E-Dil

(1) 2013

Okuma Becerileri

Özgün KOŞANER

Sinirbilim ve Okuma: Okuma Eğitimi Araştırmacıları İçin Bir İnceleme

- *Yazının bilimsel içeriğinden yazarı sorumludur.*
- *Bu çalışma referans gösterilmeden kullanılamaz. Referans için aşağıdaki adresi kullanabilirsiniz:*

Koşaner, Ö. (2013). Sinirbilim ve Okuma: Okuma Eğitimi Araştırmacıları İçin Bir İnceleme. *E-Dil Dergisi,* Sayı 1, 118-156.

* Hruby, G. G. ve Goswami, U. (2011). Neuroscience and Reading: A Review for Reading Education Researchers. *Reading Research Quarterly,* 46:2, s. 156 – 172.

** Yazarların ve *Reading Research Quarterly* dergisini basan *Wiley* yayınevinin izinleriyle çevrilmiştir.

www.e-dil.net

bilgi@e-dil.net

Sinirbilim ve Okuma: Okuma Eğitimi Araştırmacıları İçin Bir İnceleme

Neuroscience and Reading: A Review for Reading Education Researchers

George G. Hruby, Usha Goswami (Çev. Özgün Koşaner)

Özet

Bu incelemede, okuryazarlık eğitimi araştırmaları ile ilgili sinirbilim araştırmaları arasındaki disiplinler arası iletişimin zemininin hazırlanması amaçlanmaktadır. Çalışmada, metin çözümleme ve okuduğunu kavrama becerisindeki bilişsel alt süreçlerin bağıntılarına ilişkin en son sinirbilim araştırmaları incelenmekte ve sinirbilimle okuryazarlık eğitimi araştırmaları arasında ilişki kurabilmenin önündeki yöntemsel ve kavramsal güçlükler çözümlenmektedir. Öğretimde olumlu sonuçlar bekleyebilmek için normal gelişimini sürdüren çocuklarda kod çözme süreçlerine ilişkin daha fazla araştırma yapılması gerektiğine dikkati çekmek gerekmektedir. Ayrıca, metin kavrama süreçleri üzerinde yapılan araştırmalarda ortaya çıkan çok çeşitli sinirsel etkinliğin, dil ile anlam üretme sürecinde sözdizim, anlambilim ve söylemin rolü üzerineyapığımız geleneksel ayrımla çeliştiğini de göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Sinirbilim araştırmacıları arasında araştırma tasarımına ve istatistiksel çözümlemelere yönelik bazı tartışmalar olduğunu ve beyin ve davranışı anlamlandırmak için birbirine rakip iki kuramsal çerçevenin bulunduğu da söylenmelidir. Sonuç olarak, Sinirbilim alanından yapılan katkıların okuma eğitimi için faydalı olacak şekilde beyin ile toplumsal, bilişsel ve kültürel bakış açılarının disiplinler arası bütünleşmesini sağlayabilecek olanaklar sunduğu söylenebilir.

Anahtar Sözcükler: okuma, okuryazarlık, kod çözme, kavrama, sinirbilim, beyin görüntüleme

Abstract

In this review, we lay the groundwork for an interdisciplinary conversation between literacy education research and relevant neuroscience research. We review recent neuroscience research on correlates of proposed cognitive subprocesses in text decoding and reading comprehension and analyze some of the methodological and conceptual challenges of bridging neuroscience and literacy education research. We note that much more research on decoding processes in typically developing children is needed before profound implications for instruction can be expected. We also note that the diverse neural activity demonstrated in research on text comprehension contradicts our traditional categorical distinctions about the role of syntax, semantics and discourse in meaning-making with language. We observe some of the debated within the neuroscience community regarding research design and statistical analysis and note two of the possibly competing theoretical frames for making sense of the

brain and behavior. We conclude that contributions from neuroscience offer the possibility of interdisciplinary integration of brain, social, cognitive and cultural perspectives in ways beneficial for reading education.

Keywords: reading, literacy, decoding, comprehension, neuroscience, brain imaging

Geçtiğimiz 30 yıl boyunca beyin üzerine yapılan araştırmalar etkileyici bir gelişme kaydetti. Genel olarak sinirbilim olarak adlandırılabilecek alanlarda ortaya çıkan bu çalışmalar, davranış, biliş, dil, duygulanım, toplumsallaşma ve bunların gelişimini destekleyen sinir kimyasına ve fizyolojisine ilişkin bilgimizi büyük ölçüde genişletti. Bu çalışmalar ayrıca, genetik ve davranışsal düzeyler arasındaki bireysel farklılıkları ve ilişkilendirilebilir engellere ışık tutmuştur. Bu araştırma alanları genişledikçe, sinirbilim alanındaki öngörüleri eğitim alanıyla ilişkilendirme girişimler artmış, ancak bu girişimlerin niteliği birçoklarının (Bruer, 1997; Goswami, 2006; Hirsh-Pasek et al, 2007; Willis, 2007) da belirttiği gibi değişken ve çoğu zaman çok erken ve aceleci olmuştur. Yine de, yeni yeni ortaya çıkmaya başlayan eğitsel sinirbilim alanı tarafından ele alınan bütün bu alanlar arasından, karmaşıklık bakımından en etkileyici olanı, Varma, McCandliss ve Schwartz (2008)'in de belirttiği gibi, okuma süreçlerinin sinirbilimidir. Okuma üzerine sinirbilim alanyazınının ele alındığı bu incelemede, kabul edilmiş ve olası okuma süreçleri ve okuma gelişiminin sinirsel bağıntılarını araştıran bilim alanının güncel durumu betimlenmektedir. Özellikle, metin çözme ve dilsel kavrama süreçlerinin sinirsel bağıntıları gözden geçirilmiş ve bu türden bulgular mevcut okuma, okuma öğretimi ve okuma bozuklukları modelleriyle ilişkilendirilmiştir. Daha sonra, eğitim bilimleri alanındaki araştırmacılar ve uygulayıcılara anlamlı gelebilecek sinirbilim çalışmaları tartışılmıştır. Son olarak ise, sinirbilim alanının gelişimsel bilimler ve yaşam bilimlerinde birikimi olan okuma eğitimi uzmanlarına, diğer bir deyişle sinirbilim alanının öngörüleri konusunda okuma kuramı, politikaları ve araştırmaları alanlarını bilgilendirecek insanlara gereksinim olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Her ne kadar bu çalışmadaki ana temamız beyin araştırmalarıyla okuma eğitimi arasındaki ilişki olsa da, burada okuryazarlık araştırmacıları için belli konulara açıklık getirecek olanlar dışında sinirbilim alanındaki araştırma yöntemlerine yer verilmeyecektir. Bu teknik bilgiler kendi başına ilgi çekici olabilir; ancak, bu bilgiler zaten daha önce yayımlanmış inceleme ve tanıtma yazılarında yer almaktadır (örneğin, Gazzaniga, 2010; Hruby, 2009; Huettel, Song, & McCarthy, 2009; Luck, 2005; Mody, 2004; Willis, 2007). Bu tür ayrıntılı bilgilere yalnızca faydalı oldukları durumlarda başvurulacaktır. Bütün deneysel bilimlerde olduğu gibi, sinirbilimin bulguları ve kullandığı yenilikçi teknikler halen gelişmektedir ve bu incelemede de değinileceği gibi düzenli olarak gözden geçirilip, eleştirilmektedir.

Yine de, sinirbilim araştırmalarının bulgularını okuryazarlık alanındaki diğer araştırma yaklaşımlarıyla bütünleştirmek eğitim için heyecan verici fırsatlar sunmaktadır (Szücs & Goswami, 2007; Willingham & Lloyd, 2007). Her ne kadar sinirbilim araştırmalarının

okuryazarlık eğitim uygulamalarında, araştırmalarında ya da politikalarındaki değerine ilişkin büyük savlar ileri sürmek için henüz erken olsa da, umut verici gelişmelerin kaydedildiği de açıktır. Örnek vermek gerekirse; temel konuşma işlemlemenin işitsel sinirbilimi, seslemlerin ve konuşma ritminin sesbirimlere göre önemini ön plana çıkartarak, konuşma sinyallerinin sinirsel olarak nasıl kodlandığına ilişkin anlayışımızı dönüştürmektedir (bkz. Goswami & Szücs, basımda). Bu tür temel araştırmaların, ses okuma bilgisi öğretimi konusundaki eğitsel tartışmalara ve sözlü dil eğitimi, çocuk şarkıları ve şiirlerin okuma edinimindeki eğitsel değerine ilişkin sonuçları vardır. Başka bir örnek olarak, çok yakın bir zamanda metrik şiiri öğrenmenin konuşma işlemleme sırasında etkin olan sinirsel yapılar üzerindeki etkilerini araştırmanın olanaklı hale gelecek olması verilebilir (bkz. Goswami & Szücs, basımda). Dolayısıyla,sinirbilimdeki temel araştırmalar, erken okuryazarlık programlarındaki sözlü dil etkinliklerini ön plana çıkarmaya yönelik toplumsal ve kültürel yaklaşımlara bütünleyici bir kanıt desteği geliştirilmesini sağlayabilir.

Okumanın Sinirsel Bağıntıları: Genel Görünüş

Okuma sırasındaki sinirsel etkinleşmeye ilişkin çalışmalar, okuma süreçlerinin beyinde nerede ve ne zaman gerçekleştiğini gösterebilir. Beyin görüntüleme teknikleri, doğuştan itibaren okuma süreçlerine ayrılmış beyin bölgeleri olduğunu belirtmemektedir; bunun yerine, çoğu beyin görüntüleme çalışması başarılı eğitsel deneyimlere tepki olarak gerçekleşen anatomik gelişme sonuçlarına dikkati çekmektedir. Dolayısıyla, okuma güçlüğü olan okuyucularla herhangi bir şey okumayan katılımcıların beyin görüntüleri, yetkin okuyucuların beyin görüntülerinden farklı sinirsel etkinlik örüntüleri gösterdiğinde, yalnızca bu veriden yola çıkarak aradaki farkın sinirsel/genetik ya da çevresel/eğitsel olduğunu söyleyemeyiz. Kendisini olağan okuma gelişiminden alıkoyan, genetik etmenlere bağlı, sinirsel bir bozukluğu olan bir okuyucu, nitelikli bir okuma eğitimi almamış bir okuyucu ya da nitelikli eğitim alsa da gelişimsel olarak buna hazır olmayan bir okuyucuyla aynı atipik etkinleşmeyi gösterebilir. Dolayısıyla, bir beyin haritası içsel yetmezlik için aksi kanıtlanmadıkça doğru sayılan bir kanıt değildir.

Okumayla ilişkilendirilebilecek en öne çıkan beyin araştırmaları alanları işlevsel beyin etkinliğinin anatomik olarak yerelleştiren bağıntısal görüntüleme çalışmaları ve aynı beyin etkinliğini bir okuma olayının zaman çizgisinde yerelleştiren bağıntısal sinirsel etkinlik çalışmalarıdır. Bu çalışmaları yürütmek üzere birçok araştırma teknolojisi geliştirilmiştir ve işi kolaylaştırıcı teknolojilerin gittikçe karmaşıklaşması nedeniyle araştırma tasarımları geliştirme süreci zorlu bir iş olmaya devam etmektedir. Elde edilen sonuçlar da çoğu zaman

büyük ölçüde değişken ve çelişkili olmaktadır (Ross, 2010) ve okuryazarlık eğiticileri, ilgili işlevin beyinde kesin bölgelerle ilişkilendirildiği çalışmalardaki yeni kafatasçı ya da "beyin merkezci" düşüncelere çok da kapılmamalıdır.

Beyin görüntüleme araştırmaları, sinirbilim araştırmalarında ortaya konan ve farklı okuma modellerinde kullanılan okuma alt süreçleri ulamları arasındaki eşitsizlikler konusunda bizi uyarmaya yardımcı olabilir (örnekler için bkz. Ruddell & Unrau, 2004). Örnek vermek gerekirse; yaygın olarak kullanılan "metni sesli okumak" öbeği beynin tek bir bölgesinde yerelleşmiş tekil bir metinden-sese çözme mekanizması sezdirebilir. Ancak, beyin görüntüleme çalışmaları, sesli okuma sırasında etkinleşen çok sayıda farklı ve ayrı beyin bölgelerini ortaya koymuştur (örneğin, harflerin ve görsel sözcük biçimlerinin duyusal-görsel olarak işlenmesi, konuşma seslerinin algısal olarak işlenmesi, konuşmanın motor olarak işlenmesi, uzamsal yönlendirme). Bunu göz önünde bulundurduğumuzda, güçlük çeken bir okuyucuda hasar görmüş olabilecek işlev ulamlarıyla (örneğin, harflerin görsel çapraşıklığı) belli beyin bölgelerini henüz güvenilir biçimde ilişkilendiremeyiz. Benzer biçimde, sözcük anlamının, sözdizimin ve tümce-düzeyi anlambilimin işlenmesinde birçok beyin bölgesi işin içindedir. Halihazırda, görüntüleme teknikleri güçlük çeken bir "anlayıcı" için belli bir beyin bölgesini olası bozukluk konumu olarak belirleyebilecek noktada değildir.

İlk olarak, birinin neden böyle bir şey isteyeceği açık değildir. Pratik anlamda, bağdaşık bir biçimde oluşturulmuş, güvenilirlik ve geçerlilik testleri yapılmış daha basit ve ucuz davranışsal değerlendirme varken, milyon dolarlık beyin görüntüleme tekniklerini kullanmak için hiçbir neden yoktur. Pedagojik açıdan, okuma öğretiminin temel hedefi beyin etkinliğini ya da anatomisini dolaylamak değil, işlevsel ve değerlendirilebilir okuma davranışlarının gelişimini kolaylaştırmak ve ciddi işlev bozukluklarını iyileştirmektir. Diğer bir amaç ise, öğrencilerin ileriye yönelik okuma deneyimlerinin değerini takdir etmelerini sağlamaktır.

Buna karşılık, okuma ve dil süreçleri üzerine yapılan sinirbilim araştırmaları, genel olarak, belli işlev ulamlarının değişiklik gösterse bile insan beyninin benzersiz etkinleşmeleriyle ilişkili olduğunu ileri sürmektedir. Bu alt süreçlerden herhangi birini görmezden gelen ya da diğerleri pahasına bir alt-işlevi vurgulayan kod çözme, kavrama ya da okuma modelleri gelişmekte olan ya da güçlük çeken okuyucuların kişisel gereksinimlerini belirlemede başarısız olma riskiyle karşı karşıya olabilir. Sinirbiliminin, okuma öğreniminin ve gelişiminin aşırılık ve değişkenliğini anlamaya yönelik daha geniş kuramsal sonuçlarının

okuma eğitimi araştırmacıları için, hala belirsizliğini koruyan beynin anatomik konumları ve biyokimyası araştırmalarından daha değerli olabilir.

Buna ek olarak, eğitsel sinirbilimde gelecekte yapılacak olan çalışmalar bizi, belli çocuklarda gelecekte belirlenebilecek gelişimsel ve eğitsel güçlükleri işaretlemek için biyo-işaretlere götürebilir ve bu biyo-işaretler o çocuklara daha kapsamlı davranışsal değerlendirmeler sağlanmasında ve erken müdahalelerde yardımcı olabilir (Beddington et al, 2008; Goswami, 2009). Ancak, herhangi bir klinik değerlendirmede olduğu gibi, yanlış pozitiflere karşı koruma ve prematüre izleme güvenilirlik için kaçınılmazdır. Erken çocukluk, bilindiği gibi, davranışsal olduğu kadar sinirsel olarak da esnek bir zamandır. Her ne kadar biyo-işaretler, bilişsel ve gelişimsel güçlükler için daha az kesin olan davranışsal değerlendirmeleri onaylama yolunda umut verici olsa da, sinirbilim, henüz, eğitimcilerin güçlük çeken bir çocuğu iyileştirmek için belli alt-süreçleri seçmelerine yardımcı olmaktan uzaktır. İnsanın ve insan beyninin sınırsız işlevsel değişkenliği göz önünde bulundurulduğunda, sinirbilimlerin yardımcı olmanın ötesine geçip geçemeyeceği belli değildir.

