

Invecchiamento e plasticità cerebrale

Massimo Piccirilli

Unità di Riabilitazione Cognitiva
Università degli Studi di Perugia

Invecchiare è ancora l'unico mezzo che abbiamo trovato di vivere più a lungo
(CA Sainte Beuve)

L'invecchiamento tra scienze della natura e scienze umane. Apparentemente l'essere umano è l'unico essere vivente che è consapevole di dover morire. Molti ricercatori ritengono che proprio la sepoltura intenzionale dei defunti, con la deposizione di offerte funerarie, rappresenti la prima testimonianza della comparsa dell'uomo moderno (*homo sapiens sapiens*). Se effettivamente la dimensione tipicamente umana viene identificata con il continuo interrogarsi e l'inesauribile ricerca di senso, certamente la meditazione sulla morte, e quindi sulla vecchiaia, occupa uno spazio di enorme rilievo ("Che fai tu, luna, in ciel? Dimmi, che fai silenziosa luna? ... tu forse intendi questo viver terreno, il patir nostro, il sospirar, che sia; che sia questo morir, questo supremo scolorar del sembiante ..." - Giacomo Leopardi: Canto notturno di un pastore errante dell'Asia, 1831). In altri termini, oltre e ancor più che da vincoli biologici, l'invecchiamento appare caratterizzato da connotati culturali che in buona parte correlano con la nozione di tempo, concetto che, contrariamente all'opinione corrente, ha subito incredibili trasformazioni nel corso della storia dell'umanità. L'assimilazione del tempo ai fenomeni atmosferici e all'alternarsi delle stagioni e dei ritmi biologici suggerisce un andamento ciclico, ripetitivo, in cui la morte è solo apparente e generatrice di inesauribile creatività, come indicato dalle figure dell'ourobos, il mitico serpente che si morde la coda, e della fenice, sempre risorgente dalle proprie ceneri. Secondo Eraclito "la stessa cosa sono il vivente e il morto, il desto e il dormiente, il giovane e il vecchio, perché queste cose mutandosi sono quelle e quelle a loro volta mutandosi sono queste". Viceversa la definizione del tempo come entità misurabile origina l'idea di un riferimento assoluto, indipendente dalla vita dell'uomo, e di un processo irreversibile, di una freccia che dal passato punta verso il futuro, da una situazione di ordine trapassa spontaneamente e ineluttabilmente verso una condizione di disordine sempre più pronunciato. In questa ottica il tempo diviene distruttore del creato, come illustrato nel mito di Kronos - Saturno che divora i propri figli (mirabilmente illustrato nelle opere, tra gli altri, di Rubens e di Goya). Si verifica

allora una frattura – resa ancora più insanabile, se possibile, dalle concezioni della fisica moderna - fra il tempo cronologico, misurabile con gli appositi strumenti di precisione, e il tempo psicologico, entità soggettiva, che si può misurare solo con strumenti profondamente diversi, quelli della memoria. Secondo Sant'Agostino "Propriamente parlando non esistono tre tempi, il passato, il presente e il futuro, bensì soltanto tre presenti: il presente del passato, il presente del presente e il presente del futuro". E' la memoria consapevole che, consentendo un confronto, rileva i cambiamenti. Il massimo cantore della memoria, Marcel Proust, sottolinea con la riconosciuta maestria che "il Tempo, che, d'ordinario, non è visibile, per diventare tale va in cerca di corpi e se ne impossessa per mostrare su di loro la propria lanterna magica"; tornando a far visita a dei conoscenti dopo un periodo di assenza, Proust racconta "al primo momento non capii come stentassi a riconoscere il padrone di casa, gli invitati, e ciascuno mi desse l'impressione di essersi messo una maschera ... da questo punto di vista il più straordinario di tutti era il mio nemico personale, il duca d'Argencourt; era talmente diverso da darmi l'illusione di un'altra persona: quel candido vecchietto era benevolo, inerme, inoffensivo quanto il duca d'Argencourt di un tempo era arrogante, ostile, pericoloso... lo vedeva muoversi attraverso quel salotto come in un teatrino, insieme filosofico e scientifico, dove egli serviva sia come orazione funebre per richiamare la vanità del tutto e ancor meglio di un corso universitario per illustrare la storia naturale della senescenza".

