

11. HEMPEL C. G., *La formazione dei concetti e delle teorie nella scienza empirica*, Milano, Feltrinelli, 1961; Id., *La filosofia delle scienze naturali*, Bologna, il Mulino, 1968; Id., *Aspects of scientific Explanation*, New York, Free Press, 1965; Id., *Explanation in Science and History*, in COLODNY R. G. (a c. di), *Frontiers of Science and Philosophy Pittsburgh*, 1962, pp. 9-23; *The logic of functional analysis*, in *Symposium on sociological theory*, Evanston (Ill.) e New York, Row-Peterson & Co., 1959, pp. 271 - 301, tr. it., *La logica dell'analisi funzionale*, Trento, 1967.
12. PASQUINELLI A., *Nuovi principi*, cit., p. 85 e ss.; STATERA G., *La conoscenza sociologica*, cit., p. 203 e ss.
13. Si deve notare che si parla di leggi e non di tendenze. Una proposizione che affermi l'esistenza di una tendenza è esistenziale e non universale e pertanto leggi e tendenze sono due cose radicalmente diverse. Cfr.: POPPER K. R., *Miseria dello storicismo*, Milano, L'industria, 1954, p. 128.
14. Nella terminologia di Carnap *probabilità logica o induttiva*.
15. Cfr. in particolare HEMPEL C. G., *Explanation*, cit., pp. 103-5; Id., *Aspects*, cit., p. 235 e 415.
16. Cfr. HEMPEL C. G., *Aspects*, cit., p. 415 e ss. e ANTISERI D., *Il modello Popper-Hempel*, cit.; p. 23-4.
17. Cfr. HEMPEL C. G., *Aspects*, cit., p. 238 e pp. 423-4.
18. AMMASSARI P., *Tipologie del consumatore e previsioni di mercato*, in *Studi di mercato*, 1970, p. 4 (dell'estratto).
19. AGAZZI E., MINAZZI F., GEYMONAT L., *Filosofia, scienza verità*, Milano, 1989.
20. SCHIAVONE M., *Bioetica e psichiatria*, Bologna, 1990.

*Conferenza presentata al Convegno Nazionale della Società Italiana per lo studio e la ricerca storica nelle scienze mentali: "La Storia della Psichiatria e la Psichiatria nella Storia" svoltosi a L'Aquila.

La corrispondenza va inviata a: F. Di Orio, Cattedra di Metodologia ed Epidemiologia clinica, Facoltà di Medicina e Chirurgia - Via G. Verdi, 28 - 67100 L'Aquila. M. Valenti, Cattedra di Statistica Medica, Facoltà di Medicina e Chirurgia - Via G. Verdi, 28 - 67100 L'Aquila.

NASCITA ED EVOLUZIONE DEL SISTEMA PSICHICO UMANO*

MANLIO DE LELLIS
Istituto di Neuropsichiatria Infantile,
Università degli Studi de L'Aquila

SUMMARY

BIRTH AND EVOLUTION OF HUMAN PSYCHIC SYSTEM

This study is based on a statistically significant correlation between psychometric and spirometric parameters which emerged during the survey of a population of children (average age from eight to four). The authors maintains that there is a casual relationship between the appearance, in the evolution of the species, of the voluntary control of breathing arising from mutations in the nucleus and the appearance of creative mental faculties which are typical of human beings (phase of the primordial Eve). The same voluntary breathing control, as well as particular internal respiratory adaptive mechanisms related to mitochondrial mutations, is the foundation of the following phase of the development of speech (phase of the mitochondrial Eve).

L'Eva mitocondriale

Il calcolo biochimico del DNA si è affermato come un nuovo metodo di datazione della nascita dell'uomo. I risultati ottenuti sono generalmente riconosciuti validi sebbene critiche siano state avanzate al metodo in quanto in primo luogo l'esame avviene su una piccola parte di proteine del sangue, alcune delle

Parole chiave/Key words: Brain development - Primordial Eve - Mitochondrial Eve

quali subiscono lente modificazioni nel tempo, ed in secondo luogo la deduzione della datazione dell'origine della specie dall'evoluzione di una proteina non sempre è corretta¹.

Il DNA può essere diviso in DNA nucleare e DNA mitocondriale. I mitocondri sono organelli citoplasmatici presenti in tutte le cellule dell'organismo che presiedono alla respirazione cellulare. Il DNA in essi contenuto è capace di duplicarsi e di codificare per la sintesi di alcune proteine costitutive dell'apparato respiratorio cellulare. Recenti ricerche hanno fornito la prova conclusiva che le tre subunità maggiori del complesso citocromo ossidasi, una delle subunità del complesso citocromo bc1 ed alcune subunità del complesso ATPasi mitocondriale sono codificate dal DNA. I mitocondri sono quindi capaci di duplicazione e sono provvisti di un proprio codice genetico diverso dal codice genetico nucleare. Tale codice è soggetto a variazioni nelle diverse specie in ciò contraddicendo l'universalità del codice genetico. La completa sequenza nucleotidica del DNA mitocondriale umano è stata identificata nel 1981. Nei mammiferi mitocondri dell'embrione provengono soltanto dalla cellula uovo e sono pertanto di origine materna. Dopo la fecondazione i mitocondri disposti intorno al flagello dello spermatozoo vanno infatti incontro a degenerazione. I caratteri ereditari mitocondriali, cioè alcuni caratteri della respirazione cellulare, non vengono pertanto trasmessi sessualmente secondo le leggi mendeliane, ma per via eminentemente materna (eredità citoplasmatica).

