

2. (İşaret) ve 4. (Yüzük) Parmak Oranı (2D:4D) ve Spor

Ozan Turamanlar^a

İlknur Çöllü^b

Geliş Tarihi: 15 Eylül 2023 Kabul Tarihi: 02 Kasım 2023 Yayın Tarihi: 30 Aralık 2023

Özet

Antropometrik ölçümlerden biri olan işaret parmağının (2D) uzunluğunun yüzük parmağının (4D) uzunluğuna oranı (2D:4D), son yıllarda akademik çalışmalarda sıklıkla kullanılan ölçümlerdendir. 2D:4D sağlık, davranış ve spor bilimlerinde doğum öncesi testostereona maruz kalmanın bir göstergesi olarak kullanılmıştır. 2D:4D, doğum öncesi testosteron düzeyi ile negatif korelasyon gösterdiğine dair kanıtlar bulunmaktadır. Prenatal androjenlerin beyin yapısı ve işlevi üzerinde düzenleyici bir etkisinin olduğu ve 2D:4D oranının atletik potansiyelin güvenilir bir göstergesine katkıda bulunabileceği öne sürülmüştür. Aynı zamanda yüksek fetal androjen seviyeleri, kardiyovasküler sistemlerin gelişimini, iyi görsel-mekânsal yetenekleri, fiziksel dayanıklılığı, hızı ve sporda yardımcı olabilecek atik davranışlara eğilimi arttırdığından 2D:4D, fiziki kapasitenin belirlenebilmesi için yapılan önemli antropometrik ölçümlerden biridir. 2D:4D, cinsiyetler arasında ve spordan bağımsız olarak farklı etnik gruplardan insanlar arasında da farklılık gösterdiği bildirilmiştir. Bunun yanında 2D:4D, insan yapısı ve davranışı üzerine etkili bir belirteç olabileceğini iddia eden çalışmalardan farklı olarak 2D:4D oranı ile fiziksel performans arasında anlamlı bir ilişki olmadığını gösteren yayınlar da mevcuttur.

Anahtar Kelimeler: İşaret parmak, yüzük parmak, parmak oranı (2D:4D), antropometri

2. and 4. Finger Ratio (2D:4D) and Sports*

Abstract

The ratio of the length of the index finger (2D) to the length of the ring finger (4D), which is one of the anthropometric measurements, is one of the measurements frequently used in academic studies in recent years. 2D:4D has been used in health, behavioral, and sports sciences as an indicator of prenatal testosterone exposure. There is evidence that 2D:4D is negatively correlated with prenatal testosterone levels. It has been suggested that prenatal androgens have a regulatory effect on the structure and function of the brain and that the 2D:4D ratio may contribute to a reliable indicator of athletic potential. At the same time, 2D:4D is one of the important anthropometric measurements for determining physical capacity, as high fetal androgen levels increase the development of cardiovascular systems, good visual-spatial abilities, physical endurance, speed and tendency to agile behaviors that can help in sports. 2D:4D has been reported to differ between genders and also between people from different ethnic groups, regardless of sport. In addition, unlike studies claiming that 2D:4D can be an effective marker on human structure and behavior, there are also publications showing that there is no significant relationship between the 2D:4D ratio and physical performance.