Il passaggio del tempo lascia quindi segni visibili nel corpo; Rembrandt se ne fa interprete costellando la sua opera con quasi cento autoritratti ("ogni posa è un passo verso la morte", dirà successivamente Francis Bacon). Ma dal punto di vista soggettivo (e culturale) invecchiare è un concetto relativo. Non esiste un'età tipica del suo apparire. Il libro della Genesi consente di calcolare l'età dei dieci patriarchi vissuti prima del diluvio: Adamo è vissuto 930 anni, Set 912, Enos 905, Chenan 910, Maalaleel 895, Iared 965, Enoc 365, Matusalemme 969, Lamec 777, Noè 950. Anche negli scritti babilonesi si racconta di re che regnavano per migliaia di anni. La riduzione della longevità è una punizione per la malvagità del genere umano per cui il tempo affidato all'uomo "sarà di centoventi anni" (Genesi 6,3) e, più in generale, sarà fissato, come ricorda Dante, a 70 anni ("La durata della nostra vita è di settanta anni e per i più robusti di ottanta", Salmi 90,10).

Ancora fino alla metà dell'ottocento si veniva considerati vecchi a 40 anni e ancora oggi viene definito vecchio un atleta di 30 anni. Nello stereotipo attuale la mente subisce un deterioramento di cui la condizione corporea è uno specchio: lo sfacelo fisico è inesorabile e corrisponde al progressivo disgregarsi dei processi mentali.

In un simile contesto non può che essere giustificata la battaglia che l'essere umano ha da sempre ingaggiato contro l'invecchiamento. In linea teorica non esiste alcuna ragione per cui la vita debba seguire questo andamento; gli organismi potrebbero possedere la capacità di autoriparare all'infinito eventuali danni; ma, come ricorda Richard Dawkins nel suo "Il gene egoista", nella logica ferrea dell'evoluzione l'individuo assume valore solo in quanto meccanismo in grado di trasmettere il

patrimonio genetico; superato il limite della efficienza nella trasmissione del messaggio, prolungare la durata di vita di un simile veicolo involontario sembra un provvedimento inutile. Tuttavia la scelta evolutiva ha dotato l'essere umano di una mente e ciò ha modificato profondamente le caratteristiche stesse del processo evolutivo. La comparsa della mente ha innestato un processo coevolutivo in cui cultura e biologia rappresentano l'una la causa dell'evoluzione dell'altra, processo che non sembra avere uguali negli altri esseri viventi e che ha consentito all'essere umano di superare i vincoli imposti dalla biologia.

