

25. Novembre

L'apprendimento del linguaggio inizia già durante lo sviluppo fetale

Nel seme dell'albero c'è già l'ombra

I bambini nascono cittadini linguistici del mondo, possiedono capacità percettive e di apprendimento universali e ampie che consentono loro di iniziare ad apprendere qualsiasi lingua. Dopo diversi mesi di esperienza, il loro sistema linguistico si sintonizza sui modelli sonori della loro lingua madre.



Risultati recenti sulle capacità di percezione del linguaggio dei neonati suggeriscono che questa visione classica potrebbe dover essere modificata, poiché durante il periodo fetale sembrano imparare dalla loro esperienza prenatale con il linguaggio più di quanto si credesse in precedenza.

Un crescente numero di prove suggeriscono che i neonati hanno familiarità con la **prosodia delle lingue (modulazione della voce) ascoltate in utero** e discute le implicazioni di questo "avvio prosodico prenatale" per la successiva acquisizione del linguaggio.

Infatti, i neonati possiedono una vasta gamma di abilità universali e di ampio respiro, che consentono loro di percepire e discriminare contrasti linguistici che non si trovano nella loro futura lingua materna.

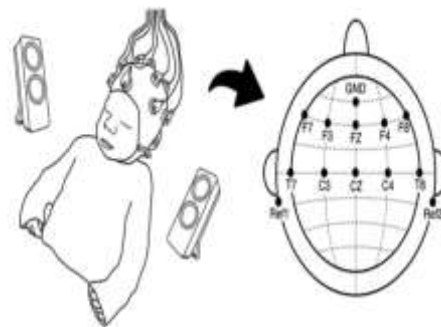
I neonati quindi preferiscono il linguaggio umano agli analoghi del linguaggio sinusoidale altrettanto complessi. Possono discriminare tra lingue non familiari se queste sono ritmicamente diverse. Possono anche rilevare i segnali acustici che segnalano i confini di parole e frasi e discriminare parole con diversi modelli di stress lessicale. I bambini molto piccoli possono anche discriminare quasi tutti i fonemi che compaiono nelle lingue del mondo.

Negli ultimi 5-10 anni, tuttavia, sono state raccolte prove che suggeriscono che i bambini potrebbero imparare dalla loro esperienza prenatale con il linguaggio più di quanto si credesse in precedenza. La capacità del feto di apprendere dall'esperienza linguistica è nota da tempo: i neonati riconoscono e preferiscono la voce della madre e generalmente la loro lingua madre
DeCasper AJ et al Human bonding: newborns prefer their mothers' voices. Science. 1980 Jun 6;208(4448):1174-6.

e il ritmo prodromico delle storie ascoltate frequentemente nel grembo materno
Moon C et al Language experienced in utero affects vowel perception after birth: a two-country study. Acta Paediatr. 2013 Feb;102(2):156-60.

I risultati più recenti implicano, tuttavia, che l'apprendimento prenatale va oltre queste preferenze generali. I bambini apprendono in modo specifico i modelli prosodici della loro lingua madre.

L'udito è operativo, anche se non come quello degli adulti, a *partire dalla 20a settimana* di gestazione. I feti incontrano quindi per la prima volta la parola nel grembo materno. Tuttavia, il segnale vocale nel grembo materno non è come il parlato trasmesso nell'aria. I tessuti materni attenuano e distorcono il segnale. Per ovvie ragioni mediche ed etiche, è impossibile ottenere registrazioni sonore reali nell'utero di donne incinte.



Un neonato, 20 ore dopo la nascita, prende parte alla procedura in cui l'udito dei suoni del parlato attraverso le cuffie è subordinato alla suzione del ciuccio.

Le prove sulle proprietà acustiche del parlato in utero provengono principalmente da modelli animali

Bootstrap prosodico del linguaggio dopo la nascita

Alla nascita, i bambini hanno già una conoscenza abbastanza specifica su alcuni dei modelli prosodici più generali della loro lingua madre a diversi livelli della gerarchia prosodica, dalle vocali/sillabe alle parole fino alle frasi più grandi. Questa conoscenza faciliterà il successivo sviluppo del linguaggio



Judit Gervain ed il suo team (Parigi-Padova) ha dimostrato che l'incontro dei neonati con il linguaggio nel grembo materno consiste in un segnale filtrato passa-basso impoverito che trasmette principalmente informazioni prosodiche.

