

Speculazions su la origjin dal lengaç

GIACOMO RIZZOLATTI* & LAILA CRAIGHERO#

Ristret. A son stadis fatis dôs ipotesis su la origjin dal lengaç. La prime e je in relazion cu lis vocalizacions dai nemâi, la seconde cu la comunicazion gjestuâl. In chest articul o cirin di dimostrâ che la seconde ipotesis e je chê plui plausibil. Par scomençâ o presentin un mecanisim neurofisiologjic, chel dai neurons spieli (*mirror neurons*), che al sclaris il probleme de comprension direte dal significât de azion. Daspò o discutin cemût che i suns colegâts cui ats a son diventâts la modalitât principâl de comunicazion umane.

Peraulis clâf. Neurons spieli, evoluzion dal lengaç, comunicazion gjestuâl, azion, semantiche.

Introduzion. La facultât dal lengaç e je une abilitât cognitive che si cjate dome intai umans. Cemût si imparial il lengaç? Cheste e je une domande ancjemò vierte. A ogni mût la discuierte di une gnove classe di neurons inte simie, neurons che a son stâts clamâts *neurons spieli* (*mirror neurons*), e à puartât gnovis informazions su la origjin dal lengaç e su la sô continuitât cul compartament dai primâts no umans. Chest mecanisim al à une grande impuartance inte prospetive evolutive parcè che al spieghe cemût che i primâts a rivin a capî lis azions che a vegnin fatis dai cospecifics. Cun di plui, une vore di proceduris sperimentâls a àn dimostrât che il sisteme dai neurons spieli si cjate ancje intai umans. La discuierte plui interessante e je stade fate doprant tecnicis di neuroimaging.

* Dipartiment di Neurosiencis de Universitât di Parma, Italie. E-mail: giacomo.rizzolatti@unipr.it

Dipartiment S.B.T.A., Sezion di Fisiologie Umane, Universitât di Ferrara, Italie.

Cun chestis technichis si à viodût che il sistema dai neurons spielî al è in relazione cu la scuarce frontâl inferiôr di çampe che e corispunt a la aree di Broca, une aree dal çurviel che intune vore di studis e je stade metude in relazione cul lengaç. In chest articul noaltris o presentarin lis proprietâts di base dai neurons spielî intai primâts no umans e intal om, daspò o presentarin une teorie di disvilup dal lengaç che e je in relazione cu lis proprietâts dai neurons spielî.

Neurons spielî intes simiis. I neurons spielî a son un grup di neurons che a son stâts discuierts inte scuarce premotorie ventrâl dai macacos. La proprietât che ju definìs e je che chescj neurons si ativin sedi cuant che la simie e *fâs* une determinade azion (par esempi e *cjape* in man une robe) sedi cuant che e *cjale* un altri individui che al sta fasint la stesse azion (cfr. Rizzolatti et al. 2001). Par jessi ativâts di un stimol visîf i neurons spielî a àn di meti in relazione un efetôr biologic (man o bocje) cuntun ogjet. Il viodi un ogjet di bessôl, o pûr viodi un individui che al imite la azion, o pûr un individui che al fâs une azion intransitive (che no je inviate cuntun ogjet) nol determine nissune ativazion dai neurons spielî. Il significât dal ogjet pe simie nol à nissune influence su la ativât dai neurons spielî. Brincâ un toc di mangjative o pûr un ogjet gjeometric e prodûs la stesse rispueste neuronâl. I neurons spielî a mostrin un grât une vore alt di gjeneralizazion. Stimui visîfs une vore diferents, ma che a rapresentin la stesse azion, a produsin il stes efiet. Par esempi, il stes neuron spielî che si ative cuant che un om al brinche un ogjet cu la man, al rispuint cuant che la man di une simie e brinche il stes ogjet. Te stesse maniere la rispueste dai neurons spielî no ven modificade se la azion e ven fate dongje o lontan de simie, ancje se la grandece de man intes dôs condizions e je diferente. Se la simie e ven ricompensade cuant che e *cjale*, la azion no à une grande impuartance su la ativazion neuronâl. La scjarie neuronâl e à la stesse intensitât, sedi che il sperimentadôr al *cjapi* sù la mangjative par dâle a la simie studiade cun metodis eletrofisiologjics o pûr a une altre simie che si *cjati* inte stesse stanzie dal esperiment.

