

Neuroimagjins funzionâls e çurviel bilengâl[#]

DANIELA PERANI*

Ristret. L'invenzion des tecnichis di neuroimagjin funzionâl e à viert une gnove ete pal studi de organizazion cerebrâl dal lengaç intes personis sanis. La tomografie a emission di positrons (PET) e la resonance magnetiche funzionâl (fMRI) a àn permetût ai neuroscienzistis di esaminâ i mecanisims dal funzionament cognitîf e di dimostrâ on-line la strete relazion tra ment e çurviel. O presenti une riviste dai risultâts plui impuartants de aplicazion des tecnichis di neuroimagjin funzionâl al studi des basis cerebrâls dal bilenghisim. O mostrarei ce che si pues concludi di chescj studis, considerant in particolâr il rûl potenziâl di un numar di variabilis che probabilmentri a inmanein la raprezentazion dal lengaç intal çurviel bilengâl. Cetancj risultâts a mostrin che il nivel di abilitât intal fevelâ une seconde lenghe (L2), la cuantitât di esposizion e l'etât di acuisizion a son variabilis determinantis pe raprezentazion cerebrâl dal lengaç intai bilengâi/poliglots.

Peraulis clâf. Bilenghisim, afasie, raprezentazion cerebrâl, etât di acuisizion.

Introduzion. Lis tecnologjiis di neuroimagjin, come la tomografie a emission di positrons (TEP, par inglês Positron Emission Tomography, PET) e la resonance magnetiche funzionâl (RMf, par inglês fMRI, Functional Magnetic Resonance Imaging), a permetin di registrâ imagjins “in vivo” de fisiologjie dai procès mentâi. Par esempli, a mostrin che specifichis regions dal çurviel a si “impiin” cuant che i sogjets a son impegnâts intune ativitât lenghistiche, par esempli scoltâ contis o produci peraulis.

[#] Traduzion inglês-furlan di Alessandro Tavano, Universitât di Udin, Italie.

^{*} Universitât Vita e Salute San Raffaele, Milan, Italie.

Par tant, a son un strument une vore potent par mapâ la facultât dal lengaç intal çurviel uman.

La cuistion dal rapuart tra çurviel e lengaç e divente plui interessant se o considerìn la capacitât uniche dal çurviel uman di cjàpâ sù, tignî a ments e doprâ plui di une lenghe. Difât, plui di metât de popolazion mondiâl e tabaie plui di une lenghe. Al è clâr che lis cuistions peadis a chest argoment, teorichis o praticis, a àn di vê la massime considerazion. Cemût fasino i bilengâi a capî e a produci lis peraulis? Cemût fasie la int a imparâ e a cjàpâ sù une seconde lenghe? Cemût fasial il çurviel uman a rapresentâ e a organizâ plui di une lenghe? Lis regions dal çurviel che a sostegnin la elaborazion di lenghis difarentis sono ancje lôr difarentis o sono almancul in part lis stessis? E la difarente organizazion cerebrâl des lenghis e dipendie de etât di acuisizion de seconde lenghe (L2) o pluitost de plui o mancul grande abilitât intal fevelâlê? Chestis a son dome un pocjis des tantis domandis impuartantis. Lis ultimis trê a son di massim interès pai neurosienziâts: une rispueste a chestis trê domandis si pues cjàtâ inte aplicazion des technichis di resonance funzionâl.

Afasie e bilenghisim. L'interès pe afasie bilengâl si è disvilupât insiemit a la discuierte dai centris gnervôs dal lengaç intai monolengâi, e al riflet lis numerosis discussions su la rapresentazion dal lengaç intal çurviel. In particulâr, si à viodût che se un sogjet bilengâl al veve une lesion intal emisferi di çampe e al diventave afasic, nol jere dit che al ves i stes problemis in dutis dôs lis lenghis. Se al meiorave nol jere dit che al ves un recupar paralêl in dutis dôs lis lenghis. Difât, a son stâts descrirts cetancj tips di recuperazion (par une classificazion, viôt Paradis 1983): par rindi cont dai tips di recuperazion clamâts volte par volte difarenziâl, seletîf, seguitîf e antagonistic, i neurolics a àn proponût che ogni lenghe e fos sustignude di difarents lûcs intal çurviel.

La ipotesis di une localizazion difarenziâl di tantis lenghis intun stes çurviel e à jevât une vore di discussions (par une riviste, viôt Paradis 1998 e Fabbro 1999). Cualchi autôr al à tabaiât cuntri de segregazion anatomiche di tantis lenghis intes areis lenghistichis dal çurviel (Penfield 1965). Dut câs, la gran part dai ricercjadôrs e considerave diviers tips di rapresentazion difarenziâl, ancje chê neuroanatomiche. Segalowitz

(1983) al à dit che al sarès stât cetant di maraveâsi se il bilenghisim nol ves vût efjets su la organizazion cerebrâl e che a son cetantis resons par crodi che la raprezentazion cerebrâl dal lengaç no sedi intai bilengâi la stesse che e je intai monolengâi. Altris a àn proponût che i bilengâi a presentin un nivel di lateralizazion cerebrâl dal lengaç inferiôr rispjet ai monolengâi, intant che l'emisferi diestri al tignarès sù une des lenghis intai sogjets bilengâi (Albert & Obler 1978).

