

7. Az olvasás rendszere, fejlődése és modelljei

Csépe Valéria

Mindenki tudja, mi az olvasás. Ehhez hasonló mondatot („Mindenki tudja, mi a figyelem”) fogalmazott meg William James, a pszichológia tudományos megalapozásának atyja még a 19. század végén. Ennek ellenére a 21. századi pszichológia és társ-tudományai, köztük a kognitív idegtudomány, ma is a figyelmi rendszer jellemzőit, törvényszerűségeit, típusait, pszichológiai és agyi mechanizmusait kutatják. Ezért talán az sem meglepő, hogy nemcsak a két mondat hasonló, hanem az is, hogy az olvasással kapcsolatban legalább annyi feltárni valónk van ma, mint a figyelmi rendszer esetében.

Ebben a fejezetben az olvasás tudományos megismerésének mérföldköveit bemutatva sorakoztatjuk fel az olvasás vizsgálatának a különböző tudományterületek által követett útjait, s kísérletet teszünk a pszichológia és határterületei (pl. pszicholingvisztika, neuropszichológia), valamint az idegtudomány jelenlegi ismereteinek integrációjára. Bemutatjuk, hogy melyek azok az alapvető kognitív agyi rendszerek és folyamatok, amelyekre az olvasás támaszkodik, s miként befolyásol(hat)ja a nyelvi rendszer fejlettsége az olvasást és az olvasás fejlődését. Fejezetünket azokkal a modellekkel kezdjük, amelyek – bár az egyes tudományterületeken mást és más hangsúllyal kezelnek – az olvasás empirikus vizsgálatának elméleti keretét adják.

Az olvasás elméletei és modelljei

Az olvasás folyamatáról szóló elméletekben legalább két jellegzetes szemléletváltás figyelhető meg. Az első a hagyományos és a kognitív megközelítés közötti váltás, a második pedig a kognitívtól a metakognitív nézőpont felé történő eltolódás. A hagyományos szemlélet középpontjában évtizedekig a szöveg nyomtatott formája és annak tulajdonságai álltak, s a kognitív szemlélet megjelenésével erősödött csak fel az úgynevezett alapismeretek (előzetes tudás, a szöveg témájához kapcsolódó ismeretek stb.) szerepe. Ezzel szinte egyidejűleg felértékelődött azoknak a kontroll- és műveleti funkcióknak a szerepe, amelyekre az olvasó támaszkodhat, s ezzel teret nyert az a

metakognitív megközelítés, amely napjainkban már jelentős szakirodalomra támaszkodhat. Mielőtt tehát részletesen is sorra vennénk az olvasás folyamatait, fő tényezőit, sorra vesszük e három nézőpont hatását.

Szemléletváltás az elméletekben

Az olvasás hagyományos megközelítése

A hagyományos szemléletben az olvasás hierarchikus modelljei összegződnek. Ennek lényege, hogy a kezdő olvasó (a kognitív pszichológia egyik mai irányzata erre inkább a *naiv olvasó* kifejezést használja) olyan hierarchikus rendben egymásra épülő készségeket sajátít el, amelyeknek szekvenciája a szövegértést szolgálja (Dole et al. 1991). Az ezen készségek birtokában lévő olvasót a hagyományos megközelítés olyan gyakorlott olvasónak (ma a „naiv” párjaként leginkább „szakértő olvasónak”) tekintti, aki bármit megért, amit olvas. Arra, hogy ez valóban így van-e, a fejezet későbbi részében visszatérünk. A hagyományos olvasáselméletekben az olvasó a szövegben közölt információ passzív befogadója. Ebben a megközelítésben a jelentés szerepe igen egyszerű; a jelentés maga a szövegben található, s az olvasó feladata ennek a reprodukálása. Ebben a leegyszerűsített megközelítésben az olvasás alapvetően az írott szimbólumok átkódolása hangzó megfelelőikbe, s ezen keresztül a szöveg jelentésének megalkotása. Az olvasásnak ez a pedagógiai megközelítést hosszú ideig erősen befolyásoló felfogása adatvezérelt, azaz *bottom-up* (Nunan 1991). Ennél erősebben fogalmaz McCarthy (1999), amikor ezt a felfogást kintről befelé, azaz *outside-in* folyamatnak nevezve azt kifogásolja, hogy ebben a felfogásban a jelentés helye valójában maga a nyomtatott szöveg, az olvasó ezt értelmezi, majd beépíti.

Az olvasás hagyományos elméleteinek kritikái két lényeges szempontot emelnek ki: (1) a magyarázatba bevont feldolgozási folyamatok nem elégségesek, (2) az olvasás értelmezése leegyszerűsített, a nyelv formális tulajdonságaira, a szavakra és a szerkezetre korlátozódik. Bár igaz, hogy ezek az elméletek túlértékelik a nyelvi szerkezetek szerepét, érdemes figyelembe vennünk, hogy a nyelvi sajátosságokra vonatkozó tudás a szövegértés egyik szükséges összetevője. Talán ennek az ellentmondásnak is köszönhető a kognitív megközelítés gyors térhódítása.

Az olvasás kognitív megközelítése

A kognitív szemlélet megjelenése az olvasás elméleteiben magával hozza a felülről vezérelt vagy koncepcióvezérelt (*top-down*) modell áttörését. Valóban, az olvasás elterjedten használt pszicholingvisztikai modellje pontosan megfelel a kognitív pszichológia *top-down* modelljének (Dubin–Bycina 1991). Az olvasás pszicholingvisztikai kitalálás játékként (*psycholinguistic guessing game*) történő értelmezésének (Goodman 1967) lényege, hogy az olvasó a szövegből mintákat véve hipotézist állít fel, ezt

megerősíti vagy elveti, új hipotézist felállítva, s mindezt ismétli a szövegolvasás során. Alapos fordulat ez, amelynek eredményeként itt elsősorban az olvasó és nem a szöveg áll az olvasási folyamat középpontjában.

A kognitív szemlélethez illeszkedve, ám egyben minőségileg is újat hozva jelenik meg az olvasás sémaelmélete. Rumelhart (1977) megfogalmazása szerint a sémák a kognitív rendszernek olyan építőkövei, amelyeket egyaránt használunk a szenzoros adatok értelmezési folyamatában, az emlékezeti előhívásban, a célok és részcélok szervezésében, a feldolgozás során a forrás hozzárendelésében és a feldolgozórendszer folyamatainak irányításában. Az olvasás sémaelméletének egyik alaptétele, hogy a séma nem teljes és nem teszi lehetővé a szövegben rendelkezésre álló, beérkező adatok megértését, a szöveg feldolgozása és megértése sérül. A kognitív elméletek s a kurrens pszicholingvisztikai elméletek is kiemelik az **olvasás interaktív** és a **szövegértés konstruktív** természetének fontosságát. Valamennyi modell megegyezik abban is, hogy az előzetes tudásnak az olvasásban fontos szerepe van, jóllehet azokat a rugalmas és adaptív stratégiákat, amelyek szerepet játszanak a szöveg feldolgozásában, eltérően értelmezik (bővebben l. a 6. fejezetben).

Az olvasás metakognitív felfogása

Az olvasás legfőbb irányzataiból mára olyan uralkodó modellek nőttek ki, amelyeknek egyike sem vitatja, hogy az olvasás egyszerre adatvezérelt (*bottom-up*), azaz a nyelvi folyamatokra alapozó, és tudásra épülő, azaz felülről vezérelt (*top-down*) folyamat. Az alapismeretek vagy az úgynevezett előzetes tudás szerepét sem vitatja senki, legyen szó akár egy-, akár kétnyelvűekről. A gyakorlat szempontjából is fontos változást annak a kontrollnak az értelmezése hozott, amely az olvasó különböző képességeinek és készségeinek a szövegértésbe történő bevonására irányul. Ez a kontroll az, amit metakogníciónak (Block 1992) nevezünk. A **metakogníció** Klein et al. (1991) szerint az olvasónak az olvasás részfolyamatairól való tudása, azaz mindaz a tudatosan hozzáférhető ismeret, amelyre az olvasói stratégia támaszkodik. Ez magában foglalja az olvasás céljának, valamint a szöveg formájának és típusának azonosítását, a szövegjellemzők elemzését, a topikmondat azonosítását, s az ehhez kapcsolódó részletek bevonását az értelmezésbe. Az olvasási stratégia része a szövegíró céljának projekciója, a kiemelés, a pártázás és a részletekre kitérő olvasás, s a szövegfolytatásnak az olvasottakra, az előzetes tudásra, s az olvasás során korábban levont következtetésekre épülő előrejelzése. Valójában tehát az olvasás metakognitív elméletei a kognitív architektúra egészét tekintve az értő olvasás feltételének tekintik (a) a rész és egész viszonyának osztályozáson és szakaszokra bontáson keresztül vezető megalkotását, (b) az ok-okozat összevetését és meghatározását, (c) s ezekre építve az összegzést, a hipotézisalkotást, a predikciót, a rész- és végkövetkeztetést. Mindebből az következik, hogy az olvasásról sokféle értelemben beszélhetünk, éppen ezért minden további

elméletnél és modellnél jelezni fogjuk, hogy az az olvasás egészének melyik szintjéről szól, milyen irányzathoz tartozik, s a jelentés feldolgozását milyen adatokra építve értelmezi, azaz szó-, mondat- vagy szövegszintű feldolgozást kíván-e értelmezni, magyarázni.

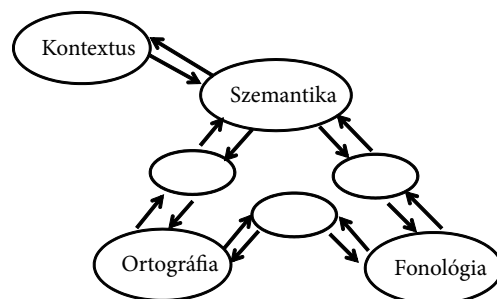
Olvasásmodellek

Az olvasással foglalkozó pszicholingvisztikai szakirodalomban az új olvasási modellek a hetvenes évek második felében jelennek meg. Az egyik fő irány őse Goodman (1967) *guessing game* elmélete, a másiké Morton (1969) kétutas modellje. Az elméletek azonban nem csupán ebből a szempontból különböznek, hanem abban is, hogy melyik elméleti irányt (adatvezérelt, koncepció-vezérelt, interaktív) követik, illetve milyen szemléletűek, azaz kognitívak-e, vagy a kognitív funkciókat konnekcionista felfogásban értelmezik.

Konnekcionista modellek

A korai modell – Az eredeti modellben (Seidenberg–McClelland 1989) két funkciónak, a vizuális szófelismerésnek és az olvasottak kiejtésének viszonya áll a magyarázandó folyamat középpontjában. A modell a párhuzamos elosztott feldolgozás elvére, azaz a neurális hálózatmodellre (Rumelhart et al. 1986) épít, amely jelentős hatást gyakorolt a kognitív modellekre. A konnekcionizmusról itt csupán annyit érdemes megjegyeznünk, hogy ez a megközelítés a mentális folyamatokat és a viselkedést egyszerű egységekből álló hálózatok egymáshoz kapcsolt, elsősorban párhuzamos s kevésbé szekvenciális működéséből fakadó jelenségként értelmezi. Seidenberg és McClelland modellje ortográfiai és fonológiai egységekből összeálló három rétegből és egy köztes, „rejtett” egységből áll, amely közvetítő funkciójú, s produkciós kimenete nincs. A szerzők célja az olvasás és a lexikális döntések egy olyan „minimális modelljének” a létrehozása, amelyben alig valami rögzített, azaz a legtöbb feldolgozó struktúra tanulás útján alakul ki. A modell legfontosabb vonása, hogy a bemeneti kategóriáktól függően eltérő feldolgozás többféle útjához kötné az ortográfiai–fonológiai megfeleltetést, egyetlen folyamathoz rendeli a szabályos, a szabálytalan és az értelmetlen szavak kiolvasását.

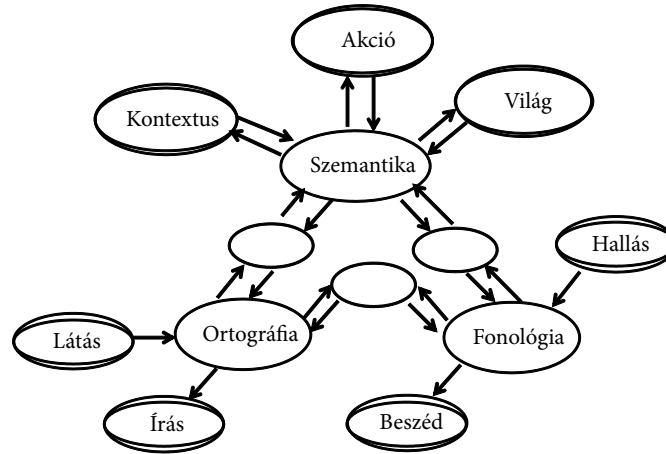
A korai modell (Seidenberg–McClelland 1989) folyamatábrája rendkívül egyszerű, a feldolgozási csomópontokat alkotó rétegek szerveződésének alapelemeit az ortográfiai, a fonológiai és a rejtett egységek alkotják benne. Az ezekből álló rétegekben, amint a 7.1. ábrán jól látható, a fókusz az ortográfiai és a fonológiai számításokon van, ám a folyamatábrán már itt – jóllehet kidolgozatlanul, s külön végpontot alkotva – megjelenik a szemantikai feldolgozás egyik összetevője, a kontextus.