Un aspjet funzionâl impuartant dai neurons spielî al rivuarde la relazione fra lis lôr proprietâts visivis e motoriis. Virtualmentri ducj i neurons spielî a mostrin une congruence fra lis azions visivis che ju ativin e lis

azioni motorii che a controlin. In acuardi cul gjenar di congruence che i neurons a mostrin, i neurons spieli a son stâts classificâts in neurons “une vore congruents” e “pôc congruents” (Gallese et al. 1996). I neurons spieli indulà che lis azioni efetivis viodudis e chês efetivis eseguidis a corispuindin intal obietîf (par esempi il cjàpâ sù une robe) e inte modalitât di esecuzion dal obietîf (par esempi la precision de prese) a son stâts classificâts come “neurons une vore congruents”. Chescj a rapresentin un tierç dai neurons spieli inte aree cerebrâl F5. I neurons spieli che no àn dibisugne, par jessi ativâts, di viodi esatementri la stesse azione motorie che a controlin a nivel motori, a son stâts classificâts come “pôc congruents”. Chescj a rapresentin i doi tierçs dai neurons spieli inte aree cerebrâl F5.

Il sisteme dai neurons spieli intai umans. Fin cumò no son stâts registrâts neurons cu lis carateristicis dai neurons spieli intes areis dal lobi frontâl dal om. Cussì, intal om no vin ancjemò une evidence direte de esistence dai neurons spieli. Par altri a’nd è une vore di esperiencis che a provin, par vie indirete, la esistence dal sisteme dai neurons spieli ancje intai umans. Evidencis a vegnin fûr dai experiments di neurofisiologjie e des neuroimaging (Gastaut & Bert 1954; Cochin et al. 1998, 1999; Hari et al. 1998). Evidencis diretis che il sisteme motori intai umans al à proprietâts spieli a son stadis provadis cui studis di stimolazione magnetica transcranica (TMS). Fadiga et al. (1995) a à registrât potenziâi evocats motoris (MEPs), produsûts cu la stimolazione de scuarce motorie di çampe, che si riferivin ai muscui de man e dal braç di drete in volontaris che a vevin di cjalâ un sperimentadôr che al cjàpave sù dai ogjets (azioni manuâls transitivis) o che al produseve cul braç motos cence significât (moviments intransitîfs cul braç). Il ricognossiment di piçui lamps di lûs che a diminuivin la lôr intensitât e di ogjets in presentazion 3-D a jerin dopradis come situacions di control. I risultâts a àn mostrât che la osservazion di azioni, sedi transitivis che intransitivis, a produsevin une incressite dai MEPs registrâts a front da lis condizions di control. La incressite e interessave in maniere seletive i muscui che i partecipants a dopravin par produci i moviments osservâts.

La facilitazion dai MEPs dilunc de osservazion dai moviments e pues risultâ par vie di une facilitazion de scuarce motorie primarie che e je lea-

de a une ativitat speli intes areis premotoriis, o pûr di un input diret facilitatôr a lis stessis areis, o ancje a ducj doi i efjets. La ipotesis corticâl (viôt ancje plui sot i experiments di neuroimaging) e ven sostignude dai studis di Straffella & Paus (2000). Doprant une tecniche TMS a dople pulsazion, chescj autôrs a àn mostrât che la durade de inibizion ricorint intracorticâl, che e capite cuant che si cjale une azion, e e corispuint in maniere direte a chê che si à cuant che si eseguìs la stesse azion.

