

Sporda Beslenme ile Nutrigenetik ve Nutrigenomik İlişkisinin İncelenmesi

Investigation of the Relationship between Nutrition in Sports and Nutrigenetics and Nutrigenomics

Sedat KAHYA¹, Gürkan DİKER², Raif ZİLELİ³

ÖZ

Çalışma, beslenmenin nutrigenetik ve nutrigenomik bakımından sporcularda oluşturduğu etkileri incelemek amacıyla yapılmıştır. İnternet veri tabanlarına kayıtlı alana özgü çalışmalar incelenmiş ve özetlenmiştir. Omiks teknolojilerinde yaşanan gelişmeler sonucunda bireyselleştirilmiş diyet yaklaşımları ve beslenme stratejileri, önemli uygulamalar hâline gelmiştir. Bu alanlardan biri olan sporda beslenme, sporcuların sağlıklarını korumak ve performanslarını artırmak için anahtar role sahip bir beslenme türüdür. Bu amaçla makro ve mikro besin maddeleri, sporcu beslenmesinde önemlidir.

Sporcu beslenmesi üzerinde etkili olabilecek içsel-dışsal birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerden biri olan genetik, sporcu beslenmesinde dikkate alınması gereken önemli bir husustur. Sportif performans, besin maddelerinin metabolizmadaki etkinliği ile bu maddelerinin insan genomundaki ekspresyon seviyesi ile ilgili bir durum olabilir. Bu amaçla nutrigenetik ve nutrigenomik kavramları, sporcu performansı açısından dikkate alınması gereken konulardır. Çalışmada, nutrigenetik ve nutrigenomik kavramlarının teorikte aynı ama içerikte bazı farklılıklara sahip olabildikleri sonucu görülmüştür.

Sonuç olarak, sportif performans yalnız besin maddelerinin sporcu genomundaki metabolizmal faaliyetleri ile ilgili bir durum olmayabilir. Sportif performansı etkileme gücüne sahip içsel-dışsal birçok faktör bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Besin, Beslenme, Nutrigenetik, Nutrigenomik, Sportif Performans.

ABSTRACT

The study was conducted to examine the effects of nutrition in terms of nutrigenetics and nutrigenomics in athletes. Field-specific studies registered in internet databases were examined and summarized. As a result of the developments in omics technologies, individualized diet approaches and nutrition strategies have become important applications. Nutrition in sports, which is one of these areas, is a type of nutrition that has a key role to protect the health of athletes and increase their performance. For this purpose, macro and micro nutrients are important in sports nutrition.

There are many internal and external factors that can have an effect on sports nutrition. Genetics, one of these factors, is an important issue to be considered in sports nutrition. Sports performance may be related to the effectiveness of nutrients in metabolism and the level of expression of these substances in the human genome. For this purpose, the concepts of nutrigenetics and nutrigenomics should be considered in terms of athlete performance. In the study, it was concluded that the concepts of nutrigenetics and nutrigenomics may have the same theoretically but some differences in content.

As a result, sports performance may not only be related to the metabolic activities of nutrients in the athlete's genome. There are many internal and external factors that have the power to affect sporty performance.

Keywords: Food, Nutrition, Nutrigenetics, Nutrigenomics, Sporting Performance.

¹Dr., Sedat KAHYA, Hareket ve Antrenman Bilimi, Sivas Gençlik ve Spor İl Müdürlüğü, sedatkayha58@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1169-2642

²Doç. Dr., Gürkan DİKER, Hareket ve Antrenman Bilimi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Bölümü, gdiker@cumhuriyet.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0407-8238

³Doç. Dr., Raif ZİLELİ, Hareket ve Antrenman Bilimi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Sağlık Bilimleri Çocuk Gelişimi Bölümü, raif.zileli@bilecik.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4178-5468

GİRİŞ

Yaşadığımız yüzyıl içerisinde zorlu yaşam koşullarının insanları evrimleştirerek, onların hayatta kalma becerilerini geliştirdiği açık bir şekilde görülmektedir. İnsanların bu becerilerini geliştirip hayatta kalabilmelerinde onların sahip oldukları metabolizmal fonksiyonlarını korumaları büyük bir öneme sahiptir. İnsanların metabolizmalarını korumalarında, tükettikleri gıdalar kadar onları ne oranda tükettikleri de hayati bir öneme sahip olabilir. Açlık ve malnütrisyon, yetersiz beslenme gibi besin maddelerinin yeteri kadar dengeli bir şekilde tüketilememesi insan sağlığını önemli oranda riske atmaktadır.^{1, 2}

İnsan sağlığının ve neslinin sürdürülmesinde dengeli ve yeterli beslenme önemli bir amaçtır. Bu amacın gerçekleştirilmesinde ana unsur konumundaki gıda maddeleri, doğru ve sürdürülebilir beslenme için anahtar bir rol üstlenmektedir. Bu bağlamda besinsel olarak sürdürülebilirliği olmayan ve insan sağlığını riske atan gıdalar, dünya için küresel bir sorun teşkil etmektedir.³ Meseleye bu açıdan bakıldığında doğru beslenme alışkanlığının kazandırılması sorunun çözümünde önemli bir adım olabilir. Ancak bireyler; benzer kiloda, boyda hatta aynı beslenme alışkanlıklarına sahip olsa dâhi beslenmeye olan tepkilerinin farklılaşması bu işin özel bir uzmanlık gerektirdiği sonucunu bizlere göstermektedir. Kişiye özgü beslenmenin performans üzerindeki yansımaları olan sporda beslenme, spor dalının gerektirdiği gıda maddelerinin sporcu tarafından performans hedefleri de dikkate alınarak gerçekleştirilen bir beslenme türüdür.⁴

Zamanla spora olan ilginin artması bu işle uğraşan bireylerin beslenmeye olan meraklarını da artırarak, sporda beslenme kavramının ortaya çıkmasında etkili olmuştur.⁵ Spor beslenmesinde amaç sporcu sağlığını korumak ve performansını artırmaktır.⁶ Sporda performansın müsabaka sonucunu doğrudan etkilemesi, bu kavramın

spor ve sporcu açısından ne kadar önemli olduğunu bizlere göstermektedir.

