

Benjamin Libet Mind Time

Il fattore temporale
nella coscienza



SCIENZA
E IDEE

Edizione italiana
traduzione di...

Benjamin Libet

Mind Time

Il fattore temporale nella coscienza

Edizione italiana a cura di
Edoardo Boncinelli

COMUNE DI
Istituzione S
Biblioteche Com
BIBLIOTECA GIOV
Via G. Bruno, 47 -
Tel./Fax 0639

INVENTARIO 31



Raffaello Cortina Editore

www.raffaellocortina.it

Titolo originale

Mind Time. The Temporal Factor in Consciousness

© 2004 by the President and Fellows of Harvard College

Traduzione di

Pier Daniele Napolitani

ISBN 978-88-6030-085-0

© 2007 Raffaello Cortina Editore

Milano, via Rossini 4

Prima edizione: 2007

INDICE

Prefazione all'edizione italiana (<i>Edoardo Boncinelli</i>)	IX
Prefazione (<i>Stephen M. Kosslyn</i>)	XV
Introduzione. Come sono arrivato a scrivere questo libro?	1
1. Il problema	5
2. Il ritardo nella nostra consapevolezza sensoriale cosciente	37
3. Funzioni mentali cosce e inconsce	93
4. L'intenzione di agire: esiste il libero arbitrio?	127
5. Il campo mentale cosciente	161
6. Che cosa significa tutto questo?	189
Bibliografia	225
Indice analitico	237

PREFAZIONE ALL'EDIZIONE ITALIANA
CHI PRENDE LE MIE DECISIONI?

Edoardo Boncinelli

Sto procedendo in macchina a una velocità ragionevole, quando un motorino mi attraversa improvvisamente la strada. Se non sono troppo distratto, freno ed evito di investirlo. È un'esperienza consueta e quasi quotidiana, ma analizziamola bene, facendone un'accurata scansione temporale in termini di millisecondi, cioè di millesimi di secondo. Il mio piede si sarà portato sul freno e avrà probabilmente frenato in poco più di 100 millisecondi scongiurando così il peggio, ma io non mi renderò coscientemente conto di che cosa sta succedendo se non dopo circa 500 millisecondi (cioè mezzo secondo) dall'inizio dell'episodio e non sarò in grado di dire qualcosa, tipo "Ma guarda un po'!", se non dopo altri 150 millisecondi, cioè dopo 650 millisecondi dall'attraversamento improvviso. Tutto quanto si è svolto in meno di un secondo, sia ben chiaro, ma in un secondo avrei potuto tranquillamente "falciare" il malcapitato. Se ciò non accade, o accade di rado, è perché il mio corpo si rende conto della situazione di emergenza e vi pone rimedio ben prima che io mi accorga di qualcosa. In questa circostanza "il mio corpo" significa l'insieme dei circuiti nervosi che dall'occhio portano l'informazione dell'evento alla corteccia visiva, da questa alla corteccia motoria e poi giù giù fino ai nervi che comandano i muscoli implicati nella frenata.

Si tratta di cose che sappiamo probabilmente tutti, ma sulle quali non sempre ci fermiamo a riflettere. Ricapitolando: al tempo 0 il motorino mi attraversa la strada; dopo 50-60 millisecondi il mio cervello "vede" la scena; dopo 100-150 millisecondi il mio piede – istruito dal mio cervello – frena; dopo 500

millisecondi mi rendo conto dell'accaduto e dopo 650 millisecondi posso commentarlo in qualche modo. Fra la percezione visiva dell'episodio e la sua presa di coscienza da parte mia passa in sostanza quasi mezzo secondo, nonostante nel frattempo io abbia frenato, e magari anche sterzato. Quel mezzo secondo circa separa in genere la mia presa di coscienza di un fatto dal fatto stesso, l'*esse* dal *percipi*, gli accadimenti dalla loro percezione cosciente, l'inizio dell'attività cerebrale dall'emergere di una consapevolezza cosciente, cioè in sostanza il cervello dalla mente, considerando che per "mente" intendo spesso la mia attività cerebrale cosciente e per "cervello" la mia attività cerebrale senza specificazioni. Penso francamente che ogni discussione sul rapporto fra mente e cervello dovrebbe tenere conto di questo fatto.

Chi ha scoperto tutto questo e messo l'accento su tale discrepanza temporale? È difficile dirlo. La scienza è spesso un'impresa collettiva: qualcuno porta un contributo, qualcun altro un altro. L'inizio di questa storia risale comunque alla fine dell'Ottocento, anche se qualcuno non se n'è ancora accorto, e il suo completamento, se di completamento si può parlare, non ha più di vent'anni. Sono nozioni ormai comuni nel campo delle neuroscienze, dove spesso vengono date per scontate e non sempre adeguatamente sottolineate, anche se Michael Gazzaniga qualche anno fa lo fece, affermando non senza *humour* che la nostra mente è sempre l'ultima a sapere...

In *questo libro* Benjamin Libet ha il merito di affrontare di petto tali questioni e di farne il centro della sua esposizione. Libet è un neuroscienziato ardito e innovatore che negli ultimi trent'anni ha fatto molto parlare di sé e dei suoi esperimenti e che ha deciso in questo frangente di scrivere un libro per il grande pubblico. Un libro centrato sul famoso mezzo secondo di scarto.

Da neuroscienziato, il nostro autore non può fare altro che raccontarci esperimenti, suoi e altrui, condotti sul cervello e sulle sue funzioni. Essendo stato fin dall'inizio interessato ai meccanismi della presa di coscienza, egli ha lavorato prevalentemente su soggetti umani, svegli e coscienti, vale a dire in gra-

do di collaborare e di rispondere alle domande a loro rivolte. Così facendo, ha visto per esempio che se si stimolava con un piccolo impulso elettrico direttamente una regione del cervello, occorreva comunque quasi mezzo secondo prima che il soggetto mostrasse di sentire qualcosa.

Quella che stimolava era per la precisione la corteccia somatosensoriale, la regione corticale che riceve i segnali delle sensazioni tattili dalle varie parti del corpo. Il soggetto non dichiarava di sentire niente prima di mezzo secondo dalla stimolazione. A questo punto avvertiva una sensazione localizzata in una precisa parte del corpo.

Costui era di fatto vittima di un doppio inganno della sua corteccia, di una doppia illusione percettiva messa in atto alle sue spalle, una di natura spaziale e una di natura temporale. Per quanto riguarda la localizzazione, il soggetto non sente provenire lo stimolo dalla regione somatosensoriale alla quale è stato effettivamente applicato, ma da una specifica regione del suo corpo, la regione che corrisponde a quella porzione di corteccia somatosensoriale che è stata stimolata. La sua coscienza quindi "riferisce" lo stimolo alla superficie del corpo, mentre le cose sono andate in maniera ben diversa. Per quanto riguarda il tempo, poi, il ritardo di mezzo secondo non viene minimamente avvertito: tutto gli sembra che accada "istantaneamente". La sua coscienza in sostanza "retrodata" la sensazione percepita, riferendola al momento stesso della stimolazione, in modo che il soggetto non percepisca alcun ritardo temporale.

Perché deve trascorrere questo benedetto mezzo secondo affinché si abbia coscienza della stimolazione in questione, se tutto si è svolto a livello della corteccia? Evidentemente il segnale deve permanere nella corteccia cerebrale tutto questo tempo prima che emerga in essa una percezione cosciente dello stimolo, ma nessuno sa perché. Nessuno sa, al momento, che cosa deve succedere nella corteccia cerebrale perché dalla stimolazione elettrica di partenza arrivi a emergere qualcosa alla coscienza e neppure perché questa applichi la sua retrodatazione. D'altra parte si sa che la corteccia si sarebbe com-

portata essenzialmente nella stessa maniera anche se lo stimolo fosse stato applicato direttamente sulla pelle, invece che sulla corteccia stessa.

È chiaro che non tutti possono fare esperimenti del genere. Occorre lavorare in stretta collaborazione con un neurochirurgo, che permetta l'esecuzione di tali prove su un paziente che è stato preparato per essere operato al cervello (e che comunque non risentirà in alcun modo dell'esecuzione di tali esperimenti). Per quanto ardita e condotta direttamente "alla fonte", questa serie di osservazioni non ha fatto che confermare l'esistenza del mezzo secondo di ritardo della coscienza sugli eventi cerebrali di cui abbiamo parlato sopra e mettere bene in chiaro come moltissime delle attività del nostro cervello possano aver luogo senza l'intervento della coscienza. L'autore insiste molto su questo punto, portando anche una ricca aneddótica, ma non credo che nessuno di noi abbia oggi difficoltà a credergli.

È semmai più degno di nota il fatto che la nostra corteccia cerebrale senta il bisogno di ricostruire l'andamento dei fenomeni in modo da farci credere che il ritardo temporale non ci sia stato. Insomma, normalmente non ci accorgiamo del famoso ritardo perché la corteccia ci inganna e ci dà la sensazione di prendere coscienza di un evento quasi istantaneamente. Ciò non è vero solamente per una frenata. Quando giochiamo a ping pong, a tennis, a pallavolo, o eventualmente a baseball, ci comportiamo di solito in una certa maniera senza aspettare di avere una precisa consapevolezza cosciente della direzione e della velocità della palla che sta arrivando verso di noi. Dobbiamo per forza muoverci in anticipo e spesso anche colpire in anticipo, come sa bene ogni buon giocatore. Viviamo in realtà molto spesso al di sotto del livello della coscienza, che si presenta un po' come un lusso, del quale per molte cose si può anche fare a meno.

Ancora più famosi e degni di nota sono gli esperimenti che Libet ha condotto per misurare il momento esatto del concepimento di un atto di volontà da parte di un essere umano. In sé, l'esperimento è semplicissimo. Si chiede a un volontario

di premere di tanto in tanto un pulsante, a suo piacimento. Davanti a sé questi ha un orologio un po' particolare che scandisce il tempo in centesimi di secondo. Al volontario si chiede quindi di cercare di ricordarsi che cosa segnava l'orologio quando lui ha deciso di premere il pulsante. Una nutrita batteria di esperimenti ha rivelato che passano in media 200 millisecondi fra quando il soggetto decide di premere e quando preme effettivamente il pulsante. Fin qui niente di strano: 200 millisecondi ci vogliono tutti per mettere in atto la decisione di premere il pulsante. Il problema è un altro. Se si registra ogni volta il cosiddetto potenziale di prontezza che si genera nella corteccia motoria supplementare nell'imminenza e in preparazione di ogni azione, si vede che questo precede l'azione di 550 millisecondi e quindi la nostra decisione di premere il pulsante di ben 350 millisecondi. Il mio cervello sembra quindi sapere che io voglio premere il pulsante con un anticipo di 350 millisecondi! Anche in questo caso la mia consapevolezza è in ritardo su una parte del mio cervello, ma il problema qui sembra più serio: io sono convinto di aver deciso liberamente e autonomamente di premere o non premere il pulsante e l'esperimento sembra contraddire questa mia convinzione.

Dobbiamo rinunciare al concetto di libero arbitrio e all'idea di essere padroni delle nostre azioni? Dobbiamo pensare che qualche parte del nostro cervello decida per noi, oppure dobbiamo considerare che anche la mia corteccia motoria fa comunque parte di me e della mia individualità? Certamente dobbiamo rivedere criticamente tutta la questione del libero arbitrio, un problema filosofico e teologico che risale almeno al Medioevo. La questione non è di poco conto in quanto investe i fondamenti stessi della nostra libertà.

Comprensibilmente, molto è stato detto e scritto su questo punto negli ultimi vent'anni. Nella seconda parte del *libro* il nostro autore riassume molte di tali argomentazioni e controargomentazioni ed espone il suo personale punto di vista. Non vogliamo togliere al lettore il piacere della lettura e ci fermeremo qui, non senza aver notato come la scienza, e in parti-

colare la scienza del cervello e della mente, stia invadendo sempre più spesso terreni che prima erano appannaggio esclusivo della riflessione filosofica, forzandoci quanto meno a riformulare in profondità alcune questioni di grande rilevanza, quali quelle dell'identità, della memoria, della coscienza e del libero arbitrio. E si sa che l'appetito vien mangiando...

PREFAZIONE

Stephen M. Kosslyn

Ho battuto “consciousness” (coscienza) nella mascherina di ricerca di Amazon.com ricevendo come risposta 2670 titoli. Se riprovassi fra un paio di settimane, ne troverei probabilmente di più.¹ Abbiamo davvero bisogno di un altro libro sulla coscienza? Be’, direi di sì, almeno se parliamo del *libro* che avete ora fra le mani. È un testo profondamente diverso dalla maggior parte degli altri per una caratteristica fondamentale: è centrato sulla descrizione di scoperte empiriche, non su speculazioni o elaborate discussioni. Benjamin Libet ha una storia di invidiabili successi nel produrre solidi risultati sperimentali sulle relazioni fra eventi neurali e coscienza. Scoperte che non sono solo affidabili: sono anche sorprendenti. E sebbene abbiano inizialmente suscitato varie controversie, i suoi risultati hanno retto alla prova del tempo. Le scoperte sorprendenti giocano un ruolo speciale nella scienza, dato che esse (per definizione) fanno volare gli stracci delle *idées reçues*. Qualunque teoria della coscienza e delle sue basi neurali deve oggi fare i conti con i risultati di Libet. *Questo libro* riunisce i suoi contributi e li colloca nel loro contesto.

L’opera di Libet è focalizzata sulle relazioni temporali fra gli eventi neurali e l’esperienza. Parte della sua fama deriva dalla scoperta che decidiamo inconsciamente di agire ben prima che pensiamo di aver preso la decisione di agire. Il che ha implica-

1. Il testo di Libet è stato pubblicato dalla Harvard University Press nel 2004. Il 12 aprile 2006 l’esperimento, ristretto ai soli libri, dava come risultato 3008 titoli. [NdT]

zioni importanti per uno dei problemi più profondi della filosofia e della psicologia, quello del cosiddetto “libero arbitrio”.

Cominciamo col dare uno sguardo alla scoperta fondamentale: Libet chiedeva ad alcune persone di muovere il polso in un momento da loro scelto. I partecipanti all’esperimento dovevano guardare un puntino che muovendosi indicava lo scorrere del tempo e notare il momento preciso in cui decidevano di flettere il polso; questi riferirono di aver avuto l’intenzione di muovere il polso circa 200 millisecondi prima del momento in cui avevano cominciato effettivamente ad agire. Libet misurò anche il “potenziale di prontezza” presente nel cervello dei suoi soggetti, potenziale che viene rivelato dall’attività che si registra nell’area motoria supplementare, coinvolta nel controllo dei movimenti. Questo potenziale di prontezza si registrava circa 550 millisecondi prima che l’azione avesse inizio. Gli eventi cerebrali che producono il movimento si dovevano essere svolti per circa 350 millisecondi, prima che i soggetti fossero consapevoli di aver preso una decisione. E Libet ha mostrato che questa disparità non era dovuta semplicemente al tempo supplementare necessario per notare e riferire il momento indicato dal puntino mobile.

Ma perché si tratta di una scoperta importante? Considerate queste due ragioni: in primo luogo, questa scoperta suggerisce subito che sarebbe meglio pensare al fatto di essere coscienti di aver preso una decisione come a un *risultato* di processi cerebrali che effettivamente conducono il lavoro, piuttosto che vederli come parte di una catena causale di eventi che portano alla decisione. In secondo luogo, Libet mette in evidenza che – anche se sono forze inconscie quelle che danno inizio al movimento – c’è comunque abbastanza tempo per porre il veto a un’azione, non appena si sia consapevoli delle proprie intenzioni. Libet sostiene che questa osservazione lascia aperta la porta alla concezione tradizionale del libero arbitrio.

Ma gliela lascia veramente? Considerate il seguente ragionamento contro il libero arbitrio, basato su un’argomentazione sviluppata in dettaglio da Galen Strawson (1994; vedi www.ucl.ac.uk/~uctythy/dfwVariousStrawsonG.html).

1. Alla nascita, i pensieri, i sentimenti e il comportamento di una persona sono determinati dai geni, dall'apprendimento prenatale e dagli stimoli ambientali.

2. I successivi pensieri, sentimenti e comportamenti vengono costruiti sulle fondamenta presenti alla nascita – e sono determinati dai geni, dalla storia degli apprendimenti ricevuti e dagli stimoli attuali. Tutte le decisioni e le scelte sono basate su ragioni e queste ragioni sono il diretto risultato dell'accumularsi dell'esperienza di quella persona, modulata da fattori genetici.

3. Se uno cerca di cambiarsi, sia gli obiettivi, sia i metodi di un tale cambiamento sono determinati dai geni, da ciò che si è appreso in precedenza e dagli stimoli ambientali presenti. Ciò che una persona *può* essere è determinato da ciò che già è.

4. L'aggiunta di fattori casuali non conferisce un libero arbitrio. Klein (2002; vedi anche Stapp, 2001, e altri) osserva che la semplice aggiunta di indeterminazione a un sistema non rende libere le sue azioni, a meno che esse non fossero già libere. Di fatto, aggiungere casualità fa diminuire la libertà, non l'aumenta. Il "comportamento casuale" non è "libero arbitrio".

5. Di conseguenza, secondo questa argomentazione non c'è nessun libero arbitrio che si possa esercitare nell'intervallo di tempo fra il momento in cui una persona diventa consapevole di star intraprendendo un'azione e il momento in cui la esegue. Che voi la blocchiate o no, l'azione è già determinata, come determinati sono i fattori che le danno inizio. E anche se si ha il tempo di annullare le proprie spinte inconscie, non c'è nessun libero arbitrio all'opera, dato che le decisioni coscienti sono esse stesse già determinate (vedi Wegner, 2002). Il "tempo per il veto" di Libet non ci dà alcuna opportunità di esercitare il libero arbitrio: almeno non più opportunità di quante ne abbiano le uova di non cuocersi nel tempo fra il momento in cui le mettete sul fuoco e quando sono ormai fritte.

E tuttavia, almeno a mio avviso, c'è qualcosa che suona bene nella proposta di Libet. In particolare: il contrario di "determinato" non è "casuale". Klein (2002) osserva che le con-

cezioni deterministiche classiche si basano su una visione del mondo che, di fatto, non è corretta. Ci sono molti eventi nel mondo reale che non assomigliano affatto alle palle da biliardo che cozzano l'una contro l'altra e scivolano da una parte all'altra del tavolo seguendo traiettorie predicibili. Sappiamo che molti sistemi fisici hanno elementi caotici; il modo in cui rispondono a una perturbazione dipende da piccolissime (in linea di principio, non misurabili con precisione) differenze nelle loro condizioni iniziali. Freeman (2000) e altri hanno mostrato che, almeno per certi aspetti, le funzioni cerebrali sono concepite al meglio riguardandole come sistemi di questo tipo. È dunque possibile che sia la struttura stessa del cervello a conferire il libero arbitrio? Kane (1996) lo ha suggerito e riassumerò qui una versione del tipo di idee da lui proposte; e anche se Kane si concentra sui processi che possono verificarsi quando ci si deve confrontare con una decisione difficile, le idee di fondo possono venire ulteriormente estese.

Proviamo dunque a considerare un possibile modo in cui tali caratteristiche del cervello potrebbero lasciare aperto uno spiraglio all'idea di Libet.

1. Libet ha ragione nel concentrare l'attenzione sulla coscienza quando sviluppa le sue teorie sul libero arbitrio: per poterlo esercitare, si devono poter valutare le informazioni presenti nella memoria di lavoro. Tali informazioni comprendono le scelte alternative, una loro analisi ragionata e l'anticipazione delle conseguenze che ciascuna scelta comporterà (anche se non è detto che tutta questa informazione debba essere presente nella memoria di lavoro nello stesso momento). Se siamo coartati da qualche forza esterna, o se operiamo guidati da un "pilota automatico", non stiamo esercitando il libero arbitrio.

2. L'analisi ragionata e l'anticipazione delle conseguenze – e anche, a seconda delle situazioni, le possibilità di azioni alternative – non vengono semplicemente "contemplate" nella memoria, quasi che fossero annotazioni riposte in un archivio. Piuttosto, ci *costruiamo* tali analisi e tali anticipazioni in modo che siano appropriate per la situazione che stiamo affrontan-

do. Questo processo di costruzione può in parte fondarsi su processi caotici, che non sono interamente determinati dalla storia personale (per quanto sia filtrata dalla costituzione genetica). Si può, per analogia, pensare a una goccia di pioggia che scivola zigzagando su di un vetro: prima va di qua, poi di là, seguendo una traiettoria capricciosa che si può spiegare al meglio utilizzando i principi della teoria del caos. La stessa goccia, se colpisse quella stessa lastra di vetro in una giornata più calda (il che farebbe sì che il vetro fosse in uno stato leggermente diverso), seguirebbe una traiettoria differente. Nei sistemi caotici, piccolissime differenze delle condizioni iniziali, a monte, possono produrre a valle differenze molto grandi. La lastra di vetro rappresenta lo stato del cervello in un dato istante. A seconda di ciò che si sta pensando in quel dato momento, il cervello si trova in una "condizione iniziale" diversa (vale a dire: le diverse informazioni sono diversamente e parzialmente attivate, vengono concatenate associazioni diverse ecc.) e ciò proprio quando la persona comincia a costruire le sue analisi ragionate e ad anticipare le conseguenze. E questo influenzerà la decisione. Si osservi che quello che abbiamo appena detto non si limita a spostare all'indietro il problema: a sua volta, ciò che una persona sta pensando è, almeno in parte, il risultato di un processo non deterministico. I nostri pensieri, sentimenti, comportamenti non sono determinati: possiamo avere nuove intuizioni così come ripensamenti.

3. Dato un certo tipo di scelte, di analisi ragionate e di anticipazioni di possibili conseguenze, decidiamo cosa fare sulla base di "quello che siamo" (il che, mentalmente parlando, per dirla con Strawson, include le nostre conoscenze, scopi, valori e credenze). "Quello che siamo" consiste in parte di informazioni che abbiamo nella nostra memoria, che gioca un ruolo chiave nei processi che costruiscono le possibili alternative, analisi e anticipazioni. Inoltre "quello che siamo" governa il modo in cui di fatto prendiamo decisioni. E il prendere una certa decisione e sperimentarne le reali conseguenze a sua volta modifica "quello che siamo", influenzando così sia il modo in cui ci costruiamo alternative, analisi e anticipazioni delle

conseguenze, sia il modo in cui prenderemo decisioni in futuro. Così, col passare degli anni, le decisioni che prendiamo costruiscono quello che siamo.

Non siamo semplici accumulatori di eventi ambientali, filtrati dalla nostra costituzione genetica. In ogni situazione ci mettiamo qualcosa di nuovo e unico: noi stessi. Nietzsche (cit. in Strawson, 1994, p. 15) osservava in *Al di là del bene e del male*: “La causa *sui* è la maggiore autocontraddizione che sia mai stata concepita fino a oggi, una specie di stupro e d’innaturalità della logica”. Chissà. Forse no.

4. Questo ci riporta alle implicazioni della scoperta di Libet e ci suggerisce come potremmo esercitare il libero arbitrio durante quell’intervallo cruciale fra il momento in cui diventiamo consapevoli di stare agendo e il momento in cui l’azione vera e propria ha inizio. Tutto “quello che siamo” ci porta a prendere una decisione specifica. Tale decisione può verificarsi inconsciamente e segnare l’inizio di un’azione. Tuttavia, nel momento in cui ci rendiamo conto di stare compiendo quella data azione, possiamo considerarne le probabili conseguenze e analizzarne razionalmente i pro e i contro: informazione, questa, che viene costruita sul momento e non era già presente durante la parte inconscia del processo. E, basandoci su “quello che siamo”, possiamo decidere di non andare avanti, oppure – se l’azione è già cominciata – possiamo sopprimerla (il che mostra che non siamo confinati dentro quei 200 millisecondi che Libet ha misurato). Come osserva Libet, possiamo di fatto porre il veto a un’azione e questa decisione non è cosa scontata. Prendiamo decisioni per certe ragioni e queste sono le *nostre* ragioni.

Libet ha fatto una scoperta fondamentale. Se la sincronizzazione degli eventi mentali è come egli la descrive, non solo possediamo il libero arbitrio in linea di principio: abbiamo anche l’opportunità di esercitarlo. Le idee che ho qui sommariamente delineato sono una variante di molte altre (vedi Kane, 1996) e i problemi che esse affrontano sono stati discussi, anche accesamente, per migliaia di anni. Non ho fatto cenno al problema della “responsabilità ultima” – siamo o no comple-

tamente responsabili per “quello che siamo”? Dato che non possiamo controllare le carte genetiche che i nostri genitori ci hanno distribuito, il significato di “libero arbitrio” che qui abbiamo sviluppato sembra arrestarsi su questo confine. Tuttavia, l’idea di veto introdotta da Libet ci porta a fare un passo indietro, e a riformulare il problema: invece di chiederci se siamo “responsabili ultimi” di ogni aspetto di ciò che siamo, perché non chiederci se non siamo “responsabili immediati” degli *effetti* di ogni aspetto di ciò che siamo su ciò che facciamo? Possiamo davvero scegliere – sulla base di ciò che abbiamo scelto di diventare – di non tener conto di certi impulsi e di esprimerne invece altri?

Spero che queste brevi riflessioni siano riuscite a mettere a fuoco due punti essenziali. Il primo è che si tratta di problemi estremamente intricati, e non è probabile che la questione del ruolo della coscienza nel libero arbitrio venga risolta tanto presto. Il secondo è che si sta aprendo una nuova era nella storia della discussione di queste problematiche. Non è più materia solo per teorie da tavolino o per brillanti discorsi. Disponiamo, oggi, di dati oggettivi. *Questo libro* fornisce contributi cruciali, fornisce materiali a chiunque sia interessato ai problemi della coscienza, del libero arbitrio, della responsabilità delle relazioni fra mente e corpo.

Spero che ve lo possiate godere tanto quanto me lo sono goduto io.

BIBLIOGRAFIA

- FREEMAN, W.J. (2000), “Brain chaos and intentionality”. In GORDON, E. (a cura di), *Integrative Neuroscience. Bringing Together Biological, Psychological, and Clinical Models of the Human Brain*. Harwood Academic Publishers, Sydney, pp. 163-171.
- KANE, R. (1996), *The Significance of Free Will*. Oxford University Press, New York.
- KLEIN, S. (2002), “Libet’s research on the timing of conscious intention to act: A commentary”. In *Consciousness and Cognition*, 11, pp. 273-279.

- STAPP, H.P. (2001), "Quantum theory and the role of the mind in nature". In *Foundations of Physics*, 31, pp. 1465-1499.
- STRAWSON, G. (1994), "The impossibility of moral responsibility". In *Philosophical Studies*, 75, pp. 5-24.
- WEGNER, D.M. (2002), *The Illusion of Conscious Will*. MIT Press, Cambridge, MA.

INTRODUZIONE

COME SONO ARRIVATO A SCRIVERE QUESTO LIBRO?

Avevamo fatto alcune scoperte sorprendenti su come il cervello viene coinvolto nella produzione dell'esperienza soggettiva cosciente e delle funzioni mentali inconscie. Dove e come nasca l'esperienza cosciente, e come essa differisca dalle attività mentali inconscie, sono problemi che rivestono un profondo interesse, non solo per me, ma per molte altre persone e studiosi. Le nostre scoperte non si sono basate su speculazioni teoriche, ma su dati fattuali: sono state scoperte sperimentali. Il che è in contrasto con la maggior parte degli scritti e delle proposte avanzate in materia dai filosofi e da alcuni neuroscienziati, fisici e altri studiosi.

Ho pensato allora che i nostri risultati e le molte importanti implicazioni che da essi derivano avrebbero dovuto essere resi disponibili a un pubblico più vasto, oltre che ai filosofi, agli scienziati e ai clinici che si occupano dei problemi della mente. Una caratteristica di particolare importanza di questa mia presentazione è la dimostrazione che il problema dei rapporti mente-cervello e quello delle basi cerebrali dell'esperienza cosciente possono essere studiati sperimentalmente.

Com'è successo tutto questo? Bisogna rendersi conto che l'esperienza cosciente può essere studiata solo in soggetti umani in stato di veglia e in grado di produrre un resoconto della loro esperienza. Gli animali diversi dall'uomo potranno anche avere esperienze coscienti, ma non esiste un modo accettabile di studiarle validamente. Ebbi l'eccezionale opportunità di studiare soggetti umani grazie al neurochirurgo Ber-

tram Feinstein e ai suoi pazienti che dovevano essere operati al cervello. Bert e io eravamo stati colleghi al Biomechanics Lab della University of California di San Francisco, dove lui lavorava come neurologo. Dopo tre anni passati in Svezia per specializzarsi in neurochirurgia, Bert iniziò a praticare presso il Mount Zion Hospital di San Francisco. Voleva approfittare dell'occasione che gli si offriva di accedere al cervello umano per condurre ricerche significative e prive di rischi, e mi offrì così l'opportunità di intraprendere questi studi. La terapia prevedeva che si collocassero degli elettrodi in certe specifiche strutture cerebrali. Io colsi la palla al balzo e mi dedicai allo studio dell'attività elettrica delle cellule nervose cerebrali e della stimolazione elettrica di certi neuroni appropriati, in relazione con i resoconti che i pazienti mi facevano delle loro esperienze coscienti. Devo sottolineare che le nostre procedure sperimentali non comportavano alcun rischio aggiuntivo per i pazienti, che fornivano il loro consenso informato; nessuna delle nostre attività di ricerca ha mai prodotto difficoltà e meno che mai lesioni. Anzi, i pazienti erano assai collaborativi e sostenevano i miei studi.

Anche il dottor Feinstein era accomodante e collaborativo quando eravamo in sala operatoria. Lasciava che io progettassi l'esperimento e non assumeva atteggiamenti autocratici da *prima donna* mentre operava. Abbiamo collaborato per quasi vent'anni; poi Bert morì prematuramente nel 1978. A causa di questa morte improvvisa, la ricerca del mio laboratorio si indirizzò allo studio dell'azione volontaria, ricerca in cui potevamo usare soggetti normali. Svolgemmo anche uno studio fondamentale sulla differenza fra il rilevamento di un segnale sensoriale e l'emergere della consapevolezza di averlo ricevuto (Libet et al., 1991). In questa ricerca disponevamo di pazienti che venivano curati allo scopo di placare dolori intrattabili usando elettrodi impiantati permanentemente in grado di stimolare una via sensoriale del cervello. Potemmo lavorare con questi pazienti grazie alla collaborazione con due neurochirurghi della University of California di San Francisco, il dottor Y. Hosobuchi e il dottor N.M. Barbaro, e anche grazie al-

l'aiuto di Michael Merzenich, professore di fisiologia in quell'università, che ci fornì generosamente spazi adatti ed equipaggiamento informatico.

Tutti questi studi erano iniziati nel 1959, in collaborazione con W. Watson Alberts, un biofisico, e con Elwood "Bob" W. Wright, un ingegnere biomedico. Watson lasciò il nostro gruppo di ricerca nel 1971, per dedicarsi con successo all'amministrazione del National Institute of Nervous and Mental Diseases. Il suo posto fu preso da Curtis Gleason, un ingegnere bioelettrico. L'efficacia della nostra ricerca deve molto ai contributi di questa équipe di collaboratori; così come devo esprimere la nostra dovuta gratitudine ai tanti pazienti che collaborarono ai nostri studi. E anche a un gruppo di dieci dottorandi in psicologia per l'entusiasmo con cui si sottoposero alle nostre indagini sperimentali sull'azione volontaria e sull'intenzione cosciente di agire.

Questo libro è dedicato a tre neuroscienziati che sono stati i mentori della mia carriera scientifica. Ralph Waldo Gerard, con cui cominciai a lavorare dopo la laurea presso la University of Chicago: fu lui a introdurmi a una ricerca creativa e immaginativa nel campo delle neuroscienze e continuò ad aver fiducia nelle mie capacità quando mi sono trovato in difficoltà. Sir John Eccles, che mi ha fatto entrare nel mondo della neuroscienza sperimentale moderna nel corso dell'anno che ho passato presso la Australian National University e che ha sostenuto il mio lavoro sulla relazione mente-cervello, in un'epoca in cui questo argomento non era così popolare fra i neuroscienziati. E infine K. Allan C. Elliott, esempio di rigore nella progettazione e nella presentazione del lavoro sperimentale, con cui ho collaborato per tre anni nel campo della neurochimica del cervello presso l'istituto del Pennsylvania Hospital a Philadelphia.

Devo esprimere la mia gratitudine a mio nipote Victor Libet e alle mie figlie Gayla e Moreen Libet per i loro utili commenti e per essersi prestati a rivedere, come lettori non specialisti, le prime versioni del manoscritto. Così come devo ringraziare i miei amici Robert Doty e Anders Lundberg per i loro

importanti consigli e il supporto e l'incoraggiamento che non mi hanno mai fatto mancare.

Le osservazioni di Michael Fisher, della redazione scientifica della Harvard University Press mi hanno spinto a un'importante riorganizzazione degli argomenti affrontati; Elizabeth Collins ha rivisto il testo con un abile lavoro di editing. E sono assai grato a Stephen Kosslyn, curatore per la Harvard University Press della collana "Perspectives in Cognitive Neuroscience", per la sua straordinaria e ricca prefazione.

Infine, non posso fare a meno di ricordare il sostegno che mi hanno dato mia moglie Fay, i miei figli Julian, Moreen, Ralph e Gayla e i miei nipoti Victor, Anna, Leah, Lev e Stavit.

1

IL PROBLEMA

Qualcosa accade quando a un certo stato del cervello corrisponde una certa "coscienza". Riuscire a gettare uno sguardo in questo qualcosa rappresenterebbe *la* scoperta scientifica dinanzi alla quale ogni altra scoperta passata impallidirebbe.

WILLIAM JAMES

Ci si ferma ad ammirare l'azzurro intenso di un fiore; ci si diverte a vedere le buffonate di un bambino; l'artrite ci fa provare una fitta di dolore alla spalla; quando ascoltate il *Messiah* di Haendel vi commuovete per quella musica maestosa; ci si sente tristi per un amico malato; si sente di poter fare libere e volontarie scelte su come e quando fare qualcosa; siamo consapevoli dei nostri pensieri, credenze, illuminazioni; siamo consapevoli di noi stessi, sentiamo il nostro Io come un essere reattivo e reale.

Questi sentimenti, questa consapevolezza, fanno tutti parte della nostra vita interiore. Sono soggettivi nel senso che sono accessibili *solo* al soggetto che li sta provando. *Non* sono evidenti e *non* possono essere descritti da osservazioni del cervello fisico.

La nostra vita interiore soggettiva è ciò che veramente conta per noi, in quanto esseri umani. Eppure sappiamo e capiamo ben poco di come essa nasca e di come funzioni nella nostra volontà cosciente di agire. Sappiamo che il cervello fisico

vi gioca un ruolo essenziale e che è intimamente legato alle manifestazioni delle nostre esperienze cosce e soggettive. E da qui derivano alcuni problemi di importanza fondamentale.

1.1 IL PROBLEMA: LA RELAZIONE FRA ATTIVITÀ CEREBRALI E FUNZIONI MENTALI

Non c'è dubbio che appropriate attività delle cellule nervose possano influenzare il contenuto, se non addirittura l'esistenza, dell'esperienza soggettiva. Ma è vero anche il viceversa? Le nostre intenzioni coscienti possono realmente influenzare o indirizzare le attività dei neuroni eseguendo un atto libero e volontario?

Le nostre esperienze soggettive sono basate su diffuse reti neurali costituite da migliaia di cellule, poste in luoghi diversi del cervello. Come è possibile che la nostra esperienza (per esempio un'immagine visiva) ci appaia soggettivamente in una forma unificata?

C'è un altro problema importante che riguarda l'esperienza conscia. Molte delle nostre funzioni mentali si svolgono *inconsciamente*, senza che ne siamo consapevoli. Discuteremo nei capitoli successivi le abbondanti prove sperimentali e cliniche di questa asserzione. L'analisi del ruolo dei processi mentali inconsci nella nostra vita emotiva era, come è notissimo, già stata considerevolmente sviluppata da Sigmund Freud e da altri. Ma il problema, nel contesto della presente discussione diventa: "Come fa il cervello a distinguere fra eventi mentali consci e inconsci?".

C'è infine una terza questione, forse la più misteriosa. Come possono le *attività fisiche* delle cellule nervose del cervello produrre *fenomeni di esperienza soggettiva conscia*, fenomeni *non fisici*, che comprendono la consapevolezza sensoriale del mondo esterno, pensieri e sentimenti di bellezza, di ispirazione, di appagamento spirituale? Come si può gettare un ponte sull'abisso che separa il "fisico" (il cervello) dal "mentale" (le nostre esperienze cosce soggettive)?

Si tratta di problemi profondi, cui sono state proposte varie soluzioni (per esempio, vedi Hook, 1960), che hanno per la maggior parte origini filosofiche o religiose, anche se, negli ultimi anni, hanno cominciato ad apparire anche contributi di ricercatori nel campo delle neuroscienze. Le proposte religiose sono chiaramente fondate su credenze di tipo metafisico e non sono controllabili scientificamente. Quelle dei filosofi sono state fin qui soprattutto modelli teorici speculativi, anch'essi per la maggior parte non sottoponibili a test scientifici.

Come ha sottolineato il filosofo della scienza Karl Popper (Popper, 1992), se una proposta teorica o un'ipotesi non può essere sottoposta a un controllo (*test*) che possa falsificarla, allora il teorico che l'ha avanzata può suggerire, a partire da essa, qualsiasi altra concezione senza possibilità di contraddittorio: l'ipotesi iniziale può portarci a qualunque conclusione senza che si possa confutarla. E, in effetti, proposte di questo tipo, non sottoponibili a test nel senso ora specificato, sono state avanzate non solo da filosofi e teologi, ma anche da alcuni scienziati. Molti scienziati, infatti, amano pensare che la loro ricerca sperimentale (in immunologia, per esempio, o nel campo del controllo motorio, o in fisica teorica, o in cosmologia) fornisca la base per speculazioni ben informate sulla natura dell'esperienza conscia e del cervello. E le loro speculazioni – anche se spesso sono effettivamente interessanti – nella maggior parte dei casi non sono falsificabili. Tuttavia, alcune di queste proposte forniscono suggestivi approcci scientifici ai problemi e alcune analisi filosofiche aiutano a definire la natura dei problemi e limitazioni sul tipo di risposte che si può sperare di ottenere.

Non ho intenzione in *questo libro* di presentare una rassegna completa della letteratura su queste problematiche. Lo scopo del *libro* è di mostrare che è possibile affrontare sperimentalmente i problemi della relazione fra cervello ed esperienza conscia. Gli studi che ho condotto hanno prodotto scoperte dirette, che hanno a loro volta implicazioni fondamentali, e il *libro* si occuperà soprattutto di quest'ultime. Le osservazioni fisiologiche intracraniche che ho potuto eseguire erano

correlate direttamente ai resoconti di esperienze consci fatti da esseri umani in stato di veglia ed è stato un approccio relativamente unico in questo campo. Discuteremo anche di studi sperimentali e concezioni filosofiche correlate, o perché rilevanti, o perché possono aiutare il lettore nella comprensione degli studi che verranno presentati. Ma per una storia complessiva delle scoperte sul cervello umano ci limitiamo a rinviare a Marshall e Magoun (1998).

1.2 CONCEZIONI GENERALI SULLA MENTE E LA MATERIA

A uno degli estremi, troviamo la posizione materialistica e deterministica. Secondo questa filosofia, la materia osservabile è la sola realtà e tutto – incluso il pensiero, la volontà, i sentimenti – può essere spiegato solo in termini di materia e delle leggi naturali che la governano. Francis Crick (lo scienziato che scoprì insieme a Watson le basi molecolari del codice genetico) esprime elegantemente questa concezione (Crick, Koch, 1998):

Voi, con le vostre gioie e i vostri dolori, le vostre memorie e le vostre ambizioni, il vostro senso di identità personale e il vostro libero arbitrio, voi non siete altro che il risultato del comportamento di un vasto assortimento di cellule nervose e di molecole a esse associate. Come avrebbe detto l'Alice di Lewis Carroll: "Non siete altro che un mazzo di neuroni".

Secondo la concezione deterministica, la consapevolezza che abbiamo di noi stessi e del mondo intorno a noi è solo un sottoprodotto, un epifenomeno di attività neurali, che non ha nessuna capacità indipendente di influenzare o controllare tali attività.

Si tratta di una teoria scientifica "dimostrata"? Bisogna dire subito che la posizione materialistica è un sistema di credenze: non è una teoria scientifica che sia stata verificata attraverso prove sperimentali dirette. È vero, certo, che le scoperte

scientifiche hanno prodotto, in misura sempre maggiore, prove pesanti sui modi in cui le capacità mentali – e persino la natura della personalità di un individuo – dipendono da specifiche strutture e funzioni del cervello e possono esserne controllate. Tuttavia, la natura non fisica della consapevolezza soggettiva (e dei sentimenti di spiritualità, creatività, volontà consapevole e immaginazione) non è descrivibile o spiegabile direttamente in termini di prove fisiche pure e semplici.

Come neuroscienziato che ha passato oltre trent'anni a studiare questi problemi, posso affermare che questi fenomeni soggettivi non sono predicibili a partire dalla conoscenza delle funzioni neurali. È una conclusione cui sono giunto contro quelle che erano le mie posizioni di partenza quando, giovane ricercatore, credevo nel determinismo e nel materialismo. Era prima che cominciassi a studiare i processi cerebrali nell'esperienza conscia, ricerca che cominciai a quarant'anni. Non esiste alcuna garanzia che il fenomeno della consapevolezza e dei fenomeni correlati sia spiegabile in termini della fisica che oggi conosciamo.

In effetti, i fenomeni mentali relativi alla coscienza non sono spiegabili con la conoscenza dell'attività delle cellule nervose, né si possono ricondurre a essa. Guardate nel cervello: vedrete le connessioni neurali e i messaggi neurali che scoppiettano dappertutto, in quantità paurosa. Ma non vedrete nessun fenomeno mentale soggettivo consapevole. Soltanto il resoconto dell'individuo che ne sta facendo esperienza potrà dirvene qualcosa.

Francis Crick ha ben esibito le sue credenziali di scienziato, etichettando il suo determinismo fisicalistico come “stupefacente *ipotesi*”. Futuri sviluppi, dice Crick, potranno produrre risposte più adeguate. Ma molti altri scienziati e filosofi deterministi non sembrano rendersi conto che la loro rigida visione è ancora basata sulla *fede*: in realtà, non hanno una risposta.

Peraltro, anche il mondo fisico “puro”, non mentale, esibisce indeterminazioni (fisica quantistica) e comportamenti caotici che rendono impossibile una predicibilità degli eventi di tipo deterministico. In un convegno dedicato a questi pro-

blemi, fu chiesto al famoso fisico teorico Eugene Wigner se la fisica avrebbe mai potuto spiegare la coscienza. “La fisica non riesce a spiegare nemmeno la fisica”, rispose Wigner, “figuriamoci la coscienza!”. La domanda più sensata quindi dovrebbe essere: “Il fenomeno dell’esperienza conscia e le sue relazioni con il cervello fisico obbediscono pienamente alle regole e alle leggi del mondo fisico che conosciamo?”. Torneremo in seguito su questo punto.

Al polo opposto, a 180 gradi dal determinismo materialistico, ci sono le credenze sulla separabilità della mente dal cervello (*dualismo*). Una versione religiosa del dualismo può sostenere la fede nell’esistenza di un’anima che – in qualche modo – è parte del corpo finché questo è in vita, ma può separarsene e prendere il volo verso destinazioni (variamente definite) dopo la morte.

Bisogna che dica subito che quest’ultima concezione è perfettamente sostenibile – in quanto *credenza*. La stessa cosa vale per la maggior parte delle altre idee religiose o filosofiche in proposito. Non c’è nulla, nei risultati della scienza che contraddica direttamente credenze di questo tipo. D’altra parte, esse non ricadono nel campo della conoscenza scientifica – nel senso popperiano che abbiamo descritto poc’anzi.

Un bell’esempio del processo scientifico è quello dell’ipotesi di Einstein che la luce fosse soggetta alla gravitazione, come la materia. Tuttavia, per dimostrare gli effetti gravitazionali sulla luce occorre che la luce passi vicino a un oggetto di massa enorme, molto più grande di quella degli oggetti disponibili qui sulla Terra. La difficoltà di fornire un test appropriato ostacolò la piena accettazione delle idee di Einstein. Fortunatamente, verso il 1920, si verificò un’eclissi totale di Sole. La luce, diretta verso la Terra, di una stella posta dall’altra parte del Sole gli passava vicino ed era visibile durante l’eclisse. Le misurazioni mostrarono che la posizione apparente della stella veniva modificata e che la luce si piegava dal suo cammino, “attratta” dal Sole. Se la luce non si fosse piegata, la teoria di Einstein ne sarebbe stata falsificata, contraddetta.

1.3 PUÒ ESSERCI UN APPROCCIO SCIENTIFICO AL PROBLEMA MENTE-CERVELLO?

Esiste un modo di costruire una conoscenza convincente di come si realizzi l'esperienza conscia soggettiva? C'è un modo di farlo che sia basato su prove osservabili?

Dobbiamo in primo luogo renderci conto che il cervello è l'“organo” fisico cui sono deputate le funzioni mentali conscie e inconscie. Non ci sono evidenze oggettive dell'esistenza di fenomeni consci esterni al cervello; anche se, come abbiamo già osservato, ciò non esclude la *credenza* (o fede) nell'esistenza di un'anima conscia e separabile. Forse, la prova più convincente che è il cervello l'organo cruciale e non qualche altra struttura corporea, la si può trovare negli effetti di una resezione del midollo spinale a livello del suo punto di giunzione con il cervello. Questo disgraziato evento si verifica con una certa frequenza negli incidenti in cui “ci si rompe l'osso del collo” (un caso che ha avuto molta eco è stato quello dell'attore Christopher Reeve, l'interprete di *Superman*, scomparso nel 2004). Il paziente rimane la *stessa persona conscia* che era prima dell'incidente; ma perde il controllo dei movimenti corporei dal collo in giù (compreso quello dei movimenti respiratori) e di tutte le sensazioni che i nervi spinali portano al corpo. L'interruzione delle vie nervose che connettono il cervello al midollo spinale è la ragione della perdita del controllo motorio e sensoriale dal collo in giù. La persona rimane consapevole di tutte le importanti sensazioni che derivano dalle connessioni nervose che partono dal capo, ancora intatte. E, se il cervello è ancora funzionale, la persona mantiene consapevolezza di sé stessa, dei suoi pensieri e dei suoi sentimenti.

D'altro canto, un danno al cervello può provocare la perdita di varie funzioni conscie, o addirittura una perdita permanente di coscienza, a seconda della localizzazione del danno cerebrale. È la perdita della funzione cerebrale che definisce a tutti gli effetti la fine della vita umana conscia – in altre parole, che definisce la morte. Accade così persino quando il resto del corpo, compreso il midollo spinale, i muscoli scheletrici e il

cuore sono ancora funzionanti. Anzi, è proprio in queste condizioni di morte cerebrale che possono essere espianati organi o tessuti per usarli nei trapianti.

In altre epoche, fu il cuore a essere spesso considerato la sede della coscienza e delle emozioni (per esempio, da Aristotele). Ma si è visto che la sostituzione del cuore di una persona con il cuore di un'altra (o addirittura con un dispositivo meccanico) non altera né la costituzione emotiva dell'individuo, né la sua esperienza.

E allora, quale tipo di risposte fattuali alle domande sull'esperienza conscia possiamo sperare di ricercare e ottenere? Quali risposte abbiamo già avuto? Una domanda importante (come le attività cerebrali siano correlate a funzioni mentali cosce e inconse) è, in linea di principio, riconducibile alla ricerca descrittiva e sperimentale. Ma per ricondurvela, abbiamo bisogno di definire l'esperienza soggettiva conscia, e di definirla in modo operativo – vale a dire praticabile per uno studio.

Il nostro punto di partenza è il fatto incontrovertibile che l'esperienza soggettiva conscia è accessibile direttamente solo all'individuo che ha quell'esperienza. Di conseguenza, l'unica prova valida per un osservatore esterno può derivare solo da un resoconto introspettivo del soggetto stesso sulla sua esperienza.

1.4 RESOCONTI INTROSPETTIVI DELL'ESPERIENZA SOGGETTIVA

Ci sono stati scienziati – e filosofi – che hanno speculato su come siano connessi il cervello e la mente. Ma, fino a tempi recenti, ben pochi (e ben pochi neuroscienziati) hanno tentato studi sperimentali diretti di come le attività delle cellule nervose cerebrali vengano coinvolte nella produzione o nella comparsa dei fenomeni dell'esperienza soggettiva conscia. Perché? Sono certamente in gioco difficoltà tecniche per questo genere di esperimenti su soggetti umani, ma il ruolo maggiore è stato giocato da un impedimento di tipo filosofico.

Nella comunità accademica, infatti, c'era una tendenza a considerare tabù gli studi che richiedono dati derivanti da resoconti introspettivi di esperienze soggettive. Questo atteggiamento negativo era in gran parte influenzato dalla predominanza, nel corso dei primi settant'anni del XX secolo, del comportamentismo nel campo della psicologia e del positivismo logico in quello della filosofia. Secondo questi punti di vista, soltanto gli eventi direttamente osservabili sono ammissibili come dati scientifici. I resoconti introspettivi sono solo indirettamente connessi con le esperienze soggettive reali; in altre parole, si tratterebbe di resoconti di un qualcosa che non è direttamente osservabile dal ricercatore e quindi di osservazioni non affidabili. Tuttavia, a meno che gli scienziati non trovino un modo di ottenere resoconti introspettivi validi, non potranno mai studiare la questione profondamente importante di come la nostra mente conscia sia connessa al nostro cervello. Il grande fisico Richard Feynman ebbe a dire:

Io cerco solo di scoprire qualcosa di più sul mondo... Qualsiasi sia il risultato, si tratta della natura; e lei viene fuori nel modo in cui è! E allora, quando ci mettiamo a ricercare, non dovremmo predeterminare che cosa troveremo.

Naturalmente, dobbiamo ammettere che un resoconto introspettivo non ci fornisce una prova assoluta sull'esperienza (detto fra parentesi, i fisici concordano che persino le misurazioni più puntigliose non possono essere eseguite con precisione assoluta). La sola esperienza soggettiva di cui possiamo essere assolutamente certi è la nostra – Descartes e Berkeley insegnano. Eppure, nelle relazioni sociali che intratteniamo ordinariamente, accettiamo senza problemi i resoconti introspettivi degli altri come riflessi significativi delle loro esperienze, anche se ci capita di cercare di valutarne la validità.

Non c'è dubbio, comunque, che la traduzione e la trasmissione di un'esperienza in un resoconto possano comportare una certa distorsione. È tuttavia possibile limitarsi a studiare tipi di esperienza molto semplici e che non abbiano contenuto

emotivo. Si può addirittura cercare di misurare l'affidabilità dei resoconti di esperienze di questo tipo. Nelle ricerche che ho condotto abbiamo sempre usato esperienze sensoriali molto semplici, che non avessero aspetti emotivi capaci di distorcerle. Inoltre, potevamo mettere alla prova l'affidabilità dei resoconti, cambiando gli input sensoriali in modo controllabile dagli sperimentatori e confrontando i diversi resoconti che ne scaturivano. Dovrebbe dunque essere chiaro che si può trovare un modo per studiare l'esperienza soggettiva scientificamente.

Devo aggiungere che un resoconto introspettivo non deve necessariamente essere un enunciato verbale. Un riscontro di tipo non verbale, come premere un determinato tasto per indicare una sensazione che si è provata soggettivamente può essere del tutto accettabile, a patto che il soggetto capisca che quell'indicatore si riferisce di fatto a un'esperienza soggettiva e introspettiva.

Vorrei aggiungere, qui, che già quando ero ancora studente mi ero reso conto che l'espressione verbale non è una rappresentazione compiutamente adeguata della realtà. Ne è solo un'approssimazione, limitata dal senso e dai significati attribuibili alle parole. Decisi dunque di cercare di pensare alla realtà in modo non verbale; di cercare cioè di cogliere la situazione reale intuitivamente, nel modo più integrato. E quando, in seguito, dovetti riflettere su problemi sperimentali, ho in effetti teso a considerarli in termini non verbali.

Lo sviluppo della psicologia cognitiva a partire dagli anni Settanta ha costituito un fattore molto importante nello spostare l'opinione scientifica verso il riconoscimento dell'utilità dei resoconti introspettivi. I cognitivisti volevano affrontare problemi riguardanti il modo in cui le persone sentono, pensano, conoscono; volevano capire come ciò sia legato alla realtà. Per farlo, dovevano farle parlare delle loro esperienze soggettive. E bisogna osservare che fra gli psicologi ci sono ancora dei comportamentisti tradizionali e che un vasto gruppo di filosofi aderisce al funzionalismo, una corrente di pensiero vicina al comportamentismo.

Ma già dalla fine degli anni Cinquanta, non avevo bisogno di aspettare il cognitivismo per sostenere il mio uso di resoconti introspettivi nelle nostre ricerche. Mi accostavo al problema da fisiologo, senza pregiudizi comportamentistici o funzionalistici. Il mio atteggiamento si basava, fin dall'inizio, sull'idea che l'esperienza consapevole potesse essere studiata e trattata come ogni altra funzione osservabile del cervello. In quanto scienziato sperimentale, era – ed è tuttora – mia ferma convinzione che il resoconto che una persona fa di un'esperienza consapevole debba essere considerato come una evidenza di capitale importanza. Questa testimonianza non dovrebbe venir alterata o distorta al fine di confermare concezioni o teorie preconcepite sulla natura della coscienza. A meno che non si possa dimostrare una loro manipolazione, o che non vengano contraddette da altre evidenze sperimentali, i resoconti di esperienze consapevoli ottenuti con una metodologia appropriata dovrebbero essere considerati sullo stesso piano di altri tipi di evidenze oggettive.

Mi stupii non poco, quando scoprii che l'opinione prevalente fra gli scienziati comportamentisti non concordava con le mie idee. Anzi, un gruppo di questi signori, in una visita al mio laboratorio in rappresentanza di una sezione di studio del National Institute of Health, mi fece chiaramente intendere che il mio campo di ricerca non era accettabile. E respinsero la mia domanda per un finanziamento.

È strano, però, che non abbia incontrato lo stesso rifiuto fra gli studiosi che guidavano la ricerca nel campo della neurofisiologia: Lord Adrian, Sir John Eccles, Herbert Jasper, Charles Phillips, Wilder Penfield, Roger Sperry, Frederic Bremer, Ragnar Granit, Anders Lundberg, Robert Doty, Howard Shevrin. Per costoro il nostro lavoro era lodevole e pionieristico – giudizi che furono espressi anche in un importante simposio del 1964, "Il cervello e l'esperienza cosciente". Organizzato sotto gli auspici della Pontificia Accademia delle Scienze e presieduto da Sir John Eccles, il simposio si tenne in Vaticano, nel cinquecentesco palazzo di Pio IV. Papa Paolo VI lo prese abbastanza sul serio da riceverci in udienza. Eravamo una

ventina di partecipanti, e siedevamo tutti su uno dei lati di un grande salone. Davanti a noi stavano, sull'altro lato, altrettanti cardinali, nella loro veste di porpora. Quando il papa entrò per salutarci, gli scienziati cattolici si inginocchiarono a baciargli l'anello; gli altri si limitarono a stringergli la mano. Conservo ancora la targhetta di quel simposio: fatta in cuoio spesso, con lettere dorate. Sono intervenuto in seguito a molti altri convegni sulla coscienza, presentando i miei contributi. Ce ne fu un altro proprio in Vaticano, nel 1988, anche questo organizzato da Sir John Eccles.

Oltre ai neurofisiologi, ci sono stati importanti filosofi – come Karl Popper, Thomas Nagel o Stephen Pepper – che si sono trovati d'accordo con le mie idee riguardanti il modo di studiare l'esperienza soggettiva. Pepper è stato professore di filosofia nella University of California di Berkeley; era un fiero sostenitore della cosiddetta teoria dell'identità, per cui le qualità fisiche esternamente osservabili del cervello e la qualità interiore dell'esperienza soggettiva sono semplicemente diversi aspetti fenomenologici di un singolo "substrato". Ciò nondimeno, Pepper ascoltava attentamente le mie discussioni sulle idee del mio gruppo di ricerca e sui nostri risultati; arrivò persino a dire che le evidenze che avevamo raccolto sulla valutazione retroattiva del momento della percezione sensoriale avrebbero potuto essere un argomento contro la validità della teoria dell'identità.

1.5 CONSAPEVOLEZZA

L'uso di resoconti introspettivi nei nostri studi mi ha condotto a riconoscere più chiaramente la natura del loro significato. Mi sono reso conto che l'aspetto essenziale dei resoconti introspettivi delle esperienze coscienti è la consapevolezza, o l'essere consapevoli di qualcosa. *Ciò di cui* si è consapevoli comprende una gran varietà di contenuti derivati dall'esperienza, quali la consapevolezza del mondo esterno e del nostro mondo corporeo interno (attraverso input sensoriali), dei no-

stri stati d'animo (rabbia, gioia, depressione), dei nostri pensieri e delle nostre fantasie e di noi stessi.

Molti filosofi, se non quasi tutti, hanno parlato di diversi tipi e livelli di esperienza cosciente. Di solito, la consapevolezza di sé viene considerata come un caso speciale che può essere limitato agli esseri umani e forse agli scimpanzé. Non possiamo essere sicuri che il contenuto esperienziale, anche nel caso di uno stesso evento o di eventi simili, sia identico nelle altre persone. Per esempio, ciò che io vedo come giallo potrebbe non essere identico a ciò che tu vedi come giallo, anche se abbiamo imparato a dare a quel tipo di esperienza lo stesso nome. Possiamo però accettare molto più fiduciosamente che le caratteristiche della consapevolezza, nelle altre persone, siano sostanzialmente identiche a quelle della nostra consapevolezza, anche se i contenuti dell'esperienza del giallo possono non essere identici.

Mi sembra, quindi, che non ci sia nessuna necessità di inventare diversi tipi o categorie di coscienza o di esperienze coscienti per spiegare i vari tipi di esperienza. La caratteristica comune in tutti i casi è la consapevolezza; la differenza sta nei diversi *contenuti* della consapevolezza. Come dimostrerò con prove sperimentali, la consapevolezza *per se* è un fenomeno unico, associato con attività neurali specifiche, attività che costituiscono una condizione necessaria per ogni esperienza cosciente.

I filosofi hanno chiamato *qualia* le esperienze sensoriali come il dolore, i colori, le armonie, gli odori. Esperienze di questo genere rappresentano fenomeni non spiegabili con la natura fisica degli stimoli che li producono o con le corrispondenti attività neurali, il che crea difficoltà alle teorie materialistiche sulle esperienze coscienti. A mio modo di vedere non vi sono ragioni per considerare questi *qualia* come un problema fondamentalmente differente da quello di altri generi di consapevolezza: le teorie materialistiche non riescono a spiegare neanche tutti gli altri generi di consapevolezza.

Dovremmo distinguere tra le "esperienze coscienti" e l'essere semplicemente svegli e sensibili agli stimoli; in altre paro-

le, l'essere semplicemente in uno stato "cosciente". Essere in stato cosciente, ovviamente, è un prerequisito per il manifestarsi delle esperienze coscienti soggettive, tranne nel caso dei sogni. Quando sogniamo, abbiamo esperienze coscienti durante il sonno, ma, in ogni caso, sia l'essere svegli e coscienti, sia la fase del sonno durante la quale compaiono i sogni richiedono un'attivazione diffusa della corteccia cerebrale da parte di strutture del tronco cerebrale e del talamo (nella struttura alla base del cervello anteriore sotto l'emisfero cerebrale). Questa funzione del cervello è una condizione di base, necessaria per la produzione di esperienze coscienti.

1.5.1 Come possiamo studiare la relazione fra il cervello e l'esperienza soggettiva cosciente?

Il mio atteggiamento è sempre stato di non prendere in considerazione speculazioni che non siano state sottoposte a controllo sperimentale. Preferisco, invece, concentrare la mia attenzione sullo scoprire come il cervello *realmente* tratti il comparire di un'esperienza cosciente o ne provochi il verificarsi. Credo che questo atteggiamento derivi dalla mia formazione in neurofisiologia sperimentale, il cui scopo è scoprire come funziona il sistema nervoso nella determinazione dei comportamenti individuali, basandosi su evidenze sperimentali.

Una delle principali difficoltà in questo tipo di indagini è la necessità di impiegare soggetti umani – con i quali lo studio diretto delle funzioni cerebrali è, per forza di cose, severamente limitato. Molto può essere fatto con gli animali per studiare, a livello comportamentale, fenomeni come la memoria, o l'apprendimento, o la rappresentazione di processi visivi (percezione spaziale, percezione dei colori), e così via. Ma tutte queste funzioni possono essere soddisfatte – anche nel caso dei soggetti umani – *senza* ricorso a una consapevolezza cosciente. Come afferma Marion Stamp Dawkins, bisogna fare attenzione a non "sfumare l'importante distinzione tra l'essere intelligenti e l'essere coscienti"; dobbiamo cioè stare sempre in guardia contro "l'impressione che tutto ciò di cui abbiamo

bisogno per sondare la mente animale (umana) sia dimostrare che gli animali (l'uomo) sono capaci di adempiere complessi compiti intellettuali, contro l'impressione che in questo modo si arrivi anche a dimostrare inevitabilmente che essi sono coscienti" (in altre parole, soggettivamente consapevoli).

Solo recentemente è stato messo a punto un progetto sperimentale (Stoerig, Cowey, 1995) che può dare una qualche sicurezza del fatto che una scimmia si serva di una forma cosciente di consapevolezza per svolgere un compito di una certa ingegnosità. Questo progetto utilizza scimmie con lesioni della corteccia visiva primaria; lesioni dello stesso tipo, negli esseri umani, comportano la perdita della visione cosciente – una completa cecità. Si sottopongono le scimmie a stimoli visivi e si controlla la loro capacità di rilevarli. Quando una scimmia deve dare una risposta a scelta forzata (sì/no), gli stimoli presentati nel campo visivo difettoso (quello "cieco") vengono rilevati nel cento per cento dei casi. I pazienti umani che soffrono di analoghi problemi alla corteccia visiva possono indicare correttamente un bersaglio, sebbene affermino di non vederlo (un fenomeno chiamato "visione cieca"). Quando invece la scimmia non è costretta a una risposta forzata, classifica gli stimoli di questo tipo nel campo visivo difettoso come "spazio vuoto", come se lì non ci fosse niente. In tale situazione, la scimmia sembra comunicare un messaggio del tipo: "In questo campo visivo cieco non vedo niente in maniera cosciente". Risultato che conferma l'idea che le scimmie sottoposte a questo esperimento possano distinguere fra visione cosciente e percezione non cosciente.

In ragione del nostro approccio sperimentale alla domanda di come si possa studiare la relazione tra cervello ed esperienza soggettiva cosciente, credo che debbano essere seguiti due principi epistemologici: il resoconto introspettivo deve essere il criterio operativo e non devono essere introdotte leggi *a priori* nella relazione fra la mente e il cervello.

1. *Il resoconto introspettivo come criterio operativo.* Ho già discusso il caso dei resoconti introspettivi, del quale descrivo

ora un importante corollario: qualsiasi evidenza comportamentale che non richieda un convincente resoconto introspettivo non può essere assunta come indicatore dell'esperienza soggettiva cosciente. Questa è la situazione, indipendentemente dal fatto che l'azione abbia un suo preciso scopo o dalla complessità dei processi cognitivi e astratti di soluzione dei problemi. Queste due situazioni possono verificarsi, e spesso accade così, in maniera non cosciente, senza consapevolezza da parte del soggetto. È necessario fare attenzione a distinguere fra la capacità di percepire un segnale e la consapevolezza della sua percezione.

Le azioni comportamentali sono le azioni muscolari osservabili e i cambiamenti autonomi (frequenza del battito cardiaco, pressione arteriosa, sudorazione, e così via). Le azioni puramente comportamentali che *non* danno luogo a un resoconto di esperienza introspettiva non forniscono una valida prova dell'esperienza cosciente *soggettiva*. Nel riportare un'esperienza introspettiva il soggetto risponde a domande sulla sua esperienza personale e contiamo sul fatto che comprenda la domanda. Un atto comportamentale che non risponda a questi requisiti può, in effetti, essere compiuto in maniera non cosciente.

2. *Evitare gli a priori nella relazione fra mente e cervello.* Ci si può porre una domanda-corollario: è possibile descrivere ciò che una persona prova o pensa (in altre parole, l'esperienza soggettiva di quella persona) prendendo in esame le attività delle cellule nervose del cervello senza nessun resoconto introspettivo della stessa persona? La risposta è no. Se fosse possibile guardare il cervello mentre è in attività e osservare le varie attività delle cellule nervose nelle diverse strutture, non si vedrebbe niente che assomigli a un fenomeno mentale o cosciente. Questa importante considerazione era già stata fatta, tra gli altri, dal grande filosofo e matematico del XVII secolo, Leibniz.

Invece, un altro grande matematico, Laplace, rimase affascinato dai nuovi modelli meccanicistici derivati dalla fisica di

Newton. Laplace ipotizzò che, se si potessero conoscere tutte le posizioni e gli stati di energia o movimento di tutte le molecole nell'universo, sarebbe possibile predire tutti gli eventi futuri. Sosteneva che la conoscenza di tali caratteristiche molecolari del cervello gli avrebbe consentito di descrivere e prevedere cosa accadeva nella mente. Ora, tanto per cominciare, questa affermazione non può essere controllata nella pratica, dal momento che non siamo in grado di descrivere i dati relativi all'astronomico numero di molecole cerebrali; inoltre, la fisica novecentesca dichiara che è impossibile determinare simultaneamente posizione e movimento di una qualunque particella. In secondo luogo, anche se potessero essere soddisfatte le condizioni richieste da Laplace, si vedrebbe solo una configurazione molecolare ma nessun fenomeno mentale. È curioso che un nutrito gruppo di filosofi, i funzionalisti, continuino a sostenere una concezione comportamentistica simile a quella di Laplace.