7.1. ábra. A konnekcionista olvasásmodell korai változata (magyarázat a szövegben)

A továbbfejlesztett modellek A későbbi modell (Harm–Seidenberg 2004), amelynek középpontjában a szemantikai feldolgozást segítő számítások állnak, a 7.1. ábrán bemutatott architektúrát fejleszti tovább. A 7.2. ábrán bemutatott modell a szerzők, mindenekelőtt Mark Seidenberg 2004 és 2006 között kialakított felfogását tükrözi (l. Seidenberg 2007). Itt megjelenik egy újabb komputációs szint, amelyben a tágabb értelemben vett szemantika részét alkotja a kontextus, a cselekvés, s a világról való tudás. A modellben nincs az ismert szavaknak különálló lexikonja, a feldolgozás során végzett számítások alapja a graféma–fonéma megfelelésről szerzett tapasztalat, tanulás, s nincs a kiejtési szabályoknak semmilyen feldolgozási egysége. Az egységek közötti kapcsolat súlyozásával változik az aktiváció terjedése, a random súlyok visszaható terjedése pedig a kimenet korrekcióját szolgálja. A betűk adott együttese az ortográfiai egységet, a fonémáké a fonológiai egységet aktiválja, a rejtett egységek a két reprezentációs egység között közvetítenek. Míg a korai modell csak egy szótagú szavak olvasását tudta megragadni, a későbbi, úgynevezett CDP (*connectionist dual process*) modell (Perry et al. 2006; 2010) már több szótagú szavakra alkalmazható, jóllehet ez sem tudja kezelni a szóhangsúlyt vagy az előfeszítési hatást.

A modellben a szemantika azoknak a rejtett egységeknek a hálózata, amelyek az észlelés és cselekvés mediátorai, valamint feltehetően egy másfajta úton történő közvetítés ezek és a világról való tudás között. Ugyanígy a 2. ábrán bemutatott modellben a fonológia azoknak a rejtett egységeknek a hálózata, amelyek a hallás és a beszédhangok produkciója között, az ortográfia pedig azoké, amelyek a látás és írás között közvetítenek. A rejtett egységek reprezentációjának megértéséhez fontos tudnunk, hogy itt a reprezentáció jelentése nem egyezik az elterjedt olvasáselméletekben hivatkozott vonáslapú reprezentációéval. A reprezentációnak ez a felfogása már nem esik messze az olvasás agyi reprezentációjának értelmezésétől. Nem véletlen tehát, hogy mára a konnekcionisták érdeklődési körében és a modell továbbfejlesztésében is megjelent az agykutatási adatok elemzése. A vizuális szóforma felismerő területről (l. később) kimutatták például, hogy nem érzékeny a betűk nagyságára, betűtípusára,

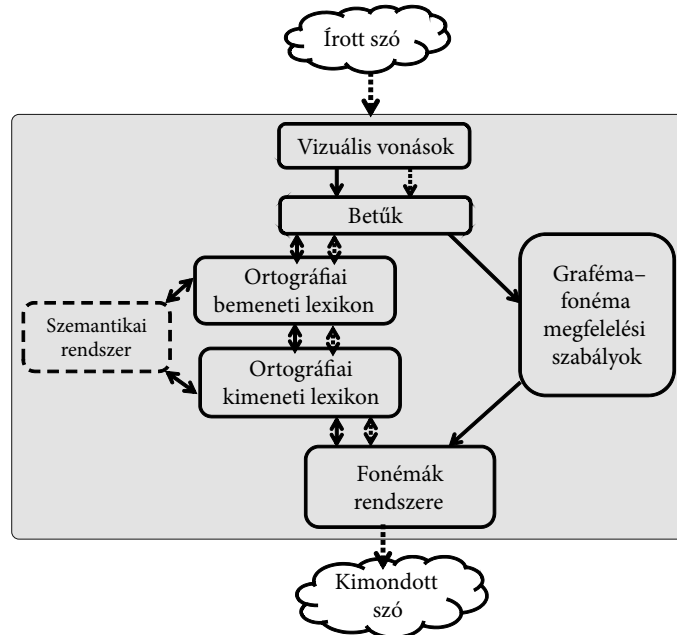


7.2. ábra. A konnekcionista olvasásmodell 2004-es bővített változata

írásmódjára (McCandliss et al. 2003), ugyanakkor nem korlátozódik az ortográfiai feldolgozásra, hiszen a szavak fonológiai tulajdonságai is befolyásolják az aktivitását (Sandak et al. 2004). Mindez funkciójában hasonlóságot mutat a konnekcionista modell rejtett egységeivel, azaz a vizuális és ortográfiai kód közötti közvetítő funkció biológiai valóság.

A CDP modell A hangos olvasás **konnekcionista kettős feldolgozási** modellje (CDP) a kétutas modellek architektúrájából kiinduló neurális hálózatmodell (bővebben l. Zorzi 2010). A többi konnekcionista modelltől eltér abban, hogy megkülönbözteti a lexikai és nem lexikai feldolgozást, mégpedig úgy, hogy a két neurális hálózat számítási tulajdonságai mások. A direkt útvonal, azaz a betű–hang útvonal egy kétrétegű, azaz rejtett egységek nélküli fonológiai hálózat vagy együttes (*TLA: two-layer assembly*), amelyben visszaható aktiváció nincs. Ez utóbbi helyett a modell a delta szabálytanulási eljárást használja, amely leginkább a pszichológiában jól ismert klasszikus kondicionálási törvényhez hasonlítható. A CDP modell sikerének egyik valószínű oka, hogy az olvasáskutatás empirikus adatai közül számosat előrejelezni képes, ilyen a gyakorlott hangos olvasás, az olvasástanulás és az olvasási zavarok egyes típusai (pl. diszlexia).

A kétutas kaszkád [DRC] modell A modern és mára széles körben elterjedt kétutas olvasásmodellek, illetve kétutas kaszkád (*DRC: dual route cascade*) modellek kiindulópontja Coltheart és Rastle (1994; Rastle–Coltheart 1998) elmélete. Ennek lényege, hogy az olvasás során két lehetséges feldolgozási út járható; a bemenettől (írott szavak) a kimenetig (kimondott szavak) direkt vagy indirekt úton juthat el a feldolgozó rendszer. A DRC modell, eltérően a konnekcionistákétól, merev kognitív struktúrárt



7.3. ábra. A népszerű kétutas Coltheart-modell

feltételez, amelyet két útvonal alkot. Az egyik az indirekt, fonológiai vagy graféma-fonéma megfeleltetési, a másik a direkt vagy lexikai, nem szemantikai út, s mindkettő jelentéssel bíró egységek (betűk, betűtulajdonságok, beszédhangok, szavak) interakcióit magában foglaló szinteken halad át. A 7.3. ábra a Coltheart-modell két alapútvonalát mutatja be, kiegészítve a feldolgozó egységek interakcióival.

Az olvasáskutatásban napjaink egyik legnépszerűbb kognitív pszicholingvisztikai modellje a DRC modell. Ezt többek között annak köszönheti, hogy több ezer szóból álló lexikkal rendelkezik, amelynek hangos kiolvasása már a modell első bemutatásakor igen sikeres volt. A DRC a két olvasási út változtatásával modellezni képes a diszlexia jellegzetes típusait, sőt létrehozható vele akár a Stroop-hatás is.

7.1. táblázat. Az olvasás két útjának összehasonlítása

	Fonológiai	Lexikai
Az írott egységek megfelelője	fonémák	jelentés
A fonológiai feldolgozás	direkt	másodlagos hozzáférés
Az átalakítás alapja	mentális szabályok	mentális lexikon egységei
Az átalakítás módja	megfeleltetési szabályon át	direkt megfeleltetés
Dekódolni tud	minden új kombinációt	csak ismerős kombinációt
Az olvasás sikeres	minden szóra	ismert, gyakori szavakra

Végül, összefoglalásként, a 7.1. táblázat összehasonlítja azt a két olvasási utat, amelynek működésére nem csupán az olvasáskutatás viselkedéses adatai utalnak, hanem amelyet az olvasás agyi folyamatait kutató idegtudomány eredményei is alátámasztanak (l. később).

Az olvasástanulás elméletei és modelljei

Szintmodellek

Az 1980-as évek nagyhatású olvasásmodellje (Marsh et al. 1981) szerint az olvasástanulás meghatározóan négy szakaszra tagolható (a modell a *szint* kifejezést használja, ám a 'szakasz' értelmében magyarázza), s ezek minőségben eltérő működéssel jellemezhetők. A szakaszok megnevezésében és az ezeket jellemző műveletek leírásában felfedezhető az angol olvasástanítás gyakorlatának és három évtizeddel ezelőtti elméleti alapjainak a hatása.

1. A „nézd és mondd” szakaszt (a szóforma egészéhez kapcsolódik a jelentés) az jellemzi, hogy a gyerekek a szavak egy kisebb csoportjának írott alakját felismerik és a szó jelentésével összekapcsolják. A betű–hang összekapcsolás ekkor még nem alakult ki, ami nem meglepő, hiszen az angol s ekkorra már a magyar olvasástanítás is az egész szavas (szóképes) olvasással kezdi a tanítást, a hang–betű szabály formális tanítása később kezdődik. A betűzó olvasásnak előfeltételei adottak, ám a dekódolás nem működik, hiszen ismeretlen szavakat nem tudnak olvasni, s a szöveg, valamint annak kontextusa (pl. illusztrációk) alapján kialakult elvárás szerint találgatnak.
2. A kapcsolatok diszkriminációján alapuló találgatás szakaszában az ismert szóalakok száma nő, az új szavak felismerése is erre épül, azaz a szóalak vizuális ismerőssége és diszkriminatív jegyei a kontextussal együtt határozzák meg a végeredményt.
3. A szekvenciális dekódolás szakaszában – amelynek előfeltétele a stabil hang–betű kapcsolat elsajátítása – válik lehetővé a kód irányából induló feldolgozás, azaz a betű–hang megfeleltetés. Ekkor alakul ki az a technika, amely a megfeleltetési szabály ismeretében bármely szó kiolvasását, illetve helyes kiolvasását lehetővé teszi.
4. A graféma–fonéma megfeleltetés szakasza ismét erős összefüggést mutat a modellben képviselt nyelv (az angol) ortográfiája és a modellalkotás idejében elterjedt olvasástanítási gyakorlat között; ekkor már nemcsak a hang–betű / betű–hang szabály ismert, hanem a betűkombinációk ejtési szabályai is, s ezeket az ismeretlen szavak esetében is alkalmazni tudják a gyerekek.

Bár a klasszikus Marsh-modellnek számos változata született (ezekre itt nem térünk ki), általános, azaz valamennyi alfabetikus nyelvre való alkalmazhatóságuk legnagyobb akadálya az, hogy kiindulópontjuk a mély ortográfiájú angol nyelv és a hetvenes évek második felétől elterjedten használt globális olvasástanítási módszer.

A szintmodellek másik nagy problémája, hogy egyikük sem fejlődési modell, az olvasás fejlődési szakaszait, szintjeit a gyakorlott olvasás leíró szinten kezelt jellemzőiből vezetik le.

Útmodellek

Az útmodellek a szintmodellek megjelenésével párhuzamosan váltak népszerűvé. Ezekben jelent meg először nagyobb súllyal a kiolvasás alaptechnikája, a kódolás–dekódolás mellett a szószintű megértés „direkt” útja. A klasszikus Morton-modell ugyan jóval korábban keletkezett, mint az angol nyelvterületen igen kedvelt, s a kilencvenes évekre igazán beérő Temple-féle fejlődési modell, mindkettő azonos időszakban határozta meg a legerőteljesebben az olvasással foglalkozók gondolkodását. Morton eredeti modellje (1969) szerint a szavak hangos, értő olvasásának kétféle útja van:

1. A teljes szóalak alapján, direkt úton olvasunk, s értjük meg a szavakat, ezt nevezi a modell szemantikai útnak.
2. A szavakat egységekre (szótagok, betűk, betűkombinációk) bontó olvasással, közvetett úton építjük fel az olvasott szót, s férünk hozzá a jelentéshez. Ez a modell szóhasználatában a fonológiai út.

Temple (1997) szintetizáló, a nyolcvanas évek olvasásfejlődési modelljeire támaszkodó elméletében az alternatív olvasási utak három feldolgozási folyamathoz köthetők. A modell mindenekelőtt két olyan komplex rendszert feltételez, amelyek az olvasási tapasztalatnak köszönhetően rutinba szerveződve technikailag alapozzák meg az írott szövegek megfelelő tempójú olvasását és a szövegértést.