Da quanto detto si può quindi dedurre che alcuni caratteri della respirazione cellulare siano stati filogeneticamente ereditati da una unica progenitrice, l'Eva mitocondriale, e che il polimorfismo del DNA mitocondriale umano è il risultato di mutazioni mitocondriali indipendenti, nel corso dell'evoluzione della specie.

Il calcolo biochimico del DNA ha permesso di datare l'origine dell'*homo sapiens* dall'Eva mitocondriale a circa 200 mila anni fa (teoria dell'Eva mitocondriale)¹.

Senza entrare nel merito dei vari alberi genealogici dell'umanità proposti ci soffermiamo esclusivamente su alcuni dati generalmente accettati. L'*homo sapiens* discende dai progenitori *homo habilis* ed *homo erectus*. L'*homo habilis* era presente circa due milioni di anni fa e l'*homo erectus* fa la sua comparsa un milione e seicentomila anni fa. Onnivoro, eretto, intelligente, armato di pietre scheggiate, l'*homo habilis* andava a caccia e a pesca e viveva in comunità costruendo rudimentali capanne. L'*homo erectus* impara ad accendere il fuoco, usa il colore, costruisce su palafitte ed è in grado di strutturare frasi elementari. È nomade e si diffonde nel mondo².

L'Eva mitocondriale, nata 200 mila anni fa ha dunque una progenitrice, l'Eva primigenia, nata due milioni di anni fa, sicuramente intelligente ma probabilmente di poche e faticose parole. Quest'ultima indubbiamente aveva subito quelle mutazioni nucleari che sono alla base delle caratteristiche fondamentali della specie umana, soprattutto cerebrale, ma non aveva ancora subito le mutazioni mitocondriali. Queste mutazioni sono legate all'adattamento respiratorio cellulare, tipico della specie umana, che permette la produzione continuativa ed abituale della parola cioè la piena competenza linguistica. E su ciò torneremo più avanti.

L'Evoluzione del cervello degli ominidi

L'evoluzione del cervello degli ominidi è caratterizzata da un rapido accrescimento, da una neocorticalizzazione con ampio sviluppo delle aree associative, da una differenziazione di regioni filogeneticamente più antiche alle prime collegate e da una cefalizzazione di centri sottocorticali⁷⁻⁸. Probabilmente l'evoluzione del cervello degli ominidi non è derivata solo da mutazione puntiformi di geni codificanti per proteine strutturali, cioè connesse con la comparsa di strutture nuove, ma piuttosto dall'aumentata espressione di geni codificanti per proteine non strutturali, contenute nelle corteccie associative e nelle loro con-

nessioni. Meccanismi probabili comprendono mutazioni *regolatrici* capaci di aumentare l'attività di un enzima regolatore o di un fattore di crescita o di riconoscimento cellulare o in grado di prolungare lo sviluppo neuronale (neotenia). Comprendono inoltre duplicazioni geniche, causa di un incremento discontinuo dell'espressione di proteine regolatrici, ovvero riarrangiamenti cromosomici, capaci di attivare l'espressione genica attraverso modificazione della posizione di un gene nel cromosoma. In effetti, nonostante il DNA nucleare differisca di meno dell'1% tra uomo e scimpanzè, a partire dall'epoca della divergenza degli ominidi, che si colloca a circa 5-10 milioni di anni fa, si sono verificati molteplici riarrangiamenti genici che distinguono il genoma di queste due specie. Questo modo di considerare l'evoluzione del cervello ha aperto il capitolo delle malattie filogenetiche, di cui la malattia di Alzheimer rappresenta la capostipite.

L'insieme dei caratteri fenotipici e genotipici finora invocati non sembra però sufficiente a spiegare la differenza fondamentale tra l'uomo ed i mammiferi superiori per quanto concerne le loro facoltà mentali. Si può al riguardo citare testualmente Darwin³ a proposito della facoltà linguistica umana così strettamente connessa con il funzionamento mentale:

Ciò che distingue l'uomo dagli animali inferiori non è la comprensione dei suoni articolati, poichè, come tutti sanno i cani comprendono molte parole e frasi. Non è la semplice articolazione che costituisce il nostro carattere peculiare, perchè i pappagalli ed altri uccelli possiedono questo potere. Neppure è la semplice capacità di connettere suoni definiti con idee definite, poichè è certo che alcuni pappagalli collegano senza sbagliare parole con cose e persone con fatti. Gli animali inferiori differiscono dall'uomo per la capacità infinitamente maggiore di quest'ultimo di associare insieme i suoni più diversi e le idee e ciò ovviamente dipende dall'alto sviluppo dei suoi poteri mentali.

È facile rendersi conto, come semplice ampliamento di quanto affermato da Darwin, che l'uomo non solo possiede una capacità infinitamente maggiore di associare insieme suoni ed idee

ma possiede anche una capacità infinitamente maggiore di produrre parole e di formare idee. Ora queste capacità infinitamente maggiori non possono essere spiegate solo dal rapido accrescimento cerebrale e con l'alto sviluppo delle aree associative che comunque non è infinito.

