

## D Vitamini ve Atletik Performans

### Vitamin D and Athletic Performance

<sup>1b</sup>Cemile BALCI<sup>a</sup>, <sup>1b</sup>Neşe TOKTAŞ<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Akdeniz Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Hareket ve Antrenman ABD, Antalya, TÜRKİYE

<sup>b</sup>Akdeniz Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Spor Sağlık ABD, Antalya, TÜRKİYE

**ÖZET** D vitamini ile ilgili genel ilgi ve araştırmalarda artış görülmektedir ve günlük diyetin bir parçası olarak D vitamini takviyeleri alan birçok sporcu mevcuttur. D vitamininin en bilinen rolü, kalsiyum homeostazını düzenlemesidir. D vitamini nükleer reseptörlerinin varlığının anlaşılmasıyla birlikte; D vitamininin, kas, kardiyovasküler, hormonal, sinir ve bağışıklık sistemi gibi iskelet dışı dokular ile etkileşime girebileceği, egzersize bağlı travma ve enfeksiyon riskini hafifleterek mekanik toparlanmayı olumlu etkileyebileceği gösterilmiştir. D vitamini yetersizliği olan sporcularda D vitamini takviyesinin kuvvet, dayanıklılık (max VO<sub>2</sub>, immün sistem), kas yaralanmaları, kemik/stres kırıkları üzerine olumlu etkisi ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır. Ancak, yeterli D vitamini düzeyine sahip sporcularda çok fazla çalışma yoktur. D vitamini sentezini etkileyen birçok çevresel ve biyolojik faktör vardır. Sporcularda antrenman ve düşük vücut yüzde yağ değerleri serum D vitamini düzeylerini etkileyebilmektedir. Birçok çalışma, D vitamini eksiklik ve yetersizliğinde, D vitamini takviyesinin sporcularda performansı iyileştirmede etkili olduğunu göstermektedir. Ancak, pek çok sporcunun genellikle aşırı dozda D vitamini içeren takviye aldıkları göz önünde bulundurulduğunda, aşırı D vitamininin sağlığa zararlı olup olmadığını değerlendirmek önemlidir. Eksiklik ve yetersizlik durumunda sporcularda uygulanması gereken D vitamini takviye protokolü mevcut değildir. Hatta eksiklik ve yetersizlik olarak tanımlanan serum D vitamini düzeylerinde de fikir birliği yoktur. Bu durumda, sporcuların bireysel olarak takip edilmesi önem arz etmektedir. Çalışmanın amacı, mevcut bilimsel literatüre dayanarak D vitamininin atletik performans üzerine etkilerini incelemektir.

**Anahtar Kelimeler:** D vitamini; atletik performans; dayanıklılık; kuvvet; spor yaralanmaları; toparlanma

**ABSTRACT** In recent years, there has been an increase in general interest and research about vitamin D. There are many athletes who take vitamin D supplements as part of their daily diet. The most known role of vitamin D is the regulation of calcium homeostasis. With the discovery of nuclear receptors of vitamin D; it has been shown that it interacts with non-skeletal tissues such as muscle, cardiovascular, hormonal, nervous and immune systems, and can reduce the risk of trauma and infection due to exercise, and may positively affect mechanical recovery. There are studies on the positive effect of vitamin D supplementation on strength, endurance (max VO<sub>2</sub>, immune system), muscle injuries, bone/stress fractures in athletes with vitamin D deficiency. However, there is not enough research for athletes with adequate vitamin D levels. There are many environmental and biological factors affecting the synthesis of vitamin D. Training in athletes and low body fat percentages may affect serum vitamin D levels. Many studies have shown that vitamin D supplementation in vitamin D insufficiency and deficiency is effective in improving performance in athletes. However, considering that many athletes usually receive an overdose of vitamin D supplementation, it is important to assess whether excessive vitamin D is harmful to health. In case of deficiency and inadequacy, there is no vitamin D supplementation protocol that should be applied in athletes. Even there is no consensus on serum vitamin D levels, which are defined as deficiency and inadequacy. In this case, it is important to follow the athletes individually. The aim of this study is to examine the effects of vitamin D on athletic fitness and performance based on the current scientific literature.

**Keywords:** Vitamin D; athletic performance; physical endurance; muscle strength; sports injuries; recovery

D vitamini, yağda çözünen esansiyel bir vitamindir. Diğer vitaminlerden farklı olarak, besinlerden elde edilmesinin yanı sıra güneş ışığına maruz kalınması sonucu ciltte sentezlenir.<sup>1,2</sup> Günün saatinden, hava kirliliğine, kullanılan güneş kremlerinden cilt rengine kadar birçok faktör D vitamini sentezini

etkilediği için, eksikliği ve yetersizliği sporcu bireyler de dâhil olmak üzere yaygın olarak görülmektedir.<sup>3,4</sup> Ayrıca, fiziksel aktivitenin de dolaşımdaki kalsidiol konsantrasyonunda değişikliklere neden olabileceğini gösteren bazı çalışmalar vardır.<sup>5-7</sup>

**Correspondence:** Cemile BALCI

Akdeniz Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Hareket ve Antrenman ABD, Antalya, TÜRKİYE/TURKEY

**E-mail:** dytcemilebalci@gmail.com



Peer review under responsibility of Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences.

**Received:** 19 Jun 2019

**Received in revised form:** 04 Nov 2019

**Accepted:** 13 Nov 2019

**Available online:** 22 Nov 2019

2146-8885 / Copyright © 2020 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Yeterli D vitamini düzeyi, eksikliği ve yetersizliğini tanımlamak için kullanılan terminoloji ve referans değerlerinde fikir birliği olmamakla birlikte; Dünya Sağlık Örgütü, 20 ng/mL (50 nmol/L) altındaki D vitamini düzeylerini yetersizlik ve 10 ng/mL (25 nmol/L) altındaki D vitamini düzeylerini de eksiklik olarak tanımlamıştır.<sup>8,9</sup> Benzer şekilde, sporcularda gereksinimi karşılayacak kalsidiol [25(OH)D; 25 hidroksivitamin D<sub>3</sub>] konsantrasyonları için henüz net bir fikir birliği sağlanmamıştır.<sup>10</sup> Ancak, Close ve Fraser, serum kalsidiol konsantrasyonu <50 nmol/L olan sporcuların Amerika Tıp Enstitüsü (IoM) kurallarına uygun olarak takviye alımının düşünülmesi gerektiğini savunmaktadırlar.<sup>11</sup> Bazı çalışmalar; sporcularda 100 nmol/L'den daha fazla kalsidiol konsantrasyonlarının D vitamininin iskelet dışı olumlu etkisi için gerekli olabileceğini, ancak şu anda bu etkiler için güçlü bir kanıt bulunmadığını belirtmektedir.<sup>12,13</sup> Bazı kanıtlar ise kas fonksiyonu, kemik sağlığı ve solunum yolu enfeksiyonlarının önlenmesi için serum kalsidiol konsantrasyonlarının 80-100 nmol/L arasında tutulması gerektiğini desteklemektedir.<sup>4,14</sup>

