

Correlazioni tra prensione degli alimenti, arterie dell'arco aortico e i centri del linguaggio umano.

Giuseppe C. Budetta

Un importante aspetto circa l'avvento e l'evoluzione dell'eloquio umano è che i principali centri nervosi, preposti alla prensione degli alimenti con gli arti superiori (in particolare con la mano destra), coinvolgono il linguaggio umano. La prensione degli alimenti con gli arti superiori accentuò alcune caratteristiche vascolari dell'arco aortico, peculiari della specie umana. Qui un sintetico elenco delle strutture nervose in comune con l'eloquio umano e con la prensione degli alimenti.

1. Nei destrimani l'abilità nei movimenti bilaterali delle mani coinvolge il circuito *putamen* sinistro e l'area motoria supplementare sinistra (SMA). Al contrario, l'inibizione di programmi motori avviene tramite il circuito caudato destro, immagazzinati nell'area motoria supplementare destra.
2. Disordini dei circuiti motori a livello dei gangli basali e della connettività talamo – corticale, con interposizione del *putamen*, sarebbero la causa dello *stuttering* (balbettare). Ci sarebbero aspetti simili tra lo *stuttering* e la *distonia* con possibile coinvolgimento di un unico neurotrasmettitore, rappresentato in questo caso dalla dopamina.
3. Il *putamen* è associato all'apprendimento per rinforzo e al controllo motorio, compresa l'articolazione del linguaggio. Studi recenti hanno dimostrato il coinvolgimento del *putamen* sinistro in altre funzioni linguistiche come l'elaborazione del linguaggio bilingue (Abutalebi et al. 2012). Un ulteriore ruolo del *putamen* nel linguaggio implicherebbe l'identificazione della rete di co-attivazioni non solo del putamen sinistro, ma anche del destro, essendo l'emisfero destro coinvolto nelle funzioni linguistiche di ordine superiore.
4. In alcuni tipi di disturbi di eloquio, come le afasie sub corticali e le parafrasie, sono stati evidenziate lesioni ai gangli basali e a livello talamico. Queste ultime potrebbero incidere sull'efficienza della memoria verbale.
5. Le attivazioni grammaticale (GR) e sintattica (SP, spelling) – non agiscono in modo uniforme. C'è dissociazione circa il tempo di attivazione tra le varie regioni, durante le funzioni linguistiche. L'area di Broca di sinistra è attivata molto tempo prima dell'omologa di destra.
6. L'interazione stretta tra aree del linguaggio e aree motorie, in particolare quelle che regolano la prensione degli alimenti con gli arti superiori, è sintetizzata dal seguente schema: **Orecchio interno → Collicolo inferiore → Talamo → Corteccia uditiva → Wernicke → Broca → Corteccia premotoria → Corteccia motoria primaria.**
7. Nell'Uomo, la presa degli alimenti avviene in due fasi: **(a) raggiungere l'oggetto (reach) - (b) afferrare l'oggetto (grasp):** reach e grasp sono dirette da distinti percorsi visivo-motori. Per il reach (raggiungere) c'è la via nervosa dorso-mediale: lobulo parietale superiore, corteccia parieto-occipitale superiore, solco intraparietale mediale, precuneo anteriore, corteccia pre-motoria dorsale e corteccia motoria primaria (M1). **(b) Afferrare l'oggetto (grasp):** via nervosa dorsolaterale: solco intraparietale anteriore, corteccia premotoria ventrale, quindi M1 (corteccia motoria primaria), come per il reach.
8. C'è differenza nei centri nervosi a seconda se la prensione è effettuata con la mano destra, o con la sinistra. Nel caso in cui la prensione, per esempio degli alimenti, sia effettuata con la destra, le vie nervose coinvolte sono nella **corteccia cerebrale di sinistra, prospicienti all'area di Wernicke**, il vero centro del linguaggio, specifico per l'essere umano. La vicinanza coi centri motori del linguaggio ne avrebbe incrementato lo sviluppo, in particolare a livello del lobo cerebrale sinistro.
9. Dogil G. et al. (2002), affermano che i correlati neuro-anatomici del linguaggio coinvolgono numerose aree corticali: 1. Area motoria supplementare, 2. Corteccia motoria, 3. Cervelletto.

