

## SPORDA GENETİĞİN ROLÜ ÜZERİNE ÇEŞİTLEMELER

*Şampiyon olmak istiyorsan  
anneni - babanı iyi seç!*

P.O. Astrand

Dr. Tijen ERDİNÇ\*

### ÖZET

Son zamanlarda kalıtımın performans üzerine etkilerini tahmin edebilmek amacıyla yapılan çalışmaların sonuçları üç grupta toplanabilir. Birincisi, maksimum oksijen kullanımı hakkında ailesel çalışmalar; ikincisi, ikiz çalışmaları; üçüncüsü de, fiziksel iş kapasitesi (PWC170) hakkındaki bireysel farklılıklar olarak gruplandırılabilir. Genetik metodlar ve moleküler biyoloji üzerine bilgiler arttıkça yetenek seçimi ve antrene edilebilirlik metodları değişebilecektir.

**Anahtar Sözcükler:** Genetik, egzersiz.

### SUMMARY

*ON the ROLE of HEREDITY in SPORTS*

*Three types of data are currently available to estimate the size of the genetic effect relative to the total phenotypic variance adjusted for the proper concomitants. Firstly, there are family studies of  $VO_2$  max; secondly, there are data from several twin studies; thirdly, extensive data on relatives by descent or by adoption are available for PWC. Understanding the genetics*

\* EÜTF Spor Hekimliği Bilim Dalı, Araştırma Görevlisi

*and molecular biology of performance and trainability will alter screening procedures for talented individuals (infants will eventually be targeted).*

**Key Words:** *Heredity, exercise.*

Kişiler arasındaki beceri farklarının en çarpıcı olduğu alanların spor ve sanat olduğunu söylemek herhalde pek yanlış olmaz. Sporda üstün başarı gösterenler hayranlık ve hayret uyandırır. Çoğu kimse bu üstünlüğü kişide doğuştan varolan yeteneklere atfeder. Kuşkusuz böyle bir açıklamada gerçek payı vardır. Ancak sporcu ve sanatçıların bazı çevrelerde daha sık ortaya çıkışı çevresel etkinlerin, yani kişinin sonradan kazandığı özelliklerinin de önemi olduğuna işaret etmektedir. Nitekim, bu gerçeği değerlendiren toplumlar, sporu bir bilim haline getirme ve kitlelere yöneltme yolunu seçmişlerdir.

Bütün bu insanlar temelde aynı anatomik yapıya sahip oldukları, aynı fizyolojik olayları içerdikleri ve aynı biyolojik güdülerle yaşamlarını sürdürdükleri halde birbirinin tıpatıp aynı iki insana rastlamak olanaksızdır. Kişinin bu "tek" liğini sağlayan mekanizmalar nelerdir? Bu mekanizmaların bazılarının tüm insanlar için aynı olduğunu, bazılarının kişinin kendi genetik mirasının özelliklerinden doğduğunu, bir diğer grup mekanizmanın ise kişinin çevresine uyumu sürecinde gelişip bu uyum sonucu tersinmez değişimlere uğradığını söyleyebiliriz (22). Denebilir ki genler (veya katılım birimleri) kişiliği değil, kişinin çevresine göstereceği uyumun biçimini saptarlar.

Genetik mirasları aynı olan tek yumurta ikizlerini ele alalım. Gözlemler değişik ortamlarda gelişen ikizlerin farklı kişiliklere büründüklerini göstermektedir. Kişiliği oluşturan öğelerin saptanmasının çoğu durumda mümkün olmayışı, kalıtsal ve çevresel etkenlerin kişiliğin oluşmasındaki nispi rollerini saptamayı çok zor kılmaktadır. Ayrıca, günümüz araştırmacıları prenatal (doğum öncesi) dönemin etkilerini de çevresel faktörler içinde düşünürler.

Katılımın egzersiz performansına etkisi giderek artan bir ilginin odağı olmuştur. Bazı araştırmacılar genetik değişkenliğin bireyler arasındaki fizyolojik ve metabolik kapasite farklarından ne oranda sorumlu olduğu konusuna eğilmişlerdir.