Key Words: Index finger, ring finger, digit ratio (2D:4D), anthropology

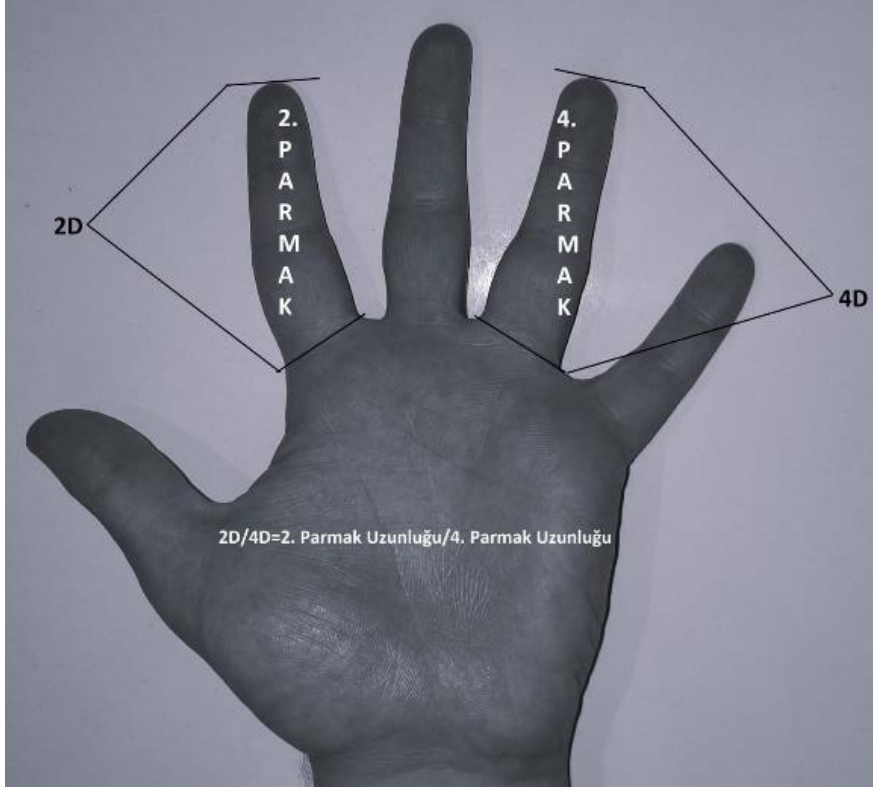
^a Prof. Dr. İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye.
ozanturamanlar@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-0785-483X: (Sorumlu Yazar)

^b Arş.Gör.Dr. İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye
ilknurcollu1@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1605-6327

Giriş

Spora yatkın ya da sporcu ruhuna sahip bireyleri belirleyebilmek adına yapılan fiziksel ve psikolojik testler, yaşamın daha ilk yıllarından itibaren uygulanılmaktadır. Bu testler içinde özellikle bireylerin fiziki kapasitelerinin belirlenebilmesine katkı sağlayan antropometrik ölçümlerin önemli bir yeri vardır. Antropometrik ölçümlerden biri olan işaret parmağının (2D) uzunluğunun yüzük parmağının (4D) uzunluğuna oranı (2D:4D), son yıllarda akademik çalışmalarda sıklıkla kullanılan ölçümlerdendir. Amacımız yapılan bilimsel araştırma sonuçlarından yararlanarak özellikle tıp ve spor bilimlerinde test edilen bu ölçüm metodunun spor bilimlerinde uygulanabilirliğini tıbbi bakış açısıyla derleyebilmektir.

İkinci ve dördüncü parmakların uzunluklarının oranı (2D:4D) fetal dönemdeki testosteron düzeyi ile negatif korelasyon gösterdiğine dair kanıtlar bulunmaktadır (J. T. Manning, 2002a). Robinson ve Manning, 2D: 4D östrojen ile pozitif, testosteron ile negatif korelasyon gösterdiğini bildirmişlerdir (Robinson, 2000). Yani, düşük 2D:4D'nin fetüste yüksek testosteron ve düşük östrojen seviyeleri ile; yüksek 2D:4D'nin düşük fetal testosteron ve yüksek fetal östrojen seviyeleri ile orantılı olduğunu öne sürmüşlerdir (Crewther vd., 2015; Robinson, 2000). Malas ve ark. gestasyonel yaşı 9 ila 40 hafta arasında değişen 161 fetüste yaptıkları çalışmada cinsiyetler arasındaki 2D:4D farklılıklarının prenatal dönemde başladığını tespit etmişlerdir (Malas vd., 2006). Fetal yaşam sırasında seks steroidlerine maruz kalma seviyesi ve parmakların uzunluğu ile ilgili genetik bir temel bulunmaktadır. Homeobox genleri olan Hox a ve d, ürogenital sistemin farklılaşmasını kontrol etmekte ve dolaylı olarak testiküler androjenin prenatal üretimini ve parmakların gelişimini etkileyebilmektedir (Lutchmaya vd., 2004). Aynı zamanda Hox genleri kas-iskelet sistemi, nörolojik ve gonadal dokuların ve dolayısıyla atletik performansa faydalı olabilecek fizyolojik özelliklerin gelişiminin kontrol edilmesinden sorumludur (Jamison vd., 1993). Deneysel bir çalışmada kullanılan fare modelinde, androjen ve östrojen reseptör aktivitesi 4. parmakta 2. parmağa göre daha yüksek oranda olduğu tespit edilmiş ve androjen reseptör aktivitesinin etkisizleştirilmesi ile 4. parmağın büyümesinin azaldığı yani 2D:4D oranının arttığı tespit edilmiş, tam tersine östrojen reseptör aktivitesinin etkisizleştirilmesi ile de 4. parmağın büyümesinin arttığı yani 2D:4D oranının azaldığı sonucuna varılmıştır (Zheng & Cohn, 2011). Doğum öncesi testosterona verilen yanıt, üretilen hormon miktarına ve fetüsün hormona duyarlılığına bağlı olarak değişebilmektedir. Yüksek fetal androjen seviyeleri, kardiyovasküler sistemlerin gelişimini, iyi görsel-mekansal yetenekleri fiziksel dayanıklılığı, hızı ve sporda yardımcı olabilecek agresif davranışlara eğilimi teşvik eder (J. T. Manning, 2002b; J. T. Manning & Taylor, 2001) (Şekil 1).



