

# SAĞLIKLI BİREYLERDE PARMAK UZUNLUK ORANLARININ (2D: 4D); EL TERCİHİ, NONVERBAL ZEKA, GÖRSEL, İŞİTSEL VE VERBAL YETENEKLER, MOTOR BECERİ VE SEREBRAL LATERALİZASYON İLE İLİŞKİSİ

ASSOCIATIONS AMONG RATIO OF DIGIT LENGTHS (2D: 4D), HAND PREFERENCES, NONVERBAL INTELLIGENCE, VISUAL, AUDITORY AND VERBAL ABILITY, MOTOR SKILL AND CEREBRAL LATERALIZATION IN HEALTHY PERSONS

Nuray Öztaşan<sup>1</sup> Necip Kutlu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi Tıp Fakültesi,  
Fizyoloji Ana Bilim Dalı, Afyon  
<sup>2</sup>Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi,  
Fizyoloji Ana Bilim Dalı, Manisa

**Yazışma Adresi:**

Nuray Öztaşan  
03200 Afyon - Türkiye

E posta: nurayoztasan@hotmail.com

Kabul Tarihi: 30 Ocak 2014

Balikesir Sağlık Bilimleri Dergisi

ISSN: 2146-9601  
e-ISSN: 2147-2238

[bsbd@balikesir.edu.tr](mailto:bsbd@balikesir.edu.tr)  
[www.bau-sbdergisi.com](http://www.bau-sbdergisi.com)

## ÖZET

**AMAÇ:** Çalışmada, bayanlar ve erkeklerde el, ayak göz tercihleri, parmak uzunluk oranları, nonverbal zeka (IQ), el motor becerisi ve bu parametreler arası ilişkilerin araştırılması amaçlanmıştır.

**YÖNTEMLER:** Toplam 439 (245 kız ve 194 erkek) gönüllü katılımcıya, 'Edinburg El Tercih Anketi', 'Cattell's Culture Free Intelligence Test' ve 'Çivi Hareket Testi' uygulandı. Göz ve ayak lateralizasyonu tespit edildi. Her el için ayrı ayrı parmak uzunlukları anatomik sınırlardan dijital kumpasla ölçüldü ve parmak oranları hesaplandı.

**BULGULAR:** Sağlak kız öğrencilerin sayısı erkeklerden fazla idi. Ancak istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı ( $p=0,807$ ). Kız öğrencilerin %63.7'sinin sağ gözü, %75.9'nun sağ ayağı dominant iken, erkeklerde sağ gözü kullanma oranı %61.9, sağ ayak dominantlığı %58.2 bulundu. Cinsiyete göre sağ ve sol el için parmak oranları arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli değildi. Kız öğrencilerin sağ ve sol el oranları, motor beceri ve lateralizasyon arasında da anlamlı bir ilişki yoktu. Fakat sağ el parmak oranları ve IQ testi ilişkili idi ( $r =0.146$ ). Çivi hareket testinin, kızlarla erkekler arasında, anlamlı farklı olduğu gözlemlendi ( $p<0.005$ ). **SONUÇ:** Sonuç olarak, kızlarda sağlaklığın, erkeklerde ise solaklığın daha yaygın olduğu, azda olsa zayıf bir ilişki gösteren sağlakların sağ ayak ve gözde de dominantlık gösterdiği, erkeklerde sağlaklık arttıkça el becerisinin arttığı saptandı.

**Anahtar Kelimeler:** Parmak uzunluk oranı, nonverbal zeka, motor beceri, el, ayak, göz tercihi.

## SUMMARY

**OBJECTIVE:** In this study, the associations among the parameters of hand, foot and eye preferences, ratio of digit lengths (2D: 4D), nonverbal intelligence (IQ), hand motor skill in man and women were aimed to investigate.

**METHODS:** . A total of 439 (245 girls and 194 boys) volunteer participants were included for his study. The parameters were determined as follows: Hand preference using 'Edinburg Hand Preference Questionnaire', IQ point using 'Cattell's Culture Free Intelligence Test' and motor skill using 'Nail Movement Test', eye and foot lateralization were determined. Respective finger length from anatomic boundaries was measured using digital compass caliper and the ratios of (2D: 4D) were calculated.

