

# Sporcu Sağlığı ve Atletik Performansta D Vitamini ve Reseptörünün Önemi

Canan Sercan<sup>1</sup>, Efe Yavuzsoy<sup>2</sup>, İpek Yüksel<sup>2</sup>, Rümeyza Can<sup>2</sup>, Şehkar Oktay<sup>3</sup>, Deniz Kiraç<sup>4</sup>, Korkut Ulucan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Marmara Üniversitesi, Dış Hekimliği Fakültesi, Tıbbi Biyoloji ve Genetik Bölümü, İstanbul - Türkiye

<sup>2</sup>Uskudar Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, İstanbul - Türkiye

<sup>3</sup>Marmara Üniversitesi, Dış Hekimliği Fakültesi, Biyokimya Bölümü, İstanbul - Türkiye

<sup>4</sup>Yeditepe Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyoloji Bölümü, İstanbul - Türkiye

Yazışma Adresi / Address reprint requests to: Korkut Ulucan  
Marmara Üniversitesi, Dış Hekimliği Fakültesi, Tıbbi Biyoloji ve Genetik Bölümü, İstanbul - Türkiye  
Elektronik posta adresi / E-mail address: korkutulucan@hotmail.com  
Kabul tarihi / Date of acceptance: 31 Ağustos 2015 / August 31, 2015

## ÖZET

Sporcu sağlığı ve atletik performansta D vitamini ve reseptörünün önemi

D vitamini doku ve organlarda birçok metabolizmayı düzenleyen, hormon olarak da adlandırılabilen önemli bir moleküldür. Endojen olarak sentezlenebildiği gibi eksojen olarak da dışarıdan diyetle alınabilir. Sırası ile karaciğer ve böbrekte metabolize edilerek aktif formuna çevrilir. Sırası ile karaciğer ve böbrekte metabolize edilerek aktif formuna çevrilir. Kan 25- hidroksivitamin D düzeyi bireylerin D vitamini hakkında bilgi vermektedir. Eksikliği diyabet, bazı kanser türleri ve kardiyovasküler sistem bozuklukları olarak karşımıza çıkabilmektedir. D vitamini etkisini D vitamini reseptörleri üzerinden gösterir. Reseptörü kodlayan gen üzerinde bulunan polimorfizmler ile ilgili birçok çalışma gerçekleştirilmiş ve polimorfizmlerin karakterizasyonu yapılmıştır. Farklı spor türlerindeki sporcular üzerinde yapılan çalışmalar ile atletik performans için önemi ortaya konmuştur. Bu çalışmalar D vitamininin kan düzeyleri veya reseptör üzerindeki polimorfizmler ile gerçekleştirilmiş ve atletik performans ile ilişkilendirilmiştir. Özellikle vitaminin kan düzeyleri düşük olan sporculardaki performans ve sporcu sakatlıkları ön plana çıkan çalışmalardır. Reseptör geni ile ilgili ise *Fok1*, *Bsm1*, *Taq1* ve *Apa1* polimorfizmleri ön plana çıkmıştır. Bu derlemede D vitamini metabolizması hakkında genel bilgi verilip, sporcu sağlığı için D vitamini metabolizmasının ve reseptörünün önemi vurgulanmıştır. Böylece sporcular ile yapılabilecek yeni çalışmalara zemin hazırlanması amaçlanmıştır.

**Anahtar sözcükler:** D vitamini, spor, atletik performans, sporcu sağlığı

## ABSTRACT

Importance of vitamin D and its receptor in sportsman health and athletic performance

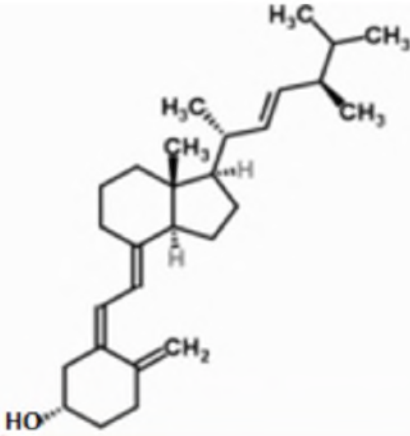
Vitamin D is an important molecule which regulates many reactions in different tissues and organs, and also can be named as hormone. It can be synthesized either endogenously under UV light or exogenously by diet. Vitamin D is converted to its active form after being metabolised by liver and kidney, respectively. Blood 25-hydroxy vitamin D is the main metabolite that determines the individuals vitamin D levels. Vitamin D deficiency may lead to many diseases like diabetes, various cancer types and cardiovascular problems. They affect the target organs by triggering their vitamin D receptors. Many studies were carried out regarding the polymorphisms on the receptor gene, and outlined the function of the gene. Studies on athletes in different sport types showed the importance of this vitamin for athletic performance. Studies including the vitamin D blood levels and polymorphisms on the encoding gene associated the athletic performance and vitamin D, and low vitamin D blood levels and sports injuries were came into prominence. *Fok1*, *Bsm1*, *Taq1* and *Apa1* are the main examined polymorphisms within the gene. In this review, we aimed to give brief information about vitamin D, and state the importance of vitamin D metabolism and its receptor in the terms of sportsman health. Therefore, we hope that this review will help scientists to have a general information about vitamin D and athlete health and performance; also will guide for further studies.

