Università degli studi di Pisa
Facoltà di Lettere e Filosofia
Anno Accademico 2001-2002

**Tesi di Laurea in Filosofia**

# Azione, Volontà e Consapevolezza

Elementi per una critica epistemologica
degli esperimenti di Benjamin Libet

Francesca Cavallaro
(Relatore: Chiar.mo Prof. Guglielmo Tamburrini)

## Indice

Indice ..... 1
Introduzione ..... 3
Capitolo 1 Il potenziale di preparazione: la scoperta e le prime ipotesi. ... 11
1.1. Un potenziale lento e negativo ..... 11
1.2. Il metodo di computazione inversa negli esperimenti di Kornhuber e Deecke ..... 14
Capitolo 2 Benjamin Libet : *the Readiness Potential* ..... 20
2.1. I primi esperimenti di Libet: alcune assunzioni ..... 20
2.1.1. I primi esperimenti di Libet: la time-on theory ..... 24
2.2. Gli esperimenti sui movimenti volontari ..... 27
2.3. Il ricorso all'introspezione ..... 32
2.4. I tre tempi: W, M, S ..... 34
2.5. Primi risultati ..... 37
Capitolo 3 L'ipotesi di Libet: *unconscious cerebral initiative* ..... 39
3.1. L'interpretazione dei risultati ..... 39
3.2. Il nuovo ruolo del libero arbitrio ..... 43
3.3. Una nuova teoria: the theory of Conscious Mental Field ..... 46
Capitolo 4 Gli indicatori fisiologici ..... 49

4.1. Il Controllo Corticale dei Movimenti ..... 49
4.2. Elettroencefalografia: metodo e limiti ..... 51
Capitolo 5 Prime obiezioni ..... 59
5.1. Assunzioni libettiane ..... 60
5.1.1. Ancora sulla corrispondenza di un unico evento neurale con un preciso processo mentale: l'intenzione di agire. ..... 66
5.1.2. Una differenza di potenziale per movimenti consci ed inconsci ..... 68
5.2. Una classificazione dei movimenti ..... 70
5.3. Brain imaging e sistema motorio ..... 73
5.3.1. Percepire le conseguenze dell'azione: Haggard et al. (2002) ..... 78
Capitolo 6 Analisi dei protocolli ..... 83
6.1. Il ruolo dei protocolli nell' Information Processing Theory ..... 83
6.1.1 Task Analysis ..... 86
6.1.2. Tre diversi tipi di resoconto verbale ..... 91
6.1.3. Due esempi di analisi del compito ..... 97
6.2. Protocolli verbali e information processing theory: alcuni problemi. ..... 104
Capitolo 7 I resoconti verbali in Libet ..... 110
7.1. La validità del metodo introspettivo negli esperimenti di Libet ..... 110
7.1.1. Ulteriori obiezioni al metodo di Libet ..... 116
Capitolo 8 Livelli di azione ..... 119
8.1. I successivi esperimenti di Kornhuber e Deecke ..... 119
8.2. La proposta di Johnson-Laird ..... 127
8.3. Le ipotesi di Jeannerod ..... 130
8.10. Damasio: l'importanza delle emozioni ..... 132
Capitolo 9 Gli elementi raccolti ..... 135
9.1. Un primo gruppo di obiezioni ..... 135
9.1.1 L'ipotesi di un movimento automatico. Il secondo gruppo di obiezioni ..... 139
9.2. Alcuni autori che hanno 'accettato' le conclusioni di Libet ..... 144
9.2.1. Libet in Edelman & Tononi ..... 146
9.3. Una riflessione positiva ..... 151
Bibliografia ..... 153

# Introduzione

'Prima che in noi nasca, consapevole, il desiderio di compiere, liberamente e spontaneamente, un movimento qualsiasi, il nostro cervello ha già attivato i processi cerebrali necessari al compimento del movimento stesso. *Inconsciamente*. E circa 550 ms prima che l'attività muscolare abbia effettivamente inizio'.

Questo è quanto sostiene Benjamin Libet, neurofisiologo americano vivente, che ha eseguito, nei primi anni '80, ripetuti esperimenti sui movimenti volontari nell'uomo.

Secondo le conclusioni che Libet trae dai risultati di questi esperimenti, l'inizio neurale, inconscio, dell'azione, si mantiene tale per 350-400 ms circa, mentre il soggetto umano diviene consapevole della sua intenzione di agire solo 200-150 ms prima che l'atto motorio abbia luogo. In questi 200 ms di coscienza, il soggetto decide se portare a termine il movimento o se "vietarlo", bloccando, così, i processi cerebrali in parte già attivati.

Nonostante l'iniziazione inconscia del movimento, quindi, la scelta ultima avverrebbe in tutta coscienza.

Lo studio dei movimenti volontari nell'uomo non ha le sue origini nei tentativi di Libet. Altri prima di lui avevano progettato esperimenti che rendessero possibile l'osservazione dell'attività cerebrale durante simili movimenti. Il dato fondamentale per la tesi libettiana, per esempio, il *Bereitschaftspotential*, non è una sua scoperta, ma uno dei risultati conseguiti, nel 1965[1], da due neurologi tedeschi, Kornhuber e Deecke, durante lo studio dei potenziali cerebrali

[1] Kornhuber, H.H. & Deecke, L. (1965).

individuabili nell'uomo in relazione a movimenti *passivi* e movimenti *volontari.*
Questa variazione di potenziale, *potenziale di preparazione*[2], sembra essere una caratteristica costante nei movimenti volontari, manifestandosi quasi un secondo[3] prima dell'effettivo comando motorio. Inoltre, poiché si tratta di una variazione di potenziale registrabile in corrispondenza di specifiche aree motorie, si pensa[4] possa riflettere l'attività cerebrale relativa alla preparazione o alla pianificazione di un movimento volontario.

Interessato a scoprire quali legami potessero esserci tra la presenza del potenziale di preparazione, pochi istanti prima di un movimento spontaneo, ed il desiderio di compiere il movimento, Libet ha fatto ricorso ad un particolare metodo di *timing* per mettere a confronto il tempo *neurale* del potenziale di preparazione ed il tempo *mentale* del desiderio *cosciente* di agire.
L'elemento indispensabile di questo confronto è rappresentato dall'analisi introspettiva fatta dai soggetti stessi dell'esperimento, poco dopo aver compiuto il movimento 'volontario' indicatogli dal ricercatore: il rapido movimento del dito indice o del polso destro.
I resoconti introspettivi sono fondamentali secondo Libet, perché sono la via principale in un'indagine volta ad individuare le leggi che regolano la produzione di fenomeni mentali *coscienti*. Senza gli indizi e l'auto-osservazione forniti dai soggetti degli esperimenti, i dati ottenuti dal solo studio della struttura neuroanatomica e dell'organizzazione funzionale del cervello non potrebbero ancora spiegare niente della coscienza. Anche una conoscenza esaustiva, qualora fosse possibile, dei meccanismi cerebrali, non sarebbe completa di significato senza il sostegno dell'interpretazione soggettiva dell'esperienza cosciente.
Punto cardine della procedura sperimentale adottata da Libet, in entrambe le fasi della sua ricerca, questa metodologia, ancora comunemente seguita in contesti di

[2] La traduzione italiana di questo termine risulta essere duplice: potenziale di *preparazione* o di *prontezza*. Cfr. Mecacci (1982) e Edelman & Tononi (2000).
[3] Come vedremo più avanti, il tempo di inizio di questo potenziale sembra variare in dipendenza della complessità del movimento, raggiungendo anche i 3 secondi (cfr. cap. 8, parag. dedicato a Kornhuber e Deecke).
[4] Cfr. interpretazioni recenti in cap. 5 e cap. 8.

studio affini, sarà anche uno dei punti deboli della sua indagine, che cercheremo di mettere in evidenza nella nostra critica epistemologica.

Libet sostiene che, una volta confrontati i tempi ottenuti tramite il metodo elettroencefalografico e quelli invece individuati con il metodo introspettivo, si può decisamente concludere per un inizio cerebrale *inconscio* anche nei movimenti volontari spontanei, 'in anticipo' rispetto al manifestarsi dell'intenzione cosciente.

La consapevolezza si verificherebbe *dopo* la volontà di agire, dunque, mentre l'azione sarebbe 'pronta' ancor prima che la volontà di agire prenda forma. Ma questo non è proponibile senza una ridefinizione del ruolo che il libero arbitrio dovrebbe avere nelle nostre azioni. Infatti, intervenendo 'in ritardo' rispetto all'attivazione cerebrale –attivazione rispecchiata dal potenziale di preparazione-, il processo intenzionale cosciente, a cui di solito si dà il nome di *libero arbitrio*, non avrebbe altro compito che quello di *supervisore* dell'azione, a cui spetterebbe, solo in ultimo e solo una volta iniziata la fase cosciente, la *decisione* di vietare o approvare l'azione.

Dunque, se le conclusioni libettiane fossero vere ed inoppugnabili, non solo dovremmo ripensare il concetto del libero arbitrio –non più promotore delle nostre azioni, bensì semplice agente di veto o di controllo-, ma dovremmo anche reimpostare i rapporti mente-cervello all'insegna di un materialismo e di un meccanicismo imperanti. Infatti, nel momento in cui le iniziative delle nostre azioni fossero un prodotto del nostro cervello, più che della nostra mente, come essere sicuri che a decidere di agire siamo veramente *noi* e non il nostro cervello, che *agisce* decidendo per noi?

Come si può facilmente intuire, i problemi, filosofici, psicologici, ma anche etico-giuridici, che deriverebbero dalla verità di simili affermazioni sono tanti. Per esempio, un altro classico dibattito, che potrebbe attingere nuova linfa da questa ipotesi libettiana, è quello relativo al potere causale degli stati coscienti: un ruolo

esclusivamente di controllo –a ben guardare, neanche del tutto certo-, farebbe del libero arbitrio un fenomeno semplicemente secondario, un *epifenomeno* privo della capacità di divenire causa di un comportamento intenzionale.

Noi non abbiamo accettato, *ipso facto*, i risultati di Libet e, in seguito ad una attenta lettura dei documenti prodotti da Libet e da Libet e colleghi, riteniamo che veri ed inoppugnabili, quei risultati non lo siano affatto. Abbiamo riscontrato, invece, una serie di problemi epistemologicamente rilevanti, relativamente sia ai metodi impiegati che ai concetti sottesi nell'ideazione degli esperimenti libettiani. Problemi che Libet non ha considerato o non ha ritenuto importante considerare, per esempio nel caso delle assunzioni che hanno guidato l'applicazione del metodo elettroencefalografico. Ma, secondo noi, questi problemi sono tali da rendere inaccettabili le sue conclusioni, sull'inizio inconscio delle azioni ancor prima che sul ruolo di veto del libero arbitrio.

Con la nostra tesi, quindi, intendiamo fornire gli elementi per una critica soprattutto metodologica, degli esperimenti libettiani. Non ci occuperemo, perciò, di quali sconvolgimenti le conclusioni di Libet potrebbero causare nel panorama filosofico contemporaneo, ma ci limiteremo ad analizzare i presupposti della sua ricerca, svelando possibili punti deboli e proponendo visioni alternative -relativamente al fenomeno "potenziale di preparazione" o al funzionamento del sistema motorio in generale- che riteniamo più plausibili del modello libettiano. Non tutti gli indizi di critica verranno approfonditi: il nostro intento sarà principalmente quello di costruire una base sufficiente di dubbi o potenziali critiche del lavoro libettiano sui movimenti volontari. Alla riflessione personale, ogni volta che è stato possibile, sono state affiancate le prove fornite dalla letteratura secondaria. Molto spazio, comunque, è stato dato ai modelli ed alle ipotesi di spiegazione del movimento volontario alternativi all'interpretazione di Libet.

Nell'ultimo capitolo troverà posto anche una riflessione non critica, positiva, dell'opera libettiana che, nonostante i suoi risultati controversi, è generalmente considerata un'opera "pionieristica" delle neuroscienze, proprio perchè gli

esperimenti di Libet hanno gettato le basi di uno studio della coscienza in cui, in maniera molto originale, vengono affiancate analisi fisiologica di alcuni correlati neurali e analisi introspettiva di particolari esperienze coscienti.

L'intero lavoro verrà diviso in due parti: una parte, iniziale, sarà dedicata all'esposizione degli esperimenti e delle argomentazioni di Libet a proposito dei movimenti volontari auto-iniziati; un'altra, più ampia, sarà dedicata all'analisi ed alla discussione dei metodi, elettroencefalografico ed introspettivo, utilizzati da Libet nel corso dei suoi esperimenti.

Nella Parte Prima tratteremo i seguenti argomenti, secondo il seguente ordine:

1. Presentazione del dato clinico fondamentale per gli esperimenti di Libet, il *potenziale di preparazione*, e breve descrizione dei primi esperimenti e dei primi risultati pubblicati da Kornhuber e Deecke, gli autori che lo hanno scoperto
2. Descrizione degli esperimenti di Libet: procedimento e metodi degli esperimenti sui movimenti volontari e spontanei. Accenno ai precedenti esperimenti dell'autore sulla percezione di stimoli tattili indotti ed introduzione della teoria che l'autore chiama *time-on theory*
3. Le conclusioni e le proposte di Libet riguardo all'organizzazione cerebrale e mentale dei movimenti volontari auto-iniziati: l'inizio inconscio di questi movimenti e l'ipotesi di un libero arbitrio con funzioni di veto. Accenno alla più recente ipotesi di Libet sulla coscienza: l'ipotesi del *Conscious Mental Field*

Gli argomenti e la divisione della Parte Seconda:

4. Neurofisiologia del movimento volontario: breve nota.

   Il metodo elettroencefalografico: che cos'è e quali sono i suoi limiti accertati.
5. Applicazione del metodo elettroencefalografico negli esperimenti di Libet:

assunzioni poco chiare e conclusioni affrettate. Classificazione dei tipi di movimento: (prima parte di un'ipotesi) il movimento di Libet come un movimento semplicemente *balistico*. Breve ma documentata presentazione di più recenti ricerche sul sistema motorio

6. Il metodo introspettivo. Il modello di Ericsson e Simon per i protocoli verbali, come termine di paragone: descrizione dell'analisi dei protocolli proposta dai due autori. Breve critica del modello Ericsson & Simon.
7. I resoconti verbali in Libet: applicazione del metodo introspettivo non conforme alle condizioni stabilite da Ericsson e Simon. I problemi sottolineati da altri autori: la divisione dell'attenzione; la sincronizzazione tra tempo neurale e tempo mentale; le risposte guidate.
8. Altri modelli per le azioni volontarie, (seconda parte di un'ipotesi: la palusibilità di altre proposte e la divisione dei "livelli di azione"; ancora sul tipo di movimento scelto da Libet ). Kornhuber e Deecke, gli esperimenti e le conclusioni recenti; confronto con i risultati di Libet. La gerarchia dei livelli di azione: Johnson-Laird. Le recenti ipotesi di Jeannerod. La proposta di Damasio: emozioni e decisione
9. Gli elementi raccolti. Autori che accettano i risultati della ricerca di Libet. Terza parte di un'ipotesi: il movimento di Libet come un movimento automatico o balistico; proposta di un capovolgimento della prospettiva libettiana: qual è il movimento *più volontario*? Un aspetto positivo della ricerca libettiana.