**RESULTS:** Right-handed preference was found to be higher in women than men, but it was not meaningful ( $p=0,807$ ). It's found that, 63.7% of women right eye, 75.9% of women right foot and 61.9% men right eye, 58.2% of men right foot were dominance. Considering the sex, It's not found meaningful difference between right and left hand preference ratios (2D: 4D). In girl's, between right and left hand preference ratios and motor skill, lateralization, It's not found meaningful relation. There was a positive correlation between right hand (2D: 4D) ratios and IQ test results ( $r =0.146$ ). Nail motion test between girls and boys, were found to be significantly different ( $p<0.005$ ).

**CONCLUSION:** In conclusion, it was determined that right hand preference in girl's and left hand preference in boy's were higher. It is also determined that, right hand people has dominance at right eye and foot too. Altogether, in light of this study it was concluded that the motor skills were higher in men who have more lateralization (towards right).

**Key words:** Digit length ratio, nonverbal intelligence, motor skill, hand, foot and eye preferences.

**GİRİŞ**

Serebral lateralizasyon beynin sağ ve sol hemisferleri arasında anatomik ve fonksiyonel farklılaşma olarak tarif edilir. Bu kavram 150 yıl öncesinde Paul Broca'nın konuşma merkezini tanımlamasından sonra gündeme gelmiştir<sup>1</sup>. Serebral dominans kavramında ilk incelenen konuşma olmasına rağmen, el tercihi klinik ve prelinik bilim dalları tarafından motor dominansın bir belirtisi olarak üzerinde en çok çalışılan konulardan biridir<sup>2,3</sup>. Günümüzde asimetri teorileri üç ana fikirde birleşir. Birincisi, asimetri için özel yetenekler için hemisferden birinin diğerine genel bir baskınlığının olduğu görüşüdür. Örneğin sol hemisfer sözel fonksiyonlarla ilgili iken, sağ hemisferin visual veya görsel fonksiyonlar için özelleştiği görülür. İkincisi, asimetri karşı taraf hemisfer üzerinde dikkate dayanan etkiyi ihtiva ederler. Örneğin bir çok sözel fonksiyon için üstünlük sağ görme alanında iken; diğer birçok görsel fonksiyon için sol görme alanındadır. Üçüncüsü, her ne kadar hemisferlerden biri özel bir davranış sahası için genel olarak dominant olabilir ise de spesifik bir işlem için her iki hemisfer birlikte katkıda bulunabilirler. Örneğin, bir şeyi görmeden onunla ilgili kesin bilgileri algılama ve ölçüme ait bilgiler sol hemisfer tarafından alınır<sup>4</sup>. Böyle hemisferik fonksiyonel asimetri genel bir hesaplama kriteri olabilir. Serebral lateralizasyon yüksek serebral fonksiyonlar ve bunların bozukluklarının anlaşılması için gerekli bilimsel yaklaşımın temelini oluşturur<sup>5</sup>.

İnsan davranışları, bu iki ayrı işlem kapasitesine ve yeteneğine sahip nöral yapının işlevlerinin bütünleştirilmesi ile belirlenmektedir<sup>2</sup>. Galaburda ve Eidelberg yapmış oldukları çalışmalarında, sol eli disleksi hastalarında, hem korteksin hem de talamusun sol bölgesinde anatomik gelişim bozukluğu olduğunu göstermişlerdir<sup>6</sup>. Konuşmanın azaldığı ve bozulduğu bir başka hastalık da otizmdir. Otizmlili çocuklarda yapılan bir çalışmada sol ellilik oranlarının normal topluma göre daha fazla olduğunu bulmuşlardır<sup>7</sup>.