Il cervelletto è l'unico attivo nella pianificazione ed esecuzione di movimenti articolatori semplici. L'esecuzione di movimenti per la produzione di parole coinvolgerebbe l'insula, in assenza di alcuna pianificazione articolatoria.

C'è una tecnica appropriata per dirimere la dominanza emisferica del lobo encefalico, nella produzione di parole. Questa dominanza è correlata all'afflusso sanguigno e alle sue variazioni. Un anestetico come l'amytal sodico, iniettato nella carotide interna, agisce sul corrispondente emisfero ipsilaterale per breve tempo, mentre il controlaterale funziona normalmente. C'è afasia motoria che dura per più di un minuto primo, cioè il paziente non sa proseguire la conta. Se invece l'amytal è stato iniettato nell'emisfero non dominante (**il destro**), il disturbo della parola compare ugualmente, ma è fugacissimo. L'esperimento dimostra che nonostante l'esistenza del Poligono di Willis, l'anestetico dalla carotide interna di sinistra si diffonde direttamente nella cerebrale media omolaterale. Inoltre, impiegando questa tecnica con l'amytal sodico, si è rilevato effettivamente, nel 93% dei destrimani che l'emisfero dominante nell'emissione di parole e di frasi è il sinistro, il 6% ha meccanismi di linguaggio nell'emisfero destro e l'1% ha il coinvolgimento di entrambi gli emisferi cerebrali, nella produzione di parole. In questo 1% il linguaggio non è localizzato in un solo emisfero.

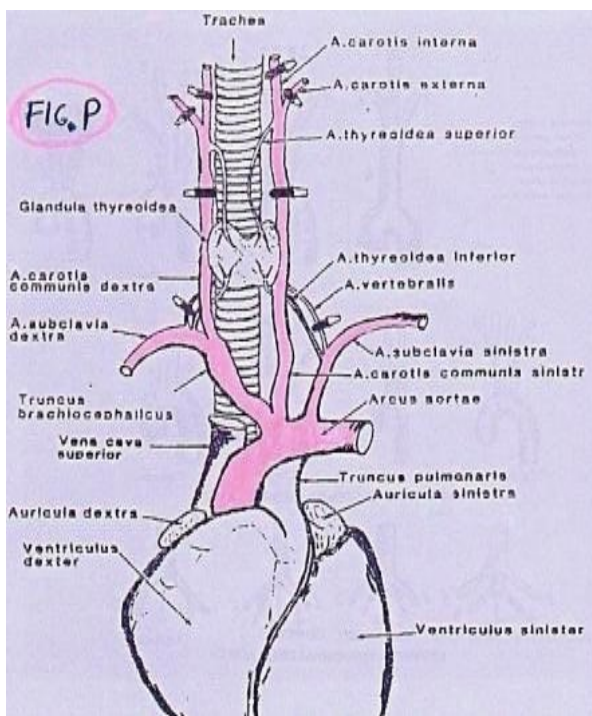
Nei mancini, le cose stanno in questo modo. La maggior parte di essi (70%) è fornito di dominanza sinistra. Solo il 17% ha l'emisfero destro dominante (nella produzione del linguaggio), ma nei rimanenti casi (13%) ambedue gli emisferi sono forniti di meccanismi della parola. Ciò non esclude un particolare: la vera area di Wernicke, tranne rare eccezioni, è sempre localizzata a sinistra. L'area di Broca invece, può trovarsi a destra nei mancini e a sinistra nei destrimani.

