

Fórum

MARTON MAGDA

MTA Pszichológiai Kutatóintézet, Budapest

GONDOLATOK CSIBRA GERGELY TÜKÖRNEURONOK SZEREPÉRE VONATKOZÓ „PREDIKCIÓS HIPOTÉZISÉRŐL”¹

Csibra Gergely élelemjű elemzésének (2005) legjelentősebb állítását – kerülve az általa kifogásolt kifejezéseket – a következőképpen fogalmazhatjuk meg. A premotoros terület (F5) tükroneuronjai, illetve az általuk generált motoros reprezentáció *nem az éppen megfigyelt cselekvés megértését alapozza meg (implementálja)*. Ezek a sejtek a cselekvésmegértés (céltulajdonítás) végső értelmezésében és további feldolgozásában, elsősorban *a soron következő cselekedetek elővételezésében működnek közre*. Erre utal Csibra „predikciós hipotézise”. Az alábbiakban külön-külön gondolom végig főbb érveit és következtetéseit.

1. Vajon a „tükroneuronok” a cselekvésértelmezés eredményét, vagy pedig kezdetét jelzik?

A megfigyelt (tárgyra irányuló) viselkedés motoros „szimulációjának” és a cselekvés megértésének viszonyát elemezve, Csibra a szakirodalomból kiemeli azt a megállapítást (Rizzolatti és Craighero, 2004), amely szerint a viselkedés megfigyelésekor a megfigyelőben automatikusan aktiválódó (a tükroneuronok közvetítésével létrejövő) motoros reprezentáció megfelel annak a reprezentációnak, amely a saját viselkedése végrehajtását kíséri, és amelynek *kimenetele* ismert számára. Illetve: „A megfigyelő azáltal érti meg a cselekvést, hogy ismeri annak kimenetelét, amikor ő maga hajtja végre azt” (Gallese és mtsai, 2004). Az idézett állásponttal kapcsolatban Csibra fontos érvet fogalmaz meg: a tükroneuronok aktivációja *a cselekvésértelmezés eredményét*, nem pedig kezdetét jelzi.

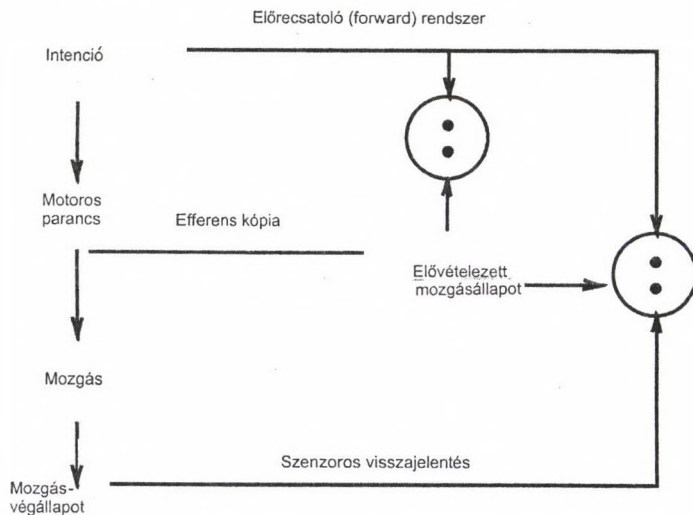
További elemet is kiemel a viselkedésmegértés szimulációs magyarázataiból (Gallese és Goldman, 1998). Eszerint a megfigyelő a látott cselekvést elsősorban „a megfigyelt viselkedés *céljának fogalmaiban* értelmezi, amelyek a cselekvés létrehozásában működnek közre”. Gallese és Goldman szavait Csibra a következőképpen elemzi. Ez a folyamat „azt követeli a megfigyelőtől, hogy sejtéseket fogalmazzon meg a má-

sik feltételezett céljáról, szimulálja a sejtésekből következő cselekvéseket, és megvizsgálja, hogy azok megegyeznek-e a megfigyelt viselkedéssel” (Csibra, 2005, 277). „E szerint az elképzelés szerint tehát a viselkedések megértése olyan 'mintha cél' megtalálását célozza, amely a megfigyelő motoros rendszerében a megfigyelttel megegyező cselekvést generálna” (i. m. 277). (Elgondolását ábráival szemlélteti.) Csibra hangsúlyozza: ebben a megközelítésben a cselekvéseket elsősorban olyan célok fogalmaiban értelmezik, amelyek közreműködtek a cselekvés létrehozásában.

Idézem továbbá következtetését a tükörneuronok szerepének és a viselkedésmegértés funkciójának, illetve az általa jellemzett szimulációs modellnek a viszonyáról. „Ha a tükörneuronoknak van egyáltalán valami közük a szimulációhoz, akkor azt mondanánk, hogy a majom azért 'szimulál', mert megértette a cselekvést, nem pedig azért értette meg a cselekvést, mert szimulált” (i. m. 278).

