

Università degli Studi di Milano

Lingua e cervello

Evidenza neurologica per la grammatica universale

Sandro Zucchi

2022-2023

L'argomento della lezione

- ▶ In questa lezione, esamineremo delle evidenze ulteriori a favore della tesi che esistono conoscenze linguistiche innate.
- ▶ L'evidenza che presenterò è di tipo diverso dall'evidenza che abbiamo visto fino a questo punto, perchè proviene dalle *neuroscienze*, dallo studio del cervello.
- ▶ La lezione si basa sul capitolo 2 del libro di A. Moro *I confini di Babele*.

La localizzazione cerebrale delle funzioni cognitive

afasia di Broca

- ▶ Lo studio della localizzazione cerebrale delle funzioni cognitive era iniziato nella seconda metà dell'800.
- ▶ Il chirurgo francese Pierre Paul Broca aveva eseguito l'autopsia su pazienti che erano affetti da una forma particolare di afasia, che li rendeva incapaci di produrre frasi grammaticali del francese, ma manteneva intatta la capacità di comprensione.
- ▶ Eseguendo l'autopsia su questi pazienti, Broca si era accorto che avevano tutti una certa area dell'emisfero sinistro del cervello danneggiata, mentre i pazienti che avevano l'area corrispondente nell'emisfero destro danneggiata generalmente non erano affetti da questa forma di afasia.
- ▶ Questo tipo di afasia viene chiamata oggi *afasia di Broca* o *agrammatismo*, e l'area dell'emisfero sinistro danneggiata nei pazienti con questo tipo di afasia viene chiamata *area di Broca*.

La localizzazione cerebrale delle funzioni cognitive

afasia di Wernicke

- ▶ Sempre nell'800, un altro medico tedesco, Karl Wernicke, aveva studiato una forma diversa di afasia.
- ▶ I pazienti affetti dalla forma di afasia studiata da Wernicke sono molto fluenti in produzione, ma, a differenza degli afasici di Broca, dicono delle cose senza senso.
- ▶ Eseguendo in seguito l'autopsia su questi pazienti, Wernicke si era accorto che essi avevano un'altra area dell'emisfero sinistro del cervello danneggiata, un'area contigua all'area di Broca, e che i pazienti che avevano l'area corrispondente del lato destro del cervello danneggiata generalmente non esibivano questo tipo di afasia.
- ▶ L'area danneggiata nei pazienti con questo tipo di afasia, l'*afasia di Wernicke*, viene chiamata oggi *area di Wernicke*.

Coinvolgimento preferenziale

- ▶ Queste scoperte condussero a formulare l'ipotesi che le funzioni linguistiche fossero localizzate nell'emisfero sinistro del cervello.
- ▶ Oggi sappiamo che quest'ipotesi, intesa letteralmente, è falsa, in quanto sappiamo che anche l'emisfero destro del cervello è in qualche misura coinvolto nell'esecuzione dei compiti linguistici.
- ▶ Come osserva Moro nel libro *I confini di Babele*, quando oggi si parla di localizzazione cerebrale delle funzioni cognitive quando si dice che una certa funzione cognitiva è localizzata in una certa area del cervello, quello che si intende propriamente è che quest'area è **coinvolta preferenzialmente** quando viene esercitata quella funzione.

Tecniche di neuroimmagine

- ▶ Nell'800, come abbiamo visto, lo studio della localizzazione cerebrale delle funzioni cognitive dipendeva dalla disponibilità di pazienti con danni cerebrali e dalla possibilità di eseguire l'autopsia su questi pazienti.
- ▶ Oggi abbiamo delle tecniche diverse per studiare la localizzazione cerebrale delle funzioni cognitive, abbiamo cioè delle tecniche di *neuroimmagine*: la risonanza magnetica e la PET.
- ▶ Attraverso queste tecniche è possibile misurare l'afflusso di sangue in certe aree del cervello quando un soggetto esegue determinati compiti.
- ▶ L'idea è che, se in una certa area del cervello c'è un afflusso maggiore di sangue quando un soggetto esegue un certo compito, questo indica che quell'area è (preferenzialmente) coinvolta nell'esecuzione di quel compito.