Sporda beslenme üzerinde etkili olabilecek içsel-dışsal birçok faktör bulunmaktadır. Spor branşının gerektirdiği beslenmenin birey metabolizmasındaki verimliliği stimüle ederek, sporcunun ilgili spor branşında performans limitlerinin ötesine geçebilmesinde genetik faktörler önemli bir etmen olabilir. Bu durum sporcuların besin maddelerine karşı geliştirdiği genetik tepkileri ile gıda maddelerinin sporcu genomundaki etki durumunda, sportif performansı önemli oranda farklılaştırabilir. Bu doğrultuda beslenme ve genetik ilişkinin belirlenmesi ve diyetin bireyselleşmesini sağlamak adına nutrigenetik ve nutrigenomik kavramları önemli bir misyona sahip olabilir.⁷ Nutrigenetik ve nutrigenomik kavramlarının sportif performansı, hangi oranlarda stimüle ettiğinin bilinmesi ve bu durumu araştırmaya yönelik çalışmaların yapılması, sporcu performansına ciddi katkılar sağlayarak bu alan kapsamında literatüre yeni ve farklı metodolojiler kazandırabilir.

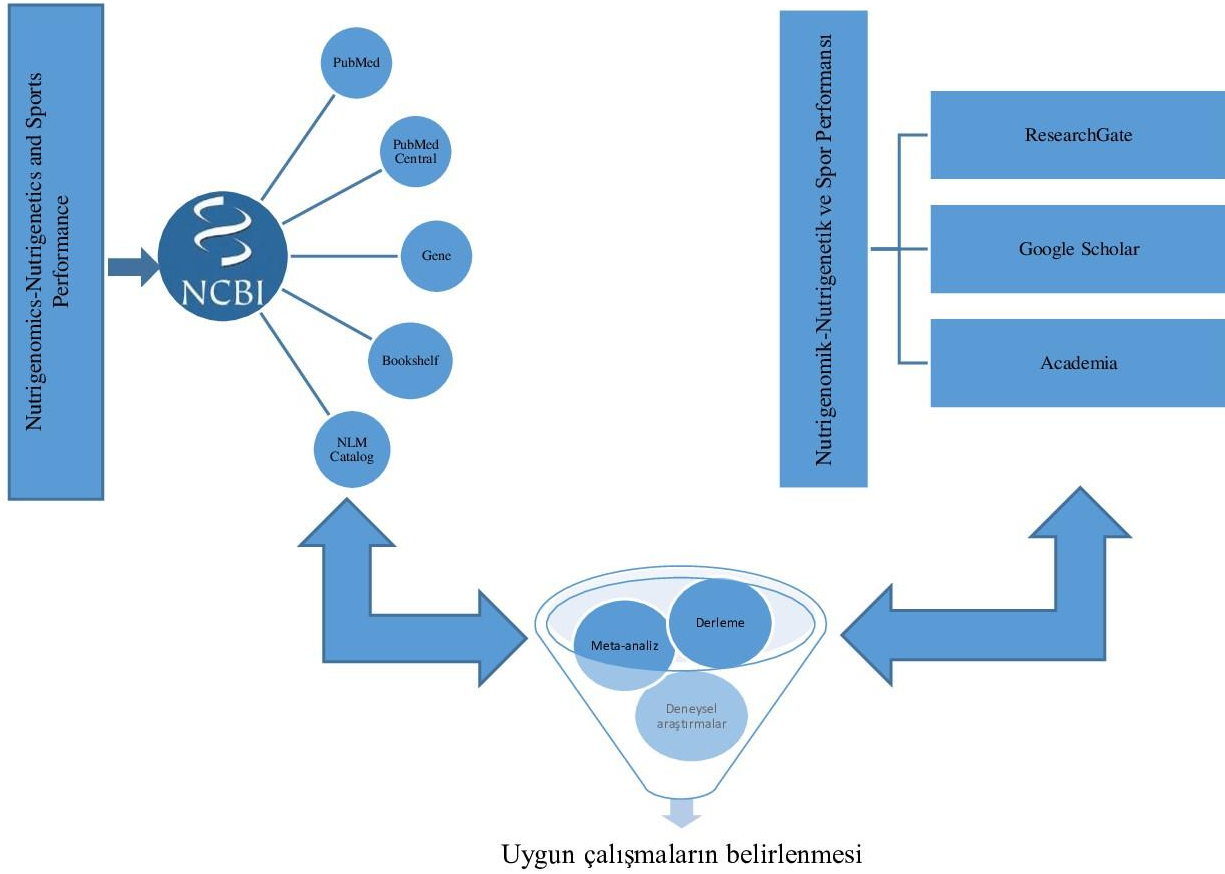
Bu aydınlatıcı bilgiler ışığında, spor ve beslenmeye yönelik alan yazında yapılan çalışmaların besin maddelerinin metabolizmadaki etkilerini belirli standartlara ve genel kurallara yönelik açıklamaları spor ve beslenmeye yönelik farklı ve özgün araştırmaların yapılmasına olanak sağlamıştır. Bu amaçla çalışma, sporcu beslenmesinin nutrigenetik ve nutrigenomik bakımdan sporcuda oluşturduğu etkileri detaylı bir şekilde incelemek amacıyla yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçların sporcu beslenmesine ve performansına değerli katkılar sunarak, bu alanda çalışan bilim insanlarına yol göstereceği kanaatindeyiz.

MATERYAL VE METOT

Çalışma, NCBI veri tabanına kayıtlı PubMed, PMC, Gene, Bookshelf ve NLM Catalog arama motorları ile ResearchGate, Google Akademik, Academia veri tabanlarına kayıtlı çalışmaların incelenmesini içermektedir. Çalışma, ilgili internet veri tabanlarına kayıtlı; beslenme, genetik, sporda beslenme, sporda beslenme ve genetik, spor ile genetik ve nutrigenetik-nutrigenomik anahtar kelimelerinin değerlendirmesini içermektedir.

Çalışmada; deneysel araştırma, derleme ve meta-analiz türündeki argümanlar kullanılmıştır. Çalışmaya uygunluğun

belirlenmesinde, öncelikle konumuzla doğrudan ilgili dokümanlar sonrasında ise dolaylı olanları detaylı bir şekilde incelenmiştir. Deneysel çalışmaların değerlendirilmesinde genlerin popülasyondaki dağılımlarına dikkat edilmiştir. Bu sebeple Hardy Weinberg Dengesine uygun olan çalışmalar, mevcut çalışmaya dâhil edilmiştir. Çalışmada uygulanan yöntemin akış şeması Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Çalışmanın Yöntemine İlişkin Akış Şeması

Araştırmanın Kısıtlılıkları

Çalışmayla ilgili genel literatür kapsamında çok fazla doküman olmasına

rağmen, bu alan özelinde ülkemizde daha az çalışmanın bulunması araştırmamızın kısıtlılığını/sınırlılığını oluşturmaktadır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Beslenmenin Atletik Performanstaki Önemi