**Key words:** Vitamin D, sport, athletic performance, sportsman health

## GİRİŞ

D vitamini bireylerin genel sağlık durumunun yanında kemik ve kas gelişimini indükleyen, aynı şekilde kemik ve kas büyümesini etkileyen, vücutta bir çok mekanizmada direkt veya indirekt rol alan, yağda çözünen sterol yapılı moleküldür (Şekil 1). D vitamini, bağırsak ve böbrekte kalsiyum ve fosforun emilimini sağladığı için mineral dengesinin korunmasında da önemli roller üstlenir. Eksikliğinin, kolon gibi bazı kanser tipleri, diyabet, multipl skleroz ve

romatoid artrit gibi hastalıkların oluşumuna neden olduğu, aynı zamanda da yüksek kan basıncının düşmesinde etkili olduğu belirtilmiştir (1,2). D vitamininin vücutta kolesterolden sentez edilebilmesi, yağ hücrelerinde depolanabilmesi ve gerektiğinde dolaşıma verilebilmesi, mineral dengesinin korunmasındaki regülatör görevleri ve üretildiği dokudan farklı dokularda görev yapmasından dolayı son yıllarda hormon özelliği gösteren vitamin olarak tanımlanmaktadır. Hatta bazı yazarlar, D vitamininin klasik vitamin tanımına uymadığını (klasik tanımda vitaminler



Şekil 1: D<sub>3</sub> Vitamini Kimyasal Formülü (1)

eser miktarlarda bile metabolizmayı regüle eden vücutta sentezi olmayan ve diyetle alınmadığı zaman klinik sorunlar oluşturan maddeler olarak tanımlanır), vitaminlerden ziyade hormon özellikleri ile daha iyi örtüştüğünden dolayı hormon olarak adlandırılmasını uygun olduğunu düşünmektedirler (3).

D vitamini, endojen olarak ultraviyole B (UVB) ışınlarının dermis ve epidermis hücrelerinde fotokimyasal olarak 7-dehidrokolesterolden vücudumuzda sentez (vitamin D<sub>3</sub>, kolekalsiferol) edilebilir (4). Diyetle ise bitkisel ürünlerden ergokalsiferol (vitamin D<sub>2</sub>) ve hayvansal ürünlerden vitamin D<sub>3</sub> şeklinde alınabilmektedir. (5). Ancak, ister endojen olarak vücutta sentez edilsin, ister de diyet ile alınsın, vitaminin aktif olabilmesi için önce karaciğerde sitokrom P450 üyesi olan 25 hidroksilaz enzimi ile 25 hidroksivitamin D'ye [25(OH)D], daha sonra da böbreklerde mitokondrial 1-alfa hidroksilaz enzimi (CYP27B1) ile biyolojik olarak aktif formu olan ve kalsitriol olarak da bilinen 1,25 dihidroksivitamin D'ye (1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>] dönüşmesi gerekmektedir (6). Aynı şekilde diyet ile gastrointestinal olarak alınan D<sub>2</sub> vitamini de aynı enzim ile kalsidiol olarak adlandırılan 1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>2</sub>'ye dönüştürülür. Diyet ile alınan aynı miktar D<sub>3</sub> vitamininin, D<sub>2</sub> vitaminine kıyasla serum 25(OH)D düzeyini %70 oranında artırdığı belirtilmiştir (7).

Aktif D vitamini hücre ve dokularda etkisini ya nükleus içinde bulunan reseptörleri (VDR) ile genomik yolla ya da hücre membranlarında bulunan voltaja bağlı kalsiyum kanalları ile gösterir (3). Reseptör yolu ile uyarıldığında genomik yolun etkisinin günler hatta haftalar boyunca devam ettiği, kaç geni regüle ettiğinin ise halen tam olarak bilinmediği belirtilmiştir (8).

