

Idegtudományi eredmények hozzájárulása a nyelvről alkotott felfogáshoz

Tóth Alinka

SZTE ÁOK Neurológiai Klinika
SZTE Nyelvtudományi Doktori Iskola

„The lesion evidence has an important role in determining the structural constraints of functional networks” (Kertesz–Wallesch 1993: 132)

1. Bevezetés

Az utóbbi évtizedre jellemző nyelvtudományi kutatástechnológiai fejlődés nagyban hozzájárult a nyelvi képességről alkotott elméletek formálódásához, alakulásához (Gulyás 2003; Kéri-Gulyás 2003a; Vigneau et al. 2006; Hasson–Small 2008; Horwitz–Wise 2008; Steinhauser–Connolly 2008; Friederici 2011; Bambini 2012; Poeppel et al. 2012; Price 2012; Pulvermüller 2012; Friederici–Gierhan 2013). Mára kiterjedt kutatási területté vált a nyelv és agy viszonyának feltárása, azonban az eredmények meglehetősen szerteágazóak. A nyelv funkcionális neuroanatómiáját modelláló kurrens elméletek igyekeznek azokra a változásokra reflektálni, melyek legalább kétféle forrásból táplálkoznak, mikor a nyelvi képesség biológiai alapjának dinamikus természetét veszik alapul. Így a megnövekedett számú empirikus adatokra építenek: hozzájárulnak a modellálás fejlődéséhez egyrészt a nyelvi képességekkel kapcsolatos agyi aktivációs mintázatok téri és időbeli jellemzőinek pontosabb feltárása révén, másrészt pedig az elméletalkotás specifikációján, a nyelvi reprezentációk pontosításán keresztül (Cahana-Amitay–Albert 2015).

A tanulmány egyik célja, hogy az afáziák leírásában megfigyelhető kettősséghez (Whitaker 2007; Turgeon–Macoir 2008; Cahana-Amitay–Albert 2015) vezető utat bemutassa a nyelvről, illetve a nyelv és agy viszonyának változásáról alkotott felfogások fejlődésének tükrében, valamint az újabb idegtudományi eredmények, azaz a nyelvi képesség funkcionális neuroanatómiájának számbavételével. További cél, hogy a tanulmány rámutasson mindennek elsősorban kutatási célú következményeire egy afáziás személy megnevezési tesztben nyújtott teljesítményének értelmezése során.

2. A nyelv és agy viszonyának, illetve a nyelvi sérüléseknek a modellálásában bekövetkező változások

A kognitív képességek egymáshoz képesti működésének, illetve struktúrájának leírása több évszázados hagyományra tekint vissza, mint ahogyan a nyelvi képesség és agy viszonyának modellálása is. Ebben a fejezetben egy rövid áttekintés következik erről, mely később, mint látni fogjuk, a szemléletváltozás kiindulópontjaként értelmezhető.

Klasszikusan a neurolingvisztika tudományának egyik első fontos dátuma 1861, hiszen Broca ekkor ismertette eredményét, mely szerint a vizsgált beteg beszédében az eltérést – melyet aphemiának (Broca 1861) nevezett – az agy bal féltekéjének harmadik frontális gyrusában levő lézió okozza. (Megemlítendő, hogy a témakörrel már jóval Broca előtt is foglalkoztak, már az ősi Egyiptomból, illetve az ókori Görögországból is származnak írásos emlékek, melyek az agy és nyelv kapcsolatának leírásáról szólnak (Finger 1994; Ahlsén 2006)). Broca állításának legalább két fontos, teoretikus következménye volt, melyek máig hatnak a nyelvel

kapcsolatos modellezésre: a pszichológiai funkciókat lehetséges az agyban lokalizálni, illetve a nyelv lateralizált (Broca 1865). A jellemzés alapja tehát a deficit-lézió korreláció volt (Ben Shalom-Poeppel 2008). Néhány évvel később, 1874-ben Carl Wernicke megfigyeléseinek eredményeképpen egy ettől eltérő mintázatú eset leírása következett, melyre elsősorban beszédértési nehézség volt jellemző, a superior temporális gyrus hátsó felének és a környező területek érintettsége miatt (Wernicke 1874). Wernicke elméletében kifejtette, hogy a különböző kortikális területeket asszociációs idegrostok kötik össze, s ezáltal lehetséges ugyanazon tárgy vizuális, auditív, taktilis reprezentációinak összefűzése, társítása. Minden elem megalapozása az ismételt és stabilizált asszociációktól függ, így lehetséges, hogy pl. a vizuális képzet képes más reprezentációt is felidézni. Ebben a modellben (Wernicke 1874) megkülönböztethető a motoros funkciók (frontális lebeny), valamint a szenzoros stimulusok feldolgozása (parietális, temporális, occipitális lebenyekhez sorolva), továbbá elkülönülnek az elsődleges területek a másodlagosaktól. A kettő közötti megkülönböztetés azért fontos, mert a modellben a szenzoros információk feldolgozása az elsődleges modalitás-specifikus szenzoros területeken történik, mely analízis eredménye a specifikus asszociációs területekhez utalódik (melyek egymással is összeköttetésben vannak), így a feldolgozás tehát a két terület közötti összekapcsolás eredménye, s hasonlóképpen jellemzi a motoros információk feldolgozását is (Denes 2011). Az eredeti 1861-es, illetve 1874-es első leírásokat követően Lichtheim (1885) egyfajta közvetítő, átkötő területtel bővítette az addigiakat, mely egy harmadik, nyelvi központot feltételez, melynek kevésbé pontos, körülírható lokalizáció tulajdonítható, s fő jellemzője a területek közötti közvetítő komponens. A modell magában foglalta az auditív bemenetből létrehozott szóreprezentációkat, melyek a Wernicke területéhez köthetők, illetve a Broca területéhez tartozó pályákat, mely a szó motoros reprezentációjáért felelős terület, s részt vesz az artikulációban, továbbá olyan pályák létezését feltételezte, melyek a konceptuális rendszerhez vetődnek ki, így elsősorban a szavak megértése lenne a fő feladatuk (Ahlsén 2006; Denes 2011).

A két leírást követően számos afáziás szindróma leírására került sor. Ezen leírásokra jellemző, hogy elsősorban a különböző szimptomákat foglalták magukban, de törekedtek arra is, hogy a lézió lokalizációját is definiálják a Broca és Wernicke területekhez képest (Hagoort 2006; Bánréti 2014). Az ezt követő időszakban főként a lokalizációs és asszociációs felfogások domináltak. Az a gondolat, hogy az agy sérülése nem a központokat, hanem a funkciókat károsítja, a XX. század elején már megjelent (von Monakow 1911), s Jackson (1932) szerint a tünetek lokalizációját nem lehetséges azonosítani a funkciók lokalizációjával, azaz egy meghatározott területhez köthető funkció sérüléséből nem következik az, hogy a funkció csak azon a bizonyos területen volna lokalizálható.

A modellálás fejlődésének fontos aspektusa, hogy a nyelvi funkciók és az agy kapcsolatára vonatkozóan a szigorú lokalizációs szemlélettől egyfajta elmozdulás látszik kibontakozni. A Lichtheim-féle modell további fejlesztése Geschwind (1965) nevéhez köthető, aki a klasszikus asszociációs megközelítést továbbgondolva, a neurolingvisztikai szakirodalom neoklasszikus iskoláját teremtette meg, s a korábbi hozzáállást konnekcionizmusként aposztrofálta. Geschwind (1965) értelmezésében a megnevezési folyamat számos kortiko-kortikális asszociációs pályarendszeren keresztül valósul meg, melyek a különböző szenzoros modalitások közötti átkapcsolásban vesznek részt. A cortexben, a gyrus anguláris (háromlebeny vidék) területén feltételez egy asszociációs területet, ahol ezek a pályák összekapcsolódnak, s így gyors átkapcsolás lehetséges a szenzoros és a kapcsolódó akusztikus képzetek között, s mely a megnevezési képesség szempontjából fontos terület, megkülönböztethető szerepe lehet a humán és nem-humán teljesítményekben. Leírásában megkülönbözteti a diszkonnekciós szindrómákat: afázia, agnózia, apraxia (Ahlsén 2006).

