

## Spor Psikolojisinde Genetik

Melek Makaracı<sup>1</sup>

### Özet

Son yıllarda, sportif yeteneklerinin belirlenmesinde psikolojik faktörlerin önemi artmıştır. Spor psikogenetiği, spordaki psikolojik faktörlerle genetik etmenlerin etkileşimini inceleyen bir alandır. Spor yeteneklerinin belirlenmesinde psikolojik faktörlerin, fiziksel yeteneklerle birlikte daha fazla önem kazandığı son yıllarda fark edilmiştir. Ancak, sporcuların psikolojik özelliklerinin genetik temelleri hakkında yapılan çalışmalar hala sınırlıdır. Spor psikogenetiği genetik yatkınlıkların bir sporcunun yetenekleri, motivasyonu, kişiliği ve stresle başa çıkma gibi psikolojik özelliklerini nasıl etkilediğini araştırır. Genetik varyasyonlar; bilişsel yetenekler, tepki süresi ve kişilik gibi özellikleri etkileyebilir ve bu faktörlerin atletik başarıyla ilişkisi incelenmektedir. Spor psikogenetiği, genetik varyantların psikolojik özellikleri ve performansı nasıl etkileyebileceğini anlamaya yönelik araştırmalar yapmaktadır. Bu alanda, serotonin ve dopamin gibi nörotransmitterlerle ilişkili genetik varyasyonlar öne çıkmaktadır. Genetik ve çevresel etkileşimlerin, bireylerin psikolojik dayanıklılıklarını ve spor performanslarını nasıl şekillendirdiği üzerine yapılan araştırmalar önemli bulgular sunmaktadır. Genetik faktörler, sporcularda kişilik ve performansı belirlemede rol oynarken, çevresel faktörler de bu süreci etkilemektedir. Bu çalışmalar, kişiye özel antrenman programlarının geliştirilmesine olanak tanyacak ve spor psikogenetiği alanının potansiyelini daha iyi kullanmamıza yardımcı olacaktır. Sonuç olarak, spor psikogenetiği, sporcularda psikolojik başarıyı optimize etmek için önemli bir araç sunmaktadır.

## SPOR PSIKOLOJİSİNDE GENETİK

Spor psikogenetiği, sporlardaki psikolojik unsurlar ile genetik bileşenler arasındaki etkileşimi inceleyen bilimsel disiplindir (van Breda vd., 2015; Valeeva vd., 2019). Bu alan, genetik yatkınlıkların, bir sporcunun yetenekleri, motivasyonu, kişilik özellikleri, stresle başa çıkma yeteneği

1 Dr. Öğr. Üyesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Beden Eğitimi ve Spor, <https://orcid.org/0000-0002-5279-2703>, [melek.kozak@gmail.com](mailto:melek.kozak@gmail.com)

ve diğer psikolojik faktörlerle nasıl ilişkilendiğini araştırarak, sporcuların gelişimini ve başarısını anlamada önemli bir rol oynamaktadır. Aynı zamanda, sporun biyolojik ve psikolojik yönlerini birleştirerek, genetik faktörlerin atletik performans üzerindeki etkilerini daha derinlemesine inceleyen araştırmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar, sporcuların psikolojik özelliklerin bilişsel yetenekler, hafıza kapasitesi, tepki süresi ve kişilik gibi genetik faktörlerden nasıl etkilendiğini araştırmaktadır. Ayrıca, bu özelliklerin atletik başarıyla nasıl bağlantılı olabileceği ve bireyin atletik performansı ile kişilik özellikleriyle ilişkilendirilebilen sinir sistemi genetik varyasyonlarını incelemektedir (Voelcker-Rehage vd., 2015; Abe vd., 2017; Valeeva vd., 2019). Son çalışmalar, bilişsel yeteneklerdeki bireysel farklılıkları belirleyen genetik polimorfizmleri tanımlamıştır. Bu bulgulara dayanarak, bilişsel yeteneklerdeki farklılıklarla bağlantılı genetik varyasyonların, sporcuların rekabetçi performansını da etkileyebileceği düşünülmektedir (van Breda vd., 2015; Voelcker-Rehage vd., 2015; Abe vd., 2017; Valeeva vd., 2019).