Il principio generale che si deve seguire, in contrasto con il comportamentismo, è che gli eventi "fisici" osservabili esternamente e gli eventi "mentali" interni sono categorie fenomenologicamente indipendenti. Certo, queste due categorie sono *correlate*, ma questa loro relazione può essere scoperta solo attraverso l'osservazione simultanea dei due fenomeni separati. La relazione non può essere prevista *a priori*. *Nessuno dei due fenomeni può essere ridotto all'altro o descritto da esso.*

Prendiamo questo semplice esempio: in seguito alla stimolazione elettrica dell'area corticale che riceve le informazioni sensoriali dal corpo, il soggetto non sente nessuna sensazione localizzata nel cervello. Al contrario, percepisce sensazioni in qualche parte del suo corpo – per esempio nella mano – nonostante alla mano non stia, in effetti, succedendo niente. Un osservatore esterno non potrebbe in nessun modo descrivere questa esperienza soggettiva se non chiedendo un resoconto introspettivo dell'esperienza al soggetto.

Questo principio porta a un deciso rifiuto della concezione riduzionistica, ancora popolare fra molti scienziati e filosofi (per esempio Churchland, 1981; Dennett, Kinsbourne, 1992).

Secondo questa visione la conoscenza delle strutture e funzioni neurali (o delle loro strutture molecolari soggiacenti) è sufficiente per definire e spiegare l'essere cosciente e le attività mentali. Ma abbiamo appena visto che questa visione riduzionistica non funziona.

1.6 IN QUALE PARTE DEL CERVELLO SONO LOCALIZZATI I PROCESSI RELATIVI ALL'ESPERIENZA COSCIENTE?

Il grande neurochirurgo Wilder Penfield ha compiuto con i suoi colleghi (in particolar modo con Herbert Jasper) migliaia di osservazioni dei resoconti introspettivi dei pazienti in risposta a stimolazioni elettriche localizzate della corteccia cerebrale. La corteccia veniva scoperta ed esaminata durante le procedure terapeutiche per identificare i *foci*, cioè i gruppi di cellule responsabili delle convulsioni epilettiche. I pazienti erano svegli, in anestesia locale al cuoio capelluto. Anche altri neurochirurghi hanno portato avanti simili mappature di risposte dello stesso tipo. I resoconti delle sensazioni erano ottenuti stimolando le aree sensoriali primarie della corteccia cerebrale: somatosensoriale (l'area collegata alle sensazioni corporee), visiva e uditiva. Chiaramente la stimolazione elettrica della corteccia sensoriale primaria sembrava essere un buon modo per studiare i requisiti necessari per produrre un evento cosciente che potesse essere "raccontato".

La maggior parte della corteccia cerebrale non fornisce risposte coscienti di nessun tipo quando viene stimolata elettricamente. Ma le cellule nervose in queste aree "silenti" rispondono invece agli stimoli: intorno a tutti i siti stimolati si possono registrare risposte elettriche – risposte corticali dirette (*direct cortical responses*, DCR). Presumibilmente, la produzione di una risposta cosciente, descrivibile dal soggetto, nelle aree silenziose, può richiedere attivazioni più complesse di quelle che è possibile ottenere nelle aree sensoriali primarie della corteccia. O, forse, le aree silenziose possono non mediare le funzioni coscienti.

In ogni caso, vale la pena sottolineare che, in base a questa e ad altre evidenze, si può verificare una considerevole attività neurale senza che si susciti nessuna esperienza cosciente.

Penfield e Jasper rimasero impressionati nell'osservare che ampie lesioni distruttive degli emisferi cerebrali non provocavano una perdita di conoscenza, mentre piccole lesioni nei sistemi attivatori localizzati nel tronco cerebrale o nei nuclei intralaminari del talamo producono una perdita di conoscenza, una forma di coma. Penfield (Penfield, 1958) propose quindi che la "sede" della coscienza fosse localizzata in queste strutture sottocorticali situate medialmente, che chiamò sistema centroencefalico. Allo stesso modo, un altro eminente neurochirurgo, Joseph Bogen (Bogen, 1995), ha recentemente proposto che la funzione cosciente risieda nel nucleo intralaminare del talamo, un componente del sistema centroencefalico.

La difficoltà logica del punto di vista di Penfield e Bogen sta nel fatto che non distinguono tra condizione necessaria e sufficiente. Il fatto che una struttura sia necessaria per la funzione cosciente non rende di per sé quella struttura una condizione sufficiente a produrre un'esperienza cosciente. Ci sono in effetti molte altre funzioni che sono necessarie per l'eventuale produzione di esperienza cosciente. Per esempio, se il cuore smette di battere, una persona perde tutte le sue funzioni coscienti in pochi secondi, ma il cuore non è la sede delle funzioni coscienti, contrariamente a quanto ritenevano molte antiche civiltà. Il cuore può essere sostituito con un trapianto o perfino da un apparecchio meccanico senza alterare i processi coscienti o la personalità del soggetto. Oltretutto, ci sono molte prove del fatto che certe particolari attività neurali degli emisferi cerebrali sono alla base della produzione degli eventi coscienti.

Vari studi hanno fornito importanti informazioni riguardo alla localizzazione delle attività delle cellule nervose associate con eventi coscienti o relativi al comportamento. Questi studi possono essere divisi in due gruppi: studi neurofisiologici e tecniche per la misurazione di cambiamenti dell'attività delle cellule nervose cerebrali.

1. Gli studi neurofisiologici hanno preso in esame i mutamenti nelle funzioni mentali prodotti da lesioni distruttive in specifiche zone del cervello. L'“antenato” degli studi in questo campo è forse il caso di Phineas Gage, avvenuto nel XIX secolo. Gage subì un danno accidentale alla porzione frontale di entrambi gli emisferi cerebrali mentre stava lavorando alla posa di binari ferroviari: una spranga di metallo si infilò nella sua testa, proprio davanti al lobo temporale fino a uscire dall'altra parte. Gage sopravvisse, ma la sua personalità cambiò drasticamente. Prima era una persona equilibrata, affidabile e socievole; dopo l'incidente divenne disinibito (imprecava senza limiti e si eccitava facilmente), inaffidabile sul lavoro e perse gran parte delle capacità di organizzazione e previsione. Il suo caso mise in luce l'importanza dei lobi frontali del cervello per l'autocontrollo, la capacità organizzativa, e così via. Furono poi scoperte molte altre cose sulle funzioni dei lobi frontali.

Più recentemente, i neuropsicologi sono andati elaborando rappresentazioni di sottili differenze delle funzioni mentali, di cui non avevamo precedentemente nessun indizio. Per esempio, alcune lesioni specifiche prodotte da danni locali derivati da grumi di sangue o da emorragie (in altre parole, piccoli ictus) possono produrre l'incapacità di percepire le consonanti delle parole, mentre le vocali continuano a essere riconosciute: col risultato che i pazienti sono quasi completamente incapaci di comprendere il significato delle parole, quando vengono pronunciate.

2. Una serie di tecniche permette di misurare i cambiamenti locali dell'intensità delle attività delle cellule nervose del cervello. Queste tecniche sono basate sulla premessa che un aumento dell'attività neurale locale è accompagnata da un aumento del metabolismo energetico delle cellule nervose. Questo aumento del metabolismo può provocare un maggior consumo locale di ossigeno e il rilascio, nelle zone attorno alle cellule nervose, di alcuni prodotti terminali del metabolismo. In particolare, l'ossidazione del glucosio produce anidride carbonica (CO_2). La CO_2 provoca a sua volta una dilatazione delle arteriole, aumentando così la circolazione sanguigna in quella zona.

La prima tecnica efficace per misurare i cambiamenti del flusso ematico cerebrale regionale (*regional Cerebral Blood Flow*, rCBF) o locale venne elaborata dal neurofisiologo clinico svedese David Ingvar e dai suoi colleghi (vedi Lassen, Ingvar, 1961; Ingvar, 1979, 1999). La tecnica si basa su misurazioni e rappresentazioni dei cambiamenti locali della radioattività, dopo un'iniezione di una dose relativamente sicura di un composto radioattivo nel sangue che irroria il cervello. Si collocano molti rilevatori di scintillazione sul cuoio capelluto del soggetto, ciascuno dei quali misura le emissioni radioattive nella sua zona e di conseguenza registra il grado di radioattività del composto iniettato in quella regione. Un aumento della radioattività in un certo preciso momento dopo l'iniezione indica un aumento del flusso sanguigno nella regione.

Ingvar e i suoi colleghi studiarono i cambiamenti del rCBF non solo in risposta a input sensoriali e attività motorie ma anche in rapporto a processi mentali. Scoprirono, per esempio, che quando un soggetto immaginava semplicemente di muovere le proprie dita, senza in effetti muoverle, si poteva rilevare un aumento del rCBF esattamente nelle stesse aree che venivano "accese" quando le dita erano mosse volontariamente dal soggetto. Studi successivi (Roland, Friberg, 1985) hanno provato che si attivano campi corticali (soprattutto nel lobo frontale) quando il pensiero coinvolge operazioni di calcolo mentale, nello specifico sottrazioni; attivazione che si verifica senza però nessuna attivazione di aree motorie o sensoriali.

Si potrebbe sostenere che risultati di questo tipo mostrino la capacità di un processo mentale cosciente di influenzare l'attività neurale del cervello. Si potrebbero inoltre studiare condizioni patologiche al fine di determinare disfunzioni locali o generali nella circolazione cerebrale, sia in stato di riposo sia in risposta a stimoli relativi o a compiti particolari. Per esempio, in soggetti colpiti da Alzheimer precoce, schizofrenia o altri generi di malattie, sono stati osservati deficit specifici della circolazione sanguigna cerebrale.

Sono stati Louis Sokoloff e il suo gruppo (Sokoloff et al., 1977) ad aprire la strada a notevoli miglioramenti della misu-

razione dei cambiamenti metabolici locali nel cervello integro. Il loro lavoro ha condotto direttamente all'invenzione di metodi più potenti per determinare cambiamenti del metabolismo. Anche in questo caso, come per la tecnica di Ingvar, non è necessaria alcuna penetrazione chirurgica nel cervello e pertanto questi metodi possono essere usati su soggetti umani. I due metodi attualmente in uso hanno migliorato notevolmente sia la precisione spaziale sia la velocità di misurazione.

Il primo metodo è la tomografia a emissione di positroni (*positron emission tomography*, PET). La PET si basa sull'iniezione di sostanze debolmente radioattive che emettono positroni, invece di radiazioni elettromagnetiche. I positroni sono rilevati da un gran numero di piccoli strumenti sistemati sul cuoio capelluto. Il secondo metodo fa uso della risonanza magnetica (RM) per rappresentare, in modo altamente localizzato, i cambiamenti quantitativi in una serie di atomi (come ossigeno e carbonio) associati alle funzioni neurali.

Tutti questi tipi di indagine – studi di neuropsicologia, rCBF, PET, RM funzionale – forniscono informazioni solo su *dove*, nel cervello, le attività delle cellule nervose possono essere collegate alle varie operazioni mentali. Non ci dicono quali generi di attività delle cellule nervose (cambiamenti delle configurazioni locali, frequenze di scarica, e così via) siano coinvolte. Neanche ci indicano con sufficiente precisione la correlazione temporale fra i cambiamenti dell'attività delle cellule nervose e la funzione mentale (come la relazione fra la sincronizzazione di un cambiamento dell'attività cerebrale e la consapevolezza cosciente di un dato evento). Anzi, è perfino possibile che le aree che mostrano un aumento dell'attività non siano siti di importanza primaria per l'inizio o l'organizzazione delle funzioni che si stanno controllando. I siti primari potrebbero essere più piccoli e mostrare cambiamenti molto più deboli nelle immagini di misurazione.

Anche quando uno di questi metodi diventa capace di risoluzioni molto veloci di cambiamenti nel tempo, come sono diventate le RM funzionali, la stima della sincronizzazione dei cambiamenti neurali è limitata dal processo fisiologico che

viene misurato. La RM (come la PET) misura un cambiamento della circolazione sanguigna locale o dei componenti chimici che vengono prodotti da una variazione metabolica nelle cellule nervose. Questi cambiamenti metabolici devono in gran parte *seguire* i cambiamenti funzionali relativi (sia che questi siano risposte sinaptiche o alterazioni della scarica di impulsi nervosi). I cambiamenti importanti e significativi dell'attività delle cellule nervose possono avvenire nell'ordine dei millisecondi; ma i cambiamenti energetici metabolici, cui queste attività neurali hanno dato inizio, possono richiedere secondi prima di produrre cambiamenti che siano misurabili con queste tecniche. Insomma, queste tecniche non ci permettono di rispondere a domande quali: "L'intenzione cosciente procede o segue l'impulso cerebrale che dà inizio a un atto volontario?".

1.7 ELETTROFISIOLOGIA

La registrazione di eventi elettrici, che sono una componente intrinseca dell'attività neurale che ci interessa, permette di ottenere indicatori praticamente istantanei del mutamento di attività delle cellule nervose. Queste registrazioni derivano dai campi della corrente elettrica (e dal potenziale) prodotti dalle scariche degli impulsi nervosi conduttori (dai loro *potenziali d'azione*) e dai *potenziali sinaptici* più locali e poco diffusi. I potenziali sinaptici vengono prodotti quando le fibre che provengono da altre cellule nervose rilasciano un nuovo messaggio alle loro terminazioni, che entrano in contatto con aree specializzate della membrana esterna della cellula nervosa successiva. La congiunzione specializzata tra la prima fibra e il sito in cui essa termina su di un'altra cellula è detta una *sinapsi* (dal greco: unione di due elementi). In molte sinapsi la terminazione entrante può rilasciare una specifica sostanza chimica, detta neurotrasmettitore. L'area della membrana cellulare dalla parte ricevente della sinapsi contiene ricettori che sono specializzati per rispondere al neurotrasmettitore.

La risposta postsinaptica di solito produce un cambiamen-

to elettrico locale, rendendo il lato esterno della membrana ricevente o più negativo (con effetto eccitatorio) o più positivo (con effetto inibitorio). In entrambi i casi si crea, dunque, una differenza di potenziale elettrico (voltaggio) fra la porzione postsinaptica locale della membrana cellulare e la membrana adiacente (non interessata da una simile variazione) della stessa cellula. Questo produce una corrente elettrica lungo la cellula. I cambiamenti di potenziale in questo campo elettrico possono essere facilmente determinati per mezzo di un elettrodo posto in un mezzo esterno vicino alla cellula. In ogni caso anche piccoli potenziali elettrici possono essere rilevati a grande distanza per mezzo di idonei amplificatori.

In questo modo si possono rilevare, persino sul cuoio capelluto, potenziali molto piccoli, dell'ordine del microvolt. Questi sono alla base dell'elettroencefalogramma (EEG, noto anche come rilevamento delle "onde cerebrali"). Questi ritmi elettrici dell'EEG furono descritti per la prima volta in soggetti umani nel 1929, da Hans Berger. L'EEG è attualmente molto usato negli studi sulle funzioni cerebrali in condizioni normali e cliniche. Ci sono, per esempio, cambiamenti tipici delle onde cerebrali che accompagnano il passaggio dallo stato di veglia ai vari stadi del sonno; i cambiamenti tipici che accompagnano l'attività epilettica sono usati per diagnosticare e localizzare la posizione dei foci epilettici.

I magnetoencefalogrammi (MEG) sono entrati nell'uso recentemente. Si tratta di registrazioni dei piccoli campi magnetici generati dalle correnti elettriche. Pare che i MEG, registrati con rilevatori sul cuoio capelluto, forniscano indicazioni sui campi neurali che si originano nel cervello migliori di quelle degli EEG. Comunque, piccoli elettrodi introdotti all'interno del cranio in diretto contatto con la superficie corticale o inseriti nelle strutture subcorticali profonde possono determinare variazioni elettriche più localizzate e più significative di qualsiasi rilevazione a livello di cuoio capelluto, EEG o MEG che siano.

È possibile, e spesso desiderabile, compiere alcune procedure neurochirurgiche senza anestesia generale, in un paziente vigile. Questo risultato può essere ottenuto iniettando un a-

nestetico locale nel cuoio capelluto e nei tessuti che ricoprono la scatola cranica. Questa procedura è sufficiente a impedire che il paziente percepisca dolore, dal momento che la perforazione della scatola cranica o il contatto con i tessuti cerebrali non provocano alcun dolore. Non ci sono terminazioni nervose speciali che reagiscono a lesioni nel cervello, come quelle che, invece, reagiscono a lesioni in altre parti del corpo e producono sensazioni dolorose quando il messaggio raggiunge certe zone cerebrali. Il dolore è fondamentale per informarci sui danni ai tessuti, in modo che sia possibile allontanarci dalla fonte del danno. Si può presumere che un analogo sistema di allarme per il cervello stesso non sarebbe di alcun valore adattativo. Il cervello è situato in un cranio osseo protettivo, e ogni oggetto che produca un danno al cervello deve prima provocare dolore quando penetra il cuoio capelluto e l'involucro delle ossa, così come le membrane (meningi) che ricoprono il cervello. Però, un tumore che cresca all'interno del cervello non produce dolore, il che lo rende una fonte di lesioni insidiosa e pericolosa.

Il neurochirurgo americano Harvey Cushing (1909) fu uno dei primi a mostrare come l'elettrostimolazione di una zona appropriata della corteccia sensoriale potesse evocare resoconti di sensazioni di prurito da parte del soggetto (le osservazioni di Cushing risalgono a prima che fosse introdotta la tecnica delle registrazioni elettriche). Quando veniva posto un elettrodo stimolatore sul giro postcentrale (la circonvoluzione situata dietro il solco centrale o rolandico della corteccia cerebrale), veniva percepita una sensazione di prurito in qualche parte del corpo: non veniva avvertita invece nell'area del cervello stimolata. La stimolazione del giro precentrale, posto proprio davanti al solco rolandico, produceva movimenti locali di varie parti del corpo. Queste aree sarebbero in seguito state incluse nell'area somatosensoriale primaria e nell'area motoria primaria della corteccia cerebrale.

Successivamente il neurochirurgo tedesco Otfried Foerster (citato in Penfield, 1958) e il neurochirurgo americano-canadese Wilder Penfield ampliarono notevolmente le informazio-

ni ottenibili in questo modo (vedi Penfield, Boldrey, 1937). Presero in esame, in differenti pazienti, praticamente l'intera corteccia cerebrale e trovarono, come altri dopo di loro, che la stimolazione nella maggior parte delle zone della corteccia non produceva sensazioni che potessero essere riferite, movimenti o sentimenti: queste aree vennero dette "silenti". Le aree "eccitabili", quelle che producevano risposte, erano limitate alle aree dette sensoriali primarie (per le sensazioni corporee e somatiche), all'area visiva (in una precisa zona del lobo occipitale, nel polo posteriore della corteccia), e alla corteccia uditiva (nella zona superiore anteriore del lobo temporale). Penfield inoltre osservò resoconti psichici di allucinazioni, reminiscenze e altri casi di questo genere quando stimolava alcune aree del lobo temporale. (In effetti, il lobo temporale con le sue strutture subcorticali – ippocampo e amigdala – viene oggi considerato un importante mediatore nella formazione della memoria e di alcune sensazioni emotive quali la paura e l'aggressività.)

Noi e altri abbiamo mostrato che la stimolazione delle aree silenziose indica una considerevole capacità di risposta locale da parte delle cellule nervose coinvolte. Per quale ragione, dunque, non ci deve essere una risposta soggettiva da parte del soggetto? Ho proposto che la semplice eccitazione di fasci locali di fibre nervose sarebbe inadatta a produrre quel genere di attività organizzate che può essere necessario per attivare un'esperienza soggettiva. Anzi, siamo già fortunati che la stimolazione delle aree primarie sensoriali e motorie possa indurre risposte soggettive. Possiamo solo ipotizzare che questo avvenga a causa del fatto che le fibre nervose eccitate in quelle zone hanno un accesso sufficiente alle cellule nervose che mediano direttamente queste risposte soggettive.

D'altra parte, è stato dimostrato da Robert Doty e collaboratori (vedi Doty, 1969) che la stimolazione elettrica delle aree silenziose negli animali (gatti, scimmie) partecipa al riflesso condizionato (RC). In un RC ordinario, uno stimolo incondizionato (SI) efficace produce una risposta naturale che non richiede apprendimento. Per esempio, un colpo moderato alla zampa

(SI) fa in modo che l'animale ritiri la zampa. Se uno stimolo condizionato (SC) che non ha niente a che fare con lo SI è applicato meno di un secondo prima dello SI, l'animale impara a ritirare la zampa quando quello SC (per esempio un suono) è applicato da solo. Uno stimolo elettrico alla corteccia silente può agire come uno SC convenzionale, in maniera equivalente alla produzione di un suono: l'animale, cioè, può imparare a ritirare la zampa quando riceve quello stimolo corticale da solo. Questa e altre evidenze indicano che un soggetto può rilevare efficacemente, dal punto di vista funzionale, un'attivazione specifica dei neuroni in quasi ogni parte della corteccia cerebrale. Tale rilevazione di risposte neurali attivate da uno stimolo elettrico nella corteccia cerebrale silente viene presumibilmente effettuata in modo *inconscio*, se ci si basa sull'assenza di qualsiasi esperienza cosciente in presenza di stimolazioni simili nei soggetti umani.

Se uno stimolo della corteccia silente in un soggetto umano possa anche essere rilevato inconsciamente è un punto interessante che dovrebbe essere analizzato sperimentalmente; si tratta di una ricerca che avrei voluto condurre, ma che non sono stato in grado di intraprendere prima di andare in pensione. Altri esperimenti da noi condotti hanno mostrato che certe stimolazioni di una via sensoriale, anche se inadeguate a produrre un'esperienza cosciente, possono comunque essere individuate in modo utile dal soggetto umano (Libet et al., 1991, cap. 4). La conclusione importante è quindi che attività neurali inadeguate a produrre esperienze coscienti o consapevolezza possono comunque aiutare a mediare funzioni senza consapevolezza. In realtà, la maggior parte delle attività del nostro cervello sono di questa natura.

1.8 IL NOSTRO DEBUTTO SPERIMENTALE

Ebbi l'occasione di intraprendere studi di questo genere grazie al mio collega e amico Bertram Feinstein. Bert era un neurologo sperimentale al laboratorio di biomeccanica presso

la University of California di San Francisco. Collaboravo con lui allo studio delle funzioni muscolari collegate alla locomozione. Bert passò alla neurochirurgia dopo aver trascorso tre anni di studio in Svezia nei primi anni Cinquanta con il grande neurochirurgo Lars Leksell.

Bert inaugurò la neurochirurgia stereotassica a San Francisco e in pratica negli Stati Uniti orientali (vedi Feinstein et al., 1960). Nella neurochirurgia stereotassica si introduce nel cervello un elettrodo terapeutico o una sonda fino a raggiungere una precisa struttura profonda evitando così di aprire chirurgicamente il cervello. Si fissa al cranio del paziente una struttura ("casco") che permette di raggiungere un punto del cervello ("bersaglio") definito spazialmente da una terna di coordinate cartesiane. All'epoca il metodo era usato principalmente per rendere inattive certe strutture profonde utilizzando una sonda riscaldante per alleviare i tremori dei pazienti affetti da morbo di Parkinson.

La struttura ideata da Leksell permise a Feinstein di raggiungere una precisa zona del cervello attraverso una grande varietà di percorsi. Il supporto della parte da introdurre nel cervello era un casco di forma emisferica che poteva muoversi in ogni posizione avanti e indietro. Quindi era possibile adottare un qualsiasi angolo di ingresso per raggiungere un dato bersaglio. Si poteva perciò scegliere un percorso tale che, prima di raggiungere il bersaglio terapeutico, la punta inserita passasse attraverso altre strutture interessanti per la ricerca.

Bert Feinstein era una personalità inusuale tra i neurochirurghi per il suo desiderio di usare queste opportunità per studiare problemi di interesse fondamentale, dal momento che queste ricerche potevano essere portate avanti senza sottoporre il paziente a rischi ulteriori – naturalmente, con il consenso informato del paziente e l'approvazione del comitato ospedaliero che supervisionava gli esperimenti sull'uomo.

Quando Feinstein mi offrì l'opportunità di progettare degli studi di base per i quali era necessario l'accesso intracraniale al cervello del soggetto sveglio, decisi subito che avremmo dovuto indagare in che modo le attività del cervello sono con-

nesse all'esperienza cosciente o possono produrla. Il problema era, infatti, che questo tipo di studi non poteva essere condotto sugli animali, dal momento che non forniscono un resoconto introspettivo dell'esperienza soggettiva.

La ricerca di come le attività cerebrali sono connesse all'esperienza cosciente o possono produrla è stata un mio obiettivo per lungo tempo. Ero affascinato dalla domanda di come possa nascere nel cervello l'esperienza soggettiva cosciente. Ho condotto la mia tesi di laurea sulle attività elettrofisiologiche del cervello delle rane sotto la guida del grande neuroscienziato Ralph Gerard, mio professore all'Università di Chicago. Durante il mio primo anno con lui, Gerard mi chiese di fare una lista delle mie idee su che cosa le onde elettriche spontanee potessero significare nel caso delle rane. Un elemento che decisi di inserire fu che queste onde potevano rappresentare l'espressione neurale della coscienza della rana! Gerard aveva un'ampia e varia visione delle funzioni cerebrali ed era disposto a prendere in esame ogni mia considerazione e suggerimento. Fui fortunato a lavorare insieme a lui a questa ricerca.

Per facilitare queste ricerche cliniche e sperimentali di base, Feinstein ottenne una nuova sala operatoria al Mount Zion Hospital di San Francisco. In questa sala operatoria, schermata elettricamente, disponevamo di apparecchiature per la registrazione elettrica delle attività delle cellule nervose e per fornire stimoli elettrici. Le apparecchiature erano collegate con una sala di controllo adiacente nella quale si trovavano i macchinari elettrici e i tecnici che li facevano funzionare.

I nostri studi cominciarono nel 1958. Queste ricerche iniziali durarono per diversi anni e furono effettuate nel corso di operazioni neurochirurgiche in quella sala operatoria (vedi Libet et al., 1964). I pazienti erano svegli, con anestesia locale al cuoio capelluto e al tessuto periosteo che ricopre la scatola cranica. Ogni paziente, ovviamente, aveva dato il suo consenso informato per questo tipo di procedura sperimentale – essenzialmente senza rischi, ma che comunque prevedeva che il paziente potesse interromperla in qualsiasi momento. I pa-

zienti erano solitamente molto disponibili a collaborare e coerenti nelle risposte. Ci limitavamo, comunque, a circa trenta minuti di studio in sala operatoria. Era quindi necessario organizzare attentamente e pianificare la ricerca per avere una seduta produttiva ed efficace. Subito dopo avevamo bisogno di un periodo di riposo per rilassarci: l'operazione richiedeva molta concentrazione.

Le sessioni di studio divennero più tranquille e proficue quando, negli anni Sessanta, Feinstein cambiò tecnica terapeutica. Preferì lasciare le sonde inserite nel cervello per alcuni giorni o per una settimana affinché le lesioni terapeutiche venissero prodotte in maniera graduale con il paziente in condizione ambulatoriale e quindi in uno stato più normale. Questo cambiamento di procedura ci permise di studiare il paziente in modo più approfondito e tranquillo fuori dalla sala operatoria. In seguito Feinstein studiò pazienti che soffrivano di dolore intrattabile posizionando, nella via sensoriale sotto la corteccia cerebrale, elettrodi stimolanti permanenti. Fummo così in grado di studiare questi pazienti per un periodo prolungato, perfino quando venivano alle visite di controllo del dottor Feinstein.

Feinstein morì prematuramente nel 1978. Persi un caro amico e il mondo perse un pioniere della neurochirurgia sperimentale. La sua morte cambiò anche la direzione delle mie ricerche. Ritornai allo studio di come la volontà cosciente è collegata alle funzioni cerebrali, studio che poteva essere portato avanti su soggetti normali. Era sufficiente posizionare sul cuoio capelluto degli elettrodi per registrare e individuare i cambiamenti elettrici che accompagnano un atto volontario – e questo era ciò di cui avevo bisogno per gli esperimenti che avevo progettato (vedi il capitolo 4 per una descrizione completa).

Ovviamente, perfino con la collaborazione di un neurochirurgo come Feinstein e dei suoi pazienti, il numero di soggetti disponibili per studi completi era decisamente limitato. Ma si può difendere anche la logica di studi basati su di un singolo caso, come sostiene John C. Marshall (Marshall, 1989) nella

recensione del libro di Tim Shallice *From Neuropsychology to Mental Structure* (Shallice, 1988). Claude Bernard (il grande fisiologo della fine del XIX secolo) sosteneva che, in medicina e fisiologia, l'uso di medie elaborate all'interno di un gruppo "porta necessariamente all'errore". In uno studio ho trovato citato un passo dell'*Introduction à l'étude de la médecine expérimentale* di Bernard in cui egli critica le pretese di un fisiologo che

prendeva le urine dalla stazione di una ferrovia dove passavano persone di tutte le nazioni e che quindi credeva di poter così presentare un'analisi dell'urina europea media.

E l'autore concludeva, riferendosi alla lezione di Bernard:

Può essere solo con l'analisi dettagliata dei risultati dei pazienti che si costruisce un modello e, a questo livello, la variazione individuale teoricamente importante è fondamentale e significativa.

Il resto di questo libro è orientato a fornire una descrizione dei singolari sviluppi sperimentali e delle scoperte che siamo fortunatamente stati in grado di fare su questo grande e fondamentale problema: in che modo le attività delle cellule nervose nel cervello sono in relazione con l'esperienza soggettiva cosciente e con le funzioni mentali non coscienti? Ed esamineremo anche altri studi che presentano risultati contrastanti con le conseguenze delle nostre scoperte.

Spero che voi lettori possiate capire in che modo abbiamo escogitato e sottoposto a controllo sperimentale le ipotesi che avevamo avanzato per spiegare le nuove scoperte. E spero che siate in grado di partecipare a questa storia di ricerca scientifica e di provarne l'eccitazione e il brivido. A differenza della maggior parte dei libri sulla coscienza, piuttosto che a costruzioni speculative e in gran parte non controllate, state per essere messi di fronte a *evidenze sperimentali dirette* e a *teorie controllabili riguardanti questo tema*.

2

IL RITARDO NELLA NOSTRA CONSAPEVOLEZZA SENSORIALE COSCIENTE

Se si batte un dito sul tavolo si ha la percezione dell'evento come se accadesse in "tempo reale". Soggettivamente, cioè, si sente il tocco nello stesso momento in cui il dito entra in contatto con il tavolo. Ma i nostri risultati sperimentali conducono con ogni evidenza a una scoperta sorprendente, direttamente contrapposta alla nostra personale intuizione e percezione: il cervello ha bisogno di un periodo relativamente lungo – fino a circa mezzo secondo – per attivarsi in modo appropriato e indurre la consapevolezza dell'evento! L'esperienza cosciente o la consapevolezza del dito che tocca il tavolo appare così solo dopo che le attività cerebrali si sono attivate per produrne la consapevolezza.

Si sta parlando in questo caso, della *consapevolezza effettiva* di un segnale, che deve essere chiaramente distinta dal suo *rilevamento*. Per esempio, gli esseri umani e gli animali possono distinguere fra due frequenze differenti di vibrazione tattile, sebbene gli intervalli tra i due impulsi di ciascuna frequenza di vibrazione durino solo pochi millisecondi (msec). Un eminente neuroscienziato ha criticato, proprio su queste basi, la nostra scoperta dell'esistenza di un intervallo (fino a 500 msec) prima che appaia un'esperienza cosciente. Se possiamo distinguere frequenze di vibrazione i cui impulsi successivi sono separati di pochi millisecondi, come possiamo proporre un intervallo lungo fino a 500 msec prima che si manifesti la consapevolezza di tali brevi intervalli tra gli impulsi? La mia risposta a tale critica è che, se la capacità di rilevare differenze di

pochi millisecondi è innegabile, quand'è che si diventa *consapevoli* di tale rilevamento? Diventare consapevoli consciamente della differenza richiede un tempo relativamente lungo. In altre parole, l'individuazione di un segnale che provochi una qualche reazione può avvenire anche in modo non cosciente, senza nessuna consapevolezza del segnale.

Se tali ritardi fisiologici sono insiti nella produzione cerebrale della consapevolezza sensoriale, ne consegue una serie di implicazioni e interrogativi profondi: perché percepiamo come se fossimo immediatamente coscienti di un evento, come se non ci fosse nessun ritardo nella nostra consapevolezza reale? Per esempio, un centometrista è consapevole del suono dello sparo d'inizio gara quando scatta in meno di 0,5 secondi? Le funzioni mentali non coscienti hanno requisiti temporali differenti dalle funzioni mentali coscienti?

Per convincersi di questo inaspettato e controintuitivo ritardo della consapevolezza si ha bisogno di vederne le prove. Nei paragrafi seguenti delinearemo i tipi di osservazione che abbiamo fatto e come ci hanno condotto a questa sorprendente scoperta.

2.1 LA STIMOLAZIONE CEREBRALE E I PRIMI RISULTATI SPERIMENTALI

Verso il 1957 il mio amico e collaboratore, il neurochirurgo Bertram Feinstein, mi invitò a progettare e condurre esperimenti che potevano essere eseguiti mentre operava chirurgicamente sul cervello, senza introdurre nuovi rischi e in maniera accettabile per il paziente. Colsi questa meravigliosa opportunità per comprendere in che modo opera il cervello nella produzione dell'esperienza cosciente.

Forse la parte più difficile dell'attività di ricerca fu l'inizio, nel 1957-1958. Come approcciare sperimentalmente i processi cerebrali che producono l'esperienza cosciente? Cosa potevamo domandarci di significativo che potesse anche essere sottoposto a studio sperimentale, tenendo conto che il tempo

a nostra disposizione per esaminare il soggetto e le sue strutture cerebrali era limitato?

All'inizio potevamo disporre di elettrodi posti sulla superficie della corteccia somatosensoriale primaria (figura 2.1). Quest'area riceve stimoli sensoriali diretti, provenienti da tutte le aree del corpo e della pelle. Era noto che la stimolazione elettrica, applicata alla superficie di quest'area, può indurre in un soggetto sveglio una sensazione cosciente di prurito localizzato o altre risposte. Il soggetto riferiva queste sensazioni come se provenissero da una parte specifica della pelle o del corpo, non dal cervello. Questo significa che la sensazione viene ricondotta soggettivamente a una parte del corpo che normalmente invia *input* sensoriali alla parte della corteccia che viene stimolata.

Per fortuna iniziamo con una domanda relativamente semplice, che ci portò ad avere delle risposte significative. La domanda sperimentale che ci ponemmo all'inizio fu: quale tipo di attivazioni neurali, localizzate in questa area sensoriale, sono determinanti per la produzione della sensazione cosciente di soglia, cioè la più debole sensazione cosciente riferibile? Le attivazioni neurali rilevanti possono essere valutate a partire dalla effettiva stimolazione elettrica e dai cambiamenti elettrici prodotti dalle cellule nervose.

Avendo la possibilità di stimolare direttamente il cervello, avevamo un grande vantaggio nello studiare questo problema: potevamo trovare dei requisiti a livello cerebrale che avrebbero potuto essere oscurati dalla stimolazione cutanea. Era già noto che uno stimolo sensoriale proveniente dalla pelle può produrre messaggi che raggiungono il cervello seguendo vie differenti nel midollo spinale.

Questo può produrre vari messaggi diversi che arrivano ai livelli cerebrali superiori, provocandovi una serie sconosciuta di attivazioni. In realtà, non saremmo stati in grado di scoprire il ritardo nella consapevolezza a livello cerebrale, se ci fossimo limitati a prendere in esame gli stimoli sensoriali periferici, in questo caso cutanei.

Un'altra importante strategia sperimentale fu quella di fo-

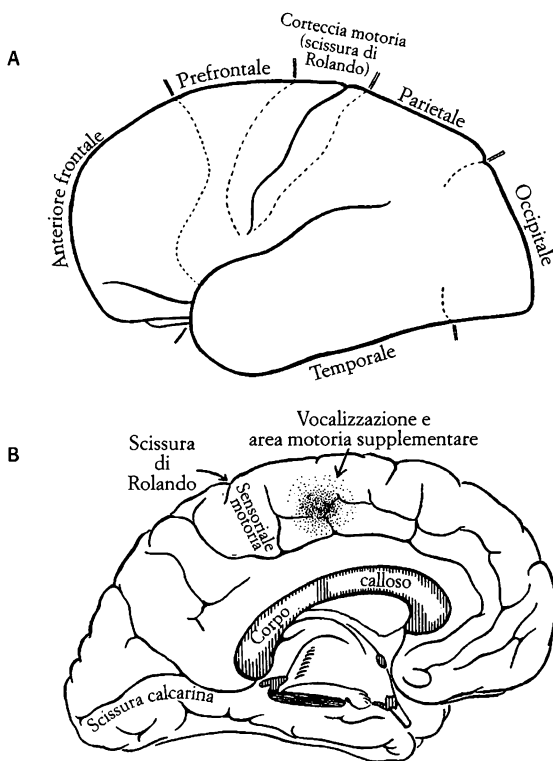
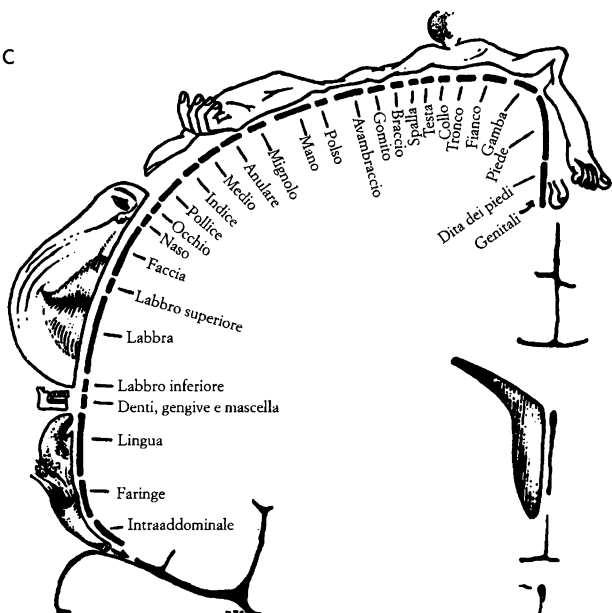


Figura 2.1 Mappe della corteccia cerebrale umana.

a. Visione laterale dell'emisfero sinistro. Il solco (o scissura) di Rolando (detto anche solco centrale) separa i lobi frontali e parietali. La parte anteriore (frontale) del solco rolandico contiene l'area motoria primaria ($M1$); i neuroni di quest'area proiettano fibre nervose motorie direttamente ai neuroni motori terminali che attivano direttamente i muscoli scheletrici. La parte posteriore, dietro al solco di Rolando, contiene l'area somatosensoriale primaria ($S1$). I neuroni di quest'area ricevono le fibre sensoriali veloci che vengono dalla pelle, dai tendini e dai muscoli. L'area uditiva primaria si trova sul margine superiore del lobo temporale. L'area visiva primaria è posta sull'estremità posteriore del lobo occipitale.

b. Lato mediale dell'emisfero sinistro. Questo lato si trova nella parte centrale del cervello, di fronte al lato mediale dell'emisfero destro. La regione frontale

C



è rappresentata a destra, ruotata di 180° rispetto alla figura 2.1a. Si può vedere l'estremità superiore del solco di Rolando, dato che si prolunga leggermente anche nel lato mediale. Posta frontalmente davanti a M1 si trova l'area motoria supplementare (SMA). La stimolazione elettrica della SMA può produrre movimenti di tutto il corpo o vocalizzazioni. Sembra che la SMA sia coinvolta nella preparazione e nell'iniziazione degli atti volontari (vedi capitolo 4). Il corpo calloso è il robusto ponte di fibre nervose che permette lo scambio di messaggi neurali fra i due emisferi. Nella figura se ne vede solo una sezione, dato che si devono separare gli emisferi per poter presentare una visione mediale dell'emisfero sinistro. La scissura calcarina è posta nel polo occipitale (a sinistra in figura): qui è localizzata la maggior parte dell'area visiva primaria.

c. *L'homunculus sensoriale*. Una rappresentazione del lato destro del corpo nell'area somatosensoriale primaria della corteccia cerebrale sinistra. La rappresentazione si appoggia su una sezione trasversale, a livello della S1, della corteccia sensoriale. È rappresentato (sia per la M1, sia per la S1) il lato opposto del corpo: qui il lato destro, dato che abbiamo in figura l'emisfero sinistro. Inoltre, il corpo è rappresentato capovolto: la testa e il volto si trovano nella parte più bassa di quest'area, i piedi e le gambe in quella superiore. (Descrizione ripresa da Penfield, Rasmussen, 1950, con l'autorizzazione del Gale Group.)

calizzare la nostra attenzione sullo studio dei cambiamenti nella produzione dell'esperienza sensoriale di soglia. Cercavamo cioè le differenze nelle attività cerebrali tra due condizioni:

1. quando lo stimolo in ingresso era ancora troppo basso per produrre una qualsiasi consapevolezza sensoriale;
2. quando lo stimolo veniva aumentato fino a un livello che cominciava a produrre la più debole sensazione soggettiva riferibile.

Questa strategia dava due importanti benefici. In primo luogo, risultava chiaro che un'attività neurale speciale può produrre una sensazione soggettiva solo se il cervello funziona normalmente. Con il nostro approccio abbiamo evitato di avere a che fare con il background – enormemente complesso – necessario all'attività cerebrale. Al contrario, abbiamo rivolto la nostra attenzione agli eventi cerebrali determinanti per la comparsa della consapevolezza, a partire da quel background generale. In secondo luogo, lo studio del passaggio dalla non consapevolezza alla consapevolezza di uno stimolo sensoriale avrebbe potuto fornire qualche idea su come le attività cerebrali possano mediare funzioni mentali *inconsce* o non coscienti. (Questo aspetto si è sviluppato successivamente in uno studio sperimentale dei differenti requisiti delle funzioni mentali inconsce in contrapposizione a quelle coscienti.)

Cosa dunque scoprimmo applicando ogni genere di variazione allo stimolo applicato alla corteccia sensoriale (vedi Libet et al., 1964; Libet, 1973)? Lo stimolo consisteva di brevi impulsi elettrici (ciascuno della durata da circa 0,1 a 0,5 msec, in esperimenti differenti), ripetuti alla velocità di 20 o 60 impulsi al secondo. Un fattore temporale risultò essere il requisito più interessante per indurre una sensazione cosciente. Per ottenere che si dichiarasse di aver provato una sensazione, anche minima, gli impulsi ripetuti dovevano continuare per circa 0,5 sec. Questo requisito era sorprendentemente lungo per una funzione neurale.

Come venne misurato? Con un *treno* di impulsi lungo 5 secondi, l'intensità di ciascun impulso doveva essere aumentata fino a un livello minimo (*liminale*) per produrre la più debole

sensazione cosciente. (figura 2.2a) Quando questo treno di intensità liminale veniva ridotto sotto i 5 sec, la durata della sensazione cosciente, come riferita dal soggetto, si abbreviava anch'essa. Ma l'intensità percepita della sensazione non cambiava. Infine, quando il treno liminale di stimoli veniva ridotto al di sotto di 0,5 sec, la sensazione scompariva. Treni corti (al di sotto di 0,5 sec) potevano, comunque, evocare una sensazione cosciente se l'intensità dell'impulso veniva aumentata a sufficienza (vedi figura 2.2b). Intensità così elevate cadono in una gamma che probabilmente non si incontra spesso nella vita quotidiana.

Come può l'aumento di intensità dello stimolo fare in modo che treni di impulsi più corti di 0,5 sec diventino capaci di produrre effetti? Un'intensità superiore dovrebbe senza dubbio stimolare un numero maggiore di fibre nervose e interessare un numero maggiore di cellule nervose che ricevono input da queste fibre. In alternativa, questo aumento di intensità potrebbe provocare un aumento nella frequenza di scarica (*firing*) da parte di molti di quei neuroni che rispondevano già a un'intensità dello stimolo ridotta, quella liminale. In questo senso, una maggior frequenza degli impulsi di *stimolo* – per esempio, passando da 30 a 60 impulsi al secondo (ips) – provocava un abbassamento dell'intensità di soglia. Ma non si verificò *nessun cambiamento* nella *durata minima del treno* di 0,5 sec necessaria affinché l'impulso da 60 ips fosse in grado di indurre una sensazione cosciente (vedi figura 2.2b). Questo indica che il requisito minimo di durata di 0,5 sec è indipendente dalla frequenza o dal numero di impulsi, se viene usata l'intensità liminale per quella frequenza.

Aumentare l'intensità dello stimolo potrebbe introdurre un fattore di complicazione, e cioè il fatto che alcune fibre nervose, di diametro minore, potrebbero essere attivate. Come questo fattore possa influenzare le risposte dei neuroni ricevanti non è facile da stabilire, ed è una situazione difficile da esaminare.

Un'ulteriore complicazione comparve in presenza di stimoli della corteccia somatosensoriale aventi un'intensità suffi-

ciente da produrre una risposta con pochi impulsi, o persino con uno solo. In questi casi però, le risposte inclusero anche un leggero scatto muscolare nella mano o nel braccio. Con queste intensità elevate si verificava dunque una risposta motoria osservabile. Ciò che i pazienti riferirono era, ovviamente, collegato a questo scatto muscolare, che generava un effettivo messaggio sensoriale periferico dai recettori nel muscolo o attorno al muscolo. Queste risposte motorie resero impossibile determinare se un singolo impulso (o pochi impulsi) potesse-

A Treno di stimoli di soglia per la sensazione cosciente

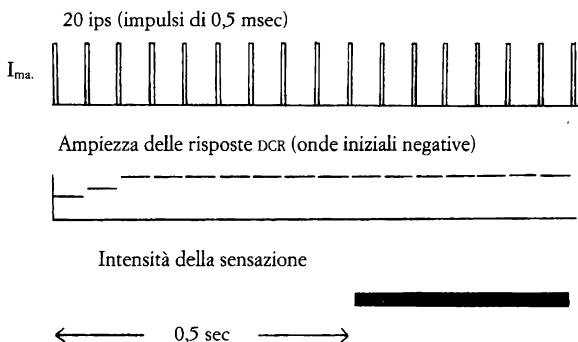


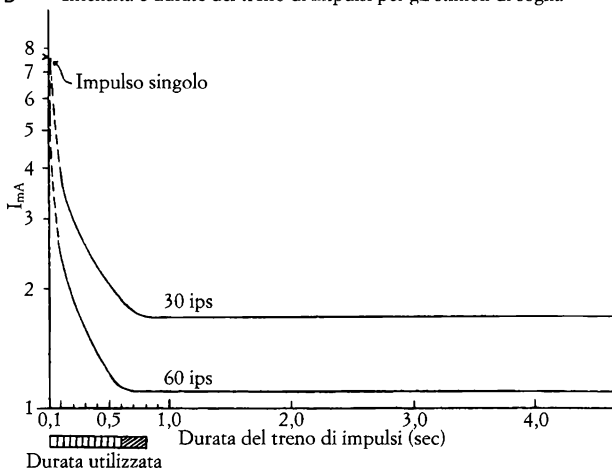
Figura 2.2 Durata del treno di impulsi relativamente alla produzione di una sensazione somatica cosciente.

a. Diagramma di un treno di impulsi elettrici della durata di 0,5 msec, a intensità liminale per indurre una sensazione, applicato all'area corticale S_1 , nel giro postcentrale. La seconda linea rappresenta l'ampiezza delle risposte corticali dirette (*direct cortical responses*, DCR) registrabili per ogni impulso. La terza linea mostra che nessuna sensazione conscia riferibile dal soggetto viene indotta fino a quando non sono stati applicati i primi 0,5 sec di impulsi. Si comincia ad avvertire una sensazione debole dopo l'intervallo di 0,5 sec, sensazione che permane con la stessa intensità soggettiva finché continua il treno di stimoli. Il che contrasta con la stimolazione della corteccia motoria (M_1): una risposta motoria si manifesta ben prima di 0,5 sec e tale risposta si rafforza con il permanere dello stimolo. (Ripresa da Libet, 1966.)

ro indurre direttamente una sensazione cosciente (senza alcun feedback sensoriale dalla periferia del corpo).

La risposta motoria a un forte stimolo della corteccia somatosensoriale è differente dalla risposta che avevamo ottenuto dallo stimolo diretto della corteccia motoria primaria (localizzata davanti all'area sensoriale). Pochi impulsi di forte intensità della corteccia sensoriale produssero leggeri, ma ripetuti, scatti muscolari. Gli stessi stimoli mandati alla corteccia motoria primaria produssero una vera e propria contrazione pro-

B Intensità e durate del treno di impulsi per gli stimoli di soglia



b. Durate del treno di stimoli alle varie intensità richieste perché si manifesti una sensazione di soglia. Il diagramma è costruito a partire da dati relativi a diversi soggetti. Si noti che è richiesta una durata minima – di circa 0,5 sec – del treno di impulsi per l'intensità minima efficace perché si induca una sensazione (durata del treno di utilizzazione, *durata utilizzata*). Il singolo impulso usualmente induce uno scatto motorio nella parte del corpo interessata (per esempio, la mano o l'avambraccio). (Ripresa da Libet, 1973.)

gressiva (non semplici scatti involontari come nel caso precedente), e questa contrazione poteva rapidamente aumentare di forza e al limite trasformarsi in un attacco di tipo epilettico in seguito a una ripetizione continua di impulsi. Chiaramente, le risposte motorie causate dalla stimolazione della corteccia cerebrale non erano dovute alla diffusione elettrica nella corteccia motoria adiacente.

Fummo in grado di determinare se un singolo impulso di forte intensità poteva indurre una sensazione cosciente ponendo un elettrodo nella via sensoriale ascendente posta dietro la corteccia cerebrale. Un impulso di forte intensità localizzato in questo punto non induceva nessuna risposta motoria, mentre un treno di 0,5 sec di impulsi di minore intensità induceva una sensazione. In altre parole, è necessaria una certa durata degli impulsi ripetuti per produrre una sensazione cosciente; un singolo impulso è del tutto inefficace indipendentemente dalla sua intensità (a meno che non produca uno scatto muscolare).

Che qualche ripetizione degli impulsi fosse necessaria affinché la corteccia somatosensoriale producesse una sensazione cosciente venne confermato da molti altri gruppi di ricerca (Grossman, 1980; Tasker, comunicazione personale; Amasian et al., 1991). Ma il nostro studio quantitativo riuscì a determinare che la durata minima degli impulsi ripetuti di intensità liminale aveva un valore sorprendentemente alto, circa 0,5 sec. Un recente studio quantitativo di questo requisito minimo da parte di Meador e dei suoi collaboratori (Ray et al., 1998, 1999) ha confermato, in linea di principio, questo valore. Comunque, in questi studi, la durata minima richiesta all'intensità minima in grado di produrre effetto era minore (quasi 0,25 sec) di quella determinata nei nostri studi. Un fattore che potrebbe aver provocato questa discrepanza con i nostri risultati è l'inclusione da parte di Meador di pazienti epilettici nello studio. La corteccia di questi pazienti potrebbe essere più eccitabile di quella dei soggetti normali e di quella dei pazienti che avevamo preso in esame noi.

Questo requisito di una durata di 0,5 sec è specificamente

dovuto alla maniera anomala di attivazione, in seguito alla stimolazione della superficie della corteccia sensoriale? La risposta è no. Le fibre nervose che portano i messaggi sensoriali dalla pelle, dalle articolazioni e dai muscoli (tranne le sensazioni di dolore o colore) giungono al cervello lungo un grande fascio nervoso sul lato posteriore del midollo spinale (figura 2.3). Terminano in gruppi (nuclei) di cellule nervose nella parte inferiore del cervello, il midollo allungato o bulbo. Le cellu-

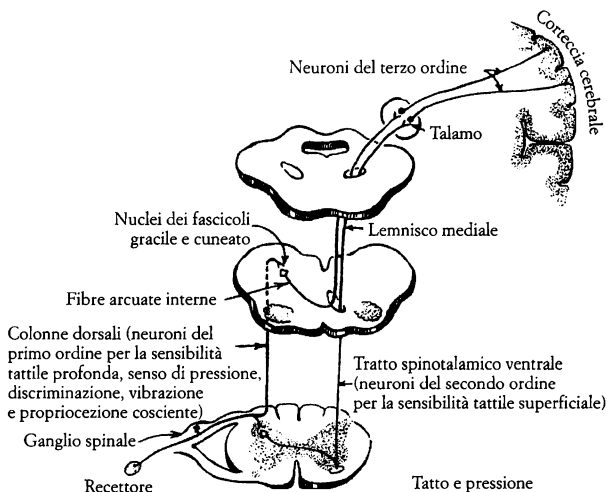


Figura 2.3 Vie sensoriali del tatto e della pressione delle fibre nervose della pelle, tendini e muscoli. Le più veloci di queste fibre nervose entrano nel midollo spinale e proiettano verso l'alto un ramo di fibre nervose, direttamente nella colonna posteriore (o dorsale). Queste fibre terminano su cellule del midollo allungato, la parte inferiore del cervello. Le fibre che si dipartono da queste cellule si incrociano formando un fascio detto lemnisco mediale. Queste fibre lemniscali terminano su cellule del talamo ventrobassale, che proietta fibre verso i neuroni della corteccia somatosensoriale S1, nel giro postcentrale, la circonvoluzione che si trova dietro al solco centrale di Rolando. Il talamo è collocato alla base degli emisferi cerebrali e ha anche altre funzioni di importanza cruciale. (Ripresa da Chusid, MacDonald, 1958, con l'autorizzazione della McGraw-Hill.)

le nervose del midollo allungato presentano fibre nervose che si incrociano verso l'altro lato del cervello e giungono al prosencefalo in un fascio chiamato lemnisco mediale (così detto per la sua forma e posizione) o tratto bulbo-talamico. Il fatto che le fibre nervose si incrocino spiega per quale ragione la rappresentazione delle sensazioni avviene nel lato del cervello opposto al lato del corpo in cui è localizzata l'origine periferica dello stimolo. (Quindi, un colpo apoplettico che danneggi la via del lato sinistro del cervello provocherà una perdita di sensibilità nel lato destro del corpo. Non è chiaro il significato evolutivo di questo incrocio di fibre.)

Le fibre del lemnisco mediale terminano su gruppi specifici di cellule nervose nella parte più bassa della base del prosencefalo, il *talamo*. Questi gruppi di cellule costituiscono i "nuclei ventrobasali" del talamo e proiettano le fibre nervose direttamente alla corteccia somatosensoriale primaria. Questa area somatosensoriale si trova in un giro cerebrale (o circonvoluzione) posto appena dietro il solco verticale principale del cervello, la *scissura di Rolando*. Le origini spaziali delle sensazioni corporee vengono mantenute lungo tutta questa via, di modo che vanno a terminare in maniera differenziata su cellule in una specifica disposizione a seconda delle zone del corpo (figura 2.1c). L'intera via sensoriale è quindi detta *via di proiezione specifica*, dal momento che mantiene una speciale configurazione delle parti corporee fino alla fine. (Una specificità simile è osservabile nel controllo dei muscoli da parte dell'area motoria primaria, posta davanti al solco di Rolando.) Il corpo è rappresentato sottosopra con le gambe e i piedi nella parte della circonvoluzione vicino alla parte superiore della testa e la faccia e la testa nell'estremità inferiore. In questo modo la rappresentazione è incrociata e capovolta.

Studiammo alcuni casi in cui gli elettrodi erano stati collocati nella parte talamica di questo sistema e nel lemnisco mediale che conduce al talamo; potevamo farlo quando gli elettrodi dovevano essere posti in queste strutture per ragioni terapeutiche. Per produrre una sensazione cosciente con delle stimolazioni elettriche in una di queste due zone, erano richie-

sti tempi analoghi a quelli necessari sulla corteccia cerebrale. I treni di impulsi, cioè, all'intensità minima efficace dovevano durare circa 0,5 sec. Questo significa che le attivazioni lungo questa via normale verso la corteccia cerebrale richiedevano la stessa durata, sorprendentemente lunga, necessaria agli stimoli ripetuti per indurre una consapevolezza sensoriale.

Questa nuova scoperta sui requisiti temporali per l'attivazione diretta a livello cerebrale della via sensoriale, tuttavia, non sembrava accordarsi con quanto accadeva per gli stimoli applicati sulla pelle, o nelle fibre nervose dalla pelle al midollo spinale. Si sapeva da molto tempo, infatti, che una sensazione cosciente poteva essere prodotta anche da un solo debole impulso elettrico sulla pelle (o nella fibra nervosa della pelle). Cosa succedeva in questo caso? Forse la nostra proposta di un ritardo sostanziale nella consapevolezza non riguardava i normali stimoli cutanei?

Prima di poter esaminare la questione dobbiamo distinguere tra i requisiti di un input periferico (pelle) e quelli che sono richiesti dai processi cerebrali cui l'input a livello di pelle dà origine. Un singolo impulso di stimolo cutaneo efficace, cioè, dovrebbe poter produrre un lungo (0,5 sec) periodo di attivazioni cerebrali prima che possa apparire una sensazione cosciente a livello cutaneo. Cercammo, quindi, un modo di controllare se questo era vero: c'è un ritardo di 0,5 sec perché si verifichi una consapevolezza sensoriale cosciente anche se questa viene generata da un singolo stimolo applicato sulla pelle?

2.2 IL RITARDO NELLA CONSAPEVOLEZZA NEL CASO DEI NORMALI INPUT SENSORIALI

Anche un singolo debole impulso applicato alla pelle o al suo nervo sensoriale è in grado di indurre una sensazione cosciente. Questo sembra essere in contrasto con i risultati sperimentali riportati nella sezione precedente. In quello studio avevamo mostrato che sono necessari fino a circa 0,5 sec di attivazioni per dare origine a una sensazione cosciente. Se que-

sto si applica anche allo stimolo sulla pelle, un singolo impulso di debole intensità deve produrre un lungo (0,5 sec) periodo di attivazione cerebrale prima che possa comparire la sensazione cosciente a livello di pelle.

La domanda successiva, quindi, era: un singolo impulso applicato alla pelle comporta attivazioni cerebrali che devono durare circa 0,5 sec prima che l'impulso induca una sensazione cosciente? C'è, quindi, un effettivo ritardo nella consapevolezza sensoriale anche quando il messaggio ha origine da un singolo impulso di debole intensità applicato alla pelle? Questa domanda può trovare risposta solo se distinguiamo fra l'input che è efficace a livello periferico (nel nostro caso, la pelle) e le attivazioni provocate da questo input a livello cerebrale, dove entra in gioco la necessità di tempi più lunghi per la consapevolezza. Anzi, non avremmo potuto scoprire l'importanza del fattore temporale nella consapevolezza se avessimo studiato solo gli input sensoriali periferici invece degli input intracraniali diretti. Abbiamo avuto bisogno di tre diverse tipologie di evidenze per rispondere in maniera affermativa alla domanda posta poco sopra.

2.2.1 Risposte elettriche della corteccia cerebrale

Il primo tipo di evidenze riguarda le risposte elettriche con cui la corteccia cerebrale reagisce al singolo impulso *efficace* a livello cutaneo. Era già stato mostrato che ciascun impulso di questo tipo dà origine a una sequenza di cambiamenti elettrici a livello corticale, detti potenziali evocati (PE) o potenziali connessi a un evento (ERP, *event related potentials*). È stato dimostrato che questi ERP rappresentano risposte delle cellule nervose della corteccia. Gli ERP contengono una serie di componenti significative sotto differenti punti di vista (figura 2.4). Iniziano con un PE primario prodotto localmente nella corteccia sensoriale e precisamente nell'area specifica – di ridotte dimensioni – in cui proietta la zona della pelle sottoposta a stimolo. L'input per questo PE primario giunge attraverso la via veloce di proiezione specifica di cui abbiamo parlato sopra. Il PE pri-

mario inizia dopo solo qualche decina di millisecondi dopo l'impulso cutaneo. Nel caso di una via corta, per esempio, dalla mano, inizia dopo 14-20 msec; una via più lunga, dal piede, può richiedere anche 40-50 msec. La dimensione, o ampiezza, del PE primario è collegata all'intensità dell'input cutaneo.

Una cosa sorprendente è che il PE primario non è né necessario né sufficiente per indurre una sensazione cosciente. Scoprimmo che non era necessario perché potevamo indurre una sensazione cosciente con un debole stimolo applicato alla superficie della corteccia sensoriale. Questo stimolo corticale non produceva nessuna risposta elettrica evocata equivalente al PE primario, il quale è prodotto, invece, solo dall'input che arriva alla corteccia dal basso, attraverso la via sensoriale.

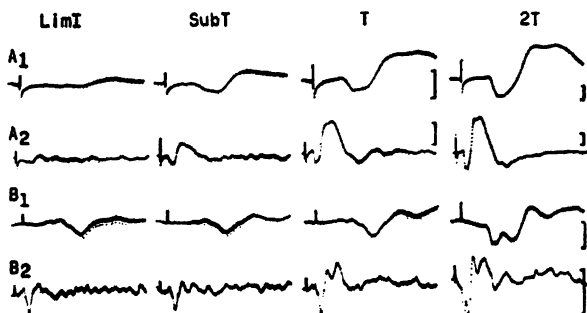


Figura 2.4 Risposte elettriche della corteccia cerebrale (potenziali connessi a un evento, ERP) a un singolo impulso di stimolo cutaneo. Con stimoli a intensità di soglia (T) applicati alla mano sono già presenti praticamente tutte le componenti degli ERP. (All'intensità T non tutti gli stimoli venivano avvertiti dal soggetto.) Il picco iniziale registra il momento dell'impulso di stimolo. Circa 30 msec dopo, la prima risposta a livello della corteccia $S1$ è una deflessione verso il basso che rappresenta il PE primario, che viene seguito da componenti più lente che sono più pronunciate quando lo stimolo è erogato al doppio dell'intensità di soglia ($2T$). Ma si noti che lo stimolo con un'intensità inferiore a quella di soglia ($SubT$, 75% di T) induce solo il PE primario ma non le componenti successive. (I tracciati A_1 e B_1 hanno una lunghezza di 125 msec, A_2 e B_2 , 500 msec.) (Ripresa da Libet e al., 1967, con il permesso dell'American Association for the Advancement of Science.)

D'altra parte, un *singolo* stimolo in qualsiasi punto della via sensoriale specifica *localizzata nel cervello* induceva una risposta di PE primario nella corteccia sensoriale. Ma questo impulso singolo non induce nessuna sensazione soggettiva. Questo rimane vero anche quando l'impulso è relativamente forte e la risposta di PE primario che richiama è di notevole intensità. (Libet et al., 1967; vedi figura 2.5). L'incapacità delle (singole) risposte da parte delle vie sensoriali primarie di indurre una sensazione cosciente è stata osservata anche da altri (Jasper, Bertrand, 1966). Come già detto, gli stimoli devono essere applicati ripetutamen-

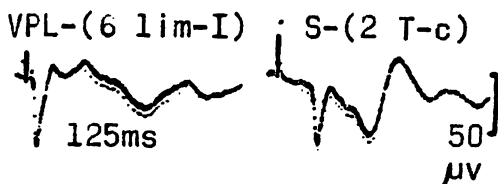


Figura 2.5 Risposte singole di PE primario *non* inducono nessuna sensazione. Un treno di impulsi di stimolo applicato alla via sensoriale ascendente nel talamo (il nucleo VentoPosterolaterale, VPL) provoca una sensazione, esattamente come un treno di durata di 500 msec applicato alla corteccia s1. Ma singoli impulsi applicati al VPL, anche con un'intensità pari a sei volte quella liminale (quella che è di soglia per un treno di impulsi di 500 msec a 20 impulsi al secondo), non suscitano nessuna sensazione. Vengono mostrati i 125 msec iniziali della risposta ERP della corteccia s1 per stimoli singoli applicati al VPL e per quelli applicati alla pelle (s). La risposta iniziale di PE primario allo stimolo applicato al VPL con un'intensità pari a sei volte quella liminale che mi serviva per produrre una sensazione di soglia con un treno di impulsi di 500 msec, è maggiore della risposta corticale iniziale di PE primario a stimoli cutanei a singolo impulso (applicati con un'intensità doppia di quella di soglia per un singolo s-stimolo). Eppure, questi VPL-stimoli singoli non suscitano *nessuna* sensazione, mentre gli s-stimoli singoli inducono una sensazione moderatamente forte. Le successive componenti di ERP appropriate prodotte da un singolo s-impulso (che non sono mostrate in questo tracciato di 125 msec) non sono presenti nell'ERP prodotto da singoli VPL-stimoli. Si noti che il ritardo (dopo lo stimolo artificiale) per il PE primario è molto più breve per il VPL-stimolo singolo che per l's-stimolo. Questo perché il sito VPL è molto più vicino alla corteccia s1 di quanto sia lo stimolo s applicato alla mano. (Ripresa da Libet e al., 1967.)

te per produrre una sensazione cosciente anche in questo caso, esattamente come accade per la corteccia cerebrale.

Dato che la precoce risposta primaria della corteccia (a un impulso sulla pelle) non induce una consapevolezza sensoriale, sono necessarie altre componenti di risposta successiva per ottenere la consapevolezza. Infatti, il singolo impulso sulla pelle non induce componenti successive nella risposta elettrica registrata della corteccia, oltre alla risposta primaria evocata (vedi figure 2.4 e 2.5). Quando una persona è sotto anestesia generale, le componenti successive del ERP scompaiono, mentre il PE primario può addirittura aumentare, anche se, naturalmente, il paziente non avverte nessuna sensazione. Analogamente, se l'intensità del singolo impulso cutaneo è ridotta a un livello in cui un normale soggetto sveglio afferma di non percepire niente, le componenti successive del ERP scompaiono immediatamente, ma può essere registrata a livello della corteccia sensoriale una risposta distinta di PE primario (Libet et al., 1967).

Ne consegue, quindi, che le risposte *successive* della corteccia cerebrale, prodotte dopo un *singolo impulso applicato alla pelle*, sembrano essere necessarie per produrre una sensazione cosciente. Queste risposte successive continuano per più di 0,5 sec – un tempo abbastanza lungo, cioè, da costituire il periodo di attivazione richiesto per il supposto ritardo nella consapevolezza, e questo avviene anche nel caso di un normale stimolo cutaneo. Comunque, l'effettiva durata minima di queste componenti evocate successivamente, necessarie per la sensazione cosciente, non è stata determinata. Non sono nemmeno state identificate le possibili componenti specifiche delle risposte successive come agenti specifici della consapevolezza.