Ez a szemlélet Luriánál is megjelenik, aki funkcionálisan kapcsolódó rendszerként értelmezi az agyi működéseket, ahol komplex aktivitásmintázatok figyelhetők meg, s ezek milyensége a

különböző területek együttműködésén alapul. Értelmezése szerint éppen ezért nem lehetséges egy nyelvi funkciót egy adott területen lokalizálni. Elméletében három funkcionális egységet különít el, melyeknek az együttműködése szükséges minden aktivitás kiváltódásához (Luria 1973).

Összességében a klasszikus modelleknek számos igen fontos előnye mellett szükséges látni azok korlátait is: mind anatómiai, mind a nyelvi funkciók szempontjából alulspecifikáltak (Ben Shalom–Poeppel 2008; Bambini 2012).

3. Az afáziák leírásának perspektívái

3.1. Klinikai-funkcionális szemlélet

A nyelv funkcionális komponenseinek leírása, s ezáltal az afáziák klinikai klasszifikációjának kidolgozása a klinikai-funkcionális szemlélet fő jellemzője. Ez azt jelenti, hogy a klasszifikáció magában foglalja a különböző afáziás tünetegyüttesek leírását különböző modalitások alapján (pl. kifejező beszéd, beszédértés, olvasás, írás), illetve az azokhoz köthető, különböző mintázatokat (pl. fluencia, szó- és mondatprodukción, szó- és mondatértés, ismétlés, olvasás, írás), valamint az agysérülés lokalizációját. Az afáziák klinikai klasszifikációja a nyelv érintett funkcionális komponenseinek azonosítása, illetve a károsodott modalitások számbavétele alapján történik.

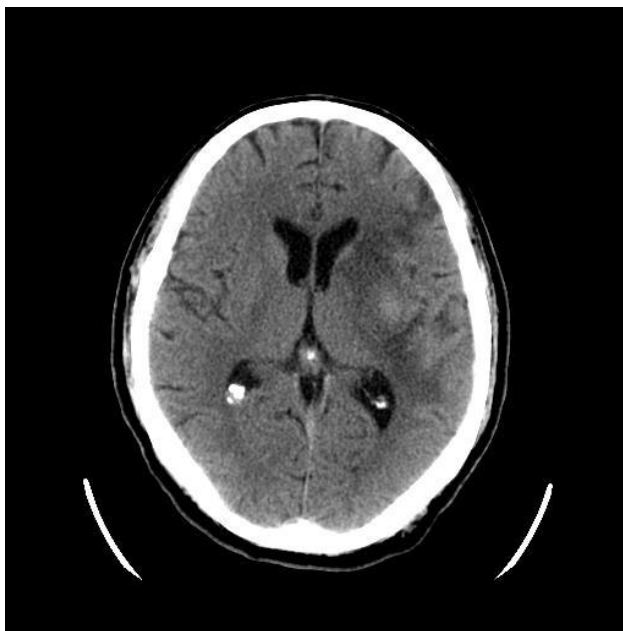
Mindez alapjául szolgálhat rehabilitációs és kutatási kérdéseknek is, az afázia definícióját illetően is, mely szerint az afázia olyan szerzett nyelvi zavar, mely a nyelvi funkciók szempontjából domináns félteke vagy kéreg alatti struktúrák sérülését követő tünetegyüttes; károsodás figyelhető meg a nyelvi szinteket illetően azok expresszív és/vagy receptív oldalán egyaránt, továbbá gyakran társul hozzá az írás és/vagy olvasás, illetve a számolás zavara (Goodglass–Kaplan 1983; Osmanné 1991; Hegyi 1995; McNeil–Pratt 2001; Caplan 2003; Csépe 2003; Kertész 2003; Bánréti 2014). A főbb funkcionális-klinikai afázia szindrómák a következők: Broca-, Wernicke-afázia, vezetékes afázia, anomias, illetve globális afázia. Továbbá számos olyan szindrómát leírtak, melyek túlnyomórészt egy modalitást érintenek: beszédapraxia, agráfiával együtt járó alexia, tiszta szósüketség, agráfia, alexia, transzkortikális afáziák (Whitaker 2007). Azonban nincs teljes egyetértés az itt említett szindrómákat, pontosabban az érintett komponensüket, valamint klasszifikációjukat illetően (Wallesch–Kertész 1993; Hegyi 1995; Csépe 2003; Kertész 2003).

Nézzünk egy példát az afázia funkcionális leírására!

Ehhez röviden ismertetem a beteg anamnéziséét. Az SZTE ÁOK Neurológiai Klinika Neurorehabilitációs Osztályán legutóbb 2016. szeptemberében, 9. alkalommal tartózkodott F. T. 46 éves férfi beteg. Az anamnézis szerint 2009 márciusában nagy kiterjedésű ischaemias stroke-on esett át, ami a vizsgálatok szerint a bal oldali arteria cerebri media teljes ellátási területét érintette: a frontális (inferior területei, Broca area is), parietális és temporális lebenyeket is (1. ábra).

A stroke következményeként jobb oldali hemiplegia, valamint súlyos fokú globális afázia alakult ki. 2009 óta folyamatosan visszajár az osztályra, ahol minden alkalommal komplex rehabilitációs programban vesz részt.

A Western Aphasia Battery magyar nyelvű változatának (Osmanné 1991) felvétele során kisebb jelekből arra lehetett következtetni, hogy a beteg valamelyest emlékszik a feladatokra: pl. több esetben előfordult, hogy gyakorlatilag az instrukció elhangzásával egyszerre kezdte el a feladat megoldását. Az ilyen mértékű rátanulás nem túl gyakori, még akkor sem, ha valóban több alkalommal végezte el a tesztet; mindenesetre a jelenség figyelemfelhívó jellegű. Így tehát az afáziakvóciens (AQ: megmutatja az afázia súlyossági fokát és típusát) jelen esetben fenntartással kezelendő, de az afázia funkcionális szemléletű leírására jó példa lehet. A jellemzésben a teszt egységeit követem.



1. ábra
A beteg CT felvétele (2009. március 30.)

A beteg spontán beszéde nem folyamatos (10/2 pont), információtartalma kevés (10/4 pont). Verbális megnyilvánulásai főképpen két magánhangzó sztereotíp használatával jellemezhetőek. Az ismétlés károsodott (100/58 pont), biztonsággal 2 szótagú szavakat tud megismételni, továbbá fonetikai hibák is jellemzőek (dysarthria). A megnevezés (összpontszáma: 3,6) első részpróbája a tárgymegnevezés, ennek során önálló, verbális megnevezés ritkán fordul elő (60/25 pont), a vizsgálat során gesztusaival többször jelzi, hogy tisztában van a jelentéssel, de kimondani nem tudja a megfelelő szót. A vizsgálat során többször előfordul, hogy a kimondott szó esetén azonnal jelzi, hogy tudja, hogy nem a megfelelő szót ejtette ki. A megnevezés második részében, a szófolyamatosságban három elemet nevez meg (20/3), a mondatbefejezés során 10/4 pontot ér el, a dialógus alpróbában pedig 10/4 pontot. A beszédértés (összpontszám: 10/6,15) összességében károsodott, az igen/nem kérdésekben jó teljesítményt nyújt (60/57), az auditív szövegfelismerésben 60/40 pontot ér el, míg a szekvenciális utasítások esetén rosszabb a teljesítménye: 80/26 pontot ér el.

A beteg nyelvi teljesítménye (AQ: 43,1 pont) szerint egy közepesen súlyos fokú, izolációs afáziáról van szó. Az afázia teszt eredménye szerint minden vizsgált modalitás érintett, leginkább a beszéd expresszív oldala, így a megnevezési képesség, illetve a spontán beszéd vizsgálata során nyújtott gyengébb teljesítményt a beteg, de összességében a receptív oldal is érintett.

