

Genetik Mühendisliği ve Spor

Genetic Engineering and Sports: Review

Sait TARAKÇIOĞLU^a

^aBeden Eğitimi Bölümü,
Sporda Psikososyal Alanlar AD,
Ege Üniversitesi Beden Eğitimi ve
Spor Yüksekokulu, İzmir

Geliş Tarihi/Received: 28.03.2012
Kabul Tarihi/Accepted: 30.04.2012

*Bu çalışma, (Mart 2012) Ege Üniversitesi,
Sağlık Bilimleri Enstitüsü,
Beden Eğitimi ve Spor Programı,
Sporda Psikososyal Alanlar AD,
"Spor Etiği Bağlamında Gen Dopingi" adlı
doktora tezinin bir bölümünden derlenmiştir.*

Yazışma Adresi/Correspondence:
Sait TARAKÇIOĞLU
Ege Üniversitesi Beden Eğitimi ve
Spor Yüksekokulu,
Beden Eğitimi Bölümü,
Sporda Psikososyal Alanlar AD, İzmir,
TÜRKİYE/TURKEY
sait.tarakcioglu@ege.edu.tr

ÖZET Genler sportif performans açısından büyük bir önem arz etmektedir. Bu yüzden sporcular üzerinde uygulanacak genetik müdahaleler spor yarışmalarının karakterini büyük ölçüde değiştirecektir. Performans ile ilişkili genlere ve onların vücut üzerindeki etkilerine baktığımızda bunu rahatlıkla görebiliriz. Bu nedenle genetik bilimindeki ilerlemelerin spordaki olası etkilerinin ele alınması ve tartışmaya açılması gerekmektedir. Bu çalışmanın temel amacı, genetik mühendisliğinin sporda nasıl kullanılacağını, hangi etkilere yol açacağını ve ne gibi riskler taşıyacağını ele almaktır. Bu amaçla, öncelikle genlerin spordaki önemi ve gen terapisi anlatılmaktadır. Gen terapisi basitçe, hastalığa neden olan bozuk genlerin onarılmasına yönelik tasarlanmış bir yaklaşımlar bütünüdür; *somatik gen terapisi* ve *germ-hattı gen terapisi* olarak iki çeşittir. Gen terapisinin sporda sağlıklı sporcular üzerinde performansı arttırmak amacıyla kullanılması ise gen dopingi olarak adlandırılmaktadır. Genetik mühendisliği henüz olgunlaşmamış bir alandır. Bu yüzden, gen dopingine başvuracak sporcular kanser veya bağışıklık sistemi hastalıklarından ağır zararlar göreceklere. Bunun farkında olan WADA 2003 yılından beri bu yeni doping çeşidini yasaklamıştır. Ancak, genetik bilimindeki gelişmelere spor kültürünün uzak durması beklenemez. Bu nedenle, kaçınılmaz olarak bu konunun tüm boyutlarıyla ele alınması ve tartışmaya açılması gerekmektedir. Böylelikle hem sporcuları muhtemel zararlardan koruyabilir hem de sporun geçireceği değişimlere hazırlıklı olabiliriz.

Anahtar Kelimeler: Spor; sporcu, genetik mühendisliği; performans; gen dopingi; gen terapisi

ABSTRACT Genes are of great importance in terms of athletic performance. Therefore, genetic applications on athletes may change the character of sports to a great extent. We can easily predict it when we consider the performance genes and their effects on the body. Hence, the possible impacts of the advents of genetic science on sports should be considered and come up for discussion. The main purpose of this study is to expose the applications of genetic engineering and their effects with the potential risks in sports. To that end, first of all, the importance of genes in sports and gene therapy has been explained. Gene therapy is simply a set of approaches designed to correct the defective genes responsible for disease development. There are two types of gene therapy: *somatic gene therapy* and *germ-line gene therapy*. Gene doping may be defined as using this therapy on healthy athletes for the sole purpose of enhancing athletic performance. However, genetic engineering is still immature, so the athletes resorting gene doping may be badly harmed by cancer or immune system disorders. WADA realizing those problems has banned gene doping since 2003. Nevertheless, it is nonsense expecting that the actors in sports will stay away from genetic developments. For this reason, the all aspects of this issue should be considered and come up for discussion. Thus, we can protect the athletes from the possible risks, and can be ready for the transformation of sports.