Il “panorame afasiologjic” al è inressût intai ultins agns dal Setante cui studis su la raprezentazion dal lengaç intai bilengâi cu la stimolazion eletriche de scuarce cerebrâl, che e puartave a une temporanie inativazion de region cerebrâl stimolade (Ojemann & Whitaker 1978). Cun chestis tecnicis, Ojemann e Whitaker a àn mapât i lûcs che a sostegnin la abilitât di denominâ inte scuarce laterâl dal emisferi cerebrâl dominant in pazients epiletics bilengâi sielts pal tratament neurochirurgjic. In duç i pazients studiâts, ogni lenghe e veve cualchi lûc di interference cu la funzion di denominâ che e jere comun cun lis altris lenghis e cualchi lûc dulà che la interference si manifestave dome par une lenghe. Ojemann al postulà che lis secondis lenghis a vevin di jessi organizadis intune maniere difarent rispjet a la prime lenghe, parcè che lis areis di ativazion de scuarce pe funzion di denominazion a jerin plui grandis pes secondis lenghis. Calvin e Ojemann (1994) si domandarin se il fat che lis secondis lenghis a vessin areis di ativazion plui largjis nol fos peât al fat che lis personis a cognossessin di mancun la seconde lenghe rispjet a la prime, ma pluitost al fat che la seconde lenghe e fos stade cjapade sù plui tart. In psicolenghistiche si sa che une vore di fatôrs a puedin influençâ la performance dai bilengâi, par esempli l'etât di acuisizion de seconde lenghe (L2), il nivel di abilitât intal fevelâ lis lenghis, la modalitât di apprendiment, la difarente esposizion a lis lenghis. In gjenerâl, al jere difiçil tignî cont di chescj fatôrs intai studis clinics, principalmentri parcè che il metodi anatomo-clinic no lu permeteve.

I studis di afasiologjie a puedin dimostrâ se une determinade region cerebrâl e je necessarie par un component dal lengaç (par esempli, la fonologjie) ma par solit no pues determinâ il sisteme plui larc che al cjape drentri chest component. In plui, il tip di informazion anatomiche che e puedin dâ i studis clinics al è limitât, parcè che lis lesions a son une vore diviersis par localizazion e estension intai diviers pazients. Lis tecnicis

di neuroimajin funzionâl a son vantazôsis rispiet ai studis clinics e ai studis neuropsicologjics basâts sui efjets de lesion cerebrâl parcè che a permetin di studiâ la organizazion funzionâl dal çurviel bilengâl. Lis technichis di neuroimajin no invasivis insiemit a la aplicazion des technichis eletrofisiologjichis, come i potenziâi cerebrâi event-corelâts (par inglêś Event-Related Potentials, ERPs) e la magnetoencefalografie (par inglêś Magnetoencephalography, MEG), a rindin pussibil di fâ domandis fundamentâls peadis a la organizazion cerebrâl di tantis lenghis. Il studi di sogjets sans, cuntune storie dal bilengahisim ben definide, par mieç da la aplicazion di paradigms sperimentâi ben deliniâts, al permet di dâ un contribût fundamentâl a la comprension de architeture neurâl dal çurviel bilengâl.

Lis technichis di neuroimajin funzionâl aplicadis a la neurolenghistiche.

Lis technichis di neuroimajin funzionâl, come la PET e la fMRI a àn permetût ai neuroscienzîats di esaminâ il funzionament cognitîf intal om. Se i procès cognitîfs a puedin jessi sustignûts dome par pôcs seconts, la fotografie cjapade cu la PET o la fMRI e pues mostrânus cualis parts dal çurviel che a son ativis e trop che a son ativis (viôt Perani e Cappa 1998 par une riviste).

Gjeneralmentri al è acetât che il flus dal sanc intes regions dal çurviel (rCBF) al rifleti l'ativitât sinaptiche. Incessitis locâls dai flus dal sanc a coventin par puartâ continuementri energjie ai neurons. Chescj cambiaments a son stâts colegâts spazialmentri e temporalmentri ai cambiaments inte ativitât neurâl. Intai studis di neuroimajin funzionâl, lis imagjins dal flus dal sanc a son cjapadis sù par almancul dôs difarentis condizions. Par esempli, mentri che il sogjet al fas sù peraulis e mentri che al polse. I dâts di perfusion a vegnin comparâts par cjatâ areis dulà che il compit sperimentâl (fâ sù peraulis) al è associât a la incessite dal flus di sanc intal çurviel rispiet a la condizion control di polse. Chestis areis di perfusion incessude a son clamadis par solit "lûcs di ativazion" (par inglêś, "activation foci").

La PET e misure il flus dal sanc doprant aghe radioative, in particolar idrogen cumbinât cun ossigjen (^{15}O), un isotop radioatîf dal ossigjen. La aghe radioative, inietade par vie endovenose, e mande fûr une vore di positrons mentri che e decjât. Intal zîr di un minût la aghe radioative si

ingrume intal çurviel e cussì e permet di fâ une foto dal flus di sanc. Il decjadiment une vore svelt dal ^{15}O e la somministrazion di piçui quantitâts di aghe a rindin pussibil di fâ une vore di misurazions dal flus di sanc intune sengule seziun. Ogni fotografie dal çurviel e dâ informazions su la ativitât dal çurviel in chel moment. Tipichementri, lis imagjins dal flus di sanc a son çjapadis sù prime di un compit, par vê la condizion di base (base line), e chest al divente il compit di control. Daspò, chestis imagjins a son metudis a confront cun chês çjapadis sù cuant che il çurviel al è impegnât intun compit sperimentâl. Dedusint lis misuris dal flus di sanc dal compit di control di chês dal compit sperimentâl si pues otignî un indiç des parts dal çurviel che a son atavis tal mentri dal compit stes. Cumbinant i dâts di PET funzionâl cu lis mapis anatomichis a alte risolucion dadis de MRI si puedin otignî insiemits di dâts une vore potents par studiâ lis relazions tra strutture e funzion intal çurviel.