Boston Megnevezési Teszt (Kaplan–Goodglass–Weintraub 2001) során az önálló megnevezések száma kevés, a beteg a 60 elemből hatot tudott önállóan megnevezni, így a tesztben elért ún. Z pontszáma -9, 33, mely megmutatja, hogy a teljesítménye mennyiben tér el az iskolázottságban és életkorban illesztett kontroll csoportétól. A tesztben 34 elemet fonemikus segítséggel meg tudott nevezni, azonban 20 esetben verbális választ nem tudott adni: ebből 4 elem esetén volt arra példa, hogy a beteg valamilyen formában kifejezte magát, ugyanakkor fonemikus segítséggel sem sikerült a szóformát kimondania.

Ez a típusú leírás az évek alatt számos kritikát kapott: egyrészt nem tudta jól kezelni a szigorú lokalizációs leírásnak ellentmondó viselkedési mintázatokat (ha egy adott terület sérülése nem a keretben megjósolható eredményekhez vezet, illetve fordítva, ha különböző területek sérülése hasonló deficitet okoz), másrészt a tünetek nem mindig specifikusan nyelvi természetűek, hanem számos esetben kognitív károsodás következményeképpen értelmezhetőek (Denes 2011; Cahana-Amitay–Albert 2015). További kritikát jelentett az agy online vizsgálómódszereinek használatával beazonosított – a klasszikus nyelvi területekhez képest – újabb inter- és intrahemiszfériális nyelvi hálózatok létezése, működése.

3.2. Neurolingvisztikai perspektíva

A másik megközelítésmód a nyelv struktúrájának, illetve ennek sérülése következtében előálló mintázatok jellemzésével, valamint szélesebb értelemben véve a nyelv biológiai alapjainak leírásával foglalkozik (Whitaker 2007; Turgeon–Macoir 2008; Cahana-Amitay–Albert 2015). Ezen szemlélet kombinálja a nyelvészeti és kognitív pszichológiai ismereteket annak érdekében, hogy a nyelvi zavarok leírása és klasszifikálása helyett annak részfolyamatait legyen képes jellemezni (Turgeon–Macoir 2008), tehát célja az egyes nyelvi szintekhez köthető folyamatok szisztematikus magyarázata, illetve mindezen tényezők biológiai megalapozottságának feltárása (Whitaker 2007). Ezekben a modellekben a kognitív képességek működése számos specializált részfolyamat összjátékaként értelmeződik (mind neurális, mind viselkedéses szinten). Így a korábbi „nagy funkciók” – pl. megnevezési képesség –, több alfolymatra bontható, mely mind rehabilitációs, mind kutatási perspektívából sokkal fókuszáltabb hipotézisalkotást tesz lehetővé. Ezt a megközelítésmódot a tanulmány további részeiben Whitaker (2007) alapján neurolingvisztikai perspektívának nevezhetjük.

4. Multifunkcionális nyelvi modellek szükségessége: specifikusabb módszerek, specifikusabb funkciók

A kutatási módszerek fejlődésével változott a Broca-afázia mint szindróma jelentése: a kezdeti kiindulópont volt a klasszikus, nem folyamatos beszéd mellé társuló szintaktikai korlátozottság, illetve telegrafikus beszéd, majd később kiemelték a terület szerepét mind a grammatikai kódolási és elemzési műveletek során, mind a modalitás független grammatikai ismeretrendszer reprezentációját illetően is. Mindennek hatására egyértelművé vált, hogy a Broca-terület és Broca-afázia között nem egyirányú kapcsolat van. Több eset ismert, melyek alátámasztják, hogy a Broca-terület sérülése nem okoz afáziát, illetve nem Broca-afáziát okoz (Hagoort 2006; Kutas 2014). Tehát az elmúlt húsz év eredménye különböző agyi vizsgálóeljárásokat felhasználva az, hogy a Broca-terület nem csak a szóprodukciónban vesz részt, hanem szerepe van a megértésben is, aktivációt mutat lexikai, fonológiai, grammatikai feladatok esetén, de bizonyos nyelvi feladatok esetén is, sőt egyéb kognitív funkciók során is (pl. Hagoort 2006; Fazio et al. 2009; Levelt 2009). Így a Broca-terület tehát nem egyszerűen egy kitüntetett nyelvi funkcióért lehet felelős. Ebből viszont az agy és a kognitív funkciók viszonyára vonatkozóan nem az ekvipotencializmus perspektívája következik, hanem inkább az, hogy a funkciók lokalizálhatóságára vonatkozóan az egy az egyhez megfeleltetés nem tartható megállapítás. A terület funkcionális komplexitása miatt pontosabb Broca komplexumról beszélni, hiszen citoarchitektonikailag bár különböző, de funkcionális szempontból kapcsolódó területekről van szó (Hagoort 2006; Lindenbergh–Fangerau–Seitz 2007; Davis et al. 2008).

A Wernicke-terület kapcsán is hasonló sokszínűséget tártak fel a kutatások során (pl. Petkov–Logothetis–Obleser 2009), s mindebből arra lehet következtetni, hogy a különböző nyelvi feladatok háttérben közös neurális hálózatok rendszere húzódnak meg, oly módon, hogy az ezt alkotó egyes területek specifikus információfeldolgozásért felelősek (Denes 2011).

Míg a cerebellum szerepe hagyományosan a motoros kivitelezésben, illetve a koordinációban ismeretes, mégis úgy tűnik, hogy a kisagynak szerepe lehet a nyelvi funkciókat illetően is. Ennek természete még nem pontosan tisztázott, a következő sérülési mintázatok jellemzőek: fonológiai, illetve szemantikus fluencia károsodása, agrammatizmus, megnevezési, szótalálási nehézség, afázia, olvasási, írási nehézség, magasabb rendű nyelvi képességek zavara (Leiner–Leiner–Dow 1993; Ackermann–Hertrich 2000; Fabbro 2000; Glickstein 2007; De Smet et al. 2007; Baillieux et al. 2008).

Az eddigiek tükrében úgy tűnik, hogy a neuropszichológiai szemlélet elterjedésével, illetve az agy vizsgálóeljárásainak technikai fejlődése következtében egyre inkább finomabbra hangolt és pontosabb megkülönböztetéseket lehet tenni mind a nyelvi, mind az egyéb kognitív funkciókat illetően (pl. Kállai et al. 2008; Leon–Maher–Gonzalez–Rothi 2011; Lukács et al. 2014).

Mindez a nyelvi képességek modellálásában is változást hozott: a nyelv és más kognitív képességek viszonyának, illetve ezek neuroanatómiai hátterének leírására két elméleti keret ismertetése következik.

Hagoort (2005; 2016) újabb modellt mutat be („MUC modell”), mely a szóprodukcióné neurobiológiai alapjait dolgozza ki. A modellben három funkcionális egységet különít el: memória („memory”), egyesítés („unification”) és kontroll („control”) funkciókat. A memória komponens (temporális cortex, gyrus angularis) azt a nyelvi tudásrendszert foglalja magában, mely a nyelvelsajátítás során konszolidálódott, s ez a modell egyetlen nyelvspecifikus komponense. Az egyesítés komponensnek (frontális lebeny) – minthogy a nyelvi folyamat nem csak a memóriában tárolt elemek és azok összekapcsolása – abban van szerepe, hogy a tárolt elemek újabb és újabb formában is kombinálhatók legyenek. Ez nem csak a szintaktikai folyamatokat foglalja magában, hanem Hagoort értelmezésében kiterjed a szemantikai és fonológiai egyesítési folyamatokra is. A kontroll komponens (dorsolaterális prefrontális területek) szerepe a kontextushoz igazodó nyelvhasználati formák kiválasztásában, a társalgás szerkezetének megtartásában, a figyelmi funkciók irányításában van (Hagoort 2016).

A nyelv funkcionális neuroanatómiájának leírásának egyik nagy hatású, újabb szemléletű modellje az ún. kettős út modell (Hickok–Poeppel 2004; 2007). A vizuális feldolgozás analógiája alapján kidolgozott: a vizuális rendszer legalább két alkotóelemből áll (Ungerleider–Mishkin 1982), a ventrális rendszer főként a temporális lebenybe projektál, s a vizuális tárgyfelismerésért felelős, míg a dorzális rendszer főként a parietális és frontális lebenyeket foglalja magában, s a téri tulajdonságok vizuális reprezentációja a fő funkciója. Hickok és Poeppel modellje hasonlóképpen épül fel: két funkcionálisan elkülöníthető neurális hálózatot feltételez, melyek a beszéd/nyelvi információk feldolgozásában vesznek részt. A ventrális rendszer főként a temporális lebenybe projektál, s az elsősorban a konceptuális, szemantikai rendszer, valamint szenzoros/fonológiai hálózatok közötti érintkezési felületét jelenti. Az ún. dorzális pályarendszer, mely – az elsődleges auditoros kéregből projektál a parietális és frontális területekbe – a szenzoros/fonológiai hálózatok és a motoros/artikulációs rendszer közötti interfészként értelmezendő, s egyfajta érintkezési pontként is szolgál az auditív és motoros folyamatok között (Hickok–Poeppel 2004).

