

ARAŞTIRMA / RESEARCH

Akıllı Telefon ve Tablet Kullanım Süresinin Kısa Süreli Hafıza Performansına Etkisi*The Effect of Smart Phone and Tablet Use on Short Term Memory Performance*Yeşim YENİ, Doktora Öğrencisi¹, Tuncer NACAR, Dr. Öğr. Üyesi²¹Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi, Moleküler Farmakoloji ve İlaç Araştırmaları Doktora Öğrencisi, Erzurum²Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı, Erzurum**Kabul tarihi/Accepted:** 28.09.2018**İletişim/Correspondence:**

Yeşim YENİ, Atatürk Üniversitesi, Temel Tıp Bilimleri Morfoloji Binası, Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı, A Blok Kat :2, ERZURUM

E-posta: yesimyeni.75@outlook.com.tr**Özet**

Amaç: Akıllı telefon ve tablet kullanımının kısa süreli hafızaya etkisini araştırmak. **Gereç ve Yöntem:** Çalışma İbrahim Hakkı Fen Lisesi öğrencileri arasında gönüllülük esasına göre seçilen ve onam formunu inceleyerek çalışmaya katılmayı kabul eden 200 öğrenciyi kapsamaktadır. Çalışma için öncelikle katılan öğrencilere uygun bir ortam sağlandıktan sonra kısa süreli hafıza testi uygulandı. Bu testin ardından çalışmaya katılan her öğrenciye günde kaç saat süre ile akıllı telefon-tablet kullandığı sorularak cevaplar standart bir forma işlendi. **Bulgular:** Çalışmada belirli saat aralıklarında akıllı telefon ve tablet kullanan ve akıllı telefon ve tablet kullanmayan öğrencilerin; yapılan kısa süreli hafıza testinde aldıkları puan değerleri karşılaştırıldığında, istatistiksel anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>.05$). **Sonuç:** Çalışmada akıllı telefon ve tablet kullanım süresinin kısa süreli hafıza performansını etkilemediği görülmüştür. Gruplar arasında anlamlı bir fark görülmemiştir.

Anahtar kelimeler: Kısa süreli hafıza, beyin, hipokampus, tablet ve telefon kullanımı, görsel kısa süreli hafıza.

Abstract

Objective: To investigate the effect of smart phone and tablet usage on short term memory performance. **Material and Method:** The study included 200 students who were selected on a voluntary basis among the İbrahim Hakkı Science High School students, who agreed to participate in the study by reviewing the consent form. After providing a suitable environment for the students participating in the study, short-term memory test was performed. Following this test, smart phone and tablet usage time was learned by asking how many hours a day they used smart phone or tablet to all students who participated in the study, and recorded in a standardized form. **Findings:** In the study, when short-term memory test scores of the students who were using smartphones and/or tablets in the specific time interval, and also the students who were not using any smart phone and/or tablet were compared, no statistically significant difference was found ($p>.05$). **Conclusion:** In the study, usage time of smart phone and/or tablet was found not to affect the short term memory performance. There were no significant differences between groups.

Keywords: Short-term memory, the brain, the hippocampus, tablet and smart phone usage, visual short-term memory.

Giriş

Öğrenme kişinin sahip olduğu zihinsel yapılar ve bilişsel süreçlerin sonunda gerçekleşmektedir. Bu yapılar duyuşal, kısa süreli ve uzun süreli hafızadır (Engin, Calapoğlu & Gürbüzöğlü, 2008). Birey, edindiği bilgilerin bazılarını kısa bir süre sonra unuturken bazılarını da yaşam boyu unutmaz. Bu da hafızanın kodlama, depolama ve geri çağırma aşamalarından oluşur (Woolfolk, 1993). Hafızayı izah etmeye yönelik tarihsel gelişmeler olmuştur.

Hafızayı gruplandırma başlangıcı ilk defa Descartes'la başlamış ve günümüze kadar süregelmiştir. Descartes anımsamak istediğimiz veriler gibi, anımsamak

istememediğimiz verilerin de şuurumuz da iz bırakacağını ve bu izlerin gereksinim duyulduğunda işleneceğini ifade etmektedir (Cangöz, 2005).

W. James 1890'da hafızayı birincil ve ikincil hafıza olarak gruplandırmıştır. Birincil hafıza, yakın anıları içerir ve anıların geri çağırılması için fazla zihinsel efor gerektirmeyen, ikincil hafıza ise uzak geçmişteki anıları içerir ve anıların geri çağırılması için daha fazla zihinsel efor gerektirmektedir. Bu durumda James'in birincil hafıza ve şuur arasında kurduğu bağlantı günümüzde hala geçerliliğini korumaktadır (James, 1890).

