

L'adolescenza necessaria

Robert Sapolsky, Nautilus, Stati Uniti. Foto di Jennifer Loeber

Gli adolescenti non sanno valutare i pericoli, sono egoisti e spesso irrequieti. Oltre alla tempesta ormonale legata all'età, alcune aree del loro cervello maturano più tardi. Ma questo gli permette di imparare a valutare la complessità del mondo sociale, scrive il neurobiologo Robert Sapolsky

Alle pendici dei monti della Sierra Nevada, a qualche ora di macchina da San Francisco, si trovano le Moaning Caverns, un sistema di grotte che, dopo una stretta e tortuosa discesa di una decina di metri, ha un dislivello di 55 metri. In fondo al dirupo il servizio dei parchi dello stato ha trovato alcuni scheletri umani antichi. I nativi americani che vivevano nella zona a quei tempi non facevano sacrifici umani, quindi è probabile che qualche amante dell'avventura abbia fatto un passo di troppo e sia precipitato. Gli scheletri appartenevano a ragazzi adolescenti.

La cosa non mi sorprende. L'adolescenza è il periodo della vita in cui è più probabile che una persona entri in una setta, uccida o sia uccisa, inventi una nuova forma d'arte, lotti per deporre un dittatore, faccia pulizia etnica in un villaggio, aiuti chi ne ha bisogno, scopra nuove leggi della fisica, si vesta in modo orribile, dedichi la vita a dio e sia convinta che tutte le forze della storia convergano per rendere questo momento carico di pericoli e promesse il più importante di tutti.

Per tutto ciò bisogna ringraziare il cervello adolescente. Qualcuno sostiene che l'adolescenza sia un'invenzione culturale: nelle culture tradizionali c'è sempre un momento di transizione dopo il quale un essere umano è considerato un giovane adulto. Ma il progressivo passaggio dalla nascita all'età

adulta non è lineare. Il cervello adolescente è unico: non è solo un cervello adulto non ancora maturo e non è neanche il prolungamento di un cervello infantile. La sua particolarità dipende dal fatto che una regione specifica, la corteccia frontale, non è ancora del tutto sviluppata. Questo spiega la turbolenza di quell'età, e riflette un'importante pressione evolutiva.

Fiumi burrascosi

La corteccia frontale è la parte del cervello umano che si è evoluta più di recente. Da lì scaturiscono i comportamenti sensati e maturi: i progetti a lungo termine, la funzione esecutiva, il controllo degli impulsi e la regolazione delle emozioni. La corteccia frontale ci spinge a fare la scelta giusta anche quando non è la più facile. Ma i suoi neuroni si sviluppano completamente dopo i vent'anni. Perché?

Uno dei principi fondamentali della ge-

La corteccia frontale ci spinge a fare la scelta giusta anche quando non è la più facile. Ma il suo sviluppo si completa del tutto dopo i vent'anni

netica è che il genoma con il quale cominciamo la nostra vita, quando cioè siamo solo un ovulo fecondato, più tardi viene trasmesso a tutte le cellule del nostro corpo. Ma se la corteccia frontale è l'ultima parte del cervello a maturare completamente, è anche la regione cerebrale che viene meno modellata dal genoma e più dall'esperienza.

Il nostro successo come primati, e come esseri umani, si fonda sull'intelligenza sociale e sulla capacità di adattarci alle specificità dell'ambiente in cui viviamo. Questo è il dominio della corteccia frontale. Se la corteccia frontale dev'essere in grado di sviluppare un'abilità simile, dev'essere anche plasmata da ogni minimo frammento di esperienza. Ma la maturazione, come l'evoluzione stessa, non segue quasi mai una strada dritta e lineare. L'adolescenza ci ricorda che la vita deve attraversare molti fiumi, alcuni burrascosi.

All'inizio dell'adolescenza la corteccia frontale è l'unica regione del cervello a non aver raggiunto i livelli di sostanza grigia, cioè di corpi cellulari neuronici, dell'età adulta. È logico pensare che con il tempo questa sostanza grigia aumenti. Ma non è così: nel corso dell'adolescenza il volume di sostanza grigia della corteccia frontale diminuisce.