A kiélező, de gondolatmenetét találóan kifejező mondata indokolttá teszi, hogy a viselkedésmegértés – általa vázolt – szimulációs értelmezését átgondoljuk. Felvethető a kérdés: vajon minden „szimulációs” modell feltételezi-e, hogy a megértés a látott cselekvés eredményén keresztül történik, ahogyan Csibra vázolja, s ezért a látott viselkedés megértéséhez a rendszernek valóban „mintha célokat” kell-e keresnie?

A kérdéssel kapcsolatban érdemes felidézni a *ténylegesen kivitelezett, célvezérelt cselekvés automatikus szerveződésének* egyik, széles körben elfogadott, biológiai szemléletű modelljét (például Wolpert és mtsai, 1995; Wegner és Wheatley, 1999; Frith és mtsai, 2000; Gallagher, 2000).



1. ábra. Önindította viselkedés ellenőrzésének modellje

¹ Hozzászólás Csibra Gergely: *Van-e szükség kognitív megközelítésre? A tükörneuronok esete a szimulációval.* In: Gervai Judit, Kovács Kristóf, Lukács Ágnes, Racsmány Mihály (szerk.): *Az ezerarcú elme.* Tanulmányok Pléh Csaba 60. születésnapjára. Budapest, Akadémiai Kiadó, 275–284.

Az egyszerű, rutinszerű célvezérelt cselekvések rendszerint az *intenció*, a szándék élményének *átélése nélkül* jönnek létre az embernél is. A *cselekvési intenció kialakulását* a prefrontális kéreg belső (cinguláris régió), illetve oldalsó (már premotoros) területeinek aktivitásával hozzák összefüggésbe (Frith és mtsai, 1991), míg az embernél az intenció *tudatosulásának* létrejöttéért sajátos folyamatok felelősek (Frith és mtsai, 2000).

A szerzők az önindított cselekvés folyamatmodelljének következő szakaszát, a mozgásprogram automatikus szerveződését, kiválasztását az intenció mechanizmusától eltérő folyamatokkal jellemzik; implementációjában a premotoros kéreg és a szupplementáris motoros terület együttes szerepét hangsúlyozzák. Feltételezik, hogy egyrészt az intenció kialakulása, másrészt a mozgásprogramok kiválasztása egymástól függetlenül is végbemehet.

Az önindított cselekvés szabályozására/ellenőrzésére vonatkozó elképzelés szerint (Frith és mtsai, 2000; Hunter és mtsai, 2003) az intenciók, illetve a mozgásprogramok a cselekvés folyamatára és végállapotára vonatkozó *predikciókat* foglalnak magukban. A mozgásindító program szerveződéséért felelős agyi terület az elővételezett mozgásvégállapotra, illetve az ennek következményeire vonatkozó információt – az efferens kópiát – (pariétális) szenzoros területek felé vetíti, ahol létrejön annak feldolgozása. [Az efferens kópia sejtes szintű mechanizmusára vonatkozóan is találtak már adatokat (Poulet és Hedwig, 2004)]. A feldolgozás nyomán az elővételezett szenzomotoros mintázatról, illetve következményeiről tájékoztató visszajelentést az agy összeméri az intencióval – még a cselekvés végrehajtása előtt. (A kivitelezés folyamatát, ennek visszajelentő összemérését az intencióval, illetve a mozgásprogrammal most szükségtelen tárgyalnunk.)

Mi következik a vázolt modellből a *cselekvés megfigyelésekor* keletkező folyamatra (a tükroneuronok aktivitása révén létrejött motoros reprezentációra, „szimulációra”) vonatkozóan? A szakirodalomban [főként neurológiai esetek elemzésére alapozva (Frith és mtsai, 2000)] – mint láttuk – hangsúlyozzák a cselekvési intenció és a mozgásprogram kialakulását biztosító folyamatok különbözőségét. Ez a körülmény megengedi azt a feltételezést, hogy a sejtes szinten jellemzett mozgásprogramot (esetleg ennek kiválasztását hasonló célú/végállapotú, tárolt programok közül) a *cselekvés megfigyelésekor* is hasonló folyamatmodell szerint értelmezzük. Semmi sem szól az ellen, hogy feltételezzük: ilyen esetben a mozgásprogramot nem intenció, hanem a *cselekvés látványa váltja ki*, vagyis megfigyelés esetében is a mozgásprogram a *cselekvés végállapotára és következményeire vonatkozó predikciót foglal magában*.

Ennek értelmében valamely cselekvés megfigyelése esetében is állíthatjuk, hogy az indító (szimulációs) mozgásprogram a mozgás végállapotára, illetve eredményére vonatkozó *elővételezést foglal magában*. Ebből a nézőpontból Csibra Gergely érvelése, amely szerint a tükroneuronok aktivációja (azaz a „szimulációs” mozgásprogram) a megfigyelt cselekvés elemzésének *eredményét*, nem pedig kezdetét jelzi, nem látszik kellően megalapozottnak. Hiszen a megfigyelt cselekvés megindulásának motoros reprezentációja magában foglalja a végállapot, azaz az eredmény vagy „cél” elővéte-

lezését. Nincs tehát szükség annak feltételezésére, hogy a megfigyelő „a látott cselekvés feltételezett céljára vonatkozó sejtéseket fogalmazzon meg”, vagy „a megfigyelttel megegyező 'mintha célok' megtalálására törekedjék”.