Miller'in kısa süreli hafızanın depolama limitini 7 ± 2 birim olarak ölçtüğü çalışmasıyla beraber, hafıza çalışmaları, bilişsel psikoloji başlığıyla yürütülmüştür. Bilişsel psikoloji, kompleks bir soyutlama olan hafızanın yapı ve fonksiyonlarının ampirik metotla araştırılması için ideal bir ortam olmuştur (Miller, 1956).

Kısa süreli bellek (KSB), birkaç saniye ya da dakika boyunca bir telefon numarasındaki 7-10 rakamı akılda tutmak gibi bireyin bu rakamları ya da olayları devamlı tekrarlayarak anımsayabilmesidir (Çelebi, Peker ve Algan, 2001). KSB'te saklanan verinin miktarı ve veriyi saklama müddeti yaşa göre değişmektedir. Çoğu birey bir seferde yedi şeyden fazlasını anımsayamamaktadır. KSB'e transfer edilen veri; birey ihtiyaç duymadığında, zaman içinde silinir veya veri kodlanarak, yinelenerek ya da uzun süreli hafızadaki verilerle anımsandırılarak saklanmaktadır (Baddeley, 2000).

Akıllı telefonlar ve tabletlerin kullanım kolaylığı bu cihazların her yaşta pek çok insan tarafından kullanılabilir olmasını sağlamaktadır. Bu cihazların "Graphical User Interface (GUI)" olarak adlandırılan bir kullanıcı arabirimleri vardır. Bu arabirim sayesinde kullanıcı cihazla etkileşimini sağlamaktadır. Cep telefon kullanımının günümüzde yaygınlaşması, kullanımının beyin bölgesine yakın olması nedeniyle, öncelikle merkezi sinir sistemi ve buna bağlı birçok sistem, organ, doku ve hücreleri olumsuz etkilediği, beyin fonksiyonlarını etkilediği, genetik zararlar oluşturabileceği, davranış, öğrenme ve hafıza üzerinde değişik etkilere yol açabilmektedir (Lin, 2000).

Amaç

Bugün hafıza ile ilgili erişebildiğimiz veri birikimi yukarıda bahsedilen bilim öncesi ve sonrası psikolojideki yaşantıların ve gelişmelerin bir neticesidir (Cangöz, 2005). Günlük yaşamımızın vazgeçilmezleri haline gelen akıllı telefon ve tablet kullanımıyla ilgili yapılan literatür çalışmaların neredeyse çoğu oluşturdukları elektromanyetik alanın patolojik ve fizyolojik etkileri hakkındadır (Mausset, vd., 2004; Paulraj & Behari, 2006; Lin, 2000; Delhez & Legros, 2004; Graham, 1999). Bu çalışma; literatürde eksikliği görülen bir konu olarak, kullanıcı arabirimi ile insan-teknoloji etkileşimini sağlayan bu cihazların kısa süreli hafıza üzerindeki muhtemel etkilerini araştırmak amacıyla belirlenmiştir.

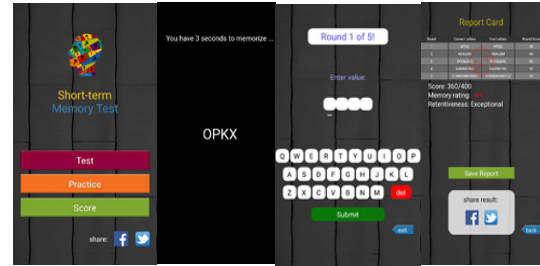
Gereç ve Yöntem

Çalışmamız öncesinde Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kuruluna başvuru yapılmıştır. Başvurumuz 4.4.2016 tarihi itibarı ile 3 no'lu toplantı, 18 no'lu karar sayılı olarak etik kurul tarafından kabul edilmiştir. Bu çalışmamız için herhangi bir kurumdan maddi destek talebimiz olmamış, tüm giderler araştırmacılar tarafından karşılanmıştır.

Bu çalışma Erzurum İbrahim Hakkı Fen Lisesinde gönüllülük esasına göre seçilmiş, onam formunu inceleyerek çalışmaya katılmayı kabul etmiş, 15-18 yaşları arasındaki 200 öğrenciyi kapsamaktadır. Çalışma için öncelikle katılan öğrencilere uygun bir ortam sağlandıktan sonra bir kısa süreli hafıza testi uygulanmıştır.

