

La bomba del sesso

Il ruolo della selezione sessuale nell'evoluzione del cervello umano

GIUSEPPE BARBIERO

Come si è evoluto il cervello umano? Rispondere a questa domanda può sembrare relativamente semplice: il cervello umano è frutto di una selezione naturale che tende a favorire gli individui capaci di elaborare strategie innovative sempre più efficaci per la sopravvivenza. Una risposta plausibile che troviamo spesso anche nei manuali scolastici. Ma è davvero così? Sappiamo ad esempio che l'*Homo sapiens* arcaico possedeva un cervello anatomicamente indistinguibile da quello di un uomo moderno già 150.000 anni fa (1). Ben prima che fossero capaci di inventare la scrittura, l'agricoltura o se vogliamo, anche solo di produrre significativi miglioramenti nella capacità di fabbricazione di oggetti, i nostri antenati erano già dotati di un cervello di grandi dimensioni. Le indicazioni paleoantropologiche sembrano voler escludere che le pressioni selettive che hanno fatto evolvere il cervello umano siano state principalmente utilitaristiche. Certo, il cervello serve a svolgere numerose funzioni nella quotidiana lotta per la sopravvivenza e nella vita sociale dei mammiferi. Ma, appunto, per svolgere questi compiti è sufficiente un cervello meno 'dotato'.

Per capire quale può essere stata la spinta evolutiva che ha forgiato una struttura complessa, articolata, esigente e delicata come il cervello umano, occorre volgere la nostra attenzione alla più antica manifestazione delle capacità proprie di un cervello umano: l'opera d'arte. L'abilità artistica fa mostra di sé molto tempo prima di qualsiasi altra abilità manuale umana volta a scopi pratici: la Venere di Brassempouy, i dipinti delle caverne di Lascaux o di Altamira risalgono al Paleolitico superiore, mentre recentemente, in Sudafrica, sono stati rinvenuti frammenti di ocra, prima levigati e poi dipinti con motivi geometrici, risalenti a 77.000 anni fa (2). Sono manufatti che rivelano la grande perizia degli autori, ma che sono relativamente 'inutili' da un punto di vista pratico. La loro funzione è fondamentalmente estetica. Un cervello quindi per il proprio e altrui piacere, prima che per il dovere? Possiamo considerarlo un buon indizio, se pensiamo che un'opera d'arte può attirare l'attenzione dell'altro sesso e che la nostra specie -come la gran parte delle specie del regno animale- è soggetta alla selezione sessuale. E la sessualità è all'origine della straordinaria radiazione di forme e strutture nei metazoi che chiamiamo biodiversità. Rispondere quindi alla domanda "come si è evoluto il

cervello umano?" non è affatto scontato. Anzi, intorno a questa domanda è possibile costruire un itinerario didattico largamente interdisciplinare che può condurre a conclusioni sorprendenti.

Sessualità e biodiversità

Il capostipite del regno animale apparve sulla Terra quando i batteri avevano già accumulato 2.000 milioni di anni di evoluzione chimica e sociale. Le tre forme fondamentali del metabolismo -fermentazione, respirazione e fotosintesi- erano già da tempo state inventate e largamente rodiate dai batteri che alla fine trovarono il modo di fonderle fra di loro in diverse combinazioni simbiotiche trasformandosi in un nuovo tipo di cellule: le cellule eucariote. I complessi più efficienti diedero origine ai protisti, che sono i membri più piccoli del regno dei protocisti (proto = primo e ctista = essere). I protocisti sono un gruppo sistematico definito di solito in negativo, dove convergono gli organismi eucarioti non altrimenti classificabili. I protocisti infatti non sono animali perché non si sviluppano da blastule, non sono piante perché non si sviluppano da embrioni circondati da tessuto materno, non sono funghi perché non originano da spore. I protocisti sono protocisti, un regno che comprende le diatomee, le alghe brune e i ciliati. Distribuiti in una cinquantina di *phyla* diversi, i protocisti sono l'asse su cui è fiorita la biodiversità: sono non meno di 250.000 le specie attualmente viventi (3).

I discendenti di alcuni protocisti hanno dato origine al regno animale (zoomastigoti) e vegetale (clorofiti) che si riproducono per via sessuale. I nostri corpi sono formati da cellule di protocisti sessuati che clonano se stessi mediante la mitosi. Ma la linea di cellule germinali, quella che consente la riproduzione, ha sviluppato una capacità speciale e caratteristica di divisione cellulare che consente il dimezzamento del patrimonio genetico (*meiosi*) e una altrettanto speciale e caratteristica forma di 'simbiosi obbligatoria', di fusione cioè di due organismi -nello specifico il gamete femminile ed il gamete maschile- che fino a quel momento si erano evoluti separatamente (*fecondazione*). Meiosi e fecondazione sono le due tappe del ciclo della riproduzione sessuale. La via sessuale è una delle possibili opzioni di riproduzione nel mondo vivente ed è comparsa in tempi relativamente recenti nella storia della biosfera (4).