A megfigyelt cselekvés céljának elővételezése embernél természetesen (főként a nem túltanult cselekvések esetében) képi és/vagy absztrakt célképzetek élményével járhat együtt. Ezzel szemben a közönséges majmok törzsfajlódási szintjén aligha tételezhetjük föl az elővételezett mozgáscél tudatos élményét.

Ugyanakkor annak felismerése, hogy a célvezérelt tárgyi viselkedés nem tudatos belső reprezentációjának specifikuma – végrehajtáskor és megfigyeléskor egyaránt – éppenséggel a végállapot, a cél elővételezése, jól összecseng Csibra Gergely predikciós (ellen)hipotézisével.

Csibra hipotézise szerint: „...a tükörneuronok a megfigyelt után következő cselekedetek előrejelzésében vagy elővételezésében működnek közre, nem pedig az aktuálisan megfigyelt cselekvés szimulációjában”. „Úgy tűnik, a tükörneuronok elsősorban az olyan instrumentális cselekvésekre érzékenyek, amelyek annak érdekében hajtódnak végre, hogy további cselekvéseket lehetővé tegyenek” (Csibra, 2005, 283).

Az általam idézett modell összhangban van ennek az elgondolásnak a lényegével, vagyis azzal, hogy a tükörrendszernek predikciós funkciót tulajdonít, azzal a különbséggel, hogy ez az elővételező funkció nem mond ellent az éppen megfigyelt cselekvés motoros reprezentálásának, sőt éppen annak következményeként jön létre.

Ez a modell viszont azt az ellenvetést válthatja ki, hogy a vázolt folyamatsor segítségével a megfigyelőben csak már ismert cselekvésekre vonatkozó mozgásprogramok jöhetnek létre. Ilyen értelemben a tükörrendszer nem „megértést” (understanding) biztosít, hanem a megfigyelt akcióban ráismer a saját viselkedéskészletébe beletartozó cselekvésre.

Kérdés azonban: abban az esetben, amikor a majom társa olyan viselkedését (tárgy megragadását) figyel meg, „amelynek kimenetelét ismeri” – mert ő maga is képes rá, végre szokta azt hajtani –, akkor vajon idegrendszerének nem lenne szüksége olyan mechanizmusra, amely biztosítja a ráismerést (recognition) a látott cselekvésre? A másik látott tárgyi cselekvése és a saját maga által indított, kinesztetikusan észlelt, kezét és cselekvése eredményét érzékelő-látó majomnak nincs szüksége olyan neurobiológiai folyamatokra, amelyek *biztosítják a két történésor hasonlóságának felismerését*? A hasonlóság ilyen felismerését biztosíthatná a „megfigyelést/kivitelezést összemérő tükörrendszer” – amint azt Rizzolatti és munkatársai jellemezték. Az ilyen összemérési teljesítmény során azonban a majom csak azt értheti meg, hogy a másik azt csinálja, amit ő is szokott; az adott mozgássor és a tárgyi eredmény között újszerű összefüggést nem ért meg, legfeljebb közvetve.

Jobban beláthatjuk, hogy megfigyelési helyzetben mi lesz a majomban generálódó motoros program szerepe a látott viselkedés megértésében, ha a tárgy pusztán megragadásánál összetettebb helyzetek megfigyelésekor keletkező folyamatokra gondolunk. Tételezzük föl, hogy majmunk azt látja, hogy egy addig ismeretlen tárgy – például vízzel telt ballon – megragadása után víz lövell ki a tárgyból. Ekkor a látványra

generálódó mozgásprogram a ballon megragadását foglalja magában, ezért az állat a vízszög megjelenését a megragadás következményeként értheti meg. Evidensnek látszik, hogy (tükörrendszerrel feltehetően nem rendelkező) alacsonyabb rendű emlős hasonló viselkedés megfigyelésekor a ballon és a vízszög kapcsolatát (víz a ballonban) rögzíti, míg a majom ezenkívül – a mozgásfolyamat centrális reprezentálása következtében – a vízszög megjelenését a megfogás következményeként (is) értékeli. Ez egyben az ismeretlen tárgy fizikai tulajdonságát – puhaságát, összenyomhatóságát – szintén elárulja számára. A megragadó viselkedés és a vízszög összefüggésének megértését úgy értelmezhetjük, hogy az egyszerű (megragadó) mozdulat reprezentálása megértési többletét segít – akár szimulációnak nevezzük a jelenséget, akár nem. Ez pedig törzsfajlódási mérőföldkő lehet a megfigyelés útján történő obszervációs tanulás kialakulásában.

2. A megfigyelt cselekvés és a tükörneuronok válasza közti meg (nem) felelés kérdése

Csibra a neuronális szimuláció kifejezés ellen felhozható nyomós érvként említi meg, hogy a tükörneuronok „tükrözése” nem hűségese: „Abból, hogy több mint egyféle cselekvés is aktiválhat egy tükörneuron, az következhet, hogy van olyan sejt, amely a 'kézzel megragadás' cselekvés végrehajtásakor tüzel, de akkor is reagál, ha a majom 'szájával megragadás' cselekvést lát.” Véleménye ez: „ha komolyan vesszük a szimulációs elképzelést, akkor ezeket a tükörneuron-aktivációkat téves szimulációnak vagy félreértelmezésnek kell tekintenünk” (i. m. 280).