Kullandığımız kısa süreli hafıza testi, literatürdeki bu tür çalışmalar referans alınarak belirlenen, uygulanması kolay bir testtir (Wagner, Torgesen & Rabhotte, 1999). Bir tablet

ekranında 3 saniye süre ile beliren ve aralıklı olarak artan 4, 6, 8, 10 ve 12 haneli karışık bir harf dizisini tekrar hatırlama ve ekranda giriş yapması esasına dayanmıştır. 1 denegin bu testi tamamlaması yaklaşık 3 dakika kadar sürmüştür. Denek ekranda beliren harf dizisi kaybolduktan hemen sonra giriş yaptığı için test kısa sürede tamamlanmıştır. Deneğe hatasını düzeltme ya da hatırlamak için zaman tanıma gibi bir seçenek sunulmamıştır. Gönüllü deneklerden elde ettiğimiz ilk veri bu testlerin sonucunda hatırlama performansına bağlı olarak testin sonunda aldığı puan idi.



Şekil 1. Test için kullandığımız "Short Term Memory Test" Programının Örnek Ekran Görüntüleri *https://www.brainle.com/mind/test_letters.php

Bu testin ardından çalışmaya katılan öğrenciye günde kaç saat süre ile akıllı telefon-tablet kullandığı sorularak bir standart forma işlenmiştir. Standart formda 0 saat, 1-3 saat, 3-5 saat, 5-8 saat aralıklarını kullanan ve kısa süreli hafıza testinden alınan puanla bir çizelge oluşturulmuştur. Bu formu oluştururken mümkün olduğu kadar kolayca cevap verilebilecek, günlük kullanım süresini belirleyebilecek aralıklar kullanmaya çalışılmıştır.

Elde edilen hafıza puanı verileri her testin sonunda, günlük kullanım saati formuna işlenerek kayıt altına alınmıştır. Bu veriler Microsoft Office Excel 2013 programına girilmiştir.

Çalışmanın sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS 23 istatistik programı kullanılmıştır. Gruplar arası karşılaştırmada ise One-Way ANOVA testi uygulanmıştır. Sonuçlar ortalama \pm SS olarak verilmiştir.

Bulgular

Çalışmamıza 200 kişi alınmıştır. Bunların 20'si 0 saat, 88'i 1-3 saat, 62'si 3-5 saat ve 30'u ise 5-8 saat aralığındadır. Gruplar arasındaki kısa süreli hafıza testi performansı karşılaştırması yapmak için IBM SPSS v23 programı ve One-Way ANOVA testi kullanılmıştır. Bu test sonucunda yapılan gruplar arası karşılaştırmada kısa süreli hafıza performansı açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır.

Tablo 1. Kısa Süreli Hafıza Testine Katılan Öğrencilerin Akıllı Telefon ve Tablet Kullanım Sürelerine İlişkin Denek Sayıları ve Puan Değerlerinin Standart Sapmaları

Aralık (saat)	N	X \pm SS
0	20	279.75 \pm 38.678d
1-3	88	283.30 \pm 43.436c
3-5	62	285.24 \pm 44.972b
5-8	30	282.50 \pm 40.700a

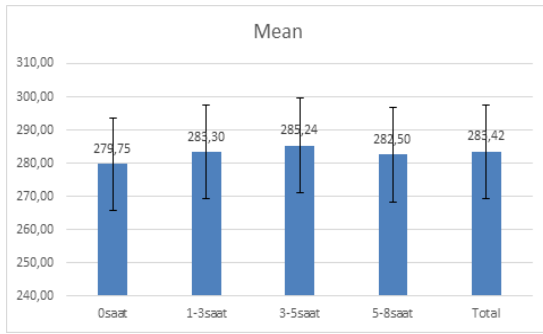
N: Öğrenci sayısı, x: ortalama puan, SS: Standart Sapma, Kısa süreli hafıza testine katılan öğrencilerin akıllı telefon ve tablet kullanım sürelerine ilişkin denek sayıları ve puan değerlerinin standart sapmalarının istatistiksel olarak incelenmesi ($p > .05$, Tablo 1).