La fMRI e je une tecniche no invasive plui gnove, e si base su la misurazione dai segnâi di resonance magnetiche associâts ai cambiaments locâi dal nivel di ossigenazion dal çurviel. I principis fundamentâi de fMRI a son ben cognossûts, parcè che a son basâts sul fenomen de Dipendenza dal Nivel di Ossigenazion dal Sanc (par inglês, Blood Oxygenation Level Dependent, BOLD). In rispueste a une ativazion neurâl, il rCBF al incrès inte region implicade; l'efiet BOLD al è particolarmentri manifest intal compartiment venôs, che in polse al è saturât di ossigen dome pal 60-70% e par tant al pues jessi ossigenât ancjemò di plui intal stât di ativazion, fasint incressi la intensitât dal segnâl di MRI (Ogawa, Lee, Kay & Tank 1990). Doprant chest metodi totalmentri no invasîf, al è stât pussibil localizâ l'ativazion funzionâl dal çurviel cuntune accuratece intal ordin dai milimetris e cuntune risolucion temporâl ator dai 3 seconds.

Neuroimagjin funzionâl intai monolengâi. Cetantis ricercjîs di neuroimagjin funzionâl a àn studiât la organizazion dal lengaç intal çurviel uman normâl. I studis di neuroimagjin cun lis tecnicis presentadis no dome a àn confermât la cognossince anatomiche dade dai studis neuropsicologjics di lesion ma a àn ancje viert une vore di prospetivis gnovis inte comprension de relazion tra çurviel e lengaç. In vêr, une vore di studis di neuroimagjin a metin in evidence la impuartance des classichis

areis che a sostegnin il lengaç jenfri la scuarce perisilviane dal emisferi di çampe, par esempi l'aree di Broca. Dut cês, i studis di neuroimagjin funzionâl a àn pandût e ridefinît il rûl di cheste strutture inte elaborazion dal lengaç: la convessità frontâl di çampe e je coinvolve intune vore di compits, come la creazion di peraulis (Martin, Wiggs, Ungerleider & Haxby 1996), la fluence semantiche e fonemiche (Mummery, Patterson, Hodges & Wise 1996; Paulesu et al. 1997), il monitoraç semantic (Thompson-Schill, D'Esposito, Aguirre, & Farah 1997), e la memorie di lavôr verbâl (Smith, Jonides, & Koeppe 1996). In plui, une ativazion peade ai compits lenghistics e je stade cjetade ancje fûr des classicis areis dal lengaç, come intal zîr inferiôr temporâl e intal pôl temporâl, intai zîrs lengâl e fusiform (viôt lis rivistis in Price 1998 e Indefrey & Levelt 2000). La ativazion dal emisferi diestri in regjons omologhis a chês dal emisferi di çampe e je stade viodude inte plui part dai compits lenghistics. Chestis areis peadis al lengaç, localizadis fûr des classicis areis dal lengaç, a puedin jessi specializadis par components specifics de elaborazion lenghistiche, come la semantiche lessicâl. Al è impuartant notâ che il rûl funzionâl des areis peadis al lengaç, cussì come che al è mostrât dai studis di neuroimagjin funzionâl, al somee organizât in sistemis lenghistics che a sostegnin la fonologjie, la sintassi e la semantiche lessicâl, pluitost che come ativitâts, come il tabaiâ, il ripeti, il lei e scoltâ (Neville & Bavelier 1998). Par esempi, un esperiment recent di neuroimagjin de detezion di erôrs sintatics intai monolengai (Moro, Tettamanti, Perani, Donati, Cappa, & Fazio 2001) al à cjetât un component profont e seletif de aree di Broca insiemit a une regjon frontâl anteriôr e la ativazion dal nuclei caudât di çampe e de insula che si ativin dome intant da la elaborazion de sintassi, indicant un lôr rûl inte computazion de sintassi.

Lis tecnicis di neuroimagjin funzionâl a àn ancje insegnât che intal çurviel normâl lis areis peadis al lengaç no son dome plui pandudis, ma ancje mancun fisis di ce che si pensave. Par esempi, ancje cuant che il compit e il design sperimentâl a son mantignûts costants, i cambiaments di ativazion intes areis dal çurviel peadis al lengaç a puedin jessi osservâts come consequence de inessite de familiarità cul compit. Petersen, Van Mier, Fiez e Raichle (1998) a àn mostrât cuntune vore di clarece i efets de pratiche suntun compit verbâl doprant la PET. Chest studi al à mostrât lis difarencis neurâls peadis putativementri a lis difarencis di elabo-

razion intune performance di gjenerazion di verps cun tante o pocje pratiche, tant che la ativitât cerebrâl e diminuive inte convessitât frontâl di çampe cu la pratiche.

Viodi il çurviel bilengâl. Cumò la ricercje si concentre sul nivel di integrazion funzionâl o di separazion des lenghis intal çurviel poliglot. Une vore di fatôrs ambientâi a puedin influenzâ la organizazion neurâl dal lengaç; par esempi l'etât di acuisizion dal lengaç e il nivel di abilitât (ven a stâi la cognossince) intal doprâ lis lenghis.

Une consistente leterture e dîs che lis abilitâts lenghistiche a son sensibilis a l'etât di acuisizion dal lengaç. Lis personis che a imparin tart une lenghe, massime dopo da la tarde infanzie o la pubertât, gjeneralmentri no rivin al stes nivel di abilitât di chei che le àn imparade inte prime infanzie (Birdsong 1999, Johnson & Newport 1989). Lis causis di chescj efjets no son claris. Lis spiegazions a van de propueste che a sedin "periodis critics" biologjicamentri determinâts pe acuisizion des lenghis al principi che i ambients di aprendiment dai piçui e dai grancj a son diviers (Lenneberg 1967). In particolar, i components de fonologjie e de morfosintassi a somein particolarmentri mâl metûts cuant che une L2 e je cjapade sù plui tart, mentri che il lessic al somee acuisît cun mancuel dificoltât dopo la pubertât. Chest fat al pues implicâ la ipotesi che la rappresentazion neurâl di une seconde lenghe e je difarente in funzion de etât di acuisizion.