# Parte prima

# Capitolo 1 Il potenziale di preparazione: la scoperta e le prime ipotesi.

"*The experimental findings led us to the conclusion that voluntary acts can be initiated by unconscious cerebral processes before conscious intention appears…*"[5].

Il dato sperimentale su cui si basa questa affermazione di Libet è, come abbiamo accennato nell'introduzione, un particolare tipo di potenziale: il potenziale di preparazione.

Questo capitolo, dunque, sarà dedicato alla presentazione di questo fenomeno elettrofisiologico di estrema importanza nella ricerca libettiana.

Inizialmente, definiremo il potenziale di preparazione analizzandolo dalla prospettiva psicofisiologica, al fine di evidenziarne alcuni tratti specifici. Quindi, ci occuperemo di chi lo ha scoperto e del modo in cui lo ha fatto: descriveremo il procedimento attraverso il quale Kornhuber e Deecke -coloro che hanno scoperto il potenziale di preparazione- sono riusciti ad individuarlo e quali ipotesi essi abbiano adottato, in questa prima fase della loro ricerca, per spiegare un simile evento cerebrale.

## *1.1. Un potenziale lento e negativo*

Nella ricerca psicofisiologica –ricerca volta ad individuare le basi fisiologiche di specifici processi psicologici- la registrazione e l'analisi dei potenziali connessi ad un evento, *event-related potentials*, sono ormai tra le operazioni più importanti nello studio, al livello dell'elaborazione corticale, dei processi cognitivi. Con questo nome, "potenziale connesso ad un evento", si definisce ogni tipo di variazione, nell'attività cerebrale, concomitante alla presentazione di uno stimolo o contemporanea ad una particolare attività psicologica o comportamentale. A seconda delle condizioni e delle circostanze da cui la variazione dipende, nel più

[5] Libet (1985), in BBS.

vasto genere del potenziale evento correlato si possono ulteriormente distinguere altre due specie di potenziale: i
"potenziali evocati" propriamente detti (*evoked-potentials*) ed i potenziali "lenti", (*slow potentials*).

I potenziali evocati sono quei potenziali prodotti da stimoli esterni che interessano le diverse modalità sensoriali: appartengono a questo tipo di potenziale, per esempio, i potenziali evocati visivi, tattili o uditivi.

I potenziali lenti definiscono, invece, le variazioni dell'attività cerebrale sincronizzate con un'attività psicomotoria del soggetto. A questa categoria appartengono la "variazione negativa contingente" (*contingent negative variation* o CNV) ed il "potenziale di prontezza" o di "preparazione" (*readiness potential* o *Bereitschaftspotential*, RP o BP)[6].

La variazione negativa contingente è una variazione di potenziale lenta, scoperta per la prima volta da Walter e colleghi nel 1964[7]. È anche detta "onda di aspettativa", perché si manifesta nell'intervallo di tempo che intercorre tra due stimoli: uno stimolo di segnalazione ed uno stimolo successivo, a cui il soggetto deve prestare attenzione oppure reagire[8].

Sebbene abbia un andamento simile alla variazione negativa contingente, il potenziale di preparazione, invece, sembra rappresentare un fenomeno cerebrale molto diverso. Questo potenziale riflette una variazione lenta e negativa che è sempre rilevabile da 500 ms ad 1 sec o più, prima di un movimento *volontario*.

Sono due, principalmente, le caratteristiche che rendono questo potenziale di particolare interesse nello studio delle funzioni cerebrali legate ai movimenti volontari: il suo manifestarsi *prima* del segnale elettromiografico e la sua durata, il tempo, cioè, durante il quale esso si manifesta. Un secondo, infatti, è un tempo molto lungo di preparazione e/o decisione, se consideriamo l'istantaneità con cui ci sembra di compiere dei movimenti spontanei.

---

[6] cfr. Mecacci (1982), cap. 3.

[7] Walter, W.G., Cooper, R., Alridge, V.J., McCallum, W.C., Winter, A.L., (1964), *Contingent negative variation: an electric sign of sensorimotor association and expectancy in the human brain*, Nature, 203, pp. 380-384.

[8] Cfr. Mecacci (1982), cap. 3, pp. 50-1; cfr. Deecke (1996), p. 59-60.

La registrazione del BP, mediante elettroencefalogramma, è dovuta all'opera di due neurologi tedeschi, H.H. Kornhuber e L. Deecke, e risale ai primi anni sessanta.

L'indagine sui possibili correlati neuronali dei movimenti volontari, però, era già iniziata il decennio precedente. Nel 1951, infatti, J.A.V. Bates[9] era riuscito a registrare, nell'uomo, un potenziale corticale presente durante l'esecuzione di liberi movimenti della mano. Usando la tecnica della sovrapposizione fotografica, egli aveva potuto individuare una minima variazione negativa con inizio variabile di 20-40 ms dopo il primo segnale elettromiografico[10]. Tuttavia, non si parlava ancora di potenziali *antecedenti* al movimento.

Kornhuber e Deecke, durante alcuni esperimenti sui movimenti volontari nell'uomo, eseguiti nel decennio successivo, sono invece riusciti ad individuare non solo il potenziale di preparazione ma anche altri fenomeni bio-elettrici[11]prodotti dall'attività cerebrale in corrispondenza di un movimento volontario. Essi avevano applicato ai dati ottenuti in seguito a ripetuti elettroencefalogrammi[12] ed elettromiogrammi[13] di soggetti umani, un innovativo metodo di fissazione cronologica e di "computazione inversa" dei dati stessi, riuscendo così a misurare il tempo di apparizione del BP e di altri potenziali

[9] Bates, J.A.V., (1951), *Electrical activity of the cortex accompanying movement*, Journal of Physiology, 113, 240

[10] cfr. Shibasaki et al., 1980; Kornhuber e Deecke, 1965; Deecke et al. 1998.

[11] Variazioni di potenziale nella costante, regolare e registrabile attività elettrica del cervello rispetto ad alcuni tipi di movimenti spontanei.

[12] **EEG, elettroencefalogramma**: metodo elettrofisiologico clinico di registrazione non invasiva dell'attività elettrica del cervello. Generalmente, l'EEG si ottiene mediante elettrodi di superficie, posti sullo scalpo, che consentono una registrazione delle correnti extracellulari –onde cerebrali- prodotte da differenti loci del cervello.. Altri metodi elettrofisiologici comprendono l'uso di elettrodi di metallo ad ago inseriti direttamente nel tessuto nervoso, oppure quello di elettrodi posti sulla superficie esposta del cervello (*elettrocorticogramma, EcoG*). Essendo altamente invasive, queste ultime due tecniche vengono raramente applicate all'uomo, in quanto legalmente consentite solo durante interventi di neurochirurgia.
La registrazione tramite elettrodi ad ago è attualmente impiegata esclusivamente per la sperimentazione animale.

[13] **EMG, elettromiogramma**: metodo di misurazione e registrazione delle variazioni di potenziale elettrico originate dalle contrazioni muscolari. Più precisamente, il tracciato elettromiografico è la registrazione dei potenziali d'azione muscolari, propri dei muscoli esaminati, in un determinato periodo di tempo, rilevati tramite elettrodi di superficie posti sulla pelle. Per una maggiore risoluzione si ricorre ad elettrodi ad aghi da impiantare direttamente nel muscolo.

presenti nella fase immediatamente precedente all'esecuzione di un movimento volontario.

## *1.2. Il metodo di computazione inversa negli esperimenti di Kornhuber e Deecke*

"*There are small potentials hidden in the rhythmic activity of the human EEG that can only be recorded if they are reproducible and time-locked to a certain event capable of triggering an averaging computer*"[14].

Poiché un singolo tracciato EEG non è sufficiente a rendere visibili i cambiamenti di potenziale, è necessario esaminare un considerevole numero di movimenti successivi e registrarne la corrispondente attività cerebrale. Per poter poi procedere al confronto dei tracciati ed eseguirne una media (*averaging*), è invece necessario scegliere un evento temporalmente determinato, riferendosi al quale un calcolatore possa avviare il processo di analisi dei dati registrati[15].
Il metodo sviluppato da Kornhuber e Deecke consisteva nella registrazione cronologica dei tracciati elettroencefalografici ed elettromiografici, osservabili durante lo svolgimento del test, su di un nastro magnetico e nel loro successivo esame nel senso cronologico "inverso": riavvolgendo il nastro all'indietro, infatti, i dati raccolti erano resi disponibili, cronologicamente, nell'ordine inverso.
L'*averaging process* dei dati, ovvero l'elaborazione statistica di questi, era affidata ad un calcolatore programmato ad attivarsi contemporaneamente ad un evento preselezionato.

Trattandosi di movimenti *volontari*, la maggiore difficoltà nell'applicarvi il metodo di computazione inversa era dovuta proprio alla non prevedibilità di questo tipo di movimenti, all'impossibilità, cioè, di determinare *esternamente* un preciso inizio dell'azione volontaria. Per poter procedere alla registrazione degli eventi cerebrali connessi al movimento, però, era necessario un tempo predefinito

[14] Deecke, Grözinger, Kornhuber (1976), p.99.
[15] Maggiori informazioni a riguardo si trovano in 4.2.

in base al quale fosse possibile effettuare l'*averaging process*.
Kornhuber e Deecke –come anche gli altri ricercatori che si sarebbero occupati in seguito dello studio dei movimenti volontari nell'uomo- hanno fatto fronte a questa difficoltà scegliendo, come evento temporale di riferimento, il *primo* segnale elettromiografico registrabile in corrispondenza dell'attivazione muscolare preposta all'esecuzione del movimento preso in esame.
Per meglio definire il procedimento adottato dai due autori, descriveremo brevemente alcuni importanti passaggi metodologici di cui si sono serviti i due neurologi tedeschi fin dai loro primi esperimenti.
Faremo soprattutto riferimento all'articolo di Deecke, Grözinger e Kornhuber del 1976, «*Voluntary finger movement in man*», che contiene l'esposizione delle misure adottate e dei risultati ottenuti in una serie di esperimenti su liberi movimenti del dito indice della mano in soggetti umani.
Il metodo impiegato è in buona parte comune anche ai successivi esperimenti di Libet.

In questa serie di esperimenti, a 39 soggetti sani, maschi e femmine, mancini e destrimani, era stato chiesto di compiere soltanto una rapida flessione del dito indice destro, a intervalli irregolari[16]. Le tecniche a cui si era fatto ricorso, per registrare l'attività cerebrale e muscolare relativa a tale movimento, erano l'elettroencefalogramma, EEG, l'elettrooculogramma, EOG[17] e l'elettromiogramma, EMG.
Gli elettrodi per l'EEG erano stati applicati, esternamente, in diversi punti della testa, scegliendo le zone che più o meno si poteva prevedere sarebbero state attivate da quel particolare movimento.

[16] Deecke, Grözinger, Kornhuber (1976), p. 100: "*...mean interval 3-4 s...*".
[17] **EOG, elettrooculogramma**: registrazione dell'ampiezza media della differenza di potenziale che si genera tra la cornea, elettropositiva, e la retina, elettronegativa, in condizioni di adattamento dell'occhio alla luce o all'oscurità e in seguito a movimenti oculari verso destra e verso sinistra. La misurazione viene eseguita applicando due elettrodi alla zona perioculare dell'occhio: conseguentemente agli spostamenti della cornea, l'elettrodo più vicino ad essa si caricherà positivamente, mentre l'altro rimarrà negativo, dando luogo, così, alla differenza di potenziale cercata.

L'operazione di *timing* degli eventi cerebrali è stata possibile, come abbiamo già accennato, assumendo il primo potenziale d'azione segnalato dall' EMG -"*from the right flexor digitorum communis muscle*"- come tempo 0 nell'elaborazione inversa dei dati e come "*trigger pulse*" per il calcolatore adibito al processo di media dei dati stessi.
L'analisi elettroencefalografica, una volta stabilito lo 0 temporale, registrava l'attività cerebrale da 1,5 sec prima a 0,5 sec dopo l'inizio del movimento. Infine, un *CAT computer* completava l'esperimento elaborando i dati nella loro direzione temporale inversa ed eseguendo il processo statistico di media.
Durante l'esecuzione del compito, i soggetti avevano gli occhi aperti e fissi su un punto dato. Era stato richiesto loro di evitare di sbattere le palpebre.
Tra gli accorgimenti usati per ridurre ogni possibile interferenza ("*artefacts*") di movimenti estranei all'esperimento, erano compresi ammonimenti e training dei soggetti, supporti rigidi per la testa, esperimenti di controllo e ricorso all'esclusione di singole registrazioni contaminate da artefatti osservate da uno sperimentatore nell'EEG e nell'EOG on-line.

Nell'analizzare i risultati ottenuti con questo tipo di misurazioni, Deecke, Grözinger e Kornhuber hanno identificato una lenta negatività nell'attività corticale, presente in media 0,8 sec prima del movimento, a cui hanno dato il nome di *Bereitschaftspotential*. Prima dell'esecuzione del movimento, però, essi hanno riscontrato la presenza di altri cambiamenti di potenziale: durante gli ultimi 150 msec prima dell'inizio del movimento, infatti, al potenziale di preparazione si sovrappongono altre variazioni dell'attività cerebrale, differenti dal BP per quanto riguarda la distribuzione topografica e per polarità: il *pre-motion positivity*, PMP, ed il *motor potential*, MP.