Origine della sessualità: fecondazione e meiosi

Da un punto di vista evolutivista, ciò che chiamiamo 'sesso' -la fusione di due gameti- altro non è che una forma particolare di simbiosi, con i suoi tipici meravigliosi meccanismi di comunicazione cellulare: dopo il reciproco riconoscimento l'oocita accoglie -anziché respingere come farebbe in qualsiasi altra circostanza- l'invasore, lasciando che il citoplasma e il nucleo dello spermatozoo si fondano con i propri. La dinamica di questa fusione, chiamata *fecondazione*, innesca un processo di sviluppo embrionale che darà origine ad un essere vivente mai visto prima, per metà somigliante al padre e per metà alla madre. Lo zigote infatti, la cellula frutto di questa fusione, possiede due serie di cromosomi ($2n$, diploide), mentre i gameti ne possiedono una soltanto (n , aploidi). Lo zigote cresce attraverso una serie di divisioni cellulari trasformandosi in un embrione che, seguendo una precisa sequenza di sviluppo, si trasformerà in un membro adulto della propria specie. Animali e piante condividono questo schema riproduttivo basato sulla sessualità. La vita sessuale di tutti gli altri organismi che non originano da embrioni differisce profondamente. I batteri ad esempio non hanno bisogno di sesso per riprodursi: per loro scambio sessuale e riproduzione sono due eventi indipendenti (5).

La fecondazione, la fusione di due esseri viventi che si attraggono, probabilmente ebbe origine da una forma di cannibalismo abortito. Fu il microbiologo americano Lemuel Roscoe Cleveland (1898-1972) che a metà del secolo scorso fece un'osservazione di importanza capitale. Cleveland coltivava nel suo laboratorio vari tipi di protisti. Un giorno si trovò ad osservare strane tensioni in una comunità di protisti particolarmente affamati: un zoomastigote cominciò a divorare il proprio vicino; altri facevano altrettanto, innescando un meccanismo predatore-preda che agitava la piccola comunità. Alcuni cannibali mangiavano e digerivano ogni appendice delle loro vittime. Altri invece sembravano soffrire di una sorta di indigestione che impediva loro di digerire i nuclei e i cromosomi dei propri pasti. Cleveland fissò la propria attenzione su questi ultimi: predatore e preda formavano ora una singola cellula con due nuclei e due serie di cromosomi. La somiglianza con il processo di fecondazione non sfuggì a Cleveland: "il primo zigote era forse sorto come un tentativo disperato di sopravvivere. I protisti non fotosintetici, che indulgono o meno in attività sessuali, comunque mangiano. Alcuni sono capaci di nutrirsi di qualsiasi cosa in condizioni di stress. Se posti in un luogo asciutto, messi alla fame o in imminente pericolo di vita preferiscono fondersi con i vicini che morire da soli" (6).

Superata la crisi, i due organismi potevano di nuovo separarsi, riorganizzando il proprio materiale nucleare.

La riorganizzazione del materiale nucleare prima della separazione è cruciale: è il punto di forza della riproduzione sessuale. Il complemento della fecondazione infatti è la meiosi. La meiosi è un insieme di processi volti a dimezzare il numero di cromosomi per cellula mediante una serie di divisioni speciali. Di solito attraverso due divisioni, i due gruppi di cromosomi per cellula si riducono ad uno solo. Le cellule che ne derivano sono chiamate cellule aploidi, ciascuna delle quali ha ereditato metà del genoma. La distribuzione dell'eredità genetica sembra abbastanza casuale, per cui ciascuna cellula normalmente eredita complessivamente una metà del genoma di media qualità. Tuttavia statisticamente vi saranno anche i due casi estremi ed opposti: quello delle cellule più fortunate e quelle più sfortunate. Le cellule più fortunate sono quelle che ereditano la parte migliore (i geni più efficienti), e sono pronte a riconoscere altre cellule aploidi, magari altrettanto fortunate, e dare origine fondendosi ad uno zigote da cui si svilupperà un embrione super-fortunato, perché frutto della combinazione di due cellule aploidi ciascuna delle quali erede della metà migliore del genoma di origine dei rispettivi genitori. Le cellule aploidi meno fortunate, quelle cioè che hanno ereditato i geni meno efficienti, ovvero i geni con un carico maggiore di mutazioni, cercano anche loro l'anima gemella con cui fondersi. Tuttavia nei casi più sfortunati incontrano una cellula aploide con un carico di mutazioni altrettanto elevato tanto che l'embrione muore prima di completare il proprio sviluppo e raggiungere la maturità sessuale. Morendo questi individui trascinano con sé nell'oblio evolutivista i geni difettosi.

Il sacrificio degli individui con una combinazione genetica più sfortunata è fondamentale per la salvezza della popolazione perché ne riduce il carico mutazionale complessivo. Batteri e funghi che non si riproducono per via sessuale tendono ad accumulare un carico mutazionale molto elevato che li rende vulnerabili a ciclici periodi di sterminio di massa. La riproduzione attraverso la sessualità meiotica consente di espungere le mutazioni pericolose dal carico mutazionale della popolazione. La dominanza infatti tende ad occultare le mutazioni geniche, di solito recessive. La divisione meiotica, distribuendo in modo diseguale i geni nei gameti, alla lunga sortisce l'effetto di accumulare geni vantaggiosi solo in alcuni individui della prole. Il ciclo fecondazione-meiosi si è rivelato molto efficiente come sistema riproduttivo ed ha contribuito alla radiazione e alla diffusione di tutte le piante, di tutti gli animali e di tutti i protocisti che hanno adottato la sessualità.