Bu incelemede özetlenen okuma süreçlerinin anatomik yerelleşmesi büyük ölçüde sinirsel etkinleşmenin biyokimyasal karşılığı olan hemodinamik bağıntı çalışmalarına (örneğin, beyindeki kan akışı, glikoz ya da oksijen alımı çalışmaları) dayanmaktadır ve işlevsel manyetik rezonans görüntüleme [fMRI] ya da pozitron salınım tomografisi [PET] gibi yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmalar, çoğu zaman yanlış anlaşıldığı gibi, tekil bir beynin işlerkenki resmini sunmamaktadır. Renkli imgeler aslında bir grup katılımcı üzerinden ortalaması alınan deney grubu ve kontrol grubu arasındaki farkları gösteren istatistiksel şemalardır. Etkin koşullar arasında çıkarmalı yöntemlerin, zorunlu olarak, kullanılması nedeniyle şemalarda gösterilen sinirsel yerelleşme inceleme nesnesi olarak belirlenen hedef koşula ait bir karşılaştırma sonucudur (Caplan, 2004). Diğer bir deyişle, gösterilen sonuçlar hedeflenen koşuldaki etkinleşmeyle, karşılaştırma koşulundaki etkinleşme arasındaki farkın ortalamasıdır. Karşılaştırma koşulu değiştiğinde, hedeflenen koşulun etkinleşme bölgesi de değişebilmektedir (örneğin, Price ve Mechelli, 2005).

Her ne kadar sonuçlar belli bir sinyal eşiğini geçen sinirsel etkinleşme bölgelerini gösterebilse de, beyin görüntüleri bilişsel ya da davranışsal bir işlev için tam anlamıyla nelerin yeterli olabileceğine ilişkin kılavuz olmaktan uzaktır. Yerelleşmiş etkinleşme göstergeleri, katılımcılar ve deneyler arasında değişkenlik gösteren, bir görevin zorluk derecesine ya da o göreve aşinalığa da işaret edebilir ve yanlış pozitif olasılığı uzman

olmayan kişilerin tahmin ettiğinden daha yüksektir (Bennett, Wolfordve Miller, 2009; Brown, 2007; Oakes et al, 2007). Son olarak, sinirsel etkinliğin yerelleşmiş bağıntıları, beynin tamamına uzanabilen etkinleşme ağları bir örtüşme alanlarını gösteriyor olabilir (Patterson, Nestorve Rogers, 2007) ki bu durum karmaşık ya da üst düzey görevler için kısmen doğrudur (Bennett ve Miller, 2010). Örneğin, kod çözmede yer alan daha basit altsüreçlerin belli konumlarda haritalanması (örneğin, görsel işlemlemenin arka lobda yer alması) göreceli olarak kolaydır ve bazı araştırmacılarca öne sürülen sözcük sesletimi için dorsal yolun, sözcük biçimi içinse ventral yolun kullanılması gibi tipik işlem yolları olarak haritalanmaları mümkündür (Dehaene, 2009). Buna karşın, okuyucunun anlam oluşturmasındaki daha karmaşık altsüreçlerin sözcük anlamını, sözdizimi, anlambilimi, metin ve anlatı yapısını, tonlamayı, önceki bilgileri, duyguları ve çok daha fazlasını işleyen alanları çokyönlü olarak tetiklediği görülmektedir ve bu etkinleşme katılımcılar ve okuma görevleri arasında oldukça büyük bir farklılık göstermektedir (Boulenger, Hauk ve Pulvermüller, 2009; Hagoort, Hald, Bastiaansen ve Petersson, 2004; Patterson etal, 2007).

İnme ve kaza kurbanlarında meydana gelen lezyonlar üzerindeki çalışmalar, beyin uyarım çalışmaları (örneğin, transkranial manyetik uyarım), doğrudan elektrot deneme çalışmaları ve işlevsel olarak belirlenmiş sinirsel yolların görüntülenmesi çalışmaları (örneğin, bilgisayarlı tekil foton salınım tomografisi, [SPECT]) eldeki anatomik verileri daha da ayrıntılandırmış ve karmaşıklaştırmıştır. Ancak, hemodinamik çalışmalar genellikle, sinirsel etkinlik için oldukça uzun bir süre olan, 2-3 saniyelik sinirsel etkinlikleri ölçmektedir. Bu nedenle, olaya ilişkin potansiyeller [ERP] olarak da bilinen doğrudan elektriksel etkinlik çalışmaları okuma kuramcılarının daha fazla ilgisini çekebilir; çünkü bu çalışmalar okumanın hangi anında belli okuma altsüreçlerinin gerçekleştiğine ilişkin daha kesin izleme olanağı sunmaktadır. Gerek, sinirsel aksiyon potansiyellerini (bir seferde binlerce nöron boyunca ilerleyen membran depolarizasyonu dizileri, örneğin elektroensefalografi, [EEG]; doğrudan elektrot denemeleri) izleyen çalışmalar, gerekse kafatasının farklı bölgelerindeki elektromanyetik radyasyondaki dalgalanma (örneğin, magnetoensefalografi, MEG) çalışmaları olayların zamanlamasını milisaniye hassaslığında ayırt edebilmektedir. Ayrıca, yeni MEG teknikleri, her ne kadar tekniğe ve yoruma ilişkin zorluklar devam etse de, anatomik yerelleşme bakımından çok daha kesindir. Anatomik verilerde olduğu gibi, bu zaman-akışı verisinin okumadaki farklı altsüreçlerin tanımlanmasını ve yerelleşme alanlarının belirlenmesini sağlayacağına dair umut vardır. Okumanın sinirsel bağıntılarına ilişkin önümüzdeki bölümde sunulacak olan inceleme oldukça yoğundur. Bu alandaki araştırma

tabanı sadece büyük değil, aynı zamanda da göreceli olarak yenidir, çok değişkendir ve üssel olarak büyümektedir (Cabeza ve Nyberg, 2000). Çalışmaların yinelenmesi ve meta-analizler çok kısıtlıdır. Dolayısıyla, inceleme daha az tartışmalı savları gösteren çalışma ve bulgularla sınırlandırılmış, heyecan verici ama kesin olmayan kanıtlara yer yer değinilmiştir.

Beyindeki Kod Çözme Süreçleri

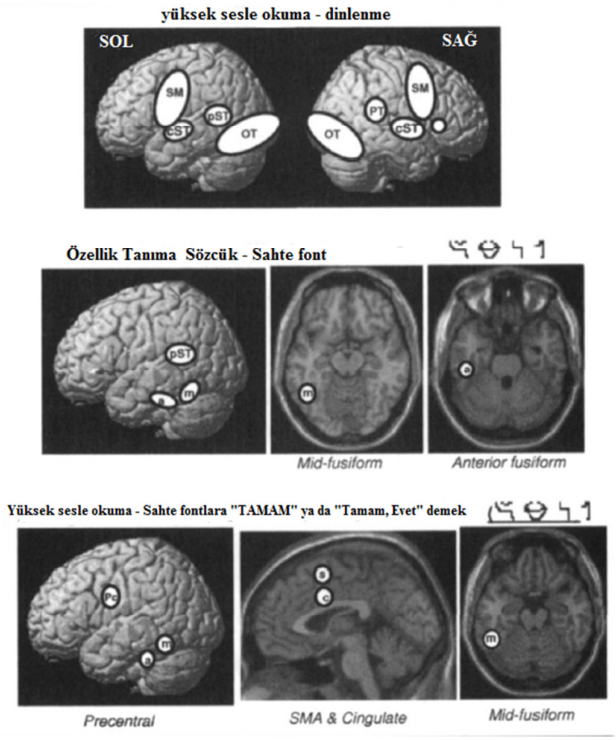
Beyin kod çözmeyle ya da kod çözmeyle ilgili süreçlerle uğraşırken neler yapmaktadır? Bu soruya en basit yaklaşım katılımcılara gerçek ya da anlamsız sözcüklerin (yani, çözülebilen alışılmadık harf dizileri; örneğin, tegwop) verildiği ve katılımcıların bunları okumaları istendiği görüntüleme çalışmalarını gözden geçirmek olacaktır. İlk çalışmalar, fMRI ya da PET kullanarak tek sözcük okuma sırasındaki beyin etkinliğini, gözler kapalı dinlenme konumundaki beyin etkinliğiyle karşılaştırmışlardır. Örneğin, Rumsey et al. (1997) bu deney tasarımını yetkin yetişkin okuyucularla PET kullanarak yürütürken, Brunswick, McCrory, Price, Frith ve Frith (1999) aynı deney tasarımını yetkin yetişkin okuyucular ve fMRI kullanarak yürütmüştür. Bekleneceği gibi, bu tür deney tasarımlarında beynin birçok bölümü etkinleşmiştir. Beyinde, işitsel, görsel, uzamsal ve kipler-arası işlemlemeyle ilgili alanlarda ve sözlü dil alanlarında (yani, posterior superior temporal korteks, oksipitotemporal kortek, temporal ve parietal alanlar ve frontal korteks) iki taraflı olarak (yani, her iki yarıkürede) kapsamlı bir etkinleşme görülmektedir. EEG kullanan ve gerçek sözcüklerle anlamsız sözcükleri karşılaştıran ve böylece metin işlemlemeyle bağıntılı görsel-uzamsal talepleri sabit tutarken yalnızca kod çözme hedefinin gerçek sözcük olup olmamasını değiştren deneyler, beynin gerçek ve anlamsız sözcüklere saniyenin beşte biri kadar kısa bir sürede farklı tepkiler verdiğini ortaya koymuştur. Bu bulgu, sözlüksel erişimin (yani, görsel sözcük biçimiyle anlamı arasındaki bağıntının) okuma sırasında çok hızlı gerçekleştiğine işaret etmektedir. Bu farklılaştırmanın hızının farklı dillerde hem çocuklarda hem de yetişkinlerde benzer olduğu gösterilmiştir ve bu bulgu da görsel sözcük tanımanın zaman akışının çok hızlı olduğunu göstermektedir. (160-180 ms; bkz. Csepe, Szücsve Honbolygo, 2003; Sauseng, Bergmann ve Wimmer, 2004).

Örtük Okuma Görevleri

Sözcüklerin görsel olarak belirlenmesi sırasındaki beyin etkinliğini, katılımcının gözleri kapalı olduğu bir durumla karşılaştırılması okuma ya da okuma gelişimine ilişkin hiçbir şeyi açıklamaz; bu durum örtük okuma görevinin geliştirilmesine yol açmıştır. Örtük okuma görevleri, basılı simge dizilerinden anlam oluşturma olarak tanımlanabilecek okumayı,

bu tür simge dizilerinin görsel olarak işlenmesiyle ilişkili gerekliliklerden ayrıştırmaya çalışmaktadır. Örtük okuma görevi sahte fontlar (yani, *b, d, k* harflerinin üst çıkıntısı gibi görsel özelliklerle eşlenen anlamsız hiyeroglif-türü semboller) kullanır ve katılımcılardan hedeflenen görsel özellikleri belirlemelerini ister. Bu görsel arama görevindeki beyin etkinliği gerçek sözcüklerle tasarlanmış bir görevdeki (yani, *bubble* gibi bir sözcükteki üst çıkıntıların sayısını belirleme) beyin etkinliğiyle karşılaştırılır. Yetişkinlerde bu tür fMRI ve PET çalışmaları (örneğin, Price et al, 2003) etkinleşmenin genellikle sol-yanallaşmış olduğunu ve oksipitotemporal ve posterior superior temporal kortekslerde yoğunlaştığını göstermiştir (bkz. Şekil 1; Price ve McCrory, 2005). Dolayısıyla, sol yarıküre alanları sözcük okumada harf tanıma için temel alanlar olarak betimlenmiştir. Bu alanlar sözlü dil görevlerinde (sol superior temporal korteks içinde) ve resim adlandırma gibi sözlü dil içeren görsel görevlerde (sol oksipitotemporal korteks içinde) de etkindir.

Şekil 1. *Tek sözcüklerin okunması sırasında etkinleşen kortikal alanlar*



Not. cST = santral superior temporal korteks. OT = oksipitotemporal korteks. pST = posterior superior temporal korteks. PT = posterior temporal korteks. SM = sensorimotor korteks. C.J. Price, E. ve McCrory, E. (2005) "Functional Brain Imaging Studies of Skilled Reading and Developmental Dyslexia," M.J. Snowling ve C. Hulme (haz.), *The Science of Reading: A Handbook*, Maiden, MA: Blackwell içinde, s. 483.

Çocuklarla yapılan çalışmalar, genellikle sol-yanallaşmış oksipital ve temporal alanların sözcük okuma ağı için temel alanlar olduğu savını desteklemektedir. Örneğin, Eden ve arkadaşları 7-22 yaş arasındaki çocuklarda ve üniversite öğrencilerinde örtük okumadaki beyin etkinliğini karşılaştırmak için fMRI ve sahte font görevini kullanmıştır (Turkeltaub, Gareau, Flowers, Zeffiro ve Eden, 2003). İlk olarak, deneyi yapanlar 7 yaşındaki çocukların sahte font görevini en az üniversite öğrencileri kadar başarılı gerçekleştirdiğinden emin olmuşlardır. Bu bulgu önemlidir, çünkü araştırmacılar okumayla-ilişkili sinirsel etkinleşmedeki herhangi bir değişikliği uzmanlık farkına değil, gelişimsel farklara atfetmeyi ummaktaydılar. Çocuklarla yetişkinlerin sözcük okuma açısından karşılaştırılmaları her zaman yetişkinlerin kaçınılmaz olarak yazılı sözcüklere daha fazla aşina olmaları nedeniyle sapmaktadır. Yetişkinler çocuklardan çok daha fazla sözcük okumuşlardır ve bu deneysel etmen beyin etkinleşmesine de yansıyacaktır; sözcük okuma deneyimindeki farklılık, disleksili ve disleksili olmayan çocuklar arasındaki karşılaştırmaları da etkilemektedir. Turkeltaub et al. (2003) örtük okuma testini gerçekleştiren yetişkinlerin sol psoterior ve sol inferior frontal korteksleri içeren olağan sol-yanallaşmış bölgeleri etkinleştirdiğini ortaya koymuştur.

Ancak, araştırmacılar çözümlemelerini 9 yaşından küçük çocuklarla sınırlandırdıklarında, etkinleşen temel alan sol posterior temporal korteks olmuştur. Bu sinirsel alan, katılımcıların taraycının içindeyken gerçekleştirdikleri uyak yargısı gibi sesbilimsel görevlerde de etkinleşmektedir. Böylece, Turkeltaub et al. (2003) bu alandaki etkinliğin yazıbirim-sesbirim dönüştürmenin sinirsel karşılığı olabileceğini ileri sürmüştür. Yaşa göre etkinleşmedeki değişiklikleri incelediklerinde, sol temporal ve frontal alanlardaki etkinliğin arttığını ama daha önce sağ posterior alanlardaki etkinliğin azaldığını gözlemişlerdir. Bu örüntü, okumayla-ilişkili etkinliklerin gelişimle birlikte daha fazla sol-yanallaşma göstermesi olarak yorumlanmaktadır.