Tablo 2. Kısa Süreli Hafıza Testine Katılan Gruplar Arasında İstatistiksel İnceleme

Varyasyon Kaynakları	SS	KO	F
Gruplar arasında	501.936	3	0.090
Gruplar içerisinde	363976.939	196	
Toplam	364478.875	199	

SS: Standart Sapma, KO: Kareler Ortalaması, F: Kareler Ortalaması Oranı, Kısa süreli hafıza testine katılan öğrencilerin akıllı telefon ve tablet kullanım sürelerine bağlı olarak gruplar arası karşılaştırmada kısa süreli hafıza performansında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık çıkmamıştır ($p > .05$, Tablo 2'de).

Çalışmamıza katılan öğrencilerin kısa süreli hafıza testinden aldıkları puanlar ile akıllı telefon ve tablet kullanım süreleri arasında anlamlı bir fark çıkmamıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Kısa Süreli Hafıza Testine Katılan Öğrencilerin Aldıkları Puanların Akıllı Telefon ve Tablet Kullanım Sürelerine Göre Dağılımı (İstatistiksel Farklılıklar Tablo 1'de)

Tartışma

Erzurum İbrahim Hakkı Fen Lisesi'nde 200 öğrencinin katılımıyla gerçekleştirdiğimiz anket çalışmasında akıllı tablet ve telefon kullanımının oldukça yaygın olduğunu gördük. Yine kullanım süreleri açısından da öğrencilerin %90'ının en az 1 saat olmak üzere akıllı telefon ya da tablet kullandığını gördük. Yaklaşık olarak %50'lik bir kesim ise günde en az 3 saat kullanım bildirdi. Ortaya çıkan değerler bu konu hakkında kapsamlı araştırmalar yapma gereğini ortaya koymuştur. Bizim çalışmamızda çıkan değerlere göre günlük akıllı telefon-tablet kullanımının kısa süreli hafıza performansında anlamlı bir değişiklik oluşturmadığı ortaya çıksa da farklı gruplarda yapılacak çalışmaların ne gibi sonuçlar ortaya çıkaracağı konusu da dikkate değerdir.

"Fizyoloji alanında planlanmış ve gerçekleştirilmiş bir çalışma olsa da konunun sosyal boyutlarını da ortaya koymaktadır."

Yapılan çalışmalarda kodlama aşamasında kullanılan dikkat stratejisi değişiklik algılama performansını güçlü bir şekilde etkilediğini göstermektedir (Linke, Grabovetsky-Vicente, Mitchell & Cusack, 2011). Bundesen ve ark. (2011) yaptığı çalışmada; görsel dikkat ve kısa süreli belleğin filtreleme ve seçicilik mekanizmaları sayesinde davranışsal olarak önemli olan nesnelere ve özelliklere seçilip görsel kısa süreli belleğe (GKSB) kodlanmış halde kaydedilebileceğini ortaya koymaktadır.

Cowan, Morey, AuBuchon, Zwilling ve Gilchrist (2009), KSB kapasitesinin çocukluk döneminde arttığı bulgusundan yararlanarak, çocuk (7-8 ve 12-13 yaş) ve yetişkinlerle ilgili

bir değişiklik algılama çalışması yapmış ve yedi yaşındaki çocukların dikkat verimliliği düşük set boyutları için büyük çocuklar ve yetişkinlere eş değer olduğunu göstermişlerdir. Ancak büyük çocuklar ve yetişkinler karşılaştırıldığında, dikkat verimliliği önemli ölçüde daha yüksek set boyutları için düşmüştür. Küçük çocukların set boyutunu dört öge aşmadığı sürece yetişkinler gibi alakasız bilgileri filtrelemek için benzer bir dikkat yeteneğini gösterdiği sonucuna varmışlardır.

Alvarez & Cavanagh (2004), görsel arama hızı ve bellek kapasitesinin tersi arasındaki doğrusal ilişki ile öge başına düşen bilginin daha küçük olduğunda kapasite artışlarının olabileceğini ve böylece, hem toplam bilgi yükü hem de nesnelere sayısının görsel kısa süreli hafızanın kapasite sınırlarını zorladığını gözlemişlerdir.

Riggs, McTaggart, Simpson ve Freeman (2006), kapasitenin, tüm yaş gruplarında sabit kaldığını ama küçük çocuklarda bu durumun 500 ms içinde VSTM'ye az öge kodlanması halinde mümkün olabileceğini göstermişlerdir. Vogel, Woodman & Luck (2001) yaptığı çalışmada ise yetişkinlerin 100ms içinde dört benzer ögeyi kodlayabileceğini bildirmişlerdir. Literatüre göre performansta görülen yaşa bağlı artış, VSTM için en uygun depolama kapasitesi büyüme ile açıklanmıştır (Riggs, Simpson & Potts, 2011).