Un problema

- ▶ Naturalmente, c'è un problema: quando un soggetto esegue un compito, di solito ne esegue tanti altri nello stesso tempo, quindi la corteccia cerebrale è sempre attivata per l'esecuzione di tanti compiti diversi.
- ▶ Per esempio se tamburello le dita, nello stesso tempo sto sentendo dei rumori, sto guardando qualcosa, sto pensando a qualcosa, e quindi sto eseguendo tanti compiti diversi.
- ▶ Ma allora come si fa a determinare qual è l'area del cervello coinvolta quando si esegue un determinato compito? Come si fa a sapere qual è l'area del cervello coinvolta nell'esecuzione del compito di tamburellare le dita?

Il metodo sottrattivo

- ▶ Il metodo che si usa per determinare quale area del cervello è coinvolta in un dato compito prende il nome di *metodo sottrattivo*.
- ▶ In cosa consiste? Vediamo un esempio di come funziona

Tamburellare le dita

- ▶ Si chiede al soggetto di eseguire un certo compito, per esempio tamburellare le dita, e si fa una prima misurazione dell'afflusso di sangue attraverso la PET o la risonanza magnetica, poi si prende una seconda misurazione con il soggetto che si trova esattamente nella stessa situazione della prima misurazione, eccetto per il fatto che non sta tamburellando le dita.
- ▶ Abbiamo dunque due misurazioni: una durante la quale il soggetto tamburella le dita ed esegue altri compiti nello stesso tempo e un'altra misurazione durante la quale il soggetto esegue questi stessi compiti, ma non tamburella le dita.
- ▶ A questo punto, si sottraggono punto su punto i valori del flusso di sangue della seconda misurazione ai valori che abbiamo ottenuto con la prima misurazione.
- ▶ Per i compiti diversi da tamburellare le dita, i valori saranno gli stessi nella prima e nella seconda misurazione, perché il soggetto ha eseguito questi compiti durante entrambe le misurazioni, dunque il risultato della sottrazione sarà zero. Quella che viene lasciata in evidenza è l'area del cervello in cui i valori non sono gli stessi e questa è la parte del cervello che è coinvolta nel compito di tamburellare le dita.

Livello di padronanza

- ▶ Attraverso queste tecniche si è notato inoltre che all'aumentare della accuratezza nell'esecuzione di un certo compito, via via che i soggetti padroneggiano meglio questo compito, aumenta l'affluenza di sangue nel cervello.
- ▶ Quando passiamo ad eseguire un altro compito, l'affluenza di sangue nel cervello nell'area attivata dal primo compito diminuisce progressivamente.
- ▶ Questo sarà importante per un esperimento che vedremo più avanti. Quello che va tenuto presente dunque è che il livello di padronanza nell'esecuzione di un compito è correlato al livello del flusso sanguigno nell'area coinvolta nell'esecuzione di quel compito.

Gli esperimenti di Moro

- ▶ Passiamo ora a descrivere due esperimenti che sono stati condotti da Moro e dal suo gruppo.

Riconoscimento degli errori

- ▶ I parlanti di una lingua sono in grado di riconoscere che certe sequenze di suoni sono frasi della lingua e altre no.
- ▶ Per esempio, i parlanti dell'italiano sono in grado di riconoscere che (1) è una frase dell'italiano, e che invece (2)-(5) sono anomale:
 - (1) Il gatto dorme.
 - (2) Gatto il dorme.
 - (3) Il gatto dormono.
 - (4) Il ngto dorme.
 - (5) Il gatto è dispari.