Şekil 1

İşaret parmağı (2D) ile yüzük parmağı (4D) uzunlukları

2D:4D oranı sağlık, davranış ve spor bilimlerinde doğum öncesi testostereona maruz kalmanın bir göstergesi olarak kullanılmıştır. Prenatal androjenlerin, yaşamın ilerleyen dönemlerinde testostereona duyarlılığı artırarak gelişmekte olan beyni etkilediği, beynin yapısı ve işlevi üzerinde düzenleyici bir etkisinin olduğu ve 2D:4D oranının atletik potansiyelin güvenilir bir göstergesi olarak katkıda bulunabileceği öne sürülmüştür (Alonso vd., 2018; Lenz vd., 2012; Reed & Meggs, 2017). Ancak bu durum performansın tek göstergesi gibi algılanmamalı, yapılacak diğer analizlerle birlikte kullanıldığında, başarı veya motivasyon ölçüsü olarak değerlendirilebilmelidir. Bununla birlikte yüksek fetal androjen seviyeleri, kardiyovasküler sistemlerin gelişimini, iyi görsel-mekansal yetenekleri, fiziksel dayanıklılığı, hızı ve sporda yardımcı olabilecek atik davranışlara eğilimi arttırmaktadır (J. T. Manning & Fink, 2018).

Doğum öncesi testosteron düzeyi, bazı spor aktivitelerinde başarı için temel bir öncü belirteç olabilir. Çünkü kas lifi hipertrofisi, artan güç, azalan yağ kütlesi ve hematokrit artışı gibi testosteron aktivitesi ile değişen yapısal ve fonksiyonel özellikler, bir sporcunun başarısına katkıda bulunabilmektedir (Moffit & Swanik, 2011). 2D:4D, basketbol (Frick vd., 2017), kayak (J. T. Manning, 2002b), voleybol (Panda vd., 2014), eskrim (Voracek vd., 2010) ve futbol (J. T. Manning & Taylor, 2001) gibi birçok bireysel ve takım sporların performansını gösterir niteliktedir. 2D:4D, judocular, olimpiik güreşçiler ve kick boks sporcularından oluşan grupta spor yapmayan kontrol grubuna göre anlamlı derecede düşük bulunmuştur (Adamczyk vd., 2021). 2D:4D'nin testosteron seviyesi ve

saldırganlık eğilimi ile bağlantılı olduğu bildirildiğinden dövüş sporu sporcularında düşük bir 2D:4D oranı beklenebilir (Ribeiro vd., 2016). Literatür incelemelerimizde temas sporu yapan sporcuların, temas içermeyen spor branşlarındaki sporculara kıyasla önemli ölçüde daha düşük 2D:4D değerlerine sahiptirler. Bununla birlikte aynı sporu yapan bireyler arasında kariyer durumlarının incelendiği bir çalışmada, daha düşük 2D:4D'ye sahip sumo güreşçilerinin, daha yüksek kariyer derecelerine ve daha iyi kazanma yüzdelerine sahip olduğu bulunmuştur (Tamiya vd., 2012).