(The role of prenatal experience in language development)

I bambini apprendono già i modelli prosodici della loro lingua madre in fase prenatale. Dopo la nascita, utilizzano questa conoscenza prosodica per discriminare la lingua madre dagli altri suoni presenti nel loro ambiente e per analizzare il flusso vocale continuo in unità linguisticamente rilevanti.

Ortiz Barajas MC, Guevara R, Gervain J. The origins and development of speech envelope tracking during the first months of life. Dev Cogn Neurosci. 2021 Apr;48:100915..

Abboub N, Nazzi T, Gervain J. Prosodic grouping at birth. Brain Lang. 2016 Nov;162:46-59.

Di fatto l'udito diventa operativo tra la **24a e la 28a settimana di gestazione**. L'ambiente intrauterino agisce come un filtro passa-basso, attenuando le frequenze superiori a 600 Hz
Abrams RM et al The acoustic environment and physiological responses of the fetus. J Perinatol. 2000 Dec;20(8 Pt 2):S31-6.

Di conseguenza, nel segnale vocale prenatale filtrato passa-basso i singoli suoni del parlato vengono soppressi, ma la prosodia, cioè la melodia e il ritmo del parlato, vengono preservati. I feti imparano già da questa esperienza prenatale. Dopo la nascita, quando i bambini vengono esposti al segnale vocale a banda intera, entro la fine del primo anno di vita si sintonizzano con i dettagli più fini dei modelli sonori della loro lingua madre

Werker JF, Tees RC. Phonemic and phonetic factors in adult cross-language speech perception. J Acoust Soc Am. 1984 Jun;75(6):1866-78.

Kuhl PK. Brain mechanisms in early language acquisition. Neuron. 2010 Sep 9;67(5):713-27.

I meccanismi neurali permettano al cervello in via di sviluppo di apprendere dall'esperienza linguistica rimangono, tuttavia, poco conosciuti.

Il team dell'Università di Padova (Benedetta Mariani, Giorgio Nicoletti, Giacomo Barzon) diretto da diretto da **Judith Gervain** ha pubblicato il 22 novembre su Science Advances il report

Mariani et al

Prenatal experience with language shapes the brain

SCIENCE ADVANCES 22 Nov 2023 Vol 9, Issue 47

In cui si sono domandati se la stimolazione attraverso il linguaggio possa **indurre cambiamenti dinamici** in grado di supportare l'apprendimento nell'attività cerebrale dei neonati, e se questa modulazione sia specifica per il linguaggio ascoltato prenatalmente.

In dettaglio: *stata misurata l'attività neurale dei neonati prenatalmente esposti al French (n = 49, età: 2,39 giorni; range da 1 a 5 giorni; 19 ragazze) utilizzando l'elettroencefalografia (EEG) su 10 siti di elettrodi frontali, temporali e centrali mentre i neonati erano a riposo in le loro culle ospedaliere Per prima cosa è stata misurata l'attività in stato di riposo per 3 minuti (silenzio 1).*

*Quindi, i bambini hanno ascoltato discorsi in tre lingue diverse: **francese, spagnolo e inglese** in blocchi di 7 minuti. Infine, l'attività in stato di riposo è stata misurata nuovamente per 3 minuti L'ordine delle lingue è stato pseudo-randomizzato e controilanciato tra i partecipanti in modo che 17 bambini ascoltassero il francese, 18 bambini ascoltassero l'inglese e 14 bambini sentissero lo spagnolo come ultimo blocco prima del silenzio .*

Oltre alla lingua ascoltata prenatale, il francese, abbiamo scelto lo spagnolo e L'inglese come lingue sconosciute per testare gli effetti dell'esperienza prenatale. Lo spagnolo è ritmicamente simile al francese, mentre l'inglese è diverso.