4.1. Idegtudományi eredmények hatása az elméletalkotás változására: a neurolingvisztikai szemlélet specifikációja

A nyelvi rendszer funkcionális neuroanatómiájának magyarázatában számos, sokszor ellentmondásos információt találunk, mely egyrészt módszertani okokkal, másrészt a nyelvi képességről alkotott felfogások különbözőségével magyarázható (Cahana–Amitay–Albert 2015). Így alapvető különbségek várhatóak attól függően, hogy a különböző elméleti keretek hogyan kezelik a következő, nyelvelméleti szempontból alapvető kérdéseket:

- a neurális hálózaton belül vajon területspecifikus modulok működnek-e, melyek a grammatika különböző komponenseinek alapjául szolgálnak
- ezen modulok működése vajon külön neurális struktúrákat kíván, melyek kizárólagosan a modul működtetéséért felelősek
- vajon a nyelvvel kapcsolatos neurális hálózatok különböznek-e az egyéb kognitív funkciókkal kapcsolatos hálózatoktól (Blumstein–Amso 2013).

Jelen tanulmányunk nem célja az elme architektúrájára vonatkozó elképzelések, modellek szisztematikus áttekintése, hanem azokra az interfész területekre fókuszál, ahol a nyelvi képességgel kapcsolatos idegtudományi kutatások és a kognitív modellek egymásra hatása várható. A nyelvi képesség, a nyelvi tudásrendszerek és folyamatok fizikai implementációjának megismerésére különböző metódusok állnak rendelkezésre. A képző eljárások előnyei közé a jó térbeli felbontást (mi és hol), az elektrofiziológiai módszerek előnyei közé a jobb idői érzékenységet (mikor) szokás sorolni, amellett, hogy természetesen minden módszernek megvan a hátránya is (Kéri–Gulyás 2003b; Kemmerer 2015). Jelen tanulmányban az fMRI kutatások eredményeire támaszkodom, mely talán a leginformatívabb módszer nyelv funkcionális neuroanatómiájával kapcsolatban (Démonet–Thierry–Cardebat 2005).

Nyelvelméleti aspektusból a fenti kérdéscsoportok az elme szerveződését és a nyelvi képesség mibenlétét járják körül. A modularizmus szerint az elme egyes funkcionális komponensei egymástól függetlenül működő egységekként értelmezhetők. A Fodor-i értelemben vett modul (Fodor 1983) egy funkcionális szempontból specifikus feldolgozó egység, mely az evolúció során azért alakult ki, hogy bizonyos feladatokat reflex-szerű gyorsasággal ellásson. Fodor szerint a nyelv ilyen moduláris feldolgozó egység által támogatott rendszer. Fodor a modularizmus kilenc főbb tulajdonságát tárgyalja, melyek közül kettő különösen releváns a tanulmány gondolatmenete szempontjából (Fodor 1983; Ingram 2007).

A területspecifitás szerint az elme egymástól elkülönített, specializált modulokból áll, s mindegyik modul egy specifikus információípussal dolgozik, vagyis specifikus információk manipulálására alkalmas. Egy ilyen specifikus modul lenne a nyelv (továbbá bizonyos komponensei is hasonlóképpen értelmeződnek ebben a keretben, ahol a fonetikai, fonológiai, szintaktikai, szemantikai komponensek elkülönült modulokként definiálhatóak és más típusú információk feldolgozására alkalmasak), mely elkülöníthető más kognitív területektől (Ingram 2007; Blumstein–Amso 2013). A kutatások technikai fejlődése lehetővé tette, hogy ezen elméleti megfontolások tesztelhetővé váljanak az agy valós idejű vizsgálatával, feladathelyzetben. FMRI kutatások bizonyítják, hogy a nyelv strukturális komponensei nem területspecifikusak, inkább elosztott hálózatok alkotják. Több esetben is ugyanaz a neurális hálózat szolgál különböző grammatikai komponensek alapjául, illetve a nyelvi rendszer legalább néhány neurális hálózatban és komputációs jellemzőben osztozik, illetve kölcsönhatásba lép más kognitív mechanizmusokkal, időben elkülönítetten (Baldo–Dronkers 2007; Amunts et al. 2010; Blumstein–Amso 2013; Kunert et al. 2015), mint ahogyan Hagoort fentebb bemutatott modelljében is (Hagoort 2005; 2016). Az egymással többszörös funkcionális átfedésben levő neurális hálózatok beazonosításának teoretikus következménye, hogy a nyelvi képesség szigorú értelemben vett modularitását szükséges újragondolni.

A modularizmus másik jellemzője, mely a területspecifitással szorosan összefügg: a rögzített hálózatok kérdése. Eszerint a modulok rögzített neurális architektúrát használnak működésük során, vagyis külön neurális struktúrák léteznek a különböző modulok működése mögött (Fodor 1983; Ingram 2007; Blumstein–Amso 2013). A grammatika egyes elemeire, illetve nyelvi folyamatokra vonatkoztatottan az fMRI vizsgálati eredmények minden esetben elosztott hálózati aktivitást mutatnak. A kutatások jelenlegi állása szerint az elosztott hálózatok néhány komponense több grammatikai elem aktivációja során is szerepet játszik, így például

az inferior frontalis gyrus esetében különböző funkciókat írtak le: szintaktikai folyamatok, szemantikai komponensek, nem nyelvi funkciók stb. (Fazio et al. 2009; Blumstein–Amsó 2013).

Összességében az eddigi eredmények azt erősítik meg, hogy a kognitív idegtudományi eredmények a szigorú értelemben vett modularitás elméletét nem támogatják, hiszen az elmélet a kognitív működés egy-egy idői pillanatának jellemzését adja, mely szerint statikus, fix, specializált neurális hálózatok szolgálnak egy-egy adott kognitív folyamat alapjául. Az fMRI kutatások eredményei ezt nem támasztják alá, sőt éppen a kognitív rendszer plasztikussága és adaptív funkciói mellett érvelnek (Blumstein–Amsó 2013).

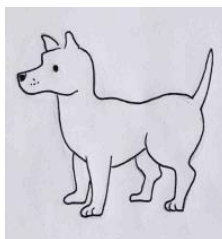
Erre mutat rá Kutas (2014: 1143): „A legkevesebb, amit biztosan állíthatunk, hogy az agyterületeket összekötő kiterjedt strukturális és funkcionális keresztkapcsolatok arra utalnak, hogy egyetlen sejt, sejtcsoport, terület, régió vagy rendszer sem teljesen független.”

4.2. Megnevezési képesség neurolingvisztikai perspektívából

Annak hatására, hogy a modern képalkotó eljárásokkal újabb aspektusból vált lehetővé a nyelvről alkotott elméletek igazolhatósága, a kutatások egy-egy komponens felépítésének pontosabb megismerése felé mozdulnak el. Szintén fMRI kutatások eredménye, hogy a megnevezési képesség működéséhez szükséges agyi hálózatokat be tudták azonosítani, s tekintetbe vették, hogy a hálózat különálló komponensei más és más kognitív folyamatokhoz vagy reprezentációkhoz szükségesek (DeLeon et al. 2007). Hiszen a megnevezés összetett folyamat: egyszerre számos kognitív folyamat működésére és mentális reprezentáció aktiválására van szükség (pl. Rohrer et al. 2008). Egy képmegnevezés során (legalább) a következő lépéseket lehet elkülöníteni (DeLeon et al. 2007):

- a vizuális stimulus értelmezése úgy, hogy az egy ismerős fogalomhoz köthető
- a jelentés elérése
- fonológiai forma elérése
- artikuláció tervezése.

