

Hentbolda 2D-4D Parmak Oranı ile Sürat ve Linear Yön Değişirme ve VO_{2maks} Performansları Arasındaki İlişki

The Relationship Between 2D-4D Finger Ratio and Speed, Linear Change of Direction and VO_{2max} Performances in Handball

^{1b} Nebahat ELER^a, ^{1b} Hikmet VURGUN^b, ^{1b} Serdar ELER^c

^aZonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Zonguldak, TÜRKİYE

^bManisa Celal Bayar Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Manisa, TÜRKİYE

^cGazi Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Ankara, TÜRKİYE

ÖZET Amaç: İkinci parmağın (işaret), 4. parmağa (yüzük) oranı (2D:4D) prenatal testosteronun bir göstergesidir. 2D:4D oranının spor performansı ile ilişkili olduğu bilinmektedir. Bu çalışmanın amacı, kadın hentbolcularda 2D:4D ile sürat, linear yön değişirme (COD) ve VO_{2maks} arasındaki ilişkiyi incelemektir. **Gereç ve Yöntemler:** Araştırmaya $X_{yaş} = 21,77 \pm 3,38$ yıl, $X_{boy} = 172,05 \pm 5,26$ cm, $X_{vücut\ ağırlığı} = 67,22 \pm 6,48$ kg olan 36 kadın hentbolcu katılmıştır. Sporcuların boy uzunlukları ve vücut ağırlıkları alınarak, beden kitle indeksi (BKİ) hesaplanmış, vücut yağ yüzdesi ile sağ-sol el 2D-4D parmak ölçümleri yapılmış, 10 m, 20 m, 30 m, linear yön değişirme ve 20 m mekik testi uygulanmıştır. Sporcuların vücut yağ oranı Tanita marka (BC-418) vücut analiz cihazı ile linear yön değişirme (change of direction and acceleration test-COD), 10 m, 20 m, 30 m sürat değerleri Fusion Sport marka cihazla değerlendirilmiştir. Sporcuların iki elinin fotokopisi çekildikten sonra, elin palmar yüzünde 2. parmak (işaret parmağı) ve 4. parmak (yüzük parmağı) proksimal kısmındaki bazal çizgi ile pulpa arası bölge, 0,05 mm'ye kadar ölçüm yapabilmek için kompas kullanılarak parmak uzunlukları tespit edilmiş ve oranın belirlenmesi için ikinci parmak uzunluğu dördüncü parmak uzunluğuna bölünmüştür. Verilerin analizinde değişkenlerin korelasyon katsayıları ve istatistiksel anlamlılıkları Pearson Korelasyon testi ile hesaplanmıştır. Elde edilen veriler SPSS 20 programında kaydedilmiş ve $p < 0,01$, $p < 0,05$ düzeyindeki veriler istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. **Bulgular:** Analiz sonuçlarına göre, sporcuların 2D:4D ile VO_{2maks} arasında negatif yönde yüksek derecede korelasyon tespit edilmiştir ($r = -0,880$, $p < 0,01$). **Sonuç:** Sonuç olarak, yapılan bu çalışmada kadın hentbolcularda prenatal testosteronun bir göstergesi olan 2D:4D'nin VO_{2maks} ile oldukça güçlü bir ilişkisi olduğu belirlenmiştir.

ABSTRACT Objective: The ratio of the index finger to the ring finger (2D:4D) is an indication of prenatal testosterone. It is known that the 2D:4D ratio is related to sports performance. The aim of this study is to analyze the relationship between 2D:4D and speed and endurance in female handball players. **Material and Methods:** A total of 36 female handball players with $X_{age} = 21.77 \pm 3.38$ years, $X_{height} = 172.05 \pm 5.26$ cm, $X_{bodyweight} = 67.22 \pm 6.48$ kg. participated in the study. The body height and body weight of the athletes were measured, Body Mass Index (BMI) was calculated, their body fat percentage and right-left hand 2D-4D measurements were taken and 10 m., 20 m., 30 m., linear change of direction and 20 m. shuttle tests were given to the athletes. Body fat ratio of athletes was changed with Tanita brand (BC-418) body analyzer and linear change of direction (acceleration test-COD), 10 m, 20 m, 30 m speed values were evaluated with Fusion Sport brand device. After photocopies of both hands of the athletes were made, finger lengths were determined on the palmar face of the hand, using the verbal line on the proximal part between the 2nd finger (index finger) and the 4th finger (ring finger), which could measure up to 0.05 mm The second finger length is divided by the fourth finger length to determine the ratio. In the analysis of the data, the correlation coefficients and statistical significance of the variables were calculated by Pearson Correlation test. In the analysis of the data, the coefficients of the variables and their statistical significance were calculated using the Pearson coefficient test. The obtained data were recorded in the SPSS 20 software and the data at the $p < 0.01$, $p < 0.05$ level were accepted as statistically significant. **Results:** According to the results of the analysis, a negative and high correlation was determined between the athletes' 2D:4D and their VO_{2max} ($r = -0.880$, $p < 0.01$). **Conclusion:** As a result, in this study, 2D:4D, which is an indicator of prenatal testosterone, has a strong relationship with VO_{2max} in female handball players.