Key Words: Sports; athlete; genetic engineering; performance; gene doping; gene therapy

GENLER VE SPOR

Sportif performans açısından antrenmanlar ve diyet programları önemli olsa da, genler tartışılmaz bir belirleyiciliğe sahiptir. Örneğin; kas kuvveti, esneklik, maksimum oksijen tüketimi, kanın oksijen taşıma kapasitesi, kalp verimliliği, güç üretimi, dayanıklılık ve boy uzunluğu gibi fiziksel, fonksiyonel ve metabolik özellikler, kişinin spordaki başarısını oldukça etkiler.¹ Tüm bu özellikler, tıpkı görünüşümüz gibi, ebeveynlerimiz ve onların ailelerinden bize miras kalan genlerin tesiri altındadır. Kalıtımla geçen bu özellikleri taşıyan genlerimiz, performansı etkilemesinin yanı sıra, seçilecek sportif branşları da sınırlayabilmektedir. Örneğin; basketbol uzun boyluların daha avantajlı olduğu bir branştır; çünkü topun atılacağı sepetin yerden yüksekliği 3,05 metredir. Öyleyse, 160 cm boyunda, 16 yaşında bir erkeğin basketbol branşını seçmesi onu zor duruma sokabilir; zira oyunun belirleyici bir kısmı yükseklerde cereyan etmektedir. Bu yüzden basketbol çoğunlukla uzun boylular tarafından tercih edilir. Bu örnekler birçok atletizm branşına kadar genişletilebilir. Maksimum oksijen tüketimi ve kanın oksijen taşıma kapasitesi yüksek olan bir atlet adayı, dayanıklılık gerektiren maraton veya diğer uzun mesafe koşularını seçebilecekken; bu özelliklere sahip olmayanların dayanıklılık branşlarına yönelmesi yarışma başarısı açısından uygun değildir. Yine, kas kuvveti ve güç üretimi yüksek olan bir sporcu adayı, kısa mesafe koşularına veya patlayıcı güç gerektiren atıcılık gibi diğer branşlara yönelebilirken, bu özelliklere sahip olmayanların saydığımız branşlarda, sadece diyet ve antrenmanlarla büyük başarılar elde etmesi çok da beklenen bir sonuç değildir.

Öyleyse, genler üzerinde yapılacak müdahaleler büyük önem arz etmektedir. Dolayısıyla, genlerin sportif performansı etkilediğinin farkında olan ve genetik mühendisliğinin sporcunun bedenini değiştirecek, geliştirecek, hatta yeniden inşa edecek imkâna sahip olduğunu bilen spor camiasının bu teknolojiye başvurması kuvvetle muhtemeldir.^{2,3}

Genlerin, fiziksel kapasite üzerinde oynadığı rolleri ve hangi genlerin hangi özelliği etkilediği ilerleyen bölümlerde ayrıntılarıyla belirtilecektir. Ama öncesinde, sporda genetik müdahaleleri mümkün kılan gen terapisinden bahsetmek yerinde olacaktır.

GEN TERAPİSİ

Gen terapisi, DNA, RNA veya genetik olarak değiştirilmiş hücre gibi genetik materyallerin, tedavi veya hastalıkların ya da sakatlıkların önlenmesi amacıyla insan hücrelerine transfer edilmesi olarak tanımlanmaktadır.² Kelly'ye göre ise gen terapisi, hastalığa neden olan bozuk genlerin onarılmasına yönelik tasarlanmış bir yaklaşımlar bütünüdür.⁴

GEN TERAPİSİNİN ÇEŞİTLERİ

Günümüzde iki tür gen terapisi uygulanmaktadır: *Somatik gen terapisi* ve *germ-hattı gen terapisi*.