Todd ve ark.nın yaptığı derlemede, sporcuların düşük D vitamini düzeyine yatkın olabildikleri belirtilmiştir.<sup>15</sup> Malczewska-Lenczowska ve ark.nın yaptığı çalışmada (farklı branşlarda 219 elit kadın), sporcuların %54,3'ünün D vitamini düzeyi yetersiz (<75 nmol/L) bulunmuştur (Çalışmada; <25 nmol/L eksiklik, 25-75 nmol/L yetersizlik olarak kabul edilmiştir).<sup>16</sup> Sikora-Klak ve ark.nın yaptığı derlemede; dans, taekwondo, tekerlekli sandalye, hentbol, atletizm, halter, yüzme ve voleybol branşlarındaki sporcularda eksiklik veya yetersizlik olduğu belirtilmiştir.<sup>17</sup> Ülkemizde, Dönmez ve ark., Ankara'da (39°57'N) yaşayan 56 erkek futbolcuda yaptıkları çalışmada, futbolcuların %23,2'sinin eksik (<10 ng/mL), %66,1'inin yetersiz (10-24,9 ng/mL) ve %10,7'sinin yeterli (≥25 ng/mL) düzeyde D vitamini sahip olduğunu belirtmişlerdir.<sup>18</sup> Sonuç olarak sporcular, D vitamini yetersizliğine popülasyonun geri kalan kısmı kadar hassastır.<sup>4</sup>

D vitamini kalsiyum homeostazından, bağışıklık sisteminin bütünlüğüne kadar geniş bir işlev yelpazesinde yer alan karmaşık bir hormon olarak daha fazla tanınmaktadır.<sup>19</sup> Kalsitriol [1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>; 1,25 hidroksivitamin D<sub>3</sub>] aktivasyonu üzerine, D vitamini

yanıtı veren gen ekspresyonu 1.000'den fazla geni içermektedir.<sup>20</sup> D vitamininin, D vitamini nükleer reseptörü (VDR) yoluyla doğrudan iskelet kasında etkili olduğu ve kas fonksiyonu, gücü ve toparlanmasında ve potansiyel olarak atletik performansta rol oynayabileceği gösterilmiştir.<sup>21</sup> Aynı zamanda, VDR'nin aracılık ettiği sinyal yoluyla iskelet kası protein sentezini uyarmakta, kalp ve endotel fonksiyonu iyileştirmektedir. Bu nedenle, düşük serum kalsidiolinden kaçınmak ve D vitamini yeterliliğini sağlamak, hem kuvvet hem de dayanıklılık egzersizleri için önemli olabilir.<sup>22</sup> D vitamini ile ilgili yayınlar ve Dünya Anti-Doping Ajansı tarafından yasaklanmış bir madde olmaması, D vitamini ve atletik performans üzerine olan ilgiyi artırmıştır.

D vitamininin kemik yoğunluğundaki artış, kas kütlesi ve kuvvetindeki kazanım ve ayrıca steroid hormonları da dâhil olmak üzere bir dizi hormonun düzenlenmesi üzerindeki olumlu etkileri nedeni ile, uygun seviyenin korunması sporcular için önem arz etmektedir.<sup>3</sup>

Bu çalışmada, sporcularda D vitamini eksikliği ve yetersizliği, kuvvet ve dayanıklılıkta D vitamini, kas yaralanmaları, kemik/stres kırıkları, mekanik toparlanma, D vitamini toksisitesi ve sporcularda optimum D vitamini alım dozları ile ilgili son yıllardaki literatür bilgisi özetlenecek ve gelecekte ele alınması gereken konulara yer verilecektir.

## D VİTAMİNİ VE KAS KUVVETİ

D vitamini, kalsitriol aktif metaboliti, insan iskelet kası hücrelerinde mitokondriyal ve enzim fonksiyonunu düzenleyebilir. Yapılan çalışmalarda, D vitamininin iskelet kası fonksiyonu üzerindeki etkisinin altında yatan mekanizması tam olarak anlaşılammıştır.<sup>3,23</sup> Buna rağmen, D vitamini, miyositlerde spesifik VDR'lere etki eder. Bu reseptörlerin aktivasyonu, miyosit çekirdeğindeki spesifik genleri aktive eden bir sinyal yolağını tetikler.<sup>24</sup>

Mekanik açıdan, VDR metabolik etkilerini 2 yoldan uygular. Birincisi, hedef genlerin transkripsiyonu ve translasyonunun değiştirildiği genomik (yavaş veya nükleer) yoldur.<sup>21</sup> Bu yol, kalsitriolin, insan iskelet kası içindeki VDR üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olduğunu ve sonuçta iskelet kası mor-

folojisi ve işlevselliğini etkileyebilecek ilerici epigenetik değişiklikleri aktive ettiğini ileri sürer.<sup>15</sup> D vitamininin iskelet kası hücrelerine verilmesini içeren çalışmalar, D vitamininin kas hücresi çoğalmasını ve farklılaşmasını desteklediğini göstermektedir.<sup>21,25</sup> D vitamininin kas üzerinde etkili olabileceği 2. mekanizma ise kalsitriol için görünen reseptörün zarında bulunduğu transkripsiyonel olmayan membran ilişkili sinyallenme yoludur.<sup>21</sup> Genomik olmayan bu yol, dolaşlı ve hızlı bir mekanizma oluşturur; böylece kalsitriol, gelişmiş kalsiyum kinetiği ve iskelet kası fonksiyonelliğini destekleyen bir dizi ikincil mesajlaşma işlemi tetikler.<sup>15</sup> Sonrasında, sarkoplazmik retikulumdan kalsiyum salınımının artırılmasıyla, aktin filamentleri üzerinde miyozinin daha fazla hareket etmesine neden olur. Böylece, sarkomer içindeki aktin ve miyozinin hareketi kas biriminin daha fazla kasılma kuvveti üretmesiyle sonuçlanabilir.<sup>21</sup> Aynı zamanda D vitamini; sarkoplazmik retikulumda adenosin trifosfat [adenosine triphosphate (ATP)] bağımlı kalsiyum alımını kolaylaştırır, hücrede fosfor ve ATP konsantrasyonlarını artırır ve protein sentezinin artmasına neden olur.<sup>15,26</sup> Bu moleküller ve hücresel değişiklikler, yaşlılarda düşme riskinin azalması ve sporcularda kas gücünde artış, sakatlanma oranlarında azalma ve kalsidiol seviyelerine bağlı atletik performansta artıştan sorumlu olabilir.<sup>21,26</sup>

D vitamini eksikliğinin miyopati ve aşırı güçsüzlük ile ilişkili olduğu iyi bilinmektedir.<sup>27</sup> Dolayısıyla, artan kas protein sentezi ve kas kuvveti, yüksek D vitamini seviyesi ile birlikte miyopatiyi azaltabilir.<sup>20</sup> D vitamini eksikliği olan erişkinlerin kas biyopsileri yaşlanma ile görülene benzer bir şekilde Tip 2 kas dokusu atrofisini göstermektedir. Son dönemde yapılan bir çalışma, D vitamini takviyesinin kastaki VDR sayısını artırdığını göstermiştir.<sup>28</sup> Ayrıca, D vitamini alımı kas kütlesi, nöromusküler koordinasyon ve Tip 2 kas liflerinin kesit alanını etkiler.<sup>12,15,26-29</sup> Özellikle Tip 2a liflerinin kesit alanını artırır.<sup>30</sup>