Amore e morte e il dilemma del gene egoista

L'invenzione della sessualità meiotica ha avuto l'effetto di una bomba nel mondo naturale per tre ragioni. Per prima cosa cambia il modo di riprodursi che passa ora

attraverso una fusione cellulare, come nella simbiosi. In secondo luogo dalla ricombinazione dei genomi aploidi si forma un genoma diploide, la base per il riconoscimento di un sé individuale. Infine l'individuo che nasce come zigote e si sviluppa come embrione, ora invecchia irrimediabilmente e la morte diventa il punto finale ineluttabile della parabola di ciascun singolo individuo.

Se l' 'amore' può essere definito come un moto affettuoso profondo che può coinvolgere la sfera sessuale, allora le fusioni cellulari -siano esse simbiotiche o sessuali- sono il primo e più importante modello di 'amore' in natura. L'amore inteso in questo senso costituisce un importante strumento d'innovazione evolutiva. Genomi evolutisi in tempi e contesti diversi si trovano insieme in un organismo ricombinante. La fusione sessuale ha una carica creativa inferiore a quella delle fusioni simbiotiche (7), in quanto combina insieme genomi molto simili. Per contro si adatta meglio a svolgere il ruolo di ricombinazione dei patrimoni genetici all'interno di una specie di organismi pluricellulari dotati di funzioni particolarmente complesse.

Osserviamo che la ricombinazione genica operata dal ciclo meiosi-fecondazione produce organismi sempre nuovi e originali, mai apparsi prima e che mai più riappariranno in seguito. La ricombinazione dei genomi operata dalla sessualità meiotica dà infatti origine ad un genotipo particolare e caratteristico di quel singolo, unico, irripetibile individuo. La morte è pertanto la terza e ultima grande conseguenza della divisione meiotica. Tutti gli organismi ovviamente possono correre il rischio di rimanere uccisi. Ma per gli organismi che scelgono la riproduzione sessuale la morte diventa un destino ineludibile. Non potendo più procedere allo scambio orizzontale di geni gli organismi a riproduzione sessuale invecchiano irrimediabilmente e compare, per la prima volta nella storia della vita sulla Terra, la morte intesa come perdita di quel singolo unico individuo che possiede quella determinata e unica combinazione del proprio genoma. Curiosamente lo stretto legame evolutivo tra l'amore (fusione sessuale) e la morte sembra qui in qualche modo ricalcare, e forse offrire un fondamento biologico al principio del piacere teorizzato dal primo Freud, che individuava nella tensione tra amore e morte il dinamismo essenziale della vita contrapposto al principio di conservazione (8). Vediamo ora la questione dal punto di vista del 'gene egoista' (9). La comparsa della morte come destino inevitabile del singolo individuo pone al 'gene egoista' dei nuovi vincoli al proprio programma di riproduzione e diffusione. Il 'gene egoista' non è più libero di circolare 'orizzontalmente', cioè attraverso scambi all'interno della stessa generazione di individui, come nelle comunità batteriche. Con la riproduzione sessua-

le, che consente un movimento dei geni solo 'verticale' cioè di generazione in generazione, il 'gene egoista' si trova prigioniero del corpo che lo ospita, come un naufrago chiuso all'interno di una imbarcazione che sta affondando. L'unica speranza è nella scialuppa di salvataggio rappresentata dalla divisione meiotica e sperare di fare un incontro fortunato per dare origine ad una nuova generazione. Ma la 'fortuna' può essere in una certa misura manipolata. Per prendere parte ad un matrimonio fortunato occorre che i diversi 'geni egoisti' che coabitano in un organismo sviluppino una strategia collettiva che convinca l'organismo partner del sesso opposto a sceglierli per l'accoppiamento (10). Come spesso accade in natura, il vincolo si trasforma presto in nuova opportunità. Un carattere che normalmente non avrebbe nessuna possibilità di superare il vaglio della selezione naturale, riesce lo stesso ad affermarsi grazie alla selezione sessuale, come ad esempio la lunga coda del pavone.

La coda del pavone

"Ogni volta che il mio sguardo si fissa su una penna della coda di pavone mi sento male". Così Charles Darwin confessò un giorno al figlio Francis il senso di nausea che gli induceva il pavone, quando questi nel cortile di casa metteva in mostra la sua magnifica coda. La coda del pavone sembrava beffarsi della sua teoria della selezione naturale. Era chiaro a Darwin che una certa caratteristica evolutasi attraverso la selezione naturale per svolgere funzioni specifiche, avrebbe dovuto essere piuttosto omogenea, con piccole differenze all'interno di una data popolazione, perché la selezione naturale provvede ad eliminare le varianti poco adattative e favorisce il diffondersi dei geni che permettono una risposta ottimale alle sollecitazioni ambientali. La caratteristica che supera il vaglio della selezione naturale avrebbe dovuto anche essere la più efficiente ed economica possibile e soprattutto molto specializzata, capace cioè di integrarsi modularmente con il resto delle altre caratteristiche di quel determinato organismo. I tratti emersi dalla selezione naturale presentano infatti tutte le caratteristiche tipiche dell'adattamento per la sopravvivenza: la convergenza evolutiva, la radiazione adattativa e, ovviamente, una funzione per la sopravvivenza.