1. A szóalaktól kiinduló **szemantikai út** az ismert szavak globális felismerésére épül.
2. Az olvasás **fonológiai útja** egy fonológiai átalakító egységben történik. Ennek összetevői:
 - (a) **Elemző egység**, amely a szavakat szódarabokra (ezek nem kizárólag betűk vagy szótagok) bontja. A darabolási egység lehet egy-egy beszédhang írott megfelelője, azaz egy vagy több betű, illetve alternatív kombinációk választéka (ilyenek a magyarban is vannak, például a részleges hasonulás esetében).
 - (b) **Összekötő egység**, amelynek feladata a fonológiai elemek összekapcsolása és egy integrált fonológiai kimenet létrehozása. Az összekötő egység zavara a fonológiai elemek (szódarabok) kihagyását vagy ismétlését eredményezheti.

Bármelyik modellhez ragaszkodjunk is, azt mindenképpen elfogadhatjuk, hogy az értő olvasás rutinjába szervezett olvasási utak és feldolgozási szakaszok eltérő megismerő funkciókra támaszkodnak. Az is elfogadható, sőt empirikus adatokkal alátámasztott, hogy a jelentéshez a globális szóalak és a szó betűzése/szótagolása alapján

is hozzá lehet férni. Ezek aktuális alkalmazását az olvasó gyakorlottsága, valamint az olvasott szavak, illetve a közvetített információ ismertsége egyaránt meghatározza. Az olvasásfejlődés során ennek a kétféle útnak a megjelenése az adott nyelv helyesírása szerint természetesen más és más lehet. A magyarban elsősorban (leszámítva az egyéni kivételeket) a fonológiai út a kezdet, s a szemantikai út később jelenik meg, de ez az angolban másként alakul(hat). A kétféle olvasási út azonos szintű használata és a szövegértést szolgáló rutinba szerveződése azonban nem a kezdő, hanem a gyakorlott olvasót jellemzi. Tény ugyanakkor, hogy a gyakorlott olvasó a globális utat lényegesen gyakrabban használja, mint a kezdő, hiszen nála az anyanyelvi szóformák tára, az úgynevezett **szóalak-lexikon** elég nagy, így a gyakorlott olvasó a leírt szavak vizuális mintázata alapján gyorsan és automatikusan fér hozzá a jelentéshez. Ennek alapján az a benyomásunk alakulhat ki, hogy az egyedüli út a jelentéshez a szóalakon keresztül vezet. A két olvasási út azonban változatlanul aktív, bár a graféma–fonéma megfelelést használó dekódolás elsősorban a kezdő olvasót és az ismeretlen szavak olvasását, a szóforma alapú pedig a gyakorlott olvasót és az ismert szavak olvasását jellemzi.

Egyre több adat utal arra, hogy a magyar nyelvben a szóképeknek a hang–betű szabályt megelőzően történő elsajátítása nem jelent előnyt (Csépe 2006). Az is lehetséges, különösen az atipikus fejlődés egyes csoportjaiban (l. e kötet diszlexiáról szóló, 30. fejezetét), hogy a vizuális mintázat és a jelentés asszociációjának megragadható szabály nélküli kialakítása feleslegesen terheli az emlékezeti rendszert, s feldolgozási haszna nincs, mivel a magyarban nincsenek nagyobb egységek, illetve azonos beszédhanghoz ritkán rendelünk eltérő betűkombinációkat (ez – legalábbis a képző és rag nélküli szóalakok esetében – többnyire így is van). A magyar nyelv sekély ortográfájú, azaz hasonlóan sok más, az angoltól eltérő nyelvhez, a szó kiejtése a hang–betű/betű–hang szabály ismeretében betűzve, szótagolva is lehetséges. Az angolhoz csak kicsit hasonlító, „másképp írjuk, mint mondjuk” típusú szavak meghatározott szabályt követnek (például a részleges hasonlóságok esetében), variációik lényegesen alulmúlják az angol nyelv esetében a tőszavakban is oly gyakori eltéréseket.

Az olvasás útmodelljei alapján a magyar nyelvre vonatkozóan az az empirikusan is alátámasztható következtetés vonható le, hogy az olvasástanítás ideális kiindulópontjával a szavak hangokra bontása, a hang–betű szabály megértése és elsajátítása szolgál. Ezzel párhuzamosan épülnek fel a szótagok, a szavak, s csak ezek stabilizálásával válik lehetővé a szóformák felismerését segítő automatizáció, azaz a szóforma és a fonológiai lexikon közötti, gyakorlás eredményeként létrejövő, hatékony és gyors kapcsolatok kialakulása.

Az olvasás fejlődése

Az olvasásban meghatározó kognitív területek (a moduláris elméletekben használt *domainek*) kapcsolatrendszere a gyakorlással együtt változik, így a kognitív architektúrán belül a nyelv, emlékezet, figyelem és észlelés kölcsönhatásában változó olvasási rendszer a fejlődés különböző szakaszaiban eltérő működési jellemzőkkel írható le. Az elmúlt mintegy három évtized empirikus kutatásai szerint az olvasás a legszorosabb kapcsolatban a nyelvi rendszerrel áll. A nyelvi fejlődés során megjelenő metaszint, azaz a nyelvről való tudás (nyelvi tudatosság) elérésében eltérő közvetítő folyamatok vesznek részt. A nyelvi tudatosság több összetevőre bontható, s ezek közül az olvasással legelterjedtebben összefüggésbe hozott fonológiai tudatosság nem kizárólag a spontán fejlődés része. Az olvasásfejlődés pszichológiai irodalmában fonológiai tudatosság néven az a hozzáférési tudás szerepel, amely lehetővé teszi a szavakat alkotó fonológiai egységek (szótagok, rímek, a szavakat alkotó beszédhangok) felismerését, azonosítását és a velük végzett műveleteket (Ziegler–Goswami 2005). A tipikusan fejlődő gyerekek többsége még iskolakezdés előtt eléri a fonológiai tudatosság első szintjét; hozzáfér a szótagokhoz, a szókezdő beszédhanghoz és a szóvégi szótaghoz (az angol szakirodalomban ez a *rhyme*). A második szint, azaz a szavak hangokra bontása olvasástanulás nélkül nem alakul ki (l. Goswami 2003).

A fonológiai tudatosságnak az olvasásban meghatározóan fontos szerepét bizonyították Wagner és munkatársai (1997) egy olyan követéses vizsgálatban, amelyben 216 gyermek teljesítményét mérték óvodáskortól iskolás korig (4. osztály). Azt találták, hogy a fonológiai tudatossági feladatokban mérhető egyéni különbségek igen stabilak, és hosszú távon is szoros korrelációt mutatnak az olvasási teljesítménnyel. Ez azért is érdekes, mert más kognitív mutatók – a verbális memória vagy a gyors megnevezési képesség (*RAN = rapid naming*) – nem mutatnak ilyen összefüggést. (Ez utóbbi az olvasás és a nyelvi képességek fejlődésének komplex vizsgálatában használt, standard feladat, amelyben vizuális ingerek [tárgyakról készült vonalrajz, geometriai ábra, szín, betű, szám, stb.] megnevezési idejét [időkorláton belül] mérik.)

A fonématudatosság első szintje a kb. 5 éves korra spontán fejlődéssel kialakuló hozzáférés a szavakat alkotó szótagokhoz. A második szint, azaz a hangokra bontás már az olvasástanulás következménye és az olvasás magasabb szintjének szükséges, ám nem elégséges feltétele. Ettől kezdve már olvasáselsajátításról beszélünk, hiszen rutinokat sajátítunk el, s az olvasási utakat ezekbe szervezzük. Az olvasáselsajátítás során az írásrendszert (ortográfiai) és a szavakhoz tartozó hangalakrendszert (fonológiai) illesztjük és integráljuk. Az olvasáshoz a dekódolási rendszer és a szóforma-felismerő rendszer szerveződik rutinba, ennek automatikussá válása a gyerekeknél 3–4 évet vesz igénybe (Adams 1990).

Dekódolás és szófelismerés

Az egyes nyelvek jelentősen eltérhetnek helyesírásuk mélysége szerint, azaz a betűk/betűkombinációk és beszédhangok közötti megfeleltetés, valamint a kontextusfüggő kiejtési variációk száma és szabályossága szerint. Ziegler és Goswami (2005) szerint az olvasástanulás folyamatát három lényeges tényező határozza meg:

1. *A hang–betű/betű–hang megfeleltetés* arra a nagyon erős asszociációra és kétirányú kapcsolatra támaszkodik, amellyel az olvasástanulás kezdetekor a gyerekek még nem rendelkeznek, s nincs explicit tudásuk sem a betűkről, sem a beszédhangokról.
2. *A hang–betű/betű–hang leképezés konzisztenciája* azt mutatja meg, hogy egyes betűkombinációknak lehetséges-e többféle kiejtése, illetve egyes hangokhoz, hangkombinációkhoz a betűknek, betűkombinációknak több változata is hozzárendelhető-e.
3. *Az összetevőméret vagy granularitás* azt mutatja meg, hogy mekkora azoknak az ortográfiai egységeknek a mérete, amelyeket a fonológiai rendszer adott elemeihez illeszteni kell.

Johannes Ziegler és Usha Goswami e gyakran idézett elképzelése, az úgynevezett összetevőméret (*grain size*) elmélete szerint az olvasás eltérő fejlődési üteme a sekély (magyar) és a mély (angol) helyesírásban arra vezethető vissza, hogy e három tényező egyedi jellemzői eltérnek az egyes ortográfiákban, s hatásuk súlya is más az olvasás fejlődésében. Mindhárom tényező esetében az is látható, hogy jelentősen eltér a rájuk vonatkozó szabályok és kivételek rendszere. Ziegler és Goswami (2005) szerint minél sekélyebb, átlátszóbb (transzparenssebb), valamint következetesebb (konzisztensebb) az adott ortográfiai rendszer, annál rövidebb az olvasásfejlődés első szakasza, és az olvasás következményének tekintett fonématudatossági szint, azaz a szavak hangjaihoz való egyenkénti és szekvenciális hozzáférés is korábban alakul ki. Ez logikus, hiszen a sekély és konzisztens ortográfiákban kisebbek és kevesebb elemből állnak azok a fonológiai és ortográfiai egységek, amelyek a szófelismeréshez szükségesek.

Booth és munkatársai (1999) szerint azonban a fonológiai információk súlya nem csökken az olvasási készség fejlődésével, csak a szerepük változik. Előfeszítési (*priming*) kísérletben iskolásokat (2–6. osztály) vizsgálva azt találták, hogy a gyerekek egyaránt támaszkodnak az ortográfiai és fonológiai információkra a szavak felismerésekor. Az előfeszítés mértéke, azaz a kétféle információ kivonásának és felhasználásának ideje szoros kapcsolatot mutatott a standard olvasási tesztekben mutatott teljesítménnyel. Sprenger-Charolles és munkatársainak (2003) vizsgálatai szerint a fonológiai feldolgozás fejlettsége alapvető és alapozó feltétele az olvasás fejlődésének. Adataik alapján, regressziós modellt alkalmazva, azt találták, hogy az olvasástanulás kezdetekor (1. osztály) a fonológiai feladatokban mért teljesítmény szignifikáns összefüggést mutat az ortográfiai és fonológiai feladatokban később (4. osztály) mutatott teljesítménnyel.

A fejlődépszichológia kísérleti eredményei (pl. Nation et al. 2004) ugyanakkor alátámasztják Plaut és munkatársainak (1996) azt a konnekcionista modellre épülő következtetését, amely szerint kezdetben az olvasás a fonológiai utat használja, s a direkt út, amely persze soha nem válik kizárólagossá, később alakul ki. Az indirekt olvasási út azonban az olvasás kezdetekor a jelentésadást segítő tényezőkre erősen támaszkodik.

A megfelelő szó szintű olvasás elsősorban, bár nem kizárólag, az alulról felfelé, és nem a felülről lefelé irányuló folyamatok megfelelő fejlettségének köszönhető. Stanovich (2000) szerint a jól olvasóknál a graféma–fonéma megfeleltetés gyors és pontos, így a szófelismerés kisebb figyelmi és feldolgozási kapacitást igényel. Ugyanakkor a rosszul olvasók kevésbé hatékonyak a vizuális információk feldolgozásában, ezért a kiegészítő információkra többet kell támaszkodniuk. Nievas és Justicia (2004) szemantikai előfeszítési (*priming*) vizsgálatainak eredményei azt mutatták, hogy a hatékony szófelismerés hosszabb olvasási tapasztalathoz kötött. Azt találták ugyanis, hogy gyors ingeradás (rövid, azaz 300 milliszekundumnál kisebb ingerkezdeteltérés) esetén a 14 év alattiaknál, eltérően az ennél idősebbektől, nem mutatható ki előfeszítési hatás.