Kişilerin psikolojik ve davranışsal özellikleri üzerinde cinsiyet hormonlarının etkisi olduğu bilinmektedir<sup>8</sup>. Eldeki 2. ve 4. parmak oranlarının vücuttaki cinsiyet hormonlarının düzeyleri ile ilişkili olduğunu bildiren birçok çalışma vardır<sup>9,10,11</sup>. Bunlara göre, kadın cinsiyetinde işaret parmağı uzunluğu ile östrojen hormonu yüksekliği arasında, erkek cinsiyetinde ise

yüzük parmağı uzunluğu ile testosteron hormonu yüksekliği arasında ilişki bulunmaktadır<sup>10</sup>. Manning, prenatal cinsiyet hormonlarının etkilediği işaret parmağının yüzük parmağına oranının, çeşitli fizyolojik, psikolojik ve davranışsal özellikler ile ilişkili olduğunu bildirmiştir<sup>10</sup>. Dane ve Balcı, yazı yazmada tercih edilen elin 2. parmak/4. parmak (2/4) oranıyla ilişkisi olduğunu bulmuşlardır<sup>7</sup>.

Bu çalışmanın amacı, bayan ve erkeklerde el, ayak göz tercihleri, parmak uzunluk oranları (2D:4D), nonverbal zeka (IQ), motor beceri farklılıkları ve bu parametreler arası ilişkilerin araştırılmasıdır.

**GEREÇ VE YÖNTEM**

Çalışma için Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulundan onay alınmış ve gönüllülük esasına göre yürütülmüştür.

Araştırmada 245 kız ve 194 erkek öğrenci yer almaktadır. 18-25 yaş aralığında bulunan katılımcıların %55.8'ini bayanlar ve %44.2'sini erkekler oluşturmuştur.

Grupların akıcı zeka ölçümleri, 4 ayrı bölümden ve toplam 50 sorudan oluşan 'Cattel Culture Free Intelligence Test' ile saptanmıştır. Çalışmalar sakin sessiz bir ortamda aynı şartlar sağlanarak gerçekleştirilmiş ve test sonunda toplam doğru sayısına karşılık gelen nonverbal zeka değerleri (IQ) belirlenmiştir<sup>12</sup>.

El tercihi Geschwind ve Behan tarafından modifiye edilen 'Edinburg El Tercihi Anketi'nin Türkçe çevirisi ile belirlenmiştir. Bu ankette yazı yazma, resim yapma, top ve taş atma, makas tutma, diş fırçalama, ekme keserken bıçak turma, bıçaksız çatal tutma, kürek tutma (alttaki el), çekiç tutma, kibrit çakarken kibrit tutma, bir kutunun kapağını açma işlerinin hangi el ile yapıldığı sorulmakta ve "daima sağ", "genellikle sağ" ve "her iki el ile", "genellikle sol" ve "daima sol" cevapları için sırası ile +10, +5, 0, -5, -10 puanları verilmektedir. Elde edilen +100 ile -100 arasındaki değer Geschwind skoru (GS) olarak adlandırılmıştır<sup>13</sup>. Bu skorun negatif olması solaklık, pozitif olması sağlaklık lehinedir. Öğrencilerden +80 ve üstünde olan 43 (erkek, kız) sağlak olarak kabul edilmiştir. Anketin sonunda anahtar deliğine ya da mikroskoba hangi gözle bakarsınız, topa hangi ayağınızla vurursunuz gibi sorular göz ve ayak tercihini belirlemek için sorulmuştur. Ayrıca ailede solak bulunup bulunmadığı araştırılan sorular da test sonuna eklenmiştir.

El becerisi ilk olarak Annett tarafından kullanılan ve Tan tarafından modifiye edilen çivi takma testi (PEGS) ile ölçülmüştür<sup>14</sup>. Bu ölçüm için kullanılan deney tahtasının üzerinde 10 cm aralıklı, birbirine paralel iki çizgi üzerinde çivilerin rahatlıkla takılabileceği 25'er yuva vardı. Öğrencilerden sağdaki sıraya yerleştirilmiş yirmi beş çiviye sağ elle, sırayla ve mümkün olduğu kadar hızlı bir şekilde soldaki deliklere takmaları istenmiştir. Kronometre yardımı ile süre belirlenmiştir. Sol el için aynı işlem tekrarlanmıştır. Her bir el için yapılan 10 denemede elde edilen değerlerden sağ ve sol el ortalama zamanlar arasındaki fark bulunmuş, her denemede üç çividen fazla düşürürse test geçersiz sayılarak tekrarlanmıştır. Eller arasındaki beceri farklılığının ölçüsü olarak 'L-R time' formülü kullanılarak R-L yüzdesi belirlenmiştir (% R-L = (L-R/L+R) x100).