Conoscenza di regole

- ▶ I parlanti di una lingua sono in grado di fare queste distinzioni anche per frasi che non hanno mai visto prima.
- ▶ Per esempio, è improbabile che abbiate mai sentito la frase (6), eppure siete in grado di riconoscere che (6) è una frase dell'italiano, e che invece (7)-(10) sono anomale:

(6) L'elefante albino sta giocando con una palla.

(7) Elefante il albino sta giocando con una palla.

(8) L'elefante albino stanno giocando con una palla.

(9) L'elfnte albinò sta giocando con una palla.

(10) L'elefante albino è dispari.

- ▶ Questo fatto indica che la capacità di riconoscimento dei parlanti non dipende dal fatto che hanno memorizzato un elenco di frasi, ma dal fatto che *conoscono delle regole* che li mettono in grado di fare queste distinzioni.

Tipi di errori

- ▶ Ora notate che, benché (2)-(5), a differenza di (1), siano tutte anomale, lo sono per ragioni diverse.

(2) Gatto il dorme.

(3) Il gatto dormono.

(4) Il ngto dorme.

(5) Il gatto è dispari.

Errori sintattici

- ▶ La sequenza (2) è anomala perché le regole che determinano l'ordine delle parole nelle frasi dell'italiano, ovvero le *regole sintattiche* dell'italiano, non permettono all'articolo di seguire il nome:

(2) Gatto il dorme.

Errori morfosintattici

- ▶ La sequenza (3) è anomala perché le regole dell'italiano che governano la scelta delle desinenze delle parole in funzione della struttura sintattica, ovvero le *regole morfosintattiche* dell'italiano, richiedono che un verbo plurale si accordi con un soggetto plurale (ma il soggetto "gatto" in (3) è singolare):

(3) Il gatto dormono.

Errori fonologici

- ▶ La sequenza (4) è anomala perché le regole dell'italiano che governano la combinazione dei suoni, ovvero le *regole fonologiche* dell'italiano, escludono combinazioni di consonanti come "ngt":

(4) Il ngto dorme.

Errori semantici

- ▶ Infine, la sequenza (5) è anomala perché le regole dell'italiano che governano il significato, ovvero le *regole semantiche* dell'italiano, determinano che "gatto" si riferisce a un felino domestico e che "dispari" si riferisce alla proprietà di essere un numero che non è multiplo di due, di conseguenza (5) è senza senso, perché la proprietà di essere un numero che non è multiplo di due non può applicarsi al gatto:

(5) Il gatto è dispari.

Autonomia della sintassi

- ▶ Una tesi sostenuta da Chomsky fin dal 1957, nel libro *Syntactic structures*, è che *la sintassi è autonoma*. Cosa significa?
- ▶ La formulazione che dà Moro di questa tesi è che le regole sintattiche non sono totalmente riducibili a regole semantiche o a regole della grammatica di altro tipo.

Un argomento per l'autonomia della sintassi

- ▶ Un argomento a favore della tesi che la sintassi è autonoma dalla semantica si basa sul contrasto tra (5) e (11):

(5) Il gatto è dispari.

(11) Gatto il è dispari.

- ▶ Sia (5) sia (11) sono anomale, ma qualsiasi parlante dell'italiano percepisce una differenza tra (5) e (11).
- ▶ Se le regole sintattiche dell'italiano fossero riducibili a regole semantiche, la differenza tra (5) e (11) dovrebbe avere una spiegazione semantica.
- ▶ In realtà, questa differenza non dipende da ragioni semantiche, ovvero da ragioni che hanno a che fare con il significato, in quanto (5) e (11) sono entrambe senza senso.
- ▶ Dunque, le regole sintattiche dell'italiano non sono riducibili a regole semantiche.

Idee incolori

- ▶ In *Syntactic structures*, Chomsky aveva formulato un argomento simile basato sull'inglese, osservando che non c'è alcuna ragione semantica per preferire (12) a (13). La differenza tra (12) a (13) dipende dal fatto che (12), al contrario di (13), è una sequenza sintatticamente ben formata in inglese:

(12) Colorless green ideas sleep furiously.