A közelmúltban nyelvközi összehasonlító vizsgálatot és elemzést végeztünk annak feltárására, hogy az ortográfiai konzisztencia módosítja-e az olvasás fentiekben bemutatott kognitív dinamikáját. Az elemzésben szereplő öt nyelv esetében az ortográfiai transzparencia-kontinuum egyik szélső pontját az erősen transzparens finn és magyar képviselte, ezt követte a közepes transzparenciájú holland, s az ortográfiai mélyégskála másik végpontját a legkevésbé transzparens portugál és francia jelentette (Ziegler et al. 2010). Az eredmények azt a feltevésünket igazolták, hogy a fonológiai tudatosság kulcseleme a dekódolás fejlődésének, mégpedig valamennyi ortográfiában. A hatásméret kisebb a sekély, mint a mélyebb ortográfiák esetében. Az olvasási teljesítménnyel szoros összefüggést mutató RAN viszont úgy tűnt, az olvasás fejlődésében kevésbé fontos tényező, s csak az olvasás sebességével korrelált. Mind-ebből azt a következtetést vontuk le, hogy bár az olvasási teljesítményt előre jelezni képes tényezők nagy általánosságban univerzálisaknak tekinthetők, ezek valódi súlya a helyesírás átlátszóságának függvényében változik. Ezek az eredmények – Georgiou és munkatársai (2008a,b), valamint Mann és Wimmer (2002) eredményeivel egybehangzóan – azt jelzik, hogy valójában az ortográfiai konzisztenciának van hatása arra, hogy milyen erős lehet a fonológiai tudatosság szerepe az olvasás fejlődésére. Felmerül ugyanakkor az a kérdés, hogy az ortográfiai konzisztencia mutat-e interakciót az olvasásfejlődés kognitív tényezőivel.

Ez utóbbi kérdésre kerestük a választ egy olyan vizsgálat-sorozatban, amelyben három helyesírást (magyar, holland, portugál) hasonlítottunk össze. Elsőtől negyedik osztályos tanulóknál mértük az olvasási teljesítményt, valamint több kognitív mutatót (Vaessen et al. 2010). Az eredmények azt mutatták, hogy a szavak folyékony

(fluens) olvasásának fejlődése a betűk és beszédhangok eltérő konzisztenciájú megfelelésével jellemezhető ortográfiák esetében ugyanazt a mintát követi. Mindhárom vizsgált ortográfiában a fonológiai tudatosság (FT), a betű–beszédhang megfeleltetés (BBM) és a RAN súlya az olvasási tapasztalat, a szótípus és a szógyakoriság függvényében változott, ezt az ortográfiai konzisztencia nem befolyásolta. Tény ugyanakkor, hogy az FT, a BBM és az olvasási fluencia szoros kapcsolata az olvasástanulás hosszabb szakaszát jellemzi a kevésbé transzparens ortográfiák esetében. Ez arra utal, hogy az ortográfiai konzisztencia valóban befolyásolja az olvasás fejlődésének ütemét. Az ortográfiai transzparencia különbségei azonban nem jelentik azt, hogy az olvasás egymást követő fejlődési fázisaiban a tanuló eltérő kognitív funkciókra támaszkodna az olvasásban. Ez egyben azt is jelenti, hogy az alfabetikus ortográfiákban az olvasási teljesítményt előrejelző tényezők (prediktorok) szintén univerzális fejlődési mintát követnek.

A szövegértés fejlődése

A dekódolásnak és szófelismerésnek a jelentéshez való hozzáférést szolgáló rutinjai a szövegértés szükséges, ám nem elégséges feltételei. A szövegértés komplex folyamat, kognitív szempontból megközelítve (Nation–Angell 2006) egyszerre szófelismerés, hozzáférés a jelentéshez, tudás- és ismeretaktiválás, valamint ezek azonos idejű integrációja, következtetésekből és újraértelmezésekből kialakuló számításoknak a rendszere. A szövegértés támaszkodik a dekódolás és szófelismerés rutinba szervezett, a jelentéshez való hozzáférést szolgáló rendszerére, és nem független az általános nyelvi képességektől és a tudástól. Az előbbire számos példával szolgál a diszlexia irodalma (l. a 30. fejezetet), az utóbbira pedig Nation és Snowling (2004) longitudinális vizsgálata. A nyolcéves kisiskolásokkal végzett első mérést (nonverbális, fonológiai feladatok, beszédértés, szókincs, szójelentés és -felismerés, szövegértés) négy és fél év múlva megismételve azt találták, hogy a szövegértésben mutatott egyéni különbségek mindkét életkorban a beszédértéssel, a szókincssel és a szemantikai teljesítménnyel mutatnak összefüggést. Ezeknek a faktoroknak a hatása a szófelismerési teljesítményben is jelentős, ám itt a fonológiai műveletek fejlettségének hatása a legjelentősebb.

Olvasásfejlődés és morfológia

A gyakorlott olvasóvá válás hosszú folyamat. A fentiekben leírtak alapján ugyanakkor az is várható, hogy a dekódolás elsajátítása a transzparens ortográfiák esetében gyorsabb. Itt az ortográfiai szabályszerűségek megtanulása viszonylag könnyű, s az egyszerű, csaknem „egy-az-egyhez” graféma–fonéma megfelelésnek köszönhetően az olvasási fluencia is gyorsabban alakul ki (Landerl et al. 1997; Csépe 2003). Na-

gyon kevés irodalmi adatunk van viszont arról, hogy a szófelismerés fejlődése miként alakul az agglutináló morfológiájú, ortográfiailag transzparens nyelvekben. Ezekben ugyanis az olvasónak meglehetősen hosszú szavakat kell kiolvasnia, s ez különösen az olvasástanulás kezdetén lassíthatja az olvasási fluencia megfelelő szintjének elérését (Durgunoglu 2006). Úgy tűnik, hogy a transzparens ortográfiákban a gyors és pontos olvasás 7 és 9 éves kor között alakul ki, ütemét az ortográfiai konzisztencia szintje és az olvasástanítási módszer is befolyásolja (Ziegler–Goswami 2005).

Az angol nyelv esetében a jellemző szószerkezetekre vonatkozó korai tudás segíti a szóspecifikus ortográfiai reprezentáció megalapozását. Kérdés viszont, hogy így van-e ez az agglutináló nyelvekben, amelyekben a mondatokban használt szavak szótövből és egy vagy több ehhez csatolt toldalékmorfémából állnak. Amennyiben a morfológiai változatosság szerepet játszik az olvasás fejlődésében, az automatikus szófelismerés kialakulási idejének eltérőnek kell lennie a hasonló transzparenciájú és konzisztenciájú, de a morfológia tipológiai tulajdonságai szerint eltérő nyelvek esetében. Tudjuk, hogy a finn, a magyar és a török gyerekek igen korán ki tudják olvasni az összetett álszavakat is, s megfelelően olvassák a sokféle szóvégi graféma–fonéma változatot. Feltehető, hogy ez az érzékenység az indirekt és direkt olvasási út egyik mediátora az olvasás fejlődésében. Első osztályos finn gyerekek néhány hónap olvasástanulás után jól alkalmazzák a változatos morfológiájú szavak graféma–fonéma megfeleltetését a finn szavak kiolvasásakor (Holopainen et al. 2002). Meglepő lehet, ám tény, hogy ezek a gyerekek harmadik osztályos korukban (körülbelül 9 évesen) a morfológiailag komplex szavakat jobban és gyorsabban képesek elolvasni, mint az egymorfémás szavakat, különösen akkor, ha azoknak magas gyakoriságú a szótöve (Bertram et al. 2000). Ezek az eredmények arra utalnak, hogy a finn olvasók megtanulják a nyelvükben előforduló szavak morfémászerkezetét, a szótöveket és toldalékokat igen gyorsan azonosítják.

Lyytinen és Lyytinen (2004) vizsgálati adatai szerint az olvasástanulás kezdetén megfigyelhető problémák a morfémák azonosításában a diszlexia nagyobb kockázatát jelenthetik. Ez azt is jelenti, hogy a gazdag morfológiájú nyelvek esetében a morfológiai diszkrimináció érzékenyebb jelzése lehet az olvasási zavar kockázatának, mint az egyszerű szóolvasási feladatok.

A morfológia és szövegértés kapcsolatának fejlődését vizsgáló kutatásban Carlisle és Fleming (2003) azt találták, hogy a morfológiai feladatokban jól teljesítő kisiskolások később a szövegértésben is jobb teljesítményt mutattak. Azt találták, hogy az ismeretlen összetett, képzett, illetve ragozott szavak olvasásakor a morfémák dekompozíciója és kombinációja a szavak lexikális feldolgozását segíti, s ez a szókincs bővüléséhez és a szövegértés javulásához is hozzájárulhat. A szövegértés fejlődésének kutatásában tehát megjelenik egy új aspektus, nevezetesen a nyelvtani szerkezetekről való tudásnak, azaz a morfológiai tudatosságnak a szerepe. Nagy és munkatársai (2006) egy nagymintás keresztmetszeti vizsgálatuk adataiból arra következtetnek,

hogy a morfológiai tudatosság magasabb szintje nagyobb szókinccsel, jobb szövegértéssel és pontosabb, gyorsabb olvasással jár együtt. Ez a hatás azonban, eltérően a fonológiai tudatosságtól, az olvasásfejlődés későbbi szakaszában (8–9. osztályosoknál) mutatható ki.

Az olvasás agyi hálózatai

Az olvasás agyi hálózatait az elmúlt évtized idegtudományi kutatásainak köszönhetően minden korábbinál részletesebben ismerjük. Bár ezek többségükben az olvasás fejlődési zavarainak magyarázatára keresték az agy szerkezeti és működési eltéréseiben a választ, a jól működő hálózatra vonatkozó következtetéseket is ezekből vonták le a kutatók. E kutatások történetét számos egyoldalú és mára visszaszoruló magyarázat, elmélettel szélesedő modell színesíti. Többségüket leginkább az jellemzi, hogy az olvasási zavart az agy valamilyen adott tulajdonságára (pl. szerkezeti eltérések), általánosnak tekintett mechanizmusára (pl. a magnocelluláris deficit hipotézise), vagy közös funkcionális eredőjére (pl. a kisagyi deficit hipotézise) vezeti vissza. A nagy, s egy adott időszakban különösen népszerű elképzelések nemegyszer az olvasás fejlődési zavarának okát vélték megtalálni, jóllehet az agyi aktivitásmutatók korrelatív természetűek, így az ok-okozati összefüggésekre utalásnál érdemes óvatosnak lenni. Az olvasás fejlődésére és a gyakorlott olvasásra vonatkozó idegtudományi adatok többsége a kognitív pszichológiai modellek kéttényezős vagy kétutas elméleteit erősíti meg. (A *kétszakaszos* kifejezést itt nem használjuk, mivel a pszichológiai elmélet nem az olvasás szakaszaiból alkot rendszert, hanem a feldolgozás lényegét jelentő alternatív olvasási utak jellemző folyamataiból épít modellt.)

Az olvasás kétutas pszichológiai modelljei szerint a gyakorlott olvasásnak olyan két eltérő útja elérhető – az ismert és ismeretlen szavak „megfejtésének” egymástól különböző folyamatai –, amelyek bemenete és kimenete azonos, az olvasás pedig a két rutinba szervezett út eredménye. Az olvasás több modellben is fonológiai nevezett útjára az ismeretlen szavak és álszavak olvasásakor támaszkodunk, a kiejtendő formához és a jelentéshez történő hozzáférés lényege a „betűző olvasás”, azaz a betűhang szabály intenzív használata. Az ismert szavak (pontosabban szóalakok) esetében a kibetűzés – lassú, a szó intenzív elemzésére támaszkodó – folyamatára nincs szükség, a jelentéshez a szóforma alapján gyors és direkt a hozzáférés. Az olvasás agyi hálózatára vonatkozó, számos felnőtt vizsgálatban megerősített adat szerint az agyi feldolgozás útjai is eltérőek a kétféle olvasási módnál. Ez egyben azt is jelenti, hogy az olvasástanulás és -elsajátítás során két eltérő, időben is másként formálódó agyi hálózat kialakulása figyelhető meg. (A *tanulás* kifejezést a kezdeti, alapozó, az *elsajátítást* pedig a szövegértés irányába haladó későbbi, gyakorló, automatizáló tudásalapú szövegfeldolgozás megnevezésére használjuk.)

Az olvasás alaprendszerét három nagyobb – főként, de nem kizárólag a bal féltekén szerveződő – agykérgi hálózat alkotja Ennek részei: (a) az anterior feldolgozó kör, (b) a ventrális poszterior feldolgozó kör, és (c) a dorzális poszterior feldolgozó kör. (A *feldolgozó kör* kifejezést a *stream* vagy *vonulat* helyett használjuk. A fordítás alapja a funkció szerinti magyar megfelelés, így sem a *vonulat*, sem az anatómiában egyébként is foglalt *pálya* kifejezést nem használjuk erre a fogalomra.)