Il meccanismo generativo mentale: il timing della neurotrasmissione

Il carattere dell'infinitezza delle idee, delle parole, nonché delle loro associazioni, prodotto dalla mente umana, non può essere spiegato in altro modo se non ammettendo la comparsa di un meccanismo generativo autonomo a livello delle strutture neocorticali. Tale meccanismo generativo mentale sarebbe capace da un lato di produrre, a partire da una definita gamma a disposizione di movimenti fonoarticolatori a cui corrisponde una infinita gamma di suoni, un numero infinito di parole e dall'altro lato di produrre dalla gamma delle sensazioni a disposizione della specie, un numero infinito di idee alle parole collegabili. Ciò è in accordo con le teorie sulle basi biologiche del linguaggio di Lenneberg e sulle strutture linguistiche di Chomsky⁴⁻⁵. D'altra parte ciò rispecchia anche quanto sostanzialmente sostenuto in genere sulla linea di pensiero di Darwin: l'uomo si differenzia dall'animale non solo per la presenza di un meccanismo neurolinguistico ma anche per la presenza di un meccanismo mentale neocorticale più ampio di quello neurolinguistico.

Il prodotto mentale finito di questo meccanismo generativo è lo schema mentale inteso come una struttura mentale attiva in grado per un verso di organizzare i dati dell'esperienza assimilandoli e per altro verso di modificarsi accomodandosi a nuovi aspetti dell'esperienza stessa.

Si postula, in accordo con le teorie dell'intelligenza artificiale, che gli schemi mentali, cioè le sopraddette strutture mentali attive, siano identificabili con strutture informative memorizzate a livello di neocortecce associative.

Il meccanismo generativo è costituito, in accordo con le teorie cibernetiche, dall'operare dell'attenzione. *Ciò che caratterizza l'attività mentale è l'operare dell'attenzione. E questo operare che dà luogo, con varie combinazioni di stati attenzionali, alle categorie mentali; che applicandosi all'operare dei nostri organi sensoriali costituisce il nostro mondo osservativo percettivo modellandolo categorialmente; che frammentando il flusso operativo e riunendo categorialmente in vari modi i frammenti costituisce il nostro pensiero; che collegando i contenuti del pensiero a prodotti trasformativi quali i suoni dà vita al linguaggio verbale*⁶. L'operare dell'attenzione nell'astrazione, intesa quest'ultima come capacità di frammentare l'esperienza percettiva isolando simili frammenti che possono essere ricombinati, porta a formare gli schemi mentali di tipo più propriamente simbolico. Essi vengono fissati in memoria, con funzione interpretativa del reale, esprimendo l'adattamento dinamico ed intelligente dell'individuo all'ambiente. Gli schemi mentali astratti del linguaggio verbale udito, schemi mentali verbali, o dalle esperienze della vita di relazione, schemi mentali pratici, si concretizzano poi infatti nelle attività del comportamento relazionale e del linguaggio parlato.

Il supporto dello schema mentale è il pattern neuronale temporo-spaziale⁷.

Ora la corteccia associativa determina l'estrema variabilità e ricchezza delle configurazioni spaziali dei pattern neuronali. Ma l'altrettanto ampia variabilità e ricchezza delle configurazioni temporali dei pattern neuronali da che cosa è determinata? Non è la cronogenetica né la cronobiologia che possono spiegare la struttura temporale degli schemi mentali e dei relativi pattern neuronali. Basti pensare all'estrema complessità della struttura temporale della parola in cui si riassume l'essenza funzionale più significativa della parola stessa. L'uomo eredita la potenzialità a strutturare temporalmente i suoni del linguaggio, ma l'effettiva struttura temporale si realizza nel corso dello sviluppo infantile per effetto dell'esposizione ad una lingua madre trasmessa, che fornisce il materiale informativo foneti-

co che viene frammentato e ricombinato dal bambino a formare generativamente gli schemi mentali verbali, con relativi pattern neuronali. Gli schemi mentali verbali, attribuiti dal bambino ai suoni del linguaggio udito trasmesso dall'adulto, permetteranno l'interpretazione o la decodificazione dei suoni stessi: il linguaggio esterno è tradotto nel linguaggio interno del bambino, cioè nel suo pensiero verbale.

Frammentare significa interrompere il flusso informativo fonetico neurotrasmeso, segnando l'inizio e la fine di un frammento di flusso, configurandolo, cioè, temporalmente. Ricombinare due frammenti significa dare una continuità temporale a due pattern neuronali temporalmente discreti. L'insieme dei processi di frammentazione e ricombinazione caratterizza il processo generativo dei pattern neuronali e dei relativi schemi mentali. In questa ottica il meccanismo generativo assume caratteri di un meccanismo temporalizzatore della neurotrasmissione avendo la capacità di modificare i ritmi neurobiologici (*timing* della neurotrasmissione).