## SERUMDA D VİTAMİNİ KONSANTRASYONU

Vücuttaki D vitamini durumunu gösteren en iyi serum değeri 25-hidroksivitamin D düzeyidir. Bu değer hem D<sub>3</sub> vitamininin, hem de D<sub>2</sub> vitaminin yolları için ortak bir metabolit olduğu için 25-hidroksivitamin D değeri bireyin genel durumu hakkında bilgi vermektedir. Ayrıca insan vücudundaki yarılanma ömrü yaklaşık 3 hafta olduğu için vitaminin metabolizması hakkında daha net bilgi verir (9). 1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>'ün yarılanma ömrünün yaklaşık 6 saat civarında olması ve kanda 25 (OH)D'den yaklaşık 1000 kat düşük olması, 25-hidroksivitamin D'nin daha ideal ölçüm metaboliti olmasını da güçlendirmektedir (10).

25 (OH)D serum değerinin < 20 ng/mL olması, birçok uzman tarafından D vitamini eksikliği; 21-29 ng/mL olması D vitamini yetersizliği; > 30 ng/mL olması D vitamini yeterliliği; 150-200 ng/mL olması ise D vitamini intoksikasyonunu olarak tanımlanmaktadır (11). Güneş ışığına uzun süre maruz kalan, bir başka deyişle yeteri derecede güneş ışığı alan bireylerde 25(OH)D düzeylerinin 100 nmol/L'nin üzerinde olduğu belirtilmiştir (12).

## D VİTAMİNİ YETERSİZLİĞİ

D vitamini yetersizliği klinik, fizyolojik ve patolojik bozukluklara yol açar, özellikle osteoporoz ve kemik kırıkları için tanımlanmış bir risk faktörüdür (13). Afrikalı ve Güney Amerikalıların derilerindeki melaninin D vitamini üretimini %99'a kadar engellediği, çocukların ve ergenlerin %50-70'inde, Afrikalı ve Güney Amerikalıların ise %90'ında D vitamini yetersizliği olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (14).

Grant ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada, anneden kaynaklanan D vitamini eksikliğinin bebeklerde otizme (IAD) sebep olabileceğini, 1985 öncesi yapılan doğumlarda yaz aylarında doğan bebeklerin kış aylarında doğan bebeklerden daha az risk altında olduğunu bildirmiştir. Aynı çalışmada kış mevsiminde maruz kalınan UV-B ışınları fetal beyin gelişimini engellediğinden anneden gelen D vitamini eksikliğinin bebekte otizme yol açtığı ileri sürülmüştür (14). Aynı zamanda D vitamini eksikliği sporcuların kas sistemindeki regülasyonun bozulmasına sebep olabileceğinden; bireylerde sakatlanmaların, stres kırıklarının ve tendon yapılarının bozulmalarına neden olabilmektedir (11). Antreman kalitesinin düşmesi, sakatlık ve hastalık

frekanslarının ve sürelerinin uzaması, böylece atletik performansın azalması da olası etkilerindedir (15). Su sporları ve senkronize yüzücülerde yapılan çalışmalarda sakatlıkların iyileşmesinde D vitamininin önemi bildirilmiştir (16). Ancak vitamin eksikliğinin tam olarak etki mekanizması belli olmadığından bireylerde nasıl sakatlık ve yapısal sorunlara neden olduğu henüz tam olarak aydınlatılmamıştır.

D vitamini eksikliğinin en önemli nedeni güneş ışığına maruz kalma süre ve sıklığının azalması olarak bilinmektedir (17). Ancak orta doğulu kadınlar, İsraili dansçı ve atletler, Avustralyalı elit jimnastikçiler, genç Havaii sörfçüler gibi güneş ışığına maruz kalma süresi uzun olan bireylerde de D vitamini eksikliği bildirilmiştir (9). Bu gelişmeler bizlere D vitamini eksikliğinin tek nedeninin UV-B olmadığı, genetik faktörlerin de eksiklikte rol oynayabileceğini göstermektedir.