Anahtar Kelimeler: 2D:4D; sürat; COD; VO_{2maks}

Keywords: 2D:4D; speed; COD; VO_{2max}

Hentbol oyunu, savunma ve hücum organizasyonlarından oluşan yoğun efor gerektiren bir spor branşıdır. Bu organizasyonlar uygulanırken; yürüme, paslaşma, sıçrama, şut, blok, kısa mesafe hızlı koşular gibi değişken aktiviteler içerir.¹

Ayrıca hentbolda kas kuvveti, güç ve teknik-taktik gibi yetenekler müsabakalarda net avantaj sağlayan faktörlerdir.¹ Marques (2009), hentbolu sürekli patlayıcı sprintler, sıçramalar, yön değişiklikleri, paslaşma gerektiren ve bunları yaparken vücut teması

Correspondence: Nebahat ELER

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Zonguldak, TÜRKİYE/TURKEY

E-mail: nebahateler@gmail.com



Peer review under responsibility of Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences.

Received: 28 Nov 2019

Received in revised form: 20 Apr 2020

Accepted: 21 Apr 2020

Available online: 26 Apr 2020

2146-8885 / Copyright © 2020 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

içeren bir spor olarak tanımlamıştır.² Hentbolda, yüksek hızda kat edilen mesafelerin az olması ve fonksiyonel aerobik kapasitenin oyunda baskın metabolik yol olmasının yanısıra; hentbolda spesifik hareketlerin optimize edilmesi önemlidir.^{2,3} Bununla birlikte kuvvet, sürat ve ivmelenme hentbol performansını doğrudan etkilemektedir. Marques ve ark. ile Buchheit ve ark.nın, kadın-erkek elit ve alt elit takım hentbol oyuncularını üzerinde yaptıkları çalışmalarda; kuvvet, sıçrama yetenekleri ve maksimum koşu hızının performans üzerinde etkisi olduğu belirtilmiştir.^{2,3}

Büyükler kategorisinde, bir hentbol maçının süresi 30'ar dk'dan 2 devre olmak üzere 60 dk'dır. Duraklamalar, molalar ile birlikte bu süre erkeklerde 73-79 dk, kadınlarda 71 dk olmasına rağmen, faal oyun süresi yaklaşık 50,42±5,50 dk'dır.³⁻⁵ Ani yön değiştirme ve durma toplam aksiyonların yaklaşık %60'ını oluşturmaktadır.⁶ Elit kadın hentbolcularda VO_{2max} değeri 53,1±4,8 ml/kd/dk bulunmuştur ve pozisyonlara göre farklılık saptanmamıştır. Dayanıklılık için laboratuvarında, koşu bandında kademeli artan protokolde yapılan testlerde elit ve deneyimli hentbolcularda ortalama VO_{2maks} değeri 55-60 mL/kg/dk olarak bulunmuştur.^{3,5}

Rahim içindeki testosteron ve östrojen hormonlarının farklı konsantrasyonlarda olması, doğacak olan çocuğun parmak uzunluklarının birbirine göre oranını da belirler.⁷ İnsanların, anne karnında ne düzeyde testosterona maruz kaldığının göstergesi olarak, 2D:4D parmak uzunluk oranları kabul edilmiştir. Ortalama 2D:4D oranının gebelik süresince ve hatta yetişkin dönemde bile değişmediği belirtilmiştir.^{8,9} Erkeklerin 2D:4D ortalaması, kadınlardan daha düşüktür.^{7,10,11} Yapılan pekçok araştırmaya göre, parmak oranı ile saldırganlık, menarş başlangıcı, eş cinsellik, sayısal başarı ve boyun çevresi; özellikle erkeklerde obezite ve kalp hastalığı gibi fizyolojik ve psikolojik özellikler arasında ilişki vardır.¹¹ Ayrıca 2D:4D ve fiziksel güç arasındaki negatif ilişkinin spor performansını etkilediği varsayılmaktadır.¹² 2D:4D ve atletik performans arasında korelasyon ortaya çıkabilir; çünkü 2D:4D, fetusun cinsiyet steroidlerine cevap olarak ortaya çıkan bir biyobelirteçtir. Dolayısıyla 2D:4D'nin prenatal testosteronun negatif bir ko-