Somatik gen terapisi; doku veya hücre seviyesinde, sadece bir bireyi tedavi etmek için uygulanır ve sadece tedaviyi alan kişiyi etkiler. Temelde, hasarlı olan hücrelerin vücudun dışındaki bir ortamda onarılarak sonradan yine vücuda aktarılması olarak açıkladığımız *ex vivo* (ya da *in vitro*) *gen terapisi* ve genlerin, hücreler vücut içerisindeyken değiştirilmesi-onarılması anlamına gelen *in vivo gen terapisi* olarak ikiye ayrılırlar.^{4,5}

Germ-hattı gen terapisi ise; genlerin, üreme (*reproductive*) hücrelerine ya da embriyoya aktarılarak sonraki nesillere de aktarılacak hastalıkları tedavi etme amacı taşımaktadır. Gen terapisinin bu çeşidi, insanların gelişimini kontrol altına alacağı korkusuyla (tedaviden ziyade zekâ kontrolü gibi) oldukça tartışmalıdır.^{4,5} Bir diğer nedeni ise gelecek nesillere aktarılacak özelliklerin ne gibi sonuçlara yol açacağı bilinmemesidir. Örneğin; belirli bir hastalığa karşı direnci etkileyen bir genin, genin yeniden düzenlendiği sırada fark edilmemesiyle birlikte ilerleyen yıllarda veya birkaç kuşak sonra ortaya çıkabilecek ikinci veya üçüncü dereceden sonuçları olabilir.⁶

Sonuç olarak, gen terapisinde kısa zamanda büyük adımlar atılsa da, bilimsel verilerin yetersizliği gen terapisinin potansiyel yararlarını sınırla-

maktadır. Zira insan vücudunun fonksiyonlarının kontrolü kolay değildir.⁴ Genetik bilimi hala gelişiminin başlarındadır ve genetik hastalıklar üzerine bilinmeyen çok şey vardır. Aynı zamanda genlerin güvenli bir şekilde manipüle edilmesi de henüz başarılabilmiş değildir.⁷ Tüm bunlar, genetik müdahaleye başvuracak sporcuların tehlikede olacağını göstermesi bakımından önemlidir.

GEN DOPİNGİ

1970'li yıllardan günümüze kadar genetik bilimindeki çalışmalar sayesinde ve 2003 yılındaki İnsan Genom Projesi ile birlikte genlerin %99'unun haritasının çizilerek birçok hastalıkla ilişkisinin ortaya konması, sporcuların ve çevrelerinin gözünden kaçacağına benzemiyor.^{4,8} Schneider ve Friedmann'a göre spor dünyasında birileri, yarışmada zafer elde etmek için genlerin manipülasyonuna kapılarını her zaman açık bırakacaklardır.⁸ Geçen 40 yıla yakın sürede genetik bilimindeki gelişmeler gelecek vaat etmektedir ve bazı hastalıkları gen terapisiyle tedavi etmek muhtemel görünmektedir. Ancak, genlerin manipülasyonundaki kontrol hâlâ tam anlamıyla mümkün değildir; bu da atletik performansın artırılması için uygulanacak genetik müdahalelerin hayli riskli olduğunu göstermektedir.^{7,9} Bunun farkında olan Uluslararası Olimpiyat Komitesi [International Olympic Committee (IOC)], 2003 yılında gen dopingini yasaklamıştır. Aynı yıl Dünya Antidoping Ajansı [World Anti-Doping Agency WADA]), açıkladığı 2003 Yasaklılar Listesi'nde gen dopingine yer vererek şöyle tanımlamıştır: "Gen veya hücre dopingi, atletik performansı artırma kapasitesi olan genlerin, genetik elementlerin ya da hücrelerin tedavi amacı gütmeyen kullanılmasıdır".*

Böylelikle genetik biliminin sporda performansı arttırmak amacıyla kullanılması, henüz ortada hiçbir vaka yokken yasaklanmış oldu.