### SPORCU SAĞLIĞI VE D VİTAMİNİ

D vitamininin ideal kemik sağlığı ve kas fizyolojisi üzerindeki etkisi bilinmekle beraber vücut inflamasyonu, bulaşıcı hastalıklar, bazı kanser türleri için riskleri azalttığı bugüne kadar yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır (18). Ancak sporcu sağlığı ve performansı düşünüldüğünde D vitamininin en önemli fonksiyonu bireylerin kas ve kemik gelişimindeki ve büyümesindeki etkileri olacaktır. Sporcular üzerinde yapılan araştırmalar, normal şartlarda kemik sağlığı için günlük 20 ng/ml düzeyinde D vitamini yeterli olsa da, sporcularda bağışıklığı desteklemek ve egzersizle ilgili inflamasyonu azaltmak için 32-40 ng/mg gibi daha yüksek seviyelere ihtiyaç duyulabileceğini göstermiştir (18).

İsrail'de yapılan bir araştırmada 10-30 yaş arası sporcuların %73'ünde 25(OH)D düzeylerinin 30 ng/mL'den daha az olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca aynı çalışmada iç mekan ve dış mekan sporcularının 25(OH)D düzeylerinde belirgin bir fark olduğu belirtilmiştir (19).

1940-50 yıllarında yapılan başka bir araştırmada UVB ışınlarının atletik performansı artırdığı öne sürülmüş, denek sporcuların yaz aylarında, kış aylarından daha iyi performans sergiledikleri gözlemlenmiştir (20). Bu çalışmada ayrıca yetersiz D vitamininin performans kısıtlayıcı, normal ve normal üstü düzeylerinin de performans artırıcı olduğunu belirtilmiştir. Başka bir çalışmada ise 4 ay

boyunca besin takviyesi olarak 2000 IU D<sub>3</sub> vitamin alan balerin ve baletlerin daha iyi performans gösterdiği ve daha az kas zedelenmelerine maruz kaldıkları tespit edilmiştir (20).

Yüzücüler ile yapılan bir araştırmada D vitamini takviyesinin ergenlik çağındaki yüzücülerin fiziksel performansları üzerindeki etkisi araştırılmıştır. D vitamini yetersizliği olan 53 yüzücünün bir kısmına 12 hafta boyunca günde 2000 IU D<sub>3</sub> vitamini takviyesi verilmiş, bir kısmı ise plasebo etkisinde bırakılmıştır. Çalışma sonunda takviye alan grubun 25(OH)D konsantrasyonları, plasebo grubuna göre daha yüksek çıkmış, ancak takviye alan grubun %48'i normal konsantrasyonlara ulaşabilmiştir. Takviyeden önce ve sonra ölçülen tek bacakla denge, farklı hızlarda yüzme performansları, kol kavrama güçleri sonuçlarında D<sub>3</sub> takviyesi alan grubun plasebo grubuna kıyasla performans açısından anlamlı bir fark göstermediği gözlemlenmiştir (21).

İspanyol sporcularda yapılan bir çalışmada, 34 farklı sportif faaliyet gösteren atletlerde D vitamini düzeyleri, çalışma ortamı ve medikal sorunları içeren bir karşılaştırma yapılmış, yaşın ilerlemesi ile 25(OH)D konsantrasyonunun arttığı, dışarda antreman yapan atletlerin ise salonda antreman yapanlara göre daha yüksek 25(OH)D konsantrasyonuna sahip oldukları bildirilmiştir (21).

2011-2013 yılları arasında Amerikalı profesyonel futbolcuların D vitamini profili ile ilgili farklı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda, profesyonel futbolculardaki ırk, sportif performans ve geçmiş sakatlanmalar gibi etkenlere bağlı olarak D vitamini düzeylerinin saptanması amaçlanmıştır. Bu çalışmalardan birinde yaş ortalaması 26.5 olan ve 67'si siyahi olan toplam 80 profesyonel futbolcunun 2011 sezonu öncesinde D vitamini düzeyleri incelenmiş, 2011-2012 ve 2012-2013 sezonlarındaki düzeyleri ile karşılaştırılmıştır. Ortalama 27.4±11.7 ng/ml düzeyinde olması gereken D vitamini, siyahi oyuncularında (25.6±11.3 ng/ml) ve beyaz oyuncularında (37.4±8.6) olarak saptanmıştır (14). Bu sonuçlarda siyahi oyuncuların D vitamini düzeyleri beyaz oyunculara göre daha az çıkmış, ayrıca D vitamini düzeyi az olan sporcularda kemik kırılma riskinin daha çok olabileceği belirtilmiştir (22).