Une vore di studis cu lis neuroimaging a àn mostrât che il viodi azions realizadis di personis umanis al determine la ativazion di un complicât telâr di struturis gnervosis che a interessin lis areis visivis ocipitâls, temporâls e parietâls, e ancje dôs regjons corticâls che a son di fonde o in maniere predominant des struturis motoriis (Rizzolatti et al. 1996; Grafton et al. 1996; Grèzes et al. 2003; Iacoboni et al. 1999, 2001; Nishitani & Hari 2000, 2002; Buccino et al. 2001; Decety et al. 1997; Koski et al. 2002, 2003; Manthey et al. 2003). Chestis dôs ultimis struturis a fasin part dal lobi parietâl inferiôr e la porzion plui basse dal zîr precentrâl, insiemit cu la part plui posteriôr dal zîr frontâl inferiôr (IFG). Chestis regjons a formin il nucli dal sisteme dai neurons speli intal om.

Al è impuartant ricuardâ che la aree di Broca e je localizade inte porzion posteriôr dal IFG. Cussì, la sô ativazion cuant che un al cjale la azion di une man e puarte a pensâ che cheste regjon e sedi, tal om, la aree omologhe a F5. In cheste direzion a van ancje i lavôrs di citoarchitetoniche comparative di Petrides & Pandya (1997) che a àn dimostrât la pusibilitât di un paralelism fra la aree premotorie F5 intes simiis e la aree 44, evidenziade intai oms cui studis fMRI (Binkofsky et al. 1999). Studis che a àn mostrât dulà che la aree di Broca si ative cu la manipulazion di ogjets complicâts.

La comparazion fra il sisteme dai neurons speli intai oms e intes simiis e mostre des similitudins ma ancje des diferencis (Rizzolatti e Craighero 2004). Prime di dut intes simiis par che il sisteme si ativedi e covente la presince di un ogjet, invezit intal om il sisteme si ative ancje viodint la imitazion di une azion (Buccino et al. 2001; Grèzes et al. 2003). Secundariementri intal om il sisteme al rispuint ancje a moviments intransitîfs e cence significât (viôt Fadiga et al. 1995; Iacoboni et al. 1999). Tierç, la facilitazion motorie, determinade dal viodi une azion, e seguìs la temporizazion de azion osservade (Gangitano et al. 2001).

Chescj risultâts a mostrin che il sisteme dai neurons spieli intal om al è bon di codificâ, al di là dal obietîf di une azion, i moviments che a coventin par realizâ la azion stesse. Chest al è un prerequisît necessari par l'aprendiment che si fonde su la imitazion.

Motos cuintri suns. I neurons spieli a rapresentin lis basis gnervosis dal mecanisim che al prodûs un colegament fra cui che al mande e cui che al ricêf un messaç. Chest mecanisim, midiant de trasformazion de azion puartade indenant di un individui intune rapresentazion de stesse azion inte scuarce motorie di cui che al cjale, al determine un colegament diret, par nuie arbitrari fra doi individuis che a stan comunicant. Lis azions fatis di un altri individui a diventin messaçs che a son capîts di un osservatôr cence nissune mediazion cognitive. Su la base di cheste proprietât, Rizzolatti & Arbib 1998 a àn ipotizât che il sisteme dai neurons spieli al rapresenti il mecanisim neurofisiologjic a la fonde de evoluzion dal lengaç. La teorie di Rizzolatti e Arbib si ispirè a lis teoriis che a pensin che il lengaç si sedi svilupât de comunicazion gjestuâl e che i suns a sedin stâts integrâts dome a la fin; duncje cence un colegament obligatori cu lis vocalizacions intai nemâi (viôt Armstrong et al. 1995; Corballis 2002). La novitât di cheste teorie e rivuarde il mecanisim neurofisiologjic che al determine un colegament no arbitrari ma semantic fra doi individuis che a comunichin.