Fiziksel uygunluğun en önemli göstergelerinden biri "maksimum aerobik güç" dür. MaxVO<sub>2</sub>, deniz seviyesinde normal koşullarda büyük kas gruplarını kullanarak yaptığı bir dinamik egzersiz sırasında kişinin

elde edebildiği en yüksek oksijen kullanımı şeklinde tanımlanabilir (19). MaxVO<sub>2</sub> için bir gen yoktur, ancak genetik modülasyondan uzak bir olgu da değildir (7, 15, 19). MaxVO<sub>2</sub>, kondisyon düzeyinden başka yaş, cinsiyet, hemogloblin içeriği ve hatta psikoloji gibi faktörlere de bağlıdır (3). Sedanter yaşam süren bir kısım insanda yüksek olabileceği gibi, aktif kişilerde düşük de olabilir. Uygun oksijenlenme basit bir solunum fonksiyonu değildir. Transport, diffüzyon ve hücrenel kullanıma bağımlıdır. Genetik faktörler tüm bu seviyelerde önemli olabilir; ancak süreçler gözlenmeli ve kişiler ölçülebilir değişkenler çerçevesinde izlenmelidir.

Astrand kişinin maksimum güç veya kapasitesinin %70'e varan kısmının genetik faktörlere bağlı olduğunu nakletmektedir (2). Bouchard ve Lortie'ye göre dayanıklılık performansına genetik varyasyonların etkisi:

a) büyük ölçüde dayanıklılık performansı ile ilişkili olan genotip tarafından tayin edilen bir karakterin sonucu,

b) bir örnek veya popülasyonun bireyleri tarafından dayanıklılık performansında gösterilen farklar,

c) dayanıklılık idmanına cevapta genotipe bağımlı bireysel farklar olarak görülebilir (10).

İyi bir aerobik antrenman programı ile maksimum aerobik gücün kolaylıkla %10-20 arttırılabileceği genellikle kabul edilmekle birlikte MaxVO<sub>2</sub>'nin antrene edilebilirliğinin, en azından bazı şahıslarda, daha fazla olduğu ileri sürülmektedir (10).

MaxVO<sub>2</sub> üzerine katılımın etkisini araştırmak için yapılan bir araştırmada aynı şehirde büyüyen ve ailelerin sosyo-ekonomik durumları birbirine benzeyen 15 çift monozigot ve 15 çift dizigot ikiz üzerine çalışılmış ve MaxVO<sub>2</sub> değerlerindeki çiftler arası farklılık dizigot ikizlerde monozigot ikizlere göre daha yüksek bulunmuştur. Bu çalışmadan MaxVO<sub>2</sub> farklılıklarının %93'e varan kısmından yalnız başına kalıtımın sorumlu olduğu sonucu çıkarılmıştır. Aynı şekilde laktik asid sisteminin kapasitesinin ve maksimum kalp nabzının sırasıyla %81 ve %86 oranında genetik olarak tayin edildiği ortaya konmuştur (24). Başka bir çalışmada yine ikizlerde yavaş ve hızlı kas liflerinin dağılımı incelenmiş ve ikizlerde yavaş ve hızlı kas liflerinin dağılımı incelenmiş ve lif tipi dağılımının erkeklerde %99.2 oranında genetik olarak kontrol edildiği gösterilmiştir (25).

On çift monozigot ikiz haftada 4-5 gün olmak üzere maksimum kalp nabzı rezervinin %80'i yoğunlukta 40-45 dakika süreli 20 haftalık

bir dayanıklılık antrenmanı programına tabi tutulduklarında, MaxVO<sub>2</sub>'leri %14 artmıştır. Bu çalışmada antrenmana verilen cevabın varyansının %74'ünün genotipe bağımlı olduğu gösterilmiştir (10). MaxVO<sub>2</sub>'nin antrenmana olan hassasiyetinin büyük ölçüde genotipe bağımlı olduğu anlaşılmaktadır (9, 17, 20). Antrene edilebilirlikteki varyans kısmen %20-30'u dayanıklılık antrenmanına başlamadan önceki fenotip düzeyi ile ilgilidir (18).

Dayanıklılık sporlarında esas soru performansta, genlerin önemli belirleyiciler olup olmadığı değil, hücrede performansta gözlenen bazı ortak değişikliklerin hesabını veren kalıtsal farklılıklar varsa bunların neler olduğudur.

Aerobik performans ölçümlerinde kişisel ayrılıkların ailevi olduğunu iddia eden çalışmalar vardır (5). Ailevi benzerlik genlerin sadece aile üyeleri tarafından paylaşılmasına rol açmadığı gibi genler ailesel çevre durumları da buna yol açmış olabilir. Birlikte yaşama ve aerobik aktivitelere katılma düzeyi bu sonuçta etkili olmuş olabilir.