Diversamente da quelle che saranno le future intenzioni di Libet, lo scopo principale degli esperimenti di Kornhuber e Deecke, in questa fase iniziale del

loro lavoro[18], consiste nel determinare quanto più precisamente possibile la distribuzione topografica di questi differenti potenziali[19].

È l'ipotesi localizzazionista che guida queste ricerche: il comportamento osservabile dei soggetti viene messo in relazione con alcuni correlati bio-elettrici che, a loro volta, vengono attribuiti ad alcuni correlati neuronali, all'attivazione, cioè, di particolari aree cerebrali. L'"ipotesi di correlazione"[20] perseguita dagli autori è evidente non solo nel loro desiderio di rintracciare le sorgenti cerebrali delle variazioni di potenziale scoperte, ma anche nel loro fare riferimento a dati neuroanatomici e neurofisiologici –il confronto delle funzioni attribuibili ipoteticamente ai differenti potenziali rispetto a particolari e supposte specializzazioni delle aree cerebrali in cui questi potenziali si manifestano- e nel loro ampio uso di informazioni ricavate da studi clinici di disturbi e disordini del comportamento umano –a cui si aggiungono quelle ricavate dalle ricerche condotte sugli animali[21].

Aggiungere a questa evidenza clinica i risultati degli esperimenti condotti specificamente sui movimenti volontari, serve agli autori per strutturare una propria teoria del libero agire, una propria proposta teorica in merito all'organizzazione cerebrale della volontà nei movimenti[22].

Il *Bereitschaftspotential*, dunque, risulta essere il primo tipo di attività cerebrale che precede un movimento unilaterale.

Ciò che sorprende i suoi scopritori è che, nonostante l'unilateralità del movimento, questa lenta e crescente negatività corticale, massima all'altezza della regione precentrale controlaterale, sia inizialmente bilaterale. Presente sia nella

[18] E non solo: l'intento localizzazionista resterà comunque una costante nella ricerca sperimentale di questi autori, anche nei lavori successivi: cfr. cap. 8.

[19] Deecke, Grözinger, Kornhuber (1976), p.100, "*The aim of the present investigation was to determine the exact topographical distribution of BP, PMP, and MP on the scalp surface in a large number of experiments with improved techniques*". Cfr. Deecke, Scheid e Kornhuber (1969), p. 158: "*the purpose of this investigation was to define the spatial distribution of amplitude and onset of potential changes preceding voluntary finger movements*".

[20] Cfr. D.Taraborelli (2000).

[21] Cfr. Deecke, Grözinger e Kornhuber, (1976), p. 113 e p. 115, in cui si fa riferimento a lesioni o stimolazione del cervello di scimmie o gatti.

[22] Ibid. p. 100: "*It is believed that voluntary movement is planned by the association cortex and is conveyed via the cerebellum and the basal ganglia to the motor cortex*"; pp. 109 e seguenti, per una discussione dettagliata dell'ipotesi.

regione precentrale che in quella parietale, questo potenziale manifesta, infatti, un andamento crescente la cui fase iniziale è caratterizzata da uno sviluppo bilaterale e simmetrico. Nella regione parietale, questa esatta simmetria si mantiene durante l'intera evoluzione del BP, mentre in corrispondenza della regione precentrale, l'iniziale simmetria bilaterale dà luogo, successivamente, ad una lateralizzazione della negatività[23], che inizia approssimativamente 400 msec prima dell'inizio del movimento, ma diviene significativa intorno ai 150 msec.

La conclusione a cui giungono gli autori, allora, è che il potenziale di preparazione sia espressione di un processo preparatorio, di una fase organizzativa, cioè, che sembra precedere temporalmente il comando motorio, solo in seguito al quale ha propriamente inizio l'attivazione muscolare.

"*The BP is a negative shift of the cortical DC potential probably representing a preparatory process in the dendritic network of those cortical areas that are involved in the intended movement*"[24].

Presente in media a partire da 0,8 secondi prima dell'inizio del movimento, e a volte anche 1,5 secondi o più, il potenziale di preparazione è un fenomeno costante, riproducibile in ogni esperimento, distribuito sopra le aree parietale e precentrale di entrambi i lati e sopra la linea mediana[25]. La sua ampiezza è direttamente correlata al suo inizio temporale - prima inizia, più grande diventa, e viceversa- e sembra possa variare in seguito all'influenza di fattori psicologici quali l'aumento del livello di attenzione, l'interesse, la cooperazione, l'impegno o la motivazione etc[26].

I potenziali cerebrali individuati, comunque, sono tre: il problema è quale di questi possa essere considerato il comando motorio che fa scattare effettivamente

---

[23] Ibid. p. 111: "*This means: in the early foreperiod preceding unilateral voluntary movement there was equal activity increase in both parietal lobes. However, over the motor cortex in the later foreperiod activity was lateralized over the contralateral side. ... The early preparatory process, therefore, involves the contralateral motor cortex more extensively than the ipsilateral one.*"

[24] Ibid. p.99.

[25] Ibid. p. 101.

[26] Ibid. p. 111, "*Also, a significantly larger BP was found preceding eye movements towards an interesting target instead of a simple spot*". Cfr. Kornhuber e Deecke (1965), p. 1. "*the readiness potential increases with intentional engagement and is reduced by mental indifference of the subject.*", ripetuto anche in Deecke, Scheid e Kornhuber (1969), p. 158.

il segnale elettromiografico.

I movimenti volontari non sono indotti da uno stimolo esterno, sono spontanei, "*self-initiated*", autoindotti, perciò, secondo gli autori, uno dei tre potenziali dovrà probabilmente avere questa funzione.

Il potenziale di preparazione, viste le sue caratteristiche temporali e le aree motorie a cui sembra legato, non sembra possa essere adibito allo scopo: infatti, sebbene sia un

fenomeno chiaramente in relazione con la preparazione del movimento, il suo inizio medio di 0,8 sec prima del segnale elettromiografico e la sua estensione nel tempo –la durata del BP sarebbe troppo lunga-, fanno escludere che esso possa essere un comando motorio:

"*Such a motor command must be more closely related to movement onset and its mean onset time must fall below the reaction time*"[27].

A svolgere la funzione di comando motorio sembra essere più adatto, invece, il *pre-motion positivity*, che inizia circa 90-80 ms prima dell'effettiva attività muscolare, e che precede il *motor potential*.

Tuttavia, Kornhuber Deecke e Grözinger ritengono che l'apparizione del BP prima di un movimento volontario possa essere considerata una costante:

"*if the psychological factors do not vary from one experiment to the other, the BP is a remarkably constant phenomenon within subjects*"[28].

Una costante neurofisiologica, però, che diviene il sostegno ideale di audaci supposizioni o ipotesi:

"*localized negative shifts of the cortical DC potential probably appear in the foreperiod of many other voluntary acts such as thoughts, feelings etc. which unfortunately cannot be used for triggering*"[29].

Vedremo in seguito[30] quale sarà l'ipotesi che Kornhuber e Deecke svilupperanno, sulla base di queste iniziali ricerche, in merito al ruolo del potenziale di preparazione nel più ampio processo, mentale e cerebrale, che dà luogo al compimento di un movimento volontario.

---

[27] Ibid. p. 113.
[28] Ibid. p. 111.
[29] Ibid. p.111.
[30] cap. 8.

# Capitolo 2 Benjamin Libet : *the Readiness Potential*

Nel capitolo precedente abbiamo introdotto il potenziale di preparazione, un particolare tipo di potenziale *evocato*, definendone alcune caratteristiche essenziali e descrivendo il metodo ed il contesto sperimentale che hanno portato alla sua scoperta. Qui di seguito, invece, presenteremo, finalmente, quella parte della ricerca libettiana incentrata sullo studio dei movimenti volontari, il cui elemento cardine è proprio il potenziale di preparazione.

Questo capitolo, perciò, sarà dedicato all'esposizione degli esperimenti che Libet ha condotto relativamente ai movimenti volontari. Oltre alla descrizione dei singoli passi procedurali di questo più recente gruppo di esperimenti, accenneremo alla prima fase della ricerca libettiana, quella sulla percezione di stimoli tattili indotti, per poter meglio evidenziare la continuità tra i due gruppi di esperimenti, i cui risultati costituiscono la base comune di una cruciale teoria libettiana: la *time-on theory*.

Tratteremo più diffusamente delle conclusioni, propriamente collegate alla serie di esperimenti sui movimenti volontari, nel capitolo successivo, riportando, insieme ad alcuni dati sperimentali controversi, le proposte teoriche di Libet riguardo ad un nuovo ruolo del libero arbitrio all'interno del processo intenzionale.

## *2.1. I primi esperimenti di Libet: alcune assunzioni*

Anche gli esperimenti di Libet e colleghi, sui movimenti volontari, si basano sulle tecniche non invasive dell'EEG, dell'EMG e dell'EOG e sul metodo di computazione inversa. La loro attenzione, però, è rivolta principalmente al *Bereitschaftspotential*, *Readiness Potential* d'ora in avanti.

La determinazione dell'area cerebrale ad esso connessa non è più un obiettivo

fondamentale dell'indagine[31], come nella ricerca di Kornhuber e Deecke: nell'impossibilità di evidenziare un'area certa e definita[32], negli esperimenti di Libet, la maggior parte degli sforzi confluisce nell'operazione di *timing*[33]. E questo soprattutto perché, scopo principale della ricerca libettiana, fin dall'inizio, è lo studio dei processi neurali preposti alla produzione di fenomeni mentali *consci*.

Negli anni precedenti allo studio dei movimenti volontari, infatti, Libet si era dedicato alla percezione, cosciente e non, di stimoli indotti nella corteccia somatosensitiva, nel tentativo di individuare la soglia di percezione, superata la quale il soggetto diviene cosciente della stimolazione.

"*Our initial question was of a classical physiological nature: when stimulating the sensory cortex are any of the stimulus parameters especially or uniquely significant for eliciting a threshold sensory experience?*"[34].

Gli sviluppi sperimentali di questo tema "classico" della fisiologia da parte di Libet e colleghi, soprattutto per alcune conseguenze che questi ne hanno tratto, hanno sollevato numerose critiche e il dibattito che ne è seguito è tutt'ora aperto[35].

Quello che ci interessa evidenziare qui, comunque, è che l'obiettivo ricorrente della ricerca libettiana è scoprire la relazione, quale che sia, tra eventi neurali ed eventi mentali *consci*, nel tentativo, cioè, di scoprire il correlato neurale dell'esperienza soggettiva cosciente.

Sarà utile, a questo punto, chiarire che *consciousness*, in Libet, è un termine che, in realtà, ha una portata minore, rispetto a ciò che comunemente si intende con il termine *coscienza*. Quello a cui Libet si riferisce, e che costituisce l'oggetto dei

---

[31] Si può ragionevolmente sostenere che la ricerca libettiana, fin dall'inizio, non ha avuto come scopo, neanche secondario, l'identificazione di specifiche aree cerebrali attive durante fenomeni mentali coscienti. Libet et al. (1963), p. 546: "*... the primary concern in these studies is the dynamics of the processes involved, rather than thier topographical representation*".

[32] Cfr. Libet (1999), p. 51, in Libet, Freeman & Sutherland. In questo articolo, Libet ammette la possibilità che "*the actual initiating process in the brain probably starts before our recorded RP, in an unknown area that then activates the supplementary motor area in the cerebral cortex"*.

[33] Operazione attraverso cui si tenta di determinare il tempo di apparizione di un particolare evento anche attraverso la sincronizzazione con un altro evento le cui caratteristiche temporali siano già note.

[34] Libet (1996), p. 105, in Taddei-Ferretti & Musio.

[35] La più recente critica a questa serie di esperimenti di Libet è un articolo ancora in corso di stampa: Pockett S. (2002) *On subjective back-referral and how long it takes to become conscious of a stimulus: a reinterpretation of Libet's data*, in Consciousness and Cognition (in press). Alcune critiche precedenti sono: P. Smith Churchland (1981) e T. Honderich (1984).

suoi esperimenti, infatti, è la *consapevolezza*, non la coscienza in generale: è la "*consciousness as a neuroscientific concept*".

Si tratta, in sostanza, della scelta di una definizione operativa, con cui Libet intende circoscrivere il raggio dei suoi studi al fenomeno della consapevolezza che caratterizza, in genere, l'esperienza soggettiva.

La difficoltà intrinseca alla definizione di un concetto così sfuggente, non ha scoraggiato Libet, che fin dall'inizio ha ritenuto di poter considerare risolto il problema sulla base di un'universale condivisibilità del fenomeno:

"'*Awareness', as a subjective experience, is a 'primitive (undefined) term', with phenomenological rather than behavioral meaning. Although it is experienced and known privately by each individual, we are confident that others have experienced it too, and that they know what we mean by our questions about it*'"[36].

Se si accetta questo, l'esistenza di un fenomeno comunemente definito "consapevolezza" del proprio sentire, che dovrebbe essere esperibile da parte di tutti gli esseri umani in condizioni di salute fisica e mentale normali, allora, continua Libet, si può accettare l'impiego di resoconti verbali dei soggetti, basati sulla semplice *introspezione*, anche nel caso di esperimenti clinici del tipo di quelli ideati da Libet e colleghi.

Libet fa proprie, in questo caso, le teorie di T. Nagel e di J.C. Eccles[37], per poter giustificare l'intera impalcatura dei suoi esperimenti: secondo questi autori, una concoscenza, seppure approfondita, della struttura e dell'organizzazione cerebrale di un individuo *non* è ancora sufficiente a spiegare *come ci si sente* ad essere quell'individuo o cosa quell'individuo provi rispetto ad una particolare situazione. L'unico modo che abbiamo, per metterci "nei panni" degli altri, quindi, è ammettere che, sebbene ciascuno di noi abbia un unico personale accesso alla propria condizione interiore, un punto di vista unico e privato, esiste una base comune su cui è possibile comunicare e trasmettere qualcosa della nostra esperienza soggettiva agli altri. E, aggiunge Libet, a meno di essere convinti ed

[36] Libet (1965), p. 78; cfr. anche Libet (1987) in Encyclopedia of Neuroscience.