Ezen folyamatok közül bármelyik válhat érintetté agysérülés következményeképpen. A jelentés komponens összetett (2. ábra):



Szemantika

Amodális általános és személyes tudás

négy lába van, szőrös, emlős
az én kutyám rövidszőrű, felugrál, ha örül, békára vadászik

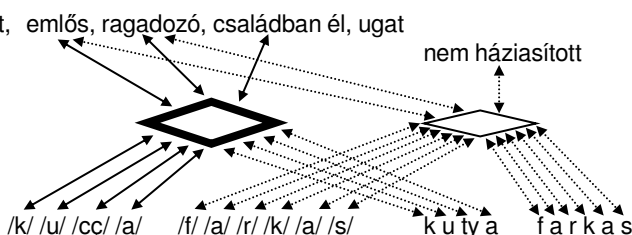
Lexikai-szemantikai szint, definiáló jegyek

emlős, ragadozó, családban él, ugat

nem házasított

Modalitás-független lexikai szint

Fonológiai/ortográfiai szóforma



2. ábra

Képmegnevezés során működő kognitív folyamatok.

Saját ábra DeLeon és munkatársainak (2007) elméleti kerete nyomán

Ebben az elméleti keretben (DeLeon et al. 2007) feltételezhető egy amodális reprezentáció létezése, mely tartalmazza az általános tudásunkat, illetve személyes ismereteinket az adott elemről, valamint azokat a jellemzőket, melyek egyrészt definiálják azt, másrészt elkülönítik más, kapcsolódó elemektől. Éppen ez utóbbi jellemző egy fontos lépés a megnevezés során: ahhoz, hogy egy adott elemet meg tudjunk nevezni, szükséges, hogy 1. elérjük a szemantikai reprezentációból a megkülönböztető jegyeket, s ne az elemmel kapcsolatos összes – egyébként a cél szempontjából irreleváns – tudásunkat mozgósítsuk, 2. ezek között a célnak megfelelően tudjunk szelektálni, azaz pontosan beazonosítsuk az adott megnevezendő elem jellemző tulajdonságait. Mindehhez szükséges a végrehajtó funkciók (pl. a megfelelő lexikális reprezentáció kiválasztásához), illetve azonosítási folyamatok megfelelő működése (Cahana-Amitay–Albert 2015). A lexikai-szemantikai jegyek és a tágabb értelemben vett szemantikai reprezentáció elkülöníthetősége melletti érv, ha lehetséges olyan sérülési mintázatokat találni, melyek fő jellemzője az egyik rendszer érintettsége a másik viszonylagos megtartottsága mellett. A szemantikai reprezentáció érintettsége áll fenn az ún. szemantikus demenciák esetén, míg a szemantikai reprezentáció és szóforma közötti összeköttetés sérülése (expresszív és receptív oldalon egyaránt) többnyire a stroke következményeképpen kialakuló afáziákra jellemző. Mindkét esetben tehát a tágabb értelemben vett szemantikai reprezentáció (is) sérülhet, azonban ez eltérő mintázatokban jelenik meg: az afáziákra túlnyomó részt az amodális reprezentációk megőrzöttsége jellemző, s inkább a végrehajtó funkciók érintettsége állhat a tünetek mögött, azaz itt: a megkülönböztető jegyek válogatásának mechanizmusa.

DeLeon és munkatársainak (2007) modelljében a fent említett szemantikai reprezentáción, valamint a lexikai-szemantikai szinten kívül az ún. modalitás-független lexikai hozzáférés jelenik meg a megnevezési képesség egyik összetevőjeként, mely egy egy közbenső szintként

értelmezhető a szemantikai reprezentációk és fonológiai/ortografikus szóforma között. A hagyományos értelmezés szerint a lemma szemantikai információt tartalmazó reprezentáció, azonban további kutatások eredményei szerint nincs ilyen tartalma (Dell 1986; Dell et al. 1997; Levelt–Roelofs–Meyer 1999), hanem a szemantikai reprezentáció és a fonológiai/ortográfiai szóforma között közvetít, és a szó szintaktikai szerepét specifikálja. Tehát valószínűsíthető egy feldolgozási szint, mely a szóforma fonológiai és ortografikus jellemzőinek elérését biztosítja, így pl. a szóforma kiejtéséhez szükséges, de mindez a szemantikai reprezentációtól függetlenül történik. Ezen szint létezése mellett szóló érv lehet a „nyelvem hegyén van” jelenség (sem a fonológiai, sem az ortografikai információ nem érhető el), illetve az anomianak az a típusa, melynek során a beteg nem fér hozzá a fonológiai/ortografikai információkhoz, de a szemantikai jellemzőkkel tisztában van.

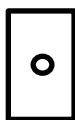
A különböző szintek feltételezésével tehát lehetővé válik a megnevezéssel kapcsolatos tévesztési mintázatok differenciált értelmezése: 1–2. a vizuális felismerés vagy feldolgozás zavarai, 3. a lexikai-szemantikai jegyek és a vizuális jellemzők közötti elérési út, 4. lexikai-szemantikai szint érintettsége, 5. a szemantikai reprezentáció sérülése, 6. a modalitás-független lexikai szint károsodása. DeLeon és munkatársainak (2007) eredménye szerint a különböző lexikai folyamatok, komponensek háttérben különböző neurális hálózatok állnak: feltételezhető egy komplex hálózat létezése, mely a különböző agyi területek között működik, s melynek sérülése specifikus mintázatokat eredményez.

Vegyük a fentebb már említett afáziás beteg teljesítményének elemzését most neurolingvisztikai perspektívából!

A Boston Megnevezési Teszt (Kaplan–Goodglass–Weintraub 2001) felvétele során több esetben is előfordult, hogy a beteg a szóforma megtalálása helyett vagy gesztusokkal, vagy rajz segítségével próbálta a vizsgálatvezető számára nyilvánvalóvá tenni, hogy tudja a szó jelentését, de nem tudja kimondani azt. Számos esetben a kép megnézését követően a beteg megmutatta az adott elem tipikus felhasználási módját, erre következik néhány példa:

- retesz: mintha bezárna valamit a retesz elhúzásával
- állvány: lerajzolja az állványt, és fényképezőgépet rajzol rá, majd magára mutat (ő is ilyet használt)
- tölcser: humorizál: mutat a szájára, és nevet rajta
- koszorú: horkant egyet viccesen, és keresztet rajzol a levegőbe
- szájharmonika: mutatja, hogyan használná.

A következő példa esetén a megnevezendő elem a kopogtató volt, s bemutatását követően hamarosan a beteg a levegőben a következő formát „rajzolta le” és imitálta a „gomb” megnyomását, majd a következő kommunikáció zajlott (V. v.: vizsgálat vezetője, B: beteg):



V. v.: Ez egy csengő?

B.: Nem verbális úton jelzi, hogy igen (bólintással és sztereotíp megnyilvánulással).

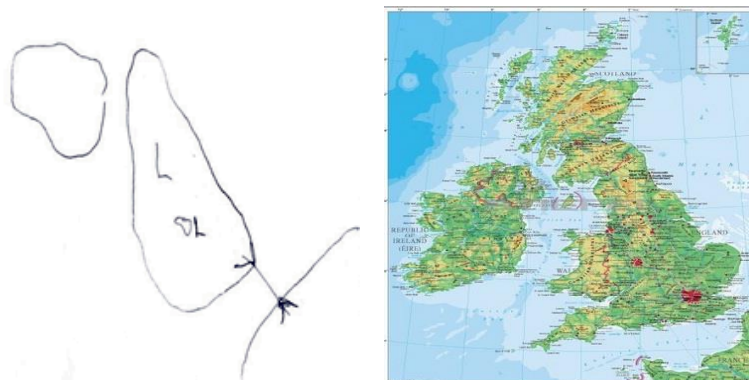
V. v.: Igen, valóban egyszerűbb lett volna a csengő, hiszen kopogtatót ma már ritkán látunk.

B.: Nem verbálisan jelzi, hogy nem így van, majd három, egymáshoz közel elhelyezkedő ház körvonalait rajzolja a levegőbe (tehát sorházak, mint az utóbb kiderült).