Sporunda yetenek belirleme süreci, başlangıçta fizyoloji ve antropometri gibi faktörlere daha fazla odaklanırken, son yıllarda psikolojinin, yetenek gelişiminin temel belirleyicisi olarak kabul edilmesiyle önemli bir değişim yaşanmıştır (Blijlevens vd., 2018; MacNamara vd., 2010; Rees vd., 2016). Bununla birlikte, fiziksel yeteneğin genetik temellerini anlamaya yönelik bazı gelişmeler (Ahmetov vd., 2016) ve bu alandaki önceki araştırmalar (Lippi vd., 2010; Singer ve Janelle, 1999) mevcut olsa da, sporcuların psikolojik özelliklerinin genetik olup olmadığına dair hala sınırlı sayıda araştırma bulunmaktadır. Bu durum şaşırtıcıdır çünkü spor için önemli olabilecek birçok özelliğin, spor dışındaki örneklerde genetik olarak miras alındığı gözlemlenmiştir. Örneğin, kişilik faktörlerinin bir kısmı kalıtsal olabilir (Rimfeld vd., 2016) ve zekânın, özellikle öğrenme, akıl yürütme ve problem çözme yeteneklerinin yaklaşık %50'sinin kalıtsal olduğu düşünülmektedir (Plomin vd., 2001).

Spor psikogenetiği, belirli bir genin polimorfizminin, bir sporcunun bilişsel (örneğin hafıza, düşünme biçimi, tepki süresi ve dikkat) ve kişilik (örneğin saldırganlık, motivasyon ve mizaç tipi) özelliklerini etkileyebileceğini öne sürer. Uzman sporcuların psikolojik özelliklerini etkileyebilecek genetik polimorfizmleri bulmak için, merkezi ve çevresel sinir sistemlerinin moleküler mekanizmaları hakkında derinlemesine bilgi sahibi olmak gereklidir. Strese direnç, dikkat, tepki süresi ve değişime uyum gibi psikolojik özelliklerin gelişimine katkı sağlayan genetik belirteçler, genellikle nörotransmitter sistemleriyle ilişkilidir. Özellikle davranışın çeşitli uyarıcı ve motivasyonel yönleri, serotoninerjik ve dopaminerjik sistemlerle bağlantılıdır (Valeeva vd., 2019).

## Davranış Genetiği ve Psikolojik Değişkenler: Kalıtım ve Çevresel Etkiler

Psikolojik değişkenlerin altında yatan mekanizmaları incelemek amacıyla davranış bilimciler, kalıtım ve çevresel faktörlerin bireyler arasındaki farklılıkları ne ölçüde etkilediğini araştırmışlardır (Chabris vd., 2015). Bu çalışmalar hem kişilik hem de zihinsel dayanıklılık açısından önemli genetik bileşenleri ortaya koymuştur (Allen vd., 2013; Lin vd., 2017; Power & Pluess, 2015). Özellikle, genel kişilik ve zihinsel dayanıklılıkla ilgili kalıtım oranı yaklaşık olarak %50 civarındadır; bu oran, her bir alt bileşende %35 ile %65 arasında değişmektedir (Horsburgh vd., 2009). Genetiğin psikolojik değişkenler üzerindeki etkisini destekleyen güçlü kanıtlar mevcuttur. Örneğin, Turkheimer (2000) makalesinde “Davranış Genetiğinin Üç Yasası”nı şu şekilde tanımlamıştır:

- (A) Tüm insan davranış özellikleri kalıtımsaldır.
- (B) Aynı ailede yetiştirilmenin etkisi, genetik etkilerden daha küçüktür.
- (C) İnsan davranışları karmaşık ve çok boyutlu olup, genetik ve ailevi etkiler sadece bir kısmını oluşturur.

Genetik faktörler ile psikolojik sonuçlar arasındaki ilişkileri inceleyen araştırmaların başında, Minnesota’da Ayrı Büyüyen İkizler Çalışması (MISTRA) yer almaktadır (Bouchard vd., 2013). Bu çalışma, genel zekâ (Bouchard, 1997) ve kişilik (DiLalla vd., 1996; Tellegen vd., 2013) gibi alanların yanı sıra, genetik faktörlerin işe yönelik tutumlar (Keller vd., 1992) ve iş tatmini (Arvey vd., 1989) gibi psikolojik ölçümler üzerindeki etkisini de incelemiştir. Ayrıca, Stroop Renk-Kelime Testi’nde (Johnson vd., 2003) elde edilen puanlar da değerlendirilmiştir. Genel olarak, genetik faktörler bu ölçümler arasındaki bireyler arası varyasyonun önemli bir kısmını açıklamaktadır. Genetik faktörlerin açıkladığı varyasyon oranı, kullanılan ölçüme ve çalışma örneğine bağlı olarak değişmekte birlikte, sıfır kalıtımsallığa sahip hiçbir psikolojik ölçüm bulunmamaktadır. Bu bulgular, 50 yılı aşkın bir süreci kapsayan ve tüm davranışsal ve fiziksel özellikler için ortalama %49’luk bir kalıtım oranı bildiren büyük bir ikiz araştırmalarına dayanan meta-analizle de desteklenmektedir (Polderman vd., 2015).