Il sisteme dai neurons spieli intes simiis al è costituît di neurons che a codifichin azions diretis su ogjets. Un prin probleme di une teorie de evoluzion dal lengaç che si fonde sui neurons spieli al rivuarde la spiegazion di cemût che un sisteme leât ai ogjets al devente un sisteme viert, bon di descrivi azions e ogjets cence riferîsi diretamenti a lôr. Probabilmente il salt fra un sisteme sierât e un sisteme di comunicazion spieli al è stât leât a la evoluzion de imitazion (viôt Arbib 2002). E ai cambiaments relatîfs dal sisteme uman dai neurons spieli: ven a stâi a la capacitât di rispuindi a lis pantuminis (Buccino et al. 2001; Grèzes et al. 2003) e a lis azions intransitivis (Fadiga et al. 1995; Maeda et al. 2002) che no si cjatin intes simiis.

La idee che lis azions comunicativis a derivin di azions diretis su ogjets no je gnove. Vygotsky (1934), par esempli, al à spiegât la evoluzion dai moviments di indicazion come tentatîfs dai frutins di grimpâ i ogjets.

Al è interessant viodi che, ancje se i neurons spieli intes simiis no si scjariin cuant che la bestie e cjale une azion che no je direte suntun ogjet, i neurons no rispuindin nancje cuant che un ogjet al è platât, ma la simie e sa che l'azion e à une finalitât (Kohler et al. 2002). Chest al significhe che distacâ lis relacions fra un efetôr e il so obietîf nol disturbe plui di tant la capacitât di capî il significât des azions. La precondition par capî l'azion di indicazion – la capacitât di rapresentâ l'obietîf di une azion – si cjate bielzà intes simiis.

Une ipotesis alternative, che si fonde sul fat che i umans a comunicchin doprant suns, e je chê che il lengaç si sedi disvilupât de comunicazion animâl basade su lis vocalizacions. A ogni mût, il lengaç uman e lis vocalizacions animâls a son doi fenomens une vore diferents. Lis vocalizacions des simiis a son controladis primariamentri de scuarce dal cingul e par mieç di struturis subcorticâls (viôt Jürgens 2002). Invezit lis struturis gnervosis dal lengaç a son localizadis su la superficie laterâl de scuarce dal çurviel. Secundariementri il lengaç nol è colegât diretomentri cu lis emozions, come che al è par lis vocalizacions intes bestiis. Tierce difference e je la presince di aspjets combinâts intal lengaç, che no si cjatin in chês altris formis di comunicazion animâl. Lis diferencis anatomichis fra il lengaç e chês altris formis di comunicazion animâl a costituissin une dificolât une vore grande pes teoriis che a cirin di derivâ il lengaç des vocalizacions dai nemâi. Cemût spiegâ che i centris dal lengaç dilunc de evoluzion a son saltâts di une bande a chê altre dal çurviel? O vin ancje une seconde fundamentâl obiezion a la teorie de evoluzion dal lengaç des vocalizacions: ven a stâi la relazion fra sun e significât. I suns no àn significât, duncje cemût isal pussibil che suns arbitraris a cjapin sù un significât? I difensôrs de teorie che il lengaç si à disvilupât des vocalizacions animâls a pensin che lis vocalizacions animâls a cjapedin sù progressivementri un significât referenziâl. In origjin a pensavin che lis vocalizacions a fossin in relazion cuntune emozion in generâl (par esempi la pôre), daspò a àn cirût di colegâ lis vocalizacions cu lis causis des emozions (par esempi un sarpint o une acuile). Cuintri di cheste impostazion o vin il fat che une proprietât fundamentâl dal lengaç e je chê di doprâ lis stessis peraulis in situacions emozionâls dal dut differentis. La peraula “fûc” no si associe dome cul messaç “scjampâ”, ma, in funzion dal contest, e pues jessi in relazion cuntun messaç positîf (come par esempi

“ven chi che il fûc par cusinâ al è pront”). Un lengaç che si fonde su la emotivitât nol pues acuardâsi, par principi, cun significâts di emozions che a son in oposizion.