[37] Cfr., per esempio, Libet (1965), Libet (1985), in BBS, Libet (1987) in Encyclopedia of Neuroscience. Tra le opere citate: Th. Nagel (1979), *Mortal Questions,* Cambridge University Press; J.C. Eccles (1966), *Brain and Conscious Experience*, NY: Springer-Verlag; K.R. Popper & J.C. Eccles (1977), *The self and its brain*, Springer.

ostinati solipsisti, questo è un modo di pensare largamente condiviso e accettato.
Un'altra considerazione essenziale, riguarda, conseguentemente con quanto affermato sull'esperienza soggettiva, l'esclusione di una tecnica spesso usata negli esperimenti psicofisici, ovvero la tecnica della "scelta forzata", *forced-choice technique*. Un esperimento basato su una risposta "forzata" del soggetto, infatti, non è adeguato all'indagine sulla percezione consapevole del soggetto stesso: la tecnica della scelta forzata non mira a distinguere tra "cosciente" e "non cosciente", proprio perché, per rispondere alla stimolazione subita, al soggetto basta anche soltanto una percezione inconsapevole dello stimolo, (quello che in inglese viene indicato con il termine "*detection*")[38].

A questo proposito, però, possiamo citare alcuni studi che sembrano prospettare un quadro diverso da quello descritto da Libet finora, per cui, anche in un semplice esperimento di scelta forzata, sembra si debbano considerare le influenze prodotte da livelli *coscienti* della percezione.
Recentemente, infatti, L. Cauller[39] ha proposto una rielaborazione della visione neuroscientifica dei correlati neurali della *sensazione tattile* cosciente, sulla base di evidenze tratte dai suoi studi sulla capacità di discriminare l'intensità di stimoli tattili in scimmie appositamente addestrate al compito.
Nel modello neuroscientifico convenzionale, la stimolazione sensoriale provocherebbe solo delle trasformazioni "passive", secondo uno schema *bottom-up*. Nel nuovo modello proposto da Cauller, invece, unitamente al feedback sensoriale di tipo bottom-up, si verificano anche influenze corticocorticali di natura *top-down*. L'interazione tra questi due processi sarebbe ben visibile nell'analisi delle componenti dei potenziali evocati, registrabili in corrispondenza della corteccia somatosensitiva primaria. Vale a dire:

- la componente *P1*, che costituirebbe la risposta immediata, "precoce", allo stimolo, dipendente unicamente dalle variazioni

[38] Libet (1987), in Encyclopedia of Neuroscience, p. 272: "*Among experimental paradigms, signal detection studies provide sophisticated exemples of a generally unacceptable approach to conscious experience. The forced-choice responses in such studies could be made indipendent of introspective awareness of the signal, although they may be excellent indicators of whether some type of detection has occurred*". Cfr. anche Libet (1965) e Libet (1981) in Philosophy of Science.
[39] L. Cauller (1995).

dell'intensità dello stimolo;

- la componente *N1*, che rappresenterebbe, invece, la risposta "tardiva" allo stimolo, collegata al comportamento discriminativo della scimmia.

Mentre la presenza di P1 viene rilevata anche durante l'anestesia o durante il sonno ad onde lente, la componente N1 è una risposta che caratterizza solo gli stati coscienti e, secondo Cauller, è principalmente collegata alla capacità discriminatoria delle scimmie.
Non potendo descrivere nei dettagli l'ipotesi di spiegazione che Cauller discute, riguardo all'origine neurale di questa interessante componente, ci limitiamo a riportarne una conclusione che ci sembra molto importante:
"*Given the behavioural significance of N1, the conclusion that N1 was activated by the backward projections leads to the hypothesis that these backward projections signal* ***conscious*** *touch sensation*"[40].

Questa ricerca potrebbe, secondo noi, costituire un ottimo punto di partenza per una critica degli esperimenti di Libet sulla percezione cosciente di stimoli tattili.
Un aggiornamento di questa ricerca, infine, è ravvisabile in Edelman &Tononi (2000). Anche se in un contesto non immediatamente distinguibile dalla semplice presentazione degli studi di Libet[41], questi due autori ci comunicano che i potenziali tardivi N1 sono "modulati dall'**attenzione**"[42] e sembrano essere essenziali per la produzione di una sensazione somatosensoriale *cosciente*.

### *2.1.1. I primi esperimenti di Libet: la time-on theory*

Negli esperimenti sulla percezione cosciente di specifici stimoli sensoriali, Libet aveva cercato di scoprire la relazione temporale intercorrente tra la ricezione di uno stimolo cutaneo o cerebrale e la percezione soggettiva cosciente dello

[40] L. Cauller (1995), p. 165.
[41] Ritorneremo più diffusamente su questa difficoltà nell'ultimo capitolo.
[42] Edelman & Tononi (2000), p. 83. Questa osservazione verrà riutilizzata nel capitolo dedicato alla critica dei resoconti retrospettivi in Libet.

stimolo stesso. In questa serie di esperimenti, i soggetti, su cui Libet aveva eseguito le registrazioni dei potenziali evocati dallo stimolo, erano pazienti neurologici -individui, cioè, che dovevano essere sottoposti ad interventi chirurgici di una certa gravità. Questo ha fatto sì che la registrazione EEG fosse possibile tramite elettrodi direttamente applicati alle aree corticali (e anche subcorticali) di interesse. Senza voler entrare nei dettagli, diremo solamente che i soggetti erano sottoposti a stimolazioni cutanee (sul dorso della mano) accoppiate a stimolazioni corticali in zone differenti del cervello (gyrus postcentrale, talamo, lemnisco mediale). Gli stimoli variavano, di volta in volta, per intensità e durata. Ai soggetti, all'oscuro dell'ordine temporale con cui venivano rilasciati gli stimoli, veniva chiesto un resoconto soggettivo relativamente alla percezione cosciente della stimolazione o dell'ordine che la stimolazione aveva seguito (prima lo stimolo cutaneo e poi quello corticale o viceversa, per esempio).
In base al confronto dei dati ricavati dai tracciati EEG con le indicazioni fornite dai resoconti dei soggetti, Libet e colleghi conclusero che la stimolazione corticale, tramite stimoli ad intensità di soglia liminale, doveva persistere per almeno 500 ms, perché fosse rilevata coscientemente dai soggetti. Per gli stimoli cutanei, invece, la stimolazione raggiungeva il livello cosciente in un tempo inferiore: 150 ms.
In seguito a questi esperimenti, Libet ha individuato nella minima durata di un'appropriata attività cerebrale –condizione detta *adeguatezza neuronale*- l'elemento determinante per la produzione di un'esperienza cosciente[43].

È il tempo, dunque, ciò che secondo Libet può essere considerato il fattore discriminante tra processo mentale inconscio e processo mentale conscio: per raggiungere l'adeguatezza neuronale necessaria alla percezione cosciente dello stimolo, l'attività cerebrale provocata dallo stimolo dovrà durare almeno mezzo secondo. Altrimenti il rilevamento dello stimolo si manterrà al di sotto della soglia di percezione cosciente.

[43] In questa sede non facciamo riferimento alcuno all'ipotesi di una *retrodatazione temporale*, altra ipotesi di Libet molto discussa, perché rechiederebbe una descrizione molto più accurata di questo tipo di esperimento di Libet. Per un approfondimento rimandiamo a Libet et al. (1979) e Libet et al. (1991).

Questa teoria, dell'adeguatezza neuronale per fenomeni consci, ha inglobato in sé anche i risultati dei successivi esperimenti libettiani sui movimenti volontari. Secondo noi, infatti, la scelta del potenziale di preparazione come oggetto della successiva ricerca sperimentale di Libet, è stata motivata proprio dalle caratteristiche "temporali" di questo potenziale evocato, tali da offrire una potenziale continuità teorica tra le due classi di esperimenti.

La possibilità che l'ipotesi scaturita dall'iniziale fase di sperimentazione -ipotesi secondo cui il tempo di inzio degli eventi cerebrali non sarebbe identico al tempo dell'esperienza conscia corrispondente- potesse essere allargata anche ad altri casi, come il movimento volontario, era presente in Libet fin dagli anni '60[44]. Di fatto, poi, Libet e colleghi, nella seconda fase della sperimantazione, si sono dedicati principalmente alla determinazione delle caratteristiche temporali del potenziale di preparazione.

Questa continuità *cercata* è ravvisabile nella formulazione di quella che Libet chiama *time-on theory*, la teoria in cui le ipotesi iniziali sulla "durata neuronale", tratte dagli esperimenti sulla percezione sensoriale cosciente, vengono estese fino a divenire la *spiegazione* più probabile per la distinzione, generale, tra funzione mentale inconscia e funzione mentale conscia. La produzione di eventi mentali coscienti, in questa teoria, è direttamente dipendente dal tempo in cui si raggiunge l'adeguatezza neuronale. Il discrimine tra fenomeni inconsci e fenomeni consci è il *tempo*: il tempo minimo necessario che va dai 150 ai 500 ms.

"*One possibility suggested itself from our evidence that a minimum activity time is required to produce a conscious experience, whether the experience is exogenous (sensory) or endogenous (conscious intention to act voluntarily). It seemed attractive to hypothesize that neuronal activation times to produce an unconscious mental function could be less than those for a conscious one, and that the transition from an unconscious to a conscious function could be controlled simply by an adequately increased duration of the appropriate*

[44] Cfr. Libet (1965).

*neuronal activity. I have called this hypothesis the 'time-on' theory*"[45].

## *2.2. Gli esperimenti sui movimenti volontari*

In un articolo del 1980, in cui sono resi noti i risultati di una nuova serie di esperimenti sui movimenti volontari nell'uomo, Shibasaki ed i suoi colleghi sostengono che durante lo stesso potenziale di preparazione siano evidenziabili delle variazioni.

Parlando del modo in cui si manifesta il *Bereitschaftspotential*, essi affermano che il picco massimo di questo potenziale è visibile nella zona vicina al vertice e nell'area motoria controlaterale, ma che in seguito si verifica uno spostamento verso la regione parietale posteriore e verso l'emisfero ipsilaterale[46]. Queste variazioni, dunque, sembrano essere riconducibili all'esistenza di due diverse componenti: una con inizio variabile di 1/1,5 sec prima dell'EMG-0 time, massima al e in vicinanza del vertice, con un'ampia e simmetrica distribuzione, dalla regione frontale a quella parietale; l'altra di –500msec prima, segnalata da un rapido aumento del gradiente negativo, con distribuzione asimmetrica e massimo aumento sulla regione precentrale controlaterale.

La seconda componente, cioè il rapido e asimmetrico aumento del gradiente del potenziale di preparazione, viene denominata *NS'*.

Anche sulla base di queste informazioni, l'ipotesi che Libet e colleghi avanzano, allora, è che una di queste due componenti possa essere maggiormente coinvolta e collegata alla volontaria esecuzione di un movimento[47].

Per verificare questa ipotesi, però, non sono più sufficienti le misure adottate da Deecke e Kornhuber. Mentre essi avevano richiesto ai soggetti del test

[45] Libet (1996) in Taddei-Ferretti & Musio, p. 109.

[46] Shibasaki et al. (1980), pp. 217-218: "*This increase is maximal over the precentral region, halfway between the vertex and the hand motor area controlateral to the movement, … This component extends posteriorly to the parietal region as well as laterally to the hemisphere ipsilateral to the movement*…".

[47] Libet et al. (1982), p. 322: "*the existence of two RP components, having different timing features and evidently different neuronal sources, raises the question of which component, if any, is directly related to the initiation of a freely, unrestricted voluntary act*".

l'esecuzione di "*self-paced acts*", Libet ha bisogno di movimenti "*self-initiated*", cioè il più possibile spontanei. Perciò, i soggetti degli esperimenti di Libet vengono incoraggiati, esortati a dare libero sfogo alla propria volontà di fare un movimento:

"*to let the urge to act appear on its own at any time without any pre-planning or concentration on when to act*"[48].

E' Libet stesso a chiarire la differenza tra *self-paced* e *self-initiated acts*, sottolineando che i movimenti presi in esame nei suoi esperimenti possono considerarsi del tutto volontari, proprio in quanto "auto-iniziati": i soggetti, infatti, non hanno limiti di tempo da rispettare, nell'esecuzione dei movimenti, e sono liberi di sbattere le palpebre, se ne sentono il bisogno. Se lo fanno, devono solo aspettare qualche secondo, prima di compiere qualsiasi movimento[49].

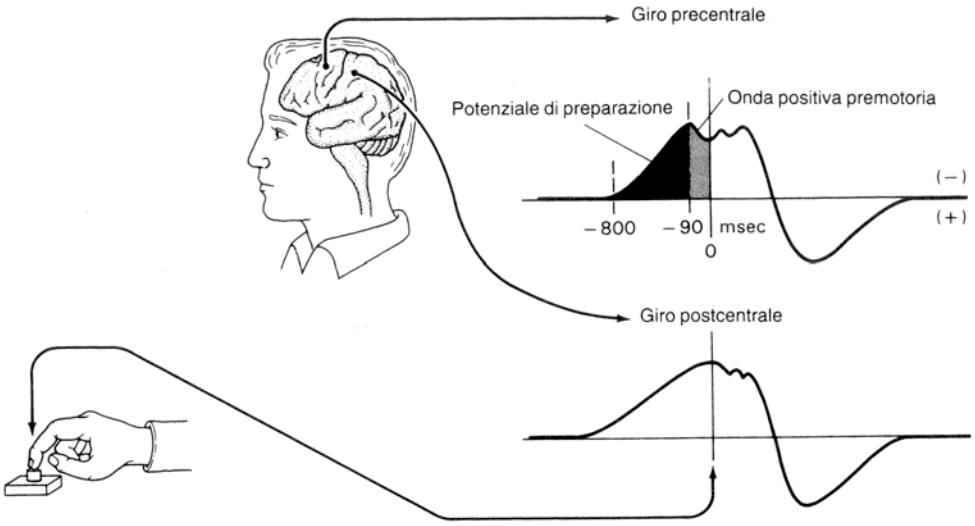


**Figura 1: registrazione del potenziale di preparazione generato in corrispondenza di un movimento. Sono visibili i punti della corteccia frontale in corrispondenza dei quali sono stati posizionati gli elettrodi sullo scalpo, (da Kandel, Schwartz, Jessell 1994)**

Seduti il più comodamente possibile, su una sedia parzialmente inclinata, giovani

[48] Ibid., p. 324.