Parmak uzunlukları ölçümü, ellerinde travma, ödem, şişlik ve apse gibi parmak ölçümünü etkileyecek faktörler olmamasına özen gösterilerek dijital kumpas kullanılarak yapılmıştır. Katılımcıların sağ ve sol eldeki 2. ve 4. parmaklarının boyları, el içindeki ikinci ve dördüncü parmağın bazal kıvrımından parmak ucundaki falanks distaline kadar olan (kemiksiz) anatomik sınırlardan ölçülüp, her el için ayrı ayrı (2D:4D) oranları hesaplanmıştır.

İstatistiksel analiz için "t-testi" ve "Ki-kare testi" ile yapıldı. Pearson korelasyon analiziyle parametreler arasındaki ilişkilere bakıldı. Anlamlılık düzeyi p<0.05 olarak kabul edildi.

## BULGULAR

Araştırmamız gönüllülük esasına dayanarak üniversite öğrencilerinin katılımıyla gerçekleştirildi. Kız öğrencilerde sağ el tercihi %88.2, sol el tercihi %10.6, her iki el kullanımı %1.2 olarak bulunurken, erkeklerde sağ el tercihi %86.1, sol el tercihi %12.4, her iki el kullanımı %1.5 olarak belirlendi. El tercihinde, bayan ve erkekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu (p=0.807). Bayanların ailesinde %36.3 oranında sol elini kullanabilen bireyler bulunurken, erkeklerde bu oran %38.7 bulundu. Kız öğrencilerin %63.7'sinin sağ gözü dominant iken, erkeklerde sağ gözü kullanma oranı %61.9 bulundu. %75.9 oranında sağ ayaklarını kullanan kız öğrenci ve %58.2 erkek öğrenciler olduğu ve her iki ayaklarını kullanan erkeklerin 25.8, kızlarda %12.7 olarak belirlendi. Cinsiyete göre sağ ve sol el için (2D:4D) oranları kızlarda sağ 0.9947±0.0349, sol

0.9969±0.3577, erkeklerde sağ 0.9945±0.0317, sol 0.9982±0.0322 bulundu. Aralarındaki farklılık anlamlı değildi. Çivi hareket testi kızlarda ( motor beceri) 4.25±2.48, erkeklerde 1.60±0.66 belirlendi ve istatistiksel açıdan anlamlı fark olduğu gözlemlendi (Tablo1). Kız öğrencilerin sağ ve sol el oranları, motor beceri ve lateralizasyon arasında anlamlı bir ilişki gözlenmedi. Fakat sağ el (2D:4D) oranları ve IQ testi arasında pozitif korelasyon olduğu görüldü (r =0.146, p<0.005). Erkeklerde sol el parmak (2D:4D) oranları ile nonverbal zeka kullanımı pozitif korele bulundu (r=0.250, p<0.05).

**Tablo 1.** Cinsiyete göre her iki el (2D:4D) oranları, Cattell Culture Free Intelligence Testi, ve Çivi Hareket Testi' ne ait değerler (Ortalama±SS).

	Kadın n:245	Erkek n:194	p değeri
Lateralizasyon Katsayısı	54.51±48.69	51.03±42.68	0.433
Sağ (2D:4D) Oranı	0.9947±0.0349	0.9945±0.0317	0.964
Sol (2D:4D) Oranı	0.9969±0.3577	0.9982±0.0322	0.690
IQ Puanı	100.63±17.46	99.82±18.15	0.638
Motor Beceri	4.25±2.48	1.60±0.66	0.047