Swanson ve Howell (2001), KSB ile okuduğunu anlama arasında anlamlı bir ilişki olmakla beraber, çalışma belleğinin, KSB'ye oranla okuduğunu anlama başarı performansını ile daha yüksek bir ilişki ortaya koyduğunu belirtmişlerdir. Wadsworth, DeFries, Fulker, Olson & Pennington (1995), okuma başarısındaki değişikliklerin KSB fonksiyonlarındaki başarıyı etkilerken, KSB'ye ilişkin değişikliklerin okuma başarısı üzerinde etkili olmadığını ifade etmektedir. Brown & Hulme (1992), yaptığı çalışmada okuma başarısı ile KSB kapasitesi arasındaki ilişkinin düşük olduğundan; yüksek korelasyonun daha kompleks bir yapı olan çalışma belleği kapasitesi ile elde edildiğinden bahsedilmektedir. Leather & Henry (1994), çoklu regresyon analiz sonuçlarına göre 7 yaşındaki çocuklarda okuma anlama becerisi farklılıklarının kısa süreli belleğin % 5'ini oluştururken, çalışma belleğinin ise % 33'ünü oluşturduğunu belirtmişlerdir.

"Doğal sosyal iletişimimizde hafıza önemli bir faktör iken, akıllı cihazlarla olan etkileşimimizde hafıza kullanımımız oldukça kısıtlı gibi görünmektedir."

Literatürdeki çalışmaların çoğu akıllı telefon ve tablet kullanımının oluşturdukları elektromanyetik alanın patolojik ve fizyolojik etkileri hakkında olup, bir kullanıcı arabirimi ile insan-teknoloji etkileşimi sağlayan bu cihazların kısa süreli hafıza üzerindeki etkisini sorgulayan çalışmalar sınırlıdır. Çalışmamızda bu cihazların KSB performansında etkili olmadığı bulunmuştur. Çalışmamızın bir diğer sınırlılıkları ise tek bir okul, 15-18 yaş grup öğrencilerin olması ve cinsiyet farkının gözlemlenmemesidir. Bu konuda çalışma sayısının yetersiz sayıda olması çalışmamızın önemini arttırmaktadır.

Sonuç

Aynı lisede ve farklı sınıflarda okuyan öğrenciler olmasından dolayı öğrencilerin zekâ düzeyi ve çalışma davranışı açısından farklı olduğunu varsaydık. Bu konuda değişkenlerin de değerlendirmeye katılacağı ileri

çalışmalar yapılabilir. Örneğin telefon ve tabletin günlük kullanım süresi kadar, ne kadar zamandır kullanıldığı da bir başka çalışma konusu olarak düşünülebilir. Yaşla beraber hafıza performansında değişiklikler olduğunu ortaya koyan literatür sonuçları dikkate alındığında, uzun ve kısa süreli kullanımın ortaya çıkaracağı bireyler arasındaki muhtemel farklılıklar veya benzerlikler değerlendirilebilir. Bununla beraber, günlük telefon-tablet kullanımında hangi programların yaygın kullanıldığı bir başka çalışma ile tespit edilip bu uygulamaların (oyun, sosyal medya vb.) hafıza performansına muhtemel etkileri bir başka çalışma konusu olabilir. Tüm bu çalışmalar açısından bizim çalışmamız bir ön çalışma olarak kabul edilebilir.

"Yapılan testte kullanıcı arabirimi ile insan-teknoloji etkileşimini sağlayan bu cihazların kısa süreli hafıza performansını etkilemediği görülmektedir."

Alana Katkı

Teknolojinin ortaya çıkardığı ve günlük yaşamımızın vazgeçilmezleri haline gelen bu cihazlar yapılabilecek pek çok çalışmaya konu olacaktır. Bu cihazların fizyolojik ve psikolojik etkileri ile ilgili olarak pek çok yeni ve ileri düzeyde çalışmaya ihtiyaç olduğu açıktır. Çalışmamız da bu konuda literatürde eksikliği görülen bir çalışma olarak küçük hacimli olmasına rağmen önemli bir adım olarak düşünülebilir.

Çıkar Çatışması

Bu makalede herhangi bir nakdi/ayni yardım alınmamıştır. Herhangi bir kişi ve/veya kurum ile ilgili çıkar çatışması yoktur.