Chabris vd., (2015), moleküler genetik araştırmalardan elde edilen birçok ampirik kanıtı bir araya getirerek “Davranış Genetiğinin Dördüncü Yasası”nı önermişlerdir. Bu yasa, tipik bir insan davranışsal özelliğinin çok sayıda genetik varyantla ilişkilendirilebileceğini ve her bir varyantın, davranışsal değişkenliğin çok küçük bir yüzdesini açıkladığını ifade etmektedir. Bu nedenle, fiziksel fenotiplere benzer şekilde, psikolojik fenotiplerin genetik

yapısı oldukça poligenik (yani, birden fazla genetik varyant her özelliği etkiler) ve pleiotropiktir (yani, her genetik varyant birden fazla özelliği etkiler). Bununla birlikte, psikolojik fenotiplerin, fiziksel fenotiplere kıyasla daha poligenik olabileceği düşünülmektedir. Bu düşünce, çağdaş araştırmalarda tanımlanan genetik varyantların sayısı ve ortalama etki büyüklükleriyle desteklenmektedir (Chabris vd., 2015). Bu yaygın genetik varyantların çoğu, serotoninerjik ve dopaminerjik sistemlerdeki genlerle ilişkilidir (Ausmees vd., 2021; Balestri vd., 2014). Ancak, bu ve diğer varyantlarla ilgili yapılan önemli araştırmalara rağmen, bunların psikolojik özelliklerle olan ilişkilerinin geçerliliği hâlâ fazla araştırma gerektirmektedir (Karlsson-Linnér vd., 2019; Sanchez-Roige vd., 2018; Strawbridge vd., 2018).

Plomin ve Colledge (2001), IQ'nun kalıtım oranını yaklaşık %50 olarak belirlemişlerdir. Ancak, belki de daha ilginç olan konu, kişiliğin kalıtımıdır. Psikolojik bilimdeki genetik araştırmalar, kalıtımın ötesinde, özellikle düalist ölçümlerin ötesinde, kişiliğin çeşitli boyutlarını popülasyon düzeyinde incelemiştir. Bu araştırmalar, kalıtımın “ne kadar” olduğu sorusuna odaklanmış ve fenotipin ne kadarının ölçüldüğüne, kullanılan ölçüm aracına ve ölçülen genetik ya da çevresel kişilik özelliğinin tahminine bağlı olarak kalıtım oranının %30 ile %50 arasında değiştiğini ortaya koymuştur (Plomin vd., 2001).

Genetik ve çevresel etkilerin (örneğin sosyal destek) sportif başarı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu düşünülmektedir (Baker, 2007). İkiz tasarımları kullanarak yapılan araştırmalar, genetiğin spor performansına önemli katkılar sağladığını göstermiştir (Davids & Baker, 2007; Lippi vd., 2010) ve bu katkı, psikolojik yetenekle ilişkili çeşitli genleri içermektedir (Lippi vd., 2010). Özellikle serotonin taşıyıcı (5-*HTT*) genindeki değişkenlik, rekabet ortamında kadın sporcular arasında düşmanlık, sinirlilik ve olumsuzluk (nevrotikliğin bileşenleri) ile ilişkilendirilmiştir (Maliuchenko vd., 2007). Bu bulgular, spordaki nevrotik davranışların genetik faktörlerden etkilendiğini ve bu etkilerin, sosyal olarak öğrenilen ipuçlarının söz konusu davranışların uygunluğunu işaret ettiği durumlarda daha belirgin ya da daha az belirgin olabileceğini göstermektedir (gen-çevre etkileşim etkisi).