Nell'Uomo, la prensione degli alimenti, in prevalenza con l'arto superiore destro, ha di certo influito sull'origine del linguaggio, coinvolgendo la corteccia premotoria e motoria primaria. Per quanto riguarda l'accoppiamento tra risposta emodinamica e attività neuronale (**accoppiamento neurovascolare**), studi sperimentali evidenziano che la risposta emodinamica è correlata all'attività neuronale, in particolare al potenziale del campo locale (attività sinaptica) piuttosto che all'attività di picco, entro un certo intervallo di tempo. La risposta emodinamica tende ad essere più diffusa nello spazio e dura più a lungo nel tempo, rispetto all'attività neuronale. Sakai et al., (2001) suggeriscono che le attivazioni grammaticale (GR) e sintattica (SP, spelling) – non agiscono in modo uniforme. C'è chiara dissociazione circa il tempo di attivazione tra le varie regioni, durante le funzioni linguistiche. L'area di Broca di sinistra è attivata molto tempo prima dell'omologa a destra.

C'è una caratteristica vascolare cerebrale, esclusiva di *Homo Sapiens sapiens*. Nell'Uomo, l'arteria carotide comune di sinistra si stacca dall'arco aortico, separata dall'arteria anonima per circa 1,5 cm. La succlavia di sinistra si stacca anch'essa direttamente dall'arco aortico, subito dopo la carotide comune di sinistra. Nell'arco aortico, il complesso arteria carotide comune di sinistra-succlavia di sinistra è quindi ben separato e indipendente. Il flusso sanguigno, all'interno delle due arterie, prende vie diverse fin dalla loro origine. Invece il complesso succlavia di destra-carotide comune di destra ha un percorso unico per circa 25-30 mm all'interno della cavità toracica. Quest'arteria – a. brachiocefalica o anonima - è presente in quasi tutti i mammiferi, tranne i cetacei nei quali dall'arco aortico si originano direttamente le succlavie e le carotidi comuni. Però nei cetacei, le carotidi interne scompaiono presto e tra cuore e cervello si frappone la barriera di ben sette reti mirabili. Nell'Uomo, a livello dell'arteria brachiocefalica, il flusso sanguigno è caotico e risente delle variazioni di pressione della succlavia destra in conseguenza dei movimenti dell'arto superiore che irrorà. Le variazioni di flusso si ripercuotono nella carotide comune di destra. La velocità di flusso, a livello della cerebrale media di questo lato, è quindi solitamente inferiore a quella che si registra nel lato opposto. L'area destra dell'arco aortico – arteria anonima e i suoi due rami terminali, carotide comune e succlavia destra – è simile a quella presente in specie, come Carnivori e Maiale. **L'area sinistra dell'arco aortico, dove si staccano, in modo indipendente, succlavia e carotide comune di sinistra, è peculiare del genere Homo.** L'origine dunque dell'arteria carotide comune di sinistra è a circa 1,5 cm di distanza dalla controlaterale omonima. L'onda sistolica raggiunge la carotide comune di sinistra con qualche secondo di ritardo rispetto all'altra. Inoltre, se si tiene conto della lunghezza: tronco brachiocefalico comune + carotide comune di destra + distanza dalle valvole

semilunari aortiche, si vedrà che questa distanza è inferiore a: **lunghezza arteria carotide comune di sinistra + distanza dalle valvole semilunari aortiche**. Esistono quindi differenze di geometria che influiscono sull'emodinamica dei vasi e del flusso sanguigno sistemico, in particolare di quello cerebrale. Sul secondo distretto dell'arco aortico si fanno sentire maggiormente che sul primo le variazioni momentanee di flusso, collegate alle resistenze periferiche delle numerose arterie nel tratto discendente dell'aorta. Le due carotidi comuni, all'altezza della cartilagine tiroide, si dividono nei due rami terminali: carotide interna ed esterna. Mediamente, la carotide esterna di destra ha diametro leggermente maggiore dell'omologa. L'asimmetria geometrica dei vasi, a partire dai due distretti dell'arco aortico, si riflette sull'emodinamica cerebrale. Queste differenze sono rilevabili anche nei neonati (tra i due ed i cinque giorni). Non è un caso quindi che i maggiori centri del linguaggio, esclusivi della specie umana, sono localizzati nell'emisfero cerebrale di sinistra. Più precisamente, l'area di Wernicke sta sempre nell'emisfero cerebrale sinistra ed è esclusiva del genere umano. L'area di Broca, presente anche nelle scimmie, può trovarsi nell'Uomo sia a destra che a sinistra.