Profesyonel sporcular ile yapılan bir araştırmada atletlerin %75'inde D vitamini eksikliği olduğu gözlemlenmiştir (23). Araştırmacılar, yaş ortalamaları 25 olan 89 sporcu üzerinde yapılan bu çalışmada D vitamini eksikliği olanlarda kas hasarlarının ve zedelenmelerinin daha fazla oldu-

ğunu göstermişlerdir (23). Bunun yanı sıra 27 sporcuda şiddetli derecede D vitamini eksikliği, 45'inde D vitamini seviyelerinin normal değerinin altında olduğu ve sadece 17 sporcuda D vitamini seviyelerinin normal olduğu saptanmıştır. D vitamini seviyeleri en düşük olan gruptaki sporcuların ise son birkaç yıl içerisinde en çok kas zedelenmesi yaşayan sporcular olduğu bildirilmiştir.

Literatürde golf performansı ile ilgili çalışmalar oldukça azdır. Ziegenfuss ve ark. (2015) 27 erkek ve sağlıklı golf oyuncusuna 30 gün boyunca içinde D vitamini de bulunan beslenme takviyesi vermişler, süreç bittiğinde plasebo etkisi altında bırakılan gruba kıyasla daha başarılı performans gösterdiklerini belirtmişlerdir.

D vitamini eksikliği ile ilgili yapılan çalışmaların birçoğu genelde kas fizyolojisi üzerine yoğunlaşmıştır. Aynı zamanda D vitamini ve kardiyovasküler sistem arasındaki ilişki de sporcular için oldukça önemlidir. Yapılan bir araştırmada, aralarında elit futbol, basketbol, hentbol ve voleybol oyuncusunun bulunduğu 506 sporcuda D vitamini düzeyleri, aort kökü, intraventriküler septum çapı gibi yapısal kalp parametreleri karşılaştırılmış, 25(OH)D yetmezliği gösteren atletlerde, yetersiz ve yeterli düzeye sahip atletlere göre bu yapısal parametrelerin daha küçük olduğu belirtilmiştir (25).

### VDR POLİMORFİZMLERİ VE ATLETİK PERFORMANS

D vitamini reseptörü (VDR, OMIM 601769) ilk kez tavşan kas hücrelerinde, daha sonra düz ve kalp kası, kolon, gonadlar ve deri gibi farklı dokularda, 2001 yılında ise insan iskelet kasında tanımlanmıştır (26). D vitamininin sağlığımızda ve organlarımızın homeostazındaki fonksiyonları göz önünde bulundurulduğunda her hücrede VDR'nin bulunduğu düşünülmektedir (5). Aynı zamanda VDR'nin, ikincil safra asidi, hepatotoksik ve potansiyel kanserojen olan litokolik asit (LCA) için de reseptör görevi yaptığı bildirilmiştir (27).

VDR, 12q13.11'de lokalizedir ve hayli polimorfiktir. En önemli varyasyonları, farklı fonksiyonel metabolizmalara neden olan *Bsm1*, *Fok1*, *Apal*, *Taq1* gibi polimorfizmlerdir (28). *Fok1*, VDR'nin 2. ekzonunda gözlenen T/C transisyonudur. Bu polimorfizmin, kemik mineral yoğunluğunda, endurans antremana bağlı kemik yoğunluk değişimlerinde etkili olduğu, yaşa bağlı sarkopeni riski ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (29,30). Hatta VDR'nin spor performansı

ile yapılan ilk çalışmalardan biri olmuştur. Yapılan çalışmalarda *Fok1* polimorfizminin FF (CC homozigot durumu) genotipinin, kemik- mineral yoğunluğuna, beslenme ve egzersiz ile birlikte daha fazla etki ettiği bildirilmiştir (31,32). Kronik obstrüktif akciğer hastalarında (KOAH), FF homozigotlarının, CT heterozigotlarından ve TT (ff) homozigotlarından daha zayıf kuadrisepslere sahip olduğu belirtilmiştir (33). Diogenes ve ark. (2010) 46 yetişkin futbolcu ile yaptığı çalışmada *Fok1* polimorfizminin Brezilyalı futbolcuların kemik kütlelerine etki ettiğini bildirmiştir. Benzer bir çalışmada genç İtalyan futbolcularda *Fok1* polimorfizminin ff genotipinin daha baskın olduğunu, bu genotipin futbola yakınlıkta önemli bir belirteç olabileceğini belirtmişlerdir (35).