La coda del pavone è tutto il contrario. La coda del pavone è vistosa, palesemente inutile da un punto di vista della sopravvivenza e non è un adattamento imitato da altri uccelli. A che serve quindi la coda del pavone? Per riuscire a rispondere a questa domanda Darwin attese dodici anni, il tempo intercorso dalla pubblicazione nel 1859 di *L'origine delle specie per effetto della selezione naturale*, fino alla pubblicazione nel 1871 di *L'origine dell'uomo e la selezione in relazione al sesso*. Leggendo per intero i titoli originali di questi due capolavori

di Darwin appare subito evidente che a fianco della selezione naturale, che giustificava l'evoluzione di gran parte dei viventi, il grande naturalista inglese riconosceva nella selezione sessuale l'altra grande forza evolutiva e che questa, più che la selezione naturale, poteva rendere ragione dell'origine dell'uomo. La selezione sessuale si fonda sulla libera scelta del partner per l'accoppiamento (11), obbligando gli individui del sesso opposto ad investire parte delle proprie energie nella esibizione della fitness durante il corteggiamento. Fitness significa propensione a sopravvivere e a riprodursi con successo. Esibire la propria fitness al potenziale partner aumenta le probabilità di accoppiamento e di riproduzione, per questo nel corteggiamento occorre mettere in mostra non una fitness generica ma una serie di indicatori di fitness quanto più eccitanti possibile.

Un *indicatore di fitness* è una caratteristica biologica che si è evoluta specificatamente per evidenziare le potenzialità di sopravvivenza e di riproduzione di un organismo. Normalmente un indicatore di fitness è una caratteristica complessa cui concorrono molti geni. Da questo punto di vista la coda del pavone è un ottimo indicatore di fitness. Nel suo sviluppo e nel suo mantenimento sono coinvolti un gran numero di geni. Per questo si dice che un buon indicatore di fitness riassume molta informazione genetica. Infatti se i geni hanno subito mutazioni la coda appare meno bella o priva di qualche caratteristica. Inoltre la bellezza della coda dipende dalle condizioni fisiche e dallo stato di salute e di forma del pavone. Un pavone malato o anziano avrà una coda meno bella di un pavone giovane e sano. Infine la coda del pavone è una caratteristica fenotipica così complessa che permette al potenziale partner di percepire anche lievi differenze nella variabilità genetica.

Una bella coda però per essere apprezzata dalle femmine del pavone deve essere prima di tutto percepita. I tratti selezionati per via sessuale devono quindi assecondare la predisposizione sensoriale del proprio partner. Le femmine sono dotate di un buon apparato uditivo? Allora un bel canto può attirare la loro attenzione. Le femmine possiedono una vista che permette loro di cogliere differenze nei colori? Allora una coda sgargiante e iridescente può fare colpo. I colori, la particolare disposizione delle piume della coda del pavone, sono stati selezionati in funzione delle capacità percettive delle femmine del pavone. Le quali apprezzano il messaggio che viene loro lanciato: "Guarda che coda lunga e colorata che ti mostro! I geni che possiedo mi permettono di esibire una coda così bella, godo di ottima salute e nonostante l'impaccio che essa può rappresentare quando devo fuggire dai predatori sono sempre sopravvissuto. Non potrei essere un buon padre per i tuoi figli?"

Un carattere estremo che obiettivamente rappresenta un handicap nella lotta per la sopravvivenza, diventa un carattere apprezzato dal sesso opposto perché manda un messaggio positivo sulla qualità dei geni e sullo stato di salute generale del portatore dell'handicap (12). Per questa ragione i caratteri selezionati per via sessuale tendono ad essere estremi, innescando un processo a cascata che sviluppa al massimo le potenzialità di quel determinato carattere (13). L'unico limite è la disponibilità di risorse che ciascun organismo può impiegare nell'esibizione della fitness: oltre un certa soglia il carattere estremo non può più evolvere senza intaccare irrimediabilmente le possibilità di sopravvivenza dell'individuo.

Un cervello seducente

Anche le attività che meglio contraddistinguono un cervello umano -come la musica, l'arte, la creatività, l'umorismo, la poesia e la coscienza- presentano i tratti tipici degli indicatori di fitness. Geoffrey Miller, un giovane psicologo evolutivista autore del divertente saggio *Uomini, donne e code di pavone* (14), lo spiega così: "Se una caratteristica mentale si è evoluta attraverso la selezione sessuale come indicatore di fitness, dovrebbe mostrare ampie differenze tra la gente. Si è evoluta specificatamente per aiutare la scelta sessuale a discriminare in favore del suo possessore a spese degli altri rivali. Gli indicatori di fitness possono mostrare alta ereditabilità perché sono coinvolti nella variabilità genetica della fitness e la fitness di solito è ereditabile. Affinché gli indicatori di fitness siano credibili devono essere totalmente inutili. Devono avere alti costi che li rendano assolutamente inefficienti a confronto con gli adattamenti per la sopravvivenza. Infine, gli indicatori di fitness possono non essere totalmente modulari e separati dagli altri adattamenti, perché il loro unico scopo è rappresentare la salute, la fertilità e la fitness di un organismo.