### **KALITIMSALLIK**

Genetik etkilerin boyutunu tahmin etmek için üç tip veri bulunmaktadır:

Birincisi; ailenin MaxVO<sub>2</sub> düzeyine ilişkin çalışmalardır ki bu konudaki belki de ön önemli çalışma Lesage ve arkadaşlarınınkıdır (21). Vücut ağırlığının kg'ı başına veya yağsız vücut kitlesinin kg'ı başına MaxVO<sub>2</sub> kalıtımsallığının yaş ve cins uyumlu fenotipik varyansın %10-20'si olduğunu göstermişlerdir.

İkincisi; ikizler üzerine yapılmış çalışmalardır. Bunların sonuçları %0-90 arasında değişen kalıtımsallık tahminleri ile çelişkili sonuçlar ortaya koymuştur (5). Bu gibi uyumsuzluklar küçük örnek grubundan ve yetersiz sayıda kontrol içeren analitik stratejilerden kaynaklanır. Bu sınırlamaları yenebilmek için 27 çift erkek kardeş, 33 çift dizigotik ikiz ve 53 çift tek yumurta ikizi ile daha yaygın bir çalışma yapılmış (9). Sadece ikiz verileri kullanıldığında yağsız kitle kg'ı başına düşen MaxVO<sub>2</sub> için kalıtımsallık %10 iken, vücut kitlesinin kg'ı başına düşen MaxVO<sub>2</sub> için kalıtımsallık %40 civarında idi. Ancak dizigotik ikizlerde erkek kardeşlere oranla daha yüksek korrelasyon bulunduğu düşünülerek (grup için

0.51) çevresel faktörlerin bu tahmininin %40'lara yükselmesine neden olduğu ve vücut ağırlığının kg'ı başına düşen gerçek MaxVO<sub>2</sub> kalıtımsallığının ayarlanmış fenotipik varyansın %25'i civarında bulunabileceği varsayılmıştır. Aynı zamanda 31 çift dizigotik ikizde ve 33 çift monozigotik ikizde 90 dakika maksimum bisiklet ergometresi testi sırasında toplam iş miktarı hesaplandığında kg başına dayanıklılık performansını ölçen bu test için kalıtımsallık %60'a ulaşmıştır.

Üçüncüsü; kan bağıyla akrabalık veya evlat edinme ile ilgili verilerdir. Buna göre 375 evde yaşayan 1630 kişi arasında 9 ayrı çeşit akrabalık belirlenmiştir. Vücut ağırlığının kg'ı başına düşen PWC170 değeri bakımından yaş ve cins uyumlu varyansın %80'inin geçişsiz etkilerle ilişkili olduğu; geri kalan %20'nin genetik geçişle ilgili olduğu Canada Fitness Survey tarafından ifade edilmiştir (5).

### **EBEVEYNLERİN ETKİLERİ**

Bu konudaki bilgiler yetersizdir. Ailevi bir çalışmada MaxVO<sub>2</sub> için kg kitle veya yağsız kg kitle başına özel bir anasal etkinin muhtemelen varolduğu ileri sürülmektedir. Bu çalışmada anne-çocuk arasında %20, baba-çocuk arasında %0 korelasyon bulundu. Submaksimal kuvvet miktarıyla ilgilenen çalışmalarda ise aksine anasal etki bulunmadı (30). Ailevi geçişlerle ilgili olarak tek cinse ait (erkek veya kız) bir sonuç için ise kanıt yoktur.

### **KALITIMDA BAŞ ROL OYNAYANLAR**

Kalp ölçüsünde ve atım volümündeki kişisel farklılıklar, geniş kas kitlelerini kapsayan aerobik performansın önemli belirleyicileridir. İkiz çalışmalarında ekografik kalp ölçüsünün kalıtımsallığı incelendi (2). Bu çalışmaların hiçbiri kalbin boyutu üzerine geniş bir genetik etkinin olduğunu göstermedi. Akraba çeşidini sınırlayan çalışmalar (5) çeşitli kalp boyutlarının kalıtımsallığının düşük ama; yaş, cins, vücut kitle, alışılmış fiziksel aktivite düzeyi için ayarlandıktan sonra önemli olduğunu göstermiştir. Maksimal oksijen nabızı ile bazen maksimal atom volümü basit olarak tahmin edilebilir. Maksimal oksijen nabızı kalıtımsallığın %50 kadar olduğu sanılmaktadır (5). Kas dokusu oksijeni kullanır ve dayanıklılık performansının diğer belirleyicisi olan lipid substratları okside eder. Bouchard ve ark., 35 çift erkek kardeşin vastus

lateralis kas biyopsilerinde dokunun biyokimyasal ve kimyasal özelliklerini araştırmış (3) ve fibril tipi ve dağılımı için kalıtımsallığın anlamlı olmadığını bulmuşlardır. Glikojen yıkımı ve lipid oksidasyonu için gerekli enzimlerin aktivitelerinin kalıtımsallığı ise %25-50 çıkmıştır. İskelet kasının yapısal özellikleri 11 monozigotik ve 6 dizigotik ikiz çift üzerinde çalışılmış (21), mitokondrial yoğunluk, myofibril volümünün hiçbir genetik sonuç ortaya çıkarılamamıştır.