*Bsm1* polimorfizmi intron 8'de, genin 3'-UTR bölgesine yakın bir lokasyondadır (28). Bu bölge mRNA stabilitesine ve degradesyonunda rol oynadığı için gen ekspresyonu ile ilişkili olduğu tahmin edilmektedir. *Bsm1* ile gerçekleştirilen bir çalışmada, 70 yaşın üzerindeki 501 sağlıklı kadında, *Bsm1* polimorfizminin, kuadriseps ve kavrama gücüne etkisi araştırılmış, bb genotipli kadınların, BB ve Bb genotipli kadınlara göre daha güçlü olduğu bildirilmiştir (36). Benzer sonuçlar, Hopkinson ve ark. (2008) tarafından da bulunmuştur. Buna karşılık, Grundberg ve ark. (2008) 170 menopoz öncesi İsveçli kadında *Bsm1* polimorfizmi ve kas gücü arasındaki ilişkiyi değerlendirmiş, BB genotipi ve poli-A tekrarı için homozigot olan kadınların diğerlerine göre hamstring kas kuvveti bakımından daha kuvvetli olduğunu göstermiştir. Aynı çalışmada VDR ile grip ve kuadriseps kuvvetleri arasında bir ilişki bulunamamıştır. Bahat ve ark. (2010)'da, yaşlı erkeklerde yaptıkları çalışmada benzer sonuçları bildirmiştir.

Rabon-Stith ve ark. (2005) 206 sağlıklı bireyde yaptığı çalışmada *Fok1* polimorfizminin dayanıklılık antrenmanlarının kemik mineral yoğunluğunda etkili olduğu, ancak aynı etkinin aerobik antreman ile ilişkili olmadığını bildirmişlerdir. Wang ve ark. (2006) 109 genç ve sağlıklı Çinli bayanlarda yaptığı çalışmada *Apa1* ve *Bsm1* polimorfizmlerinin kasların dayanıklılığına olan etkisini bildirmiş, *Taq1* polimorfizminin ise ilişkisi olmadığını belirtmişlerdir. Massida ve ark. (2014) içlerinde *Apa1*, *Bsm1*, ve *Fok1* polimorfizmlerinin de bulunduğu 6 farklı polimorfizmi İtalyan futbolcularda incelemiş, ancak incelenen fizyolojik özellikler ile polimorfizmler arasında herhangi bir ilişki bulunamamıştır.

VDR ile stres kırıkları arasındaki ilişki de bu genin egzersiz ile ilişkisini ortaya koymuştur. Yanovich ve ark. (2011) 385 İsrail askeri üzerinde yaptıkları çalışmada içinde VDR'nin de bulunduğu 17 farklı geni analiz etmiş, VDR'nin stres kırıklarındaki önemini belirtmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada fiziksel egzersiz yapanlarda *Bsm1* ve *Fok1* polimorfizmlerinin stres kırıklarını artırabileceği, özellikle ağır egzersiz yapan sporcularda bu polimorfizmlerin analiz edilmesi gerektiğini bildirmişlerdir (43).

Türk toplumunda, farklı hastalık gruplarında D vitamini düzeyleri ve VDR ilgili çalışmalar bulunmaktadır ve sayıları bir hayli fazladır. Ancak bu çalışmaların çoğu, klinik olarak değerlendirilmiş ve D vitamini düzeyleri ve hastalıklar arasındaki ilişkiyi belirlemişlerdir. Türk sporcularda gerek D vitamini düzeyleri, gerekse VDR ile ilgili yapılmış çalışmaya rastlanmamıştır. Bu konuda yapılacak olan

çalışmaların, Türk sporcuların gelişimi ve başarısı için önem taşıyacağı ve bilgi birikimlerimizi artıracığı inancındayız.

## SONUÇ

Yapılan çalışmalar ışığında, D vitamininin sporcu sağlığı ve performansı üzerine olan etkisi aşıkardır. Bu konuda, özellikle D vitamini eksikliğine neden olan genetik metabolizmanın çok iyi aydınlatılması gerekmektedir. Bu konuda, özellikle bilgilerimizin daha da artması ile çok daha yüksek denek içeren moleküler çalışmalara ihtiyaç vardır. Bütün bu bilgilerin ışığı altında ilerleyen yıllarda oluşturulabilecek olan "Sporda Genetik Yatkınlık Paneli" içinde D vitamini metabolizmasında etkili olan genetik parametrelerin bulunmasını gerektiğine inanmaktayız.