Beslenmenin performans üzerindeki etkisine ilişkin geçmişten günümüze kadar devam eden olumlu yönde düşünceler bulunmaktadır. Öyle ki eski çağlarda insanlar, sporda başarılı olabilmek için tüketilen bazı yiyeceklerin mucizevi bir etkiye sahip olabileceklerine inanırlardı.⁸ Beslenme, çevremizden besin maddelerinin alınması ve bunların büyüme, üreme, hastalık, sağlık ve vücudumuzun bakımı gibi hayati işlevlerimizi yerine getirmek için kullanılmasından oluşan temel bir yaşam sürecidir.⁹ Besin maddelerinin yeterli alımı, özellikle sporcular gibi özel talepleri olan popülasyonlar için büyük önem taşımaktadır. Besinler, düzenli olarak fiziksel egzersize katılan sporcuların fiziksel ve işlevsel metabolik ihtiyaçlarını karşılamasının yanı sıra sağlığın ve atletik yeteneğin korunmasında da önemlidir.^{10,11}

Egzersiz, vücudun yorgunluk yaşadığı ve kolayca besin kaybı durumuna girebileceği fiziksel olarak zorlayıcı bir aktivitedir. Egzersizden kaynaklanan yorgunluğu gidermek ve normal vücut işlevini geri kazanmak için sporcular besin takviyesi yapmalıdırlar. Ancak beslenmeye dayalı faaliyetlerin birey metabolizması üzerinde maksimal oranda verimlilik göstermesi, bu maddelerinin optimal şekilde tüketimi ile mümkün olabilmektedir. Sporcuların ilgili spor branşlarına yönelik enerji taleplerinin dengeli bir şekilde ayarlanması kadar sporcuların tükettikleri besinlerin hangi besin bileşenine sahip olduğunu bilmeleri de sportif başarıda anahtar bir role sahip olabilir. Bu amaçla sporda besinlerin içerikleri ve bileşimleri esasen sıradan gıdalardan farklıdır. Sporda tüketilen gıdaların besin bileşenleri, genel olarak iki kategoriye ayrılır. Bunlar; temel besinler ve fonksiyonel faktörlerdir. Temel besinler; karbonhidrat, protein ve yağ (lipit) dâhil olmak üzere insan vücudunun ihtiyaç duyduğu besinleri ve/veya metabolitlerini ifade eder. Fonksiyonel faktörler ise glukozamin, kurkumin, L-karnitin ve liko pene gibi hayvanların ve

bitkilerin aktif veya fonksiyonel bileşenlerini ifade eder.¹²

Temel besinlerin alımı ve dengeli bir diyet tüketimi, enerji ihtiyacının karşılanmasına yardımcı olabilir ve/veya fiziksel antrenmana uyum sağlama yeteneğini artırabilir. Bu noktada makro besinler anahtar bir role sahiptir. Makro besinler; protein, karbonhidrat ve yağlardan oluşmaktadır. Bu besinlerden karbonhidratlar ve yağlar egzersiz ile dinlenme sırasında vücudun işlevini sürdürmek için gerekli olan enerjiyi yani kaloriyi sağlar. İster enerji üretiminde ister hücre yapısında olsun bu besinler, birey sağlığının yanı sıra atletik performansın gelişimine de olumlu katkılar sağlamaktadır.

Atletik performansa adaptif yanıtların başarılı bir şekilde sürdürülmesinde, bazı faktörlerin birbirleriyle kombinasyonu gerekli hâle gelmektedir. Egzersizin önemli parametrelerinden egzersiz türü, şiddeti, süresi ve sıklığının yanı sıra egzersiz öncesi-sonrası beslenme durumu ile besin kalitesi ve miktarı da bu kombinasyonun tamamlayıcısıdır.

Beslenme ve antrenmanın dikkatli bir şekilde planlanması-entegrasyonu ile uzun vadeli antrenman adaptasyonlarının geliştirilebileceği ortak bir görüş haline gelmiştir. Ancak optimal düzeyde dengeli bir beslenmeyle beraber sürdürülen planlı ve uygun antrenmanlar, süperkompanzasyon etkisi yaratabilmektedir. Bu durumun tersini düşünecek olursak, bazı besin maddelerinin fazlalığı ve/veya eksikliği performansı olumsuz yönde etkileyebilir. Örneğin egzersiz sonrası protein yokluğunda net protein sentezinin düşük olduğu ve kasın negatif protein dengesine sahip olabileceği bilinmektedir.¹³ Yetersiz spor beslenmesi; muhtemelen akut performansı, antrenman etkinliğini ve toparlanmayı azaltabilmektedir.¹⁴ Bu nedenle, antrenmandan elde edilen faydaları en üst düzeye çıkarmak ve müsabakalar sırasında başarı şansını artırmak için sporcu gruplarına yönelik beslenme önerilerinin bireyselleştirilmesi ve periyotlanması oldukça

önemlidir. Beslenme gereksinimleri; egzersizin durumuna, vücut kompozisyonuna ve hava durumuna bağlı olarak antrenman öncesinde, sırasında ve sonrasında farklılık gösterebilir.¹⁵ Örneğin glikojen sentezi ve yıkımı, egzersizden önce gerçekleşirken; egzersiz sırasında hızlı eksojen glikoz Emilimi, insülin salınımı, elektrolit replasmanı ve sıvı retansiyonu hayati önem taşımaktadır. Bununla birlikte, antrenman sonrasında hızlı amino asit Emilimi, protein sentezi, kas ve tendon onarımı, iltihaplanma ve oksidatif stresin azaltılması önemlidir.¹⁶

Beslenme bütün sporcular için ortak birtakım sonuçlar ortaya çıkarsa da, her sporcu için özelleşmiş bazı durumlar olabilmektedir. Sporda beslenme; sporcunun cinsiyeti, yaşı, aktivite seviyesi, harcanan enerji vb. açısından bireysellik ihtiva etmektedir.¹⁷ Bu bakımdan bireysellik noktasında “enerji dengesi” kavramı oldukça önemlidir. Enerji dengesi, alınan enerjiyle harcanan enerjinin ilişki durumunu ifade etmektedir. Bir sporcunun enerji dengesine etki eden birçok faktör vardır. Bunlar; antrenman, sıcak, soğuk rakım vb. dışsal etmenler ile stres, hastalık, fizyoloji, anatomi vb. içsel etmenlerden oluşmaktadır. Bütün bu etmenler, sporcunun mevcut enerji ihtiyacını değiştirebilir ve/veya dengeyi bozabilir. Sporcunun farklılaşan enerji dengesini yeniden kurmasında, doğru yiyecek ve içecekleri uygun miktar ve zamanlarda tüketmesi kritik bir öneme sahiptir.¹⁸