Questo avviene a causa di una delle cose più intelligenti che l'evoluzione abbia prodotto. Durante lo sviluppo fetale, il cervello dei mammiferi genera molti più neu-



roni di quelli che poi ci sono nel cervello adulto. Nel cervello del feto c'è una lotta all'ultimo sangue: i neuroni vincenti troveranno la loro giusta collocazione e formeranno un numero ottimale di connessioni con altri neuroni. I perdenti andranno incontro a una "morte cellulare programmata". La sovrapproduzione di neuroni seguita dal loro ridimensionamento per selezione (il processo si chiama darwinismo neurale) consente la formazione di circuiti neurali più complessi ed efficienti.

Lo stesso succede nella corteccia frontale degli adolescenti. All'inizio della pubertà la quantità di sostanza grigia è superiore a quella dell'età adulta e, più avanti, diminuisce perché i neuroni che non sono connessi in modo ottimale vengono eliminati. All'interno della corteccia frontale maturano prima le porzioni più vecchie dal punto di vista evolutivo. Per esempio, la nuovissima corteccia prefrontale dorsolaterale comincia a ridurre il volume di sostanza grigia solo alla fine dell'adolescenza. Il ritardo nella maturazione della corteccia frontale fa sì che la competenza cognitiva degli adolescenti sia inferiore a

quella degli adulti e non gli permetta di cogliere l'ironia o di agire tenendo conto del fatto che gli altri possono avere informazioni diverse dalle loro. Negli adulti la corteccia frontale regola l'attività di alcune parti del sistema limbico, l'area del cervello responsabile dell'origine e della gestione delle emozioni. Nel cervello degli adolescenti, invece, il sistema limbico viaggia a tutta velocità, mentre la corteccia frontale sta ancora cercando di capire le istruzioni per l'uso.

Una conseguenza di questo squilibrio è che le emozioni sono più intense. Se mostriamo ad alcune persone immagini di volti che esprimono emozioni forti ed eseguiamo una scansione del cervello, vedremo che negli adulti si attiva prima una struttura limbica primaria - l'amigdala - e poi la regione corticofrontale, che smorza la risposta dell'amigdala. È come se l'adulto dicesse: "Calmati, è solo la foto di una persona arrabbiata, triste, felice o spaventata, non una persona in carne e ossa".

Negli adolescenti invece la risposta della corteccia frontale è debole, mentre quella dell'amigdala è potenziata. Questo si-

gnifica che le emozioni sono più forti. Lo hanno dimostrato alcuni studi sui circuiti limbici che rilasciano dopamina, un neurotrasmettitore che svolge un ruolo fondamentale nell'anticipazione del piacere e della gratificazione (la cocaina, per esempio, agisce proprio sul sistema limbico della dopamina). Negli adulti e negli adolescenti i livelli medi di dopamina sono più o meno gli stessi, a variare è la quantità che viene rilasciata. Se facciamo una risonanza magnetica funzionale a un adulto a cui diamo una piccola gratificazione, rileviamo un'attivazione minima del circuito dopaminico. Se la soddisfazione è di media entità, lo sarà anche l'attivazione; se è importante, l'attività del circuito dopaminico sarà maggiore.

Se ripetiamo l'esame con un adolescente, vediamo che una gratificazione di media entità produce un'attivazione equivalente. Ma se la soddisfazione è importante, il segnale della dopamina aumenta molto di più che in un adulto. Con una gratificazione piccola, invece, quel segnale diminuisce perché l'adolescente la sente come una punizione.

Il ritardo nella maturazione della corteccia frontale ci aiuta anche a spiegare una caratteristica dell'adolescenza: la strana attrazione per attività come il *bungee jumping*. Quando un adolescente deve prendere una decisione pericolosa, alcune porzioni della corteccia frontale si attivano meno che in un adulto e di conseguenza la sua capacità di valutare i rischi è minore.

Come ha dimostrato Sarah-Jayne Blakemore dello University college di Londra, il fatto che gli adolescenti valutino male i rischi ha una sua caratteristica specifica. Provate a chiedere a delle persone quante probabilità ci sono che gli succeda qualcosa e poi ditegli quante sono quelle reali. Possono interpretarla come una bella notizia, perché scoprono che un evento positivo può capitare più spesso di quanto pensassero. Oppure possono interpretare le vostre parole come una brutta notizia, perché si rendono conto che un evento negativo può accadere più spesso di quanto credessero. Sia gli adulti sia gli adolescenti modificano la loro valutazione quando vengono interrogati di nuovo sulla probabilità di un evento positivo. Ma nel caso di un evento negativo, negli adolescenti non succede.