## KAYNAKLAR

- Holick MF. Vitamin D deficiency. *N Engl J Med.* 2007;357: 266-281.
- Holick MF. Sunlight and vitamin D for bone health and prevention of autoimmune diseases, cancers, and cardiovascular disease. *Am J Clin Nutr.* 2004; 80(Suppl.): 1678S-1688S.
- Sözen T. D hormonu: Güncel gelişmeler. *Hacettepe Tıp Dergisi.* 2011; 42: 14-27.
- Fidan F, Alkan BM, Tosun A. Çağın Pandemisi: D Vitamini Eksikliği ve Yetersizliği. *Türk Osteoporoz Dergisi.* 2014; 20: 71-74.
- Naylor AJD, Edwards SL. The effects of vitamin D on skeletal muscle function and cellular signaling. *The Journal of steroid biochemistry and molecular biology.* 2011; 159-168.
- Wacker M, Holick MF. Vitamin D-Effects on Skeletal and Extraskelatal Health and the Need for Supplementation. *Nutrients* 2013; 5: 111-148.
- Trang H, Cole DE, Rubin LA, Pierrtos A, Siu S, Vieth R. Evidence that VD3 increases serum 25hydroxyvitamin D more efficiently than does Vitamin D2. *Am J Clin Nutr.* 1998; 68: 854-858.
- De Luca HF, Cantorna MT. Vitamin D: its role and uses in immunology. *FASEB J.* 2001; 15: 2579-2585.
- Hamilton B. Vitamin D and Athletic Performance. The Potential Role of Muscle. *Asian Journal of Sports Medicine.* 2011; 2(4): 211-219.
- Öngen B, Kabaroglu C, Parıldar Z. D Vitamini'nin Biyokimyasal ve Laboratuvar Değerlendirmesi. *Türk Klinik Biyokimya Derg.* 2008; 6(1): 23-31.
- Dawson-Hughes B, Heaney RP, Holick MF, Ips P, Meunier PJ, Vieth R. Estimates of optimal vitamin D status. *Osteoporos Int* 2005; 16: 713-716.
- Vieth R. Vitamin D supplementation, 25-hydroxyvitamin D concentration, and safety. *Am J Clin Nutr.* 1999; 69: 842-856.
- Mosekilde L. Vitamin D and the elderly. *Clin Endocrinol.* 2005; 62: 265-281.
- Grant WB, Soles CM. Epidemiologic evidence supporting the role of maternal vitamin D deficiency as a risk factor for the development of infantile autism. *Dermatoendocrinol.* 2009; 1(4): 223-228.
- Halliday T, Peterson N, Thomas J, 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.
- Robertson S, Benardot D, Mountjoy M. Nutritional recommendations for synchronized swimming. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2014; 24(4): 404-413.
- Andersen R, Molgaard C, Skovgaard L, et al. Teenage girls and elderly women living in northern Europe have low winter vitamin D status. *Euro J Clin Nutr.* 2005; 1-9.
- Larson-Meyer DE, Willis KS. Vitamin D and Athletes. *Current Sports Medicine Reports.* 2010; 9(4): 220-226.
- Franklin D, Shuler, Matthew K, Wingate, G, Hunter Moore, Giangarra C. Sports Health Benefits of Vitamin D. *Sports Health.* 2012; 4(6): 496-501.
- Dubnov-Raz G, Livne N, Raz R, Rogel D, Cohen AH, Constantini NW. Vitamin D concentrations and physical performance in competitive adolescent swimmers. 2014; 26(1): 6470.
- Valtueña J, Dominguez D, Til L, González-Gross M, Drobnic F. High prevalence of vitamin D insufficiency among elite Spanish athletes the importance of outdoor training adaptation. *Nutr Hosp.* 2014; 30(1): 124-131.