2D:4D, cinsiyetler arasında farklılık göstermektedir. Özellikle kadınlarda bu oranın, adet döngüsü boyunca yumuşak dokulardaki yapısal değişikliklerden etkilenebileceğine dair kanıtlar vardır (Mayhew vd., 2007). Dolayısıyla kadınların antropometrik ölçümlerinde bu durum göz ardı edilmemelidir. Erkeklerde 2D:4D oranının düşük olması beklenen bir durumdur. Ancak yüksek bir 2D:4D oranının da daha fazla obezite ve kalp hastalığı riski taşıyabileceği unutulmamalıdır (Fink vd., 2006). Yine yüksek 2D:4D'ye sahip erkeklerin koroner arterlerinde yüksek sayıda aterosklerotik plak bulunmuştur (Ozdogmus vd., 2010).

2D:4D, insan davranışı üzerine etkili bir belirteç olabilir. Düşük 2D:4D'ye sahip kişilerin başarıya daha fazla ihtiyaç duyduğu ve bu nedenle hem hobilerinde hem de işlerinde, üstün olmak için gerekli yeteneklere sahip oldukları belirli alanları aradıkları gözlemlenmiştir (Millet & Buehler, 2018). Yapılan bir çalışmada "boksör kırığı" ile başvuran bireylerdeki 2D:4D'nin normal popülasyonda ölçülen 2D:4D'ye göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük olduğu saptanmıştır (Joyce vd., 2013). Reed ve ark.nın yaptığı çalışmada da temas sporları (rugby, futbol ve boks) yapan sporcuların, temas içermeyen spor branşlarındaki (basketbol, golf, ağırlık çalışması, badminton) sporculara kıyasla önemli ölçüde daha düşük 2D:4D ve önemli ölçüde daha yüksek fiziksel saldırganlık seviyelerine sahip olduğunu göstermişlerdir (Reed & Meggs, 2017). Ayrıca sağ ve sol eldeki 2D:4D farkı da davranış şekillerini etkileyebilmektedir (Kilduff vd., 2013). Kim ve ark. sağ elin daha güçlü cinsiyet farklılıkları sergileme eğiliminde olduğunu ve sol el ile karşılaştırıldığında sağ elin doğum öncesi androjenlere karşı daha fazla hassasiyet gösterdiğini bildirmişlerdir (Kim vd., 2014). Nitekim kadın olimpiyat atletler üzerine yapılan bir çalışmada yalnızca sağ el 2D:4D'nin kontrol grubuna göre anlamlı farklılık göstermesi (Eklund vd., 2020) ya da jimnastikçi kızlar üzerine yapılan bir araştırmada sol el 2D:4D'nin kontrol grubuna göre anlamlı bir farklılık bulunmaması örnek gösterilebilir (Peeters & Claessens, 2012). El tercihinin 2D:4D ve el kavrama kuvvetini etkilediğine de dikkat etmek gerekir (Beaton vd., 2011). Bu yüzden yapılacak araştırmalarda dominant eli bilmek sonuçları yorumlamak açısından faydalı olabilir.

Sağ elin sol ele göre genetik ilişkisi daha fazladır (J. T. Manning vd., 2007). Sağ el 2D:4D ile sol el 2D:4D farkı (R2D:4D-L2D:4D), doğum öncesi testosteron maruziyeti açısından ek bir negatif belirteç olarak önerilmiştir (J. Manning vd., 2014). R2D:4D-L2D:4D de cinsel açıdan dimorfik olup erkekler kadınlardan daha düşük değerlere sahiptir. 2D:4D ile spor performansı arasındaki ilişkinin, kuvvet ve ivmeden ziyade aerobik verimlilikle ilgili olabileceği düşünülmüştür (J. T. Manning & Hill, 2009). Bir kişinin oksijeni kullanabileceği en yüksek oran olan VO₂max, kardiyovasküler özelliklerle sınırlı olup sporcunun dayanıklılık sporlarındaki performansının üst sınırını belirlemektedir (Lombardo & Otieno, 2021). VO₂max kalıtsal bir özellik gösterir ve genel olarak erkekler kadınlardan daha yüksek VO₂max sahiptir (Rico-Sanz vd., 2003). VO₂max'ın aerobik dayanıklılık gerektiren sporlarda başarının önemli bir belirleyicisi olduğu ve daha düşük R2D:4D-L2D:4D değerlerinin VO₂max ile negatif korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir (Hill vd., 2012). Prenatal testosteronun gelişmekte olan kardiyovasküler

sistem üzerindeki düzenleyici etkileri, yaşamın ileriki dönemlerinde aerobik egzersiz sırasındaki performans düzeylerini etkileyebilir.