[49] Libet et al (1982), p. 325: "*the voluntary acts in these series are referred to as 'self-initiated' rather than as 'self paced', because: 1) there was no limitation on the time in which to perform the act; 2) the available option to blink, if necessary, minimized any impulsion from this source; 3) each trial was initiated as an indipendent event, after a flexible delay suitable to the readiness of the subject*".

studenti e studentesse, tutti "*right-handed*", vengono sottoposti all'esperimento, in una stanza in cui si trova anche un 'osservatore'. Il loro compito è quello di eseguire, non appena ne sentano il bisogno o il desiderio, la flessione del dito indice destro o del polso destro. Il movimento, nelle sue numerose componenti neurofisiologiche, viene analizzato tramite EEG ed EMG.

Il potenziale di preparazione che viene preso in considerazione è quello che si registra al vertice, dove solitamente raggiunge il suo picco massimo. Gli elettrodi di riferimento per l'EEG sono collegati alla mastoide, mentre al lobo dell'orecchio sinistro è stato posizionato un *ground electrode*, il cosiddetto elettrodo "di terra"[50].

Dopo vari accertamenti, il ricorso all'EOG risulta non essere più necessario, in quanto le interferenze causate da potenziali rilevabili con l'EOG non avvengono che di rado[51].

Per la misurazione dell'EMG, ai soggetti vengono applicati degli elettrodi bipolari sulla cute al di sopra del muscolo dell'avambraccio destro che si attiva durante il movimento.

La registrazione e la somma[52] dei dati ricavati dall'EEG e dall'EMG è affidata ad un "*computer of average transients*", un CAT 400B, che effettua il rilevamento dei dati durante intervalli di tempo di 2 secondi: 1,4 secondi sono dedicati alla registrazione dell'EEG prima del segnale EMG-0.

Le sessioni, di 40 prove ciascuna, variano da 6 a 8 per soggetto, richiedono una mezza giornata e solitamente si protraggono per una settimana. Una sessione preliminare viene utilizzata per rendere più familiare il compito al soggetto[53].

L'elemento fondamentale a cui si affida Libet, e che caratterizza i suoi esperimenti rispetto agli esperimenti precedenti di Kornhuber e Deecke, è che ogni soggetto, durante lo svolgimento del compito, deve guardare attentamente uno schermo di 5 pollici, collocato a 1,95 m di distanza, su cui un punto luminoso

[50] Cfr. Libet et al. (1983), in Brain, p. 624.
[51] Cfr. Libet et al. (1982), p. 323.
[52] Per maggiori informazioni sul procedimento con cui si ottengono i dati EEG si veda il cap. 4, parag. 4.2.
[53] Cfr. Libet et al. (1983 ), in Brain p. 628; Libet et al. (1983), in EEG and clin. Electr., p. 367.

compie continue rivoluzioni[54]. Il riferimento al tempo segnato dal movimento del punto sullo schermo rappresenta, secondo Libet, un'agevolazione per i soggetti: infatti, con l'introduzione di questo congegno, egli ritiene che la spontaneità dei soggetti nel compiere i movimenti sia maggiore, poiché sottoposta a minori vincoli di azione e di tempo[55]; inoltre, la somiglianza dello schermo con un normale orologio è un fattore determinante per i resoconti dei soggetti, in quanto dovrebbe facilitare l'individuazione di tempi 'precisi' a cui associare i diversi momenti del processo intenzionale.

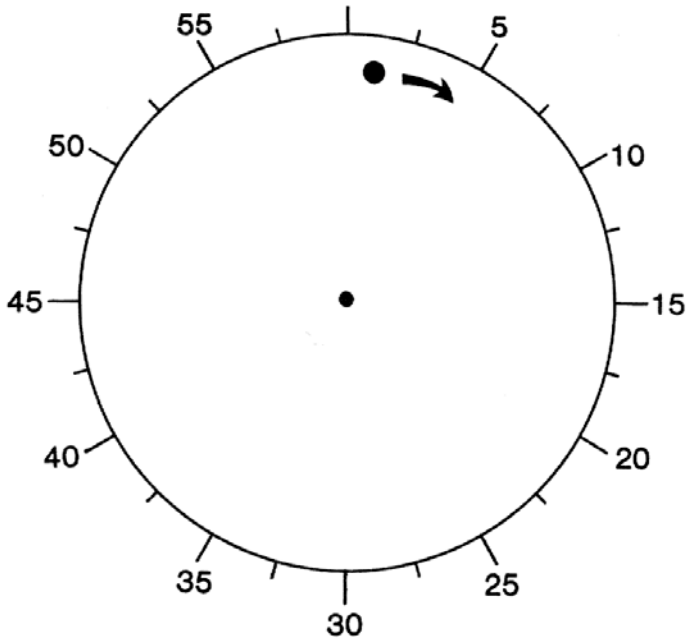


**Figura 2: *oscilloscope clock* (da Libet 1999)**

[54] L'introduzione di questo particolare dispositivo non è del tutto merito di Libet: era già stato adottato, per esempio, da Vaughan et al. (1968). L' idea, forse originale, di Libet è quella di usarlo per l'operazione di timing che dovranno compiere i soggetti, riportando i tempi della propria consapevolezza.
[55] Cfr. Libet et al. (1982), p. 322.

Lo schermo,"*a cathode ray oscilloscope*", (CRO), dunque, è circolare ed è stato modificato in modo da assomigliare al quadrante di un orologio. Il punto luminoso si muove, all'interno di esso, in senso orario e molto vicino ai bordi dello schermo. La circonferenza dello schermo corrisponde ad una durata *nominale* di 60 sec ed è divisa in 12 parti da una scala circolare con numeri posizionati ad intervalli di 5 sec; tuttavia, il tempo che il punto luminoso impiega effettivamente nel compiere una rivoluzione equivale a 2,56 sec.

Esternamente ai bordi c'è una griglia di plastica le cui linee radiali, illuminate, scandiscono intervalli nominali di 2,5 sec ciascuno, percorsi dal punto in movimento in un tempo equivalente a 107 ms reali.

I soggetti devono tenere lo sguardo fisso sul centro dello schermo e devono attendere l'inizio della seconda rivoluzione del punto luminoso, per iniziare ad eseguire il compito.

È consentito loro di riportare i tempi richiesti in due differenti modi, due modi che fanno riferimento alle modificazioni apportate all'oscilloscopio: un modo è detto '*absolute*', (A), l'altro '*order*', (O).

Nel modo '*absolute*', al soggetto è richiesta la lettura in 'secondi' della posizione del punto: guardando alla scala circolare dello schermo, divisa in sezioni nominali di 5 sec ciascuna, la posizione del punto, al momento della presa di coscienza da parte del soggetto, deve essere riportata allo stesso modo della lettura dei secondi su di un comune orologio. Ciascun secondo di questo particolare dispositivo, però, corrisponde in realtà a 42, 7 ms.

Nella modalità '*order*', invece, il soggetto deve riferire se la posizione finale –quella in cui si trova il punto luminoso quando viene arrestato alla fine della prova-, sia stata raggiunta prima, dopo o insieme rispetto alla posizione che il punto in movimento aveva al primo manifestarsi di uno stato cosciente –posizione annotata mentalmente dal soggetto durante il compito[56]. Le situazioni ipotizzabili, infatti, erano che l'istante di consapevolezza si potesse verificare prima che il punto avesse terminato il suo movimento, oppure dopo, oppure che i due eventi fossero contemporanei.

[56] Cfr. Libet et al. (1983), in Brain p. 626; Libet (1985) in BBS, p. 535.

La posizione che il punto raggiunge alla fine di ogni prova è diversa a seconda della modalità di lettura che i soggetti stanno usando: quando vengono richieste entrambe le modalità, il movimento del punto sullo schermo continua, dopo che il soggetto ha mosso il dito, per un periodo ogni volta diverso, compreso tra i 500 e gli 800 ms, *continuation interval*. Per la modalità O, *order*, la posizione di arresto variava entro un intervallo di 600 ms, con inizio e fine determinati preliminarmente per ogni soggetto; nelle prove successive, il momento di arresto veniva scelto casualmente dal calcolatore tra 40 intervalli di 15 ms ciascuno.

## *2.3. Il ricorso all'introspezione*

Una volta dato il segnale di partenza, i soggetti hanno circa 3 secondi per rilassarsi e rilassare soprattutto i muscoli della testa, del collo e dell'avambraccio, per sbattere le palpebre, se ne sentono il bisogno, e per dirigere il proprio sguardo verso il centro dello schermo circolare. Terminata questa breve preparazione, l'operatore attiva il computer, un PDP-12 computer, che guiderà e controllerà le rivoluzioni del punto luminoso sullo schermo.
Lo sguardo dei soggetti non deve seguire il movimento del punto luminoso, ma deve rimanere fisso sul centro dello schermo[57].
Tutta questa preparazione serve a far compiere l'operazione di *timing* al soggetto stesso: rimanendo concentrati sullo schermo e sul proprio stato interiore, ogni soggetto deve essere in grado di riferire *quando* è apparso, consapevolmente, il desiderio di muovere l'indice o il polso destro.
L'uso di resoconti verbali è ciò che distingue ulteriormente gli esperimenti di Libet da quelli di Kornhuber e Deecke. Nello studio di fenomeni coscienti, quali la libera espressione della volontà di agire o la percezione cosciente di uno stimolo esterno, il ricorso all'introspezione è per Libet un presupposto necessario ed inevitabile. Come abbiamo osservato precedentemente, si tratta di un punto fermo nell'esposizione di Libet, che ritroviamo con facilità in ogni suo articolo, ribadito di volta in volta con sempre maggiore certezza:

[57] Ibid., p. 625.

"*Attempts to study conscious experience must deal with the stubborn fact that subjective awareness of something, the cardinal attribute of conscious experience, is accessible only to the individual with the experience. Consequently, the valid operational definition of it in scientific investigation is the introspective report by the subject, under conditions of reliability and credibility*"[58].

Libet ribadisce di continuo l'irriducibilità degli eventi mentali ad eventi fisici e, sostenendo la mancanza di categorie *a priori* con cui sia possibile studiarne le relazioni, propone i suoi esperimenti come un valido tentativo di scoprirne almeno qualcuna (a posteriori, quindi):

"*Mental events and externally observable (physical) events constitute two categorically separate kinds of phenomena. They are mutually irreducibile categories in the sense that one cannot, a priori, be described in terms of the other. This leads to the principle that there are no a priori rules or laws that can describe the relationship between neural-brain events and subjective-mental events. No doubt rules do exist, but they must be discovered. They can only be established by* ***simultaneous observation*** *of both phenomenological categories of events*"[59].

Sarà proprio la *simultaneità dell'osservazione*, trasformata, poi, in *simultaneità degli eventi*, il nodo teorico controverso dell'interessante idea libettiana di confrontare i tempi riportati di volta in volta dai soggetti, con quelli registrati e *verificabili* dell'EEG e dell'EMG, facenti riferimento alla manifestazione di eventi neurali come il potenziale di preparazione.

Ma tornando all'esperimento, l'indispensabile assunzione per il tipo di resoconto verbale richiesto ai sogetti da Libet, è che i soggetti stessi abbiano continuamente "controllato" il punto in movimento sullo schermo e abbiano visivamente annotato la posizione da esso raggiunta, in relazione al momento *effettivo* dell'insorgere della propria consapevolezza[60].

[58] Libet (1996 a), in Taddei-Ferretti & Musio.
[59] Libet (1992), in Revue de la Métaphsique et de la Morale, 2, p. 256, (riprodotto in Libet, 1993)
[60] Cfr. Libet et al. (1983), in Brain, p. 626.

## *2.4. I tre tempi: W, M, S*

Ogni soggetto, dunque, deve compiere, ogni volta che ne senta il desiderio, un rapido movimento del dito o del polso, per un totale di 40 prove a sessione. Durante ogni prova i soggetti devono guardare sempre e soltanto il centro di uno schermo a forma di orologio, ma devono anche rendere conto della posizione, "order" o "absolute", del punto luminoso che su questo schermo si muove. E devono finalizzare tutto questo alla cattura di un particolare momento di coscienza.

Libet chiede ai soggetti di compiere, quando ne sentano il bisogno o il desiderio, il movimento indicatogli all'inizio della prova e di usare l'orologio-oscilloscopio come riferimento temporale di alcuni precisi eventi: l'esecuzione del movimento, per esempio, o la percezione consapevole del desiderio che ne è l'origine.

Non appena il movimento è stato compiuto, essi dovranno dare un resoconto verbale dei tempi soggettivamente individuati, non preoccupandosi di altro [61].

In seguito al confronto di una sessione di esperimenti in cui ai soggetti era richiesto un resoconto verbale con una iniziale, in cui nessun resoconto era stato chiesto, Libet sostiene che la richiesta di un resoconto verbale retrospettivo non ha dimostra alcuna influenza o effetto sull'andamento del potenziale di preparazione[62].

Le prove a cui vengono sottoposti i soggetti non sono sempre le stesse. Poiché il principale dato sperimentale su cui si basano questi esperimenti è il potenziale di preparazione, per poter dimostrare il suo legame con il consapevole manifestarsi dell'intenzione cosciente di agire, Libet ha bisogno di indagarne la presenza e le modalità di apparizione in più situazioni possibili. Perciò, i soggetti vengono esaminati in differenti classi di esperimenti.

E' forse utile dare, già qui, una definizione di ciò che Libet intende quando parla di azioni o movimenti volontari. Per movimento o atto "pienamente volontario", Libet intende:

---

[61] Libet et al. (1983), in Brain, p. 625-6: "*It was emphasized that only an after-the event recall of the experience was required…*".

[62] Cfr. Libet et al. (1982), p. 325. Avvenendo il resoconto, dopo l'evento motorio, un simile risultato non sorprende.

- un atto *endogeno*, cioè non originato da stimoli esterni o da altro al di fuori della volontà dell'agente;
- un atto che iniziato ed eseguito senza alcuna imposizione o limitazione esterna;
- un atto che i soggetti "sentano" come proprio, eseguito di propria iniziativa nella piena libertà di decidere se portarlo a compimento oppure no[63].

Una prima fondamentale serie di esperimenti, dunque, è dedicata proprio a questo tipo di movimenti, "*self-initiated act*"".