Az anterior feldolgozó kör

Az anterior feldolgozó körben legfontosabb szerepe annak a nagyobb kiterjedésű inferior frontális területnek van, amelynek egyik legfontosabb régiója a szóolvasáshoz nélkülözhetetlen és kiemelt feladatot ellátó inferior frontális tekervény. A képző eljárásokkal végzett idegtudományi vizsgálatok egybehangzó adatai szerint az inferior frontális tekervény jelentősen megemelkedő aktivitása kíséri, néma és hangos olvasáskor egyaránt, a szabályos ejtésű szavak olvasását. Ez az aktivitásnövekedés a szabálytalan kiejtésű szavak és az álszavak esetében jelentősebb, mint amekkora például a szabályosak olvasásánál mérhető (Fiez–Petersen 1998; Pugh et al. 2001). Minden ismert mérési eredmény arra utal, hogy a fonológiai dekódolás, és a fonetikai/fonológiai megfeleltetés e terület működéséhez kötődik (Sandak et al. 2004). Ugyanakkor számos mérési adat utal arra is, hogy az inferior frontális tekervény anterior területének semmiképpen sem lehet kizárólagos feladata a fonetikai/fonológiai feldolgozás, hiszen a szavak jelentésének mélyebb feldolgozását igénylő feladatokban a terület aktivitása szignifikánsan megnő (Bookheimer 2002; Sandak et al. 2004), jóllehet ennek funkcionális összefüggései ma sem teljesen ismertek.

A poszterior feldolgozó körök

A két nagy poszterior feldolgozó kör az elsősorban az ortografikus (írott) forma feldolgozásáért felelős ventrális és a fonológiai (kiejtett) forma feldolgozását, mindegyik fonológiai elemzést végző dorzális körből áll (áttekintő összefoglalóként l. Démonet et al. 2004; Csépe 2006). A dorzális kört a bal szupramarginális, az anguláris és a szuperior temporális tekervények alkotják. Ennek a temporális és parietális kérgi területekből álló feldolgozó hálózatnak a megjelölésére az olvasással foglalkozó idegtudományi munkák gyakran (bár nem mindig és nem kizárólagosan) a *temporo-parietális hálózat* kifejezést használják. A poszterior feldolgozó körök közül a ventrálishoz a kétoldali laterális extrastriátum és a baloldali inferior okcipito-temporális terület tartozik. A feldolgozó körök anatómiailag jól elkülönülnek, és a működésükhöz kapcsolható olvasási folyamatok funkcionális azonosítása jelentős részben megerősíti a kognitív pszichológia két-, illetve többutas modelljeit.

A ventrális kör és a VWFA

Megbízható és számos közleményben megerősített kísérleti adatokra támaszkodva állíthatjuk, hogy a ventrális körnek az automatikus, ennél fogva gyors, ortografikus feldolgozásban – a szóforma alapján direkt hozzáférés a jelentéshez – meghatározó szerepe van (Pugh et al. 2001; Shaywitz et al. 2002). Bár kezdetben sok vita kísérte a ventrális körnek egy jól körülírt területéhez rendelt funkció kizárólagosságát, mára már számos kísérlet igazolta, hogy a jól olvasók esetében valóban a bal középső fuziform tekervény (az okcipitális kéreg alsó felületén) az, amely megkülönböztetett aktivitást mutat a vizsgált nyelv legális (fonotaktikailag elfogadható) betűsoraira, azaz a szavakra és álszavakra egyaránt. A terület aktivitásváltozását mérő fMRI-vizsgálatok azt mutatják, hogy a feldolgozás meglehetősen absztrakt, azaz nem befolyásolja sem a betűk alakja, sem mérete vagy típusa, sőt az olvasott szó gyakorisága sem (Cohen et al. 2000; 2002). Valójában olyan funkcióról van tehát szó, amely összefügg az olvasás automatizációjával. Ez azt jelenti, hogy a gyakorlott olvasásban oly fontos szóforma az olvasási tapasztalatnak köszönhetően kialakul, az olvasási rutinba bekapcsolódik a direkt olvasási út, s ennek működésében ennek az agyi területnek kiemelkedő szerepe van. Mindennek ismeretében könnyen belátható, hogy a feldolgozás ezen a területen miért nem jár működéstöbblettel, azaz miért nem érzékeny a szógyakoriságra, viszont miért az a betűsorról alkotó betűpárok gyakoriságára (Binder et al. 2006). A felsorolt, s az első közlés (Cohen et al. 2000) óta már további adatokkal alátámasztott jellemzők alapján elfogadható, hogy a középső fuziform tekervény a betűsorok absztrakt jellemzőinek feldolgozására specializálódik.

A bal középső fuziform területnek a szóolvasásban betöltött funkcionális szerepére vonatkozóan még mindig viták folynak, bár ezek ma már korántsem olyan élesek, mint néhány évvel ezelőtt. Az alapvita lényege nem az, hogy a terület működéséhez köthető-e vagy sem a legális szóformák (szavak és álszavak) absztrakt reprezentációja, s a működés gyorsaságát biztosító szelekció az anyanyelvre jellemző betűkombinációkra vonatkozóan (szavak versus nem-szavak) alakul-e ki. A kezdeti és ma is élő kritika lényege, hogy jogos-e ezt a területet a hozzárendelt funkció alapján megnevezni, azaz vizuális szóforma-felismerő területnek átnevezni (VWFA: *visual word form area*, összefoglalóként l. Cohen–Dehaene 2004). Bár sikerült ezen a területen az olvasási feladatban fonológiai elemzést kívánó feldolgozáskor is aktivitásváltozást regisztrálni (Price–Devlin 2003), a VWFA kiemelt szóforma-felismerő funkcióját ez nem kérdőjelezi meg. A rendkívül bonyolult vizuális rendszert alkotó feldolgozó körök, területek esetében egyébként sem ritka, hogy a hozzájuk rendelhető specifikus feldolgozás nevét viselik, jóllehet ezzel nem minden szakember ért feltétlenül egyet.

A dorzális kör és a heteromodális területek

A dorzális kör területei, a ventrális körtől eltérően, nem a vizuális szóformára támaszkodó direkt olvasási út működését biztosító agykérgi hálózat részei. A dorzális körhöz tartozó agykérgi régiók fMRI-vel mérhető aktivitásemelkedése az olvasott szavak fonológiai feldolgozását kíséri. A fonológiai feldolgozás erőteljesebb bekapcsolódására az olvasás során olyan feladatokban van szükség, mint az álszavak olvasása, hiszen nincs direkt út, nincs az álszónak megfelelő szóforma a mentális lexikonban. Gyakori feladat a fonológiai feldolgozás kontrollálható kiváltására a rímelési egyeztetés. Ez utóbbi különösen az olyan mély ortográfiájú nyelvekben fontos, mint az angol, ahol az eltérő betűkombináció azonos beszédhangnak vagy hangsornak felel meg. Az utóbbira példa az [art] a *right* és *bite*, vagy a [ʃən] a *motion* és *fashion* szavakban. Az ilyen homofón párokat alkalmazó „vizuális rímelési” feladatokban a kísérleti személy teendője az, hogy megítélje, az olvasott szavak adott része azonosan hangzik-e. Ezt a feladatot tehát a szóforma és hangalak egymáshoz rendelése nélkül nem lehet kivitelezni, hiszen az olvasott szavak hangalakjához, azaz az ortográfiai kód alapján a fonológiai kódhoz kell hozzáférni. Éppen ezért logikusnak látszik, ha a dorzális körnek az olvasáshoz kötött funkcióját úgy értelmezzük, hogy működése az olvasás lassabb, elemző, úgynevezett fonológiai útjának funkciófeltétele. A szó vizuális megjelenéséhez illesztett hangalak egyeztetéséhez szükséges feldolgozás (például elemekre bontás), valamint a szóforma és a fonológiai alak egészes megfeleltetése is e területekhez rendelhető. Természetesen nem feledkezhetünk meg arról, hogy az olvasás célja a megértés, s ebben elsősorban a középső temporális tekervény az, amely bár funkcionális összefüggéseit tekintve nem teljesen ismert, a szűkebb értelemben vett feldolgozásban, azaz a szavak jelentésének megértésében játszik szerepet (Pugh et al. 2001).

Az olvasás agyi hálózatain belül egyre nagyobb szerepet tulajdonítunk azoknak a jól körülhatárolható területeknek, amelyeken a szavaknak nem csupán vizuális formáját vagy hangalakját kíséri kiténtetett aktivitásemelkedés. Ezek azok az úgynevezett multi- vagy heteromodális területek, amelyek a vizuális és a hallási modalitásban közvetített verbális ingerek feldolgozásában egyaránt részt vesznek. Ilyen a dorzális poszterior körhöz tartozó bal anguláris tekervény, amely a vizuális rímelési és a hallási helyesírási feladatokban is aktivitásemelkedést mutat. A poszterior feldolgozási körök tehát olyan területekből állnak, amelyek uni- és heteromodálisak; elsősorban a szóalak vizuális feldolgozására specializálódott a VWFA, a hallásira a szuperior temporális tekervény, és mindkettőre a ma már alapvetően heteromodálisnak tekintett anguláris és szupramarginális tekervények. Olvasási feladatokban az ezeken a területeken fMRI-vel kimutatható aktivitásváltozás pozitívan korrelál a kísérleti személyeknek a feladatban nyújtott teljesítményével (Booth et al. 2003).

Az olvasás poszterior köreinek, különösen a dorzális körnek e magasabb szintű összehangolt működése minden bizonnyal elemi integrációs folyamatokra támaszkodik. Az elemi integrációs folyamatok feltételezése igencsak logikus, a probléma csupán az, hogy kevés, bár meggyőző, empirikus bizonyíték áll rendelkezésre. A betűk és a beszédhangok funkcióintegrációját látszanak igazolni azok az eredmények (Atteveldt et al. 2004), amelyek azt mutatják, hogy a szuperior temporális árok és a poszterior szuperior temporális tekervény fMRI-vel mérhető aktivitásváltozása a betű–hang kongruencia vagy inkongruencia szerint alakul. Az olvasással, a betű–hang, hang–betű szabály elsajátításával kialakuló funkció pontosan azoknak a területeknek a működéséhez kötődik, amelyeknek aktivitásváltozása a beszéd hallási (beszédhang) és a kiejtés vizuális (szájmozgás) jegyeinek integrációjával korrelál (Beauchamp et al. 2004).

Az olvasás komplex agyi modelljei

Az olvasásnak és az olvasás fejlődésének két eltérő elemekből építkező komplex modellje alakult ki: az agyi újrahaznosítás (Dehaene–Cohen 2007) és a modalitásközi integráció (Blomert 2011) modellje. Hasonlóságuk, hogy az olvasás folyamatainak idegtudományi adataira építenek, s integrálni kívánják a kognitív idegtudomány ismert empirikus, s értelmezésüket tekintve gyakran egymásnak ellentmondó adatait. Különbségük, hogy bár mindkettőben az olvasás alapvető agyi folyamatai állnak a középpontban, az újrahaznosítási modell a direkt, míg a modalitásközi integráció modellje az indirekt olvasás kialakulására és működésére helyezi a hangsúlyt. Ez nyilván nem véletlen, hiszen a direkt olvasási út egyik kulcsterületének (VWFA) első leírása, vizsgálata Stanislas Dehaene nevéhez fűződik, a modalitásközi integráció modelljét megalapozó kutatások pedig Leo Blomert csoportjának munkáira épülnek.

Az agyi újrahaznosítás elmélete

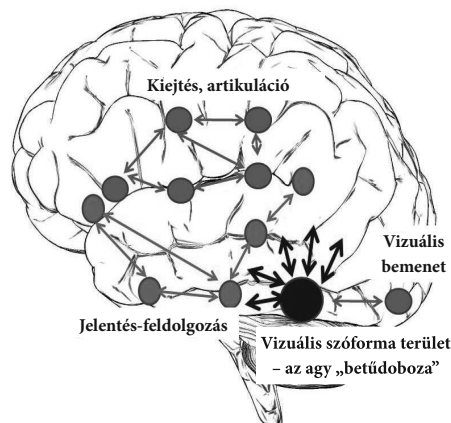
A betűsorok és szavak felismeréséért felelős fuziform kéreg átalakulását már fentebb bemutattuk. Ennek a területnek a helyesírásra specializálódó, ám az ortográfiai és fonológiai egységek illesztésében is megragadható szerepe Dehaene agyi újrahaznosítási elméletének (Dehaene–Cohen 2007) vált a kiindulópontjává.

Dehaene és Cohen abból indult ki, hogy a mindössze párezer éves kulturális találmánynak, az olvasásnak nem lehetnek olyan előhuzalozott, kvázi programozott mechanizmusai, mint a beszédnek. A VWFA-ról összegyűlt adatok arra ösztönözték a szerzőket, hogy megvizsgálják, hasonló agyi területek vesznek-e részt a képek és az írott szavak feldolgozásában. A munkacsoport modern képalkotó eljárással nyert adatai azt mutatták, hogy a képek és gyakorlott olvasóknál a szavak feldolgozásáért az

agy temporális (halánték-) és okcipitális (tarkó-) lebenyének találkozási területén egy átfedő kérgi hálózat felel, s közel azonos a képekkel és a szavakkal kiváltott aktivitás. Fentebb már szóltunk az olvasási teljesítmény és a RAN összefüggéseiről, itt ezt most annyival egészítjük ki, hogy a RAN elsősorban az olyan feladatokkal mutat összefüggést, amelyekben a vizuális szófelismerés határozza meg a teljesítményt. Ilyen feladat például a kivételes alakú szavak olvasása (Wile–Borowsky 2004). A nemzetközi vizsgálatok (Berninger et al. 2001; Vaessen et al. 2009) és saját európai együttműködésben végzett kutatásaink (Vaessen et al. 2010; Ziegler et al. 2010) eredményei is azt mutatják, hogy a RAN értelmezhető a vizuális/ortografikus és fonológiai információk hatékony megfeleltetéseként.