Il tratto differenziale con gli animali inferiori è costituito proprio da questo tipo di *timing* che non deve essere confuso con il *timing* biologico in quanto ancorato quest'ultimo a meccanismi endogeni ereditari o a fattori esogeni che lo condizionano. *Timing* biologico che si esprime nella regolazione dei ritmi delle varie funzioni biologiche, come ad esempio il ritmo sonno-veglia, i ritmi endocrini ipotalamici ed il ritmo della temperatura corporea, ogni funzione o gruppo di funzioni possedendo il proprio *timing*. Il *timing* della neurotrasmissione è al contrario un meccanismo unico che riguarda la neurotrasmissione di tutte le strutture cerebrali con relative funzioni che possono essere temporalizzate in diversi modi. E ciò vale in primo luogo per l'attività percettiva e categoriale. L'esperienza relazionale o verbale funge da innesco ad un processo i cui meccanismi sono indipendenti dalla esperienza stessa, dipendendo dal carattere innato potenziale di temporalizzazione della neurotrasmissione proprio della struttura nervosa umana associativa. Per effetto di questo carattere la corteccia associativa è in grado di inter-

pretare i messaggi della realtà, configurandoli spazio temporalmente e dando alla realtà stessa il suo aspetto costitutivo. Attività interpretativa, si ripete, spontaneamente generata nella mente dell'uomo e di cui l'animale inferiore è incapace. L'attività categoriale di quest'ultimo, infatti, mantiene un carattere strettamente reattivo da un lato e geneticamente determinato dall'altro, mancando di questo aspetto creativo. La concettualizzazione umana si realizza sulla base del sopradetto potenziale carattere di temporalizzazione che rende possibile in rapporto alla trasmissione culturale di caratteri logici e prelogici che la innescano. La trasmissione culturale di caratteri logici è quella che avviene essenzialmente attraverso la parola, la quale tipicamente esprime dei concetti costituiti dai caratteri logici essenziali attribuiti alle cose. La trasmissione culturale di caratteri prelogici è quella mediata tipicamente da manufatti umani, qualsiasi essi siano, che esprimono rappresentazioni mentali intelligenti, simbolo verbale che imprime il carattere compiuto della logicità al contenuto informativo mentale trasmesso.

Ciò che viene trasmesso, in realtà, sono poi più propriamente delle regole secondo cui operare, per formare i propri schemi mentali verbali o pratici, logici o prelogici.

Dati sperimentali

Una volta messo a fuoco il meccanismo che differenzia il cervello umano dal cervello del progenitore non umano, ci si deve domandare se questo meccanismo è espressione di una precisa struttura neocorticale ed, in caso affermativo, quale ne è la localizzazione e la precisa funzione.

Bisogna poi ipotizzare il tipo di mutazione genetica nucleare che ha determinato la comparsa del carattere fenotipico generativo mentale e spiegare il perchè del doppio complesso di mutazioni nucleari e mitocondriali che hanno caratterizzato l'evoluzione della specie, in riferimento alle facoltà mentali, fornendo a supporto una qualche verifica sperimentale della costruzione teorica proposta.

Poiché, però, tale costruzione teorica è stata fatta proprio in base a dati sperimentali, a cui bisognava fornire una adeguata interpretazione, è più opportuno, a questo punto, invertire l'ordine del discorso proponendo dapprima alcuni risultati sperimentali, oggetto ora di revisione.

Lo scopo dell'indagine cui facciamo riferimento era controllare quanto una particolare metodica di educazione respiratoria (tecnica dell'apnoress) potesse migliorare le *performances*, non solo fisiche, ma anche psichiche dei bambini. Per tale motivo sono stati effettuati, con intervallo di sei mesi, rilevamenti di variabili di personalità e di funzionalità respiratoria, attraverso tests psicometrici e spirometrici. Per la ricerca sono stati esaminati tutti i bambini di terza elementare, divisi in due gruppi: sperimentale e di controllo, di due scuole dell'Aquila che riflettono il tessuto sociale di una città in cui sono assenti evidenti contrasti psicoeconomici e zone periferiche isolate. Per stabilire un livello di abilità generale della popolazione esaminata è stata utilizzata una forma ridotta della *Wechsler Intelligent Scale for Children* (WISC). La scelta di una forma ridotta è stata motivata da fattori inerenti la ricerca in programma: l'intervallo di sei mesi per la somministrazione del re-test e l'elevato numero di prove a cui sottoporre i bambini. Sono stati scelti sei subtest della scala WISC, tre verbali e tre di *performance*: comprensione generale, ragionamento aritmetico, somiglianza, disegno con cubi, ricostruzione di figure e cifrario. Il coefficiente di correlazione con la scala completa usando 5-6 subtest, varia da 0.80 a 0.90⁸. In un altro studio⁹ in cui sono stati utilizzati i sub-test CG, RF, CF, CFR, e DC si evidenziano correlazioni di 0.80 con la scala verbale del WISC completo, 0.91 con la scala di *performance* e 0.93 con la scala completa. Infine usando i sub-test CG, RA, SOM, DC, CFR è stata trovata una correlazione con la scala completa del WISC di 0.89¹⁰. Gli elevati coefficienti di correlazione tra queste forme abbreviate e la scala completa hanno giustificato, pertanto, l'uso dei sei sub-test da noi scelti.

La funzione respiratoria è stata misurata utilizzando il *pulmonary function 47804 A Hewlett Packard*.