relasyonu ve prenatal östrojenin pozitif bir korelasyonu olduğu öne sürülmüştür.^{7,13} Sağ 2D:4D'nin prenatal testestoran seviyelerini, sol 2D:4D'den daha doğru bir şekilde yansıttığı ve sonuç olarak sağ 2D:4D'nin insan davranışının, sağlığının ve morfolojisinin sol 2D:4D'den daha güçlü bir belirleyicisi olduğu iddia edilmiştir.¹¹⁻¹³ Hönekopp ve Schuster yaptıkları meta-analiz çalışmasında sportif yetenekte sağ 2D:4D'nin sol 2D:4D'ye göre daha güçlü bir belirleyici olduğu çalışmaların aksine; ne sağ ne sol 2D:4D'nin belirleyici olmadığını, farklı branşlarda (örn: eskrim yeteneğinde sağ el 2D:4D) sağ ve sol 2D:4D'nin belirleyiciliğinin değişebileceğini tespit etmişlerdir.¹⁴ Sportif performans ile sağ-sol 2D:4D arasında, yalnızca sağ 2D:4D arasında ilişki olduğunu, ne sağ ne sol 2D:4D arasında ilişkinin olmadığını ya da yalnızca sağ 2D:4D ile sol 2D:4D arasındaki ilişkiyi inceleyen birçok çalışma bulunduğu bilinmektedir.^{15,16}

Hönekopp ve ark. yaptıkları çalışmada 2D:4D ile performans arasında kadınlarda sol elde, erkeklerde ise sağ elde düşük ilişki tespit edilmiş, diğer bir çalışmada ise sadece erkeklerde sol 2D:4D arasında, Fink ve ark., erkeklerde 2D:4D ve el kavrama kuvveti arasında; Eler ve Eler, erkeklerde sağ-sol 2D:4D, kadınlarda yalnızca sol 2D:4D arasında; Acar ve Eler erkek ve kadınlarda negatif yönlü ilişki olduğunu ifade etmişlerdir.^{15,17-20} 2D: 4D'nin Tlauka ve ark. beden eğitimi kurslarına katılmayı tercih eden lise öğrencilerinde, etmeyenlere göre; Latourelle ve ark., kadın elit sporcuların; kadın amatör sporculara ve spor yapmayanlara göre; Manning ve Taylor, profesyonel futbolcularda sedanterlere, yedek, üst lig ve alt ligde oynayan sporculara göre karşılaştırıldığında daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir.²¹⁻²³

Güçlü kardiyovasküler sistem gerektiren futbol, aerobik sistem aracılığıyla ortaya çıkan, büyük miktarda enerji gerektiren kayak ve dayanıklılık koşusu gibi daha düşük 2D:4D ve spor branşları arasındaki ortak nokta; iyi gelişmiş bir kardiyovasküler sisteme bağlı olmalarıdır.^{23,24} Hönekopp ve Schuster, çeşitli spor ve atletizm disiplinlerindeki performansın 2D:4D ile negatif ilişkili olduğunu, ortalama korelasyonun (r) 70, 25 ve yaklaşık %2-30 aralığının r2 değerleri olduğunu tespit etmişlerdir.¹⁴ 2D:4D, sprint

hızındaki varyansın yaklaşık %2'sini, ancak orta ve uzun mesafeli koşularda hız varyansının %25-30'unu öngörür.^{13,19,24} Bu nedenle, 2D:4D'nin kuvvet yerine verimli kardiyovasküler fonksiyona bağlı olan spor branşlarında daha güçlü olduğu görülmektedir.²⁵

Çalışmalar arasında farklılıklar ve tutarsızlıklar olmasına rağmen 2D:4D'nin spor performansını etkilediği düşünülmektedir. Ülkemizde, bu alanda yapılan çalışmalar sınırlıdır.