Görsel Sözcük Biçimi Alanı

Nesne tanımada sol oksipitotemporal korteks etkinleşmektedir ve bu alan kod çözme araştırmalarında ilgi alanı haline gelmişir; çünkü, bu alanın sözcük biçimi alanına evsahipliği yaptığı düşünülmektedir. Aslında bu alan, her ne kadar tartışmalı olsa da, yazı tanıma için özelleşmiş görsel korteksin bir parçasıdır (bkz. Demonet, Thierry, & Cardebat, 2005; Price & Devlin, 2003; Price & Mechelli, 2005). Görsel sözcük biçimi alanı [VWFA] olarak etiketlenen bu alan, yetişkin beyinlerine basılı sözcükler gösterildiği her durumda, hatta basılı sözcüklerin yalnızca sol görsel alana gösterildiği durumlarda etkinleşmektedir; bu da bu

sözcüklerin ilk olarak sağ hemisferdeki görsel alanları etkinleştirdiği anlamına gelmektedir (bkz. Cohen ve Dehaene, 2004). VWFA, çocuklara basılı sözcükler gösterildiğinde de etkinleşmektedir.

Ancak, uzamnlığın beyin etkinliğinde bir rol oynadığı açıktır; çünkü, çocuklar büyüdükçe ve daha iyi okuyucular oldukça VWFA daha fazla etkin hale gelmektedir (Pugh, 2006). Pugh ve diğerleri, VWFA'daki etkinlik miktarının, okuma uzmanlığına ilişkin şu andaki en iyi bağıntı olduğunu ileri sürmektedir. Ancak, VWFA anlamsız sözcükler gösterildiğinde de etkindir; bu durum bu alanın yalnızca sözcük biçimlerine tepki veren bir alan olmadığını düşündürmektedir. Daha doğrusu, bu alan bütün basılı sözcük dizilerine tepki veriyor görünmektedir. Yine de, VWFA'daki etkinlik ortografik diziler daha bilindik olduğunda artmaktadır; örneğin, gerçek sözcüklere ait parçalar içeren anlamsız sözcük dizileri daha fazla beyin etkinliği ortaya çıkarmaktadır. Bu durum da, basım-ses ilişkilerindeki uzmanlığın söz konusu beyin etkinliğini ayarlamada rol oynadığı görüşünü desteklemektedir; beklendiği gibi, VFWA gelişimsel dislekside azalmış bir etkinlik göstermektedir (örneğin, B. Shaywitz et al, 2002).

Son yıllarda, bir dizi gelişimsel çalışma VWFA'daki sinirsel etkinliğin kendisini basılı sözcüklere nasıl uyarladığını ve gerçek sözcükler olan harf dizileri için nasıl özelleştiğini incelemiştir. İsviçre'de yapılan bir çalışmada Maurer, Brandeis ve arkadaşları (örneğin, Maurer, Brem, Bucher, & Brandeis, 2005; Maurer et al., 2007) Almanca okuma öğreniminin en başından başlayarak, gelişimsel disleksi riski taşıyan ya da ailesinde böyle bir risk olmayan çocuklardan oluşan bir örneklemi boylamasına izlemişlerdir. Araştırmacılar, sözcük biçimlerinin tanınmasıyla ilişkilendirilen elektriksel etkinlikteki milisaniye düzeyindeki değişiklikleri ölçmek için EEG kullanmışlardır. Çalışmadaki görev gerçek sözcüklerin ya da anlamsız simge dizilerinin tekrarlarını saptamaktır. Daha önce de belirtildiği gibi, beyin gerçek sözcüklerdeki ve anlamsız sözcüklerdeki etkinliği açısından, harf dizisi sunulduktan 160-180 milisaniye sonra bir fark ortaya koymaktadır; dolayısıyla N170 (yani, uyaran başlangıcından yaklaşık olarak 170 milisaniye sonra beynin elektriksel etkinliğindeki negatif sapma) sözcük-özgül sinirsel işlemlemenin temel ölçütüdür. Beyin etkinliği anaokulunda, çocuklar herhangi bir okuma eğitimi almadan ve daha sonra 2. sınıftayken kaydedilmiştir. Okuma eğitimi başlamadan önce, çocuklar, tek tek harflere ilişkin kayda değer bilgiye sahip olsalar da, basılı sözcüklere N170 tepkisi vermemişlerdir. Yaklaşık 1.5 yıllık okuma eğitiminden sonra normal gelişen çocuklar sözcüklere sağlıklı N170 tepkileri göstermiştir; bu durum araştırmacılar tarafından basılı sözcüklere kaba bir ayarlamaya kanıt olarak

betimlenmiştir. Disleksi riski taşıyan çocuklar, anaokulundayken, beyin etkinliği bakımından kontrol grubundaki çocuklardan herhangi bir farklılık göstermemişler ama ikinci sınıfta basılı sözcüklere oldukça düşük N170 tepkisi vermişlerdir. Bu tepki tamamen yok olmamış, sadece azalmıştır. Maurer et al. (2007), azalmış N170 tepkisinin açık bir biçimde görsel sözcük işlemleme kusurunun sinirsel bağıntısı olduğunu ileri sürmektedir.

Harfleri Seslerle Birleştirmek

Sözcük tanımanın yalnızca görsel bir görev olmadığı davranışsal çalışmalardan bilindiğinden, sözcük-sembol dizisi farkını yorumlamak için harfler konuşma sesleriyle ilişkilendirildiğinde ortaya çıkan sinirsel etkinliği gösteren görüntüleme çalışmaları da gereklidir. Blomert, Blau ve arkadaşları Flemenkçe okuyan yetişkinlerle fMRI kullanarak bir dizi çalışma yürütmektedirler. Örneğin, Blau, Van Atteveldt, Formisano, Goebel ve Blomert (2008) katılımcılardan, tavan etkisinden kaçınmak için düşürülmüş uyaran kullandıkları zorunlu-seçim bir işitsel görevde /a/ ünlüsünü mü yoksa /e/ ünlüsünü mü duyduklarına karar vermelerini istemiştir. Katılımcılar ya sadece konuşma seslerini duymuşlar ya da konuşma seslerini, görsel olarak sunulan basılı harfler eşliğinde duymuşlardır. Harfler ya uyuşan (örneğin, /a/ sesi için <a> harfi) ya da uyuşmaz (örneğin, /e/ sesi için <a> harfi) biçimde sunulmuştur.

Katılımcılar, hedef konuşma sesini tanımada uyuşan harflerde işitsel-görsel koşulda, yalnızca işitsel koşulda olduğundan daha başarılıdır; uyuşmaz harflerde ise, daha başarısızdır. fMRI verileri, konuşma tanımadaki işitsel-görsel koşuldaki beyin etkinliğinin VWFA gibi oksipital alanlarda değil de konuşma tanıma alanlarında farklılaştığını göstermiştir. Harfler konuşma sesleriyle uyumlu olduğunda etkinlik artmakta, harfler konuşma sesleriyle uyumlu olmadığında etkinlik azalmaktadır. Ancak, görsel-işitsel uyuşma olduğunda VWFA'ya çok yakın bir alanın da etkinliği değişmektedir. Dolayısıyla, bu çalışma görsel harflerin klasik olarak konuşma işlemleme sırasında etkinleşen alanlardaki sinirsel etkinlik üzerinde açık bir etkisini gösterse de, klasik olarak sözcük çözme sırasında etkinleşen alanlardaki etkinlikte bir fark göstermemiş, bunun yerine bu bölgeyle yakından ilişkili alanlardaki etkinlikte bir değişiklik ortaya koymuştur.

Çocuklarla yapılan benzer çalışmalar, harf-ses birleşiminin nerede ve belki de ne zaman ve nerede konumlandığını saptamaya yardımcı olması bakımından ilgi çekici olabilir. Aynı dönemde, Blau ve arkadaşları aynı görevi disleksik yetişkinlerle gerçekleştirmişler ve uyuşmaz harf-ses çiftlerinin (örneğin, <a> ve /e/), yalnızca işitsel koşulla karşılaştırıldığında,

ilgili konuşma işlemleme alanlarındaki sinirsel etkinliği baskılamadığını göstermişlerdir. Disleksik bireyler, uyuşan koşulu (yani <a> ve /a/) işlemlemede gelişme göstermişler; ancak, bu gelişme kontrol grubundan daha zayıf olmuştur. Dolayısıyla, görüntüleme verileri bu görev için normal okuyan yetişkinlerde ve disleksik yetişkinlerde harf ve sesler uyumlu olduğunda benzer sinirsel işlemleme göstermiş, sadece azalmış kod çözme becerisine eşlik eden azalmış etkinlik gözlenmiştir. Bu sinrisel bağıntı tarafından dizinlenen harf-ses birleştirme, harf ve ses uyuşmadığında, dislekside farklıdır; uyumsuzluk disleksik yetişkinlerde, beynin bu bölgesindeki etkinliği değiştirmemektedir. Bu durum, davranışsal fenotip göz önünde bulundurulduğunda beklenen bir durumdur, ancak yine de ilgi çekicidir.

Kod Çözme Sırasındaki Etkinliğin Zaman Akışı

Buraya kadar tartışılan beyin görüntüleme çalışmaları görsel ve işitsel beyin alanlarıyla sözcük çözme arasında, eğitimcilere şaşırtıcı gelmeyecek, sistematik bağıntıları göstermiştir. Ancak, davranışsal çalışmalardan beklenen bağıntıların ötesine geçme olasılığı olan bir görüntüleme alanı, etkinleşmenin zaman akışının ölçülmesidir. Kod çözme becerilerinin nasıl oluşturulduğuna ilişkin farklı gelişimsel modeller göz önünde bulundurulduğunda, okuma sırasında etkinleşen beyin alanlarının hangi sırayla etkinleştiği ilgilenilmesi gereken bir alandır. Bu tür sıralı bilgi, görsel sözcük tanımada erken bir logografik aşama olduğu varsayımı gibi gelişimsel aşama kuramlarının sınanmasına olanak verir (Frith, 1985). Logografik aşamada, tıpkı £ve$simgelerinin *pound* ve *dollar* sözcükleriyle ilişkilendirilmesi gibi,bütüncül bir görsel uyaranın bütün olarak sesletilen sözcüklerle ilişkilendirildiği varsayılmaktadır. Eğer çocuklar, gerçekten de yazıdan anlama, yazıyı sese yeniden kodlamadan geçebiliyorlarsa, o zaman metni görürken ve anlamı algılarken etkin olan sinirsel yapıların çok genç okuyucularda etkinlik göstermesi, buna karşın sesbilimsel yeniden kodlama sırasında etkinleşen yapıların etkinleşmemesi gerekmektedir.

Her ne kadar görüntüleme yöntemleri farklı sinirsel yapılardaki etkinliğin zaman akışını izleyebilse de, bu yöntemlerin çocuklarda kullanılması kolay değildir ve ilgili çalışmalar henüz çok azdır. Bu tekniklerden bir tanesi, Manyetik Kaynak Görüntüleme [MSI], MEG ve MRI yöntemlerinin birleşimine dayanmaktadır (Simos et al., 2005). MEG beyindeki elektriksel etkinliği değil bu etkinlik tarafından üretilen çok küçük manyetik alanları ölçer ve bu verileri etkinliğin yerini belirlemek için MRI taramalarıyla birleştirir. Manyetik alanlar çok küçüktür, bir ampülün ürettiği manyetik alandan bir milyar kez daha küçük olduğu tahmin edilmektedir ve bu teknik çok pahalıdır. Yinede, Simos ve arkadaşları 33 İngilizce konuşan çocuk üzerinde boylamasına bir çalışma yürütmeyi başarmışlar ve beyin etkinliğini

anaokulunun ve birinci sınıfın sonunda ayrı ayrı ölçmüşlerdir. Çocuklar bir harf-ses görevini (yani, harfi gördüğünde ona karşılık gelen sesi vermelerini gerektiren bir görev) ve birçok benzetimi olan basit birimlerden (örneğin, *Ian*) oluşan basit bir anlamsız sözcük okuma görevini tamamlamışlardır.

Toplam 33 çocukla çalışılmış ve grubun yarısının (16 çocuk) gelişimsel disleksi riski taşıdığı düşünülmüştür. Bu yüksek risk grubu, anaokulu döneminde, oksipitotemporal bölgede hem harflerde hem de anlamsız sözcüklerde gözle görülür bir şekilde gecikmiş sinirsel etkinlik sergilemişler ve risksiz gruptaki çocukların 210 milisaniyelik tepkilerine karşın 320 milisaniyelik tepkiler vermişlerdir. Yüksek risk grubu, harf-ses görevini gerçekleştirirken, sol inferior frontal girüste normal olmayan bir etkinlik göstermiştir. Yüksek riskli çocuklarda, bu bölgedeki sinirsel etkinliğin başlangıcı, anaokulundaki 603 milisaniyeden birinci sınıftaki 786 milisaniyeye doğru bir artış göstermiştir. Normal olarak gelişen çocuklarda bu işlem zamanı artışı gözlenmemiştir. Okumanın üç temel alanındaki etkinliğin başlangıcını karşılaştıran Simons et al. (2005), düşük risk grubundaki çocukların sol oksipitotemporal bölgelerde erken etkinleşme gösterdiğini ve bunu sırasıyla baskın olarak sol yarıküredeki temporoparietal bölgelerdeki ve aynı zamanda konuşmanın üretilmesi sırasında etkinleşen her iki yarıküredeki inferior frontal bölgelerdeki etkinliğin takip ettiğini göstermiştir. Buna karşın, yüksek risk grubundaki çocuklar oksipitotemporal ve temporoparietal bölgeler arasındaki etkinleşmenin zaman akışı bakımından çok az farklılık göstermişlerdir. Yine de, temporoparietal etkinleşme genellikle yazıyı sese yeniden kodlamayla ilişkilendirilmektedir ve kod çözme gelişiminde erken logografik aşamanın gerekliliğini sorgulamaktadır.

Beyin Yapısı İncelemeleri

Farklı sinirsel bölgelerin sözcük çözme sırasında nasıl ilişkilendirildiğini incelemenin bir diğer yöntemi de sözcüklerin okunmasında önemli olduğu bilinen sinirsel alanlardaki yapısal farklılıkları çözümlemektir. Mevcut yöntemlerden biri difüzyon tensör görüntülemedir [DTI] ve beyaz madde yollarını, yani beynin "bilgi otoyolları"nı ölçmek için kullanılabilir; beyaz madde beyindeki farklı sinir hücrelerini birbirine bağlayan aksonlardır ve akson boyunca elektrik sinyalı iletimini hızlandıran yağ dokulu miyelin kılıftan dolayı beyaz görünmektedir. DTI'de beyin dokusunda suyun dağılımı ölçülmekte ve akson liflerinin takip edilmesi sağlanmaktadır; su diğer yönlere dağılmak yerine bu lifler boyunca dağılmaktadır.

Niogi ve McCandliss (2006), on biri okuma engelli olan 6-10 yaşlarındaki 31 çocukta beyaz madde yollarını incelemek için DTI kullanmışlardır. Çocuklara ayrıca, Woodcock-Johnson

sözcük tanıma ve sözcük becerileri alt-ölçekleri gibi ölçünlü okuma ölçekleri sunulmuştur. Sol temporoparietal korteks, sol temporal lobdaki superior corona radiata ve centrum semiovale bölgelerindeki beyaz madde bütülüğü (yani, akson tutunumu ve yoğunluğu) sözcük tanıma testindeki başarımla ilişkilendirilmiştir. Dolayısıyla, bu bölgelerdeki beyaz maddenin mikro-yapısı, sözcük okumadaki bireysel farklılıklarla ilişkilendirilmiştir. Sağ yarıküredeki türdeş bölgelerle benzer bir ilişkilendirme yoktur ve bu ilişkiler, çoklu regresyon denklemleriyle işler bellek, yaş ve sözel olmayan IQ kontrolleri yapıldıktan sonra bile anlamlı kalmıştır.

Bu alanlardaki mikro-yapıların gelişiminin boylamasına incelenmesi, bu yapı-işlev ilişkisini hangi gelişimsel etmenlerin kurduğuna ışık tutabilir. Her ne kadar bu tür çalışmalar alanyazınında henüz yer almasa da, yaratıcılığı bakımından dikkat çeken ve ilişkilerin, hatta işlevden çok beyin yapıları arasındaki ilişkilerin henüz gelişimsel mekanizmalara ışık tutmaktan ne kadar uzak olduğunu gösteren çok yeni bir bağlantıcılık çalışmasından söz etmek gerekir.