Az egyre szaporodó kísérleti adatoknak köszönhetően a kutatók mára már jobbra feladták a megfigyelt cselekvés és a tükörneuronok motoros szimulációs válasza közti „közvetlen megfelelés” tézist. Ilyen véleményeket Csibra írása is idéz. Ám a szerzők hangsúlyozzák: olykor a látványra adott (tükör)neuronális válasz és a látott cselekvés közti viszony – a cselekvés tárgyát és a kivitelezés módját tekintve – mégis teljes megfelelést mutat. Az ilyen választ a tükörneuron választípusának szélső formájaként értékelik.

Válaszként arra utalok, hogy a majmokkal végzett kísérletekben a megfigyelt, illetve kivitelezett tárgyi cselekvés szinte mindig a „tárgy megragadása” volt. A látványban vagy a megragadott tárgy milyensége változott, vagy a testrészt, amellyel a demonstrátor, esetleg a majom maga ragadta meg a tárgyat. Kézfenekvőnek látszik az értelmezés: a kísérletekben a megfigyelt cselekvések „funkcionális osztálya” – jelen esetben a „tárgy megragadásának kategóriája” – az, amelynek látványakor a tükörneuronok mozgásprogramot generálnak. Az a kérdés, hogy a tükörneuronok válasza a megfigyelő majom (tanult?) mozgásrepertoárjának a „megragadó mozgások osztályából” éppen melyiket aktiválja – külön vizsgálendő; ez feltehetően nem érinti közvetlenül a tükörneuronok mozgásprogramot gerjesztő funkciójának általánosabb kérdését. A mozgáskészletben a tárolt mozgásformák funkcionális egyenértékűségé-

vel, illetve a mozgások kategóriánkénti tárolásával még alacsonyabb rendű emlősök-nél is számolhatunk.

Azok a kérdések pedig, hogy a kutatók a tükörneuronok válaszait joggal nevezik-e „szimulációnak”, „rezonanciának”, továbbá hogy vajon a „tükörneuronok” valóban „tükröznek-e”, talán úgy értékelhetők, mint az idegélettanban korszakot nyitó kísérleti megfigyelések okozta lelkesedésben született perspektivikus „nagyotmondások”. E kifejezések által jelölt jelenségek felismerésének időrendje megértővé tehet minket esetleges félreérthetőségük iránt. S meggondolandó, hogy többévi használatuk után e kifejezések száműzése, a jelenség átkeresztelése nem okozna-e még több zavart.

3. Vizuális és motoros funkciójú idegsejtek a premotoros F5-területen, amelyek nem „tükörneuronok”

Csibra (Fogassi és Gallese, 2002 eredménye nyomán) bírálóan említi meg, hogy a tükörneuronok 10%-a nem mutatott kapcsolatot a végrehajtott, illetve a megfigyelt cselekvésekkel. Majd hozzáfűzi: „...ezek a sejtek kielégítik a tükörneuronok definícióját, amennyiben mindkét modalításban aktiváltak...” (ti. vizuális és motoros modalításban) (i. m. 281). Ehhez a megjegyzéshez kapcsolom egy további, (látszólag) más vonatkozásban feltett, logikailag ugyancsak találó kérdését: „...honnan tudják (ti. a majmok) tükörneuronjai, hogy az éppen megfigyelt cselekvés egy érdektelen tárgyra irányul, még mielőtt kitalálnák a cselekvés értelmét?” (i. m. 279). E fontos kérdésből önkényesen kiemelem azt a mozzanatot, ami benne foglaltatik: *a majom neuronális rendszere honnan tudna bármit is a tárgy érdekességéről-érdektelenségéről, még mielőtt kitalálná a vele kapcsolatos cselekvés értelmét?*

A cikk két eltérő helyén és különböző kontextusokban felvetett kérdésre a választ közös forrásból meríthetjük. A ventrális premotoros F5 területen a kutatók 1997 óta – a tükörneuronok mellett – háromdimenziós tárgyak látványára válaszoló, motoros funkciójú sejteket is találtak; ezeket nevezik „kanonikus” F5 sejteknek (részletesen lásd Marton, 2006). E neuronok legtöbbször csupán 1-2 tárgy látványára ad specifikus választ. Vannak olyan kanonikus sejtek is, amelyek tárgyak meghatározott csoportjára tüzelnek: olyan *különböző jellegű tárgyra* aktiválódnak, amelyeknek csak az a közös tulajdonságuk, hogy *hasonló akciótípusra adnak módot* (Garbarini és Adenzato, 2000).

A kanonikus idegsejtek akkor is aktiválódnak, amikor a majom *csak látja* a tárgyat, és akkor is, amikor *maga kivitelem* a tárggyal kapcsolatos viselkedést. Ugyanazok a kanonikus neuronok változtatják tüzelési mintázatukat a tárgyat elérő/manipuláló mozgás kivitelezésekor, mint a tárgy pusztá megfigyelésekor. A tárgy látványára lepergő és a megragadását kísérő sajátos kézmozgás megfelel a látott tárgy alakjának és méretének (Fadiga és mtsai, 2000).