Di chê altre bande, ancje il nivel di abilitât intal doprâ lis lenghis al è impuartant inte organizazion de L2. Une vore di studis di psicolinghistiche a indichin che la elaborazion de seconde lenghe e cambie intant da la acuisizion in chês personis che a cjapin sù une lenghe plui tart. Par esempi, intai prins moments di aprendiment, i tiermins lessicâi de seconde lenghe a son elaborâts traviers da la associazion cui tiermins ecui-valents inte prime lenghe, dulà che i moments di aprendiments a vegnin plui tart (e cuntune incescite des abilitâts lenghistiche) la elaborazion des peraulis de seconde lenghe e je plui diretamentri concetualizade (Kroll & Stewart 1994, Kroll & Dufour 1995). Par tant, al somee impuartant cjatâ i fatôrs che a puedin vê un impat plui grant su la organizazion cerebrâl di dôs lenghis.

I studis di neuroimaggjin funzionâl a son di doi tips: chei che a studiïn

la produzion verbâl (includude la ripetizion di peraulis) e chei che a studiïn la comprension dal lengaç intai bilengâi. Cheste division e je basade sui paradigms sperimentâi, che a includin une vore di compits compartamentâi diviers, de comprension sintatiche al recupar lessicâl. Dut cês, ancje se une vore di chescj studis si concentrin su procès di input o output (par esempli la gjenerazion di peraulis); la distinzion no je diretementi aplicabil a altris ambits lenghistics, come la ripetizion di peraulis e i compits di judizi. Cheste ateoretiche e forsit arbitrare sudivision e à implicazions interessantis pe interpretazion des difarencis lenghe-specifichis di difarents patterns di ativitât.

a. *Studis de produzion lenghistiche intai bilengâi.* Une vore di ricercjis di neuroimajjn funzionâl a àn studiât i corelâts neurâi de produzion dal lengaç intai bilengâi, cussì come mostrât inte Tabele 1 (Chee, Tan, & Thiel 1999a; Illes, Francis, Desmond, Gabrieli, Glover, Poldrack et al. 1999; Kim, Relkin, Lee, & Hirsch 1997; Klein, Zatorre, Milner, Meyer, & Evans 1994; Klein, Milner, Zatorre, Meyer, & Evans 1995; Perani, Abutalebi, Paulesu, Brambati, Scifo, Cappa et al. 2003; Yetkin, Yetkin, Haughton, & Cox. 1996). Chescj studis a son difarents dal pont di viste metodologjic, daspò che cetancj autôrs no àn formalmentri studiât il nivel di abilitât inte seconde lenghe ma a àn classificât i sogjets dome seont la etât di acuisizion de seconde lenghe (viôt la Tabele 1 pai details). Une altre variabil impuartante e je furnide de difarence intai paradigms sperimentâi e intes modalitâts dopradis par studiâ la produzion dal lengaç intai bilengâi.

La plui part di chescj studis a lasse vierte la pussibilitât che la abilitât lenghistiche, pluitost che l'etât di acuisizion, e sedi il fatôr plui impuartant intal determinâ la organizazion neurâl de elaborazion dal lengaç intai bilengâi, cussì come evidenziât dai studis di Perani e colaboradôrs (1998) sui compits di comprension lenghistiche (viôt sot). Ancje i studis di fMRI di Illes e colaboradôrs (Illes et al. 1999) a cjapin dentri dome sogjets cuntun nivel di abilitât lenghistiche controlât. A jerin ducj bilengâi inglês-spagnûl cjatâts inte Stanford University che a àn fat doi tîps di compit: decisions semantichis su peraulis presentadis visivementri (concretis o astratis) e decisions no semantichis (par esempli, decidi se une peraule e jere scrite in maiuscul o in minuscul). Chest studi al à con-

Tabele 1. Studis di neuroimajjin su la produzion lenghistiche intai bilengâi.

Studi	Compit e metodi	Grups studiâts	Risultâts
Klein et al. 1994	Ripetizion di peraulis in L2 confrontade cun chê in L1 studiade cu la PET	Grup omogjeni di 12 bilengâi cun alt nivel di cognossinc e de L2 imparade dopo i 5 agns	Aument di ativitât intal putamen di çampe ripetint peraulis in L2
Klein et al. 1995	Studi PET de gjenerazion fonologjiche e semantiche di peraulis in L1 e L2	Grup omogjeni di 12 bilengâi cun alt nivel di cognossince de L2 imparade dopo i 5 agns	Nissune evidence che une lenghe imparade tart e sedi rapresentade diviersamentri rispjet de lenghe native
Yetkin et al. 1996	Gjenerazion di peraulis in L1, L2 e L3 studiade cu la fMRI	Grup no controlât di 5 poliglots fluents in L2 ma no in L3	Ativitât plui grande pes lenghis che i sogjets a savevin di mancûl
Kim et al. 1997	Studi cu la fMRI de gjenerazion di frasis in L1 e L2	Grup no controlât di 6 bilengâi precoços e 6 bilengâi tarts	Areis comuns di ativazion dal lobi frontâl di çampe pe L1 e L2 intai bilengâi precoços e areis spazialmentri distintis pai bilengâi tarts
Chee et al. 1999a	Studi fMRI di gjenerazion di peraulis vinculade di un stimol iniziâl in L1 e L2	Grup controlât di 15 bilengâi precoços e 9 bilengâi tarts, duçj cuntun alt nivel di cognossince des lenghis	Ativazion cerebrâl simil pai bilengâi tarts e precoços
Illes et al. 1999	Studi fMRI di decisions semantichis e no semantichis in L1 e L2	Grup di 8 bilengâi tarts (cu la eccezion dal sogjet 8) cuntun alt nivel di cognossince des lenghis	Nissune difarence inte ativitât cerebrâl pe L1 e L2 intant dal compit semantic
Perani et al. 2003	Studi fMRI de fluence fonologjiche in L1 e L2	Grup omogjeni di bilengâi precoços e cuntun alt nivel di cognossince des lenghis ma cun divierse esposizion a la seconde lenghe	Ativitât cerebrâl plui pandude pe seconde lenghe tai sogjets cun mancûl esposizion, ançe se le cognossevin une vore ben

fermât i risultâts precedents (Chee et al. 1999a, Perani et al. 1998): cuant che il nivel di abilitatât verbâl intai bilengâi al è une vore alt par dutis dôs lis lenghis, si ative une rêr neurâl comun, al di là de età di acuisizion. Nissune difarence e je stade cjatade te comparazion des dôs lenghis. I lûcs di ativazion principâi a son stâts cjatâts intal zîr frontâl inferiôr di çampe (areis di Brodmann 44, 45, 47), cun cualchi ativazion intes areis corispondentis dal emisferi di diestre in pôcs sogjets. Un dât interessant al è che i judizis semantics, pluitost che i judizis no semantics, a àn puartât a une ativazion cerebrâl plui pandude jenfri chês areis.