Solunum değişim oranındaki kişisel farklılıkların gözlemlendiği çalışmalar (11) anlamlı bir genetik bileşenin, ayrıcalıkla lipid oksidasyonuna göre, hareketsiz ve çeşitli beslenme ve egzersiz değişkenleri kullanılarak incelendiğinde, dayanıklılık performansı için dikkate değer bir önemi olduğunu göstermektedir (5). Ayrıca ikiz çalışmalarında lipidlerin enzimatik sentezi ve depolanması görevini üstlenen anlamlı bir kalıtım bileşeni gösterilmiştir (8).

### **GENOTİP VE ÇALIŞMAYA CEVAP**

Şimdiye kadar anlatılanlardan dayanıklılık performansı değişimlerinin ve yerleşik özelliklerin bireylere az bir katkısı olduğu sonucu çıkarılabilir. Genel olarak kabul gören düşünceye göre sedanter kişilerin  $\text{MaxVO}_2$ 'leri birkaç aylık antrenman sonrası yaklaşık %20-30, iskelet kas oksidatif potansiyelleri kolayca %50 artabilir ve bazen iki katına çıkabilir. Ancak, böyle bir çalışmaya cevabın, genotip için bir rolü hesaba katılırsa, bu antrene edilebilirlikte kişisel farklılıkların kanıtı olmalıdır (6, 12). Aynı çalışma programı bazı kişiler için  $\text{MaxVO}_2$ 'de neredeyse hiç değişiklik doğurmayabilir (4, 11). Antrene edilebilirlikteki bu farklılıklar yaşa ve cinse bağlı olabilir. Başlangıç  $\text{MaxVO}_2$ 'leri ne kadar düşükse antrenmanla artış o kadar fazladır. Bireysel farklılıkların nedeni için akla uygun olan, egzersize cevabın farklı olan genetik özelliklere bağlanmasıdır.

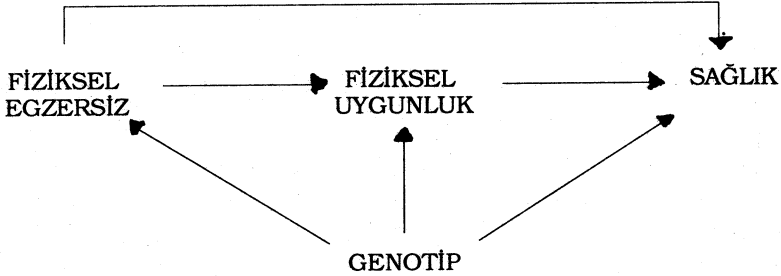
### **GENETİK BELİRLEYİCİLER VE AEROBİK PERFORMANS**

Genetik belirleyici tesbit etmek henüz çok güçtür. Üç farklı strateji kullanılarak bu problem aşılmaya çalışılmaktadır:

1. Dayanıklılık idmanı yapmış elit atletler ve sedanter kontrol grupları arasındaki farkları göstermek,

2. Sedanter yaşam süren insanlar arasındaki farklar göstermek,
3. Aerobik çalışmaya cevap modellerini araştırmak (cevapsızlık, düşük cevaplılık, yüksek cevaplılık).

Düzenli fiziksel aktivitenin, fiziksel uygunluğu arttırdığını biliyoruz. Ek olarak, hem sürekli yaptığımız fiziksel aktiviteler, hem de kondisyon hareketleri mortalite, morbidite, ve yaşam kalitesi üzerine etkilidir. Ancak çelişen gözlemler vardır. Egzersiz şartlarını anlamamızda insanlar arasındaki gen çeşitliliğinin kritik önemini gözönüne almak gerekir (Şekil 1).



Şekil 1.