V. v.: Ez hol láthatjuk? Itt Szegeden?

B.: Ismét gesztussal jelzi, hogy nem (fejrázással), majd az asztalra az ujjával egy L betűt rajzol.

Ekkor a vizsgálat vezetője egy lapot ad neki, hogy próbáljon rajzolni, hiszen a közölni kívánt tartalommal kapcsolatban a beteg többletinformációt nem tudott adni. A következő rajz készült el (a rajzok beillesztése a beteg beleegyezésével történt):

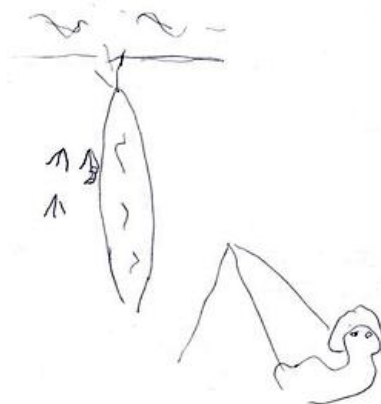


3. ábra

Bal oldalon a beteg rajza, jobb oldalon a térkép
(<http://mindentudasboltja.hu/Nagy-Britannia-domborzata>)

A könnyebb értelmezhetőség kedvéért beillesztettem a megoldást: a beteg egy térkép részletét vázolta fel, mint kiderült, abból a célból, hogy a vizsgálat vezetőjének tudtára adja, hogy Londonban a sorházak ajtaján még manapság is lehet kopogtatót látni.

A teszt egy másik megnevezendő eleme a szfinx, melyet a beteg szintén nem tudott kimondani, de a következő rajzot készítette gyorsan:



4. ábra

A beteg rajza a szfinxről

A rajz jobb alsó fele készült el hamarabb, majd arra a kérdésre, hogy mindez hol látható, készült el a többi rész: a piramisok mellett a Nílus látható, illetve Afrika északi partja, s a hullámok a tengert jelzik.

Összességében a beteg nyelvi rendszerére az expresszív oldalt tekintve súlyos fokú anomia jellemző, a terápia hatására (a komplex nyelvi terápia során igen hangsúlyos szerepet kap a fonológiai fejlesztés) egy-egy szó keresésénél különböző szókezdemények „próbálgatásával” igyekszik a szóelőhívást megkönnyíteni (pl. ceruza esetén: *ko, ko, ki, ki, ki*). A szótagok a próbálkozás (elvi) stratégiáját mutatják, de úgy tűnik, hogy számára azoknak nyelvi szempontból facilitáló hatása nincsen, ezek a szókezdemények gyakorlatilag random módon jelennek meg, nincsen semmilyen kapcsolatban a célszóval. Sokkal inkább a terápiájában alkalmazott fonológiai feladatok által használt, a szókeresést megkönnyítő hatás általános elvének (nem tudatos) transzferéről lehet szó, mely egyfajta rátanulásként értelmezhető. A beteg megnyilvánulásai között parafáziák is észlelhetők: ezek egy részénél felfedezhető a gyakorisági hatás, de oly módon, hogy a terápia alkalmával gyakrabban használt elemek időnként inadekvát helyeken megjelennek, s a beteg azonnal jelzi, hogy nem jó szót mondott ki. Tehát itt nem a klasszikus értelemben vett hibázási mintázat jellemző, ahol a szóelőhívás során történő nehézségek különféle alapelvek mentén beazonosíthatóak (és annak megfelelően terápiás tervezés kiindulópontjaként értelmezhetőek). Jelen esetben az absztrahálás (Tóth et al. 2015), a tanulási képesség működésére látunk példát (mint ahogyan egyrészt a teszt feladatainak végrehajtása során, másrészt pedig a szókezdemények random felsorolásánál láthattuk) úgy, hogy az a nem tisztán nyelvi információkon keresztül működik. Azaz a beteg próbál megnevezni, de a nyelvi rendszert nem tudja aktívvá tenni, hanem egyes, már jól begyakorolt elemek produkciójára képes, s ezek adekvátságáról a feltételezhetően ép amodális szemantikai reprezentációk segítségével képes döntést hozni, hiszen többször jelzi, ha nem jó szót mond ki. A DeLeon-féle (2007) modell keretei között értelmezve a fenti tünetegyüttest, tehát úgy tűnik, hogy a beteg az ép prefrontális területek működésével képes a disztinktív jegyek közötti válogatásra, hiszen ahogyan kifejezi magát (például a rajzain keresztül: kopogtató-csengő), az nem egyszerűen különböző asszociációk társításaként értelmezhető, hiszen mindig releváns jegyeket jelenít meg. A szemantikai kontroll folyamat során (Wagner et al. 2001; Badre et al. 2005) a beteg esetében valóban megtörténik annak az elemnek az aktivációja – a többi szintén aktivált, de a célhoz kevésbé köthető jelölt közül –, mely a leginkább tartalmazza a célnak megfelelő jegyeket, azonban az aktivált elemhez rendelhető szóelőhívás során használatos nyelvi információk gyakorlatilag teljesen elérhetetlenek maradnak számára. Mindezek mellett – a megmaradt kommunikációs csatornán keresztül kifejezettekől következően – mégis úgy tűnik, hogy adekvát, kreatív gondolatai születnek, melyek nem egyszerűen pl. gyakorisági alapon jönnek létre.

5. Összefoglalás

A kurrens kutatások, melyek a nyelvi képesség funkcionális neuroanatómiai hátterének feltérképezésével foglalkoznak, alapvetően más módszertannal dolgoznak, illetve más definíciókból indulnak ki: emiatt az eredményekben, valamint azok interpretálásában alapvető különbségek, sokszor (látszólag) komoly ellentmondások fedezhetők fel. Régi vita a modularitás, illetve a szeriális/párhuzamos feldolgozás kérdésköre. Előbbi esetén úgy tűnik, nem igazolható a szigorú modularitás, utóbbi esetén pedig látnunk kell, hogy a képalkotó eljárások eredményeinek használata során – ha azokat a kognitív folyamatokra vonatkoztatottan értelmezzük – szükséges tekintetbe venni azok téri és idői jellemzőit. Azaz, habár úgy tűnik, hogy időben elkülönített folyamatok összjátékáról van szó egy-egy funkció kapcsán, így tehát a feldolgozás szeriális lenne (s tendenciaként ez látszik a nyelvi képesség modellálásában), mégis számos agyi terület aktivációja látható egy-egy szakaszban, s úgy tűnik, hogy önmagában minden szakaszhoz, alkotórészekhez elosztott hálózatok szükségesek. Így éppen ez a hálózati aktivitás lehet érv amellet, hogy a téri jellemzők sokkal inkább párhuzamos feldolgozási mintázatra utalnak (Duffau–Moritz–Gasser–Mandonnet 2014).

A módszertani nehézségek ellenére a nyelvi képesség definiálhatóságában, illetve az agyi korrelátumairól alkotott elképzelésekben változás látszik. A változás mozgatórugója főként a képalkotó eljárások kutatási célú felhasználása. Az újabb eredmények visszahatnak az elméletek kidolgozására, finomítják azt: így sokkal fókuszáltabb hipotézisalkotásra van lehetőség. Azonban mindennek a kutatási kérdéseken túl rehabilitációs hozadéka is van: az afázias tünetegyüttes fókuszált, egyénre szabott értelmezése válik lehetővé, valamint az egyéb (háttér)kognitív folyamatok figyelembe vételével pontosabb terápiás módszerek tervezhetők. A tanulmányban erre egy afázias személy teljesítményének kétféle – a klasszikus, illetve az újabb szemléletű keretben történő – értelmezése szolgál példaként: ebből látszik, hogy a súlyosabb fokú károsodások esetén a klasszikus értelmezés igen jó orientációt jelent mind a kutató, mind a terapeuta számára, azonban a teljesítmény csökkenésének háttérben feltételezhetően meghúzódó folyamatok pontos értelmezése és ezáltal a megfelelő terápia kidolgozása sokkal inkább a neurolingvisztikai szemléletmód hozzájárulásával képzelhető el.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom Ivaskó Líviának, aki értékes megjegyzéseivel segítette a tanulmány végleges formájának kialakítását. Továbbá köszönöm a két anonim lektor hasznos javaslatait, észrevételeit, illetve Szécsényi Tibornak a technikai szerkesztésben nyújtott segítségét.