Genetik ile Spor ve Beslenme İlişkisi

Yaşayan organizmanın çeşitliliği ve kalıtımın bilimi konumundaki genetik; genom fonksiyonunu, genom yapısını, kromatin organizasyonunu, rekombinant oranını, mutasyon sürecini, evrimleşme tarihini, fizyolojiyi ve hastalıkları araştıran bir bilim dalıdır.¹⁹ Genetiğin spora yansımada önemli olabilecek SNPs (single nucleotid polymorphisms)’lerin araştırılmasına yönelik çalışmaların hem sayısının hem de bu alana yönelik ilginin artması, zamanla spor ve genetik ilişkisinin önemini artırmıştır. İkizler ve aileleri ile yapılan birçok çalışma, genetik faktörlerin fiziksel performansa önemli katkılarda bulunabileceğini göstermiştir.²⁰

İnsanları birbirinden ayıran genetik, atletik performans üzerinde hem doğrudan hem de dolaylı etki gücüne sahip biyolojik bir olgudur.^{21,22} Fiziksel performansın % 66 oranında kalıtsal faktörlerden etkilenen bir özellik olduğu dikkate alındığında genetiğin kas fibrili, kas kuvveti ve esnekliği üzerinde kritik bir öneme sahip olduğu görülmektedir.²³⁻²⁵

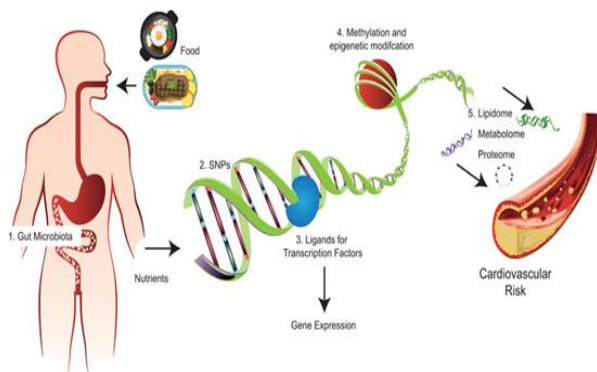
İnsan Genom Projesinin tamamlanmasıyla insana ilişkin birçok özellik gün yüzüne çıkmaya başlamıştır. Bu sayede genlerin besinler, su, bakteri, virüs vb. yapılar üzerindeki etkisi tanımlanmıştır.²⁶ Beslenmenin birey metabolizmasına sunduğu katkı, zamanla genetiğin beslenme ile ilişkili olabileceği fikrini gündeme getirmiştir.²⁷ Gen polimorfizmleri ile genlerin metabolizmadaki ifadelerinin tespit edilmesiyle kişiye özgü beslenme programları oluşturulmuş ve insanların yaşam standartları önemli oranda yükseltilmiştir.²⁸ Kişiye özel beslenme reçetelerinin moleküler düzeyde genlerle etkileşime girmesi, nutrigenetik-nutrigenomik bilimlerini içerisine alan beslenme genomini ortaya çıkartmıştır.²⁹ Beslenme genomu, besin maddeleri ile genler arasındaki ilişkinin belirlenmesinde fizyoloji, beslenme, biyokimya, genomik, proteomik, metabolomik, epigenetik ve transkriptomik alanlarla ilişki içerisinde.³⁰

Beslenme genomunun odak noktasında bulunan nutrigenetik ve nutrigenomik kavramlarının ortak amacı insan genomunun beslenme üzerinde bıraktığı izleri incelemektir. Her ne kadar da bu iki kavram teorikte aynı amaca hizmet etse de, bu kavramlar arasında birtakım farklılıklar da bulunmaktadır. Bu durum, nutrigenetik ve nutrigenomik gen ve diyet ilişkisinin anlaşılmasında temel olarak farklı yaklaşımları içermesinden kaynaklanmaktadır.³¹ Nutrigenetik ve nutrigenomik arasındaki farklılıklar Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Nutrigenetik ile Nutrigenomik Arasındaki Farklılıklar³²⁻³⁷

Nutrigenetik	Nutrigenomik
Genetiğin beslenme, diyet ve hastalık ile ilişkisini inceler.	Hastalıkta ve sağlıkta besinlerin genomlarıncı inceler.
Besinlerin gen ekspresyonundaki etkisini inceler.	Besinlerin genom üzerindeki etkisini inceler.
Besinlerin gen varyantlarıyla ilişkisini, kişiselleştirilmiş diyetin faydaları, riskleri ve bu alanla ilgili tavsiyeleri içerir.	Gen ekspresyonu ve hücre fonksiyonu üzerine biyoaktif gıda bileşenleri ile gıdaların biyolojik etkilerini inceler.
Genlerin ve nükleotidlerin besin karakterizasyonuna olan etkisini inceler.	Proteomik, metabolik ve genom üzerine besinlerin etkisini inceler.

Nutrigenetik ve nutrigenomik, terminolojik olarak farklı anlamlar ifade eden kavramlar olmasına rağmen, bu iki kavram besin genomunun alternatif yaklaşımlarını oluşturmaktadır.³⁸ Her iki kavramın da hem sporcu hem de sedanter bireylerde farklı tepkiler oluşturabileceği göz önüne alınarak, beslenmenin genetik olarak metabolizma üzerinde oluşturduğu etki yaşamsal faaliyetlerin sürdürülmesi için oldukça önemli bir işleve sahip olabilir. Bu durum, özellikle bazı hastalıkların beslenme ile ilişkili olabileceği düşüncesini gündeme getirerek, birey yaşamının nutrigenetik ve nutrigenomik olarak da ele alınmasına sebep olmuştur. Bu bağlamda beslenmenin kalp-damar sistemi üzerinde oluşturduğu riske bağlı olarak gelişen kardiyovasküler hastalıklar, nutrigenetik ve nutrigenomik birey sağlığı üzerinde önemli etkilere sahip olabileceğini bilimsel olarak bizlere göstermektedir.



