendowanej ilości witaminy D (Bruins i Létinois, 2021). Wykazano, że nie może zostać osiągnięty zalecany poziom spożycia witaminy D przy użyciu tylko samej diety, szczególnie jeśli będzie się przestrzegać limitu spożycia kalorii (2000 kcal/dzień). W badaniach własnych wykazano, że spożycie witaminy D z produktów spożywczych u wszystkich uczestników badania jest dodatnio skorelowane ze stężeniem 25(OH)D tylko w okresie letnim.

W dostępnym piśmiennictwie znajduje się niewiele danych oceniających zależność pomiędzy czynnikami stylu życia a stężeniem wolnej 25(OH)D, co stanowiło istotną inspirację badań własnych.

Heo i wsp. wykazali, że czynniki związane ze stylem życia w jednakowym stopniu korelują ze stężeniem całkowitej i wolnej 25(OH)D (Heo i wsp., 2021). Badaniem objęto 146 zdrowych dzieci zamieszkujących w Seulu (37 °N), w tym ponad połowę stanowiły dziewczynki i trwało ono od zimy do lata. Stwierdzono, iż spożycie witaminy D oraz ilość godzin dziennie spędzonych na świeżym powietrzu były powiązane ze stężeniem zarówno wolnej jak i całkowitej 25(OH)D.

Istnieje konieczność dalszych badań, szczególnie dotyczących wybranych elementów stylu życia a stężenia wolnej 25(OH)D w różnych grupach sportowców przy zastosowaniu bezpośredniej metody jej oznaczania.

#### *Czynniki limitujące*

Projekt prowadzono w czasie pandemii COVID, co ograniczało ilość zgłoszonych respondentów. W badaniach pobierano krew z żyły odłokciowej, przez co konieczny był kontakt bezpośredni. Należy też zwrócić uwagę na niedokładność metod oceniających spożycie witaminy D z diety. Kwestionariusz FFLQ jest badaniem ankietowym oceniającym częstość spożycia produktów zawierających witaminę D. Z kolei ocena diety na podstawie dzienniczka żywieniowego często wiąże się z zaniżaniem danych. W celu dokładnej oceny diety należałoby skorzystać z metody chemiczno-analitycznej. Ze względu na wysokie koszty, rzadko stosuje się ją w badaniach naukowych. Podobnie jest w przypadku oceny poziomu aktywności fizycznej opartego na Kwestionariuszu IPAQ. Lepszym narzędziem badawczym byłoby użycie na przykład akcelerometru.

Wybrane elementy stylu życia zostały porównywane w 3 grupach. Sportowcy stosują porównywalną dietę, przebywają podobną ilość czasu w tym samym miejscu, co sprawia, że są to grupy w pewnym stopniu jednorodne. W celu porównania sportowców do grupy kontrolnej należałoby zebrać więcej ochotników o niskim poziomie aktywności fizycznej. Należy jednak podkreślić, iż do tego typu badań najczęściej zgłaszają się osoby z prawidłową masą ciała, o średnim poziomie aktywności i prawidłowymi lub w niewielkim stopniu odbiegającymi od rekomendowanych nawykami żywieniowymi.

## VI PODSUMOWANIE WYNIKÓW BADAŃ/WNIOSKI

1. Niedostateczne stężenie całkowitej 25(OH)D w okresie zimowym (<30 ng/ml) wykazano u 87% osób z grupy kontrolnej, 69% zawodników trenujących judo oraz 71% piłkarzy nożnych. Latem odsetek ten wynosił 53% w grupie kontrolnej, 33% u judoków oraz 25% u piłkarzy.
2. W okresie zimowym stwierdzono u 30% mężczyzn z grupy kontrolnej, 21% (M1), 26% (M2) zawodników trenujących judo oraz 23% piłkarzy nożnych stężenie wolnej witaminy D poniżej wartości optymalnej (<8,50 pg/ml). W okresie letnim praktycznie u wszystkich uczestników badania wykazano rekomendowane stężenie wolnej 25(OH)D.
3. W grupie kontrolnej oraz piłkarzy nożnych stwierdzono istotną różnicę stężenia całkowitej 25(OH)D w zależności od pory roku. W grupie judoków nie zaobserwowano takiej różnicy. Stężenie wolnej 25(OH)D M1 różni się istotnie tylko w grupie piłkarzy nożnych. W przypadku wolnej 25(OH)D M2 nie zaobserwowano różnic w żadnej z badanych grup.
4. Nie zaobserwowano znaczącej różnicy stężenia wolnej i całkowitej 25(OH)D u sportowców w zależności od miejsca odbywania treningów (przestrzenie zamknięte vs na zewnątrz). Latem niedostateczne stężenie całkowitej 25(OH)D (<30ng/ml) stwierdzono częściej u sportowców trenujących w zamkniętych przestrzeniach (33%) w porównaniu do sportowców trenujących na zewnątrz (25%).
5. Nie stwierdzono różnic w stężeniu wolnej i całkowitej 25(OH)D pomiędzy zawodnikami trenującymi judo, piłkarzami nożnymi oraz osobami z grupy kontrolnej. Zaobserwowano natomiast statystycznie istotny dodatni związek między wartością równoważnika MET TOTAL a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D M2.
6. Wykazano, że stężenie całkowitej 25(OH)D w istotnym stopniu zależy od suplementacji oraz pory roku. Stwierdzono, że pora roku jest silniejszym predyktorem niż suplementacja witaminą D.



7. U wszystkich uczestników badania wykazano, że latem grubość fałdu skórno-tłuszczowego tricepsu jest ujemnie skorelowana ze stężeniem wolnej i całkowitej 25(OH)D.
8. W miesiącach letnich stwierdzono dodatnią zależność pomiędzy stężeniem 25(OH)D a wartością równoważnika MET TOTAL, ilością spożytej witaminy D na podstawie dzienniczka żywieniowego oraz ujemną z ilością godzin siedzenia w ciągu dnia.
9. W okresie zimowym u wszystkich uczestników badania wykazano istotną dodatnią zależność pomiędzy czasem spędzonym na świeżym powietrzu i ekspozycją na słońce a stężeniem całkowitej 25(OH)D. Ponadto zaobserwowano dodatnią korelację pomiędzy stężeniem wolnej 25(OH)D a częstością korzystania z filtrów przeciwsłonecznych.
10. Do uzyskania optymalnego stężenia całkowitego 25(OH)D sportowcy powinni przyjmować witaminę D w ilości 3000 IU, a latem 2000 IU (oszacowane w oparciu o modele statystyczne).
11. Należy monitorować stężenie 25(OH)D w surowicy krwi u sportowców i w zależności od jej poziomu rozważyć suplementację oraz zmianę wybranych elementów stylu życia (większa ekspozycja na światło słoneczne, modyfikacja diety).
12. Wydaje się, że rekomendacja oznaczania stężenia wolnej witaminy 25(OH)D jako wskaźnika statusu witaminy D wymaga jeszcze dalszych badań na większych grupach osób oraz zastosowania dokładniejszych metod diagnostycznych bezpośrednio oceniających jej stężenie w surowicy krwi.

## VII STRESZCZENIE

Witamina D może odgrywać istotną rolę między innymi w metabolizmie kostnym, prawidłowym funkcjonowaniu mięśni oraz układu immunologicznego. Problem niedoboru witaminy D w Europie jest coraz bardziej powszechny, zwłaszcza w okresie jesienno-zimowym w krajach położonych powyżej 37 stopnia szerokości geograficznej.

Celem badań była ocena zależności pomiędzy stężeniem całkowitej oraz wolnej witaminy D w surowicy krwi a wybranymi elementami stylu życia u zawodników grających w piłkę nożną i trenujących judo.

Badania były przeprowadzone w okresie zimowym oraz letnim. W pierwszej części eksperymentu przeprowadzonego zimą wzięło udział 31 zawodników grających w piłkę nożną (III liga), 19 zawodników trenujących judo (KS Gwardia I MKS Juvenia Wrocław) oraz 23 uczestników z grupy kontrolnej. W drugiej części eksperymentu przeprowadzonego latem wzięło udział 20 zawodników grających w piłkę nożną, 12 zawodników trenujących judo oraz 17 osób z grupy kontrolnej. Stężenie 25(OH)D oceniono za pomocą chromatografii cieczowej sprzężoną ze spektrometrią mas (LC-MS/MS) (4500, Sciex, QTRAP®, Framingham, MA, USA). Białko wiążące witaminę D (VDBP) mierzono za pomocą testu immunoenzymatycznego ELISA (R&D Systems, Minneapolis, MN, Stany Zjednoczone). Stężenie albuminy, PTH, wapnia całkowitego mierzono standardowymi metodami używanymi w diagnostyce laboratoryjnej. Elementy stylu życia oceniono na podstawie specyficznego Kwestionariusza FFLQ. Do oceny diety skorzystano z 24-godzinnego dzienniczka żywieniowego bieżącego notowania. Poziom aktywności fizycznej zweryfikowano na podstawie zaawansowanego Międzynarodowego Kwestionariusza International Physical Activity Questionnaire (IPAQ).

Porównanie stężenia wolnej i całkowitej 25(OH)D pomiędzy grupami zostało wykonane przy pomocy testu Kruskala-Wallisa z analizą post-hoc z poprawką Holma. Ocenę zmian pomiędzy zimą a latem stężenia wolnej i całkowitej 25(OH)D dokonano przy pomocy testu Wilcoxon dla danych sparowanych. Do oceny związku pomiędzy elementami stylu życia a stężeniem wolnej i całkowitej 25(OH)D stworzono analizę liniowych modeli mieszanych. Wykonano modele jedno- i wieloczynnikowe. Analiza statystyczna została

przygotowana w programie Statistica (wersja 13.3) oraz programie R for Windows (wersja 4.2.3, Vienna, Austria).

Wykazano niedostateczne stężenie całkowitej 25(OH)D (<30ng/ml) zimą u 69% zawodników judo, 71% piłkarzy nożnych oraz 87% osób o średnim i niskim poziomie aktywności fizycznej. W okresie letnim odsetek ten wynosił 33% judoków i 25% piłkarzy. Nie zaobserwowano znaczącej różnicy stężenie wolnej i całkowitej 25(OH)D w zależności od miejsca odbywania treningów (przestrzeń zamknięta vs na zewnątrz). Opierając się na rekomendacjach co do stężenia wolnej 25(OH)D, stwierdzono niedobór zimą u 26% judoków, 23% piłkarzy nożnych i 30% osób o średnim i niskim poziomie aktywności fizycznej. Latem stwierdzono prawidłowy poziom wolnej frakcji 25(OH)D u sportowców.