## TARTIŞMA

İnsandaki serebral ve periferik duyu motor asimetriler yüzyıldan fazladır kognitif sinir biliminin esas konusu olmaktadır<sup>15</sup>. Bilim adamları asimetrik kalıtımın altında bizzat genetik varyasyonların bulunabileceğini ifade etmektedirler. Genetik varyasyonlar lateralizasyonun derecesini etkileyebilmektedir<sup>16</sup>. Ayrıca, beyin hormonlarına hassasiyeti açısından erkeklerle kadınlar arasında fark olabileceği bildirilmektedir<sup>17</sup>. Geschwind göre, "erkeklik hormonu olan testosteron sol beyni baskı altına almakta ve bu da solaklığa yol açmaktadır"<sup>4</sup>. Ancak ailede solaklık yani kalıtsal faktörler bu ilişkiyi etkilemektedir. Araştırmamızda da kızlarda %10.6 olan sol eli kullanma oranı, erkeklerde %12.4 çıktığı görüldü. Benzer şekilde Moffat ve Hampson 'da testosteronun el tercihinin gelişiminde rol alabileceğini belirtmişlerdir<sup>18</sup>. Seizeur ve arkadaşları lateralizasyonun kadın ve erkekler arasında farklı olmasından dolayı, kadınlarda sağ el tercihinin daha fazla olduğunu bildirmişlerdir<sup>19</sup>. Hemisferlerden birinin diğerine göre daha ağır olması anatomik bir lateralizasyon olmakla birlikte, el tercihi fonksiyonel bir serebral lateralizasyon olarak kabul

edilmektedir. El tercihine benzer şekilde göz, kulak ve ayak dominantlığı da bildirilmiştir<sup>7</sup>. Bourassa ve ark. erkeklerde sol ellilik insidansının kadınlara göre fazla olduğunu saptamışlardır<sup>20</sup>. Annett "sağ elliler arasında, sağ göz tercih oranının, solaklar arasında sağ göz dominantlığı oranından fazla olduğunu" bildirmiştir<sup>21</sup>. Benzer şekilde Dane ve Gümüştekin "sağlakların %83.33'ü, solakların ise %50'si sağ gözlerini kullanmayı tercih ettiklerini bildirmişlerdir<sup>22</sup>. Çalışmamızda literatürdekine benzer şekilde, kız öğrencilerin %63.7 sinin sağ gözü ve %75.9 sağ ayaklarını kullanmayı tercih ettiği, erkeklerde sağ gözü kullanma oranı %61.9 , sağ ayak tercih oranı %58.2 olarak belirlenmiştir. Bazı araştırmacılar ise el tercihi ile göz tercihi arasında zayıf bir ilişki olabileceğini rapor etmişlerdir<sup>23</sup>. Çalışmamızda da el tercihi ile göz tercihi arasındaki farkın istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı gözlenmiştir. Kızlarda sağ el, göz ve sağ ayak tercihinin erkeklerden yüksek olduğu saptanmıştır. Sağ el veya sol el tercihinin araştıran birçok çalışmada sağ elini kullanmayı tercih edenler daha fazla iken<sup>24</sup> sol elini kullananlarla ilgili çalışma sayısı daha azdır<sup>25</sup>. Hagmann ve ark. sol elini kullanan erkeklerin sol hemisferlerinin, sağ elini kullanan erkeklerin sol hemisferlerinden daha farklı ve büyük olduğunu bildirmişlerdir<sup>25</sup>. Powel serebral asimetriyi etkisini manyetik rezonans görüntüleme yöntemiyle incelediğinde, cinsiyet farklılığının lateralizasyon da daha etkili olduğunu belirtmiştir<sup>3</sup>. Cinsiyet hormonlarının lateralizasyona etkileri dışında her iki eldeki ikinci parmak ve dördüncü parmak uzunluk ve oranının (2D:4D) şekillenmesinde fetal testosteron aktivitesiyle ilişkili olduğu gösterilmiştir<sup>26</sup>. Robinson ve ark. 2-4 parmak oranının pozitif olarak östrojen, negatif olarak prenatal testosteron ile ilişkili olduğunu belirtmektedirler<sup>27</sup>. Yapılmış bazı çalışmalar, erkeklerin çoğunda yüzük parmağının boyutu, işaret parmağının boyutundan küçük bulunmuş, kadınlar için ise bu sonuç değişkenlik göstermiştir<sup>27,28</sup>. Galis ve ark. ise parmak oranları örnekleri ile cinsiyet farklılıklarının tespit edilebileceğini vurgulamışlardır<sup>28</sup>. Çalışmamızda da erkek ve kızlar arasında iki eldeki ikinci parmak ve dördüncü parmak uzunlukları ve oranında (2D:4D) bir farklılık gözlenmemiştir.