Ricercatore: "Quale probabilità credi che ci sia di avere un incidente se guidi in stato di ubriachezza?". Adolescente: "Una su un trilione". Ricercatore: "In realtà, sono il 50 per cento per tutti. Quante pensi che siano per te?". Adolescente: "Ehi, stiamo parlando di me. Una su un trilione". Questo spiega anche perché gli adolescenti rischiano di diventare giocatori d'azzardo patologici dalle due alle quattro volte più degli adulti.

Versol'ignoto

Quindi gli adolescenti non sono in grado di valutare i rischi e corrono più pericoli degli adulti. Ma torniamo alla storia degli scheletri nella grotta. Non è che gli adolescenti e gli adulti hanno la stessa voglia di commettere una sciocchezza e l'unica differenza è che la corteccia frontale più matura impedisce ai secondi di farlo. Gli adolescenti sentono un'attrazione speciale a buttarsi nelle cose. Una persona di mezza età al massimo può imbrogliare sulla dieta. Un adolescente non solo corre più rischi, ma cerca di più la novità. L'adolescenza è il periodo della vita in cui sviluppiamo i nostri gusti sulla musica, sul cibo e sull'abbigliamento. Con il passare del tempo diventiamo sempre meno aperti alle novità. E non siamo gli unici.

Quando è che le cavie sono disposte a provare un nuovo tipo di mangime? Durante la loro adolescenza. In molte specie di mammiferi sociali, gli adolescenti di uno dei due sessi lasciano il branco di origine per evitare l'endogamia. Pensate agli impala, che vivono in una struttura ad harem: un gruppo di femmine con i loro piccoli e un unico maschio da monta (mentre gli altri vagano sconsolati in "branchi di scapoli"). Quando un giovane maschio raggiunge la pubertà, viene estromesso dal maschio da monta.

Tra i primati è diverso. Prendiamo il caso dei babuini. Due branchi si incontrano sulle rive opposte di un ruscello. I maschi si scambiano urla minacciose fino a quando non si stancano e tornano a cercare da mangiare ignorando gli intrusi. Ma un adolescente rimane inchiodato in riva al ruscello. "Dei babuini nuovi, un branco intero!". Nervoso e agitato, fa cinque passi avanti verso di loro e quattro indietro. Attraversa con cautela il ruscello e si siede sul bordo dell'altra riva, per



poi scappare appena qualcuno lo guarda. Il giorno dopo rimane sull'altra riva per un'ora, poi per un pomeriggio intero. Alla fine, una sera, il babuino taglia il cordone ombelicale. Non è stato cacciato via dal gruppo di origine, come succede agli impala. Ma è arrivato al punto che, se dovesse passare ancora un altro giorno con i babuini che conosce da quando è nato, impazzirebbe. Le femmine adolescenti degli scimpanzé fanno lo stesso: non vedono l'ora di allontanarsi dal loro luogo d'origine e di andare nella valle vicina, verso l'ignoto.

Noi primati non veniamo estromessi dal branco quando diventiamo adolescenti. Moriamo dalla voglia di qualcosa di nuovo. Questo tratto si accentua quando gli adolescenti sono in gruppo. In uno studio Laurence Steinberg, della Temple university, ha scoperto che quando sono lasciati da soli davanti a un simulatore di guida gli adolescenti e gli adulti corrono gli

stessi rischi. Ma se vicino hanno un coetaneo che li incita, la percentuale di pericolo che gli adulti sono disposti a correre non cambia, quella degli adolescenti aumenta di molto.