(13) Furiously sleep ideas green colorless.

Il primo esperimento

- ▶ Il primo esperimento condotto da Moro e dal suo gruppo, i cui risultati sono stati pubblicati in un saggio del 2001, ha lo scopo di indagare quali parti del cervello sono attivate dall'applicazione delle regole sintattiche.
- ▶ Se, quando un parlante applica delle regole sintattiche, si attivano aree del cervello diverse da quelle che si attivano quando il parlante applica delle regole di altro tipo, questo suggerisce che la sintassi è autonoma.
- ▶ Vediamo in dettaglio in cosa consiste questo esperimento e quali sono i risultati.

Un problema

- ▶ Un problema che sorge, nel cercare di scoprire quali sono le aree cerebrali attivate dall'elaborazione sintattica, è che normalmente i soggetti che eseguono un compito di tipo linguistico eseguono contemporaneamente delle elaborazioni sintattiche, fonologiche, morfo-sintattiche e semantiche.

Un'illustrazione del problema

- ▶ Per esempio supponiamo di presentare la frase (1) a un parlante italiano:
 - (1) Il gatto dorme.
- ▶ Il parlante che processa questa frase esegue contemporaneamente diversi tipi di elaborazioni:
 - riconosce i suoni della frase, ovvero compie un'elaborazione di tipo fonologico,
 - riconosce che la combinazione delle parole è accettabile in italiano, ovvero compie un'elaborazione di tipo sintattico,
 - riconosce che il verbo si accorda con il soggetto, ovvero compie un'elaborazione di tipo morfo-sintattico,
 - e computa il significato della frase ovvero compie un'elaborazione di tipo semantico.
- ▶ Dunque, se facciamo una fotografia dell'attività cerebrale del parlante a cui viene presentata la frase (1), misurando il flusso di sangue nella corteccia, quello che vedremo saranno le aree attivate dall'esecuzione di tutti questi compiti insieme.

Ingannare il cervello con gli errori

- ▶ Come facciamo a capire quali sono in particolare le aree che si attivano come risultato di un'elaborazione sintattica?
- ▶ Il metodo escogitato dal gruppo di Moro consiste nel presentare ai soggetti delle frasi che contengono ciascuna un errore di tipo diverso (sintattico, fonologico, o morfosintattico).
- ▶ Se il riconoscimento degli errori sintattici attiva aree del cervello diverse da quelle attivate dal riconoscimento di altri errori, questo indica che il cervello umano ha delle aree *dedicate* all'elaborazione sintattica, e questo è evidenza a favore della tesi dell'autonomia della sintassi.
- ▶ Vediamo più in dettaglio come era congegnato l'esperimento.

Escludere la semantica

- ▶ In primo luogo, ai soggetti non sono state presentate delle frasi dell'italiano, ma delle pseudo-frasi che contenevano delle parole inventate, per esempio:
 - (14) Hanno disbato le artine
 - (15) Molte grapotte amionarono
 - (16) Il clannino sta batando
- ▶ In questo modo si evitava che il soggetto applicasse delle regole semantiche per computare i significati delle frasi, in quanto queste pseudo-frasi sono prive di significato.

Errori fonologici

- ▶ In secondo luogo, alcune delle pseudo-frasi contenevano degli errori.
- ▶ Alcune pseudo-frasi contenevano degli errori di tipo fonologico, per esempio contenevano delle sequenze di consonanti che non esistono in italiano:
 - (17) Nessun cribaso è **stgt**ato incenghito.
 - (18) Molti lugui sono stati det**vm**oggiati.
 - (19) Il sinciat**nr**aco accutrina.

Errori morfosintattici

- ▶ Altre pseudo-frasi contenevano degli errori di tipo morfosintattico, per esempio contenevano degli errori di accordo:
 - (20) Nessuna bogganta ave**vano** tacca**rati** ogni saffila.
 - (21) Molti migi sono state **sagotati**
 - (22) I giappenti **ha** taggalato le tospe.