Del campione iniziale di 189 bambini sottoposti al test WISC 5 sono risultati assenti alle prove spirometriche. Pertanto il campione è risultato composto di 184 bambini, 81 maschi e 103 femmine, di età media di 8 anni e 4 mesi. Si è stabilito di correlare i dati psicometrici RV, RT, SC della scala WISC con i dati spirometrici FVC, FEV, FEF 25-75, PF, MEF75, RR, ritenuti più significativi.

Il programma di elaborazione dati prevedeva per ogni parametro considerato, il calcolo della media, la deviazione standard, la suddivisione in classi con relative frequenze e la percentuale di frequenza di classe. Le correlazioni sono state studiate in primo luogo calcolando i loro coefficienti R tramite il computer. Si è poi passati alla rappresentazione di ogni coppia di variabili correlate mediante tabelle di correlazione¹¹ al grafico dei punti di ogni coppia considerata, calcolando poi (e rappresentando graficamente) la retta di regressione delle coppie di serie di variabili. Le rette superiori ed inferiori a quella centrale di regressione rappresentano l'intervallo fiduciale e delimitano i punti compresi entro la legge di correlazione, cioè i limiti entro cui la correlazione è valida.

Una stretta correlazione è emersa a carico di due parametri misurati, uno facente parte del set dei dati psicometrici, i reattivi di *performance* della scala WISC (RP) e l'altro originato dalle misure spirometriche, il picco di flusso (PF).

Sia l'uno che l'altro parametro mostravano separatamente distribuzioni unimodali tendenti alla distribuzione normale. Applicando metodi di correlazione lineare si evidenziava un coefficiente di correlazione tra RP e PF di 0.21, valore che lasciava supporre una forte interdipendenza dei due parametri. Interdipendenza che si suppose allora potesse anche essere mediata non consentendo i risultati ottenuti di chiarire se la relazione detta si sostanziasse in un rapporto di casualità.

Controllo volontario respiratorio, attenzione e mente umana

Le considerazioni che stiamo ora per fare in un processo di revisione critica ci permettono al contrario di affermare un nesso di casualità sciogliendo il dubbio allora formulato.

Il picco di flusso è una prova di funzionalità che presuppone un pieno controllo volontario e cosciente dell'atto motorio respiratorio consistendo nel soffiare con forza dentro un tubolare nel più breve tempo possibile. Perché questo spirometrico test di una *performance* respiratoria sembra assumere il carattere di uno psicometrico reattivo di *performance* o di una misura del Q.I.? Quale è il rapporto tra il controllo volontario e cosciente della respirazione e l'intelligenza umana?

Iniziamo con il mettere in evidenza che l'uomo è l'unico animale che possiede il controllo volontario dell'atto motorio respiratorio e la percezione consapevole dello stesso. Il primo è legato alla presenza di specifiche vie cortospinali efferenti, a partenza dai centri respiratori della corteccia somatomotrice prerolandica, a livello della quale si proietta somatotopicamente, come tutta la muscolatura striata, anche la muscolatura respiratoria. Tali vie si connettono ai motoneuroni spinali che trasmettono gli impulsi alla muscolatura respiratoria. La seconda è legata alla presenza di vie spinocorticali afferenti che arrivano alla corteccia postrolandica somatosensoriale. Tali vie trasmettono impulsi propriocettivi ed enterocettivi respiratori. Le strutture neocorticali respiratorie si ammette siano comparse filogeneticamente nell'uomo per un meccanismo di cefalizzazione di centri sottocorticali. Esse integrano, come d'altra parte tutte le strutture neocorticali specifiche, un componente aspecifico, costituito dalla formazione reticolare. Sono presenti, infatti, vie corticoreticolari discendenti che attivano i centri reticolari del respiro, situati nel bulbo, in rapporto all'iniziarsi di qualsiasi attività volontaria motoria o percettiva. Ciò deriva dall'esigenza di adattare immediatamente la respirazione agli emergenti bisogni metabolici imposti dalla programmata attività percettivo-motoria. L'atto motorio respiratorio implica, quindi, l'attivazione simultanea non solo delle vie respiratorie corticospinali, ma anche delle vie corticoreticolari con esse integrate. D'altra parte, la stimolazione da parte degli impulsi reticolari discendenti dai centri reticolari bulbari del respiro provoca l'immediata attivazione della corteccia, attraverso le vie

reticolocorticali con modificazione della vigilanza e dell'attenzione.

Consideriamo adesso brevemente l'organizzazione cerebrale dell'attività comportamentale.

Un comportamento motorio e/o cognitivo adeguato ad un prefissato compito dipende, *in primis*, da una sequenza molto complessa di eventi che si svolgono nel cervello, coattivando diverse strutture secondo il principio dell'organizzazione in serie ed in parallelo delle funzioni nervose e mentali. Nell'ambito di questa organizzazione bisogna distinguere l'attività tonica di fondo delle strutture cerebrali, connessa con le condizioni di vigilanza, dall'attività fasica delle strutture nervose precipuamente interessate nell'esecuzione del compito, connessa con condizioni attentive concentrate sul compito stesso. Esiste anche un livello ottimale dell'attività tonica di fondo, che determina la vigilanza, col quale si ottengono le migliori prestazioni motorie e/o cognitive, cioè fatiche, mentre, al contrario, livelli di vigilanza troppo alti o troppo bassi compromettono la prestazione. Il livello ottimale dell'attività tonica di fondo della corteccia corrisponde ad un livello ottimale di scarica dei neuroni reticolari, essendo funzione fondamentale della formazione reticolare la regolazione, attraverso le vie reticolari ascendenti, dell'attività tonica di fondo della corteccia e quindi dei diversi livelli di vigilanza ed attenzione. Da questa regolazione dipende l'efficienza di tutte le prestazioni comportamentali motorie e/o cognitive.