Yapılan bu çalışma, 2D:4D ile sürat, linear yön değiştirme (COD) ve VO_{2maks} ilişkisini araştıran ilk çalışma olma özelliğini taşımaktadır. Bu çalışmanın amacı, kadın hentbolcularda 2D:4D ile sürat, linear yön değiştirme (COD) ve VO_{2maks} arasındaki ilişkiyi incelemektir.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışmaya, Türkiye Kadınlar Hentbol Süper Ligi'nde oynayan 36 sporcu katılmıştır. Sporculara çalışma hakkında detaylı bilgi verilerek, "aydınlatılmış onam formu" doldurtulmuş ve onayları alınmıştır. Araştırma prosedürleri Helsinki Deklarasyonu 2008 Prensipleri'nin insan araştırmaları etik standartlarına uygun şekilde yerine getirilmiştir.

Sporcuların boy uzunluğu ölçümü, 0,01 m hassasiyetinde olan SECA boy skalasında; vücut ağırlığı, beden kitle indeksleri (BKİ) ve vücut yağ oranı Tanita marka (BC-418) vücut analiz cihazı ile ölçülmüştür.

Sporcuların iki elinin fotokopisi çekildikten sonra, sağ elin palmar yüzünde 2. parmak (işaret parmağı) ve 4. parmak (yüzük parmağı) proksimal kısmındaki basal çizgi ile pulpa arası bölgede, 0,05 mm'ye kadar ölçüm yapabilen vermiyeli kompas kullanılarak parmak uzunlukları tespit edilmiştir. Ölçümler, güvenilirliği sağlayabilmek için aynı kişi tarafından ikişer kez yapılmıştır, milimetre (mm) cinsinden belirlenmiştir. Oranın belirlenmesi için ikinci parmak uzunluğu dördüncü parmak uzunluğuna bölünmüştür.

Sürat, 20 m Sürat Testi (sn) ile ölçülmüş, sporculara yeterli dinlenme süresi verilerek sırasıyla 10 m, 20 m ve 30 m çıkış işareti ile birlikte maksimal hızda mesafeleri koşmuşlardır. Başlangıç ve bitiş ara-

TABLO 1: Sporcuların fiziksel ve performans değerleri özellikleri.

n=36	Ortalama	Standart sapma
Yaş (yıl)	23,39	3,35
Spor yaşı (yıl)	12,36	3,55
Boy uzunluğu (cm)	173,25	4,78
Vücut ağırlığı (kg)	77,87	10,67
BKİ (kg/m ²)	22,48	3,20
Vücut yağ oranı	21,49	7,61
Sağ el 2D:4D	0,94	0,02
Sol el 2D:4D	0,97	0,02
10 m sürat (sn)	1,96	0,16
20 m sürat (sn)	3,42	0,23
30 m sürat (sn)	4,61	0,25
COD (sn)	5,32	0,18
VO_{2maks} (ml.kg/dk)	53,56	4,68

sındaki süre fotosel (New Test 2000) ile tespit edilmiştir. Her mesafe için 2 deneme yapılmış ve en iyi sonuç kaydedilmiştir.

Zigzag testi, sporcuların mümkün olduğunca hızlı bir şekilde yavaşlamasını ve hızlanmasını gerektiren 100°'lik açılarla belirlenen koniler ile işaretlenmiş 4-5 m'lik bölümden oluşmaktadır. Her koni arası 5 m mesafedir, toplam mesafe 20 m'dir. Denek, ilk ayağı başlangıç çizgisinin 0,3 m arkasında ve yüksek pozisyonda koşuya başlamıştır. 2 deneme yapılmış, denemeler arası yeterli dinlenme süresi verilmiş ve en iyi sonuç kaydedilmiştir.

VO_{2maks} belirlemek için 20 m mekik (dayanıklılık testi) testi, farklı bir günde 1 defa olmak üzere uygulanmıştır. Elde edilen skorlar, değerlendirme cetveli yardımı ile deneklerin maksimum oksijen tüketim değerleri mL/kg/dk cinsinden hesaplanmıştır (Tablo 1).

Verilerin analizinde, değişkenlerin korelasyon katsayıları ve istatistiksel anlamlılıkları Pearson korelasyon testi ile hesaplanmıştır. Elde edilen veriler SPSS 20 programında kaydedilmiş ve $p<0,01$, $p<0,05$ düzeyindeki veriler istatistiki olarak anlamlı kabul edilmiştir.