*Dal punto di vista comportamentale, i neonati possono discriminare ritmicamente lingue diverse, anche se non gli sono familiari, mentre non riescono a distinguere quelle ritmicamente simili Gli stimoli linguistici consistevano in registrazioni naturali di frasi equivalenti alla traduzione nelle tre lingue della storia per bambini **“Riccioli d'oro e i tre orsi”** registrate in un linguaggio lieve rivolto al bambino e abbinata per proprietà acustiche*

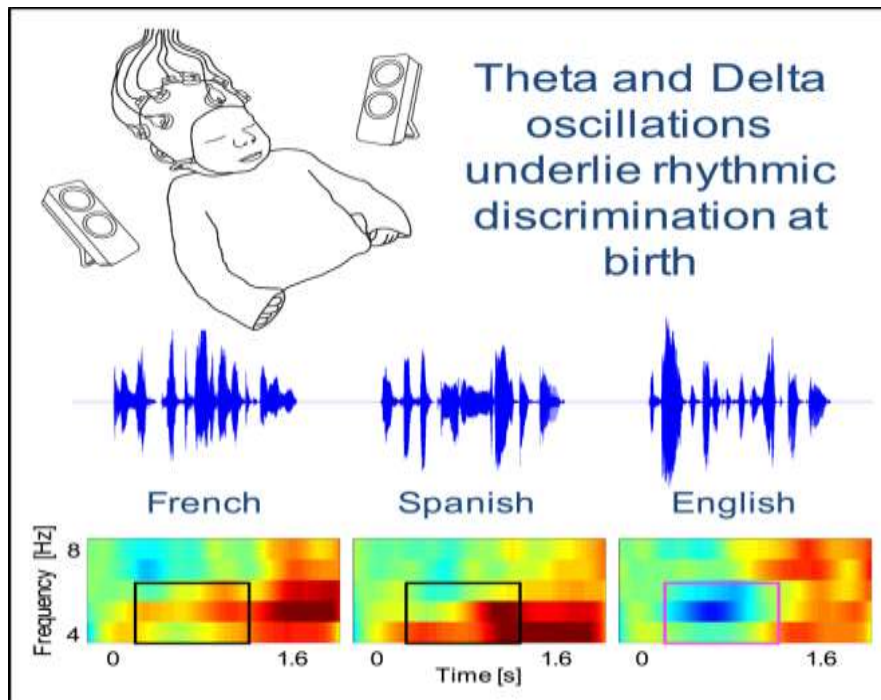
*Per valutare i cambiamenti nella dinamica neurale indotta dal linguaggio, abbiamo condotto due analisi: (i) analisi delle **fluttuazioni detrended (DFA)** e (ii) autocorrelazione tra le fluttuazioni dell'attività elettrofisiologica prima e dopo la stimolazione.*

DFA è un metodo affidabile per misurare l'autosimilarità statistica e la correlazione temporale dei dati delle serie temporali. Nello specifico, il DFA misura le proprietà di scala dei segnali temporali, quantificate dalla forza delle correlazioni temporali a lungo raggio (LRTC). **La forza di LRTC** è data dall'esponente di scala α , cioè l'esponente della relazione della legge di potenza tra le fluttuazioni medie del segnale e diverse scale temporali (dimensioni della vedova). **Il DFA** è stato applicato con successo per distinguere tra attività neurale sana e patologica e per identificare l'inizio del sonno

Complessivamente i risultati forniscono la prova più convincente fino ad oggi del fatto che l'esperienza linguistica modella già l'organizzazione funzionale del cervello infantile, anche prima della nascita.

L'esposizione al parlato porta a cambiamenti rapidi ma duraturi nella dinamica neurale, migliorando gli **LRTC** e quindi aumentando la sensibilità dei bambini agli stimoli precedentemente ascoltati.

Questo effetto facilitante è presente specificatamente per il linguaggio e la banda di frequenza vissuta nel periodo prenatale. Questi risultati coincidono con osservazioni di una maggiore potenza nell'attivazione elettrofisiologica del cervello del neonato dopo la stimolazione linguistica



Problema:

Le oscillazioni neurali sono biologicamente dotate degli *elementi costitutivi* dell'architettura neurale per l'elaborazione del linguaggio fin dalla nascita, o richiedono esperienza per emergere?