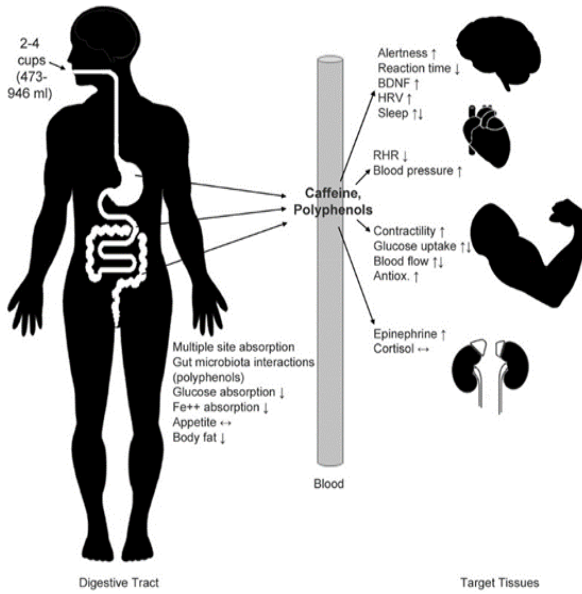
Şekil 2. Kardiyovasküler Hastalıklarda Nutrigenetik ve Nutrigenomik'in Olası Moleküler

Mekanizması: 1-Bağırsak mikrobiyom bileşimine bağlı olarak, besin alımı ve farklılaşan bağırsak metabolizması; 2- Bireysel genotipe bağlı olarak, besin bağlanımı ve farklılaşan emilim; 3- Spesifik transkripsiyon faktör bağlanımıyla gen ifadesinin değişimi; 4- Metilasyon ve epigenetik modifikasyon üzerine spesifik etkiler; 5- Lipidome, metabolom ve proteom aracılığı ile metabolik sinyalin düzenlenmesi.³⁹

Spor ile Nutrigenetik ve Nutrigenomik İlişkisi

Sportif performans içsel-dışsal birçok faktörden etkilenen kompleks bir olgudur. Bu faktörlerden biri olan beslenme, sportif performans üzerinde önemli etkilere sahiptir.¹⁸ Sportif performans üzerinde sporcunun verim kapasitesini doğrudan etkileyen beslenme ve ilgili olduğu diğer özellikler, elit atlet statü için kritik öneme sahiptir. Bu bakımdan sporcunun ilgili spor branşında başarılı olabilmesi, besin maddelerinin metabolizmadaki etkinliği ile ilgili bir durum olabilir. Bu durum besin maddelerinin insan genomundaki ekspresyon seviyesini artırarak, sporcunun performansına olumlu katkılar sunabilir. Bu amaçla son zamanlarda elit atlet statüsü ve beslenme ilişkisine yönelik araştırmalarda önemli artışlar görülmektedir. Beslenme ve genetiğe yönelik yapılan araştırmalar, başlarda besinlere maruz kalma ve diyetin nispeten basit bir şekilde sınıflandırıldığı çalışmaları içermekteydi. Ayrıca bu çalışmalar, az sayıdaki bireylerin sahip olduğu genetik varyantlar ile yapılmıştır.⁴⁰ Omiks teknolojilerinde yaşanan gelişmeler sonucunda bireyselleştirilmiş diyet yaklaşımları ve her bireye özgü beslenme stratejileri önemli uygulamalar hâline gelmiştir.^{41,42} Bu teknolojik gelişimin meyveleri konumundaki nutrigenetik ve nutrigenomik kavramları, yalnız hastalığın tedavisinde değil aynı zamanda sağlığın ve fiziksel iyi oluşunda önemli bir bölümünü oluşturmaktadır.⁴³ Besin ve genetik etkileşimine bu açıdan bakıldığında kalıtım, insanların besinlere farklı tepkiler göstermesinde büyük bir öneme sahip olabilir. Besinsel olarak birey metabolizmasındaki farklılaşmalar, sporcuların üst düzey performanslarında müsabaka sonucunu hatırı sayılır bir şekilde etkileyebilmektedir. Bu

bağlamda sportif performansın sporcunun maksimal efor göstererek, gerçekleştirilmesinde bazı uyarıcı maddeler kritik bir öneme sahip olabilir. Bunlardan biri olarak gösterilen kafein, kullanılan miktara da bağlı olarak merkezi sinir sistemini uyaran kimyasal bir besindir. Bu durum üzerinde kafeinin kimyasal olarak adenozin'e benzer bir yapı olması esas sebep olabilir.⁴⁴ Kafeinin adenozin içerikli olması, bu uyarıcı gıda maddesinin sporcu performansında metabolik farklılaşmaları stimüle edebilecek bir göreve sahip olabileceği sonucunu mümkün hâle getirebilir. Kafeinin sporcu metabolizmasında neden olduğu bu farklılaşma özellikle nutrigenetik kavramını sporcu açısından önemli bir konuma getirmektedir. Bu durumu bir örnekle açıklamak gerekirse, *ADORA2A* (adenozin A2A reseptör) rs5751876 polimorfizminde meydana gelen c.1976 T>C transisyonu uyku ile uyanık kalma dengesini düzenleyerek, kafeinin neden olduğu kaygıya karşı duyarlılığı artırdığı bilinmektedir.⁴⁵ Şekil 3'te kahvede bulunan kafeinin metabolizma üzerindeki etkisi gösterilmektedir.



Şekil 3. Kafeinli Kahvenin İnsan Metabolizmasında Oluşturduğu Fizyolojik Etkiler

Kafein, hücrelerin yaşamlarını sürdürebilmelerinde büyüme ve gelişmede önemli bir protein olan, beyin ve omurilikte bulunan, BDNF (brain-derived neurotrophic factor)'nin stimülasyonunda kritik rol

oynamaktadır.⁴⁶ Genomik olarak BDNF proteinin işlevi *BDNF* geni tarafından kontrol edilmektedir. Besin genetiği açısından *BDNF* geni ile ilgili Luis ve ark. (2016)'nın yaptıkları çalışmada, kilo kaybı sonrası *BDNF* rs10767664 polimorfizmi ile metabolizma arasında bir ilişki olabileceği sonucuna ulaşmışlardır. Aynı çalışmada, *BDNF* rs10767664 T aleli taşıyan bireylerin taşımayanlara oranla glikoz, insülin ve homeostazis model değerlendirme seviyelerinde önemli düşüşler olduğunu tespit etmişlerdir.⁴⁷ Polat ve ark. (2020)'nin Türk Voleybol oyuncularını ile yaptıkları çalışmada, *BDNF* rs6265 polimorfizminin ne genotip ne de alel dağılımlarının istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılıklar göstermediğini tespit etmişlerdir.⁴⁸ Kafein metabolizması ile ilgili yapılan bir diğer çalışmada, Yücesoy ve ark. (2017) *CYP1A2* rs2069514 polimorfizminin genotip dağılımının kısa ve uzun mesafe koşucularında farklılaştığını tespit etmişlerdir. Aynı çalışma sonucunda, 10 kısa mesafe koşucusunun 9'unun, *CYP1A2* rs2069514, GG genotipine sahip olduklarını belirlemişlerdir.⁴⁹ Sporcuların uzun süreli aktivitelerinde önemli bir besin maddesi olan trigliseritler, dayanıklılık performansına yönelik fizyolojik verimlilikte ve diyetle önemli bir gıda maddesidir.¹⁷ Trigliseritlerin bireyden bireye farklılık göstermesinde genetik, kritik bir öneme sahip olabilir. Bu doğrultuda Keathley ve ark. (2022)'nin yaptıkları çalışmada, *APOE-E4* rs429358-rs7412 gen polimorfizmlerinin omega-3 bakımından zengin balık yağına karşı tepkilerinde önemli derecede trigliserit azalması gösterdikleri tespit edilmiştir. Aynı çalışmada, LDL (low density lipoprotein), HDL (high density lipoprotein), toplam kolesterol ve plazma apolipoproteinler üzerinde omega-3 yağ asidi tüketimi ile ilişkili gen-diyet etkileşiminin yetersiz olduğunu tespit etmişlerdir.⁵⁰ Bir başka çalışmada ise Eken ve ark. (2019) *APOE* rs429358 ve rs7412 polimorfizmlerinin Türk futbolcularda dağılımlarını incelemişlerdir. Çalışma sonunda, *APOE* ε3/ε3 genotipinin futbolcularda diğer genotiplere göre daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir.⁵¹