Invecchiamento fisiologico e patologico. Una delle conseguenze è che le età della vita assumono significato diverso nelle varie epoche e nelle varie culture. In quella attuale stiamo assistendo ad una sempre maggiore discrepanza tra l'immagine della vecchiaia come malattia (*senectus ipsa morbus*) e la realtà quotidiana. La cosiddetta rettangolarizzazione demografica (con un numero di soggetti pressoché equivalente nelle varie classi di età) ha documentato come il declino cognitivo non è affatto ineluttabile; a questo proposito è stato coniato il termine di invecchiamento di successo e parallelamente si è sviluppato un settore della medicina volto a definirne le peculiarità e individuare le strategie utili per farne un obiettivo raggiungibile dalla maggioranza della popolazione (*antiaging medicine*). Naturalmente non si tratta di un fenomeno specifico dell'epoca odierna; ad esempio Sofocle, ormai ottantenne, di fronte all'accusa di non essere più in grado di intendere, si difese leggendo ai giudici L'Edipo a Colono per cui gli fu accordato di continuare ad amministrare i suoi beni fino alla morte, avvenuta dopo altri dodici anni. Più semplicemente nell'era attuale l'invecchiamento senza deterioramento cognitivo non costituisce più un evento eccezionale. I ricercatori si sono convinti così della necessità di considerare l'invecchiamento fisiologico e l'invecchiamento patologico due entità totalmente distinte. I deficit comportamentali sarebbero attribuibili ad eventi patologici, mentre le modificazioni età-dipendenti sarebbero più propriamente espressione di una organizzazione cerebrale alternativa a quelle precedenti. In effetti ogni età ha la sua peculiare modalità di organizzazione anatomo-funzionale delle strutture cerebrali così come di elaborazione delle informazioni e rappresentazione della realtà. Non è certamente corretto, neanche metodologicamente, confrontare le prestazioni cognitive di soggetti di età molto diverse. Il parametro di riferimento non può essere rappresentato dalla popolazione giovane-adulta ma eventualmente dalla popolazione anziana "normale". In questo senso, proprio le modificazioni ambientali che hanno consentito il prolungamento della durata di vita hanno nel contempo fornito l'evidenza di un range di variabilità estremamente ampio, fino ad osservare valori che in molti settori possono essere superiori a quelli di soggetti giovani. L'insieme delle modificazioni che si verificano per la sola azione del passare degli anni non prevedono il sopraggiungere di un "marasma senile", termine con cui veniva etichettato ogni evento clinico associato al decesso e ritenuto dipendente direttamente dalla senescenza. Le condizioni di deterioramento cognitivo sarebbero invece in ogni caso indice di una

patologia che intercorre a ridurre, in modo anche drastico, l'eventuale longevità programmata dall'orologio biologico.

Il cervello plastico. Uno dei fattori che hanno maggiormente contribuito a modificare l'atteggiamento nei confronti dell'invecchiamento è certamente rappresentato dalla vera e propria rivoluzione copernicana attuata dalle più recenti acquisizioni delle neuroscienze. Si era sempre pensato al neurone come ad una cellula perenne e non sostituibile e alla organizzazione cerebrale come ad un sistema stabile che, una volta superata la fase infantile, non sarebbe più andato incontro a cambiamenti. Ovviamente da simili presupposti teorici derivava il convincimento che una lesione cerebrale non potesse in alcun modo essere emendabile; si assisteva, di conseguenza, ad un atteggiamento rinunciatario di fronte all'ipotesi di possibili interventi terapeutici. Lo stato attuale delle conoscenze ha invece ribaltato lo scenario. Ora sembra quasi incomprensibile come sia stato possibile mantenere il dogma della immutabilità del sistema nervoso per così lungo tempo, di fronte all'evidenza implicita rappresentata dalla incredibile capacità di adattamento dell'essere umano alle variazioni ambientali. Un soggetto che indossi lenti prismatiche tali da invertire il campo visivo (nel senso sia destra-sinistra che sopra-sotto) impiega un tempo piuttosto breve a modificare il proprio comportamento motorio al punto che dopo pochi giorni è anche in grado di andare in bicicletta. Tolti gli occhiali, torna rapidamente ad utilizzare le coordinate visuomotorie abituali; messi di nuovo gli occhiali prismatici, acquisisce nuovamente e più rapidamente di prima l'abilità nel muoversi senza impaccio nel mondo, mostrando così di aver mantenuto anche le informazioni relative alle coordinate visuomotorie inverse. Allo stesso modo gli astronauti, dopo essere stati in grado di adattarsi a vivere in un mondo privo di gravità, necessitano solo di qualche giorno per tornare al comportamento usuale. Le precedenti teorie sulla organizzazione del sistema nervoso mancavano di una spiegazione plausibile di tale flessibilità comportamentale e soltanto l'introduzione delle più recenti tecniche elettrofisiologiche e neuroradiologiche (e in particolare la risonanza magnetica funzionale) ha consentito di mettere in evidenza che le modificazioni comportamentali corrispondono a modificazioni della configurazione delle strutture cerebrali.