Stężenie całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D różniło się w zależności od pory roku w grupie piłkarzy nożnych. W grupie judoków nie zaobserwowano różnic w stężeniu całkowitej i wolnej 25(OH)D.

Wykazano brak istotnej statystycznie różnicy w stężeniu wolnej i całkowitej 25(OH)D pomiędzy zawodnikami trenującymi judo, piłkarzami nożnymi oraz osobami z grupy kontrolnej. Stwierdzono natomiast, że stężenie całkowitych i wolnych frakcji 25(OH)D u wszystkich uczestników projektu dodatkowo koreluje z wartością równoważnika MET TOTAL.

Latem stwierdzono u wszystkich uczestników badania ujemną korelację grubości fałdu skórno-tłuszczowego tricepsu ze stężeniem wolnej i całkowitej 25(OH)D. Dodatkowo zaobserwowano dodatnią zależność stężenia 25(OH)D z ilością spożytej witaminy D na podstawie dzienniczka bieżącego spożycia oraz ujemną korelację z ilością godzin siedzenia w ciągu dnia. Zimą u wszystkich uczestników badania stwierdzono istotną zależność pomiędzy czasem spędzonym na świeżym powietrzu i ekspozycją na słońce ze stężeniem całkowitej 25(OH)D. Zaobserwowano również dodatnią zależność stężenia wolnej 25(OH)D z częstością korzystania z filtrów przeciwsłonecznych.

Wykazano także, że stężenie wolnej i całkowitej 25(OH)D istotnie zależy od suplementacji oraz pory roku. Silniejszym predykatorem stężenia całkowitej 25(OH)D jest pora roku, natomiast poziom wolnych frakcji silniej determinuje suplementacja witaminą D.

Na podstawie uzyskanych wyników badań sugeruje się monitorowanie stężenia witaminy D u sportowców, szczególnie w okresie zimowym. W zależności od wyników badań należy rozważyć zastosowanie suplementacji cholekalcyferolem i/lub wdrożyć zmianę wybranych elementów stylu życia ze szczególnym uwzględnieniem większej ekspozycji na światło słoneczne czy modyfikację diety.

Wydaje się, że oznaczenie stężenia wolnej witaminy 25(OH)D jako wskaźnika statusu witaminy D wymaga dalszych badań, z uwzględnieniem większych grup populacyjnych. Ważne jest też zastosowanie dokładniejszych metod diagnostycznych, które bezpośrednio oceniają poziom wolnej witaminy D w surowicy krwi.

## SUMMARY

Vitamin D may play an important role in bone metabolism, the proper functioning of muscle and immune system. The problem of vitamin D deficiency in Europe is becoming increasingly common, especially in the autumn-winter period in countries located above 37 degrees of latitude.

The aim of the research was to assess the relationship between total and free vitamin D concentration in blood serum and selected elements of lifestyle among soccer players and judo athletes.

The research was conducted in both winter and summer period. In the winter part of the experiment, 31 soccer players (third league), 19 judo athletes (KS Gwardia I MKS Juvenia Wrocław) and 23 participants from the control group took part in. In the summer part of the experiment, 20 soccer players, 12 judo athletes, and 17 people from the control group participated. The concentration of 25(OH)D was assessed using liquid chromatography coupled with mass spectrometry (LC-MS/MS) (4500, Sciex, QTRAP®, Framingham, MA, USA). Vitamin D-binding protein (VDBP) was measured using the ELISA immunoassay (R&D Systems, Minneapolis, MN, USA). Albumin, PTH, and total calcium levels were measured using standard methods used in laboratory diagnostics. The elements of lifestyle were assessed based on the specific FFLQ questionnaire. To assess the diet, a 24-hour nutrition diary of current listing was used. The physical activity level was verified using the advanced International Physical Activity Questionnaire (IPAQ).

The comparison of free and total 25(OH)D concentrations between groups was performed using the Kruskal-Wallis test with the post-con analysis with the Holm correction. The assessment of changes between winter and summer in free and total 25(OH)D concentrations was performed using the Wilcoxon test for paired data. To evaluate the relationship between the lifestyle elements and free and total 25(OH)D concentrations, linear mixed models analysis was developed. One- and multi-factor models were created. The statistical analysis was prepared using the Statistica computer program (version 13.3) and the R for Windows computer program (version 4.2.3, Vienna, Austria).

The insufficient total 25(OH)D concentration ( $<30\text{ng/ml}$ ) was found in 69% of judo athletes, 71% of soccer players and 87% of people with moderate and low levels of physical activity during winter. This percentage was 33% for judo athletes and 25% for soccer players during summer period. No significant difference was observed in free and total 25(OH)D concentrations depending on the place of training (indoors vs outdoors). Based on the recommendations for free 25(OH)D ( $\geq 8,5\text{ pg/ml}$ ), a deficiency in winter affected 26% of judo athletes, 23% of soccer players, and 30% of people with moderate and low levels of physical activity. In summer, all athletes had a correct level of free fractions of 25(OH)D. Only one participant from the group with moderate and low levels of physical activity had insufficient level of free 25(OH)D ( $<8,5\text{ pg/ml}$ ).

The total concentration of 25(OH)D and free 25(OH)D differed depending on the season in the group of soccer players. However, such a difference was not observed while calculating free 25(OH)D. No differences were observed in the concentration of total and free 25(OH)D in the group of judo athletes.

There was no statistically significant difference in the concentration of free and total 25(OH)D between judo athletes, soccer players and individuals in the control group. However, it was found that the concentration of total and free fractions of 25(OH)D M2 in all participants of the project positively correlates with the value of the MET TOTAL equivalent.

In the summer, a positive correlation was observed among all participants between the concentration of 25(OH)D and the amount of consumed vitamin D based on a nutrition diary and a negative correlation with the number of hours sitting during the day.

In the winter, a significant correlation was found among all participants between the time spent outdoors and exposure to sunlight with the total concentration of 25(OH)D. A positive correlation was also observed between the concentration of free 25(OH)D and the frequency of using sunscreens.

The discussed research project showed that the concentration of free and total 25(OH)D significantly depends on supplementation and season. The season is a stronger

predictor of total 25(OH)D concentration, while the level of free fractions is more strongly determined by vitamin D supplementation.

Based on the obtained research results, it is suggested to monitor vitamin D levels in athletes, especially during the winter season. Depending on the concentration of vitamin D, supplementation with cholecalciferol should be considered and/or implementing changes to selected elements of lifestyle, with particular emphasis on greater exposure to sunlight, modification of a diet and reduction of adipose tissue.

It seems that the recommendation to measure the concentration of free vitamin 25(OH)D as an indicator of vitamin D status requires further research on larger groups of people and the use of more precise diagnostic methods that directly assess its level in blood serum.

## VIII PIŚMIENNICTWO

Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, Irwin ML, Swartz AM, Strath SJ, O'Brien WL, Bassett DR Jr, Schmitz KH, Emplaincourt PO, Jacobs DR Jr, Leon AS. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc* 2000, 32: 498-504.

Alemzadeh R, Kichler J, Babar G, Calhoun M. Hypovitaminosis D in obese children and adolescents: relationship with adiposity, insulin sensitivity, ethnicity, and season. *Metabolism* 2008, 57: 183–191.

Al-oanzi ZH, Tuck SP, Mastana SS, Summers GD, Cook DB, Francis RM, Datta HK. Vitamin D-binding protein gene microsatellite polymorphism influences BMD and risk of fractures in men. *Osteoporos Int J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA* 2008, 19: 951–960.

Al-oanzi ZH, Tuck SP, Raj N, Harrop JS, Summers GD, Cook DB, Francis RM, Datta HK. Assessment of vitamin D status in male osteoporosis. *Clin Chem* 2006, 52: 248–254.

Aloia J, Mikhail M, Dhaliwal R, Shieh A, Usera G, Stolberg A, Ragolia L, Islam S. Free 25(OH)D and the Vitamin D Paradox in African Americans. *J Clin Endocrinol Metab* 2015, 100: 3356–3363.

Bahat G, Saka B, Erten N, Ozbek U, Coskunpinar E, Yildiz S, Sahinkaya T, Karan MA. BsmI polymorphism in the vitamin D receptor gene is associated with leg extensor muscle strength in elderly men. *Aging Clin Exp Res* 2010, 22: 198–205.

Bahrami A, Sadeghnia HR, Tabatabaeizadeh SA, Bahrami-Taghanaki H, Behboodi N, Esmaili H, Ferns GA, Mobarhan MG, Avan A. Genetic and epigenetic factors influencing vitamin D status. *J Cell Physiol* 2018, 233: 4033–4043.

Barake M, Daher RT, Salti I, Cortas NK, Al-Shaar L, Habib RH, Fuleihan Gel-H. 25-hydroxyvitamin D assay variations and impact on clinical decision making. *J Clin Endocrinol Metab* 2012, 97: 835–843.



- Bartoszewicz Z, Kondracka A, Jaźwiec R, Popow M, Dadlez M, Bednarczuk T. Czy umiemy wiarygodnie mierzyć stężenia klinicznie ważnych metabolitów witaminy D? Problemy i ich konsekwencje. *Endokrynol Pol* 2013, 64: 22–30.
- Bartoszewska M, Kamboj M, Patel DR. Vitamin D, muscle function, and exercise performance. *Pediatr Clin North Am* 2010, 57: 849–861.
- Benedik E. Sources of vitamin D for humans. *Int J Vitam Nutr Res Int Z Vitam-Ernahrungsforschung J Int Vitaminol Nutr* 2022, 92: 118–125.
- Bhan I, Powe CE, Berg AH, Ankers E, Wenger JB, Karumanchi SA, Thadhani RI. Bioavailable vitamin D is more tightly linked to mineral metabolism than total vitamin D in incident hemodialysis patients. *Kidney Int* 2012, 82: 84–89.
- Bikle DD, Gee E, Halloran B, Kowalski MA, Ryzen E, Haddad JG. Assessment of the free fraction of 25-hydroxyvitamin D in serum and its regulation by albumin and the vitamin D-binding protein. *J Clin Endocrinol Metab* 1986, 63: 954–959.
- Bikle DD, Patzek S, Wang Y. Physiologic and pathophysiologic roles of extra renal CYP27b1: Case report and review. *Bone Rep* 2018, 8: 255–267.
- Bikle DD, Schwartz J. Vitamin D Binding Protein, Total and Free Vitamin D Levels in Different Physiological and Pathophysiological Conditions. *Front Endocrinol* 2019, 10: 317.
- Bikle DD. Vitamin D Metabolism, Mechanism of Action, and Clinical Applications. *Chem Biol* 2014, 21: 319–329.
- Bischoff-Ferrari H, Borchers M, Gudat F, Dürmüller U, Stähelin H, Dick W. Vitamin D Receptor Expression in Human Muscle Tissue Decreases With Age. *J Bone Miner Res* 2004, 19: 265–269.
- Bischoff-Ferrari HA. Relevance of vitamin D in muscle health. *Rev Endocr Metab Disord* 2012, 13: 71–77.
- Boland R. Role of vitamin D in skeletal muscle function. *Endocr Rev* 1986, 7: 434–448.