A differenza dell'Uomo, nella Scimmia, come la fig. P mostra, l'arteria carotide comune di sinistra non si origina direttamente dall'arco aortico, ma dalla brachiocefalica. La fig. P è stata presa da un lavoro di Tabucchi del 1995. All'interno dell'arteria brachiocefalica, c'è flusso caotico con conseguente perdita di energia cinetica del sangue. Come detto, solo nell'Uomo, l'arteria carotide comune di sinistra si origina dall'arco aortico. Mancando anastomosi tra le carotidi comuni, tra carotidi interne e tra le cerebrali medie, la diversità emodinamica persiste nei due emisferi cerebrali e si accompagna, verosimilmente con la differente concentrazione neuronale.



**CAROTIDE COMUNE DI SINISTRA
CON PRESSIONE E VELOCITA DI
FLUSSO ELEVATE.**



**EMISFERO SINISTRO CON PIU'
SOSTANZA GRIGIA A PARITA DI
MASSA CORPOREA.**

La prensione degli alimenti con gli arti superiori, ha favorito nell'Uomo e, in modalità meno accentuate, nella Scimmia, lo sviluppo cranico. L'andatura bipede sulla terra, tipica dell'Uomo, ha ridotto lo sviluppo degli arti superiori e le correlate masse muscolari, modificato l'articolazione atlanto-occipitale, modificato la clavicola, modificato l'articolazione scapolo omerale, sollevato la base cardiaca verso l'alto, avvicinandola a quella cranica, favorendo lo sviluppo volumetrico del

neurocranio. Infine come detto, solo nell'Uomo, l'arteria carotide comune di sinistra si stacca direttamente dall'arco aortico.

***Homo erectus* → andatura plantigrada → non arboricolo → sviluppo del cervello.**

***Scimpanzè* → andatura clinograda → quadrumane arboricolo → sviluppo del cervelletto.**

Semendeferi e Damasio (2000), effettuarono studi su crani di uomini moderni, di ominidi e scimmie con la MRI. Gli autori affermano che il **cervelletto** umano è più piccolo rispetto a quello delle grosse scimmie, avendo avuto un piccolo incremento volumetrico durante l'evoluzione. Ciò suggerisce che ci sia stato poco differenziamento cerebellare, tra Uomo e grosse scimmie. L'incremento cerebellare delle scimmie può rapportarsi al fatto che sono specie quadrumane, con vita arboricola. In particolare nell'Uomo, c'è la massima diversificazione funzionale dei due arti superiori, collegata a:

- **Numero delle dita.**
- **Pollice opponente.**
- **Radio-ulna separati.**

Solo nell'Uomo rispetto agli altri mammiferi, scimmie compreso, dall'arco aortico si originano tre vasi:

- **Succlavia di sinistra**
- **Carotide comune di sinistra.**
- **Tronco brachiocefalico comune (arteria anonima).**

Al contrario che nelle scimmie dunque, nell'Uomo succlavia di sinistra e carotide comune di sinistra non sono mai unite in unico tronco. Nell'Uomo, sembra esserci una relazione stretta tra prensione degli alimenti e linguaggio, essendo propinque le aree nervose per queste funzioni.