Recentementri, un altri fatôr che al pues induci une organizazion cerebrâl difarente des lenghis intai bilengâi al è stât studiât di Perani et al. (2003), ven a stâi l'efiet de "esposizione ambiental". A son stâts studiâts doi grups di bilengâi cuntun alt nivel di abilitât lenghistiche dividûts su la base de dominance lenghistiche, riferide a la prime lenghe acuiside inte lôr vite (6 di marilenghe spagnule e 5 di marilenghe catalane). Ducj chescj sogjets a vivevin a Barcelona in Catalogne (Spagne), e il catalan al jere prevalentementri la lenghe di principâl esposizion, come che si jere verificât traviers aprofondiments psicolenghistics detaiâts. Il studi al à prin di dut mostrât quale che e jere la lenghe cjàpade sù par prime, indipendentementri de abilitât verbâl e de età di acuisizion de L2, al pues jessi un fatôr impuartant par spiegâ lis difarencis intal çurviel bilengâl, produsint cualchi difarence inte ativazion cerebrâl ancje pai bilengâi preçocs. In particolar, la prime lenghe e ativave mancul areis cerebrâls intal compit di gjenerazion di peraulis. Une spiegazion e je che la gjenerazion di peraulis inte prime lenghe e je un compit plui automatic rifletût, a nivel cerebrâl, dal coinvolziment di mancul neurons. Chest risultât al va dacuardi cun risultâts precedents (Raichle, Fiez, Videen, MacLeod, Pardo, Fox et al. 1994; Thompson-Shill et al. 1997, Thompson-Schill, D'Esposito, & Kan 1999), dulà che i compits cognitîfs mancul automatics a coinvolzevin plui risorsis cerebrâls come intal câs de gjenerazion di peraulis inte seconde lenghe intai bilengâi.

Un altri risultât dal studi di Perani e colaboradôrs (2003) al à considerât il rûl de difarente esposizion a una lenghe. Une ativazion plui pandude inte scuarce frontâl dorsolaterâl di çampe e je stade cjatade intal grup dai Catalans cuant che a gjeneravin peraulis in spagnûl rispjet al grup di spagnûi che a gjeneravin peraulis in catalan. Chescj risultâts a di-

sin che une seconde lenghe, asociade cuntune esposizion plui limitade, e à bisugne di risorsis neurâls in zonte rispjet a la L1 (par esempi, lenghe spagnole pai catalans). Di chê altre bande, il grup dai spagnûi, ben esponûts al catalan, al veve une aree ridusude di ativazion cerebrâl pe gjenerazion di peraulis in L2. I autôrs a àn ipotizât che lis ativazions cerebrâls a son peadis a la esposizion e a la pratiche. Il çurviel al podarès alore sostignî la gjenerazion di peraulis cun plui o mancul coinvoltiment di struturis cerebrâls.

Prime di provâ a tirâ lis sumis dai risultâts dai studis de produzion verbâl, al ocôr mostrâ i limits de evidence disponibil. La plui part dai esperiments di produzion intai bilengâi e je basade su la elaborazion di peraulis, in particolâr su la gjenerazion di peraulis senglis (intai compits di fluence).

I compits di fluence a son asociâts cul stes pattern di ativazion cerebrâl che al jere stât cjatât ancje intai monolengâi, ven a stâi il coinvoltiment de scuarce frontâl dorsolaterâl di çampe (Poline et al. 1996). La gjenerazion di peraulis daûr di un indizi al è un compit complès, che al cjape dentri une vore di procès cognitîfs, come la ricercje lessicâl, il recupar lessicâl, e la produzion dai schemis motoriis de articolazion. Difarencis anatomo-fuzionâls a son stadis ripuartadis intai compits di fluence, par esempi, tra la fluence verbâl fonemiche e la fluence verbâl semantiche (Paulesu et al. 1997, Mummery et al. 1996). I studis funzionâi de raprezentazion cerebrâl di lenghis difarentis a varessin di tignî cont di chescj aspjets cognitîfs.

Dai risultâts publicâts inte leterature si puedin tirâ chestis conclusions: no son difarencis inte ativitât cerebrâl pai bilengâi une vore precoçs (che o podin stimâ che a sedin ancje une vore abii in dutis dôs lis lenghis) e, in plui, no son difarencis pai bilengâi tarts, se a son une vore abii in dutis dôs lis lenghis (Chee et al. 1999a, Illes et al. 1999, Klein et al. 1995). Cuintri cheste propueste al va il studi di Kim e colaboradôrs (Kim et al. 1997) dulà che si ativavin regjons spaziâls separadis jenfri la aree di Broca pe L1 e pe L2. Dut câs, stant che par chest studi a mancjin informazions sul nivel di abilitât dai sogjets in L2, no savin se cheste organizazion cerebrâl difarente e je la consequence de etât di acuisizion de seconde lenghe o pluitost di une abilitât ridusude. Cheste critiche e je

aplicabil ancje al studi di Yetkin et al. (1996), pûr se al mostre che cuant che une lenghe e je tabaiade in maniere mancul fluent, si pues viodi une aree di ativazion cerebrâl plui largje rispjet a lis lenghis plui fluentis. No savìn però se chest risultât al à di sedi ascrit a la abilitât (alte o basse) o a la esposizion (alte o basse).