### **Spor Psikogenetiğinde Çalışma Yöntemleri: Vaka-Kontrol ve Genotip-Fenotip İlişkisi**

Bu alandaki çalışmalar genellikle vaka-kontrol çalışmaları ve kesitsel genotip-fenotip ilişkisi tasarımları gibi yöntemlerle yapılmaktadır. Vaka-kontrol çalışmaları, elit sporcular ile genel popülasyon arasındaki belirli genetik polimorfizmlerin (DNA dizilerindeki farklılıklar) yaygınlığını

karşılaştırırken, kesitsel çalışmalar ise genetik yapı ile psikolojik özellikler arasındaki ilişkileri incelemektedir. Vaka-kontrol çalışmaları, spor psikogenetiğinde en yaygın kullanılan çalışma tasarımı olmaya devam etmektedir. Bu tür çalışmalar, genellikle belirli bir DNA dizisinin alelinin (DNA'nın gen veya kodlamayan bölgesi) elit sporcularda, genel popülasyona göre daha yaygın olup olmadığını araştırmaktadır. Örneğin, Peplonska ve ark., (2019), 621 sporcu ile 672 hareketsiz kontrol arasındaki alel frekanslarını karşılaştırarak, dayanıklılık, güç ve dövüş sporcusu statüleriyle ilişkili 7 potansiyel psikogenetik belirteç (FEV rs860573, *SLC6A3* rs6347, *SLC6A2* rs2242446, *HTR1B* rs11568817, *TPH2* rs7305115, *NR3C2* rs2070951, *HTR2C* rs3813929) tanımlamıştır.

Kesitsel (genotip-fenotip) ilişki çalışmaları ise, spor psikogenetiğinde bir diğer yaygın çalışma tasarımıdır. Bu çalışmalar, belirli bir DNA dizisinin genotipine (veya aleline) sahip sporcuların, örneklemin geri kalanına kıyasla bir özelliğin (örneğin tepki süresi, özgüven vb.) farklı ölçümlerini gösterip göstermediğini incelemektedir. Bugüne kadar, 16 genetik belirtecin, belirli sporlara yatkınlıkla ilişkili olduğu vaka-kontrol tasarımları aracılığıyla bildirilmiştir. Ayrıca, 12 belirtecin kişilik özellikleriyle bağlantılı olduğu, genotip-fenotip tasarımları aracılığıyla belirlenmiştir (Valeeva vd., 2019).

### **Kişilik, Zihinsel Dayanıklılık ve Spor Performansı: Genetik Bağlantılar**

Spor psikogenetiği, sporcularda stresle başa çıkma, odaklanma, motivasyon ve özgüven gibi psikolojik özelliklerin genetik temellerinin daha iyi anlaşılması, antrenman süreçlerinin daha kişiselleştirilmiş ve verimli hale gelmesine olanak tanır. Psikolojik araştırmalar, kişilik ve zihinsel dayanıklılık gibi ana hatları çizilen psikolojik değişkenleri kapsayan şemsiye terimler üzerinden değerlendirilir (Lin vd., 2017).

Kişilik, çağdaş spor araştırmalarında genellikle Büyük Beş/Beş Faktör modeli ile değerlendirilir. Bu model, dışadönüklük, uyumluluk, açıklık, vicdanlılık ve nevrotiklik olmak üzere beş ana kişilik boyutunu içerir (McCrae ve John, 1992). Dışadönüklük, kişilerin kişilerarası etkileşimlerdeki miktar ve yoğunluğunu değerlendirirken, uyumluluk, bireylerin iş birliği yapma ve sosyal uyum sağlama eğilimlerini değerlendirir. Açıklık, yeni deneyimler arama eğilimlerini ölçerken, vicdanlılık, organizasyon ve hedef odaklı davranışları, nevrotiklik ise duygusal dengesizliği ifade eder (Allen vd., 2013). Zihinsel dayanıklılık ise, bir bireyin değişen durumsal talepler karşısında güvenilir bir şekilde nesnel ve öznel performans sergileme kapasitesini kolaylaştıran psikolojik kaynaklar bütünü olarak tanımlanır (Gucciardi vd., 2015).

Çeşitli çalışmalar, kişilik özellikleri, zihinsel dayanıklılık ve spor performansı arasında önemli ilişkiler olduğunu ortaya koymuştur (Allen vd., 2013; Liew vd., 2019). Genel olarak, başarılı sporcuların nevroitikliklerinde daha düşük, zihinsel dayanıklılıklarında ise daha yüksek puanlar aldıkları gözlemlenmiştir (Benítez-Sillero vd., 2021; Piepiora, 2021; Steca vd., 2018). Bu bulgular, spor psikogenetiğinin sadece fiziksel değil, aynı zamanda psikolojik başarıya da optimize etmede önemli bir araç olabileceğini göstermektedir. Yarışma esnasında başarının, zihinsel dayanıklılık, taktiksel zekâ ve antrenman ile yarışma sırasında zorluğa katlanma motivasyonu gibi güçlü psikolojik faktörlerle desteklendiği yadsınamaz bir gerçektir. Ancak, genetik ve spor psikolojisi arasındaki ilişki hâlâ büyük ölçüde yeterince araştırılmamıştır. Bazı erken dönem çalışmalar, günlük egzersiz davranışındaki değişkenliğin %29-62'sinin ve spor katılımındaki değişkenliğin %35-83'ünün genetik faktörlerden kaynaklandığını göstermiştir (Beunen ve Thomis, 1998; Bryan vd., 2007).