Errori sintattici

- ▶ Infine, altre pseudo-frasi contenevano degli errori di tipo sintattico, che riguardavano l'ordine delle parole:

(23) Hanno disbate **artine le** con gli ziggoli.

(24) **Grapotte molte** amionarono.

(25) **Celuce delle** furono taffivate.

Il test

- ▶ Il primo compito dei soggetti era di leggere delle pseudo-frasi senza errori e di premere un pulsante quando avevano finito.
- ▶ Il secondo compito era di leggere delle pseudo-frasi che contenevano errori di tipi diversi, alternate a pseudo-frasi senza errori.
- ▶ Una volta letta la frase o identificato l'errore dovevano premere un pulsante.
- ▶ Mentre i soggetti eseguivano questi compiti, il flusso sanguigno cerebrale veniva misurato attraverso una PET.
- ▶ Sottraendo i valori ottenuti quando i soggetti leggevano una frase senza errori ai valori ottenuti quando i soggetti riconoscevano un tipo di errore era possibile identificare le aree attivate nel riconoscimento di un errore di quel tipo.

I risultati

- ▶ I risultati dell'esperimento sono i seguenti:
 - **il riconoscimento dell'errore sintattico non attiva una singola area del cervello, ma un insieme di aree**, che include la componente profonda (della parte triangolare) dell'area di Broca (area 45), il suo omologo nell'emisfero destro, il nucleo caudato di sinistra e il lobo dell'insula;
 - benché ci siano delle aree comuni che si attivano quando i soggetti riconoscono errori di tipi diversi, **l'insieme delle aree attivate dal riconoscimento degli errori sintattici non coincide con l'insieme delle aree attivate per altri tipi di errore.**
 - In particolare, il nucleo caudato di sinistra si attiva solo per gli errori di tipo sintattico. In altre parole, **il riconoscimento degli errori di tipo sintattico attiva una rete di neuroni diversa da quella che viene attivata per gli errori fonologici e morfosintattici.**

Discussione dei risultati

- ▶ Riassumendo, i risultati dell'esperimento indicano che
 - esiste una rete neuronale dedicata all'esecuzione dei compiti sintattici ovvero esistono delle aree del cervello che i parlanti usano preferenzialmente quando devono applicare delle regole sintattiche;
 - la rete neuronale attivata all'esecuzione dei compiti sintattici è diversa dalle reti attivate dall'applicazione delle regole morfosintattiche e dalle regole fonologiche;
 - la rete neuronale attivata dall'esecuzione dei compiti sintattici si attiva anche se il soggetto non sta computando il significato della frase.

Evidenza neurologica per l'autonomia della sintassi

- ▶ Se le regole della sintassi fossero riducibili a regole morfosintattiche o a regole fonologiche, non dovremmo aspettarci che esista una rete neuronale distinta per l'applicazione delle regole sintattiche.
- ▶ Inoltre, se le regole della sintassi fossero riducibili a regole semantiche, non dovremmo aspettarci che la rete neuronale attivata dall'applicazione delle regole sintattiche si attivi quando il soggetto non sta computando il significato della frase.
- ▶ In questo senso, i risultati dell'esperimento sono un'evidenza indipendente di tipo neurologico a favore della tesi dell'autonomia della sintassi.

Il posto della semantica nel cervello

- ▶ L'esperimento indica che la rete neuronale attivata dal riconoscimento dell'errore sintattico è attivata indipendentemente dalla computazione del significato della frase.
- ▶ Tuttavia, l'esperimento non ci dice nulla sulle aree attivate dall'elaborazione semantica, in quanto è progettato per escludere che il soggetto stia computando il significato della frase.
- ▶ Studi indipendenti indicano tuttavia che la rete neuronale attivata quando viene computato il significato delle parole è distinta da quella rilevata nell'esperimento del gruppo di Moro per la sintassi (vedi Gabrieli et al. 1998).