- Bouvard B, Annweiler C, Sallé A, Beauchet O, Chappard D, Audran M, Legrand E. Extraskelatal effects of vitamin D: facts, uncertainties, and controversies. *Joint Bone Spine* 2011, 78: 10–16.
- Brotto M, Bonewald L. Bone and muscle: Interactions beyond mechanical. *Bone* 2015, 80: 109–114.
- Brown AJ, Coyne DW. Bioavailable vitamin D in chronic kidney disease. *Kidney Int* 2012, 82: 5–7.
- Bruins MJ, Létinois U. Adequate Vitamin D Intake Cannot Be Achieved within Carbon Emission Limits Unless Food Is Fortified: A Simulation Study. *Nutrients* 2021, 13: 592.
- Buchheit M. The 30-15 intermittent fitness test: accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport players. *J Strength Cond Res.* 2008, 22(2): 365-374.
- Caccamo D, Ricca S, Currò M, Ientile R. Health Risks of Hypovitaminosis D: A Review of New Molecular Insights. *Int J Mol Sci* 2018, 19: 892.
- Cannell JJ, Hollis BW, Sorenson MB, Taft TN, Anderson JJB. Athletic performance and vitamin D. *Med Sci Sports Exerc* 2009, 41: 1102–1110.
- Cannell JJ, Hollis BW. Use of vitamin D in clinical practice. *Altern Med Rev J Clin Ther* 2008, 13: 6–20.
- Carlberg C. Molecular Approaches for Optimizing Vitamin D Supplementation. *Vitam Horm* 2016, 100: 255–271.
- Carlberg C. Molecular endocrinology of vitamin D on the epigenome level. *Mol Cell Endocrinol* 2017, 453: 14–21.
- Carlberg C. Vitamin D: A Micronutrient Regulating Genes. *Curr Pharm Des* 2019, 25: 1740–1746.
- Caron-Jobin M, Morisset A-S, Tremblay A, Huot C, Légaré D, Tchernof A. Elevated serum 25(OH)D concentrations, vitamin D, and calcium intakes are associated with reduced adipocyte size in women. *Obes Silver Spring Md* 2011, 19: 1335–1341.

- Carter G. Accuracy of 25-Hydroxyvitamin D Assays: Confronting the Issues. *Curr Drug Targets* 2011, 12: 19–28.
- Carter GD. 25-Hydroxyvitamin D assays: the quest for accuracy. *Clin Chem* 2009, 55: 1300–1302.
- Carter GD. 25-hydroxyvitamin D: a difficult analyte. *Clin Chem* 2012, 58: 486–488.
- Cashman KD, Dowling KG, Škrabáková Z, Gonzalez-Gross M, Valtueña J, De Henauw S, Moreno L, Damsgaard CT, Michaelsen KF, Mølgaard C, Jorde R, Grimnes G, Moschonis G, Mavrogianni C, Manios Y, Thamm M, Mensink GB, Rabenberg M, Busch MA, Cox L, Meadows S, Goldberg G, Prentice A, Dekker JM, Nijpels G, Pilz S, Swart KM, van Schoor NM, Lips P, Eiriksdottir G, Gudnason V, Cotch MF, Koskinen S, Lamberg-Allardt C, Durazo-Arvizu RA, Sempos CT, Kiely M. Vitamin D deficiency in Europe: pandemic? *Am J Clin Nutr* 2016, 103: 1033–1044.
- Cashman KD, Kiely M, Kinsella M, Durazo-Arvizu RA, Tian L, Zhang Y, Lucey A, Flynn A, Gibney MJ, Vesper HW, Phinney KW, Coates PM, Picciano MF, Sempos CT. Evaluation of Vitamin D Standardization Program protocols for standardizing serum 25-hydroxyvitamin D data: a case study of the program's potential for national nutrition and health surveys. *Am J Clin Nutr* 2013, 97: 1235–1242.
- Ceglia L, Harris SS. Vitamin D and its role in skeletal muscle. *Calcif Tissue Int* 2013, 92: 151–162.
- Chausmer AB. A critical review of the assessment of Vitamin D status. *Endocrinol Metab Int J* 2018,6(3): 249-254.
- Chen TC, Chimeh F, Lu Z, Mathieu J, Person KS, Zhang A, Kohn N, Martinello S, Berkowitz R, Holick MF. Factors that influence the cutaneous synthesis and dietary sources of vitamin D. *Arch Biochem Biophys* 2007, 460: 213–217.
- Christakos S, Dhawan P, Verstuyf A, Verlinden L, Carmeliet G. Vitamin D: Metabolism, Molecular Mechanism of Action, and Pleiotropic Effects. *Physiol Rev* 2016, 96: 365–408.

Clark A, Mach N. Vitamin D's role in the hygiene hypothesis: the interplay between vitamin D, vitamin D receptors, gut microbiota and immune response. *Front Immunol* 2016, 7.

Close GL, Leckey J, Patterson M, Bradley W, Owens DJ, Fraser WD, Morton JP. The effects of vitamin D(3) supplementation on serum total 25[OH]D concentration and physical performance: a randomised dose-response study. *Br J Sports Med* 2013, 47: 692–696.

Close GL, Russell J, Cobley JN, Owens DJ, Wilson G, Gregson W, Fraser WD, Morton JP. Assessment of vitamin D concentration in non-supplemented professional athletes and healthy adults during the winter months in the UK: implications for skeletal muscle function. *J Sports Sci* 2013, 31: 344–353.

Constantini NW, Arieli R, Chodick G, Dubnov-Raz G. High prevalence of vitamin D insufficiency in athletes and dancers. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med* 2010, 20: 368–371.

Craig CL, Marshall AL, Sjöström M, Bauman AE, Booth ML, Ainsworth BE, Pratt M, Ekelund U, Yngve A, Sallis JF, Oja P. International Physical Activity Questionnaire: 12-Country Reliability and Validity. *Med Sci Sports Exerc* 2003, 35: 1381–1395.

Cui A, Zhang T, Xiao P, Fan Z, Wang H, Zhuang Y. Global and regional prevalence of vitamin D deficiency in population-based studies from 2000 to 2022: A pooled analysis of 7.9 million participants. *Front Nutr* 2023, 10.

Dastani Z, Li R, Richards B. Genetic regulation of vitamin D levels. *Calcif Tissue Int* 2013, 92: 106–117.

de la Puente Yagüe M, Collado Yurrita L, Ciudad Cabañas MJ, Cuadrado Cenxual MA. Role of Vitamin D in Athletes and Their Performance: Current Concepts and New Trends. *Nutrients* 2020, 12: 579.

DeLuca HF. Evolution of our understanding of vitamin D. *Nutr Rev* 2008, 66: 73-87.

Denburg MR, Hoofnagle AN, Sayed S, Gupta J, de Boer IH, Appel LJ, Durazo-Arvizu R, Whitehead K, Feldman HI, Leonard MB. Comparison of Two ELISA Methods and Mass Spectrometry for Measurement of Vitamin D-Binding Protein: Implications for the Assessment of Bioavailable Vitamin D Concentrations across Genotypes. *J Bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res* 2016, 31: 1128–1136.

Dirks NF, Cavalier E, Heijboer AC. Vitamin D: marker, measurand & measurement. *Endocr Connect.* 2023, 12(4): 220269.

Drincic AT, Armas LAG, Van Diest EE, Heaney RP. Volumetric dilution, rather than sequestration best explains the low vitamin D status of obesity. *Obes Silver Spring Md* 2012, 20: 1444–1448.

Dubnov-Raz G, Livne N, Raz R, Cohen AH, Constantini NW. Vitamin D Supplementation and Physical Performance in Adolescent Swimmers. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2015, 25: 317–325.

Dzik KP, Kaczor JJ. Mechanisms of vitamin D on skeletal muscle function: oxidative stress, energy metabolism and anabolic state. *Eur J Appl Physiol* 2019, 119: 825–839.

El-Khoury JM, Reineks EZ, Wang S. Progress of liquid chromatography-mass spectrometry in measurement of vitamin D metabolites and analogues. *Clin Biochem* 2011, 44: 66–76.

Engelman CD, Fingerlin TE, Langefeld CD, Hicks PJ, Rich SS, Wagenknecht LE, Bowden DW, Norris JM. Genetic and environmental determinants of 25-hydroxyvitamin D and 1,25-dihydroxyvitamin D levels in Hispanic and African Americans. *J Clin Endocrinol Metab* 2008, 93: 3381–3388.

Eymundsdottir H, Chang M, Geirsdottir OG, Gudmundsson LS, Jonsson PV, Gudnason V, Launer L, Jonsdottir MK, Ramel A. Lifestyle and 25-hydroxy-vitamin D among community-dwelling old adults with dementia, mild cognitive impairment, or normal cognitive function. *Aging Clin Exp Res* 2020, 32: 2649–2656.

Fairbairn KA, Ceelen IJM, Skeaff CM, Cameron CM, Perry TL. Vitamin D3 Supplementation Does Not Improve Sprint Performance in Professional Rugby Players:

A Randomized, Placebo-Controlled, Double-Blind Intervention Study. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2018, 28: 1–9.

Fang Y, van Meurs JB, Arp P, van Leeuwen JP, Hofman A, Pols HA, Uitterlinden AG. Vitamin D binding protein genotype and osteoporosis. *Calcif Tissue Int* 2009, 85: 85–93.

Farrell C-JL, Martin S, McWhinney B, Straub I, Williams P, Herrmann M. State-of-the-art vitamin D assays: a comparison of automated immunoassays with liquid chromatography-tandem mass spectrometry methods. *Clin Chem* 2012, 58: 531–542.

Farrokhyar F, Sivakumar G, Savage K, Koziarz A, Jamshidi S, Ayeni OR, Peterson D, Bhandari M. Effects of Vitamin D Supplementation on Serum 25-Hydroxyvitamin D Concentrations and Physical Performance in Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Sports Med* 2017, 47: 2323–2339.