La coda del pavone appare conformarsi a questo profilo come indicatore di fitness e lo stesso molte abilità mentali umane. Agli psicologi evolutivisti, le attività umane come la musica, l'umorismo e la creatività non sembrano adattamenti perché appaiono troppo variabili, troppo ereditabili, troppo privi di scopo e non molto modulari. Ma queste sono precisamente le caratteristiche che dovremmo aspettarci per gli indicatori di fitness. Se i tratti della mente umana mostrano grandi differenze individuali, alta ereditabilità, forte dipendenza dalle condizioni ambientali, costi elevati e strette correlazioni con altre abilità fisiche e mentali, allora possono essersi evoluti attraverso la selezione sessuale come indicatori di fitness" (15).

E' importante sottolineare che la grande maggioranza delle caratteristiche del cervello umano è presente anche nella gran parte dei vertebrati. I meccanismi che

regolano la nostra respirazione, il controllo degli arti, l'equilibrio, la percezione dei colori, la percezione del dolore negli infortuni sono adattamenti evolutisi decine e a volte centinaia di milioni di anni fa e li condividiamo con migliaia di altre specie. Altre caratteristiche come i ricordare i volti, farsi degli amici, punire gli inganni, percepire lo status sociale sono adattamenti del cervello più recenti e li condividiamo solo con le scimmie antropomorfe. In ogni caso sono tutti adattamenti psicologici evolutisi attraverso la selezione naturale.

Tuttavia, molti degli adattamenti psicologici che sono unicamente umani come la creatività, il linguaggio articolato, l'arte o la musica non sono invenzioni culturali, ma epifenomeni di un genoma che può fare musica, può fare arte, può raccontare una storia. Sono attività in cui si manifestano grandi differenze individuali e che, dal punto di vista dell'utilitarismo dell'evoluzione (*cost-cutting frugality*), appaiono estremamente improbabili. In altre parole sembrano proprio essere degli indicatori di fitness. Ciò che ci rende propriamente umani pare che sia qualcosa che ha a che fare con la libera scelta sessuale.

La teoria del cervello in salute

Un cervello umano è un organo relativamente piccolo (il 2% in peso) ma estremamente esigente: consuma il 15% dell'ossigeno assunto per via respiratoria, il 25% dell'energia metabolica e il 40% del glucosio del nostro sangue. In natura cervelli molto più piccoli e meno esigenti sono perfettamente adatti alla lotta per la sopravvivenza. A che serve quindi un cervello metabolicamente così dispendioso? Un cervello di questo tipo apparentemente serve per fare cose 'umane', che però poco hanno a che fare con la sopravvivenza. La nostra intelligenza creativa potrebbe essersi evoluta non perché fornisce un qualche immediato vantaggio per la sopravvivenza, ma perché essere creativi è molto impegnativo, è necessario avere doti particolari, che è come dire geni un po' eccezionali che devono quindi 'venire allo scoperto' e ciò ci rende particolarmente indifesi nel rivelare le mutazioni genetiche che condizionano il nostro comportamento. I neurofisiologi ritengono che non meno del 50% del genoma umano concorre allo sviluppo del cervello. Il cervello quindi rappresenta una finestra molto significativa sulla bontà del patrimonio genetico di chi lo possiede.

I nostri cervelli si aprono come un'esposizione della nostra fitness e scopriamo un'intera nuova classe di indicatori di fitness, dei veri e propri lussi evolutivisti come la generosità, la creatività artistica e la moralità. L'intelligenza creativa e il linguaggio potrebbero essere utili in dosi modeste, ma gli uomini non sono modesti, sono eccessivi. L'intero cervello è un carattere eccessivo, estremo, appariscente per poter

colpire in profondità la fantasia del partner. Le funzioni umane del cervello non sembrano aver avuto in origine una qualche utilità pratica per la sopravvivenza, ma possono avere una funzione di esibizione della fitness nel corteggiamento. L'esibizione della fitness ha una profonda influenza sull'orientamento evolutivo di una popolazione. Per questo molte specie animali adottano il comportamento nel corteggiamento come indicatore di fitness.

La mente umana può quindi essere vista come una serie di indicatori di fitness. "Se consideriamo il cervello umano come un gruppo di indicatori di fitness selezionati, il suo alto costo non è un accidente -sostiene Miller- anzi, rappresenta l'intero risvolto della questione. I costi del cervello sono ciò che lo rende un buon indicatore di fitness. La selezione sessuale ha reso i nostri cervelli spreconi, se non addirittura inutili: ha trasformato un piccolo, efficiente cervello di scimmia antropomorfa in un enorme handicap affamato di energia che esprime comportamenti lussuosi come la conversazione, la musica e l'arte.