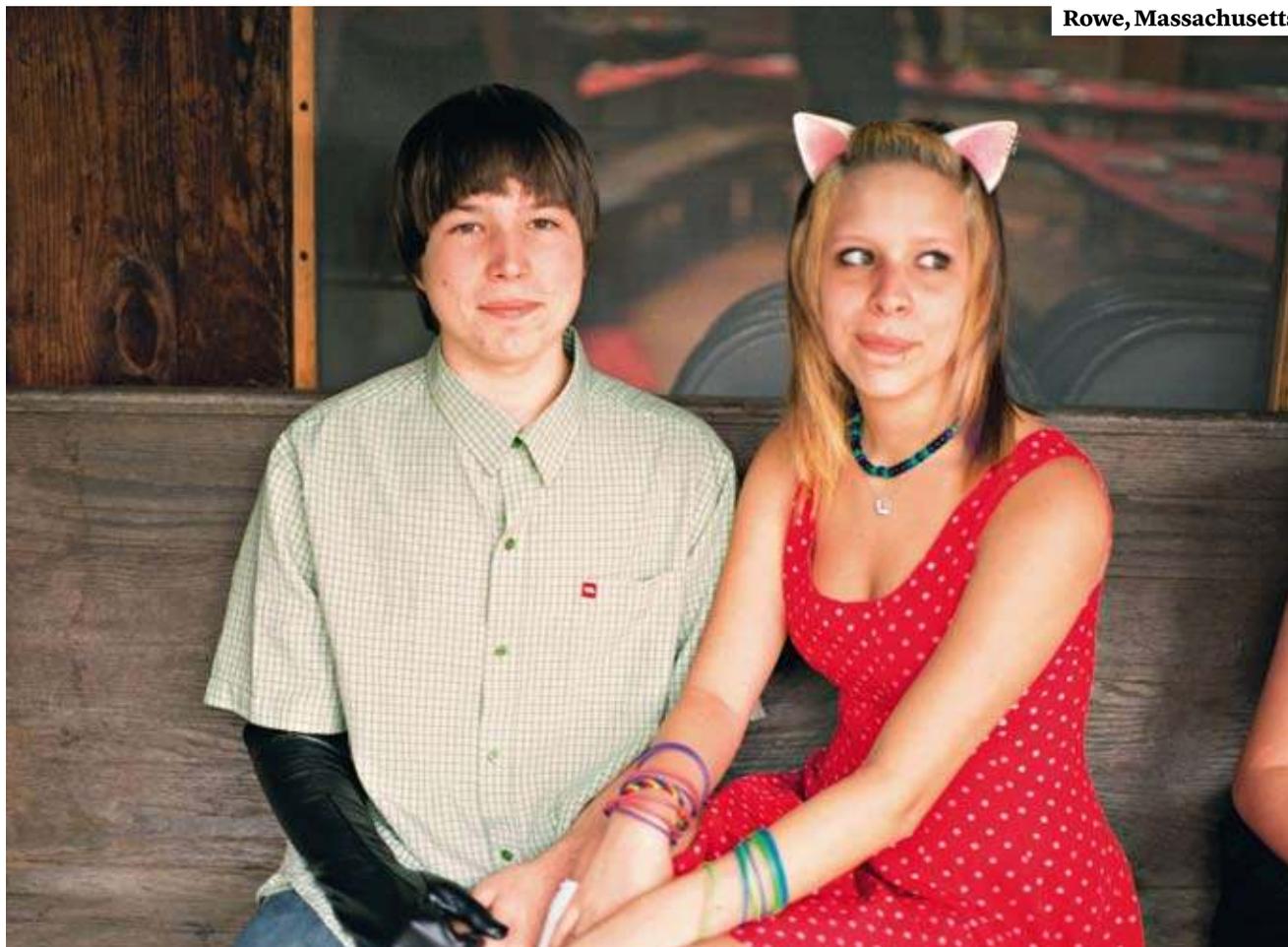
Se nel frattempo si esegue una scansione cerebrale, negli adolescenti la presenza dei coetanei (che li spronano in cuffia) determina un calo dell'attività corticofrontale e un aumento dell'attività del sistema dopaminergico. Negli adulti questo non avviene.

La vulnerabilità alle pressioni dei coetanei è accentuata dal fatto che di rado un adolescente recalcitrante è costretto a commettere un atto di gentilezza. Di solito la pressione assume la forma di "addestramento alla devianza", che fa aumentare le probabilità di comportamenti sessuali rischiosi, abitudini dannose per la salute, abuso di sostanze e azioni violente. Come ha detto qualcuno, l'arma più efficace di cui dispone la società per combattere il crimine è il trentesimo compleanno.