In questa prima serie di atti volontari e spontanei, il soggetto deve rendere conto del momento in cui diviene consapevole della propria intenzione di fare il movimento richiesto. Il tempo riportato in corrispondenza alla consapevolezza di questa intenzione viene indicato da Libet come *W time*: il tempo di apparizione "*of conscious awareness of 'wanting' to perform a given self-initiated movement*"[64].

Un'altra serie, affiancata a quella dei movimenti auto-iniziati, è quella detta *M series*, cioè, una serie di esperimenti in cui il soggetto riferisce sulla consapevolezza di stare compiendo il movimento:

"*In M series, the time of subject's awareness that he/she 'actually moved', in the self-initiated act, was to be noted and* reported *after each trial*"[65].

Per quella che possiamo definire la fase sperimentale di controllo, Libet e colleghi hanno ideato tre diversi tipi di test, per verificare l'attendibilità sia dei resoconti dei soggetti che delle ipotesi avanzate.

Nella serie detta *pre-set motor series*, il movimento del dito o del polso avviene in tempi prestabiliti: il soggetto si muove non appena il punto luminoso raggiunge, sullo schermo, una posizione prestabilita.

In un'altra, la serie degli "*skin stimuli at unknown times*", i soggetti, stimolati

[63] Libet (1985), in BBS, pp. 529-530.
[64] Libet et al. (1983), in Brain, p. 627.
[65] Ibid.

artificialmente in tempi a loro ignoti, ricevono impulsi di poco superiori alla soglia[66] di percezione tramite un elettrodo posto sul dorso della mano. In questa serie non devono compiere alcun movimento, ma devono indicare i tempi, *S*, sullo schermo, in cui, di volta in volta, percepiscono lo stimolo. I tempi di rilascio dello stimolo sono noti soltanto all'osservatore.

Un'ultima serie riguarda i movimenti "vietati", *M-veto series*[67]: in questa serie il soggetto stesso deve bloccare, "vietare", il compimento del proprio atto. Adottando la medesima disposizione mentale dei *pre-set motor acts*, il soggetto deve essere pronto a muoversi ad un tempo prestabilito ma, poco prima che il segnale luminoso raggiunga la posizione corrispondente al tempo indicato, deve inibire il movimento che stava per compiere. Precisamente, il soggetto deve essere in grado di interrompere la propria preparazione nei 2,5-5 sec circa (nominali, quindi equivalenti a 100-200 ms reali) che precedono l'istante prefissato[68].

In ogni serie, i resoconti dei soggetti vengono richiesti e registrati pochi istanti dopo il compimento di ogni singolo movimento[69].

La posizione che il punto luminoso assume sullo schermo ad ogni singolo evento, sia esso il segnale elettromiografico o il rilascio dello stimolo sensorio, viene registrata, di volta in volta, dal PDP-12 computer.

I soggetti, inoltre, vengono addestrati in modo da riuscire a compiere piuttosto velocemente il movimento del dito, così che possa essere raggiunta l'ampiezza prefissata per l'attivazione del computer in non più di 10-20 msec dall'inizio di ogni potenziale elettromiografico[70].

---

[66] Cfr. Libet et al. (1982) e (1983), in Brain: "*the subject expected to receive a near-threshold stimulus pulse on the hand*".

[67] Nonostante la descrizione di questa serie di prove, gli M-veto, sia contenuta in un solo articolo (Libet et al. 1983, in EEG adn clin. Electr.) e non sia tra le più dettagliate, il riferimento ai risultati ottenuti in questa serie saranno per Libet una prova determinante del ruolo di veto ipotizzabile per il libero arbitrio. Cfr. cap. 3.

[68] Un problema evidente, in questo caso, è la scelta di un tempo –il tempo zero- che faccia scattare l'EMG. Libet (1983), in EEG and clin. Electr., p. 369, 'risolve' questa difficoltà ricorrendo all'aiuto di un operatore esterno in modo che il calcolatore riceva l'impulso di *trigger* in corrispondenza del *pre-set time*: "*the computer trigger for pre-set 0-times, in the absence of an EMG, was supplied by an operator in another room*".

[69] Cfr. Libet et al. (1982), p. 324: "*Within a few seconds after he had flexed the fingers and/or wrist, the subject was asked to report the 'clock position' in 'seconds' of the CRO spot,* in relation to performing the self-initiated act". Cfr. Libet et al. (1983), in Brain, p. 625 e p. 627.

[70] Ibid. p. 625.

## *2.5. Primi risultati*

In base alla registrazione delle variazioni di potenziale ed in base alle informazioni riportate dai soggetti, per quanto riguarda la serie di *self-initiated motor acts*, Libet e colleghi sostengono di poter distinguere almeno tre diversi tipi di potenziale di preparazione, diversi per forma e durata, anche in uno stesso soggetto.

Il primo tipo, *type I RPs*, ha inizio a -1050±175 msec circa prima del movimento e assomiglia al RP dei self-paced acts di Deecke e Kornhuber.

Il secondo, *type II RPs*, che ha una variazione negativa massima a circa -575±150 msec, sembra essere il potenziale di preparazione maggiormente collegato ai movimenti volontari spontanei e, per il modo in cui si manifesta, sembra poter coincidere con la componente NS´ riscontrata da Shibasaki et al.

Il terzo tipo,infine, compare a -240±50 msec e, anche se non in maniera certa, sembra possa essere messo in relazione all'automaticità del movimento[71].

Tutti e tre i tipi di RPs, comunque, sembrano essere generati da processi neuronali preposti alla preparazione e all'esecuzione di un movimento volontario. Nella serie di esperimenti con stimolazione indotta, infatti, i potenziali evocati che si registrano sono tutti presenti nei <100 msec del rilascio effettivo dello stimolo e non presentano pre-potenziali significativi, mentre nella serie di *pre-set motor acts*, la lenta variazione di potenziale è caratterizzata da tempi quasi sempre uguali a quelli del RP di primo tipo.

L'ipotesi che Libet e colleghi avanzano, dopo l'analisi di questi primi risultati, è che sia plausibile l'esistenza di due distinti processi neuronali, legati all'esecuzione di movimenti volontari. Un processo per i movimenti in qualche modo pianificati e pre-ordinati, spontanei o indotti che siano, che ha inizio un secondo o più prima del movimento e che dà luogo ad un potenziale di preparazione di primo tipo. Un secondo processo, più specificamente collegato ai movimenti spontanei e intenzionali, che ha inizio circa 575 msec prima del movimento ed è chiaramente in rapporto con il secondo tipo di potenziale di

[71] Cfr. Libet et al. (1982), pp. 326-334.

preparazione[72].

"*Process II may be regarded as the one more uniquely associated with a fully independent volitional act, as opposed to a pre-intentionality that is not necessarily endogenous [...] it can be present in the comparative absence of or in sequence and overlapping with process I*"[73].

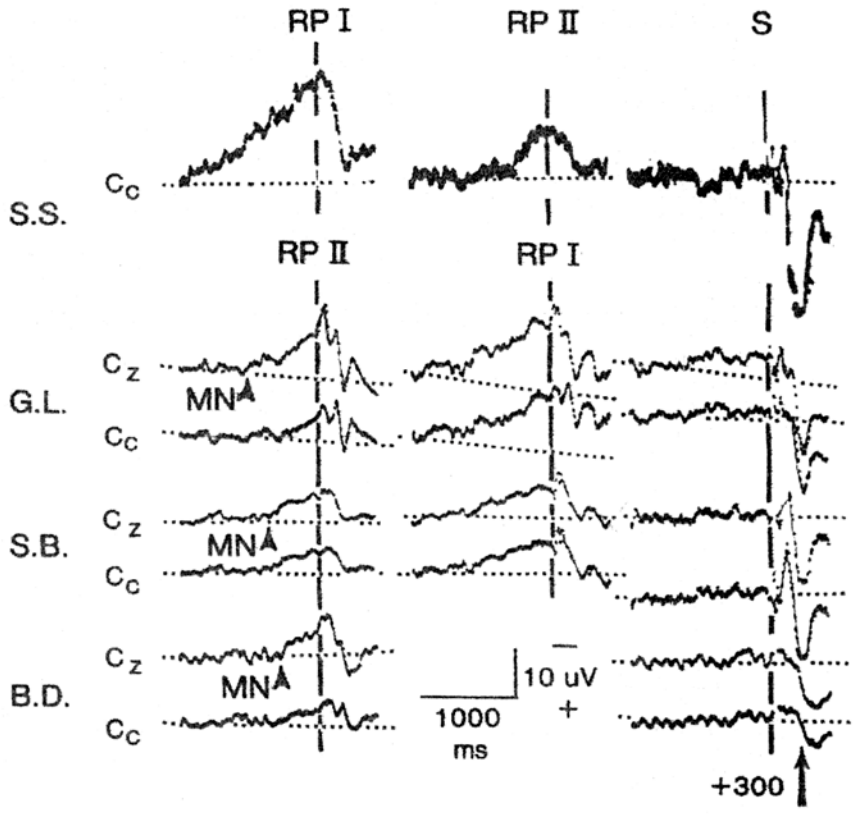


**Figura 3: potenziali di preparazione precedenti a movimenti volontari auto-iniziati, (da Libet, 1985)**

[72] Ibid. p. 333.
[73] Ibid. p. 334.

# Capitolo 3 L'ipotesi di Libet: *unconscious cerebral initiative*

Nel seguente capitolo tratteremo dell'ipotesi conlcusiva di Libet circa il ruolo del libero arbitrio nei movimenti volontari. Quando possibile, includeremo alcune iniziali osservazioni critiche.
In ultimo accenneremo alla più recente teoria di Libet, che ipotizza l'esistenza di un "campo mentale cosciente" le cui caratteristiche però, devono ancora trovare una conferma sperimentale.

## *3.1. L'interpretazione dei risultati*

Una volta accertata la relazione temporale tra potenziale di preparazione e movimenti volontari, la domanda che Libet si è posto è se anche la relazione tra insorgere consapevole del desiderio di agire ed attivazione neuronale segua il medesimo ordine cronologico. Manifestandosi il potenziale di preparazione in un tempo decisamente precedente all'attivazione muscolare, sarebbe sembrato *naturale* aspettarsi la presenza di processi intenzionali coscienti perlomeno concomitanti con tale attività neuronale.
Confrontando le risposte dei soggetti con i risultati elettroencefalografici ed elettromiografici, Libet ha invece ricavato una rappresentazione inaspettata e, essenzialmente, controintuitiva: i primi ad attivarsi, in maniera del tutto inconscia, sarebbero i processi neurali.

La consapevolezza di voler compiere un movimento, l'intenzione, il desiderio consapevole di voler compiere un movimento, giungerebbe soltanto *dopo* l'attivazione neuronale indicata dal potenziale di preparazione: ben 350 ms dopo.
Rispetto al segnale elettromiografico, infatti, i soggetti dell'esperimento hanno dimostrato di raggiungere un primo stadio di consapevolezza soltanto a –200/-250 ms prima del primissimo segnale EMG registrabile.
"*The mean value of W in each series, that is of the recalled times for being aware*

*of 'wanting' to move, was invariably in advance of or negative to the EMG zero time. The average of all such mean Ws was about –200 ms*"[74].
Sorprendentemente, però, anche i tempi riportati per *M*, nella serie di esperimenti relativi alla consapevolezza di star compiendo il movimento, risultavano quasi sempre negativi rispetto all'EMG-0, con una media di –85 msec[75].
E la correzione delle variazioni (*bias*) individuali dei valori di *W* ed *M* per ogni sessione -che consiste nella sottrazione del valore *S* dal valore *W* o *M*, per ciascun soggetto-, secondo Libet, non modifica qualitativamente i rapporti tra i differenti valori, anche rispetto ai valori riportati per il potenziale di preparazione[76].

La serie di esperimenti, che possiamo considerare fondamentale nella fase di controllo, è quella in cui i soggetti devono "indovinare" il momento in cui viene loro somministrato uno stimolo tattile artificiale: la serie degli *skin stimuli at unknown times*. Non conoscendo l'esatta ubicazione temporale del rilascio dello stimolo, la validità dei resoconti introspettivi dei soggetti viene testata in base alla loro capacità di discernere il momento in cui effettivamente lo sperimentatore dà luogo alla stimolazione. Per Libet, se i soggetti ottengono buoni risultati in questa serie, allora è plausibile ritenere che le risposte relative agli altri esperimenti siano affidabili.
E di fatto, Libet sostiene che i dati ottenuti in seguito a questa fase di controllo, non solo non modificano l'interpretazione dei dati relativi al RP ed a W ed M, ma mostrano una generale tendenza dei soggetti a riportare anche il momento S, come per M, qualche millisecondo prima del rilascio effettivo dello stimolo:
"*Reported times for S might be expected on the average to be close to zero (actual stimulus time) or possibly delayed slightly. But the actual mean values for S were usually negative rather than positive or delayed…*"[77].
Inoltre, le variazioni riscontrate per S non solo non rappresenterebbero fattori rilevanti di alterazione della datazione temporale del potenziale di preparazione e del momento W, ma, se considerate, non farebbero che aumentare la differenza

[74] Libet et al. (1983), in Brain, p. 629.
[75] Cfr. ibid. p. 631 e p. 639 e Libet (1985) in BBS, p. 534-5.
[76] Cfr. Libet et al. (1983), in Brain, p. 631 e p. 634.
[77] Ibid. p. 631.

temporale già rilevata tra evento cerebrale ed evento mentale cosciente[78].
Queste anticipazioni della consapevolezza rispetto ad eventi paradossalmente già in atto, come l'esecuzione di un movimento o la percezione di uno stimolo indotto già effettivamente rilasciato, potrebbero essere spiegate, secondo noi, da alcune importanti considerazioni sull'attenzione. Ma per questo, rimandiamo al capitolo 7.

Una prova ulteriore della validità dei tempi ottenuti può essere considerato l'impiego delle due differenti modalità di lettura dell'orologio catodico: la modalità *Order* e quella *Absolute*. Per ogni evento W, M o S, infatti, sono stati utilizzati entrambi i tipi di lettura, ma dal confronto dei tempi dichiarati dai soggetti non è emersa alcuna considerevole differenza nell'uso di una modalità piuttosto che di un'altra. I valori riportati, quindi, sono stati considerati sostanzialmente identici per entrambe le modalità, *Order* e *Absolute*[79].