Farrokhyar F, Tabasinejad R, Dao D, Peterson D, Ayeni OR, Hadioonzadeh R, Bhandari M. Prevalence of vitamin D inadequacy in athletes: a systematic-review and meta-analysis. *Sports Med Auckl NZ* 2015, 45: 365–378.

Fayet-Moore F, Brock KE, Wright J, Ridges L, Small P, Seibel MJ, Conigrave AD, Mason RS. Determinants of vitamin D status of healthy office workers in Sydney, Australia. *J Steroid Biochem Mol Biol* 2019, 189: 127–134.

Ferrari D, Lombardi G, Strollo M, Pontillo M, Motta A, Locatelli M. Association between solar ultraviolet doses and vitamin D clinical routine data in European mid-latitude population between 2006 and 2018. *Photochem Photobiol Sci Off J Eur Photochem Assoc Eur Soc Photobiol* 2019, 18: 2696–2706.

Fitzgerald JS, Peterson BJ, Warpeha JM, Wilson PB, Rhodes GS, Ingraham SJ. Vitamin D status and  $\dot{V}O_2$  peak during a skate treadmill graded exercise test in competitive ice hockey players. *J Strength Cond Res* 2014, 28: 3200–3205.

Geusens P, Vandevyver C, Vanhoof J, Cassiman JJ, Boonen S, Raus J. Quadriceps and grip strength are related to vitamin D receptor genotype in elderly nonobese women. *J Bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res* 1997, 12: 2082–2088.

González-Molero I, Morcillo S, Valdés S, Pérez-Valero V, Botas P, Delgado E, Hernández D, Olveira G, Rojo G, Gutierrez-Repiso C, Rubio-Martín E, Menéndez E, Soriguer F. Vitamin D deficiency in Spain: a population-based cohort study. *Eur J Clin Nutr*. 2011, 65(3):321-328.

Grant W. The Health Benefits of Solar Irradiance and Vitamin D and the Consequences of Their Deprivation. *Clin Rev Bone Miner Metab* 2009, 7: 134–146.

Halliday TM, Peterson NJ, Thomas JJ, Kleppinger K, Hollis BW, Larson-Meyer DE. Vitamin D status relative to diet, lifestyle, injury, and illness in college athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2011, 43: 335–343.

Hamilton B, Grantham J, Racinais S, Chalabi H. Vitamin D deficiency is endemic in Middle Eastern sportsmen. *Public Health Nutr* 2010, 13: 1528–1534.

Hamilton B, Whiteley R, Farooq A, Chalabi H. Vitamin D concentration in 342 professional football players and association with lower limb isokinetic function. *J Sci Med Sport* 2014, 17: 139–1343.

Han Q, Li X, Tan Q, Shao J, Yi M. Effects of vitamin D<sub>3</sub> supplementation on serum 25(OH)D concentration and strength in athletes: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Int Soc Sports Nutr* 2019, 16: 55.

Hanwell HE, Vieth R, Cole DE, Scillitani A, Modoni S, Frusciante V, Ritrovato G, Chiodini I, Minisola S, Carnevale V. Sun exposure questionnaire predicts circulating 25-hydroxyvitamin D concentrations in Caucasian hospital workers in southern Italy. *J Steroid Biochem Mol Biol* 2010, 121: 334–337.

Hausler MR, Jurutka PW, Mizwicki M, Norman AW. Vitamin D receptor (VDR)-mediated actions of 1 $\alpha$ ,25(OH)<sub>2</sub>vitamin D<sub>3</sub>: Genomic and non-genomic mechanisms. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab* 2011, 25: 543–559.

Heller JE, Thomas JJ, Hollis BW, Larson-Meyer DE. Relation Between Vitamin D Status and Body Composition in Collegiate Athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2015, 25: 128–135.

Heo YJ, Lee YJ, Lee K, Kim JH, Shin CH, Lee YA, Song J. Total, bioavailable and free 25-hydroxyvitamin D levels as functional indicators for bone parameters in healthy children. *PloS One* 2021, 16: 0258585.

Herrmann M, Farrell C-JL, Pusceddu I, Fabregat-Cabello N, Cavalier E. Assessment of vitamin D status – a changing landscape. *Clin Chem Lab Med CCLM* 2017, 55: 3–26.

Holick MF, Chen TC. Vitamin D deficiency: a worldwide problem with health consequences. *Am J Clin Nutr* 2008, 87: 1080-1086.

Holick MF. High prevalence of vitamin D inadequacy and implications for health. *Mayo Clin Proc* 2006, 81: 353–373.

Holick MF. Sunlight and vitamin D for bone health and prevention of autoimmune diseases, cancers, and cardiovascular disease. *Am J Clin Nutr* 2004, 80: 1678-1688.

Holick MF. Vitamin D status: measurement, interpretation and clinical application. *Ann Epidemiol* 2009, 19: 73–78.

Holick MF. Vitamin D: a D-Lightful health perspective. *Nutr Rev* 2008, 66: 182-194.

Holick MF. Vitamin D: evolutionary, physiological and health perspectives. *Curr Drug Targets* 2011, 12: 4–18.

Hussain T, Eimal Latif AH, Malik S, Raza S, Saeed T, Salman Zahid A, Nazary K, Arshad MM, Khan R, Walizada K, Wahab A. Vitamin D Deficiency and Associated Risk Factors in Muslim Housewives of Quetta, Pakistan: A Cross-Sectional Study. *Cureus* 2021, 13.

Janssen HCJP, Samson MM, Verhaar HJJ. Vitamin D deficiency, muscle function, and falls in elderly people. *Am J Clin Nutr* 2002, 75: 611–615.

Jastrzębska M, Kaczmarczyk M, Jastrzębski Z. Effect of Vitamin D Supplementation on Training Adaptation in Well-Trained Soccer Players. *J Strength Cond Res* 2016, 30: 2648–2655.

Jastrzębska M, Kaczmarczyk M, Michalczyk M, Radzimiński Ł, Stępień P, Jastrzębska J, Wakuluk D, Suárez AD, López Sánchez GF, Ciężczyk P, Godlewski P, Król P,



Jastrzębski Z. Can Supplementation of Vitamin D Improve Aerobic Capacity in Well Trained Youth Soccer Players? *J Hum Kinet* 2018, 61: 63–72.

Jemielita TO, Leonard MB, Baker J, Sayed S, Zemel BS, Shults J, Herskovitz R, Denburg MR. Association of 25-hydroxyvitamin D with areal and volumetric measures of bone mineral density and parathyroid hormone: impact of vitamin D-binding protein and its assays. *Osteoporos Int J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA* 2016, 27: 617–626.

Joh H-K, Hwang S-S, Cho B, Lim CS, Jung S-E. Effect of sun exposure versus oral vitamin D supplementation on serum 25-hydroxyvitamin D concentrations in young adults: A randomized clinical trial. *Clin Nutr Edinb Scotl* 2020, 39: 727–736.

Johnsen MS, Grimnes G, Figenschau Y, Torjesen PA, Almås B, Jorde R. Serum free and bio-available 25-hydroxyvitamin D correlate better with bone density than serum total 25-hydroxyvitamin D. *Scand J Clin Lab Invest* 2014, 74: 177–183.

Jones G, Prosser DE, Kaufmann M. Cytochrome P450-mediated metabolism of vitamin D. *J Lipid Res* 2014, 55: 13–31.

Knuschke P. Sun Exposure and Vitamin D. *Curr Probl Dermatol* 2021, 55: 296–315.

Koundourakis NE, Androulakis NE, Malliaraki N, Margioris AN. Vitamin D and exercise performance in professional soccer players. *PloS One* 2014, 9: 101659.

Krzyściński JW, Guzikowski J, Rajewska-Więch B. Optimal vitamin D3 daily intake of 2000IU inferred from modeled solar exposure of ancestral humans in Northern Tanzania. *J Photochem Photobiol B* 2016, 159: 101–105.

Krzyściński JW, Jarosławski J, Sobolewski PS. A mathematical model for seasonal variability of vitamin D due to solar radiation. *J Photochem Photobiol B* 2011, 105: 106–112.

Krzywanski J, Mikulski T, Krysztofiak H, Mlynczak M, Gaczynska E, Ziemia A. Seasonal Vitamin D Status in Polish Elite Athletes in Relation to Sun Exposure and Oral Supplementation. *PloS One* 2016, 11: 0164395.

Książek A, Dziubek W, Pietraszewska J, Słowińska-Lisowska M. Relationship between 25(OH)D levels and athletic performance in elite Polish judoists. *Biol Sport* 2018, 35: 191–196.

Książek A, Zagrodna A, Dziubek W, Pietraszewski B, Ochmann B, Słowińska-Lisowska M. 25(OH)D3 Levels Relative to Muscle Strength and Maximum Oxygen Uptake in Athletes. *J Hum Kinet* 2016, 50: 71–77.

Książek A, Zagrodna A, Pietraszewska J, Słowińska -Lisowska M. 25(OH)D Levels and Skinfolts Thickness in Athletes. *Hum Mov* 2015, 16.

Książek A, Zagrodna A, Słowińska-Lisowska M. Vitamin D, Skeletal Muscle Function and Athletic Performance in Athletes-A Narrative Review. *Nutrients* 2019, 11: 1800.

Lai JKC, Lucas RM, Banks E, Ponsonby A-L, Group AI. Variability in vitamin D assays impairs clinical assessment of vitamin D status. *Intern Med J* 2012, 42: 43–50.

Larson-Meyer DE, Douglas CS, Thomas JJ, Johnson EC, Barcal JN, Heller JE, Hollis BW, Halliday TM. Validation of a Vitamin D Specific Questionnaire to Determine Vitamin D Status in Athletes. *Nutrients*. 2019, 11(11): 2732.

Larson-Meyer DE, Woolf K, Burke L. Assessment of Nutrient Status in Athletes and the Need for Supplementation. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2018, 28: 139–158.

Lauridsen AL, Vestergaard P, Hermann AP, Brot C, Heickendorff L, Mosekilde L, Nexø E. Plasma concentrations of 25-hydroxy-vitamin D and 1,25-dihydroxy-vitamin D are related to the phenotype of Gc (vitamin D-binding protein): a cross-sectional study on 595 early postmenopausal women. *Calcif Tissue Int* 2005, 77: 15–22.

Libon F, Courtois J, Le Goff C, Lukas P, Fabregat-Cabello N, Seidel L, Cavalier E, Nikkels AF. Sunscreens block cutaneous vitamin D production with only a minimal effect on circulating 25-hydroxyvitamin D. *Arch Osteoporos* 2017, 12: 66.