Tény, hogy a képek jelentésének megértése és megnevezése, valamint az olvasás olyan vizuális-nyelvi feladatok, amelyeket naponta végzünk. Mindkét feladat összetett kognitív folyamatok együttese, azaz magában foglalja az adott vizuális esemény (a kifejezést a pszichológia széles tartományban használja) észlelését és elemzését, a szavak előhívását, s az adott szavak artikulációjához szükséges program előhívását, a mozgás végrehajtását. Ennél fogva az olvasás agyi újrahasznosítási modelljében kulcsszerepet beöltő VWFA az olvasásban is több lehet, mint a „szókép”, helyesebben a szóforma és a jelentés összekapcsolása (Price–Devlin 2003). Ezeknek az összehangolt, s feltehetően erősen egymásra épülő funkcióknak az agyi aktivitást jellemző téri–idői dinamikája sokféle módszerrel vizsgálható. A képmegnevezést és az olvasást kísérő agyi aktivitás megismerésében ígéretes új elemzési módszert jelent az oszcillációs mintázatok követése.

Helen C. Wu és munkatársai (2011) az agyi oszcillációnak egy jellegzetes tartományát vizsgálták úgy, hogy ezt az oszcillációt képekkel, illetve szavakkal váltották ki. Ez az úgynevezett eseményhez kötött gamma-oszcilláció az egyes feladatokban kiváltott kérgi aktivitás kvantitatív mérésére alkalmas, mégpedig elég jó idői (10 ms) és téri (1 cm) felbontásban. Ennek a gamma-oszcillációnak (általában a 80–100 Hz tartományban) az emelkedését az idegtudományban egy adott agykérgi terület aktivációjának jeleként értékeljük. A gamma-oszcilláció statisztikailag szignifikáns növekedését (augmentációját) mutató agykérgi területek elég pontosan azonosíthatók. Ezt a módszert alkalmazva Wu és munkatársai epilepsziás betegek műtéti monitorozásához szubdurálisan az agykéregre helyezett elektródák (platinából készült elektródaháló) segítségével vezették el a képekkel és írott szavakkal kiváltott aktivitást. Az alkalmazott ingerek gyakori főneveket (pl. *kutya*) ábrázoló vonalrajzok voltak, az olvasandó szavak pedig ugyanezen főnevek írott megfelelői. Mindkét ingertípus szignifikáns gamma-növekedést mutatott a 40–200 Hz (maximum 80–100 Hz) közötti tartományban. A képek és a szavak egyformán jelentős gamma-emelkedést váltottak ki a tarkólebeny kiterjedt területén. Meglepő eredményként értékelhető, hogy a képmegnevezés sokkal nagyobb terület aktivációjával járt ugyanazon a területen, mint a szavak olvasása. Ez kétféleképpen is magyarázható. Egyrészt azzal, hogy a képek



7.4. ábra. A vizuális szóforma terület központi szerepet tölt be a gyakorlott olvasást kiszolgáló agyi hálózatban (Dehaene 2009 nyomán). Az olvasás leegyszerűsített sematikus feldolgozóláncai. Fekete nyilak jelölik az induló rendszert, az anterior és poszterior feldolgozólánkok mintázottak, az integrációs területeket (szupratemporális árok integrációs területe: STS-IT és vizuális szóforma terület: VWFA) négyvégű nyíl jelöli.

nagyobb figyelmet váltanak ki, másrészt pedig azzal, hogy az alkalmazott ingerek fizikai tulajdonságai jelentősen eltérnek. Erre utal a képek megnevezésének hosszabb reakcióideje is. A vizsgálatnak egyik, több korábbi felfedezést is s Dehaene újrashoznosítási modelljét is megerősítő eredménye, hogy a bal félteke egyik területén (Brodmann 37, a temporális és okcipitális lebeny találkozásánál) csak a szavak olvasásakor emelkedik meg a gamma-oszcilláció. Ez a más módszerrel nyert eredmény újabb igazolása annak, hogy ennek az olvasásra „trenírozott” területnek különleges szerepe van a szavak gyors felismerésében, s ennél fogva az olvasás direkt útjának működésében.

A 7.4. ábrán az agyi újrashoznosítási modell kicsit módosított változata (Dehaene 2009) alapján mutatjuk be, hogy a gyakorlott olvasóknál az agy kiterjedt hálózata szolgálja az írott szavak gyors felismerését és megértését, s ebben központi szerepet játszik a VWFA. Az olvasás fejlődésének eredményeként ugyanis a teljes szóalak egyre nagyobb szerepet kap a jelentéshez való hozzáférésben, s feltehető ugyanakkor az is, hogy párhuzamos feldolgozásként a betűk sorrendjét is követjük, jöllehet a monitorozott egységek lényegesen nagyobbak, mint egy-egy betű.

A túltanult szóforma (*word form*), azaz a szó egészleges megjelenését (*whole word*) jellemző vizuális mintázat külön erőfeszítés nélkül aktiválja a jelentést, ám a feldolgozás mégsem a képekéhez hasonló. Nem véletlen tehát, hogy a teljes szó kifejezett betűzés nélküli feldolgozását sokkal inkább egy specifikus vizuális mintázat, mintsem egy kép feldolgozásához tudjuk leginkább hasonlítani (az idegtudományi

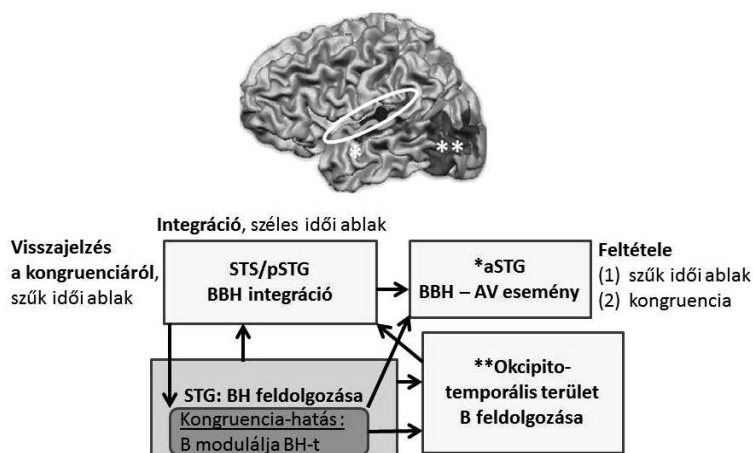
adatok is erre utalnak). A VWFA-t tehát multifunkcionális természete miatt tekintjük olyan kulcsfontosságú területnek, amely a szóolvasásnak más funkciókkal történő összekapcsolásáért felelős.

A modalitásközi integráció modellje

A modalitásközi integráció empirikus kiindulása az olvasás fejlődési zavara. Leo Blomert új modellje (Blomert 2011) azonban nem agyi diszlexia-modell, hanem a tipikus olvasásfejlődés modellje, mégpedig annak ellenére, hogy a kérdés szisztematikus vizsgálata egy, a diszlexia konzervatív elméleteinek ellentmondó megállapításra épül. Arra, hogy bár a fonológiai tudatosság és az olvasás fejlődése szoros együttjárást mutat, nem tartható az olvasáskutatóknak az a nézete, hogy az FT deficit oka lenne a diszlexiás olvasástanulási és olvasási zavarnak. Amennyiben valóban igaz, hogy a modalitásközi (látóknál ez audiovizuális) integráció a rutinszerű dekódolás előfeltétele, az FT deficit nem lehet előzménye, hanem sokkal inkább következménye az integrációt feltételező fejlődési eltérésnek. Ennek oka pedig az, hogy az ortográfia és a fonológia közötti kapcsolatképzés, azaz a betűk és beszédhangok specifikus integrációja elégtelen. Blomert és munkacsoportja elektrofiziológiai és modern képalkotó eljárások alkalmazásával bizonyította, hogy a betűk és a beszédhangok asszociációja, majd integrációja azok idői viszonyaitól, kongruenciájától és az olvasási tapasztalattól függ. Feltételezte, s adatokkal támasztotta alá, hogy a diszlexiások olvasástanulásának az idői megfelelés pontatlansága, a kongruencia fejletlensége, s a speciális modalitásközi kapcsolódási probléma az akadály. Mindez erősen zavarhatja a beszédfeldolgozó és a vizuális rendszert, s egyben eredhet ezek problémáiból is, vagy lassíthatja az akusztikus kéregnek és a multiszenzoros agykérgi területeknek azt az egyre erősebb áthangolását, amely elengedhetetlen az audiovizuális asszociációk kialakulásához, s ebből továbblépve az ortográfiai–fonológiai egységek integrációjához.

Leo Blomert modelljében az olvasást megalapozó audiovizuális integráció két-féle idői ablakban történik. A betű–beszédhang (a továbbiakban és a 7.5. ábrán is BBH) integrációját széles idői ablak jellemzi, s ebben a bal féltekén a szupratemporális árok (STS) és a szupratemporális tekervény hátulsó (poszterior) területe (pSTG) játszik jelentős szerepet. A BBH megfeleltetésnek (kongruenciának) azonban igen szűk a visszajelzésre (*feedback*) rendelkezésre álló ideje, a kongruenciahatás alapja pedig az, hogy a betűk megjelenése modulálja az STG területén a beszédhangok feldolgozását.

Az integráció sikeressége ahhoz vezet, hogy a betűk olvasásakor e terület automatikusan aktiválódik, s ez a néma olvasást, ha elaborált formában is, mindig kíséri. Az STS elülső területe az integrált BBH-t önálló audiovizuális (AV) eseményként dolgozza fel, működésére pedig hat az integráció mértéke, s a kongruencia. De nemcsak a beszédhangoknak van befolyása az integrációra, hanem a betűk feldolgozása



7.5. ábra. Az olvasás audiovizuális integrációs modellje (Blomert 2011 alapján). Rövidítések a szövegben. Az ellipszis az STG-t jelöli, közepén az STS, kívül a pSTG.

is visszahat az STS-pSTG integrációs terület funkcióira. Ez azonban csak akkor következik be, ha a beszédhang és a betű kongruens, s megjelenési idejük eltérése igen kicsi. Legalábbis ez jellemzi a gyakorlott olvasót. A kezdő olvasóknál ez az idői ablak azonban még igen széles, s csak 3–4 évnyi olvasás után kezd a gyakorlott olvasókénak megfelelni. Ez a folyamat, mint fentebb már szó volt róla, a diszlexiásoknál korlátozott.

Az olvasás agyi hálózatának fejlődése

A felnőtt neurokognitív modellnél azt láthattuk, hogy a gyakorlott olvasáshoz legalább három jól megkülönböztethető agykérgi feldolgozó kör megfelelő működése és összehangolt funkcióegyüttese szükséges. Tudva, hogy az olvasás az emberi kultúra fejlődésének viszonylag késői szakaszában jelent meg, nehéz elfogadni, hogy az emberi agynak az olvasásban fontos területei és funkciói oly erősen lennének előprogramozva, mint a beszéd esetében. Látjuk, hogy az olvasástanuláshoz szükséges esszenciális alapfunkciók előkészítettek, az olvasás agykérgi hálózata mégis jelentős mértékben funkcionális átalakulás eredménye. Az olvasáspszichológiai adatokra támaszkodva (bővebben l. Csépe 2006; Blomert–Csépe 2012) a fejlődés-idegtudományi vizsgálatok leginkább az alábbi, kísérleti adatokból levont következtetésekre támaszkodnak a feladatok tervezésekor:

1. A fonológiai út (betűző olvasás) működéséhez szükséges alapfolyamatok a tipikusan fejlődő gyerekek többségénél már az iskolai olvasástanítás megkezdésekor elég fejlettek, de spontán

módon csak a szótagokra bontás alakul ki, a beszédhangokhoz történő hozzáférés az olvasás eredménye.

2. A vizuális szóforma kialakulása az olvasási tapasztalat függvénye, következésképpen az olvasástanulás kezdetén még nem elég fejlett.
3. A szóformák felismerése nem egyszerűen a formafelismeréshez kötött vizuális teljesítmény, hanem absztrakt mintázatok gyors megkülönböztetése és a jelentéshez történő hozzárendelése (az olvasás direkt útjának alapja).

Nézzük tehát, hogy az olvasás tipikus fejlődéséről mit tud ma a kognitív idegtudomány. Bármilyen meglepőnek tűnhet, nem túl sokat, vagy legalábbis nem eleget. Viszonylag kevés azoknak a vizsgálatoknak a száma, amelyek az olvasás tipikus fejlődésének agyi korrelátumaira kíváncsiak, s a tipikusra vonatkozó ismereteket nem az atipikusra, s annak súlyos formájára, a diszlexiára fókuszáló kutatásokból vonják ki.