Negli adulti, le oscillazioni **delta, theta e a basso gamma** supportano l'elaborazione simultanea rispettivamente di unità frasali, sillabiche e fonemiche nel segnale vocale.

Utilizzando l'*elettroencefalografia* per studiare le oscillazioni neurali nel cervello del neonato, il team Gervain ha dimostrato che le oscillazioni **delta e theta** differiscono per lingue ritmicamente diverse, suggerendo che queste bande sono alla base della capacità universale dei neonati di discriminare le lingue sulla base del ritmo.

Inoltre, una maggiore attività **theta** durante il post-stimolo rispetto al riposo pre-stimolo suggerisce che i postumi della stimolazione sono presenti fin dalla nascita.

Ortiz-Barajas MC, Guevara R, Gervain J. Neural oscillations and speech processing at birth. iScience. 2023 Oct 12;26(11):108187..

In particolare conferma che il **periodo prenatale** pone le basi per un ulteriore sviluppo del linguaggio, anche se è importante notare che il suo impatto non è deterministico, poiché i bambini, se esposti da piccoli, rimangono in grado di acquisire una lingua anche in assenza di esperienza prenatale con essa, ad esempio, nel caso di **neonati pretermine**

Luu TM, Vohr BR, Allan W, Schneider KC, Ment LR. Evidence for catch-up in cognition and receptive vocabulary among adolescents born very preterm. Pediatrics. 2011 Aug;128(2):313-22. ,

Lenneberg (1967) ipotizzò che il linguaggio potesse essere acquisito solo entro **un periodo critico**, che va dalla prima infanzia fino alla pubertà. Nella sua forma base, l'ipotesi del **periodo critico** deve avere conseguenze solo per l'acquisizione della prima lingua. Tuttavia, per comprendere la natura del **periodo critico ipotizzato**, è essenziale determinare se esso si estenda o meno anche all'acquisizione della seconda lingua. Se così fosse, dovrebbe essere vero che i bambini piccoli apprendono la seconda lingua meglio degli adulti e di conseguenza dovrebbero raggiungere livelli più elevati di competenza finale nella seconda lingua.

Questa previsione è stata testata confrontando la conoscenza dell'inglese raggiunta da 46 madrelingua coreani o cinesi arrivati negli Stati Uniti tra i 3 e i 39 anni e che avevano vissuto negli Stati Uniti tra i 3 e i 26 anni al momento del test. . Questi soggetti sono stati testati su un'ampia varietà di strutture della grammatica inglese, utilizzando un compito di giudizio sulla grammaticalità.

Sia **l'analisi correlazionale** che quella del **test t** hanno dimostrato un chiaro e forte vantaggio per gli arrivi più precoci rispetto a quelli arrivati più tardi. La performance del test era correlata linearmente all'età di arrivo fino alla pubertà; dopo la pubertà, la performance era bassa ma molto variabile e non correlata all'età di arrivo.

Questo dell'età non è un risultato involontario di differenze nella quantità di esperienza con l'inglese, motivazione, autoscienza o identificazione americana. L'effetto è apparso anche su ogni struttura grammaticale testata, sebbene le strutture variassero notevolmente a seconda del grado in cui venivano ben padroneggiate dagli studenti successivi.

Pertanto i risultati supportano la conclusione che un periodo critico per l'acquisizione della lingua estende i suoi effetti all'acquisizione della seconda lingua.

Johnson JS, Newport EL. Critical period effects in second language learning: the influence of maturational state on the acquisition of English as a second language. Cogn Psychol. 1989 Jan;21(1):60-99..

Il caso dei bambini adottati

Fino ad almeno *6 mesi di età*, i bambini mostrano una buona discriminazione per i contrasti fonetici familiari (cioè quelli uditi nel linguaggio ambientale) e per i contrasti non familiari. La discriminazione di tipo adulto (significativamente peggiore per i non nativi che per i nativi) appare solo più tardi, intorno ai *9-10 mesi*.