2.2.2 Effetti contrari retroattivi di un secondo stimolo ritardato

La seconda serie di evidenze è basata sullo studio degli effetti inversi e retroattivi di un secondo stimolo ritardato, cioè uno stimolo che segue quello iniziale di test. Era ben noto da tempo l'effetto di mascheramento presente tra due stimoli

sensoriali periferici. Uno stimolo visivo costituito da un piccolo e debole puntino di luce può essere facilmente nascosto alla consapevolezza del soggetto da un secondo lampo più grande che circonda il più piccolo. Il secondo lampo ha questo effetto anche se è ritardato fino a 100 msec rispetto al debole lampo iniziale (vedi, per esempio, Crawford, 1947).

Il mascheramento retroattivo è stato riferito anche nel caso della stimolazione elettrica della pelle (Halliday, Mingay, 1961). Se uno stimolo di test a livello di soglia veniva applicato a un avambraccio, uno stimolo condizionante oltre il livello di soglia applicato all'altro avambraccio provocava l'innalzamento della soglia per lo stimolo-test. La stimolo condizionante aveva efficacia anche quando seguiva lo stimolo-test di 100 msec, ma non se lo seguiva di 500 msec. Questo mascheramento retroattivo con un intervallo di 100 msec deve essere mediato a livello di sistema nervoso centrale, dal momento che lo stimolo-test e quello di condizionamento seguono due diverse vie sensoriali.

Cosa ha a che fare questo mascheramento inverso con la nostra supposizione di un ritardo nella consapevolezza sensoriale? Se si devono sviluppare nel cervello specifiche attivazioni neurali per 0,5 sec affinché si produca consapevolezza, allora un secondo stimolo inviato durante questo intervallo potrebbe interferire con il corretto completamento di queste attivazioni e impedire di conseguenza la consapevolezza sensoriale. Volevamo dimostrare che questo mascheramento avviene a livello del cervello nelle strutture deputate alla risposta e non in una struttura sensoriale periferica. Volevamo inoltre vedere se, per produrre l'effetto retroattivo, l'intervallo tra i due stimoli poteva essere aumentato fino a un tempo un po' più vicino agli 0,5 sec che secondo noi sarebbero stati necessari.

Per raggiungere questi obiettivi, applicammo lo stimolo di condizionamento ritardato direttamente alla corteccia somatosensoriale (figura 2.6a). Il primo stimolo (quello di test) era un singolo impulso di debole intensità applicato sulla pelle. Lo stimolo corticale ritardato veniva applicato con un elettrodo a disco largo 1 cm. Era relativamente forte e produceva

una sensazione che veniva percepita in un'area della pelle comprendente l'area della sensazione prodotta dall'impulso applicato direttamente sulla pelle. Il soggetto non aveva difficoltà a distinguere le due sensazioni in base alle loro rispettive qualità e intensità e in base alle aree cutanee coinvolte.

Scoprimmo che, in effetti, lo stimolo corticale ritardato poteva mascherare o bloccare la consapevolezza dell'impulso sulla pelle anche quando lo stimolo corticale cominciava da 200 a 500 msec dopo quello applicato sulla pelle. Si noti, incidentalmente, che lo stimolo corticale ritardato era costituito da un treno di impulsi. I treni corticali che duravano meno di 100 msec, o impulsi singoli, *non* avevano effetto per l'inibizione retroattiva.

Facemmo anche la sorprendente scoperta che uno stimolo ritardato poteva retroattivamente rinforzare o intensificare la sensazione cutanea iniziale, invece di mascherarla. Questo avveniva quando, per produrre lo stimolo ritardato, applicavamo un elettrodo molto più piccolo sulla corteccia sensoriale. Per questo esperimento, il debole stimolo iniziale applicato sulla pelle veniva ripetuto due volte: due impulsi uguali separati da 5 sec di intervallo (figura 2.6*b*). Si domandava poi al soggetto se percepiva il secondo di questi stimoli (S2) con intensità maggiore, uguale o minore del primo (S1). Lo stimolo corticale era ritardato di intervalli tra i 50 e i 1000 msec dopo il secondo impulso (S2), sulla pelle. I soggetti riportarono che percepivano S2 più intenso di S1, nella maggior parte delle prove in cui si applicava lo stimolo corticale, che cominciava fino a 400 msec o più dopo S2.

Scoprimmo successivamente che una facilitazione (o rinforzo) retroattiva era stata riportata da Piéron e Segal (Piéron, Segal, 1939), con gli stimoli di test e di condizionamento applicati tramite lo stesso elettrodo alla pelle di un dito. L'effetto era stato notato quando il primo stimolo (quello di test) era sotto la soglia, ma diventava percepibile quando lo stimolo di condizionamento sopra la soglia seguiva lo stimolo di test dopo un tempo compreso fra i 20 e i 400 msec.

Era chiaro, dunque, che la sensazione cosciente indotta da

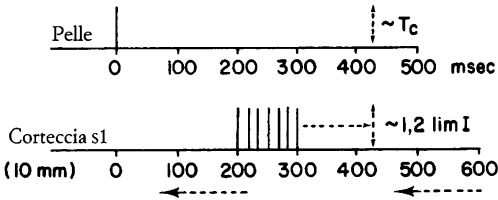
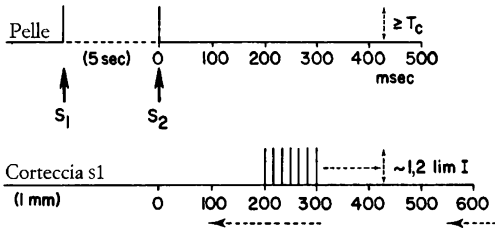
A Mascheramento retroattivo di una sensazione tramite un treno corticale**B** Rinforzo retroattivo di una sensazione tramite un treno corticale

Figura 2.6 Effetti retroattivi di uno stimolo corticale ritardato che segue a un singolo impulso cutaneo.

a. Mascheramento retroattivo di una sensazione corporea. Viene applicato un breve treno di impulsi elettrici alla corteccia somatosensoriale primaria (s_1), iniziando almeno 200 msec dopo un debole impulso cutaneo (applicato con intensità di soglia, τ). L'elettrodo di stimolo corticale è un disco di 1 cm di diametro, applicato all'area corticale che "rappresenta" l'area cutanea sottoposta a test.

b. Rinforzo retroattivo di una sensazione soggettiva provocata da stimoli cutanei a impulso singolo. L'elettrodo corticale di stimolo è un cavetto elettrico con un contatto di 1 mm di diametro.

Linea superiore. Due stimoli cutanei a impulso singolo (s_1 e s_2) sono separati da un intervallo di 5 sec.

Linea inferiore. Un treno di impulsi di stimolo applicati alla corteccia s_1 viene iniziato in momenti variabili dopo s_2 . Dopo ciascuna prova, il soggetto riferisce se s_2 è stato avvertito con la stessa intensità di s_1 o più o meno debolmente.

(Ripresa da Libet et al., 1992, con il permesso della Elsevier.)

un debole impulso cutaneo poteva retroattivamente essere modificata da un secondo input applicato con un ritardo di circa 500 msec. Questo confermava in maniera adeguata la nostra supposizione che ci volesse un ritardo di circa 0,5 sec delle attività cerebrali per produrre la consapevolezza dello stimolo applicato sulla pelle.

La scoperta del *rinforzo retroattivo* fornì un elemento teorico importante in questo senso. Relativamente al mascheramento/inibizione retroattiva, alcuni avevano proposto che lo stimolo corticale ritardato potesse semplicemente distruggere la formazione della memoria dello stimolo cutaneo che l'aveva preceduto. Questa spiegazione era in parte basata sul fatto che uno stimolo elettrico generalizzato e di forte intensità in un'ampia zona del cervello (come nella terapia dell'elettroshock) distrugge alcune memorie recenti. Ma nella terapia dell'elettroshock, applicata per ragioni terapeutiche a pazienti con depressione non trattabile in altro modo, un'ampia porzione del cervello viene eccitata in maniera intensa, provocando un attacco. Nel caso dei nostri effetti retroattivi lo stimolo ritardato era localizzato in un'area limitata della corteccia cerebrale e con una potenza notevolmente inferiore a quella necessaria a provocare un attacco, anche locale, nella corteccia. L'argomentazione che coinvolgeva la distruzione della memoria per la spiegazione del mascheramento retroattivo era, quindi, molto debole. Ma con il *rinforzo retroattivo* non c'era nessuna perdita di memoria. I soggetti ricordavano che il secondo stimolo sulla pelle era più forte del primo stimolo di controllo.

2.2.3 Reazioni deliberatamente lente

Il terzo tipo di evidenze comparve in maniera fortuita in esperimenti – che avevano ben poco a che fare con i nostri – eseguiti da Arthur Jensen (Jensen, 1979), professore di psicologia all'University of California di Berkeley. Jensen stava misurando i tempi di reazione (TR) di differenti gruppi di soggetti. In questi test di routine, veniva chiesto alle persone di premere un bottone il più velocemente possibile dopo la comparsa di un segnale

stabilito. Con il tipo di segnale impiegato, i TR dei soggetti di Jensen si collocavano in una gamma di 200-300 msec. Dal momento che vi erano differenze nei TR medi tra diversi gruppi, Jensen voleva escludere la possibilità che alcune differenze fossero il risultato di un deliberato allungamento dei TR da parte di alcuni soggetti. Misurò quindi nuovamente i TR di tutti i soggetti, chiedendo loro di allungare deliberatamente i loro TR precedenti di circa 100 msec. Con sua grande sorpresa, scoprì che nessuno dei soggetti ci riusciva; producevano invece TR di 600-800 msec, con incrementi molto maggiori dei 100 msec richiesti.

Quando Jensen venne a sapere delle nostre evidenze sul ritardo di circa 500 msec per la consapevolezza sensoriale cosciente, capì di aver trovato la risposta ai suoi strani risultati. Per allungare un TR con un processo intenzionale è necessario che il soggetto sia consapevole dello stimolo. La consapevolezza dello stimolo non è probabilmente richiesta quando il soggetto reagisce nei normali test sui TR, in cui non è in gioco alcuna deliberazione sulla risposta. (Anzi, c'è una evidenza diretta che i TR usuali vengono ottenuti prima che si verifichi la consapevolezza dello stimolo o addirittura senza di essa.) Ma raggiungere la consapevolezza prima di rallentare deliberatamente la risposta richiede circa 500 msec di quelle attività che producono consapevolezza e quindi la risposta sarà ritardata di un ulteriore tempo. Questo spiegherebbe perché, quando si richiedono risposte deliberatamente rallentate, nei TR si abbia un brusco salto di 300-600 msec. Si tratta della sola spiegazione disponibile dei risultati di Jensen e fornisce un'ulteriore prova per il ritardo di 0,5 sec nella consapevolezza sensoriale.

2.3 COME FA UN RITARDO DI MEZZO SECONDO A PRODURRE LA CONSAPEVOLEZZA?

Esiste una caratteristica unica dei processi cerebrali che possa spiegare come mai è richiesto un tempo di 0,5 sec per indurre consapevolezza dell'evento? Ci sono opzioni controllabili che spieghino tale evento? Si danno varie possibilità.

Per prima cosa, questo requisito temporale è proprio della consapevolezza. Abbiamo mostrato che è possibile rilevare in maniera accurata uno stimolo sensoriale e rispondere a esso senza alcuna consapevolezza cosciente dello stimolo stesso (Libet et al., 1991). Inoltre, solo per aggiungere la consapevolezza dello stimolo a tale corretta individuazione, abbiamo dovuto aumentare la durata delle attivazioni ripetute della corteccia sensoriale di circa 0,4 sec. Chiaramente, la *consapevolezza* in sé è un fenomeno mentale separato dal contenuto dell'evento mentale. Il contenuto di un evento può essere rilevato dal cervello in maniera inconscia, senza consapevolezza dell'evento.

Esistono forse alcuni neuroni speciali che scaricano solo dopo un numero sufficiente di azioni ripetitive? Può darsi che le ripetute attivazioni neurali producano un aumento progressivo del livello eccitatorio di alcuni neuroni-chiave, in maniera tale che questi neuroni finiscono col raggiungere un livello di scarica. Se fosse così, la scarica di impulsi in questi neuroni speciali sarebbe ciò che produce la consapevolezza. C'è qualche evidenza collegata a questa opinione.

Gli stimoli applicati alla corteccia sensoriale, o alla via sensoriale ascendente nel cervello, non producono alcuna consapevolezza sensoriale se l'intensità degli impulsi di stimolo rimane sotto un certo livello liminale (o di soglia assoluta: tale livello è quello richiesto per produrre la sensazione più debole). Questo rimane vero anche se gli impulsi subliminali vengono ripetuti per 5 sec o più. Questi impulsi subliminali evocano risposte elettriche della corteccia che sono simili, ma di intensità inferiore, a quelle indotte dagli stimoli di intensità effettivamente liminale. Dall'altra parte, è possibile che l'intensità subliminale non sia mai forte abbastanza per arrivare a eccitare alcuni elementi cruciali delle cellule nervose, la cui attivazione ripetuta produce lo stato eccitatorio adeguato nei neuroni-chiave per la consapevolezza.

Con uno stimolo nella via sensoriale ascendente (lemnisco mediale), un singolo stimolo può essere reso quaranta volte più intenso di ciascun impulso contenuto in un treno di dieci

impulsi, della durata complessiva di 0,5 sec, capace di produrre una sensazione. Eppure, quel singolo impulso di forte intensità non evoca alcuna sensazione cosciente; il soggetto riferisce di non sentire niente. È invece percepito dal soggetto a livello *inconscio*, non consapevole. Quel singolo impulso contiene il quadruplo della carica elettrica che il treno da 0,5 sec libera a intensità liminale per produrre una sensazione. Il che tende a contraddire l'idea che, durante il treno di impulsi da 0,5 sec, si sviluppi un semplice meccanismo integrativo che raggiunge un livello efficace per la consapevolezza. Il singolo impulso di intensità elevata dovrebbe eccitare tutti i neuroni che sarebbero stati, alla fine, eccitati dagli effetti cumulativi integrati del treno da 0,5 sec di impulsi più deboli.

Possiamo notare un punto finale in contrasto con l'idea che la consapevolezza risulti da una speciale scarica di alcuni neuroni-chiave, al termine di uno stimolo minimo indotto da un treno di impulsi. Tale aspetto può essere osservato nelle risposte elettriche registrabili nella corteccia cerebrale (figura 2.7). Queste risposte non manifestano nessun speciale cambiamento alla fine, o subito dopo la fine, del treno da 0,5 sec richiesto per la consapevolezza. Queste risposte sono tutte essenzialmente identiche durante il treno di stimolo. Si deve però ammettere che, in qualche cellula nervosa, si potrebbe essere verificata una qualche risposta speciale, che però non era rilevabile dal nostro studio.

Il mio amico (ed eminente neuroscienziato) Robert Doty si chiedeva se non ci sia qualcosa che riguardi la *frequenza* della ripetizione – invece della durata *in sé* – e se questo “qualcosa” non potrebbe essere il fattore essenziale. O forse il raggiungimento dell'esperienza cosciente dipende dal *numero* degli impulsi generati dal treno di impulsi di stimolo? I risultati ottenuti lavorando con frequenze di stimolo differenti non confermano questi suggerimenti alternativi di Doty. Treni di stimolo applicati alla corteccia con una frequenza di 60 ips (impulsi al secondo) richiedono un'intensità liminale inferiore di quelli a 30 ips. Ma la durata minima è simile nei due casi, con le rispettive intensità liminali. Quindi, né le frequenze mag-

giori né il numero di impulsi con 60 ips sono significativi. A essere critica per indurre consapevolezza è la durata del treno.

Ho avanzato una proposta completamente diversa per spiegare il requisito dell'attività di 0,5 sec per la consapevolezza: la *durata delle attivazioni simili* può essere essa stessa la base di partenza. Cioè, quando la durata delle attivazioni simili

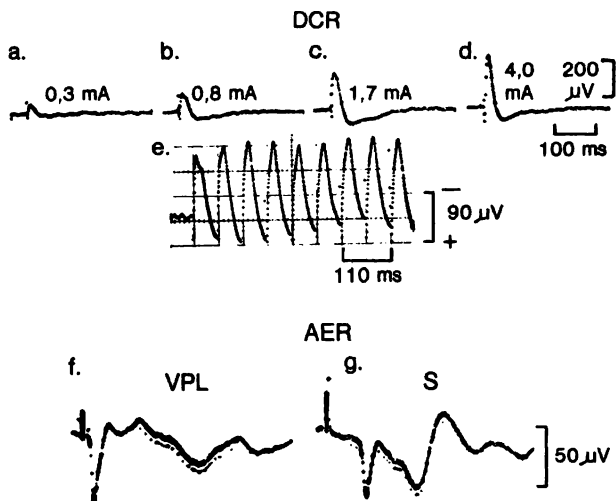


Figura 2.7 Risposte corticali dirette (DCR, *direct cortical responses*) evocate nella corteccia s1 da stimoli ravvicinati a intensità di soglia per indurre una sensazione cosciente.

Riga superiore. Risposte singole a impulsi di diversa intensità: (a) 0,3 mA; (b) 0,8 mA (intensità pari a quella liminale per provocare una sensazione, con un treno di 500 msec a 20 impulsi al secondo); (c) 1,7 mA; (d) 5 mA. Il soggetto riferiva di non sentire nessuno di questi impulsi. La scala orizzontale in (d) è di 100 msec; quella verticale di 200 mV.

Riga inferiore. (e) Treno della durata di 500 msec di risposte a impulsi somministrati con una frequenza di 20 impulsi al secondo (con la stessa intensità della riga superiore ma con amplificazione maggiore).

(Ripresa da Libet, 1973.)

ripetute di neuroni appropriati raggiunge un certo valore, allora il fenomeno della consapevolezza emerge. La durata richiesta sarebbe il "codice neurale" per la comparsa della consapevolezza. Questa possibilità si adatta con tutti i dati attualmente disponibili. Si tratta, quindi, di un'opzione praticabile, sebbene non si possa definire un meccanismo adeguatamente dimostrato.

2.4 IL RUOLO DELLA FORMAZIONE DELLA MEMORIA

Dobbiamo ancora affrontare una questione fondamentale riguardo alle spiegazioni della durata di 0,5 sec di attivazioni neurali necessaria per la consapevolezza: che ruolo può avere la formazione della memoria?

Abbiamo già notato che la sola evidenza valida della consapevolezza soggettiva è un resoconto introspettivo da parte di chi ha esperienza della consapevolezza stessa. Ovviamente, deve esserci qualche tipo di formazione di memoria a breve termine perché il soggetto possa ricordarsi di quella consapevolezza e riferirne. Per inciso, la memoria a breve termine o "di lavoro" rappresenta la nostra capacità di ricordare informazioni per qualche minuto dopo il verificarsi dell'evento che quelle informazioni ha prodotto. La capacità di ricordarsi un numero di telefono di 7 o 11 cifre dopo averlo visto una sola volta è un esempio di questo tipo di memoria. Ma senza ulteriore pratica, una persona si scorderebbe il numero in pochi minuti. La memoria a lungo termine coinvolge anche altri processi neurali, e in questo modo il suo effetto può persistere per giorni, mesi o anni.

Alcuni accademici hanno sostenuto che la durata di 0,5 sec richiesta per la consapevolezza non è altro che un riflesso del tempo necessario a produrre una traccia dell'evento nella memoria a breve termine (vedi la discussione di Dennett in Libet, 1993b). Ci sono almeno due modi in cui questa formazione di memoria potrebbe funzionare. In un caso, la produzione della traccia mnemonica dovrebbe essere essa stessa il "codi-

ce” per la consapevolezza. Nell’altro, la consapevolezza di un evento comparirebbe senza alcun ritardo significativo; ma per essere riferibile, la memoria a breve termine necessaria per quella consapevolezza verrebbe prodotta da attivazioni che si verificherebbero durante l’intervallo di 0,5 sec. Ci sono evidenze sperimentali che contraddicono entrambe queste risposte, e ne discuteremo brevemente.

2.4.1 La memoria esplicita e la struttura dell’ippocampo

Sono riportate osservazioni su soggetti umani che forniscono un valido argomento contro un possibile ruolo della formazione della memoria nella produzione della consapevolezza. Sia negli esseri umani, sia negli animali, certe strutture contenute nei lobi temporali degli emisferi cerebrali sono necessarie come mediatori per la formazione della memoria cosiddetta dichiarativa o esplicita, che può essere richiamata in maniera cosciente e riferita. Questo tipo di memoria si contrappone a quella non dichiarativa o implicita che si forma senza consapevolezza cosciente dell’evento e non può essere richiamata e riferita in maniera cosciente. Questo tipo di memoria entra in funzione principalmente nell’apprendimento di abilità meccaniche e intellettuali.

La struttura dell’ippocampo nel lobo temporale è la componente neurale necessaria per mediare la produzione della memoria esplicita. Anche se una delle due lamine dell’ippocampo venisse distrutta, la parte intatta della struttura, nell’altra parte del cervello, potrebbe portare avanti i processi di memorizzazione. Ma se tutte e due le strutture dell’ippocampo fossero gravemente danneggiate, la persona soffrirebbe di una profonda perdita della capacità di produrre nuova memoria esplicita. Un tale individuo sarebbe praticamente incapace di ricordare in maniera consapevole anche un evento appena successo; non potrebbe raccontare nulla su di esso.

Si è scoperto che perdite di memoria di questo tipo sono possibili in seguito a lesioni patologiche in entrambi i lobi temporali. In maniera ancora più definitiva, queste perdite bi-

lateralisi si verificarono nel corso di un'operazione chirurgica volta a rimuovere un *focus* epilettico nella regione dell'ippocampo. Venne invece rimosso, per errore, l'ippocampo normale. All'epoca in cui si commise questo errore era difficile stabilire quale lato fosse quello malato e da rimuovere. Fu recisa la struttura sana del paziente, e venne lasciata al suo posto, invece, la struttura malata, inefficiente. L'errore portò alla scoperta del ruolo delle strutture ippocampali nella formazione della memoria esplicita.

Per la presente discussione, l'osservazione più interessante è la seguente: un individuo con una perdita bilaterale delle strutture ippocampali non è praticamente in grado di ricordare in maniera consapevole nessun evento che si sia appena verificato, nessuna immagine sensoriale; può però richiamare la memoria a lungo termine formata prima della perdita. Comunque, un tale soggetto ha ancora la capacità di essere consapevole, dell'immediato presente e di se stesso.

C'è un filmato di un paziente con questo tipo di perdita. Mostra un uomo attento e in grado di comunicare, senza dubbio ben consapevole di ciò che gli sta attorno e dello psicologo che gli sta facendo le domande. Si rende perfino conto della sua incapacità di ricordarsi le cose che gli sono appena accadute, e si lamenta di questo fatto come di una perdita significativa nella qualità della sua vita.

Questo paziente, infatti, non aveva completamente perso la capacità di formazione di memoria. Poteva mettersi davanti a un computer e imparare a giocare a un gioco d'abilità, anche se non era in grado di spiegare come avesse acquisito questa capacità. La memoria per le abilità acquisite è, ovviamente, di tipo implicito; è una memoria che non richiede la funzione che risiede nelle strutture ippocampali: in questo caso, deve essere coinvolta una diversa via neurale. Ma non vi è alcuna consapevolezza associata alla memoria implicita, e pertanto non si può far riferimento alla memoria implicita per dimostrare che la memoria abbia un ruolo nella produzione della consapevolezza.

Si discute se vi sia formazione di memoria dichiarativa che

persista per almeno 0,5 sec dopo un evento, anche nel caso di perdita bilaterale nella regione ippocampale. Una memoria di questo tipo, con vita breve, potrebbe ancora essere, potenzialmente, una base per la produzione della consapevolezza. Secondo Robert Doty, coloro che studiarono il paziente appena descritto ritenevano possibile "che il paziente possa ricordare delle cose per un minuto circa". D'altra parte, studi su pazienti dello stesso tipo fecero uso di test psicologico-cognitivi che non richiedevano prove di un ricordo cosciente (per esempio Drachman, Arbit, 1966). È possibile, quindi, che la memoria a breve termine osservata fosse in realtà l'evidenza di una memoria non dichiarativa, implicita. In questo caso, non sarebbe rilevante nella determinazione del ruolo della memoria nel ritardo dell'esperienza cosciente. In ogni caso, Larry Squire, un ricercatore di punta nel campo dei processi mnemonici, ha espresso l'opinione che l'esperienza cosciente sia indipendente dal processo di formazione della memoria (Squire, comunicazione personale). Sembrerebbe, pertanto, che la persistenza della consapevolezza, in persone con una capacità seriamente ridotta di formare nuova memoria esplicita, indichi che il fenomeno della consapevolezza *non* è una funzione del processo mnemonico.

2.4.2 *Condizionamento classico e consapevolezza*

R.E. Clark e L.R. Squire hanno scoperto un ruolo interessante della consapevolezza nel condizionamento classico (vedi Clark, Squire, 1998). Nel condizionamento classico si presenta uno stimolo di condizionamento (SC) appena prima e durante lo stimolo incondizionato o neutrale (SI). Lo SC può essere un suono che, inizialmente, non produce alcuna risposta; lo SI può essere un soffio d'aria sull'occhio che induce come risposta il battito delle ciglia. Dopo qualche prova di questa combinazione, il soggetto (umano o animale da laboratorio) risponde con un battito di ciglia al solo suono; questo, ovviamente, richiede che la relazione SC-SI sia in qualche modo collegata al processo mnemonico.

Questo *condizionamento ritardato semplice* (*simple delay conditioning*, in cui lo SC viene presentato per primo e lo SI ha inizio immediatamente dopo il suo termine) si verifica anche negli animali con lesioni ippocampiche bilaterali. Nel *condizionamento di traccia* (*trace conditioning*) lo SC viene presentato per primo e viene sospeso prima dell'inizio dello SI; in genere lo SC viene fatto finire da 500 a 1000 msec prima della presentazione dello SI. Gli animali con lesioni ippocampali bilaterali non riescono ad acquisire il condizionamento di traccia. Pazienti con amnesia causata da lesioni all'ippocampo sono in grado di apprendere condizionamenti ritardati standard ma non il condizionamento di traccia – proprio come gli animali da laboratorio. Volontari umani normali possono, ovviamente, acquisire il condizionamento di traccia, ma solo quando si rendono conto dello stimolo. Quindi, non solo il condizionamento di traccia dipende dalle strutture ippocampali, ma è anche in qualche modo accoppiato al processo di consapevolezza.

Ora, queste scoperte non mostrano che la produzione di memoria dichiarativa sia alla base della durata di circa 0,5 sec delle attività cerebrali necessarie per indurre la consapevolezza di un evento. Clark e Squire (Clark, Squire, 1998) suggeriscono che

operazioni congiunte del sistema ippocampale e della neocorteccia possono costituire un elemento critico che conferisce consapevolezza riguardo alla conoscenza (dichiarativa) che è stata acquisita. [...] Ma questo non significa che la consapevolezza, *per se*, richieda la funzione mnemonica dell'ippocampo. Anzi, l'esistenza della consapevolezza in assenza della conoscenza dichiarativa, in pazienti con perdita bilaterale dei sistemi ippocampali, conferma il punto di vista per cui la formazione di memoria dichiarativa è un processo separato dal processo unico della produzione della consapevolezza stessa. La scoperta che il condizionamento di traccia richiede che i soggetti diventino *consapevoli* delle relazioni temporali fra gli stimoli spiega come mai il condizionamento di traccia è dichiarativo e dipendente dall'ippocampo, e invece colloca il condizionamento classico, il paradigma di apprendimento meglio

studiato, all'interno dell'attuale comprensione del sistema m-nemonico del cervello.

Un'importante applicazione di questa scoperta è che il condizionamento di traccia può fornire un possibile metodo per studiare la consapevolezza negli animali. Il condizionamento ritardato non è dichiarativo; la sua formazione non richiede l'ippocampo o la consapevolezza e lo si può applicare a pazienti amnestici, privi di memoria dichiarativa a breve termine.

2.4.3 Altre evidenze sul rapporto fra memoria e formazione della consapevolezza

Anche se le evidenze appena riportate sembrano eliminare la possibilità che la formazione della memoria possa spiegare le attività della durata di 0,5 sec necessarie per la formazione della consapevolezza, è interessante e istruttivo prendere in esame almeno una di queste proposte.

Dopo una mia conferenza in un convegno sulla coscienza, organizzato con il supporto della Fondazione Ciba di Londra, il filosofo Daniel Dennett avanzò l'ipotesi che la consapevolezza cosciente di un evento possa comparire quasi immediatamente, come, in effetti, sembra avvenire per uno stimolo cutaneo. Ma, argomentò, la consapevolezza non può essere *ricordata e riferita* a meno che non ci sia un'attività neurale di durata sufficiente per produrre e "fissare" la memoria di quella consapevolezza. L'argomentazione di Dennett aveva anche lo scopo di escludere la necessità di assumere l'esistenza di un riferimento all'indietro (*backward referral*) nella misurazione soggettiva del tempo (*subjective timing*) di una consapevolezza sensoriale, questione che affronteremo tra poco (vedi la discussione in Libet, 1993b, pp. 140 sgg.). A quell'epoca, non mi ricordai delle evidenze di cui ho detto poco sopra: la memoria dichiarativa, esplicita non è necessaria per la consapevolezza; la memoria e la consapevolezza dipendono da processi indipendenti. Trovai tuttavia altri argomenti sperimentali contro l'ipotesi avanzata da Dennett.

Come ho già notato nel paragrafo 2.2.2 ("Effetti contrari retroattivi di un secondo stimolo ritardato"), è possibile inhibire o mascherare la comparsa di un'esperienza sensoriale cosciente, se uno stimolo sensoriale debole viene seguito da un treno di impulsi applicato alla corteccia sensoriale. Questo mascheramento retroattivo si verifica anche se il treno non comincia che 500 msec dopo l'applicazione dell'impulso sulla pelle; risultato che dimostra come un input ritardato possa interferire con il contenuto delle esperienze sensoriali. Citai questi dati a dimostrazione del fatto che è necessario un periodo di attività neurale per produrre la consapevolezza sensoriale.

Dennett ribatté che lo stimolo ritardato mascherante distruggeva semplicemente la formazione della traccia mnemonica della consapevolezza. (È noto, infatti, che la terapia di elettroshock distrugge la formazione della memoria recente. Comunque, lo stimolo ritardato mascherante adoperato nei nostri esperimenti è di intensità minuscola rispetto all'intenso e generalizzato shock elettrico usato in quel tipo di terapia.) L'argomentazione di Dennett è però in contrasto con due altre osservazioni sperimentali:

1. Un secondo stimolo mascherante può essere applicato dopo il primo stimolo (Dember, Purcell, 1967). Il secondo stimolo cancellava le sensazioni del primo stimolo mascherante, e ricompariva la consapevolezza dello stimolo cutaneo originale. Il che significa che il primo stimolo mascherante *non* aveva cancellato la traccia mnemonica dello stimolo originale applicato sulla pelle.

2. Quando lo stimolo corticale ritardato è applicato per mezzo di un elettrodo di dimensione più piccola, lo stimolo originale sulla pelle non viene mascherato ma anzi viene percepito con intensità maggiore (Libet et al., 1992). Nel caso di questo rinforzo retroattivo della consapevolezza sensoriale per uno stimolo sulla pelle, non c'era, chiaramente, nessuna perdita di memoria.

Quindi, gli effetti retroattivi di uno stimolo ritardato sulla sensazione di un impulso originale sulla pelle non comporta-

no la perdita della memoria di quello stimolo originale. Al contrario, l'effetto retroattivo di uno stimolo ritardato sembra *modulare* la consapevolezza sensoriale che si sviluppa in seguito all'impulso cutaneo originale (durante il lasso di tempo di 0,5 sec).

Anche Max Velmans fece un'obiezione ingegnosa alla proposta di Dennett (vedi la discussione in Libet, 1993b, pp. 145-146). Come Velmans fece notare, la proposta di Dennett che si può in un primo momento far esperienza della sensazione ma dimenticarla successivamente, non è sperimentalmente falsificabile. Per esempio, secondo una procedura psicofisica standard, si può stabilire un livello di soglia per la consapevolezza di uno stimolo sensoriale. Man mano che l'intensità dello stimolo aumenta, si registra un certo punto in cui il soggetto riferisce di poterlo appena avvertire (o vederlo, o udirlo). A quel punto si può abbassare l'intensità finché il soggetto afferma di non percepirlo più. Quanto riportato dal soggetto è collegato all'intensità dello stimolo e viene accettato come accurato e valido. Ma, secondo quanto proposto da Dennett, l'incapacità da parte del soggetto di riferire la sensazione dello stimolo più debole, al di sotto della soglia, potrebbe derivare dal rapido dimenticarsi di un evento in realtà provato. "Dennett potrebbe estendere l'affermazione a tutti i casi in cui il soggetto affermi di *non* aver provato nulla." Il punto di vista di Dennett, in altre parole, non può mai essere contraddetto, dato che non si vuole accettare un resoconto del soggetto che neghi che si sia verificata una qualche esperienza sensoriale.

Ipotesi di questo tipo non sono accettabili scientificamente dal momento che si tratta di credenze, di speculazioni non sottoponibili a controllo sperimentale.

Possiamo concludere, quindi, che la consapevolezza è un fenomeno distinto e unico, con suoi requisiti neurali separati. La consapevolezza non è funzione di un processo di memoria; non è nemmeno l'equivalente di una traccia mnestica dichiarativamente formulata. E l'assenza di un resoconto di consapevolezza non è dovuta a un rapido oblio di una precedente esperienza sensoriale effettiva. La proposta che rimane mag-

giormente compatibile con tutte le evidenze sperimentali è l'ipotesi che la consapevolezza sia il prodotto di certe attività neurali appropriate quando queste persistono per una durata di 0,5 sec.

2.5 QUALE EFFETTO PRODUCE LA RISPOSTA CORTICALE PRIMARIA A UNO STIMOLO SENSORIALE?

Dal momento che le attività corticali che producono il PE (potenziale evocato) registrato sembrano non rivestire alcun ruolo essenziale nel generare una consapevolezza sensoriale, ci si potrebbe domandare quale ruolo abbia il PE primario. La risposta neurale primaria è importante per la determinazione dell'esatta posizione dello stimolo sulla pelle. Inoltre, come abbiamo scoperto, sembra fornire un segnale temporale grazie al quale viene determinata, in maniera retroattiva, una corretta *valutazione temporale soggettiva* (o *timing soggettivo*) dell'input cutaneo.

In alcune forme di ictus cerebrale, si ha un grave danno alla via sensoriale veloce nella parte che conduce alla corteccia cerebrale. I pazienti colpiti da questa forma di ictus possono localizzare uno stimolo sulla pelle solo in maniera piuttosto grossolana, e perdono la capacità di dire che ci sono due punte, in uno stimolo a due punte applicato a una mano, finché queste punte di stimolo non sono separate di molti centimetri.

Oltre a questa incapacità spaziale, abbiamo scoperto, nel caso della paziente a nostra disposizione, che uno stimolo tattile applicato sulla pelle veniva percepito ritardato di 0,5 sec rispetto all'impulso applicato alla parte sana (vedi Libet et al., 1979). Questa paziente aveva avuto un ictus qualche anno prima, in una zona dell'emisfero destro del cervello. L'ictus le aveva lasciato un danno permanente alla via sensoriale ascendente specifica per le sensazioni corporee. Mostrava incapacità nel localizzare con precisione uno stimolo applicato al braccio o alla mano sinistra e poteva riferire la sua posizione in maniera molto imprecisa. Sottoponemmo la paziente a dei

test relativi alla sua capacità di calcolo del tempo soggettivo degli stimoli alla mano destra, quella sana, in confronto a quelli alla mano sinistra. Con un piccolo elettrodo stimolatore sul dorso delle mani le veniva somministrato uno stimolo a ciascuna mano, di un'intensità che avrebbe potuto a stento percepire.

Quando gli stimoli venivano applicati simultaneamente a entrambe le mani, il soggetto riferiva che sentiva lo stimolo alla mano destra prima di quello alla mano sinistra (malata). Bisognava applicare lo stimolo alla parte malata circa 0,5 sec *prima* rispetto allo stimolo dalla parte sana, affinché la paziente riferisse di percepirli, in maniera cosciente, come simultanei. Chiaramente, aveva perso la capacità di riferire in maniera soggettiva la sua sensazione nella mano sinistra all'indietro nel tempo. Il tempo di quella sensazione veniva, quindi, soggettivamente calcolato con il ritardo di circa 500 msec imposto dai requisiti cerebrali per la consapevolezza. Questa perdita della capacità di retrodatare la consapevolezza era presumibilmente dovuto alla perdita della risposta evocata primaria per la mano sinistra.

2.5.1 *Sincronicità cosciente delle sensazioni*

Questi dati ci portano a introdurre un'importante domanda di portata generale: in che modo stimoli differenti, rilasciati simultaneamente, possono essere percepiti in maniera cosciente come sincroni? Con stimoli che hanno la stessa modalità somatosensoriale, ci sono tempi di trasmissione differenti nelle vie sensoriali, a seconda delle diverse distanze tra le zone di stimolo sul corpo. I tempi per l'arrivo dei messaggi sensoriali più rapidi variano tra i 5-10 msec (per gli stimoli alla testa) e i 30-40 msec (per gli stimoli ai piedi). Dal momento che stimoli sincroni in queste due zone sono soggettivamente percepiti come sincroni, possiamo solo ipotizzare che una differenza di 30 msec circa non sia soggettivamente significativa. D'altra parte, uno stimolo molto forte in una zona può richiedere una durata notevolmente più corta delle attività cerebrali

appropriate; la differenza può essere tra i 100 e i 200 msec per due diverse intensità degli stimoli. Non so se siano stati studiati i timing soggettivi relativi per due stimoli di questo tipo. Forse non vengono percepiti come sincroni. Gli stimoli abbastanza intensi da richiedere tempi di attivazioni cerebrali notevolmente più corti non si verificano comunemente.

Cosa possiamo dire a proposito di stimoli applicati simultaneamente in modalità diverse? Supponiamo che un lampo di luce appaia contemporaneamente al rumore di una detonazione, entrambi originati dallo sparo di una pistola. Ovviamente, la luce viaggia molto più velocemente del suono; ma se la pistola si trova solo a qualche passo di distanza la differenza di velocità non è significativa (viaggiando a circa 340 metri al secondo, il suono raggiunge l'ascoltatore posto a una distanza di 70 cm in circa 2 msec). Come nel caso degli stimoli somatosensoriali applicati al corpo, anche gli stimoli visivi e uditivi inducono rapidamente un potenziale evocato primario rispettivamente nella corteccia visiva e uditiva. La latenza, o ritardo dell'arrivo del segnale veloce alla corteccia visiva, è notevolmente più lunga di quella delle altre modalità sensoriali. Questo a causa del fatto che la retina richiede del tempo aggiuntivo per far passare il segnale dai fotorecettori allo strato neurale successivo fino a eccitare le cellule ganglionali, che mandano impulsi attraverso le fibre del nervo ottico verso il talamo e la corteccia visiva. I ritardi per la risposta evocata primaria visiva nel cervello umano sono stati misurati in circa 30-40 msec da Goff (Goff et al., 1977).

Le risposte primarie evocate in tutte le aree della corteccia sensoriale sono localizzate in una piccola area che rappresenta il punto o l'area sensoriale periferica stimolata. Con un elettrodo capace di registrare collocato sulla superficie della corteccia, un potenziale evocato primario di una certa rilevanza sarà registrato solo nel "punto caldo", cioè il punto della corteccia che riceve l'input rapido dagli elementi sensoriali periferici che rispondono allo stimolo sensoriale. Il potenziale evocato primario non è di solito osservato in maniera significativa nelle registrazioni fatte con un elettrodo collocato sul

cuoio capelluto. Infatti, non solo l'elettrodo può non trovarsi sopra il punto caldo, ma anche il potenziale elettrico prodotto dall'area corticale locale è notevolmente attenuato dato che, nei tessuti tra la corteccia e il cuoio capelluto, viene a trovarsi in una specie di corto circuito. Di conseguenza, il primo potenziale elettrico significativo che viene rilevato da una registrazione fatta sul cuoio capelluto è solo una componente successiva della risposta a uno stimolo. Questa risposta ha una latenza più lunga di circa 50-100 msec rispetto al potenziale evocato primario; e sarebbe fuorviante usare questo timing successivo nell'analisi del problema della sincronia fra differenti stimoli simultanei.

In ogni caso, i potenziali primari evocati veri possono avere latenze comprese tra i 5 e i 40 msec, a seconda della localizzazione e della modalità dello stimolo. Se tutti gli stimoli simultanei sono percepiti in maniera soggettiva come sincroni, dovremmo assumere che il cervello non "considera" questa gamma di variabilità delle latenze come soggettivamente significativo.

2.6 PERCHÉ È COSÌ INTERESSANTE IL RITARDO NELLA CONSAPEVOLEZZA SENSORIALE?

Se consideriamo alcune delle ramificazioni delle nostre osservazioni a proposito del ritardo nella consapevolezza sensoriale, le implicazioni sono davvero sbalorditive. Prenderemo in esame un'ampia varietà di implicazioni importanti più avanti in questo paragrafo, ma vale la pena di menzionarne subito le più ovvie.

Tanto per cominciare, se la consapevolezza di tutti gli stimoli sensoriali è ritardata di circa 0,5 sec, allora la nostra *consapevolezza del mondo sensoriale* è sostanzialmente ritardata rispetto al suo effettivo verificarsi. Ciò di cui diventiamo consapevoli è già accaduto circa 0,5 sec prima. Non siamo coscienti del reale momento del presente. Siamo sempre un po' in ritardo. Se è così, come si può spiegare il fatto che soggettivamente sentiamo di essere consapevoli di un evento sensoriale nel suo

momento reale? Considereremo ampiamente questa domanda nel prossimo paragrafo.

In secondo luogo, è un fatto assodato che l'immagine riferita da un soggetto possa essere considerevolmente diversa dall'immagine reale mostrata al soggetto. Per esempio, se a un uomo molto pudico viene mostrata la figura di una donna nuda, potrebbe riferire di aver visto qualcosa di alquanto differente, o di non aver visto alcuna immagine. Il soggetto non starebbe consciamente e deliberatamente distorcendo il suo resoconto, ma al contrario, crederebbe di fornire un resoconto fedele di quello che ha visto. In altre parole, la distorsione del contenuto sembra avvenire in maniera inconscia. Sigmund Freud, ovviamente, fu uno dei primi a richiamare l'attenzione su ciò che riteneva essere la soppressione di un contenuto cosciente. La soppressione sarebbe stata causata da processi inconsci che "proteggono" il soggetto da un'esperienza cosciente poco piacevole.

Dal momento che si verificano queste modificazioni inconscie di ciò di cui diventiamo consapevoli, deve, chiaramente, esserci qualche ritardo nella formazione della consapevolezza durante il quale questo tipo di modulazione soggettiva possa essere prodotta. Se la consapevolezza di un'immagine sensoriale fosse prodotta quasi immediatamente, senza un ritardo sostanziale, sarebbe molto difficile immaginare il modo attraverso il quale potrebbe essere messo in atto un processo cerebrale inconscio che possa – a insaputa del soggetto – produrre un contenuto modificato di quella consapevolezza.

La nostra scoperta dell'esistenza di un ritardo cerebrale sostanziale per la consapevolezza fornisce quindi fisiologicamente quell'intervallo di tempo durante il quale altri input possono modulare il contenuto di un'esperienza prima che si manifesti in maniera cosciente. Come descritto poco sopra, gli effetti retroattivi di uno stimolo corticale ritardato, infatti, possono cambiare in maniera subconscia il contenuto cosciente di una sensazione sulla pelle, come riferito dai soggetti dei nostri esperimenti.

Ci sono molti significati filosofici che possiamo derivare

dall'esistenza di un ritardo nella consapevolezza cosciente, quel mezzo secondo circa che trascorre fra il momento effettivo in cui avvengono gli eventi e quello in cui ne diventiamo consapevoli. Dovremmo modificare il punto di vista esistenziale del vivere nell'esperienza dell'"ora": è un'esperienza perennemente in ritardo.

C'è inoltre la possibilità – a seconda del carattere o delle esperienze passate di ciascuna persona – di alterare il contenuto cosciente di ogni evento. Questo significa che ogni persona ha la propria realtà cosciente individuale ed è proprio il ritardo di 0,5 sec per la consapevolezza di un evento che la rende possibile. Percezioni diverse della realtà possono avere significato a seconda dei diversi percorsi seguiti dalle persone, basati sulle percezioni coscienti della realtà di ciascun individuo.

In ogni caso, la conoscenza di un ritardo sostanziale per la consapevolezza mette a dura prova la nostra fiducia nelle nostre certezze sulla realtà del mondo.

2.7 LA RETRODATAZIONE DELL'ESPERIENZA SENSORIALE RITARDATA

Le evidenze sperimentali sembrano mostrare che devono svolgersi certe particolari attività neurali del cervello, e devono durare per circa 500 msec, perché si generi un'esperienza sensoriale cosciente – anche per una stimolazione cutanea costituita da un singolo stimolo. Ma, soggettivamente, sembriamo essere consapevoli di uno stimolo sulla pelle quasi immediatamente, senza ritardo apprezzabile. Così, ci troviamo di fronte a uno strano paradosso: i requisiti dell'attività neurale del cervello indicano che l'esperienza consapevole di uno stimolo sulla pelle non può aver luogo se non dopo circa 500 msec; per contro, soggettivamente, crediamo di aver avvertito tale stimolo senza alcun ritardo.

È un dilemma che mi preoccupò per un po' di tempo, finché non cominciai a pensare che il timing *soggettivo* non doveva essere necessariamente identico al tempo *neurale* (in altre

parole, il tempo in cui i neuroni producono effettivamente l'esperienza). Infatti, conducemmo un esperimento che dimostrò direttamente questa discrepanza (figura 2.8; Libet et al., 1979). In questo test, il treno di impulsi di stimolo (di intensità vicina al livello di soglia per la consapevolezza) veniva applicato alla corteccia sensoriale e richiedeva i soliti 500 msec per produrre un'esperienza sensoriale cosciente. (Il soggetto riferiva che questa sensazione, indotta a livello di corteccia, veniva percepita in un'area della pelle, per esempio nella mano. Non veniva percepita nel cervello.) Quindi aggiungemmo un singolo impulso, vicino al livello di soglia, sulla pelle. Questo impulso veniva applicato in tempi differenti dopo l'inizio del treno corticale, in prove differenti. Dopo ogni prova con gli stimoli (corticale e cutaneo) accoppiati, fu chiesto al soggetto di riferire quale delle due sensazioni fosse apparsa per prima. Il soggetto rispose che la sensazione generata dall'applicazione sulla pelle era comparsa *prima* della sensazione indotta a livello di corteccia, anche quando l'impulso sulla pelle era stato ritardato di qualche centinaio di millisecondi rispetto all'inizio dello stimolo corticale. Era solo quando l'impulso sulla pelle era ritardato di circa 500 msec che i soggetti riferivano di sentire comparire le due sensazioni quasi contemporaneamente. Chiaramente, il tempo soggettivo dell'esperienza indotta sulla pelle sembrava non avere alcun ritardo, rispetto all'esperienza indotta a livello di corteccia. La sensazione indotta a livello di corteccia era ritardata di circa 500 msec rispetto alla sensazione indotta dall'applicazione sulla pelle.

Avevamo già buone evidenze che la consapevolezza di un impulso cutaneo richiedeva circa 500 msec di attività del cervello, in maniera simile a quanto scoperto nel caso di uno stimolo corticale. Comunque, sembrava che il calcolo soggettivo del tempo relativo all'applicazione dell'impulso sulla pelle procedesse come se non ci fosse tale ritardo sostanziale. Come potevamo trattare questo timing paradossale, questo dilemma empirico? Esiste nel cervello un meccanismo che possa spiegare questa discrepanza?

Un indizio per una possibile soluzione venne dalla differen-

za tra la risposta elettrica della corteccia a uno stimolo sulla pelle e la risposta a uno stimolo applicato alla superficie corticale. L'impulso sulla pelle induce una risposta caratteristica della corteccia sensoriale che comincia con un'onda (o componente) circa 10-30 msec dopo lo stimolo sulla pelle. Si tratta del PE primario, che è seguito da onde o componenti successive di PE. Comunque, gli impulsi di stimolo applicati alla corteccia sensoriale non inducono nessuna risposta che assomigli al PE primario (almeno non con stimoli corticali nel nostro *range* di intensità). Questa differenza fra le risposte a livello di PE corticali a seconda della localizzazione dello stimolo (sulla pelle o sulla superficie corticale), mi portò a proporre un'unica ipotesi per spiegare i timing paradossali. Secondo questa ipotesi (figura 2.8) la consapevolezza dello stimolo sulla pelle è, di fatto, ri-

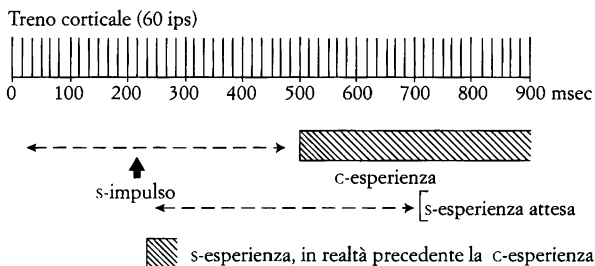


Figura 2.8 Timing soggettivo dell'esperienza sensoriale con confronto fra stimoli cerebrali e cutanei. Treno di stimoli corticali a 60 impulsi al secondo, con intensità liminale per produrre un'esperienza sensoriale di soglia. Siccome il treno deve avere una durata di 500 msec, la sensazione che esso produce non può iniziare prima del suddetto periodo di 500 msec. Dopo 200 msec dall'inizio del treno corticale, viene applicato un singolo impulso di soglia alla pelle (s). Se anch'essa richiedesse 500 msec per svilupparsi, la s-sensazione verrebbe avvertita *dopo* la c-sensazione indotta. Ma il soggetto riferisce di provare la s-sensazione *prima* della c-sensazione indotta. Questo rimaneva vero anche quando l's-impulso veniva somministrato con un ritardo maggiore. Ma quando l's-impulso era applicato più o meno 500 msec dopo il treno corticale, il soggetto riferiva di avvertire contemporaneamente le due sensazioni. (Ripresa da Libet et al., 1979, con il permesso della Oxford University Press e della rivista *Brain*.)

tardata nella sua comparsa fino alla fine delle attività cerebrali appropriate dalla durata di circa 500 msec. Ma c'è poi un'*attribuzione soggettiva del timing* per quell'esperienza, *che la riporta indietro nel tempo al momento della risposta di PE primario!* La risposta di PE primario della corteccia comincia solo circa 10-30 msec dopo lo stimolo sulla pelle, a seconda di quanto dista la pelle stimolata dal cervello. Questo ritardo di 10-30 msec non è sufficientemente lungo per essere avvertito in maniera cosciente. L'esperienza o la consapevolezza dell'impulso sulla pelle dovrebbe allora essere retrodatato soggettivamente e venir riferito all'indietro nel tempo al segnale temporale fornito dalla risposta di PE primario. La sensazione indotta a livello cutaneo appare soggettivamente come se non ci fosse alcun ritardo, anche se, in realtà, non appare fino a dopo che sono trascorsi quei 500 msec necessari perché la situazione neurale sia adeguata a evocare quell'esperienza sensoriale.

Questa ipotesi sembra decisamente eccessiva e non avremmo potuto proporla seriamente senza un test sperimentale della sua validità. (Un controllo sperimentale, o almeno la sua ideazione, è obbligatorio per ogni ipotesi scientifica.) Fortunatamente, fummo in grado di ideare un test sperimentale cruciale.

Questo test era basato sull'interessante fatto che gli stimoli nella via specifica ascendente del cervello (in altre parole, il fascio mediale del lemnisco, vedi figura 2.3), hanno due caratteristiche importanti. Per prima cosa, gli stimoli, per indurre una sensazione cosciente, richiedono durate di circa 500 msec, proprio come gli stimoli nella corteccia sensoriale. In secondo luogo, *ciascun* singolo impulso in un treno di impulsi della durata di 500 msec nel lemnisco mediale induce una rapida risposta primaria di PE registrabile nella corteccia sensoriale. Si tratta della stessa risposta della corteccia sensoriale a uno stimolo sulla pelle; invece, gli stimoli applicati sulla superficie della corteccia sensoriale non producono nessun PE primario di questo genere.

Secondo la nostra ipotesi di un riferimento retrogrado del timing soggettivo, la produzione del segnale putativo di timing (risposta di PE primario), anche nel caso del primo impulso di stimolo del treno di impulsi nel lemnisco mediale, do-

vrebbe fare in modo che il timing soggettivo della consapevolezza sensoriale fosse lo stesso di quello di un impulso applicato sulla pelle (figura 2.9). Quindi nel test sperimentale, affiancammo, a un adeguato treno di impulsi al lemnisco mediale,

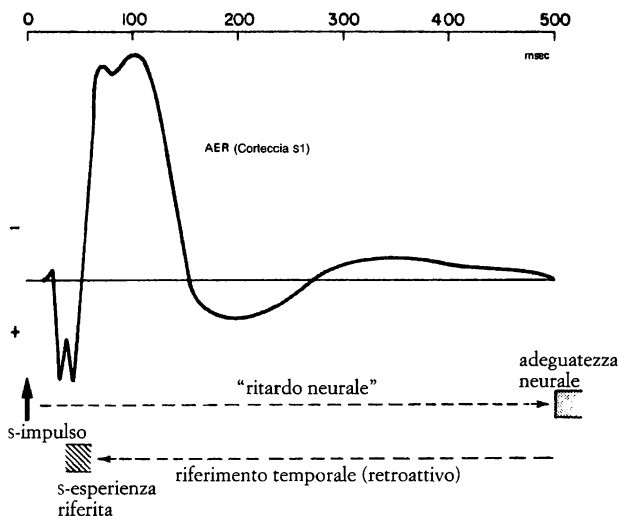


Figura 2.9 Diagramma per l'ipotesi del riferimento soggettivo all'indietro nel tempo di un'esperienza (retrodatazione). La risposta evocata media (*average evoked response*, AER) veniva registrata nella corteccia s1 in risposta a impulsi singoli, di intensità appena superiore a quella di soglia per provocare una sensazione, applicati alla pelle della mano controlaterale rispetto al sito corticale di registrazione. Il momento della somministrazione dell'impulso è indicato dalla freccia "s-impulso". La prima linea tratteggiata sotto il grafico dell'AER mostra il ritardo accumulato per raggiungere l'"adeguatezza neurale" necessaria per produrre una sensazione (basata su altre evidenze). La seconda linea tratteggiata mostra l'ipotesi di retrodatazione dell'esperienza al momento del potenziale evocato primario nell'AER. Questo riusciva a dar conto dell'osservazione che il soggetto riferiva il tempo dell'esperienza senza mostrare alcun ritardo significativo dopo aver ricevuto lo stimolo cutaneo. (Ripresa da Libet et al., 1979, con il permesso della Oxford University Press e della rivista *Brain*.)

un singolo impulso efficace applicato sulla pelle. Questo esperimento era strutturalmente simile a quello discusso precedentemente, quando un impulso sulla pelle veniva affiancato con un treno di impulsi applicato sulla corteccia sensoriale. Al soggetto fu chiesto di indicare quale sensazione gli appariva (soggettivamente) per prima, la sensazione indotta dal lemnisco mediale o quella indotta dall'impulso cutaneo.

Il risultato di quell'esperimento, con nostra piacevole sorpresa, fu di confermare le previsioni derivanti dalle nostre ipotesi. Quando l'impulso sulla pelle veniva applicato nello stesso momento dell'inizio del treno di impulsi al lemnisco mediale, i soggetti tendevano a riferire che le due sensazioni apparivano allo stesso tempo. Ma sapevamo che i soggetti non potevano aver avuto esperienza della sensazione del lemnisco mediale finché non erano trascorsi i 500 msec richiesti (o 200 msec con stimoli di maggior intensità). Non percepivano niente, se il treno di impulsi al lemnisco mediale era interrotto prima della durata richiesta di 500 msec. Come in questo caso, i soggetti riferivano che la sensazione originata dall'impulso sulla pelle appariva prima di quella indotta dallo stimolo corticale. Solo quando l'impulso sulla pelle era ritardato fino alla fine del treno corticale richiesto le due sensazioni venivano percepite nello stesso tempo.

Vediamo quindi che, anche se lo stimolo corticale e quello del lemnisco mediale necessitano uguali durate degli impulsi ripetuti per produrre l'esperienza sensoriale, il timing soggettivo dell'esperienza faceva riferire lo stimolo al lemnisco mediale come applicato molto prima. Come notato, i due stimoli differivano nelle risposte elettriche a livello di corteccia sensoriale. Solo lo stimolo al lemnisco mediale induceva una risposta di PE primario a ciascuno dei suoi impulsi. Condivide questo effetto con il singolo impulso sulla pelle.

Alcuni hanno sollevato critiche riguardo al fatto che il test è basato sulla natura "innaturale" della stimolazione del lemnisco mediale. Possiamo rispondere a obiezioni del genere semplicemente confrontando i risultati nel caso in cui uno stimolo sul lemnisco mediale è affiancato a uno corticale. Tutte e

due le zone di questi stimoli sono “innaturali”, ma ogni differenza nel loro comportamento è chiaramente significativa. Dal momento che i ritardi neurali minimi per produrre un’esperienza erano simili nei due casi, il timing soggettivo più precoce per gli stimoli del lemnisco mediale deve essere considerato come una evidenza diretta del riferimento retrogrado del suo timing soggettivo dell’esperienza sensoriale.

Abbiamo, quindi, prodotto evidenze forti e dirette del fatto che il timing soggettivo di un’esperienza sensoriale è retrodatato a quel tempo minimo in cui le attività cerebrali diventano in effetti adeguate a produrre l’esperienza. Il timing soggettivo è riferito all’indietro a un “segnale di timing”: la risposta di PE primario della corteccia sensoriale. Questo spiega il fatto che soggettivamente sentiamo e crediamo di essere diventati consapevoli del segnale sensoriale immediatamente, anche se c’è, in realtà, un ritardo sostanziale.

La nostra consapevolezza sensoriale cosciente ha dunque questo riferimento soggettivo retrogrado, riferimento che spiega anche un altro fenomeno: possiamo chiederci cosa accada ai timing soggettivi nel caso di differenti stimoli sensoriali applicati sulla pelle, differenti in intensità e localizzazione, ma applicati tutti nello stesso momento. Soggettivamente, sentiamo o crediamo che tutti questi stimoli siano applicati simultaneamente. Abbiamo discusso di questo aspetto in precedenza nel paragrafo 2.5 (“Quale effetto produce la risposta corticale primaria a uno stimolo sensoriale?”).

2.8 I RESOCONTI SOGGETTIVI DELLE ESPERIENZE

Abbiamo appena visto, nella sezione precedente, che il timing soggettivo di un’esperienza sensoriale può non corrispondere al tempo ritardato in cui i neuroni cerebrali realmente inducono quell’esperienza. L’esperienza sensoriale è in modo automatico e inconscio riferita soggettivamente all’indietro nel tempo, al momento della prima, rapida risposta corticale al segnale sensoriale.

Una situazione analoga era già nota per l'immagine spaziale di un evento sensoriale. L'immagine sensoriale della quale si diventa consapevoli appare molto diversa dalla disposizione spaziale delle attività neurali che inducono quell'immagine.

L'illustrazione più ovvia e diretta di riferimenti soggettivi, percepiti in zone differenti rispetto a quelle dello stimolo, può essere fornita dal caso della stimolazione diretta della corteccia cerebrale somatosensoriale. Il soggetto non sente o prova la sensazione risultante come localizzata nel cervello, dove viene prodotta; la sente invece localizzata in una parte del corpo che è di solito legata a quella zona del cervello. Per esempio, se viene stimolata una certa zona corticale, il soggetto sente che viene stimolata la sua mano. La localizzazione spaziale viene riferita soggettivamente fuori dal cervello in una qualche struttura corporea. Il soggetto è completamente inconsapevole dell'attività nell'area della corteccia sensoriale che viene stimolata.

Descartes teorizzò nel XVII secolo che l'esperienza di una sensazione si verificava solo quando venga eccitata l'appropriata area cerebrale, ma che la localizzazione soggettiva della sensazione viene provata nelle normali zone dell'input sensoriale. Propose che questo rimanesse vero anche quando il sistema sensoriale era eccitato in qualsiasi altra parte del sistema nervoso centrale! Quella proposta è incredibilmente simile alle presenti evidenze dirette che supportano questo punto di vista.

Un genere collegato di racconto soggettivo si verifica nella localizzazione spaziale di tutti i normali input sensoriali. Si prenda un'immagine visiva: la figura luminosa dall'oggetto visibile attiva una configurazione di impulsi nervosi che raggiungono la corteccia visiva dopo aver attraversato una serie di "stazioni di posta". I neuroni corticali che rispondono all'input ottico hanno una sistemazione spaziale che ha una forma piuttosto distorta, rispetto all'immagine che si presenta effettivamente alla vista. Di fatto, l'oggetto visivo originario non sarebbe riconoscibile in base a una mappa delle risposte corticali ai suoi input luminosi. La risposta corticale può essere notevolmente distorta a livello spaziale rispetto all'immagine che

noi *soggettivamente vediamo*. Ma, in effetti, è questa rappresentazione corticale spazialmente distorta che dà origine all'immagine di cui si ha esperienza. Dobbiamo quindi concludere che la distorta figura neurale del cervello, in risposta a un'immagine visiva, è *soggettivamente* riferita o proiettata nello spazio in maniera tale che l'immagine vista corrisponda meglio e in maniera più accurata all'oggetto visivo reale.

Abbiamo ora stabilito in maniera sperimentale che c'è un riferimento soggettivo anche nel caso del timing di un'esperienza sensoriale. Questo caso è, in un certo senso, analogo al riferimento spaziale. Anche se la stimolazione, nel cammino sensoriale cerebrale verso la corteccia, può dover durare fino a 0,5 sec per indurre una sensazione cosciente, i soggetti riferiscono che soggettivamente la sensazione compare senza alcun ritardo significativo. L'esperienza ritardata è soggettivamente riferita indietro nel tempo al momento del segnale temporale fornito dalla rapida risposta di PE primario della corteccia sensoriale. I soggetti, inconsciamente e automaticamente, riferiscono il timing dell'evento sensoriale all'indietro nel tempo, al momento della rapida risposta iniziale della corteccia sensoriale. Non sono consapevoli del fatto che l'esperienza sensoriale *non è in realtà iniziata* finché non ha avuto luogo una stimolazione cerebrale adeguata, della durata di 0,5 sec.

2.8.1 I riferimenti soggettivi

"correggono" le rappresentazioni neurali

I riferimenti soggettivi degli aspetti spaziali e temporali di un evento sensoriale hanno l'effetto di correggere soggettivamente le distorsioni neurali dell'evento sensoriale. Le distorsioni sono imposte dal modo in cui i neuroni cerebrali rappresentano l'evento, nel tempo e nello spazio. Quindi, nella nostra esperienza cosciente di un evento sensoriale, l'evento sembra avvenire quando si è effettivamente verificato, e non 0,5 sec dopo (quando, in effetti, ne siamo diventati consapevoli). Di ulteriore interesse è il fatto che la via specifica di proiezione verso la corteccia cerebrale fornisca il segnale usa-

to sia dal riferimento spaziale sia da quello temporale. Un danno a questa via, come avviene in qualche caso di ictus, provoca perdite nella localizzazione soggettiva e nel timing soggettivo dello stimolo.

Esiste una capacità *inconscia* di localizzare gli stimoli. Nel fenomeno della cosiddetta visione cieca, i soggetti possono localizzare bersagli indicando correttamente un'immagine, anche se una lesione dell'area visiva primaria ha distrutto il sistema primario specifico di proiezione e i soggetti non vedono in maniera cosciente i bersagli. Sembra che la proiezione sensoriale specifica all'area visiva primaria sia richiesta solo per la localizzazione *soggettiva*, non per la localizzazione *inconscia*.

Apparentemente, queste "correzioni" soggettive dell'informazione fornita dalla corteccia sensoriale vengono apprese. La prova più evidente che i riferimenti soggettivi sono fenomeni legati all'apprendimento deriva da alcuni sorprendenti esperimenti riportati qualche anno fa. Ad alcuni soggetti umani venivano forniti occhiali prismatici che giravano l'immagine visiva sotto sopra (Stratton, 1897; Snyder, Pronko, 1952). All'inizio i soggetti vedevano il mondo sotto sopra e inoltre non potevano indicare accuratamente un'immagine presente nel loro campo visivo.

Tuttavia, dopo aver indossato questi occhiali in maniera continuativa per circa una settimana, i soggetti cominciavano a essere in grado di comportarsi come se le immagini fossero normali. Un soggetto rispose a proposito della sua esperienza soggettiva che non era consapevole dell'immagine visiva invertita; ma se gli veniva chiesto, si ricordava che in realtà vedeva sotto sopra! È chiaro che oggettivamente l'input visivo era ancora invertito rispetto alla sua usuale posizione. In altre parole, questo soggetto aveva in qualche modo imparato a non fare attenzione all'inversione e aveva adattato le sue risposte visivo-motorie come se l'immagine fosse dritta. Quando i soggetti si levarono gli occhiali, la loro accuratezza visivo-motoria divenne nuovamente meno precisa, per tornare poi normale nel giro di pochi giorni. Questo esperimento mostrò che il cambiamento di comportamento adottato non era dovuto a

una reale inversione soggettiva dell'immagine; era piuttosto la consapevolezza dell'immagine capovolta che era stata in qualche modo eliminata.

È interessante notare che una simile flessibilità del meccanismo di riferimento visivo-motorio non è osservata in tutti gli animali. Quando Roger Sperry (Sperry, 1950) girò gli occhi delle rane, in modo che gli occhi fossero "sotto sopra", le rane rimasero immerse nei campi visivi invertiti che i loro occhi fornivano. Non impararono a rispondere all'immagine invertita in modo corretto.

Queste caratteristiche del riferimento visivo-motorio suggeriscono che i bambini appena nati possono avere delle difficoltà con le loro immagini visive non ancora organizzate in maniera adatta. Possono aver bisogno di apprendere a riferire al loro comportamento l'informazione visiva in modo che si produca un'immagine che corrisponda alla reale immagine sensoriale. Forse, i neonati inizialmente vedono un'immagine distorta che corrisponde alla rappresentazione distorta dell'input sensoriale sulla corteccia cerebrale! E, forse, il tempo richiesto per imparare a riferire questa rappresentazione distorta a un'immagine "corretta" può aiutare a spiegare come mai i neonati non sembrano vedere in maniera chiara fino a circa un mese dopo la nascita. Gli esperti della visione sono in grado di elaborare un modo per valutare un'ipotesi simile?