Lips P, van Schoor NM, de Jongh RT. Diet, sun, and lifestyle as determinants of vitamin D status. *Ann N Y Acad Sci* 2014, 1317: 92–98.

- Lovell G. Vitamin D status of females in an elite gymnastics program. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med* 2008, 18: 159–161.
- Luque de Castro MD, Fernández-Romero JM, Ortiz-Boyer F, Quesada JM. Determination of vitamin D3 metabolites: state-of-the-art and trends. *J Pharm Biomed Anal* 1999, 20: 1–17.
- MacLaughlin J, Holick MF. Aging decreases the capacity of human skin to produce vitamin D3. *J Clin Invest* 1985, 76: 1536–1538.
- Maestro MA, Molnár F, Carlberg C. Vitamin D and Its Synthetic Analogs. *J Med Chem* 2019, 62: 6854–6875.
- Malik S, Fu L, Juras DJ, Karmali M, Wong BY, Gozdzik A, Cole DE. Common variants of the vitamin D binding protein gene and adverse health outcomes. *Crit Rev Clin Lab Sci* 2013, 50: 1–22.
- Marcinowska-Suchowierska E, Kupisz-Urbańska M, Łukaszewicz J, Płudowski P, Jones G. Vitamin D Toxicity—A Clinical Perspective. *Front Endocrinol* 2018, 9: 550.
- Maroon JC, Mathyssek CM, Bost JW, Amos A, Winkelman R, Yates AP, Duca MA, Norwig JA. Vitamin D Profile in National Football League Players. *Am J Sports Med* 2015, 43: 1241–1245.
- Masood T, Kushwaha RS, Singh R, Sailwal S, Pandey H, Varma A, Singh RK, Cornelissen G. Circadian rhythm of serum 25 (OH) vitamin D, calcium and phosphorus levels in the treatment and management of type-2 diabetic patients. *Drug Discov Ther* 2015, 9: 70–74.
- Massidda M, Corrias L, Bachis V, Cugia P, Piras F, Scorcu M, Calò CM. Vitamin D receptor gene polymorphisms and musculoskeletal injuries in professional football players. *Exp Ther Med* 2015, 9: 1974–1978.
- Mawer EB, Backhouse J, Holman CA, Lumb GA, Stanbury SW. The distribution and storage of vitamin D and its metabolites in human tissues. *Clin Sci* 1972, 43: 413–431.

McKinney K, Breitkopf CR, Berenson AB. Association of race, body fat and season with vitamin D status among young women: a cross-sectional study. *Clin Endocrinol (Oxf)* 2008, 69: 535–541.

Mendes MM, Darling AL, Hart KH, Morse S, Murphy RJ, Lanham-New SA. Impact of high latitude, urban living and ethnicity on 25-hydroxyvitamin D status: A need for multidisciplinary action? *J Steroid Biochem Mol Biol* 2019, 188: 95–102.

Moore RA, Waheed A, Burns B. Rule of Nines. *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2022.

Morton JP, Iqbal Z, Drust B, Burgess D, Close GL, Brukner PD. Seasonal variation in vitamin D status in professional soccer players of the English Premier League. *Appl Physiol Nutr Metab Physiol Appl Nutr Metab* 2012, 37: 798–802.

Mostafa WZ, Hegazy RA. Vitamin D and the skin: Focus on a complex relationship: A review. *J Adv Res* 2015, 6: 793–804.

Mousavi SE, Amini H, Heydarpour P, Amini Chermahini F, Godderis L. Air pollution, environmental chemicals, and smoking may trigger vitamin D deficiency: Evidence and potential mechanisms. *Environ Int* 2019, 122: 67–90.

Moy FM. Vitamin D status and its associated factors of free living Malay adults in a tropical country, Malaysia. *J Photochem Photobiol B* 2011, 104: 444–448.

Myszka M, Klinger M. [The immunomodulatory role of Vitamin D]. *Postepy Hig Med Doswiadczalnej Online* 2014, 68: 865–878.

Napiórkowska L, Franek E. Rola oznaczania witaminy D w praktyce klinicznej. *Chor Serca Naczyń* 2009, 6: 203–210.

Neale RE, Khan SR, Lucas RM, Waterhouse M, Whiteman DC, Olsen CM. The effect of sunscreen on vitamin D: a review. *Br J Dermatol* 2019, 181: 907–915.

Neville JJ, Palmieri T, Young AR. Physical Determinants of Vitamin D Photosynthesis: A Review. *JBMR Plus* 2021, 5: 10460.

Nielson CM, Jones KS, Chun RF, Jacobs JM, Wang Y, Hewison M, Adams JS, Swanson CM, Lee CG, Vanderschueren D, Pauwels S, Prentice A, Smith RD, Shi T, Gao Y, Schepmoes AA, Zmuda JM, Lapidus J, Cauley JA, Bouillon R, Schoenmakers I, Orwoll ES. Free 25-Hydroxyvitamin D: Impact of Vitamin D Binding Protein Assays on Racial-Genotypic Associations. *J Clin Endocrinol Metab* 2016, 101: 2226–2234.

Nieman DC, Gillitt ND, Shanely RA, Dew D, Meaney MP, Luo B. Vitamin D2 Supplementation Amplifies Eccentric Exercise-Induced Muscle Damage in NASCAR Pit Crew Athletes. *Nutrients* 2013, 6: 63–75.

Odhaib SA, Alibrahim NT, Zaboon IA, Mansour AA. Vitamin D Metabolic Profiles in Premenopausal Women Wearing Niqab and Hijab in Sunny Basrah. *Cureus*. 2021, 13(5): 14909.

Ogan D, Pritchett K. Vitamin D and the Athlete: Risks, Recommendations, and Benefits. *Nutrients* 2013, 5: 1856–1868.

Oleröd G, Hultén LM, Hammarsten O, Klingberg E. The variation in free 25-hydroxy vitamin D and vitamin D-binding protein with season and vitamin D status. *Endocr Connect* 2017, 6: 111–120.

Oliver JM, Lambert BS, Martin SE, Green JS, Crouse SF. Predicting football players' dual-energy x-ray absorptiometry body composition using standard anthropometric measures. *J Athl Train* 2012, 47: 257–263.

Orysiak J, Mazur-Rozycka J, Fitzgerald J, Starczewski M, Malczewska-Lenczowska J, Busko K. Vitamin D status and its relation to exercise performance and iron status in young ice hockey players. *PLoS ONE* 2018, 13.

Ostrowski A, Strzała M, Stanula A, Juszkievicz M, Pilch W, Maszczyk A. The role of training in the development of adaptive mechanisms in freedivers. *J Hum Kinet* 2012, 32: 197–210.

Owens DJ, Allison R, Close GL. Vitamin D and the Athlete: Current Perspectives and New Challenges. *Sports Med* 2018, 48: 3–16.

Park CY, Han SN. The Role of Vitamin D in Adipose Tissue Biology: Adipocyte Differentiation, Energy Metabolism, and Inflammation. *J Lipid Atheroscler* 2021, 10: 130–144.

Pearce SHS, Cheetham TD. Diagnosis and management of vitamin D deficiency. *BMJ* 2010, 340: 5664.

Peeling P, Fulton SK, Binnie M, Goodman C. Training environment and Vitamin D status in athletes. *Int J Sports Med* 2013, 34: 248–252.

Pludowski P, Ducki C, Konstantynowicz J, Jaworski M. Vitamin D status in Poland. *Pol Arch Med Wewn* 2016, 126: 530–539.

Pludowski P, Kos-Kudła B, Walczak M, Fal A, Zozulińska-Ziółkiewicz D, Sieroszewski P, Peregud-Pogorzelski J, Lauterbach R, Targowski T, Lewiński A, Spaczyński R, Wielgoś M, Pinkas J, Jackowska T, Helwich E, Mazur A, Ruchała M, Zygmunt A, Szalecki M, Bossowski A, Czech-Kowalska J, Wójcik M, Pyrżak B, Żmijewski MA, Abramowicz P, Konstantynowicz J, Marcinowska-Suchowierska E, Bleizgys A, Karras SN, Grant WB, Carlberg C, Pilz S, Holick MF, Misiorowski W. Guidelines for Preventing and Treating Vitamin D Deficiency: A 2023 Update in Poland. *Nutrients* 2023, 15: 695.

Pludowski P, Takacs I, Boyanov M, Belaya Z, Diaconu CC, Mokhort T, Zherdova N, Rasa I, Payer J, Pilz S. Clinical Practice in the Prevention, Diagnosis and Treatment of Vitamin D Deficiency: A Central and Eastern European Expert Consensus Statement. *Nutrients* 2022, 14: 1483.

Pojednic RM, Ceglia L. The Emerging Biomolecular Role of Vitamin D in Skeletal Muscle. *Exerc Sport Sci Rev* 2014, 42: 76–81.

Powe CE, Evans MK, Wenger J, Zonderman AB, Berg AH, Nalls M, Tamez H, Zhang D, Bhan I, Karumanchi SA, Powe NR, Thadhani R. Vitamin D–Binding Protein and Vitamin D Status of Black Americans and White Americans. *N Engl J Med* 2013, 369: 1991–2000.

Powe CE, Ricciardi C, Berg AH, Erdenesanaa D, Collerone G, Ankers E, Wenger J, Karumanchi SA, Thadhani R, Bhan I. Vitamin D–Binding Protein Modifies the Vitamin D–Bone Mineral Density Relationship. *J Bone Miner Res* 2011, 26: 1609–1616.

Pritchett K, Pritchett R, Ogan D, Bishop P, Broad E, LaCroix M. 25(OH)D Status of Elite Athletes with Spinal Cord Injury Relative to Lifestyle Factors. *Nutrients* 2016, 8: 374.

Rola R, Kowalski K, Bieńkowski T, Studzińska S. Improved sample preparation method for fast LC-MS/MS analysis of vitamin D metabolites in serum. *J Pharm Biomed Anal* 2020, 190: 113529.

Roseland JM, Phillips KM, Patterson KY, Pehrsson PR, Taylor CL. *Vitamin D in Foods. Vitamin D*. Elsevier, 2018.

Ross AC, Manson JE, Abrams SA, Aloia JF, Brannon PM, Clinton SK, Durazo-Arvizu RA, Gallagher JC, Gallo RL, Jones G, Kovacs CS, Mayne ST, Rosen CJ, Shapses SA. 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, 96: 53–58.