GEN DOPİNGİNİN TANIMI

Yeni doping çeşitleri her zaman teknoloji ve tıptaki ilerlemelerle birlikte ortaya çıkmıştır. Friedmann ve ark. göre, geçmişte spordaki doping ve benzeri

hilekârlıklar farmakoloji (ilaç bilim) ve fizyolojideki gelişmeler sayesinde yürütülüyordu.³ Günümüzde ise bu iki alana genetik mühendisliği de eklenmiştir. Genetik mühendisliğindeki ilerlemeler, atletik performansın da genetik müdahalelerle artırılabilmesine dair kavramlar, araçlar ve fırsatlar sağlamaktadır. Dolayısıyla genetik bilimi geliştikçe, diğer doping çeşitlerinde olduğu gibi bu imkândan da faydalanmak isteyen sporcular ve onların çevreleri olacaktır. Öyleyse bu çeşit bir faydalanma, sporda yeni doping tanımlamalarını gerektirecektir. A.J. Schneider ve J.L. Rupert'e göre, gen dopingi; gen terapisinin -anti doping otoritelerinin yasakladığı şekliyle-fiziksel performansı arttırmak amacıyla kullanılmasıdır.¹⁰ WADA ise, 2012 Yasaklılar Listesinde gen dopingiyle ilgili maddesini aşağıdaki gibi açıklamaktadır:

"M3. Gen Dopingi,

Sportif performansı artırma olasılığı bulunan aşağıdakiler yasaklanmıştır:

1- *Nükleik asitlerin ya da nükleik asit dizilerinin transferi;*

2- *Normal ya da genetik olarak modifiye edilmiş hücrelerin kullanımı****

Buradaki tanımdan hareketle, gen terapisine sağlık amaçlı başvuracak bir sporcunun bile gen dopingi yaptığı gerekçesiyle yarışma dışı kalacağı söylenebilir. Bu nedenle, WADA'nın böyle bir karmaşaya düşmemesi için test ve kontrol mekanizmasını çok dikkatli bir şekilde hazırlaması gerekmektedir.

GENETİK BİLİMİNİN SPORDAKİ OLASI UYGULAMA YÖNTEMLERİ

Munthe ve Tamburrini, sporda kullanılacak genetik biliminin muhtemel uygulama yöntemlerini dört başlığa ayırarak incelemektedir:^{11,12}

GENOM BİLİMİ

Genetik teknoloji sayesinde, özellikle kişinin genetik bilgileri öğrenilerek, ona yönelik ilaçlar ve daha etkili antrenman teknikleri sağlanabilir.

* WADA. 2003 International Standard for the Prohibited List; 2004.

** WADA. 2012 International Standard for the Prohibited List; 2012.

SOMATİK HÜCRE MODİFİKASYONU

Vücudun dokular, kan ve farklı organlarımızı oluşturan somatik hücreleri sporda performansı arttırmak amacıyla modifiye edilebilir. Örneğin; kırmızı kan hücrelerinin genetik olarak manipüle edilmesiyle kan dopingi yapılabilir.

GERM-HATTI GENETİK MODİFİKASYONU

Sperm ve yumurtalar gibi kalıtım hücreleri çok erken yaşta, sportif çıkar elde etmek amacıyla değiştirilebilir.

BİREYLERİN GENETİK SEÇİMİ

Bir kişinin genetik bilgisi, kişi henüz embriyo veya bebeklik aşamasında iken onun spora yatkınlığı açısından kullanılabilir.

Yukarıdaki dört ayrı uygulama alanıyla genetik bilimi sporda devrim yaratabilir. Bu bağlamda, fiziksel performansın artırılması açısından hangi genin, özel olarak hangi fiziksel özelliği etkilediğinin tespit edilmesi gerekir. Tablo 1'de bazı genlerin hangi fiziksel özelliği etkileyerek ne tür bir değişikliğe neden olduğu belirtilmektedir. Her bir genin ortaya çıkardığı ürün insan organizmasındaki çeşitli biyolojik yapılar ve sistemler üzerinde değişim ve gelişimlere neden olmaktadır.