Uno studio ha dimostrato la natura neurale della sofferenza degli adolescenti quando non appartengono a un gruppo. Provate a effettuare la scansione cerebrale di un soggetto che gioca a un videogame con altri due e fate in modo che pensi che lo stiano escludendo. Negli adulti questa esclusione attiva l'amigdala e altre regioni limbiche associate al dolore, al disgusto, alla rabbia e alla tristezza. Ma appena interviene la corteccia frontale che dice: "È solo uno stupido gioco", le strutture limbiche si disattivano. Se fate lo stesso con un adolescente, la corteccia frontale non interviene e il suo sistema limbico scoppia di rabbia.

Il ritardo nello sviluppo della corteccia frontale non è l'unica spiegazione del comportamento degli adolescenti. C'è anche un altro fattore che determina il loro equilibrio: la presenza di ormoni, come l'estrogeno e il progesterone nelle femmine e il testosterone nei maschi. Questo aiuta a capire perché l'adolescenza è più turbolenta dell'infanzia: la corteccia cerebrale è immatura a entrambe le età, ma nei preadolescenti lo tsunami degli ormoni non è ancora cominciato. Gli ormoni esercitano diversi effetti sul funzionamento del sistema limbico e della corteccia frontale. Il testosterone riduce la capacità della corteccia frontale di comunicare con l'amigdala per tenerla a freno. Di conseguenza, la maggiore maturità del cervello e del comportamento è meno legata all'età cronologica e più al tempo trascorso dall'inizio della pubertà.

La mente aperta è essenziale per avere un cuore aperto, e la fame di novità degli adolescenti gli permette di mettersi nei panni degli altri



La pubertà non comporta solo l'improvviso scatenarsi degli ormoni gonadici. Il tratto caratteristico della funzione endocrina dell'ovaio, ovviamente, sono le oscillazioni nel rilascio di ormoni. Ma le ragazze non entrano in piena pubertà dopo la prima mestruazione: per qualche anno solo la metà dei cicli è accompagnata dall'ovulazione e dall'innalzamento dei livelli ormonali. Quindi a causare l'altalena dei livelli ormonali non è solo l'ovulazione, ma soprattutto la presenza o meno di ovulazione. Queste oscillazioni influiscono poi sulle emozioni e sulle capacità cognitive. Anche se gli adolescenti maschi non hanno le stesse fluttuazioni ormonali delle loro compagne, il fatto che alla corteccia frontale non arrivi abbastanza ossigeno a causa di tutto quel sangue che affluisce all'organo genitale genera gli stessi problemi.

Tutti i dolori del mondo

All'inizio dell'adolescenza l'efficienza della corteccia cerebrale è ridotta a causa delle connessioni superflue che non riescono a sopravvivere. Il sistema limbico è in piena attività e la dopamina circola in abbondanza.

Ma sul cervello influisce l'andirivieni degli ormoni. Non c'è da meravigliarsi se la specie umana produce esemplari come Justin Bieber e Miley Cyrus, che si guadagnano da vivere incantando il loro pubblico.

L'adolescenza, però, non sempre è insopportabile come la si vuole far credere. Gli adolescenti hanno una caratteristica che compensa la loro stupida tendenza a correre rischi e l'orribile gusto nel vestire: la frenetica, sconfinata capacità di sentire il dolore degli altri, tutti i dolori del mondo, e il desiderio di riparare tutte le sue ingiustizie. Gli adolescenti sono il più splendido esempio di empatia prodotto dalla natura, che in loro sconfinata quasi nell'identificazione totale.

Quest'intensità si ritrova in molti aspetti dell'adolescenza. Quando gli alti sono più alti e i bassi più bassi, la sofferenza empatica brucia e la gioia di aver fatto la cosa giusta ci fa credere che forse siamo al mondo per uno scopo. Un altro fattore che incide è l'apertura alla novità. La mente aperta è un requisito essenziale per avere il cuore aperto, e la fame di novità dell'adolescente gli permette di mettersi nei panni degli al-

tri. Ovviamente c'è anche l'egocentrismo. C'è stato un periodo, nella mia tarda adolescenza, in cui frequentavo i quaccheri. Spesso mi dicevano: "Dio ha solo te". Il loro era un dio dai mezzi limitati, che non solo aveva bisogno dell'aiuto degli esseri umani per raddrizzare i torti, ma soprattutto aveva bisogno del mio. L'egocentrismo è fatto su misura per gli adolescenti. Se ci aggiungete le inesauribili energie e il senso di onnipotenza, si può pensare di poter risolvere tutti i problemi del mondo.