Spor branşları açısından nutrigenetik ve nutrigenomik kavramları incelendiğinde, bu iki kavramın sporcu başarısında anahtar bir misyona sahip olabileceği düşüncesi göz önünde bulundurulabilir. Bu doğrultuda Makhmudov ve Sadikov (2021)'nin yaptıkları çalışmada, judocuların fiziki kapasitelerini artırmada beslenmenin önemli bir araç olduğu ve elit seviye atletik performansın, genetik olarak kazanılan özellikler ile gıdalar için bireysel ihtiyaçları da dikkate alarak elde edilebilen bir kavram olabileceği sonucuna ulaşmışlardır.⁵² Kambouris, Buono ve Maffulli (2014)'nin yedi futbol oyuncusu ile yaptıkları çalışmada ise nutrigenomik ile folik asit metabolizması, tuz hassasiyetine bağlı hipertansiyon, alkol-kafein metabolizması ile glüten intoleransı arasında anlamlı bir ilişkili

olabileceği sonucuna ulaşmışlardır. Aynı çalışmada, demir emilimi ile nutrigenomik arasında ise herhangi bir ilişki durumu tespit edememişlerdir.⁵³

Spor ve genetik ilişkisinin birey yararına olumlu etkiler göstermesinde, nutrigenetik ve nutrigenomik kavramları kritik bir öneme sahip olabilir. Bu amaçla sporda nutrigenetik, egzersize bağlı kilo kaybında daha iyi sonuçların elde edilmesinde sağlık personellerine önemli katkılar sağlarken, nutrigenomik ise insan patolojisinin altında yatan hücrel ve moleküler bazı hastalıkların açıklanmasında bu işle uğraşan bireylere önemli katkılarda bulunabilir.^{54,55}

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sporda başarı üzerinde birçok faktörün etkili olduğu düşüncesinden hareketle, sportif performansın kompleks bir yapıda olduğu açık bir şekilde görülmektedir. Modern zamanın savaşçıları, gladyatörleri, kahramanları vb. birçok sıfatla nitelendirilen sporcularının gerçek ve sürdürülebilir başarılarında beslenmenin önemli bir araç olduğu mevcut çalışmamız sonucunda görülmüştür. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte insana ait birçok özelliğin keşfedilmesi, beslenme üzerinde yalnız dışsal faktörlerin değil aynı zamanda içsel faktörlerin özellikle de genetik etmenlerin önemli olabileceğini göstermiştir.

Watson ve Crick'in DNA'nın saklı özelliklerini keşfetmeleriyle ortaya çıkarttıkları genetik şifreler, spor ve performans ilişkisinde olduğu gibi spor, genetik ve beslenme üçlüsünün de birbirleriyle hatırı sayılır bir ilişki içerisinde olabilecekleri sonucunu bizlere göstermiştir.

Beslenme genomu kavramının ürünleri olan nutrigenetik ve nutrigenomik terimleri, her ne kadar da aynı terminoloji içerisinde

değerlendirilse de bu iki kavram arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Çalışmada, nutrigenomik kavramının nutrigenetik kavramına oranla daha geniş bir araştırma alanına sahip olduğu sonucu görülmüştür. Nitekim hem nutrigenomik hem de nutrigenetik, besinlerin birey metabolizmasında oluşturduğu genetik hassasiyeti tepkilendiren önemli kavramlardır. Ayrıca bu iki kavram metabolizma üzerinde biyolojik, fizyolojik, morfolojik, hormonal, mental ve motivasyonel birçok etkiye de sahip olabilir.

Sporun artan popüleritesi ve sporcuların en iyisi, en hızlısı ve en güçlüsü olma gibi düşünceler içerisinde etkinliklerini devam ettirmeleri, kişiye özel beslenmenin bilhassa da besin genomunun hız kesmeden gelişeceği bizlere göstermektedir. Çalışmada, sportif performans üzerinde beslenmeye bağlı olarak yalnız genetik faktörlerin etkili olabileceği yorumu büyük oranda doğrulanamamıştır. Bu alana yönelik daha fazla çalışmanın yapılması, sorunun çözümünde önemli bir adım olacaktır.