In sumis, chescj risultâts a indichin che il nivel di abilitât al podarès sedi plui impuartant de etât di acuisizion inte determinazion de raprezentazion cerebrâl de produzion lenghistiche intai bilengâi/poliglots. In plui, i risultâts dal studi di Perani et al. (2003) a mostrin che ancje piçulis difarencis inte etât di acuisizion e inte esposizion ambientâl di une lenghe a puedin sedi metûts sul cont de modulazion funzionâl inte raprezentazion cerebrâl de L1 e de L2.

b. *Studis su la comprehension dal lengaç intai bilengâi.* Une vore di studis a àn cirût i corelâts de comprehension lenghistiche intai bilengâi. Chescj studis a son elencâts inte Tabele 2. Perani e i colaboradôrs a àn fat une vore di studis PET dulà che a àn studiât la elaborazion in riceviment di bilengâi tarts cuntun bas nivel di abilitât lenghistiche (Perani, Dehaene, Grassi, Cohen, Cappa, Dupoux et al. 1996), di bilengâi precoçs une vore abii intes lenghis e di bilengâi tarts ma une vore abii intes lenghis (Perani, Paulesu, Sebastian-Galles, Dupoux, Dehaene, Bettinardi et al. 1998). Tal imprim, Perani e i colaboradôrs (1996) a àn studiât cu la PET nûf bilengâi italian-înglês cun acuisizion tarde che a vevin un bas nivel di abilitât inte seconde lenghe, l'înglês, che a vevin studiât a scuele par almancul 5 agns. Nissun dai sogjets al veve passât plui di un mês intun ambient anglofonic, e par tant a vevin un înglês une vore puar. Cuant che a son stâts paragonâts a la linie di base (condizion di polse cun fissaç de atenzion) i substrâts cerebrâi che a si son dimostrâts atîfs a jerin in part difarents sedi pe prime che pe seconde lenghe. Lis areis ativadis pe prime lenghe a jerin lis areis perisilvianis, cjapant dentri il zîr angulâr (Ba 39), i zîrs temporâi superiôr e median (Ba 21 e 22), il zîr frontâl inferiôr (Ba 45) e il poli temporâl (Ba 38). Ancje une vore di areis omologhis (Ba 21, 22 e 38) a jerin ativadis intal emisferi diestri. Invezit, l'insiemit des areis ativis al jere une vore ridusût cuant che si aplicave la stesse analisi a la seconde lenghe. Intal specific, dome lis areis superiôrs di çampe e di diestre e chês temporâls medianis a restavin ativis. Une des areis fonda-

mentâls di ativazion difarenziâl al jere il poli temporâl. La ativazion di cheste region e je stade ripuartade da râr intai studis di neuroimajjin funzionâl dal lengaç e de memorie. Dut câs, cualchi studi al à mostrât che la part anteriôr dal lobi temporâl e je ativade intai compits che a domandin di scoltâ o di lei frasis o tescj continuis (Bottini, Corcoran, Sterzi, Paulesu, Schenone, Scarpa et al. 1994; Fletcher, Happé, Frith, Baker, Dolan, Frachowiak et al. 1995; Mazoyer Tzourio, Frank, Syrota, Murayama, Levrier, Salamon et al. 1993; Perani et al. 1996), pluitost che materiâl verbâl fragmentari. Perani e i colaboradôrs a àn sugerît che chestis regjons a puedin sedi clamadis in cause intai procès di elaborazion des frasis e dal discors, come la integrazion di cognossince precedent, lis inferencis, e il leam anaforic. In plui, i polis temporâi a puedin sedi reclutâts su la base di une incesitate de domande di memorizazion, cuant che i sogjets a son impegnâts intun compit naturâl come chel di scoltâ une conte.

Intal secont esperiment (Perani et al. 1998), i autôrs a àn testât sogjets cun talian come L1, che a vevin cjapât sù l'inglês daspò i 10 agns, che a vevin passât di un a dîs agns intun paîs là che si tabaie l'inglês e che a dopravin corintementri l'inglês intes ativitâts cuotidianis. Chescj bilengâi tarts a son stâts misurâts in condizions sperimentâls come il scoltâ contis par talian, inglês o gjaponês (che nissun al cognosseve), o inte condizion di polse cun fissaç de atenzion.

Il pattern di ativazion pe L1 e pe L2 in Perani et al. (1998) al contrastave cun lis grandis difarencis inte ativazion di L1 - L2 cjatadis intai bilengâi cuntun bas nivel di abilitât lenghistiche (Perani et al. 1996). I risultâts cumbinâts di chescj studis a mostravin pe prime volte in vivo la evidence di une difarente raprezentazion funzionâl de L1 e de L2 inte comprension, cuant che la variabil fundamentâl de abilitât intal tabaiâ la lenghe e jere tignude in cont.

Dehaene e i colaboradôrs (Dehaene, Dupoux, Mehler, Cohen, Paulesu, Perani et al. 1997) a àn fat un esperiment similâr doprant la fMRI intun grup compatibil di sogjets sperimentâi (vot bilengâi tarts, cun francês come prime lenghe e inglês come seconde lenghe), studiâts mentri che a sintivin contis curtis par francês e par inglês. Scoltâ contis in L1 al impegnave un insiemit di areis dal emisferi di çampe, cun di plui une ativazion similâr, ancje se plui debil, intal emisferi diestri. Il pattern di

Tabele 2. Studis di neuroimajjin su la comprehension lenghistiche intai bilengâi.