İnsülin-Benzeri Büyüme Faktörü-1

İnsülin benzeri büyüme faktörü (IGF-1) kasların büyümesini ve gelişmesini düzenler.^{1,2} Yapılan araştırmalar, IGF-1 isimli kas büyüme faktörünün veya bu büyüme faktörünü kodlayan genin, iskelet kasına enjekte edildiğinde, kaslarda hipertrofi sağladığını kanıtlanmıştır.^{3,8,10} Böyle bir genetik müdahaleyle, örneğin, bir tenisçinin omuz kasları, bir

sprinterin kalf kasları, bir boksörün ön kol kasları kuvvetlendirilebilir.²

Eritropoietin

Eritropoietin (EPO), insanlarda ve diğer memelilerde bulunan, kırmızı kan hücresi üretiminde büyük önem arz eden normal bir hormondur. Çevrede düşük miktarda oksijen olduğunda EPO, kemik iliğinde, oksijen taşıyan kırmızı kan hücrelerinin miktarının üretiminde/artışında rol oynar. Kansere ve böbrek hastalığı yüzünden kan üretimi baskılanan birçok hastada EPO en önemli tedavi edici ilaç olarak kullanılmaktadır.^{8,10,13}

1964 yılında, Finlandiyalı kayakçı Eero Mäntyranta, Innsbrück, Avusturya'daki Olimpiyat Oyunları'nda iki altın madalya kazanmıştır. Sonradan yapılan incelemelerde Mäntyranta'nın, vücudundaki normal bir mutasyon sayesinde sıradan bir insandan daha yüksek miktarda kırmızı kan hücrelerine sahip olduğu anlaşılmıştır. Daha fazla kırmızı kan hücresine sahip olmak, akciğerlerden dokulara daha fazla oksijenin taşınması anlamına gelmektedir; bu da dayanıklılığı arttırmaktadır. Mäntyranta, her atletin ulaşmayı arzuladığı dayanıklılığa vücudundaki mutasyon sayesinde sahipti.^{2,10} Özellikle bisiklet gibi dayanıklılık isteyen branşlarda sporcular, EPO'nun farkına varmışlardır ve ne yazık ki dayanıklılıklarını arttırmak için illegal olarak kullanılmaktadırlar.⁸ Gelecekte sporcular Mäntyranta'nın doğal olarak sahip olduğu mutasyonu genlerinin manipülasyonu ile elde edebileceklerdir. Bu, örneğin; sporcuya bir genin kopyasını transfer edip EPO hormonunun üretimini artırarak sağlanabilir.²

TABLO 1: Performans artırıcı genler ve olası uygulama alanları.

Gen adı	Ürün	Etki alanı	Değişim/gelişim
IGF-1 ^{1,2,3,8,10}	İnsülin-benzeri büyüme faktörü-1	Kaslar	Kas gelişimi
EPO ^{2,8,10,13}	Eritropoietin	Kan	Kırmızı kan hücresi üretimi
PPAR delta ^{1,3,8,10}	Peroxisome proliferator activated receptor-delta	Kaslar	Aerobik dayanıklılık, yorgunluğa direnç ve enerji üretimi
ACE ^{1,10,14,15}	Angiotensin converting enzimi	Vaso constricting hormone angiotensin 2	Dayanıklılık ve kuvvet
MYOSTATİN ^{1,2,8,10,15}	Myostatin	Kaslar	Kas gelişimi
ENDORFIN ²	Endorfin	Sinir sistemi	Ağrı dindirme
VEGF ^{2,10}	Vascular endothelial büyüme faktörü	Dolaşım	Yeni kan damarlarının üretimi

Peroxisome Proliferator Activated Receptor-Delta

“Peroxisome proliferator activated receptor delta (PPAR-delta) yağ metabolizması, enerji üretimi ve insulin aksiyonu ile ilgili genlerin ekspresyonunu düzenler; aynı zamanda yavaş kasılan kas fibrillerinin üretimini artırır. Bu etkiler diyabet, obezite ve kas hastalıklarının tedavisinde önemlidirler.^{3,10} Fareler üzerinde yapılan çalışmalarda, genetik olarak değiştirilmiş olanlarının çok düşük seviyede kaslar arası yağlanma gösterdikleri gözlenmiştir. Aynı farelerin, vücut yağ miktarlarının azaldığı ve dayanıklılık egzersizleri esnasında daha fazla enerji ürettikleri izlenmiştir. Bunlar “maraton” faresi olarak adlandırılmaktadır. Daha önce de belirttiğimiz gibi, bu çalışmalar da sporcuların ve çevrelerinin gözlemlerinden kaçmayacaktır.^{1,8,10}

“Angiotensin Converting Enzyme”