Spor psikogenetiği alanında incelenen genlerden biri, katekol-O-metiltransferaz (*COMT*) genidir. *COMT*, beyindeki katekolaminleri, yani dopamin, epinefrin ve norepinefrin gibi maddeleri parçalayan birkaç enzimden biridir (Grossman vd., 1992). *COMT* geni, Katekol-O-metiltransferaz enzimlerini kodlayarak önemli bir rol oynar (Chen vd., 2004). Rs4680 Val (G) aleli taşıyıcılarının, Met (A) aleli taşıyıcılarına kıyasla artmış *COMT* aktivitesine ve daha düşük prefrontal ekstraselüler dopamin seviyelerine sahip olduğu kanıtlanmıştır (Chen vd., 2004). *COMT*, prefrontal kortekste dopaminin ortadan kaldırılmasında önemli bir enzimdir (Chen vd., 2004) ve dopamin, insan kişiliği için büyük öneme sahiptir (DeYoung vd., 2010). Leznicka vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, genetik çeşitlilik ile mizaç özellikleri arasındaki ilişki tespit edilmiştir. Özellikle, *COMT* geninin işlevsel polimorfizmi ile mizaç özellikleri için Davranışın Biçimsel Özellikleri-Mizaç Envanteri puanları arasındaki ilişkiler ortaya koyulmuştur. *COMT* genindeki bu genetik varyasyon, dopaminin parçalanmasını kontrol eden *COMT* enziminin işlevselliğinde değişikliklere neden olmaktadır (van Breda vd., 2015; Voelcker-Rehage vd., 2015; Abe vd., 2017; Humińska-Lisowska vd., 2023).

Aynı zamanda, bu genetik değişikliklerin şizofreni, bipolar bozukluk, obsesif-kompulsif bozukluk ve migren gibi bazı hastalıkların başlangıcında rol oynadığı ve agresif, duygusal tepkilerin, motivasyonun ve antisosyal davranışların tezahürüyle ilişkili olduğu bulunmuştur (Malhotra vd., 2002; Bilder vd., 2002; Handoko vd., 2005; Bertolino vd., 2006; Bosia vd., 2007; Mata vd., 2008; Stroth vd., 2010; Huang vd., 2016; Valeeva vd., 2020; Varma vd., 2011; Zmijewski vd., 2021; Lee vd., 2022). Abe ve diğerleri

(2017), Met alelinin sporcularda bilişsel kapasiteler ve rekabetle pozitif ilişkilendirildiğini göstermiştir. Iron Man triatletlerini içeren bir başka çalışma, Met/Met genotipine sahip ultra dayanıklılık sporcularının yüksek yenilik arama davranışı sergilediğini ortaya koymuştur; bu ilişki, enzimin Met aleli taşıyıcılarında dopamin nörotransmisyonunu artırma yeteneğiyle açıklanmıştır (van Breda vd., 2015). Valceva ve diğerleri (2020), Met aleline sahip sporcuların kişisel kaygıya daha yatkın olduğunu tespit etmişlerdir. Atletik performans ile kaygıya bağlı polimorfik varyantlar arasında birçok ilişki rapor edilmiştir (Butovskaya vd., 2013; de Milander vd., 2009; McFie vd., 2018; Sanhueza vd., 2016; Santiago vd., 2011). Sanhueza ve diğerleri (2016), stres ve kaygı ile bağlantılı genlerdeki beş polimorfizmin (*5HTT*, *CRH2R*, *ACE*, *NK1R*, *5HT1AR* ve *CRF-BP*) atletik performansla anlamlı bir ilişkisini bulmuştur.

Bu bulgular, genetik faktörlerin sporcularda psikolojik özellikler ve performans üzerindeki etkilerini anlamada önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Ayrıca, gen-çevre etkileşiminin, bireylerin sporculuk kariyerlerinde nasıl daha verimli olabileceklerini ve psikolojik dayanıklılıklarını nasıl geliştirebileceklerini belirlemede kritik bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır. Bu alandaki araştırmalar, gelecekte daha kişiselleştirilmiş antrenman programlarının geliştirilmesine olanak tanıyacak ve spor psikogenetiğinin potansiyelini daha iyi kullanmamıza yardımcı olacaktır.