Genetik yapı, sadece fenotipe katkısından değil, olağan fiziksel aktivite düzeyi, sağlık durumu ve bunların yanında uyumsal cevapları da etkilemesi açısından önemli bir faktördür. Fiziksel uygunluk genotipe belli bir ölçüde bağımlıdır, ancak genetik olmayan etkiler (spora katılım ve diğer istemli egzersiz programları) gözlenen kişisel farklılıklardan önemli ölçüde sorumludurlar. Genotipin fiziksel uygunluğa katkısı üzerine  $MaxVO_2$  ve vücut yapısı ile ilişkili dizigot ve monozigot ikizlerde iki çalışmanın sonuçları göstermektedir ki,  $MaxVO_2$ 'de genetik etki vücut ağırlığı için hesaplanırsa %40; ancak yağsız vücut kitlesi gözönüne alındığında %10'a varan düzeylerde (8).

### SAĞLIK DURUMU

Başlıca sorular:

1. Popülasyon içinde egzersize yanıt heretojen mi?

2. Antrene edilebilirlikteki heterojenlik genotiple ilişkili mi?
3. Düzenli egzersiz ve fiziksel uygunluktaki değişimlerin sonucu olarak sağlık durumundaki farklılıklar heterojen mi?
4. Düzenli egzersiz ve fiziksel uygunlukla arttırılan sağlık durumundaki değişiliğin heterojenliği genotiple ilişkili mi? (13).

Sedanterlerde belli bir antrenmana yanıt incelendiğinde (9) kişisel farklılıklar ortaya konmuştur. Bisiklet ergometresinde 20 hafta süreyle, haftada 4-5 kez, 40-45 dakika, maksimum kalp atım yedeğinin %60-85'inde çalışmakla MaxVO<sub>2</sub>'leri 2.3'den 2.9 Lt/dk.'a çıkmış ve aerobik güç gelişimlerinde ortalama %30 artmış kaydedilmiştir. İlgi çeken bir diğer gözlem ise MaxVO<sub>2</sub>'in antrenmana cevabının %7-87 arasında değiştiği olmuştur. Kişisel varyasyonun temel nedeni, fenotip düzeyi (ele alınan karakterin o anki antrenman durumu) ve egzersize genetik olarak belirlenmiş adaptasyon kapasitesi olup muhtemelen her bir biyolojik özellik ailesi için "tek" dir. Bu sonuçlar, endurans antrenmanına maksimal aerobik gücün hassasiyetinin önemli ölçüde genotipe bağımlı olduğunu düşündürür.

Günlük hayatımızda sürekli yaptığımız hareketler ve fiziksel uygunluğu arttırıcı çalışmalar sonucu sağlıkta oluşan değişikliklerin genetikle ilişkisi üzerine daha çok araştırma gerekmektedir. Ancak şu gayet açıktır ki, heterojen adaptif bir yanıt mekanizması aynı zamanda bir sağlık durumuna, risk faktörlerine kadar uzanır.

### **YETENEKLİ İNSAN-UYGUN ÇEVRE**

Genetik yapısı elverişli bireyin belli alandaki gelişiminin ölçümleri ile o alanda en üstün düzeye ulaşabileceği sonucuna varılabilir. "Elverişli kişi", "Uygun çevre" ne demektir? İşte bütün eğitim sistemlerinin ana amaçlarından biri veya bireyleri ve çevrelerini belirlemek olmalıdır. Belli bir alana yöneltilcek kişiler ise toplumun çeşitli kesimlerinden taranıp seçilmelidirler.

### **SPORDA BAŞARININ ÖZNEL VE NESNEL KOŞULLARI**

Öznel sınırlar derken kişinin potansiyelini sonuna dek kullanabilmesi iken nesnel sınırlar aynı kişinin, örneğin bir yarış sonunda artık



aş amayacağ ını sandığı gerç ekte öz nel sınırın bir hayli altındaki bir başarı düzeyidir. En iyi sporcular bile pek iddialı olmayan yarış lar da iddialı yarış lar da gösterdikleri başarıyı gösterememektedirler. Bu, sporda psikolojik etkenlerin rolünü açıkça gösterir.