“Angiotensin Converting Enzyme (ACE) geni, kan basıncını düzenleyen hormonun aktivasyonundan sorumludur.¹ ACE seviyesini düşürmek kuvvete dayalı performansı arttırabilecek iken, ACE seviyesini arttırmak dayanıklılık sporlarındaki performansı attırabilir.^{10,14,15}

Miyostatin

Miyostatin, kas büyümesini sınırlayan bir negatif düzenleyicidir. Miyostatinin faaliyeti azaltıldığında kas yapısında artış meydana gelir.¹⁰ Genetik müdahaleyle miyostatinin işlevi azaltılırsa, kas yapısı egzersize gerek kalmadan artış gösterecektir. Bu yüzden sporcular miyostatin agonistlerini yakın bir gelecekte gen dopingi olarak kullanabilirler.^{2,15}

Endorfin

Kas yorgunluğu ve acı hissi birçok spor branşında görülür. Örneğin; boks gibi temas sporlarında acının duyumsanmaması büyük önem arz eder. Aynı zamanda maraton gibi uzun mesafe koşularında yorgunluk hissini mümkün olduğu kadar geç gelmesi bir avantajdır. Kasların yorgunluğu özellikle laktat ve diğer atık ürünlerin artışına neden olur ve bu da acı hissini ortaya çıkartır. Acı hissini ortadan kaldırma, sporcuların daha iyi ve daha uzun süre performans sergilemelerini sağlar. Sporcuların çoğu, zaman zaman yasa dışı elde ettikleri ağrı kesici ilaçlara başvurmaktadırlar. Bunlar en yaygın

şekilde kullanılan ilaçlardır. Bu kimyasallara alternatif olarak *endorfin* ve *enkephalin* gibi ağrı kesici *peptidler* de mevcuttur. Bu peptidleri kodlayan genler vücuda transfer edilebilir ve ağrı kesici olarak kullanılabilir.²

“Vascular Endothelial Growth Factor”

Vascular endothelial growth factor (VEGF), yeni kan damarlarını meydana getirmede etkilidir. Bu faktörü kodlayan gen transfer edildiğinde, yeni kan damarlarının oluşması sağlanabilir.² Böylece kan, dokulara daha fazla oksijen taşıyarak ve karbondioksiti daha hızlı uzaklaştırarak performansı arttırabilir.¹⁰

Sonuç olarak, performansı arttırabilecek birçok genin manipülasyonu, sporda çok büyük avantajlar elde edilebilir. Sporda kullanılabilecek muhtemel genlere dair yukarıda derlediğimiz bilgiler başka genleri de içerecek şekilde genişletilebilir.

GEN DOPİNGİNİN RİSKLERİ

Daha öncede bahsettiğimiz gibi genetik bilimindeki ilerlemelere rağmen risklerin ortadan kaldırılması hâlâ mümkün değildir.⁷ Genetik alanında yapılan çalışmalar bazı hastalara büyük zararlar vermiş, hatta kimilerinin ölümüne bile neden olmuştur.⁸ Bu yüzden sportif performansın arttırılması için uygulanacak genetik müdahaleler büyük riskler taşıyacaktır; bu riskler ölümü bile içerebilir.⁹

AŞIRI ERİTROPOİETİN ÜRETİMİ

Genetik müdahale yüzünden amaçlanandan daha fazla miktarda EPO üretimi meydana gelebilir. Sağlıklı insanların EPO seviyelerini yükseltmek için yapılan mevcut uygulamalar kanı kalınlaştıran kırmızı kan hücrelerini arttırdığından, onların felç olma ve kalp krizi geçirme riskini de artırır. Çünkü kan kalınlaştıkça, kalbin onu vücudun tüm dokularına pompalaması zorlaşır; bu da damarların artan yoğunluğu telafi edemediği bir pıhtılaşmayla sonuçlanır. Günümüzde sporcular, EPO dopingini uygulamakta ve bu bahsettiğimiz risklerle karşı karşıya kalmaktadır. Ancak EPO, gen terapisiyle de

vücuda yollanabilir ve EPO'nun seviyesi ve etki süresi daha az kontrol edilebilir. Bu durumda hematokrit yönetilemez ve EPO seviyesinin yükselişi durdurulamazdır.^{2,16}