BULGULAR

Sağ el 2D:4D ile VO_{2maks} arasında negatif yönlü yüksek düzeyde ($r=-0.827$; $p= 0,001$) ilişki tespit

TABLO 2: 2D:4D ile fiziksel ve performans değerleri arasındaki ilişki.

		Yaş (yıl)	Spor yaşı (yıl)	Boy	Vücut ağırlığı (kg)	BKİ (kg/m ²)	Vücut yağ oranı	10 m sürat (%)	20 m sürat (sn)	30 m sürat (sn)	COD (sn9)	VO _{2maks} (sn)
Sağ el 2D:4D	r	0,116	0,139	-0,163	-0,248	-0,159	0,077	0,311	0,305	-0,08	0,122	-0,827**
	p	0,502	0,417	0,341	0,145	0,355	0,657	0,065	0,070	0,641	0,478	0,001
Sol el 2D:4D	r	0,188	0,255	-0,16	-0,193	-0,248	0,118	0,102	0,105	0,204	-0,04	-0,272
	p	0,273	0,134	0,35	0,258	0,144	0,495	0,556	0,544	0,234	0,816	0,108

(p<0,01**, p<0,05*).

edilmiştir. 2D:4D ile boy uzunluğu, vücut ağırlığı, BKİ, vücut yağ yüzdesi, 10 m, 20 m, 30 m sürat değerleri ve COD arasında ilişki bulunamamıştır (Tablo 2).

TARTIŞMA

Düşük 2D:4D'nin, birçok spor branşında yüksek performans seviyesi ile ilişkili olduğu kabul edilmekte, birçok araştırmada 2D:4D'nin fiziksel performans ile negatif bir korelasyon olduğu ve 2D:4D ve spor performansı arasında, aerobik verimliliğin kuvvet ve sürattan daha fazla etkisi olduğu bilinmektedir.^{23,26,27}

Fink ve ark., yetişkinler üzerinde yaptıkları çalışmalarda, 2D:4D oranının sürat ve kuvvet nazaran en güçlü ilişkinin dayanıklılık parametresi ile olduğunu tespit etmişlerdir.²⁷ Ranson ve ark. 922 erkek-835 kadın öğrenci üzerinde yaptığı çalışmada erkeklerde 2D:4D ile dayanıklılık arasında güçlü bir ilişki tespit etmiştir.²⁸ Ancak Peeters ve ark., genç kadınlar ve (n=178), Hill ve ark., genç erkekler (n=41), Eghbali, erkek çocuklar üzerinde (n=316) yaptıkları çalışmalarda maksimal oksijen alımı ile sağ ve sol 2D:4D arasında anlamlı bir ilişki olmadığını saptamışlardır.^{16,26,29}

2D:4D ve spor arasındaki bağlantının, maksimum oksijen alımına bağlı olabileceği ileri sürülmüştür.¹³ Pokrywka ve ark., prenatal androjen maruziyetinin, kardiyovasküler sistemin gelişimini artırabileceğini, dayanıklılık çalışmaları göz önüne alındığında, düşük 2D:4D oranına sahip erkeklerin; yüksek 2D:4D oranına sahip erkeklerden daha hızlı koşma eğiliminde olduklarını tespit etmiştir.³⁰ Manning ve ark., yaptıkları çalışmada, gençlerde 2D:4D ile dayanıklılık koşusu arasında r= 0,30 ile r= 0,50 arasında orta derecede ilişki belirlemiş, Manning ve Hill erkek çocuklar üzerinde yapılan 2D:4D ile sprint

hızı arasında zayıf ilişki (r= 0,15; p= 0,02) belirlemişlerdir.^{13,24}

Hill ve ark., 41 spor yapan (futbol, squash, masa tenisi ve atletizm) erkek çocuğu üzerinde yapmış olduğu çalışmada, düşük sağ-sol 2D:4D'nin yüksek VO_{2maks} ile ilişkili olduğunu, düşük sağ-sol 2D:4D'nin spor performansı ile prenatal testosteron arasında ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle, VO_{2maks}'nin sağ-sol 2D:4D ve spordaki performansı birbirine bağlayan temel faktörlerden biri olduğunu ve prenatal testosteronun vasküler sistem üzerinde etkisi olduğunu ifade etmişlerdir.²⁶