Spor eğ itimi ile ulaşılabilecek başarı düzeyi en azından teorik açıdan insan vüc udunun anatomik, fizyolojik ve morfolojik özellik leri ile sınırlı olmakla birlikte, sporu öğrenme mekanizmaları diğ er alanlardaki öğrenme mekanizmaları ile aynıdır (14). En geniş anlamıyla öğrenme, canlının çevresine uyum gösterebilmek için gerekli olan bilgileri edinmesidir. Bu bilgileri daha sonraki davranış larında kullanacaktır. Ancak, davranış ın bir bölümü öğrenmeyi gerektirmeyen doğ uştan "programlanmış" cevaplarla ilgilidir. Temelde öğrenmenin kimyasal olduğ undan pek kuş ku yoktur. Yani öğrenme sonucu hücrelerde bazı yeni maddelerin yapıldığı ve bazılarının parçalanıp baş ka maddelere dönüştüğü ileri sürülmektedir. Canlıların yapı taş ları olan biyolojik makromoleküller (proteinler, nükleik asitler vb.) bilgi temsili için ideal yapılardır. Hayvanlarda yapılan deneylerde, beyin protein ve değ iş ikliklerine; deneysel olarak oluşturulan yeni davranış biçimlerinin ise biyokimyasal değ iş ikliklere yol açtığı saptanmıştır (22).

Temelde kimyasal olmakla birlikte öğrenme makroskopik düzeyde sinirsel devre bağlantıları ile ilgilidir. Yeni doğ muş bir bebekte sinir sisteminin son şek lini oluşturacak malzeme (hücreler) tam olarak varolmayıp, henüz belirlenmemiş sinirsel bağlantılar ve sentez edilecek yeni maddeler büyük ölçüde süreceği yaş amla saptanıp oluşacaklardır. Böylece çevre genetiğ in dokuduğu karmaş ık ağ a nakş ını iş leyecektir.

Yeni bir beceri kas sistemi tarafından hemen kolayca icra edilemez. Yeni bir motor davranış önce kişinin mevcut davranış kalıpları ve genetik mirasının yeterliliğ i sorunları ile karşılaşır. Bu davranış ın öğrenilmesi herş eyden önce mevcut sinirsel fonksiyonel ilişkilerden yararlı olanların seç ilip yeni fonksiyonel birimler oluşturulması ile mümkündür. Öğrenmenin ilk safhalarında amaçlanan sonuca ulaşmak için yüksek merkezler olaya yoğun bir şekilde katılırlar. Sonraki safhalarda becerinin kalıplaş ıp otomatikleşmesi ve yüksek merkezlerin kontrolünden bağımsızlı hale gelmesi sağlanır.

Sonuç olarak denebilir ki yeni doğ muştan, üstün bir sporcuya gelişimde kalıtsal ve çevresel faktörlerin sürekli bir etkileşimi söz konu-

sudur. Kişinin gerek çevreye uyumu için şart olan davranışları, gerekse bazı özel motor becerileri kazanması sinir sisteminin ve diğer sistemlerin gelişimine paralel olarak ve bu gelişimin izin verdiği ölçüde, karmaşık ve aşamalı bir dizi öğrenme mekanizması ile gerçekleşir (3).

## YETENEK ÖNGÖRÜSÜ

Genetik çalışmalarının amacı; organların, becerilerin ve yeteneklerin o andaki durumunun genetik etkisiyle, geçmişle veya o andaki çevresel etkilerle ilişkisini saptamaktır. Yetenek öngörüsünün genetik yapılanma ve performansla ilgili özelliklerin gelişimini saptamada önem taşır. Kalıtım analizleri, özellikle ikiz çalışmaları ve stabilizasyon çalışmaları oldukça geniş ve farklı performans gruplarıyla yürütülmüştür. Bu analizlerin sonuçları şöyle özetlenebilir (23): Şimdiye dek ne kalıtsal araştırmalar, ne de stabilite çalışmaları tam olarak kalıtsallığın derecesini veya uzun dönem performans öngörüsünün sayısal temeli olabilen kişisel direkt veya indirekt performans koşullarının stabilitesini gösterememiştir. Bununla birlikte her bir özellik için standart gelişimsel eğilimler saptanabilir. Öyleyse bugün en azından kalıtsallığın derecesi veya sportif performans durumunun bireysel özelliklerinin stabilitesi hakkındaki niteliksel durumları formüle etmek mümkündür. Bu yüzden bu araştırmalar sıklıkla, kişisel gelişim persentillerinin uygun öngörüsü için ilk referans noktasını oluşturur. Genç atletlerin tüm çalışma süreçlerinde vücut boyunun gelişimi (kesin sınırlarla) ve yapısal tip tahmin edilebilir. Vücut tipini belirlemeye somatotipleme denir. Spor dalı ile somatotipleme arasında anlamlı ilişki bulunmuştur (16, 22). Vücut kısımları alan, hacim, çevre, uzunluk olarak tanımlanır. Vücut tipi 11-17 yaşları arasında değişiklik göstermekte ve ergenlik dönemi sonunda (genlerin sakladığı kodlara uygun olarak) son şeklini almaktadır. Somatotipi oluşturan faktörlerden sadece boy üzerine ön tahmin yapılabilen ve spora yönlendirmede yol gösterici olmaktadır. Zaten iyi gözlemci olan antrenör, beden eğitimi öğretmeni ve anne-baba için bu hiç zor değildir. Genetik potansiyel biyolojik olarak belirlendiğinden, önemli olan antrenmanın bir gereç olarak kullanılıp, performansı ileride ulaşacağı maksimum düzeye çıkarmaktır. Sportif başarının uygun bir fiziksel yapı gerektirdiği unutulmamalıdır. Kas-sinir işlevi açısından vücut yapısının beceri ile ilişkisi (koordinasyon) olmadığı düşünülse de asimetrik barda dönen jimnastikçinin vücut yapısı küçük ise avantajı