Qualche anno fa ho visto un magnifico esempio dell'empatia che la corteccia frontale immatura produce nei ragazzi giovani. Mia figlia è appassionata di teatro e all'epoca era stata coinvolta nella produzione di un dramma sul genocidio in Bosnia Erzegovina, *Honey brown eyes* di Stefanie Zdravec. Interpretava il ruolo di una ragazza bosniaca di dodici anni che viveva un'esperienza terribile e il cui destino, alla fine del dramma, rimaneva in sospeso.

Un gruppo di studenti delle superiori era andato allo spettacolo accompagnato dall'insegnante di lettere. Il personaggio di mia figlia entrava in scena verso la metà

della rappresentazione, emergeva con aria guardinga dal condotto di areazione della cucina dove si era nascosta, senza sapere che il soldato che aveva appena lasciato l'appartamento dopo aver ucciso sua madre sarebbe tornato. Fino a quel momento di lei si era solo parlato. Il soldato aveva una lista di bosniaci del palazzo da eliminare nell'ambito di un'operazione di pulizia etnica e continuava a chiedere alla madre: "Dov'è tua figlia? C'è scritto che hai una figlia". "Non ho nessuna figlia", aveva ripetuto la madre fino alla morte. Perciò quando la bambina è apparsa, il pubblico si è reso improvvisamente conto che esisteva una figlia. Gli adolescenti in sala hanno fatto una cosa che nessun adulto con la corteccia frontale sviluppata farebbe a teatro. Dopo un attimo di silenzio, due o tre di loro hanno gridato: "No!". Un'altra voce ha urlato: "Torna indietro, sei in pericolo!". E un'altra ancora: "Il soldato sta tornando!".

Alla fine dello spettacolo, i ragazzi si sono accalcati intorno a mia figlia e l'hanno abbracciata per rassicurare se stessi, lei e il suo personaggio che era tutto a posto.

Frutto dell'esperienza

Gli adolescenti sono così: hanno il cuore in mano, il sistema limbico in tumulto e la corteccia frontale che cerca disperatamente di regolare le emozioni. Quando vedo i miei studenti universitari migliori in quello stato di ottimistica agitazione, penso sempre la stessa cosa: era tanto più facile essere come loro. La mia corteccia frontale da adulto probabilmente mi permette di fare del bene in modo più efficace e distaccato. Ma il guaio è che quello stesso distacco rende anche più facile decidere che non sono problemi miei.

Quindi questo tipo di evoluzione cerebrale che vantaggio dà ai fini dell'adattamento? In teoria, nessuno. Forse la corteccia frontale umana matura più tardi perché è la più complessa opera di costruzione del cervello. Ma se partiamo da questo presupposto, sembra che collegare la corteccia visiva sia un lavoretto che si può sbrigare nel primo anno di vita, mentre per completare la corteccia frontale ci vuole un altro quarto di secolo. Non è plausibile. La corteccia frontale ha la stessa struttura di base del resto della corteccia, usa gli stessi neurotrasmettitori e gli stessi tipi di neuroni. A livello pratico la sua maturazione è più lenta del necessario, il che fa pensare che il ritardo sia stato selezionato per qualche motivo. Un possibile vantaggio è la turbolenza degli adolescenti. Se la corteccia

Gli adolescenti hanno il cuore in mano, il sistema limbico in tumulto e la corteccia frontale che cerca disperatamente di regolare le emozioni

frontale maturasse alla stessa velocità del resto del cervello, non ci sarebbero sconvolgimenti né tempeste emotive e psichiche, ma solo una semplice transizione dall'infanzia all'età adulta intorno ai dodici anni. Qualcosa sarebbe andato sicuramente perduto: quella fase di irrequieta, smansiosa esplorazione e creatività che ha consentito la nostra evoluzione. Non ci sarebbero stati tutti quei geni foruncolosi che hanno scoperto il fuoco e la ruota, e hanno prodotto le pitture rupestri.