C'è poi l'interessante questione di come ciascuna area sensoriale primaria della corteccia cerebrale induca la sua qualità specifica di una sensazione soggettiva, quando viene attivata da uno stimolo elettrico appropriato o dall'arrivo del suo normale input sensoriale. In altri termini, la stimolazione della corteccia somatosensoriale nella circonvoluzione postcentrale induce le sensazioni corporee soggettive (tocco, pressione, movimento, caldo, freddo, ma non il dolore). La stimolazione della corteccia visiva (la corteccia striata del polo occipitale posteriore) induce sensazioni visive. La stimolazione della corteccia uditiva (labbro superiore del lobo temporale) induce sensazioni acustiche. Anche se c'è qualche differenza nella disposizione dei neuroni in queste varie aree, le strutture neu-

rali di base e le loro interconnessioni sinaptiche sono simili. La stimolazione della maggior parte delle altre aree della corteccia cerebrale non induce nessuna esperienza cosciente. Questo avviene non perché le cellule nervose non rispondano alla stimolazione in queste aree non sensoriali, ma presumibilmente a causa dell'incapacità delle fibre nervose eccitate elettricamente di attivare una rete più complessa di cellule nervose che mettano in moto le funzioni delle aree non sensoriali.

Ora, ciascun input sensoriale diventa in grado di produrre la specifica qualità soggettiva della sensazione normalmente prodotta in ciascun caso. Sorge quindi la domanda se la stessa specifica sensazione sarebbe stata indotta anche se l'input sensoriale fosse stato cambiato. Questa domanda ha portato alcuni scienziati a porsi un'altra, più strana: cosa accadrebbe se connettessimo la via sensoriale della corteccia uditiva con l'area visiva della corteccia, e ponessimo la via sensoriale visiva in connessione funzionale con l'area uditiva della corteccia? In tal caso vedremmo il tuono e sentiremmo il fulmine? Questo genere di esperimenti non possono, ovviamente, essere condotti su soggetti umani. Ma sono stati condotti, in maniera limitata, sui furetti (Sharma et al., 2000; Melchner et al., 2000).

In un furetto appena nato la via ascendente dalla retina venne rediretta verso il nucleo genicolato mediale (NGM) che, normalmente, riceve la via uditiva ascendente e quindi proietta i suoi assoni sulla corteccia uditiva nel lobo temporale. La via uditiva ascendente verso il NGM venne tagliata sotto il NGM. Gli animali vennero allevati fino all'età adulta prima di essere sottoposti ai test. Gli studiosi scoprirono che c'erano dei neuroni, nella normale corteccia uditiva, che rispondevano a stimoli *visivi*. Questi neuroni "ricollegati" erano organizzati in moduli di orientamento, in maniera comparabile alla corteccia visiva normalmente innervata. Inoltre, i furetti rispondevano a stimoli luminosi (presentati nella porzione del campo visivo "visto" solo dalla proiezione alterata) come se percepissero che gli stimoli erano visivi e non uditivi. Quindi, la modalità percettiva di una zona della corteccia sensoriale primaria è influenzata dagli input che riceve. I fu-

retti, però, non potevano dire ai ricercatori cosa soggettivamente percepissero.

2.8.2 *Implicazioni generali dei resoconti soggettivi*

I riferimenti soggettivi di risposte cerebrali *sensoriali* dipendono spazialmente e temporalmente dalla disponibilità di rapide e localizzate risposte primarie della corteccia sensoriale. In assenza di queste risposte primarie, i riferimenti soggettivi diventano inadeguati o completamente assenti. Ma forse c'è un altro senso in cui tutte le esperienze soggettive sono "riferite". Le esperienze soggettive di eventi mentali, non sono riducibili o descrivibili dalle attività delle cellule nervose che danno origini alle esperienze. Come notato nel capitolo 1, una completa conoscenza delle attività neurali non direbbe niente riguardo alle esperienze soggettive che possono indurre. Per studiare queste ultime è necessario richiedere un resoconto introspettivo dell'esperienza dell'individuo, il solo che abbia "accesso" alle sue funzioni coscienti. Detto in altro modo: la natura e il contenuto di un'esperienza cosciente non "appaiono" come lo schema delle attività delle cellule nervose che producono quell'esperienza. Si potrebbe forse avanzare l'ipotesi che la natura e il contenuto di tutte le esperienze soggettive siano riportate nella sfera mentale dagli schemi di attività delle cellule nervose che sembrano indurre le esperienze.

2.8.3 *Meccanismi neurali per i riferimenti soggettivi?*

C'è un altro aspetto dei riferimenti soggettivi che può essere di fondamentale importanza per la natura della relazione mente-cervello: non sembra esistere nessun *meccanismo neurale* che possa essere considerato come mediatore dei riferimenti o spiegarne il loro funzionamento!

Prendiamo il caso di come il potenziale evocato primario può agire da risposta corticale cui si riferiscono la collocazione spaziale soggettiva e il timing soggettivo di uno stimolo sensoriale. Come avvengono questi riferimenti? Questo PE

primario compare anche quando uno stimolo sensoriale è al di sotto del livello di soglia per la sensazione. Appare quindi da solo, senza nessun PE successivo. Le componenti successive di PE, che durano 0,5 sec o più, compaiono quando l'intensità dello stimolo è uguale o superiore al livello di soglia per la sensazione (vedi Libet et al., 1967). Il PE primario si trova solo in una piccola area, altamente specializzata, della corteccia sensoriale. I PE successivi, invece, non sono confinati nella corteccia sensoriale primaria; le risposte collegate sono ampiamente distribuite nella corteccia. Un'ampia diffusione di attività collegate a un singolo evento visivo, presumibilmente sopra il livello di soglia, è stata descritta da altri (Buchner et al., 1997).

Sembra che sia solamente la risposta di PE primario a fornire il segnale al quale si riferisce la consapevolezza soggettiva per il timing e la localizzazione spaziale. Diventa quindi difficile descrivere un altro processo neurale che possa mediare questo riferimento retroattivo di un'esperienza sensoriale ritardata fino al momento della risposta di PE primario, anche se un meccanismo di questo tipo non è impossibile. Se la risposta di PE primario è l'agente temporale senza la mediazione di altre attività neurali ignote, sembrerebbe che i riferimenti soggettivi siano funzioni puramente mentali, senza corrispondenti basi neurali nel cervello.

Ma il problema delle funzioni mentali collegate a quelle neurali è molto più ampio di quello dei riferimenti soggettivi delle esperienze sensoriali coscienti. Tutti i processi mentali che danno origine a esperienze coscienti soggettive (compresi pensieri, intenzioni, consapevolezza di sé, e così via) non "assomigliano" alle esperienze che ne derivano. Infatti, anche una completa conoscenza dei processi neurali responsabili non descriverebbe, *a priori*, gli eventi mentali che li accompagnano: i due fenomeni devono essere studiati assieme per scoprirne le correlazioni. La trasformazione da schemi neurali a rappresentazioni soggettive sembrerebbe svilupparsi nella sfera mentale che emerge da quegli schemi. (L'uso di alcuni specifici segnali neurali per guidare i riferimenti sensoriali non ci dice come siano ottenuti i riferimenti stessi.)

Come si collega il tema dell'*assenza* di una descrizione neurale diretta di un riferimento sensoriale soggettivo e di altri eventi mentali con certe considerazioni filosofiche sulla relazione mente-cervello? Per prima cosa, una proposta di questo tipo *non* richiama o costituisce un'istanza di dualismo, in senso cartesiano. Tale proposta, cioè, non implica un'esistenza separata o indipendente del cervello fisico e dei fenomeni mentali. La mia idea della funzione mentale soggettiva è che si tratti di una proprietà emergente da appropriate funzioni cerebrali. L'aspetto mentale cosciente non può esistere senza i processi cerebrali che gli danno origine. Comunque, dal momento che ha origine dalle attività cerebrali come "proprietà" unica del sistema fisico, il mentale può mostrare fenomeni non evidenti nel cervello neurale che lo ha prodotto. Questo punto di vista segue quanto esposto da Roger Sperry sulle proprietà emergenti di un sistema (per maggiori dettagli, vedi i capitoli 5 e 6).

La teoria dell'identità è probabilmente la teoria più comunemente accettata per collegare il "fisico" e il "mentale" (vedi Hook, 1960). In una versione semplificata, la teoria dell'identità sostiene che gli aspetti osservabili esternamente della struttura e della funzione del cervello – in altre parole, gli aspetti fisicamente osservabili – descrivono le qualità esterne o esteriori del sistema. Gli eventi mentali, consci o inconsci, descrivono una "qualità interiore" dello *stesso sistema* o "substrato". Il substrato dato è cioè responsabile di entrambi i generi di qualità, interno ed esterno. La teoria dell'identità riconosce che le esperienze soggettive sono accessibili solamente (come qualità interiori) agli individui che le provano. Ma se non esiste uno specifico evento neurale (evento fisico) che corrisponda a un evento mentale (come i riferimenti soggettivi nel tempo e nello spazio), allora non esiste un substrato comune che fornisca l'identità per queste qualità interiori ed esteriori. Uno dei primi esponenti della teoria dell'identità fu Stephen Pepper (1960), professore di filosofia alla University of California a Berkeley. Durante le discussioni con lui, il professor Pepper capì subito che le nostre scoperte del riferimento soggettivo retrogrado avrebbero creato serie difficoltà alla

teoria dell'identità. Questo è particolarmente vero nel caso in cui non vi sia una controparte neurale per queste operazioni mentali.

I sostenitori della teoria dell'identità potranno dire che questa apparente sconnessione fra qualità osservabili e qualità interne (mentali) è semplicemente il modo attraverso il quale vengono espressi i due aspetti (interiore ed esteriore) del loro singolo substrato comune. Ma mi sembrerebbe un voler risolvere le difficoltà verbalmente, utilizzando un termine – substrato comune – per comprendere tutte le proprietà. Inoltre, il cosiddetto substrato è una costruzione congetturale che non può essere falsificata da nessun esperimento. In ogni caso, è chiaro che i fenomeni mentali interiori hanno caratteristiche molto diverse da quelle del cervello fisicamente osservabile, e che le qualità interiori ed esteriori non sono descrivibili, *a priori*, una nei termini dell'altra.

Un altro problema è come considerare l'idea o l'esperienza del presente, l'“ora”, l'“adesso”. Il ritardo di 0,5 sec nella comparsa della consapevolezza di un evento sensoriale introduce una difficoltà nella definizione e nella comprensione del “momento presente”. Comunque, l'esistenza del riferimento soggettivo retrogrado nel tempo (al momento della rapida risposta primaria della corteccia sensoriale) permette di ricollocare l'*esperienza soggettiva* del presente di nuovo nel presente. Quindi, ci troviamo nella strana condizione in cui l'effettiva consapevolezza del presente è realmente ritardata, ma il *contenuto* dell'esperienza cosciente è riallineato con il presente. Soggettivamente, quindi, viviamo in un presente retrodatato, anche se, nei fatti, non siamo consapevoli del presente per circa 0,5 sec dopo che il segnale sensoriale arriva alla corteccia cerebrale.

Queste implicazioni hanno serie conseguenze per alcune idee riguardo alla nozione del presente. Per esempio, si dice che Ludwig Wittgenstein abbia dichiarato: “Il presente non è né passato né futuro: l'esperienza del presente, di conseguenza, è un fenomeno senza tempo”. Ma se la nostra esperienza di uno stimolo sensoriale è realmente retrodatata con un ritardo

di 500 msec, l'esperienza del presente è in effetti esperienza di un evento avvenuto 500 msec prima, nel passato. E così, il "presente" soggettivo è in realtà relativo a un evento sensoriale nel passato; non è senza tempo.

Gli eventi endogeni coscienti (i nostri pensieri, le nostre immaginazioni, i sentimenti non sensoriali, e così via) differiscono dalla normale esperienza sensoriale. Il riferimento indietro nel tempo, la retrodatazione di un'esperienza sensoriale, avviene solo quando la risposta corticale primaria indotta dal rapido input sensoriale è disponibile come segnale di riferimento. Gli eventi coscienti endogeni, non sensoriali, non hanno a disposizione un tale segnale temporale. Se gli eventi coscienti endogeni richiedessero anch'essi 0,5 sec di attivazioni neurali appropriate per produrre consapevolezza – in altre parole, se seguissero il principio che abbiamo assunto, cioè che questo requisito sia richiesto per ogni consapevolezza –, allora avremmo esperienza di tutti gli eventi coscienti endogeni con un ritardo. Ci sarebbe così un ritardo degli eventi neurali inconsci necessari per iniziare l'esperienza della consapevolezza.

3

FUNZIONI MENTALI CONSCE E INCONSCE

All'improvviso, mentre state guidando in una strada di città a 45 all'ora, vi trovate di fronte un ragazzo che rincorre il suo pallone finito in strada. Portate immediatamente il piede sul pedale del freno; l'auto si ferma con gran stridore. Eravate coscienti dell'evento prima di mettere il piede sul pedale del freno? O avete agito in maniera inconscia, diventando consapevoli di quello che stavate facendo solo dopo aver schiacciato il pedale?

3.1 LE FUNZIONI MENTALI INCONSCE

Le evidenze sperimentali addotte nel corso del capitolo 2 mostrano che l'attivazione della corteccia sensoriale deve durare per circa 500 msec affinché si abbia consapevolezza del segnale sensoriale. Quando la durata dello stimolo liminale applicato alla corteccia cerebrale veniva ridotta sotto questa soglia – per esempio a 400 o anche 450 msec – non c'erano resoconti di consapevolezza sensoriale. Il soggetto riferiva: "Non sento niente". Abbiamo riscontrato una situazione simile nel caso di un treno di impulsi di stimolo applicato alla via sensoriale ascendente del cervello, che è il percorso più veloce dal midollo alla corteccia cerebrale.

Nonostante questo presunto ritardo di circa 500 msec nella nostra consapevolezza del ragazzo e della palla, siamo in grado di mettere il piede sul pedale circa 150 msec dopo che il ra-

gazzo è apparso di fronte a noi (vedi figura 3.1). Quindi quest'azione deve essere prodotta in maniera inconscia, senza consapevolezza. È sorprendente che si possa retrodatare automaticamente la consapevolezza ritardata, anche se solo soggettivamente: la possiamo riportare indietro nel tempo, e raccontare di aver visto il ragazzo immediatamente (vedi paragrafo 2.7, "La retrodatazione dell'esperienza sensoriale ritardata").

Mettere il piede sul pedale del freno non è un semplice riflesso spinale. Comporta il riconoscimento della natura del segnale (in questo caso un ragazzo) e una decisione che spinge ad agire per non investirlo. E questa funzione mentale piuttosto complessa viene portata avanti inconsciamente.

A questo punto, forse dovremmo chiarire cosa intendiamo per funzioni inconscie (non coscienti) e come queste si distinguano dalle funzioni mentali coscienti. La prima caratteristica di una esperienza cosciente è la consapevolezza. Questo è un fenomeno soggettivo, accessibile solamente all'individuo che vive l'esperienza. Per studiare la consapevolezza dobbiamo affidarci alla capacità di una persona di raccontare che ha provato tale o tal'altra esperienza. (Un'esperienza cosciente comporta l'esistenza di un qualche contenuto della consapevolezza – per esempio, essere consapevoli di un tocco sulla mano o sentirlo. Il problema del contenuto con o senza consapevol-

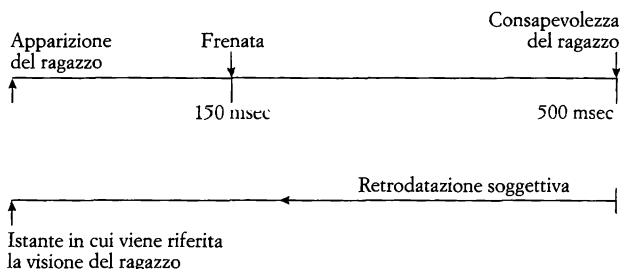


Figura 3.1 Sequenza di eventi quando un ragazzino attraversa la strada mentre sta arrivando una macchina.

za è affrontato in un'altra parte di *questo libro*; vedi paragrafi 1.5, "Consapevolezza", e 3.3.1, "Un test sperimentale della teoria del tempo di attivazione".) Considereremo una funzione psicologica o un evento come inconsci quando la persona non ha una consapevolezza tale da permetterle di riferire dell'evento. Questa definizione copre diversi tipi o livelli possibili di processi non coscienti, dalle profondità dell'anestesia generale a quelle del cosiddetto subconscio.

Sognare è chiaramente un processo cosciente, sebbene i contenuti dei sogni possano contenere eventi distorti. Si ricorda poco dei sogni, o addirittura non si ricordano affatto. Costituiscono, quindi, esempi di consapevolezza con memoria scarsa o del tutto assente.

Molte delle attività funzionali di routine del cervello (e del midollo spinale) sono portate avanti in modo non cosciente. Tra queste ci sono la regolazione della pressione sanguigna e del battito cardiaco in relazione al movimento del corpo o a eventi emotivi; l'attivazione e il controllo della respirazione; gli adattamenti posturali del corpo e degli arti; la camminata e la corsa; il controllo della motilità gastrointestinale e delle secrezioni; la regolazione delle ghiandole endocrine (che secernono ormoni); e perfino l'importante funzione che controlla il sistema immunitario. Questo genere di funzioni di mantenimento si verificano sia quando il corpo è a riposo sia quando è in movimento. Continuano mentre mangiamo, durante le attività sessuali, quando si litiga, e così via. Tuttavia, questo tipo di attività non sono considerate né mentali né psicologiche. Infatti, la maggior parte di esse può non raggiungere mai il nostro livello di consapevolezza.

Ci sono però moltissime funzioni non coscienti che coinvolgono caratteristiche psicologiche o mentali (vedi Velmans, 1991). *I riflessi condizionati* possono essere appresi senza un processo consapevole da parte del soggetto. Per esempio, il battito incondizionato delle palpebre dopo che un soffio di aria colpisce l'occhio. Se un suono ben determinato inizia circa un secondo prima del battere delle palpebre e finisce durante il battito, il soggetto impara a battere le palpebre solo in rispo-

sta all'impulso sonoro. L'autorevole psicologo Richard Thompson mi raccontava di essere riuscito a condizionare il riflesso del battito delle palpebre in modo che il soggetto umano non avesse *nessuna consapevolezza* dello stimolo condizionato. Anche altri psicologi hanno riferito questo stesso fenomeno. Clark e Squire, in un articolo relativamente recente (Clark, Squire, 1998), riportano che se l'impulso sonoro condizionante finisce 500 o 1000 msec prima del soffio d'aria, i soggetti possono apprendere questo condizionamento *solo se diventano consapevoli* degli stimoli. Questo intervallo di 500 msec ben si adatta alle evidenze da noi fornite riguardo al requisito temporale del cervello per produrre consapevolezza. Anche un cambiamento in una sequenza di stimoli complessa già nota al soggetto può provocare una reazione che esclude ogni tipo di consapevolezza del cambiamento (vedi Berns et al., 1997). La nostra rapida reazione ai segnali sensoriali sembra essere prodotta senza nessuna consapevolezza iniziale del segnale.

Un altro esempio è costituito da esperimenti in cui i soggetti raggiungono un bersaglio che può cambiare la sua posizione. A ogni soggetto veniva chiesto improvvisamente di raggiungere una meta-bersaglio, costituita da un'immagine o da un oggetto. Non appena il soggetto iniziava a muoversi per raggiungere il bersaglio, ma prima che lo avesse toccato, la posizione del bersaglio veniva cambiata. I soggetti cambiavano la direzione dei loro spostamenti nel pieno del "flusso" dell'azione per toccare il bersaglio nella sua nuova posizione. Il punto interessante è che i soggetti non erano consapevoli del loro cambiamento di direzione nel flusso dell'azione – si trattava di un cambiamento inconscio (Jeannerod, 1997).

L'inizio di un atto volontario può sorgere inconsciamente nel cervello, molto prima della consapevolezza di una qualche intenzione cosciente di muoversi (vedi capitolo 4): il cervello dà inizio inconsciamente a un processo volontario.

Ci sono evidenze significative che molte altre attività psicologiche (mentali), semplici o complesse, vengano prodotte inconsciamente (Kihlstrom, 1993, 1996; Shevrin, Dickman,

1980). La maggior parte di queste prove riguarda la scoperta che una persona può mostrare un qualche effetto mentale di qualche evento anche quando non c'è nessuna consapevolezza degli stessi eventi mentre stanno accadendo. Per esempio, venivano mostrate parole e disegni su uno schermo per un tempo talmente breve (per esempio 10 msec) che il soggetto non aveva alcuna consapevolezza delle parole e dei disegni. Ma quando in seguito si chiedeva ai soggetti una reazione ad altre parole o immagini, le loro risposte erano chiaramente influenzate dalle prime esposizioni non coscienti.

C'è anche il fenomeno – comunemente sperimentato – di avere un'intuizione o un presagio su un argomento o su una decisione. Questi presagi si basano su percezioni o background mentali non coscienti o inconsci. Non capita forse a tutti di aver questo tipo di presagi o intuizioni? Damasio e i suoi collaboratori, in un recente studio su questo genere di fenomeni (Damasio, 1997), hanno riscontrato che soggetti normali possono imparare relativamente presto a prendere carte vincenti dai mazzi di carte che avevano fornito un esito positivo (due su quattro mazzi). I soggetti iniziano a favorire i mazzi che pagano, molto tempo prima che possano mettere a punto una strategia cosciente che li guidi nella scelta. Durante il periodo di tempo in cui questa intuizione inconscia si stava sviluppando, compariva una minore resistenza cutanea (probabilmente dovuta alla sudorazione o all'aumento di flusso sanguigno nella pelle) – un indicatore corporeo di ansia. Questa capacità era assente in sei pazienti che presentavano danni in certe aree dei lobi frontali (della corteccia cerebrale). L'intelligenza e la memoria di questi pazienti non erano compromesse; non erano invece in grado di prendere delle decisioni vantaggiose, e di farlo inconsciamente! Nichols e Newsome passano in rassegna risultati del genere in esperimenti con scimmie (Nichols, Newsome, 1999). Durante questi esperimenti gli animali imparavano velocemente a scegliere il bersaglio che dava una ricompensa più alta, sebbene entrambi i bersagli fossero visivamente identici.

Anche durante l'anestesia generale per un'operazione chi-

rurgica, ci sono evidenze che conversazioni o commenti volgari possono produrre effetti su “pensieri, sentimenti o azioni successive senza che questi siano in esplicito collegamento con l'intervento chirurgico” (Bennett et al., 1985). Questi processi inconsci sono stati confermati da un numero considerevole di anestesisti. È di una certa importanza terapeutica l'osservazione che il tipo di commenti fatti dal chirurgo in sala operatoria – recepiti inconsciamente dal paziente – possa influenzare il decorso post operatorio. Affermazioni positive possono favorire la guarigione del paziente, mentre quelle negative possono comprometterla.

Molti processi del pensiero sono apparentemente inconsci, in particolare quelli collegati alla soluzione di problemi. Ciò colpisce in special modo quando si ha a che fare con problemi matematici: alcuni grandi matematici hanno raccontato esperienze del genere. Per esempio, il famoso matematico Henri Poincaré (Poincaré, 1913) si interessò al modo in cui riusciva a trovare le sue dimostrazioni, e prendeva nota di questo tipo di processo. Racconta che si stava scervellando su come risolvere un problema particolarmente difficile e, dopo aver passato qualche tempo a rimuginare consciamente sulla questione, si arrese. In seguito, durante un viaggio a Lione, l'intera soluzione del problema gli “saltò” alla mente mentre scendeva da un tram [in realtà, mentre saliva sul predellino di un omnibus. NdC]. Chiaramente, un processo mentale – inconscio, ma creativo – aveva continuato ad andare avanti fino a trovare la soluzione del problema. Si dice anche che quando i matematici percepiscono in modo cosciente la soluzione di un difficile problema (soluzione che appare dopo un processo inconscio di pensiero), sanno intuitivamente se questa soluzione sia giusta prima di elaborare consciamente le prove analitiche necessarie. Anche il famoso matematico e filosofo Alfred North Whitehead ha sostenuto l'esistenza di operazioni mentali inconse.

La creatività, in generale, è quasi certamente funzione di processi mentali inconsci o, quanto meno, semiconsci. Scienziati famosi raccontano frequentemente aneddoti su come ipotesi creative per la soluzione del problema che stavano stu-

diando apparissero consciamente solo dopo un periodo di *incubazione inconscia*. Anzi, alcuni di loro danno una descrizione tipica della sequenza attraverso la quale sono giunti a produrre idee nuove e originali che risolvessero il problema:

- 1) chiarire le questioni o il problema;
- 2) raccogliere e presentare informazioni rilevanti sull'argomento;
- 3) interrompere ogni ulteriore tentativo cosciente di fare ipotesi che possano portare a una risposta (in altre parole, lasciare che il problema filtri a un livello inconscio);
- 4) stare "in ascolto" della *comparsa cosciente* di una adeguata ipotesi di soluzione al problema;
- 5) applicare un'*analisi razionale cosciente* a ciò che, alla fine, è emerso a livello cosciente per verificarne l'utilità e la validità.

Probabilmente il passo (3) è quello più creativo; gli altri hanno più una natura di analisi logica di una situazione. Poincaré sosteneva che il lavoro intuitivo è perfino più importante di quello analitico; dichiarava infatti che "la logica pura non produce altro che tautologie; non crea niente di nuovo" (cit. in Franco, 1989).

Si dice anche che idee creative possano apparire in sogno o mentre si sogna a occhi aperti. Ovviamente, queste idee e altri pensieri che appaiono mentre sogniamo non sono il frutto di un processo e di un'analisi coscienti e deliberati. Appaiono senza nessun preavviso e possono essere considerati come sviluppi autonomi che emergono all'improvviso alla consapevolezza cosciente durante il sogno. C'è la famosa storia accaduta a Otto Loewi, che fu insignito del premio Nobel per aver scoperto che una sostanza chimica può fare da tramite nel collegamento sinaptico tra una fibra nervosa e la cellula nervosa o muscolare successiva. Loewi era frustrato perché non riusciva a trovare il modo per risolvere sperimentalmente il problema. Poi, una notte, sognò la soluzione. Si svegliò, scribacchiò qualche breve annotazione e tornò a dormire. La mattina seguente, però, non riusciva più a decifrare i suoi appunti! Così, qualche notte più tardi, quando fece un sogno simile, Loewi si svegliò, andò nel suo laboratorio e mise in pratica immediata-

mente l'esperimento che aveva sognato. La trovata originale consisteva nel raccogliere il fluido proveniente dal cuore di una rana e trasportarlo nella valvola d'ingresso del cuore di una seconda rana. Dopo che Loewi aveva stimolato il nervo vago del primo cuore, producendo un rallentamento o un arresto temporaneo del battito, anche il secondo cuore mostrava un rallentamento del battito. Il secondo cuore poteva aver ricevuto il "messaggio" dal primo cuore solo attraverso una sostanza chimica, rilasciata dal nervo che era stato stimolato e trasportata al secondo cuore. Negli anni seguenti si scoprì che un tale agente di trasmissione chimica [si trattava dell'acetilcolina. NdC] poteva essere applicato a moltissime altre connessioni tra una cellula nervosa e quella successiva, incluse quelle del cervello e del midollo spinale.

Si ritiene generalmente che anche attività quali la scrittura creativa, la pittura, la composizione musicale e la danza coinvolgano processi mentali inconsci, ma non cercherò di elaborare, in questa sede, questi aspetti. Arthur Koestler ne ha discusso in *L'atto della creazione* (Koestler, 1964).

Ho sperimentato personalmente molte situazioni in cui un'idea creativa mi appariva alla mente coscientemente mentre sognavo – veramente o a occhi aperti – tanto che per molti anni ho tenuto carta e matita sul comodino. Quando mi sveglio durante la notte con una nuova idea prendo nota, così che il giorno dopo, se possibile, metto in pratica queste idee. In questo modo sono giunto a molte interessanti spiegazioni e soluzioni per le mie ricerche. Talvolta mi ritrovo a sognare a occhi aperti mentre leggo un libro, faccio una passeggiata o ascolto musica, e perfino quando assisto a una conferenza. Per esempio, quando ascolto dal vivo un concerto sinfonico, la mia mente divaga e compaiono altri pensieri, forse in parte stimolati dal sottofondo di un buon ascolto di musica classica. Perfino nel buio di una sala da concerto scarabocchio ogni pensiero che sembri essere una soluzione creativa, sperimentale o teorica, ai miei problemi di ricerca.

Un esempio di produzione creativa dei miei sogni a occhi aperti fu appunto l'idea di usare un metodo di misura del tempo

di cui si potesse avere un resoconto soggettivo, in modo da stabilire quando una persona diventa consapevole di volersi muovere volontariamente (vedi capitolo 4). Quest'idea mi venne in mente mentre ero nel mio studio al Rockefeller Foundation di Bellagio, in Italia. In quel momento avrei dovuto concentrarmi per scrivere un articolo su un argomento di ricerca abbastanza diverso, che aveva a che fare con la retrodatazione soggettiva di esperienze sensoriali coscienti (Libet et al., 1979). Però, il giorno prima, mi ero trovato a discutere con mia moglie Fay dell'apparente impossibilità di risolvere sperimentalmente la questione della relazione tra i processi cerebrali e la volontà cosciente di agire. La soluzione che all'improvviso mi venne in mente fu quella di istruire i soggetti in modo da fare associare la prima consapevolezza di un'intenzione ad agire con la posizione della lancetta dei secondi di un orologio. Un resoconto del soggetto sul tempo associato all'orologio ci avrebbe poi potuto indicare il momento in cui gli era apparsa la consapevolezza.

In effetti, è importante consentire ai propri processi mentali di sviluppare idee e soluzioni, e di favorire l'accadere di tali processi. Inoltre, si deve imparare anche a riconoscere e a prestare attenzione a ciò che questi processi producono non appena un tale risultato si manifesta nella consapevolezza cosciente. Si deve cioè consentire un libero flusso dei processi inconsci e si deve imparare a tenere conto della loro importanza. Spesso, non si tratta di processi stereotipati, ma creativi. Quando se ne diventa consapevoli, si può scegliere come usarli in modo cosciente. Alfred North Whitehead esortava tutti a prendere l'abitudine di agire senza pensare. "La civiltà avanzata", scrisse, "grazie all'aumento del numero di operazioni che possiamo compiere senza pensare" (cit. in Bower, 1999).

È difficile convincere gli altri dell'importanza di sognare a occhi aperti per generare idee e soluzioni creative. Mia moglie spesso pensava che stessi sprecando il mio tempo e non "lavorando", quando mi vedeva stare alla mia scrivania senza apparentemente scrivere un granché. Ma credo di aver finito col convincerla che tale apparente inattività non era poi una completa perdita di tempo.

3.2 LE FUNZIONI INCONSCIE SONO “MENTALI”?

Fino a questo momento ho evitato di addentrarmi nella discussione su cosa sia la “mente” e cosa siano i processi “mentali”. Si possono trovare in letteratura argomentazioni molto elaborate su questi concetti, soprattutto da parte di filosofi. Come neuroscienziato sperimentale preferisco, al riguardo, un approccio diretto e semplice, che si accordi con le nostre opinioni e i nostri sentimenti, riguardo a questi concetti. Secondo la definizione del dizionario, “mente” si riferisce all’intelletto di un individuo ma anche alle sue inclinazioni e ai suoi impulsi; secondo l’ultima accezione sono inclusi anche i processi emotivi.

“Mentale” è semplicemente l’aggettivo che descrive le funzioni della “mente”; questo termine includerebbe quindi l’esperienza cosciente, ma le funzioni inconscie, che si adattano alla definizione, non sarebbero escluse. Si potrebbe dunque considerare la “mente” come una proprietà complessiva del cervello, che include le esperienze soggettive coscienti e le funzioni psicologiche inconscie.

Ma c’è chi si oppone fortemente a questa concezione. Il filosofo John Searle sostiene (Searle, 1993, p. 156) che “mentale” dovrebbe riferirsi solamente all’esperienza soggettiva cosciente. Ritiene, infatti, che le funzioni non coscienti siano accompagnate soltanto da certe attività neurali, senza necessariamente dover invocare dell’altro, come un evento mentale inconscio. Searle è però d’accordo che queste attività possano successivamente influenzare pensieri, sentimenti e comportamenti coscienti.

Perché dunque dovremmo considerare un importante processo psicologico inconscio come un processo “mentale”? Quando assumiamo questo punto di vista, assegniamo un attributo al processo inconscio che lo rende qualitativamente simile, in qualche modo, a un processo cosciente, tranne che quello manca della consapevolezza di questo. Entrambi i punti di vista (inconscio/mentale o inconscio/non-mentale) sono ipotesi non dimostrate. Esistono tuttavia sufficienti motivi per

considerare le caratteristiche inconsce come mentali perché questo è il modo migliore per descrivere gli attributi conosciuti di tali funzioni. Inoltre, si fornisce una descrizione più fantasiosa e che, potenzialmente, può produrre nuove congetture per trattare queste funzioni.

Le funzioni inconsce hanno a che fare con questioni psicologiche in modi che sembrano del tutto simili alle funzioni coscienti tranne per l'assenza di consapevolezza. Le funzioni non coscienti, infatti, possono essere rappresentative dell'esperienza (vedi Kihlstrom, 1993). Tutti i processi cognitivi, immaginativi e decisionali, inoltre, si possono sviluppare inconsciamente, spesso in modo più creativo di quanto avvenga nelle funzioni coscienti. Importanti funzioni psicologiche inconsce di questo tipo, al pari di quelle coscienti, non possono essere descritte o previste a partire da una conoscenza *a priori* dei processi neurali, contrariamente all'opinione di Searle. Sembra più semplice ed efficace – e anche più in sintonia con la sperimentazione clinica – considerare i processi inconsci come “funzioni mentali”, come dei fenomeni cioè che sono in relazione con le funzioni mentali coscienti ma che non possiedono l'ulteriore caratteristica di essere consapevoli. (In fin dei conti, le definizioni sono utili solo nella misura in cui ci aiutano a pensare in modo produttivo a un problema.) Affinché a una funzione inconscia si aggiunga consapevolezza, la durata dell'attivazione corticale deve essere di almeno 0,5 secondi (vedi il paragrafo successivo).

3.3 LA TIME-ON THEORY:

IN CHE MODO IL CERVELLO DISTINGUE TRA FUNZIONI MENTALI CONSCE E INCONSCE?

I processi mentali consci e inconsci differiscono principalmente per il fatto che nei primi è presente la consapevolezza, che manca negli altri. Abbiamo visto che il cervello ha bisogno di almeno 0,5 secondi per “produrre” la consapevolezza di un segnale sensoriale, mentre le funzioni non coscienti sembrano

richiedere molto meno tempo (100 msec circa). Che cosa fa il cervello in quel breve periodo di attivazione, di durata troppo corta per produrre consapevolezza? Lungi dall'essere inattivo, in questo lasso di tempo il cervello mostra risposte neurali registrabili che assomigliano a quelle che si svilupperanno fino a divenire adeguate per la consapevolezza. Questa serie, di breve durata, di risposte delle cellule nervose non è in grado di produrre consapevolezza. Ma, ci siamo chiesti, non potrebbe comunque fornire un meccanismo per il rilevamento inconscio di un segnale sensoriale? Questa domanda ci ha condotto a proporre una teoria sulla durata dell'intervallo temporale (la teoria del tempo di attivazione, o *time-on theory*) per riuscire a spiegare il passaggio dalle attività cerebrali richieste per le funzioni mentali inconscie a quelle richieste per le funzioni coscienti.

La teoria del tempo di attivazione si basa su due semplici principi:

1. Per produrre un'esperienza sensoriale cosciente (in altre parole, in cui sia presente la consapevolezza) deve esserci un'attività sensoriale appropriata che duri almeno 500 msec (quando l'evento è vicino alla soglia). Quindi, la durata, o tempo di attivazione (*time-on*), dell'attività è di circa 0,5 sec. Abbiamo già dimostrato sperimentalmente questa caratteristica.

2. Proponiamo che quando queste stesse attività cerebrali abbiano una durata inferiore a quella richiesta per produrre consapevolezza, possano essere ugualmente coinvolte nella produzione di una funzione mentale inconscia, senza consapevolezza. Una funzione inconscia potrebbe quindi essere trasformata in una cosciente semplicemente aumentando la durata delle attività cerebrali appropriate. Ci siamo resi conto che, probabilmente, la durata non è il solo fattore che permette il passaggio da non cosciente a cosciente, ma abbiamo riscontrato che rappresenta comunque un fattore di controllo.

A questo punto ci si potrebbe chiedere cosa renda la durata abbastanza lunga da provocare consapevolezza e perché, invece, la maggior parte delle attivazioni non durino abbastanza per provocarla. Non abbiamo una risposta esauriente a

questa domanda. Abbiamo comunque ragione di credere che focalizzare l'attenzione su un dato segnale sensoriale possa costituire un agente per produrre una risposta sensoriale cosciente. Non sappiamo ancora quale meccanismo cerebrale decida di focalizzare l'attenzione su un segnale piuttosto che su un altro. Ma ci sono evidenze che il meccanismo dell'attenzione possa "accendere" o attivare alcune aree della corteccia cerebrale; tale incremento del livello di eccitazione di queste aree potrebbe favorire la durata delle risposte delle loro cellule nervose fino a raggiungere l'intervallo di tempo necessario alla comparsa della consapevolezza.

Non sappiamo precisamente quali siano le attività neurali "appropriate" per produrre eventi mentali coscienti o non coscienti. Ma la mia supposizione è che, qualsiasi siano le attività neurali appropriate, la durata di queste attività può essere un fattore critico nel determinare la distinzione tra i due tipi di eventi mentali.

3.3.1 Un test sperimentale della teoria del tempo di attivazione

Ogni teoria che si voglia scientifica deve poter essere sottoposta a controllo. Per questo abbiamo ideato ed eseguito un test sperimentale della teoria del tempo di attivazione che doveva avere due caratteristiche (vedi Libet et al., 1991):

1. Dovevamo essere in grado di variare la durata di appropriate attivazioni ripetute della corteccia sensoriale, in modo da poter controllare la durata delle attività delle cellule nervose. Questo ci avrebbe permesso di somministrare stimoli con *durate* inferiori o superiori ai 500 msec necessari per produrre consapevolezza.

2. Avevamo bisogno di assegnare un compito psicologico al soggetto affinché indicasse se il segnale di input veniva "percepito" (rilevato) oppure no. In questo modo avremmo potuto confrontare la durata dello stimolo, sia con la precisione della percezione del segnale, sia con il livello di consapevolezza che aveva prodotto a ogni prova dell'esperimento. Ogni

percezione (rilevazione) esatta del segnale senza alcuna consapevolezza di esso avrebbe certamente costituito una percezione inconscia del segnale.

La prima condizione venne soddisfatta applicando treni di stimoli alla via sensoriale ascendente del talamo, al di sotto della corteccia sensoriale. Come dimostrato precedentemente, con intensità a livello di soglia, le durate minime richieste per suscitare una sensazione cosciente erano di circa 500 msec (utilizzammo però impulsi più intensi di quelli della soglia minima, in modo che la durata necessaria scendesse da 500 a 400 msec). Ogni treno di stimoli era costituito da 72 impulsi al secondo e la sua *durata* reale era diversa per ogni prova, variando in modo casuale tra 0 (nessuno stimolo) e 750 msec (cioè tra 0 e 55 impulsi, nel setting sperimentale che abbiamo ora descritto). Un treno della durata di 500 msec, in questo caso, avrebbe contenuto 36 impulsi.

Il soggetto era posto di fronte a un pannello contenente due pulsanti, ognuno dei quali poteva essere acceso brevemente (vedi figura 3.2) In ogni prova, la luce #1 (L1) veniva accesa per un secondo; e un secondo dopo veniva accesa la luce #2 (L2), anch'essa per un secondo. Lo stimolo era applicato alla via sensoriale del talamo in maniera casuale, durante il tempo in cui L1 oppure L2 rimanevano accese.

Il compito del soggetto era di indicare durante quale periodo di accensione lo stimolo veniva somministrato, se durante il tempo di accensione di L1 oppure di L2. Il soggetto doveva scegliere una delle due opzioni anche nel caso non fosse consapevole se si fosse prodotta o meno una sensazione nel corso del test: in altre parole, doveva necessariamente fare una scelta. Questa scelta veniva indicata premendo il pulsante L1 o L2. Quindi il soggetto premeva *altri* pulsanti per indicare il livello di consapevolezza dello stimolo: il pulsante #1 se aveva sentito lo stimolo, anche debolmente; il pulsante #2 se non era sicuro di averlo sentito o se aveva sentito qualsiasi altra cosa durante l'accensione della luce; il pulsante #3 se non aveva sentito niente e stava solo tirando a indovinare tra L1 e L2.

Una scelta fatta semplicemente tirando a indovinare tra L1

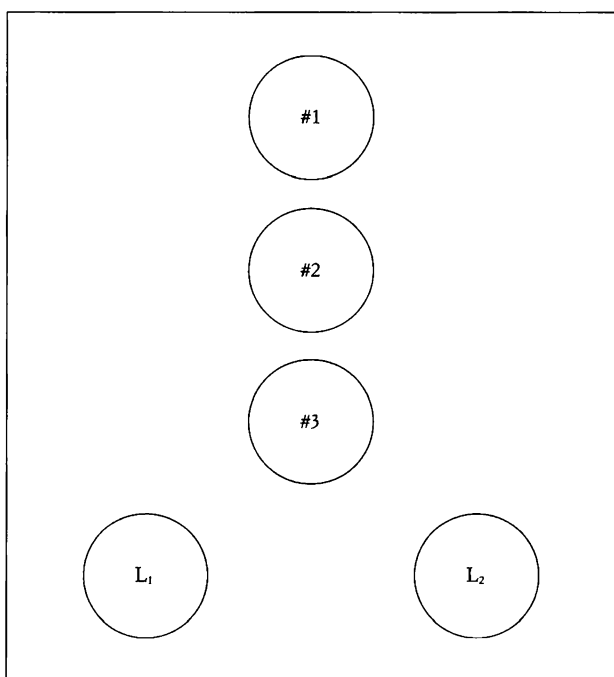


Figura 3.2 Il test per la teoria del tempo di attivazione. Il soggetto aveva di fronte questo tipo di pannello. In ogni prova la luce #1 (L₁) si accendeva per un secondo; poi si accendeva la luce #2 (L₂). Lo stimolo veniva somministrato a caso nelle varie prove durante L₁ o L₂. Dopo che la luce L₂ si era spenta, il soggetto doveva indicare se lo stimolo era stato somministrato durante il periodo di accensione di L₁ o di L₂, premendo il bottone L₁ o L₂. I soggetti erano stati istruiti a dare la loro indicazione anche nel caso non avessero provato nessuna sensazione. I soggetti indicavano anche il livello di *consapevolezza* dello stimolo premendo il bottone #1, #2 o #3. Il bottone #1 indicava che il soggetto aveva avvertito lo stimolo, anche se debolmente. Il bottone #2 indicava "una sensazione incerta o forse qualcosa di diverso", anche se non era la stessa sensazione del bottone #1. Il bottone #3 stava a significare che il soggetto non aveva sentito nulla e tirava a indovinare. (Ripresa da Libet et al., 1991, con il permesso della Oxford University Press.)

o L2 avrebbe dovuto fornire risposte corrette nel 50% delle prove. Risposte corrette in più del 50% dei casi, con una data durata degli stimoli, avrebbero invece indicato un reale rilevamento dello stimolo con quella durata, con o senza consapevolezza del segnale. Ogni soggetto doveva eseguire centinaia di prove in modo che i risultati potessero essere analizzati statisticamente.

E i risultati furono molto istruttivi:

1. Per le prove in cui, sia durante L1 sia durante L2, non veniva somministrato alcuno stimolo, le risposte esatte furono in realtà molto vicine al 50%, come c'era da aspettarsi per scelte fatte a caso.

2. Per tutte le prove in cui venne somministrato lo stimolo, ma in cui i soggetti non erano consapevoli di alcuna sensazione e stavano tirando a indovinare, le risposte esatte superarono significativamente la percentuale del 50%. Questo accade anche quando vennero somministrate brevi durate di scariche da 15-150 msec (da 1 a 10 impulsi). Con scariche di durata più lunga (da 150 a 260 msec) e con soggetti che tiravano a indovinare, le risposte furono corrette al 75%, e così via. Chiaramente, i soggetti riuscivano spesso a rilevare gli stimoli e a dare risposte corrette *senza essere consapevoli* di alcun effetto dello stimolo.

3. Mediante l'analisi statistica, fu possibile determinare la differenza nella durata degli stimoli tra la condizione A (risposte corrette ottenute tirando a indovinare e *senza* consapevolezza), e la condizione B (risposte corrette con alcune evidenze minime di *consapevolezza, a un certo livello*). In entrambi questi gruppi, A e B, tutte le risposte erano corrette. La differenza stava nella non consapevolezza di A, opposta a una minima consapevolezza dello stimolo in B. Abbiamo riscontrato che per passare dalla condizione A (risposta corretta, ma senza consapevolezza) alla condizione B (risposta corretta, con minima consapevolezza) era richiesto un aumento della durata dello stimolo di almeno 400 msec. In altre parole, perché una percezione corretta diventi anche consapevole serve un incremento della durata dello stimolo di almeno 400 msec per una

scarica ripetuta di impulsi. Questo risultato era proprio quello predetto dalla teoria del tempo di attivazione.

I risultati mostravano che il raggiungimento della consapevolezza è un *fenomeno indipendente dal contenuto*. Con lo stesso contenuto (resoconto corretto in presenza dello stimolo), era necessario un incremento della durata dello stimolo di 400 msec per aggiungere alla risposta un minimo di consapevolezza. Questo requisito unico, necessario alla consapevolezza *per se*, la rende una funzione separata dalle altre funzioni del cervello.

I risultati fornivano anche una evidenza diretta di una forma di "percezione subliminale". Durate più brevi delle attivazioni corticali erano subliminali, nel senso che non producevano nessuna consapevolezza del segnale. Nonostante ciò, questi input subliminali venivano individuati correttamente ben al di sopra del 50% delle risposte che sarebbero state da attendersi se date a caso. Prenderò in considerazione le potenziali implicazioni dei riscontri di queste percezioni subliminali nel prossimo paragrafo al punto 10. In ogni caso, questi risultati dimostrano in modo diretto l'importante distinzione tra il *rilevamento inconscio* del segnale e la sua *consapevolezza cosciente*.

Il passaggio dal rilevamento inconscio alla consapevolezza cosciente dello stimolo era stato prodotto semplicemente attraverso un adeguato aumento della durata di attivazioni corticali identiche (attraverso la via sensoriale ascendente diretta). Il risultato ci permise di avere maggior fiducia nella teoria e sviluppare alcune congetture sulle importanti implicazioni che derivano dalla teoria del tempo di attivazione.

3.4 IN CHE MODO LA TEORIA DEL TEMPO DI ATTIVAZIONE PUÒ RIGUARDARE LE NOSTRE FUNZIONI MENTALI?

Ricordiamo che nella teoria della durata dell'intervallo temporale, la caratteristica che permette di raggiungere la consapevolezza di una funzione psicologica altrimenti incon-

scia, è un aumento sostanziale della durata delle attività neurali adeguate. Conseguentemente, tale teoria ci suggerisce (o ci porta) alle considerazioni che svilupperemo in questo paragrafo.

1. È possibile che tutti gli eventi mentali coscienti *inizino in effetti come eventi inconsci*, prima che appaia una qualunque forma di consapevolezza. Possediamo già l'evidenza sperimentale che questo accade nel caso delle sensazioni corporee, e anche per la consapevolezza, generata internamente, dell'intenzione di compiere un atto volontario (vedi capitolo 4). In altre parole, per indurre consapevolezza serve una durata sostanziale delle attività cerebrali. Ciò significa che attività cerebrali inconscie e di breve durata hanno preceduto l'evento cosciente ritardato. Sembra verosimile che tale requisito fondamentale, riscontrato da noi in due diversi tipi di esperienza cosciente, possa applicarsi anche ad altri tipi di consapevolezza – in altre parole, per le altre modalità sensoriali (vista, udito, olfatto, tatto), per i pensieri coscienti e le sensazioni, emotive o no.

L'applicazione di tali principi al pensiero generato internamente e ai sentimenti introduce una caratteristica molto interessante. I pensieri di vario tipo, le immaginazioni, gli atteggiamenti, le idee creative, la soluzione di problemi, e così via si sviluppano inizialmente come non coscienti. Tali pensieri inconsci riescono a raggiungere la consapevolezza cosciente di una persona se le attività cerebrali appropriate durano abbastanza a lungo.

2. Vocalizzare, parlare e scrivere sono azioni che rientrano tutte nella stessa categoria; vengono cioè verosimilmente tutte iniziate in modo non cosciente. Sono da tempo disponibili evidenze sperimentali che il cambiamento elettrico cerebrale – il potenziale di preparazione che si manifesta inconsciamente all'inizio di una azione volontaria semplice – precede anche queste azioni (volontarie) come il parlare e lo scrivere (vedi Jung et al., 1982). Le implicazioni di questa scoperta per la natura della volontà cosciente saranno esaminate nel capitolo 4. Per e-

sempio, nel caso del discorso parlato questo significa che il processo che fa iniziare a parlare, e perfino quello che determina il contenuto di ciò che viene detto, ha avuto inizio ed è stato preparato inconsciamente prima dell'azione vera e propria del parlare. Se il requisito di durata per la consapevolezza fosse richiesto anche in questo caso, sarebbe evidentemente impossibile pronunciare in modo rapido serie di parole, come facciamo correntemente, se si dovesse diventare coscienti di ogni singola parola prima di pronunciarla. Quando una parola viene pronunciata in maniera differente rispetto a come avrebbe *coscientemente* voluto colui che parla, di solito questi si corregge *dopo* aver sentito la parola pronunciata. In effetti, se si cerca di essere consapevoli di ogni parola che dobbiamo pronunciare, il flusso delle nostre parole risulterà lento ed esitante.

Nel modo di parlare fluente, le parole possono apparire "da sole": si iniziano, cioè, in modo inconscio. Pare che lo scrittore e saggista inglese Edward Morgan Forster abbia detto: "Come posso raccontarvi ciò che penso se prima non vedo cosa ho detto?". C'è poi il racconto di Bertrand Russell e della sua conversazione notturna con Lady Ottoline. "Non sapevo di amarti finché non ho sentito la mia voce che te lo diceva" – scriveva Russell – "per un istante ho pensato: 'Oh mio Dio, che cosa ho detto?', e allora ho capito che era la verità." Questi due esempi si trovano in un articolo di Sean Spence, in cui si può leggere anche l'elegante affermazione dello scrittore Edgar Lawrence Doctorow: "Amo avere la mente che fluttua tra le frasi e fare scoperte, affidarmi al dono della scrittura e vedere cosa me ne verrà in cambio" (vedi Spence, 1996).

Mia figlia Gayla mi dice che quando scrive poesie solo il primo o i primi due versi le appaiono alla mente; il resto della poesia fluisce poi direttamente alla sua mano da qualche fonte inconscia.

3. Il suonare strumenti musicali – come il pianoforte o il violino – o il cantare coinvolgono una simile esecuzione *inconscia*. I pianisti spesso suonano una rapida successione di note in cui le dita di tutte e due le mani colpiscono i tasti così velocemen-

te che sono difficilmente visibili. E non solo, ogni dito deve colpire il tasto giusto del pianoforte in ogni sequenza di note. Sarebbe impossibile per un pianista essere *consapevole in modo cosciente* dell'azione di ogni dito se davvero esiste un ritardo sostanziale prima della consapevolezza di ogni movimento del dito. In realtà, i musicisti raccontano che non sono consapevoli dell'intenzione di attivare ogni dito; tendono invece a concentrarsi sull'esprimere la loro sensibilità, le loro emozioni musicali. Anche queste emozioni nascono in modo *non cosciente*, prima che se ne sviluppi una qualunque consapevolezza basata sul nostro principio che la durata è essenziale per produrre consapevolezza. Strumentisti e cantanti sanno che se si soffermano a "pensare" alla musica che stanno eseguendo, la loro espressività risulterà forzata e impacciata. La musica eseguita in modo armonioso, con emozioni sentite, viene suonata quando l'esecutore permette all'espressività di nascere spontaneamente senza distinzioni coscienti, in altre parole di nascere inconsciamente. I musicisti spesso chiudono gli occhi mentre suonano; forse, quest'azione li aiuta a entrare in contatto con i loro sentimenti inconsci perché in questo modo limitano i segnali esterni. Ho un resoconto diretto di queste esperienze dai miei quattro figli, che sono dei bravi musicisti di strumenti a corda, e dalla mia stessa esperienza di cantare.

4. Tutte le risposte comportamentali e motorie che seguono immediatamente i segnali sensoriali sono date in modo inconscio. La risposta può aver luogo fra 100 e 200 msec dopo la somministrazione del segnale, quindi molto tempo prima che ci si possa aspettare che se ne abbia consapevolezza. Molte azioni negli sport rientrano in questa categoria. Un tennista professionista deve rispondere a una palla che arriva a una velocità di 160 km all'ora e segue una traiettoria curva. Questi giocatori raccontano di essere consapevoli dei movimenti con cui l'avversario si prepara a servire la palla, ma non sono immediatamente consapevoli della posizione della palla nel momento in cui rispondono al servizio. Un battitore di baseball deve colpire una palla lanciata a 145 km all'ora (più di 40

m/sec), che curva o abbassa la sua traiettoria all'ultimo momento. Il battitore deve decidere se colpire quella palla e ruotare la mazza lungo una traiettoria che renda possibile intercettare la palla in arrivo (figura 3.3). Poiché il lanciatore si trova a poco più di 19 metri (60 piedi) dal battitore, la palla arriva al battitore dopo circa 450 msec. Durante l'avvicinamento della palla, il battitore ha a disposizione all'incirca solo gli ultimi 200 msec per riconoscerne la velocità e la traiettoria, e per decidere se e quando battere. Sia il momento del riconoscimento della traiettoria, sia quello in cui si decide sono presumibilmente inconsci, almeno all'inizio. È probabile che i grandi battitori di baseball siano quelli che riescono a ritardare con successo questi processi fino al limite delle possibilità fisiologiche. Si noti che, non appena il battitore ha preso la sua

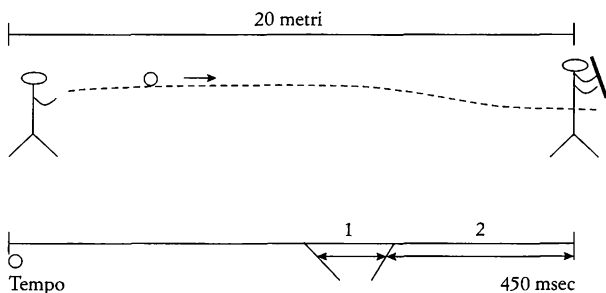


Figura 3.3 Coordinazione temporale di un battitore di baseball. Il lanciatore tira la palla a circa 145 km/h con una traiettoria curva; la palla arriva al battitore dopo circa 450 msec. Il battitore può aspettare fino agli ultimi 200 msec (durante il periodo 1) per cercare di rilevare la traiettoria della palla che gli sta arrivando. Il battitore deve decidere se battere o no (periodo 2) prima degli ultimi 150 msec all'incirca; 150 msec è infatti il tempo minimo richiesto per attivare la corteccia motoria, che invia un messaggio neurale che attiva i muscoli appropriati all'incirca in 50 msec; l'effettiva contrazione muscolare che produce la battuta richiede circa altri 100 msec. I grandi battitori, come l'attuale campione Barry Bonds, possono battere a una velocità straordinaria. Il che permette loro di ritardare la decisione se battere o no fino al tempo minimo richiesto per battere effettivamente la palla.

decisione e ha iniziato il movimento di battuta, difficilmente potrà fermarsi se si accorge di aver sbagliato.

Si può persino aggiungere che, in generale, sono grandi atleti quelli che lasciano che il loro inconscio prenda il sopravvento sulla mente cosciente. Gli atleti raccontano che se provano a “pensare” alle risposte immediate (a esserne cioè consapevoli), hanno meno successo. Viene la tentazione di generalizzare la veridicità di queste osservazioni a tutti i processi creativi, nelle arti, nella scienza e nella matematica.

Le risposte veloci ai segnali possono essere misurate quantitativamente negli studi sui tempi di reazione. Si presume, infatti, che in questo tipo di studio le risposte siano di tipo non cosciente, e che la consapevolezza del segnale segua l'azione di risposta. È stato dimostrato che il tempo di reazione a un dato segnale può essere lo stesso anche se la consapevolezza del segnale viene completamente cancellata. La cancellazione può essere prodotta applicando uno stimolo di mascheramento ritardato che segue il segnale iniziale per cui è stata misurata la reazione (Taylor, McCloskey, 1990).

5. Le funzioni mentali inconscie possono procedere molto velocemente, se sono portate avanti da attività neurali di breve durata. Come si può giudicare dagli esperimenti sulla individuazione del segnale e sulla risposta a scelta forzata senza alcuna consapevolezza del segnale, l'effettiva durata dell'attività neurale delle funzioni inconscie può essere effettivamente molto breve – circa 100 msec o meno. Questo implica che la serie di processi inconsci coinvolti nella risoluzione di un problema possa svilupparsi velocemente, un breve processo dopo l'altro. Tale rapidità, ovviamente, contribuisce a rendere molto efficace il pensiero inconscio, fatto di brevi elementi che si susseguono in rapida successione in modo da compiere una serie di passi difficili nel corso della trattazione di un problema complesso. Per contro, se una persona non va avanti fino a che, per ogni passo del problema, non compare la consapevolezza di ogni serie di pensieri, l'intero processo risulterebbe rallentato di circa 5 volte, e i pensieri coscienti e le conseguenti decisioni di agire procederebbero a fatica.

6. Un'esperienza cosciente ha come caratteristica quella di manifestarsi completamente o di non manifestarsi affatto (vedi figura 2.2). Non si può, cioè, riferire di aver avuto alcuna consapevolezza dell'evento cosciente, anche se un'attività neurale appropriata dura per il 90% dei 500 msec richiesti dalla soglia di consapevolezza. Ciò che l'esperimento sulla durata dell'intervallo di tempo ha mostrato è che la soglia di consapevolezza compare improvvisamente, in modo piuttosto rapido, quando le attività persistono per la totalità dei 500 msec richiesti!

7. La credenza comune che le persone abbiano un "flusso di coscienza" continuo è contraddetta dalla durata temporale per la consapevolezza cosciente. Il concetto di *stream of consciousness*, o flusso di coscienza, fu proposto dal famoso psicologo William James, sulla base della sua comprensione intuitiva dei suoi pensieri coscienti. Molti psicologi e scrittori hanno adottato il flusso di coscienza come caratteristica autentica delle attività mentali del soggetto o di un personaggio. Ma le nostre ricerche mostrano che i *processi mentali coscienti* devono essere *formati da eventi separati e discontinui*. Se l'inizio di ogni evento cosciente appare solo dopo un sostanziale ritardo, a causa del necessario periodo di 500 msec di attivazione neurale, allora la serie di eventi coscienti non apparirà come un flusso continuo. La consapevolezza di ogni singolo evento cosciente non è infatti presente nei primi 500 msec.

Questa caratteristica di discontinuità presente in una serie di eventi coscienti è piuttosto controintuitiva. Non rientra nell'esperienza comune: non percepiamo interruzioni nella nostra vita cosciente. Nel caso delle esperienze sensoriali, il nostro avvertire l'esistenza di una continuità può essere spiegato attraverso il riferimento all'indietro nel tempo, riferimento soggettivo e automatico che sincronizza ogni esperienza al momento della risposta evocata rapida della corteccia sensoriale, risposta che si verifica entro 10-20 msec dallo stimolo sensoriale. Soggettivamente, non si percepisce alcun ritardo

apprezzabile nella propria consapevolezza degli eventi sensoriali. I nostri esperimenti mostrano che le persone pensano di essere consapevoli dello stimolo sensoriale circa 500 msec prima di quando veramente possono essere diventati consapevoli dello stimolo. Conosciamo ormai oggettivamente questa discrepanza, non è più una teoria speculativa; e abbiamo chiamato questo fenomeno "la retrodatazione dell'esperienza sensoriale ritardata" (vedi paragrafi 2.7 sgg.).

Tuttavia, questa caratteristica non può essere applicata a tutti gli altri tipi di esperienza cosciente, in particolare all'intenzione cosciente di agire e in generale agli eventi di pensiero. Abbiamo proposto una retrodatazione (riferimento all'indietro nel tempo) solo per le esperienze sensoriali (vedi Libet et al., 1979). Perfino in questo caso, la retrodatazione avviene solo quando l'impulso sensoriale provoca un rapido segnale temporale nella corteccia sensoriale, il potenziale evocato primario (vedi capitolo 2). Nel caso della manifestazione endogena di un'intenzione cosciente e volontaria ad agire, abbiamo mostrato sperimentalmente che la valutazione temporale soggettiva di quella esperienza è in effetti ritardata di circa 400 msec o più dall'inizio dell'attività cerebrale che porta all'azione volontaria (vedi capitolo 4). L'intenzione cosciente di agire, senza nessun suggerimento esterno, è un esempio di esperienza cosciente che nasce all'interno del cervello (in altre parole, endogena). In questo caso, non ci sono potenziali evocati, che sono invece presenti nelle risposte del sistema sensoriale agli stimoli che non hanno origine endogena.

Forse, la nostra percezione soggettiva di un flusso regolare e continuo di una serie di pensieri è spiegabile attraverso una *sovrapposizione* di diversi eventi mentali (vedi figura 3.4). Sembra che il cervello possa gestire diversi eventi coscienti che accadono quasi nello stesso momento, e che si sovrappongono temporalmente. Per illustrare come discontinuità di eventi soggiacenti possano comunque produrre un risultato complessivamente continuo, si pensi alla fisiologia dell'azione muscolare. Un muscolo scheletrico, per esempio il bicipite del braccio, è formato da molte unità motorie, ognuna delle quali

contiene molte singole cellule muscolari, o fibre. Quando si compie una contrazione regolare del bicipite, come piegare o flettere il gomito, una registrazione elettrica delle azioni di una singola unità motoria mostrerebbe che essa sta “singhiozzando” a una frequenza relativamente bassa, di circa 10 volte al secondo. Studi diretti delle risposte motorie individuali mostrano che le contrazioni muscolari con frequenza di 10 volte al secondo sono simili a salti o a onde, non sono contrazioni protratte in modo continuo e regolare. Il fatto che il bicipite nel suo insieme possa contrarsi in tal modo si può allora spiegare come il risultato di una *asincronia* delle attivazioni delle fibre nervose, che attivano diverse unità motorie del bicipite. Le contrazioni, simili a onde delle varie unità motorie individuali, si sovrappongono nel tempo, cosicché la fase di rilassamento di una unità è accompagnata dalla fase di contrazione di un'altra unità, e così via. Se stimoliamo elettricamente l'intero nervo motorio fino al bicipite con una frequenza di 10 volte al secondo, possiamo forzare le unità motorie a rispondere tutte insieme in modo sincrono a tale frequenza. E tali contrazioni, sincronizzate a 10 volte al secondo, producono in realtà contrazioni simili a scatti o tremori dell'intero bicipite.

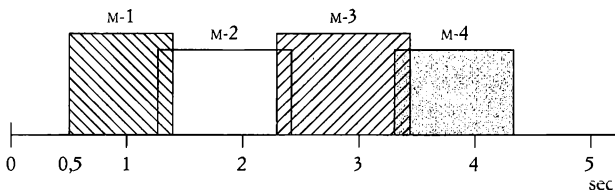


Figura 3.4 Sovrapposizione di eventi mentali discontinui e la sensazione del flusso di coscienza. M-1 è un evento mentale cosciente che comincia bruscamente dopo un periodo di 500 msec di processi inconsci che lo preparano. M-2 è un evento mentale cosciente che potrebbe cominciare prima della fine di M-1 ma dopo i processi inconsci che lo preparano. Il caso di M-3 e M-4 sono analoghi. Nel loro succedersi, gli eventi mentali si sovrappongono parzialmente e ciò evita che si avverta un'interruzione del flusso di coscienza.

8. Il requisito che un'esperienza cosciente debba durare per un certo tempo, può assolvere una "funzione di filtro" per limitare le esperienze coscienti in ogni singolo istante. È chiaro che solo pochi delle migliaia di impulsi sensoriali rilasciati verso il cervello in un secondo raggiungono la consapevolezza cosciente, sebbene possano indurre in modo inconscio risposte cerebrali e psicologiche. Il filosofo francese Henri Bergson pensava che il cervello fosse in grado di impedire alla maggior parte degli impulsi sensoriali l'accesso alla coscienza per proteggerci dall'essere sopraffatti dalle risposte coscienti a questi stimoli sensoriali. I nostri riscontri sperimentali odierni potrebbero stabilire un meccanismo fisiologico per spiegare questo blocco.

La nostra idea è che la grande maggioranza degli impulsi sensoriali rimanga inconscia perché non sviluppa nel cervello una durata sufficientemente lunga di attività neurali appropriate. Forse, è il meccanismo dell'attenzione a permettere che, scelta una certa risposta, essa duri abbastanza da produrre consapevolezza; ma, evidentemente, l'attenzione non costituisce un meccanismo sufficiente per la consapevolezza. Il requisito della necessità di una durata temporale perché si induca consapevolezza potrebbe allora costituire una parte del meccanismo con cui filtriamo i nostri input sensoriali che non raggiungono la consapevolezza.

Il selezionare o filtrare gli input impedisce che la consapevolezza cosciente diventi confusa e le permette di concentrarsi solo su pochi eventi o argomenti alla volta. Se dovessimo diventare consapevoli di tutti gli impulsi sensoriali, saremmo sovraccaricati da un inutile brusio di eventi coscienti. Forse, alcuni disturbi mentali riflettono un funzionamento improprio di tali meccanismi di filtro, a causa di un'anormale riduzione delle attività cerebrali necessarie per la consapevolezza.