A feldolgozókörok fejlődése

Az olvasás agyi hálózata tehát tanulás – s az agyi plaszticitás miatt lehetséges funkciószakosodás – eredménye. A feladat-összetevőkre specializálódó feldolgozókörok fejlődését követve könnyen belátható, hogy melyek az alapfunkciók, s melyek a differenciálódó, a kérgi területek kapcsoltságának átalakulásában is megnyilvánuló új funkciók. Schlaggar és munkatársai (2002) egyik igen fontos, bár az eredmények értékénél jóval ritkábban idézett kísérletükben felnőttek és gyerekek agykérgi aktivitásváltozását mérték fMRI-vel. Lexikai döntési feladatban (értelmes vagy értelmetlen-e a látott szó) mérték azt a kérgi aktivitásváltozást, amelynek felnőtteknél látható tipikus mintázatát a frontális területeken (anterior feldolgozó kör) és a vizuális feldolgozórendszer extrastriális területein megnövekvő aktivitás jellemzi. A felnőttek és a 7–10 éves gyerekek adatainak összehasonlítása a tanulással kialakuló kérgi funkciókra irányítja a figyelmet. A kérgi aktivitás változása az extrastriális területeken (dorzális feldolgozó kör) a gyerekeknél igen magas, a felnőtteknél jóval alacsonyabb. Még érdekesebb eredmény, hogy ennek fordítottja jellemzi az aktivitásváltozást a frontális területeken (anterior feldolgozó kör). Az ellentmondás a feladat és a funkció összevetésével oldható fel, mégpedig úgy, hogy tudjuk: gyakorlott olvasóknál (felnőttek) az extrastriális területeknek nincs jelentős feladata a lexikai feldolgozásban, a terület aktivitása náluk nem változik annyit, mint a gyerekeknél. A kezdő vagy nem elég gyakorlott olvasók agyi feldolgozó rendszere még nem eléggé differenciálódott, nem tud tehát hatékonyan támaszkodni az anterior feldolgozó körre. A felnőttek és a gyerekek agyi aktivitásmintázatainak összehasonlításával egy specializálódó agyi hálózatot tudunk változásában, átszerveződési folyamatában megragadni. Booth munkacsoportjának munkáiból (Booth et al. 2003) azt is tudjuk, hogy gyerekeknél az ortográfiai és

fonológiai feladatok vizuális és hallási változatainak megoldását ugyanazon területek, s mindenekeelőtt az unimodális területek átfedő aktivitásemelkedése kíséri. Ez persze felnőtteknél nem így van; a gyakorlott olvasó erősen differenciálódott agyi hálózatában a vizuális feladatot a középső temporális és a fuziform területeken, a hallásit pedig a szuperior temporális területeken kíséri megemelkedett kérgi aktivitás.

Szófelismerés és jelentés

A szófelismerésben szerepet játszó agykérgi területek funkcióváltozásának vizsgálatában igen ötletes és átgondolt kísérletekkel találkozhatunk. Ilyet mutat be Turkeltaub és munkatársainak (2004) tanulmánya. A kutatók implicit olvasási feladatot alkalmaztak, s a résztvevő 41 kísérleti személynek (életkor: 6–22 év) a feladat során azt kellett megítélnie, hogy a bemutatott szó vagy betűszerű szimbólumokból álló sor tartalmazott-e magas állású betűt (pl. *t, l, d*). Ez a feladat felnőtt olvasóknál a szavak automatikus feldolgozására támaszkodik, s ez utótesztel jól ellenőrizhető. Az eredmények azt mutatják, hogy a temporoparietális kéreg (beleértve a bal szuperior temporális árok területét is) viszonylag korán, tehát egészen az olvasástanulás kezdetén részt vesz az olvasási folyamatban. Ez megerősíti azt az elképzelést, hogy a poszterior nyelvi területek érése korábbi, mint a nyelvi hálózat anterior részéé. Ez különösen fontos, ha figyelembe vesszük, hogy az intermodális integráció – Attevelddt és munkatársainak (2004; 2007) kísérleti eredményeivel összhangban – a szuperior temporális árok működéséhez kötött. Ezt azért is érdemes kiemelni, mivel a gyermek és felnőtt diszlexiásoknál oly gyakran alacsony aktivitást mutató anguláris tekervény szerepe eltérő lehet attól, amit Booth és munkatársai (2003) feltételeztek.

Érdemes tehát elszakadnunk az olvasástanulásnak attól a hagyományos, dorzális–ventrális modelljétől, amely a bal inferotemporális szóforma terület progresszív fejlődését jósolja (pl. Pugh et al. 2001), hiszen Turkeltaub és munkatársai (2003) adatai szerint a jobb agyfélteke inferotemporális és fuziform területein progresszív aktivitációscsökkenés figyelhető meg úgy, hogy közben a bal agyfélteke azonos területén változatlan (azaz életkorfüggő változást nem mutat) az agykérgi aktivitás. Valószínű, hogy a jobb ventrális feldolgozólánc csökkenő szerepe az olvasásban a nem-lexikális formafelismerés háttérbe szorulását jelzi.

Az anterior feldolgozóköron belül különösen kiemelkedik a fonológiai tudatosság és fonológiai megnevezés legfontosabb agyi területe, a ventrális inferior frontális kéreg, valamint a jelentésfeldolgozásban meghatározó anterior mediális inferior tekervény. A mai idegtudományi adatok ismeretében nem kizárt, hogy a bal inferior frontális tekervény funkciója az eddig feltételezettnél jóval összetettebb. Minden valószínűség szerint ennek a területnek a feladata a fonológiai és ortográfiai feldolgozásra specializálódott poszterior feldolgozóköör működésének modulációja, azaz

feladatspecifikus helyzetekben a felülről lefelé irányuló kognitív kontroll (Bitan et al. 2005). Ez a hatás olyan feladatokban vizsgálható, amelyekben a kísérleti személynek a szóvégi betűk azonosságát, vagy a célszó és az azt megelőző szavak kiejtési azonosságát kell megítélnie (vizuális helyesírási, rímelési feladatok). A gyerekeknél (9–12 évesek), a felnőttekhez hasonlóan, az ilyen feladatokban az ortográfiai elemzéskor (szóvégi betűazonosság) elsősorban az intraparietális árok, a fonológiai helyzetben (helyesírási, rímelési feladat) pedig a laterális temporális kéreg aktivitása emelkedett. A fuziform terület és az inferior frontális tekervény aktivitásemelkedése nem differenciálódott feladattípus szerint. A gyerekek és felnőttek agyi aktivitásmintázatának különbsége a funkcionális kapcsoltsági elemzés szerint az inferior frontális tekervény és a feladatspecifikus területek eltérő együttműködéséből következik; a területek funkcionális kapcsolata erősebb a felnőtteknél, mint a gyerekeknél. A gyakorlott olvasót tehát az inferior frontális tekervény és a feladatra specializálódó területek hatékony működése és együttműködése jellemzi, ez feladathelyzetben pontosabb és gyorsabb válaszokat eredményez.

Az olvasás környezete

Az utóbbi években több olyan nagymintás vizsgálatot végeztek, amelyben a feltételezett kognitív tényezők és az olvasás szintjeinek kapcsolatát igyekeztek feltárni. Storch és Whitehurst (2002) óvodáskortól az általános iskola negyedik osztályáig követte 626 gyerek olvasásának fejlődését. A mért adatok összefüggéseinek feltáráshoz az SEM (*structural equation modelling*) eljárást alkalmazták és megállapították, hogy óvodáskorban a receptív és expresszív szókincs, valamint az alapozó készségek (pl. betűk ismerete, fonológiai tudatosság) között erős összefüggés figyelhető meg, s ez az iskoláskorban gyengül. Következtetésük szerint az olvasástanulás kezdetén az olvasási teljesítményt elsősorban a kódolási jellemzők határozzák meg, ám egy évnyi olvasástanulás után az olvasás pontosságának és a szövegértésnek a kapcsolata válik a legerősebbé. Később az olvasott szöveg megértése a nyelvi feladatokban mérhető teljesítménnyel mutat erős összefüggést.

Storch és Whitehurst (2002) vizsgálatában alacsony szocio-ökonómiai státuszú (SES) családokból érkező gyerekek vettek részt, így adataik abból a szempontból is érdekesek lehetnek, hogy rávilágítanak a SES-nek az olvasásfejlődésre gyakorolt hatására. Számos pszichológiai vizsgálat támasztja alá azt a gyakori megfigyelést, hogy a SES erősen befolyásolhatja a kognitív alapképességek és az olvasás kapcsolatát (bővebben l. Tóth–Csépe 2008). Szinte valamennyi vizsgálat eredménye arra utal, hogy a magas SES az alacsonyabb szintű kognitív alapképességek (pl. gyenge fonológiai tudatosság) és az olvasási teljesítmény viszonylagos függetlenségét eredményezi (Noble

et al. 2006a;b). Nem alaptalan tehát feltételeznünk, hogy az olvasási teljesítmény és a kognitív bázisfunkciók laza vagy szoros kapcsolata a SES eltérés szerinti agyi fejlődésből következik, s ezt eltérő agykérgi aktivitásmintázat jelzi.

Noble és munkatársai (2006a;b) fonológiai feladatokban mért mutatók és az olvasási teljesítmény alapján választottak ki az átlagnál alacsonyabb, de még a normál tartományba tartozó, első-harmadik osztályos gyerekeket. Azt találták, hogy a SES pontszám nem korrelált a teszteredményekkel. Az fMRI-mérésben, amelynek során a gyerekeknek álszavakat kellett olvasniuk, az alacsony SES csoportban a jobb teljesítményt a bal fuziform terület magasabb aktivációja kísérte. A magas SES csoportban viszont nem a bal fuziform, hanem a jobb superior temporális tekervény és a bilaterális superior frontális tekervény aktivitása korrelált a teljesítménnyel. A szerzők eredményeiket úgy értelmezték, hogy a magasabb SES és a családban elvárt olvasási gyakorlat kiegyenlítő hatását, s a fejlődést húzó tényezőként működik. A megfigyelhető agyi aktivitásmintázatok azt sugallják, hogy az olvasás fejlődésben lévő agyi hálózata a gyengébb kognitív bázisképességek kompenzációjához az alaphálózathoz nem tartozó területeket von be. A magas SES hátránykiegyenlítő hatása azonban nem az iskolában kezdődik, hiszen a magasabb SES az idegrendszer érésében és fejlődésében is kedvezőbb körülményeket teremt.

Hasonlóak Raizada és munkatársai (2008) eredményei is. Ötéves, tipikusan fejlődő gyerekeket vizsgáltak olyan fMRI-méréssel kísért feladatban, amelyben a gyerekeknek hallási rímelési feladatokat kellett megoldaniuk. Az adatokon elvégzett korrelációs elemzés szerint a magas SES-t erősebb lateralizáció kíséri, azaz jelentősebb a fonológiai feladatokban meghatározó bal inferotemporális terület specializációja. Fontos megjegyeznünk, hogy az eredmények nem a lateralizáció, hanem a SES és az agyi fejlődés közötti kapcsolat miatt érdekesek. Feltehető, hogy a SES a nyelvi faktorokon túl más tényezőkön keresztül is befolyásolhatja a fonológiai feldolgozást, és ezen keresztül az olvasás fejlődését.

Hivatkozások

- Adams, M. J. 1990. *Beginning to read: Thinking and learning about print*. Cambridge MA: MIT Press.
- Atteveldt, N. M. van – E. Formisano – R. Goebel – L. Blomert 2004. Integration of letters and speech sounds in the human brain. *Neuron* 43: 271–282.
- Atteveldt, N. M. van – E. Formisano – L. Blomert – R. Goebel 2007. The effect of temporal asynchrony on the integration of letters and speech sounds. *Cerebral Cortex* 17: 962–974.
- Beauchamp, M. – K. Lee – B. Argall – A. Martin 2004. Integration of auditory and visual information about objects in superior temporal sulcus. *Neuron* 41: 809–823.
- Berninger, V. W. – R. D. Abbot – F. Billingsley – W. Nagy 2001. Processes underlying timing and fluency; efficiency, automaticity, coordination and morphological awareness. In: M. Wolf (szerk.): *Dyslexia, fluency and the brain*. Timonium, MD: York Press. 383–414.