Hivatkozások

- Ackermann, Herman – Ingo Hertrich 2000. The contribution of the cerebellum to speech processing. *Journal of Neurolinguistics* **13/2-3**:95–116.
- Ahlsén, Elisabeth 2006. *Introduction to Neurolinguistics*. Amsterdam – Philadelphia: John Benjamins Publishing Company.
- Amunts, Katrin – Marianne Lenzen – Angela D. Friederici – Axel Schleicher – Patricia Morosan – Nicola Palomero-Gallagher – Karl Zilles 2010. Broca's region: Novel organizational principles and multiple receptor mapping. Szerk. David Poeppel. *PLoS Biology* **8/9**. <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pbio.1000489>.
- Badre, David – Russell A. Poldrack – E. Juliana Paré-Blagoev – Rachel Z. Insler – Anthony D. Wagner 2005. Dissociable controlled retrieval and generalized selection mechanisms in ventrolateral prefrontal cortex. *Neuron* **47/6**:907–918.
- Baillieux, Hanne – Hyo Jung De Smet – Philippe F. Paquier – Peter P. De Deyn – Peter Mariën 2008. Cerebellar neurocognition: Insights into the bottom of the brain. *Clinical Neurology and Neurosurgery* **110/8**:763–773.
- Baldo, Juliana V. – Nina F. Dronkers 2007. Neural correlates of arithmetic and language comprehension: A common substrate? *Neuropsychologia* **45/2**:229–235.
- Bambini, Valentina 2012. Neurolinguistics. In Jan-Ola Östman – Jef Verschueren (szerk.) *Handbook of Pragmatics*. Amsterdam: John Benjamins Publishing Company. 1–34. <http://dx.doi.org/10.1075/hop.16.neu1>.
- Bánréti Zoltán 2014. Az afázia. In Pléh Csaba – Lukács Ágnes (szerk.) *Pszicholingvisztika. Magyar pszicholingvisztikai kézikönyv*. Budapest: Akadémiai Kiadó. 1167–1241.
- Ben Shalom, Dorit – David Poeppel 2008. Functional anatomic models of language: Assembling the pieces. *The Neuroscientist* **14/1**:119–127.
- Blumstein, Sheila E. – Dima Amso 2013. Dynamic functional organization of language. Insights from functional neuroimaging. *Perspectives on Psychological Science* **8/1**:44–48.
- Broca, Paul 1861. Perte de la parole. *Bulletin de la Societe d'Anthropologie de Paris* **2**:219–237.

- Broca, Paul 1865. Remarques sur la siege de la faculté du langage articulé. *Bulletin de la Societe d'Anthropologie de Paris* **6**:330–357.
- Cahana-Amitay, Dalia – Martin Albert 2015. *Redefining Recovery from Aphasia*. Oxford: Oxford University Press.
- Caplan, David 2003. Aphasic syndromes. In Kenneth M. Heilman – Edward Valenstein (szerk.) *Clinical Neuropsychology*. Oxford: Oxford University Press.
- Csépe Valéria 2003. A nyelvi zavarok kognitív idegtudományi elemzése. In Pléh Csaba – Kovács Gyula – Gulyás Balázs (szerk.) *Kognitív idegtudomány*. Budapest: Osiris Kiadó. 561–585.
- Davis, Cameron – Jonathan T. Kleinman – Melissa Newhart – Leila Gingis – Mikolaj Pawlak – Argye E. Hillis 2008. Speech and language functions that require a functioning Broca's area. *Brain and Language* **105**/1:50–58.
- De Smet, Hyo Jung – Hanne Baillieux – Peter De Deyn – Peter Mariën – Philippe Paquier 2007. The cerebellum and language: The story so far. *Folia Phoniatrica et Logopaedica* **59**/4:165–170.
- DeLeon, Jessica – Rebecca F. Gottesman – Jonathan T. Kleinman – Melissa Newhart – Cameron Davis – Jennifer Heidler-Gary – Andrew Lee – Argye E. Hillis 2007. Neural regions essential for distinct cognitive processes underlying picture naming. *Brain* **130**/5:1408–1422.
- Dell, Gary S. 1986. A spreading-activation theory of retrieval in sentence production. *Psychological Review* **93**/3:283–321.
- Dell, Gary S. – Myrna F. Schwartz – Nadine Martin – Eleanor M. Saffran – Deborah A. Gagnon 1997. Lexical access in aphasic and nonaphasic speakers. *Psychological Review* **104**/4:801–838.
- Démonet, Jean-François – Guillaume Thierry – Dominique Cardebat 2005. Renewal of the neurophysiology of language: Functional neuroimaging. *Physiological Reviews* **85**/1:49–95.
- Denes, Gianfranco 2011. *Talking Heads: The Neuroscience of Language*. Hove – New York: Psychology Press.
- Duffau, Hugues – Sylvie Moritz-Gasser – Emmanuel Mandonnet 2014. A re-examination of neural basis of language processing: Proposal of a dynamic hodotopical model from data provided by brain stimulation mapping during picture naming. *Brain and Language* **131**:1–10.
- Fabbro, Franco 2000. Introduction to language and cerebellum. *Journal of Neurolinguistics* **13**/2–3:83–94.
- Fazio, Patrik – Anna Cantagallo – Laila Craighero – Alessandro D'Ausilio – Alice C. Roy – Thierry Pozzo – Ferdinando Calzolari – Enrico Granieri – Luciano Fadiga 2009. Encoding of human action in Broca's area. *Brain* **132**/7:1980–1988.
- Finger, Stanley 1994. *Origins of Neuroscience: A History of Explorations into Brain Function*. Oxford: Oxford University Press.
- Fodor, Jerry A. 1983. *The Modularity of Mind: An Essay on Faculty Psychology*. Cambridge: The MIT Press.
- Friederici, Angela D. 2011. The brain basis of language processing: From structure to function. *Physiological Reviews* **91**/4:1357–1392.
- Friederici, Angela D – Sarah ME Gierhan 2013. The language network. *Current Opinion in Neurobiology* **23**/2:250–254.
- Geschwind, Norman 1965. Disconnexion syndromes in animals and man. *Brain* **88**/2:237–237.
- Glickstein, Mitch 2007. What does the cerebellum really do? *Current Biology* **17**/19:824–827.