Questi comportamenti possono sembrare strumenti utili a trasmettere informazioni da una mente all'altra, ma da un punto di vista biologico potrebbero trasmettere nulla più che la nostra fitness a coloro che considerano l'opportunità di combinare i propri geni con i nostri. I nostri antenati più bravi impararono ad articolare i pensieri, mentre i principi più profondi della selezione sessuale potrebbero aver raggiunto le loro menti. Per favorire gli indicatori di fitness, la scelta sessuale ha richiesto un comportamento nel corteggiamento che forzasse al limite le capacità della mente. Ha richiesto ciò che è difficile. Ha forzato il cervello umano ad evolversi sempre più fortemente dipendente dalle condizioni e sempre più sensibile alle mutazioni pericolose. Non ha chiesto al cervello ciò che poteva fare, ma quale informazione sulla fitness poteva rivelare sul proprietario del cervello stesso" (16). Qualsiasi caratteristica di un organismo può diventare bersaglio della selezione sessuale, la quale tenderà ad estremizzare quel particolare carattere.

Nel pavone il processo di selezione sessuale ha preso di mira la coda. Secondo Miller la selezione sessuale avrebbe preso di mira il cervello nell'uomo, favorendone anche importanti modifiche della struttura anatomica, per renderlo più adatto alla nuova sfida.

Un cervello plastico ed autonomo

Da un punto di vista anatomico il cervello umano si differenzia da tutti gli altri per due caratteristiche fondamentali: è più *complesso*, nel senso che è più ricco di neuroni e soprattutto di connessioni (sinapsi) ed è più *isolato*, nel senso che è separato dal resto del corpo da una rigida barriera ematoencefalica che permette al cervello umano di vivere letteralmente in un mondo a

sé, una sorta di *suite* virtualmente chiusa alle perturbazioni esterne.

Il cervello umano è costituito da oltre 100 miliardi di neuroni e poiché ciascun neurone stabilisce circa 10.000 sinapsi, si può immaginare il cervello umano come una rete costituita da circa 10^{15} nodi. Non è facile dare un'idea della complessità di questa rete: basti immaginare che se un potente calcolatore, capace di tracciare 1000 di queste sinapsi al secondo, avesse iniziato il proprio lavoro ai tempi della consegna delle Tavole della Legge a Mosè (1200 a.C.), oggi avrebbe disegnato poco più un decimo del cervello! Nel cervello umano possiamo riconoscere almeno tre strutture anatomiche con storie evuzionistiche, se non con funzioni, diverse. La parte più antica, il *rinencefalo*, presiede prevalentemente alle funzioni vegetative (battito cardiaco, respirazione, movimento dei visceri, ecc.) e al comportamento istintivo: in pratica tutte le funzioni, indispensabili per la vita, che avvengono automaticamente, senza coinvolgere, almeno in prima istanza, la sfera emotiva e psichica. La seconda parte, il *paleocervello*, ricopre la prima ed è prevalentemente responsabile di attività che soddisfano i bisogni fondamentali dell'individuo (la fame, la sete, il sonno, ecc.), ma svolge anche un ruolo importante nella determinazione sia di alcuni stati emozionali di base, quali l'aggressività, la paura e la sessualità, sia -attraverso il lobo limbico- di stati emozionali più complessi, collegati in qualche misura con i ricordi e la memoria, quali la gioia, la tristezza, la rabbia. La terza parte, la *neocorteccia*, riveste gli strati inferiori del cervello come un manto, formando innumerevoli pieghe e solchi. E' la parte evolutivamente più recente ed è particolarmente sviluppata nell'uomo. Lo sviluppo della neocorteccia è anche ontologicamente più tardivo. I bambini nascono con molti neuroni della neocorteccia che non hanno ancora formato tutti i circuiti nervosi. Le sinapsi tra le cellule nervose si formano in gran parte durante il lungo periodo infantile (17). In particolare la parte anteriore della neocorteccia, costituita dai lobi frontali, sembra quella maggiormente coinvolta in tutte quelle attività che possiamo considerare specificatamente umane, e sono probabilmente queste le strutture neuronali che hanno subito la pressione evolutiva maggiore da parte della selezione sessuale.

A questa progressiva crescita della complessità della rete neuronale, corrisponde un progressivo isolamento delle strutture cerebrali rispetto al resto dell'organismo, grazie al costituirsi di una rigida barriera ematoencefalica. L'isolamento del cervello è una tendenza evuzionistica piuttosto chiara: a mano a mano che si sale nella gerarchia dei vertebrati, la barriera diventa infatti sempre più impermeabile ed il cervello più indipendente. Nelle scimmie antropomorfe la barriera è già molto rigida, ma è nell'uomo che diventa

così selettiva da essere dotata di specifici sistemi di trasporto per i diversi tipi di zuccheri, per gli amminoacidi precursori di neurotrasmettitori e di neuroormoni, nonché per i precursori degli acidi nucleici e della colina. I plessi coroidei e le valvole di uscita sono a tenuta stagna e quindi non interrompono la barriera ematoencefalica, mentre al contrario esiste un libero passaggio del liquido cefalorachidiano verso lo spazio extracellulare cerebrale, il quale stabilisce in questo modo un elemento di continuità e di omogeneizzazione nella discontinuità e nell'eterogeneità neuronale. Le cellule nervose sono circondate da un proprio ambiente autonomo che rimane costante e che permette loro di rimanere estranee agli avvenimenti che possono turbare l'ambiente extracerebrale. Il parallelo che viene in mente è con l'omeotermia, che nei vertebrati superiori ha permesso di rendere l'ambiente interno relativamente indipendente rispetto all'ambiente circostante. Allo stesso modo la barriera ematoencefalica nell'uomo permette all'ambiente cerebrale di raggiungere un elevato grado di indipendenza rispetto all'ambiente interno (18).