Dai protosegns a la comunicazion vocâl. Dilunc vie de evoluzion il sisteme dai neurons spieli intai umans al à disvilupât la pussibilitât di codificâ pantuminis e azions intransitivis, e un vocabolari di protosegns (subitementi comprensibil pes sôs proprietâts intrinsichis). Al jere formât di segn che a describevin direzions e ogjets, e pantuminis di azions. I protosegns a jerin dispès compagnâts a suns. Chest fat al à prevignût la nassite di un lengaç dai segn, come chel doprât des comunitâts dai sorts, e al è stât la motivazion par il disvilup dal lengaç vocâl.

La comunicazion protosegniche e je stade progressivementri sostituide dal lengaç vocâl. Un interessant tentatîf di spiegâ cemût che al è succedût chest passaç al è stât proponût di Paget (1930). Secont lui, cuant che un individui al faseve motos, “la sô lenghe, i siei lavris, lis sôs masselis si adattavin in maniere incussiente ai moviments dai braçs e des mans”. E jere, duncje, une congruence fra lis azions des mans e i suns che a compagnavin i moviments de bocje. Cheste congruence e dave significât ai suns. Par chel che al rivuarde lis vocâls, Paget al à proponût che, in dutis lis lenghis, “A” (come in larc) si riferissi a ogni robe che e je largje, vierte, grande, invece “I” (come in mini) a cualchi robe che e je piçule o spiçade. Ancje lis consonants si riferissin a un simbolisim gjestuâl. “M”, par esempli, si riferìs a alc di continuementri sierât; “DR” si riferìs a alc che al côr o che al cjamine. Secont cheste teorie, la grant part des peraulis a son pantuminetis. Lis peraulis a son fatis sù “come i ideograms cinês, metint dongje elements indulà che ognidun al à un significât independent” (Paget 1930). Cheste modalitât di organizazion e spieghe la difoltât par scuvierzi il significât originâl dai suns intes peraulis. Cun di plui, viodût che cuasi ogni azion o idee e pues jessi une pantumine e ogni moto al pues jessi fat intune vore di manieris, ogni lenghe e je une vore diferente di chês altris.

Ancje se cetant speculative, la teorie di Paget nus da une pussibile clâf par capî cemût che un messaç intrinsichementri comprensibil (motos des mans) al è stât trasferît intun sisteme no trasparent (opac), come il sisteme oro-faringeâl, cence pierdi il so significât intrinsic (no-arbitrari).

Cheste teorie e je ancje in acuardi cuntune clare constatazion neurofisiologjiche: ven a stâi che i moviments de man/braç e dal sisteme fono-articolatori a àn un substrât neurologjic comun.

Studis resints a àn mostrât che chest mût di viodi al pues jessi vêr (viôt par une revision Rizzolatti & Craighero 2004). Fra ducj i experiments fats a son une vore interessants chei puartâts indenant di Gentilucci et al. (2001). Ai partecipants dal experiment ur vignivin presentâts doi ogjets 3-D, un larc, e chel altri piçul. Su la bande visibil dal ogjet a jerin scritis dôs letaris o une schirie di puntins neris. I partecipants a vevin di cjapâ in man i ogjets, e, in chês provis dulà che l'ogjet al veve lis letaris a vevin ancje di vierzi la bocje. Intant che a stavin fasint l'experiment e vignive misurade la cinematiche dai moviments da la man, dal braç e da la bocje. I risultâts a àn mostrât che, ancje se i partecipants a vevin l'ordin di tignî la bocje vierte a la stesse grandece, cuant che a cjapavin in man un ogjet larc la vierzidure dai lavris si modificave incussientementri in maniere sensibil. Intun altri experiment i partecipants a vevin di pronuciâ une silabe (par esempli GA). Al è stât osservât che la vierzidure dai lavris e incresseve cuant che i partecipants a cjapavin sù ogjets larcs. Cun di plui, la intensitât de vôs, associate a la emission de silabe e jere plui grande cuant che i partecipants a cjapavin sù i ogjets plui larcs. Chescj experiments a mostrin che i moviments dal sisteme oro-faringjeâl responsabii de produzion di silabis a son colegâts a specifics motos de man. Cualchi sun al è colegât (e al descrîf) ogjets larcs, invezit altris a son colegâts cun ogjets piçui.