2D:4D'nin spordan bağımsız olarak farklı etnik gruplardan insanlar arasında farklılık gösterdiği bilinmektedir. Yapılan bir çalışmada 2D:4D, cinsiyetten bağımsız etnik gruplar arasında farklılıklar göstermiştir. Beyaz tenlilerde, Asyalı ve Orta Doğulularda yüksek 2D:4D, Zenciler ve Çinlilerde ise düşük 2D:4D bulunmuştur (J. T. Manning vd., 2007). Dolayısıyla yapılacak araştırmalarda etnik farklılıklar göz ardı edilmemelidir.

2D:4D oranı ile fiziksel performans arasında anlamlı bir ilişki olmadığını gösteren yayınlar da mevcuttur. Hatta ilişki olduğunu belirten bazı araştırmacıların sonuçlarının abartılı olduğunu da iddia etmektedirler. Bu yayınlarda 2D:4D oranı, sporcuların fiziksel performanslarını ve becerilerini tahmin etmek için bir gösterge parametresi gibi görünmediğini düşünmektedirler (Çelik vd., 2010.; Özden Yurdakul vd., 2018; Peeters & Claessens, 2013).

Sonuç

Yapılan çok sayıda bilimsel araştırma sonucunda 2D:4D'nin, spor branşı seçimine ve sporcu performans göstergesine katkısı olduğunu söyleyebiliriz. 2D:4D, bu konuda kolay saptanabilen etkili bir anahtar gibi görünse de insan faktörünü tek bir belirteç ile açıklamanın imkânı bulunmamaktadır. Antropometrik, biyokimyasal, genetik ve psikolojik gibi farklı etkenlerin birleşmesiyle oluşan daha kapsamlı çalışmalarla daha kesin kanıtlara ulaşılabilir. Sonuç olarak insan, sadece biyolojik bir varlık değil aynı zamanda çok boyutlu bir bütün ve içinde yaşadığı kültürün bir parçasıdır.

Araştırma Etik Kurul İzin Bilgileri

Etik değerlendirmeyi yapan kurul adı:

Etik kurul kararının tarihi:

Etik kurul belgesinin sayı numarası:

Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmanın veri toplanması, sonuçların yorumlanması ve makalenin yorumlanması aşamasında herhangi bir çıkar çatışması yaşanmadığını yazarlar taahhüt etmiştir.

Kaynakça

- Adamczyk, J., Safranow, K., Gajewski, A., Boguszewski, D., Sozański, H., Sołtyszewski, I., Peptońska, B., Ciężczyk, P., Siewierski, M., & Żekanowski, C.** (2021). The Second-to-Fourth Digit (2D:4D) Ratio of Male Combat Athletes is Associated with the Choice of Sport. *Journal of Human Kinetics*, 78, 59-66. <https://doi.org/10.2478/hukin-2020-0083>
- Alonso, J., Di Paolo, R., Ponti, G., & Sartarelli, M.** (2018). Facts and Misconceptions about 2D:4D, Social and Risk Preferences. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 12, 22. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2018.00022>
- Beaton, A. A., Rudling, N., Kissling, C., Taurines, R., & Thome, J.** (2011). Digit ratio (2D:4D), salivary testosterone, and handedness. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 16(2), 136-155. <https://doi.org/10.1080/13576500903410369>
- Crewther, B., Cook, C., Kilduff, L., & Manning, J.** (2015). Digit ratio (2D:4D) and salivary testosterone, oestradiol and cortisol levels under challenge: Evidence for prenatal effects on adult endocrine responses. *Early Human Development*, 91(8), 451-456. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2015.04.011>
- Çelik A, Aksu F. , Tunar, M., Ada, E. N. D., & Topaçoğlu, H.** (2010). Master Atletlerin Fiziksel Performans Düzeylerinin Eldeki Parmak Oranlarıyla İlişkisi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 24(1), 5-10 .
- Eklund, E., Ekström, L., Thörngren, J.-O., Ericsson, M., Berglund, B., & Hirschberg, A. L.** (2020). Digit Ratio (2D:4D) and Physical Performance in Female Olympic Athletes. *Frontiers in Endocrinology*, 11, 292. <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.00292>
- Fink, B., Manning, J. T., & Neave, N.** (2006). The 2nd–4th digit ratio (2D:4D) and neck circumference: Implications for risk factors in coronary heart disease. *International Journal of Obesity*, 30(4), 711-714. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803154>
- Frick, N. A., Hull, M. J., Manning, J. T., & Tomkinson, G. R.** (2017). Relationships between digit ratio (2D:4D) and basketball performance in Australian men. *American Journal of Human Biology*, 29(3), e22937. <https://doi.org/10.1002/ajhb.22937>
- Hill, R., Simpson, B., Manning, J., & Kilduff, L.** (2012). Right–left digit ratio (2D:4D) and maximal oxygen uptake. *Journal of Sports Sciences*, 30(2), 129-134. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.637947>
- Jamison, C. S., Meier, R. J., & Campbell, B. C.** (1993). Dermatoglyphic asymmetry and testosterone levels in normal males. *American Journal of Physical Anthropology*, 90(2), 185-198. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330900205>
- Joyce, C. W., Kelly, J. C., Chan, J. C., Colgan, G., O’Brain, D., Mc Cabe, J. P., & Curtin, W.** (2013). Second to fourth digit ratio confirms aggressive tendencies in patients with boxers fractures. *Injury*, 44(11), 1636-1639. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2013.07.018>
- Kilduff, L., Cook, C. J., Bennett, M., Crewther, B., Bracken, R. M., & Manning, J.** (2013). Right–left digit ratio (2D:4D) predicts free testosterone levels associated with a physical challenge. *Journal of Sports Sciences*, 31(6), 677-683. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.747690>