9. L'individuazione inconscia di un segnale dovrebbe essere nettamente distinta dalla consapevolezza cosciente dello stesso. Tale distinzione è stata mostrata direttamente dai risultati dei nostri esperimenti, che abbiamo descritto parlando dei te-

st sperimentali della teoria del tempo di attivazione. Ma è una distinzione che viene spesso trascurata, generando confusione e conclusioni sbagliate circa la natura dell'esperienza cosciente. Studi basati sulla teoria del rilevamento del segnale hanno riscontrato che i soggetti rispondono correttamente (meglio cioè di quanto ci si aspetterebbe con risposte casuali) ai segnali, quando questi hanno un'intensità vicina allo zero. Questo porta alla conclusione che non esiste virtualmente nessun livello di soglia richiesto per indurre una percezione sensoriale (cosciente); la precisione delle risposte aumenta regolarmente con continuità lungo una curva che rappresenta la precisione della rilevazione in funzione dell'intensità di stimolo, partendo da un livello di intensità nulla. Questa conclusione combacia con i nostri risultati relativi alla *rilevazione inconscia* (cioè senza consapevolezza) degli input sensoriali. Durante studi sul rilevamento del segnale e su molte altre questioni di tipo psicofisico (vedi Green, Swets, 1966), ai soggetti veniva chiesto di dare delle risposte a scelta obbligata. In questo tipo di scelta il soggetto può rispondere solo "sì" o "no" a domande relative allo stimolo; non gli si chiede se ne è consapevole. I due diversi tipi di domande possono dare risultati estremamente differenti.

A rigor di termini, la domanda a scelta obbligata studia il *rilevamento* di un segnale, che sia esso inconscio o che se ne abbia consapevolezza. Esistono un paio di esempi interessanti che illustrano questa situazione. Å.B. Vallbö e collaboratori hanno trovato che, per quanto riguarda gli input sensoriali provenienti dalla pelle, anche il messaggio della minor intensità possibile viene probabilmente percepito. Questo "minimo assoluto" è un singolo impulso nervoso in una singola fibra nervosa sensoriale (vedi Vallbö et al., 1984). Ma il soggetto poteva rispondere solo o "sì" o "no" alla domanda se era giunto qualche messaggio sensoriale. Lo stesso Vallbö (comunicazione personale) ha riconosciuto che questo non costituisce la prova di una consapevolezza sensoriale, e che probabilmente si trattava di un caso di *rilevamento sensoriale inconscio*. Ma molti neuroscienziati hanno erroneamente conside-

rato la sua scoperta come un indicatore di una potenzialità assoluta per la percezione sensoriale *cosciente*.

I soggetti umani possono distinguere a livello cutaneo tra due stimoli vibratorii di frequenze diverse. Questo può accadere perfino quando gli intervalli di tempo, tra i singoli impulsi vibratorii che si ripetono, durano meno del lasso di tempo di 500 msec che abbiamo scoperto essere necessario per la consapevolezza di soglia di un evento sensoriale. Quindi, alcuni studiosi hanno sostenuto che le nostre evidenze sulla lunghezza dell'intervallo necessaria alla consapevolezza non potevano essere corrette, perché gli esseri umani riescono a stabilire la differenza tra le vibrazioni anche quando ciascuna di esse ha intervalli molto più brevi tra gli impulsi. Ma la capacità di distinguere brevi intervalli di tempo tra gli impulsi di vibrazione con frequenza diversa dimostra solo il rilevamento di queste differenze; la consapevolezza di questa distinzione, secondo noi, avviene in seguito. Infatti, la mia domanda è: “*Quando* è che un soggetto diventa consapevole della distinzione?”; e non: “Come possono essere individuati intervalli così brevi tra gli impulsi?”.

Gli studi sulla visione cieca di Lawrence Weiskrantz (Weiskrantz, 1986) costituiscono un bellissimo esempio circa la distinzione tra rilevamento inconscio e consapevolezza cosciente. Vennero presi in esame pazienti che avevano perso la visione cosciente in alcune parti del campo visivo, a causa di danni subiti dalla corteccia visiva. Quando si chiedeva loro di indicare un bersaglio in quelle parti oscurate, anche se tiravano a indovinare, lo facevano con notevole precisione. Eppure, riferivano di non poter vedere l'oggetto in questione.

10. La percezione subliminale: se definiamo stimolo subliminale quello stimolo di cui una persona non è consciamente consapevole, c'è chiaramente la possibilità di una rilevazione inconscia di quello stimolo subliminale. Ne sono emerse evidenze dirette nei nostri test sperimentali sulla teoria del tempo di attivazione (vedi la discussione del paragrafo 3.3.1). Quando si usano gli ordinari stimoli sensoriali naturali, dimostrare

l'esistenza della percezione subliminale è meno facile. Questo perché di solito esistono solo piccole differenze (di intensità, durata ecc.) tra uno stimolo sensoriale subliminale e uno sopraliminale (che produce consapevolezza). Comunque, un considerevole numero di evidenze indirette conferma l'esistenza di percezioni subliminali. Queste prove riguardano le modifiche apportate in test successivi, applicate dopo un'esposizione a stimoli i cui contenuti erano arrivati al livello di consapevolezza cosciente. Le risposte del soggetto a questi test successivi mostrano un'influenza di stimoli subliminali precedenti che non avevano prodotto consapevolezza. In un primo studio, Howard Shevrin aveva fatto passare davanti agli occhi disegni e parole per un tempo così breve (1-2 msec) che i soggetti erano completamente inconsapevoli del contenuto di ciò che era stato mostrato (Shevrin, 1973). Eppure, test successivi su associazioni di parole mostrarono che questi contenuti subliminali avevano avuto un effetto sulle scelte del soggetto nel rispondere ai test; ma il soggetto rimaneva non consapevole di questi effetti. Si hanno resoconti di molti altri test analoghi in cui stimoli verbali subliminali "innescavano" le successive risposte del soggetto.

11. In quale parte del cervello si trovano le funzioni coscienti e non coscienti? Esistono localizzazioni per questi due diversi aspetti delle funzioni mentali? La teoria del tempo di attivazione suggerisce che le funzioni coscienti e quelle inconscie possano essere entrambe mediate dalla *stessa area cerebrale*, dallo stesso gruppo di neuroni. Se il passaggio da una funzione all'altra consiste semplicemente in una più ampia durata dell'attività di cellule nervose simili per produrre consapevolezza, non abbiamo bisogno di postulare entità neurali diverse per le due attività. Ovviamente, è possibile che più di uno stadio o area dell'attività cerebrale partecipi alla mediazione dei processi mentali coscienti, e che alcune di queste aree siano diverse per le funzioni inconscie. In questi casi, le singole aree preposte al controllo della durata dell'attivazione potrebbero anche non rappresentare l'unica distinzione tra la funzione

cosciente e quella inconscia. Comunque, la caratteristica della durata temporale, in qualunque area del cervello essa sia operativa, può sempre costituire un fattore di controllo per operare tale distinzione.

Il fenomeno della visione cieca (vedi Weiskrantz, 1986) fa sorgere la possibilità dell'esistenza di vie e strutture cerebrali separate per le funzioni coscienti e per quelle inconscie. Un paziente umano con lesioni nell'area visiva primaria della corteccia cerebrale è cieco; non ha cioè una visione cosciente del campo visivo esterno che viene normalmente rappresentato grazie all'area che è andata distrutta. Nonostante questo, tali pazienti possono indicare correttamente un oggetto presente in quell'area visiva quando gli viene chiesto di operare una scelta obbligata; ma riferiscono di non riuscire a vedere in modo conscio l'oggetto.

L'azione della visione cieca inconscia può essere condotta a termine da un'area o una rete nel cervello diversa da quella preposta alla visione cosciente (per cui l'area visiva primaria è necessaria). C'è tuttavia una spiegazione alternativa, per cui entrambe le funzioni visive – coscienti e inconscie – potrebbero “risiedere” in certe strutture fuori dalla corteccia visiva primaria, per esempio in qualche area visiva secondaria. La funzione della corteccia visiva primaria potrebbe quindi essere quella di inviare ripetutamente impulsi nervosi verso l'area secondaria, in modo da aumentare la durata delle attività e aggiungere così la consapevolezza alla risposta visiva. Questo effetto sarebbe assente quando l'area visiva primaria non è funzionale.

Si può avere una percezione cosciente senza l'area visiva primaria (V1)? In uno studio molto interessante, Barbur e i suoi collaboratori sostengono di poter dimostrare tale possibilità (Barbur et al., 1993). Studiarono un paziente che aveva perso completamente l'area V1, danneggiata in un incidente stradale. Questo paziente mostrava la classica cecità nella metà del campo visivo corrispondente all'area V1 distrutta. Nonostante ciò, era in grado di distinguere la direzione del moto degli stimoli visivi. Inoltre, “mostrava, attraverso il suo

resoconto verbale, di essere consciamente consapevole sia della natura dello stimolo visivo, sia della sua direzione”.

Comunque, le conclusioni di Barbur e dei suoi collaboratori – per cui la percezione visiva cosciente sarebbe possibile in assenza di V1 – non mettono fuori causa la nostra teoria sulla durata temporale. È possibile che l'area V5, che mostra un incremento dell'attività in risposta agli stimoli visivi, possa raggiungere la *consapevolezza* visiva grazie a una durata sufficientemente lunga delle attivazioni. Di fatto, Barbur e collaboratori (1993) somministrarono ripetutamente stimoli visivi durante un periodo di tempo sostanzialmente lungo.

12. In psicologia e in psichiatria la modulazione del contenuto di un'esperienza cosciente viene considerata un processo importante. Questo può essere dimostrato più direttamente quando una persona racconta un'esperienza che è *diversa* dall'immagine visiva reale presentata. Le persone che sono emotivamente disturbate dalla vista di una donna nuda possono riferire di aver visto una versione alterata della figura nuda che era stata loro proposta. (Fu chiesto a un eminente neurologo svedese se aveva provato questo particolare esperimento sui suoi soggetti. Rispose che, in Svezia, le figure di nudo non sarebbero state adatte come test psicologici conturbanti.) Le alterazioni del contenuto dell'esperienza non sembrano essere distorsioni coscienti; il soggetto non è consapevole di distorcere l'immagine e sembra trattarsi di un processo inconscio.

Freud, ovviamente, usò il fenomeno della modulazione per la sua teoria degli effetti inconsci dei conflitti emotivi sull'esperienza cosciente di una persona e sulle espressioni verbali (vedi Shevrin, 1973). La teoria del tempo di attivazione fornisce un'opportunità di spiegazione fisiologica sul modo in cui possono avvenire modulazioni inconscie del contenuto di un'esperienza. Per causare un cambiamento di un contenuto soggettivo di un'immagine presentata, è necessario un po' di tempo dopo lo stimolo. Se si diventasse immediatamente coscienti di un'immagine sensoriale, non ci sarebbe la possibilità di un'alterazione inconscia dell'immagine cosciente. Du-

rante l'intervallo di tempo, prima che appaia la consapevolezza sensoriale cosciente, i percorsi cerebrali possono individuare l'immagine e reagire a essa, producendo attività che modificano il contenuto dell'esperienza cosciente prima che essa appaia.

I risultati delle nostre ricerche indicano che è effettivamente richiesto un notevole periodo di attività neurale (500 msec di durata) per produrre una consapevolezza dell'evento sensoriale. Questo ritardo fornisce un'opportunità psicologica semplice e sufficiente durante la quale i percorsi cerebrali possono alterare il contenuto dell'esperienza sensoriale cosciente, retrodatandolo a prima che ne appaia la consapevolezza! Infatti, il fenomeno sperimentale che in modo soggettivo riferisce all'indietro nel tempo un'esperienza sensoriale cosciente, fornisce una prova relativamente diretta per un tipo di distorsione modulatoria dell'esperienza soggettiva. L'esperienza ritardata viene misurata soggettivamente come se non fosse per niente ritardata. Nostre ulteriori evidenze sperimentali hanno mostrato che l'esperienza soggettiva di uno stimolo cutaneo poteva essere riportata come "più intensa" di quello che era in realtà, quando quello stimolo veniva seguito da uno *stimolo corticale ritardato* che cominciasse almeno 500 msec dopo (vedi capitolo 2). Questa è una evidenza diretta che il periodo di tempo (500 msec) in cui l'esperienza sensoriale viene finalmente portata alla consapevolezza può essere usato per alterare il contenuto dell'esperienza prima che essa raggiunga la consapevolezza.

Tutte le modulazioni e le modifiche dell'esperienza mentre si sviluppa saranno proprie della persona coinvolta. Rifletteranno la storia delle esperienze personali della persona e la sua costituzione emotiva e morale. Ma – si noti – tali modulazioni sono fatte inconsciamente! Di conseguenza, si può affermare che la natura unica di un individuo può esprimere se stessa attraverso processi inconsci. Questo si accorda con le proposte di Sigmund Freud e con molta psicologia e psichiatria clinica.

Si può notare, per concludere, come la scoperta di un requisito, relativamente semplice, di tempo neurale per la produzione di consapevolezza – il fattore di durata – possa avere effetti sulla nostra concezione dell'operare di una varietà di funzioni mentali coscienti e non coscienti. È importante notare che questi fattori neuro-temporali potevano essere scoperti solo attraverso esperimenti diretti sul modo in cui il cervello gestisce l'esperienza cosciente e non attraverso teorie speculative basate su conoscenze precedenti dei processi cerebrali.

4

L'INTENZIONE DI AGIRE: ESISTE IL LIBERO ARBITRIO?

Il modo in cui il cervello gestisce le azioni volontarie è un argomento di fondamentale importanza per il ruolo della volontà cosciente e, oltre a questo, per la questione del libero arbitrio. Comunemente si pensa che, in un atto volontario, la volontà cosciente di agire appaia quando iniziano le attività cerebrali che portano ad agire o addirittura prima. Se questo fosse vero, l'atto volontario sarebbe iniziato e determinato dalla mente cosciente. Ma se non fosse così? Sarebbe mai possibile che la volontà cosciente di agire appaia *dopo* l'inizio delle attività specifiche del cervello che portano alle azioni volontarie – in altre parole, prima che la persona sia *consapevole* della sua intenzione di agire?

Le nostre ricerche ci hanno portato ad accertare che la consapevolezza sensoriale è ritardata per un sostanziale periodo di tempo, in cui si verificano certe attività cerebrali; e questo apre una parziale possibilità di risposta positiva. Se la consapevolezza della volontà o intenzione di agire fosse anch'essa ritardata del periodo di tempo necessario per il verificarsi di attività che durano circa 500 msec, sembrerebbe possibile che le attività cerebrali che danno inizio a un atto volontario comincino molto prima che la volontà cosciente di agire si sia adeguatamente sviluppata.

Siamo stati in grado di esaminare questo problema sperimentalmente. In poche parole, abbiamo scoperto che il cervello mostra un processo di iniziazione che comincia 550 msec prima dell'atto liberamente volontario. Invece, la consapevolezza

della volontà cosciente a compiere l'azione appare solo fra 150 e 200 msec prima dell'azione stessa. Il processo volontario inizia quindi inconsciamente, circa 400 msec prima che il soggetto diventi consapevole della sua volontà o intenzione a compiere l'azione. In questo capitolo forniremo le evidenze sperimentali che dimostrano questa sorprendente successione.

4.1 IL DISEGNO SPERIMENTALE

La possibilità di studiare sperimentalmente il problema nacque grazie a un risultato di H.H. Kornhuber e L. Deecke che scoprirono che un cambiamento elettrico registrabile nell'attività cerebrale precede in modo regolare e specifico un atto volontario (Kornhuber, Deecke, 1965). Un atto volontario è preceduto da un lento innalzamento della negatività elettrica, registrabile in un'area del cuoio capelluto posta in genere, nella maggior parte dei casi, nei pressi del vertice, alla sommità della testa. Il cambiamento elettrico comincia circa 800 o più millisecondi *prima* che un soggetto compia un'azione apparentemente volontaria. Per questo è stato chiamato *potenziale di prontezza* (*readiness potential*, PP) o *potenziale di preparazione* (*Bereitschaftspotential*).

L'azione studiata era un'improvvisa flessione del polso o delle dita. Ogni PP è molto piccolo e come sepolto in mezzo alle altre attività elettriche del resto del cervello. Quindi, si devono compiere molti di questi atti per ottenere un valore medio, elaborato al *computer*, di tutti i piccoli PP sommati. Al soggetto veniva permesso di compiere queste numerose azioni secondo i "propri tempi". Ma le scelte individuali circa i tempi di azione erano limitate dal tempo complessivo (circa 6 secondi) consentito da Kornhuber e Deecke per ogni prova; limitazione che serviva a ottenere la somma di 200-300 PP in un periodo di tempo accettabile per l'esperimento.

Kornhuber e Deecke non analizzarono la questione di quando appariva la volontà cosciente di agire rispetto alla preparazione del cervello (cioè al potenziale di preparazione). Ma

il lungo periodo di tempo con cui il PP precedeva l'atto volontario mi suggerì che, intuitivamente, ci potesse essere una discrepanza tra l'*inizio dell'attività cerebrale* e il tempo in cui appariva l'intenzione *cosciente* di compiere un atto volontario. Durante una discussione pubblica sulle azioni volontarie, il neuroscienziato e premio Nobel Sir John Eccles aveva sostenuto che un PP che inizia più di 800 msec prima di un atto volontario può significare solo che l'intenzione cosciente associata deve apparire ancora prima dell'inizio del PP. Ma mi resi conto che non c'erano evidenze a sostegno dell'opinione di Eccles, probabilmente influenzata dalla sua filosofia sull'integrazione mente-cervello (vedi Popper, Eccles, 1977).

Era chiaramente importante stabilire il momento della volontà cosciente relativo all'inizio dell'attività cerebrale (PP). Se la volontà cosciente si fosse verificata dopo l'inizio del PP, ci sarebbe stato un impatto fondamentale sul modo in cui consideriamo il libero arbitrio. Ma, a quell'epoca, non vedevo alcuna via per sottoporre questo problema a un controllo sperimentale. Sembrava impossibile ottenere una misurazione valida del momento in cui si manifesta l'intenzione cosciente. La volontà cosciente è un fenomeno soggettivo, non accessibile attraverso l'osservazione esterna. Richiede un resoconto da parte del soggetto umano che sta sperimentando quell'evento soggettivo. Il fatto che il soggetto prema un bottone o dica "adesso" per indicare la sua intenzione cosciente aggiungerebbe un ulteriore atto volontario alla flessione del polso che si stava studiando. Il che offuscherebbe il timing esatto dell'attività cerebrale relativa alla volontà cosciente per l'azione sotto controllo. Inoltre, non c'erano certezze che premere il bottone o dire "adesso" il più velocemente possibile sarebbe stato fatto in modo cosciente. Il soggetto, cioè, avrebbe potuto dare questa risposta veloce inconsciamente, prima di essere *consapevole* dell'esperienza. Se così fosse, non avremmo ottenuto mai un timing valido per la volontà cosciente.

Nel 1977 ero ospite della Rockefeller Foundation nella Villa Serbelloni di Bellagio, sul lago di Como. I miei pensieri giravano intorno a questo apparentemente irrisolvibile problema

della misurazione, finché mi venne in mente che il soggetto avrebbe potuto riferire sul "tempo cronometrico" della sua intenzione cosciente di agire. Il tempo cronometrico sarebbe stato annotato silenziosamente e riferito solo al termine di ogni prova. Una volta tornato a San Francisco, mettemmo a punto questa tecnica (Libet et al., 1983).

Approntammo un oscilloscopio a raggi catodici in modo che un punto luminoso ruotasse vicino al bordo esterno del tubo dell'oscilloscopio. Questo bordo circolare era stato diviso in 60 parti, come avviene normalmente con i secondi negli orologi. Il movimento del punto di luce era infatti progettato per simulare lo scorrere della lancetta dei secondi di un normale orologio. Ma il nostro punto luminoso completava il giro in 2,56 secondi: si muoveva cioè circa 25 volte più veloce del normale (vedi figura 4.1). Ogni "secondo" marcato sull'orologio, quindi, corrispondeva a circa 43 msec del movimento reale del puntino luminoso. Quest'orologio più veloce poteva perciò rivelare differenze di tempo dell'ordine del centinaio di millisecondi.

Il soggetto era seduto a circa 2,3 m dall'oscilloscopio. A ogni prova, il soggetto fissava lo sguardo sul centro della faccia dell'oscilloscopio. Gli veniva chiesto di compiere un'azione volontaria, una semplice ma improvvisa flessione del polso ogni volta che aveva voglia di farlo. Gli era stato chiesto di non decidere prima quando agire; piuttosto, di lasciare che l'azione si verificasse "da sola". Questo ci avrebbe permesso di separare il processo per pianificare un'azione da quello della volontà spontanea e libera di "agire adesso". Gli veniva anche richiesto di associare la *prima consapevolezza* della sua intenzione o desiderio di muoversi con la "posizione nell'orologio" del punto luminoso ruotante. Questo tempo cronometrico associato veniva riferito dal soggetto solo *dopo* il completamento della prova. Abbiamo indicato questi tempi riferiti con "w": w come volere (*wanting*) consapevole, o W come volontà (*willing*) o voglia (*wishing*) coscienti di agire. Il PP prodotto in ognuno di questi atti volontari veniva anche registrato da elettrodi appropriati posti sulla testa. Ritenemmo anche opportu-

no fare la media delle misurazioni del PP su 40 prove. Il tempo di insorgenza di questo PP medio avrebbe potuto essere paragonato ai tempi W riferiti dal soggetto di cui era stata fatta la media per le stesse 40 azioni.

All'inizio dubitammo seriamente che i soggetti potessero riferire i tempi cronometrici relativi all'intenzione cosciente con sufficiente precisione e affidabilità. Dai risultati, tuttavia, si vide che entrambe queste caratteristiche rientravano in un

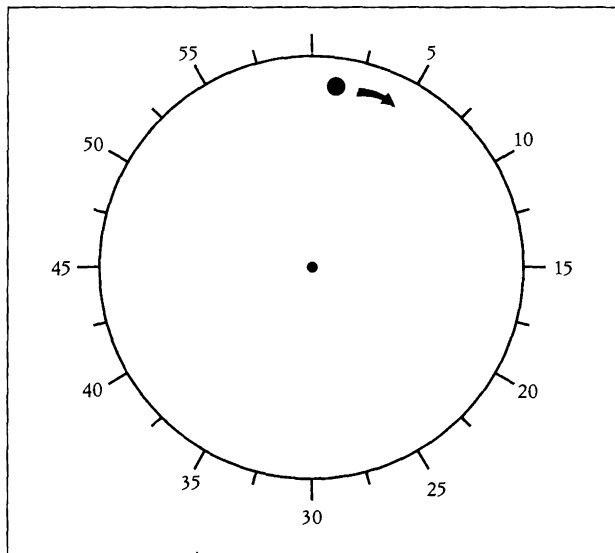


Figura 4.1 L'"orologio" per stabilire il timing di un evento mentale. Un puntino luminoso, generato da un oscilloscopio a raggi catodici, si muove circolarmente su un quadrante posto a una delle estremità dell'oscilloscopio, completando il suo giro in 2,56 sec. In questo modo viene simulato il moto della lancetta dei secondi di un normale orologio, solo che il puntino luminoso si muove con una velocità quasi venticinque volte maggiore. I numeri sono disposti intorno al quadrante dividendolo, come d'uso, in 60 parti, ma qui ogni "secondo" corrisponde in effetti a un tempo di circa 43 msec. (Ripresa da Libet et al., 1983.)

range adeguato ai nostri scopi. I tempi w riferiti per ogni gruppo di 40 prove mostravano un errore standard (ES) vicino ai 20 msec. Questo accadeva con ogni soggetto, anche se i tempi w medi erano diversi tra i soggetti. Dal momento che, per ogni soggetto, i tempi w erano di circa -200 msec (prima dell'azione motoria), un ES di ± 20 msec poteva essere considerato sufficientemente affidabile.

Mettere a punto un test che potesse stabilire l'accuratezza di w fu una faccenda un po' più complicata. Non potevamo sapere, in modo assoluto, quanto il tempo w riferito fosse vicino al tempo soggettivo reale di quella consapevolezza. Ma potevamo misurare quanto accuratamente il soggetto stesse usando la nostra tecnica del tempo cronometrico. Per stabilire questo, preparammo una serie di 40 prove in cui si somministrava un debole stimolo sulla pelle della mano. Ai soggetti veniva chiesto *non* di compiere atti volontari ma di notare il tempo cronometrico in cui compariva la sensazione cutanea, e di riferire questo tempo alla fine di ogni prova (come per i tempi w). Lo stimolo cutaneo era somministrato in tempi cronometrici casuali per le quaranta prove. Questi tempi (" s ") erano, ovviamente, sconosciuti al soggetto, ma noi osservatori ne venivamo a conoscenza attraverso le stampe del computer. In questo modo potevamo paragonare un tempo atteso, oggettivamente noto, di una consapevolezza soggettiva con i tempi cronometrici riportati dal soggetto. I tempi s riferiti erano vicini ai tempi effettivi degli stimoli; mostravano però una differenza di circa -50 msec (in altre parole, 50 msec *prima*) rispetto ai tempi effettivi dello stimolo somministrato. Dato che questa differenza era abbastanza coerente, poteva essere sottratta come elemento di errore sistematico dal tempo w medio di circa -200 msec. Questo produceva un tempo w medio "corretto" di -150 msec. In ogni sessione, effettuammo una serie di somministrazioni che misurasse i tempi riferiti dello stimolo cutaneo.

La nostra definizione di atto volontario includeva l'assunto che la volontà di agire sorgesse in modo endogeno. Non c'erano cioè suggerimenti esterni che spingessero a compiere l'azione; nessuna limitazione esterna su quando compiere l'azio-

ne; e, cosa più importante, il soggetto sentiva che era responsabile dell'azione e anche che poteva controllare quando agire e se agire. I soggetti umani possono distinguere quest'ultimo criterio dalle situazioni in cui l'atto motorio è prodotto senza tali requisiti. Il neurochirurgo Wilder Penfield (vedi Penfield, Rasmussen, 1950) stimolò elettricamente la corteccia motoria, esposta durante un intervento chirurgico, per trattare i foci delle convulsioni epilettiche. La stimolazione della corteccia motoria produce contrazioni di alcuni muscoli e movimenti in luoghi specifici del corpo. I pazienti riferirono che non volevano compiere tali movimenti; riferirono pure che queste azioni erano loro imposte dalla stimolazione, non erano volontarie.

Esistono numerosi disturbi clinici in cui le azioni avvengono in assenza di una volontà cosciente. Questi includono le azioni involontarie nelle paralisi cerebrali, nel morbo di Parkinson, nella corea di Huntington, nella sindrome di Tourette, e anche le compulsioni ossessive ad agire. Un esempio lampante è la sindrome della "mano estranea" (Goldberg, Bloom, 1990). Pazienti con una lesione della porzione fronto-mediale dell'area premotoria della corteccia cerebrale possono ritrovarsi con la mano e il braccio del lato colpito che compiono azioni involontarie, ma che curiosamente hanno uno scopo, come sbottonare una camicia quando il soggetto sta cercando invece di finire di abbottonarla. Tutto questo succede senza l'intenzione o la volontà del soggetto, a volte perfino contro di esse.

4.2 DUE GRUPPI DI TEMPI DI INSORGENZA DEL POTENZIALE DI PRONTEZZA

Il nostro obiettivo sperimentale era di studiare le azioni volontarie libere, compiute senza nessuna restrizione esterna su *quando* agire. Nella maggior parte delle nostre serie, ognuna di quaranta prove, non ci furono resoconti di azioni programmate in anticipo da parte del soggetto. Questi atti volontari erano completamente liberi e compiuti spontaneamente, senza che

ci fosse una pianificazione sul “quando” eseguirli. Ovviamente, eravamo noi a decidere la natura dell’azione – un’improvvisa flessione del polso. Questo ci permetteva di posizionare gli elettrodi di registrazione proprio sul muscolo realmente attivato; l’elettromiogramma registrato ci forniva il momento in cui l’azione avveniva e serviva anche per dare al computer il segnale d’inizio per registrare il potenziale apparso a livello di cuoio capelluto durante i 2 o 3 secondi prima dell’attivazione del muscolo. Ma il momento dell’azione dipendeva completamente dalla volontà dei soggetti. La domanda che ponevamo all’esperimento era se la volontà cosciente di agire precedeva o seguiva l’azione del cervello. Mettere alla prova questo punto richiedeva solamente che il “calcolo del tempo”, il timing, dell’azione fosse lasciato liberamente al soggetto. La natura dell’azione non era importante per questo problema.

In alcune serie di prove, il soggetto riferiva di aver *programmato in anticipo* un *range* di tempo cronometrico in cui avrebbe agito, nonostante il nostro incoraggiamento a non farlo. Queste serie produssero dei PP (#I) con insorgenze anticipate, mediate di un tempo compreso fra -800 e -1.000 msec (prima dell’atto motorio) (figura 4.2). Questi valori erano simili a quelli riportati da Kornhuber e Deecke e da altri nei loro studi in cui il soggetto decideva il ritmo del movimento. Per queste e altre ragioni, sembra che le azioni compiute con ritmo autodeciso, ma con certe limitazioni imposte dagli sperimentatori, probabilmente coinvolgano una pre-pianificazione sul quando agire da parte del soggetto. I nostri soggetti, invece, non avevano tali restrizioni.

Nelle serie di 40 atti in cui il soggetto riferiva di *non* aver programmato in anticipo il momento dell’azione, l’inizio del PP (#II) medio è di -550 msec (prima dell’attivazione del muscolo). Si dovrebbe notare che il processo di inizio effettivo nel cervello probabilmente comincia prima del potenziale di preparazione registrato, in un’area sconosciuta che poi attiva l’area motoria supplementare della corteccia cerebrale. L’area motoria supplementare è posta nella linea mediana vicino al vertice e si pensa che sia la fonte dei PP che vengono registrati.

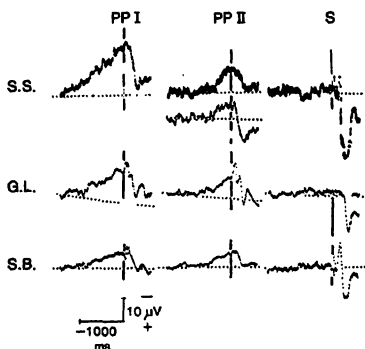


Figura 4.2 I potenziali di prontezza (*readiness potential*, PP) che precedono gli atti volontari iniziati spontaneamente. Ogni riga orizzontale mostra una media di potenziali elettrici registrati con un elettrodo collocato sul cuoio capelluto. Per i soggetti G.L. e S.B. l'elettrodo era posto nel vertice della linea mediana; per il soggetto S.S. era posto sul lato sinistro (in posizione contralaterale rispetto alla mano destra che veniva mossa) al di sopra dell'area motoria/premotoria che controlla i movimenti della mano. I potenziali di prontezza (PP) qui etichettati come "tipo II" vennero rilevati per ogni azione (una rapida flessione del polso) della serie di quaranta prove riferita dai soggetti come originata spontaneamente, senza pianificazione preventiva dell'atto. Quelli di "tipo I" sono gli PP registrati quando i soggetti riferivano di aver pianificato di agire più o meno nel giro del secondo immediatamente successivo a un certo dato tempo. Nella colonna indicata con S, in ciascuna delle quaranta prove, era stato applicato uno stimolo cutaneo prossimo a quello di soglia, somministrando lo stimolo senza che il soggetto lo sapesse e in tempi scelti in modo casuale. Al soggetto veniva chiesto di ricordare e riferire, dopo ciascuna prova della serie, il "tempo cronometrico" in cui aveva avuto consapevolezza dello stimolo cutaneo: una richiesta simile a quella di riferire il momento in cui era diventato consapevole di voler muovere la mano. Quando c'era incertezza sullo stimolo (in questo caso sulla coordinazione temporale), si osserva in genere un ampio ERP (potenziale connesso a un evento) con un picco posto circa 300 msec dopo la somministrazione dello stimolo. La linea verticale non tratteggiata rappresenta il tempo "0", quello cioè in cui era iniziata l'attivazione del muscolo (evento segnalato da un elettromiogramma, EMG) nella serie degli PP. Nella serie S il tempo 0 rappresenta invece il momento in cui veniva somministrato lo stimolo cutaneo. (Ripresa da Libet et al., 1982, con l'autorizzazione della Elsevier e della rivista *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*.)

La media dei valori W , i tempi della prima consapevolezza del desiderio di agire, risultò di -200 msec per *tutte* le serie. (Questo dato potrebbe essere corretto a -150 msec in base all'errore con cui il valore W veniva riferito dal soggetto, errore individuato in -50 msec studiando le serie s di stimoli cutanei.) I tempi W erano gli stessi sia che fossero associati al PP-I che al PP-II. Cioè, i tempi W risultavano uguali sia che il momento delle azioni venisse pianificato in anticipo sia che mancasse questa programmazione di agire! Questo indicava che il processo finale di volizione (l'"agisci adesso") comincia a circa -550 msec; non importa se in modo completamente spontaneo o se preceduto da una scelta o pianificazione del momento in cui agire. Questo processo finale potrebbe rappresentare la caratteristica dell'"agisci adesso" nel corso di un processo volontario; e gli eventi che avvengono durante l'"agisci adesso" risulterebbero simili, che ci sia stata o no una pianificazione.

Il processo dell'"agire adesso" dovrebbe essere distinto dalle decisioni e dalle scelte compiute in anticipo circa il compimento di un'azione. Dopo tutto, una persona può passare l'intera giornata a decidere e non agire mai. Noi non abbiamo studiato la fase decisionale della volizione, tranne quando, occasionalmente, i nostri soggetti pianificavano il momento dell'azione.

Ci sono state discussioni circa il significato dei nostri tempi W . Poiché abbiamo fornito evidenze di un ritardo (fino a 500 msec) per lo sviluppo dell'esperienza sensoriale cosciente, la consapevolezza del tempo cronometrico poteva essere cominciata molto prima del tempo W riportato. Ma avevamo chiesto ai nostri soggetti di annotare il tempo cronometrico riferito alla prima consapevolezza del desiderio di agire; non chiedemmo loro di riportare il momento in cui divenivano coscienti di tale associazione. Ci furono presumibilmente fino a 500 msec di ritardo prima che apparisse la coscienza di tale tempo cronometrico; ma il riferimento soggettivo e automatico all'iniziale segnale sensoriale a ritroso nel tempo, o retrodatazione, del tempo cronometrico associato avrebbe comunque permesso al soggetto di sentirsi consapevole al momento dell'associazione. In ogni caso, non incontrammo difficoltà nell'otte-

nere letture del tempo cronometrico in modo abbastanza corretto, come si è visto nei nostri test sui tempi riportati per lo stimolo cutaneo.

Robert Doty (comunicazione personale) ha sollevato il problema di una diversa fonte di errore potenziale nell'interpretazione dei nostri valori w . Questo coinvolgeva il "costo" di tempo extra per spostare l'attenzione a un altro compito. Il tempo extra richiesto per cambiare compito poteva arrivare fino a 100 msec, in alcuni casi anche molto di più. "Una persona non può simultaneamente concentrarsi sul mondo introspettivo della decisione (di agire) e anche sulla posizione del puntino luminoso (tempo cronometrico) sull'ORC (oscilloscopio a raggi catodici)", situazione che può essere applicata al nostro caso. Doty suggeriva che fosse il libero arbitrio del soggetto a dare inizio al PP; quando poi l'attenzione si volgeva all'orologio dell'oscilloscopio, ci sarebbe stato il costo da pagare per questo tempo in più. Questo poteva causare un resoconto ritardato per un evento che effettivamente era stato osservato all'inizio del PP.

La mia risposta a questo argomento sul cambiamento di compito può essere così articolata:

1. Il ritardo w dall'insorgenza del PP-II era – una volta corretto – di circa 400 msec; più lungo dunque del costo che si riscontra abitualmente in un cambiamento di compiti, anche se un tale costo esisteva in questo caso.

2. Le condizioni delle nostre prove erano abbastanza diverse da quelle riportate a proposito della valutazione del costo per il cambiamento di un compito, in cui il cambiamento di compito avviene in prove completamente separate. Nel nostro caso, il soggetto era stato pienamente istruito prima della prova. Il compito da noi affidato, comunicato in anticipo, era di registrare la prima esperienza del bisogno o del desiderio di agire (w) mentre osservava, in modo continuo, "l'orologio", in modo da associare il verificarsi di w con la posizione dell'orologio. Tutto questo avveniva nella stessa prova, con requisiti che differivano dai requisiti dei processi noti per produrre un costo nel cambiamento di un compito.

3. Il PP-I (quando c'era una qualche pianificazione del momento dell'azione) aveva un'insorgenza fra -800 e -1000 msec; il PP-II (in presenza di azioni spontanee non programmate) aveva un'insorgenza a circa -550 msec. Eppure, in entrambi i casi i valori W erano gli stessi, di circa -200 msec, senza correzione. Questo significa che i tempi W seguivano gli inizi dei PP-I da 600 fino a 800 msec; ma i tempi W seguono i PP-II di 350 msec. Tutti e due i tipi di prova prevedono compiti simili, e costi simili di cambiamento di compito, se applicabili in questo caso. Ma non si può poi dare una spiegazione della differenza degli intervalli PP- W nel modo suggerito da Doty. Non può essere che il tempo W dia inizio al PP, e poi che appaia molto più tardi dell'insorgenza del PP-I rispetto a quanto accade nel caso del PP-II, se un qualche costo per il cambiamento di compito fosse lo stesso in entrambi i casi.

4. Infine, le prove con stimolo cutaneo (anziché motorio) sembrano eliminare questa proposta del costo di cambiamento di compito. Ai soggetti veniva chiesto di monitorare il punto sull'"orologio" e di associare la posizione del punto sull'orologio con il momento in cui sentivano la debole sensazione sulla pelle prodotta da stimoli che avvenivano in tempi casuali differenti per ogni diversa prova. Il soggetto riferiva, in effetti, un tempo cronometrico che era molto vicino ai tempi reali in cui lo stimolo veniva somministrato; i resoconti avevano una media di -50 msec, rispetto al tempo reale dello stimolo. Questo grado di precisione non può dar conto di un costo dovuto al cambiamento di compito dell'ordine delle centinaia di milisecondi.

4.3 SEQUENZE DI EVENTI NELLA SITUAZIONE "AGISCI ADESSO"

Quale risposta troviamo, dunque, alla nostra domanda originale sui timing relativi agli inizi delle attività cerebrali (PP) rispetto alla volontà cosciente di agire? La risposta che emergeva chiaramente era: il *primo* processo cui il cervello dà inizio

è quello volontario. Il soggetto in seguito diventa *consapevole* in modo cosciente del bisogno o del desiderio (W) di agire, circa 350- 400 msec *dopo* l'insorgenza dei PP prodotti dal cervello. Questo era vero per ciascuna delle 40 serie di prove con ognuno dei nove soggetti.

Questa sequenza di eventi è stata confermata da Keller e Heckhausen (1990), Haggard e Eimer (1999), e da altri due gruppi, sebbene questi ultimi non abbiano riprodotto precisamente il nostro esperimento. Haggard e Eimer aggiunsero altre caratteristiche sperimentali interessanti: registrarono anche i PP mostrati dalle aree premotorie laterali della corteccia e non solo quelli registrabili in prossimità del vertice. Questi PP laterali (PPL) avevano un inizio più vicino ai -550 msec di quello visto nei PP-II registrati da noi. Haggard e Eimer divisero anche le prove con i PPL in gruppi in cui l'insorgenza avveniva prima e in gruppi in cui l'insorgenza era più tardiva. I valori W riportati (tempi di consapevolezza della spinta ad agire) per i PPL con insorgenza più precoce erano anche quelli con i valori W più rapidi. I tempi W con PPL più ritardati erano in un gruppo di timing più tardivi. Comunque in *entrambi* i gruppi di prove, le insorgenze dei PPL precedevano i tempi W dei rispettivi gruppi: dimostrando come la scoperta che le insorgenze dei PPL precedano i tempi W di un valore sostanziale sia valida per tutti i range di valori, sia di PPL, sia di W .

Haggard e Eimer aggiunsero un altro punto. Sostenevano che il processo del PP registrato al vertice della corteccia non poteva essere in relazione causale con la comparsa di W , perché i PP che ottenevano non erano covarianti rispetto ai W più tardivi. Ma il nostro PP-II è il valore significativo che deve essere messo in relazione con l'iniziazione ultima del processo volontario dell'"agire adesso". (Il PP-I comincia quando si decide il momento in cui muovere: si tratta di un processo separato.) È quindi il nostro PP-II che deve essere diviso in due gruppi, quello a insorgenza più veloce e quello a insorgenza più lenta, per controllare la covarianza tra i tempi W più rapidi e quelli lenti. Questa misurazione non è stata fatta, né da noi e neppure da Haggard e Eimer, quindi non si può presentare, fi-

no a oggi, alcuna conclusione su quest'argomento (vedi Haggard, Libet, 2001).

Il filosofo John R. Searle ha proposto che si possa parlare di "azione volontaria" quando un "Io" cosciente agisce seguendo la ragione ed è capace di *iniziare* azioni (vedi Searle, 2000a, 2000b). Ma abbiamo scoperto che il processo volontario dell'"agire adesso" viene iniziato in modo inconscio. Quindi, un Io cosciente non può iniziare quel processo. Qualunque ragione per agire sviluppata da un Io cosciente appartarrebbe propriamente alla categoria del prendere decisioni o della pianificazione anticipata; e abbiamo dimostrato sperimentalmente che questo tipo di processo è veramente diverso dal processo finale dell'"agire adesso". In fin dei conti, una persona può ben programmare o decidere un'azione senza poi mai agire! I modelli generati filosoficamente da Searle hanno il difetto di non prendere in considerazione tutte le evidenze sperimentali

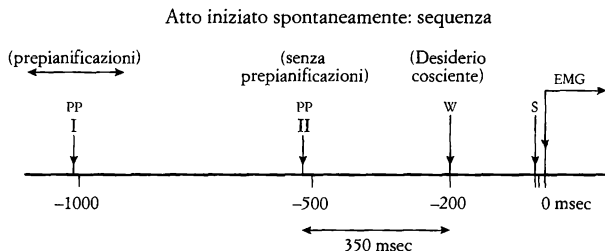


Figura 4.3 Diagramma della successione di eventi cerebrali (PP) e soggettivi (W) che precede un atto volontario iniziato spontaneamente. I potenziali di preparazione (PP) iniziano prima del tempo $t = 0$ (attivazione muscolare) sia che si tratti di azioni pianificate (PP-I, $t = -1000$) o di azioni senza precedente pianificazione (PP-II, $t = -500$). L'esperienza soggettiva di una prima consapevolezza di voler muovere la mano (W) si verifica circa al tempo $t = -200$ msec. Molto prima cioè dell'azione ($t = 0$), ma circa 350 msec *dopo* il potenziale di preparazione PP-II. La sincronizzazione dello stimolo cutaneo (S) si colloca in media al tempo $t = -50$ msec, prima cioè dell'effettiva somministrazione dello stimolo. (Ripresa da Libet, 1989, con l'autorizzazione della Cambridge University Press.)

conosciute. I suoi modelli sono per la maggior parte non sperimentati e non potrebbero neppure esserlo.

Torniamo ai nostri esperimenti. Un'altra importante scoperta che facemmo fu che il tempo w precede il vero e proprio momento dell'attivazione muscolare di circa 150-200 msec (vedi figura 4.3). Inoltre, la differenza reale tra l'iniziazione cerebrale vera e propria e la volontà cosciente (w) è probabilmente maggiore dei 400 msec osservati qui (usando il PP). Come notato poco sopra, un'area sconosciuta, posta da qualche altra parte nel cervello, potrebbe essere quella che dà inizio alle attività da noi registrate come PP-II.

Cosa significa questo? In primo luogo, che il processo che porta a un'azione volontaria viene *iniziato* dal cervello in modo *inconscio*, molto prima che appaia la volontà cosciente di agire. Ciò implica che il libero arbitrio, se esiste, non inizierebbe come azione volontaria.

Ci sono anche vaste implicazioni per il timing delle azioni volontarie quando viene richiesto un inizio veloce, come nella maggior parte delle attività sportive. Un giocatore di tennis che risponde a un servizio con la palla che viaggia a 160 chilometri orari non può attendere di diventare consapevole della sua decisione di agire. Le risposte ai segnali sensoriali negli sport richiedono operazioni mentali complesse e adeguate per ogni singolo evento; tali risposte non sono dei tempi di reazione ordinari. Anche se lo fossero, i giocatori professionisti direbbero che sei "morto", se ti fermi a pensare coscientemente ai tuoi movimenti.

4.4 IL VETO COSCIENTE

La scoperta che il processo volontario viene iniziato in modo inconscio fa sorgere un problema: la volontà cosciente svolge qualche ruolo nel compimento di un'azione volontaria (Libet, 1985)? La volontà cosciente (w) appare in effetti 150 msec *prima* dell'azione motoria, perfino se segue l'inizio dell'azione cerebrale (PP) di almeno 400 msec. Questo permette,

potenzialmente, di influenzare o controllare il risultato finale del processo di volizione. Un intervallo di 150 msec metterebbe a disposizione un tempo sufficiente durante il quale la funzione cosciente potrebbe influenzare il risultato finale del processo volontario. In realtà, per un tale effetto ci sono a disposizione solo 100 msec. I 50 msec finali prima che un muscolo venga attivato rappresentano il tempo necessario alla corteccia motoria per attivare i neuroni motori spinali, e, attraverso di loro, i muscoli. Durante i 50 msec finali, l'azione va a compimento senza nessuna possibilità di essere interrotta dal resto della corteccia cerebrale.

La volontà cosciente può decidere se permettere al processo volontario di andare a compimento, dando luogo all'atto motorio. Oppure, la volontà cosciente può "mettere il veto" al processo e bloccarlo, di modo che non avvenga nessun atto motorio. Porre il veto a un impulso di agire è un'esperienza comune a tutti noi. Avviene specialmente quando l'azione progettata viene considerata socialmente inaccettabile, o non in accordo con la personalità o i valori dell'individuo. In effetti, abbiamo mostrato sperimentalmente che era possibile mettere il veto a un'azione programmata perfino durante gli ultimi 100-200 msec prima del tempo presunto dell'azione.

Si trattava di un test limitato. Non avrebbe potuto essere compiuto per controllare un veto spontaneo, dal momento che non ci sono muscoli attivati elettricamente così da indurre il computer a registrare i secondi precedenti all'attività elettrica del cuoio capelluto. C'erano, quindi, dei limiti tecnici nello studiare il veto messo a un'azione pianificata per essere eseguita in un tempo prestabilito. In ogni caso, il nostro esperimento era così progettato. Si chiedeva al soggetto di prepararsi ad agire a un determinato tempo cronometrico, diciamo al segno dei 10 sec; il soggetto, però, doveva porre il veto all'azione che ci si aspettava quando mancavano fra i 100 e i 200 msec al tempo cronometrico prestabilito. Si sviluppava un PP sostanziale nel corso del secondo o dei due secondi prima del veto, in accordo con il resoconto del soggetto che percepiva un'aspettativa di azione. Ma questo PP si appiattiva circa 100-

200 msec prima del tempo prestabilito, quando il soggetto poneva il veto all'azione e non appariva nessuna risposta muscolare. L'osservatore forniva un segnale d'avvio al computer al momento del tempo prestabilito per l'azione. Questo almeno mostra che una persona può porre il veto a un'azione attesa entro 100-200 msec dal momento prestabilito per l'azione.

Questi risultati ci portano a considerare in modo diverso il ruolo della volontà cosciente e del libero arbitrio nei processi di volizione che portano a un'azione. Estrapolando il nostro risultato ad altre azioni volontarie, il libero arbitrio cosciente non dà inizio alle nostre azioni liberamente volontarie. Può invece controllare il risultato o l'esecuzione attuale dell'azione. Può consentire all'azione di continuare, o può metterle il veto, in modo da non farla accadere. Consentire la continuazione del processo di volizione che porta a un atto motorio può coinvolgere anche un ruolo attivo della volontà cosciente. La volontà cosciente potrebbe consentire attivamente il proseguimento del processo di volizione. In questo caso non sarebbe una semplice osservatrice passiva. Si può ritenere che le azioni volontarie comincino con iniziative inconscie che vengono "borbottate" dal cervello. La volontà cosciente quindi selezionerebbe quali di queste iniziative possono proseguire per diventare un'azione, o quali devono essere vietate e fatte abortire in modo che non compaia nessun atto motorio. Le implicazioni che questo ha sul libero arbitrio saranno discusse in dettaglio nel prossimo paragrafo.

Robert Doty si domandava se le iniziative inconscie del cervello fossero così frequenti da tenere occupata costantemente la volontà cosciente, per monitorare quali iniziative vietare. Ma non sappiamo con quale frequenza possano essere "borbottate" le iniziative finalizzate alle azioni volontarie. Possono anche nascere in modo relativamente frequente, ma in ogni caso, dei processi inconsci potrebbero fornire l'informazione sull'accettabilità di una data iniziativa. Questi processi inconsci si svilupperebbero durante i 400 msec circa che seguono l'insorgenza del PP-II (vedi paragrafo 4.5.4, "Il veto cosciente ha origini inconscie?"). Il processo che mette il veto in modo

cosciente avrebbe bisogno di essere allertato per una possibile azione solo quando questi processi non coscienti classificano un'iniziativa come potenzialmente inaccettabile.

4.5 ABBIAMO IL LIBERO ARBITRIO?

Il problema del libero arbitrio va alla radice della nostra visione della natura umana e di come ci relazioniamo con l'universo e con le leggi naturali. Siamo definiti completamente dalla natura deterministica delle leggi fisiche? Siamo essenzialmente degli automi molto sofisticati, i cui sentimenti coscienti e desideri sono epifenomeni aggiunti, senza alcun potere causale? O possediamo invece una qualche indipendenza nel fare scelte e compiere azioni, che non sia completamente stabilita dalle leggi fisiche conosciute?

L'opinione più comune è che gli individui hanno una capacità, donata da Dio, di scegliere e decidere quello che vogliono fare, e che questa capacità non è completamente assoggettata alle limitazioni deterministiche delle leggi fisiche della natura. Molte religioni hanno diffuso una concezione di questo tipo. Senza tale visione, infatti, diventa difficile promuovere un'etica della responsabilità individuale per le azioni volontarie. La concezione tradizionalmente prevalente del libero arbitrio presuppone che la volontà di una persona venga esercitata in modo cosciente. Quando le persone sono completamente inconsapevoli delle proprie scelte di agire, e compiono tali azioni in modo non cosciente, la società tende a considerarle meno responsabili delle loro azioni.

Molti ritengono che Dio abbia il completo controllo sull'uomo e sulla natura. Questo ha portato a credere che il "fatto" di una persona sia predestinato, e che tutte le attività dell'individuo siano al di fuori della sua indipendenza. Se Dio sa in anticipo quello che farà una persona, allora le scelte di agire di quest'ultima sono state compiute perfino prima che essa avesse preso una decisione indipendente e libera o avesse scelto di fare un'azione. (Ironicamente, la conseguenza di questa

visione del destino e del potere di Dio è la stessa di quella dei deterministi materialisti, che tendono a essere atei.)

Nel corso dei secoli, i teologi hanno messo a punto varie filosofie per rendere compatibile l'esistenza del libero arbitrio con la visione di un Dio onnisciente e universale. Per esempio, una setta mistica ebraica, i Cabalisti, propose che Dio stesso avesse rinunciato volontariamente al suo potere di conoscere in anticipo le azioni degli esseri umani, in modo da permettere il funzionamento del libero arbitrio umano, una caratteristica che Dio voleva che l'uomo possedesse (vedi Cooper, 1997).

4.5.1 Il timing dei processi cerebrali e della volontà cosciente

Nei nostri esperimenti abbiamo rimosso tutti i limiti alla libertà di azione; i soggetti compivano una semplice flessione o scatto del polso nel momento in cui loro sentivano l'impulso o la volontà di agire. Queste azioni erano compiute a discrezione del soggetto, libere da ogni limitazione o restrizione esterne. Si è appena visto che il libero arbitrio non può essere considerato l'artefice di tali processi liberamente volontari. Abbiamo chiaramente provato che l'avvio della preparazione che culmina in un movimento liberamente volontario nasce nel cervello in modo inconscio, e che precede la consapevolezza cosciente della volontà o dell'intenzione di "agire adesso" di circa 400 msec o più.

4.5.2 La funzione di controllo della volontà cosciente

È indubbio che esista la possibilità di mettere il veto. Durante i nostri esperimenti, i soggetti riferivano che compariva un desiderio o un impulso di agire, ma che lo sopprimevano o lo vietavano. In assenza del segnale elettrico del muscolo, quando veniva attivato, non c'era nessun innesco che desse inizio alla registrazione del computer di un qualche PP che avrebbe potuto precedere il veto. Così, non c'erano PP registrati collegati con un'intenzione di agire vietata spontaneamente. Ciò nonostante, fummo comunque in grado di mostrare che il

soggetto poteva vietare un'azione programmata per essere compiuta in un tempo prestabilito (vedi paragrafo 4.4, "Il veto cosciente").

Tutti noi, e non solo i soggetti degli esperimenti, abbiamo sperimentato il porre un veto a un impulso spontaneo a compiere un'azione. Spesso questo accade quando l'impulso ad agire ha una qualche conseguenza socialmente inaccettabile, come quello di urlare parolacce al professore. Per inciso, nella sindrome di Tourette i soggetti urlano spontaneamente delle oscenità: queste azioni sono veramente involontarie. Non appare nessun PP prima di tali azioni, sebbene un PP appaia prima di un atto prodotto volontariamente da un paziente con la sindrome di Tourette. L'assenza del PP viene riscontrata anche nelle persone normali che hanno una reazione veloce a uno stimolo inatteso. Questa non è un'azione liberamente volontaria, sebbene possa dipendere da processi inconsci preparati precedentemente.

Come notato poco sopra, oltre al veto esiste anche un'altra funzione potenziale per la volontà cosciente. Può servire come innesco necessario per consentire ai processi della volizione di portare a compimento un'azione: il che darebbe alla volontà cosciente un ruolo nella produzione attiva dell'atto motorio. Questo ipotetico ruolo per la volontà cosciente non è stato provato sperimentalmente. Le azioni che diventano in qualche modo "automatiche" possono essere compiute senza che ci sia un desiderio cosciente, riferibile dal soggetto. Ma il PP prima di tali azioni automatiche è piuttosto debole in ampiezza e durata.

I disturbi ossessivo-compulsivi (DOC) forniscono un esempio interessante e rilevante per quanto riguarda la relazione anomala che può esistere tra gli impulsi volontari e il ruolo della funzione di veto. Nel DOC il paziente prova l'impulso cosciente a compiere una data azione ripetutamente – come lavarsi le mani di continuo. Chiaramente, un tale paziente non ha la capacità di porre il veto a ciascun impulso, e quindi non agisce su di esso. In un affascinante studio clinico, i neurologi della University of California di Los Angeles J.M. Schwartz e

S. Begley sono stati in grado di educare i pazienti affetti da DOC ad aumentare le loro capacità di vietare in modo attivo le azioni compulsive (Schwartz, Begley, 2002). I pazienti impararono a lavorare duramente per impedire in modo cosciente il processo compulsivo, e quindi liberarsi dai DOC. Schwartz e Begley sostennero che una “forza mentale” attiva doveva giustificare il divieto all’impulso compulsivo ad agire, e che questa forza mentale cosciente non poteva essere spiegata o giustificata in modo materialistico o deterministico. Di recente, uno psichiatra di San Francisco mi ha detto che ha iniziato a educare i pazienti con tendenza ad azioni violente a porre il veto a tali impulsi.

Tutto questo concorda con la mia visione della funzione cosciente di veto, e fornisce un sostegno forte alla mia proposta sul modo di operare del libero arbitrio. Cioè, che il libero arbitrio non inizia un processo volontario, ma può tuttavia controllarne il risultato: può imporre un veto attivo al processo volontario impedendo l’azione o, viceversa, può innescare l’azione permettendole di procedere.

Nella sindrome di Tourette (che nei soli Stati Uniti colpisce circa 200.000 persone), gli impulsi a produrre improvvise manifestazioni verbali, spesso con linguaggio osceno, così come altri comportamenti anomali, sono per la maggior parte non controllabili in modo cosciente. Studi sulle immagini cerebrali (Wolf et al., 1996) hanno scoperto che in questa sindrome è coinvolto il nucleo caudato, uno dei “gangli basali” posti sotto la corteccia cerebrale; sembra che intervenga nell’organizzazione dei comportamenti motori intenzionali in generale. Nelle persone affette da sindrome di Tourette, il nucleo caudato mostra una sensibilità maggiore alla dopamina. Per contro, la carenza di questo neurotrasmettitore è responsabile del morbo di Parkinson. I pazienti che ne sono affetti mostrano una diminuita abilità ad iniziare i movimenti (tra gli altri i cambiamenti motori). È interessante notare che i pazienti affetti da disturbi ossessivo-compulsivi, che hanno difficoltà a fermare un impulso ad agire, mostrano anche un’attività alterata del nucleo caudato. Questi riscontri sollevano la possibilità che il veto posto a un

impulso volontario all'azione includa un'azione neurale sul nucleo caudato, sebbene sembri che il veto sia iniziato probabilmente nel lobo prefrontale dell'emisfero cerebrale. Come notato altrove, una lesione del lobo prefrontale può causare un comportamento più disinibito, spesso asociale.

In un recente libro, il socio-psicologo Daniel Wegner presenta una lunga argomentazione sul fatto che il libero arbitrio cosciente sia un'illusione (Wegner, 2002). Descrive accuratamente i risultati dei nostri esperimenti sulle azioni volontarie che sono iniziate dal cervello in modo non cosciente. Wegner, come molti altri, afferma che le nostre scoperte sperimentali indicano che la volontà cosciente "potrebbe essere solo una questione irrisolta – una di quelle cose, come l'azione, che sono causate dal cervello anteriore" (Wegner, 2002, p. 55). Comunque, in nessuna parte del suo libro Wegner discute il fenomeno del veto e il fatto che esso fornisce un ruolo potenzialmente causale per la volontà cosciente. Quel ruolo consisterebbe nel controllare la comparsa finale dell'azione volontaria, anche se il processo volontario è iniziato inconsciamente prima del manifestarsi della volontà cosciente.

4.5.3 *La sensazione di dare inizio a un atto volontario*

L'idea, descritta nel paragrafo 4.5.1 ("Il timing dei processi cerebrali e della volontà cosciente"), del modo in cui il libero arbitrio possa operare, crea un problema: come si può spiegare la nostra sensazione o esperienza di stare dando inizio a un'azione? Se il processo cerebrale che dà inizio a un atto liberamente volontario è un processo inconscio, la sensazione di aver iniziato coscientemente il processo diventa paradossale. Sappiamo che diventiamo consapevoli dell'impulso (o desiderio) di agire *prima* dell'effettivo atto motorio, cosa che può far nascere la sensazione di aver consciamente dato il via al processo. Ma la sensazione di aver dato inizio all'atto volontario non può essere valida; non siamo consapevoli che il processo sia, in realtà, iniziato inconsciamente.

D'altro canto, è possibile che la volontà cosciente, quando

compare, agisca come un catalizzatore per permettere all'iniziativa preparata in modo inconscio di continuare fino a produrre l'atto. In tali casi, la sensazione cosciente di dare inizio o di produrre un'azione volontaria rifletterebe la realtà; non sarebbe un'illusione.

Ciò di cui siamo certi è la capacità della volontà cosciente di bloccare o mettere il veto al processo volontario e di impedire la comparsa di ogni atto motorio. In altre parole, la volontà liberamente cosciente può controllare il risultato di un processo iniziato in modo non cosciente. Se abbia un ruolo ulteriore che consenta a un'azione non vietata di continuare fino a concludersi, fino a oggi non è stato stabilito sperimentalmente.

4.5.4 *Il veto cosciente ha origini inconscie?*

A questo punto dovremmo considerare l'ipotesi che lo stesso veto consciamente formulato possa essere originato da un processo inconscio precedente, come nel caso dello sviluppo e della comparsa della volontà cosciente. Se lo stesso veto dovesse iniziare e svilupparsi in modo inconscio, la scelta di mettere il veto diventerebbe quindi una scelta inconscia di cui si *diventa* coscienti, anziché un evento causale cosciente. Le nostre evidenze precedenti mostrano che il cervello "produce" una consapevolezza di qualcosa solo dopo un periodo di 0,5 sec di attivazioni neurali appropriate (vedi capitolo 2; Libet, 1993a, 1993b, 1996).

Qualcuno ha proposto che perfino un'iniziazione inconscia di una scelta di veto possa tuttavia essere una scelta reale fatta dall'individuo e che possa ancora essere considerata un processo del libero arbitrio (per esempio, Velmans, 1991). Trovo inaccettabile questa visione del libero arbitrio. Secondo questo punto di vista, l'individuo non controllerebbe le sue azioni in modo cosciente, ma diventerebbe solamente consapevole di una scelta iniziata inconsciamente. Non avrebbe un controllo diretto sulla natura di tutti i processi inconsci precedenti. Ma un processo di libero arbitrio implica che una per-

sona può essere considerata responsabile della propria scelta di agire o non agire. Le persone non sono ritenute responsabili delle azioni compiute inconsciamente, senza possibilità di controllarle in modo cosciente.

Per esempio, le azioni di una persona compiute durante un attacco di epilessia, o della sindrome di Tourette (urlare epiteti socialmente insopportabili), non sono considerate azioni della volontà cosciente. Allora perché si dovrebbe considerare come azione di volontà cosciente un evento sviluppato in modo non cosciente da un individuo normale, e perché l'individuo dovrebbe essere ritenuto responsabile di quest'azione se esistesse un processo sul quale questo individuo non ha un controllo cosciente?

Propongo, invece, che il veto cosciente possa non aver bisogno di processi inconsci precedenti o, comunque, non esserne il risultato diretto. Il veto cosciente è una funzione di controllo, diversa dal semplice divenire *consapevoli* del desiderio di agire. Non esiste un imperativo logico in nessuna teoria della mente-cervello, perfino in quella dell'identità, che richieda una specifica attività neurale per proseguire e determinare la natura di una funzione di controllo cosciente. E non esistono evidenze sperimentali contro la possibilità che il processo di controllo possa apparire senza uno specifico sviluppo di processi inconsci precedenti.

Ammettiamolo: essere coscienti di una decisione di veto significa essere consapevoli dell'evento. Come si può conciliare questo fatto con la mia proposta? Forse dovremmo rivedere il concetto di consapevolezza e come esso si metta in relazione al contenuto della consapevolezza, nei processi cerebrali che sviluppano sia la consapevolezza che i suoi contenuti. I nostri studi precedenti hanno mostrato che la consapevolezza è un fenomeno di per sé unico, distinto dai contenuti di cui uno può diventare consapevole.

Per esempio, la consapevolezza di uno stimolo sensoriale può richiedere – sia per la corteccia somatosensoriale che per le vie subcorticali (quella del talamo o del lemnisco mediale) – durate simili di treni di stimoli. Tuttavia, il *contenuto* di queste

consapevolezze nei due casi è diverso; in presenza di uno stimolo corticale la consapevolezza sensoriale è ritardata in modo soggettivo, mentre questo ritardo non avviene per gli stimoli applicati al fascio subcorticale. Il contenuto dei processi mentali inconsci (per esempio, l'individuazione corretta di un segnale anche se non c'è consapevolezza del segnale) può essere uguale al contenuto (corretta individuazione) di quando c'è la consapevolezza del segnale. Ma, per diventare consapevoli di quello stesso contenuto, occorre che la durata dello stimolo applicato alla via subcorticale sia incrementata di circa 400 msec (vedi Libet et al., 1991)!

In un'azione liberamente volontaria ed endogena, la consapevolezza dell'intenzione di agire è ritardata di circa 400 msec dopo che i processi cerebrali danno inconsciamente inizio al processo (vedi paragrafo 4.3, "Sequenze di eventi nella situazione 'agisci adesso'"). Si può pensare che la consapevolezza che se ne sviluppa si applichi all'intero processo di volizione, ivi compreso il contenuto dell'impulso cosciente all'azione e il contenuto dei fattori che possono influenzare un veto cosciente. Non è affatto detto che la consapevolezza di un evento debba essere limitata a uno specifico elemento dei contenuti dell'intero evento.

Non è esclusa la possibilità che i fattori su cui si basa la decisione di veto si sviluppino attraverso processi inconsci che precedono il veto. Tuttavia, la decisione cosciente di mettere il veto potrebbe comunque essere presa senza che i processi inconsci precedenti forniscano un'indicazione specifica e diretta per quella decisione. In questo modo, una persona può accettare o rifiutare in modo cosciente il programma preparato dal complesso di tutti i processi cerebrali inconsci precedenti. La consapevolezza di quella decisione di veto può richiedere di essere preceduta da processi inconsci, ma il contenuto di quella consapevolezza (la reale decisione di veto) è una caratteristica separata che non necessita del medesimo processo.

4.5.5 Che importanza hanno le nostre scoperte per la comprensione degli atti volontari?

Possiamo ritenere che in tutti gli atti volontari, anche in quelli diversi dalle semplici azioni che abbiamo studiato, ci sia una relazione temporale tra i processi cerebrali inconsci e la comparsa del desiderio o della volontà cosciente di agire? Di solito nelle ricerche scientifiche si è tecnicamente limitati a studiare processi di un sistema semplice; e quindi a dover poi dimostrare che i comportamenti fondamentali scoperti in questi sistemi semplici rappresentano, in effetti, un fenomeno che compare anche nei sistemi simili ma più complessi. Per esempio, Millikan misurò la carica di un singolo elettrone all'interno di un sistema isolato, ma il risultato rimane vero anche per gli elettroni in tutti gli altri sistemi. Di fatto, altri ricercatori hanno scoperto che i PP precedono altre azioni volontarie più complesse, come il cominciare a parlare o a scrivere. Tuttavia, questi ricercatori non hanno studiato il tempo in cui compare il desiderio cosciente di dare inizio a tali azioni. Possiamo quindi permetterci di considerare quali implicazioni generali possono derivare dalle nostre scoperte sperimentali, quando esse siano ritenute una caratteristica delle azioni volontarie in generale.

Dovremmo anche distinguere tra le deliberazioni su quale scelta di azione adottare (incluso quando programiamo in anticipo quando agire in base a tale scelta), e la vera e propria intenzione finale di "agire ora". Dopo tutto, si può rimuginare tutto il giorno su una decisione da prendere e non agire mai. Non c'è nessun atto volontario in questo caso. Nei nostri studi sperimentali abbiamo scoperto che durante alcune prove i soggetti programavano anticipatamente in modo cosciente il momento in cui agire (per esempio, nel secondo successivo o simili). Ma perfino in questi casi, il tempo del desiderio cosciente di "agire adesso" che i soggetti riferivano era di circa -200 msec: valore molto vicino a quelli riferiti per le azioni completamente spontanee e volontarie, senza alcuna pianificazione. In tutti i casi, l'attivazione dei processi cerebrali in-

consci (PP-II) necessari alla preparazione dell'azione precedeva di molto l'intenzione cosciente finale di "agire adesso".