Il secondo esperimento

- ▶ Passiamo al secondo esperimento condotto dal gruppo di Moro.
- ▶ I risultati di questo secondo esperimento sono stati pubblicati nel 2003.
- ▶ Questi risultati suggeriscono che l'area di Broca si attiva quando vengono applicate delle regole sintattiche che ubbidiscono al principio di dipendenza dalla struttura, mentre non si attiva (più precisamente, tende a disimpegnarsi) quando vengono applicate delle regole che violano questo principio.

Il principio di dipendenza dalla struttura

- ▶ Torniamo al principio di dipendenza dalla struttura, che secondo Chomsky caratterizza le regole (sintattiche) delle lingue naturali umane.
- ▶ In base a questo principio, menzionato da Chomsky nella seconda delle *Managua Lectures*, le regole (sintattiche) delle lingue naturali umane non fanno riferimento semplicemente all'ordine lineare delle parole nella frase, ma fanno riferimento alla struttura gerarchica della frase.
- ▶ La formulazione che assume Moro è la seguente:

Principio di dipendenza dalla struttura

Nessuna regola sintattica può riferirsi al numero delle parole di una frase o alla posizione di una parola in una sequenza di parole.

Schematismo innato

- ▶ Una conseguenza del principio di dipendenza dalla struttura, regole come: “metti questa particella sulla seconda parola della frase” oppure “Muovi la prima occorrenza del verbo all’inizio della frase” non sono regole possibili delle lingue naturali umane.
- ▶ Secondo Chomsky, il principio di dipendenza dalla struttura è un principio che fa parte di quelle conoscenze linguistiche innate di cui gli esseri umani fanno uso quando apprendono una lingua.
- ▶ In questo senso, Chomsky (1971) parla di questo principio come di uno “**schematismo innato applicato dalla mente ai dati dell’esperienza**”.
- ▶ Una domanda naturale è dunque se esiste dell’evidenza neurologica a favore di questo principio. Lo scopo del secondo esperimento del gruppo di Moro è appunto quello di rispondere a questa domanda.

Preparazione dell’esperimento

- ▶ I soggetti dell’esperimento sono dei parlanti nativi adulti del tedesco.
- ▶ In primo luogo, questi parlanti hanno imparato una serie di parole dell’italiano e una serie di parole del giapponese.
- ▶ Il secondo passo è consistito nell’insegnargli un insieme di regole sintattiche dell’italiano e insieme di regole sintattiche del giapponese (vedremo tra poco perché oltre all’italiano è stato scelto il giapponese).
- ▶ I soggetti non sono stati esposti a dei dati dai quali hanno dovuto ricavare le regole, ma gli è stato detto quali sono le regole.

Regole possibili

- ▶ Per esempio, gli è stato insegnato che, a differenza del tedesco, il soggetto può rimanere inespresso in italiano: in italiano le frasi “io ho fame” e “ho fame” sono entrambe grammaticali, mentre in tedesco “ich bin hungrig” è grammaticale, ma “bin hungrig” non lo è.
- ▶ Gli è stato insegnato che in italiano l’ordine lineare del soggetto, del verbo, e dell’oggetto nella frase dipendente coincide con l’ordine del soggetto, del verbo, e dell’oggetto nella frase principale, come mostra la frase “Leo dice che sua moglie mangia la pera.” In tedesco non è così: il verbo della frase subordinata va in fondo: “Leo sagt, dass seine Frau die Birne isst.”
- ▶ Queste sono regole effettive della sintassi dell’italiano e sono regole possibili dal punto di vista del principio di dipendenza della struttura, in quanto non fanno riferimento semplicemente all’ordine delle parole nella frase.