Rusińska A, Płudowski P, Walczak M, Borszewska-Kornacka MK, Bossowski A, Chlebna-Sokół D, Czech-Kowalska J, Dobrzańska A, Franek E, Helwich E, Jackowska T, Kalina MA, Konstantynowicz J, Książyk J, Lewiński A, Łukaszewicz J, Marcinowska-Suchowierska E, Mazur A, Michałus I, Peregud-Pogorzelski J, Romanowska H, Ruchała M, Socha P, Szalecki M, Wielgoś M, Zwolińska D, Zygmunt A. Vitamin D Supplementation Guidelines for General Population and Groups at Risk of Vitamin D Deficiency in Poland—Recommendations of the Polish Society of Pediatric Endocrinology and Diabetes and the Expert Panel With Participation of National Specialist Consultants and Representatives of Scientific Societies—2018 Update. *Front Endocrinol* 2018, 9.

Savastano S, Barrea L, Savanelli MC, Nappi F, Di Somma C, Orio F, Colao A. Low vitamin D status and obesity: Role of nutritionist. *Rev Endocr Metab Disord* 2017, 18: 215–225.

Schwartz JB, Lai J, Lizaola B, Kane L, Markova S, Weyland P, Terrault NA, Stotland N, Bikle D. A Comparison of Measured and Calculated Free 25(OH) Vitamin D Levels in Clinical Populations. *J Clin Endocrinol Metab* 2014, 99: 1631–1637.

Sempos C, Binkley N. 25-Hydroxyvitamin D assay standardisation and vitamin D guidelines paralysis. *Public Health Nutr* 23: 1153–1164.

Shuler FD, Wingate MK, Moore GH, Giangarra C. Sports health benefits of vitamin d. *Sports Health* 2012, 4: 496–501.

Singh RJ. Are clinical laboratories prepared for accurate testing of 25-hydroxy vitamin D? *Clin Chem* 2008, 54: 221–223.

Singh V, Misra AK, Singh M, Midha NK, Kumar B, Ambwani S, Bohra GK, Sharma PK. An open-label, randomized, 10 weeks prospective study on the efficacy of vitamin D (daily low dose and weekly high dose) in vitamin D deficient patients. *J Family Med Prim Care* 2019, 8(6): 1958-1963.

Sinotte M, Diorio C, Bérubé S, Pollak M, Brisson J. Genetic polymorphisms of the vitamin D binding protein and plasma concentrations of 25-hydroxyvitamin D in premenopausal women. *Am J Clin Nutr* 2009, 89: 634–640.

Skalska M, Nikolaidis PT, Knechtle B, Rosemann TJ, Radzimiński Ł, Jastrzębska J, Kaczmarczyk M, Myśliwiec A, Dragos P, López-Sánchez GF, Jastrzębski Z. Vitamin D Supplementation and Physical Activity of Young Soccer Players during High-Intensity Training. *Nutrients* 2019, 11.

Spiro A, Buttriss JL. Vitamin D: An overview of vitamin D status and intake in Europe. *Nutr Bull Bnf* 2014, 39: 322–350.

St-Arnaud R. CYP24A1-deficient mice as a tool to uncover a biological activity for vitamin D metabolites hydroxylated at position 24. *J Steroid Biochem Mol Biol* 2010, 121: 254–256.



Szymczak-Pajor I, Miazek K, Selmi A, Balcerczyk A, Śliwińska A. The Action of Vitamin D in Adipose Tissue: Is There the Link between Vitamin D Deficiency and Adipose Tissue-Related Metabolic Disorders? *Int J Mol Sci* 2022, 23: 956.

Talbot J, Maves L. Skeletal muscle fiber type: using insights from muscle developmental biology to dissect targets for susceptibility and resistance to muscle disease. *Wiley Interdiscip Rev Dev Biol* 2016, 5: 518–534.

Timpini A, Pini L, Tantucci C, Cossi S, Grassi V. Vitamin D and health status in elderly. *Intern Emerg Med* 2011, 6: 11–21.

Todd JJ, McSorley EM, Pourshahidi LK, Madigan SM, Laird E, Healy M, Magee PJ. Vitamin D 3 supplementation using an oral spray solution resolves deficiency but has no effect on VO<sub>2</sub> max in Gaelic footballers: results from a randomised, double-blind, placebo-controlled trial. *Eur J Nutr* 2017, 56: 1577–1587.

Touvier M, Deschasaux M, Montourcy M, Sutton A, Charnaux N, Kesse-Guyot E, Assmann KE, Fezeu L, Latino-Martel P, Druesne-Pecollo N, Guinot C, Latreille J, Malvy D, Galan P, Hercberg S, Le Clerc S, Souberbielle JC, Ezzedine K. Determinants of vitamin D status in Caucasian adults: influence of sun exposure, dietary intake, sociodemographic, lifestyle, anthropometric, and genetic factors. *J Invest Dermatol* 2015, 135: 378–388.

Tsuprykov O, Chen X, Hocher C-F, Skoblo R, Lianghong Yin null, Hocher B. Why should we measure free 25(OH) vitamin D? *J Steroid Biochem Mol Biol* 2018, 180: 87–104.

Tukaj C. Adequate level of Vitamin D is essential for maintaining good health. *Postępy Hig Med Dośw Online* 2008, 62: 502–510.

Vanlint S. Vitamin D and Obesity. *Nutrients* 2013, 5: 949–956.

Vasquez A, Manso G, Cannell J. The clinical importance of vitamin D (cholecalciferol): a paradigm shift with implications for all healthcare providers. *Altern Ther Health Med* 2004, 10: 28–36.

Vermeulen A, Verdonck L, Kaufman JM. A critical evaluation of simple methods for the estimation of free testosterone in serum. *J Clin Endocrinol Metab* 1999, 84: 3666–3672.

Verstuyf A, Carmeliet G, Bouillon R, Mathieu C. Vitamin D: a pleiotropic hormone. *Kidney Int* 2010, 78: 140–145.

Vieth R. Vitamin D and cancer mini-symposium: the risk of additional vitamin D. *Ann Epidemiol* 2009, 19: 441–445.

von Hurst PR, Beck KL. Vitamin D and skeletal muscle function in athletes. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2014, 17: 539–545.

Wallace AM, Gibson S, de la Hunty A, Lamberg-Allardt C, Ashwell M. Measurement of 25-hydroxyvitamin D in the clinical laboratory: current procedures, performance characteristics and limitations. *Steroids* 2010, 75: 477–488.

Wang H, Chen W, Li D, Yin X, Zhang X, Olsen N, Zheng SG. Vitamin D and Chronic Diseases. *Aging Dis* 2017, 8: 346–353.

Willis KS, Peterson NJ, Larson-Meyer DE. Should we be concerned about the vitamin D status of athletes? *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2008, 18: 204–224.

Willis KS, Smith DT, Broughton KS, Larson-Meyer DE. Vitamin D status and biomarkers of inflammation in runners. *Open Access J Sports Med* 2012, 3: 35–42.

Wintermeyer E, Ihle C, Ehnert S, Stöckle U, Ochs G, de Zwart P, Flesch I, Bahrs C, Nussler AK. Crucial Role of Vitamin D in the Musculoskeletal System. *Nutrients* 2016, 8: 319.

Wortsman J, Matsuoka LY, Chen TC, Lu Z, Holick MF. Decreased bioavailability of vitamin D in obesity. *Am J Clin Nutr* 2000, 72: 690–693.

Wyon MA, Wolman R, Nevill AM, Cloak R, Metsios GS, Gould D, Ingham A, Koutedakis Y. Acute Effects of Vitamin D3 Supplementation on Muscle Strength in Judoka Athletes: A Randomized Placebo-Controlled, Double-Blind Trial. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med* 2016, 26: 279–284.

Young AR, Narbutt J, Harrison GI, Lawrence KP, Bell M, O'Connor C, Olsen P, Gryś K, Baczyńska KA, Rogowski-Tylman M, Wulf HC, Lesiak A, Philipsen PA. Optimal sunscreen use, during a sun holiday with a very high ultraviolet index, allows vitamin D synthesis without sunburn. *Br J Dermatol* 2019, 181: 1052–1062.

Zdrojewicz Z, Chruszczewska E, Miner M. The influence of vitamin D on the human organism. *Med Rodz* 2015, 2: 61-66.

Zeng S, Chu C, Doebis C, von Baehr V, Hoche B. Reference values for free 25-hydroxy-vitamin D based on established total 25-hydroxy-vitamin D reference values. *J Steroid Biochem Mol Biol* 2021, 210: 105877.

Zhang R, Naughton DP. Vitamin D in health and disease: current perspectives. *Nutr J* 2010, 9: 65.

## IX SPIS TABEL

Tabela 1. Wybrane badania dotyczące związku pomiędzy witaminą D a zdolnościami wysiłkowymi .....	15
Tabela 2. Charakterystyka antropometryczna badanej grupy z okresu zimowego.....	31
Tabela 3. Charakterystyka antropometryczna badanej grupy z okresu letniego. ....	32
Tabela 4. Liczba oraz procent badanych mężczyzn w zależności od stężenia całkowitej 25(OH)D w surowicy krwi w okresie zimowym.....	39
Tabela 5. Liczba oraz procent badanych mężczyzn w zależności od stężenia całkowitej 25(OH)D w surowicy krwi w okresie letnim .....	40
Tabela 6. Liczba oraz procent badanych mężczyzn w zależności od stężenia wolnej 25(OH)D M1 i M2 w surowicy badanych mężczyzn w okresie zimowym.....	40
Tabela 7. Liczba oraz procent badanych mężczyzn w zależności od stężenia wolnej 25(OH)D M1 i M2 w surowicy badanych mężczyzn w okresie letnim.....	41
Tabela 8. Stężenie całkowitej 25(OH)D (mediana [kwartyle]) i wolnej 25(OH)D (mediana [kwartyle]) w okresie letnim oraz zimowym w badanych grupach.....	43
Tabela 9. Stężenie całkowitej 25(OH)D (mediana [kwartyle]) i wolnej 25(OH)D (mediana [kwartyle]) w grupie sportowców trenujących w przestrzeniach zamkniętych (zawodnicy judo) oraz trenujących na zewnątrz (zawodnicy grający w piłkę nożną) .....	44
Tabela 10. Stężenie całkowitej 25(OH)D (mediana [kwartyle]) oraz wolnej 25(OH)D (mediana [kwartyle]) surowicy krwi badanych mężczyzn w okresie zimowym.....	45
Tabela 11. Stężenie całkowitej 25(OH)D (mediana [kwartyle]) oraz wolnej 25(OH)D (mediana [kwartyle]) w surowicy krwi badanych mężczyzn w okresie letnim .....	45
Tabela 12. Stężenie całkowitej 25(OH)D (mediana [kwartyle]) oraz wolnej 25(OH)D (mediana [kwartyle]) oceniane pomiędzy poszczególnymi grupami w okresie zimowym .	47
Tabela 13. Stężenie całkowitej 25(OH)D (mediana [kwartyle]) oraz wolnej 25(OH)D (mediana [kwartyle]) oceniane pomiędzy poszczególnymi grupami w okresie letnim.....	48
Tabela 14. Zależności pomiędzy wskaźnikami antropometrycznymi a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych mężczyzn w okresie zimowym (n=73).....	53