SONUÇ

Hentbolda üst düzey performansa ulaşabilmek, motorik becerilerin maksimum seviyeye ulaşabilmesine bağlıdır. Sürat, yön değiştirme, dayanıklılık hentbolda üst düzey performansın önemli bileşenlerindedir. çalışmaya katılan sporcuların, 2D:4D ile sürat ve COD arasında bir ilişki olmadığı tespit edilmiş, ancak 2D:4D ile dayanıklılık arasında negatif yönlü güçlü bir ilişki tespit edilmiştir. Sonuç olarak, yapılan bu çalışmada, kadın hentbolcularda 2D:4D'nin VO_{2maks} ile güçlü bir ilişkisi olduğu saptanmıştır. Bu çalışma temel alınarak ülkemizde farklı spor branşlarında, performans parametrelerini kapsayacak şekilde uygulanabilir ve bu alanda bir norm oluşturulabilir. Oluşturulabilecek bu normlar, spor branşlarında yönlendirme ve yetenek seçimlerinin verimliliğini artırmaya katkı sağlayabilir.

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma

ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram: Nebahat Eler, Serdar Eler; **Tasarım:** Nebahat Eler, Hikmet Vurgun, Serdar Eler; **Denetleme/Danışmanlık:** Hikmet Vurgun, Serdar Eler; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Nebahat Eler, Hikmet Vurgun, Serdar Eler; **Analiz ve/veya Yorum:** Nebahat Eler; **Kaynak Taraması:** Nebahat Eler, Hikmet Vurgun; **Ma-kalenin Yazımı:** Nebahat Eler, Serdar Eler; **Eleştirel İnceleme:** Nebahat Eler, Hikmet Vurgun, Serdar Eler; **Kaynaklar ve Fon Sağlama:** Hikmet Vurgun, Serdar Eler.