La conclusione che Libet e colleghi raggiungono, allora, è che l'attività cerebrale identificata come potenziale di preparazione (di secondo tipo), che si manifesta circa 500 msec prima del segnale elettromiografico, rappresenti, al livello neuronale, l'inizio effettivo del processo intenzionale che porta al compimento di un libero movimento nell'uomo. E questo processo ha un inizio del tutto inconscio, precedendo la fase conscia del desiderio di agire di circa 350 ms.

Ma questa conclusione è possibile solo se ci si affida incondizionatamente, e senza riserva alcuna, ai resoconti dei soggetti, resoconti attraverso i quali sono stati individuati, secondo Libet, addirittura i singoli momenti coscienti del processo intenzionale: dall'ideazione del movimento alla sua effettiva esecuzione: "*Subjects definitively distinguished the experience and time of awareness of wanting to move (W) not only from those of a skin sensation (S) but also from*

[78] Ibid. p. 638: "*The bias or error found in the S series did not qualitatively alter the difference between onset of RP and W, as determined in a given session for the same subject; in fact, they generally enlarged the differences*". Cfr. Libet (1985) in BBS, p. 534.
[79] Libet et al. (1983), in Brain, p. 639: "*Yet both modes produced values for W in the same range and were essentially indistinguishable. (This also held for reported timings in the M and S series)*". Cfr. Libet (1985) in BBS, p. 533.

*awareness of actually moving (M)*"[80].

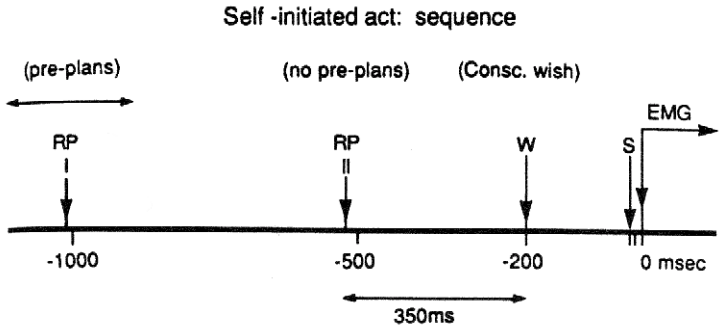


**Figura 4: diagramma della sequenza di eventi, cerebrali e soggettivi, (da Libet, 1999)**

Come abbiamo già detto in precedenza, accettare l'affidabilità del metodo introspettivo è un presupposto ineliminabile degli esperimenti di Libet: pensare di ricavare osservazioni dirette sull'esperienza soggettiva di fenomeni coscienti, utilizzando altri metodi vorrebbe dire, semplicemente, non raggiungere la coscienza/consapevolezza dei soggetti. Ma sulla 'scientificità' del metodo introspettivo, in generale e negli esperimenti di Libet, su cui si possono sollevare numerosi dubbi, torneremo in seguito, nei capitoli 6 e 7.

La conclusione, implicita, nei risultati dell'analisi temporale libettiana riportati finora, e anticipata nel titolo di questo capitolo, è che anche le azioni 'volontarie' che abbiamo sempre ritenuto di iniziare spontaneamente, in realtà, sarebbero il frutto di un'attività cerebrale *inconscia* che ha inizio ben prima dell'intenzione cosciente del soggetto di compiere l'azione stessa.

"*Put another way, the brain evidently 'decides' to initiate or, at the least, prepare to initiate the act at a time before there is any reportable subjective awareness that such a decision has taken place. It is concluded that cerebral initiation even of a spontaneous voluntary act, of the kind studied here, can and usually does*

[80] Libet et al. (1983), in Brain, p. 639.

*begin unconsciously*"[81].

## *3.2. Il nuovo ruolo del libero arbitrio*

Se la libertà di agire scaturisce da una fonte cerebrale del tutto inconscia, quale ruolo rimane al processo cosciente che la accompagna?
La scoperta di Libet sembra minare alla base la fede nell'esistenza del libero arbitrio: una volta dimostrata l'*antecedenza temporale* dell'attività cerebrale rispetto a quella conscia, mentale, la possibilità di un soggetto agente *libero* e consapevolmente autodeterminato sembra non poter più sussistere.

La proposta di Libet è quella di pensare il libero arbitrio in una veste del tutto nuova: un libero arbitrio decurtato della facoltà di dare inizio esso stesso ad una azione, eppure responsabile ultimo del compimento dell'azione stessa.
Quella che, nell'ipotesi di Libet, è la ragion d'essere della fase cosciente nei movimenti volontari, dunque, non è altro che una funzione di *controllo*: nei 200 ms in cui diviene cosciente di voler agire, l'uomo può esercitare il suo libero arbitrio, decidendo se compiere effettivamente l'azione o se vietarla.

La responsabilità morale dell'azione persisterebbe anche in questo cambio di prospettiva[82], perché rimarrebbe comunque una manciata di millisecondi in cui:

- prendere atto del desiderio o della più generica intenzione di agire;
- prendere atto di voler compiere l'azione/movimento con una certa urgenza[83];
- decidere consapevolmente se portare a compimento oppure no l'azione/movimento

[81] Ibid. p. 640.
[82] Libet (1985), in BBS, p. 537: "*I propose that conscious control can be exerted before the final motor outflow to select or control volitional outcome. The volitional process, initiated unconsciously, can either be consciously permitted to proceed to consummation in the motor act or be consciously 'vetoed'. In a veto, the later phase of cerebral motor processing would be blocked, so that actual activation of the motoneurons to the muscles would not occur*". Cfr. Libet et al. (1983),in Brain, p. 641.
[83] Per una distinzione tra generica intenzione di agire in un tempo futuro, intenzione di agire *ora* e *irrevocabile* decisione di agire ora, si veda G. Gomes (1999).

– dare il via, in caso di decisione favorevole, all'esecuzione motoria.

Ma Libet non sembra affatto preoccuparsi di simile sovrabbondanza di "decisione", anzi continua a produrre prove a sostegno della sua conclusione. Come ulteriore prova della sostenibilità della sua ipotesi sul libero arbitrio, infatti, Libet propone gli altri dati temporali ricavati dall'EEG e dall'EMG dei soggetti.
Il processo cerebrale che attiva in ultimo e più direttamente, la fase muscolare, è il cosiddetto "*final motor potential*", MP, che inizia da 50 a 10 msec prima del segnale elettromiografico. Perciò, anche tenendo conto del tempo necessario all'attivazione di quest'ultimo processo, alla coscienza rimarrebbero sempre circa 200-150 msec per bloccare, in caso necessario, l'azione.
Volendo considerare, infine, l'eventuale ruolo nel processo intenzionale di un altro potenziale, il *premotion positivity*, PMP, –ruolo ancora da chiarirsi-, il tempo concesso alla fase di controllo cosciente sarebbe comunque sufficiente, dal momento che il PMP compare tra i 90 e i 50 msec prima del segnale elettromiografico[84].
Altra fonte, ancora a sostegno dell'ipotesi di un "*conscious veto*", sono gli esperimenti sui movimenti vietati o "abortiti". Nell'impossibilità di studiare la spontanea decisione di vietare il proprio movimento, Libet e colleghi avevano chiesto ai loro 'volontari' di censurare l'intenzione di agire ad un tempo prestabilito: a circa 100-200 msec prima di un tempo convenuto[85]. Osservando i risultati elettroencefalografici, in questa serie di esperimenti il potenziale di preparazione non solo è ancora presente, ma presenta caratterisitche più simili al potenziale di preparazione di primo tipo. Diversamente dal potenziale di preparazione che precede un movimento effettivamente compiuto, però, il potenziale dei movimenti vietati, una volta raggiunta la massima negatività, cambia la sua forma a circa 150-250 msec prima del tempo convenuto per il movimento che doveva essere vietato[86].

[84] Cfr. Libet (1985), in BBS; p. 537.
[85] Si veda in proposito, il parag. 2.4.
[86] Libet (1985), in BBS, p. 538: "*The form of the 'veto' RP differed (in most but not all cases) from those 'preset' RPs that were followed by actual movements; the main negative potential tended to alter in direction (flattening or reversing) at about 150-250 msec before the preset time*".

Questa, secondo Libet, può considerarsi una prova dell'interferenza del processo cosciente sullo sviluppo finale del potenziale di preparazione.

Quindi, il potenziale di preparazione non può essere considerato il correlato neurale dell'intenzione o del desiderio –anche se non cosciente- di compiere un movimento, altrimenti, poco dopo un primo potenziale di preparazione che significa l'intenzione di compiere il movimento, dovrebbe manifestarsi un secondo potenziale di preparazione inteso a vietare o bloccare l'intenzione di compiere quello stesso movimento.

Libet propone anche un ruolo alternativo a quello di *conscious veto*, pe il libero arbitrio: quello di *conscious trigger*. L'inserimento del processo cosciente nella fase neurale già avviata potrebbe essere necessario per l'effettivo compimento del processo identificato con il potenziale di preparazione.
Niente vieta che il *conscious will* assuma entrambe le funzioni[87], anche se Libet sembra preferire il ruolo di *conscious veto.*
Dopotutto, le sue conclusioni, continua Libet, non sono incompatibili con l'idea classica di libera determinazione dell'agire[88]: la responsabilità morale delle proprie azioni è comunque salva, anche adottando la sua teoria. Anzi è in pieno accordo con una certa idea religiosa o psicologica dell'auto-controllo:
"*The concept of conscious veto or blockade of the motor performance of specific intentions to act is in general accord with certain religious and humanistic views of ethical behaviour and individual responsibility. 'Self control' of the acting out of one's intentions is commonly advocated…*"[89].

---

Cfr. Libet et al. (1983), in EEG and clin. Electr..
[87] cfr. Libet(1985), in BBS p. 538.
[88] Ibid. p. 538: "*The findings should therefore be taken not as being antagonistic to free will but rather as affecting the view of how free will might operate*".
[89] Ibid. p. 539. Cfr. Libet (1999), in Libet, Freeman & Sutherland, p. 54.

## *3.3. Una nuova teoria: the theory of Conscious Mental Field*

Dopo la *time-on theory*, Libet ha recentemente proposto una nuova teoria in cui tenta di dare soluzione al problema dell'unità della coscienza ed a quello della relazione tra la coscienza ed il cervello.

Secondo questa teoria, l'esperienza cosciente avrebbe le caratteristiche di un "campo mentale", che Libet chiama *Conscious Mental Field*. Affine per certi aspetti ad un campo magnetico e, tuttavia, non riducibile ad alcun processo fisico noto, questo 'campo mentale' avrebbe, per l'appunto, le medesime qualità che sembrano caratterizzare l'esperienza cosciente: l'unità e la capacità di influenzare o modificare l'attività neuronale.

Sebbene innegbilmente originato da una molteplice, ma adeguata attività neuronale -che comunque contribuisce ad alterarne in parte i processi-, il fenomeno del *mental field* appartiene, secondo Libet, ad una categoria fenomenologicamente indipendente, poiché non si tratta di un evento fisicamente descrivibile. Il *conscious mental field* non è riducibile ad un semplice processo neuronale, anche perché non vi è isomorfismo tra eventi neurali ed eventi mentali. Può essere invece considerato una proprietà *emergente* del sistema cerebrale, da cui, però, non può essere diviso come se fosse un'entità a sé stante[90].

Il modo in cui la volontà *cosciente* sembra agire nell'uomo –secondo i risultati degli esperimenti di Libet-, con la sua capacità di intervenire su processi cerebrali già attivati, può essere considerato un esempio del funzionamento di questo campo mentale[91].

Anche paragonata ad un particolare campo di forze, di natura mentale anziché fisica, la coscienza rimane comunque un fenomeno soggettivo ed in quanto tale accessibile solo al singolo individuo. Ancora una volta, quindi, il modo migliore,

---

[90] Libet (1996), in J. Theor. Biol., p. 223: "*The CMF would emerge as a function of appropriate neural activities in the brain; it would have the attribute of conscious subjective experience; it could act back on certain neural activities and therefore affect the behavioral outcome, as in a willed action; it would account for the unity of subjective experience even though the latter emerges from the myriad of activities of billions of nerve cells and their synaptic and non-synaptic interplays*"

[91] Cfr. Libet (1998), in Advances in Neurology, p. 216: "*The putative CMF capability would provide a basis for conscious modulation of some neuronal activities, i. e., for the operation of conscious will*".

l'unico attraverso il quale sia possibile indagare sulla coscienza e sui suoi prodotti, è chiedere direttamente ai soggetti un resoconto introspettivo.

In linea di principio, tuttavia, questa teoria del *conscious mental field* è, secondo Libet, una teoria empiricamente testabile[92]: isolando, chirurgicamente o attraverso l'uso di farmaci appositi, un'area corticale che si suppone coinvolta nella produzione di fenomeni mentali coscienti, ma mantenendo sufficienti legami con il resto del sistema nervoso perché rimanga 'viva' *in loco*. Eliminando momentaneamente tutte le connessioni con le altre aree, allora, si dovrebbe essere in grado di osservare una modificazione o alterazione del fenomeno cosciente connesso con l'attività dell'area selezionata.

Una prova simile non sarebbe più sostenibile nel caso di teorie della coscienza basate sull'ipotesi di una continua interazione e integrazione dell'informazione proveniente da più di un'area cerebrale soltanto, come, per esempio, la teoria recentemente proposta da Edelman & Tononi, di cui parleremo meglio nell'ultimo capitolo.

[92] Libet (1996), in J. Theor. Biol., p. 224: "*The important scientific challenge would be to produce experimental evidence for the proposed two-way interactions between a conscious field and the physical brain without attempting to answer why and how such interactions exist*". Cfr. Libet 1994.

# Parte seconda

# Capitolo 4 Gli indicatori fisiologici

Il primo metodo, tra quelli utilizzati da Libet nei suoi esperimenti, su cui concentreremo la nostra analisi sarà quello elettroencefalografico. Prima però, poiché nel descrivere il lavoro di Benjamin Libet e di altri neuroscienziati, si rende spesso necessario fare riferimento a specifici correlati neuroanatomici, forniremo qualche indicazione di carattere anche anatomico, sull'organizzazione cerebrale dei sistemi motori attivi durante l'esecuzione di un movimento volontario.