La scelta del partner e la conseguente selezione sessuale potrebbe in questo modo aver favorito lo sviluppo di quelle condizioni anatomiche -isolamento del cervello e maggiore complessità neuronale- che permettono all'uomo di cominciare a sottrarsi ai vincoli biologici e del bisogno immediato, creando le premesse per un balzo evolutivo straordinario, quello che ha reso propriamente umana la nostra specie.

Generosi per esibizionismo ...

Quando una certa caratteristica diventa bersaglio della selezione sessuale, la competizione per la riproduzione ne favorisce l'indipendenza dalla competizione per la sopravvivenza. Nell'uomo, il cervello cessa di essere un organo efficiente e ben integrato, per diventare qualcosa di incredibilmente complesso, autonomo, capace di produrre i comportamenti più bizzarri volti non più alla sopravvivenza, ma all'esibizione della fitness. La libera scelta del partner nel gioco amoroso apre orizzonti nuovi alla libertà di comportamento. La selezione sessuale svincola l'uomo dal determinismo comportamentale, rendendolo un animale assolutamente imprevedibile: qualsiasi comportamento può andare bene, purché sia apprezzato da almeno un partner sessuale per generazione. Siamo alla radice biologica della creatività (19) -e del suo opposto la distruttività (20)- che in buona sostanza significa essere liberi di scegliere il proprio comportamento e il proprio destino.

Per chiarire la portata di questa spinta evolutiva proviamo a riconsiderare un tipico problema evuzionistico: l'affermazione dei comportamenti altruistici in natura. La selezione naturale è fortemente utilitaristica e tende ad eliminare tutti i comportamenti che non sono

finalizzati all'adattamento e al successo riproduttivo del singolo individuo. Un comportamento generoso ed altruistico può affermarsi soltanto in due casi: quando l'atto altruistico favorisce la fitness di parenti stretti (*kin selection*) o quando vi è ragionevole sicurezza che l'atto altruistico verrà ricambiato (*tit-for-tat*) (21). Se però un certo atto altruistico rivela la fitness del donatore, allora comportamenti generosi possono evolvere con facilità e in breve tempo. La selezione sessuale è in questo caso molto più rapida e potente della selezione naturale. L'altruismo, la generosità e tutti quei comportamenti che riteniamo moralmente elevati, sono importanti manifestazioni di fitness utili ad apparire belli e desiderabili ai potenziali partner. A patto però che i comportamenti siano sempre ben esibiti, altrimenti perdono di efficacia evolutiva. Si spiega così tutta una serie di esibizioni pubbliche di generosità che consentono al donatore non solo di manifestare la propria appetibilità sessuale, ma di conquistare e mantenere la considerazione sociale e il proprio potere politico ed economico. Abbiamo innumerevoli esempi di questo tipo: dalle fondazioni che portano il nome del miliardario di turno, ai party di beneficenza organizzati dalle star di Hollywood, dai concerti rock-aid, ai nostrani proprietari di squadre di calcio professionistiche. Altruismo ben esibito con interesse personale ben evidente.

... e generosi per serendipità

Ma la generosità esibita non appare ai più particolarmente attraente, perché è facile leggersi un intento manipolatorio, implicitamente egoistico, in contraddizione stridente con un atteggiamento realmente generoso che esprime una vera capacità di compassione. Un atteggiamento sinceramente generoso apre a nuove possibilità nelle relazioni umane e per serendipità conquista una progressiva autonomia dalla competizione sessuale, fino a distaccarsene completamente. La serendipità è praticamente la regola nella selezione sessuale: vi sono infiniti esempi dove accade che un particolare tratto inizialmente si sia affermato perché appassionante per i partner sessuali e successivamente si sia rivelato utile per una funzione differente in altre circostanze, in tempi e luoghi diversi. Le caratteristiche, fisiche o comportamentali, che si sono evolute per un certo scopo e che nel corso della loro storia evolutiva trovano un utilizzo diverso sono chiamate ex-adattamenti o esaptazioni. Nel caso dell'uomo l'esaptazione di un tratto comportamentale può rivelare un percorso evolutivo di tipo culturale. Così non è difficile immaginare che l'abilità artistica possa essere stata utilizzata, ad un certo punto del Paleolitico superiore, con funzioni utilitaristiche ed abbia cessato di essere solo una semplice esibizione di fitness. Allo stesso modo il comportamento altruistico potrebbe essere stato ori-