- Kim, Y., Kim, K., & Kim, T. H.** (2014). Domain Specific Relationships of 2D:4D Digit Ratio in Risk Perception and Risk Behavior. *The Journal of General Psychology*, 141(4), 373-392. <https://doi.org/10.1080/00221309.2014.950188>
- Lenz, B., Müller, C. P., Stoessel, C., Sperling, W., Biermann, T., Hillemacher, T., Bleich, S., & Kornhuber, J.** (2012). Sex hormone activity in alcohol addiction: Integrating organizational and activational effects. *Progress in Neurobiology*, 96(1), 136-163. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2011.11.001>
- Lombardo, M. P., & Otieno, S.** (2021). The associations between digit ratio, aerobic fitness, physical skills, and overall physical fitness of elite youth distance runners. *American Journal of Human Biology*, 33(1), e23448. <https://doi.org/10.1002/ajhb.23448>
- Lutchmaya, S., Baron-Cohen, S., Raggatt, P., Knickmeyer, R., & Manning, J. T.** (2004). 2nd to 4th digit ratios, fetal testosterone and estradiol. *Early Human Development*, 77(1-2), 23-28. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2003.12.002>
- Malas, M. A., Dogan, S., Hilal Evcil, E., & Desdicioglu, K.** (2006). Fetal development of the hand, digits and digit ratio (2D:4D). *Early Human Development*, 82(7), 469-475. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2005.12.002>
- Manning, J., Kilduff, L., Cook, C., Crewther, B., & Fink, B.** (2014). Digit Ratio (2D:4D): A Biomarker for Prenatal Sex Steroids and Adult Sex Steroids in Challenge Situations. *Frontiers in Endocrinology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fendo.2014.00009>
- Manning, J. T.** (2002a). *Digit Ratio: A Pointer to Fertility, Behavior, and Health*. Rutgers University Press.
- Manning, J. T.** (2002b). The ratio of 2nd to 4th digit length and performance in skiing. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42(4), 446-450.
- Manning, J. T., Churchill, A. J. G., & Peters, M.** (2007). The Effects of Sex, Ethnicity, and Sexual Orientation on Self-Measured Digit Ratio (2D:4D). *Archives of Sexual Behavior*, 36(2), 223-233. <https://doi.org/10.1007/s10508-007-9171-6>
- Manning, J. T., & Fink, B.** (2018). Digit Ratio. İçinde T. K. Shackelford & V. A. Weekes-Shackelford (Ed.), *Encyclopedia of Evolutionary Psychological Science* (ss. 1-12). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16999-6_3829-1
- Manning, J. T., & Hill, M. R.** (2009). Digit ratio (2D:4D) and sprinting speed in boys. *American Journal of Human Biology*, 21(2), 210-213. <https://doi.org/10.1002/ajhb.20855>
- Manning, J. T., & Taylor, R. P.** (2001). Second to fourth digit ratio and male ability in sport: Implications for sexual selection in humans. *Evolution and Human Behavior: Official Journal of the Human Behavior and Evolution Society*, 22(1), 61-69. [https://doi.org/10.1016/s1090-5138\(00\)00063-5](https://doi.org/10.1016/s1090-5138(00)00063-5)
- Mayhew, T. M., Gillam, L., McDonald, R., & Ebling, F. J. P.** (2007). Human 2D (index) and 4D (ring) digit lengths: Their variation and relationships during the menstrual cycle. *Journal of Anatomy*, 211(5), 630-638. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2007.00801.x>