Queste scoperte indicano che la sequenza dei processi volontari del cervello che porta ad "agire adesso" può essere applicata a tutte le azioni volontarie, sia che siano completamente spontanee o che abbiano una storia di decisione cosciente. Quindi, senza dover considerare la presenza o l'assenza di una decisione precedente o di una programmazione, il processo dell'"agire adesso" inizia in modo inconscio, circa 400 msec prima che appaia la volontà cosciente di agire. Il processo dell'"agire adesso" sembra essere indipendente dai processi decisionali e programmati.

4.5.6 Implicazioni etiche sul modo di operare del libero arbitrio

Il ruolo del libero arbitrio non sarà dunque quello di cominciare un processo volontario (sebbene possa consentire al processo di condurre all'azione). Ma, senza dubbio, la volontà cosciente può controllare se l'azione avverrà. Possiamo considerare le iniziative non coscienti preposte alle azioni volontarie come un "borbottio" inconscio del cervello. La volontà cosciente, quindi, seleziona quali iniziative possano continuare fino a produrre un'azione, e quali deve invece vietare o fermare in modo da non farle avvenire.

Questo tipo di ruolo per il libero arbitrio è effettivamente in accordo con le comuni credenze religiose e con le strutture etiche. Molte filosofie religiose ritengono che l'individuo sia responsabile per le proprie azioni e sostengono che possa "controllare le proprie azioni". La maggior parte dei Dieci Comandamenti sono ordini del tipo "non fare". Il filosofo e saggio religioso Maimonide "definisce la santità come auto-controllo disciplinato, come la capacità di dire no ai propri desideri fisici più istintivi" (cit. in Rabbi Shlomo Riskin, 1999). In questo senso c'è una differenza interessante tra la versione ebraica e quella cristiana della Regola aurea. Rabbi Hillel, che visse poco tempo prima di Cristo la enunciò in questi termini:

“Non fare agli altri quello che *non* vorresti che gli altri facesse-
ro a te”. In altre parole: lascia stare gli altri, con tolleranza. La
visione cristiana assume un punto di vista positivo, attivo: “*Fai*
agli altri ciò che vorresti *facessero* a te”. Il filosofo Walter Kauf-
mann, nel suo libro *Faith of a Heretic* suggeriva che questa dif-
ferenza fosse molto significativa; Kaufmann sottolineava che,
tra le altre cose, la Regola aurea cristiana potrebbe produrre a-
zioni imposte agli altri che vanno contro i loro desideri (Kauf-
mann, 1961).

4.5.7 Quando siamo colpevoli o peccatori?

Come si collegano le nostre scoperte al problema di quan-
do si può essere considerati colpevoli o peccatori? Se provia-
mo un desiderio cosciente o una spinta verso un atto social-
mente inaccettabile, dovrebbe essere considerato un peccato,
anche se questo impulso è stato oggetto di veto e non è stata
compiuta nessuna azione? Alcuni sistemi religiosi rispondono
“sì”. Il presidente Jimmy Carter ha ammesso di aver avuto
“un desiderio nel suo cuore” per alcune donne. Anche se non
ha fatto azioni al riguardo, apparentemente si sentiva comun-
que peccatore per il suo desiderio sensuale. Il presidente Car-
ter si muove lungo una tradizione cristiana che deriva (come
mi ricorda il reverendo Anthony Freeman) da un passo del Di-
scorso della montagna:

Avete inteso che vi fu detto: *Non commettere adulterio*; ma io
vi dico: chiunque guarda una donna per desiderarla, ha già
commesso adulterio con lei nel suo cuore. (Mt 5, 27-28)

Ma desideri di questo genere, secondo le nostre scoperte, i-
niziano e si sviluppano nel cervello in maniera inconscia. La
comparsa inconscia di un'intenzione di agire potrebbe non es-
sere controllata in modo cosciente. Solo il suo compimento fi-
nale, la sua trasformazione in atto motorio, potrebbe essere
controllato dalla coscienza. Quindi, un sistema religioso che
bolla come peccatore un individuo semplicemente per aver

un'intenzione mentale o impulso a fare qualcosa di inaccettabile, anche quando questo non è stato portato a compimento, creerebbe varie difficoltà psicologiche e una morale fisiologicamente insormontabile.

Anzi, insistere sul considerare come peccaminoso un desiderio inaccettabile di agire, anche quando non avviene nessun atto, renderebbe, in pratica, tutti gli individui dei peccatori. Il meccanismo relativo all'iniziazione inconscia di un desiderio di quel tipo è presumibilmente presente in tutti gli esseri umani, e tutte le persone senza dubbio proveranno desideri e intenzioni di agire socialmente inaccettabili. In questo senso, una concezione di questo tipo potrebbe fornire una base fisiologica per il peccato originale! Ovviamente, il concetto di peccato originale potrebbe anche essere basato su altre idee riguardo a ciò che viene considerato peccato.

I sistemi etici hanno a che fare con codici e convenzioni morali che governano il comportamento e l'interazione con gli altri individui. Presumibilmente, hanno a che fare con le azioni, non solo con i desideri o le intenzioni. Solo l'azione di una persona può, realmente, urtare il benessere di un altro. Dal momento che è il compimento di un'azione a poter essere controllato in maniera cosciente, dovrebbe essere legittimo considerare le persone colpevoli e responsabili per le loro azioni.

4.5.8 *Determinismo e libero arbitrio*

Rimane la questione più profonda a proposito del libero arbitrio che le considerazioni precedenti non hanno affrontato. Ciò che abbiamo ottenuto sperimentalmente è qualche conoscenza di come il libero arbitrio possa operare. Ma non abbiamo risposto alle seguenti domande:

- se i nostri atti coscienti siano interamente determinati dalle leggi naturali che governano le attività delle cellule nervose del cervello;
- oppure
- se gli atti liberamente volontari, e le decisioni coscienti che

li producono, possano, in qualche misura, essere portati avanti indipendentemente dal determinismo naturale.

La prima possibilità renderebbe il libero arbitrio illusorio. Il sentimento cosciente di esercitare la propria volontà dovrebbe, quindi, essere considerato come un epifenomeno, un semplice sottoprodotto delle attività cerebrali, privo di per sé di qualunque potere causale.

L'idea che il libero arbitrio sia un'illusione è stata elaborata abbastanza estesamente da Daniel Wegner. Ci sono, ovviamente, altri sostenitori di quest'idea, come i Churchland (Churchland, Churchland, 1998) e Daniel Dennett (Dennett, 1984). Wegner propone una "teoria della causa mentale apparente" secondo la quale "le persone hanno esperienza della volontà cosciente quando interpretano i propri pensieri come la causa delle loro azioni" (Wegner, 2002, p. 64). Cioè, l'*esperienza* della volontà cosciente è "del tutto indipendente da ogni reale connessione causale tra i pensieri e le azioni". È, ovviamente, legittimo proporre questa struttura per una teoria del libero arbitrio all'interno di un punto di vista deterministico. Ma non c'è nessuna evidenza cruciale che ne dimostri la validità. Non è mai stato proposto alcun test sperimentale in cui questa teoria potesse essere dimostrata falsa. Come ha spiegato Karl Popper, senza la possibilità della falsificazione, si può proporre qualunque cosa senza pericolo di essere contraddetti.

Bisogna ricordare, in primo luogo, che le scelte o le azioni libere non sono prevedibili, anche se vengono considerate come completamente determinate. Il "principio di indeterminazione" di Heisenberg ci preclude una conoscenza completa delle attività molecolari sottostanti. La meccanica quantistica ci costringe a trattare con le probabilità, piuttosto che con la certezza degli eventi. E, nella teoria del caos, un evento casuale può alterare il comportamento di un intero sistema in modo non prevedibile. Comunque, anche se gli eventi non sono prevedibili in pratica, questo non esclude la possibilità che seguano leggi naturali e quindi determinate.

Riformuliamo la nostra domanda basilare: *dobbiamo accettare il determinismo?* Il non determinismo è una possibi-

lità praticabile? Dovremmo riconoscere che entrambi questi punti di vista alternativi (determinismo delle leggi naturali e non determinismo) sono teorie non provate; in altre parole, non provate in relazione all'esistenza del libero arbitrio. Il determinismo (seguire una legge naturale) ha, nel complesso, funzionato bene per il mondo fisico osservabile. Ciò ha portato molti scienziati e filosofi a considerare ogni allontanamento da questo determinismo come assurdo, insensato, non degno di considerazione. Ma le leggi naturali sono state derivate dalle osservazioni di oggetti fisici, non da fenomeni mentali soggettivi. Questi ultimi non possono essere osservati direttamente; sono esperienze interiori dell'individuo che le prova. Non c'è stata nessuna evidenza, e neanche una proposta di progetto di un test sperimentale che dimostri in maniera definitiva e convincente la validità del determinismo delle leggi naturali come mediatore o strumento della libera scelta o del libero arbitrio.

C'è un salto tutto da spiegare fra la categoria dei fenomeni *fisici* e la categoria dei fenomeni *soggettivi*. Fin dai tempi di Leibniz, gli studiosi hanno sottolineato che anche se si potesse scrutare nel cervello con una conoscenza completa della sua struttura fisica e delle attività delle cellule nervose, non si vedrebbe niente che possa descrivere l'esperienza soggettiva. Si vedrebbero solo strutture cellulari, le loro connessioni, la produzione di impulsi nervosi e altri eventi elettrofisiologici collegati a cambiamenti chimici metabolici. Il fondamento dei nostri studi sperimentali sulla fisiologia dell'esperienza cosciente (iniziati alla fine degli anni Cinquanta) è stato che per comprendere la relazione fra i processi cerebrali osservabili esternamente e le esperienze soggettive collegate, introspettive e riferibili, processi ed esperienze devono essere studiati contemporaneamente in quanto categorie indipendenti. L'assunzione che una natura deterministica del mondo fisicamente osservabile possa spiegare le funzioni e gli eventi coscienti soggettivi è una credenza speculativa, non una proposizione scientificamente provata. (Come è noto, la fisica moderna ci insegna che anche gli eventi fisici possono essere non determinati o predi-

cibili. Ma anche in tali condizioni, questi eventi fisici stanno seguendo le leggi naturali a livello macroscopico. Il che, però, non esclude la possibilità che gli eventi fisici siano suscettibili a livello microscopico di una "forza mentale" esterna, secondo modalità non osservabili o rilevabili.)

Il non determinismo – la concezione per cui il conscio potrebbe, talvolta, esercitare effetti non in accordo con le leggi fisiche note – è anch'esso, naturalmente, una credenza speculativa non provata. L'idea che il conscio possa influenzare la funzione cerebrale in violazione delle leggi fisiche note può prendere due forme. La prima è che le violazioni non sono rilevabili, dal momento che le azioni della mente possono essere a un livello inferiore a quello dell'indeterminazione permessa dalla meccanica quantistica. (Se quest'ultima ipotesi condizionale possa in effetti essere sostenuta è un tema che deve essere ancora risolto.) Quest'idea permetterebbe, quindi, l'esistenza di un libero arbitrio non deterministico senza una violazione *percepibile* delle leggi fisiche.

Un secondo punto di vista sostiene che le violazioni delle leggi fisiche note sono abbastanza grandi da essere rilevate, almeno in linea di principio. Ma si può supporre che le effettive possibilità di rilevazione in pratica siano nulle. Le difficoltà nella rilevazione sono particolarmente vere se la volontà cosciente è in grado di esercitare la sua influenza attraverso azioni minimali su elementi neurali relativamente poco numerosi, cioè se queste azioni possono servire come innesco per schemi amplificati di cellule nervose dell'attività del cervello. In ogni caso, non abbiamo una risposta scientifica alla questione di quale teoria (deterministica o non deterministica) descriva in maniera corretta la natura del libero arbitrio.

È comunque importante riconoscere un'esperienza quasi universale: in certe situazioni noi possiamo agire, e agire con una scelta libera e indipendente, e decidere se agire o no. L'esempio più semplice è quello che abbiamo adoperato anche nel nostro studio sperimentale – la volontà cosciente di piegare il polso liberamente, a piacere. Questo fornisce una specie di prova *prima facie* che i processi mentali coscienti possano causalmente

controllare alcuni processi cerebrali (Libet, 1993a, 1993b, 1994). Ovviamente, occorre precisare la natura di questa esperienza. Le nostre scoperte sperimentali mostravano che il libero arbitrio cosciente *non dà inizio* al processo finale “agisci adesso”, ma – come abbiamo discusso nei paragrafi precedenti – la volontà cosciente ha certamente la potenzialità di controllare il progresso e il risultato del processo di volizione. Quindi, l'esperienza di una scelta indipendente e di controllo (se agire o no, e quando agire) deve avere una qualche validità potenzialmente solida: non sembra essere pura illusione. Resta ancora da chiarire quale sia la natura cerebrale del considerare *scelte* di azione tramite una decisione cosciente e della pianificazione che precede ogni processo “agisci adesso”.

Come si incastra questa esperienza nella visione di uno scienziato sperimentale? Sembra ci siano più difficoltà con l'opzione deterministica che con quella non deterministica. Il fatto fenomenologico è che la maggior parte di noi sente che *abbiamo* una specie di libero arbitrio, almeno per alcune delle nostre azioni, all'interno di certi limiti imposti dalla condizione del nostro cervello e dall'ambiente. Le nostre intuizioni sul fenomeno del libero arbitrio formano una base fondamentale per le nostre idee sulla natura umana. Bisogna fare molta attenzione a non credere a sedicenti conclusioni scientifiche sulla nostra natura umana, che dipendono invece da assunzioni surrettiziamente *ad hoc*. Una teoria che si limita a interpretare il fenomeno del libero arbitrio come illusorio e nega la validità di questo fatto fenomenologico è meno interessante di una teoria che accetta o accoglie un tale fatto.

Dato che la questione è così importante per la nostra idea di chi e cosa siamo, l'affermazione per cui il nostro libero arbitrio sarebbe solo illusione dovrebbe essere basata su una evidenza piuttosto diretta. Le teorie dovrebbero spiegare le osservazioni, non toglierle di mezzo o distorcerle, a meno che non ci sia una prova potente che autorizzi tale giustizia sommaria. Una evidenza di questo tipo non è disponibile e i deterministi non hanno proposto nessun esperimento per controllare la loro teoria. Le elaborate proposte che il libero arbitrio sarebbe illusorio

– come quella di Wegner – ricadono in questa categoria. È da pazzi rinunciare all'idea di noi stessi come dotati di una qualche libertà d'azione e di non essere robot predeterminati, solo sulla base di una teoria indimostrata sul determinismo.

La mia conclusione sul libero arbitrio – libero per davvero, in senso non deterministico – è che la sua esistenza è un'opinione scientifica altrettanto buona, se non migliore, della sua negazione in base alla teoria deterministica delle leggi naturali. Data la natura speculativa di entrambe le teorie, quella deterministica e quella non deterministica, perché non adottare il punto di vista che abbiamo il libero arbitrio, almeno finché non compaia – ammesso che compaia – qualche evidenza che realmente lo contraddica? Questo ci permetterebbe, almeno, di procedere in un modo che accetta e accoglie i nostri più profondi convincimenti e il comune sentire, che ci dicono che il libero arbitrio lo possediamo. Non dovremmo considerarci delle macchine che agiscono in maniera completamente controllata da leggi fisiche note. Una scelta così permissiva è stata recentemente proposta dal neurobiologo Roger Sperry (vedi Doty, 1998).

Mi piace così concludere con una citazione del grande scrittore Isaac Bashevis Singer. Questi sosteneva con forza la sua convinzione dell'esistenza del libero arbitrio. In un'intervista rilasciata nel 1968 diceva:

Il più grande dono che l'umanità abbia ricevuto è la libera scelta. È vero che abbiamo dei limiti nel farne uso. Ma quella piccola libertà di scelta che abbiamo è un dono così grande e potenzialmente così ricco che la vita vale la pena di essere vissuta proprio per esso. (Singer, 1968)

5

IL CAMPO MENTALE COSCIENTE

UNA TEORIA SU COME IL MENTALE NASCE DAL FISICO

La fisica attuale rappresenta un insieme restrittivo di fatti e ragioni – validi solo per gli oggetti inanimati. Dovrà essere rimpiazzata da nuove leggi, basate su nuovi concetti, nel caso in cui debbano essere descritti organismi dotati di coscienza.

EUGENE WIGNER, premio Nobel per la fisica

5.1 QUAL È IL PROBLEMA?

Forse, la domanda più profonda che possiamo porci è come possa l'esperienza cosciente soggettiva nascere dalle attività delle cellule nervose del cervello. In altri termini: come può il mentale derivare dal fisico? Non vi è dubbio che le attività neurali appropriate del cervello umano siano essenziali per la comparsa del mentale o dell'esperienza soggettiva. Comunque, se si osservasse questa attività neurale e le strutture neurali coinvolte, non si vedrebbe niente che somigli all'esperienza soggettiva. È possibile affrontare in maniera sperimentale questa profonda domanda? Per poter fare un tentativo in questo senso è necessario ammettere che l'esperienza soggettiva non può essere direttamente misurata per mezzo di strumentazioni esterne oggettive o da osservazioni esterne: l'esperienza soggettiva cosciente è accessibile solo all'individuo che la esperisce. Ma, nondimeno, compare solo in relazione ad appropriate attività neurali del cervello. Per poter essere studiata richiede

un resoconto introspettivo da parte di un individuo che descriva la sua esperienza o la sua consapevolezza di qualcosa.

Abbiamo visto come la relazione tra esperienza cosciente e attività neurali del cervello possa essere studiata in modo soddisfacente prendendo in esame i due aspetti assieme, come variabili indipendenti ma collegate. Le attività neurali e l'esperienza cosciente devono cioè essere osservate durante lo stesso evento, per scoprire quali attività cerebrali possano indicare un'esperienza cosciente. La significatività di una qualsiasi di queste attività per l'esperienza cosciente può essere stabilita solo sulla base di studi sull'esperienza cosciente stessa e le funzioni cerebrali, effettuati in concomitanza.

Comunque, anche uno studio che abbia successo sulle relazioni tra l'esperienza cosciente e le attività neurali, nonostante la sua importanza, non risolverà ancora il problema più profondo: come può il fenomeno non fisico dell'esperienza soggettiva derivare da qualcosa di categoricamente diverso, come le attività fisiche delle cellule nervose? È questo il "problema difficile", come lo ha chiamato il filosofo David Chalmers (Chalmers, 1996).

Chalmers ha tentato di risolverlo proponendo una teoria dell'informazione con un doppio aspetto: fisico e fenomenico (Chalmers, 1995). L'esperienza emergerebbe, per l'appunto, dall'aspetto fenomenico o coinciderebbe con esso. Questa proposta, che sembra essere una versione della teoria dell'identità, non è convincente per varie ragioni (Libet, 1996). La teoria dell'identità postula che esista un "substrato" comune per tutta la realtà, e che questo substrato abbia una "qualità esteriore" osservabile e una "qualità interiore". La qualità esteriore è ciò che vediamo e misuriamo come cervello fisico; la qualità interiore dell'esperienza soggettiva non è accessibile a un osservatore esterno. Ma la teoria dell'identità, anche nella versione di Chalmers, non è controllabile; non è, di conseguenza, una teoria scientifica. Una soluzione diversa e controllabile, il campo mentale cosciente unificato, verrà presentata in questo capitolo.

Il filosofo Colin McGinn considera questo problema una

“questione cui non si può rispondere”. Non vede alcun modo concepibile con cui possiamo spiegare la coscienza e l’esperienza soggettiva in termini dell’ordine fisico naturale (McGinn, 1999). Spinoza credeva di aver risolto il problema affermando che “i pensieri e le esperienze sono sempre identici a una sequenza di cambiamenti oggettivi del cervello e del corpo”. Questo punto di vista soffre degli stessi problemi della teoria dell’identità in generale. Tanto per cominciare, non è falsificabile e non sembra offrire una spiegazione di come il mentale e il fisico siano in collegamento causale; inoltre, riposa su un assunto metafisico, anche se affascinante. Proverò a mostrare che è possibile proporre una teoria sottoponibile a controllo sperimentale come risposta al problema del rapporto fra il mentale e il fisico.

Oltre a Colin McGinn e David Chalmers, molti altri filosofi affrontano nei loro scritti il problema di come collegare attività cerebrali ed esperienza cosciente soggettiva. Tra questi John Searle (1992), Daniel Dennett (1991), Paul e Patricia Churchland (1998). I Churchland rappresentano un caso limite tra i vari punti di vista: sostengono, infatti, che i fenomeni mentali soggettivi sono riducibili agli eventi fisici delle cellule nervose. “Difendono una dottrina di materialismo eliminativo. L’idea – per dirla brutalmente – è che gli stati mentali non esistano. Ne *parliamo* come se esistessero quando usiamo la cosiddetta psicologia del senso comune” (McGinn, 1999, p. 46). Dovremmo cioè accontentarci di descrivere l’esperienza cosciente in termini delle attività dei circuiti neurali. “La mente è un mito”, secondo il loro punto di vista.

All’altro estremo, Searle considera l’esperienza cosciente come un fenomeno reale, non riducibile alle attività fisiche dei neuroni del cervello (Searle, 1992). Questo punto di vista, ovviamente, non è solo di Searle. Anche il mio lavoro sperimentale dalla fine degli anni Cinquanta è basato sull’irriducibilità delle due categorie di fenomeni, il mentale e il fisico. Anche McGinn condivide questa idea, sebbene, come me, non sia d’accordo con le elaborazioni successive di Searle a questo proposito.

Se i Churchland vogliono considerarsi completamente determinati dagli eventi materiali delle loro cellule nervose, ne hanno tutto il diritto, anche se altri sentono di avere una mente vera e reale e cosciente, una mente che non è un automa. In effetti, fu Descartes nel XVII secolo che si pose la domanda: "Esiste qualcosa della cui realtà sono veramente certo?". E la risposta fu che è la mia mente (o, in altre parole, l'esperienza soggettiva e cosciente) l'unica cosa della cui realtà posso non dubitare.

Searle sostiene che il raggiungimento di una conoscenza completa degli eventi neurali che sono collegati con l'esperienza cosciente ci spiegherà tutto ciò che possiamo sapere sulla relazione mente-cervello. Egli considera la coscienza semplicemente come un processo biologico di ordine elevato che coinvolge i neuroni del cervello. Come osserva McGinn, Searle non risponde alla domanda centrale di come il processo biologico dell'esperienza cosciente derivi dalle proprietà fisiche a basso livello dei neuroni. Ciò che ci "offre come soluzione del problema è, in realtà, solo una sua enunciazione" (McGinn, 1999).

Ma Searle si è spinto anche oltre, presentando (Searle, 2000a) il suo punto di vista riguardo a come l'esperienza cosciente e la libera azione si colleghino alla funzione del cervello. Il modello di Searle, in questo caso, non è in accordo con le evidenze sperimentali (Libet, 1985) che, anzi, lo contraddicono. Per esempio, Searle afferma che il "Sé" cosciente è in grado di *dare inizio* a un'azione volontaria. Ma le nostre scoperte sperimentali dimostrano che il processo di "agire adesso" si è iniziato in maniera inconscia. Il modello di Searle propone che appaia, nell'"intervallo" tra prendere la decisione di agire e l'inizio del processo di azione, "la libertà della volontà". Ma l'intervallo è quello *inconscio* di circa 400 msec tra l'iniziarsi della decisione e la decisione cosciente (vedi il mio commento a proposito della proposta di Searle in Libet, 2001). Come nel caso di molte delle speculazioni dei filosofi sul problema del rapporto mente-cervello, i modelli di Searle non sono stati sottoposti a controlli sperimentali e non potrebbero nemmeno esserlo.

L'unità dell'esperienza cosciente è un fenomeno che è parte del “problema difficile”. Un esempio ovvio è dato dalla nostra esperienza di un'immagine visiva. L'immagine è basata sulle attività di migliaia di cellule nervose che si trovano nell'area visiva primaria della corteccia cerebrale. La disposizione spaziale di tali attività in questa area ricevente è distorta rispetto all'immagine che vediamo. Altre caratteristiche dell'immagine sono rappresentate o sviluppate in altre aree corticali visive, specializzate nella visione dei colori, nel movimento dell'immagine, nel riconoscimento delle facce, e così via. Nonostante questo insieme complesso di funzioni neurali separate, vediamo soggettivamente un'immagine unificata, con tutti questi elementi visivi integrati in maniera armoniosa. Questo è solo un piccolo esempio della nostra esperienza unificata e integrata che deriva dai complessi schemi di attività delle cellule nervose.

Ancora un altro aspetto del “problema difficile” è la questione di come operi il libero arbitrio. Se il libero arbitrio viene accettato come un fenomeno valido, è necessaria una funzione mentale cosciente – presumibilmente non fisica – che influenzi le attività delle cellule nervose – fisiche. Questo problema è l'inverso della questione di come le cellule fisiche nervose possano dare origine all'esperienza soggettiva cosciente. E si potrebbe continuare. Anzi, Robert Doty ha esposto con eleganza ben “cinque misteri della mente” (Doty, 1998).

5.1.1 I fenomeni emergenti sono collegati al problema?

Nel mondo fisico sappiamo che i fenomeni che manifesta un sistema possono non essere evidenti nelle proprietà delle sotto-unità che costituiscono il sistema. Per esempio, il benzene è un composto costituito da sei atomi di carbonio e sei di idrogeno. Nel 1865 il chimico tedesco Friedrich August Kekulé propose che i sei atomi di carbonio fossero connessi in una struttura ad anello, con gli idrogeni legati all'anello nelle sei congiunzioni tra i sei atomi di carbonio. Si tratta del famoso anello del benzene, fondamentale per la chimica organica (e per la biologia). Le proprietà del benzene (come solvente or-

ganico, e così via) non avrebbero potuto essere predette, *a priori*, dalle proprietà degli atomi di carbonio e idrogeno: dal sistema ad anello di C_6H_6 emerge una nuova proprietà. Allo stesso modo, le proprietà della ruota non sono deducibili dalle proprietà dei materiali usati per costruire la ruota (come notato da Sperry, 1980). La proprietà della ruota di rotolare emerge dal sistema creato dalla sistemazione specifica dei materiali usati per fare la ruota. La comparsa di un campo magnetico attorno a un filo che conduce corrente elettrica è anch'esso un fenomeno che emerge in quel sistema. Come ebbe a dire l'astrofisico Sir Arthur Eddington:

Credevamo che conoscendo una cosa e poi un'altra cosa se ne conoscessero due, visto che uno più uno fa due. Ma stiamo scoprendo adesso che dobbiamo imparare meglio cosa significa quel "più". (cit. in Josephson, 1993)

In altre parole, ci sono proprietà dei sistemi che non sono evidenti nelle parti che li compongono.

Siamo praticamente costretti a considerare l'esperienza cosciente soggettiva alla stessa maniera, come un fenomeno che in qualche modo emerge da appropriate attività di sistema delle cellule fisiche nervose del cervello. Tuttavia, a differenza dei fenomeni fisici emergenti, l'esperienza soggettiva che si manifesta non è direttamente osservabile o misurabile da alcun mezzo fisico, dal momento che l'esperienza soggettiva è accessibile solamente all'individuo che la esperisce. Chiaramente, l'esperienza soggettiva emergente da questo sistema è diversa dalle proprietà delle cellule nervose responsabili; non avrebbe potuto essere un esito previsto di queste attività neurali. Non dovrebbe stupire il fatto che l'esperienza soggettiva presenti caratteristiche inaspettate e uniche.

Il perché l'esperienza soggettiva si manifesti a partire da attività neurali appropriate potrebbe essere una domanda cui non si può rispondere, non più di quanto si possa fare in altri casi che coinvolgono fenomeni fondamentali. Perché la massa ha inerzia? Perché le masse presentano l'attrazione gravitazio-

nale? Perché la materia si comporta sia in maniera ondulatoria sia quantistica? I fenomeni fisici fondamentali non sono riducibili o spiegabili. Li accettiamo semplicemente come “dati” nella natura delle cose. Possiamo solamente studiare come queste manifestazioni influenzino, interagiscano e controllino ciò che avviene nel mondo fisico.

Potremmo quindi considerare l'esperienza cosciente soggettiva come un'altra proprietà, fondamentale e unica, della natura. Essa possiede caratteristiche uniche, che *si aggiungono* alla consapevolezza stessa: in particolare, l'unità dell'esperienza soggettiva e la sua potenzialità di influenzare le attività delle cellule nervose. Anche queste caratteristiche non sono evidenti nel substrato neurale da cui emerge l'esperienza soggettiva.

5.1.2 Come trattare l'unità dell'esperienza soggettiva cosciente

Uno dei più misteriosi e apparentemente inestricabili problemi nella relazione mente-cervello è quello dell'unità e della natura integrata dell'esperienza cosciente. Abbiamo un cervello con un numero stimato di 100 miliardi di neuroni, ciascuno dei quali può avere migliaia di interconnessioni con gli altri. È sempre più evidente che molte funzioni della corteccia cerebrale sono localizzate. E questo è vero non solo per le aree sensoriali primarie di ciascuna modalità sensoriale, per le aree motorie che comandano il movimento, e per le aree del discorso e del linguaggio – tutte localizzazioni note da tempo. Molte altre funzioni hanno ora trovato le loro rappresentazioni localizzate: le interpretazioni visive del colore, della forma e della velocità delle immagini; il riconoscimento delle facce umane; la preparazione di atti motori. La localizzazione delle funzioni sembra estendersi anche a livello microscopico all'interno di ciascuna area data. La corteccia cerebrale sembra essere organizzata funzionalmente e anatomicamente in colonne verticali di cellule, di un millimetro circa di spessore; ci sono interconnessioni distinte all'interno della colonna e con altre colonne vicine e lontane, e anche con strutture subcorticali

selettive. Questa visione colonnare delle strutture è iniziata con le scoperte di Vernon B. Mountcastle; e i suoi primi studi (Mountcastle, 1957) sono stati poi notevolmente ampliati da lui e da altri. Per esempio, ci sono localizzazioni colonnari delle forme e dei movimenti visivi e della visione binoculare, come scoperto da Hubel e Wiesel (1962).

Nonostante questo insieme enormemente complesso di funzioni localizzate e di rappresentazioni, le esperienze coscienti, collegate a queste caratteristiche neurali o da esse indotte, hanno una natura unificata e integrata. Per esempio, soggettivamente vediamo un oggetto o una certa disposizione dell'ambiente in cui ci troviamo come immagine di un tutto unificato e armonioso, anche se la rappresentazione cerebrale di quell'immagine *non* è unificata allo stesso modo. Tutto ciò che raggiunge la consapevolezza non è percepito come un insieme infinitamente dettagliato di eventi esasperatamente individualizzati. Si può proporre che questa incredibile discrepanza fra le rappresentazioni neurali particolari e l'esperienza cosciente unitaria e integrata debba essere accettata semplicemente, come parte di una generale mancanza di isomorfismo tra eventi mentali e neurali. Ma con questo ci limitiamo ad appiccicare etichette verbali al fenomeno, evitando il problema più profondo di come, nonostante questa mancanza di corrispondenza, si abbia comunque un'esperienza unificata. Non si vorrebbe escludere la possibilità che esista un qualche processo o fenomeno unificante in grado di mediare la profonda trasformazione di cui stiamo parlando.

Il problema generale dell'unità che si ha a livello soggettivo rispetto alla mancanza di unità del livello fisico-neurale è stato riconosciuto da molti altri, a cominciare da uno dei fondatori della moderna neurofisiologia, Charles Scott Sherrington (vedi Sherrington, 1940), e forse anche da prima. Eccles (Popper, Eccles, 1977) ha proposto che l'unità di cui si fa esperienza non derivi da una sintesi neurofisiologica ma dal carattere integrato della mente cosciente di sé. Avanzava questa proposta assieme al punto di vista dualistico e interazionistico secondo il quale una mente separata e non materiale potrebbe indivi-

duare e integrare le attività neurali. Anche alcuni neuroscienziati più inclini al monismo sono arrivati a idee simili (per esempio, Sperry, 1952, 1980; Doty, 1984) – in altre parole, l'integrazione sembra essere imputabile alla sfera mentale che risulta dalle attività neurali.

Si è sviluppato un consenso crescente intorno all'idea per cui non sarebbe probabile che una singola cellula o un gruppo di cellule possano essere la sede dell'esperienza cosciente, ma che invece l'esperienza cosciente sia un attributo di una funzione del cervello più globale o distribuita (vedi, per esempio, Edelman, Mountcastle, 1978; Baars, 1988). Ma non tutti i gruppi di cellule del cervello sono coinvolti nella produzione della consapevolezza. Abbiamo dimostrato sperimentalmente che non tutte le attività delle cellule nervose danno origine a un'esperienza cosciente (Libet, 1973, 1985; Libet et al., 1991). Per esempio, un treno *breve* (diciamo con una durata di 100 msec) di impulsi di stimolo applicato alla corteccia cerebrale induce risposte di molte cellule nervose senza alcuna esperienza soggettiva.

Più recentemente, Singer e collaboratori hanno scoperto una diffusa sincronizzazione di risposte neurali oscillatorie in risposta a certe configurazioni visive (Gray, Singer, 1989; Singer, 1991, 1993). Singer ne trae la conclusione che i loro risultati "forniscono il supporto sperimentale per il postulato centrale della teoria della selezione dei gruppi neurali di Edelman". Questi risultati hanno condotto a ipotizzare che un modello di "correlazione" potrebbe rappresentare il codice neurale per il riconoscimento di un'immagine unificata in un background altrimenti caotico. Cioè, la correlazione sincrona di oscillazioni elettriche fornirebbe un'immagine soggettiva unificata. Questa ipotesi deve ancora essere controllata direttamente. Ma anche se venisse scoperta una correlazione propria tra la sincronizzazione dei neuroni e un'esperienza soggettiva unificata, questo non spiegherebbe perché l'esperienza soggettiva sia unificata in maniera tanto completa; perché non ci siano vuoti nella rappresentazione spaziale e nella colorazione delle immagini, a differenza delle attività sincronizzate di gruppi separati di cellule nervose.

5.1.3 Come nasce il libero arbitrio?

Un altro problema apparentemente non affrontabile nella relazione mente-cervello è la questione se l'interazione fra mente e cervello possa andare in entrambe le direzioni. Non c'è dubbio che eventi o processi cerebrali possano influenzare, controllare e presumibilmente "produrre" eventi mentali, compresi quelli coscienti. L'inverso di questo principio, che i processi mentali possano influenzare o controllare quelli neurali è stato generalmente considerato inaccettabile da molti scienziati sulla base di principi filosofici (spesso non enunciati esplicitamente). Comunque, la nostra sensazione di controllo cosciente di almeno alcune delle nostre azioni comportamentali e operazioni mentali sembrerebbe fornire, *prima facie*, le evidenze per tale interazione inversa.

Questa inversione caratteristica è ovviamente fondamentale nel caso del libero arbitrio (vedi capitolo 4). Storicamente, sono stati proposti molti punti di vista riguardo alla mente che influenza il cervello, soprattutto da teologi e filosofi. Queste proposte hanno avuto importanti effetti, anche provocatori, sulle popolazioni del mondo. Tuttavia, non sono in pratica sottoponibili a controllo sulla base di criteri oggettivi e scientifici.

Anche le tesi serie e dettagliate proposte da neuroscienziati hanno rappresentato soluzioni speculative che inducono a riflettere, ma che non sono controllabili sperimentalmente. Sir John Eccles (1990), vincitore di un Nobel per la neurobiologia, ha proposto una soluzione dualistica. Secondo questa teoria, esisterebbero unità mentali, dette "psiconi" (*psychons*), separate dalle cellule nervose ma che possono influenzare la probabilità del rilascio della sostanza chimica trasmettitrice nelle giunzioni sinaptiche. Questo permetterebbe agli psiconi di influenzare la capacità di una certa cellula nervosa di inviare un messaggio alla cellula successiva nella sua rete. Roger Sperry, il premio Nobel che stabilì che i lati destro e sinistro del cervello potevano funzionare in maniera diversa e perfino indipendente, propose una soluzione monistica che non separava gli attributi fisici e mentali della funzione cerebrale

(Sperry, 1980). Sperry sosteneva che l'attività mentale emerge dal sistema fisico, il cervello. Ma l'attività mentale emergente può, a sua volta, influenzare l'attività neurale del cervello. Limitò questa influenza a un "sopravvenire" – ma non a "intervenire" – nelle attività neurali. Questa limitazione permise a Sperry di mantenere una concezione deterministica. Comunque, dopo aver lottato per decenni con il problema di come adattare un aspetto di libero arbitrio degli esseri umani con il punto di vista deterministico, Sperry finì con l'abbandonare il determinismo stretto. Optò per la possibilità che le funzioni mentali possano, in effetti, controllare alcune attività neurali in maniera non completamente governata dalle leggi naturali del mondo fisico (vedi Doty, 1998). Sfortunatamente, entrambi questi punti di vista (di Eccles e di Sperry) rimangono teorie filosofiche dotate di capacità di spiegazione, ma prive di una formulazione sottoponibile a controllo sperimentale.

5.2 IL CAMPO MENTALE COSCIENTE PUÒ ESSERE UNA SOLUZIONE?

La mia proposta di soluzione – controllabile sperimentalmente – ai problemi che entrambi gli aspetti della relazione mente-cervello pongono, è la seguente. Si potrebbe concepire l'esperienza soggettiva cosciente come se fosse un *campo*, prodotto da appropriate, per quanto molteplici e multiformi, attività neurali del cervello (Libet, 1993a, 1993b, 1994). Un tale campo permetterebbe una forma di comunicazione all'interno della corteccia cerebrale, senza passare attraverso le connessioni e le vie neurali corticali.

Un campo mentale cosciente (CMC) potrebbe costituire il mediatore tra le attività fisiche delle cellule nervose e la comparsa dell'esperienza soggettiva. Offrirebbe, quindi, una risposta alla domanda profonda di come il mentale, il non-fisico, si origini dal fisico.

Il primo e più importante attributo (o qualità) del CMC dovrebbe essere quello dell'esperienza soggettiva unificata o u-

nitaria. In altri termini, il CMC sarebbe l'entità in cui è presente l'esperienza soggettiva unificata. Un secondo attributo sarebbe la capacità causale di influenzare o alterare alcune funzioni neurali. Cercare di descrivere in termini di CMC l'esperienza soggettiva può fornire un valore aggiunto in termini di significato e di potere esplicativo, e ciò diventerà più evidente con i test che proporremo per mettere alla prova la teoria. L'ipotesi del CMC rappresenta cioè qualcosa di più che semplicemente un altro termine per riferirsi alla "esperienza soggettiva unificata".

Il CMC che stiamo ipotizzando *non* ricadrebbe in nessuna delle categorie dei campi fisici noti, come quello elettromagnetico, gravitazionale, e così via. Il campo mentale cosciente apparterrebbe a una categoria fenomenologica indipendente; non è infatti descrivibile in termini di nessun evento fisico osservabile esternamente né di nessuna teoria fisica nota, almeno allo stato attuale delle conoscenze. Come per tutti gli eventi soggettivi, il CMC sarebbe individuabile solo in termini di esperienza soggettiva, accessibile solo all'individuo che la compie e la prova. Un osservatore esterno potrebbe ottenere valide evidenze dirette sul campo mentale cosciente solamente attraverso un resoconto introspettivo del singolo soggetto. In questo senso il campo mentale cosciente sarebbe diverso da tutti i campi fisici conosciuti, la cui esistenza e le cui caratteristiche sono riconducibili a osservazioni fisiche. La teoria del CMC può essere vista come un'estensione della teoria di Roger Sperry del "mentale" come proprietà emergente del cervello "fisico".

Il CMC proposto dovrebbe essere considerato come un fenomeno operativo; in altre parole, come un aspetto funzionante e controllabile della funzione cerebrale. Si può pensare al CMC come qualcosa di analogo ai campi di forza fisici conosciuti (vedi Libet, 1997; Popper et al., 1993). Per esempio, un campo magnetico viene prodotto dalla corrente elettrica che scorre in un conduttore; ma può, viceversa, influenzare il flusso di corrente. Comunque, come si è detto, il CMC non può essere osservato direttamente con mezzi fisici esterni.

La qualità primaria del CMC riguarda l'esperienza soggettiva unificata. In che modo questa qualità può essere connessa alla produzione dell'esperienza a partire dai contributi provenienti dalle aree neurali locali? Alterazioni locali del CMC si rifletterebbero in un campo complessivamente mutato, ma non sarebbe richiesto un meccanismo separato per la trasmissione e l'integrazione di tali contributi locali. Pensare in termini di trasmissione e processo integrativo significherebbe, infatti, continuare a pensare in termini di eventi neurali esternamente osservabili. Il che vuol dire fraintendere la natura del CMC che sto proponendo: essa appartiene a una categoria fenomenologica non riducibile (anche se intimamente legata) ai processi neurali. Senza dubbio, ci sono regole per le relazioni (o, almeno per la maggior parte di esse) tra il CMC e i processi neurali osservabili esternamente. Ma le regole non sono descrivibili *a priori* – non prima, cioè, di essere scoperte con lo studio di tutti e due i fenomeni simultaneamente (vedi Libet, 1987, 1989).

Negli studi sullo *split-brain* (il “cervello diviso”) di Sperry (Sperry, 1985; Sperry et al., 1969), venivano tagliate le commisure principali di comunicazione, i grandi fasci di fibre nervose che connettono i due emisferi cerebrali. I neurochirurghi eseguono questa operazione per tenere sotto controllo gli attacchi epilettici che rimbalzano avanti e indietro fra i due emisferi. Si è così scoperto che nei due lati possono esserci simultaneamente contenuti differenti. Di solito, i due emisferi comunicano uno con l'altro per mezzo delle grandi commisure e condividono la stessa informazione. Quando le commisure vengono resecate, i nuovi contenuti degli eventi mentali nell'emisfero destro non sono a disposizione dell'emisfero sinistro, e viceversa. Si può presumere che, stando così le cose, qualsiasi contributo che l'attività dell'emisfero destro può dare a un campo mentale non possa alterare direttamente un CMC dell'emisfero sinistro. In uno *split-brain*, l'unità del CMC verrebbe ristretta a un dato emisfero. Inoltre, i contributi delle aree neurali locali al CMC complessivo di un emisfero sarebbero in grado di avere effetto solo se contigui a quelli di altre

aree; in altre parole, i contributi non sarebbero efficaci attraverso vuoti spaziali di una certa dimensione, o attraverso barriere di tessuti di dimensione paragonabile a quella tra i due emisferi. Se il CMC non può attraversare le barriere fra i due emisferi adiacenti, chiaramente non può fornirci la base per la trasmissione o la ricezione di messaggi fra i cervelli di due persone. La telepatia mentale non rientra nelle possibilità della teoria del campo mentale cosciente. Sperry aveva già sottolineato che i fenomeni dello *split-brain* depongono a sfavore della telepatia mentale tra persone, visto che un emisfero non può comunicare con l'emisfero adiacente in assenza dei principali fasci nervosi di interconnessione (vedi Sperry, 1984; ma anche Buser, 1998).

Fra l'altro, questi aspetti fanno sorgere altre domande fondamentali: l'emisfero destro è cosciente? Ci sono due Sé in un individuo, uno per ciascun emisfero?

Sembra che l'emisfero destro possa essere cosciente, anche se ha una capacità molto limitata di parlare. Ho avuto occasione di studiare la videoregistrazione di un paziente al quale, per una malattia, era stato rimosso chirurgicamente l'emisfero sinistro, rimozione effettuata quando il paziente era già adulto. Il fattore età aveva impedito i possibili aggiustamenti che si possono verificare nell'emisfero destro quando quello sinistro viene rimosso (o è assente per altre ragioni) nell'infanzia. Questo paziente adulto si comportava come se fosse cosciente. Appariva vigile; rispondeva alle domande in maniera appropriata. Talvolta, quando non era in grado di rispondere verbalmente, si mostrava frustrato e pieno di disappunto e delusione per queste sue limitazioni.

La questione dei due Sé è una delle più complesse (vedi Bogen, 1986; Doty, 1999). I pazienti con cervello diviso non riferiscono disturbi emotivi relativamente al loro sentirsi persone "unificate". Sentono se stessi, cioè, come la stessa, unica, persona che erano prima della separazione chirurgica degli emisferi. Entrambi gli emisferi possono ricevere la stessa informazione sensoriale, se non sono sottoposti a test con input ristretti a un solo emisfero. Gli occhi di questi pazienti possono

percorrere gli stessi campi visivi. Inoltre, è degno di nota che non riportino la sensazione che agisca al loro interno un partner cosciente e continuano a sentirsi come un essere unico.

Possiamo dunque supporre che qualche aspetto del CMC che stiamo ipotizzando possa in effetti collegare i due emisferi. Oppure si può supporre che esista nei livelli inferiori del cervello, al di sotto degli emisferi cerebrali, una sorta di "sot-topassaggio" neurale capace di spiegare in qualche modo la personalità unificata.

5.3 SI PUÒ PROGETTARE UN ESPERIMENTO PER METTERE ALLA PROVA LA TEORIA DEL CAMPO MENTALE?

Perché possa essere presa in considerazione, qualunque teoria scientifica deve poter essere sottoposta a controllo sperimentale. Soprattutto una come quella del CMC. Tale teoria permette di fare predizioni cruciali che possono essere, almeno in linea di principio, valutate sperimentalmente. Se aree locali della corteccia cerebrale possono arricchire o alterare indipendentemente il più ampio CMC unitario, dovrebbe essere possibile dimostrare l'esistenza di questi contributi quando:

1. l'area corticale è completamente isolata o tagliata via da tutte le comunicazioni neurali col resto del cervello;
2. l'area rimane *in situ*, viva e mantenuta adeguatamente funzionante con modalità che assomiglino abbastanza al suo normale comportamento.

Le predizioni sperimentali che devono essere controllate sarebbero le seguenti: un'adeguata attivazione chimica o elettrica del tessuto isolato dovrebbe produrre o influenzare un'esperienza cosciente anche nel caso in cui il tessuto non abbia connessioni neurali col resto del cervello. In tal caso, la comunicazione potrebbe verificarsi solo sotto forma di un qualche campo indipendente dalle vie nervose.

I ricercatori dovrebbero controllare la possibilità di diffusione delle influenze dal blocco isolato attraverso vie fisiche

non neurali (per esempio, flussi di corrente elettrica). Se un'esperienza soggettiva fosse indotta e riferita nel giro di un secondo circa, ciò tenderebbe a escludere una sua espansione per diffusione chimica o per cambiamenti della circolazione vascolare o dei contenuti del sangue in circolo (vedi Ingvar, 1955).

Un isolamento neurale adeguato potrebbe ottenersi in uno di questi due modi:

- 1) con la rimozione chirurgica di tutti i collegamenti con il resto del cervello, lasciando però intatti sufficienti collegamenti vascolari e circolatori;
- 2) con il blocco temporaneo di tutti i collegamenti nervosi in entrata e in uscita di un'area.

Discuteremo dell'isolamento chirurgico più avanti in questo capitolo.

L'isolamento funzionale si potrebbe ottenere iniettando agenti bloccanti in piccole quantità che formino una barriera ad anello attorno e sotto una precisa "fetta" di corteccia cerebrale. Si potrebbe usare un anestetico locale, come la procaina tamponata a pH 7,4 in soluzione di Ringer. Oppure si potrebbe usare la tetrodotossina (una neurotossina capace di bloccare i potenziali d'azione mediati dai canali del sodio), in combinazione con un inibitore dei canali del calcio come il verapamil (per assicurarsi che i potenziali d'azione mediati dal calcio vengano anch'essi bloccati). Il vantaggio di questo isolamento ottenuto con mezzi farmacologici è la sua reversibilità, e questo significa che potrebbe essere usato su aree della corteccia su cui non sono stati programmati interventi di escissione, allargando così notevolmente il numero di soggetti potenziali (ammesso che altri fattori di rischio fossero affrontati adeguatamente). Il metodo ha però anche degli svantaggi:

- 1) c'è la difficoltà di limitare il blocco a una stretta fascia attorno alla zona di cervello interessata, a causa della diffusione delle sostanze;
- 2) è necessario dimostrare che si è ottenuto un blocco completo;
- 3) si avrebbe una riduzione della capacità di introdurre input neurali nella zona di cervello isolata, eccitando le fibre

nervose ascendenti della zona stessa, ma vicino al suo bordo inferiore: il blocco chimico renderebbe inattive alcune porzioni di queste fibre nervose per diffusione locale delle sostanze.

5.4 COME OTTENERE *IN SITU* UNA ZONA DI CORTECCIA CEREBRALE CHIRURGICAMENTE ISOLATA?

Una zona di corteccia cerebrale può venire isolata chirurgicamente a livello neurale. Se tutte le incisioni sono fatte sotto il livello della pia madre, la fornitura di sangue alla corteccia non viene interrotta e rimane l'unico collegamento della zona isolata col resto del cervello. La "fetta" di corteccia rimane al suo posto e vitale. La pia madre è la più interna delle meningi, una sottile membrana in contatto diretto con la superficie del cervello, compresa la corteccia cerebrale. I vasi sanguigni che giungono alla corteccia attraversano orizzontalmente la membrana piale; in vari punti di questa membrana un ramo di vasi sanguigni si sprofonda verticalmente nella corteccia: ed è possibile incidere la corteccia appena sotto la pia madre, senza intaccare i vasi sanguigni.

Esistono, in letteratura, vari studi sull'attività elettrofisiologica di una zona di corteccia, isolata *in situ* in questo modo (vedi Kristiansen, Courtois, 1949; Burns, 1951, 1954; Echlin et al., 1952; Ingvar, 1955; Goldring et al., 1961). Il metodo consiste fondamentalmente nell'introduzione di una sottile lama ricurva attraverso un'apertura praticata in un'area non vascolarizzata della membrana aracnoide. Il chirurgo taglia da sotto un blocco di corteccia e, facendo scorrere la punta della lama ricurva fino a incontrare la pia madre in qualche punto distante, ruotando la punta circolarmente taglia anche le connessioni con la corteccia adiacente.

In uno studio precedente (riguardante l'effetto che tagli verticali nelle connessioni fra aree corticali adiacenti potevano avere sulle funzioni integrate e organizzate della corteccia sensoriomotoria della scimmie), Sperry aveva utilizzato una tecnica

un po' diversa (figura 5.1). Lo strumento incisore era una lama doppia estremamente sottile ottenuta da un cavo metallico sottile o da un ago da cucito. La porzione finale affilata di questo filo era piegata ad angolo retto e questa lama veniva infilata verticalmente nella corteccia in modo che il suo braccio orizzontale si trovasse appena sotto la pia madre. Quando la lama verticale veniva spinta in avanti tagliava la corteccia mentre il braccio orizzontale scorreva proprio appena sotto la pia. Questa tecnica può facilmente essere adattata anche per produrre un taglio sotto la corteccia (vedi Sperry, 1947). Il vantaggio del metodo di Sperry risiede nel fatto che, con questa lama, viene danneggiata una linea sottilissima di tessuto; ciò provoca cica-

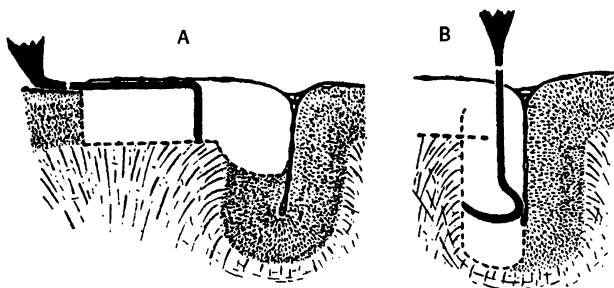


Figura 5.1 Produzione di una "fetta" vitale di corteccia cerebrale.

a. Un cavo metallico molto sottile viene piegato ad angolo retto come mostrato in figura; il braccio verticale viene affilato in modo da trasformarlo in una lama. Il braccio verticale viene inserito nella corteccia fino a una profondità tale che il braccio orizzontale passi immediatamente sotto la membrana piaie. Il braccio verticale, se spinto in avanti, taglierà le connessioni esistenti con quella zona di corteccia. Tagliando su tutti i lati e regolando la lama in modo da staccare la fetta di corteccia anche dal di sotto, si otterrà una zona di corteccia priva di ogni connessione neurale con il resto del cervello, ma che rimarrà viva perché continua a essere alimentata dai vasi sanguigni della membrana esterna.

b. Mostra la forma di un coltello usato per tagliare in profondità nel giro corticale che confina con il solco del giro adiacente.

(Ripresa da Sperry, 1947, con l'autorizzazione dell'American Physiological Society.)

trici croniche di uno spessore inferiore a 100 mm. Si tratta di un aspetto particolarmente desiderabile nel caso in cui il chirurgo voglia, per ragioni terapeutiche, lasciare *in situ* la “fetta” di corteccia isolata. Per esempio, quando una parte della corteccia deve essere tagliata per rimuovere un *focus* epilettico intrattabile, sembra vantaggioso isolare semplicemente, nel modo appena descritto, il tessuto focale che provoca le crisi. Questo approccio evita la crescita di pericolose cicatrici del tessuto che tendono invece a prodursi in una cavità prodotta dalla rimozione della corteccia focale. Negli ultimi anni molti neurochirurghi hanno adottato la tecnica isolante, introdotta da Morrel.

F.A. Echlin e i suoi collaboratori isolarono un blocco di corteccia in soggetti umani, utilizzando sia l'anestesia generale sia quella locale (con il paziente sveglio) (Echlin et al., 1952). Riferirono di un'immediata riduzione – ma non una completa scomparsa – dell'attività elettrica ritmica (EEG) nell'area isolata. Dopo 20 minuti, comparvero scariche parossistiche di attività ad alto voltaggio. Questo genere di attacchi di tipo epilettico in un cervello normale è di solito associato con la distruzione o la distorsione delle normali funzioni e, nell'area motoria, con azioni motorie convulsive. Non ci fu espansione di attività dalla zona corticale isolata alle aree circostanti.

Le proprietà fisiologiche della “fetta” di corteccia vengono, ovviamente, subito alterate quando viene isolata, a causa della perdita improvvisa di tutti gli input neurali. Per esempio, è ben noto che la distruzione del sistema reticolare attivatorio nel tronco cerebrale, che termina in maniera diffusa nella corteccia cerebrale, provoca il coma. Questo input afferente dovrebbe essere sostituito appropriatamente in modo da “risvegliare” lo strato di corteccia che è stato isolato e si dovrebbero anche mettere in atto opportune procedure per ripristinare livelli di attività sufficientemente normale. Gli input delle fibre nervose e i loro contatti sinaptici con le cellule dello strato di corteccia isolato degenererebbero qualche ora dopo le incisioni effettuate per produrre l'isolamento, una volta separati dalle loro cellule di origine. Quindi, gli studi che pro-

pongo in questo progetto sperimentale per controllare l'esistenza del CMC, dovrebbero essere compiuti nella fase acuta, durante il periodo iniziale dopo l'isolamento, quando gli assoni afferenti resecati dovrebbero essere ancora vitali e potenzialmente funzionali, e quindi potrebbero essere usati per ripristinare, a qualche livello, gli input neurali delle cellule nervose della "fetta" di corteccia. Queste fibre nervose ascendenti potrebbero essere eccitate elettricamente dal chirurgo con l'inserzione di sottili elettrodi stimolanti per raggiungere i livelli inferiori dello strato isolato. Le registrazioni elettriche dell'attività sulla superficie dello strato isolato potrebbero servire come indicatori che lo strato isolato è ritornato in un qualche tipo di condizione "di veglia" normale.

5.4.1 Come trovare il paziente e il tessuto adatti?

L'isolamento chirurgico di una fetta di tessuto corticale provocherebbe, ovviamente, una perdita permanente delle sue funzioni neurali. Di conseguenza, la ricerca deve limitarsi a quei pazienti per i quali era stato deciso di rimuovere chirurgicamente una porzione di tessuto corticale per ragioni terapeutiche. La procedura potrebbe essere messa in atto in sala operatoria prima della rimozione del tessuto, a patto che si realizzino alcune altre condizioni. Il paziente dovrebbe essere sveglio e in grado di reagire; il chirurgo dovrebbe poter utilizzare l'anestesia locale e non generale per produrre l'esposizione corticale; il paziente dovrebbe fornire il proprio consenso informato e cooperare; la valutazione dei rischi dovrebbe venire approvata da tutte le persone e istituzioni coinvolte, in particolare dal comitato dell'ospedale o dell'università per la protezione dei soggetti umani. Molti pazienti hanno tollerato la chirurgia cerebrale sotto anestesia locale e hanno partecipato in maniera fruttuosa a studi passati (per esempio, Penfield, 1958; Libet et al., 1964; Libet, 1973). In una procedura come quella sopra descritta, sarebbe consigliabile che il neurochirurgo includesse, nella zona che si è deciso di isolare, un po' di tessuto capace di reagire in modo sufficientemente normale;

fortunatamente, i neurochirurghi quasi sempre includono questi pezzetti normali per ottenere un'adeguata rimozione terapeutica del tessuto patologico.

C'è un ulteriore requisito per questo esperimento. La stimolazione elettrica della corteccia cerebrale induce un'esperienza cosciente riferibile solo in siti molto limitati. I punti più efficaci sono localizzati nelle aree sensoriali primarie, che ricevono messaggi sensoriali specificatamente localizzati. C'è un'area sensoriale primaria per le sensazioni corporee (nel giro postcentrale della corteccia), per la visione (nella cosiddetta corteccia striata del lobo occipitale), e per l'udito (nel labbro superiore del lobo temporale). Stimolando altre zone si ottiene un'eccitazione delle cellule nervose, ma le risposte non portano all'attivazione di un sistema che possa produrre un'esperienza cosciente riferibile dal soggetto. Siccome lo strumento per effettuare l'esperimento sarebbe la stimolazione elettrica della corteccia, sarebbe meglio che il ricercatore lo eseguisse in un'area in cui la stimolazione induca normalmente un resoconto introspettivo di un'esperienza.

Sono assai pochi i pazienti – da cinque a dieci all'anno in tutto il mondo – che soddisfano questi requisiti. Anche quando i pazienti presentano un focus epilettico in un'area sensoriale primaria, i chirurghi sono molto riluttanti a tagliare via il focus, dal momento che i pazienti possono soffrire di una seria perdita della capacità di percepire sensazioni. Trovare un neurochirurgo disposto a collaborare e che abbia pazienti di questo tipo a disposizione si è dimostrato piuttosto arduo.

5.5 IL CAMPO MENTALE COSCIENTE PUÒ INFLUENZARE L'ATTIVITÀ DELLE CELLULE NERVOSE?

Un test sulla capacità causale di questo ipotetico campo mentale cosciente di influenzare le funzioni neurali è implicito nel test appena descritto per l'esistenza del CMC. Se la stimolazione della porzione corticale isolata può indurre un resoconto introspettivo da parte del soggetto, il CMC deve essere in

grado di attivare le aree cerebrali appropriate necessarie per produrre il resoconto verbale.

L'esperimento proposto, che fa uso di una porzione di corteccia cerebrale isolata ma viva, potrebbe fornire una risposta diretta alla domanda se il CMC possa influenzare le funzioni delle cellule nervose in modo tale da spiegare il ruolo della volontà cosciente.

Altre proposte riguardo alle possibili azioni della volontà cosciente sono suscettibili di interpretazioni ambigue. Per esempio, è stato dimostrato che l'attività neurale (come indicata dalla misurazione del flusso sanguigno della regione o dal livello metabolico) aumenta in maniera selettiva nell'area motoria supplementare (SMA, *supplementary motor area*) quando si domanda a un soggetto di immaginare di muovere le proprie dita, senza in realtà muoverle (vedi Ingvar, Phillipson, 1977; Roland, Friberg, 1985). Eccles ha considerato questo risultato una dimostrazione di un'azione mentale (immaginazione del movimento) che può influenzare le attività neurali. Ma ci sono alcune difficoltà nel trarre queste conclusioni da quell'esperimento. Le indicazioni di un aumento dell'attività neurale attraverso metodi di *imaging* – PET (tomografia a emissione di positroni) o RM (risonanza magnetica) – sono basate su un aumento del flusso sanguigno locale o del metabolismo. Ma questi incrementi del flusso sanguigno o del metabolismo compaiono solo dopo un intervallo sostanziale, probabilmente dell'ordine dei secondi, in seguito a un qualsiasi cambiamento dell'attività locale delle cellule nervose. Inoltre, c'è sempre la possibilità che l'intero processo sia stato iniziato da qualche evento neurale localizzato altrove nel cervello, in zone troppo piccole o in posizione troppo particolare per essere registrato dai metodi di *imaging*. A meno che non si possa dimostrare che l'evento mentale (di immaginazione o di comando) precede *ogni* possibile evento neurale specificamente collegato al processo studiato, ci saranno sempre dubbi sulla natura dell'interazione causale. Invece, con uno strato corticale neuralmente isolato non ci sarebbero queste difficoltà d'interpretazione.

5.6 CONCLUSIONI GENERALI SULLA TEORIA DEL CAMPO MENTALE COSCIENTE

Supponiamo che i risultati sperimentali si dimostrino positivi; ovvero, che un'adeguata stimolazione della corteccia isolata a livello neurale induca una qualche risposta soggettiva riferibile che non sia imputabile alla stimolazione di porzioni adiacenti di corteccia non isolata o di altre strutture cerebrali. Ciò significherebbe che l'attivazione di un'area corticale può contribuire all'esperienza cosciente complessiva e unificata, e che tale contributo avviene in qualche altro modo, diverso dai messaggi neurali inviati attraverso le connessioni nervose. Questo risultato fornirebbe un supporto cruciale alla teoria del campo che proponiamo, secondo la quale un'area corticale può contribuire o influenzare il più ampio campo mentale cosciente. Fornirebbe una base sperimentale a favore di un campo unificato dell'esperienza soggettiva e a favore dell'intervento mentale nelle funzioni neurali.

Con una scoperta di questo tipo – ci si potrebbe domandare – quale sarebbe il ruolo di tutte le massicce e complesse interconnessioni neurali, cortico-corticali, cortico-subcorticali e fra un emisfero e l'altro? Ecco una possibile risposta: esse servirebbero a sopperire a tutte le funzioni cerebrali diverse da quelle direttamente collegate con la comparsa dell'esperienza soggettiva cosciente e con il suo ruolo nella volontà cosciente. Devo infatti sottolineare che tutte le funzioni cognitive (ricezione, analisi e riconoscimento dei segnali), così come l'immagazzinamento delle informazioni, l'apprendimento e la memoria, i processi di stimolo e attenzione, gli stati emotivi e di umore e così via, tutte queste funzioni *non* sono proposte dalla nostra teoria come funzioni che siano organizzate o mediate dal campo mentale cosciente che essa propone. In breve, è *solo il fenomeno dell'esperienza soggettiva cosciente*, associato con tutte le complesse funzioni cerebrali, che è modellato dal CMC. Anche se – lo ammetto esplicitamente – in maniera puramente speculativa.

Alcuni potrebbero facilmente rifiutare la prospettiva di ot-

tenere risultati positivi nei test sperimentali proposti, dal momento che tali risultati sarebbero completamente al di fuori dalle idee dominanti sulle funzioni cerebrali basate sulle connessioni e sulle interazioni fisiche. Ma questa improbabilità di ottenere risultati positivi è strettamente collegata alle *idées reçues* esistenti che, peraltro, non riescono a trattare in maniera soddisfacente il problema dell'unitarietà dell'esperienza soggettiva e degli apparenti controlli mentali dei processi cerebrali. Le implicazioni potenziali della teoria del CMC e dei risultati positivi che la teoria potrebbe produrre sono chiaramente di natura profonda. Per queste ragioni, e dal momento che gli esperimenti proposti sono, in linea di principio, eseguibili senza difficoltà, il progetto sperimentale che qui ho descritto dovrebbe meritare un posto importante nello studio del problema mente-cervello.

Come disse una volta il fisico teorico Niels Bohr a proposito di una nuova teoria: "Quando compare la grande innovazione, sembra strana e confusa. Sarà compresa solo per metà da colui che l'ha scoperta e sarà un mistero per tutti gli altri. Per le idee che all'inizio non sembrano strane, non c'è speranza" (cit. in Mukhopadhyay, 1995).

5.7 IL CAMPO MENTALE COSCIENTE È UNA FORMA DI DUALISMO?

L'aspetto essenziale del punto di vista dualistico è costituito dall'idea che i fenomeni mentali e fisici rappresentino due realtà separabili. La versione estrema del dualismo è quella di Descartes, che proponeva l'esistenza di due tipi di sostanze: la *res cogitans*, che possiede proprietà coscienti, di tipo mentale; e la *res extensa*, la sostanza del mondo fisico (compreso il corpo di una persona). A suo modo di vedere, queste due sostanze comunicavano una con l'altra attraverso la ghiandola pineale. La ghiandola pineale è l'unica formazione cerebrale a struttura singola; tutte le altre strutture cerebrali sono bilaterali e quindi doppie. Descartes riteneva che la ghiandola pi-

neale – singola – potesse spiegare la natura unitaria della consapevolezza. Una differenza importante per Descartes era che il mentale è indivisibile e unitario, mentre il mondo fisico è divisibile e ha estensione – in altre parole, una collocazione nello spazio.

Ma ci sono versioni meno estreme del dualismo che non postulano l'esistenza di sostanze separate. Piuttosto, propongono che ci sia una sorta di aspetto dualistico nella relazione fra il mondo fisico e quello mentale; il che, secondo i sostenitori di questa teoria, spiegherebbe l'apparente irriducibilità tra i due mondi. Nessuna conoscenza di eventi e strutture fisiche può descrivere *a priori* i fenomeni mentali soggettivi; e, per contro, gli eventi fisici (compresi quelli neurali del cervello) non possono essere descritti dalla conoscenza degli eventi mentali soggettivi che li accompagnano. È soltanto la correlazione tra le due categorie di eventi che può essere studiata e descritta.