ginariamente favorito dalla selezione sessuale fino a quando, con l'affinarsi del pensiero riflesso e della coscienza, la generosità ha cominciato ad autonomizzarsi dall'etica sessuale per diventare etica a sé. Se le donazioni in beneficenza debbono essere rese pubbliche per essere efficaci come segnali sessuali, ecco una buona ragione per affrancare l'atto altruistico dall'esibizione sessuale. La generosità diventa più matura, più profonda e si innalza. Il comportamento generoso non viene più esibito di proposito, ma addirittura nascosto, rispondendo ora a logiche che trascendono completamente quelle del corteggiamento e del riconoscimento dello status sociale. Se questa interpretazione è corretta si troverebbe confermata la tesi, sostenuta da molte tradizioni ascetiche, che le manifestazioni più alte delle relazioni umane come la coscienza o la vita spirituale affondino le proprie radici nella sfera sessuale di ciascuna persona. L'energia della sessualità -l'eros (22)- sarebbe all'origine della verticalizzazione umana, oltre che in un senso spirituale, anche in un senso più strettamente biologico. La postura eretta infatti è necessaria perché si possa articolare un linguaggio che a sua volta è proprio uno dei tratti presi di mira dalla selezione sessuale. Da un punto di vista evolutivo non è quindi sbagliato considerare la generosità (o la letteratura) una sorta di effetto collaterale della scelta dell'anima gemella con cui condividere una romantica storia d'amore.

Giuseppe Barbiero

Note

(1) R. Lewin, *The Origin of Modern Humans* New York: Scientific American Library, 1993. (Trad. it. *Le origini dell'uomo moderno* Zanichelli, 1996). Vedi anche il riassunto del dibattito attuale sull'origine dell'uomo moderno in G. Biondi & O. Rickards, Quale antenato? LE SCIENZE n. 421, pp. 28-35, 2003

(2) M. Balter *Ancient Art from a Modern Human* SCIENCE NOW January, 10, 2002: 1

(nel sito <http://sciencenow.sciencemag.org/cgi/content/full/2002/110/1>).

Vedi anche: M. Balter *From a Modern Human's Brow ... or Doodling?* SCIENCE vol. 295, pp. 247-249, 2002

(3) L. Margulis *Symbiotic Planet* New York: Basic Books, 1998, p. 56

(4) L. Margulis, *cit.*, p. 65

(5) L. Margulis, *cit.*, p. 88

(6) L.R. Cleveland *The origin and the evolution of Meiosis* SCIENCE, vol. 105, pp. 287-288, 1947

(7) L. Margulis & D. Sagan *Acquiring genomes* New York: Basic Books, 2002

(8) Almeno questa sembra essere la posizione del fondatore della psicanalisi prima della svolta del 1920. Cfr. S. Freud *Al di là del principio del piacere* Milano, Bruno Mondadori, 1996

(9) 'Gene egoista' è una metafora inventata dal biologo Richard Dawkins che estremizza l'idea neo-darwiniana che i processi evolutivisti agiscono sul genotipo attraverso la

selezione differenziale dei fenotipi che essi riescono ad esprimere. Dawkins adotta quindi il 'punto di vista dei geni', il cui unico fine ontologico sarebbe quello di replicarsi da una generazione alla successiva. Cfr. R. Dawkins, 1976, *The Selfish Gene* Oxford University Press (trad. it.: *Il gene egoista* Bologna, Zanichelli, 1979). Sulla pericolosità di metafore prese troppo sul serio si veda anche G. Barbiero *Simbiosi e apoptosi. Dal gene egoista al sacrificio del sé individuale* NATURALMENTE, vol. 15, n. 4, pp.19-25, 2002

(10) Un'alternativa è quella del gene pleiotropico il cui unico merito è di legarsi fisicamente al carro del gene vincente e venirne trascinato, superando in tal modo il vaglio della selezione naturale.

(11) Scelta di solito -come osservava Darwin- operata dalla femmina: con gran scandalo della società vittoriana, ma che fa onore all'onestà intellettuale dell'Autore della teoria della selezione sessuale, che di quella società era comunque espressione.

(12) A. Zahavi & A. Zahavi *The handicap principle: A missing piece of Darwin's puzzle* Oxford: Oxford University Press, 1997 (Trad. it.: *Il principio dell'handicap: la logica della comunicazione animale* Einaudi, Torino, 1997)

(13) R.A. Fisher *The genetical theory of natural selection* Oxford: Clarendon Press, 1930

(14) G. Miller, *The Mating Mind*. London: William Heinemann, 2000. (Trad. it.: *Uomini, donne e code di pavone* Einaudi, Torino, 2002)

(15) G. Miller, *cit.*, pp. 139-140

(16) G. Miller, *cit.*, pp. 141-142

(17) S. Rose, R. Lewontin & L. Kamin *Not in our genes* 1983. (Trad. it.: *Il gene e la sua mente* Milano, Mondadori EST 1983, pp.152-153).

(18) Cfr. J.D. Vincent *Biologie des passions* Paris: Editions Odile Jacob, 1986. (Trad. it.: *Biologia delle passioni*, Einaudi, Torino, 1988, pp. 51-59)

(19) G. Miller, *cit.*, pp. 417

(20) G. Barbiero *La violenza: il carattere patologico della combattività destrutturata* in A. Dogliotti Marasso & E. Camino *Il conflitto fra vincolo e opportunità* Torre dei Nolfi (Aq), in stampa.

(21) R.D. Axelrod & W.D. Hamilton *The evolution of cooperation* SCIENCE vol. 211, pp. 1390-1396, 1981

(22) A. de Souzaenelle *L'arc et la flèche* 2001 Gordes. (Trad. it.: *L'arco e la freccia* Gorle - BG, Servitium, 2002)