- Goodglass, Harold – Edith Kaplan 1983. *The Assessment of Aphasia and Related Disorders*. Lea & Febiger.
- Gulyás Balázs 2003. Funkcionális képkalkító eljárások a kognitív idegtudományokban. In Pléh Csaba – Kovács Gyula – Gulyás Balázs (szerk.) *Kognitív idegtudomány*. Budapest: Osiris Kiadó. 103–126.
- Hagoort, Peter 2005. On Broca, brain, and binding: A new framework. *Trends in Cognitive Sciences* **9/9**:416–423.
- Hagoort, Peter 2006. On Broca, brain and binding. In Yosef Grodzinsky – Katrin Amunts (szerk.) *Broca's Region*. Oxford – New York: Oxford University Press. 242–253.
- Hagoort, Peter 2016. MUC (Memory, Unification, Control): A model on the neurobiology of language beyond single word processing. In Gregory Hickok – Steven L. Small (szerk.) *Neurobiology of Language*. San Diego: Academic Press. 339–347.
- Hasson, Uri – Steven L. Small 2008. Functional magnetic resonance imaging (fMRI) research of language. In Brigitte Stemmer – Harry A. Whitaker (szerk.) *Handbook of the Neuroscience of Language*. San Diego: Elsevier. 81–89.
- Hegyí Ágnes 1995. *Afáziaaterápiák. Javaslat az afázia kognitív nyelvi terápiájára*. Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó.
- Hickok, Gregory – David Poeppel 2004. Dorsal and ventral streams: A framework for understanding aspects of the functional anatomy of language. *Cognition* **92/1–2**:67–99.
- Hickok, Gregory – David Poeppel 2007. The cortical organization of speech processing. *Nature Reviews Neuroscience* **8/5**:393–402.
- Horwitz, Barry – Richard J. S. Wise 2008. PET research of language. In Brigitte Stemmer – Harry A. Whitaker (szerk.) *Handbook of the Neuroscience of Language*. San Diego: Elsevier. 71–80.
- Ingram, John C. L. 2007. *Neurolinguistics. An introduction to spoken language processing and its disorders*. (Cambridge Textbooks in Linguistics). Cambridge: Cambridge University Press.
- Jackson, Hughlings John 1932. *Selected Writing*. London: Hodder & Stoughton.
- Kállai János – Bende István – Karádi Kázmér – Racsmány Mihály (szerk.) 2008. *Bevezetés a neuropszichológiába*. Budapest: Medicina.
- Kaplan, Edith – Harold Goodglass – Sandra Weintraub 2001. *Boston Diagnostic Aphasia Examination*. Austin: Pro-Ed.
- Kemmerer, David 2015. *Cognitive Neuroscience of Language*. New York: Psychology Press.
- Kéri Szabolcs – Gulyás Balázs 2003a. Lokalizáció és lézióanalízis a kognitív idegtudományokban. In Pléh Csaba – Kovács Gyula – Gulyás Balázs (szerk.) *Kognitív idegtudomány*. Budapest: Osiris Kiadó. 68–80.
- Kéri Szabolcs – Gulyás Balázs 2003b. Elektrofiziológiai módszerek a kognitív idegtudományokban. In Pléh Csaba – Kovács Gyula – Gulyás Balázs (szerk.) *Kognitív idegtudomány*. Budapest: Osiris Kiadó. 81–96.
- Kertész András 2003. Az afázia rendszertana. In Pléh Csaba – Kovács Gyula – Gulyás Balázs (szerk.) *Kognitív idegtudomány*. Budapest: Osiris Kiadó. 586–592.
- Kertesz, Andrew – Claus-W. Wallesch 1993. Cerebral organization of language. In Gerhard Blanken – Jürgen Dittmann – Hannelore Grimm – John C. Marshall – Claus-W. Wallesch (szerk.) *Linguistic Disorders and Pathologies. An International Handbook*. Berlin, New York: Walter de Gruyter. 120–136.
- Kunert, Richard – Roel M. Willems – Daniel Casasanto – Aniruddh D. Patel – Peter Hagoort 2015. Music and language syntax interact in Broca's area: An fMRI study. *Plos One* **10/11**. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0141069>.

- Kutas Márta 2014. A szó szerinti és a képes nyelv feldolgozása mint emberi agyi funkció. In Pléh Csaba – Lukács Ágnes (szerk.) *Pszicholingvisztika. Magyar pszicholingvisztikai kézikönyv*. Budapest: Akadémiai Kiadó. 1135–1167.
- Leiner, Henrietta C. – Alan L. Leiner – Robert S. Dow 1993. Cognitive and language functions of the human cerebellum. *Trends in Neurosciences* **16/11**:444–447.
- Leon, Susan A. – Lynn M. Maher – Leslie Gonzalez-Rothi 2011. Language therapy. In Sarah A. Raskin (szerk.) *Neuroplasticity and Rehabilitation*. New York: Guilford Press. 209–232.
- Levelt, Willem J. M. – Ardi Roelofs – Antje S. Meyer 1999. A theory of lexical access in speech production. *Behavioral and Brain Sciences* **22/1**:1–38.
- Lichtheim, Ludwig 1885. Über Aphasie. *Deutsches Archiv für klinische Medizin* **36**:204–268.
- Lindenberger, Robert – Heiner Fangerau – Rüdiger J. Seitz 2007. „Broca's area” as a collective term? *Brain and Language* **102/1**:22–29.
- Lukács Ágnes – Kemény Ferenc – Ladányi Enikő – Csifcsák Gábor – Pléh Csaba 2014. A nyelv idegrendszeri reprezentációja. In Pléh Csaba – Lukács Ágnes (szerk.) *Pszicholingvisztika. Magyar pszicholingvisztikai kézikönyv*. Budapest: Akadémiai Kiadó. 1089–1135.
- Luria, Aleksandr R. 1973. *The Working Brain. An Introduction to Neuropsychology*. New York: Basic Books.
- McNeil, Malcolm R. – Sheila R. Pratt 2001. Defining aphasia: Some theoretical and clinical implications of operating from a formal definition. *Aphasiology* **15/10–11**:901–911.
- Monakow, Constantin von 1911. Localization of brain functions. In Gerhardt von Bonin (szerk.) *Some Papers on the Cerebral Cortex*. Springfield: Charles C. Thomas.
- Osmanné Sági Judit 1991. Az afázia klasszifikációja és diagnosztikája I–II. *Ideggyógyászati Szemle* **44/8**:339–362.
- Petkov, Christopher I. – Nikos K. Logothetis – Jonas Obleser 2009. Where are the human speech and voice regions, and do other animals have anything like them? *The Neuroscientist* **15/5**:419–429.
- Poeppl, David – Karen Emmorey – Gregory Hickok – Liina Pyykkänen 2012. Towards a new neurobiology of language. *Journal of Neuroscience* **32/41**:14125–14131.
- Price, Cathy J. 2012. A review and synthesis of the first 20 years of PET and fMRI studies of heard speech, spoken language and reading. *NeuroImage* **62/2**:816–847.
- Pulvermüller, Friedemann 2012. Meaning and the brain: The neurosemantics of referential, interactive, and combinatorial knowledge. *Journal of Neurolinguistics* **25/5**:423–459.
- Rohrer, Jonathan D. – William D. Knight – Jane E. Warren – Nick C. Fox – Martin N. Rossor – Jason D. Warren 2008. Word-finding difficulty: A clinical analysis of the progressive aphasias. *Brain* **131/1**:8–38.
- Steinhauser, Karsten – John F. Connolly 2008. Event-related potentials in the study of language. In Brigitte Stemmer – Harry A. Whitaker (szerk.) *Handbook of the Neuroscience of Language*. San Diego: Elsevier. 91–104.
- Tóth, Alinka – Lívia Ivaskó – Katalin Jakab – László Vécsei 2015. Constraint-induced linguistic therapy for aphasic patients in Hungary. *International Journal of Neurorehabilitation* **2/176**:1–7. <http://dx.doi.org/10.4172/2376-0281.1000176>.
- Turgeon, Yves – Joël Macoir 2008. Classical and contemporary assessment of aphasia and acquired disorders of language. In Brigitte Stemmer – Harry A. Whitaker (szerk.) *Handbook of the Neuroscience of Language*. San Diego: Elsevier. 3–11.
- Ungerleider, Leslie G. – Mortimer Mishkin 1982. Two cortical visual systems. In David J. Ingle – Melvyn A. Goodale – Richard J. W. Mansfield (szerk.) *Analysis of Visual Behavior*. Cambridge: The MIT Press. 549–586.

- Vigneau, M. – V. Beaucousin – P. Y. Hervé – H. Duffau – F. Crivello – O. Houdé – B. Mazoyer – N. Tzourio-Mazoyer 2006. Meta-analyzing left hemisphere language areas: Phonology, semantics, and sentence processing. *NeuroImage* **30/4**:1414–1432.
- Wagner, Anthony D. – E. Juliana Paré-Blagojev – Jill Clark – Russell A. Poldrack 2001. Recovering meaning: Left prefrontal cortex guides controlled semantic retrieval. *Neuron* **31/2**:329–338.
- Wallesch, Claus-W. – Andrew Kertesz 1993. Clinical symptoms and syndromes of aphasia. In Gerhard Blanken – Jürgen Dittmann – Hannelore Grimm – John C. Marshall – Claus-W. Wallesch (szerk.) *Linguistic Disorders and Pathologies. An International Handbook*. Berlin, New York: Walter de Gruyter. 98–119.
- Wernicke, Carl 1874. *Der aphasische Symptomencomplex. Eine psychologische Studie auf anatomischer Basis*. Breslau: Cohn & Weigert.
- Whitaker, Harry A. 2007. Language disorders: Aphasia. In James Birren (szerk.) *Encyclopedia of Gerontology*. 2. kiadás. New York: Elsevier. 321–327.