Tan, solaklarda nonverbal zeka ile sağ el becerisi arasında doğru ilişki olduğunu savunmaktadır<sup>29</sup>. Hooven testosteron seviyesinin kognitif süreçlere direkt etkisinin

olmadığını, farklı aşamalarda etkilerinin olabileceğini bildirmiştir<sup>30</sup>. Spritzer testosteronun öğrenmenin belli süreçlerine etkisi olduğunu göstermiştir<sup>31</sup>. Çalışmamızda çivi hareket testinin cinsiyete göre anlamlı farklılık gösterdiği belirlendi. Buna karşın IQ testinde kız ve erkekler arasında bir fark yoktu. Bu da literatürle benzerlik göstererek lateralizasyon, cinsiyet ve nonverbal zeka arasında ilişkinin farklı süreçlerde gözlenebileceğini açıklamaktadır.

Sonuç olarak çalışmamızda, kız ve erkek öğrenciler birlikte ele alındığında, solaklığın erkeklerde, sağlklık, sağ göz ve sağ ayak dominantlığının kızlarda daha baskın olduğu görülmüştür. Erkek öğrenciler ile kız öğrenciler arasında iki eldeki ikinci parmak ve dördüncü parmak uzunlukları ve oranının da (2D:4D) bir farklılık gözlenmemesi grubumuzun özelliğinden kaynaklanmış olabilir. Yapılan çalışmalarda özellikle bazı patolojilerin tespitinde kullanılacak bir oran olarak çalışılması nedeniyle, bizim üniversite öğrencilerinin oluşturduğu toplulukta farklılık olmaması beklenen bir sonuçtur. Motor beceri testinin kızlarda yüksek bulunması ise sağlklık ile non verbal zekanın ilişkili olabileceğini düşündürmüştür. Cinsiyet, lateralizasyon ve farklı aşamalarda yeteneklerin ortaya çıkartılmasında yardımcı olabileceğini düşündüğümüz bu çalışmaların daha geniş topluluklarda çalışılmasının yararlı olacağı kanısındayız.