Ciò è stato interpretato come indicante che i bambini non hanno alcuna conoscenza della fonologia fino all'inizio dello sviluppo del vocabolario, dopo *6 mesi di età*. Recentemente, tuttavia, è stato osservato il riconoscimento delle parole prima dei 6 mesi di età, apparentemente disaccoppiando i processi di acquisizione del vocabolario e della fonologia.



Jiyoun Choi del *Max Planck Institute*

for Psycholinguistics, Nijmegen ha dimostrato che l'acquisizione fonologica è in corso anche prima dei 6 mesi di età. Le prove provengono dalla conservazione della conoscenza della lingua di nascita negli "adottati internazionali".

Nel più grande studio mai realizzato, sono stati "arruolati" 29 adulti di lingua olandese che erano stati adottati dalla Corea da giovani e non avevano alcuna conoscenza cosciente della lingua coreana. La metà è stata adottata all'età di 3-5 mesi (prima che si sviluppasse una discriminazione specifica per i nativi) e l'altra metà a 17 mesi o più (dopo l'inizio dell'apprendimento delle parole). In un breve programma di formazione intensivo, è stato osservato che gli adottati (rispetto a 29 controlli abbinati) imparano più rapidamente le *distinzioni consonantiche coreane tripartite* senza controparti nell'olandese acquisito successivamente, suggerendo che gli adottati conservavano la conoscenza fonologica della distinzione coreana.

Il vantaggio è equivalente per i gruppi più giovani adottati e per quelli più anziani adottati, ed entrambi i gruppi non solo acquisiscono la distinzione tripartita per le consonanti addestrate, ma la generalizzano anche alle consonanti non addestrate. Sebbene i bambini di età inferiore ai 6 mesi possano ancora discriminare distinzioni fonetiche non familiari, questa scoperta indica che la conoscenza fonologica della lingua madre viene comunque acquisita a quell'età.

Choi J et al. Early phonology revealed by international adoptees' birth language retention. Proc Natl Acad Sci U S A. 2017 Jul 11;114(28):7307-7312..

Dopo impianto cocleare

Lo sviluppo corticale dipende dall'apprendimento guidato dallo stimolo. L'assenza di input sensoriali fin dalla nascita, come avviene nella sordità congenita, influisce sulla normale crescita e sulla connettività necessaria per formare un sistema sensoriale funzionale, con conseguenti deficit nell'apprendimento della lingua orale.

Gli **impianti cocleari** bypassano il danno cocleare stimolando direttamente il nervo uditivo e il cervello, consentendo di evitare molti degli effetti deleteri della deprivazione sensoriale.

Gli animali congenitamente sordi e i bambini che ricevono impianti forniscono una piattaforma per esaminare le caratteristiche della plasticità corticale nel sistema uditivo.



Andrei Kral del *Institute of Audioneurotechnology & Department of Experimental Otolology, Medical University Hannover*, ha identificato i *limiti temporali e i vincoli meccanicistici* dei periodi sensibili per l'impianto cocleare descrivendo gli effetti a lungo termine della *riorganizzazione multimodale e cognitiva* che derivano dalla deprivazione uditiva

Kral A et al *Developmental neuroplasticity after cochlear implantation. Trends Neurosci. 2012 Feb;35(2):111-22.*

Se l'effetto facilitatorio dell'esperienza prenatale sia specifico per l'ambito del linguaggio rimane una questione aperta.

Dal punto di vista comportamentale, è stato dimostrato che i neonati riconoscono la musica a cui sono stati esposti nel periodo prenatale, quindi mostrano prove comportamentali di apprendimento in domini uditivi diversi dal linguaggio

Il *cervello musicale* si costruisce nel tempo attraverso l'esperienza con una moltitudine di suoni nell'ambiente uditivo. Tuttavia, l'apprendimento delle melodie, dei timbri e dei ritmi tipici della musica e del linguaggio della propria cultura inizia già nel grembo materno, durante il terzo trimestre dello sviluppo umano.

Il team del *Department of Psychology, University of Nevada* ha dimostrato che i suoni generati esternamente e internamente influenzano lo sviluppo del feto e sosteniamo che tale esperienza uditiva prenatale può impostare la traiettoria per lo sviluppo della mente musicale.