Testosteron hormonu, antrenmanda kas adaptasyonları için önemli olan endojen bir hormondur.<sup>12</sup> VDR, testislerin Leydig hücrelerinde ve adrenal bezdeki kortizol sentezinin kontrolünde yer alan hipotalamusun içindeki paraventricüler çekirdeklerin içinde bulunur.<sup>31</sup> Ek olarak, VDR ve glukokortikoid reseptörü, hücrelerde birbirine bitişik yerleştirilir ve D vita-

mini eksikliği kortizol sinyallemesini artırabilir.<sup>32</sup> Dolayısıyla D vitamini, testosteron ve kortizol seviyelerini değiştirerek egzersiz performansını etkileyebilir.<sup>31</sup>

D vitamini takviyesinin kas performansını, kinetiğini ve verimliliğini etkilediği birçok çalışmada gösterilmiştir.<sup>17</sup> Geiker ve ark., yaş aralığı 16-24 yıl olan, Danimarkalı (55-56°N) 29 elit yüzücüde yaptıkları çalışmada, yeterli D vitamini düzeyine sahip erkek yüzücülerin kas kuvvetinin, yetersiz olanlara göre anlamlı derecede yüksek olduğunu belirtmişlerdir.<sup>33</sup> Książek ve ark., elit judocularda yaptıkları çalışmada, D vitamini düzeyleri ile sol el kavrama kuvveti, dikey sıçrama ile değerlendirilen kas gücü ve sol ve sağ diz ekstansörlerinde toplam çalışma ile 60°/s'lik bir açısal hızda istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki gözlemlenmiştir.<sup>29</sup>

Diğer taraftan, Owens ve ark.'nın çalışmasında, D vitamininin, iskelet kası fonksiyonunun düzenleyicisi olabileceği, ancak bu hipotezi araştıran deneylerin ağırlıklı olarak yaşlı popülasyonlarla sınırlı olduğu saptanmıştır. Owens ve ark., sağlıklı genç erkeklere 3 ay boyunca verilen 10.000 IU/gün D<sub>3</sub> vitamini takviyesinin, total serum kalsidiol konsantrasyonunu (>100 nmol/L) yükselttiğini, kas kuvveti, kas yorgunluğu veya kas kasılma özellikleri üzerine herhangi bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir.<sup>34</sup> Jastrzębska ve ark., 36 kadın futbolcudaki üst ekstremitede kas gücü ile D vitamini konsantrasyonu arasında bir ilişki bulamamışlardır.<sup>35</sup>

Bu çalışmalar, takviye süresi (8 günden 6 aya kadar), D vitamini dozları, kalsidiol bazal seviyeleri ve çalışma dizaynı bakımından belirgin farklılıklar göstermektedir. Hem sporcular hem de sporcu olmayan bireylerde D vitamini takviyesinin kas kuvveti ve performansı üzerindeki etkisini araştıran çalışmalar ile kesin bir sonuca ulaşamamıştır.<sup>36</sup> Ancak, Zhang ve ark.'nın yaptığı metaanaliz çalışmasına göre, D vitamini takviyesinin sporcularda alt ekstremitede kas kuvveti üzerinde önemli bir etkisi vardır, ancak üst ekstremitede kas kuvveti veya kas gücü üzerinde etkili değildir.<sup>23</sup>

Sonuç olarak; sporcularda D vitamini eksikliği, iskelet kası işlevini, hem kuvvet hem de güç üretimini ve testosteron üretimini azaltabilir.<sup>12</sup> Kalsidiol konsantrasyonlarında artış ve kas dokusu arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.<sup>37</sup>

## D VİTAMİNİ VE DAYANIKLILIK

### SPORCULARDA D VİTAMİNİ VE MAKSİMAL OKSİJEN TÜKETİMİ

Sporcularda D vitamini ve maksimal oksijen tüketimi ( $\max \text{VO}_2$ ) ilişkisi incelendiğinde, kalp kası ve vasküler dokuda VDR'lerin varlığı, D vitamininin kardiyovasküler sistemin oksijen taşıma yeteneğini ve iskelet kasının oksijeni kullanabilmesini etkileyebileceğini göstermektedir.<sup>38</sup> Hem sporcu hem de sporcu olmayan bireylerde yapılan gözlemsel çalışmalarda, bulgular tutarlı olmamasına rağmen, toplam kalsidiol konsantrasyonu aerobik kapasite ile pozitif olarak ilişkilendirilmektedir.<sup>12</sup>

Düşük serum kalsidiol seviyeleri; miyokard hipertrofisine, artmış kan basıncına, endotel fonksiyon bozukluğuna, azalmış kardiyak debiye ve azalmış  $\max \text{VO}_2$ 'ye katkıda bulunabilir.<sup>39</sup> Literatürde, fiziksel aktivite seviyesi düşük olan bireylerde D vitamini düzeyi ve kardiyorespiratuar sağlık ile ilgili çalışmalar varken, fiziksel aktivite seviyesi yüksek olan bireylerde çok fazla çalışma bulunmamaktadır.<sup>39,40</sup>

Carter ve ark., eritrosit düzenlemesinde kalsidiolin sınırlı da olsa bir rol oynadığını ve eritropoietin reseptörü ekspresyonunu uyardığını, dolayısıyla hemoglobin miktarını korumak için eritropoietin ile sinerjistik olarak çalışıyor olabileceğini belirtmişlerdir.<sup>41</sup> Benzer şekilde, Koundourakis ve ark., D vitamini seviyelerinin, muhtemel eritropoez üzerindeki etkisinden dolayı, profesyonel futbolcularda aerobik kapasiteyi ve  $\max \text{VO}_2$ 'yi olumlu yönde etkilediğini bildirmişlerdir.<sup>42</sup> Ardestani ve ark. ise kalsidiolin  $\max \text{VO}_2$  üzerindeki etkisinin fiziksel aktivite seviyesi düşük olan kişilerde, yüksek olanlara göre daha fazla olabileceğini öne sürmüşlerdir.<sup>43</sup> Otuz altı genç futbolcu üzerinde D vitamini takviyesinin, 8 haftalık yüksek yoğunluklu interval antrenman üzerindeki etkilerini inceleyen Jastrzebska ve ark., D vitamini desteğinin (5.000 IU/gün) aerobik kapasite üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermişlerdir.<sup>35</sup>

Bu çalışmalardan farklı olarak; Todd ve ark., 42 Gal futbolcusu üzerinde yaptıkları randomize, plasebo-kontrollü çalışmada, oral sprey formunda D<sub>3</sub> vitamini takviyesinin  $\max \text{VO}_2$  üzerindeki etkisini

araştırmış, 3.000 IU/gün D<sub>3</sub> vitamini takviyesi (12 gün boyunca) D vitamini eksikliğini başarıyla çözmüş; ancak  $\max \text{VO}_2$ , iskelet kası veya akciğer fonksiyonu üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır.<sup>13</sup> Benzer şekilde, Książek ve ark., 43 Premier Lig futbolcusu ile yaptıkları çalışmada, kalsidiol düzeyi ile  $\max \text{VO}_2$  arasında anlamlı bir ilişki saptamamışlardır.<sup>39</sup>

Sonuç olarak, serum kalsidiol konsantrasyonları ve dayanıklılık antrenmanları ile ilgili çalışma sonuçları farklılık göstermektedir. D vitamini sentezini etkileyen enlem ve mevsim gibi çevresel faktörler dışlandığında kalsidiol düzeyinin  $\max \text{VO}_2$ 'ye etkisini araştıran az çalışma vardır.