E kísérleti adatok birtokában vetődött fel a kérdés: miért aktiválódnak a kanonikus F5 neuronok a tárgy látásakor, holott a helyzet nem kíván vagy nem tesz lehetővé

tárggyal kapcsolatos akciót? A kanonikus neuronok működését értelmezve rámutattak (Grafton és mtsai, 1997), hogy e neurontípus válaszai motorosan reprezentálják a látott tárggyal kapcsolatos *lehetséges, elővételezett akciókat* és ezáltal a tárgy használati lehetőségét. A kanonikus neuronok válasza motoros terminusokban írja le azt, amit J. Gibson a tárgy affordanciájának (használati lehetőségének) nevezett. Ennek révén a kanonikus idegsejtek aktivitása biztosítja a tárgy használati/manipulációs lehetőségének *motoros megértését* is.

Más szerzők (Tucker és Ellis, 1998) is hasonlóan fogalmazzák meg a kanonikus idegsejtek funkcióját. Hangsúlyozzák, hogy a tárgy megfigyelése automatikusan – tekintet nélkül az intencióra vagy a motivációra – generálja a tárggyal elvégezhető (több) lehetséges és elővételezhető akció(k) motoros programját. E lehetséges akciók automatikus motoros reprezentációit a vizuomotoros rendszer – a környezeti feltételek követelményei szerint – utóbb szelektálja. Ebben a szelekcióban jelentős szerepet tulajdonítanak a látvány és a lehetséges akció korábbi együttjárásai gyakoriságának: az asszociációnak.

A szelekciót követően, az adott mozgásterv nyomán elővételezett lehetséges mozgásvégállapotot a vizuomotoros rendszer automatikusan összeméri a tárgy látványával. Ez a látott tárggyra irányuló akcióindítási séma tehát azt feltételezi, hogy az akció szerveződésében részt vesz a tárgy vizuális mintája által gerjesztett automatikus motoros reprezentáció (Tucker és Ellis, 1998; Fadiga és mtsai, 2000). Ez a szenzomotoros történéssor teszi érthetővé, hogy miért tapasztalható összeillés (kompatibilitás) a megfigyelt tárgy alakja és a megragadásra, manipulációra irányuló mozgássor között. A tárgy „észlelése” motoros reprezentációt foglal magában.

Gallese (2000) a kanonikus idegsejtek válaszainak funkcióját szintén úgy értelmezte, hogy a tárgy megfigyelése egyenértékű a tárggyal kapcsolatos centrális motoros program automatikus aktiválódásával.

4. Tükörneuronok és kanonikus idegsejtek által generált elővételezés hasonlósága és Csibra „predikciós hipotézise”

Gallese (2003) fölfigyelt a tárggyra irányuló cselekvés, illetve a tárgy látásakor generálódó mozgásprogramok *hasonlóságára*. Hangsúlyozza, hogy a társ akciójának észlelése is *többféle automatikus elővételezési folyamatot foglalhat magában*. Úgy véli, a látott akció mozgásprogramjainak generálása megkívánja az akció lehetséges (adott esetben többféle) *következményének elővételezését* is. (Témánk szempontjából érdekes lehet, hogy Gallese ezt az összetett generálási/elővételezési mechanizmust nevezi „szimulációnak”.) Mérlegeli azt a lehetőséget, hogy az akció látványa által generált motoros reprezentáció esetleg *nem szükségképpen az éppen látott akciót reprezentálja*. Vagyis a folyamat hasonlóan zajlik le, mint a tárggyak megfigyelésekor generált motoros programok esetében: ilyenkor a tárggyal kapcsolatos több lehetséges akcióprogram közül szelektál a szenzomotoros rendszer.

Gallese elgondolása közel esik Csibra hipotézisének egyik lényeges állításához. Gallese fejtegetései tartalmazzák Csibra „predikciós hipotézisét”. Ezzel szemben Csibra a tükörneuronok teljesítményéből kizárná „az aktuálisan megfigyelt cselekvések” reprezentációját, míg Gallese ezt nem teszi.

5. A felső temporális barázda idegsejtjeinek információs szerepe

Csibra hivatkozik azokra a megállapításokra is, amelyek azt bizonyítják, hogy a felső temporális barázda (STS terület) neuronjai szerepet játszanak a megfigyelt cselekvés feldolgozásában. Az STS területről a premotoros kéregbe érkező információk szerepét számos kísérleti adat alátámasztja. Csibra találóan mutat rá arra, hogy több agyi terület vesz részt a megfigyelt cselekvés feldolgozásában; többek között az STS idegsejtjei is. Úgy látja: „...annak ellenére azonban, hogy [az STS neuronok] tükrözést nem végeznek, úgy tűnik, jól 'megértik' a majom által megfigyelt cselekvést”. Szerinte: „...az STS előzetesen feldolgozott jeleket küld (a fali lebenyen keresztül) a premotoros kéregbe, és ezek a jelek a cselekvés céljáról vagy értelméről is tartalmaznak információt” (Csibra, 2005, 278). Témánk szempontjából érdemes részletesebben is mérlegelnünk, vajon az STS terület idegsejtjei milyen típusú információkat küldenek a premotoros kéreg területére?