Tabela 15. Zależności pomiędzy stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D a wybranymi elementami stylu życia w surowicy krwi badanych mężczyzn w okresie zimowym (n=73).....	54
Tabela 16. Zależności pomiędzy stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D a stężeniem wapnia i PTH w surowicy badanych mężczyzn w okresie zimowym (n=73) .	55
Tabela 17. Zależność pomiędzy wskaźnikami antropometrycznymi a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych mężczyzn w okresie letnim (n=49) .....	57
Tabela 18. Zależność pomiędzy czynnikami stylu życia a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych mężczyzn w okresie letnim (n=49) .....	58
Tabela 19. Zależności pomiędzy stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D a stężeniem wapnia i PTH w surowicy badanych mężczyzn w okresie letnim (n=49) .....	59
Tabela 20. Wartość współczynnika $\beta$ dotycząca wpływu pory roku oraz suplementacji na stężenie całkowitej 25(OH)D w badanych grupach.....	61
Tabela 21. Wartość współczynnika $\beta$ dotycząca wpływu pory roku oraz suplementacji na stężenie wolnej 25(OH)D M1 w badanych grupach.....	61
Tabela 22. Wartość współczynnika $\beta$ dotycząca wpływu pory roku oraz suplementacji na stężenie wolnej 25(OH)D M2 w badanych grupach.....	62
Tabela 23. Zależność pomiędzy wskaźnikami antropometrycznymi a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych mężczyzn z grupy kontrolnej (n=23) z okresu zimowego .....	64
Tabela 24. Zależność pomiędzy czynnikami stylu życia a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych mężczyzn z grupy kontrolnej (n=23) z okresu zimowego.....	65
Tabela 25. Zależności pomiędzy stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D a stężeniem wapnia i PTH w surowicy krwi badanych mężczyzn z grupy kontrolnej (n=23) z okresu zimowego.....	66
Tabela 26. Zależność pomiędzy wskaźnikami antropometrycznymi a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych mężczyzn z grupy kontrolnej (n=17) z okresu letniego .....	68

Tabela 27. Zależność pomiędzy czynnikami stylu życia a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych mężczyzn z grupy kontrolnej (n=17) z okresu zimowego .....	69
Tabela 28. Zależności pomiędzy stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D a stężeniem wapnia i PTH w surowicy krwi badanych mężczyzn z grupy kontrolnej (n=17) z okresu zimowego .....	70
Tabela 29. Zależność pomiędzy wskaźnikami antropometrycznymi a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych judoków (n=19) z okresu zimowego .....	72
Tabela 30. Zależność pomiędzy czynnikami stylu życia a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych judoków (n=19) z okresu zimowego ...	73
Tabela 31. Zależności pomiędzy stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D a stężeniem wapnia i PTH w surowicy krwi badanych judoków (n=19) z okresu zimowego .....	74
Tabela 32. Zależność pomiędzy wskaźnikami antropometrycznymi a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych judoków (n=12) z okresu letniego .....	76
Tabela 33. Zależność pomiędzy czynnikami stylu życia a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych mężczyzn z grupy kontrolnej (n=12) z okresu letniego .....	77
Tabela 34. Zależności pomiędzy stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D a stężeniem wapnia i PTH w surowicy krwi badanych mężczyzn z grupy kontrolnej (n=12) z okresu letniego .....	78
Tabela 35. Zależność pomiędzy wskaźnikami antropometrycznymi a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych piłkarzy nożnych (n=31) z okresu zimowego .....	80
Tabela 36. Zależność pomiędzy czynnikami stylu życia a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych piłkarzy nożnych (n=31) z okresu zimowego .....	81

Tabela 37. Zależności pomiędzy stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D a stężeniem wapnia i PTH w surowicy krwi badanych piłkarzy nożnych (n=31) z okresu zimowego.....	82
Tabela 38. Zależność pomiędzy wskaźnikami antropometrycznymi a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych piłkarzy nożnych (n=20) z okresu letniego .....	84
Tabela 39. Zależność pomiędzy czynnikami stylu życia a stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D w surowicy krwi badanych piłkarzy nożnych (n=20) z okresu letniego .....	85
Tabela 40. Zależności pomiędzy stężeniem całkowitej 25(OH)D oraz wolnej 25(OH)D a stężeniem wapnia i PTH w surowicy krwi badanych piłkarzy nożnych (n=20) z okresu letniego .....	86

## **X SPIS WYKRESÓW**

Wykres 1. Zmiany stężenia całkowitej 25(OH)D w okresie zimowym i letnim.....	49
Wykres 2. Zmiany stężenia wolnej 25(OH)D M1 w okresie zimowym i letnim.....	50
Wykres 3. Zmiany stężenia wolnej 25(OH)D M2 w okresie zimowym i letnim.....	51
Wykres 4. Szacowanie wartości stężeń 25(OH)D (ng/ml) względem spożycia suplementów witaminy D w okresie zimowym.....	87
Wykres 5. Szacowanie wartości stężeń wolnej 25(OH)D M1 (pg/ml) względem spożycia suplementów witaminy D w okresie zimowym.....	88
Wykres 6. Szacowanie wartości stężeń wolnej 25(OH)D M2 (pg/ml) względem spożycia suplementów witaminy D w okresie zimowym.....	89
Wykres 7. Szacowanie wartości stężeń całkowitej 25(OH)D (ng/ml) względem spożycia suplementów witaminy D w okresie letnim.....	90
Wykres 8. Szacowanie wartości stężeń wolnej 25(OH)D M1 (pg/ml) względem spożycia suplementów witaminy D w okresie letnim.....	91
Wykres 9. Szacowanie wartości stężeń wolnej 25(OH)D M2 (pg/ml) względem spożycia suplementów witaminy D w okresie letnim.....	92



## XI SPIS RYCIN

Rycina 1. Schemat syntezy witaminy D (Clark i Mach, 2016) .....	10
Rycina 2. Schemat aktywacji transkrypcji genu przez receptor witaminy D (Szymczak-Pajor i wsp., 2022).....	11
Rycina 3. Formy witaminy D krążące w krwioobiegu (Tsuprykov i wsp., 2018).....	18
Rycina 4. Zalecenia instytutów i grup eksperckich dotyczące rekomendowanych norm stężenia 25(OH) D w surowicy (Sempos i Binkley, 2020) .....	21
Rycina 5. Czynniki determinujące stężenie witaminy D. Pełne strzałki wskazują bezpośrednie źródła witaminy D. Strzałki przerywane wskazują pośredni wpływ na stan stężenia witaminy D (Fayet-Moore i wsp., 2019; Lips i wsp., 2014; Touvier i wsp., 2015) .....	26

## XII ZAŁĄCZNIKI

### 12.1. Załącznik nr 1 - Kwestionariusz FFLQ

#### Kwestionariusz FFLQ

Kwestionariusz witaminy D, ten kwestionariusz obejmuje nawyki żywieniowe i styl życia, które mogą wpływać na status witaminy D.

Imię i nazwisko \_\_\_\_\_

#### Sekcja żywności

Dla każdej wymienionej żywności zaznacz pole wskazujące, jak często średnio spożywałeś określoną ilość w ciągu ostatnich dwóch miesięcy

Spożywana żywność	Nigdy lub < 1 w miesiącu	1-3 razy w miesiącu	1 raz w tygodniu	2-4 razy w tygodniu	5-6 razy w tygodniu	1 raz dziennie	2-3 razy dziennie	4-5 razy dziennie	6 lub więcej razy dziennie
1. Mleko spożywcze 0,5-1,5% tł.									
2. Mleko spożywcze 2% tł.									
3. Mleko spożywcze 3,2 – 3,5 % tł									
4. Napoje roślinne, wzbogacone witaminą D, 1 szklanka									
5. Płatki zbożowe wzbogacone witaminą D (np. Corn Flakes, itp.), 100g									
6. Margaryna, wzbogacona witaminą D (Rama itp.), 1 łyżeczka									
7. Wątróbka, gotowana 100g									
8. Jajko, 1 sztuka									
9. Olej z wątroby dorsza, 1 łyżka stołowa									
10. Łosoś, gotowany 100g									
11. Makrela, gotowana 100g									
12. Sardynki w oleju, 100g									
13. Węgorz, gotowany, 100g									
14. Inne tłuste ryby, 100g (np. śledź)									
15. Inna żywność wzbogacona witaminą D, jeśli dotyczy (wymień.....)									

### Sekcja suplementów

Dla każdego suplementu diety zaznacz pole wskazujące, jak często spożywałeś określony związek w ciągu ostatnich trzech miesięcy

Spożywane suplementy diety	Nigdy lub < 1 w miesiącu	1-3 razy w miesiącu	1 raz w tygodniu	2-4 razy w tygodniu	5-6 razy w w tygodniu	1 raz dziennie	2-3 razy dziennie	4-5 razy dziennie	6 lub więcej razy dziennie
1. Preparat multiwitaminowy, 1 tabletką									
2. Wapń, 1 tabletką									
3. Wapń + Witamina D, 1 Tablet									
4. Witamina D									
Jeśli wybierzesz którąkolwiek z powyższych, wymień nazwę marki, dawkę itp.									