Come inizialmente documentato da Merzenich e confermato da indagini successive, l'esperienza modifica il cervello. L'uso selettivo di un dito della mano è accompagnato da un allargamento dell'area di rappresentazione specifica: è quanto è stato dimostrato non solo in laboratorio ma anche, ad esempio, in individui che per professione suonano il violino. La rappresentazione corticale delle dita di un soggetto cieco che impara a leggere secondo il metodo Braille include le aree che nei soggetti vedenti sono deputate alla vista. Allo stesso modo in soggetti sordi dalla nascita le aree acustiche vengono assunte dalle aree che si occupano della elaborazione degli stimoli visivi. Viceversa l'amputazione di una parte del corpo modifica in senso opposto la mappa corticale: l'area di rappresentazione della zona amputata viene occupata funzionalmente dalle strutture vicine. In altri termini i neuroni che in conseguenza di uno stato di deprivazione non sono più utilizzati non vanno incontro a processi di

degenerazione (come ritenuto in precedenza) ma vengono riutilizzati per altre attività cerebrali.

Le reti neuronali. A questa attitudine del sistema nervoso a riorganizzarsi in rapporto agli stimoli che riceve è stato dato il nome di plasticità; non si tratta di una funzione specifica ma di una proprietà intrinseca al tessuto nervoso, della caratteristica principale che lo differenzia dagli altri tessuti dell'organismo. Il correlato della plasticità può essere osservato a diversi livelli di indagine, dalle molecole al comportamento, e corrisponde alla proprietà delle cellule nervose di collegarsi fra loro a costituire delle reti. Cento miliardi di neuroni, ognuno collegato in media ad un migliaio di altri neuroni, costituiscono un totale di cento bilioni di connessioni. Attraverso questa rete sconfinata l'informazione (l'impulso nervoso ha una durata di circa un millisecondo ed una velocità variabile da tre a trecento km al secondo) viaggia in tutte e tre le dimensioni spaziali. La connessione tra neuroni può originare quindi una infinità di configurazioni possibili; l'ipotesi è che l'informazione sia contenuta implicitamente nelle peculiari configurazioni assunte dalla rete neuronale e che la rappresentazione del mondo avvenga grazie al graduale costituirsi di connessioni sinaptiche sempre più appropriate a svolgere una funzione specifica.

L'organizzazione delle configurazioni neuronali segue il principio descritto da Donald Hebb in "L'organizzazione del movimento" (1949): "Quando una cellula A eccita una cellula B (o contribuisce in modo ripetuto e consistente alla sua scarica), si realizza un processo tale che l'efficienza di A, in quanto una delle cellule che scarica su B, risulta potenziata". In altri termini, neuroni che si attivano contemporaneamente formano una connessione privilegiata; viceversa neuroni che non si attivano vicendevolmente perdono progressivamente la loro connessione. Una volta costituito un collegamento privilegiato, l'attivazione di un neurone trascina con sé l'attivazione dei neuroni connessi con una specie di effetto miccia. In questo senso i neuroni tendono a costituire dei gruppi, così come avviene per i gruppi sociali in cui i singoli individui scambiano relazioni più o meno intense tra di loro a seconda del grado di coesione; come nei gruppi sociali, le relazioni non sono fissate una volta per sempre ma fluttuano e subiscono continue variazioni cosicché nel corso della vita alcuni collegamenti possono essere rimossi ed altri nuovi venire instaurati. In questo modo ogni neurone, dal momento che è provvisto di migliaia di sinapsi, può entrare a far parte di migliaia di reti neuronali.

L'organizzazione di una rete di neuroni dipende quindi dall'eccitazione combinata dei neuroni che ne vengono a far parte. A sua volta l'eccitazione neuronale dipende dalla presenza di stimoli nell'ambiente. Di conseguenza l'organizzazione di una rete neuronale dipende in modo critico dalle informazioni presenti nell'ambiente. Il programma genetico predispone una struttura appropriata per la funzione specifica, ad esempio l'emisfero sinistro per il linguaggio, ma la funzione non si realizza se anche le condizioni ambientali non sono quelle appropriate. Sono note e ben documentate le storie di soggetti che, essendo cresciuti in ambienti privi di altri esseri umani, come nel

caso dei cosiddetti bambini lupo, non hanno sviluppato la capacità di comunicare verbalmente.