A kutatások jelenlegi állása szerint a (tárgyra irányuló) viselkedés megfigyelésekor a motoros reprezentáció kialakulását megelőzi a látvány magas szintű vizuális elemzése [mindenekelőtt a felső temporális sulcus (STSa) területén; lásd Jellema és mtsai, 2000]. Ezen a területen a szonoros idegsejtek egyik csoportja meghatározott irányú (elsősorban szem- és fej-) mozgások látványára válaszol. Ugyanezen terület egy másik sejtcsoportja a fej- és szemmozgással együtt a cselekvő „figyelmének” irányát is detektálja. Ezek a vizuális sejtek ugyanis csak akkor aktiválódnak, amikor a majom olyan akciót figyel meg, amelyben a cselekvő élőlény szemmozgása/fixációja és test/(kéz) mozgásának iránya *megfelel egymásnak*. S ezek a sejtcsoportok a látott mozgás irányát a megfigyelő nézőpontjából elemzik. Ezt a teljesítményt értékeli úgy, hogy az STS terület egyes sejtjei akkor aktiválódnak, amikor a majom intencionált cselekvést figyel meg, és a formaérzékeny sejtek annak „képi leírását” adják. [Szórványos kísérleti adatok azt mutatják, hogy amennyiben a tekintet, illetve a megragadó mozdulat iránya nem felel meg egymásnak (a demonstrátor más irányba néz, mint ahova nyúl), akkor a frontális kéreg meghatározott sejtjei kevésbé aktiválódnak (Fogassi személyes közlése, idézi Jellema és mtsai, 2000)].

Az STSa terület vizuális ingerekre válaszoló sejtjeinek kis része akkor tüzel, amikor a majom tárgyat megragadó mozgást figyel meg (Perret és mtsai, 1990); ám ezek a sejtek a mozgás kivitelezésekor nem aktiválódnak. Arra is vannak azonban adatok, hogy az STSa és az F5 terület közvetett módon kapcsolatban van egymással, mégpedig az alsó parietális (PF) területen keresztül (lásd pl. Seltzer és Pandya, 1994). Ez

azért figyelemre méltó, mivel a PF terület vizuális ingerre válaszoló sejtjeinek 40%-a tárgyi viselkedések megfigyelésekor válaszol. S azt is rögzítették (Fogassi és mtsai, 1998), hogy a cselekvés megfigyelésekor tüzelő PF neuronok egy része a megfigyelt cselekvés kivitelezésekor is tüzel; ezért ezeket „PF tükörneuronoknak” nevezték. Ily módon az STSa-PF-F5 területek részét képezhetik (többek között) annak a temporális-parietális-prefrontális rendszernek, amely akkor aktiválódik, amikor a majom olyan akciót figyel meg, amelyhez hasonló beletartozik saját mozgáskészletébe.

(Csak megemlítem, hogy napjainkban a kutatók arra törekednek, hogy a „tükörrendszer” fejlődését jellemezzék. Ennek első lépéseként a megfigyelő mozgáskészletébe *nem tartozó* – esetleg ismert elemekből szerveződő – újszerű cselekvések megfigyelésekor aktiválódó neurális-neuronális rendszereket írjanak le.)

Az STSa felől érkező információ egy további szempontból is fontos lehet. A kutatók rámutatnak, hogy míg az STS sejtjei mások cselekvésének megfigyelésekor aktiválódnak, *saját mozgáskor*; továbbá a *saját test* (részleges) *látásakor nem tüzelnek* (Perrett és mtsai, 1989; 1992; Hietamen és Perrett, 1993). A cselekvés látványára válaszoló (STS-parietális PF-premotoros F5 területből álló) működési körön belül *egyedül az STS neuronjai nem aktiválódnak a saját mozgás keltette információkra*. E tény értékelésekor a kutatók az alábbiakat hangsúlyozzák. A premotoros kéreghez futó STS információk fontosak lehetnek egy sajátos szempontból (lásd Keysers és Perrett, 2004). A cselekvések megfigyelése során az információ feldolgozásában szerepet játszó (STS-PF-F5) működési körben az STS terület sejtjei biztosítják azt, hogy a megfigyelő majom a *saját* mozgására, illetve saját mozgásprogramjára vonatkozó jelzéseket (mely utóbbiak a PF és az F5 terület válaszainak részét képezik) *mintegy kivonja vagy gátolja a megfigyelt cselekvés információjának értékelésekor*. Ezáltal válik lehetővé az, hogy a majom biztonsággal meg tudja különböztetni mások cselekvésének reprezentációját a saját cselekvési programjától.