Carreiras et al. (2009) Kolombiya toplumuna yeniden entegre olan ve okumayı geç öğrenen Kolombiyalı ‘gerilla’ları (s. 983) (yani, geç okuryazarlar), dikkatle seçilmiş ve normal olarak okuyan yetişkinlerle aynı toplumsal bağlamlarda yetişmiş ama okumayı hiç öğrenmemiş yetişkin okuryazar olmayanlarla ve normal okuryazar yetişkinlerle (yani, erken okuryazarlar) eşleştirmiştir. Bu çalışmada, geç okuryazarlarla okuryazar olmayanlar arasında MRI ve DTI kullanılarak gösterilen yapısal farklılıklar, görsel sözcük biçimleriyle karşılaşıldığında beynin görsel alanlarından, konuşmayla ilgili alanlarına bilgi akışı olduğunu savlayan sözcük okumaya ilişkin klasik sinirsel modelle çelişmektedir. Araştırmacılar, klasik olarak sözlü dil alanı olarak kabul edilen angüler girüsün dorsal oksipital etkinliği değiştirdiğini bulmuştur (yani, etkinleşme örüntüleri, sözlü dil alanlarının görsel alanların etkinleşme miktarını kontrol ettiğini düşündürmektedir). Carreiras ve arkadaşları, gelişimsel dislekside sıklıkla belirtilen sol temporoparietal bölgedeki gri maddede azalmasının ve buna bağlı olan azalmış sinirsel etkinliğin tamamen okuma uzmanlığına bağlanabileceğini ve işlevsel olarak gelişimsel disleksiyle herhangi bir ilişkisi olmayabileceğini ileri sürmektedir.

Bireşim

Günümüzde, normal gelişen çocuklarda sözcük çözme üzerine hala çok az sayıda beyin görüntüleme çalışması vardır. Disleksik çocuklarda sözcük çözme üzerine daha fazla çalışma vardır ama bunlara bu incelemede kısaca değinilmiştir, çünkü bu çocuklardaki sinirsel

etkinlik düzeylerini sözcük okumayla ilişkilendirmede birçok güçlük vardır. Yine de, kod çözme üzerine mevcut görüntüleme çalışmalarında oldukça tutarlı bazı ilişki örüntüleri vardır. Sözcük işlemleme, sol yarıküre etkinliğiyle bağıntılı görünmektedir. Okuma becerisi arttıkça, sol temporoparietal ve oksipitotemporal bölgelerde daha fazla sinirsel etkinlik görülmektedir.

Daha önce tartışılan çalışmalar, bu ilişkilerin hem gelişen görsel uzmanlığa (yani, sözcük biçimindeki görsel uyaranlarla deneyim) ve harf-ses birleşimi becerilerinin gelişimine bağlı olduğunu ileri sürmektedir. Çocuklar, sözcükleri yüksek sesle okumaları gerektiğinde, beynin konuşma üretimi ve büyük olasılıkla eklemleme kodlarıyla ilişkili sol-yanallaşmış frontal bölgelerinde, konuşma tarayıcı içinde açık bir biçimde üretilmese de, bir etkinlik görülmektedir. Bu çalışmaların hiçbiri henüz gelişimsel nedensel mekanizmalara ilişkin içgörü sağlayamamaktadır. Yine de, kod çözme sırasında etkin olan sinir ağlarının, bunların bağlantısallığının ve bunların etkinleşme zaman sizilerinin dikkatli bir biçimde belgelenmesi, eğitsel olarak ilgili sorular sormak için beyin görüntüleme yöntemlerinin kullanılmasında ilk ve önemli adımdır.

Beyindeki Dilsel Kavrama Süreçleri

Günümüze kadar, eğitsel sinirbilimde girişilen sinirbilim araştırmalarını okuma eğitimiyle ilişkilendirme çalışmaları, kod çözme eğitimi ve disleksideki gibi kod çözmedeki kusurlarla ilgili beyin süreçlerine ve yapılarına odaklanmıştır(örneğin, Nevills ve Wolfe, 2009; S. Shaywitz, 2003). Bu durum, kavrama, öğrenici güdülenmesi, toplumsal-kültürel bağlamlar, kimlik ve diğer faktörlere yapılan vurgunun oldukça gelişmiş olduğu okuma ve okuryazarlık eğitimi alanındaki araştımacılığın doğasıyla büyük bir karşıtlık oluşturmaktadır (e.g., Allington, 2008; Hagood, Alvermann ve Heron-Hruby, 2010; L. Hall, Burns ve Edwards, 2011). Dilsel kavrama ve diğer genel süreçler üzerine yapılan mevcut çalışmaları dışarda bırakan eğitsel sinirbilim alanyazını incelemeleri çok geniş olan okuma eğitimi alanıyla ilişkilendirilen birçok sorunu ele almada başarısız olacaktır. Daha da önemlisi u çalışmalar, okuma üzerine sinirbilim çalışmalarının kapsamlı bir görünümünü sunmakta da başarısız olacaklardır. Dilsel kavramanın sinirdilbilimciler tarafından nasıl anlaşıldığı, bu çalışmaların olası değerini de gösterecektir.

Sözcük dağarcığı bilgisi ve içerik kavrama için bilişsel stratejiler dışında, okuma eğitimi araştırmacıları ve öğretmen eğiticileri için dilsel kavramanın sezdirimleri açık olmaktan uzaktır. *Kavrama*terimininin döngüsel biçimde anlama ya da anlam-oluşturma olarak tanımlanmadığı durumlarda, tanımlama araştırmacıların güvenilir biçimde ölçebildiklerinin

doğası yoluyla yapılmaktadır. Özü itibarıyla, kavrama, kavrama testlerinin ölçtüğü şey olmaktadır; ancak, kavramanın temelinde yatan ve güçlük çeken kavrayıcılara/okuyuculara zorluk çıkaran alt-süreçler genellikle çok az dile getirilmektedir (karş. Lesaux ve Kieffer, 2010). Sözdizim ve anlambilimin düzensizlik ve büyük ölçüde tanım değişkenliğine sahip olduğu ima edilmiştir (örneğin, Common Core State Standards Initiative, 2010a).

Sözcük çalışmasına ek olarak İngilizce dil sanatları eğitimi, biçem, tür, ton ve söylem öğretiminin yanında dilbilgisi kurallarının öğretilmesine vurgu yapar. Ancak, birçok okuma değerlendirmesinde ve hatta okumada dil becerilerinin önemine ilişkin çalışmalarda (örneğin, Dickinson, Golinkoff ve Hirsh-Pasek, 2010) sözdizim dışında tümce ve paragraf düzeyi anlambilimsel çözümleme ya çok zayıftır ya da hiç yer almamaktadır (örneğin, Common Core State Standards Initiative, 2010b). Okuma araştırmacıları ve öğretmen eğiticilerinin, sinirbilim araştırmacılarının değişken bir gösterge olan dil kavramayı nasıl ayrıştırdıklarına odaklanmaları, gerekli kavrama alt-süreçlerinin tam bir haritasının çıkarılmasını sağlayabilir.

Sözcüğün İçinde Ne Var?

Sinirdilbilimsel araştırma tabanında, kavramanın tanımlanan bir sözcük biçiminin olası anlamlarını, sözcük dağarcığındaki bir birim olarak ilişkilendirmesiyle başladığı düşünülmektedir. Bunun sonucunda, sözcük biçimi tanıma, biçimbilimsel çözümleme ve sözcük anlamı ya da tek-sözcük düzeyinde anlambilim üzerine çok sayıda araştırma vardır (Osterhout, Kim ve Kuperberg, 2006'da yer alan incelemeye bakınız). Daha önce de işaret edildiği gibi, sözcük biçimi tanımlama fusiform girüs boyunca sol inferior temporal-oksipital bölgelerdeki etkinleşmeyle ilişkilendirilebilir.

Sözcük tanımlama becerinin kavramayla ilişkisi çok iyi bilinmemektedir ama sözcük tanımlama becerisi sesletim, ses ve anlam arasındaki bağlantı örüntülerini tanımlamak için kullanılan alt-süreçlerle ilişkilendirilmeye devam etmektedir. Bir sözcükle kurulan Bağlantı ağlarının niteliği ya da çokluğunun metnin kavranmasıyla bağıntılı olduğunu ileri süren Perfetti'nin sözlüksel nitelik denencesinden (Perfetti ve Hart, 2002) yola çıkan Balass, Nelson ve Perfetti (2010) bir ERP çalışmasında katılımcılardan yeni öğrenilen, bilinen ve öğrenilmemiş sözcüklere ilişkin anlam yargılarında bulunmalarını istemişlerdir. Bu görev üç farklı koşulda gerçekleştirilmiştir: katılımcıların nadir sözcüklerin yazımını ve anlamını öğrenmeleri gerektiği ortografiden anlama (yani, sesbilime başvurmadan); katılımcıların nadir sözcüklerin yazımını ve sesletimini öğrenmeleri gerektiği ortografiden sesbilime (yani, anlama başvurmadan); katılımcıların nadir sözcüklerin sesletimi ve anlmanı öğrenmeleri

gerektiği sesbilimden anlama (yani, yazıma başvurmadan). Bu yeni sözcüklere ilişkin bilgilerini göstermek için teste tabi tutulduktan sonra, katılımcılara nadir sözcükler, bilinen sözcükler ve bir önceki öğrenme görevine dahil edilmeyen bilinmeyen sözcükler üzerine bir anlambilimsel-ilişkililik yargı görevi verilmiştir. Yenilik etkilerini (P600) ve anlam etkilerini (N400) belirlemek için ERP ölçümleri alınmıştır.

Sonuçlar sözcük bilgisi -yani sesbilimsel, ortografik ve anlambilimsel bilgi- sözcük öğrenme sırasındaki düzeyinin daha sonra sözcüklerin yeni bağlamlarda tanınmasını etkilemiştir; bu bulgu sözcük öğretimi için bazı öneriler getirmektedir.

Davranışsal veride kavramada herhangi bir farklılık bulunmasa da, ERP verileri ortografi-anlam koşulunun, ortografi-sesbilim ve sesbilim-anlambilim koşullarından daha güçlü bir tanıma etkisi yarattığını ortaya koymuştur. Bu durum sözcük öğrenimi için önemlidir, çünkü belli bir zaman dilimindeki bir sözcüğe ilişkin artağan gelişim o sözcükle geçmişteki karşılaşmaları tanımaya dayanmaktadır.

Bozic, Marslen-Wilson, Stamatakis, Davis ve Tyler (2007) biçimbilimsel işlemlemenin rolünü incelemek için fMRI kullanmışlar ve geçirimsiz bir biçimbimbilimsel ilişki içinde olan sözcük çiftleri (örneğin, *archer, arch*) ya da geçirimli bir biçimbilimsel ilişki sergileyen sözcük çiftlerinin (örneğin, *brave, bravely*) hazırlama etkisiyle yalnızca anlam açısından ilişkili olan (örneğin, *stop, halt*), yalnızca biçim açısından ilişkili olan (örneğin, *catalog, cat*) ve özdeş hazırlama (örneğin, *cat, cat*) sözcük çiftlerinin hazırlama etkisini karşılaştırmışlardır. Sonuçlar, biçimbilimsel çözümlemenin, beynin farklı bölgelerinde yerleşmiş sözcük biçimi tanıma ya da sözcük anlamı tanımlama süreçlerinden bağımsız olarak sol yarıküre frontal bölgelerini içeren bir alt-süreç olduğunu ortaya koymuştur. Sözcük tanımada biçimbilimsel çözümlemenin rolü göz önünde bulundurulduğunda bu bulgu sözcük öğretimi üzerine yapılan eğitisel araştırmalar için önemli olabilir.

Sözcük anlamı sıklıkla sol medial, superior ve superior posterior temporal alanlarla bağıntılandırılmaktadır. Bu alandaki ilk çalışmalarda, belli sözcük anlamı ulam ve sınıflarının sol temporal lobun birbirinden ayrı alanlarında yerleştiğine ilişkin çok erken bir sav ileri sürülmüştür. Üzerinde çalışılan her bir ulamla (örneğin, araçlar, makineler, ev hayvanları, çiftlik hayvanları, vahşi hayvanlar) birlikte, birbirinden ayrı alanların etkinleştiğine ilişkin güçlü savlar ortaya konmuştur. Haritalanabilen ulamsal ayrımların sonu yok gibi görünmektedir ve bu durum bu alandaki çalışmaların istikrarlı olmasını güvenceye almaktadır. Ancak, sonraki çalışmalar bu bulguların yinelenemediğini göstermiştir ve (a)

yerelleşmede bireysel ama tamamen işlevsel farklılıkları olduğuna, (b) beyindeki kodlama kavramının çok açık olmadığına, (c) ilk görüntüleme tekniklerinin güvenilirliğine aşırı güven duyulduğuna işaret etmektedir (Heim, 2005). Görüntüleme kesinliğindeki düzenli iyileşmeler, temporal lobda ya da başka konumlarda yerelleşmeye yönelik benzer savları ortaya çıkarmıştır; ancak çok iyi bir şekilde yinelenmediğinde bu çalışmalara temkinli yaklaşmak gerekmektedir (Ross, 2010).

Bazı durumlarda, sözcükler kesin olarak tanımlanmadan ya da sözcükler olarak doğru sesletilmeden (örneğin, *progress* sözcüğünün ad ve eylem biçimleri, *read* eyleminin geniş zaman ve geçmiş zaman biçimleri) önce sözdizimsel ya da anlambilimsel işlevlerine göre ayrıştırılmalıdır. Okuma araştırmacıları sözcük işlemlemenin kavrama doyumu açısından yüksek oranda uyarlanabilir olduğunu ve sözcük düzeyinde bile, işlemlemede katı bir çizgiselliğin olmadığını bilmektedir. Sinirbilim çalışmaları, sözdizimsel ve anlambilimsel süreçlerin sözcük anlamı işlemlerinde yukarıdan-aşağı etkiye sahip olduğunu ve bu etkinin anlam bulanıklı olmayan sözcüklerde bile değişken bir rol oynayabileceğini doğrulamıştır (Kuperberg, 2007). Bu sonuçlar, dilsel anlamın yalnızca dilbilgisel belirticilerle ilişkilendirilmiş sözcük anlamından türediğini varsayan dil modellerinin özgün dil işlemlemenin sunulması için yetersiz olduğuna dikkati çekmektedir (Boulenger et al., 2009; Friederici ve Weissenborn, 2007; Hagoort ve van Berkum, 2007; Rimrodt et al., 2009).

Daha yeni çalışmalar, temel duyusal, motor, duygusal, analitik ya da toplumsal işlemlemeye ayrılmış farklı beyin alanlarının sözcük anlamları için sol temporal lobda kesiştiğini ileri sürmektedir (Frishkoff, Perfetti ve Westbury, 2009; Patterson et al. 2007). Örneğin, fiziksel hareketleri gösteren eylemler, sol inferior anterior temporal alandaki ulamsal tanımlama ve sözcük sunuluşu kesişim kuşaklarıyla ilişki kuran motor ve premotor korteksteki alanları etkinleştirmektedir (Willems, Hagoort ve Casasanto, 2010).

Sözdizim ve Anlambilim

Sözcük dağarcığı üzerine yapılan çalışmalar, sözdizimsel işlemleme (yani, dilbilgisel işlevin tanımlanması, sözcüklerin tümcecik ya da tümcedeki dilbilgisel ilişkileri) ve anlambilimsel işlemleme (yani, sözcüklerin, öbeklerin ve deyimlerin belirleyici yöneliminin ve bu birimlerin tümcecik, tümce ya da paragraf düzeyindeki yönelimsel ilişkilerinin tanımlanması) üzerine yapılan azımsanmayacak sayıdaki çalışmayla tamamlanmaktadır. Bu iki genel alanın anatomik alanlarda ve zaman-akışındaki yeri birbirinden ayrı görülmekte ama aynı zamanda örtüşmektedir ve bu süreçler üzerinde daha çok çalışma beklenmektedir.