A chest pont si pues tornâ a la teorie di Paget. Cuant che nô o mangjin, o movin la bocje intune maniere specifiche. Cheste schirie di moviments a constituissin une gjestualitât che e à un significât transparent par ogni osservatôr. Se, biel che o fasin chescj moviments o butin fûr aiar dai ingjâfs oro-faringjeâi, si produsin suns di cheste fate "*mniam-mniam*", une espression universâl e cognossude par dut (Paget 1930). Cussì il significât di une azion, capide par vie "naturâl", al ven trasferît a un sun. Se si è dacuardi cun cheste teorie, il scjalìn che al ven subit daspò inte acuiszion dal lengaç al à ce fâ cu la gjenerazion di suns di azions (come "*mniam-mniam*") cence produci chestis azions. Par analogjie cui neurons spielî des azions, chest scjalìn evolutîf al scugne vê compagnât il disvilup di neurons che a controlin lis azions oro-faringjeâls pe produzion dai suns e al à di jessi jentrât in rivoc di rispueste ai stes suns.

Nol è tant che chest pronostic al è stât confermât. Fadiga et al. (2002) a àn regjistrât i potenziâi motoris evocâts dai muscui de lenghe, in volontaris che a vevin intal stes timp di scoltâ peraulis e stimuli no-verbâi. Intal mieç des peraulis a jerin stâts inserîts dai fonemis o une dople “f” o une dople “r” (un foneme che al ven produsût movint la lenghe). Biel che e vignive fate la presentazion ai volontaris e vignive ancje stimolade magneticementri la scuarce motorie di çampe. I risultâts a àn mostrât che dome il sintî peraulis che a àn dentri une dople “r” al determine une significative incressite de grandece dai potenziâi regjistrâts a nivel dai muscui de lenghe, rispjet a lis peraulis che a àn dentri une dople “f”.

Cuale ise la reson funzionâl di chest mecanisim? Al podarès rapresentâ la base neuronâl de imitazion dai suns verbâi; al podarès jessi un mecanisim neurâl che al jentre inte percezion dai suns (Lieberman & Mattingly 1985); o ancje vê une sô impuartance inte semantiche.

Come che o vin bielzà dit, il sisteme di comunicazion dai primâts in origjin al jere fondât sui motos. Il disvilup di neurons che si ativavin, sedi cu la produzion di espressions verbâls sedi cu la percezion dai stes stimuli verbâi, al à gambiât il senari. Viodût che chescj gnûfs neurons (par esempli chei ativâts dai suns “*mniam-mniam*”), a son colegâts (par vie de lôr origjin) cun i neurons spieli che a codifichin lis azions colegadis (par esempli cul mangjâ) cuant che lôr si ativin no intindin dome il sun de peraula ma ancje il so significât.

In altris peraulis, a un ciert stadi de evoluzion la ativitat di chescj “neurons spieli ripetitôrs” e je sufficient par rapresentâ il contignût semantic dai neurons spieli colegâts fra di lôr midiant lôr stes. La lôr ativazion e rapresente, ancje se indiretamentri, une azion (*secont ordin di rapresentazion di une azion*). Chest secont ordin di rapresentazion al à un clâr vantaç sul prin ordin di rapresentazion. Par esempli al pues creâ gnovis associazions fra lis peraulis (basantsi su lis probabilitâts di frequence des peraulis pluitost che su la frequence des azions) e al da, in cheste maniere, plui grandis pussibilitâts comunicativis ai individuis che a àn a disposizion chest sisteme.

Cheste propueste di evoluzion dal lengaç no cjape in considerazion il probleme de evoluzion de gramatiche. Ven a stâi che une miôr comprension dal sisteme semantic e pues, tal avignî, sclarî ancje chest fondamentâl aspjet dal lengaç.