Studi	Compit e metodi	Grups studiâts	Risultâts
Perani et al. 1996	Scolte passive di contis in L1, L2 e intune tierce lenghe no cognossude, studiade cu la PET	Grup omogjeni di 9 bilengâi cuntun bas nivel di cognossince de seconde lenghe	Ativazions plui grandis intal elaborâ la lenghe native rispjet a la L2
Dehaene et al. 1997	Studi fMRI di un sengul sogjet che al scoltave storiis in L1 e L2	Grup omogjeni di 8 bilengâi cuntun bas nivel di cognossince de seconde lenghe	Ativazion cerebrâl diferenziade pai bilengâi tarts (si ative ancje l'emisferi diestri)
Perani et al. 1998	Doi studis PET di doi grups di sogjets che a scoltin storiis in L1 e L2	Doi grups omogjenis di bilengâi: 9 bilengâi tarts ma cuntun alt nivel di cognossince de seconde lenghe e 12 bilengâi precoçs cuntun alt nivel di cognossince de seconde lenghe	Ativazion cerebrâl soreponibil in duj i bilengâi cuntun alt nivel di cognossince de seconde lenghe, sotliniant il rûl dal nivel di cognossince de lenghe
Chee et al. 1999b	Studi fMRI de comprehension di frasis presentadis visivementri in L1 e L2	Grup omogjeni di 14 bilengâi precoçs	Estension comun de ativitât pe L1 e pe L2
Price et al. 1999	Studi PET di comprehension di sengulis peraulis in L1 e L2	Grup omogjeni di 6 bilengâi tarts	Ativitât plui grande intal lobi temporâl di çampe pe L1
Chee et al. 2001	Studi fMRI dal judizi semantic intun grup di bilengâi	Doi grups omogjenis di bilengâi cuntun alt e cuntun bas nivel di cognossince de seconde lenghe	Ativitât cerebrâl ridusude intes regions prefrontâl e parietâl di çampe intai bilengâi cuntun alt nivel di cognossince de L2
Wartenburger et al. 2003	Studi fMRI dal judizi gramaticâl e semantic intai bilengâi	Trê grups controlâts di bilengâi dividûts su la base de età di acuisizion de L2 e de cognossince de L2	Dipendence de gramatiche de età di acuisizion; dipendence de semantiche dal nivel di cognossince de L2

ativazion al cambiave dal dut cuant che i sogjets a dopravin la L2. Une analisi dal senglul sogjet al mostrave un pattern di ativitât neurâl une vore disparât pe L2, e chest al è un segn di une grande variabilitât intersogjetive. Scoltâ inte L2 al domandave la ativazion di une rêt di areis frontâls e temporâls çampis e diestris intai sogjets, par cualchi individui si strenzevin dome al emisferi diestri. Su la base di chescj risultâts, i autôrs a àn confermât che se la elaborazion de prime lenghe si poie sun-tune rêt di struturis specifichis intal emisferi di çampe, la elaborazion di une seconde lenghe çjapade sù plui tart inte vite e cuntune abilitât di bas nivel, e pues jessi organizade difarentementri.

Cheste serie di esperiments (Dehaene et al. 1997, Perani et al. 1996, Perani et al. 1998) e mostre la modulazion funzionâl inte rêt che e medie la comprehension dal lengaç intal çurviel bilengâl. Il risultât principâl al è che la scolte di storis par L1 e par L2 e dà pattern di ativitât de scuarce cerebrâl une vore difarentis intai sogjets cun bas nivel di abilitât, no si çjativin invezit grandis difarencis intai sogjets cuntun alt nivel di abilitât, ancje se a vevin çjapât sù la L2 plui tart. Lis lenghis tabaiadis sedi di chei plui abii sedi di chei mancual abii a jerin compagnis e ancje la procedure e jere la stesse. Par tant, o scugnìn concludi che il nivel di abilitât inte L2 al ten cont des difarencis jenfri chescj doi grups cun acuisizion tarde de L2. La comprehension lenghistiche uditive intai bilengâi une vore abii che a àn çjapât sù la L2 daspò i dîs agns si base suntun network macroscopic di areis che a son similârs pe L1 e pe L2. Chescj risultâts a son stâts confermâts ancje di altris doi studis (Chee, Caplan, Soon, Sriram, Tan, Thiel et al. 1999b; Price, Green, & von Studnitz 1999).

Il studi di Price e colaboradôrs (1999), dulà che sîs bilengâi a son stâts investigâts cu la PET, al deve risultâts a nivel de sengule peraule. Lis areis dal lengaç intal lobi temporâl di çampe a jerin plui ativadis cuant che a elaboravin la prime lenghe rispjet a une lenghe mancual cognossude. Cun di plui la comprehension di peraulis inte L1 e deve une ativazion plui grande intal poli temporâl rispjet a la comprehension di peraulis inte L2. Chest al va dacuardi cui risultâts di Perani e colaboradôrs (1996) intai bilengâi tarts cun bas nivel di abilitât.

In conclusion, intai bilengâi precoçs, che di piçui a àn ricevût la stes-se pratiche intes dôs lenghis, al somee che un unic sisteme lenghistic co-

mun al sedi responsabil de elaborazion di dutis e dôs lis lenghis (Chee et al. 1999b, Perani et al. 1998). Chest sisteme si pant intune rê lateralizade intal emisferi di çampe, che al cjape dentri dutis lis areis dal lengaç. Intal lobi temporâl chestis a includin i zîrs superiôr e temporâl median, il zîr angulâr, e il poli temporâl, une strutture che e somee specificementri coinvolvezude inte elaborazion des frasis e dai discors. Intal câs dai bilengâi tarts, il nivel di abilitât lenghistiche al somee che al sedi il fatôr critic pe organizazion funzionâl des lenghis, parcè che i bilengâi tarts ma une vore abii inte L2 a ativavin areis cerebrâls di çampe une vore similis pe L1 e pe L2 (Chee et al. 1999b, Perani et al. 1998), invezit i bilengâi precoçs e pôc abii cu la L2 a mostravin patterns di ativazion difarents pes lôr dôs lenghis (Chee et al. 2001, Dehaene et al. 1997, Perani et al. 1996, Price et al. 1999). Intal câs de comprension di un test lunc (scoltâ contis), la ativazion e jere plui limitade intal câs de L2. Chest al pues rifleti un pattern di ativazion mancul consistent (cussì come che al marche il studi di Dehaene) o une elaborazion plui limitade, che si focalize suntune analisi superficial de lenghe mancul cognossude. Ancje intal câs de comprension, la cognossince de lenghe e somee un fatôr fundamentâl pe raprezentazion dal lengaç intai bilengâi.