Fare chiarezza

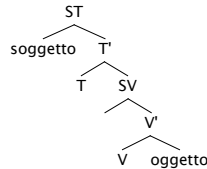
- ▶ Bisogna essere molto chiari su cosa vuol dire “regola dipendente dalla struttura”.
- ▶ Consideriamo la regola dell’italiano per le frasi subordinate. Una conseguenza di questa regola è che l’ordine lineare delle parole in (26) è accettabile in italiano:
(26) Leo dice che sua moglie mangia la pera.
- ▶ Ma allora, ci si potrebbe chiedere, perché questa regola obbedisce al principio di dipendenza della struttura?

Regole dipendenti dalla struttura

- ▶ Per rispondere a questa domanda, è importante notare che la regola per le frasi subordinate non fa riferimento all'ordine lineare delle *parole* nella frase subordinata, ma all'ordine lineare di *soggetto, verbo e oggetto*.
- ▶ Soggetto e oggetto non corrispondono necessariamente a una singola parola, come si vede in (26):

(26) Leo dice che sua moglie mangia la pera.

- ▶ **Nozioni come soggetto e oggetto fanno riferimento a posizioni gerarchiche nella struttura sintattica.** Il soggetto è il sintagma che occupa la posizione di specificatore della frase (ST), e il verbo e l'oggetto occupano rispettivamente la posizione di testa e di complemento del sintagma verbale:



Regole dipendenti dalla struttura

- ▶ Dunque, strettamente parlando, la regola *non* fa riferimento all'ordine lineare delle parole nella frase, anche se ha come conseguenza che l'ordine delle parole in (26) è accettabile.
- ▶ Nozioni come soggetto, oggetto, frase subordinata, a cui la regola fa riferimento, sono definite in termini strutturali. Per questa ragione, la regola di formazione della frase subordinata in italiano è *dipendente dalla struttura*.

Regole impossibili

- ▶ Oltre ad insegnare ai parlanti tedeschi delle regole dell'italiano e del giapponese, gli sperimentatori gli hanno insegnato delle regole che in realtà non erano davvero regole di queste lingue, ma erano regole inventate.
- ▶ In particolare, gli hanno insegnato delle regole impossibili in virtù del principio di dipendenza dalla struttura. Per esempio, gli hanno insegnato che l'italiano ha una regola per formare le frasi negative secondo la quale la parola "no" viene messa al quarto posto nella frase.
- ▶ Secondo questa regola, se abbiamo una frase come "Leo mangia una mela", per formare la frase negativa corrispondente dobbiamo dire in italiano "Leo mangia una no mela". Chiaramente, il principio di dipendenza della struttura è incompatibile con una regola numerica di questo tipo.

Perché il giapponese

- ▶ Ora possiamo spiegare perché in questo esperimento è stato usato il giapponese oltre all'italiano.
- ▶ L'italiano, al pari del tedesco, è una lingua indoeuropea. Forse i parlanti tedeschi, sapendo che l'italiano è una lingua per certi versi simile al tedesco, si aspettano che l'italiano non abbia regole di questo tipo per formare le frasi negative.
- ▶ Per evitare che queste aspettative interferissero con i risultati dell'esperimento, si è scelto dunque di usare anche una lingua non imparentata con il tedesco, e cioè il giapponese.
- ▶ Ai soggetti sono state insegnate delle regole sintattiche del giapponese e poi delle regole inventate che di nuovo erano regole impossibili per il principio di dipendenza dalla struttura, dicendogli che erano regole del giapponese.

Il test

- ▶ A questo punto ai soggetti è stato somministrato un test: gli sono state mostrate delle sequenze di parole italiane e delle sequenze di parole giapponesi, sequenze che non avevano mai visto prima, e gli è stato chiesto di dare un giudizio di accettabilità.
- ▶ Vale a dire, gli è stato chiesto se queste sequenze obbedivano alle regole che gli erano state insegnate.