Questo punto di vista non richiede l'esistenza di generi separati di sostanze. Nella teoria dell'identità, i fenomeni mentali e quelli fisici sono considerati come due aspetti di un substrato unitario; questo è un "aspetto duale" della teoria. C'è un aspetto "interiore", quello soggettivo, accessibile solo all'individuo, e un aspetto "esteriore" o "esterno", rappresentato dalle strutture e dalle funzioni fisiche del cervello, osservabili esternamente. Sembrerebbe che questa teoria non possa essere sottoposta a controlli sperimentali, dal momento che non c'è modo di accedere direttamente al supposto substrato unitario che esibirebbe questo duplice aspetto. La teoria dell'identità è, in realtà, presentata come una teoria "monista" e non dualista. Ma la definizione di monismo in contrapposizione a dualismo comincia a perdere di utilità a questi livelli. (Si ricordi che le definizioni sono costruzioni il cui scopo è quello di essere utili quando si debba discriminare fra fenomeni differenti; quando cessano di essere utili, dovrebbero essere abbandonate, almeno per quelle condizioni.)

Come si colloca dunque il CMC in questa discussione? Il CMC è proposto come "proprietà" di un fenomeno emergente

del cervello. Il CMC non ricade, ovviamente, nella categoria di sostanza separata del dualismo cartesiano. Il CMC non esiste senza il cervello, emerge da quel sistema di attività neurali appropriate.

Dall'altra parte, si assume che il CMC, in quanto fenomeno emergente, presenti qualità non descrivibili a partire dalle attività del cervello fisico che danno origine al CMC. In un certo senso, si tratta di qualcosa di analogo a quanto accade nel mondo reale, nel quale le proprietà di un sistema non sono descrivibili per mezzo delle proprietà delle componenti del sistema. (Vedi l'esempio precedente del benzene, il sistema costituito da sei atomi di carbonio e sei di idrogeno.) La principale differenza, rispetto a tutti gli altri sistemi, è che il CMC non è direttamente osservabile attraverso misurazioni fisiche. Gli attributi del CMC sono accessibili solo all'individuo il cui cervello ha generato quel particolare CMC. Se si vuole chiamare questa situazione dualistica, bisognerebbe capire che questo genere di dualismo non è cartesiano; in un certo senso si applica a tutti i sistemi fisici.

Un attacco diretto a ogni forma di dualismo è stato quello che consiste nell'affermare che il dualismo mette un *ghost in the machine*, un "fantasma nella macchina" (vedi Ryle, cit. in McGinn, 1997). La macchina qui è il cervello, e il fantasma è il fenomeno mentale cosciente, poiché non è fisicamente osservabile. Sono ovviamente d'accordo sul fatto che ogni esperienza cosciente soggettiva non sia fisicamente osservabile, che venga o meno considerata come un attributo di un CMC. È un fatto che l'esperienza soggettiva non è evidente o descrivibile in termini di osservazioni puramente fisiche delle attività delle cellule nervose. Infatti, ciò che deve essere indagato sono le correlazioni fra l'aspetto soggettivo e quello fisico, correlazioni da scoprire con uno studio simultaneo delle due categorie.

Si può, ovviamente, domandare a coloro che propongono l'argomento "anti-fantasma" come facciano a sapere che non c'è un fantasma nella macchina. La risposta è semplice: in realtà, non lo sanno. Come emerge un'esperienza soggettiva

cosciente dalle attività delle cellule nervose è ancora un mistero. E se poi ci si vuole riferire all'esperienza soggettiva come a un fantasma, be', facciamolo pure. Queste credenze anti-fantasma mi ricordano l'obiezione sollevata da Stephen Hawking a proposito di certe posizioni di Einstein. A Einstein non piaceva la proposta della meccanica quantistica per cui gli eventi sono probabili e non certi; Einstein, infatti, non credeva che Dio giocasse a dadi con l'universo. La risposta di Hawking fu: "Come fa Einstein a *sapere* che Dio non gioca a dadi?" (vedi Hawking, 1988).

C'è un altro argomento contro l'affermazione che le funzioni mentali soggettive non siano predicibili sulla base della conoscenza del sistema fisico. Una mente di questo tipo – si sostiene – sarebbe una mina vagante, dotata di proprietà caotiche in quanto non collegate strettamente a funzioni cerebrali osservabili. Ma questa descrizione presume che la mente non abbia a sua volta le proprie regolazioni, pur indescrivibili o imprevedibili a partire dalle osservazioni fisiche del sistema cerebrale dal quale la mente emerge. Inoltre, le funzioni mentali spesso si comportano empiricamente proprio come una mina vagante. L'argomento della "mina vagante", quindi, non contraddice necessariamente la concezione di una mente che sia parzialmente indeterminata.

A prescindere dal fatto che la teoria del CMC sia valida o meno, una conoscenza delle strutture e delle funzioni delle cellule nervose non potrà mai, di per sé, spiegare o descrivere l'esperienza cosciente soggettiva. Come abbiamo già notato, lo studio del cervello può mostrare cosa vanno facendo le cellule nervose e altre cose del genere, ma non c'è nulla in tutto questo che mostri o descriva alcuna esperienza soggettiva. Inoltre, è possibile che certi fenomeni mentali non abbiano una base neurale diretta (vedi capitolo 3) ed è anche possibile che la volontà cosciente non obbedisca sempre alle leggi del mondo fisico (vedi capitolo 4).

Potremmo, quindi, doverci accontentare di sapere in quale modo l'esperienza cosciente soggettiva è collegata alle attività cerebrali, ma non poter essere in grado di spiegare perché o

come l'esperienza soggettiva possa essere prodotta dalle attività cerebrali, non più di quanto possiamo spiegare perché la gravità è una proprietà della materia. Accettiamo che ciascuna categoria fondamentale di fenomeni esista e siamo fiduciosi di poter studiare la sua relazione con altri sistemi senza sapere perché esistano tali relazioni.

6

CHE COSA SIGNIFICA TUTTO QUESTO?

Oh Dio – la Tua nave è così Grande, e la mia barca è così piccola.

ANONIMO

Non tocca a te portare a termine il compito, ma tu non hai neanche alcun diritto di ritirarti.

RABBI TARFON,

Pirkei Avot (Etica dei padri) 11, 21

6.1 UN DIALOGO IMMAGINARIO TRA RENÉ DESCARTES E L'AUTORE

René Descartes ovvero Cartesio (1596-1650) è considerato il primo filosofo che ha cercato di affrontare il problema della relazione mente-corpo in maniera sistematica. Un dialogo immaginario con Lui può mettere in evidenza il modo in cui alcune delle nostre scoperte e idee si siano sviluppate in parallelo alle idee fondamentali di Descartes di più di quattrocento anni fa.

Descartes cominciò col chiedersi: di che cosa sono assolutamente sicuro? La sua risposta fu: solo della mia esistenza. Esprime questo pensiero nel famoso “Cogito ergo sum”: penso, dunque sono.

Fu il padre della visione dualistica, per cui la mente e il corpo (incluso il cervello) rappresentano due “sostanze” separate. Propose uno schema per spiegare come tali due sostanze potessero interagire e influenzarsi a vicenda. Queste teorie cartesiane sul dualismo mente-corpo sono state oggetto di di-

sprezzo e denigrazioni, specialmente a opera dei filosofi nostri contemporanei. Ma esse non possono essere accantonate né su basi logiche né sulla base delle evidenze sperimentali esistenti. In ogni caso, il fatto che Descartes riconosca la distinzione tra mente e corpo, e il ruolo critico svolto dal cervello nelle funzioni pensanti, fornisce una base fondamentale per i successivi sviluppi sul problema del modo in cui il cervello e la mente possano essere in relazione.

Inoltre, con Descartes, il fatto che il corpo (e il mondo esterno in generale) venisse separato da ogni proprietà metafisica e da ogni aspetto soggettivo e mentale rese libere la fisica e la psicologia di perseguire un approccio meccanicistico. Descartes, in questo modo, aiutò a stabilire una base filosofica per lo sviluppo dell'analisi oggettiva e scientifica del mondo osservabile.

Nel dialogo immaginario che qui vi propongo, le risposte di Descartes sono basate, per quanto possibile, sulle idee da lui espresse nelle sue opere.

BENJAMIN LIBET: *Monsieur* Descartes, è un onore per me poter discutere con Lei alcuni degli argomenti relativi alla relazione mente-corpo, campo in cui Lei è stato un pioniere. Vorrei cominciare coll'esaminare con Lei le nuove conoscenze fattuali ottenute alla fine del XX secolo, in particolare le scoperte sperimentali fatte da me e dai miei collaboratori.

RENÉ DESCARTES: Sono felice di avere questo scambio di opinioni con Lei. Come sa, avevo fama di non essere tollerante alle obiezioni nei confronti delle mie teorie, sebbene io abbia replicato alle critiche importanti con un'analisi dettagliata. Cercherò adesso di affrontare gli argomenti che Lei potrà sollevare nel modo più serenamente obiettivo. Ma vorrei sottolineare che la mia presenza nel Suo tempo non può essere considerata una prova dell'immortalità.

BL: Lei è ovviamente famoso per la Sua insistenza a voler cominciare con una verità fondamentale di cui non si possa dubitare. Questo era riassunto nella Sua affermazione "cogito ergo sum". Cioè, "penso, dunque sono." Si può dubitare delle cose che si pensano, ma non si può dubitare del fatto che si

pensa. Ovvero, non possiamo dubitare della nostra esistenza senza esistere mentre dubitiamo.

Ora, Lei è stato accusato di enfatizzare il pensiero razionale quasi come fosse la caratteristica propria e unica della mente pensante. In effetti, nel 1994 è uscito un libro di un eminente neuropsicologo, Antonio Damasio, intitolato *L'errore di Cartesio: emozione, ragione e cervello umano*, in cui si sostiene che sono invece le emozioni il motore primario della mente, piuttosto che il pensiero razionale. Può chiarire cosa intende Lei realmente con "pensare"?

RD: *Mais oui*. È vero che ho enfatizzato il pensiero razionale come il giudice supremo della verità, ma solo in relazione alle scienze astratte come la matematica. Comunque, ho definito il mio concetto di pensiero in modo molto più ampio, in vari passi dei miei scritti.

Per pensiero intendo tutto ciò di cui siamo immediatamente coscienti. Questo include essere coscienti della nostra volontà, dell'intelletto, dell'immaginazione, dei sensi, delle percezioni emotive, degli amori, degli odi, dei desideri, della gioia, della tristezza, della rabbia, e così via. Provi a leggere, per esempio, tra le mie opere filosofiche le *Meditationes de prima philosophia* del 1641 o i *Principia philosophiae* del 1644. Ho scritto specificamente che le percezioni emotive o le passioni possono influenzare le azioni e la nostra mente cosciente. Così, la differenza tra le mie idee e quelle di Damasio non è come quella tra il bianco e il nero; c'è, forse, piuttosto una differenza sull'enfasi posta sul ruolo delle emozioni.

BL: Relativamente alla Sua frase "Penso, dunque sono", c'è una storiella che a volte viene raccontata perfino oggi. Spero mi perdonerà se la ripeto adesso. In questa barzelletta, Lei va da McDonald per ordinare un hamburger. Quando il commesso le chiede se lo vuole con la senape, Lei risponde: "Non penso" – e scompare dall'esistenza!

RD: Ah ah! *Quel bon mot!* In verità anch'io avevo pensato a questo tipo di possibilità nella seconda delle mie *Meditazioni* – anche se naturalmente ipotizzavo che avrei potuto smettere di pensare in generale, non in modo specifico sulla senape da

mettere sull'hamburger. La risposta immediata che diedi a questa possibilità, come ho scritto nella "Meditazione seconda", fu che non avrei smesso di esistere, perché se stavo pensando di non pensare, allora avrei dovuto esistere per farlo.

Ma è chiaro che la sua barzelletta si basa sul gioco semantico della parola "pensare". Lei dovrebbe riferirsi al significato più ampio che io diedi a quella parola: pensare significa essere *direttamente coscienti di qualche cosa*.

BL: Visto che la mette in questo modo, mi piacerebbe chiederLe la Sua opinione sul modo in cui io ho trattato il concetto dell'esperienza cosciente. Secondo la mia teoria, l'essenza dell'esperienza cosciente è diventare *consapevoli* di qualcosa. Il *contenuto* della consapevolezza può essere qualsiasi. Ma diventare consapevoli è un fenomeno unico in se stesso, indipendente dalla natura del contenuto specifico della consapevolezza. Inoltre, ci sono varie evidenze che ciò che chiamiamo pensare possa procedere (come nel caso delle soluzioni intuitive di problemi matematici) in modo inconscio. "Pensare", inteso in questo modo, non costituirebbe una prova che ci assicuriamo coscientemente della nostra esistenza.

RD: Penso che potrei accettare la Sua teoria dell'esperienza cosciente come fondata sulla consapevolezza. In un certo senso, questo modo di vedere è più vicino alla mia idea di una verità irrefutabile. È cioè il fatto di essere consapevole ciò di cui posso essere veramente sicuro e che prova la mia esistenza – indipendentemente da cosa io sia divenuto consapevole.

BL: Mi piace la Sua insistenza sul fatto che dovremmo rifiutare la conoscenza fondata sull'autorità e che dobbiamo cercare evidenze per stabilire la verità. Inoltre, Lei sostiene che esiste più di un modo per inferire una causa dall'effetto, e che solo un esperimento può decidere l'alternativa giusta. Questa idea è veramente simile a quella della attuale scienza sperimentale, in cui diverse ipotesi per spiegare un'osservazione vengono saggiate sperimentalmente per aiutare a decidere quale è l'ipotesi migliore. Accetterebbe che alcune delle sue teorie fossero sottoposte a questo metodo scientifico per controllarne la validità?

RD: Be', direi di sì, tranne che per i principi assiomatici, che non sono dimostrabili. Il primo esempio è, ovviamente, "Cogito ergo sum". Lo conosco intuitivamente come qualcosa di inconfutabile, anche se potremmo modificarlo in: "Sono consapevole, dunque sono".

BL: Accetto la Sua precisazione. Dovrei aggiungere la condizione proposta dal filosofo della scienza Karl Popper. Questi insisteva sul fatto che deve essere possibile mettere a punto un test sperimentale che possa potenzialmente falsificare o contraddire una data ipotesi proposta. Altrimenti, si può proporre qualsiasi spiegazione senza paura che venga contraddetta. Tale spiegazione, chiaramente, non offrirà nessuna verità definitiva.

RD: Mi piace il modo di rendere convincenti le prove ideate da Popper. Bene, cosa vorrebbe sottoporre a questo approccio scientifico?

BL: La Sua ipotesi che la ghiandola pineale sia il luogo focale del cervello in cui si organizza l'interazione tra le attività cerebrali e la mente. Ci può spiegare come è arrivato a questa ipotesi?

RD: Certo. Mi resi conto che il pensiero non è divisibile. Per esempio, l'immagine visiva soggettiva e cosciente è una "raffigurazione" unificata o unitaria. L'immagine cosciente viene unificata anche se i messaggi provenienti dagli occhi arrivano al cervello attraverso molte fibre singole dei nervi ottici. Inoltre, virtualmente, tutte le strutture nel cervello sono doppie: a una nel lato sinistro corrisponde l'analoga nel lato destro. Ma l'immagine sensoriale cosciente non è doppia. Secondo la mia teoria delle operazioni meccaniche del sistema nervoso, ritengo che ci debba essere una struttura nel cervello dove la moltitudine dei messaggi cerebrali possa essere condotta verso un singolo punto focale per interagire con la mente, e non in modo doppio. Dal momento che la ghiandola pineale era la sola struttura nel cervello a non essere doppia, era una buona candidata a essere il singolo punto focale di interazione.

BL: La logica della Sua ipotesi è buona. Ma non è l'unica possibile per spiegare la natura del pensiero o dell'esperienza co-

sciente. Anzi, recentemente ne sono state avanzate altre. Inoltre, sappiamo che la ghiandola pineale riceve solo una piccola frazione dei fasci nervosi del cervello. Dovremmo avere ulteriori evidenze a supporto della teoria che la ghiandola pineale sia realmente il punto focale delle interazioni mente-cervello.

RD: Devo confessare che ai miei tempi non cercavamo sistematicamente una evidenza che sostenesse un'ipotesi di spiegazione unica, sebbene io stesso, in linea di principio, abbia sostenuto questo tipo di approccio. Cosa suggerirebbe?

BL: Un test ovvio sarebbe di controllare cosa accade quando la ghiandola pineale diventa non funzionale. In tal caso, la Sua ipotesi prevederebbe la perdita di tutte o quasi tutte le interazioni mente-cervello. Il suo principio generale del *cogito* indicherebbe che una persona possa ancora pensare ed essere cosciente; qui invece la persona perderebbe tutta la consapevolezza e diventerebbe non reattiva almeno ai messaggi sensoriali del cervello. Perderebbe anche i messaggi cerebrali che fanno provare alla mente fame, sete, i piaceri corporei, e così via. Inoltre, la mente/anima non potrebbe più influenzare l'attività cerebrale, cosicché le azioni corporee in risposta alla volontà cosciente non avverrebbero più. La persona diventerebbe paralizzata.

Devo ammettere che non sarebbe facile, e non molto accettabile da un punto di vista etico, distruggere deliberatamente o rendere inattiva la ghiandola pineale di una persona vivente. Ma si potrebbero almeno cercare casi possibili di ghiandole pineali malate nelle autopsie e mettere in relazione tali malformazioni o disturbi con il comportamento della persona prima della morte.

RD: Sono d'accordo che la ricerca di tali casi di ghiandole pineali malate nelle autopsie sarebbe auspicabile e interessante come controllo sul ruolo di questa ghiandola. Posso notare, comunque, che perfino voi neuroscienziati del Duemila non siete stati in grado di individuare sperimentalmente un meccanismo per l'unità mentale.

BL: Questo è vero. Lei ha proposto che la mente/anima e il "corpo" (anzi, tutto il mondo materiale che è altro dalla men-

te) costituissero due sostanze separate – rispettivamente la *res cogitans* e la *res extensa*. Per Lei, la sostanza mente/anima può esistere perfino in assenza di sostanza corporea. Infatti, ha notato che l'esistenza della mente pensante è l'unica cosa di cui non si può dubitare, mentre non si può essere certi dell'esistenza del corpo.

D'altro canto, nei Suoi scritti successivi, ha affermato che la mente risiede principalmente nel cervello e che l'anima non percepisce se non per il fatto che è nel cervello. Inoltre, Lei osserva che, pur se la mente umana si mostra come realmente separata dal corpo, nondimeno essa gli è congiunta così strettamente che quasi forma un'unità con esso. Idea che è sorprendentemente simile a quelle attuali; purtroppo, questa idea sembra confondere la distinzione tra mente e corpo. Può chiarire la Sua posizione su questo punto?

RD: *Mais oui*. In effetti, Lei ha sollevato una questione difficile. Comunque, credo che queste mie affermazioni non siano in conflitto con le mie convinzioni di base. Accettare il fatto che il cervello sia una struttura che media l'interazione tra mente e corpo non elimina necessariamente l'ipotesi che esse siano due entità separate. In che modo queste due entità separate, mente e corpo, interagiscano reciprocamente è una domanda difficile alla quale ho proposto una risposta. Presumo che voglia discutere anche di quella.

BL: Sì, ma per il momento soffermiamoci sulla questione della separazione. Prenderebbe in considerazione l'ipotesi alternativa che la mente e il cervello non siano in realtà entità separate, ma che siano due riflessi o "proprietà" di una singola entità? Per esempio, è stato proposto che la mente "emerge" come un fenomeno connesso a certe attività cerebrali del sistema che costituisce il cervello. Come saprà, esistono oggi moltissime evidenze che i processi coscienti e mentali sono in relazione con strutture e funzioni specifiche del cervello e dipendono da esse.

RD: Bene, penso di non poter escludere su basi logiche l'alternativa da Lei descritta. Comunque, ho fatto notare che la mente e il corpo sono diversi per almeno due motivi fonda-

mentali. Non si può concepire la mente come divisibile, mentre il corpo è chiaramente divisibile. In secondo luogo, la mente è una cosa pensante, mentre il corpo è una cosa che ha "estensione". Cioè, la localizzazione e le dimensioni del corpo possono essere misurate. Poiché la mente e il corpo non hanno in comune queste due caratteristiche, concludo che queste due "nature" o "sostanze" sono separate l'una dall'altra. Come ho affermato nell'appendice ai *Principi della filosofia*, "due sostanze sono considerate veramente distinte quando ognuna di loro può esistere senza l'altra".

BL: Mi consenta di dissentire: Lei non può sapere veramente se la mente e il corpo possano esistere l'uno senza l'altra. Questa insicurezza mette in discussione l'idea della separazione distinta. Comunque, non porterei oltre la questione. Preferisco che rimanga sereno e voglia amichevolmente continuare a prendere parte a questa discussione.

RD: *Monsieur*, come ha detto Lei, sono ormai più accondiscendente di quanto non fossi, e ho promesso di non alterarmi nel discutere punti di vista contrari ai miei. A proposito del Suo ultimo argomento, ripeterò la distinzione tra mente e corpo: la prima è indivisibile e senza estensione, quest'altro è divisibile ed esteso. Ciò si aggiunge al principio che l'unica esistenza di cui posso essere sicuro è quella della mia mente pensante. Il che significa che la mente e il corpo sono fenomenologicamente distinti e che l'una non può essere descritta a partire dall'altro, e viceversa. Comunque, riconosco che il cervello e la mente interagiscono strettamente; il cervello è il luogo dove la mente viene informata e influenzata dalle percezioni e dove, a sua volta, la mente può indurre il cervello a controllare le azioni corporee.

Visto l'immenso accumulo, nei secoli recenti, di evidenze sul fatto che la mente è dipendente dal cervello per quanto riguarda le sue manifestazioni, potrei prendere in considerazione l'idea di lasciar perdere l'insistenza sul fatto che le sostanze della mente e del corpo possano esistere indipendentemente l'una dall'altra. E tuttavia ciò non esclude la mia ipotesi che la mente e il cervello siano due cose o entità separate – in altre

parole, il mio cosiddetto dualismo. Potrei osservare, al proposito, che ho specificamente asserito che questo dualismo non mi sembra implicare necessariamente che la mente o l'anima siano immortali. Non ho nessun modo per sapere se l'immortalità è reale. Opinione questa che ha contribuito all'insorgere dei miei problemi con la Chiesa; e tuttavia ho sottolineato che uno può *credere* nell'immortalità dell'anima come atto di fede.

BL: Bene. Accetto la logica del Suo argomento. E vorrei anche esprimere le mie congratulazioni per la Sua previsione che è solo nel cervello che la mente viene informata sul mondo sensoriale. In molti punti Lei afferma che anche se il nervo sensoriale proveniente da una data area della pelle viene sollecitato in ogni punto lungo il suo cammino verso il cervello, la mente continuerà a percepire la sensazione come se fosse localizzata nell'area di origine, sulla pelle. Cioè, ogni sensazione è percepita solo attraverso un'interazione a livello cerebrale tra il messaggio sensoriale e la mente. Ma, soggettivamente, la sensazione viene percepita come se provenisse dal suo normale punto di origine sulla pelle, senza tener conto del punto del percorso sensoriale in cui il messaggio era iniziato. Secondo la terminologia odierna, direi che la sensazione viene messa in relazione, in maniera soggettiva, con un determinato punto dello spazio, anche se lo schema delle attività corrispondenti nel cervello può non essere uguale a quello dell'immagine soggettiva. Dovrò discutere a lungo, altrove, di questo fenomeno in relazione alle nostre evidenze sperimentali.

RD: Devo ammettere che è gratificante che la mia idea sul modo in cui una sensazione viene trasmessa alla mente abbia senso ancora oggi, dopo che sono passati ben tre secoli e mezzo da quando l'ho formulata.

BL: Vorrei avere il Suo parere anche su un'altra importante questione. Nella concezione che Lei ha della mente, sembra voler confinare la sua natura alla presenza dell'esperienza cosciente.

RD: *Mais oui*. Potevo essere certo solo dell'esistenza del mio pensiero cosciente. Come abbiamo appena detto, per pensiero intendo una coscienza diretta di qualcosa.

BL: Sì, è una posizione chiaramente difendibile. Comunque, nel corso dei secoli, sono comparse evidenze importanti che indicavano che molti dei nostri processi mentali sono condotti in maniera inconscia, senza consapevolezza. Prove dirette di ciò sono comparse negli ultimi anni; veda i capitoli 2 e 3 di *questo libro*. Ma molto prima di quelle, avevamo a disposizione varie evidenze convincenti sia dal punto di vista clinico sia aneddotico: per esempio, il grande matematico francese Poincaré descrisse come la soluzione a un problema difficile apparve all'improvviso nella sua mente cosciente, senza che lui fosse consapevole del modo in cui la soluzione era stata raggiunta. Cioè, l'intero processo creativo complesso che lo portò alla soluzione del problema era avvenuto in modo inconscio. È possibile includere tali processi inconsci nell'idea che Lei propone, il "Sé" come "cosa pensante"?

RD: Devo ammettere che le prove dell'esistenza di operazioni mentali inconscie sono convincenti. Nonostante questo, se ritorniamo al mio *cogito*, è chiaro che posso solamente essere certo dell'esistenza del mio pensiero cosciente. Non posso essere certo dell'esistenza di un processo mentale di cui non ho consapevolezza.

Da un altro punto di vista, possedere evidenze scientifiche che distinguono tra ipotesi alternative è la via migliore verso la verità. Quindi, potrei dire che l'esistenza dei processi mentali inconsci sembra molto probabilmente vera, basata su evidenze; sebbene non possa dirlo con la stessa sicurezza che ho a proposito dell'esistenza del mio pensare cosciente.

BL: Bene, su questo fatto mi lasci citare alcune evidenze sperimentali che confermano in modo diretto l'esistenza di un processo mentale non cosciente. I soggetti ricevevano stimoli elettrici in un percorso sensoriale ascendente del cervello. Se la scarica di impulsi elettrici era sufficientemente lunga (fino a 500 msec), i soggetti erano in grado di riferire di avere provato una sensazione cosciente. Con scariche di impulsi di breve durata (da 100 a 200 msec), non potevano riferirne nessuna. Ma potevano raccontare (e anche con una certa precisione) che era stato loro somministrato uno stimolo, sebbene non avesse-

ro sentito niente! Durante un esperimento analogo (descritto da Lawrence Weiskrantz in un suo lavoro del 1986), i pazienti che avevano perso la loro visione cosciente (a causa di una lesione dell'area ricevente della corteccia visiva primaria nella corteccia cerebrale) potevano nonostante tutto indicare correttamente il posto di un oggetto che non erano in grado di vedere in modo cosciente: è la cosiddetta visione cieca.

RD: In effetti, questo fenomeno costituisce una evidenza convincente per l'esistenza dei processi mentali inconsci, ma credo ancora che questa conclusione non abbia lo stesso grado di certezza che io ho circa l'esistenza del mio pensare cosciente (o sentire, e così via).

BL: Mi permetta di chiederLe cosa ne pensa dell'esistenza del libero arbitrio.

RD: Oh, ritengo che ci siano pochi dubbi sull'esistenza di una scelta libera, almeno per alcune delle nostre azioni.

BL: Forse La interesserà conoscere le nostre scoperte sperimentali su tale questione. Abbiamo scoperto che il cervello comincia a dare inizio e a prepararsi a un'azione volontaria almeno 400 msec prima che la persona diventi consapevole in modo cosciente della sua intenzione o desiderio ad agire. Questo significa che il libero arbitrio cosciente non dà inizio a un processo volontario; il cervello inizia il processo in modo inconscio.

RD: Ma c'è qualche possibilità che il libero arbitrio abbia un ruolo nella volizione?

BL: Sì. L'intenzione cosciente appare circa 150 msec prima dell'azione motoria. Questo lascia un tempo sufficiente alla funzione cosciente per intervenire nel processo; potrebbe fornire una specie di innesco che consenta al processo di volizione di arrivare a compimento, anche se non abbiamo evidenze sperimentali al riguardo. Ma esistono evidenze che la volontà cosciente può fermare o mettere un veto al processo in modo da non far accadere l'azione. Questo si adatta al nostro comune sentire riguardo al fatto che possiamo controllare noi stessi, cosa che i sistemi etici ci esortano a fare.

RD: Sono felice di sentire che esiste questo ruolo per la vo-

lontà cosciente. E ora mi dica, in che modo mettete in relazione tutto questo con l'argomento sostenuto dai deterministi che noi siamo in realtà degli automi, completamente soggetti alle leggi fisiche naturali dell'universo?

BL: È una questione complicata. Ma vorrei tornare alla Sua teoria su che cosa credere: possiamo conoscere con certezza ciò di cui siamo consapevoli in modo cosciente. Siamo consapevoli della percezione che possiamo controllare la comparsa di un'azione volontaria, incluso cosa fare e quando farlo. Questo è un argomento forte a sostegno del libero arbitrio. Il determinismo funziona bene per il mondo fisico, ma diventa solo una teoria quando viene applicato alla sfera mentale cosciente.

RD: Di nuovo, mi rallegro molto che questo aspetto fondamentale della mia filosofia abbia tutt'oggi dei meriti importanti.

BL: La ringrazio per la Sua partecipazione e la pazienza dimostrata durante la nostra conversazione. *Monsieur Descartes, merci beaucoup.*

6.2 IN CHE MODO LE NOSTRE SCOPERTE SPERIMENTALI INFLUENZANO IL MODO IN CUI VEDIAMO NOI STESSI?

Abbiamo ormai qualche conoscenza su cosa devono fare le cellule nervose per sostenere o mediare la comparsa di un'esperienza soggettiva cosciente, in particolare della consapevolezza. Devono sviluppare attività neurali uniche che si vanno a sovrapporre alle funzioni di base di un cervello relativamente normale. Tali attività neurali speciali sono centrate attorno a fattori temporali (vedi anche Poppel, 1988).

Gli eventi mentali coscienti compaiono solo dopo una durata minima delle attivazioni che deve essere di almeno 500 msec o più; può essere anche più corta di 500 msec, ma allora deve essere contraddistinta da un'attività più intensa. Gli eventi mentali inconsci non richiedono un'attivazione che dura così a lungo. Possono comparire anche dopo brevi attivazioni

neurali, che durano 0,1 sec o anche meno. Questo aspetto di durata è l'aspetto fondamentale della mia teoria del tempo di attivazione che fornisce un fattore di controllo nelle transizioni fra funzioni coscienti e inconscie.

Questa caratteristica di durata temporale implica che la nostra esperienza cosciente del nostro mondo sensoriale viene ritardata di un tempo significativo. Dopo una mia lezione tenuta nel maggio 1993, il *Göteborg-Post*, un importante quotidiano svedese, titolava: "Ormai è dimostrato: siamo tutti un po' in ritardo!". Non stiamo vivendo in modo cosciente nel presente!

Siamo dunque di fronte a una prova inaspettata che c'è un sostanziale ritardo, fino a circa 500 msec, nella nostra esperienza cosciente del mondo sensoriale. Devo ammettere che questo è stato stabilito accuratamente solo per le sensazioni corporee, ma evidenze indirette rendono verosimile che ciò sia applicabile anche a tutte le altre modalità sensoriali.

Ma, stranamente, non siamo consapevoli di questo ritardo. C'è una retrodatazione soggettiva dell'esperienza che la riporta indietro nel tempo fino alla risposta più veloce della corteccia cerebrale. L'abbiamo chiamata "riferimento soggettivo all'indietro nel tempo" (*subjective referral backwards in time*). Questo ci permette di percepire la consapevolezza del segnale sensoriale quasi immediatamente, mentre in realtà essa non può essere comparsa prima del ritardo richiesto dalla durata di attività neurali adeguate per l'emergere della consapevolezza.

D'altra parte, il ritardo della comparsa reale della consapevolezza dà ragione di altri fenomeni mentali.

Gli eventi mentali *inconsci* non richiedono un'attivazione neurale così lunga. Come si è detto precedentemente, essi possono apparire anche con ritardi molto brevi, che durano 100 msec o meno. (Le nostre prove sperimentali per la mia teoria del tempo di attivazione hanno fornito prove dirette di questo.) Le risposte veloci ai segnali sensoriali si sviluppano inconsciamente: risposte che risultano evidenti nella maggior parte delle attività sportive, ma anche nelle risposte quotidiane ai segnali di pericolo. Evidenze sperimentali nei test sui

tempi di reazione mostrano che le risposte sono prodotte inconsciamente. L'*origine* delle parole pronunciate durante un normale flusso di discorso deve essere di natura non cosciente, così come quando si suonano strumenti musicali, specialmente quando le note si susseguono velocemente.

Naturalmente, in tutti questi casi, si diventa *consapevoli* della risposta o dell'azione dopo che essa è avvenuta. Se si prova a diventare consapevoli dell'azione prima di compierla, l'intero processo viene rallentato e diventa molto meno efficace.

Potremmo estrapolare la caratteristica del ritardo a tutti gli esempi di consapevolezza. Questo significherebbe che tutti gli eventi mentali con consapevolezza potrebbero essere preceduti da processi non coscienti che iniziano fino a 500 msec prima che si abbia consapevolezza dell'evento stesso. Si noti che in questo caso non si ha a disposizione nessun processo retrodatante per dare soggettivamente un effetto di maggior consapevolezza. La retrodatazione può avvenire solo per le sensazioni coscienti in risposta ai segnali sensoriali. Quindi, tutti i nostri pensieri coscienti verrebbero iniziati in modo inconscio e ritardati fino a 500 msec dopo il loro inizio non cosciente. In altre parole, tutti i nostri pensieri coscienti nascerrebbero inconsciamente! Questo sarebbe vero perfino per le operazioni mentali creative o complesse. Non c'è dubbio che ciò debba portare a precisazioni profonde delle idee correnti su come nascano e si sviluppino tutti questi tipi di pensiero. E suggerisce anche che dovremmo favorire le condizioni in cui il libero gioco di azioni mentali inconscie possa andare avanti.

Potrebbe non esserci un flusso continuo di coscienza se esiste questo ritardo sostanziale nella produzione di un evento cosciente. Gli eventi coscienti dovrebbero apparire in modo discontinuo. Il fatto che sperimentiamo solitamente una continuità del nostro essere coscienti può essere spiegato da forme di sovrapposizione nella comparsa di eventi coscienti multipli.

La modifica, o la distorsione, di un'esperienza soggettiva è un fenomeno largamente accettato in psichiatria e in psicologia. Freud propose che le immagini sensoriali e i pensieri cari-

chi di contenuto emotivo possono essere inconsciamente repressi. Un soggetto che è rimasto turbato dalla vista di un cadavere straziato può riferire di averne visto un'immagine distorta o addirittura di non aver visto nulla.

Per modificare un'immagine sensoriale dopo che i messaggi sensoriali sono arrivati alla corteccia cerebrale, bisogna che ce ne sia il tempo. Durante tale ritardo, il cervello può reagire all'immagine e generare un percorso neurale per modificarla prima che il soggetto diventi consciamente consapevole dell'immagine stessa. Il requisito fisiologico di un ritardo per lo sviluppo della consapevolezza fornisce ai processi cerebrali inconsci l'opportunità di modificare il contenuto di un'esperienza soggettiva. Abbiamo anzi mostrato che la stimolazione della corteccia sensoriale, applicata alcune centinaia di millisecondi dopo uno stimolo applicato sulla pelle, poteva sia deprimere, sia favorire in modo retroattivo l'esperienza del soggetto di quello stimolo cutaneo.

C'è infine la scoperta che il cervello dà inizio in modo non cosciente ai processi volontari molto tempo prima che una persona diventi consapevole dell'intenzione o del desiderio di agire volontariamente. Questo risultato ha chiaramente un impatto profondo sul modo in cui noi consideriamo la natura del libero arbitrio e sul problema della responsabilità personale e della colpa (vedi capitolo 5).

I vari esempi qui descritti mostrano l'impatto profondo che il fattore temporale per la consapevolezza può avere sulla nostra vita mentale cosciente.

Vale la pena, a questo punto, di discutere i commenti del filosofo David M. Rosenthal, apparsi nel numero di giugno 2002 di *Consciousness and Cognition* (Rosenthal, 2002). Si trattava di un numero speciale della rivista, dedicato alle relazioni tra il cervello e il mondo, e centrato principalmente su una discussione dei miei studi nel campo. (In questo numero ci sono molte altre recensioni, sia critiche, sia di sostegno alle nostre ricerche. Ho avuto modo di rispondere alla maggior parte di esse: vedi Libet, 2003.)

Rosenthal afferma di avere "poco da dire in questa breve

nota sul lavoro sperimentale di Libet". Sostiene che ci sia "un apparente conflitto fra i risultati di Libet e il senso comune" e quindi questo "si aggiunge alle ragioni con cui abbiamo già respinto il quadro da cui quel conflitto sembra derivare". Il "quadro" che ha in mente Rosenthal si riferisce alle nostre evidenze sperimentali sui ritardi per raggiungere la consapevolezza, nel caso della sensazione cosciente, e della comparsa del desiderio cosciente o dell'impulso ad agire (relativo al precedente inizio inconscio del processo di volizione da parte del cervello).

Il principale argomento di Rosenthal è che l'immagine generale del senso comune su tali eventi sia in conflitto con le nostre scoperte sperimentali. E ritiene che ciò renda inverosimile la validità delle nostre conclusioni sperimentali, osservando che la capacità di una persona di mettere il veto al compimento di un impulso volontario ad agire "potrebbe in qualche modo mitigare il conflitto, ma solo se possediamo una evidenza indipendente che questo veto cosciente non avvenga esso stesso dopo un veto neurale inconscio". Ho già analizzato in modo approfondito questo argomento (Libet, 1999), e ho mostrato che le evidenze sperimentali sono compatibili con l'idea dell'insorgere di un veto cosciente senza che i processi preparatori inconsci abbiano compiuto la decisione finale per il veto.

Rosenthal continua sostenendo che "la nostra immagine del senso comune chiaramente si conforma a processi di volizione inconsci". Ma questo argomento sembra contrastare con quanto sostiene a proposito del paradosso del senso comune, che consisterebbe nel fatto che i miei risultati "mettono in discussione il comune sentire di essere liberi nel nostro agire". E poi pretende che le scoperte della mia équipe su un inizio inconscio del processo di volizione siano in realtà del tutto compatibili con "l'immagine del senso comune"! Se si vuole accettare il fatto che gli inizi inconsci delle azioni volontarie siano in contrasto con la percezione di essere liberi nel nostro agire, si è liberi di farlo. Ma ci si scontra allora con i concetti di responsabilità e colpa: si è responsabili o colpevoli per le ini-

ziazioni dei processi volontari, iniziazioni su cui non abbiamo un controllo cosciente? Questo controllo cosciente arriva solamente con la potenzialità di porre un veto al processo prima che si compia l'azione finale.

Rosenthal sembra condividere – così come molti altri filosofi – un approccio ai nostri lavori per cui si possono proporre modelli filosofici non sottoposti a controlli sperimentali e concezioni speculative, quasi che tali modelli e concezioni possano contraddire conclusioni basate su evidenze sperimentali. Come scienziato, non posso accettarlo. I modelli proposti, o le teorie, sono valutabili solo se aiutano a spiegare i dati, non quando li contraddicono. Un'idea fondata sul "senso comune" non può rimpiazzare dati sperimentali faticosamente e laboriosamente ottenuti. Le scoperte sperimentali spesso presentano risultati controintuitivi e inferenze originali e creative. Probabilmente non c'è niente di più controintuitivo, e che sia più in conflitto con il senso comune, della teoria dei quanti. Eppure, essa è considerata un pilastro fondamentale della fisica e prevede correttamente le osservazioni sperimentali.

6.3 COME POSSIAMO CONSIDERARE IL SÉ E L'ANIMA?

Veniamo, infine, a considerare la natura del Sé e dell'anima in relazione alle funzioni coscienti del cervello. È vero che esse sono casi speciali di processi coscienti oppure fanno parte di categorie separate, indipendenti dai processi coscienti in generale? Emergono da appropriate attività di cellule nervose del cervello? Oppure sono entità separate dal cervello fisico in senso cartesiano? Su quest'ultimo punto dobbiamo riconoscere che non possediamo evidenze per sostenere la concezione che accorda loro lo *status* di entità separata, concezione che può solo essere una credenza metafisica. Di conseguenza, la discussione seguente si baserà sul presupposto che il Sé e l'anima siano fenomeni emergenti dall'attività cerebrale.

Certamente, questi fenomeni possono essere alterati o aboliti da agenti farmacologici e da cambiamenti patologici del

cervello. Si pensi, per esempio, alla perdita della consapevolezza del Sé nel morbo di Alzheimer, che è associata a cambiamenti strutturali e biochimici del cervello.

Sono state formulate molte teorie sulla natura, l'origine e il significato del Sé; anche se von Weizsäcker osservava che "è una caratteristica della psicologia non chiedersi veramente cosa sia l'anima" (cit. in Del Giudice, 1993). La maggior parte di queste concezioni rappresenta analisi filosofiche e interessanti speculazioni. Qui vorrei limitare la discussione alle caratteristiche fenomeniche più semplici del Sé – in altre parole, a quelle caratteristiche che sono esperienze riferibili dalla maggior parte degli esseri umani. Nel libro di Karl Popper e John C. Eccles, *L'Io e il suo cervello* (titolo che è il contrario dell'idea comune di un cervello con *il suo* Io), viene adottata come base di discussione proprio l'idea che tali fenomeni riferibili debbano avere uno *status* primario (vedi Popper, Eccles, 1977).

La visione fenomenologica più semplice del Sé è la percezione soggettiva che ognuno ha di essere proprio se stesso, con un'identità personale unica. Il neurologo Antonio Damasio ha proposto una distinzione tra il Sé transitorio (che si genera in continuazione come risultato dell'esperienza in divenire che si ha del mondo sensoriale), e il Sé autobiografico (basato sulle memorie delle esperienze, e così via). Damasio si riferisce al primo, il Sé in divenire, come al "nucleo del Sé" o *core self* (Damasio, 1999). Preferisco riservare il termine "nucleo del Sé" a un aspetto durevole del Sé, l'identità personale che uno percepisce anche in presenza di cambiamenti significativi e perfino estremi nel contenuto delle capacità di esperienza cosciente che una persona può avere.

La resistenza al cambiamento, per ciò che sto indicando come "nucleo del Sé", è piuttosto evidente. Perfino dopo la perdita temporanea di coscienza, dovuta a varie cause, le persone sanno chi sono quando ritornano a uno stato di coscienza. Lo stesso fenomeno accade dopo che una persona si sveglia da un normale sonno, da un'anestesia generale o perfino da un coma. Le lesioni della corteccia cerebrale possono essere abbastanza estese senza per questo causare la perdita di i-

dentità personale, sebbene molte funzioni mentali e coscienti possano risultare distorte o sopresse.

Nei pazienti con il cervello diviso (nei quali sono state recise le connessioni neurali tra i due emisferi cerebrali), ogni emisfero può possedere la conoscenza di eventi ormai non più accessibili all'altro emisfero. Eppure, queste persone non sembrano avere difficoltà con le loro identità personali. Non lamentano di avere personalità multiple; si percepiscono ancora come gli stessi individui singoli che erano prima della recisione delle interconnessioni.

Questo è vero anche per i pazienti che hanno subito l'asportazione o la distruzione di un intero emisfero cerebrale a causa di condizioni patologiche come un grosso tumore. Essi continuano ad avere la consapevolezza della loro identità personale nonostante la drastica perdita di funzioni mentali, quali paralisi e perdita di sensibilità su un lato, o perdita della parola se l'emisfero dominante (solitamente il sinistro) è andato distrutto. Ho visto un video di un paziente in questa situazione che sembrava veramente consapevole dell'intervistatore e disponibile a rispondergli. Eppure, sapeva anche troppo bene quali fossero le sue carenze.

Inoltre, i pazienti con lesioni bilaterali delle strutture dell'ippocampo nei lobi temporali perdono la capacità di formare nuove memorie esplicite, ma possono mantenere le memorie degli eventi che sono accaduti prima della lesione. Sembra anche che questi pazienti sappiano chi sono, e che siano perfino consapevoli della perdita di poter formare nuove memorie.

Anche nelle amnesie totali che coinvolgono gli eventi passati e perfino il nome del paziente, non sembra che questi vengano privati del senso del Sé. Certamente, non esiste nessun Sé autobiografico *durante* l'amnesia, eppure esso può riapparire quando il paziente ne guarisce. In un caso riferito recentemente nella letteratura specifica, una giovane donna fu colpita da amnesia totale dopo essere entrata in coma in seguito all'investimento di un'automobile, ma riuscì a recuperare piena coscienza. Dopo due anni di amnesia, questa paziente iniziò a ricordare e a comunicare eventi del passato. Improvvisamente

la ragazza, che veniva chiamata Jane Doe dal personale che l'assisteva, iniziò a gridare "Joyce!", il suo vero nome. Dopo essere stata in grado di ricordare il suo numero di previdenza sociale, poté essere identificata. In seguito venne un rapido recupero delle memorie passate. La sua percezione dell'identità personale non era mai stata completamente distrutta dalla perdita del proprio Sé autobiografico durata due anni!

6.3.1 *In che modo il Sé si relaziona con la consapevolezza?*

In uno dei capitoli precedenti ho proposto di considerare la consapevolezza un fenomeno fondamentale, con i suoi requisiti unici di attività neurali. Ho anche proposto che i diversi contenuti della consapevolezza potessero spiegare anche la varietà delle esperienze coscienti, senza dover considerare le differenti classi di esperienze come tipi distinti di consapevolezza. Includo in questo anche il fenomeno del Sé. Cioè, l'esperienza del Sé può rappresentare un tipo di contenuto aggiunto alla consapevolezza. I teorici hanno prodotto una grande varietà di Sé e di Io per spiegare la varietà che si riscontra di fatto nelle manifestazioni fenomenologiche del Sé. Ma credo che sia più semplice considerare queste varietà del Sé come variazioni nel *contenuto* della consapevolezza di base, piuttosto che come livelli e tipi diversi di consapevolezza.

In questa idea del primato della consapevolezza si nasconde però un vero rompicapo. Quando c'è consapevolezza di qualche "contenuto" mentale – che questi contenuti includano la percezione del Sé o solo di semplici stimoli sensoriali –, *chi* è consapevole di quel contenuto mentale? L'idea che esista un'entità personale non è molto popolare tra la maggior parte dei filosofi e dei neuroscienziati. Nessuna entità personale può essere vista come una configurazione neurale specifica localizzata in qualche parte del cervello. Grosse lesioni in qualsiasi parte degli emisferi cerebrali non eliminano la consapevolezza e l'identità personale, anche se lesioni del nucleo medio intralaminare del talamo o della formazione reticolare del tronco cerebrale possono eliminare completamente la consapevolezza co-

sciente. Questo ha portato qualcuno a proporre tale area come il luogo della consapevolezza. Ma è meglio considerare queste strutture come necessarie per mantenere vigile la corteccia cerebrale, piuttosto che pensarle come centri sufficienti per l'intera esperienza. Siamo costretti a pensare a una rappresentazione più globale della coscienza e del Sé che viene prodotto, dopo vaste lesioni, da qualunque area sopravvissuta e sufficiente.

Ritorno sulla mia teoria del campo mentale cosciente (CMC), a cui possono contribuire praticamente tutte le parti della corteccia cerebrale. Il CMC fornisce una potenziale risposta alla nostra domanda: assumo infatti che il suo attributo fondamentale sia un'esperienza unitaria di consapevolezza. Nel capitolo 5 abbiamo fornito una descrizione dettagliata del CMC e proposto un percorso sperimentale che potrebbe verificare questa teoria. Il CMC fornirebbe il tipo di attributi globali necessari per l'unità del soggetto e per quel "chi" che è consapevole dei contenuti mentali.

6.3.2 I processi mentali non coscienti sono parte del Sé?

La maggior parte della nostra vita mentale procede in maniera inconscia, e i processi mentali coscienti possono influenzare processi coscienti successivi. Alcuni degli esempi più semplici di questo principio si trovano nelle scoperte di H. Shevrin, che usò stimoli visivi molto brevi (di circa 1 msec) i cui contenuti non potevano essere individuati in modo cosciente dai soggetti (Shevrin, 1973). In seguito Shevrin e Dickman mostrarono che i contenuti di questi input inconsci influenzavano in modo diverso i soggetti nello scegliere parole da una lista di parole per loro nuove (Shevrin, Dickman, 1980). Cioè, le parole selezionate mostravano un'associazione con gli oggetti "osservati" in modo inconscio. Quindi queste percezioni inconscie avevano un impatto sulle operazioni mentali successive. Si riscontrarono risultati analoghi in pazienti che si risvegliavano da un'anestesia generale (vedi Bennett et al., 1985; Bonke et al., 1986). I discorsi uditi in modo non cosciente in sala operatoria potevano anche non essere ri-

cordati in seguito, ma, comunque, influenzavano le risposte del paziente dopo il risveglio.

I processi mentali inconsci costituiscono un fatto unico per un dato individuo. Per esempio, un matematico può risolvere un problema in modo non cosciente, cosa che un'altra persona può non fare. Può sembrare appropriato quindi considerare la vita mentale inconscia di un individuo come appartenente e caratteristica del Sé di quell'individuo. Comunque non si può avere accesso esperienziale diretto ai processi mentali inconsci, sebbene tali processi possano influire sul modo in cui coscientemente vediamo noi stessi. Il capitolo 4 affrontava l'argomento della responsabilità e della colpa per i processi volontari inconsci. A mio avviso, il punto cruciale è che noi abbiamo un *controllo cosciente* sul reale compimento dei processi volontari iniziati in modo non cosciente. Siamo, quindi, responsabili delle nostre scelte di controllo coscienti, ma non degli impulsi che si iniziano inconsciamente e che precedono le nostre decisioni coscienti.

6.3.3 *La percezione del Sé costituisce un'esperienza unica?*

Ciò che mette maggiormente in discussione l'unicità singolare del Sé personale è l'esistenza, peraltro controversa, del disturbo di personalità multipla (DPM). Nel DPM, il paziente sembra mostrare più di una personalità in momenti diversi. Sembra esserci una personalità che prevale per la maggior parte del tempo, e che rimane l'unica dopo che la terapia ha eliminato con successo le altre. Le varie personalità possono essere sorprendentemente diverse e mostrare comportamenti virtualmente opposti a quelli della personalità principale. Forse qualche lettore ricorderà il vecchio film *La donna dai tre volti*, premiato con l'Oscar nel 1957 e tratto da un saggio sullo sdoppiamento di personalità di Hervey M. Cleckley e Corbett H. Thigpen. E c'è, ovviamente, anche *Lo strano caso del dottor Jekyll e del signor Hyde* di Robert Louis Stevenson, pubblicato nel 1886 – ma si tratta di un racconto di fantasia, senza nessuna relazione con evidenze cliniche.

Una scrittrice scientifica, Flora R. Schreiber, ha pubblicato nel 1973 *Sybil*, basato sui referti clinici della psichiatra di Sybil, Cornelia Wilbur. Il caso sembrava un esempio documentato di DPM e contribuì a conferire alla diagnosi di DPM lo status di disturbo reale riscontrabile nella pratica psichiatrica.

Comunque, la validità della storia di Sybil venne seriamente messa in discussione da Herbert Spiegel, psichiatra ed esperto in ipnosi (Spiegel, 1997). Spiegel ebbe un contatto diretto con Sybil per diversi anni, avendo affiancato la terapia proposta da Wilbur. In una lunga intervista pubblicata nel 1997 (*The New York Review of Books*, 24 aprile 1997), Spiegel mise in discussione la diagnosi di DPM fatta a Sybil. Aveva scoperto infatti che Sybil era facilmente ipnotizzabile. Durante la regressione sotto ipnosi, Sybil raccontò dei normali eventi caratteristici dell'infanzia, ma non fece cenno agli abusi subiti dai genitori ottenuti invece dalla Wilbur. Durante una di queste sessioni, Sybil chiese a Spiegel se voleva che diventasse Helen, un nome che la Wilbur le aveva dato per identificare un sentimento che provava. Quindi Sybil sentiva l'obbligo di assumere un'altra personalità; ma con Spiegel scelse di *non* "diventare Helen". C'erano molti altri fatti a supporto della teoria di Spiegel che il disturbo di personalità multipla di Sybil fosse in realtà un artificio creato da Cornelia Wilbur. Spiegel capì che la Wilbur non era sufficientemente informata sulle manifestazioni ipnotiche e che aveva reificato una memoria di un certo tipo, trasformandola in una personalità. Spiegel arrivò a ipotizzare che ogni paziente facilmente ipnotizzabile, a cui sia stato diagnosticato questo disturbo, non rappresenti in realtà un vero caso di DPM: altri pazienti supposti affetti da DPM ma che non sono facilmente ipnotizzabili potrebbero aver subito una diagnosi sbagliata per altre ragioni.

D'altra parte, Spiegel osserva che esistono "persone con una dissociazione transitoria (della loro visione del Sé) durante la quale perdono temporaneamente il loro senso di identità". E, in questi casi, Spiegel "li rimette insieme" subito, "per riportare il prima possibile un senso di controllo".

Si vede quindi che la messa in discussione dell'idea di un Sé

unico basata sui resoconti di DPM è – quanto meno – dubbia. È pur vero che si può verificare una perdita temporanea di identità personale; ma, con il recupero di questa perdita, la persona torna a sentirsi la stessa di prima.

6.3.4 *Un cervello diviso influenza la personalità?*

In un paziente con il “cervello diviso” (*split-brain*) le commisure, cioè i fasci di fibre nervose che collegano i due emisferi cerebrali, sono state tagliate chirurgicamente per alleviare certi tipi di epilessia. “La maggior parte dell’esperienza cosciente generata all’interno di un emisfero diventa inaccessibile alla consapevolezza cosciente dell’altro emisfero” (Sperry, 1985). Una serie di studi compiuti da Roger Sperry e dai suoi collaboratori mostra che “queste persone vivono con due domini di coscienza interiore, il destro e il sinistro, ampiamente separati. Si può dimostrare che ogni emisfero sperimenta le proprie private sensazioni, percezioni, pensieri e memorie, che sono tutte inaccessibili alla consapevolezza dell’altro emisfero” (Sperry et al., 1969). Tutti i test indicano che l’emisfero destro è cosciente e, tranne che per la mancanza della capacità di parlare, mostra attività di pensiero, logiche ed emotive separate, ma di uguale qualità rispetto a quelle dell’emisfero sinistro (vedi anche Bogen, 1986; Doty, 1999). (Ci sono però state opinioni discordanti al proposito: vedi Gazzaniga, 1998.)

Tutto ciò significa che il Sé – che è uno – può essere due in natura. Eppure, i pazienti con il cervello diviso sembrano possedere una sola mente, essere individui unificati. Non lamentano né perdita di identità personale, né esperienze di scissione. Sperry fornisce alcune spiegazioni per questa situazione (Sperry, 1985). La consapevolezza che coinvolge il Sé e i fattori sociali generata in un emisfero potrebbe prontamente diffondersi nell’altro, fenomeno che potrebbe essere mediato da strutture di interconnessione profonde che non sono state recise dalla commissurotomia superiore. Esistono inoltre rappresentazioni bilaterali per la faccia, l’udito, e per altri sistemi che non dipendono dalle commisure superiori. La separa-

zione dei campi visivi può essere superata facendo roteare entrambi gli occhi attraverso l'intero campo visivo.

Quindi sembrerebbe che, sebbene in questi pazienti alcuni aspetti del Sé cosciente possano essere divisi, il Sé cosciente rimanga largamente unificato. Quel Sé unificato, che è assolutamente predominante tra le persone normali.

6.3.5 I gemelli monozigoti possiedono due Sé separati?

Gemelli identici nati da un singolo ovulo fecondato hanno un identico codice genetico in tutte le loro cellule. Comunque, l'espressione dei geni dipende dalle condizioni dello sviluppo cerebrale e dagli effetti dell'ambiente lungo tutta la vita. L'identità dei geni, quindi, non significa necessariamente identità degli individui reali. Ciò nonostante, i gemelli monozigoti che sono stati separati e cresciuti in ambienti diversi mostrano notevoli somiglianze, oltre che nell'aspetto fisico, anche per quanto riguarda il loro atteggiamento mentale, i comportamenti, la scelta dei compagni di vita, delle automobili, e così via. Ma i gemelli monozigoti si sentono delle persone uniche. Ognuno di loro sa chi è e non confonde se stesso con l'altro gemello. Per questo motivo i gemelli identici non costituiscono un esempio di un Sé diviso.

Quand'è allora che appare il Sé unico? Alcune religioni ritengono che un Sé o un'anima si "attacchi" all'ovulo fecondato al momento del concepimento. Ma i gemelli identici provengono da un unico ovulo fecondato, eppure sviluppano due Sé indipendenti. Sembrerebbe più probabile che una qualche forma di Sé appaia quando il cervello del feto raggiunge una struttura e una forma sufficienti a supportare l'esperienza cosciente.

6.3.6 I calcolatori possiedono un Sé cosciente?

Alcune persone entusiaste dei computer, specialmente quelle che lavorano nel campo dell'intelligenza artificiale, credono che i calcolatori possano essere coscienti. Credono che

se e quando un calcolatore diventerà complesso come un cervello umano e potrà comportarsi come una persona, dovrebbe essere considerato funzionalmente equivalente a un essere umano. Secondo il famoso paradigma di Turing, questo avverrebbe quando un calcolatore e una persona nascoste dietro uno schermo daranno risposte indistinguibili fra loro (ovviamente, non c'è garanzia che questo accada).

Sono state portate numerose obiezioni sia di tipo fisico che psicologico a questa idea. Il fisico matematico Roger Penrose osserva che i computer operano sempre con un algoritmo programmato (Penrose, 1989). Ma, fa notare, le funzioni mentali coscienti possono essere non algoritmiche e sono quindi fondamentalmente diverse dalle funzioni di un computer. Penrose “dimostra che né la teoria dei quanti, né la fisica classica gettano luce sul problema della contrapposizione fra determinismo e libero arbitrio” e sostiene che “la scienza del nostro tempo è incompleta” (vedi la recensione di Palm, 1999).

Il filosofo John Searle afferma che un calcolatore può rispondere a domande basate sulla sua programmazione per la sintassi del linguaggio (Searle, 1980). Quindi può sembrare che risponda come un essere umano, ma, al contrario di un essere umano, il calcolatore non capisce il significato del linguaggio. Il calcolatore può essere programmato per la sintassi, ma non per la semantica del linguaggio. La distinzione tra sintassi e semantica, in quanto importante per il problema della coscienza, era già stata formulata da Popper nel 1953.

Ho affermato (Libet, 1980) che se anche ci fossero funzioni comportamentali identiche per il calcolatore e per la persona, come nel paradigma di Turing, questo non vorrebbe necessariamente significare che anche il calcolatore è cosciente come una persona. La prova di quest'affermazione risiede in un semplice argomento logico. In questo caso si ha a che fare con due diversi sistemi: A (il calcolatore) e B (la persona). Si sa che A e B sono diversi per molti aspetti – per esempio, nel materiale di cui sono costruiti. Ammettiamo che si scopra che i due diversi sistemi, A e B, danno risposte comportamentali identiche alle domande (se il paradigma di Turing mai funzionasse).

Questo dovrebbe significare che i due sistemi sono identici anche per quanto riguarda le altre caratteristiche, come il fatto di avere coscienza? La risposta a questa domanda è no, basandoci esclusivamente su regole di logica. Cioè, se il sistema A presenta X e il sistema B presenta X, non segue che entrambi i sistemi presenteranno Y (anche se uno di loro presenta Y). Sistemi simili da un certo punto di vista non è detto che siano simili anche in altre proprietà.

Una fallacia logica di questo tipo si applica anche a un'altra disputa, collegata con questa. È stato suggerito che potremmo sostituire ogni cellula nervosa del cervello con un chip di silicio che compia tutte le stesse funzioni. Se potessimo fare questo per l'intero cervello, avremmo uno strumento che potrebbe compiere funzioni non distinguibili da quelle del cervello originale. Per alcuni, questo zombie sarebbe cosciente. Ma, una volta di più, si tratterebbe di un sistema differente dal cervello originale e non si potrebbe dire che condivida tutte le proprietà di un cervello normale. Il cervello è strutturalmente e funzionalmente diverso da un sistema di chip di silicio.

6.3.7 *Che cosa vuol dire "anima"?*

Non è facile distinguere fra "anima" e "Sé". Per molte persone il termine anima sembra evocare significati ed emozioni più spirituali di quanto non faccia il termine Sé. C'è anche una certa tendenza ad attribuire all'anima un significato di più intima profondità. Molti sistemi religiosi considerano l'anima come una sorta di sostanza interna capace di separarsi dal corpo e dotata di vita immortale. Per quanto ne sappiamo oggi, si tratta di una credenza di tipo metafisico: non può essere falsificata da nessuna evidenza sperimentale.

Proprio come il fenomeno del Sé può essere visto come un caso particolare di un tipo di contenuto della nostra consapevolezza di base, così anche il fenomeno dell'anima potrebbe essere considerato allo stesso modo – ammesso che fra Sé e anima ci siano differenze reali.

Né il Sé, né l'anima hanno bisogno di essere sostanze fisi-

che, pur emergendo dalle attività fisiche delle cellule nervose. La sensazione che ci fa fenomenologicamente avvertire la loro esistenza potrebbe fondarsi su un qualche tipo particolare di processi neurali. Danni neurali estesi possono distruggere questo nostro sentire l'anima e il Sé, come avviene nelle fasi avanzate del morbo di Alzheimer o di Creutzfeldt-Jakob. E tale distruzione può avvenire anche se la consapevolezza non è stata ancora completamente eliminata. Se ne può concludere che il Sé e l'anima richiedono un cervello sufficientemente strutturato e funzionale.

I sentimenti e le emozioni forti, che “sgorgano dall'anima”, hanno un profondo significato per molte persone e dovrebbero essere considerati come fenomeni importanti, basati su appropriate attività neurali. Questo tipo di emotività si esprime e ha un'importanza speciale nella musica, nell'arte, nella letteratura e, ovviamente, nelle pratiche religiose e spirituali. E questo tipo di fenomenologia emotiva non dovrebbe essere presa alla leggera, in mancanza di prove in contrario.

Come esempio di questa concezione dell'anima posso citare gli scritti di Saul Bellow, grande scrittore e premio Nobel per la letteratura, recentemente scomparso. Bellow non può venir accusato di fondare la sua visione del mondo su un indottrinamento religioso, dato che è profondamente laico. Le citazioni che seguono sono tratte da una recensione di Leon Wieseltier a *Ne muoiono più di crepacuore* (Wieseltier, 1987). Parlando di *Herzog*, uno dei suoi romanzi, Bellow ricorda che: “[Herzog], con il suo PhD preso in una buona università americana, va a pezzi quando sua moglie lo lascia per un altro. Cosa dovrebbe fare in questo momento di crisi: tirar giù Aristotele o Spinoza dagli scaffali della sua libreria e rovistarne le pagine alla ricerca di consolazione e consiglio?”. Ripensando a *Herzog*, Bellow osserva che “persino nei momenti di maggior confusione, rimane aperto un canale per l'anima. Può essere difficile trovarlo perché, quando si arriva alla mezza età, è tutto invaso da pruni e rovi, e i più fitti e intricati sono quelli che crescono su quel terreno che usiamo chiamare la nostra formazione. Ma quel canale è sempre là, ed è affar nostro te-

nerlo aperto, per aver accesso alla parte più intima di noi stessi: a quella parte di noi conscia di una superiore coscienza, quella parte che ci permette di dare un giudizio ultimo e mettere ogni cosa insieme. L'indipendenza di questa coscienza – il cui punto di forza è di essere immune al rumore della storia e alla distrazione del quotidiano che ci circonda – è l'essenza del senso della lotta della nostra vita. L'anima deve trovare il suo campo, e tenerlo contro forze ostili, che a volte si incarnano in idee che spesso negano la sua stessa esistenza e spesso si spingono a cercare di annichilirla completamente". E Wieseltier commenta: "Queste belle e sagge frasi catturano perfettamente l'obiettivo del libro di Bellow". E: "Bellow riesce a discernere la profonda differenza fra vita intellettuale e vita contemplativa; e riesce a vedere che ci sono elementi significativi nell'educazione di un intellettuale contemporaneo che devono essere disimparati se si deve segnare un nuovo inizio". *Ça va sans dire*, la visione di Bellow è tutto l'opposto di quella di molti teorizzatori, specialmente i deterministi materialisti.

Ci sono state molte altre prese di posizione contro il determinismo materialista che vorrebbe che ogni sentire relativo all'anima, al Sé e al libero arbitrio non sia altro che illusione; e per il quale noi non saremmo altro che automi governati da un'inesorabile aderenza a leggi fisiche stabilite; e che ritiene (concezione questa che va sotto il nome di riduzionismo) che una piena conoscenza delle strutture e delle funzioni degli elementi cerebrali ci dirà tutto quello che c'è da sapere sull'esperienza della coscienza e sulle sue manifestazioni.

Abbiamo discusso nei capitoli 4 e 5 dei problemi legati al determinismo, al riduzionismo e al libero arbitrio. Posso dichiarare categoricamente che non c'è nulla nelle neuroscienze o nella fisica odierna che ci costringa ad accettare le teorie deterministiche e riduzionistiche. Oltre alle argomentazioni che abbiamo discusso in quei capitoli, possiamo aggiungervi quelle di Sperry (1985), di Popper e di Eccles (1977), e di molti fisici.

Sir Brian Pippard, fisico della Cambridge University, osserva che una teoria del tutto "inteso come limitato al solo mondo materiale non sarebbe poi così male, ma il 'tutto' include

anche la mente umana". Tuttavia – continua – "le stesse regole di base della scienza precludono che tale teoria possa trovare una spiegazione per la mia coscienza, l'unico fenomeno di cui sono assolutamente certo" (Pippard, 1992). Preciserei queste affermazioni riferendomi alle nostre ricerche sperimentali sull'esperienza cosciente: come abbiamo visto nei capitoli 1 e 2, in questi studi – condotti scientificamente – i resoconti di esperienze coscienti sono stati accettati come una valida informazione sulle esperienze soggettive reali.

Il fisico Brian D. Josephson ha scritto una recensione di un convegno che trattava del riduzionismo nella scienza e nella cultura (Josephson, 1993). E sosteneva che i fisici, i matematici e i filosofi presenti a quella conferenza consideravano il riduzionismo inaccettabile e fuorviante.

In ogni caso, non c'è teoria deterministica, materialistica o riduzionistica capace di rendere insignificanti i fenomeni del Sé o dell'anima e il ruolo potenzialmente causativo che potrebbero avere nelle interazioni mente-cervello.