KAYNAKLAR

- Özmerit, E.N. (2005). "Erken Çocukluk Gelişiminin Desteklenmesi-I: Beslenme". Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi, 48, 179-195.
- Aktaş, N. ve Özdoğan, Y. (2016). "Gıda ve Beslenme Okuryazarlığı". Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 20 (2), 146-153.
- Pekcan, A.G. (2019). "Sürdürülebilir Beslenme ve Beslenme Örtütüsü: Bitkisel Kaynaklı Beslenme". Beslenme ve Diyet Dergisi, 47 (2), 1-10. <https://doi:10.33076/2019.BDD.126>
- Terzi, M. ve Ersoy, G. (2022). "Sürdürülebilir Beslenme Sporcular için Sürdürülebilir mi?" Spor ve Rekreasyon Araştırmaları Dergisi, 4 (1), 21-31. <https://doi:10.52272/srad.1073827>
- Süel, E, Şahin, İ, Karakaya, M.A. ve Savucu, Y. (2006). "Elit Seviyedeki Basketbolcuların Beslenme Bilgi ve Alışkanlıkları". Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 20 (4), 271-275.
- Yılmaz, A. ve Konokman, G.B. (2023). "Kadın Sporcularda Beslenme ve Kadın Sporcu Üçlemesi". Ulus Kinesiyoloji Dergisi, 4 (1), 29-37. <https://doi:10.5281/zenodo.8003809>
- Duru, Ö. ve Sencar, G. (2022). "Epigenetik ve Nutri-genetik Besin / Gen İlişkisi". S. P. KARA (Ed.). Sağlık Bilimleri Alanında Akademik Çalışmalar- IV (s. 73). İstanbul: Net Kırtasiye Tanıtım ve Matbaa.
- Köksal, O. (1975). "Spor ve Beslenme". Beslenme ve Diyet Dergisi, 4 (1), 57-74.
- Serón-Arbeloa, C, Labarta-Monzón, L, Puzo-Foncillas, J, Mallor-Bonet, T, Lafita-López, A, Bueno-Vidales, N. and Montoro-Huguet, M. (2022). "Malnutrition Screening and Assessment". Nutrients, 14 (12), 2-30.
- Ersoy, G. (2016). "Fiziksel Uygunluk (Fitnes) Spor ve Beslenme ile İlgili Temel Öğretiler". Ankara: Göktuğ Ofset.
- McArdle, S, Meade, M.M. and Burrows, E. (2018). "Service Providers' Attitudes Toward Athletes With Eating Disorders". Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of The Canadian Academy of Sport Medicine, 28 (1), 51-55.
- Grout, A, McClave, S.A, Jampolis, M.B, Krueger, K.J, Hurt, R.T, Landes, S. and Kiraly, L. (2016). "Basic Principles of Sports Nutrition". Current Nutrition Reports, 5, 213-222.
- Jeukendrup, A.E. (2017). "Periodized Nutrition for Athletes." Sports Medicine (Auckland, N.Z.), 47(1), 51-63.
- Burke, L.M. and King, C. (2012). "Ramadan Fasting and the Goals of Sports Nutrition Around Exercise". Journal of Sports Sciences, 30 (1), 21-31.
- Burke, L.M, Loucks, A.B. and Broad, N. (2006). "Energy and Carbohydrate for Training and Recovery". Journal of Sports Sciences, 24 (7), 675-85.
- Ravindra, P.V, Janhavi, P, Divyashree, S. and Muthukumar, S.P. (2022). "Nutritional Interventions for Improving the Endurance Performance in Athletes". Archives of Physiology and Biochemistry, 128 (4), 851-858. <https://doi:10.1080/13813455.2020.1733025>
- Özdemir, G. (2010). "Spor Dallarna Göre Beslenme". Spormetre, 8 (1), 1-6.
- Guest, N.S, Horne, J, Vanderhout, S.M. and El-Sohemy, A. (2019). "Sport Nutrigenomics: Personalized Nutrition for Athletic Performance". Frontiers Nutrition, 6 (8), 1-16. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00008>
- Lippi, G, Longo, U.G. and Maffulli, N. (2010). "Genetics and Sports". British Medical Bulletin, 93, 27-47. <https://doi:10.1093/bmb/ldp007>
- Miyamoto-Mikami, E. and Fuku, N. (2020). "Genetics and Genomics in Sports". Juntendo Medical Journal, 66 (1), 72-77. <https://doi.org/10.14789/jmj.2020.66.JMJ19-P12>
- Wei, Q. (2021). "ACE and ACTN3 Gene Polymorphisms and Genetic Traits of Rowing Athletes in the Northern Han Chinese Population". Frontiers Genetics, 12, 1-12. <https://doi:10.3389/fgene.2021.736876>
- Kahya, S. (2023). "Sporda Damar Mekanizmasını Etkileyen Genetik Faktörler: Geleneksel Derleme". Türkiye Klinikleri Spor Bilimleri Dergisi, 15 (2), 331-40. <https://doi:10.5336/sportsci.2022-94433>
- Drozdzowska, S.B, Dosenko, V.E, Ahmetov, I.I. and Ilyin, V.N. (2013). "The Association of Gene Polymorphisms with Athlete Status in Ukrainians". Biology of Sport, 30 (3), 163-7. <https://doi:10.5604/20831862.1059168>
- Fariz, B. and Bülent, Ü.B. (2016). "The Investigation of Effect of Balance and Strength Exercises on Knee Proprioception in Young Adolescents". British Journal of Sports Medicine, 50 (1), 78. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097120.136>
- Semenova, E.A, Zempo, H, Miyamoto-Mikami, E, Kumagai, H, Larin, A.K, Sultanov, R.I. and Babalyan, K.A. (2022). "Genome-Wide Association Study Identifies CDKN1A as a Novel Locus Associated with Muscle Fiber Composition". Cells, 11 (23), 2-14. <https://doi:10.3390/cells11233910>
- Ertaş, Y. ve Şanlıer, N. (2014). "Beslenme ve Metabolomikler". Beslenme ve Diyet Dergisi, 42 (1), 52-58.
- Sekar, P, Ventura, E.F, Dhanapal, A.T, Cheah, E.S, Loganathan, A, Quen, P.L. and Appukutty, M. (2023). "Gene-Diet Interactions on Metabolic Disease-Related Outcomes in Southeast Asian Populations: A Systematic Review". Nutrients, 15 (13), 2-29. <https://doi:10.3390/nu15132948>
- Kargün, K. (2022). "Nurigenetik ve Nutri-genomik Yaklaşım." A. GÜLER (Ed.). Güncel Araştırmalar ve Yeni Eğilimler 4 (206-226). Çetinje-Montenegro: Ivpe.
- Şengün, N. ve Pala, R. (2021). "Ergojenik Desteklerin Nutri-genomik ve Performans Üzerindeki Etkileri". G. HERGÜNER, Ç. YAMAN, H. GÜMÜŞDAĞ. ve A.S. YÜCEL (Ed.). Spor ve Sosyal Bilimler Üzerine Yaklaşımlar (118). İstanbul: Güven Plus.
- Çetin, B. ve Aktaş, H. (2023). "Gıda ve Genom İnteraksiyonu: Beslenme Genomiği". İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 13 (1), 362-374. <https://doi.org/10.21597/jist.1188508>
- Mutch, D.M, Wahli, W. and Gary, W. (2005). "Nutrigenomics and Nutrigenetics: The Emerging Faces of Nutrition". The FASEB Journal, 19 (12), 1581-1760. <https://doi.org/10.1096/fj.05-3911rev>
- Ordovas, J.M. and Mooser, V. (2004). "Nutrigenomics and Nutrigenetics". Current Opinion in Lipidology, 15 (2), 101-108. <https://doi:10.1097/01.mol.0000124521.75650.dd>
- Kauwell, G.P. (2005). "Emerging Concepts in Nutrigenomics: A Preview of What is to Come". Nutrition in Clinical Practice, 20, 75-87. <https://doi.org/10.1177/011542650502000175>
- Costa, V, Casamassimi, A. and Ciccociolla, A. (2010). "Nutritional Genomics Era: Opportunities toward a Genome-tailored Nutritional Regimen". Journal of Nutritional Biochemistry, 21 (6), 457-467. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2009.10.012>
- Seçer, S, Özden, A, Güllüoğlu, Ş. ve Ekinçi, F.Y. (2011). "Diyetle İlişkili Hastalıkların Önlenmesi ve Hayat Kalitesinin İyileştirilmesi için Genotipleme Dayalı Kişisel Özel Beslenme". Akademik Gıda, 9 (4), 51-59.
- Bragazzi, N.L. (2013). "Situating Nutri-Ethics at The Junction of Nutrigenomics and Nutri-proteomics in Postgenomics Medicine." Current Pharmacogenomics and Personalized Medicine, 11 (2), 162-166.
- Dege, G. ve Demir, B. (2022). "Nutri-genetik ve Kişiselleştirilmiş Diyet". R. AKKAYA ve B. AKKAYA (Ed.). Sağlık Bilimlerinde Güncel Tartışmalar. 5 (387-394). Afyonkarahisar: Bilgin Kültür Sanat Yayınları.
- Floris, M, Cano, A, Porru, L, Addis, R, Cambedda, A, Idda, M.L. and Maioli, M. (2020). "Direct to Consumer Nutrigenetics Testing: An overview". Nutrients, 12 (2), 2-13. <https://doi.org/10.3390/nu12020566>