### DAYANIKLILIK SPORCULARINDA D VİTAMİNİ VE İMMÜN SİSTEM İLİŞKİSİ

Dayanıklılık egzersizlerinden sonra bağışıklık sistemi baskılanır, vücut enfeksiyona karşı savunmasız kalır.<sup>44-46</sup> D vitamini, antimikrobiyal hücrelerin ekspresyonunda hayati önem taşır.<sup>17</sup> Monositler, makrofajlar, nötrofiller, T ve B lenfositlerin VDR'yi ve aynı zamanda 1- $\alpha$ -hidroksilazı da içermesi D vitamininin bağışıklık sistemi için fonksiyonel olarak önemli olduğunu düşündürmektedir. D vitamini, doğal immünitinin önemli düzenleyicileri olan geniş spektrumlu anti mikrobiyal peptit (AMP) lerin gen ekspresyonunu düzenler.<sup>10,47</sup>

He ve ark., 239 elit ve rekreasyonel dayanıklılık sporcusunda yaptıkları çalışmada, yeterli D vitamini seviyesine (>120 nmol/L) sahip sporcuların, D vitamini eksikliği olanlara göre üst solunum yolu enfeksiyonlarının ve hasta geçirilen gün sayısının önemli ölçüde daha az olduğunu, semptom şiddet skorlarının daha düşük olduğunu belirtmişlerdir.<sup>45</sup> Üniversitede düzenli antrenmanlara katılan 50 öğrenci ile yapılan çalışmada, 14 hafta boyunca 5.000 IU/gün D<sub>3</sub> vitamini takviyesi yapılmış, plaseboyla karşılaştırıldığında, takviye ile solunum yolu enfeksiyonlarına karşı direnci artıran katelisin ve sekretuar immünooglobulin A'nın tükürük salgısında önemli ölçüde arttığı gözlemlenmiştir.<sup>46</sup> Benzer şekilde, Wills ve ark., dayanıklılık koşucularında total kalsidiol konsantrasyonu ile tümör nekrozis faktör alfa, interferon-gama, interlökin (IL)-4 ve IL-10 arasında anlamlı ters orantılı bir ilişki belirlemişlerdir.<sup>44</sup>

Sonuç olarak, vücutta optimum D vitamini değerinin korunması, bağışıklık sisteminin işlevini iyileştirebilir ve sporcuların yoğun antrenmanlar nedeni ile diğer bireylerden daha yatkın oldukları üst solunum yolları enfeksiyonlarının oranını azaltabilir.<sup>3</sup>

## D VİTAMİNİ VE SPOR YARALANMALARI

### D VİTAMİNİNİN KAS YARALANMALARINA ETKİSİ

D vitamini eksikliği olan bireylerde inter fibriller boşluklar genişler, yağın infiltrasyonu, fibrozis ve glikojen granülleri artar.<sup>17</sup> Oh ve ark., Güney Koreli 366 rotator kılıf kası yırtığı olan hasta ile gerçekleştirdiği çalışmada, daha yüksek serum D vitamini düzeyinin, rotator kaslarda daha az yağ dejenerasyonu ile ilişkili olduğunu ve kas torkuyla pozitif korelasyon gösterdiğini bildirmişlerdir.<sup>48</sup> Ayrıca, Ahmed ve ark., D vitamini eksikliği olan, statin ile tedavi edilen hastalara uygulanan 50.000 IU/hafta (12 hafta boyunca) D vitamini takviyesinin, miyozit-miyaljiyi azalttığını belirtmişlerdir.<sup>49</sup> Başka bir çalışmada, Tip 2 kas liflerinin D vitamini ile doğrudan bir ilişkisi olduğu, D vitamini eksikliği olan hastanın biyopsisinde, Tip 2 kas lifi atrofisinin tedavi sonrası belirgin bir şekilde iyileşme gösterdiği bildirilmiştir.<sup>17</sup>

Wyon ve ark., 4 gün süresince elit adölesan dansçılara günlük 120.000 IU D vitamini vermişlerdir ve plaseboya göre müdahale grubunun yaralanma insidansının azalmasını kas gücündeki küçük artışlarla ilişkilendirmişlerdir.<sup>50</sup> Lewis ve ark., 33 sporcuda, 24 hafta boyunca 16 saatlik gözlemlenmiş, sakatlanmaların %77'sinin kalsidiol konsantrasyonunda gözlenen azalma sonrasında olduğunu bildirmişlerdir.<sup>51</sup> Sikora-Klak ve ark., D vitamini seviyelerinin kas yaralanması oranlarını etkilediğini belirtmekte ve düşük serum D vitamini düzeylerini, yaralanma sonrası artan kas güçsüzlüğü ile ilişkilendirmektedirler.<sup>17</sup> Barker ve ark., kas yaralanmasının ardından insanlarda serum kalsidiol seviyelerinde düşüşler görüldüğünü ve bazal D vitamini seviyeleri kas fonksiyonunda daha hızlı iyileşmeyi sağladığını bildirmişlerdir.<sup>52</sup>

Sonuç olarak, D vitamini yetersizliği ve eksikliği sporcuları daha fazla yaralanma riski ile karşı karşıya getirmekte ve iyileşme süresinin uzamasına neden olmaktadır.<sup>6</sup> Bu nedenle, D vitamini takviyesi

yüksek yoğunluklu egzersize bağlı kas yaralanması, inflamasyon ve ağrıyı azaltabilir.<sup>20,53</sup>

### D VİTAMİNİ VE KEMİK/STRES KIRIKLARI

D vitamini düzeyi, kalsiyum emiliminin ve kemik mineralizasyonunun göstergesidir.<sup>10,54</sup> D vitamini, kemiğin yeniden şekillenmesi sürecinde osteoblast/osteosit regülasyonunu etkiler ve osteoblastlar kalsitriol ve parathormon (PTH) dâhil olmak üzere çeşitli resorptif sinyallere yanıt verir.<sup>10</sup> Girgis ve ark. tarafından yayımlanan derlemeye göre; serum kalsidiol seviyeleri bir kırığın iyileşme fazında düşmektedir ve 24,25(OH)<sub>2</sub>D seviyelerinde artış, kırık iyileşmesi ile ilişkilidir. Bu durum, D vitamini kemiğin iyileşme sürecinde kullanıldığını ve metabolize edildiğini göstermektedir. Aynı zamanda kalsitriol, kemik yeniden şekillenmesi ve neovaskülarizasyonda yer alan bir dizi genin düzenlenmesinde rol oynayabilir.<sup>53</sup>

Sporcular arasında, yetişkin kadınlar, iskelet yaralanmalarına karşı daha hassastırlar ve kalsidiol seviyelerinin düşük olması yetişkin kadınlarda stres kırıklarının görülme sıklığı ile ilişkilidir.<sup>55</sup> Wentz ve ark., yaş aralığı 18-40 yıl olan 59 kadın koşucuda D vitamini ve PTH konsantrasyonları ile kemik sağlığı arasındaki ilişkiyi değerlendirmiş, D vitamini yeterli ve yetersiz/eksik olan grup arasında kemik mineral yoğunluğu (KMY), PTH, stres kırığı öyküsü ve demografik veriler açısından anlamlı bir fark bulamamışlardır. Bu çalışmada mevsim dikkate alınmamıştır.<sup>56</sup> Brännström ve ark. tarafından, Kuzey İsveç'te (63°50'N enlem), kadın futbolcularda yapılan çalışmada, D vitamini düzeyleri ile KMY arasında veya kemik döngüsü belirleyicileri arasında bir ilişki gözlenmemiştir.<sup>55</sup>