Si possono identificare tre tipi distinti di plasticità; una prima modalità è indipendente dall'esperienza e risponde a stimoli interni dell'organismo geneticamente predisposti; i processi di questo tipo operano senza alcun controllo da parte del mondo esterno; ad esempio il piano di sviluppo cerebrale avviene secondo un copione ed una sequenza temporale e spaziale prestabiliti; le variazioni possibili vengono mantenute entro limiti minimi. C'è poi una modalità che dipende strettamente dall'esperienza; è il caso, ad esempio, delle colonne di dominanza oculare: se ad esempio gli stimoli provenienti dai due occhi non coincidono e per un qualche motivo (ad esempio uno strabismo) le informazioni che provengono da un occhio non attivano la zona di corteccia geneticamente predisposta, lo spazio corticale che resta disponibile non viene perso ma viene occupato ed utilizzato dalle fibre provenienti dall'altro occhio (è bene sottolineare ancora che ciò ha una evidente conseguenza comportamentale nel mancato sviluppo della visione tridimensionale: caratteristiche anatomiche e funzionali procedono ovviamente in modo parallelo). In questo caso la corteccia si organizza in accordo alle informazioni che riceve dall'ambiente. C'è infine una modalità di organizzazione che non dipende dall'esperienza ma che l'esperienza può modificare: a questo tipo di plasticità si riferisce l'apprendimento; le connessioni fra neuroni vengono rafforzate o indebolite (fino a scomparire) sulla base delle somiglianze e delle differenze nel timing dell'attività pre- e post-sinaptica, secondo il principio di Hebb.

Particolarmente interessante dal punto di vista teorico è il caso della sindattilia, quando cioè le dita della mano o dei piedi non sono separate fra loro. La separazione chirurgica delle dita originariamente unite si accompagna ad una evidente variazione della mappa corticale: prima dell'intervento lo stimolo portato su un dito attiva tutta l'area della mano e lo stesso si verifica stimolando un qualunque altro dito (come se il soggetto possedesse un solo dito disposto orizzontalmente); dopo l'intervento ogni dito, come avviene di norma, attiva solo una parte dell'area, nettamente distinta da quella attivata dalle altre dita. In questo caso il rimaneggiamento della rete neuronale è avvenuto grazie non solo alla formazione di nuove connessioni provocata dall'attività sensomotoria selettiva delle singole dita ma anche e soprattutto alla scomparsa delle precedenti connessioni: secondo il principio formulato da Hebb, cellule che si attivano indipendentemente le une dalle altre determinano la perdita delle relative connessioni (che non si sono più dimostrate funzionali al sistema).

Invecchiamento e plasticità cerebrale. Uno dei segreti del processo evolutivo, e verosimilmente l'arma vincente del sistema uomo, consiste nel fatto che il sistema nervoso non è già pronto alla nascita ma per formarsi necessita di interagire con l'ambiente. Le informazioni ambientali innescano una sorta di competizione, attivando le connessioni sinaptiche più appropriate e disattivando le connessioni che non si sono rivelate utili: il modo principale di procedere sembra essere quello di produrre strutture neuronali grezze e poi attendere informazioni dall'ambiente. Attraverso questa incessante opera di selezione delle popolazioni neuronali più efficaci, le esperienze

individuali conducono alla realizzazione dell'organizzazione cerebrale. Connessioni vengono instaurate e rimosse incessantemente, subendo variazioni continue. Il cervello si evolve continuamente.

In definitiva invece di specificare tutti i possibili comportamenti, i geni hanno fornito al cervello la capacità di modellarsi in base all'esperienza. Nel caso dell'essere umano natura e cultura non sono in contrapposizione ma sono piuttosto meccanismi complementari: entrambi raggiungono i loro effetti incidendo sulla organizzazione sinaptica del cervello. Utilizzando questo stratagemma (l'organizzazione dei neuroni dipende dalla presenza degli stimoli appropriati), l'evoluzione è riuscita a fornire l'essere umano di un mezzo capace di adattarsi all'ambiente in modo non preconstituito. Alcune configurazioni, prefigurate geneticamente, sono relativamente stabili e permanenti; le altre si formano per apprendimento; una volta costituite, e stabilizzate dall'uso efficace della funzione espletata, restano comunque continuamente mutevoli e sottoposte ad aggiustamenti continui da parte delle informazioni provenienti dall'ambiente.