La formazione reticolare svolge, inoltre, la funzione di selezionare, nell'integrazione con le funzioni limbico-paleoencefaliche, le strutture corticali, per l'esecuzione di comportamenti istintivi i cui programmi sono, in dette strutture, memorizzati. Determina, quindi, l'inizio e la fine, cioè la struttura temporale, dell'attività fasica neuronale connessa con tali comportamenti che vengono diretti in rapporto alle varie esigenze dell'adattamento, regolando al contempo il processo attenzionale che diviene anche esso selettivo e direttivo. Durante l'esecuzione di un compito l'attenzione può essere distratta da stimoli interfe-

renti sulla formazione reticolare, che possono abbassare od elevare il livello prestazionale in rapporto a diverse circostanze fino a distogliere l'individuo dall'esecuzione del compito stesso, desincronizzando la funzione in atto. Le suddette attività nervose fasiche e toniche hanno, infatti, una struttura temporale ritmica regolata da fattori interni, il cosiddetto orologio biologico o *timing*, e da fattori ambientali che possono sincronizzare o desincronizzare l'attività considerata. La struttura ritmica di una funzione può essere modificata con l'apprendimento, entro limiti comunque fissati ereditariamente. Ciò non toglie però che, nel corso dell'evoluzione della specie, un carattere temporale diverso possa essere selezionato con modificazione, ereditariamente trasmissibile, della struttura ritmica di una determinata attività.

Ritorniamo adesso all'atto motorio respiratorio ed immaginiamo di arrestare il respiro. Ciò significa interrompere un movimento espiratorio, od inspiratorio, mantenendo una postura espiratoria, od inspiratoria. Il mantenimento posturale è in rapporto all'attivazione delle unità motorie di tipo tonico della muscolatura respiratoria ed all'attivazione tonica dei centri e vie respiratorie cortico-spinali. Ma, per l'integrazione delle vie cortico reticolari afferenti ai neuroni respiratori reticolari, ciò si traduce in un incremento dell'attività tonica dei neuroni respiratori con interruzione del *timing* respiratorio. Il ciclo respiratorio, infatti, può essere considerato, in parte, la risultante di un meccanismo di *driving* (scarica di neuroni inspiratori fasici) aperto e chiuso da un meccanismo di *timing*. L'interruzione considerata è indotta dall'arresto motorio volontario, i cui effetti si sovrappongono al meccanismo di *timing*. L'incremento dell'attività tonica dei neuroni reticolari respiratori attiva la corteccia attraverso le vie reticolocorticali, modificando le condizioni di vigilanza e di attenzione. All'arresto motorio della respirazione corrisponde una fissazione dell'attenzione sull'arresto stesso e, se questo si verifica nel corso di un processo percettivo della realtà esterna che lo integra, una fissazione del processo percettivo stesso. È come se il cervello, quindi, arrestan-

do il respiro, scattasse una istantanea che fissa il flusso percettivo del momento. Un frammento percettivo viene temporalmente isolato dal suo contesto. Un'altra istantanea può fissare due frammenti percettivi associati tra loro. L'arresto del respiro funge da meccanismo temporizzatore, o *timing*, della neurotrasmissione sovrapponendo alla struttura temporale dell'attività nervosa, regolata dall'orologio biologico, una struttura temporale diversa: nasce la mente, creatrice *in primis* dell'ordine temporale dei propri pattern neurali che, in virtù delle ampie possibilità associative delle cortecce associative che collegano attività di neuroni variamente dislocati nel cervello, diviene ordine spazio-temporale. E con i propri pattern neuronali spazio-temporali la mente crea i propri schemi mentali. È questo il meccanismo generativo autonomo connesso con l'operare dell'attenzione ipotizzato all'inizio di questa nota. Ora si può affermare che esso è in relazione causale con l'atto respiratorio volontario ed il suo operare. In tal modo anche l'attenzione umana diviene volontaria.

Teoria dell'Eva primigenia

La presenza nel cervello umano di un meccanismo attenzionale volontario deve preesistere, o al limite essere contemporaneo, alla nascita del linguaggio verbale. Non può essere successivo, in quanto senza attenzione volontaria non sarebbe stato possibile focalizzare in modo talmente preciso il processo percettivo uditivo necessario per il riconoscimento dei suoni e per il loro collegamento ai contenuti del pensiero. E ciò sia nella filogenesi che nella ontogenesi.