KANSER

Genetik müdahalede, diğer genler üzerinde kontrol eksikliği olduğundan kanser vakası da meydana gelebilir. Örneğin; IGF-I ya da VEGF genleriyle büyüme hormonu tedavisi uygulamak tümör oluşumuna yol açabilir.^{2,10,16}

BAĞIŞIKLIK SİSTEMİ

Bağışıklık sistemi, tedavi amacıyla vücuda verilen virüs veya bakterilere karşı aşırı tepki verebilir; çünkü vücuda giren virüs veya bakterileri yok edilmesi gereken yabancı maddeler olarak görür. Bu durumda, 1999 yılında gen terapisi yüzünden ölen 18 yaşındaki Jesse Gersinger vakasında olduğu gibi, gen dopingi yapan sporcu da birçok organının zarar görmesinden dolayı yaşamını yitirebilir.¹⁷

YAN ETKİLER

İlaç tedavisinde, vücutta ilaca bağlı olarak bir yan etki meydana geldiğinde söz konusu ilacın kullanımını kesilebilir; böylelikle yan etkilerin de önüne geçilmiş olur. Ancak, gen terapisi yan etkilere neden olduğunda bunu durduracak bir yol yoktur.¹⁷ Bu da gen dopingi yapacak sporcunun yaşamını tehlikeye atar.

ÇEVREYE VERİLECEK ZARARLAR

Haisma ve ark. göre, diğer bir risk de sporcuyla çevresindekilerin fiziksel temasından doğabilir. Çünkü gen dopingli sporcu genetik olarak modifiye edilmiş hücreler veya gen transfer vektörü içeren salgı (*excreta*) taşımaktadır. Bu hücreler veya salgı, diğer sporculara herhangi bir temas yoluyla transfer olursa, temas edilen kişi üzerinde istenmeyen genetik bir değişim gözlenebilir. Hastalar üzerinde yapılan genetik çalışmalarda laboratuvar ortamına büyük bir titizlikle dikkat edilmektedir. Ancak, aynı terapiyi sporcular daha az kontrol edilen ortamlarda yaptırabilir ve büyük tehlikelerle karşılaşabilirler.²

GEN DOPİNGİ NASIL TESPİT EDİLİR?

Şimdiye kadar gen dopinginin uygulandığına dair bir vakaya rastlanmamıştır. Ancak, 2008 Pekin Olimpiyat Oyunları öncesinde bir Çin genetik laboratuvarının genetik temelli manipülasyonlar sunduğu söylenmektedir. Aynı zamanda bir Alman atletizm antrenörü, EPO geninin ekspresyonunu sağlayan Repoxygen isimli gen-transfer vektörünü elde etmeye uğraşırken yakalanmıştır. Bu ve benzeri girişimlerin sporcularda kullanılacak aşamaya ulaşip ulaşmadığı bilinmemektedir.³

2007'ye kadar WADA, gen dopingine yönelik testlerin geliştirilebilmesi için 21 araştırma projesini mali bakımdan desteklemiştir. Karşılaşılan başlıca zorluk, terapötik genlerin normal insan genleri ile özdeş olmasından dolayı genetik müdahalelerin pratikte test edilemiyor olmasıdır. Ancak genetik modifikasyona eşlik edebilecek, test edilebilir genetik işaretlerin var olması muhtemeldir.¹⁰

Potansiyel en güçlü tespit yöntemi şu fikre dayanmaktadır: Kimyasal, biyolojik ve genetik doping ajanları muhtemelen büyük metabolik, genetik ve proteomik (proteinler ile alakalı) değişiklikleri ortaya çıkaracaklardır. Bu değişiklikler de bazı tekniklerle tespit edilebilir.³ Ancak gen dopinginin test veya tespitine dair net bir yöntem henüz geliştirilememiştir. Bununla beraber, uygulanacak test yöntemlerinin sporcunun onayının alınması, teste tabi tutulmayı reddetme hakkı, sır saklama yükümlülüğü, alınan numuneye verilecek güvence, usul hükümleri, sonuca itiraz ve temyiz yetkisi gibi diğer doping testlerinde karşılaşılan hukuki ve etik sorunlarla başı derde girebilir.¹⁸