I risultati

- ▶ I risultati dell'esperimento i risultati sono i seguenti. I soggetti sono riusciti a imparare sia le regole possibili sia le regole impossibili.
- ▶ Inizialmente, i giudizi di accettabilità basati su entrambi i tipi di regole usati hanno attivato l'area di Broca in egual misura. Benché soggetti fossero più veloci quando dovevano applicare delle regole possibili, l'area di Broca si attivava in egual misura sia quando i soggetti applicavano delle regole possibili sia quando applicavano delle regole che violano il principio di dipendenza della struttura.
- ▶ Tuttavia, man mano che il test procedeva, l'attivazione dell'area di Broca cresceva progressivamente per le regole possibili e diminuiva progressivamente per le regole impossibili.

L'interpretazione dei risultati

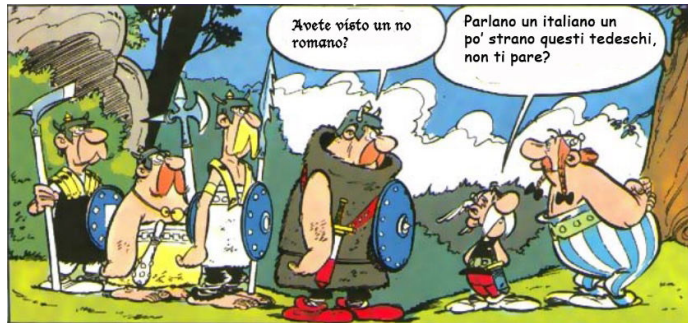
- ▶ L'interpretazione di questi dati proposta da Moro e dal suo gruppo è la seguente.
- ▶ La ragione per cui Inizialmente l'area di Broca si attiva per entrambi i tipi di regole è che l'area di Broca, come abbiamo già visto nel primo esperimento, si attiva per compiti di riconoscimento sintattico e i soggetti pensano di essere sottoposti a compiti di questo tipo.
- ▶ Tuttavia, man mano che i soggetti padroneggiano maggiormente le regole, diventa chiaro che le regole impossibili violano il principio di dipendenza dalla struttura e dunque l'area di Broca si disimpegna progressivamente quando sono coinvolte queste regole.

Una conseguenza

- ▶ Se questa interpretazione è corretta, l'esperimento suggerisce che **la distinzione tra regole dipendenti dalla struttura e regole che violano il principio di dipendenza della struttura è una distinzione codificata nell'architettura del nostro cervello:** l'area di Broca, predisposta ad eseguire i compiti sintattici, è *riservata* alle regole che rispettano il principio di dipendenza dalla struttura.
- ▶ Data l'assunzione plausibile che la struttura del nostro cervello sia geneticamente determinata, questo suggerisce che il principio di dipendenza dalla struttura sia geneticamente codificato negli esseri umani.

Una questione aperta

- ▶ Nel saggio del 2003, non si fa menzione di cosa ne è stato dei soggetti tedeschi che hanno partecipato all'esperimento.
- ▶ Non si riportano casi di turisti tedeschi che si aggirano per la Riviera proferendo frasi negative con una sintassi bizzarra.



Riferimenti

- ▶ Chomsky N. (1957) *Syntactic Structures*, The Hague, Mouton.
- ▶ Chomsky N. (1971) *Problems of Knowledge and Freedom*. New York, Pantheon Books.
- ▶ Chomsky N. (1988) *Language and Problems of Knowledge. The Managua Lectures*. New York, Pantheon Books.
- ▶ Moro A. (2006) *I confini di Babele. Il cervello e il mistero delle lingue impossibili*. Milano, Longanesi.
- ▶ Moro A., Tettamanti M., Perani, D. Donati, C. Cappa S. C., Fazio F. (2001) "Syntax and the Brain: Disentangling Grammar by Selective Anomalies", *NeuroImage*, 13, January 2001, Academic Press, Chicago, pp. 110-118.
- ▶ Musso M., Moro A., Glauche V., Rijntjes M., Reichenbach J., Büchel C., Weiller C. (2003) "Broca's Area and the Language Instinct", *Nature Neuroscience*. vol. 6, pp. 774-781.