Yapılan gözlemsel çalışmalar, özellikle ırksal azınlıklarda ve atletik popülasyonlarda KMY ve serum kalsidiol durumu arasındaki tutarsız ilişkileri göstermektedir.<sup>10</sup> Ama sonuç olarak, diyet yoluyla veya takviyeyle D vitamini alımının artması, yetişkin sporcularda KMY'yi artırabilir ve stres kırıklarının görülme sıklığını azaltabilir.<sup>15</sup>

### D VİTAMİNİNİN MEKANİK TOPARLANMAYA ETKİSİ

Toparlanmadan egzersize devam etmek hormonal dengede bozulmalara yol açabilir, bu da iskelet kası rejenerasyonunu ve fonksiyonunu olumsuz yönde et-

kileyebilir. Sporcularda egzersiz ve performans sonuçlarına göre, hormonlardaki değişiklikleri değerlendiren çalışmalar çelişkili sonuçlar vermiştir. Ancak, D vitamini, insülin üretimini uyararak kas dokusunun toparlanmasını ve onarımını dolaylı olarak etkileyebilir. Kalsitriolin insülin sentezinde artışa neden olduğu gösterilmiştir.<sup>3</sup> Benzer şekilde, testosteron seviyesinin azalması, protein sentezinin azalmasına neden olarak düşük D vitamini düzeyi ile birlikte sporcularda egzersiz performansını olumsuz yönde etkileyebileceğini göstermiştir.<sup>31</sup>

Şiddetli egzersiz sonrası toparlanmanın bir yönü, satellite hücrelerinin aktivasyonu ile hasarlı kas-iskelet dokusunun onarılmasıdır. Pek çok faktör bu onarım sürecini etkilese de mevcut veriler bu konuda D vitamini de bir etkisi olduğunu göstermektedir.<sup>10</sup> Owens ve ark. ile Dahlquist ve ark. tarafından yayımlanan derlemelere göre; hayvan modellerinde yapılan araştırmalar, D vitamini ile yapılan tedavinin satellite hücre aktivasyonu, ardından miyoblast çoğalması, göç ve farklılaşma yoluyla kas rejenerasyonunda rol oynayabileceğini göstermektedir.<sup>12,47</sup> D vitamini tedavisi, satellite hücre göçünün artmasına ve mekanik yaralanma sonrası D vitamini eksikliği olanlarda kas biyopsisinde miyotüp farklılaşmasına neden olmuştur. Sonuç olarak, izole edilmiş kas hücrelerinde yapılan çalışmalar, D vitamini iskelet kası onarımında rol oynadığını göstermektedir.<sup>57,58</sup> Ancak, hayvan modelleri insanlarınkinden daha yüksek rejeneratif kapasiteler gösterdiğinden, bu bulguların insanlara uyarlanmasındaki sınırlılıklar göz önünde bulundurulmalıdır. Bununla birlikte, çok daha düşük dozlarda D vitamini desteğinin, yoğun egzersizden kısa bir süre sonra zirve izometrik kuvvetteki toparlanmayı artırdığı aktif insan çalışmalarında desteklenmiştir.<sup>12</sup> Buradaki mekanizmalar, strese bağlı proteinlerin aktivasyonunu azaltma, inflamatuvar sitokinlerin azaltılmış ekspresyonu ve artan kas lifi dönüşümünü içerir. Bu nedenle, D vitamini, yaralı kastaki kasılma kuvvetinin daha hızlı toparlanmasını sağlar.<sup>53</sup>

Randomize kontrollü bir çalışmada, başlangıçta D vitamini eksikliği olan orta derecede aktif yetişkinlere, 6 hafta boyunca 4.000 IU/gün D<sub>3</sub> vitamini verilmiş, D vitamini verilen grubun plaseboya göre serum kalsidiol düzeyi artmış ve 48 saat ve 7. günde egzersiz sonrası pik torku gelişmiştir. Bu çalışmadaki

sonuçlar; D vitamini takviyesinin iskelet kası toparlanmasını, yenilenmesini ve hipertrofiyi sağlayabileceğini göstermektedir.<sup>59</sup> Başka bir çalışmada; sağlıklı, orta derecede aktif, yetişkin erkeklere 35 gün boyunca 4.000 IU/gün D vitamini takviyesi yapılmış, plasebo grubuna göre D vitamini verilen grubun tek bacak egzersiz protokolü sonrası 48, 72 veya 168. saatte serum kalsidiol konsantrasyonu ve zirve izometrik kuvvet toparlanması artmıştır. Kas ağrısında bir değişiklik olmamış, kas hasarı azalmıştır.<sup>60</sup> Owens ve ark. ise yeterli serum D vitamini düzeyinin, egzersizin neden olduğu kas hasarına akut adaptif yanıtı iyileştirebileceğini, fakat uzun süreli bir antrenmanda etkili olmayabileceğini belirtmişlerdir.<sup>10</sup>

İnsanlarda, D vitamini toparlanmadaki rolüne ilişkin bulgular eksik olmasına rağmen, umut verici veriler, kas hasarından sonra optimal kuvvet geri kazanımı için serum kalsidiol konsantrasyonlarının yeterli düzeyde olması gerektiğini belirtmektedir.<sup>52</sup>

## D VİTAMİNİ TOKSİSİTESİ

D vitamini toksisitesi, aşırı miktarda D vitamini takviyesi alımından kaynaklanabilir. Güneş ışığından veya düzenli diyet alımından kaynaklanan D vitamini toksisitesi; vakası rapor edilmemiştir.<sup>21</sup> D vitamini toksisitesi mide bulantısı, kusma, yorgunluk, hâlsizlik, sık idrara çıkma, aşırı susuzluk, değişmiş zihinsel durum ve böbrek fonksiyon bozukluğu gibi hiperkalsemi ile ilişkili semptomlarla kendini gösterir ve 150 ng/mL'nin üzerindeki serum düzeylerinde 50.000 IU/gün'den yüksek dozlarda ortaya çıkabilir.<sup>17,21</sup>

Owens ve ark., 46 elit sporcuda yüksek doz vitamin D<sub>3</sub> takviyesinin (haftada 70.000 IU ve 35.000 IU) tüm ana D vitamini metabolitleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Her 2 dozda da serum kalsidiol ve kalsitriol düzeyleri artmış, aynı zamanda 70.000 IU/hafta dozda, D vitamini katabolizması ürünü 24,25(OH)<sub>2</sub>D düzeyi de artmıştır. Bu metabolitin kalsitriol sinyalleme üzerinde olumsuz bir etki yarattığı ve negatif bir geri bildirim döngüsünde kalsidiolin kalsitriole dönüşmesini engelleyebileceği belirtilmiştir.<sup>61</sup>

Yetersiz D vitamini konsantrasyonlarına sahip sporcular, D vitamini takviyesinden en fazla yararlanacak kişiler olabilir. Sporcular ayrıca, yüksek kalsi-

yum talepleri ve tipik yağsız vücut kütleleri nedeni ile daha fazla D vitamini ihtiyacı duyabilirler, çünkü adipöz doku D vitamini için ana depo alanıdır.<sup>8</sup> Sporcuların kalsidiol konsantrasyonlarının bazal seviyelerden daha yüksek olduğu çalışmalarda yan etki gözlenmemiştir.<sup>4</sup>