olacaktır. Adolesanların vücut boyunu önceden isabetle gösteren tablolar, o sıradaki vücut boyu ve çoğunlukla örneğin el röntgeni kullanımıyla kemik yaşının saptanmasından temel almaktadırlar (26). Spor performansı ile ilgili hiçbir özellik kemik yaşı gibi yüksek performans yaşı ile ilgili sonuç değerleri kadar iyi tahmin edilemez. Genetik yapının vücut esnekliği, hareket hızlığı ve kas kuvvetinin gelişiminde önemli rol oynadığı bilinir. Hareket koordinasyonunun diğer bazı komponentlerine bakıldığında düşük genetik etkilenme olduğu gözlenmektedir. Hareketlerin dakikliği buna örnektir. Öncelleme, motivasyon ve spora özel zeka gibi psişik komponentlerin gelişimi zor tahmin edilebilir görünmektedir. Genellikle organ fonksiyonlarının gelişimi ve temel hareket yeteneği veya becerileri daha iyi tahmin edilmektedir. Söz gelimi temel hareket yetenekleri özel yetene ve becerilere oranla genetik olarak daha kolay saptanır. Örneğin; maksimal oksijen alımı, laktat toleransı veya kas fibrilleri bileşimi... Yetenek seçiminde genel temel çalışmadan önce, temel antropometrik ölçümlerin ilk evrede yapılan genel-motor testlerle birlikte kaydedilmelerinin yararı dikkate alınmalıdır. Morfolojik, biyolojik ve davranış karakteristiklerini kapsayan somototip (fizik yapı) ile performans arasındaki ilişkiler birçok araştırmacı tarafından gösterilmiştir. Olimpik atletler üzerinde (16) sürdürülen araştırmalarla, aynı daldaki atletlerin birbirine çok yakın somatotipe sahip oldukları saptanmıştır. Bu anlatımdan kişilerin aynı boy, kilo ve görünüme sahip oldukları düşüncesi çıkarılmamalıdır. Farklı kilo, boy ve görünümde olabilirler ancak, yağ oranı, kaslılık ve incelik özellikleri benzerdir. Bireylerin spordaki başarıları uygun somatotiplerinin mi bir sonucudur yoksa sporda başarılı olmak mı uygun somatotipi yaratmıştır sorusu bilimsel bir kesinlik kazanmamıştır. Somatotipin ve fiziksel yeteneklerin antrenmanla değiştirilebilmesi, doğal fiziksel yeteneklerle somatotip arasındaki ilişkiyi kanıtlamayı önlemiştir.

Performans ve antrene edilebilirliğin moleküler biyolojisinin ve genetik temellerinin sosyoloji, psikoloji ve ahlaksal esaslar dahilinde anlaşılacak, yetenekli bireyler için (sonuçta bebekler hedef alınacak) gözlemlerin değiştirilmesi; idman programları ve yarışmaların bu esaslara göre düzenlenmesi, spor bilimcileri, antrenörleri ve spor yöneticilerinin bilgilerinin artması ile, gelecek ilginç ve şüpheli olacak ve bu yalnızca spor genetikçilerini ilgilendirmeyecektir.