Kaynaklar

- Alvarez, G.A., & Cavanagh, P. (2004). The capacity of visual short term memory is set both by visual information load and by number of objects. *Psychological Science*, 15, 106-111.
- Baddeley, A.D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Science*, 4, 417-423.
- Brown, G.D.A., & Hulme, C. (1992). Cognitive processing and second language processing: The role of short term memory. In R. J. Harris (Ed.), *Cognitive Processing in Bilinguals* (pp. 105-121). Amsterdam: Elsevier.
- Bundesden, C., Habekost, T., & Kyllingsbæk, S. A. (2011). Neural theory of visual attention and short-term memory (NTVA). *Neuropsychologia*, 49, 1446-1457.
- Cangöz, B. (2005). Geçmişten günümüze belleği açıklamaya yönelik yaklaşımlara kısa bir bakış. *Hacettepe Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Dergisi*, 22, 51-62.
- Cowan, N., Morey, C.C., AuBuchon, A.M., Zwillig, C.E., & Gilchrist, A.L. (2009). Seven-year-olds allocate attention like adults unless working memory is overloaded. *Developmental Science*, 13, 120-133.
- Çelebi, G., Peker, G.Ö., & Algan O. (2001). *Sinir Sistemi. İçinde: Tıbbi Fizyoloji, Çavuşoğlu, H., Yeğen, B.Ç., Aydın, Z., & Alican, İ., (Çeviri editörleri). Textbook of Medical Physiology, Guyton, A.C., Hall, J.E., 1. Baskı, İstanbul, Nobel Tıp Kitabevleri, 673-676.*
- Delhez, M., & Legros, J.J. (2004). No influence of 20 and 400 mT, 50 Hz magnetic field exposure on cognitive function in human. *Bioelectromagnetic*, 25, 592-598.
- Engin, A.O., Calapoğlu, M., & Gürbüzöğlü, S. (2008). Uzun süreli bellek ve öğrenme. *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2, 251-262.
- Graham, C., & Cook, M.R. (1999). Human exposure to 60 Hz magnetic field neurophysiologic effects. *International Journal of Psychophysiology*, 33, 169-175.
- James, W. (1890). *Principles of Psychology* (Vol.1). New York: Holt.

- Leather, C., & Henry, L.A. (1994). Working memory span and phonological awareness tasks as predictors of early reading ability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 58, 88-111.
- Lin, J.C. (2000). Effects of microwave and mobile-telephone exposure on memory processes. *Institute of Electrical and Electronics Engineers Antennas and Propagation Magazine*, 42, 3.
- Linke, A.C., Grabovetsky-Vicente, A., Mitchell, D.J., & Cusack, R. (2011). Encoding strategy accounts for individual differences in change detection measures of VSTM. *Neuropsychologia*, 49, 1476-1486.
- Mausset-Bonnefont, A.L., Hirbec, H., Bonnefont, X., Privat, A., Vignon, J., & Se'ze, R. (2004). Acute exposure to GSM 900-MHz electromagnetic fields induces glial reactivity and biochemical modifications in the rat brain. *Neurobiology of Disease*, 17, 445-454.
- Miller, G.A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review* 63, 81-97.
- Paulraj, R., & Behari, J. (2006). Single strand DNA breaks in rat brain cells exposed to microwave radiation. *Mutation Research*, 596, 76-80.
- Riggs, K.J., McTaggart, J., Simpson, A., & Freeman, R.P. (2006). Changes in the capacity of visual working memory in 5- to 10-year-olds. *Journal of Experimental Child Psychology*, 95, 18-26.
- Riggs, K.J., Simpson, A., & Potts, T. (2011). The development of visual short-term memory for multifeature items during middle childhood. *Journal of Experimental Child Psychology*, 108, 802-809.
- Swanson, H.L., & Howell, M. (2001). Working memory, short-term memory and speech rate as predictors of children's reading performance at different ages. *Journal of Educational Psychology*, 93, 720-734.
- Vogel, E.K., Woodman, G.F., & Luck, S.J. (2001). Storage of features, conjunctions and objects in visual working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27, 92-114.
- Wadsworth, S.J., DeFries, J.C., Fulker, D.W., Olson, R.K., & Pennington, B.F. (1995). Reading performance and verbal short-term memory: A twin study of reciprocal causation. *Intelligence*, 20, 145-167.
- Wagner, R.K., Torgesen, J.K. & Rabhotte, C.A. (1999). *Comprehensive test of phonological processing*. Austin, TX: Pro-Ed.
- Woolfolk, A. (1993). *Educational Psychology*. 5th Ed. Boston, MA: Allyn & Bacon.