Ullal-Gupta S et al. Linking prenatal experience to the emerging musical mind. Front Syst Neurosci. 2013 Sep 3;7:48.

Conclusioni e considerazioni.

Saranno necessari futuri studi di neuroimaging per verificare se l'apprendimento è correlato alle dinamiche temporali neurali fino ad oggi conosciute.

I risultati documentano il ridimensionamento della legge di potenza dell'attività neurale durante l'elaborazione del linguaggio nel cervello neonato. Questa proprietà statistica è un segno distintivo dei fenomeni critici ed è stato suggerito che la criticità nel cervello sia collegata a stati di trasmissione e archiviazione ottimali delle informazioni

Prove empiriche in rapida crescita supportano l'ipotesi che la **corteccia** operi in prossimità di un punto critico.

Sebbene la conferma di questa ipotesi segnerebbe un progresso significativo nella comprensione fondamentale della fisiologia corticale, sorge spontanea una domanda: **quali benefici funzionali sono conferiti ai circuiti corticali che operano in condizioni critiche?**

Shew WL, Plenz D. The functional benefits of criticality in the cortex. Neuroscientist. 2013 Feb;19(1):88-100.

Il cervello del neonato potrebbe quindi essere già in una condizione ottimale per l'elaborazione efficiente della parola e del linguaggio, sostenendo le inaspettate capacità di apprendimento linguistico dei neonati umani.



Il vino è così buono perché abbiamo addomesticato l'uva due volte

Gli esseri umani hanno ampiamente modellato gli organismi che ci circondano attraverso la domesticazione. Sebbene l'uva da vino e da tavola sia stata importante dal punto di vista culturale per migliaia di anni, la sua origine è stata difficile da individuare a causa del campionamento irregolare. Una multicentrica che ha coinvolto più di 40 centri coordinata dallo *State Key Laboratory for Conservation and Utilization of Bio-Resources in Yunnan, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China*.

Dong Yet al

Dual domestications and origin of traits in grapevine evolution.

Science. 2023 Mar 3;379(6635):892-901.

ha analizzato i dati genetici di circa 3500 varietà di uva coltivate e selvatiche provenienti da tutto il mondo. I risultati della loro analisi rivelano gli effetti del clima sulle dimensioni storiche della popolazione, suggeriscono la contemporanea addomesticazione dell'uva da vino e da tavola e identificano varianti associate ai tratti di addomesticamento come il colore delle bacche e l'appetibilità. Nel Pleistocene, il clima rigido portò alla separazione degli ecotipi della vite selvatica causata dalla continua frammentazione dell'habitat. Quindi, la domesticazione avvenne contemporaneamente circa 11.000 anni fa nell'Asia occidentale e nel Caucaso per produrre viti da tavola e da vino. Gli addomesticati dell'Asia occidentale si dispersero in Europa con i primi agricoltori, introdussero antichi ecotipi selvaggi occidentali e successivamente si diversificarono lungo i percorsi migratori umani in moscato e antenati unici di uva da vino occidentale nel tardo Neolitico. Le analisi dei tratti di addomesticamento rivelano anche nuove intuizioni sulla selezione dell'appetibilità delle bacche, dell'ermafroditismo, del sapore di moscato e del colore della buccia delle bacche.



Le analisi del DNA dell'uva hanno anche rivelato che sono state incrociate uva da tavola (a sinistra) con uva selvatica per produrre uva da vino (a destra). Nel complesso, i risultati inquadrano un evento di ibridazione postdomestica nella penisola iberica tra 2900 e 500 anni fa. È probabile che indizi definitivi siano nascosti nel DNA dei campioni archeobotanici. Gli approcci futuri dovrebbero concentrarsi sull'uso di approcci genomici per confrontare campioni di DNA antico con sequenze genomiche moderne come mezzo per comprendere i tempi, la forza e l'interdipendenza degli eventi di ibridazione che sembrano permeare un sottoinsieme di varietà iberiche e varietà dell'Europa occidentale in generale.