Gli animali non umani non possiedono una attenzione volontaria. La loro attenzione è istintiva, sia pure con i caratteri della direttività e della selettività fondamentali per l'instaurarsi del primitivo riflesso di orientamento e dei riflessi condizionati. L'animale non può variare in modo autonomo, al di là del comportamento istintivo o del condizionamento riflesso, il cam-

po applicativo della propria attenzione frazionandola nell'analisi percettiva o continuandola nella sintesi percettiva. L'animale non può, cioè, dirigere la propria attenzione, si ripete, se non dove sono diretti i riflessi di orientamento o quelli condizionati selezionati o i comportamenti istintivi in rapporto a stimoli interni od esterni. I processi di analisi e sintesi e l'attività categoriale con essi connessa sono estremamente limitati e comunque mai autonomamente creati. Le scimmie come Walshoe e Sara possono anche imparare un linguaggio simbolico per esprimere un proprio patrimonio ideativo¹², ma non saranno mai capaci di generare all'infinito, come l'uomo, simboli verbali e simboli delle cose, selezionando poi quelli adatti, verificandone la corrispondenza nel reale e trasmettendoli ad un proprio simile che li riproduca in modo invariante in rapporto a finalizzati programmi logici.

Nell'uomo riflessi di orientamento, riflessi condizionati e comportamenti istintivi possono perdere il carattere riflesso o istintivo per diventare azioni che concretizzano schemi mentali, acquisendo così la struttura formale generata dalla mente. Se consideriamo, ad esempio, le reazioni di orientamento possiamo notare che si distinguono dalla generale reazione di risveglio, che può essere considerata lo sfondo dell'attenzione, per essere altamente direttive e selettive. Ma esse mantengono pur sempre una natura riflessa innata. Una delle caratteristiche fondamentali, nell'ambito degli indici autonomici ed elettrofisiologici che costantemente contraddistinguono tali reazioni, è la modificazione della frequenza del respiro. Ogni qualvolta l'attenzione si risveglia, o viene attivata da qualche stimolo, si ha istantaneamente ed automaticamente una risposta respiratoria, che risulta associata a tutte le percezioni ed a tutti i movimenti. Nel momento in cui, nel corso delle evoluzioni, la respirazione è diventata volontaria e cosciente la risposta respiratoria può essere controllata dai centri superiori attraverso istantanei arresti, con le conseguenze già dette. Tale controllo superiore si è talmente automatizzato nel corso dell'evoluzione, come anche nel corso dello sviluppo individuale, da svolgersi incosciamen-

te e senza intervento della volontà. Il controllo volontario del processo attentivo è programmato e deliberato dalla corteccia associativa prefrontale, a cui spetta l'organizzazione di tutta l'attività mentale. Esso si accompagna al controllo dei processi mnemonici primari mediati dall'ippocampo nell'ambito delle strutture limbicopaleoencefaliche. Il programma motorio respiratorio volontario non può che prevedere la coattivazione in parallelo di dette strutture sottocorticali, che in tal modo vengono controllate, come avviene in tutti i movimenti volontari. Attraverso la comparsa evolutiva di questo complesso meccanismo nasce il pensiero creativo e la possibilità di memorizzarlo.

Vediamo adesso i meccanismi della sua trasmissione verbale.

Il controllo volontario e cosciente della respirazione oltre ad essere, come visto, il prerequisito fondamentale della facoltà mentale creativa, costituisce uno dei prerequisiti evolutivi del linguaggio verbale.

Infatti il controllo centrale fonoarticolatorio presuppone il coordinamento di gradi di contrazione diversi di una unica serie di muscoli, comprendente i muscoli respiratori, laringei e del tratto sopraglottico, la cui proiezione somatotopica si colloca nella parte inferiore della corteccia prerolandica. È stato sperimentalmente dimostrato che le scimmie non possiedono tale proiezione neocorticale, non riportando disturbi della vocalizzazione in seguito a lesioni di aree corrispondenti a quelle umane per il controllo vocale e non manifestando fenomeni di vocalizzazione in seguito ad elettrostimolazione delle stesse. In ambedue i casi, cioè, le scimmie hanno manifestazioni opposte a quelle dell'uomo. Tale prerequisito non è però sufficiente per poter parlare senza sforzo, abitualmente e con una certa continuità. Per poter ottenere queste caratteristiche del linguaggio parlato è necessario un altro adattamento respiratorio diverso dal controllo volontario della respirazione esterna. Infatti le modificazioni ventilatorie tipiche del parlare comportano delle modificazioni ematogassose legate al ritmo diverso di espulsione di anidride carbonica, trattenuta un po' più a lungo all'inizio del parlare ed espulsa un po' più rapidamente alla fine dell'e-

spressione verbale. Stupisce, afferma il Lenneberg, il fatto che l'uomo riesca a sopportare queste modificazioni per un periodo di tempo praticamente illimitato senza provare fastidi respiratori e ciò non può essere dovuto, nelle considerazioni di suddetto autore, alla dotazione di speciali adattamenti fisiologici. Ora pare estremamente probabile che tali adattamenti riguardino proprio la struttura mitocondriale cellulare che presiede alla respirazione interna, la quale, come abbiamo visto, è specie specifica e, nell'adattamento suddetto alle variazioni ematogassose indotte dalla parola, potrebbe trovare le ragioni della sua specificità.