Çünkü, bu alanlar arasındaki geleneksel ayrım sinirsel işlev düzeyinde o kadar da kolay çözülememektedir.

Genel anlamda, ilgili sisnirsel bağıntıları ayırt etmek için karşılaştırmalarda sözdizimsel ya da anlambilimsel bozukluklar kullanılmaktadır. Örneğin, anlamsal olarak bozuk olan tümceler (örneğin, "When peanuts fall in love…") santral parietal bölgede aşırı bir N400 izine, yanisözlüksel bozukluktan yaklaşık 400 milisaniye sonra negatif yükte bir doruğa ulaşmaya, neden olmaktadır (van Berkum, Hagoort ve Brown, 1999; Kutas, Van Petten ve Kluender, 2006'daki incelemeye bakınız). Bu karşın, bozuk sözdizimsel yapı başlangıçtan yaklaşık 600 milisaniye sonra tıpkı N400'de olduğu santral parietal bölgede (Friederici ve Kotz, 2003; Friederici, von Cramon ve Kotz, 1999) ya da daha ön bölümlerde (yani, beynin frontal alanları) (Osterhout et al., 2006)doruğa ulaşan bir pozitif yükün, yani aşırı bir P600 izinin takip ettiği anormal bir erken pozitif yük ortaya çıkarmaktadır. Bu benzersiz zaman-akışı izleri bozuklukların anlambilimsel ve sözdizimsel olarak işlenmesinin sinirsel olarak ayrı işlemler olduğunu ortaya koymaktadır. Araştırmalar, doğru tümcelerin anlambilimsel ve sözdizimsel işlenmesinin benzer biçimde zamanlandığını da göstermektedir (Kaan, Harris, Gibson ve Holcomb, 2000). Diğer bir deyişle ERP çalışmaları sözcük temelinde, sözcük ve biçimsözdizimsel tanımlamada erken bir beyin etkinleşmesine dikkati çekmekte ve bu etkinleşmeyi anlambilimsel tanımlamada N400 potansiyelinin ve tümce-düzeyi sözdizimsel kontrolde P600 potansiyelinin takip ettiğini ileri sürmektedir (Friederici ve Kotz, 2003).

Bu tür bulgular, her ne kadar dağıtılmış işlemleme kuramları (örneğin, Hagoort, 2003) ileri sürülmüş ve farklı çalışmalar tarafından (Cooke et al., 2006; Hald, Bastiaansen ve Hagoort, 2006) desteklenmiş olsa da, sözdizimsel işlemlemeye ilişkin çizgisel kuramları (örneğin, Friederici, 2002) destekleyebilir. Diğer çalışmalar sözdizim ve anlambilimin geleneksel kavramlarının, ERP tarafından gösterilen işlemlerle yanlış bir biçimde eşleştirildiğini ve eldeki verilerin anlamlandırılabilmesi için anlam ayrıntılandırmaya ilişkin alternatif açıklamalar gereksinim olduğunu savlamaktadır (Kuperberg, 2007). Belirsizliklere karşın, işlemlemenin zamanlaması önemlidir (Perfetti ve Bolger, 2004) ve daha yeni MEG ya da fMRI teknikleri gibi uzamsal olarak daha kesin görüntüleme teknikleriyle eşleştirildiğinde, ERP yöntemleri kavrama sırasında metinlerin kortikal işlenmesinin sırası ve yapısına ilişkin daha güvenilir sonuçlar verebilir (Heim, 2005).

Hemodinamik araştırmaların bir sonucu olarak, sözdizimsel süreçlerin güvenilir bir biçimde sol frontal girüs ya da Broca alanındaki etkinlikle ilişkilendirilebileceği bulunmuştur (Sakai, Noguchi, Takeuchi ve Watanabe, 2002). Anlambilimsel süreçler, **sözcük düzeyinde**

(posterior superior temporal ve temporal-parietal alanlar; örneğin en azından sesletim tekrarı için sol inferior frontal alanlar dışında Werncike alanı ve supramajinal girüs ve temporal sulkus gibi ilgili bazal dil alanları;Rogalsky, Matchin ve Hickok, 2008); **tümce düzeyinde** (Broca alanınan yakın sol inferior frontal alanlar) ya da **metin/söylem düzeyinde** (görevin karmaşıklığı ya da soyutlama derecesine bağlı olarak daha dağınık frontal ve parietal alanlar;Binder, Desai, Graves ve Conant, 2009) olmalarına göre daha değişken bir biçimde yerelleşmiştir.

Sözdizimsel ve anlambilimsel taleplere tepki olarak özelleşmiş bu etkinleşme alanları, büyük olasılıkla farklı deneyimlerin sonucu olarak, zaman içinde bireysel olarak farklı biçimde gelişmektedir. Berl ve arkadaşları (2010), erken çocukluktan önergenliğe kadar olan bir yaş grubundaki katılımcılarda,gelişimsel olarak uygun paragraf uzunluğundaki metinlerle okuma ve dinleme görevlerinde görev, yaş, nöropsikolojik beceriler, görev sonrası başarım gibi etmenlerin etkilerini incelemiştir. Araştırmacılar, yaş ve kiplik (yani, okuma, dinleme) bağlamlarında sol temporal sulkusta tutarlı etkinleşme gözlemişler ve bu alanı, sözlükseldüzey sözdizimsel ve anlambilimsel görevlerindeki katılımından dolayı "kavrama korteksi" (s. 115) olarak adlandırmışlardır.

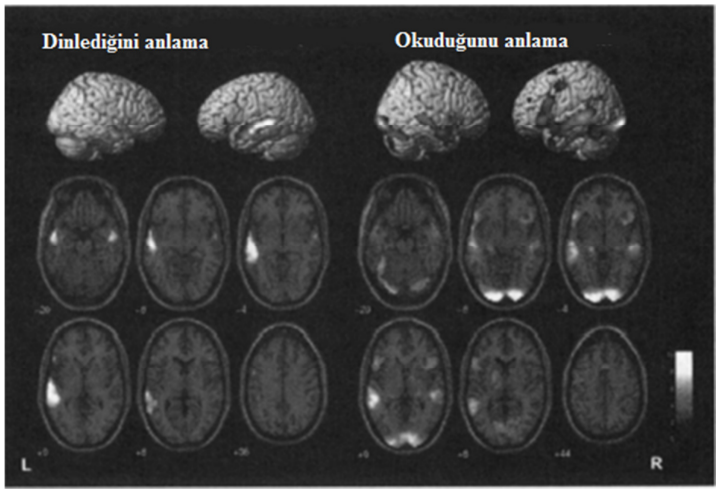
Ancak, araştırmacılar, metin-kavrama işlemlemede gelişimsel farklılıklara dikkati çekmişlerdir; daha küçük çocuklarda, sağ temporal polü ve sağ beyinciği kapsayan daha dağınık bir yayılım gösteren etkinleşme görülmektedir. Daha büyük çocuklar ve ergenler öykü dinlerken sol inferior frontal kortekste artmış bir etkinlik sergilemişlerdir; bu bulgu da bu alanın daha yapısal olarak daha karmaşık metinler için çalıştırıldığını ve bu etkinleşmenin kavramaya ilişkin sonuçlarla olumlu bağıntı oluşturduğunu ileri sürmektedir. Okumanın, sağ temporal ve sağ inferior frontal lobları da içerecek şekilde dinlemenin gerektirdiğinden çok fazla sayıda kortikal alanda etkinleşme gerektirdiği ortaya konmuş ve büyük olasılıkla çocukların anlam oluşturmada metinlerin daha zor anlambilimsel yapılarıyla başa çıkabilmek için bu fazladan etkinleşmeye gereksinim duydukları ileri sürülmüştür. (karş. Yeatman, Ben-Shachar, Glover ve Feldman, 2010).

Anlamda Duygunun Rolü

Duygusal değerlik dilin anlamı ve/veya anlamlılığını izlemede ve dilin sunuluşunda temel bir bileşen olarak görülebilir ve orbital-fronral kortekse komşu alanlar olan anterior temporal ve inferior prefrontal alanlarda saptanan etkinlikle birlikte sinirdilbilimsel alanyazını

bunu desteklemektedir (Ferstl, Rinck ve von Cramon, 2005; Havas, Glenberg ve Rinck, 2007).

Şekil 2.*4-12 yaş çocuklarda dinlediğini kavrama ve okuduğunu kavramada etkin olan kortikal alanlar*



Not: Görsel, harf-tanıma ve sözcük biçimi işlemleme dolayısıyla olduğu kadar büyük olasılıkla sözel tekrar ve/veya daha fazla sözdizimsel-anlambilimsel işlemlemeden dolayı okuma koşulunda daha fazla etkinleşme görülmektedir. Karşılaştırma, yetişkinlerdekine benzer şekilde superior ve medial sol temporal kortekste uzanan bir kavrama kümesine işaret etmektedir. VanMeter, et al. (2010) (Berl, M. M., Duke, E. S., Mayo, J., Rosenberger, L. R., Moore, E. N.). "Functional Anatomy of Listening and Reading Comprehension During Development",*Brain & Language*, 774(2), s. 120 içinde.

Bu kortikal alanların erken çocuklukta duygu-durumunun ve toplum-duygusal tepkilerin düzenlenmesi için geliştiği bilinmektedir (erken çocukluğun toplumsal sinirbilimine ilişkin giriş metinleri için bkz. Cozolino, 2006; Schore, 1994). Bu alanlar, endokrin sistemi eş-düzenleyen bazal gangliadaki subkortikal alanlara dolayısıyla bireyin duygusal durumuna bağlanmaktadır ve bu alanlar hipotalamus gibi bellek oluşturma ve yeniden oluşturmayla ilgili subkortikal alanlarla hem sinirsel hem de hormonal bakımdan yakından ilişkilidir. Ayrıca, hem duygu denetimi hem de anlambilimsel bellekle ilişkili beyin alanları arasında açık bir örtüşme vardır (Binney, Embleton, Jefferies, Parker ve Ralph, 2010).

Duygu ve sosyalliğin dilsel kavrama gelişimiyle ilişkisini içeren sinirsel temelin kuramsal olarak henüz tam olarak anlaşılamadığının bilinmesi gerekmektedir (karş.

Immordino-Yang ve Damasio, 2007). Yine de, bu subkortikal alanlar ve orbital-frontal ve anterior temporal korteksteki yerler dil ve anlam arasında önemli bir bağlantıyı kanıtlayabilir ve erken çocukluktaki toplumsal, duygusal ve dilsel gelişimin önemine ilişkin artan ilgide yeni bir açı sağlayabilir (Beaucousin et al., 2007; Kuhl ve Rivera-Gaxiola, 2008).

Okumada Üst Düzey Bilişsel Süreçler ve Söylem-Düzeyi Süreçler

Metin türü tanıma, hareket izleme, açıklayıcı metinler ve anlatı metinlerinin yapılarını işlemleme, tonun ve değişmecenin (yani, alay, eğretileme) uygunluğunu değerlendirme, deyimlerin tanınması ve işlenmesi ve uygun söylem biçimlerinin kullanılmasının sinirsel bağıntıları üzerine yapılan çalışmalar gittikçe artmaktadır (bu süreçlerin bazılarına ilişkin ilgi çekici bir inceleme için bkz. Perfetti ve Frishkoff, 2008). Örneğin, metinsel bilgiyi dünya bilgisiyle ilişkilendirmede kullanılan çıkarım gibi temel bilişsel işlevlerin önemi ayrıntılı olarak ele alınmıştır (Friese, Rutschmann, Raabe ve Schmalhofer, 2008; Mason ve Just, 2010). Metin izlemedeki uygulama beceriler (Sesma, Mahone, Levine, Eason ve Cutting, 2009) ve okuyucunun eğretileme çözümlemeleri (Mashal, Faust, Hendler ve Jung-Beeman, 2009) bu çalışmalar başka örneklerdir. Kodlanmış metin sembollerinden anlam oluşturma, McGurk etkisinde olduğu gibi (Beauchamp, Nath ve Pasalar, 2010), konuşma sırasında bulanık sesbirimleri tanımaya yardımcı olmak için yüz hareketlerini takip etmeyi de içeren işitsel işlemlemeninya da el hareketlerinin anlamsal içeriğinin işlenmesinin (Dick, Goldin-Meadow, Hasson, Skipper ve Small, 2009) sunduğu bağlamsal bilgilinin büyük bölümünden yoksundur. Dilsel ortamla ilişkili olan daha üst düzey bağlam etkilerinin özellikle sözdizim ve üst düzey anlambilim ve deyimlerde görülen dilsel kavrama süreçlerinde yalnızca işlevsel değil aynı zamanda gelişimsel bir etkiye sahip olduğu da görülmektedir (Raizada, Richards, Meltzoff ve Kuhl, 2008). Eğitsel sinirbilim, ev ve sınıf söylemine katılımın dil gelişimi üzerindeki etkilerini daha da araştırdıkça, bütün bu sorunların önem kazanması olasıdır.

Metin içeriğinin katılımcının önceki bilgilerine dayanarak işlenmesine yönelik sinirbilim araştırmaları daha emekleme çağındadır; bu çalışmaların bir örneği olan Speer, Reynolds, Swallow ve Zacks (2009), anlatı metinlerinde betimlenen sahneleri ve hareketleri işlemlemenin beynin duyusal ve motor işlemleme alanlarını da kapsadığını ileri sürmektedir. Metin kavrama için önceki bilginin önemi, bildirimsel ve yöntemsel bilgi ayrımı ve dünya bilgisi ve dilsel bilgi (örneğin, sözcük bilgisi, lehçe ve söylem-özgül sözdizimsel ve anlambilimsel örüntülere ilişkin önceki bilgi, alana-özgü söylem ve tür bilgisi) ayrımı yapılarak kapsamlı bir biçimde incelenmiştir.Bu dilsel bilginin ya da toplumsal iletişim kurallarının aşırı-öğrenmenin ve bir sonucu olması ve dolayısıyla otomatik örüntü tanıma

(örneğin, sözdizimsel ve deyimsel örüntü tanıma) olması kadar, açık bilgi olarak sınıflandırılmak yerine gelişmiş bir beceri biçimi olarak kabul edilmesi olasılığı da vardır (Dile ilişkin kural uygulama modelleri bu ayrımı bulanıklaştırmaktadır). Yine de, dilsel kavramaya özgü önceki bilgiyle içerik kavramaya yönelik önceki bilgi arasındaki fark değersizdir.

Gelişmiş işlemleme becerilerini ve işler belleğin metinden durum modelleri oluşturmadaki rolünü de içerecek şekilde uzun erimli belleği tetiklemek arasındaki fark da değersizdir. Bir pasajı yeniden anlatmak için özet belleklerinin oluşturulması ayrıntıların önem derecesi temelinde sıkıştırılmasını gerektirmektedir. Lillywhite ve arkadaşları (2010), katılımcıların kendilerine tekrar tekrar okunan pasajları işlemlemelerini karşılaştırmak için fMRI kullanmışlar ve metinlerin ilk kez duyulması ile takip eden duyulmalar arasında sinirsel etkinleşme bakımından belirgin farklar bulmuşlardır. Pasajların tekrarları arasında ilk okumada temelde işitsel ve dilsel kavrama alanlarında görülen sinirsel etkinlik, sonraki okumalarda frontal, parietal ve subkortikal alanları da kapsayacak şekilde genişlemiştir; bu bulgu da temel dilsel kavrama süreçlerinin ötesinde, modelleme, bellek ve tanıma süreçleri için özel alanlar olduğunu ortaya koymaktadır. Çözümlemeler, katılımcıların metni yeniden anlatmasını ya da özetlemesini de kapsayacak şekilde genişletildiğinde, sağ parietal korteksteki etkinlikle güçlü bir bağıntı bulunmuştur; bu durum, ilgili bölgenin söylem sunuluşunda bir rolü olduğunu göstermektedir.