## Kaynakça

- Abe, D., Doi, H., Asai, T., Kimura, M., Wada, T., Takahashi, Y., Matsumoto, T., & Shinohara, K. (2017). Association between *COMT* Val158Met polymorphism and competition results of competitive swimmers. *Journal of Sports Sciences*, 1–5. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1309058>
- Allen, M. S., Greenlees, I., & Jones, M. (2013). Personality in sport: A comprehensive review. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 6(1), 184–208.
- Arvey, R. D., Bouchard, T. J., Segal, N. L., & Abraham, L. M. (1989). Job satisfaction: Environmental and genetic components. *Journal of Applied Psychology*, 74(2), 187.
- Baker, J. (2007). Nature and nurture interact to create expert performers. *High Ability Studies*, 18(1), 57–58. <https://doi.org/10.1080/13598130701350635>
- Bertolino, A., Rubino, V., Sambataro, F., Blasi, G., Latorre, V., Fazio, L., Caforio, G., Petruzzella, V., Kolachana, B., Hariri, A., Meyer-Lindenberg, A., Nardini, M., Weinberger, D. R., & Scarabino, T. (2006). Prefrontal-hippocampal coupling during memory processing is modulated by *COMT* Val158Met genotype. *Biological Psychiatry*, 60(11), 1250–1258. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2006.03.078>
- Beunen, G., & Thomis, M. (1999). Genetic determinants of sports participation and daily physical activity. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, 23(Suppl 3), S55–S63.
- Bilder, R. M., Volavka, J., Czobor, P., Malhotra, A. K., Kennedy, J. L., Ni, X., Goldman, R. S., Hoptman, M. J., Sheitman, B., Lindenmayer, J.-P., Citrome, L., McEvoy, J. P., Kunz, M., Chakos, M., Cooper, T. B., & Lieberman, J. A. (2002). Neurocognitive correlates of the *COMT* Val158Met polymorphism in chronic schizophrenia. *Biological Psychiatry*, 52(7), 701–707. [https://doi.org/10.1016/S0006-3223\(02\)01416-6](https://doi.org/10.1016/S0006-3223(02)01416-6)
- Bosia, M., Bechi, M., Marino, E., Anselmetti, S., Poletti, S., Cocchi, F., Smeraldi, E., & Cavallaro, R. (2007). Influence of catechol-O-methyltransferase Val158Met polymorphism on neuropsychological and functional outcomes of classical rehabilitation and cognitive remediation in schizophrenia. *Neuroscience Letters*, 417(3), 271–274. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2007.02.076>
- Bouchard, T. J. (1997). IQ similarity in twins reared apart: Findings and responses to critics. In *Intelligence, Heredity, and Environment* (pp. 126–160).
- Bouchard, T. J., Lykken, D. T., Matthew, M., Segal, N. L., & Tellegen, A. (2013). Sources of human psychological differences: The Minnesota study of twins reared apart. In *Personality and Personality Disorders* (pp. 139–144). Routledge.