Tali adattamenti mitocondriali, consistenti in mutazioni geniche che determinano modificazioni di enzimi della catena respiratoria, riguarderebbero tutte le cellule dell'organismo, inclusi quindi tutti i neuroni e segnalatamente quelli reticolari respiratori. Essi permetterebbero di sostenere il lavoro respiratorio necessario per parlare e la peculiare omeostasi interna, senza avvertire lo sforzo che altrimenti interromperebbe assai presto il flusso fonetico, impedendo lo sviluppo fonologico. Per tale motivo, cioè per lo sforzo sostenuto nel parlare a causa dell'assenza degli adattamenti mitocondriali, l'Eva primigenia probabilmente parlava poco, restava perciò definita, all'inizio di questa nota, come dotata di poche e faticose parole.

Se l'adattamento respiratorio interno è correlabile a mutazioni mitocondriali, l'adattamento respiratorio esterno al parlare, reso possibile, come detto, dalla presenza di strutture neocorticali respiratorie per un meccanismo di cefalizzazione, non può che essere collegabile a mutazioni nucleari di geni codificanti per proteine strutturali.

Per tutto il periodo evolutivo dell'*Homo erectus* da 1 milione e 600 mila anni fino ai duecentomila anni (e forse in parte per il periodo antecedente dell'*Homo habilis*) l'uomo è stato sicuramente in possesso di una intelligenza sensomotoria o pratica prelogica, che gli ha permesso l'uso della serie già considerata di abilità pratiche ed un rudimentale linguaggio verbale. È questa la fase come detto, dell'Eva primigenia caratterizzata

dal complesso delle mutazioni nucleari cui corrispondono gli adattamenti cerebrali e nervosi della respirazione e la comparsa del meccanismo generativo mentale. In questa fase agisce, quindi, una mente prelogica e con essa ha inizio l'evoluzione culturale prelogica legata al darwinismo neuronale.

Successivamente, con la nascita dell'era mitocondriale, l'uomo acquisisce l'abilità della produzione continuativa della parola, cioè la piena competenza linguistica. La mente umana e l'evoluzione culturale diventano logiche proseguendo, ora in modo prodigioso, il loro sviluppo.

Conclusioni e prospettive

L'uomo, quindi, deve essere interpretato come il prodotto di un processo simbiotico evolutivo tra il darwinismo neuronale, logicamente regolato, e l'evoluzione biologica del suo organismo.

Se è vero, come è vero, che l'ontogenesi ripete la filogenesi, anche nello sviluppo umano dovrebbe ripetersi questa evoluzione per tappe delle facoltà mentali. Le ricerche del Piaget hanno chiaramente dimostrato come l'intelligenza logica rappresentativa del bambino sia preceduta dalla intelligenza sensomotora prelogica.

D'altra parte le nostre successive ricerche, evidenziando rapporti statisticamente significativi tra potenziamento respiratorio e potenziamento intellettuale, sembrano confermare il rapporto causale tra comparsa dell'atto volontario respiratorio e comparsa della facoltà mentale umana, quindi, lo schema interpretativo proposto della nascita filogenetica della mente umana.

Il peso di tutta l'evoluzione, non solo biologica come sostenuto da Wrisberg, ma anche culturale sembra, quindi, essere sostenuto dall'adattamento continuo del meccanismo respiratorio.

Attraverso l'uso terapeutico di queste capacità adattive della respirazione è possibile, oltre che potenziare le facoltà intellettive, prevenire e curare la patologia da stress attraverso il

controllo cognitivo della reazione dall'allarme apnoico. Ciò è quanto le nostre ricerche stanno dimostrando nel bambino, attraverso l'impiego della tecnica dell'apnostress.

NOTE E BIBLIOGRAFIA

1. CANN R. L., STONEKING M., WILSON A. C., *Mitochondrial DNA and Human evolution*, Nature 325, 31-36, 1987.
2. MASETTI C., PIERACCIOLI R., *Il linguaggio umano*, Le Scienze 237, 75-85, 1988.
3. DARWIN C., *L'origine dell'uomo*, Newton Compton Ed., Roma, 1990.
4. LENNEBERG E. M., *Fondamenti biologici del linguaggio*, Boringhieri Ed., Torino 1977.
5. CHOMSKY N. C., *La natura formale del linguaggio*, in LENNEBERG F.M., *Fondamenti biologici del linguaggio*, Boringhieri Ed., Torino 1977.
6. CECCATO S., *Cibernetica per tutti*, Feltrinelli Ed., Milano 1975.
7. ECCLES J. C., *La psiche umana*, Sansoni Ed., Firenze 1983.
8. ANASTASI A., *I test psicologici*, F. Angeli Ed., Milano 1975.
9. COYLE F. A., BELLAMY E., *J. Consult Psych*, 578, 31-37, 1977.
10. FICH A. J., *W.I.S.C. Short forme with mentally retarded children*, (Am J. Ment Def.), 78, 144-49, 1973.
11. BARRA P. F. A., DE LELLIS M., SORGE R., DI LORETO S., *Educazione Fisica e Sport nella scuola*, nn. 43-44, 12-13, 1983.
12. PREMACK A. J. and PREMACK D., *Sara, la scimmia alfabetata*, Le Scienze, 68-75, 1973.

* Conferenza presentata al Convegno nazionale della società Italiana per lo studio e la ricerca storica nelle scienze mentali: "La storia della Psichiatria e la Psichiatria nella Storia" svoltosi a L'Aquila.

La corrispondenza va inviata a M. De Lellis, Istituto di Neuropsichiatria infantile, Università degli Studi, 67100 L'Aquila.