22. Maroon JC, Mathyssek CM, Bost JW, Amos A, Winkelman R, Yates AP, Duca MA, Norwig JA. Vitamin D Profile in National Football League Players. 2015; 43(5): 1241-1245.
23. Stratos I, Li Z, Herlyn P, Rotter R, Behrendt AK, Mittlmeier T, Brigitte Vollmar. Vitamin D Increases Cellular Turnover and Functionally Restores the Skeletal Muscle after Crush Injury in Rats. *The American Journal of Pathology*. 2013; 182(3): 895-904.
24. Ziegenfuss TN, Habowski SM, Lemieux R, et al. Effects of a dietary supplement on golf drive distance and functional indices of golf performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2015; 12: 4. doi:10.1186/s12970-014-0065-4.
25. Allison RJ, Close GL, Farooq A, Riding NR, Salah O, Hamilton B, Wilson MG. Severely vitamin D-deficient athletes present smaller hearts than sufficient athletes. *Eur J Prev Cardiol*. 2015; 22(4): 535-542.
26. Bischoff H, Borchers M, Gudat F, et al. In situ detection of 1,25-dihydroxyvitamin D3 receptor in human skeletal muscle tissue. *Histochem J*. 2001; 33: 19-24.
27. Makishima M, Lu TT, Xie W, Whitfield GK, Domoto H, Evans RM, Haussler MR, Mangelsdorf DJ. Vitamin D Receptor As an Intestinal Bile Acid Sensor. 2002; 296(5571): 1313-1316.
28. Ulucan K, Akyüz S, Özbay G, Pekiner FN, Güney AI. Evaluation of Vitamin D Receptor (VDR) Gene Polymorphisms (FokI, TaqI and Apal) in a Family with Dentinogenesis Imperfecta. *Cytology and Genetics*. 2013; 47(5): 282-286.
29. Roth S, Zmuda J, Cauley J, et al. Vitamin D receptor genotype is associated with fat-free mass and sarcopenia in elderly men. *J Gerontol*. 2004; 59: 10-15.
30. Rabon-Stith K, Hagberg J, Phares D, et al. Vitamin D receptor FokI genotype influences bone mineral density response to strength training, but not aerobic training. *Exp Physiol*. 2005; 90: 653-661.
31. Tajima O, Ashizawa N, Ishii T, Amagai H, Mashimo T, Liu LJ, Saitoh Tokuyama KS, Suzuki M. Interaction of the effects between vitamin D receptor polymorphism and exercise training on bone metabolism. *J Appl Physiol* 2000; 88: 1271-1276.
32. Takamura O, Ishii T, Ando Y, Amagai H, Oto M, Imafuji T, Tokuyama K. Potential role of vitamin D receptor gene polymorphism in determining bone phenotype in young male athletes. *Journal of Applied Physiology*. 2002; 93(6): 1973-1979.
33. Hopkinson N, Li K, Kehoe A, et al. Vitamin D receptor genotypes influence quadriceps strength in obstructive pulmonary disease. *Am J Clin Nutr*. 2008; 87: 385-390.
34. Diogenes ME, Bezerra FF, Cabello GM, Cabello PH, Mendonça LM, Oliveira Júnior AV, Donangelo CM. Vitamin D receptor gene FokI polymorphisms influence bone mass in adolescent football (soccer) players. *Eur J Appl Physiol*. 2010; 108(1): 31-38.
35. Micheli ML, Gulisano M, Morucci G, Punzi T, Ruggiero M, Ceroti M, Marella M, Castellini E, Pacini S. Angiotensin-converting enzyme/vitamin D receptor gene polymorphisms and bioelectrical impedance analysis in predicting athletic performances of Italian young soccer players. *J Strength Cond Res*. 2011; 25(8): 2084-2091.
36. Geusens P, Vandevyver C, Vanhoof J, et al. Quadriceps and grip strength are related to vitamin D receptor genotype in elderly nonobese women. *J Bone Miner Res*. 1997; 12: 2082-2088.
37. Grundberg E, Brandstrom H, Ribom E, et al. Genetic variation in the human vitamin D receptor is associated with muscle strength, fat mass and body weight in Swedish women. *Euro J Endocrinol*. 2004; 150: 323-328.
38. Bahat G, Saka B, Erten N, Ozbek U, Coskunpinar E, Yildiz S, Sahinkaya T, Karan MA. Bsm1 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.
39. Rabon-Stith KM, Hagberg JM, Phares DA, Kostek MC, Delmonico MJ, Roth SM, Ferrell RE, Conway JM, Ryan AS, Hurley BF. Vitamin D receptor FokI genotype influences bone mineral density response to strength training, but not aerobic training. *Exp Physiol*. 2005; 90(4): 653-661.
40. Wang P, Ma LH, Wang HY, Zhang W, Tian Q, Cao DN, Zheng GX, Sun YL. Association between polymorphisms of vitamin D receptor gene Apal, Bsm1 and TaqI and muscular strength in young Chinese women. *Int J Sports Med*. 2006; 27(3): 182-186.
41. Massidda M, Scorcu M, Calò CM. New genetic model for predicting phenotype traits in sports. *Int J Sports Physiol Perform*. 2014; 9(3): 554-560.
42. Yanovich R, Friedman E, Milgrom R, Oberman B, Freedman L, Moran DS. Candidate gene analysis in Israeli soldiers with stress fractures. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2012; 11: 147-155.
43. McClung JP, Karl JP. Vitamin D and stress fracture: the contribution of vitamin D receptor gene polymorphisms. *Nutr Rev*. 2010; 68(6): 365-369.