- Bertram, R. – M. Laine – M. M. Virkkala 2000. The role of derivational morphology in vocabulary acquisition: Get by with a little help from my morpheme friends. *Scandinavian Journal of Psychology* 41: 287–296.
- Binder, J. R. – D. A. Medler – C. F. Westbury – E. Liebenthal – L. Buchanan 2006. Tuning of the human left fusiform gyrus to sublexical orthographic structure. *Neuroimage* 33: 739–748.
- Bitan, T. – D. Manor – I. A. Morocz – A. Karni 2005. Effects of alphabeticality, practice and type of instruction on reading an artificial script: An fMRI study. *Cognitive Brain Research* 25: 90–106.
- Block, E. L. 1992. See how they read: Comprehension monitoring of L1 and L2 readers. *TESOL Quarterly* 26: 319–343.
- Blomert, L. 2011. The neural signature of orthographic–phonological binding in successful and failing reading development. *Neuroimage* 57: 695–703.
- Blomert, L. – Csépe V. 2012. Az olvasástanulás és -mérés pszichológiai alapjai. In: Csapó B. – Csépe V. (szerk.): *Tartalmi keretek az olvasás diagnosztikus értékeléséhez*. Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó. 17–86.
- Bookheimer, S. 2002. Functional MRI of language: New approaches to understanding the cortical organization of semantic processing. *Annual Review of Neurosciences* 25: 151–188.
- Booth, J. R. – D. D. Burman – J. R. Meyer – D. R. Gitelman – T. B. Parrish – M. M. Mesulam 2003. Relation between brain activation and lexical performance. *Human Brain Mapping* 19: 155–169.
- Booth, J. R. – C. A. Perfetti – B. MacWhinney 1999. Quick, automatic, and general activation of orthographic and phonological representations in young readers. *Developmental Psychology* 35: 3–19.
- Carlisle, J. F. – J. Fleming 2003. Lexical processing of morphologically complex words in the elementary ears. *Scientific Studies of Reading* 7: 239–253.
- Cohen, L. – S. Dehaene 2004. Specialization within the ventral stream: The case for the visual word form area. *Neuroimage* 22: 466–476.
- Cohen, L. – S. Dehaene – L. Naccache – S. Lehéricy – G. Dehaene-Lambertz – M. A. Hénaff 2000. The visual word form area: Spatial and temporal characterization of an initial stage of reading in normal subjects and posterior split-brain patients. *Brain* 123: 291–307.
- Cohen, L. – S. Lehericy – C. F. – C. Lemer – S. Rivaud – S. Dehaene 2002. Language-specific tuning of visual cortex? Functional properties of the Visual Word Form Area. *Brain* 125: 1054–1069.
- Coltheart, M. – K. Rastle 1994. Serial processing in reading aloud: Evidence for dual-route models of reading. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 20: 1197–1211.
- Csépe, V. 2003. Auditory event-related potentials in studying developmental dyslexia. In: V. Csépe (szerk.): *Dyslexia: Different brain, different behavior*. New York: Kluwer/Plenum. 81–112.
- Csépe V. 2006. *Az olvasó agy*. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Dehaene, S. 2009. *Reading in the brain*. Hammondsworth: Penguin Viking.
- Dehaene, S. – L. Cohen 2007. Cultural recycling of cortical maps. *Neuron* 56: 384–398.
- Démonet, J. F. – M. J. Taylor – Y. Chaix 2004. Developmental dyslexia. *Lancet* 363: 1451–1460.
- Dole, J. A. – G. G. Duffy – L. R. Roehler – D. D. Pearson 1991. Moving from the old to the new: research on reading comprehension instruction. *Review of Educational Research* 61: 239–264.
- Dubin, F. – D. Bycina 1991. Models of the process of reading. In: M. Celce-Murcia (szerk.): *Teaching English as a second or foreign language*. Boston, MA: Heinle and Heinle. 195–215.
- Durgunoglu, A. Y. 2006. How the language's characteristics influence Turkish literacy development. In: M. Joshi – P. G. Aaron (szerk.): *Handbook of orthography and literacy*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum. 219–230.

- Fiez, J. A. – S. E. Petersen 1998. Neuroimaging studies of word reading. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America* 95: 914–921.
- Georgiou, G. K. – R. Parrila – T. C. Papadopoulos 2008a. Predictors of word decoding and reading fluency across languages varying in orthographic consistency. *Journal of Educational Psychology* 100: 566–580.
- Georgiou, G. K. – R. Parrila – J. R. Kirby – K. Stephenson 2008b. Rapid naming components and their relationship with phonological awareness, orthographic knowledge, speed of processing, and different reading outcomes. *Scientific Studies of Reading* 12: 325–350.
- Goodman, K. S. 1967. Reading: A psycholinguistic guessing game. *Journal of the Reading Specialist* 6: 126–135.
- Goswami, U. 2003. Why theories about developmental dyslexia require developmental designs. *Trends in Cognitive Sciences* 7: 534–554.
- Harm, M. W. – M. S. Seidenberg 2004. Computing the meanings of words in reading: Cooperative division of labor between visual and phonological processes. *Psychological Review* 111: 662–720.
- Holopainen, I. – T. Ahonen – H. Lyytinen 2002. The role of reading by analogy in first grade Finnish readers. *Scandinavian Journal of Educational Research* 46: 83–98.
- Klein, M. L. – S. Peterson – L. Simington 1991. *Teaching reading in the elementary grades*. Needham Heights, MA: Allyn and Bacon.
- Landerl, K. – H. Wimmer – U. Frith 1997. The impact of orthographic consistency on dyslexia: A German–English comparison. *Cognition* 63: 315–334.
- Lyytinen, P. – H. Lyytinen 2004. Growth and predictive relations of vocabulary and inflectional morphology in children with and without familial risk of dyslexia. *Applied Psycholinguistics* 25: 397–411.
- Mann, V. – H. Wimmer 2002. Phoneme awareness and pathways into literacy: A comparison of German and American children. *Reading and Writing* 15: 653–682.
- Marsh, G. – M. Friedman – V. Welch – P. Desberg 1981. A cognitive-developmental approach to reading acquisition. In: T. G. Waller – G. E. MacKinnon (szerk.): *Reading research: Advances in theory and practice*. Vol. 3. New York: Academic Press. 199–221.
- McCandliss, B. D. – L. Cohen – S. Dehaene 2003. The visual word form area: Expertise for reading in the fusiform gyrus. *Trends in Cognitive Sciences* 7: 293–299.
- McCarthy, C. P. 1999. Reading theory as a microcosm of the four skills. <http://homepage.tinet.ie/~ciaranmac19/reading.htm>.
- Morton, J. 1969. The interaction of information in word recognition. *Psychological Review* 76: 165–178.
- Nagy, W. – V. W. Berninger – R. D. Abbott 2006. Contributions of morphology beyond phonology to literacy outcomes of upper elementary and middle-school students. *Journal of Educational Psychology* 98: 34–147.
- Nation, K. – P. Angell 2006. Learning to read and learning to comprehend. *London Review of Education*, Special Issue: The psychology of reading 4: 77–87.
- Nation, K. – P. Clarke – C. M. Marshall – M. Durand 2004. Hidden language impairments in children: Parallels between poor reading comprehension and specific language impairments. *Journal of Speech, Hearing and Language Research* 47: 199–211.
- Nation, K. – M. Snowling 2004. Beyond phonological skills: Broader language skills contribute to the development of reading. *Journal of Research in Reading* 27: 342–356.
- Nievas, F. – F. Justicia 2004. A cross-sectional study about meaning access processes for homographs. *Cognitive Development* 19: 96–109.

- Noble, K. G. – M. J. Farah – B. D. McCandliss 2006a. Socioeconomic background modulates cognition-achievement relationships in reading. *Cognition Development* 21: 349–368.
- Noble, K. G. – M. E. Wolmetz – L. G. Ochs – M. J. Farah – B. D. McCandliss 2006b. Brain-behavior relationships in reading acquisition are modulated by socioeconomic factors. *Developmental Science* 9: 642–654.
- Nunan, D. 1991. *Language teaching methodology*. Hertfordshire: Prentice Hall International.
- Perry, C. – J. C. Ziegler – M. Zorzi 2006. Nested incremental modeling in the development of computational theories: The CDP+ model of reading aloud. *Psychological Review* 114: 273–315.
- Perry, C. – J. C. Ziegler – M. Zorzi 2010. Beyond single syllables: Large-scale modeling of reading aloud with the Connectionist Dual Process (CDP++) model. *Cognitive Psychology* 61: 106–151.
- Plaut, D. C. – J. L. McClelland – M. S. Seidenberg – K. E. Patterson 1996. Understanding normal and impaired word reading: Computational principles in quasi-regular domains. *Psychological Review* 103: 56–115.
- Price, C. J. – J. T. Devlin 2003. The myth of the visual word form area. *NeuroImage* 19: 473–481.
- Pugh, K. R. – W. E. Mencl – A. R. Jenner – L. Katz – S. J. Frost – J. L. Lee – S. E. Shaywitz – B. A. Shaywitz 2001. Journal of communication disorders. *Journal of Communication Disorders* 34: 479–492.
- Raizada, R. D. S. – T. L. Richards – A. Meltzoff – P. K. Kuhl 2008. Socioeconomic status predicts hemispheric specialisation of the left inferior frontal gyrus in young children. *Neuroimage* 40: 1392–1401.
- Rastle, K. – M. Coltheart 1998. Whammies and double whammies: The effect of length on nonword reading. *Psychonomic Bulletin & Review* 5: 277–282.
- Rumelhart, D. E. 1977. Toward an interactive model of reading. In: S. Dornic (szerk.): *Attention and performance IV*. New York: Academic Press. 573–603.
- Rumelhart, D. E. – J. McClelland – the PDP Research Group 1986. *Parallel distributed processing: Explorations in the microstructures of cognition*. Cambridge MA: MIT Press.
- Sandak, R. – W. E. Mencl – S. J. Frost – L. Katz – D. L. Moore – S. A. Mason – R. K. Fulbright – R. T. Constable – K. R. Pugh 2004. The neurobiology of adaptive learning in reading: A contrast of different training conditions. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience* 4: 67–88.
- Schlaggar, B. L. – T. T. Brown – H. M. Lugar – K. M. Visscher – F. M. Miezin – S. E. Petersen 2002. Functional anatomical differences between adults and school-age children in the processing of single words. *Science* 296: 1476–1479.
- Seidenberg, M. S. 2007. Connectionist models of reading. In: G. M. Gaskell (szerk.): *The Oxford handbook of psycholinguistics*. Oxford: Oxford University Press. 238–250.
- Seidenberg, M. S. – J. L. McClelland 1989. A distributed, developmental model of word recognition and naming. *Psychological Review* 96: 523–568.
- Shaywitz, B. A. – S. E. Shaywitz – K. R. Pugh – W. E. Mencl – R. K. Fulbright – P. Skudlarski – R. T. Constable – K. E. Marchione – J. M. Fletcher – G. R. Lyon – J. C. Gore 2002. Disruption of posterior brain systems for reading in children with developmental dyslexia. *Biological Psychiatry* 52: 101–110.
- Sprenger-Charolles, L. – L. Siegel – D. Béchennes – W. Serniclaes 2003. Development of phonological and orthographic processing in reading aloud, in silent reading, and in spelling: A four-year longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology* 84: 194–217.
- Stanovich, K. E. 2000. *Progress in understanding reading: Scientific foundations and new frontiers*. Guilford: New York.
- Storch, S. A. – G. J. Whitehurst 2002. Oral language and code-related precursors to reading: Evidence from a longitudinal structural model. *Developmental Psychology* 38: 934–947.

- Temple, C. M. 1997. *Developmental cognitive neuropsychology*. Hove: Psychology Press.
- Tóth, V. – V. Csépe 2008. Az olvasás fejlődése kognitív pszichológiai szempontból. *Pszichológia* 28: 35–52.
- Turkeltaub, P. E. – D. L. Flowers – A. Verbalis – M. Miranda – L. Gareau – G. F. Eden 2004. The neural basis of hyperlexic reading. An fMRI case study. *Neuron* 41: 11–25.
- Turkeltaub, P. E. – L. Gareau – D. L. Flowers – T. A. Zeffiro – G. F. Eden 2003. Development of neural mechanisms for reading. *Nature Neuroscience* 6: 767–773.
- Vaessen, A. – D. Bertrand – D. Tóth – V. Csépe – L. Faisca – A. Reis – L. Blomert 2010. Cognitive development of fluent word reading does not qualitatively differ between transparent and opaque orthographies. *Journal of Educational Psychology* 102: 827–842.
- Vaessen, A. – P. Gerretsen – L. Blomert 2009. Naming problems do not reflect a second independent core deficit in dyslexia: Double deficits explored. *Journal of Experimental Child Psychology* 103: 202–221.
- Wagner, R. K. – J. K. Torgesen – C. A. Rashotte – S. A. Hecht – T. A. Barker – S. R. Burgess – J. Donahue – T. Garon 1997. Changing relations between phonological processing abilities and word-level reading as children develop from beginning to skilled readers: A 5-year longitudinal study. *Developmental Psychology* 33: 468–479.
- Wile, T. L. – R. Borowsky 2004. What does rapid automatized naming measure? A new RAN task compared to naming and lexical decision. *Brain and Language* 90: 47–62.
- Wu, H. C. – T. Nagasawa – E. C. Brown – C. Juhasz – R. Rothermel – K. Hoehstetter 2011. Gamma-oscillations modulated by picture naming and word reading: Intracranial recording in epileptic patients. *Clinical Neurophysiology* 122: 1929–1942.
- Ziegler, J. C. – D. Bertrand – D. Tóth – V. Csépe – A. Reis – L. Faisca 2010. Orthographic depth and its impact on universal predictors of reading: A cross-language investigation. *Psychological Science* 21: 551–559.
- Ziegler, J. C. – U. Goswami 2005. Reading acquisition, developmental dyslexia, and skilled reading across languages: A psycholinguistic grain size theory. *Psychological Bulletin* 131: 3–29.
- Zorzi, M. 2010. The Connectionist Dual Process (CDP) approach to modeling reading aloud. *European Journal of Cognitive Psychology* 22: 836–860.