Questo processo di rimaneggiamento manifesta un grado variabile di efficienza nelle varie fasi del ciclo vitale, ma non si interrompe mai, neanche dopo una lesione. Esiste infatti una stretta relazione tra tipo ed entità del recupero funzionale postlesionale e tipo di riorganizzazione cerebrale, anche nel caso in cui le nuove configurazioni si rivelano disfunzionali (plasticità aberrante). L'invecchiamento segue le stesse regole: può essere considerato una fase fisiologica caratterizzata da un rallentamento dei meccanismi di riparazione ed adattamento; ciò si accompagna ad una strategia di elaborazione delle informazioni certamente diversa ma non necessariamente meno efficiente rispetto al modello di riferimento rappresentato dall'età più giovane. Michelangelo ha eseguito la Pietà di San Pietro a 25 anni ma ne aveva 85 quando ha scolpito la Pietà Rondinini.

"Training" cerebrale. Le reti neurali di un soggetto anziano possono attivarsi e modificarsi con l'esperienza allo stesso modo di quelle di un soggetto giovane. L'apprendimento dura tutta la vita; l'età non è un ostacolo (lo dimostrano ad esempio alcune simatiche indagini sull'apprendimento di videogiochi); inoltre ogni volta che si impara qualcosa il cervello si modifica in un modo che gli consente un apprendimento ulteriore; ciò che si apprende diventa la base di apprendimenti successivi. Il corollario è però che per restare efficienti le reti neurali devono essere mantenute in esercizio; in assenza di patologia, le modificazioni età-dipendenti trovano un compenso implicito nelle modificazioni dipendenti dalle esperienze; il principio di base può essere tradotto nelle formule "se non lo usi lo perdi" (ciò che non serve viene eliminato) e "se lo usi lo migliori" (ciò che serve viene rafforzato). Tra le cause che determinano prestazioni così variabili nei soggetti anziani una delle principali è proprio il diverso grado di "allenamento cognitivo"; si ritiene cioè che una rete neuronale possa resistere al danno tanto meglio quanto più è interconnessa; come in un maglione più è fitto l'intreccio dei fili di lana meno probabile è che possa verificarsi uno strappo e generarsi un buco. In questa ottica sempre maggiore enfasi riscuotono i programmi di "neurobica" o "fitness

della mente” il cui scopo è indurre il cervello a creare sempre nuove connessioni fra i neuroni. A conclusioni identiche giungono le indagini sui fattori predittivi di un invecchiamento ottimale: accanto al livello di istruzione e alla salute fisica, un fattore chiave appare la cosiddetta salute sociale, cioè il tipo e la ricchezza di interazioni emotivamente coinvolgenti. A questo proposito bisogna riconoscere che accanto alla sfida volta a conoscere i segreti della biologia, c’è un’altra sfida da affrontare, quella psicologico-sociale. L’accelerazione del ritmo con cui le conoscenze si arricchiscono e si complicano e la massiva introduzione della tecnologia hanno trasformato la figura del vecchio saggio, detentore di un patrimonio di conoscenze esperienziali, in quella del vecchio stolto (secondo la provocatoria definizione di Guggenbuhl-Craig), non al passo con i tempi e quindi inutile peso. Da questo punto di vista è sufficiente riflettere su quanto prevedibile e ripetitiva sia per un anziano la vita di tutti i giorni. Alla ricerca di nuove strategie terapeutiche, che sembra fornire sempre nuove speranze, come nel caso delle terapie basate sulle cellule staminali (sono sempre più convincenti i dati relativi alla neurogenesi, altra rivoluzione dogmatica), è indispensabile affiancare gli interventi strutturali e le modificazioni dell’organizzazione sociale che consentano all’individuo anziano di avvertire la sua utilità sociale, conservando la fiducia nelle proprie capacità, la curiosità e l’iniziativa così come la consapevolezza del controllo sulla propria vita e sul proprio destino; l’alternativa è il disuso e quindi la perdita delle connessioni delle reti neuronali faticosamente costruite con l’esperienza.