Az STS-PF-F5 neuronális-neurális funkcionális rendszer a fentebb vázolt – vagy hasonló – módon implementálhatja azt az észlelési-megértési rendszert, amely nem tudatos, automatikus működési móddal szerez tudást a másik élőlény cselekvésének intenciójáról, a látott cselekvés képi és motoros sajátosságáról és elővételezett következményeiről. [S akkor még nem vettük számításba az érzelmet kifejező arcmozgásokra érzékeny STS sejtek (például Hasselmo és mtsai, 1989; Perrett és mtsai, 1992) szerepét a látott cselekvés érzelmi jelentésének empátiás megértésében (pl. Gallese, 2003)]. Mindez olyan történéssor, amely automatikus működési móddal teljesít olyan funkciókat, amelyeket magasabb működési szinten úgy nevezünk: „mind reading”.

6. Veszélyben van-e a kognitív megközelítés?

Utoljára említem a Csibra Gergely cikkének elején olvasható gondolatot, amely szerint az idegtudományok és a filozófia között a híd szerepét betöltő „kognitív megközelítés” veszélybe kerülhet, és mintha pszichológusok is akadnának a veszélyeztetők között.

A biológiában a különböző szintű történésrendek egymásra épülése, illetve a funkcionális működési elvek illesztése messzire mutató, fontos és bonyolult kérdés, ennek még vázolója sem férne a jelen reflexió kereteibe. Csak azért utalok rá érintőlegesen, mivel Csibra Gergely írása címével is súlyt adott a kérdésnek.

Úgy látom, a neurális és neuronális mérési adatok *biológiai szempontú* (neurobiológiai) funkcionális értelmezésekor egyenesen mellőzhetetlen a magasabb történésrend, így a (kognitív) pszichológiai megismerés és teljesítmény figyelembevétele. Ezek fontos szempontokat adnak a mikrofolyamatok szerepének értékeléséhez is. Máskor az összetett neurobiológiai adatokból kirajzolódó működési elvek körvonalazhatják a pszichológiai teljesítmények háttérben munkáló mechanizmust, vagy módosíthatják, cáfolhatják a hipotetikusan már megfogalmazottakat. Hiszen a pszichológiai jelenségek háttérfolyamataira vonatkozóan már régtől fogva feltételezünk absztrakt modelleket, de (feltevés jellegű) konkrét történéseket is. A neurobiológiai, illetve a pszichológiai történések kapcsolatára nézve olykor nem absztrakt reprezentációk és komputációk fogalmaiban jön létre „hídverés”. Úgy vélem, ezek esetében a kognitív tudomány újabb, „embodied” („testbe ágyazott”) korszakának jegyében fogant próbálkozásokról van szó. S ebben bizony a két eltérő – az idegrendszeri és a pszichológiai – szint törvényszerűségeinek és fogalmi szintű megjelöléseinek viszonyítása félreértésekkel terhes. Előnyös lenne, ha ezt a próbálkozást nem állítanánk szembe a „kognitív megközelítéssel”, s ezzel nem növelnénk annak valószínűségét, „... hogy ha két pszichológus beszélgetni kezd, lehet, hogy egymás kérdéseit sem fogják megérteni”, ahogy Csibra – sajnos találóan – írja (i. m. 275). Bízom benne, hogy sikerült megértenem Csibra Gergely gondolatmeneteit, következtetéseit. A számomra hozzáférhető ismeretek alapján megkíséreltem, hogy elősegítsem, „milyen módon lehetne egyes tudományos állítások igazsága felől eszmét cserélni”. Annál is inkább, mivel a kognitív pszichológia számára a tudományos tét nem kicsi. Vajon sikerül-e neurobiológiai eredményekre építő, új, összetett modellt szerkesztenünk arról: miként jöhet létre a beszéd és absztrakt gondolkodás előtti értelmes viselkedés, a preverbális kogníció e fontos formája.

A kézirat elfogadva: 2006. január

Irodalom

- CSIBRA Gergely (2005): Van-e szükség kognitív megközelítésre? A tükörneuronok esete a szimulációval. In: GERVAI Judit, KOVÁCS Kristóf, LUKÁCS Ágnes, RACSMÁNY Mihály (szerk.): *Az ezerarcú elme*. Tanulmányok Pléh Csaba 60. születésnapjára. Budapest, Akadémiai Kiadó, 275–284.
- FADIGA, L., FOGASSI, L., GALLESE, V., ROZZOLATTI, G. (2000): Visuomotor neurons: ambiguity of the discharge or „motor” perception? *International Journal of Psychophysiology*, 35, 165–177.