SONUÇ

Genler sporda başarı açısından oldukça önemlidir. Bu bağlamda sporcular üzerinde uygulanacak genetik müdahaleler sporda devrim yaratabilir. Bunun farkında olan WADA, 2003 yılından beri bu tür müdahaleleri yasaklamıştır. Ancak, genetik bilimindeki gelişmelere spor kültürünün uzak durması beklenemez. Bu nedenle kaçınılmaz olarak bu konunun tüm boyutlarıyla ele alınması ve tartışmaya açılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. WellnessOption. Body in Motion: Genes Muscles and Pills 2005;(19):40-1.
2. Haisma HJ, de Hon O, Sollie P, Vorstenbosch J. Gene doping. Netherland Centre for Doping Affairs: Topical Puplication; 2004. p.16-24.
3. Friedmann T, Rabin O, Frankel MS. Ethics. Gene doping and sport. Science 2010; 327(5966):647-8.
4. Kelly EB. Scientific Background of Gene Therapy. Gene therapy. 1st ed. Westport, CT: Greenwood; 2007. p.3-88.
5. Tamburrini CM. Educational or genetic blueprints, what's the difference? In: Tamburrini CM, Tännsjö T, eds. Genetic Technology and Sport: Ethical Question. 1st ed. New York, NY: Routledge; 2005. p. 83-90.
6. Fukuyama F. Geleceğe Giden Yollar. [Our Posthuman Future: Consequences of the Biotechnology Revolution]. Aksoy Ç, çeviri editörü. Ankara: ODTÜ; 2003. p.99.
7. Miah A. Why Genetics Now? Genetically Modified Athletes: Biomedical Ethics, Gene Doping and Sport (Ethics & Sport). 1st ed. New York, NY: Routledge; 2004. p.5.
8. Schneider AJ, Friedmann T. The Scientific Basis for Gene Therapy: A New Concept in Medicine. Early Gene Transfer Experiments: Problems and Eventual Success. Gene Transfer in Sports: An Opening Scenario for Genetic Enhancement of Normal "Human Traits". Gene Doping in Sports: The Science and Ethics of Genetically Modified Athletes. 1st ed. London, UK: Elsevier; 2006. p.11-25, 27-35, 37-49.
9. Friedmann T. How close are we to gene doping? Hastings Center Report 2010;40(2):20-2.
10. Schneider AJ, Rupert JL. Constructing winners: the science and ethics of genetically manipulating athletes. Journal of the Philosophy of Sport 2009;36(2):182-206.
11. Munthe C. Selected champions: making winners in the age of genetic technology. In: Tännsjö T, Tamburrini CM, eds. 1st ed. Values in Sport: Elitism, Nationalism, Gender Equality and the Scientific Manufacture of Winners. New York, NY: E&FN Spon; 2000. p.217-31.
12. Tamburrini CM. After doping, what? The morality of the genetic engineering of athletes. In: Morgan WJ, ed. Ethics in Sport. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2007. p. 285-97.
13. Diamanti KE, Konstantinopoulos PA, Papailiou J, Kandarakis SA, Andreopoulos A, Sykiotis GP. Erythropoietin abuse and erythropoietin gene doping: detection strategies in the genomic era. Sports Med 2005;35(10):831-40.
14. Łaczmański Ł, Mędraś M. Genes and physical activity. Medycyna Sportowa 2009; 25(1): 30-40.
15. Vitosević B. Gene therapy and its implications in sports. Sportlogia 2011;7(1):135-51.
16. Unal M, Ozer Unal D. Gene doping in sports. Sports Med 2004;34(6):357-62.
17. Schjerling P. The basics of gene doping. In: Tamburrini CM, Tännsjö T, eds. Genetic Technology and Sport. 1st ed. New York, NY: Routledge; 2005. p.19-31.
18. Vatanoğlu E, Hot İ. [Doping in the triangle of health-ethics-law: is there any clean sport?]. Türkiye Klinikleri J Med Ethics 2011; 19(3): 175-81.