Malihi ve ark.nın yaptığı metaanalizde, 1 yıl veya daha uzun süreli olarak; günlük, haftalık veya aylık büyük miktarlarda ( $\geq 2,857-100.000$  IU/gün) D<sub>2</sub>/D<sub>3</sub> vitamini takviyesinin, hiperkalsemi ve hiperkalsüriye eğilimi artırmasına rağmen, herhangi bir yan etki oluşturmadığı, böbrek taşı riskini artırmadığı belirtilmiştir.<sup>62</sup>

Sonuç olarak, yüksek serum kalsidiol seviyelerinin (örneğin;  $>100$  nmol/L) egzersiz performansı üzerinde faydalı etkileri olacağı açık değildir. Muhtemelen daha ılımlı olan D vitamini dozları egzersiz performansı için faydalıdır. Aksine, tolere edilebilir üst alımlardan ( $4.000$  IU/gün) fazla olan yüksek dozda simüle edilmiş güneş maruziyeti veya oral D<sub>3</sub> vitamini, cilt hasarı ve D vitamini toksisitesine neden olabilir. Bununla birlikte, daha uzun süreli D vitamini takviyesinin iskelet kası onarımında bildirilen faydaları, gelişmiş kas kuvveti anlamına gelmemektedir.<sup>22</sup>

## SPORCULAR İÇİN YETERLİ D VİTAMİNİ ALIM DOZU

Mümkün olan en iyi iskelet sağlığı için optimum serum kalsidiol konsantrasyonları hâlâ tartışılmaktadır. Owens ve ark. tarafından yayımlanan derlemeye göre pek çok araştırmacı, D vitamini yeterliliği için eşik değeri, PTH sekresyonunu maksimuma çıkaran ve/veya KMY'yi optimize eden en düşük serum kalsidiol konsantrasyonu olarak tanımlar.<sup>10</sup>

Dalhquist,  $100$  nmol/L'nin üzerindeki D vitamini konsantrasyonunun, iskelet kası fonksiyonunu ve toparlanmayı ve ayrıca kuvvet, güç ve testosteron konsantrasyonunu iyileştirebileceğini öne sürmektedir.<sup>12</sup> Farrokhyar ve ark.nın yaptığı meta analiz çalışmasına göre,  $3.000$  IU/gün D vitamini takviyesi, D vitamini konsantrasyonlarında önemli artışlara neden olmuş ve kış aylarında güneşe çok az maruz kalınan enlemlerde D vitamini konsantrasyonları yetersiz olan sporcularda yeterlilik sağlamıştır. Ayrıca,  $<2.000$  IU/gün olarak sürekli takviye yapmak,

ilkbahar/yaz aylarında D vitamini konsantrasyonlarında yeterliliği sağlamakta ve kış mevsiminde yeterliliği korumaktadır.<sup>1</sup> Jastrzëbska ve ark. ise D vitamini düzeyi düşük olan sporculara en az 4 hafta boyunca  $4.000-5.000$  IU/gün ilave edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.<sup>35</sup> Owens ve ark.nın yaptığı derlemede, sporcuların D vitamini alımlarının bireysel olarak değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiş ve güneş ışığına maruz kalma süresi (vücudun veya kolların ve bacakların %35'i) günde  $<20$  dk ile sınırlı olan,  $<30^\circ$  veya  $>60^\circ$  enlemlerinde yaşayan ve ayrıca serum kalsidiol düzeyi  $75$  nmol/L'nin altında olan sporcuların ise günlük  $2.000-4.000$  IU D<sub>3</sub> vitamini alması önerilmiştir.<sup>10</sup>

Uluslararası Olimpik Komite'ye göre; D vitamini eksikliği, yetersizliği, yeterliliği ve tolere edilebilir alım düzeyini belirleyen serum kalsidiol konsantrasyonu üzerinde fikir birliği olmadığı ve genel popülasyon düzeyini korumak için  $800$  IU ile  $1.000-2.000$  IU/gün arasında takviye önerilebileceği belirtilmektedir. Ayrıca, takviye alım yönergelerinin henüz sporcular için oluşturulmadığı; 8-16 hafta boyunca haftada  $50.000$  IU/hafta veya birkaç hafta boyunca  $10.000$  IU/gün içeren kısa süreli yüksek doz takviyenin elit sporcularda yeterli olacağı bildirilmekte ve sonuç olarak toksisiteyi önlemek için dikkatli bir izlem yapılması gerektiği vurgulanmaktadır.<sup>63</sup>

## SONUÇ/ÖNERİLER

İskelet kası hücrelerinde VDR'lerin bulunması atletik performans için D vitamini ergojenik etkilerinin araştırılmasında ana etkidir. Yapılan çalışmalarda da gösterildiği gibi, D vitamini kas üzerine etkileri enzimatik ve hücre boyutunda ortaya konulmuştur. D vitamini; kas protein sentezini artırması, ATP üretimini olumlu etkilemesi, hücre içerisine kalsiyum girişini artırması ve Tip 2 liflerinin kesit alanını artırması atletik performansı için önemlidir. Aynı zamanda, kuvvet ve güç üzerine olan etkileri birçok çalışma ile desteklense de çalışmalar hep eksiklik olan sporculardaki artışları ortaya koymaktadır. Yeterli düzeye sahip sporculardaki etkileri için daha çok çalışmaya ihtiyaç vardır. Benzer şekilde; dayanıklılık, toparlanma ve yaralanmalar için de serum D vitamini konsantrasyonları yeterli olan sporculardaki etkilerin araştırılması gerekmektedir.

Dayanıklılık sporcularında, D vitamininin özellikle immün sistem üzerinde etkisi bulunmaktadır. D vitamini, sporcularda yaygın olarak görülen solunum yolu enfeksiyonlarından korunmak için önemlidir. Ayrıca; D vitamini eksikliğinin kan basıncını artırdığı, endotel fonksiyonları olumsuz etkilediği, kardiyak debinin azalmasına yol açarak max VO<sub>2</sub>'yi olumsuz yönde etkilediği ileri sürülmektedir. D vitamini ve kemik sağlığı uzun yıllardır araştırılmış ve olumlu sonuçlar ortaya konulmuştur. Benzer şekilde, sporcularda sık karşılaşılan stres kırıkları D vitamini eksikliğinde daha yaygın görülmektedir. Ancak, iyileşme süreleri ve spora dönüş zamanı üzerindeki etkileri güncel çalışmalarda çok fazla desteklenmemiştir.

Sonuç olarak, %90'ı güneşe maruz kalarak sentezlenen D vitamininin, özellikle iç mekân antrenmanları yapan ve yüksek enlemlerde yaşayan sporcularda eksikliği daha fazla görülür. D vitamini polimorfizmleri ve etnik çalışmalar farklı boyutlar sunsa da önemli olan diyet yoluyla (doğal ve D vitamini takviye edilmiş besinler ile) yeterli D vitamini alamayan ve yeteri kadar güneşe maruz kalmayan sporcuların yakından takip edilmesi gerekliliğidir. Sporcularda yeterli D vitamini konsantrasyonu, eksiklik/yetersizlik durumunda uygulanması gereken D

vitamini alım protokollerine ilişkin henüz net bir fikir birliği yoktur. Bu nedenle, sporcuların bireysel olarak izlenmesi önemlidir. Literatür incelendiğinde, sporcularda D vitamini ile ilgili çift kör, randomize kontrollü, büyük örneklem sayıları ile farklı spor branşlarında yapılacak çalışmalara ihtiyaç vardır.