- FOGASSI, I., GALLESE, V., FADIGA, L., RIZZOLATTI, G. (1998): Neurons responding to the sight of goal directed hand/arm actions in the parietal area PF (7 b) of the macaque monkey. *Social Neuroscience Abstracts*, 24, 257.
- FOGASSI, L., GALLESE, V. (2002): The neural correlates of action understanding in non-human primates. In: STAMENOV, M. I., GALLESE, V. (eds.): *Mirror Neurons and the Evolution of Brain and Language*. Amsterdam, John Benjamins Publ., 13–15.
- FRITH, C. D., FRISTON, K., LIDDLE, P. F., FRACKOWIAK, R. S. (1991): Willed action and the prefrontal cortex in man: a study with PET. *Proceedings of the Royal Society of London B Biological Sciences*, 244, 241–246.
- FRITH, C. D., BLAKEMORE, S. J., WOLPERT, D. M. (2000): Abnormalities in the awareness and control of action. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B Biological Sciences*, 355, 1771–1788.
- GALLESE, V. (2000): The acting subject: towards the neural basis of social cognition. In: METZINGER, T. (ed.): *Neural correlates of consciousness: empirical and conceptual questions*. Cambridge, MA, MIT Press.
- GALLESE, V. (2003): The manifold nature of interpersonal relations: the quest for a common mechanism. *Philosophical Transactions of the Royal Society, London B*, 358, 517–528.
- GALLESE, V., GOLDMAN, A. (1998): Mirror neurons and the simulation theory of mind reading. *Trends in Cognitive Sciences*, 12, 493–501.
- GALLESE, V., KEYSERS, C., RIZZOLATTI, G. (2004): A unifying view of the basis of social cognition. *Trends in Cognitive Sciences*, 8, 396–403.
- GALLAGHER, Sh. (2000): Philosophical conceptions of the self: implications for cognitive science. *Trends in Cognitive Science*, 4, 14–21.
- GARBARINI, F., ADENZATO, M. (2004): At the root of embodied cognition: Cognitive science meets neurophysiology. *Brain and Cognition*, 56, 1000–1006.
- GRAFTON, S. T., FADIGA, L., ARBIB, M. A., RIZZOLATTI, G. (1997): Premotor cortex activation during observation and naming familiar tools. *NeuroImage*, 6, 231–236.
- HASSELMO, M. E., ROLLS, E. T., BAYLIS, G. C., NALWA, V. (1989): Object-centered encoding by face-selective neurons in the cortex in the superior temporal sulcus of the monkey. *Experimental Brain Research*, 75, 417–429.
- HIETANEN, J. K., PERRETT, D. I. (1993): Motion sensitive cells in the macaque superior temporal polysensory area: Lack of response to the sight of the animals own limb movement. *Experimental Brain Research*, 93, 117–128.
- HUNTER, M. D., FARROW, T. F., PAPADAKIS, N. G., WILKINSON, I. D., WOODRUFF, P. W., SPENCE, S. A. (2003): Approaching an ecologically valid functional anatomy of spontaneous „willed” action. *NeuroImage*, 20, 1264–1269.
- JELLEMA, T., BAKER, C. I., WICKER, I., PERRETT, D. I. (2000): Neural representation for the perception of the intentionality of actions. *Brain and Cognition*, 44, 280–302.
- KEYSERS, Ch., PERRETT, D. I. (2004): Demystifying social cognition: a Hebbian perspective. *Trends in Cognitive Science*, 8, 501–507.
- MARTON L. Magda (2006): A megismerés pragmatikus formái. A szenomotoros teljesítmények idegéletani mechanizmusa. *Pszichológia*, 26, 1.
- MATELLI, M., LUPPINO, G., RIZZOLATTI, G. (1985): Patterns of cytochrome oxidase activity in the frontal agranular cortex of macaque monkey. *Behavioral and Brain Sciences*, 18, 125–137.

- MURATA, A., FADIGA, L., FOGASSI, L., GALLESE, V., RAOS, V., RIZZOLATTI, G. (1997): Object representation in the ventral premotor cortex (area F5) of the monkey. *Journal of Neurophysiology*, 78, 2226–2230.
- PERRETT, D. I., HARRIS, M. H., BEVAN, R., THOMAS, S., BENSON, P. J., MISTLIN, A. J., CHITTY, A. J., HIETANEN, J. K., ORTEGA, J. E. (1989): Frameworks of analysis for the neural representation of animate objects and actions. *Journal of Experimental Biology*, 146, 87–113.
- PERRETT, D. I., MISTLIN, A. J., HARRIES, M. H., CHITTY, A. J. (1990): Understanding the visual appearance and consequence of hand actions. In: GOODALE, M. A. (ed.): *Vision and action. The control of grasping*. Ablex, 163–342.
- PERRETT, D. I., HIETANEN, J. K., ORAM, M. W., BENSON, P. J. (1992): Organisation and functions of cells responsive to face in the temporal cortex. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 335, 23–30.
- POULET, J. F., HEDWIG, B. (2002): A corrolary discharge maintains auditory sensitivity during sound production. *Nature*, 418, 872–876.
- RIZZOLATTI, G., CRAIGHERO, L. (2004): The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, 27, 169–192.
- SELTZER, B., PANDYA, D. N. (1994): Parietal, temporal and occipital projections to cortex of the rhesus monkey. A retrograde tracer study. *Journal of Comparative Neurology*, 15, 445–463.
- TUCKER, M., ELLIS, R. (1998): On the relations between seen objects and components of potential actions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 830–846.
- WAGNER, D. M., WHEATLEY, T. (1999): Apparent mental causation. Sources of the experience of will. *American Psychologist*, 54, 480–492.
- WOLPERT, D. M., GHAHRAMANI, Z., JORDAN, M. I. (1995): An internal model for sensorimotor integration. *Science*, 269, 1880–1882.