Forse. Ma questa spiegazione non tiene conto del fatto che un comportamento non si evolve per il bene della specie, ma per trasmettere i geni dei singoli individui. Nel corso della storia, per ogni adolescente che si è riprodotto alla grande grazie alla sua creatività, ce ne sono stati molti di più che si sono rotti l'osso del collo a causa della loro imprudenza. No, credo che il programma genetico dello sviluppo del cervello si sia evoluto per liberare la corteccia frontale dalla camicia di forza dei geni. Se è l'ultima parte del cervello a maturare completamente, è per definizione quella meno modellata dal genoma e più dall'esperienza. Ogni giorno che passa, la corteccia frontale è sempre di più il risultato di quello che ci capita nella vita e, di conseguenza, determina quello che saremo.

Uno dei concetti fondamentali della neuroscienza attuale - quello della plasticità del cervello - ci aiuta a capire quello che succede. Come è stato dimostrato da molte ricerche, se viene stimolata spesso una sinapsi (il punto di congiunzione tra due neuroni) diventa più eccitabile e trasmette più rapidamente i messaggi: la sinapsi "ricorda", ed è così che funziona la memoria. Allo stesso modo la fitta rete di processi neurali che determina quali neuroni si collegheranno tra loro può espandersi o contrarsi, a seconda dell'esperienza.

Se trascorriamo un'intera estate a imparare giochi di destrezza, tutti i circuiti

della nostra corteccia motoria si modificheranno. Nonostante secoli di dogmi, i neuroscienziati hanno scoperto che se il cervello adulto si trova in un ambiente più ricco di stimoli fabbrica nuovi neuroni. Questo succede a qualsiasi età, ma soprattutto negli adulti giovani. E se la corteccia frontale si sta ancora sviluppando, è a lei che dobbiamo la plasticità del cervello.

Creatività e ottimismo

Perché questo è importante? Una risposta viene da alcuni studi recenti sull'intelligenza e l'istruzione. Alcuni educatori fanno notare che per prevedere se uno studente avrà successo e sarà felice da adulto l'intelligenza "emotiva" o "sociale" (misurata in vari modi) è un fattore più importante di qualsiasi valore del quoziente d'intelligenza. Quello che conta è la memoria sociale, la capacità di vedere le cose dal punto di vista degli altri, il controllo degli impulsi, l'empatia, la capacità di collaborare e l'autoregolazione.

Lo stesso vale per gli altri primati, con la loro grande corteccia frontale che matura in modo altrettanto lento. Cosa garantisce il "successo" di un babuino maschio nei rapporti di dominio? Per arrivare ai ranghi più alti dev'essere muscoloso, avere i canini aguzzi e saper attaccare al momento giusto. Ma una volta diventato maschio alfa, ha bisogno di alcune abilità sociali per mantenere la sua posizione: deve sapere con chi allearsi, da chi stare alla larga, come intimidire psicologicamente un rivale, avere un controllo tale da non raccogliere le provocazioni ed evitare di essere aggressivo con tutti quando è nervoso. Questo è il campo in cui fare la cosa giusta spesso è più difficile, e la vita adulta è piena di bivi davanti ai quali l'intelligenza ci aiuta a scegliere la strada corretta.

Ricordatevelo la prossima volta che sarete un adolescente o avrete a che fare con un ragazzo che va a mille. Senza dubbio l'adolescenza ha i suoi lati negativi, ma ne ha anche tanti positivi: la creatività, l'ottimismo e l'empatia. Ma il più positivo di tutti è che dà il tempo alla corteccia frontale di svilupparsi, altrimenti non saremmo mai in grado di affrontare la complessità, sempre maggiore, del nostro mondo sociale. ♦ *bt*

L'AUTORE

Robert Sapolsky è uno scienziato statunitense nato nel 1957. Insegna biologia, neurologia e neurochirurgia all'università di Stanford. Il suo ultimo libro pubblicato in Italia è *L'uomo bestiale* (Castelvecchi 2012).