### Finansal Kaynak

*Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.*

### Çıkar Çatışması

*Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyesi veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.*

### Yazar Katkıları

**Fikir/Kavram:** Neşe Toktaş, Cemile Balcı; **Tasarım:** Neşe Toktaş, Cemile Balcı; **Denetleme/Danışmanlık:** Neşe Toktaş, Cemile Balcı; **Analiz ve/veya Yorum:** Neşe Toktaş, Cemile Balcı; **Kaynak Taraması:** Neşe Toktaş, Cemile Balcı; **Makalenin Yazımı:** Neşe Toktaş, Cemile Balcı; **Eleştirel İnceleme:** Neşe Toktaş, Cemile Balcı.

## KAYNAKLAR

1. Farrokhyar F, Sivakumar G, Savage K, Koziazar A, Jamshidi S, Ayeni OR, et al. 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(11):2323-39. [Crossref] [PubMed]
2. Razzaque MS. Can adverse effects of excessive vitamin D supplementation occur without developing hypervitaminosis D? *J Steroid Biochem Mol Biol.* 2018;180:81-6. [Crossref] [PubMed]
3. Stachowicz M, Lebedzińska A. The role of vitamin D in health preservation and exertional capacity of athletes. *Postepy Hig Med Dows (Online).* 2016;70:637-43. [Crossref] [PubMed]
4. von Hurst PR, Beck KL. Vitamin D and skeletal muscle function in athletes. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2014;17(6):539-45. [Crossref] [PubMed]
5. Close GL, Russell J, Cobley JN, Owens DJ, Wilson G, Gregson W, et al. 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(4):344-53. [Crossref] [PubMed]
6. Vitale JA, Lombardi G, Cavaleri L, Graziani R, Schoenhuber H, Torre AL, et al. Rates of insufficiency and deficiency of vitamin D levels in elite professional male and female skiers: a chronobiologic approach. *Chronobiol Int.* 2018;35(4):441-9. [Crossref] [PubMed]
7. Sun X, Cao ZB, Taniguchi H, Tanisawa K, Higuchi M. Effect of an acute bout of endurance exercise on serum 25(OH)D concentrations in young adults. *J Clin Endocrinol Metab.* 2017;102(11):3937-44. [Crossref] [PubMed]
8. Ogan D, Pritchett K. Vitamin D and the athlete: risks, recommendations, and benefits. *Nutrients.* 2013;5(6):1856-68. [Crossref] [PubMed] [PMC]
9. Spiro A, Buttriss JL. Vitamin D: an overview of vitamin D status and intake in Europe. *Nutr Bull.* 2014;39(4):322-50. [Crossref] [PubMed] [PMC]
10. Owens DJ, Allison R, Close GL. Vitamin D and the athlete: current perspectives and new challenges. *Sports Med.* 2018;48(Suppl 1):3-16. [Crossref] [PubMed] [PMC]
11. Close GL, Fraser WD. Vitamin D supplementation for athletes: too much of a good thing? *Sport Exercise Scientist.* 2012;33:24-5.



12. Dahlquist DT, Dieter BP, Koehle MS. Plausible ergogenic effects of vitamin D on athletic performance and recovery. *J Int Soc Sports Nutr.* 2015;12:33. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
13. Todd JJ, McSorley EM, Pourshahidi LK, Madigan SM, Laird E, Healy M, et al. Vitamin D3 supplementation using an oral spray solution resolves deficiency but has no effect on VO2 max in Gaelic footballers: results from a randomised, double blind, placebo controlled trial. *Eur J Nutr.* 2017;56(4):1577-87. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
14. Beck KL, Thomson JS, Swift RJ, von Hurst PR. Role of nutrition in performance enhancement and postexercise recovery. *Open Access J Sports Med.* 2015;6:259-67. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
15. Todd JJ, Pourshahidi LK, McSorley EM, Madigan SM, Magee PJ. Vitamin D: recent advances and implications for athletes. *Sports Med.* 2015;45(2):213-29. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
16. Malczewska-Lenczowska J, Sitkowski D, Surata O, Orysiak J, Szczepańska B, Witek K. The association between iron and vitamin D status in female elite athletes. *Nutrients.* 2018;10(2):167. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
17. Sikora-Klak J, Narvy SJ, Yang J, Makhni E, Kharrazi FD, Mehran N. The effect of abnormal vitamin D levels in athletes. *Perm J.* 2018;22:17-216. [[PubMed](#)]
18. Dönmez G, Torgutalp ŞŞ, Babayeva N, Yargıç MP, Özkan Ö, Korkusuz F, et al. Vitamin D status in soccer players with skeletal muscle injury, Ankara. *Turkish Journal of Sports Medicine.* 2018;53(3):94-100. [[Crossref](#)]
19. Wyon MA, Wolman R, Nevill AM, Cloak R, Metsios GS, Gould D, et al. Acute effects of vitamin D3 supplementation on muscle strength in judoka athletes: a randomized placebo-controlled, double-blind trial. *Clin J Sport Med.* 2016;26(4):279-84. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
20. Shuler FD, Wingate MK, Moore GH, Giangarra C. Sports health benefits of vitamin D. *Sports Health.* 2012;4(6):496-501. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
21. Abrams GD, Feldman D, Safran MR. Effects of vitamin D on skeletal muscle and athletic performance. *J Am Acad Orthop Surg.* 2018;26(8):278-85. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
22. Carswell AT, Oliver SJ, Wentz LM, Kashi DS, Roberts R, Tang JC, et al. Influence of vitamin D supplementation by sunlight or oral D3 on exercise performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2018;50(12):2555-64. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
23. Zhang L, Quan M, Cao ZB. Effect of vitamin D supplementation on upper and lower limb muscle strength and muscle power in athletes: a meta-analysis. *PLoS One.* 2019;14(4):e0215826. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
24. Dougherty KA, Diiliso MF, Agrawal DK. Vitamin D and the immunomodulation of rotator cuff injury. *J Inflamm Res.* 2016;9:123-31. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
25. Irazoqui AP, Boland RL, Buitrago CG. Actions of 1,25(OH)2-vitamin D3 on the cellular cycle depend on VDR and p38 MAPK in skeletal cells. *J Mol Endocrinol.* 2014;53(3):331-43. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
26. Lanteri P, Lombardi G, Colombini A, Banfi G. Vitamin D in exercise: physiologic and analytical concerns. *Clin Chim Acta.* 2013;415:45-53. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
27. Girgis CM, Clifton-Bligh RJ, Turner N, Lau SL, Gunton JE. Effects of vitamin D in skeletal muscle: falls, strength, athletic performance and insulin sensitivity. *Clin Endocrinol (Oxf).* 2014;80(2):169-81. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
28. Dawson-Hughes B. Vitamin D and muscle function. *J Steroid Biochem Mol Biol.* 2017;173:313-6. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
29. 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(2):191-6. [[PubMed](#)]
30. Agergaard J, Trøstrup J, Uth J, Iversen JV, Boesen A, Andersen JL, et al. Does vitamin D intake during resistance training improve the skeletal muscle hypertrophic and strength response in young and elderly men? - a randomized controlled trial. *Nutr Metab (Lond).* 2015;12(1):32. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
31. Fitzgerald JS, Orysiak J, Wilson PB, Mazur-Różycka J, Obminski Z. Association between vitamin D status and testosterone and cortisol in ice hockey players. *Biol Sport.* 2018;35(3):207-13. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
32. Kalra N, Ishmael FT. Cross-talk between vitamin D, estrogen and corticosteroids in glucocorticoid resistant asthma. *OA Inflammation.* 2014;2(1):2.
33. Geiker NRW, Hansen M, Jakobsen J, Kristensen M, Larsen R, Jørgensen NR, et al. Vitamin D status and muscle function among adolescent and young swimmers. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2017;27(5):399-407. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
34. Owens DJ, Webber D, Impey SG, Tang J, Donovan TF, Fraser WD, et al. Vitamin D supplementation does not improve human skeletal muscle contractile properties in insufficient young males. *Eur J Appl Physiol.* 2014;114(6):1309-20. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
35. Jastrzębska M, Kaczmarczyk M, Michalczyk M, Radziwiński Ł, Stępień P, Jastrzębska J, et al. Can Supplementation of vitamin D improve aerobic capacity in well trained youth soccer players? *J Hum Kinet.* 2018;61:63-72. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
36. 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(9):2648-55. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
37. Sun X, Cao ZB, Tanisawa K, Taniguchi H, Kubo T, Higuchi M. Effects of chronic endurance exercise training on serum 25(OH)D concentrations in elderly Japanese men. *Endocrine.* 2018;59(2):330-7. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
38. Chiang CM, Ismaeel A, Griffis RB, Weems S. Effects of vitamin D supplementation on muscle strength in athletes: a systematic review. *J Strength Cond Res.* 2017;31(2):566-74. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
39. Książek A, Zagrodna A, Dziubek W, Pietraszewska 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(1):71-7. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
40. Turkbey EB, Jorgensen NW, Johnson WC, Bertoni AG, Polak JF, Diez Roux AV, et al. Physical activity and physiological cardiac remodelling in a community setting: the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA). *Heart.* 2010;96(1):42-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
41. Carter SJ, Plaisance EP, Fisher G, Fernandez JR, Gower BA, Hunter GR. Alterations in hemoglobin and serum 25-hydroxyvitamin D are related before and after weight loss independent of african admixture. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2017;27(1):59-66. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
42. Koundourakis NE, Androulakis NE, Malliaraki N, Margioris AN. Vitamin D and exercise performance in professional soccer players. *PLoS One.* 2014;9(7):e101659. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
43. Ardestani A, Parker B, Mathur S, Clarkson P, Pescatello LS, Hoffman HJ, et al. Relation of vitamin D level to maximal oxygen uptake in adults. *Am J Cardiol.* 2011;107(8):1246-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
44. 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. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
45. He CS, Handzlik M, Fraser WD, Muhamad A, Preston H, Richardson A, et al. Influence of vitamin D status on respiratory infection incidence and immune function during 4 months of winter training in endurance sport athletes. *Exerc Immunol Rev.* 2013;19:86-101. [[PubMed](#)]
46. He CS, Fraser WD, Tang J, Brown K, Renwick S, Rudland-Thomas J, et al. The effect of 14 weeks of vitamin D3 supplementation on antimicrobial peptides and proteins in athletes. *J Sports Sci.* 2016;34(1):67-74. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]