39. Ferguson, J.F, Allayee, H, Gerszten, R.E, Ideraabdullah, F, Kris-Etherton, P.M, Ordovás, J.M. and Bennett, B.J. (2016). "Nutrigenomics, the Microbiome, and Gene-Environment Interactions: New Directions in Cardiovascular Disease Research, Prevention, and Treatment". *Circulation Cardiovascular Genetics*, 9 (3), 291-313. <https://doi.org/10.1161/HCG.0000000000000030>
40. Mathers, J.C. (2017). "Nutrigenomics in the Modern Era". *Proceedings of the Nutrition Society*, 76, 265-275. <https://doi:10.1017/S002966511600080X>
41. Sorrenti, V, Fortinguerra, S, Caudullo, G. and Buriani, A. (2020). "Deciphering the Role of Polyphenols in Sports Performance: From Nutritional Genomics to the Gut Microbiota toward Phytonutritional Epigenomics". *Nutrients*, 12 (5), 2-28. <https://doi.org/10.3390/nu12051265>
42. Vranceanu, M, Pickering, C, Filip, L, Pralea, I.E, Sundaram, S, Al-Saleh, A. And Grimaldi, K.A. (2020). "A Comparison of a Ketogenic Diet with a LowGI/Nutrigenetic Diet over 6 Months for Weight Loss and 18-Month follow-up". *BMC Nutrition*, 6 (1), 2-12. <https://doi: 10.1186/s40795-020-00370-7>
43. Marcum, J.A. (2020). "Nutrigenetics/Nutrigenomics, Personalized Nutrition, and Precision Healthcare". *Current Nutrition Reports*, 9 (4), 338-345. <https://doi: 10.1007/s13668-020-00327-z>
44. Garipağaoğlu, M. ve Kuyrukçu, N. (2009). "Çocuk Sağlığı ve Kafein". *Çocuk Dergisi*, 9 (3), 110-115.
45. Gutiérrez-Hellín, J. and Varillas-Delgado, D. (2021). "Energy Drinks and Sports Performance, Cardiovascular Risk, and Genetic Associations; Future Prospects". *Nutrients*, 13 (3), 715, 2-28. <https://doi: 10.3390/nu13030715>
46. Lowery, L.M, Anderson, D.E, Scanlon, K.F, Stack, A, Escalante, G, Campbell, S.C. and Antonio, J. (2023). "International Society of Sports Nutrition Position Stand: Coffee and Sports Performance". *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 20 (1), 631-675. <https://doi: 10.1080/15502783.2023.2237952>
47. Luis, D.A, Izaola, O, Primo, D. and Pacheco, D. (2016). "Effect of the rs10767664 Variant of the Brain-Derived Neurotrophic Factor Gene on Weight Change and Cardiovascular Risk Factors in Morbidly Obese Patients after Biliopancreatic Diversion Surgery". *Journal of Nutrigenetics and Nutrigenomics*, 9 (2-4), 117-122. <https://doi.org/10.1159/000448102>
48. Polat, T, Doğan, C, Eken, B, Yılmaz, Ö, Silar, Ç, Karapınar, G. ve Ulucan, K. (2020). "The distribution of brain-derived neurotrophic factor rs6265 polymorphism in Turkish Volleyball players". *The Journal of Neurobehavioral Sciences*, 7(3), 147-151. https://doi:10.4103/jnbs.jnbs_28_20
49. Yücesoy, B, Kapıcı, S, Sercan, C, Yigitbasi, T, Emekli, N. ve Ulucan, K. (2017). "Determination of The Distribution of the rs2069514 and rs762551 Alleles of the Cyp1a2 Gene related to Caffeine Metabolism in Professional Athletes". *European Journal of Biology*, 76(2), 69-73.
50. Keathley, J, Garneau, V, Marcil, V, Mutch, D.M, Robitaille, J, Rudkowska, I. and Vohl, M.C. (2022). "Nutrigenetics, Omega-3 and Plasma Lipids/Lipoproteins/Apolipoproteins with Evidence Evaluation using the GRADE Approach: A Systematic Review". *BMJ Open*, 12, 1-14. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-054417>
51. Eken, B, F, Gezmiş, H, Ük, Y, Erdoğan, A, Doğan, C, S, Kırac, D. ve Ulucan, K. (2019). "Türk Kökenli Futbolcularda Apolipoprotein-E Genotiplerinin belirlenmesi". *Avrasya Spor Bilimleri Araştırmaları*, 4 (2), 53-58. <https://doi: 10.35333/ERISS.2019.89>
52. Makhmudov, D.E. and Sadikov, A.A. (2021). "Nutrition Analysis of Highly Qualified Judo Athletes based on Nutrigenetics Studies". *International Medical Scientific Journal*, 3 (1), 125-130.
53. Kambouris, M, Buono, A.D. and Maffulli, N. (2014). "Genomics DNA Profiling in Elite Professional Soccer Players: A Pilot Study". *Translational Medicine @ UniSa*, 9 (3), 18-22.
54. Nicoletti, C.F, Oliveira, B.P, Pinhel, M.A. and Nonino, C.B. (2019). "Perspectives of Personalized Weight Loss Interventions based on Exercise Genomics, Nutrigenetic, Epigenetic, and Metagenomic Data in Fitness and Sport". *America: Academic Press*.
55. Caradonna, F, Consiglio, O, Luparello, C. and Gentile, C. (2020). "Science and Healthy Meals in the World: Nutritional Epigenomics and Nutrigenetics of the Mediterranean Diet". *Nutrients*, 12 (6), 2-23. <https://doi: 10.3390/nu12061748>