Bu tür söylem işlemleme araştırmaları okuma uzmanlarının ilgisini çekebilir. Ancak, sinirdilbilimdeki *söylem* kavramı nadiren, okuma eğitimi araştırmalarını büyük ölçüde etkileyen kaynaklar olan ruhdilbilim ya da toplumdilbilimdeki (örneğin, Gee, 2008) karşılığıyla kullanılmaktadır. İlgili sinirdilbilimsel araştırmalarda, söylem genellikle anlatı türünde olan uzatılmış metinlerdir ve bu tür metinlerin mikro ve makro-birimleri tamdır (örneğin, Lillywhite et al., 2010). Bu tür araştırmaların amacı, bu tür özelliklerin işlenmesiyle bağıntılı sinirsel etkinliği belirlemek ve bunun sonucunda da yapıyla ilişkili zihinsel süreç ulamlarının somut bir sinirsel izi olup olmadığını belirlemektir.

Örneğin, Yarkoni, Speer ve Zacks (2008), tümce düzeyi kavramayı paragraf düzeyi kavrama işleminden ayırmak için fMRI kullanmışlardır. Araştırmacılar, anlatı metinlerinin okunmasının, metin içinde geçen anlatı birimlerinin yapısal olarak işlenmesinde kullanılacak olan zihinsel imgelerin oluşturulmasını gerektirdiği varsayımından yola çıkarak, bağlaşık anlatı metinlerinin okunmasını birbiriyle ilgisi olmayan tümcelerden oluşan paragrafların okunmasıyla karşılaştırmışlardır. Tümcelerin içeriğinin kavranması için beynin benzer

alanlarının kullanıldığı, buna karşın durum modelinin işlenmesi için bu tür modellerin oluşumuyla ilişkilendirilmiş posterior parietal korteksteki alanlarla, bu modellerin sürdürülmesi için kullanılan anterior temporal alanların etkinleştiği görülmüştür. Farklı bir yaklaşım kullanan Whitney ve arkadaşları (2009), öykü kavramanın altında yatan dağıtılmış sinirsel ağları incelemişlerdir. Tümce sınırı işlemlemeyi içerik-temelli anlatı kaydırımlarıyla karşılaştırmışlar ve böylece anlatı yapısının kavranmasında medial parietal korteksin ve öykü sunuluşlarının güncellenmesinde precuneus ve posterior singulatın rolünü ortaya koymuşlardır. medial parietal fisürdeki precuneusun işlevi, öz-farkındalık ve öz-izlemeye olası katkıları göz önünde bulundurulduğuna, özellikle üst düzey işlemler için ilgi çekicidir (Cavanna & Trimble, 2006).

Okuryazarlık araştırmacılarının uzun süreden beri kabul ettikleri gibi, okuma bir okuyucunun beynindeki zihinsel süreçlerden daha fazlasıdır. Toplumsal, dilsel ve kültürel etmenler hem bir okuma olayı sırasında hem de okumanın zaman içindeki gelişiminde önemli rol oynarlar. Günümüzdeki gelişim bilimi bu bağlamsal etmenlerin okuyucunun çevresinden anlık oluşan durumlar olmadığını, bu etmenlerin gelişimini sürdüren bir çocuğun toplumsal ve kültürel çevresinin birer yönü, çocuğun üstüne kurmayı, temsilleştirmeyi ve uyumluluştırmayı öğrendiği simgesel bir düzenleniş olduğunu öne sürmektedir (bkz. Eisenberg, 2006). Okuyucu zihinsel ya da davranışsal olarak kendi toplumsal-kültürel düzenlenişindeki birimleri algıladıkça ya da bunlara tepki verdikçe, bunlarla ilişkilendirilecek ve üzerinde çalışılması gereken sinirsel etkinlikler ve gelişim süreci olacaktır (örneğin, fiziksel nedenlilik dışında diğerlerinin niyetlerini izlemek; Mason & Just, 2010). Bu tür algılamaların ve tepkilerin sinirsel bağıntıları gelişimsel bilişsel sinirbilim, duygudurum düzenleme sinirbilimi, kişilik sinirbilimi ve toplumsal sinirbilim araştırmacılarının odaklandığı konulardır.

Bireşim

Beynin temel dil kavrama işlevleriyle (sözcük dağarcığı, sözdizim, anlambilim) bağıntılı anatomik bölgeleri neokorteksin sol yarıküresinde daha fazla etkinleşmekteyken, özellikle okumada ilişkili ama ayrı söylem işlemleme ya da metin sunuluşu işlemlerinde sağ yarıküredeki türdeş bölgelerinde etkinleştiği görülmektedir (Ferstl, Neumann, Bogler ve Cramon, 2008). Üst düzey kavrama işlemleri ve stratejik çözümlemeler daha fazla dağıtılmış beyin konumu gerektirmektedir. Kavrama üzerine sinirbilim çalışmaları, kod çözme çalışmalarından daha değişkendir ve daha çok birim içeren bir altsüreç kümesine sahip görünmektedir.

Yetkin okuyucularda metin kavrama sırasında yürütülen sözdizimsel ve anlambilimsel işlemleme üzerine yapılan ERP zaman akışı çalışmaları sözdizimsel işlemlemenin sol frontal ve anterior temporal loblarda başladığını ve öbek yapısı izlemenin yaklaşık olarak 150 – 250 milisaniyede yapıldığını (Segalowitz ve Zheng, 2009), yüklem-özne ya da sözdizimsel/konusal işlemlemeye geçilmesinin sol inferior girüste yaklaşık 300 – 350 milisaniye sonra gerçekleştiğini, tümcede hedeflenen anlamın 400 milisaniyede değerlendirildiğini (Marinkovic et al., 2003) ve özellikle karmaşık sözdizimsel yapılarda sözdizimsel yeniden denetim ya da uyuşmazlık/yenilik etkilerini içeren sonuçlandırmanın 600 milisaniye sonra doruğa ulaştığını göstermiştir (Hagoort, 2003). Sözdizimsel ve anlambilimsel süreçlerin bütünleşmesi yaklaşık olarak 400 – 600 milisaniyelerde gerçekleşmektedir (Friederici ve Weissenborn, 2007). Daha üst düzet metin işlemleme bundan sonra gerçekleşmektedir. Zaman akışı çalışmalarında bu olayların anatomik yerelleşmeleri her zaman işlevsel anatomik çalışmalar tarafından önerilen konumlarla tam olarak eşleşmese de, her iki çalışma türü de, sözcük anlamı, sözdizim ve anlambilimsel süreçlerin ayrıksı doğası konusunda uzlaşmıştır.

Bu farklı alt-süreçlerin okumada oynadıkları role ilişkin oldukça fazla kuramsal bulanıklık vardır ve bu roller metnin doğası, kullanılan kültüre özgü sunuluş dizgesi, okumanın amacı ve bağlamı ve okuyucunun yeteneği ve eğitim düzeyine bağlı olarak değişebilmektedir. Bu nedenlerden dolayı, kavrama sırasındaki beyin etkinliği üzerine daha fazla ekolojik olarak geçerli çalışmaların yapılandırılması yararlı olacaktır. Gelecekte, bu çalışmalar, eğitim araştırmacılarından daha fazla katkı bekleyecektir.

Okuma Üzerine Eğitsel Sinirbilim Çalışmalarındaki Sorunlar

Sinirbilim Araştırmalarındaki Yöntemsel Sorunlar

Sinirbilimdeki son teknolojik ilerlemeler çok hızlı olmuştur ve bilişsel sinirbilim çalışmalarının sayısı üssel olarak artmıştır (Cabeza ve Nyberg, 2000). Yine de, görüntüleme çalışmalarının bulgularının büyük bölümü on yıldan daha yenidir ve dolayısıyla yinelenmemiştir.Toplu-çözümlemeler çok kısıtlıdır (Maisog, Einbinder, Flowers, Turkeltaub ve Eden, 2008). Teknolojik ilerlemelerin yeni olmasından dolayı, birçok beyin görüntüleme çalışmalarının başarısı yöntemlerin uygun bir şekilde kullanılmasına, araştırma tasarımına ve kendileri de birer araştırması nesnesi olan uygulamaların başarısı kadar olmaktadır. İlk bakışta, okuma eğitimi araştırmacıları bu tartışmaları anlaşılmayacak kadar teknik bulabilirler.

Eleştirilerin büyük bölümü, araştırma tasarımının ve yorumlama mantığının çevresinde yoğunlaşmaktadır. Gerekli ve yeterli koşullar, bağıntı ve nedensellik, güvenilirlik ve geçerlilik, kısıtlanmış değişkenler ve kısıtlanmamış değişkenler arasındaki farklar ve bunların döngülsel kullanımı gibi diğer yanıltmacalar üzerindeki tartışmalar okuryazarlık araştırmalarında görünen tartışmalardır. Okuryazarlık araştırmacıları bu bilindik motiflerin sinirbilim alanında da olduğunu göreceklerdir.

Vul, Harris, Winkielman ve Pashler (2009), son yıllarda ele alınan teknik ve yorumsal kaygılar arasında, beyin görüntüleme çalışmalarındaki bağıntılarının abartılmış olduğuna dikkati çekmişlerdir. Bennett, Wolford ve Miller (2009) beyin-davranış bağıntılarının güvenlirliğinin bağıntılandırılan davranış türüne göre büyük ölçüde değiştiğine dikkati çekmişler ve beyin görüntüleme çalışmalarının güvenilirliğine ilişkin diğer güçlükleri incelemişlerdir. Beyin görüntüleme tekniklerinde gereken koşullar arasındaki yüksek miktardaki hesaplamalar göz önünde bulundurulduğunda, çoklu karşılaştırma doğrulaması olması gerektiğine çok az vurgu yapılması bir sorun olarak gösterilebilir (Bennett, Baird, Miller ve Wolford, 2009). Daha farklı yöntemsel sorunların olduğu da ileri sürülmüştür (bkz. Brown, 2007; Oakes et al., 2007). Bütün bu sorunlar, eğitimcileri ve eğitim araştırmacılarını herhangi bir beyin araştırmasının bulgularını, özellikle de popüler basın-yayım organları yoluyla yayıldıklarında, belli bir okuma programı, yöntemi, politikası ya da kuramı için kesin kanıt olarak kabullenme konusunda uyanık olmalıdırlar.

Sinirbilim ve Okuma Araştırmalarını İlişkilendirme İçin Kavramsal Çerçeveler

Günümüzde, yavaş yavaş ortaya çıkan disiplinler arası sinirsel-bilişsel bakış açısı vardır ve bu bakış açısı öğrenme ve etkinliğe yönelik beyin, biliş, toplum ve kültür bakış açılarını birleştirmeyi amaçlamaktadır (Fischer, Bernstein ve Immordino-Yang, 2007; K. Hall, Goswami, Harrison, Ellis ve Soler, 2010; Varma et al, 2008). Sinirbilim araştırmaları, eğitsel süreçler üzerine araştırmalar ve öğrenme araştırmaları karşılıklı olarak birbirlerini bilgilendirebilir. Örneğin, sinirbilimdeki son gelişmeler doğrudan bilişsel eğitsel psikolojide uzun süredir var olan modellerle bağlantılıdır ve yeni kanıtlar ışığında bu modellerin kapsamlı bir çözümlenmesini kolaylaştırmaktadır.

Ne yazık ki, bilgisayar-beyin çerçevesi belki de popüler basın-yayım organlarında ve beyin-temelli eğitim malzemelerinde en çok çarpıtılan alanlardan biridir. Aynı zamanda, mekanik olmaktan çok organik, temsili olmaktan çok biyolojik olan ve öğrenmenin fizyolojik

bir gelişim olduğu çıkarımına dayanan ve kendi ekolojik belirsizliklerine tepki olarak gelişimlerini sürdüren organizmaların biyoekolojik dinamiklerinden güç alan alternatif bir çerçeve de ortaya çıkmaktadır(e.g., Mareschal et al, 2007).

Zaman içinde gerçekleşen karmaşık ve devingen etkilerin farkına varmak, okuryazarlık eğitimi araştırmalarıyla ve özellikle de toplumsal-kültürel çerçevedeki araştırmalarla ve yerleşik biliş modelleriyle yakından ilişkilidir. Diğer kuramsal modeller de olanaklıdır (bkz. Meltzoff, Kuhl, Movellan ve Sejnowski, 2009). Okuma üzerine eğitsel sinirbilim çalışmalarının göreceli olarak gelişmiş durumu göz önünde bulundurulduğunda, okuryazarlık eğitimi, biçimlendirilebilecek ve sinirbilimden beslenen yeni kuramsal çerçevelerin sınanması için ideal bir alandır.

İnceleme Konuları ve Çözümleme Düzeyi

Araştırmanın araştırılan konu hakkında olduğunu hatırlamak ayrıntılandırmaya gerek duymamaktadır, ancak bu temel gözlem bilişsel bilim ve sinirbilim araştırmacıları tarafından benzer biçimde vurgulanmaktadır (örneğin, Bruer, 1997; Hirsh-Pasek et al., 2007). Eğer, etkili sınıf uygulamaları için araştırma-temelli kanıtlara gereksinim varsa, ilk olarak etkili sınıf uygulamaları üzerine yapılan çok sayıda çalışmaya başvurulmalıdır. Eğer bu alandaki çalışmadan ya da bulguların götürdüğü sonuçlardan memnun kalınmazsa, bu alanın geliştirilmesi gerekir. Hangi alanın belli bir sorunla daha ilgili olduğuna ilişkin doğal bir hiyerarşi vardır ve sorunla ilgili araştırma alanı öncelikli alan olmalıdır. Öğrenmenin bilişsel ve toplumsal yönleri bir sonraki alan, bilişsel sinirbilim ve eğitsel sinirbilim ise daha uzak bir alan olmalıdır. Ancak, bu araştırma bakış açılarının hepsi birden konunun tam olarak anlaşılabilmesi için önemli olacaktır. Bütün bu farklı düzey çözümlemeler ve açıklamalar, okuryazarlık gelişimi için sınıf uygulamalarının nasıl iyileştirileceğine ilişkin bütünleşik bir anlayış içinde birbirlerini destekleyen rollere sahiptir. Biyoekolojik dizgelerin karmaşık yapısını araştırırken, nedenselliği tek bir düzeye indirgemek uygun değildir ve etkili eğitim uygulamalarıyla bağıntı kurmada yararlı olmayacaktır.

Okuma araştırmaları, bütünüyle ele alındığında, en basit soru olan “Hangi yöntem işler?” sorusuna verilen yanıtın öğrenci değişkenliğine, öğretmen etkililiğine, malzeme kaynaklarına, program hedeflerine ve diğer bağlamsal etmenlere bağlı olduğunu göstermiştir. Deneyimli öğretmenlerin de bildiği gibi, hiçbir yöntem sınıftaki her öğrenci için işlemeyecektir ve hiçbir şey her zaman herkes için işlemez. Bu durumda soru, ‘Belli

öğrenciler için, belli koşullarda, belli amaçlara yönelik olarak ve belli bağımlılıklarla hangi yöntem işler?' biçiminde yeniden oluşturulmalıdır. Ancak, sinirbilim, bu soruları eğitsel bir bağlamda incelemek için yöntemler sunmaktadır. Sinirbilimciler, öğrenmenin sinirdizgesel, sinir-hücrebilimsel, sinir-kimyasal ve sinir-genetik çözümleme düzeylerinde öğrenmenin nasıl gerçekleştiğine ilişkin bir anlayışa ulaşmaya çalışmaktadır. Bu çözümleme düzeylerinde öğrenme, genel öğrenme yasaları olarak adlandırılabilecek fizyolojik süreçlere dayanacaktır. Bu süreçlerin neler olduğunu keşfettikçe, fizyolojik düzlemdeki öğrenmenin farklı öğrenme bağlamları ve durumlarındaki durumunu karşılaştırabilmek için bunlardan yararlanılabilecektir. Sinirbilimin, toplumbilim kaynaklı bakış açılarının yerine geçmeyeceğinin farkında olmak önemlidir. Bunun yerine, sinirbilim eğitsel araştırmalardan elde edilen anlayışı tamamlayabilir.