A chest pont o varessin di sotliniâ che i paradigms di neuroimaging funzionâl doprâts fin cumò no permetin une diferenziacion clare des componentis lenghistiche (semantiche, morfologjie, sintassi), come che a son definidis par tradizion inte lenghistiche teoriche. Par esempi, si discut se al esist un “periodi critic” pe acquisizion de seconde lenghe (Johnson & Newport 1989) e se chest periodi al rivuarde dome la elaborazion de fonologjie e de morfosintassi. Doprant i potenziâi peâts al event (ERPs), Weber-Fox e Neville (1996) a cjatarin che difarents nivêi lenghistics (par esempi, semantiche e sintassi) a son difarentementri influençâts de età di acquisizion de L2. Su chest argument, un studi fMRI recent al à cirût i corelâts neurâi dai judizis gramaticâi e semantics in trê grups di bilengâi talian - todesc. I sogjets a vevin cjapât sù la prime e la seconde lenghe insiem di piçui (prin grup) o pûr dopo sîs agns, ma cun diviers nivêi di abilitât (secont e tierç grup) (Wartenburger, Heekeren, Abutalebi, Cappa, Villringer, Perani 2003). Chest studi al mostre che l’età di acquisizion e influence in maniere specifiche la raprezentazion corticâl dai procès gramaticâi. I risultâts a mostrin la soreposizion di substrâts pe L1

e pe L2 dome cuant che la seconde lenghe e je acuiside une vore adore inte vite. In plui, intai bilengâi tartis la abilitât inte L2 e je determinant inte organizazion cerebrâl sedi de gramatiche che de semantiche.

Chescj risultâts a van dacuardi cu la esistence di un periodi critic pe acuisizion dal lengaç e a mostrin che la elaborazion gramaticâl, dipendent da l'etât di acuisizion, e je basade su la competence che e varès di vê une base neurologjiche.

Conclusions. Une vore di fatôrs impuartants in psicolenghistiche a puedin influençâ lis basis neurâls dal sisteme lenghistic bilengâl. Chescj fatôrs a son rapresentats soledut de etât di acuisizion de L2, dal nivel di cognossince des lenghis e dal nivel di ûs o di esposizion lenghistiche. La evidence disponibil e mostre che la abilitât al è il fatôr plui impuartant. Intal câs dai compits di produzion verbâl in gjenerâl e intai compits di comprension verbâl a son des difarencis che a somein une contrarie di chês altre: ativazions cerebrâls plui pandudis a son peadis a la produzion inte lenghe mancul cognossude, mentri ativazions plui contignudis a son peadis a la comprension inte lenghe mancul cognossude. Par tant, si pues dî che chest risultât sorprendint al riflet lis difarencis inerentis a chescj aspjets de elaborazion lenghistiche. Intai compits plui dificii come la gjenerazion di peraulis, lis difarencis a puedin jessi tribuidis a la necessitât di plui risorsis cognitivis. Di chês altre bande, tal câs de comprension lenghistiche, la nature automatiche de elaborazion e pues riflestis intune elaborazion plui limitade dal materiâl lenghistic inte lenghe mancul cognossude. Une altre pussibilitât, sugjeride dal studi di Dehaene et al. (1997) e je la grande variabilitât jenfri i sogjets intai pattern di ativazion pe L2. Si scuen dî che i dâts di neuroimajjin no contestin la propueste che la etât di acuisizion e sedi un fatôr determinant inte cognossince de L2. Une vore di studis lenghistics e neurofisiologjics a àn cjatât che chei che a àn imparât plui tart a son tipichementri mancul brâfs a tabaiâ la L2 di chei che le àn cjapade sù adore (Flege, Munro & MacKay 1995; Johnson & Newport 1989; Weber-Fox & Neville 1996). Al somee che il rûl de etât di acuisizion al vedi implicazions impuartantis par ambits particolârs dal lengaç, come la gramatiche, cussì come che al mostre il studi di Wartenburger e colaboradôrs (2003). Il rûl specific de pratiche e de esposizion, intal sens di trop che une lenghe e je dopra-

de, a àn di sedi ancjemò studiâts e no àn di sedi confondûts cu la cognossince de lenghe (intai tiermins dal nivel assolût di abilitât). Il risultât che la esposizion a une lenghe e pues jessi un altri fatôr fundamentâl pe rappresentazion neurâl di plui lenghis (Perani et al. 2003) al pues vê consecuencis impuartantis a nivel educatîf par esempi intal insegnament di une seconde lenghe, cussì come inte riabilitazion da la afasie bilengâl.

Il contribût plui impuartant dai studis di neuroimagjin funzionâl dal bilenghisim a la comprension di cemût che il lengaç al è rapresentât intal çurviel, al è la osservazion dai aspiets di invariance e dai aspiets di plasticitât. O podìn concludi de evidence disponibil che i patterns di ativazion cerebrâl associâts cun i compits che a coinvolzin aspiets specifics de elaborazion lenghistiche a son une vore consistentis in lenghis difarentis e in sogjets difarents. Chescj patterns relativementri fissâts a son modulâts clarementri di un insiemit di fatôrs, che o vîviodût in cheste rassegne. I studis a vignî a rindaran plui clare la specificitât e la seletivitât di chestis interazions. In gjenêrâl, il studi di imagjin funzionâl di sogjets multilengâi al somee un model prometent pal studi des interazions tra un substrat neurobiologic fat di pueste pes lenghis e pes influencis ambientâls peadis al disvilup intal timp.