**KAYNAKLAR**

1. Adams TD, Yanowitz FG, Fisher AG, et al.: Heritability of cardiac size: an echocardiographic and electrocardiographic study of monozygotic and dizygotic twins. *Circulation* 71: 39-44, 1985.
2. Astrand PO, Rodahl K: *Textbook of Work Physiology*. 3rd ed., Singapore, McGraw-Hill, 1987, p: 334.
3. Bouchard C, Lortie G: Heredity and endurance performance. *Sports Med* 1: 38-64, 1984.
4. Bouchard C: Genetic Determinants of Endurance Performance. In: *Textbook of Endurance in Sport*, RJ Shephard, PO Astrand, Eds., Oxford Blackwell Scientific Publications, 1992, p: 149.
5. Bouchard C, Boulay MR, Simoneau JA, Lortie G, Perusse L: Heredity and trainability of aerobic and anaerobic performances. *Sports Med* 5: 69-73, 1988.
6. Bouchard C: Inheritance of fat distribution and adipose tissue metabolism. In: *Metabolic Complication of Human Obesities*, Vague P, Ed., Amsterdam, Elsevier, 1985, p: 87-96.
7. Bouchard C, Simoneau JA, Lortie G, Boulay MR, Marcot M: Genetic effects in human skeletal muscle fiber type distribution and enzyme activities. *Can J Physiol Pharmacol* 64: 1245-51, 1986.
8. Bouchard C, Lortie E, Simoneau JA: Sensitivity of maximal aerobic power and capacity to anaerobic training is partly genotype dependent. In: *Sport and Human Genetics*, Malina RM, Bouchard C, Eds., Champaign, Illinois, Human Kinetics, 1986.
9. Bouchard C, Tremblay A, Nadeau A et al.: Genetic effects in resting and exercise metabolic rates. *Metabolism* 38: 364-70, 1989.
10. Bouchard C, Lesage G, Lortie G et al.: Aerobic performance in brothers, dizygotic and monozygotic twins. *Med Sci Sports Exerc* 18: 639-46, 1986.
11. Bouchard C: Discussion; Heredity, Fitness and Health. In: *Textbook of Exercise, Fitness and Health*, Bouchard C, Shephard RJ, Stephens T, Sutton JR, MCPerson BD, Eds., Toronto, 1988.
12. Çelebi G: Sporda kalıtım ve öğrenmeye dair. *Spor Hekimliği Dergisi* 12 : 51, 1977.
13. DeGaray AL, Levine L, Carter JEL: Genetic and Anthropological Studies of Olympic Athletes. New York, Academic Press, 1974.

## Sporda genetiğin rolü üzerine çeşitlemeler

---

14. Fagard R, Van Den Brocke C, Bielen E, Amery A: Maximum oxgen uptake und cardiac size and function in twins. *Am J Cardiol* 60: 1362-7, 1987.
15. Gökbel H: Maksimal aerobik güç ve kalıtım. *Spor Hekimliği Dergisi* 24: 79-81, 1989.
16. Howald H: Ultrastructure and biochemical function of skeletal musche in twins. *Ann Hum Biol* 3: 455-62, 1980.
17. Hyden H: Biochemical changes accompanying learning. In: *The Neurosciences: A Study Program*. GC Quarton, T Melnechuk, FO Schmitt, Eds., New York, The Rockefeller University Press, 1967, pp: 765-71.
18. Klaus Karl: Üst düzey spor için yeteneklerin araştırılması, seçimi ve geliştirilmesi üzerine deneyimler. 3.Uluslararası Spor Hekimliği Kongresi, İzmir, 1991.
19. Klissouras V: Heretability of adaptive variation. In: *The Physiological Basis of Physical Education and Athletics*, 4th ed., Fox E, Bowers RW, Foss ML, Eds., USA, Saunders, 1988, pp: 357-8.
20. Komi PV, et al.: Skeletal muscle fibres and muscle enzyme activities in monozygous and dizygous twins of both sexes. *Acta Physiol Scand* 100: 385-92, 1977.
21. Lesage R, Simoneau JA, Jobin J, Leblanc J, Bouchard C: Familial resemblance in maximal heart rate, blood lactate and aerobic power. *Hum Hered* 35: 182-9, 1985.
22. McArdle WD, Katch PI, Katch VI: *Exercise Physiology, Energy, Nutrition and Human Performance*, 2nd ed, USA, 1986, p: 178.
23. Perusse L, Tremblay A, et al.: Genetic and familial environmental influences on level of habitual physical activity. *Am J Epidemiol* 129: 1012-22, 1989.
24. Schull WJ: *Heredity, Fitness and Health*, Toronto, 1989.
25. Stepnicka J et al.: Somatotype, body posture, motor level and motor activity of youth. *Acta Univ Carolinae Gymnica* 12: 1-93, 1973.
26. Tanner JM, Marshall XY: *Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult Height: TW2 Method*. London, Academy Press, 1975.