Linguaggio animale e Fascicolo arcuato. Il linguaggio animale non è paragonabile al linguaggio umano. Tra i primati, i cercopitechi verdi (*Chlorocebus pygerythrus*) producono tre distinti richiami di allarme in risposta alla presenza di serpenti, leopardi e aquile. Diverse specie di pappagalli imitano i suoni umani. Ad alcune grandi scimmie, è stato insegnato a fare gesti del linguaggio dei segni con le mani. Alcune specie di delfini sembrano avere una varietà di motivi sonori ripetitivi (clic), correlati alla caccia, o al raggruppamento sociale. Si tratta di forme di comunicazione animale simboliche: usare un suono per sostituire un oggetto o un'azione. Nel *linguaggio* animale, mancano prove di composizionalità, o forme di comunicazione davvero generative e creative in cui parlanti e ascoltatori si scambiano informazioni.

La comunicazione animale non umana è limitata ad atti strumentali, ripetitivi per uno scopo specifico, privi di qualsiasi struttura grammaticale formale e spesso spiegabili in termini di comportamenti evoluti cablati, o come semplice apprendimento associativo. La maggior parte del linguaggio dei segni delle scimmie, ad esempio, riguarda le richieste di cibo.

L'Arcuate Fasciculus (AF) è d'interesse interdisciplinare per la sua implicazione nel linguaggio. Le teorie sull'evoluzione del cervello del linguaggio si basano sulle differenze anatomiche di AF tra Homo e Primati. Il cambiamento di metodologie e nomenclature ha portato a risultati contrastanti per quanto riguarda **AF interspecie**. Gli attuali studi di trattografia riesaminano la morfologia del fascicolo arcuato, ma restano legati a precedenti ricerche anatomiche poco chiare e a limitazioni metodologiche. Nell'anatomia classica, il *fascicolo arcuato* s'inarca attorno alla scissura silviana per

collegare la regione chiave di produzione del linguaggio (area di Broca) nel lobo frontale, con la regione di comprensione del linguaggio (area di Wernicke) nel lobo temporale posteriore.

L'omologo anatomico di AF (che come si sa è materia bianca) per il linguaggio umano c'è nei primati non umani, dove il linguaggio è assente. Questo cruciale collegamento filogenetico dà una preziosa via per sondare le origini evolutive del linguaggio umano, confrontando il modo in cui l'AF differisce tra primati umani e non umani. Nell'ultimo decennio, il campo emergente della neuroimmagine dei primati non umani, o della risonanza magnetica per immagini (MRI) comparativa, ha consentito confronti anatomici e funzionali dettagliati dell'AF tra esseri umani e varie specie di primati non umani, trovando, tra l'altro, *un'assenza di lateralizzazione nell'AF della scimmia*. La visione attuale di AF ne descrive tre principali terminazioni:

1. *Un'espansione delle terminazioni frontali dell'AF nella corteccia frontale inferiore.*
2. *Un'espansione delle terminazioni temporali dell'AF oltre la corteccia temporale media.*
3. *Una maggiore espansione del Dorsal Language Pathway (che include l'AF), rispetto al Ventral Language Pathway.*

Bibliografia

ABUTALEBI J. et all.: *Bilingualism tunes the anterior cingulate cortex for conflict monitoring*. Cereb Cortex (New York, N.Y.: 1991) 22 (9): 2076 – 2086, (2012).

DOGIL G., Ackermann W, Grodd H, Haider H, Kamp H, Mayer J, Reicker A, Wildgruber D. : *The speaking brain : a tutorial introduction to fMRI experiments in the production of speech, prosody and syntax*. J Neurolin 15: 59-90, (2002).

DOMBROWSKI SM et all.: *Chronic hydrocephalus-induced hypoxia: increased expression of*

FERSTER C.S.: SKINNER B.F.: *Schedules of reinforcement*, New York, Appleton-Century-Crofts, (1957).

SAKAI K.L., Hashimoto R, Homae F.: *Sentence processing in the cerebral cortex*. Neurosci Res 39(1) : 1-10, (2001).

SEMENDEFERI K., DAMASIO H.: *the brain and its main anatomical subdivisions in living hominoids using magnetic resonance imaging*. J Human Evol 38(2): 317-332, (2000).

F I N E