6.3.8 *C'è vita dopo la morte?*

I resoconti di persone che hanno avuto esperienze di pre-morte (*near-death experiences*, NDE) forniscono una qualche parvenza di prova che possa esistere una vita dopo la morte. Le persone che subiscono un arresto cardiaco passano attraverso vari stadi di perdita delle funzioni cerebrali. Già nella fase iniziale varie funzioni vanno perse; ma anche quando tutte se ne sono ormai andate, c'è un periodo di circa cinque minuti durante il quale è possibile recuperarle, se la circolazione sanguigna nel cervello viene riattivata entro quel lasso di tempo. In altre parole, il danno che si verifica durante questo tempo è potenzialmente reversibile. Se l'arresto cardiaco si prolunga, il danno diventa però progressivamente irreversibile.

L'arresto cardiaco può verificarsi senza preavviso, quando il muscolo principale che pompa il sangue (i ventricoli) perde improvvisamente la sua organizzazione (stato di fibrillazione) e non riesce più a pompare il sangue in modo efficace. L'arre-

sto della circolazione sanguigna nel cervello porta a una perdita funzionale progressiva in varie parti del cervello. La corteccia cerebrale (e cerebellare) cessa la sua attività nel giro di 5-10 secondi: la coscienza, seguita dall'attività elettrica registrabile (encefalogramma), scompare. Le parti subcorticali del cervello sono un po' più resistenti: ma dopo circa 30 secondi anche la parte inferiore del tronco cerebrale se ne va, con conseguente perdita della respirazione e del controllo di altre funzioni corporee che hanno il loro centro nel bulbo o midollo allungato. Il midollo spinale, insieme con i semplici riflessi da lui controllati, sopravvive un po' più a lungo (da 1 a 2 minuti).

Quando tutte queste attività cerebrali sono ormai andate, la persona sembra essere, a tutti gli effetti, ormai morta. Ma se si riesce a indurre il cuore a riprendere a pompare in modo efficace prima che siano passati cinque minuti, le varie funzioni del cervello possono essere recuperate, anche se ci possono volere settimane intere prima di una piena guarigione. Nel corso di quei cinque minuti di arresto si sviluppa la degradazione metabolica delle cellule nervose, sia a causa della mancanza di ossigeno e glucosio (che riforniscono le cellule di energia), sia a causa dell'accumulazione dei metaboliti all'interno e nelle immediate vicinanze dei neuroni. Gli altri organi del corpo – cuore compreso – possono sopportare periodi di arresto circolatorio molto più lunghi senza che gli effetti diventino irreversibili. Infatti, è possibile far ripartire il cuore dopo i 5 minuti che costituiscono il termine ultimo per far tornare in vita il cervello. In tal caso, quando il cuore si rimette a battere dopo cinque minuti, il corpo può essere mantenuto in stato di vita con una respirazione artificiale: un corpo vivo, ma con un cervello morto. E quando il cervello è morto irreversibilmente, una persona non potrà mai riaversi dal coma.

Ci sono persone che si sono riprese da un arresto cardiaco e che hanno raccontato di aver provato esperienze durante il periodo in cui il cervello era funzionalmente inattivo, "morto". È abbastanza comune il racconto in cui il paziente dice che galleggiava nell'aria della sala operatoria e poteva osservare i medici e gli infermieri che tentavano di resuscitarlo. Un al-

tro racconto comune è quello in cui il paziente sente di star procedendo in un tunnel che al suo sbocco splende di vivida luce. In questi racconti si sottolinea in genere un sentimento di pace interiore associato al tunnel e alla luce.

Cosa se ne deve pensare? Se il cervello fosse completamente inattivo ("morto") quando si verificano queste esperienze, potremmo avere un'evidenza impressionantemente convincente che c'è un'esistenza psichica extracorporea. Ma questi dati pongono alcune difficoltà. In primo luogo, stupisce che una persona possa ricordarsi questo genere di esperienze soggettive in modo tale da poterle poi raccontare. È infatti presumibile che le strutture cerebrali che mediano la formazione della memoria siano anch'esse non operative durante l'arresto cardiaco. In secondo luogo, la persona che racconta di aver fluttuato nell'aria osservando il processo della sua risurrezione, potrebbe star riferendo una ricostruzione di scene – osservate o immaginate – che si erano formate nel suo cervello prima dell'arresto cardiaco. In terzo luogo, si possono avere dubbi sulla completezza dell'assenza di funzioni cerebrali e su come essa sia stata stabilita. Per esempio, in alcune delle mie prime ricerche i miei colleghi e io stabilimmo che battere le mani produceva un inizio di risposta elettrica evocata primaria nella corteccia uditiva. Una risposta che appariva qualche tempo dopo che i ritmi elettrici spontanei associati con la coscienza erano già scomparsi (il soggetto sperimentale era un gatto, ma c'è ragione di ritenere che un simile risultato si verificherebbe anche con un essere umano).

È difficile realizzare un esperimento che possa fornire una risposta dotata di rigore convincente al problema, così importante, della possibilità di un'"altra" vita. Se si trovasse un soggetto portatore di un *pacemaker* cardiaco disponibile per un esperimento in cui il cuore venga fatto cessare di battere per 3-4 minuti, si potrebbe però realizzare un rigoroso setting sperimentale (cosa che non potrebbe essere fatta in una sala di rianimazione, con un paziente che ha subito un arresto cardiaco spontaneo). L'esperimento comporterebbe di spegnere il *pacemaker* in modo da produrre un arresto cardiaco di du-

rata compresa fra i tre e i quattro minuti, in modo da restare bene all'interno dell'intervallo di tempo in cui è possibile recuperare la funzionalità cerebrale. Prima che il paziente sia portato nella stanza, verrebbero introdotti (nascosti) suoni e immagini strani e inusuali, che dovrebbero venire esposti nel corso dell'arresto cardiocircolatorio, dopo la perdita delle funzioni cerebrali. Una volta che sia iniziato il recupero del battito cardiaco e della circolazione sanguigna, il personale medico dovrebbe immediatamente togliersi gli abiti speciali indossati; le immagini verrebbero nascoste nuovamente e i suoni fatti cessare.

Quando il paziente sarà di nuovo cosciente e in grado di rispondere, gli si chiederà di riferire le esperienze provate nel corso della procedura. Se il paziente dicesse di aver fluttuato nella stanza osservando il personale medico, gli si dovrebbe chiedere di descriverne la schiena, cosa abbia osservato sui muri della stanza, cosa abbia udito. Se il paziente segnalasse correttamente gli indicatori nascosti, si tratterebbe di una prova assai convincente della validità del suo resoconto esperienziale. Altrimenti, se il paziente riferisse di aver visto l'usuale ambientazione della sala invece di quella nascosta, la validità del suo resoconto si ridurrebbe a poco o a nulla. Bisognerebbe cercare qualche altra spiegazione di ciò che viene riferito come accaduto nel corso delle esperienze di pre-morte.

Ovviamente, la difficoltà di questo esperimento sta nel fatto che il gruppo di ricerca dovrebbe agire durante i momenti dell'arresto cardiaco. Inoltre, non è molto probabile che possa essere approvato dal comitato per la protezione dei pazienti dell'istituzione in cui si volesse proporlo.

È stato progettato un altro esperimento per vedere se i morti possano comunicare con i vivi. Si tratta di un esperimento realizzabile, proposto da due scienziati della University of Arizona, Schwartz e Russek, la cui ricerca è stata descritta da Ann Japenga (1999), e che permette la partecipazione di individui normali. Ciascun partecipante registra in un calcolatore un messaggio segreto, noto solo a lui, e il messaggio viene trasformato in un codice d'accesso dal calcolatore stesso. Do-

po la morte, il partecipante comunica telepaticamente con una persona vivente, già designata. La frase che sblocca il codice dovrebbe – presumibilmente – venir passata dal defunto al collega vivente.

In effetti, credo che questo esperimento sia stato già condotto, e che abbia fallito. All'inizio del Novecento, il grande mago Houdini aveva preparato un test di questo tipo per vedere se sarebbe stato capace di comunicare con una persona vivente da morto. Houdini morì poco dopo, ma la sua vedova e i suoi amici riferirono di non aver ricevuto nessun messaggio da lui.

Certo, alcune persone, che si autoproclamano medium, pretendono di essere in grado di evocare fantasmi di defunti che comunicano con loro, ma queste dimostrazioni si rivelano – è quasi routine – regolarmente fraudolente quando vengono esaminate da un esperto.

Non ho personalmente alcuna obiezione di principio alla possibilità che un'anima possa avere un qualche genere di esistenza significativa dopo la morte. Anzi, una cosa del genere potrebbe rendere la prospettiva della morte assai più accettabile. Ma su questo problema non siamo ancora riusciti a spingerci oltre il livello di credenze metafisiche. Come abbiamo visto, si tratta di una domanda cui è estremamente difficile rispondere in modo scientificamente convincente.

Per il momento, dunque, possiamo accettare il concetto di "anima" come basato su esperienze fenomenologicamente significative. Si tratta di esperienze che non dimostrano che esista realmente un'entità "anima", ma che nemmeno negano una tale possibilità. L'attacco del filosofo Gilbert Ryle alla concezione cartesiana di un'anima separabile, vede questa supposta entità come un "fantasma nella macchina". L'attacco di Ryle si basa sulla credenza che gli esseri umani siano solo macchine. Ma come fa Ryle a *sapere* che non c'è un "fantasma" nella nostra "macchina" cerebrale? Fatto sta che non lo sa: non c'è nessuna evidenza diretta che contraddica la possibilità dell'esistenza di un'anima di tipo cartesiano. E non c'è nemmeno nessuna evidenza che contraddica l'esistenza di un

fenomeno non fisico e non separabile dal cervello quale il campo mentale cosciente da me proposto. Né alcuna evidenza a conferma, almeno per ora.

6.4 PER CONCLUDERE

Mi si permetta di ripetere ciò che ho detto all'inizio di *questo libro*: la nostra vita interiore soggettiva è ciò che ci interessa veramente in quanto esseri umani. Eppure, sappiamo e comprendiamo relativamente poco di come essa nasca e come essa funzioni nella nostra volontà cosciente di agire. Sappiamo però che, nell'unica vita che conosciamo, il cervello fisico è essenziale e intimamente legato alla manifestazione della nostra esperienza soggettiva cosciente.

In *questo libro* ho presentato alcuni dei progressi sperimentali che vanno in direzione di scoprire le attività neurali che sono significative nella mediazione delle esperienze soggettive coscienti di natura non fisica. Ho sottolineato le ricerche condotte da me e dai miei collaboratori, in parte per fornire al lettore un'idea di come tali scoperte siano state fatte, ma anche per costituire una base per le conclusioni e le inferenze che ho tratto da quelle evidenze sperimentali. Inoltre, la nostra ricerca fornisce uno dei rari risultati riguardo alla relazione fra attività neurali ed esperienza soggettiva, risultato basato su studi diretti di stimolazioni e registrazioni intracraniche. Ci ha permesso di stabilire la natura causale delle relazioni, non mere correlazioni.

Abbiamo scoperto che entra in gioco un fattore tempo e che esso costituisce un elemento significativo del modo in cui viene prodotta la consapevolezza e del modo in cui avviene la transizione dalle funzioni mentali inconscie a quelle coscienti.

Persino queste scoperte di portata limitata, centrate sul fattore temporale, paiono avere un effetto profondo sul modo in cui concepiamo il nostro Io mentale. Se tutte le esperienze coscienti sono precedute da processi inconsci, siamo costretti a concludere che non viviamo realmente nel presente, e che ci

sono processi inconsci che giocano un ruolo predominante nella nostra vita cosciente. Abbiamo scoperto che questa conclusione si può estendere anche all'inizio di un atto volontario e che sembra restringere il ruolo del libero arbitrio all'effettiva attuazione delle azioni. Abbiamo anche visto che ci sono esperienze soggettive di ogni genere che comportano un riferimento soggettivo all'indietro nel tempo delle attività cerebrali, riferimento a immagini e pensieri che danno un ordinamento e un significato coscienti alle complesse attività neurali che li evocano. E – si noti – non sarebbe stato possibile effettuare queste nostre sorprendenti scoperte senza poter accedere direttamente a certe parti del cervello di pazienti umani disposti a collaborare.

Le mie principali speranze, nel concludere *queste pagine* sono:

- 1) che possiate aver ben capito le nostre scoperte sperimentali sul problema mente-cervello;
- 2) che possiate riconoscere come queste scoperte possono influenzare le vostre concezioni a proposito delle vostre esperienze mentali stesse;
- 3) che un gruppo di ricerca qualificato di neurochirurghi riesca a effettuare un esperimento appropriato sulla mia teoria del campo mentale cosciente (vedi capitolo 5).

Io stesso ho proposto un test che potrebbe falsificare e negare validità a tale teoria. Ma un risultato positivo, che dimostrasse la possibilità di comunicazione soggettiva e di azione intenzionale in assenza di connessioni neurali, avrebbe un impatto profondo su come concepiamo la natura dell'esperienza cosciente e delle neuroscienze in generale.

BIBLIOGRAFIA

- AMASSIAN, V.E., SOMASUNDERINN, M., ROTHSWELL, J.C., CROCCO, J.B., MACABEE, P.J., DAY, B.L. (1991), "Parasthesias are elicited by single pulse magnetic coil stimulation of motorcortex in susceptible humans". In *Brain*, 114, pp. 2505-2520.
- BAARS, B.J. (1988), *A Cognitive Theory of Consciousness*. Cambridge University Press, Cambridge.
- BARBUR, J.L., WATSON, J.D.G., FRACKOWIAK, R.S.J., ZEKI, S. (1993), "Conscious visual perception without VI". In *Brain*, 116, pp. 1293-1302.
- BELLOW, S. (1987), *Ne muoiono più di crepacuore*. Tr. it. Mondadori, Milano 2001.
- BENNETT, H.L., DAVIS, H.S., GIANNINI, J.A. (1985), "Nonverbal response to intraoperative conversation". In *British Journal of Anaesthesia*, 57, pp. 174-179.
- BERGER, H. (1929), "Über das electrokephalogram des menschen". In *Archiv fur Psychiatrie und Nervenkrankheiten*, 87, pp. 527-570.
- BERNS, G.S., COHEN, J.D., MINTUN, M.A. (1997), "Brain regions responsive to novelty in the absence of awareness". In *Science*, 276, pp. 1272-1275.
- BOGEN, J.E. (1986), "One brain, two brains, or both? Two hemispheres – one brain: Functions of corpus callosum". In *Neurology and Neurobiology*, 17, pp. 21-34.
- BOGEN, J.E. (1995), "On the neurophysiology of consciousness. I: An overview". In *Consciousness and Cognition*, 4 (1), pp. 52-62.
- BONKE, B., SCHMITZ, P.I.M., VERHAGE, R., ZWAVELING, A. (1986), "A clinical study of so-called unconscious perception during general anaesthesia". In *British Journal of Anaesthesia*, 58, pp. 957-964.
- BOWER, B. (1999), in *Science News*, 156, p. 280.
- BUCHNER, H., FUCHS, M., WISCHMANN, H.A., DOSSEL, O., LUDWIG, I., KNEPPER, A., BERG, P. (1994), "Source analysis of median ner-

- ve and finger stimulated somatosensory evoked potentials". In *Brain Topography*, 6 (4), pp. 299-310.
- BUCHNER, H., GOBBELÉ, R., WAGNER, M., FUCHS, M., WABERSKI, T.D., BECKMANN, R. (1997), "Fast visual evoked potential input into human area v52". In *Neuroreport*, 8 (11), pp. 2419-2422.
- BURNS, B.D. (1951), "Some properties of isolated cerebral cortex in the unanesthetized cat". In *Journal of Physiology*, 112, pp. 156-175.
- BURNS, B.D. (1954), "The production of after-bursts in isolated unanesthetized cerebral cortex". In *Journal of Physiology*, 125, pp. 427-446.
- BURNS, J. (1991), "Does consciousness perform a function independently of the brain?". In *Frontier Perspectives*, 2 (1), pp. 19-34.
- BUSER, P. (1998), *Il cervello allo specchio*. Tr. it. McGraw-Hill, Milano 1999.
- CHALMERS, D.J. (1995), "Facing up to the problem of consciousness". In *Journal of Consciousness Studies*, 2 (3), pp. 200-219.
- CHALMERS, D.J. (1996), *La mente cosciente*. Tr. it. McGraw-Hill, Milano 1999.
- CHURCHLAND, P.M., CHURCHLAND, P.S. (1998), *On the Contrary: Critical Essays, 1987-1997*. MIT Press, Cambridge, MA.
- CHURCHLAND, P.S. (1981), "On the alleged backwards referral of experiences and its relevance to the mind-body problem". In *Philosophy of Science*, 48, pp. 165-181.
- CHUSID, J.G., MACDONALD, J.J. (1958), *Correlative Neuro-anatomy and Functional Neurology*. Lange Medical Publishers, Los Altos, CA, p. 175.
- CLARK, R.E., SQUIRE, L.R. (1998), "Classical conditioning and brain systems: The role of awareness". In *Science*, 280, pp. 77-81.
- COOPER, D.A. (1997), *God Is a Verb: Kabbalah and the Practice of Mystical Judaism*. Penguin Putnam, New York.
- CRAWFORD, B.H. (1947), "Visual adaptation in relation to brief conditioning stimuli". In *Proceedings of the Royal Society Series B*, 134, pp. 283-302.
- CRICK, F. (1994), *La scienza e l'anima*. Tr. it. Rizzoli, Milano 1994.
- CRICK, F., KOCH, C. (1998), "Consciousness and neuroscience". In *Cerebral Cortex*, 8 (2), pp. 92-107.
- CUSHING, H. (1909), "A note upon the faradic stimulation of the postcentral gyrus in conscious patients". In *Brain*, 32, pp. 44-53.
- DAMASIO, A.R. (1994), *L'errore di Cartesio: emozione, ragione e cervello umano*. Tr. it. Adelphi, Milano 2005.
- DAMASIO, A.R. (1997), "Neuropsychology. Towards a neuropathology of emotion and mood". In *Nature*, 386 (6627), pp. 769-770.

- DAMASIO, A.R. (1999), *Emozione e coscienza*. Tr. it. Adelphi, Milano 2003.
- DEL GIUDICE, E. (1993), "Coherence in condensed and living matter". In *Frontier Perspectives*, 3 (2), pp. 6-20.
- DEMBER, W.N., PURCELL, D.G. (1967), "Recovery of masked visual targets by inhibition of the masking stimulus". In *Science*, 157, pp. 1335-1336.
- DENNETT, D.C. (1984), *Elbow Room: The Varieties of Free Will Worth Wanting*. Bradford Books (MIT Press), Cambridge, MA.
- DENNETT, D.C. (1991), *Coscienza*. Tr. it. Rizzoli, Milano 1993.
- DENNETT, D.C. (1993), "The neural time factor in conscious and unconscious events". In LIBET, B. (a cura di), *Experimental and Theoretical Studies of Consciousness*. Ciba Foundation Symposium #174. John Wiley and Sons, Chichester.
- DENNETT, D.C., KINSBOURNE, M. (1992), "Time and the observer: The where and when of consciousness in the brain". In *Behavioral and Brain Sciences*, 15, pp. 183-247.
- DESCARTES, R. (1664), *L'uomo*. Tr. it. in *Opere filosofiche*, vol. 1. Laterza, Roma-Bari 1998.
- DOTY, R.W. (1969), "Electrical stimulation of the brain in behavioral cortex". In *Annual Reviews of Physiology*, 20, pp. 289-320.
- DOTY, R.W. (1984), "Some thoughts and some experiments on memory". In SQUIRE, L.R., BUTTERS, N. (a cura di), *Neuropsychology of Memory*. Guilford, New York.
- DOTY, R.W. (1998), "Five mysteries of the mind, and their consequences". In *Neuropsychologia*, 36, pp. 1069-1076.
- DOTY, R.W. (1999), "Two brains, one person". In *Brain Research Bulletin*, 50, p. 46.
- DRACHMAN, D.A., ARBIT, J. (1966), "Memory and the hippocampal complex: Is memory a multiple process?". In *Archives of Neurology*, 15 (1), pp. 52-61.
- ECCLES, J.C. (1966), *Brain and Conscious Experience*. Springer-Verlag, New York.
- ECCLES, J.C. (1990), "A unitary hypothesis of mind-brain interaction in cerebral cortex". In *Proceedings of the Royal Society Series B*, 240, pp. 433-451.
- ECHLIN, F.A., ARNETT, V., ZOLL, J. (1952), "Paroxysmal high voltage discharges from isolated and partially isolated human and animal cerebral cortex". In *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 4, pp. 147-164.
- EDELMAN, G.M., MOUNTCASTLE, V.B. (1978) (a cura di), *The Mindful Brain*. MIT Press, Cambridge, MA.
- FEINSTEIN, B., ALBERTS, W.W., WRIGHT JR, E.W., LEVIN, G. (1960),

- "A stereotoxic technique in man allowing multiple spatial and temporal approaches to intracranial targets". In *Journal of Neurosurgery*, 117, pp. 708-720.
- FEYNMAN, R. (1990), in SYKES, C. (a cura di), *No Ordinary Genius*. W.W. Norton, New York, p. 252.
- FRANCO, R. (1989), "Intuitive science". In *Nature*, 338, p. 536.
- FREUD, S. (1915), "L'inconscio". Tr. it. in *Metapsicologia*. In *Opere*, vol. 8. Boringhieri, Torino 1976.
- GAZZANIGA, M.S. (1998), "Brain and conscious experience". In *Advances in Neurology*, 77, pp. 181-193.
- GOFF, G.A., MATSUMIYA, Y., ALLISON, T., GOFF, W.R. (1977), "The scalp topography of human somatosensory and auditory evoked potentials". In *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 42, pp. 57-76.
- GOLDBERG, G., BLOOM, K.K. (1990), "The alien hand sign: Localization, lateralization and recovery". In *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 69, pp. 228-230.
- GOLDRING, S., O'LEARY, J.L., HOLMES, T.G., JERVA, M.J. (1961), "Direct response of isolated cerebral cortex of cat". In *Journal of Neurophysiology*, 24, pp. 633-650.
- GRAY, C.M., SINGER, W. (1989), "Stimulus-specific neuronal oscillations in orientation columns of cat visual cortex". In *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 86, pp. 1698-1702.
- GREEN, D.M., SWETS, J.A. (1966), *Signal Detection Theory and Psychophysics*. John Wiley and Sons, New York.
- GROSSMAN, R.G. (1980), "Are current concepts and methods in neuroscience adequate for studying the neural basis of consciousness and mental activity?". In PINSKER, H.H., WILLIS JR, W.D. (a cura di), *Information Processing in the Nervous System*. Raven Press, New York, pp. 331-338.
- HAGGARD, P., EIMER, M. (1999), "On the relation between brain potentials and conscious awareness". In *Experimental Brain Research*, 126, pp. 128-133.
- HAGGARD, P., LIBET, B. (2001), "Conscious intention and brain activity". In *Journal of Consciousness Studies*, 8, pp. 47-64.
- HALLIDAY, A.M., MINGAY, R. (1961), "Retroactive raising of a sensory threshold by a contralateral stimulus". In *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 13, pp. 1-11.
- HAWKING, S. (1988), *Dal big bang ai buchi neri: breve storia del tempo*. Tr. it. BUR Scienza, Milano 2005.
- HOOKE, S. (1960) (a cura di), *Dimensions of Mind*. New York University Press, New York.
- HUBEL, D.H., WIESEL, T.N. (1962), "Receptive fields, binocular in-

- teraction and functional architecture in the cat's visual cortex". In *Journal of Physiology*, 160, pp. 106-134.
- INGVAR, D.H. (1955), "Extraneuronal influences upon the electrical activity of isolated cortex following stimulation of the reticular activating system". In *Acta Physiologica Scandinavica*, 33, pp. 169-193.
- INGVAR, D.H. (1979), "Hyperfrontal distribution of the cerebral grey matter blood flow in resting wakefulness: On the functional anatomy of the conscious state". In *Acta Neurologica Scandinavica*, 60, pp. 12-25.
- INGVAR, D.H. (1999), "On volition: A neuro-physiologically oriented essay". In LIBET, B., FREEMAN, A., SUTHERLAND, K. (a cura di), *The Volitional Brain: Towards a Neuroscience of Free Will*. Imprint Academic, Thorverton, pp. 1-10.
- INGVAR, D.H., PHILLIPSON, L. (1977), "Distribution of cerebral blood flow in the dominant hemisphere during motor ideation and motor performance". In *Annals of Neurology*, 2, pp. 230-237.
- JAMES, W. (1890), *The Principles of Psychology*. Dover, New York. Tr. it. parziale in *Il flusso di coscienza: I principi di psicologia*, capp. 9-10. Bruno Mondadori, Milano 1998.
- JAPENGA, A. (1999), "Philosophy: The new therapy for 2000". In *USA Weekend*, ottobre, pp. 22-24.
- JASPER, H., BERTRAND, G. (1966), "Recording with micro-electrodes in stereotaxic surgery for Parkinson's disease". In *Journal of Neurosurgery*, 24, pp. 219-224.
- JEANNEROD, M. (1997), *The Cognitive Neuroscience of Action*. Blackwell, Oxford.
- JENSEN, A.R. (1979), "'g': Outmoded theory of unconquered frontier". In *Creative Science and Technology*, 2, pp. 16-29.
- JOSEPHSON, B.D. (1993), "Report on a symposium on reductionism in science and culture". In *Frontier Perspectives*, 3 (2), pp. 29-32.
- JUNG, R., HUFSCHEIDT, A., MOSCHALLSKI, W. (1982), "Slow brain potentials writing: The correlation between writing hand and speech domin in right-handed humans". In *Archiv fur Psychiatrie und Nervenkrankheiten*, 232, pp. 305-324.
- KAUFMANN, W. (1961), *Faith of a Heretic*. Doubleday, New York.
- KELLER, I., HECKHAUSEN, H. (1990), "Readiness potentials preceding spontaneous acts: Voluntary vs involuntary control". In *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 76, pp. 351-361.
- KIHLSTROM, J.F. (1984), "Conscious, subconscious, unconscious: A cognitive perspective". In BOWERS, K.S., MEICHENBAUM, D. (a cura di), *The Unconscious Reconsidered*. John Wiley and Sons, New York.

- KIHLSTROM, J.F. (1993), "The psychological unconscious and the self". In *Experimental and Theoretical Studies of Consciousness*. Ciba Foundation Symposium #134. John Wiley and Sons, Chichester.
- KIHLSTROM, J.F. (1996), "Perception without awareness of what is perceived, learning without awareness of what is learned". In VELMANS, M. (a cura di), *The Science of Conscious Psychological, Neuropsychological, and Clinical Reviews*. Routledge, London.
- KOESTLER, A. (1964), *L'atto della creazione*. Tr. it. Ubaldini, Roma 1975.
- KORNHUBER, H.H., DEECKE, L. (1965), "Hirnpotential änderungen bei Willkürbewegungen und passiven Bewegungen des Menschen: Bereitschaftspotential und reafferente potentiale". In *Pflügers Archiv*, 284, pp. 1-17.
- KRISTIANSEN, K., COURTOIS, G. (1949), "Rhythmic electrical activity from isolated cerebral cortex". In *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1, pp. 265-272.
- LAPLACE, P.S. (1914), *Saggio filosofico sulle probabilità*. Tr. it. Teoria, Roma 1987.
- LASSEN, N.A., INGVAR, D.H. (1961), "The blood flow of the cerebral cortex determined by radioactive Krypton 85". In *Experientia*, 17, pp. 42-43.
- LIBET, B. (1965), "Cortical activation in conscious and unconscious experience". In *Perspectives in Biology and Medicine*, 9, pp. 77-86.
- LIBET, B. (1966), "Brain stimulation and the threshold of conscious experience". In ECCLES, J.C. (a cura di), *Brain and Conscious Experience*. Springer-Verlag, New York, pp. 165-181.
- LIBET, B. (1973), "Electrical stimulation of cortex in human subjects and conscious sensory aspects". In IGGO, A. (a cura di), *Handbook of Sensory Physiology*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 743-790.
- LIBET, B. (1980), "Commentary on J.R. Searle's *Mind, Brains and Programs*". In *Behavioral and Brain Sciences*, 3, p. 434.
- LIBET, B. (1985), "Unconscious cerebral initiative and the role of conscious will in voluntary action". In *Behavioral and Brain Sciences*, 8, pp. 529-566.
- LIBET, B. (1987), "Consciousness: Conscious, subjective experience". In ADELMAN, G. (a cura di), *Encyclopedia of Neuroscience*. Birkhäuser, Boston, pp. 271-275.
- LIBET, B. (1989), "Conscious subjective experience and unconscious mental functions: A theory of the cerebral processes involved". In COTTERILL, R.M.J. (a cura di), *Models of Brain Function*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 35-49.
- LIBET, B. (1993 a), *Neurophysiology of Consciousness: Selected Papers and New Essays by Benjamin Libet*. Birkhäuser, Boston.

- LIBET, B. (1993b), "The neural time factor in conscious and unconscious events". In *Experimental and Theoretical Studies of Consciousness*. Ciba Foundation Symposium #174. John Wiley and Sons, Chichester, pp. 123-146.
- LIBET, B. (1994), "A testable field theory of mind-brain interaction". In *Journal of Consciousness Studies*, 1 (1), pp. 119-126.
- LIBET, B. (1996), "Solutions to the hard problem of consciousness". In *Journal of Consciousness Studies*, 3, pp. 33-35.
- LIBET, B. (1997), "Conscious mind as a force field: A reply to Lindhal & Århem". In *Journal of Theoretical Biology*, 185, pp. 137-138.
- LIBET, B. (1999), "Do we have free will?". In *Journal of Consciousness Studies*, 6 (8-9), pp. 47-57.
- LIBET, B. (2001), "Consciousness, free action and the brain". In *Journal of Consciousness Studies*, 8 (8), pp. 59-65.
- LIBET, B. (2003), "Timing of conscious experience". In *Consciousness and Cognition*, 12, pp. 321-331.
- LIBET, B., ALBERTS, W.W., WRIGHT, E.W., DELATTRE, L., LEVIN, G., FEINSTEIN, B. (1964), "Production of threshold levels of conscious sensation by electrical stimulation of human somatosensory cortex". In *Journal of Neurophysiology*, 27, pp. 546-578.
- LIBET, B., ALBERTS, W.W., WRIGHT, E.W., FEINSTEIN, B. (1967), "Responses of human somatosensory cortex to stimuli below threshold for conscious sensation". In *Science*, 158, pp. 1597-1600.
- LIBET, B., GLEASON, C.A., WRIGHT, E.W., PEARL, D.K. (1983), "Time of conscious intention to act in relation to onset of cerebral activities (readiness-potential): The unconscious initiation of a freely voluntary act". In *Brain*, 106, pp. 623-642.
- LIBET, B., PEARL, D.K., MORLEDGE, D.E., GLEASON, C.A., HOSOBUCHI, Y., BARBARA, N.M. (1991), "Control of the transition from sensory detection to sensory awareness in man by the duration of a thalamic stimulus: The cerebral 'time-on' factor". In *Brain*, 114, pp. 1731-1757.
- LIBET, B., WRIGHT JR, E.W., FEINSTEIN, B., PEARL, D.K. (1979), "Subjective referral of the timing for a conscious sensory experience: A functional role for the somatosensory specific projection system in man". In *Brain*, 102, pp. 193-224.
- LIBET, B., WRIGHT JR, E.W., FEINSTEIN, B., PEARL, D.K. (1992), "Retroactive enhancement of a skin sensation by a delayed cortical stimulus in man: Evidence for delay of a conscious sensory experience". In *Consciousness and Cognition*, 1, pp. 367-375.
- LIBET, B., WRIGHT, E.W., GLEASON, C. (1982), "Readiness-potentials preceding unrestricted 'spontaneous' vs pre-planned volun-

- tary acts". In *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 54, pp. 322-335.
- MARSHALL, J.C. (1989), "An open mind?". In *Nature*, 339, pp. 25-26.
- MARSHALL, L.H., MAGOUN, H.W. (1998), *Discoveries in the Human Brain*. Humana Press, Totowa, NJ.
- MCGINN, C. (1997), *Minds and Bodies: Philosophers and Their Ideas*. Oxford University Press, London.
- MCGINN, C. (1999), "Can we ever understand consciousness?". In *The New York Review*, 10 giugno, pp. 44-48.
- MELCHNER, L. VON, PALLAS, S.L., SUR, M. (2000), "Visual behavior mediated by retinal projections directed to the auditory pathway". In *Nature*, 404, pp. 871-876.
- MOUNTCASTLE, V.B. (1957), "Modalities and topographic properties of single neurons in sensory cortex". In *Journal of Neurophysiology*, 20, pp. 408-434.
- MUKHOPADHYARY, A.K. (1995), *Conquering the Brain*. Conscious Publications, New Delhi.
- NICHOLS, M.J., NEWSOME, W.T. (1999), "Monkeys play the odds". In *Nature*, 400, pp. 217-218.
- NISHIMURA, H. (1999), "Visual stimuli activate auditory cortex in the deaf". In *Cortex*, 9, pp. 392-405.
- PALM, A. (1999), "Book review of *The Emperor's New Mind* by R. Penrose". In *Frontier Perspectives*, 2 (1), pp. 27-28.
- PENFIELD, W. (1958), *The Excitable Cortex in Conscious Man*. Liverpool University Press, Liverpool.
- PENFIELD, W., BOLDREY, E. (1937), "Somatic, motor and sensory representation in the cerebral cortex of man as studied by electrical stimulation". In *Brain*, 60, pp. 389-443.
- PENFIELD, W., JASPER, H. (1954), *Epilepsy and the Functional Anatomy of the Human Brain*. Little, Brown and Company, Boston.
- PENFIELD, W., RASMUSSEN, T.B. (1950), *The Cerebral Cortex of Man*. Macmillan Books, New York.
- PENROSE, R. (1989), *La mente nuova dell'imperatore*. Tr. it. BUR, Milano 2004.
- PEPPER, S.C. (1960), "A neural-identity theory of mind". In HOOK, S. (a cura di), *Dimensions of Mind*. New York University Press, New York, pp. 37-55.
- PIÉRON, H., SEGAL, J. (1939), "Sur un phénomène de facilitation rétroactive dans l'excitation électrique des branches nerveuses cutanées sensibilité tactile". In *Journal of Neurophysiology*, 2, pp. 178-191.
- PIPPARD, B. (1992), "Counsel of despair". In *Nature*, 357, p. 29.
- POINCARÉ, H. (1913), *La scienza e l'ipotesi*. Tr. it. Bompiani, Milano 2003.

- POPPEL, E. (1988), *Time and Conscious Experience*. Harcourt Brace Jovanovich, New York.
- POPPEL, K.R. (1953), "Language and the body-mind problem: A restatement of interactivism". In *Proceedings of the XIth International Congress of Philosophy*, vol. 7. North Holland Press, Amsterdam, pp. 101-107.
- POPPEL, K.R. (1992), *Alla ricerca di un mondo migliore*. Tr. it. Armando, Roma 2002.
- POPPEL, K.R., ECCLES, J.C. (1977), *L'Io e il suo cervello*. Tr. it. Armando, Roma 1986.
- POPPEL, K.R., LINDAHL, B.I.B., ARHEM, P. (1993), "A discussion of the mind-body problem". In *Theoretical Medicine*, 14, pp. 167-180.
- RAY, P.G., MEADOR, K.J., EPSTEIN, C.M., LORING, D.W., DAY, L.J. (1998), "Magnetic stimulation of visual cortex: Factors influencing the perception of phosphenes". In *Journal of Clinical Neurophysiology*, 15 (4), pp. 351-357.
- RAY, P.G., MEADOR, K.J., SMITH, J.R., WHELESS, J.W., SITTENFELD, M., CLIFTON, G.L. (1999), "Physiology of perception: Cortical stimulation and recording in humans". In *Neurology*, 52 (2), pp. 1044-1049.
- ROLAND, P.E., FRIBERG, L. (1985), "Localization of cortical areas activated by thinking". In *Journal of Neurophysiology*, 53, pp. 1219-1243.
- ROSENTHAL, D.M. (2002), "The timing of conscious states". In *Consciousness and Cognition*, 11 (2), pp. 215-220.
- SCHREIBER, F.R. (1973), *Sybil*. Tr. it. Mondadori, Milano 1979.
- SCHWARTZ, J., BEGLEY, S. (2002), *The Mind and the Brain: Neuroplasticity and the Power of Mental Force*. Regan Books, New York.
- SEARLE, J.R. (1980), "Minds, brains and programs". In *Behavioral and Brain Sciences*, 3 (3), pp. 417-457.
- SEARLE, J.R. (1992), *La riscoperta della mente*. Tr. it. Bollati Boringhieri, Torino 1994.
- SEARLE, J.R. (1993), "The neural time factor in conscious and unconscious events". In LIBET, B. (a cura di), *Experimental and Theoretical Studies of Consciousness*. Ciba Foundation Symposium #174. John Wiley and Sons, Chichester, p. 156.
- SEARLE, J.R. (2000a), "Consciousness, free action and the brain". In *Journal of Consciousness Studies*, 7 (10), pp. 3-32.
- SEARLE, J.R. (2000b), "Consciousness". In *Annual Review of Neuroscience*, 23, pp. 557-578.
- SHALLICE, T. (1988), *From Neuropsychology to Mental Structure*. Cambridge University Press, Cambridge, MA.
- SHARMA, J., ANGELUCCI, A., SUR, M. (2000), "Visual behavior me-

- diated by retinal projections directed to the auditory pathway". In *Nature*, 404, pp. 841-847.
- SHERINGTON, C.S. (1940), *Uomo e natura*. Tr. it. Boringhieri, Torino 1960.
- SHEVRIN, H. (1973), "Brain wave correlates of subliminal stimulation, unconscious attention, primary- and secondary-process thinking, and repressiveness". In *Psychological Issues*, 8 (2), Monograph 30, pp. 56-87.
- SHEVRIN, H., DICKMAN, S. (1980), "The psychological unconscious: A necessary assumption for all psychological theory?". In *American Psychologist*, 35, pp. 421-434.
- SINGER, I.B. (1968), "Interview by H. Flender". In PLIMPTON, G. (a cura di), *Writers at Work*. Penguin Books, New York.
- SINGER, W. (1990), "Search for coherence: A basic principle of cortical self-organization". In *Concepts in Neuroscience*, 1, pp. 1-26.
- SINGER, W. (1991), "Response synchronization of cortical neurons: An epiphenomenon of a solution to the binding problem". In *IBRO News*, 19, pp. 6-7.
- SINGER, W. (1993), "Synchronization of cortical activity and its putative role in information processing and learning". In *Annual Review of Physiology*, 55, pp. 349-374.
- SNYDER, F.W., PRONKO, N.H. (1952), *Vision and Spatial Inversion*. University of Wichita Press, Wichita, KA.
- SOKOLOFF, L., REIVICH, M., KENNEDY, C., DES ROSIERS, M.H., PATLAKE, C.S., PETTIGREW, K.D., SAKURADA, D., SHINOHARA, M. (1977), "The [^{14} C] deoxyglucose method for the measurement of local cerebral glucose utilization: Theory, procedure, and normal values in the conscious and anesthetized albino rat". In *Journal of Neurochemistry*, 28, pp. 897-916.
- SPENCE, S.A. (1996), "Free will in the light of neuro-psychiatry". In *Philosophy, Psychiatry and Psychology*, 3, pp. 75-90.
- SPERRY, R.W. (1947), "Cerebral regulation of motor coordination in monkeys following multiple transection of sensorimotor cortex". In *Journal of Neurophysiology*, 10, pp. 275-294.
- SPERRY, R.W. (1950), "Neural basis of spontaneous optokinetic response produced by visual inversion". In *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 43, pp. 482-489.
- SPERRY, R.W. (1952), "Neurology and the mind-brain problem". In *American Scientist*, 40, pp. 291-312.
- SPERRY, R.W. (1980), "Mind-brain interaction: Mentalism, yes; dualism, no". In *Neuroscience*, 5, pp. 195-206.
- SPERRY, R.W. (1984), "Consciousness, personal identity and the divided brain". In *Neuropsychologia*, 22, pp. 661-673.

- SPERRY, R.W. (1985), *Science and Moral Priority*. Praeger, Westport.
- SPERRY, R.W., GAZZANIGA, M.S., BOGEN, J.E. (1969), "Interhemispheric relationships: The neocortical commissures. Syndromes of hemisphere disconnection". In VINKEN, P.J., BRUTN, G.W. (a cura di), *Handbook of Clinical Neurology*. North Holland Press, Amsterdam, pp. 273-290.
- SPIEGEL, H. (1997), "Sybil – The Making of a Disease". In *The New York Review*, 24 aprile, pp. 60-64.
- STOERIG, P., COWEY, A. (1995), "Blindsight in monkeys". In *Nature*, 373, pp. 147-249.
- STOERIG, P., ZANTANON, A., COWEY, A. (2002), "Aware or unaware: Assessment of critical blindness in four men and a monkey". In *Cerebral Cortex*, 12 (6), pp. 565-574.
- STRATTON, G.M. (1897), "Vision without inversion of the retinal image". In *Psychological Review*, 4, pp. 341-360.
- TAYLOR, J.L., MCCLOSKEY, D.I. (1990), "Triggering of pre-programmed movements as reactions to masked stimuli". In *Journal of Neurophysiology*, 63, pp. 439-446.
- VALLBÖ, Å.B., OLSSON, K.A., WESTBERG, K.G., CLARK, F.J. (1984), "Microstimulation of single tactile afferents from the human hand". In *Brain*, 107, pp. 727-749.
- VELMANS, M. (1991), "Is human information processing conscious?". In *Behavioral and Brain Sciences*, 14, pp. 651-669.
- VELMANS, M. (1993), "Discussion". In *Experimental and Theoretical Studies of Consciousness*. Ciba Foundation Symposium #174. John Wiley and Sons, Chichester, pp. 145-146.
- WEGNER, D.M. (2002), *The Illusion of Conscious Will*. Bradford Books (MIT Press), Cambridge, MA.
- WEISKRANTZ, L. (1986), *Blindsight: A Case Study and Implications*. Clarendon Press, Oxford.
- WHITEHEAD, A.N. (1911), in BOWER, 1999. In *Science News*, 156, p. 280.
- WHITEHEAD, A.N. (1925), *La scienza e il mondo moderno*. Tr. it. Bollati Boringhieri, Torino 2001.
- WIESELTIER, L. (1987), "Book review of *More Die of Heartbreak* by S. Bellow". In *The New Republic*, 31 agosto, pp. 36-38.
- WITTGENSTEIN, L. (1953), *Ricerche filosofiche*. Tr. it Einaudi, Torino 1999.
- WOLF, S.S., JONES, D.W., KNABLE, M.B., COREY, J.G., LEE, K.S., HYDE, T.M., COPPOLA, R.S., WEINBERGER, D.R. (1996), "Tourette syndrome: Prediction of phenotypic variation in monozygotic twins by caudate nucleus D₂ receptor binding". In *Science*, 273, pp. 1225-1227.

-
- WOOD, C.C., SPENCER, D.D., ALLISON, T., MCCARTHY, G., WILLIAMSON, P.R., GOFF, W.R. (1988), "Localization of human somatosensory cortex during surgery by cortical surface recording somatosensory evoked potential". In *Journal of Neurosurgery*, 68 (1), pp. 99-111.
- WOUK, H. (1959), *Questo è il mio Dio*. Tr. it. Rizzoli, Milano 1962.

INDICE ANALITICO

- Adrian, E.D., 15
"Agire adesso", 130, 136, 139-140, 145, 152-153, 159, 164
sequenza di eventi associata all', 138-141
Amassian, V., 46
Analisi scientifica e oggettiva, 190
Anestesia, 53, 97, 206
Anidride carbonica, 24
Anima, 10-11, 194-195, 197, 205-206, 213, 215-218, 222
Arbit, J., 65
Area motoria supplementare (SMA), 41, 134, 182
Aree cerebrali per le funzioni inconscie, 121-122
Arresto cardiaco, 218-221
perdita delle funzioni cerebrali in seguito a, 218-220
reversibilità dell', 218-219
Assenza di tempo, 91
Atleti, 114
Attività fisica/attività non-fisica, 6, 162-165, 171, 222-223
Atti involontari, 133, 146
Atto libero e volontario, 6, 127, 130, 133, 143-148, 155
definizione di, 129-130
iniziazione da parte del cervello di un, 127
inizio inconscio di un, 146, 148-149
Atti volontari, 96, 127-130, 132-133, 135, 143, 148-149, 152-153, 155, 204
iniziati spontaneamente, 135, 141
precedenti la consapevolezza, 135, 145
Baars, B.J., 169
Barbur, J.L., 122-123
Battitore di baseball, tempi del, 112-114
Begley, S., 147
Bellow, S., 216-217
Bennett, H.L., 98, 209
Berger, H., 28
Bergson, H., 118
Berkeley, G., 13
Bernard, C., 35
Bertrand, G., 52
Berns, G.S., 96
Bloom, K.K., 133
Bogen, J.E., 23, 174, 212
Bohr, N., 184
Boldrey, E., 30

- Bonke, B., 209
 Bower, B., 101
 Bremer, F., 15
 Buchner, H., 88
 Burns, B.D., 177
 Buser, P., 174
- Cambiamento di compiti, 137-138
- Campo mentale cosciente (CMC), 161-188, 209
 come proprietà emergente, 89, 166-167, 172, 185-186
 conclusioni che derivano dal, 183-184
 e dualismo, 184-188
 e trasmissione neurale, 186-187
 natura non fisica del, 171-172, 186-187
 test per il, 175, 180, 209
- Cantare, 111-112
- Carroll, L., 8
- Carter, J., 154
- Cervello con un chip di silicio, 215
- Chalmers, D., 162-163
- Churchland, P.S., 21, 156, 163-164
- Churchland, P.M., 156, 163-164
- Chusid, J.G., 47
- Clark, R.E., 65-66, 96
- Cleckley, H.M., 210
- Cogito* cartesiano, 189-190, 193-194, 198
- Cognitivismo, 14-15
- Computer, 142, 145
 e il Sé cosciente, 213-215
- Condizionamento
 classico, 65-67
 di traccia, 66-67
 ritardato semplice, 54, 66-67
- Consapevolezza, 6, 16-22, 26, 31, 37-38, 49-50, 53-91, 93-97, 99, 101-106, 108-112, 114-116, 118-125, 127-128, 130, 132, 141, 145, 150-151, 167-169, 192, 194, 198, 200-204, 207-209, 212, 215-216, 223
 come fenomeno unico, 17, 58, 69
 completa o assente, 115
 di sé, 8, 11, 17, 88
 durata come "codice neurale" della, 62
 e rilevamento di un segnale, 37
 meccanismo della, 58-62
 nel processo di volizione, 136, 151
 non spiegabile, 9, 17
 vs contenuto, 59, 192
- Consapevolezza sensoriale ritardata *vedi* Ritardo della consapevolezza sensoriale
- Consenso informato, 32-33, 180
- Contenuto cosciente, 74-75
- Cooper, D.A., 145
- Corpo calloso, 41
- Corpo (in quanto divisibile), 196
- Corteccia
 sensoriale primaria, 22, 86-87
 silente, 31
- Conscio-inconscio, 93, 103-104, 119-120
- Coscienza e cervello, 121
 come variabili indipendenti, 162
 e "il problema difficile", 162, 165

- relazioni correlative fra, 162, 185
teoria di Chalmers su, 162, 185
Courtois, G., 177
Cowey, A., 19
Crawford, B.H., 54
Creatività, 9, 98-99
Crick, F., 8-9
Cushing, H., 29

Damasio, A.R., 97, 191, 206
Decisione, 136, 140, 152-153, 159
Deecke, L., 128, 134
Del Giudice, E., 206
Dember, W.N., 68
Dennett, D., 21, 62, 67-69, 156, 163
Descartes, R. (Cartesio), 13, 82, 164, 184-185, 189-200
"che sta pensando", 189-193
Determinismo
 come illusione, 148, 156
 e libero arbitrio, 9-10, 155-160, 171, 200, 217
 non determinismo, 156-160
 opzione scientifica sul, 160
Dickman, S., 96, 209
Discontinuità degli eventi
 coscienti, 115
Disturbo ossessivo-compulsivo (DOC), 146-147
Disturbo di personalità
 multipla (DPM), 207, 210
Doctorow, E.L., 111
Doty, R.W., 15, 30, 60, 65, 137-138, 143, 160, 165, 169, 171, 174, 212
Drachman, D.A., 65
Dualismo cartesiano, 89, 184-186, 189-190, 205

Durata temporale, funzione di filtro della, 118

Eccles, J., 15-16, 129, 168, 170-171, 182, 206, 217
Echlin, F.A., 177, 179
Eddington, A., 166
Edelman, G.M., 169
Eimer, M., 139
Einstein, A., 10, 187
Elettroencefalogramma (EEG), 28, 179, 219
 funzioni cerebrali e, 132
Elettrofisiologia, 27-31
Elettroshock, 57, 68
Emisfero destro, 40, 70, 173-174, 212
 e coscienza, 174
Esistenzialismo, 75
Esperienza cosciente, unità dell', 164-169, 183
Esperienza sensoriale di soglia, 42, 77
 e intensità liminale dello stimolo, 43-44, 46, 59-61, 76-77
Esperienza soggettiva, 6, 11-14, 16, 18-21, 30, 33, 35, 84, 87, 89-90, 102, 124, 141, 157, 161-167, 169, 171-173, 176, 183, 186-188, 200, 202-204, 218, 220, 223-224
 accessibile solo all'individuo, 5, 12, 89, 94, 161, 166, 172, 185-186
 derivante dal fisico, 161, 163, 166-167, 171
 proprietà fondamentale dell', 167
Esperienze di pre-morte (NDE), 218-220
 test sperimentale sulle, 220

- Eventi mentali discontinui, 116-117
- Eventi sovrapposti, 116
- "Fantasma nella macchina", 186, 222
- Fato, 144
- Feinstein, B., 31, 38
- Fenomeni emergenti, 165-167, 205
- Feynman, R., 13-34
- Fisico come contrapposto a
 soggettivo, 6, 9, 12-13, 17-
 18, 30, 35, 157, 161-163,
 165-167, 171-172, 183,
 186-188, 223-224
 e violazione delle leggi, 158
 salto inspiegato fra, 157
- Flusso di coscienza, 115, 117,
 202
- Flusso ematico cerebrale
 regionale (rCBF), 25-26
 nei processi di pensiero, 25
 nell'attività motoria, 25
- Foerster, O., 29-30
- Forster, E.M., 111
- Franco, R., 99
- Freeman, A., 154
- Freud, S., 6, 74, 123-124, 202
- Friberg, L., 25, 182
- Funzionalismo, 14
- Funzioni mentali inconsce, 6,
 11, 35, 38, 42, 74, 91, 93-
 125, 151-153, 198-199,
 201-204, 209-210
 distinzione da quelle
 coscienti, 6, 11-12, 42, 93-
 94, 103-105, 109, 119-121,
 123-125, 201, 223-224
- Furetti, 86
- Gage, P., 24
- Gazzaniga, M.S., 212
- Gemelli identici (omozigoti),
 213
- Gerard, R.W., 33
- Ghiandola pineale, 193-194
- Giro (circonvoluzione)
 postcentrale, 29, 44, 47, 85,
 181
 precentrale, 29
- Goff, W.R., 72
- Goldberg, G., 133
- Goldring, S.J., 177
- Granit, R., 15
- Gray, C.M., 169
- Grossman, R., 46
- Haggard, P., 139-140
- Halliday, A.M., 51
- Hawking, S., 187
- Heckhausen, H., 139
- Hook, S., 7, 89
- Houdini, H., 222
- Hubel, D.H., 168
- Ictus, 70, 84
- Identità personale, 8, 206-208,
 212
 e amnesia, 207
 e "cervello diviso", 212-213
 e perdita di un emisfero
 cerebrale, 207
- Immaginazione del
 movimento, 182
- Immagine visiva, 82-83
 capovolta, 41, 48, 84-85
- Implicazioni etiche, 144, 153-
 155
 e autocontrollo, 24, 153
 e concetto di colpa, 154-155,
 203-204, 210
- Impulso cutaneo singolo, 49-
 50, 53
 e ritardo della
 consapevolezza, 50, 58

- Individuazione del segnale,
114, 118-119
- Influenza dei processi neurali
sulla mente, 170-171, 181
e soluzione dualistica, 170,
184-186
e soluzione monistica, 170
- Ingvar, D., 25-26, 176-177,
182
- Inizio
di un atto, 26-27, 96, 127-
128, 140-141, 143, 148,
153, 164, 199, 204, 224
inconscio di funzioni
coscienti, 26-27, 91, 110-
111, 128, 135, 140-141,
148-149, 151, 153, 164,
199, 202-203, 209-210
- Intenzione di agire, 101, 112,
116, 127, 145
consapevolezza dell', 101,
112, 116, 127, 130, 151
- Intuizioni, 97, 159
- Ipnosi, regressione all'infanzia
sotto, 211
- Ipotesi sottoponibili a test, 7,
35, 58, 105, 163-164, 172,
175, 185
- Ippocampo, 30, 63-67
perdita bilaterale dell', 64-
65, 207
- Isolamento di una "fetta" di
corteccia, 176-181
in condizione di veglia, 180
tecnica di Sperry, 177-179
- James, W., 5, 115
- Japenga, A., 221
- Jasper, H., 15, 22-23, 52
- Jeannerod, M., 96
- Jensen, A., 57-58
- Josephson, B.D., 166, 218
- Jung, R., 110
- Kaufmann, W., 154
- Keller, I., 139
- Kihlstrom, J.R., 96, 103
- Kinsbourne, M., 21
- Koch, C., 8
- Koestler, A., 100
- Kornhuber, H.H., 128, 134
- Kristiansen, K., 177
- Laplace, P.S. de, 20-21
- Lassen, N.A., 25
- Leibniz, G.W., 20, 157
- Lemnisco mediale, 47-48, 59,
78-81, 150
- Lesioni del cervello, 19, 23-24,
34, 66, 206-209
- Libero arbitrio, 8, 127, 129,
137, 140, 143-145, 147-
149, 153, 155-160, 165,
170-171, 199-200, 203,
214, 217, 224
e atti inconsci, 145
funzione di controllo del,
150
funzione di innesco del, 145,
199
iniziazione inconscia del,
145, 149
punto di vista dei Cabalisti
sul, 145
- Libet, B., 31, 33, 42, 44, 51-
53, 56, 59, 61-62, 67-70,
76-77, 79, 88, 101, 105,
107, 116, 130-131, 135,
140-141, 149, 151, 159,
162, 164, 169, 171-173,
180, 203-204, 214
- Loewi, O., 99-100
- Lundberg, A., 15
- MacDonald, J.J., 47
- Magnetoencefalogramma
(MEG), 28

- Magoun, H.W., 8
 Mappe della corteccia, 40
 Marshall, J.C., 34
 Marshall, L., 8
 Mascheramento retroattivo, 53-57
 Materialismo
 deterministico, 8-10
 eliminativo, 9-10, 163
 McCloskey, D.I., 114
 McGinn, C., 162-164, 186
 Meador, K., 46
 Meccanismo dell'attenzione, 105, 118
 Melchner, L. von, 86
 Memoria, 18, 30, 57, 62-69, 97, 183, 207, 211, 220
 esplicita (dichiarativa), 63-66
 implicita (non dichiarativa), 63-65
 ruolo nella consapevolezza, 62-63, 65-67, 69-70, 95
 Mente
 come "mina vagante", 187
 e cervello, separazione fra, 194-196
 non divisibile, 185, 193, 196
 Midollo
 allungato (bulbo), 47-48
 spinale, 11, 39, 47, 95, 100, 219
 Mingay, R., 51
 Modalità sensoriali e aree corticali, 71, 167
 Modelli o teorie, 7, 20-21, 140, 164, 205
 Morte, 10-11, 34, 218-223
 cerebrale, 11-12
 Mountcastle, V.B., 168-169
 Mount Zion Hospital (San Francisco), 33
 Mukhopadhyay, A.K., 184
 Nagel, T., 16
 Newsome, W.T., 97
 Newton, I., 21
 Nichols, M.J., 97
 Onde cerebrali *vedi*
 Elettroencefalogramma
 "Orologio" per il timing, 130-132, 134-138
 Palm, A., 214
 Paolo VI (Giovanni Battista Montini), 15-16
 Paradigma di Turing, 214
 Parlare, 110-111, 152, 174, 212
 Pazienti con cervello diviso, 174-175, 207, 212
 Peccato, 154-155
 Penfield, W., 15, 22-23, 29-30, 41, 133, 180
 Penrose, R., 214
 Pepper, S., 16, 89
 Percezione sensoriale nel cervello, 119
 Percezione subliminale, 109, 121
 Percezioni della realtà, 75
 Phillips, C., 15
 Phillipson, L., 182
 Piéron, H., 55
 Pippard, B., 217-218
 Poincaré, J.-H., 98-99, 198
 Poppel, E., 200
 Popper, K.R., 7, 16, 129, 156, 168, 172, 193, 206, 214, 217
 Potenziale di preparazione *vedi* Potenziale di prontezza
 Potenziale di prontezza (PP), 110, 128-131, 134-135, 137-142, 145-146, 152

- PP-I, 136, 138-140
 PP-II, 136-140, 143, 153
 PP laterale (PPL), 139
 Potenziali evocati (PE), 50, 70, 77
 Potenziale evocato primario, 51-53, 70, 72-73, 77-80, 83, 87-88, 116
 e produzione di una sensazione cosciente, 51
 funzione del, 70
 registrazione sul cuoio capelluto del, 73, 128
 segnale di timing del, 78-79, 88
 Potenziali connessi a un evento (ERP), 50-51, 53
 componenti successive dei, 51, 77
 Presagi, 97
 Principi assiomatici, 193
 Processi mentali, 25, 98, 115
 Programmazione anticipata, 133-134, 136, 140-141, 152-153, 159
 Pronko, N.H., 84
 Proprietà di una "fetta" isolata di corteccia, 179-180
 Proprietà emergenti, 89, 172
 Purcell, D.G., 68

Qualia, 17
 Qualità dell'esperienza soggettiva, 16, 89-90, 162
 Questione dei due Sé, 174, 213

 Rappresentazioni neurali, 168
 Rasmussen, T.B., 41, 133
 Ray, P.G., 46
 Regola aurea, 153-154
 Relazione mente-cervello, 11-12, 19-20, 87, 89, 129, 150, 164, 167, 170-171, 184, 194, 218, 224
 Resoconti introspettivi, 12-16, 19-22, 33, 87, 162, 172, 181
 affidabilità dei, 14
 come prove obiettive, 15
 e comportamentismo, 14-15, 21
 non verbali, 14
 Responsabilità, 144, 204, 210
 Riduzionismo, 217-218
 Riferimento all'indietro nel tempo, 67, 78-79, 81, 90-91, 136
 spaziale, 82-83, 89-90
 temporale, 81-83, 89-90
 test sperimentale del, 78
 Riferimento soggettivo, 78-79, 82-84, 87, 224
 correttore della rappresentazione neurale, 83-87
 è attinente alla sfera mentale?, 190
 meccanismo neurale del, 87-91
 Riferimento soggettivo di sensazioni, 82-83, 87-89
 retrodatazione del, 71, 75-81, 90-91, 94, 101, 116, 136, 201-202
 Riferimento visivo-motorio, 85
 Riflesso condizionato, 30, 65-66
 e aree silenziose della corteccia, 31
 Riflesso del batter di ciglia, 65, 95-96
 Rilevamento inconscio di un segnale, 19, 104, 106, 109, 119-120
 e tempo di reazione (TR), 114, 141, 201-202

- Rinforzo retroattivo, 56-57, 68
- Risonanza magnetica (RM), 26-27, 182
cambiamenti neurali nel tempo e, 26-27
risoluzione temporale della, 26
- Risposte
casuali (tirare a indovinare), 106-108, 120
corticali dirette (DCR), 22, 44, 61
postsinaptiche, 27-28
sensoriali di soglia, 42, 77
- Ritardo della consapevolezza sensoriale, 37-91, 201
di mezzo secondo, 49, 50, 54, 62-63, 66, 71, 73, 75-78, 83, 90, 115, 127, 136, 201-202
- Ritmo autodeciso, 134
- Roland, P.E., 25, 182
- Rosenthal, D.M., 203-205
- Russek, L.G., 221
- Russell, B., 111
- Ryle, G., 186, 222
- Scelta forzata, 19, 114, 119, 122
- Scelte (processi di decisione), 136, 144, 159, 210
- Schreiber, F.R., 211
- Schwartz, J., 146-147, 221
- Scrivere, 100-101, 110-111
- Sé, 17, 164, 174, 205-218
autobiografico, 206-208
come esperienza singolare, 210
consapevolezza di, 11, 17, 88
e anima, 10-11, 205-208, 213, 215-218, 222
nucleo del, 206
resistenza al cambiamento del, 206
transitorio, 206
- Searle, J., 102-103, 140, 163-164, 214
- Segal, J., 55
- Senso comune, 204-205
- Sharma, J., 86
- Sherrington, C., 168
- Shevrin, H., 15, 96, 121, 123, 209
- Sincronicità delle sensazioni, 71-73, 81
- Sindrome della "mano estranea", 133
- Sindrome di Tourette, 133, 146-147, 150
- Singer, I.B., 160
- Singer, W., 169
- Sistema centroencefalico, 23
- Snyder, F.W., 84
- Soggetti umani, 12, 18, 26, 31, 63, 120, 133, 180, 224
- Sognare, 18, 95, 99-100
a occhi aperti, 99-101
- Sokoloff, L., 25
- Solco di Rolando (o centrale), 29, 40-41, 47-48
- Soluzioni inconsce, 98-101
- Speculazioni, 7, 116, 206
- Spence, S.A., 111
- Sperry, R.W., 15, 85, 89, 160, 166, 169-174, 177-178, 212, 217
- Spiegel, H., 211
- Spinoza, B., 163, 216
- Sport professionistici, 112-114, 140-141
- Squire, L.R., 65-66, 96
- Stamp Dawkins, M., 18
- Stimolazione elettrica, 22, 26, 39-49

- della corteccia sensoriale, 22, 133, 181, 203
della corteccia visiva e uditiva, 181
della pelle, 39, 54-55, 68
del lobo temporale, 181
di aree "silenti", 30
durata del treno di impulsi di, 42-46, 49, 52, 60-61
ripetitiva, 49
impulsi subliminali di, 59, 109, 120-121
intensità di stimolo della, 42-46, 52, 59-61, 69, 106, 119
nel dolore intrattabile, 34
risposte coscienti alla, 48-49, 181
Stoerig, P., 19
Stratton, G.M., 84
Struttura stereotassica di Leksell, 32
Studi basati su un singolo caso, 34
Substrato comune (nella teoria dell'identità), 89-90, 162
Suonare strumenti musicali, 100, 111-112, 202
Sybil, storia di, 211
Talamo, 18, 23, 47-48, 52, 72, 106
nuclei ventrobasali del, 48
Tasker, R.R., 46
Taylor, J.L., 114
Telepatia mentale, 174
Tempi di reazione (TR), 57-58, 114, 141, 201
allungamento deliberato dei, 58
Tempo cronometrico, 101, 130-132, 134-138, 142
Tempo neurale, 75-76, 125
Teoria dell'identità, 16, 89-90, 150, 162-163, 185
Teoria del doppio aspetto *vedi* Coscienza e cervello
Thigpen, C.H., 210
Thompson, R., 96
Time-on theory, 103-104, 107, 109
test sperimentale per la, 105-109, 119-121
Timing
di uno stimolo cutaneo, 132, 135-138, 141
paradossale, 76-77
soggettivo, 67, 70, 72, 75, 77-81, 87, 116, 141
Tomografia a emissione di positroni (PET), 26-27, 182
Trasmettitore
chimico, 100, 170
sinaptico, 26-27, 86, 99, 170, 179
Unità mentale, 194
Unità motorie, 116-117
Vallbö, Å.B., 119
Velmans, M., 69, 95, 149
Veto cosciente, 141-144, 147, 204
origine inconscia del, 143, 149-151
Via ascendente della retina, 86
Vie neurali
di proiezione specifica, 48, 50, 83
sensoriali, 52, 54, 71
sensoriali ascendenti, 46, 59, 70, 78, 93, 106, 109, 198
Visione cieca, 19, 84, 122, 199
Vita soggettiva interiore, 5, 223

- | | |
|--------------------------------|--------------------------|
| Volontà cosciente, 5, 127-129, | Whitehead, A.N., 98, 101 |
| 133, 138, 140-143, 145- | Wiesel, T.N., 168 |
| 150, 152-153, 156, 158- | Wieseltier, L., 216-217 |
| 159, 182, 187, 199, 223 | Wigner, E., 10, 161 |
| | Wilbur, C., 211 |
| Wegner, D., 148, 156, 160 | Wittgenstein, L., 90 |
| Weiskrantz, L., 120, 122, 199 | Wolf, S.S., 147 |

128. S. Žižek, *Iraq*
129. D. Lyon, *Massima sicurezza*
130. E. Boncinelli, G. Sciarretta, *Verso l'immortalità?*
131. A.D. Aczel, *L'enigma della bussola*
132. J.L. Casti, *Cinque platonici a Princeton*
133. H. Molotch, *Fenomenologia del tostapane*
134. J. Goody, *Capitalismo e modernità*
135. J.-P. Vernant, *Senza frontiere*
136. M. Ceruti, G. Fornari, *Le due paci*
137. A.D. Aczel, *Chance*
138. J.R. Searle, *La mente*
139. E. Launet, *In fondo al laboratorio a sinistra*
140. E. Mayr, *L'unicità della biologia*
141. P. Riffard, *I filosofi: vita intima*
142. A. Negri, *Movimenti nell'Impero*
143. G. Rizzolatti, C. Sinigaglia, *So quel che fai*
144. J. Baudrillard, *Il Patto di lucidità o l'intelligenza del Male*
145. Dalai Lama, *Nuove immagini dell'Universo*
146. P. Rossi, *Il tempo dei maghi*
147. J. Battelle, *Google e gli altri*
148. D.C. Dennett, *Sweet Dreams. Illusioni filosofiche sulla coscienza*
149. J.-P. Luminet, M. Lachièze-Rey, *Finito o infinito?*
150. E. Klein, *Sette volte la rivoluzione*
151. R. Muchembled, *L'orgasmo e l'Occidente*
152. B. de Finetti, *L'invenzione della verità*
153. C. Bruce, *I conigli di Schrödinger*
154. C. Cattaneo, M. Maldarella, *Crimini e farfalle*
155. J. Dan, *La cabbalà*
156. M.P. Linch, *La verità e i suoi nemici*