47. Owens DJ, Fraser WD, Close GL. Vitamin D and the athlete: emerging insights. *Eur J Sport Sci.* 2015;15(1):73-84. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
48. Oh JH, Kim SH, Kim JH, Shin YH, Yoon JP, Oh CH. The level of vitamin D in the serum correlates with fatty degeneration of the muscles of the rotator cuff. *J Bone Surg Br.* 2009;91(12):1587-93. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
49. Ahmed W, Khan N, Glueck CJ, Pandey S, Wang P, Goldenberg N, et al. Low serum 25 (OH) vitamin D levels (<32 ng/mL) are associated with reversible myositis-myalgia in statin-treated patients. *Transl Res.* 2009;153(1):11-6. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
50. Wyon MA, Wolman R, Kolokythas N, Sheriff K, Galloway S, Mattiussi A. Effect of vitamin D on muscle function and injury in elite adolescent dancers: a randomized double-blind study. *Int J Sports Physiol Perform.* 2019;14(1):55-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
51. Lewis RM, Redzic M, Thomas DT. The effects of season-long vitamin D supplementation on collegiate swimmers and divers. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2013;23(5):431-40. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
52. Barker T, Henriksen V, Martins TB, Hill HR, Kjeldsberg CR, Schneider ED, et al. Higher serum 25-hydroxyvitamin D concentrations associate with a faster recovery of skeletal muscle strength after muscular injury. *Nutrients.* 2013;5(4):1253-75. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
53. Girgis CM, Baldock PA, Downes M. Vitamin D, muscle and bone: integrating effects in development, aging and injury. *Mol Cell Endocrinol.* 2015;410:3-10. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
54. Mason C, Tapsoba JD, Duggan C, Imayama I, Wang CY, Korde L, et al. Effects of vitamin D3 supplementation on lean mass, muscle strength and bone mineral density during weight loss: a doubleblind randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc.* 2016;64(4):769-78. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
55. Brännström A, Yu JG, Jonsson P, Åkerfeldt T, Stridsberg M, Svensson M. Vitamin D in relation to bone health and muscle function in young female soccer players. *Eur J Sport Sci.* 2017;17(2):249-56. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
56. Wentz LM, Liu PY, Ilich JZ, Haymes EM. Female distance runners training in southeastern united states have adequate vitamin D status. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2016;26(5):397-403. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
57. Garcia M, Seelaender M, Sotiropoulos A, Coletti D, Lancha AH Jr. Vitamin D, muscle recovery, sarcopenia, cachexia, and muscle atrophy. *Nutrition.* 2019;60:66-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
58. Farrokhyar F, Tabasinejad R, Dao D, Peterson D, Ayeni OR, Hadioonzadeh R, et al. Prevalence of vitamin D inadequacy in athletes: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2015;45(3):365-78. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
59. Owens DJ, Sharples AP, Polydorou I, Alwan N, Donovan T, Tang J, et al. A systems-based investigation into vitamin D and skeletal muscle repair, regeneration, and hypertrophy. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2015;309(12):E1019-31. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
60. Barker T, Schneider ED, Dixon BM, Henriksen VT, Weaver LK. Supplemental vitamin D enhances the recovery in peak isometric force shortly after intense exercise. *Nutr Metab (Lond).* 2013;10(1):69. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
61. Owens DJ, Tang JC, Bradley WJ, Sparks SA, Fraser WD, Morton JP, et al. Efficacy of high-dose vitamin D supplements for elite athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2017;49(2):349-56. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
62. Malihi Z, Wu Z, Lawes CM, Scragg R. Adverse events from large dose vitamin D supplementation taken for one year or longer. *J Steroid Biochem Mol Biol.* 2018;1-9.
63. Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM, et al. IOC Consensus Statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2018;28(2):104-25. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]