Yan alanlardaki araştırmalar, bağdaşık bir biçimde sınıf ortamından elde edilen kanıtlara uygun bir şekilde kuramsallaştırıldığına, çok aydınlatıcı olabilir ve düşünme biçimlerimizi genişletmede ya da gözden geçirmede yardımcı olabilir (Alexander ve Fox, 2004). Okuma ve öğretimiyle bağıntılı olan sinirbilimsel süreçler ve gelişim hakkında daha fazla şey anlaşıldıkça okuma üzerine yapılan eğitsel sinirbilim çalışmaları yaşam boyu okuma eğitimine ilişkin kuramsal yapılarımızı etkileyecek ve dolayısıyla toplum söylemine ve politika oluşturma süreçlerine bilgi sağlayacaktır. Dolayısıyla, okuma araştırmacılarının sinirbilimler ve gelişimsel bilimlerin araştırma, felsefe ve kısıtlılıkları konusunda uzmanlaşmaları, toplumsal tartışmalara bilgi sağlamaya yardımcı olacaktır.

Biyoloji ve Karmaşıklık

Günümüz yaşam bilimler, gelişimsel süreçlere ilişkin, popüler genetik belirlenimciliğin ileri sürdüğü görüşlerden daha karmaşık bir anlayış sağlamıştır. Fizyolojik ve genetik eğilimler, çevreyle biyokimyasal, hücresel, dizgesel, organik ya da simgesel etkileşim yoluyla gerçekleşmektedir (Gottlieb, 2007). İnsan genomunda, bizi diğer türlerden ayıran oldukça kısıtlı sayıdaki gen göz önünde bulundurulduğuna, davranış ve öğrenme için gereken bilginin genomda kodlanmadığı, genomun tarihsel ve gelişimsel olarak işlev gördüğü çevre tarafından kodlandığı düşünülmektedir. Benzer bir durum uyumsal davranışlar için gereken varsayımsal bilgi sunuluşları için de geçerlidir (Clancey, 1997; Hendriks-Jansen, 1996).

Bu öngörü, sinirbilimin okuryazarlık için vaat ettiği şeylerin tam merkezinde yer almaktadır. Okuryazarlık eğiticileri çocukların beyinlerinin geliştiği bağlamlar yaratmakta ve öğrencilerin giderek artan biçimde daha fazla işlem gerektiren okuma görevlerini başarmalarını ve kavrama, anlama ve yaşam boyu öğrenme becerileri geliştirmelerini kolaylaştırmaktadır.

Okuma ve okuryazarlık gelişimi toplumsal, kültürel, biyolojik, bilişsel ve gelişimsel süreçler arasındaki ilişkileri kapsamaktadır. En uygun politika ve pedagojiyi oluşturmak için bütün bu araştırma yaklaşımlarını birleştirme gereksinimi, sinirbilimi okuma eğitimi ve okuyazarlık araştırmalarının geleneği içine çekmenin sonuçlarının etkili olacağı anlamına gelmektedir.

Sonuç

Okuma ve okuryazarlıkla ilişkili sinirbilim araştırmalarının incelendiği bu çalışmada, kod çözme ve kavrama ve bazı üst düzey okuma süreçlerinin sinirsel bağıntılarına ilişkin bulgular gözden geçirilmiştir. Ayrıca, sinirbilim ve okuryazarlık araştırmalarının disiplinler arası iletişime geçmesi için, sinirbilimin bazı yöntemsel ve kuramsal sorunları ayrıntılandırılmıştır. Bazı genel uyarılar ve hatalı varsayımlar tartışılmıştır. Sinirbilimin okuma süreçlerine, bu süreçlerin gelişimine ve bazı bozukluklarına ilişkin anlayışımızı genişletme yönündeki potansiyelinin güçlü olduğunun açıkça ortaya konulduğunu umut ediyoruz. Bu incelemenin alana ve okuryazarlık araştırmaları ve sinirbilim araştırmaları arasındaki disiplinler arası iletişimi güçleştiren sorunlara ilişkin yararlı bir genel bakış sunduğunu düşünüyoruz. İki alan arasındaki başarılı bir iletişim, okuryazarlık ve okuryazarlık öğretimi ve gelişimi alanındaki birçok soruya yardımcı olacaktır. Bilgili okuryazarlık eğitimi araştırmacıları kendilerini bu tür bir iletişime hazır hale getirene kadar, yaşam bilimlerinin eğitsel sorunları çözümlemedeki hedefe tam olarak ulaşıp ulaşmayacağı belirsizdir.

Kaynakça

Alexander, P. A., & Fox, E. (2004).A historical perspective on reading research and practice.In R.B. Ruddell & N.J. Unrau (Eds.), *Theoretical models and processes of reading* (5th ed., pp. 33-68). Newark, DE: International Reading Association.

Allington, R.L. (2008). *What really matters in Response to Intervention: Research-based designs.*New York: Allyn & Bacon.

Balass, M., Nelson, J.R., & Perfetti, C.A. (2010). Word learning: An ERP investigation of word experience effects on recognition and word processing. *Contemporary Educational Psychology,* 35(2), 126-140. doi:10.1016/j.cedpsych.2010.04.001

Beauchamp, M.S., Nath, A.R., & Pasalar, S. (2010). fMRI-guided transcranial magnetic stimulation reveals that the superior temporal sulcus is a cortical locus of the McGurk effect. *The Journal of Neuroscience,* 30(7), 2414-2417. doi:10.1523/JNEUROSCI.4865 -09.2010

Beaucousin, V., Lacheret, A., Turbelin, M., Morel, M., Mazoyer, B., & Tzourio-Mazoyer, N. (2007).FMRI study of emotional speech comprehension.*Cerebral Cortex, 17(2),* 339-352. doi:10.1093/ cercor/bhjl51

Beddington, J., Cooper, C.L., Field, J., Goswami, U., Huppert, FA., Jenkins, R., et al. (2008). The mental wealth of nations.*Nature, 455,* 1057-1060. doi:10.1038/4551057a

Bennett, CM., Baird, A.A., Miller, M.B., & Wolford, G.L. (2009). Neural correlates of interspecies perspective taking in the postmortem Atlantic salmon: An argument for multiple comparisons correction. *Prefrontal.org*.Retrieved November 26, 2010, from prefrontal.org/files/posters/Bennett-Salmon-2009.pdf

Bennett, CM.,& Miller, M.B. (2010). How reliable are the results from functional magnetic resonance imaging? *Annals of the New York Academy of Sciences, 1191,* 133-155. doi:10.1111/j.l749-6632 .2010.05446.x

Bennett, CM., Wolford, G.L., & Miller, M.B. (2009). The principled control of false positives in neuroimaging.*Social Cognitive and Affective Neuroscience,* 4(4), 417-422. doi:10.1093/scan/nsp053

Bed, M.M., Duke, E.S., Mayo, J., Rosenberger, L.R., Moore, E.N., VanMeter, J., et al. (2010).Functional anatomy of listening and reading comprehension during development.*Brain & Language,* 114(2), 115-125. doi:10.1016/j.bandl.2010.06.002

Binder, J.R., Desai, R.H., Graves, W.W., & Gonant, L.L. (2009). Where is the semantic system? A critical review and metaanalysis of 120 functional neuroimaging studies.*Cerebral Cortex,* 19(12), 2767-2796. doi:10.1093/cercor/bhp055

Binney, R.J., Embleton, K.V., Jefferies, E., Parker, G.J.M., & Ralph, M.A.L. (2010). The ventral and inferolateral aspects of the anterior temporal lobe are crucial in semantic memory: Evidence from a novel direct comparison of distortion-corrected fMRI, rTMS, and semantic dementia. *Cerebral Cortex,* 20(11), 2728-2738. doi: 10.1093/cercor/bhq019

Blau, V., Van Atteveldt, N., Formisano, E., Goebel, R., & Blomert, L. (2008). Task-irrelevant visual letters interact with the processing of speech sounds in heteromodal and unimodal cortex. *European Journal of Neuroscience, 28(3),* 500-509. doi:10.1111/j .1460-9568.2008.06350.X

Boulenger, V., Hauk, O., & Pulvermiiller, F. (2009).Grasping ideas with the motor system: Semantic somatotopy in idiom comprehension.*Cerebral Cortex,* 19(8), 1905-1914. doi:10.1093/cercor/ bhn217

Bozic, M., Marslen-Wilson, W.D., Stamatakis, E.A., Davis, M.H., & Tyler, L.K. (2007).Differentiating morphology, form, and meaning: Neural correlates of morphological complexity.*Journal of Cognitive Neuroscience,* 19(9), 1464-1475. doi:10.1162/jocn.2007 .19.9.1464

Brown, G.G. (2007). Functional magnetic resonance imaging in clinical practice: Look before you leap. *Neuropsychology Review,* 17(2), 103-106. doi:10.1007/sll065-007-9027-9

Bruer, J.T. (1997). Education and the brain: A bridge too far. *Educational Researcher,* 26(8), 4-16.

Brunswick, N., McCrory, E., Price, G.J., Frith, CD., & Frith, U. (1999). Explicit and implicit processing of words and pseudowords by adult developmental dyslexics: A search for Wernicke's Wortschatz. *Brain,* 122(10), 1901-1917. doi:10.1093/brain/122.10.1901

Cabeza, R., & Nyberg, L. (2000).Imaging cognition II: An empirical review of 275 PET and fMRI studies.*Journal of Cognitive Neuroscience,* 12(1), 1-47. doi:10.1162/08989290051137585

Gaplan, D. (2004). Functional neuroimaging studies of written sentence comprehension. *Scientific Studies of Reading, 8(3),* 225-240. doi:10.1207/sl532799xssr0803_3

Garreiras, M., Seghier, M.L., Baquero, S., Estevez, A., Lozano, A., Devlin, J.T, et al. (2009). An anatomical signature for literacy.*Nature, 461,* 983-986. doi:10.1038/nature08461

Cavanna, A.E., & Trimble, M.R. (2006). The precuneus: A review of its functional anatomy and behavioural correlates. *Brain, 129(3),* 564-583. doi:10.1093/brain/awl004

Glancey, W.J. (1997).*Situated cognition: On human knowledge and computer representations.*New York: Cambridge University Press.

Cohen, L., & Dehaene, S. (2004). Specialization within the ventral stream: The case for the visual word form area. *Neurolmage,* 22(1), 466-476. doi:10.1016/j.neuroimage.2003.12.049

Common Core State Standards Initiative.(2010a). *Common core state standards for English language arts and literacy in history/social studies, science, and technical subjects.*Retrieved June 1, 2010, from www.corestandards.org/assets/CGSSI_ELA%20Standards.pdf

Common Core State Standards Initiative. (2010b). *Common core state standards for English language arts and literacy in history/ social studies, science, and technical subjects: Appendix B: Text exemplars and sample performance tasks.* Retrieved June 1, 2010, fromwww.corestandards.org/assets/Appendix_B.pdf

Cooke, A., Grossman, M., DeVita, G., Gonzalez-Atavales, J., Moore, P., Chen, W, et al. (2006). Large-scale neural network for sentence processing.*Brain & Language,* 96(1), 14-36.

Cozolino, L. (2006). *The neuroscience of human relationships: Attachment and the developing social brain.* New York: WW Norton.

Csepe, V., Sziics, D., & Honbolygo, F. (2003).Number-word reading as challenging task in dyslexia?An ERP study.*International Journal of Psychophysiology,* 51(1), 69-83.

Dehaene, S. (2009).*Reading in the brain: The science and evolution of a human invention.* New York: Penguin.

Demonet, J., Thierry, G., & Gardebat, D. (2005). Renewal of the neurophysiology of language: Functional neuroimaging. *Physiological Reviews, 85,* 49-95. doi:10.1152/physrev.00049.2003

Dick, A.S., Goldin-Meadow, S., Hasson, U., Skipper, J.I., & Small, S.L. (2009). Go-speech gestures influence neural activity in brain regions associated with processing semantic information. *Human Brain Mapping,* 30(11), 3509-3526. doi:10.1002/hbm.20774

Dickinson, D.K., Golinkoff, R.M., & Hirsh-Pasek, K. (2010).Speaking out for language: Why language is central to reading development.*Educational Researcher,* 39(4), 305-310. doi:10 .3102/0013189X10370204

Eisenberg, N. (Ed.). (2006). *Handbook of child psychology. Vol. 3: Social, emotional, and personality development* (6th ed.). New York: John Wiley & Sons.

Ferstl, E.G., Neumann, J., Bogler, G, & von Cramon, D.Y. (2008). The extended language network: A meta-analysis of neuroimaging studies on text comprehension. *Human Brain Mapping,* 29(5), 581-593. doi:10.1002/hbm.20422

Ferstl, E.G., Rinck, M., & von Cramon, D.Y. (2005). Emotional and temporal aspects of situation model processing during text comprehension: An event-related fMRI study. *Journal of Cognitive Neuroscience,* 17(5), 724-739. doi:10.1162/0898929053747658

Fischer, K.W., Bernstein, J.H., & Immordino-Yang, M.H. (Eds.).(2007). *Mind, brain and education in reading disorders.*New York: Cambridge University Press.

Friederici, A.D. (2002). Towards a neural basis of auditory sentence processing.*Trends in Cognitive Sciences,* 6(2), 78-84.

Friederici, A.D., & Kotz, S.A. (2003). The brain basis of syntactic processes: Functional imaging and lesion studies. *Neurolmage, 20* (Suppl. 1), S8-S17.

Friederici, A.D., von Cramon, D.Y, & Kotz, S.A (1999). Language related brain potentials in patients with cortical and subcortical left hemisphere lesions. *Brain,* 122(6), 1033-1047.

Friederici, A.D., & Weissenborn, J. (2007).Mapping sentence form onto meaning: The syntax-semantic interface.*Brain Research, 1146,* 50-58. doi:10.1016/j.brainres.2006.08.038

Friese, U., Rutschmann, R., Raabe, M., & Schmalhofer, F. (2008). Neural indicators of inference processes in text comprehension: An event-related functional magnetic resonance imaging study. *Journal of Cognitive Neuroscience,* 20(11), 2110-2124. doi:10.1162/ jocn.2008.20141

Frishkoff, G.A., Perfetti, C.A., & Westbury, G (2009). ERP measures of partial semantic knowledge: Left temporal indices of skill differences and lexical quality. *Biological Psychology, 80(1),* 130-147. doi:10.1016/j.biopsycho.2008.04.017

Frith, U. (1985). Beneath the surface of developmental dyslexia. In K.E. Patterson, J.G Marshall, & M. Goltheart (Eds.), *Surface dyslexia: Neuropsychological and cognitive studies of phonological reading* (pp. 301-330). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Gazzaniga, M.S. (Ed.). (2010). *The cognitive neurosciences* (4th ed.). Cambridge, MA: MIT Press.

Gee, J.P. (2008). *Social linguistics and literacies: Ideology in Discourses* (3rd ed.). New York: Routledge.