- Bryan, A., Hutchison, K. E., Seals, D. R., & Allen, D. L. (2007). A transdisciplinary model integrating genetic, physiological, and psychological correlates of voluntary exercise. *Health Psychology, 26*, 30–39.
- Butovskaya, P. R., Butovskaya, M. L., Vasilyev, V. A., Lazeby, O. E., Shibalev, D. V., Veselovskaya, E. V., ... Ryskov, A. P. (2013). Molecular-genetic polymorphisms of dopamine, serotonin, and androgenic systems as molecular markers of success in judo wrestling sportsmen. *Journal of Bioanalysis & Biomedicine*. <https://doi.org/10.4172/1948-593X.S3-005>
- Chabris, C. F., Lee, J. J., Cesarini, D., Benjamin, D. J., & Laibson, D. I. (2015). The fourth law of behavior genetics. *Current Directions in Psychological Science, 24*(4), 304–312.
- Chen, J., Lipska, B. K., Halim, N., Ma, Q. D., Matsumoto, M., Melhem, S., ... & Weinberger, D. R. (2004). Functional analysis of genetic variation in catechol-O-methyltransferase (*COMT*): Effects on mRNA, protein, and enzyme activity in postmortem human brain. *The American Journal of Human Genetics, 75*(5), 807–821.
- Davids, K., & Baker, J. (2007). Genes, environment and sport performance: Why the nature-nurture dualism is no longer relevant. *Sports Medicine, 37*(11), 961–980. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737110-00004>
- De Milander, L., Stein, D. J., & Collins, M. (2009). The interleukin-6, serotonin transporter, and monoamine oxidase A genes and endurance performance during the South African Ironman Triathlon. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism, 34*(5), 858–865.
- DeYoung, C. G., Hirsh, J. B., Shane, M. S., Papademetris, X., Rajcevan, N., & Gray, J. R. (2010). Testing predictions from personality neuroscience: Brain structure and the big five. *Psychological Science, 21*(6), 820–828.
- DiLalla, D. L., Carey, G., Gottesman, I. I., & Bouchard Jr, T. J. (1996). Heritability of MMPI personality indicators of psychopathology in twins reared apart. *Journal of Abnormal Psychology, 105*(4), 491.
- Grossman, M. H., Emanuel, B. S., & Budarf, M. L. (1992). Chromosomal mapping of the human catechol-O-methyltransferase gene to 22q11.1→q11.2. *Genomics, 12*(4), 822–825.
- Handoko, H. Y., Nyholt, D. R., Hayward, N. K., Nertney, D. A., Hannah, D. E., Windus, L. C., McCormack, C. M., Smith, H. J., Filippich, C., James, M. R., & Mowry, B. J. (2005). Separate and interacting effects within the catechol-O-methyltransferase (*COMT*) gene are associated with schizophrenia. *Molecular Psychiatry, 10*(6), 589–597. <https://doi.org/10.1038/sj.mp.4001606>
- Huang, E., Zai, C. C., Lisoway, A., Maciukiewicz, M., Felsky, D., Tiwari, A. K., Bishop, J. R., Ikeda, M., Molero, P., Ortuno, F., Porcelli, S., Samochowicz, J., Mierzejewski, P., Gao, S., Crespo-Facorro, B., Pelayo-Terán,

- J. M., Kaur, H., Kukreti, R., Meltzer, H. Y., ... Kennedy, J. L. (2016). Catechol-O-Methyltransferase Val158Met Polymorphism and Clinical Response to Antipsychotic Treatment in Schizophrenia and Schizo-Affective Disorder Patients: a Meta-Analysis. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 19(5), pyv132. <https://doi.org/10.1093/ijnp/pyv132>
- Humińska-Lisowska, K., Chmielowiec, K., Chmielowiec, J., Strońska – Pluta, A., Bojarczuk, A., Dzitkowska-Zabielska, M., Łubkowska, B., Spieszny, M., Surąła, O., & Grzywacz, A. (2023). Association between the rs4680 polymorphism of the *COMT* gene and personality traits among combat sports athletes. *Journal of Human Kinetics*. <https://doi.org/10.5114/jhk/168789>
- Johnson, W., Bouchard Jr, T. J., Segal, N. L., Keyes, M., & Samuels, J. (2003). The Stroop Color-Word Test: Genetic and environmental influences; Reading, mental ability, and personality correlates. *Journal of Educational Psychology*, 95(1), 58.
- Keller, L. M., Bouchard, T. J., Arvey, R. D., Segal, N. L., & Dawis, R. V. (1992). Work values: Genetic and environmental influences. *Journal of Applied Psychology*, 77(1), 79.
- Lee, C. G., Moon, H., Kang, J., Choi, J. H., & Kwon, J. H. (2022). Long-term effects of adolescent sport experience, *DRD2* and *COMT* genes, and their interaction on sport participation in adulthood. *Brain and Behavior*, 12(1). <https://doi.org/10.1002/brb3.2459>
- Leźnicka, K., Niewczas, M., Kurzawski, M., Ciężczyk, P., Safranow, K., Ligocka, M., & Białecka, M. (2018). The association between *COMT* rs4680 and *OPRM1* rs1799971 polymorphisms and temperamental traits in combat athletes. *Personality and Individual Differences*, 124, 105–110. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2017.12.008>
- Lippi, G., Longo, U. G., & Maffulli, N. (2010). Genetics and sports. *British Medical Bulletin*, 93, 27–47. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldp007>
- Malhotra, A. K., Kestler, L. J., Mazzanti, C., Bates, J. A., Goldberg, T., & Goldman, D. (2002). A Functional Polymorphism in the *COMT* Gene and Performance on a Test of Prefrontal Cognition. *American Journal of Psychiatry*, 159(4), 652–654. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.159.4.652>
- Maliuchenko, N. V., Sysoeva, O. V., VEDIKOV, A. M., Timofeeva, M. A., Portanova, G. V., Ivanitski, A. M., & Kirpichnikov, M. P. (2007). Effect of *5HTT* genetic polymorphism on aggression in athletes. *Zhurnal Vysshei Nervnoi Deiatelnosti Imeni I P Pavlova*, 57(3), 276–281.
- Mata, I., Perezglesias, R., Pelayoteran, J., Rodriguezsanchez, J., Gonzalezblanch, C., Carrascomarin, E., Vazquezbarquero, J., & Crespofacorro, B. (2008). Lack of influence of *COMT* Val158Met genotype on cognition in first-episode non-affective psychosis. *Schizophrenia Research*, 102(1–3), 206–209. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2008.02.011>