Conclusioni. La longevità senza le malattie croniche usualmente associate all’invecchiamento sembra essere diventata una meta realistica. Si tratta forse di una nuova versione dell’aspirazione all’immortalità tramandata dalla ricerca dell’elisir di giovinezza, il cui fallimento era stato decretato già nell’epopea di Gilgamesh, ma poi inevitabilmente riproposta in versioni molteplici: Medea ringiovanisce con i suoi filtri il vecchio Esone, Faust stipula patti diabolici, in vari luoghi del mondo conosciuto viene trovata la favolosa fontana. La stessa mitologia rammenta però anche i pericoli di una vita senza fine: Eos, Aurora, ottenne da Zeus l’immortalità per l’amatissimo Titone, ma, quando lo vide preda di un progressivo invecchiamento, si ricordò di non averne chiesto anche l’eterna giovinezza e presto lo abbandonò a se stesso; altrettanto amaro il destino del centauro Chirone: ferito, sebbene involontariamente, da una freccia di Ercole, per non soffrire eternamente, dato che la ferita era inguaribile, chiese ed ottenne di rinunciare alla sua immortalità (insegnando così all’allievo Esculapio l’arte di lenire le sofferenze dei mortali). Ciò che l’essere umano può tentare di ottenere è forse conciliare la durata con la qualità della vita, come si racconta degli Iperborei, il popolo fortunato che, secondo Plinio, vive senza conoscere malattie e muore per “sazietà di vivere”; ma certo l’obiettivo non è fermare l’attimo fuggente dato che, come suggeriscono Peter e Jean Medawar, “Solo gli esseri umani guidano il loro comportamento, conoscendo ciò che è già accaduto prima della loro nascita e potendo concepire in anticipo quello che accadrà dopo la loro morte. Così soltanto gli esseri umani trovano la loro strada grazie ad una luce che non illumina soltanto quel breve tratto di terra su cui poggiano i piedi.”

Bibliografia essenziale

- Agnati LF: Il cervello dell'uomo fra scienza e cultura. Ambrosiana, Milano, 1998
- Antonini FM: Normalità e norma in gerontologia. Giorn Geront 33: 1027, 1985
- Churchland PM: Il motore della ragione, la sede dell'anima. Saggiatore, Milano, 1998
- Dawkins R: Il gene egoista. Zanichelli, Bologna, 1979
- Edelman GM: Darwinismo neurale. Einaudi, Torino, 1995
- Guggenbuhl-Craig A: Il vecchio stolto e la corruzione del mito. Moretti e Vitali, Bergamo, 1997
- Hebb DO: L'organizzazione del comportamento. Angeli, Milano, 1975
- Jannerod M: La macchina del cervello. Vallecchi, Firenze, 1991
- Kandel ER et al: Principi di neuroscienze. Ambrosiana, Milano, 1998
- Ledoux J: Il sè sinaptico. Cortina, Milano, 2002
- Merzenich MM, Kass JH et al: Topographic reorganization of somatosensory cortical areas 3b and 1 in adult monkeys following restricted deafferentation. Neuroscience 8: 33-55, 1983
- Piccirilli M: Dal cervello alla mente. Morlacchi, Perugia, 2006
- Robertson I: Il cervello plastico. Rizzoli, Milano, 1999
- Rowe JW, Kahn RL: Human aging: usual and successfull. Science 237: 143, 1987
- Schacter DL: Alla ricerca della memoria. Einaudi, Torino, 2001
- Senin U: Paziente anziano e paziente geriatrico. Edises, Napoli, 1999
- Spinnler H: Il decadimento demenziale. Pensiero Scientifico, Roma, 1985