Goswami, U. (2006). Neuroscience and education: From research to practice? *Nature Reviews Neuroscience, 7,* 406-413. doi:10.1038/ nrnl907

Goswami, U. (2009). Mind, brain, and literacy: Biomarkers as usable knowledge for education. *Mind, Brain, and Education,* 3(3), 176-184. doi:10.1111/j.l751-228X.2009.01068.x

Goswami, U., & Sziics, D. (in press). Educational neuroscience: —*■ Developmental mechanisms towards a conceptual framework. *Neurolmage.*

Gottlieb, G. (2007). Developmental neurobehavioral genetics: Development as explanation. In B.C. Jones & P. Mormede (Eds.), *Neurobehavioral genetics: Methods and applications* (2nd ed., pp. 17-27). Boca Raton, FL: CRG Press.

Hagood, M.G., Alvermann, D.E., & Heron-Hruby, A. (2010). Bring *it to class: Unpacking pop culture in literacy learning.* New York: Teachers College Press.

Hagoort, P. (2003). Interplay between syntax and semantics during sentence comprehension: ERP effects of combining syntactic and semantic violations. *Journal of Cognitive Neuroscience,* 15(6), 883-899. doi:10.1162/089892903322370807

Hagoort, P., Hald, L, Bastiaansen, M., & Petersson, K.M. (2004).Integration of word meaning and world knowledge in language comprehension.*Science,* 304(5669), 438-441. doi:10.1126/science .1095455

Hagoort, P., & van Berkum, J. (2007). Beyond the sentence given.*Philosophical Transactions of the Royal Society B,* 362(1481), 801-811. doi:10.1098/rstb.2007.2089

Hald, L.A., Bastiaansen, M.C., & Hagoort, P. (2006).EEGtheta and gamma responses to semantic violations in online sentence processing.*Brain & Language,* 96(1), 90-105.

Hall, K., Goswami, U., Harrison, C, Ellis, S., & Soler, J. (Eds.). (2010). *Interdisciplinary perspectives on learning to read: Culture, cognition and pedagogy.* New York: Routledge.

Hall, L.A., Burns, L.D., & Edwards, EG. (2011). *Empowering struggling readers: Practices for the middle grades.* New York: Guilford.

Havas, D.A., Glenberg, A.M., & Rinck, M. (2007).Emotion simulation during language comprehension.*Psychonomic Bulletin & Review, 14(3),* 436-441.

Heim, S. (2005). The structure and dynamics of normal language processing: Insights from neuroimaging. *Acta Neurobiologiae Experimentalis,* 65(1), 95-116.

Hendriks-Jansen, H. (1996). *Catching ourselves in the act: Situated activity, interactive emergence, evolution, and human thought.*Cambridge, MA: MIT Press.

Hirsh-Pasek, K., Bruer, J., Kuhl, P., Goldin-Meadow, S., Stern, E., Galles, N.S., et al. (2007).*The Santiago declaration.*Retrieved November 26, 2010, from www.jsmf.org/santiagodeclaration/

Hruby, G.G. (2009). Grounding reading comprehension theory in the neuroscience literatures.In S.E. Israel & G.G. Duffy (Eds.), *Handbook of research on reading comprehension* (pp. 189-223). New York: Routledge.

Huettel, S.A., Song, A.W., & McCarthy, G. (2009).*Functional magnetic resonance imaging* (2nd ed.). Sunderland, MA: Sinauer Associates.

Immordino-Yang, M.H., & Damasio, A. (2007). We feel, therefore we learn: The relevance of affective and social neuroscience to education. *Mind, Brain, and Education,* 1(1), 3-10. doi:10.1111/j .1751-228X.2007.00004.X

Kaan, E., Harris, A., Gibson, E., & Holcomb, P. (2000).The P600 as an index of syntactic integration difficulty.*Language and Cognitive Processes,* 15(2), 159-201.

Kuhl, P., & Rivera-Gaxiola, M. (2008).Neural substrates of language acquisition.*Annual Review of Neuroscience, 31,* 511-534. doi:10.1146/annurev.neuro.30.051606.094321

Kuperberg, G.R. (2007). Neural mechanisms of language comprehension: Challenges to syntax. *Brain Research, 1146,* 23-49. doi: 10.1016/j.brainres.2006.12.063

Kutas, M., VanPetten, C.K., &Kluender, R. (2006). Psycholinguistics electrified II (1994-2005). In MJ. Traxler & M.A. Gernsbacher (Eds.), *Handbook of psycholinguistics* (2nd ed., pp. 659-724). Burlington, MA: Academic.

Lesaux, N.K, & Kieffer, M.J. (2010).Exploring sources of reading comprehension difficulties among language minority learners and their classmates in early adolescence.*American Educational Research Journal,* 47(3), 596-632.

Lieberman, P. (2006). *Toward an evolutionary biology of language.*Cambridge, MA: Belknap Press.

Lillywhite, L.M., Saling, M.M., Demutska, A., Masterton, R., Farquharson, S., & Jackson, G.D. (2010).The neural architecture of discourse compression.*Neuropsychologia, 48(4),* 873-879. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2009.11.004

Luck, S.J. (2005).*An introduction to the event-related potential technique.*Cambridge, MA: MIT Press.

Maisog, J.M., Einbinder, E.R., Flowers, D.L., Turkeltaub, P.E., & Eden, G.F. (2008). A meta-analysis of functional neuroimaging studies of dyslexia. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1145,* 237-259. doi:10.1196/annals.l416.024

Mareschal, D.Johnson, M.H., Sirois, S., Spratling, M.W., Thomas, M.S.C., &Westermann, G. (2007). *Neuroconstructivism. Vol. 1: How the brain constructs cognition.* New York: Oxford University Press.

Marinkovic, K., Dhond, R.P, Dale, A.M., Glessner, M., Carr, V., & Halgren, E. (2003).Spatiotemporal dynamics of modality-specific and supramodal word processing.*Neuron,* 38(3), 487-497.doi:10.1016/S0896-6273(03)00197-l

Mashal, N., Faust, M., Hendler, T, & Jung-Beeman, M. (2009).An fMRI study of processing novel metaphoric sentences.*Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition, 14(1),* 30-54.

Mason, R.A., & Just, M.A. (2010).Differentiable cortical networks for inferences concerning people's intentions versus physical causality.*Human Brain Mapping, 32(2),* 313-329. doi:10.1002/ hbm.21021

Maurer, U., Brem, S., Bucher, K., & Brandeis, D. (2005). Emerging neurophysiological specialization for letter strings. *Journal of Cognitive Neuroscience,* 17(10), 1532 1552.doi:10.1162/0898929057 74597218

Maurer, U., Brem, S., Bucher, K., Kranz, F, Benz, R., Steinhausen, H., et al. (2007). Impaired tuning of a fast occipito-temporal response for print in dyslexic children learning to read.*Brain,* 130(12), 3200 3210. doi:10.1093/brain/awml93

Meltzoff, A.N., Kuhl, P.K., Movellan, J., & Sejnowski, T.J. (2009).Foundations for a new science of learning.*Science,* 325(5938), 284 288. doi:10.1126/science.H75626

Mody, M. (2004). Neurobiological correlates of language and reading impairments. In C.A. Stone, E.R. Silliman, B.J. Ehren, & K. Apel (Eds.), *Handbook of language and literacy: Development and disorders* (pp. 49-72). New York: Guilford.

Nevills, P., & Wolfe, P. (2009).*Building the reading brain, preK~3* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Corwin.

Niogi, S.N., & McCandliss, B.D. (2006). Left lateralized white matter microstructure accounts for individual differences in reading ability and disability. *Neuropsychologia, 44(11),* 2178-2188. doi:10 .1016/j.neuropsychologia.2006.01.011

Oakes, T.R., Fox, A.S., Johnstone, T, Chung, M.K., Kalin, N., & Davidson, R.J. (2007).Integrating VBM into the general linear model with voxelwise anatomical covariates.*Neurolmage, 34(2),* 500-508. doi:10.1016/j.neuroimage.2006.10.007

Osterhout, L., Kim, A., & Kuperberg, G. (2006).*The neurobiology of sentence comprehension.*Unpublished manuscript, University of Washington, Seattle; Tufts University, Medford, MA; Massachusetts General Hospital, Boston. Retrieved May 9, 2009, from psych.colorado.edu/~aakim/osterhout_handbook_of_psycholinguistics_chapter_v2.pdf

Patterson, K., Nestor, P.J., & Rogers, T.T. (2007). Where do you know what you know? The representation of semantic knowledge in the human brain.*Nature Reviews Neuroscience, 8,* 976-987. doi: 10.1038/nrn2277

Perfetti, C.A., & Bolger, DJ. (2004). The brain might read that way. *Scientific Studies of Reading,* 8(3), 293-304.

Perfetti, C.A., & Frishkoff, G.A. (2008).The neural bases of text and discourse processing.In B. Stemmer & H.A. Whitaker (Eds.), *Handbook of the neuroscience of language* (pp. 165-174). Burlington, MA: Academic.

Perfetti, C.A., & Hart, L. (2002).The lexical quality hypothesis.In L. Verhoeven, C. Elbro, & P. Reitsma (Eds.), *Precursors of functional literacy* (pp. 189-213). Philadelphia: John Benjamins.

Price, C.J., & Devlin, J.T. (2003). The myth of the visual word form area. *Neurolmage,* 19(3), 473-481. doi:10.1016/Sl053-8119(03) 00084-3

Price, C.J., Gorno-Tempini, M.L., Graham, K.S., Biggio, N., Mechelli, A., Patterson, K., et al. (2003). Normal and pathological reading: Converging data from lesion and imaging studies. *Neurolmage,* 20(Suppl. 1), S30-S41. doi:10.1016/j.neuroimage .2003.09.012

Price, G.J., & McCrory, E. (2005). Functional brain imaging studies of skilled reading and developmental dyslexia. In MJ. Snowling & G. Hulme (Eds.), *The science of reading: A handbook* (pp. 473-496). Maiden, MA: Blackwell.

Price, G.J., & Mechelli, A. (2005).Reading and reading disturbance.*Current Opinion in Neurobiology,* 15(2), 231-238.

Pugh, K. (2006). A neurocognitive overview of reading acquisition and dyslexia across languages.*Developmental Science,* 9(5), 448-450.

Raizada, R.D.S., Richards, T.L., Meltzoff, A., &Kuhl, P.K. (2008). Socioeconomic status predicts hemispheric specialisation of the left inferior frontal gyrus in young children. *Neurolmage,* 40(3), 1392-1401. doi:10.1016/j.neuroimage.2008.01.021

Rimrodt, S.L., Clements-Stephens, A.M., Pugh, K.R., Gortney, S.M., Gaur, P., Pekar, J.J., et al. (2009). Functional MRI of sentence comprehension in children with dyslexia: Beyond word recognition. *Cerebral Cortex,* 29(2), 402-413. doi:10.1093/cercor/ bhn092

Rogalsky, G, Matchin, W., & Hickok, G. (2008). Broca's area, sentence comprehension, and working memory: An fMRI study. *Frontiers in Human Neuroscience, 2*.doi:10.3389/neuro.09.014.2008

Ross, E.D. (2010). Cerebral localization of functions and the neurology of language: Fact versus fiction or is it something else? *The Neuroscientist,* 26(3), 222-243.

Ruddell, R.B., &Unrau, N.J. (Eds.). (2004). *Theoretical models and processes of reading* (5th ed.). Newark, DE: International Reading Association.

Rumsey, J.M., Horwitz, B., Donohue, B.C., Nace, K., Maisog, J.M., & Andreason, P. (1997). Phonological and orthographic components of word recognition: A PET-rCBF study. *Brain,* 220(5), 739-759. doi:10.1093/brain/120.5.739

Sakai, K.L., Noguchi, Y., Takeuchi, T., & Watanabe, E. (2002).Selective priming of syntactic processing by event-related transcranial magnetic stimulation of Broca's area.*Neuron,* 35(6), 1177-1182.

Sauseng, P., Bergmann, J., & Wimmer, H. (2004). When does the brain register deviances from standard word spellings? An ERP study.*Cognitive Brain Research,* 20(3), 529-532. doi:10.1016/j .cogbrainres.2004.04.008

Schore, A.N. (1994). *Affect regulation and the origin of the self: The neurobiology of emotional development.* Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Segalowitz, S.J., & Zheng, X. (2009). An ERP study of category priming: Evidence of early lexical semantic access. *Biological Psychology, 80(1),* 122-129. doi:10.1016/j.biopsycho.2008.04.009

Sesma, H.W., Mahone, E.M., Levine, T, Eason, S.H., & Gutting, L.E. (2009).The contribution of executive skills to reading comprehension.*Child Neuropsychology,* 25(3), 232-246. doi:10 .1080/09297040802220029

Shaywitz, B.A., Shaywitz, S.E., Pugh, K.R, Mencl, W.E., Fulbright, R.K., Skudlarski, P., et al. (2002). Disruption of posterior brain systems for reading in children with developmental dyslexia.*Biological Psychiatry,* 52(2), 101-110. doi:10.1016/S0006-3223(02)01365-3

Shaywitz, S. (2003).*Overcoming dyslexia: A new and complete science-based program for reading problems at any level.*New York: Alfred A. Knopf.

Simos, P.G., Fletcher, J.M., Sarkari, S., Billingsley, R.L., Francis, D.J., Castillo, E.M., et al. (2005). Early development of neuro-physiological processes involved in normal reading and reading disability: A magnetic source imaging study. *Neuropsychology,* 29(6), 787-798. doi:10.1037/0894-4105.19.6.787

Speer, N.K., Reynolds, J.R., Swallow, K.M., & Zacks, J.M. (2009). Reading stories activates neural representations of visual and motor experiences. *Psychological Science,* 20(8), 989-999. doi:10 .1111/J.1467-9280.2009.02397.X

Sziics, D., & Goswami, U. (2007). Educational neuroscience: Defining a new discipline for the study of mental representations. *Mind, Brain, and Education,* 2(3), 114-127.

Turkeltaub, P.E., Gareau, L., Flowers, D.L., Zeffiro, T.A., & Eden, G.F. (2003).Development of neural mechanisms for reading.*Nature Neuroscience,* 6, 767-773. doi:10.1038/nnl065

van Berkum, J., Hagoort, P., & Brown, G. (1999). Semantic integration in sentences and discourse: Evidence from the N400. *Journal of Cognitive Neuroscience,* 22(6), 657-671.

Varma, S., McCandliss, B.D., & Schwartz, D.L. (2008).Scientific and pragmatic challenges for bridging education and neuroscience.*Educational Researcher,* 37(3), 140-152. doi:10.3102/0013189 X08317687

Vul, E., Harris, G, Winkielman, P., &Pashler, H. (2009).Puzzlingly high correlations in fMRI studies of emotion, personality, and social cognition.*Perspectives on Psychological Science,* 4(3), 274-290.doi:10.1111/j.l745-6924.2009.01125.x

Whitney, G, Huber, W., Klann, J., Weis, S., Krach, S., & Kircher, T. (2009). Neural correlates of narrative shifts during auditory story comprehension. *Neurolmage,* 47(1), 360-366. doi:10.1016/j .neuroimage.2009.04.037

Willems, R.M., Hagoort, P., & Casasanto, D. (2010). Body-specific representations of action verbs: Neural evidence from right-and left-handers. *Psychological Science,* 22(1), 67-74. doi:10 .1177/0956797609354072

Willingham, D.T., & Lloyd, J.W (2007). How educational theories can use neuroscientific data. *Mind, Brain, and Education,* 2(3), 140-149. doi:10.1111/j.l751-228X.2007.00014.x

Willis, J. (2007). Which brain research can educators trust? *Phi Delta Kappan, 88(9),* 697-699.

Yarkoni, T, Speer, N.K., & Zacks, J.M. (2008).Neural substrates of narrative comprehension and memory.*Neurolmage,* 42(4), 1408-1425. doi:10.1016/j.neuroimage.2008.03.062

Yeatman, J.D., Ben-Shachar, M., Glover, G.H., & Feldman, H.M. (2010). Individual differences in auditory sentence comprehension in children: An exploratory event-related functional magnet resonance imaging investigation. *Brain & Language, 114(2),* 72-79.