- Mc Fie, S., Abrahams, S., Patricios, J., Suter, J., Posthumus, M., & September, A. V. (2018). The association between *COMT* rs4680 and 5-*HTTLPR* genotypes and concussion history in South African rugby union players. *Journal of Sports Sciences*, 36(8), 920–933.
- Plomin, R., & Colledge, E. (2001). Genetics and psychology: beyond heritability. *European Psychologist*, 6, 229–240.
- Plomin, R., DeFries, J. C., McClearn, G. E., et al. (2001). *Behavioural genetics* (4th ed.). New York: Freeman.
- Sanhueza, J. A., Zambrano, T., Bahamondes-Avila, C., & Salazar, L. A. (2016). Association of anxiety-related polymorphisms with sports performance in Chilean long distance triathletes: A pilot study. *Journal of Sports Science & Medicine*, 15(4), 554–561.
- Santiago, C., Ruiz, J. R., Buxens, A., Artieda, M., Arteta, D., González-Freire, M., ... Lucia, A. (2011). Trp64Arg polymorphism in *ADRB3* gene is associated with elite endurance performance. *British Journal of Sports Medicine*, 45(2), 147–149.
- Stroth, S., Reinhardt, R. K., Thöne, J., Hille, K., Schneider, M., Härtel, S., Weidemann, W., Bös, K., & Spitzer, M. (2010). Impact of aerobic exercise training on cognitive functions and affect associated to the *COMT* polymorphism in young adults. *Neurobiology of Learning and Memory*, 94(3), 364–372. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2010.08.003>
- Tellegen, A., Lykken, D. T., Bouchard, T. J., Wilcox, K. J., Segal, N. L., & Rich, S. (2013). Personality similarity in twins reared apart and together. In *Personality and Personality Disorders* (pp. 235–243). Routledge.
- Valeeva, E. V., Kashevarov, G. S., Kasimova, R. R., Ahmetov, I. I., & Kravtsova, O. A. (2020). Association of the Val158Met Polymorphism of the *COMT* Gene with Measures of Psychophysiological Status in Athletes. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 50(4), 485–492. <https://doi.org/10.1007/s11055-020-00924-z>
- Valeeva, E. V., Ahmetova, I. I., & Rees, T. (2019). Psychogenetics and sport. *Sports, Exercise, and Nutritional Genomics: Current Status and Future Directions*, 147.
- van Breda, K., Collins, M., Stein, D. J., & Rauch, L. (2015). The *COMT* Val158Met polymorphism in ultra-endurance athletes. *Physiology & Behavior*, 151, 279–283. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.07.039>
- Varma, G. S., Karadağ, F., Emin Erdal, M., Ay, Ö. I., Levent, N., Tekkanat, Ç., Gökdoğan, E. T., & Herken, H. (2011). Effects of catechol-O-methyltransferase Val158Met polymorphism on cognitive functions in schizophrenic patients. *Klinik Psikiyatri Bülteni*, 21(1), 24–32. <https://doi.org/10.5350/kpb-bcp2011211105>

- Voelcker-Rehage, C., Jeltsch, A., Godde, B., Becker, S., & Staudinger, U. M. (2015). *COMT* gene polymorphisms, cognitive performance, and physical fitness in older adults. *Psychology of Sport and Exercise*, 20, 20–28. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2015.04.001>
- Zmijewski, P., Leońska-Duniec, A., Stuła, A., & Sawczuk, M. (2021). Evaluation of the association of *COMT* rs4680 polymorphism with swimmers' competitive performance. *Genes*, 12(10), 1641. <https://doi.org/10.3390/genes12101641>