Millet, K., & Buehler, F. (2018). A Context Dependent Interpretation of Inconsistencies in 2D:4D Findings: The Moderating Role of Status Relevance. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 11, 254. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2017.00254>

Moffit, D. M., & Swanik, C. B. (2011). The Association between Athleticism, Prenatal Testosterone, and Finger Length. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(4), 1085-1088. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d4d409>

Ozdogmus, O., Çakmak, Y. Ö., Coskun, M., Verimli, U., Cavdar, S., & Uzun, I. (2010). The high 2D:4D finger length ratio effects on atherosclerotic plaque development. *Atherosclerosis*, 209(1), 195-196. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2009.08.023>

Özden Yurdakul, H., Özen, G., & Koç, H. (2018). The Relationship between Digit Ratio (2D:4D), Anaerobic Power and Athletic Ability of Young Athletes. *Universal Journal of Educational Research*, 6(12), 2913-2917. <https://doi.org/10.13189/ujer.2018.061226>

Panda, K., Majumdar, P., Umesh, V., & Sudhakar, H. (2014). Ratio of second to fourth digit as a predictor of performance in elite Indian volley ball players. *National Journal of Physiology, Pharmacy and Pharmacology*, 4(2), 106. <https://doi.org/10.5455/njppp.2014.4.011020132>

Peeters, M. W., & Claessens, A. L. (2012). The Left Hand Second to Fourth Digit Ratio (2D:4D) Does Not Discriminate World-Class Female Gymnasts from Age Matched Sedentary Girls. *PLoS ONE*, 7(6), e40270. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0040270>

Peeters, M. W., & Claessens, A. L. (2013). Digit ratio (2D:4D) and competition level in world-class female gymnasts. *Journal of Sports Sciences*, 31(12), 1302-1311. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.779741>

Reed, S., & Meggs, J. (2017). Examining the effect of prenatal testosterone and aggression on sporting choice and sporting longevity. *Personality and Individual Differences*, 116, 11-15. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2017.04.022>

Ribeiro, E., Neave, N., Morais, R. N., Kilduff, L., Taylor, S. R., Butovskaya, M., Fink, B., & Manning, J. T. (2016). Digit ratio (2D:4D), testosterone, cortisol, aggression, personality and hand-grip strength: Evidence for prenatal effects on strength. *Early Human Development*, 100, 21-25. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2016.04.003>

Rico-Sanz, J., Rankinen, T., Joannis, D. R., Leon, A. S., Skinner, J. S., Wilmore, J. H., Rao, D. C., & Bouchard, C. (2003). Familial Resemblance for Muscle Phenotypes in the HERITAGE Family Study: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(8), 1360-1366. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000079031.22755.63>

Robinson, S. (2000). The ratio of 2nd to 4th digit length and male homosexuality. *Evolution and Human Behavior*, 21(5), 333-345. [https://doi.org/10.1016/S1090-5138\(00\)00052-0](https://doi.org/10.1016/S1090-5138(00)00052-0)

Tamiya, R., Lee, S. Y., & Ohtake, F. (2012). Second to fourth digit ratio and the sporting success of sumo wrestlers. *Evolution and Human Behavior*, 33(2), 130-136. <https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2011.07.003>

Voracek, M., Reimer, B., & Dressler, S. G. (2010). Digit ratio (2D:4D) predicts sporting success among female fencers independent from physical, experience, and personality factors: 2D:4D and fencing. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(6), 853-860. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.01031.x>

Turamanlar, O. & öllü, İ. (2023). 2. (İşaret) ve 4. (Yüzük) Parmak Oranı (2D:4D) ve Spor. *Göbeklitepe Eğitim ve Spor Bilimleri Dergisi*, 2 (2), 39-47.

Zheng, Z., & Cohn, M. J. (2011). Developmental basis of sexually dimorphic digit ratios. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(39), 16289-16294.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1108312108>