### Sekcja światła słonecznego

Dla każdego pytania zaznacz pole częstości, które wykorzystujesz w każdej sytuacji w ciągu ostatnich trzech miesięcy

1. Ile czasu spędzasz na słońcu na świeżym powietrzu?	Nigdy lub godzina na miesiąc	1-3 godzin w miesiącu	1 godzina w tygodniu	2-4 godzin w tygodniu	5-6 godzin w tygodniu	1/2 -1 godzin w ciągu dnia	> 2 godzin w ciągu dnia

2. Jak często korzystasz z solarium ?	Nigdy lub <10 minut w tygodniu	10-20 min w tygodniu	20-30 min w tygodniu	30-40 min w tygodniu	40-50 min w tygodniu	50-60 min w tygodniu	>60 min w tygodniu

Dla każdego zaznacz pole wykorzystanego czasu w każdej sytuacji w ciągu ostatnich trzech miesięcy

3. Jak często używasz filtrów przeciwsłonecznych?

Nigdy            Czasami            Zazwyczaj            Zawsze

Jakiego filtra SPF używasz? \_\_\_\_\_

4. Ile minut każdego dnia spędzasz na spacerowaniu po dworze (w drodze do pracy, szkoły itp.) ?

15 min          30 min          45 min          1 godzin          > 1 godzina

5. Gdzie mieszkałeś w ciągu ostatnich trzech miesięcy?

Miasto:

6. Jeśli dotyczy, gdzie spędziłeś ferie letnie ?

Miasto:

Kraj:

7. Jakie masz kolor skóry / pochodzenie etniczne? \_\_\_\_\_

8. Kiedy jesteś na zewnątrz (w ciągu ostatnich kilku miesięcy), co zazwyczaj nosiłeś: (zakreśl wszystkie pasujące odpowiedzi)

Długie rękawy

Krótkie rękawy

Szorty

Bez koszulki

Czapka zimowa

Czapka z daszkiem

Kapelusz

Spodnie

Rękawiczki

9. Czy Twoje nawyki dotyczące ekspozycji na słońce zmieniły się w ciągu ostatnich dwóch tygodni?

Tak

Nie

## 12.2. Załącznik nr 2 - 24 godzinny dzienniczek żywieniowy bieżącego notowania

### Dzienniczek żywieniowy bieżącego notowania

Dzienniczek, którego stał się Pan posiadaczem, będzie podstawą do oceny codziennej diety. Na podstawie uzyskanego zapisu będzie można wyeliminować błędy żywieniowe, które być może Pani/Pan popełnia. Proszę o dokładne i rzetelne wypełnianie rubryk, gdyż tylko dzięki temu będzie można dokładnie przeanalizować Pana sposób odżywienia.

Aby ułatwić poprawne wypełnianie dzienniczka proszę o przestrzeganie następujących wskazówek:

1. W kolumnie godzina należy zapisać czas poszczególnych posiłków;
2. W kolumnie produkty/potrawy należy wymieniać wszystkie produkty spożywcze lub potrawy konsumowane na określony posiłek, precyzując przy tym rodzaj produktu, np.:
  - chleb: biały, razowy, tostowy;
  - mięso: wołowina (polędwica, szponder, antrykot itp.), wieprzowina (schab, karkówka, szynka itp.), drób (pierś, udko itp.);
  - sposób przyrządzenia potrawy np. smażone, gotowane, duszone, grillowane itp.;
  - części składowe np. surówka z: marchewki, jabłka i oliwy z oliwek, zapiekanka z makaronu, mięsa mielonego i grzybów itp.;
3. W kolumnie masa lub miara gospodarza należy wpisać wielkość porcji poszczególnych produktów i/lub potraw, wyrażone w gramach lub miarach domowych;
4. Należy wpisywać wszystkie produkty/potrawy nawet jeśli były spożywane w małych ilościach;
5. Wpisać wszystkie przyjmowane suplementy wraz z ich ilością i dokładną nazwą;
6. Bardzo istotne jest podanie rodzaju i czasu trwania poszczególnych treningów.

### Informacje kontaktowe:

Mgr inż. Karol Danielik – karoldanielik@gmail.com kom. 504 417 450

Przykładowo prawidłowo uzupełniony dzienniczek

<b>Godzina</b>	<b>Produkt / potrawa</b>	<b>Masa</b>
8 : 15	Chleb żytni pełnoziarnisty	70 g, 1 kromka
	Masło śmietankowe	10 g, 1 łyżeczka
	Szynka drobiowa	30 g 1 plasterek
	Salatka (pomidor, ogórek, papryka, oliwa z oliwek)	90 g Pół pomidora, 1 mały ogórek, pół papryki, 1 łyżeczka oliwy z oliwek
10 : 00	Bułka kajzerka	50 g, 1 sztuka
	Ser biały (chudy)	50 g, pół opakowania
	Dżem truskawkowy niskosłodzony	25 g, 1 łyżeczka
11-13	Trening wytrzymałościowy – rower	
13 : 00	Zupa ogórkowa zabieleną z ziemniakami	400 ml, 1 talerz
	Ziemniaki tłuczone	150 g, około 3 łyżki
	Kotlet z piersi z kurczaka panierowany smażony na oleju	170 g, 1 sztuka duża
	Surówka (marchewka, jabłko, majonez)	90 g, pół jabłka, 1 marchewka, 1 łyżeczka majonezu
	Sernik na kruchym cieście z polewą czekoladową	80 g, 1 mała kostka
17 : 00	Jogurt owocowy 1,5% tłuszczu	125 g, mały kubek
19 : 30	Zapiekanek (ryż, pierś z kurczaka, pomidor, papryka, przecier pomidorowy, ser żółty)	220 g
	Herbata	250 ml, kubek
	Cukier	20 g, 2 łyżeczki
	Bułka grahamka	50 g, 1 sztuka
	Szynka wieprzowa wiejska	2 plasterki

**Imię i nazwisko:**

Masa ciała/Wysokość: .....kg/.....cm

Data urodzenia .....

Data wywiadu: .....

**DZIEŃ ....**

<b>Godzina</b>	<b>Produkt/potrawa (sposób przyrządzenia)</b>	<b>Masa</b>
	<b>Śniadanie</b>	
	<b>II Śniadanie</b>	
	<b>Obiad</b>	
	<b>Podwieczorek</b>	

	<b>Kolacja</b>	
	<b>Płyny/Suplementy</b>	

**Wykaz stosowanych suplementów**

<b>Lp.</b>	<b>Nazwa suplementu; marka</b>	<b>W jakim celu jest stosowany?</b>	<b>Kiedy? (np. rano, przed, po treningu)</b>	<b>Dawka [g]</b>



### 12.3. Załącznik nr 3 - Międzynarodowy Kwestionariusz Aktywności Fizycznej

#### MIĘDZYNARODOWY KWESTIONARIUSZ AKTYWNOŚCI FIZYCZNEJ

Chcielibyśmy uzyskać dane o rodzajach aktywności fizycznej będącej składnikiem życia codziennego. Pytania dotyczą Państwa aktywności fizycznej w ciągu ostatniego tygodnia (7 dni). Proszę odpowiedzieć na każde pytanie, nawet jeżeli nie uważa się Pan/Pani za osobę aktywną fizycznie. Proszę wziąć pod uwagę czynności wykonywane w pracy zawodowej, w domu i w jego otoczeniu, w przemieszczaniu się z miejsca na miejsce oraz w czasie wolnym poświęconym rekreacji, ćwiczeniom lub sportowi.

Proszę przypomnieć sobie wszystkie **intensywne** czynności wykonane w ciągu **ostatniego tygodnia (7 dni)**. **Intensywna aktywność** fizyczna oznacza ciężki wysiłek, zmuszający do silnie wzmożonego oddychania (i przyspieszonej akcji serca).

Należy brać pod uwagę **tylko** te czynności, które jednorazowo trwały, co najmniej 10 minut.

1. Proszę podać liczbę dni, w ciągu **ostatniego tygodnia (7 dni)**, w których wykonywał Pan/Pani **intensywne** czynności fizyczne, np. podnoszenie dużych ciężarów, kopanie ziemi, aerobik, szybka jazda rowerem.

\_\_\_\_\_ dni w tygodniu

Nie wykonywałem żadnej z tych czynności. → Proszę przejść do pytania 3

2. Ile czasu w jednym z takich dni poświęca Pan/Pani zwykle na **intensywne** czynności?

\_\_\_\_\_ godzin dziennie

\_\_\_\_\_ minut dziennie

Nie wiem - nie mam pewności

Proszę przypomnieć sobie wszystkie czynności o **umiarkowanej** intensywności wykonywane w ciągu **ostatnich 7 dni**.

**Umiarkowana aktywność** oznacza czynności wymagające przeciętnego wysiłku z nieco wzmożonym oddychaniem (i nieco przyspieszoną akcją serca).

3. Proszę podać liczbę dni, w ciągu **ostatniego tygodnia (7 dni)**, w których wykonywał Pan/Pani **umiarkowane** czynności fizyczne, np. noszenie lżejszych ciężarów, jazda na rowerze w normalnym tempie, udział w grze w siatkówkę. Proszę nie brać pod uwagę chodzenia.

\_\_\_\_\_ dni w tygodniu

Nie wykonywałem żadnej z tych czynności. → Proszę przejść do pytania 5

4. Proszę podać ile czasu w jednym z takich dni poświęca Pan/Pani zwykle na **umiarkowane** czynności.

\_\_\_\_\_ godzin dziennie

\_\_\_\_\_ minut dziennie

Nie wiem - nie mam pewności

Proszę przypomnieć sobie, ile czasu zajęło Panu/Pani chodzenie w ciągu **ostatniego tygodnia** (7 dni). Obejmuje to chodzenie w czasie pracy, w domu, przemieszczanie się z miejsca na miejsce i inne piesze wysiłki wykonywane wyłącznie w celach rekreacyjnych, sportowych, ćwiczeniowych lub wypoczynkowych (spacery).

5. Proszę podać liczbę dni, w ciągu **ostatniego tygodnia** (7 dni), w których **chodził** Pan/Pani **jednorazowo** co najmniej 10 minut dziennie.

\_\_\_\_\_ **dni w tygodniu**

Nie chodziłem

→ *Proszę przejść do pytania 7*

6. Proszę podać ile czasu w jednym z takich dni poświęca Pan/Pani zwykle na **chodzenie**.

\_\_\_\_\_ **godzin dziennie**

\_\_\_\_\_ **minut dziennie**

Nie wiem - nie mam pewności

Ostatnie pytanie: ile czasu w **ostatnim tygodniu** spędził Pan/Pani **siedząc** (tylko w dniach powszednich)? Podać łączny czas spędzony siedząc w pracy, w domu, w szkole i w czasie odpoczynku. Odpoczynek obejmuje np. siedzenie przy biurku, odwiedziny u znajomych, czytanie, oglądanie telewizji (siedząc lub leżąc).

7. Proszę podać ile czasu, w ciągu **ostatniego tygodnia** (7 dni), spędził Pan/Pani **siedząc** (dotyczy tylko dni powszednich).

\_\_\_\_\_ **godzin dziennie**

\_\_\_\_\_ **minut dziennie**

Nie wiem - nie mam pewności