KAYNAKLAR

- Marques MC, Saavedra FJ, Abrantes C, Aidar FJ. Associations between rate of force development metrics and throwing velocity in elite team handball players: a short research report. *J Human Kinet.* 2011;29A: 53-7. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Marques MC, van den Tillaar R, Gabbett TJ, Reis VM, González-Badillo JJ. Physical fitness qualities of professional volleyball players: determination of positional differences. *J Strength Cond Res.* 2009;23(4):1106-11. [Crossref] [PubMed]
- Buchheit M, Lepretre PM, Behaegel AL, Millet GP, Cuvelier G, Ahmaidi S. Cardiorespiratory responses during running and sport-specific exercises in handball players. *J Sci Medicine in Sport.* 2009;12(3):399-405. [Crossref] [PubMed]
- Michalsik LB, Aagaard P, Madsen K. Locomotion characteristics and match-induced impairments in physical performance in male elite team handball players. *Int J Sports Med.* 2013;34(7):590-9. [Crossref] [PubMed]
- Michalsik LB, Aagaard P. Physical demands in elite team handball: comparisons between male and female players. *J Sports Med Phys Fitness.* 2015;55(9):878-91. [PubMed]
- Póvoas SCA, Ascensão AAMR, Magalhães J, Seabra AF, Krustup P, Soares JMC, et al. Physiological demands of elite team handball with special reference to playing position. *J Strength Cond Res.* 2014;28(2):430-42. [Crossref] [PubMed]
- Manning JT, Scutt D, Wilson J, Lewis-Jones DI. The ratio of 2nd to 4th digit length: a predictor of sperm numbers and concentrations of testosterone, luteinizing hormone and oestrogen. *Hum Reprod.* 1998;13(11):3000-4. [Crossref] [PubMed]
- Galis F, Ten Broeck CMAT, Van Dongen S, Wijnaendts LCD. Sexual dimorphism in the pre-natal digit ratio (2D:4D). *Arch Sex Behav.* 2010;39(1):57-62. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Çelik A, Aksu F, Tunar M, Daşdan Ada EN, Topaçoğlu H. [The relationship between physical performance levels and the digit ratio of master athletes.] *DEÜ Tıp Fakültesi Dergisi.* 2010;24(1):5-10.
- van Honka J, Schutter DJ, Bos PA, Kruijt AW, Lentjes EG, Baron-Cohen S. Testosterone administration impairs cognitive empathy in women depending on second-to-fourth digit ratio. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2011;108(8): 3448-52. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Coates JM, Gurnell M, Rustichini A. Second-to-fourth digit ratio predicts success among high-frequency financial traders. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2009;106(2):623-8. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Hönekopp J, Watson S. Meta-analysis of the relationship between digit-ratio 2D:4D and aggression. *Personality and Individual Differences.* 2011;51(4):381-6. [Crossref]
- Manning JT, Morris L, Caswell N. Endurance running and digit ratio (2D:4D): Implications for fetal testosterone effects on running speed and vascular health. *Am J Hum Biol.* 2007;19(3):416-21. [Crossref] [PubMed]
- Hönekopp J, Schuster M. A meta-analysis on 2D:4D and athletic prowess: substantial relationships but neither hand out-predicts the other. *Personality and Individual Differences.* 2010;48(1): 4-10. [Crossref]
- Acar H, Eler N. The relationship of digit ratio (2d:4d) with cerebral lateralization and grip strength in elite swimmers. *Journal of Education and Training Studies.* 2018;6(4):84-9. [Crossref]
- Peeters MW, Van Aken K, Claessens AL. The left hand second to fourth digit ratio (2D:4D) is not related to any physical fitness component in adolescent girls. *PLoS One.* 2013;8(4):e59766. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Voracek M, Reimer B, Dressler SG. Digit ratio (2D:4D) predicts sporting success among female fencers independent from physical, experience, and personality factors. *Scand J Med Sci Sports.* 2010;20(6):853-60. [Crossref] [PubMed]
- Fink B, Thanzami V, Seydel H, Manning JT. Digit ratio and hand-grip strength in German and Mizos men: cross-cultural evidence for an organizing effect of prenatal testosterone on strength. *Am J Hum Biol.* 18(6):776-82. [Crossref] [PubMed]
- Hönekopp J, Manning JT, Muller C. Digit ratio (2D:4D) and physical fitness in males and females: Evidence for effects of prenatal androgens on sexually selected traits. *Horm. Behav.* 2006;49(4):545-9. [Crossref] [PubMed]
- Eler N, Eler S. 2D: 4D, Lateralization and Strength in Handball Players. *Journal of Education and Training Studies.* 2018;6(5):170-8. [Crossref]
- Tlauka M, Williams J, Williamson P. Spatial ability in secondary school children: intra-sex differences based on self-selection for physical education. *Br J Psychol.* 2008;99(3):427-40. [Crossref] [PubMed]
- Latourelle SM, Elwess NL, Elwess JM. Finger forecasting: a pointer to athletic prowess in women a preliminary investigation by an undergraduate biology class. *Am Biol Teach.* 2008;70:411-4. [Crossref]
- Manning JT, Taylor RP. Second to fourth digit ratio and male ability in sport: implications for sexual selection in humans. *Evol Hum Behav.* 2001;22(1):61-9. [Crossref] [PubMed]
- Manning JT, Hill MR. 2009. Digit ratio (2D:4D) and sprinting speed in boys. *Am J Hum Biol.* 2009;21(2):210-3. [Crossref] [PubMed]
- Gallup AC, White DD, Gallup GG. Handgrip strength predicts sexual behavior, body morphology, and aggression in male college students. *Evolution and Human Behavior.* 2007;28:423-29 [Crossref]
- Hill R, Simpson B, Millet G, Manning J, Kilduff L. Right-Left Digit Ratio (2d:4d) And Maximal Oxygen Uptake. *J Sports Sci.* 2012;30(2):129- 34. [Crossref] [PubMed]
- Fink B, Neave N., Manning, J.T. Second to fourth digit ratio, body mass index, waist-to-hip ratio, and waist-to-chest ratio: their relationships in heterosexual men and women. *Annals of Human Biology.* 2003;30(6):728-38. [Crossref] [PubMed]
- Ranson R, Stratton G, Taylor SR. Digit ratio (2D:4D) and physical fitness (Eurofit test battery) in school children. *Early Hum Dev.* 2015;91(5): 327-31. [Crossref] [PubMed]
- Lacour JR, Padilla-Magunacelaya S, Barthélémy JC, Dormois D. The energetics of middle-distance running. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1990;60(1):38-43. [Crossref] [PubMed]
- Pokrywka L, Rachoń D, Suchecka-Rachoń K, Bitel L. The second to fourth digit ratio in elite and non-elite female athletes. *Am J Hum Biol.* 2005;17(6):796-800. [Crossref] [PubMed]