## KAYNAKLAR

1. Broca P. Localisation des fonctions cérébrales. Siècle dulangage articule. Bulletins de la. Société d'Anthropologie. 1863;4:200-204.
2. Saenger VM, Barrios FA, Martínez-Gudiño ML, et al. Hemispheric asymmetries of functional connectivity and grey matter volume in the default mode network. *Neuropsychologia*. 2012;50:1308-1315.
3. Powell JL, Parkes L, Kemp GJ, et al. The effect of sex and handedness on white matter anisotropy: a diffusion tensor magnetic resonance imaging study. *Neuroscience*. 2012;207:227-242.
4. McManus IC, Bryden MP. Geschwind's theory of cerebral lateralization: Developing a formal, causal model. *Psychological Bulletin*. 1991;110(2):237-253.
5. Corballis MC, Badzakova-Trajkov G, Häberling IS. Right hand, left brain: genetic and evolutionary bases of cerebral asymmetries for language and manual action. *WIREs Cognitive Science*. 2012;3:1-17.
6. Galaburda AM, Eidelberg D. Symmetry and asymmetry in the human posterior thalamus. II. Thalamic lesions in a case of developmental dyslexia. *Archives of Neurology*. 1982;39:333-336.
7. Dane Ş, Balcı N. Handedness, eyedness and nasal cycle in children with autism. *International Journal of Neuroscience*. 2007;25:223-226.
8. Previc FH. A general theory concerning the prenatal origins of cerebral lateralization in humans. *Psychological Review*. 1991;98:299-334.
9. Ronalds G, Phillips DIW, Godfrey KM, et al. The ratio of second to fourth digit lengths: a marker of impaired fetal growth. *Early Human Development*. 2002;68:21-26.
10. Manning J.T, Taylor R.P. Second to fourth digit ratio and male ability in sport: implications for sexual selection in humans. *Evolution and Human Behavior*. 2001;22:61-69.
11. Tester N, Campbell A. Sporting achievement: what is the contribution of digit ratio? *Journal of Personality*. 2007;75:663-677.
12. Floyd G, McGrew S, Barry A, et al. General and Specific Effects on Cattell–Horn–Carroll Broad Ability Composites: Analysis of the Woodcock–Johnson III Normative Update Cattell–Horn–Carroll Factor Clusters Across Development. *School Psychology Review*. 2009;38:249-265.
13. Tan U. The distribution of hand preference in normal men and women. *International Journal of Neuroscience*. 1988;41:35-65.
14. Tan U. Relationships between hand skill and the excitability of motor neurons innervating the postural soleus muscle in human subjects. *International Journal of Neuroscience*. 1985;26:289-300.
15. Badzakova-Trajkov G, Häberling IS, Roberts RP, et al. Cerebral asymmetries: Complementary and independent processes. *PLoS One*. 2010;5(3):9682.
16. McManus IC. Handedness, language dominance and aphasia: A genetic model. *Psychological Medicine Monograph Supplement*. 1985;8:1-40.
17. Rhoshel K, Lenroot AB, Jay N, et al. Sex differences in the adolescent brain. *Brain and Cognition*. 2010;72:46-55.
18. Moffat SD, Hampson E. Salivary testosterone levels in left- and-right handed adults. *Neuropsychologia*. 1996;34:225-233.
19. Seizeur R, Magro E, Prima S, et al. Corticospinal tract asymmetry and handedness in right- and left-handers by diffusion tensor tractography. *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2013 (Baskıda).
20. Bourassa DC, McManus IC, Bryden MP. Handedness and eye-dominance: a meta-analysis of their relationship. *Laterality*. 1996;1:5-34.
21. Annett M, Turner A. Laterality and the growth of intellectual abilities. *British Journal of Educational Psychology*. 1974;44:37-46.
22. Dane S, Gumustekin K. Handedness in deaf and normal children. *International Journal of Neuroscience*. 2002;112:995-998.
23. Walls GL. A theory of ocular dominance. *Archives of Ophthalmology*. 1951;45:387-412.
24. Powell HWR, Parker GJM, Alexander DC, et al. Hemispheric asymmetries in language-related pathways: a combined functional MRI and tractography study. *Neuroimage*. 2006;32(1):388-399.
25. Hagmann P, Cammoun L, Martuzzi R, et al. Hand preference and sex shape the architecture of language networks. *Human Brain Mapping*. 2006;27(10):828-835.
26. Manning JT, Stewart A, Bundred PE, et al. Sex and ethnic differences in 2nd to 4th digit ratio of children. *Early Human Development*. 2004;80:161-168.
27. Robinson SJ, Manning JT. Ratio of 2nd to 4th digit length and male homosexuality. *Evolution and Human Behavior*. 2000;21(5):333-345.
28. Galis F, Ten Broek CMA, Van Dongen S, et al. *Sexual Dimorphism in the Prenatal Digit Ratio (2D:4D)*. *Archives of Sexual Behavior*. 2010;39(1):57-62.
29. Tan Ü, Akgün A, Telatar M. Relationships among nonverbal intelligence, hand speed, and serum testosterone level in left-handed male subjects. *International Journal of Neuroscience*. 1993b;71:21-28.
30. Hooen CK, Chabris CF, Ellison PT, et al. The relationship of male testosterone to components of mental rotation. *Neuropsychologia*. 2004;42(6):782-790.
31. Spritzer MD, Daviau ED, Coneeny MK, et al. Effects of testosterone on spatial learning and memory in adult male rats. *Hormone and Behavior*. 2011;59(4):484-496.