La brevissima nota che andiamo a proporre vuole essere una semplice introduzione alla neurofisiologia dei movimenti volontari e non ha alcuna pretesa di esaustività. Inoltre, non essendo certo sufficiente per comprendere la complessità e la ricchezza dei meccanismi che regolano questo tipo di movimento e il controllo del movimento in generale, consigliamo, a chi interessasse un approfondimento in tale direzione, almeno la lettura dei capitoli 35, 38, 40, 41 e 42 di E.R. Kandel, J.H. Schwartz, T.M. Jessell, *Principi di neuroscienze*.

## *4.1. Il Controllo Corticale dei Movimenti*

Le aree cerebrali che, in seguito a numerose ricerche[93], appaiono maggiormente coinvolte nel caso di azioni volontarie, sono la *corteccia motrice primaria* (area 4 di Brodmann, nel giro precentrale), le *aree premotorie* (area 6 di Brodmann, disposta anteriormente alla corteccia primaria) e la *corteccia parietale posteriore* (aree 5 e 7 di Brodmann). Si ritiene che ciascuna di queste aree possieda un'organizzazione *somatotopica*[94] e che contenga, quindi, una *mappa motoria* del

[93] Non essendo possibile, in questa sede, dare notizia anche di queste ricerche, se pure per accenni, rimandiamo alla lettura di testi quali: E.R. Kandel, J.H. Schwartz, T.M. Jessell (1994); D. Taraborelli (2000); Carpenter, *Fondamenti di Neuroanatomia*, SES(1995); Nieuwenhuys, R., Donkelaar, H.J.ten, Nicholson, C., *The Central Nervous System of Vertebrates* , 1998, Springer Verlag, Berlin.

[94] La somatotopia – ossia l'ordinata proiezione della periferia sui centri – è fenomeno assai diffuso e la si ritrova anche per le aree sensitive della corteccia cerebrale e per il cervelletto.

corpo. In questa mappa corticale, le parti del corpo finalizzate a movimenti di maggiore precisione o controllo hanno una rappresentazione più estesa.

Le aree premotorie sono principalmente due[95]: l'*area motrice supplementare* (detta anche *area motrice secondaria* o MII) e la *corteccia premotoria*.

L'*area motrice supplementare* si trova nella parte superiore e mediale del cervello, mentre la *corteccia premotoria* è disposta sulla superficie laterale del cervello.

In seguito alla stimolazione *clinica* di queste due aree, si è potuto constatare che dalle aree premotorie dipendono movimenti più complessi rispetto a quelli guidati dalla corteccia motrice primaria. Sembra, infatti, che la *programmazione*[96], piuttosto che l'esecuzione, di sequenze complesse di movimenti sia il compito svolto, essenzialmente, dall'area motrice supplementare: stimolando quest'area con treni di impulsi più intensi e di maggiore durata, rispetto a quelli solitamente applicati alla corteccia motrice primaria, si ottengono movimenti complessi, come la rotazione del corpo o l'apertura e la chiusura della mano. Spesso, inoltre, i movimenti sono bilaterali.

Altre informazioni, a conferma di questa ipotesi, derivano da studi neuropsicologici di lesioni delle aree premotorie e delle aree parietali posteriori: il danneggiamento di queste regioni cerebrali riduce la capacità di eseguire movimenti finalizzati, impedendo il formarsi di strategie adeguate ai movimenti da eseguire. Una sintomatologia propria, per esempio, dei pazienti aprassici[97].

Quanto maggiore è la complessità ed il grado di precisione richiesti dal movimento che si intende compiere, tanto più tempo sarà necessario per la preparazione del movimento stesso. In media, questo tempo può essere dell'ordine di varie centinaia di millisecondi. La risposta motoria, però, può richiedere maggior tempo di preparazione anche in relazione al processo di decisione della

[95] La ricerca neuroanatomica ha appurato l'esistenza di altre aree premotorie, tra cui quella disposta a livello del giro del cingolo. Di grande importanza, quest'area sembra possa fornire preziose informazioni sulla relazione tra *motivazione* e *pianificazione motoria*. Cfr. Kandel, J.H. Schwartz, T.M. Jessell (1994), p. 627. Per una trattazione aggiornata, cfr. Donoghue JP, Sanes JN., *Motor areas of the cerebral cortex*, J Clin Neurophysiol. 1994 Jul;11(4):382-96.

[96] Si veda, in proposito, P.E. Roland et al., 1980, *Supplementary motor area and other cortical areas in organization of voluntary movements in man*, in J. Neurophysiol. 43: 118-136.

[97] Kandel, Schwartz, Jessell (1994), cap. 40, p. 635.

strategia motoria più appropriata . Se si tratta di movimenti spontanei in risposta ad uno stimolo, per esempio, il periodo di latenza è minore quando il soggetto conosce in anticipo il tipo di stimolo e la risposta da dare. Se il numero degli stimoli cresce e ciascuno di essi richiede una risposta diversa, allora il tempo di reazione *di scelta* aumenta linearmente con l'aumentare del numero di possibili risposte. La necessità di una pianificazione del movimento più elaborata, crea una maggiore latenza**.**

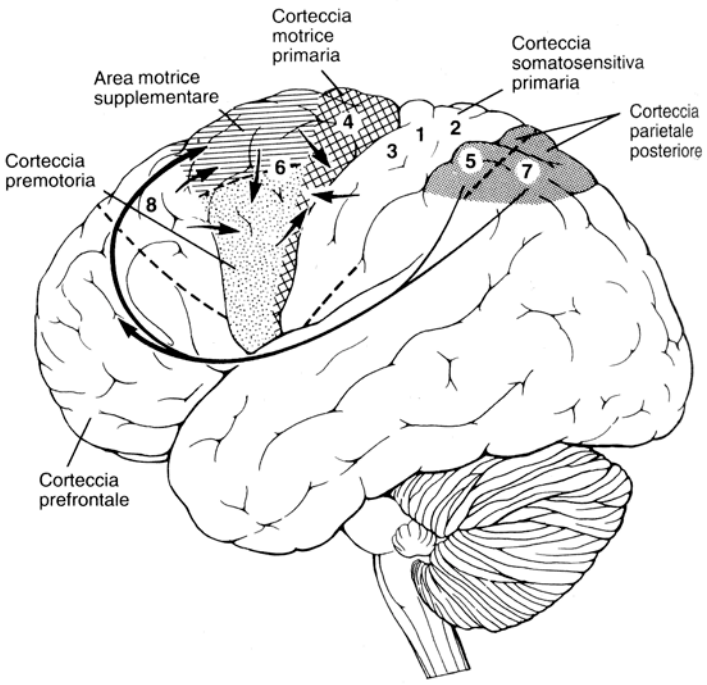


**Figura 5: disposizione delle principali aree cerebrali motorie. Le frecce evidenziano alcune connessioni cortico-corticali (da Kandel, Schwartz, Jessell, 1994).**

## *4.2. Elettroencefalografia: metodo e limiti*

Il ricorso all'elettroencefalografia negli esperimenti di Libet, è motivato dall'ipotesi secondo cui l'attività neuronale registrata mediante

elettroencefalogramma possa riflettere, in qualche modo, l'attività mentale relativa a prestazioni senso-motorie o cognitive.

Lo sviluppo di questa come di altre tecniche di *brain mapping* e di *brain imaging*, infatti, è dovuto anche alla convinzione che lo studio del funzionamento e dell'organizzazione delle aree cerebrali possa fornire un'indicazione indiretta dei processi mentali che *da* queste aree prendono vita.

Libet, tuttavia, ritiene che l'EEG sia il mezzo migliore[98] *–the best experimental tools available-* per studiare e distinguere, all'interno della complessa attività neurale, gli eventi maggiormente connessi alla produzione di esperienza cosciente[99]:

"*…regardless of where the relevant cerebral sites are located, can one identify unique, specific kinds of neuronal activities that elicit a conscious experience?*"[100]

Non tutti gli eventi neocorticali producono risposte coscienti, così come non tutte le tecniche sperimentali hanno caratteristiche tali da poter discriminare, tra i processi cerebrali, quelli più o meno coinvolti con fenomeni mentali coscienti. E riferendosi alle recenti tecniche di visualizzazione *in vivo* del cervello umano – rCBF, *regional cerebral blood flow*, PET, *positron emission tomography*, e MRI*, magnetic resonance imaging*-, Libet si dimostra scettico sull'utilizzo di queste tecniche in esperimenti che abbiano il medesimo proposito dei suoi e che, allo stesso tempo, non siano direttamente interessati ad una ricerca di stampo localizzazionista,

"*...what have or can such studies show us about the way cerebral activities are involved in conscious experience?*"

---

[98] Libet accenna, in seguito, -cfr. Libet (1996), in Velmans, p. 101- alla MEG come l'unica tecnica potenzialmente in grado di competere con l'EEG. Di fatto, però, non ha mai effettuato misurazioni MEG per verificare i risultati dei suoi esperimenti.

[99] Libet (1996), in Velmans, p. 101: "*The best experimental tools available for studies of this question have been electrophysiological, either recording the electrical changes manifested by neural activities or electrically stimulating neuronal groups so as to elicit or modify a conscious experience.*"

[100] Ivi. Ancora una volta, segnaliamo che l'intento di Libet non è quello di localizzare una particolare area del cervello a cui attribuire una specifica funzione mentale, cosciente o non cosciente, bensì di individuare un'unica proprietà o caratteristica sulla cui base sia possibile distinguere tra processi consci e processi inconsci, indipendentemente dall'area cerebrale da cui essi traggano origine.

Libet considera queste tecniche non adeguate, troppo limitate per la ricerca di un fattore determinante sulla cui base sia possibile distinguere quale tipo di processo cerebrale raggiunga la soglia della coscienza e quale ne rimanga, invece, al di sotto. Le obiezioni che avanza, più precisamente, sono le seguenti[101]:

- alcune di questi metodi misurano le variazioni del metabolismo cerebrale, ma un aumento del ritmo metabolico non è un indice chiaro ed incontrovertibile di quella specifica attività neuronale che si va ad indagare. La distinzione tra processo inibitorio e processo eccitatorio non è univocamente determinata e, inoltre, non si può escludere un'interferenza, nel metabolismo, dovuta alle sostanze da somministrare ai soggetti sottoposti a questi metodi di misurazione.
- Una tecnica come la PET, pur avendo una risoluzione spaziale sicuramente maggiore rispetto all'EEG, ha ancora una risoluzione temporale non adeguata alla misurazione di processi neuronali attivi nell'ordine dei millisecondi.
- L'impiego di tecniche quali PET e MRI è più indicato per la *localizzazione* delle aree cerebrali attive durante precise situazioni sperimentali, e non per il riconoscimento di *pattern* di attività neuronale che siano in specifica relazione con fenomeni mentali coscienti.

L'EEG, quindi, con un'elevata risoluzione temporale ed una buona risoluzione spaziale, è, secondo Libet, la tecnica più adeguata nell'indagine, al livello neurale, dei processi coscienti. Ricordando che, nella teoria libettiana, il fattore determinante di cui parlavamo sopra, è il tempo, ovvero la *durata* temporale del processo neurale, una simile scelta non stupisce. Tuttavia, quello che vorremmo sottolineare, è che proprio di una *scelta* si tratta, motivata soprattutto dalle conclusioni raggiunte nella prima parte della ricerca libettiana, quella relativa alla percezione cosciente di stimoli tattili. L'ipotesi che, risultati analoghi a questa prima fase di esperimenti potessero essere riscontrati anche nel caso di

[101] Libet (1996), in Velmans, p. 100-101.

esperimenti sul movimento volontario, era già presente in Libet fin dal principio, come abbiamo visto nel paragrafo 2.1.1. Il problema che si pone, allora, è quello di distinguere tra contesto della *scoperta* e contesto della *giustificazione* e, in questo caso, sembra proprio che la giustificazione abbia in qualche modo fagocitato la scoperta, compromettendone l'esito.

Visti questi presupposti, procederemo in maniera approfondita sulla tecnica elettroencefalografica, evidenziando man mano pregi e difetti del metodo, contemporaneamente mostrando, dunque, fino a che punto la fiducia di Libet possa considerarsi ben riposta.

Tramite l'elettroencefalografia è possibile registrare l'attività sincrona di svariate centinaia di migliaia di neuroni, una colonna corticale per esempio, senza dover ricorrere a metodi invasivi. Il tracciato EEG è la raffigurazione delle variazioni del potenziale elettrico che questi neuroni generano. Più precisamente, "*esso è una misura del flusso di corrente extracellulare generato dalla somma delle attività di un elevato numero di neuroni*"[102].

La registrazione avviene mediante elettrodi posti sullo scalpo in *loci* eletti secondo protocolli convenzionali**:** generalmente, i lobi frontali, parietali, occipitali e temporali. In circostanze particolari, possono venire applicati elettrodi anche in sede nasofaringea o sfenoidale, in corrispondenza delle regioni mediali dei lobi temporali.

La registrazione mediante l'EEG richiede necessariamente almeno due elettrodi: uno *attivo*, che è l'elettrodo posto al di sopra dell'area dove si ritiene si svolga l'attività neuronale di interesse, e un elettrodo *indifferente*, detto "di riferimento", disposto ad una distanza più o meno grande ripsetto a quello attivo. Le registrazioni misurano la differenza di potenziale elettrico (o *voltaggio*) che si crea tra i due elettrodi in concomitanza con l'attività neuronale sottostante.

Per registrazioni cliniche o diagnostiche, comunque, gli elettrodi impiegati sono numerosi, in relazione a più *loci* in esame, e la differenza di potenziale può essere misurata anche tra due o più elettrodi attivi.

[102] Kandel, Schwartz, Jessell, (1994), p. 792.

La tipica configurazione del tracciato EEG, il susseguirsi dei cosiddetti 'picchi', negativi e positivi, è dovuta alla continua variazione, sia in polarità che in ampiezza, dei voltaggi registrati.

L'elettroencefalografia è una tecnica che ha trovato largo impiego nello studio delle funzioni corticali di soggetti umani in differenti condizioni, sia normali che patologiche: per esempio, nello stato di veglia e di sonno, o, per fini diagnostici, in casi di epilessia, di coma, di schizofrenia e di altri gravi disturbi neuropsicologici. Infatti, pur non essendo una tecnica invasiva, l'EEG permette una misurazione piuttosto precisa del flusso di corrente ionica indotto dall'attività sinaptica: grazie ai progressi verificatisi negli ultimi dieci anni, con tecniche come la MEG[103] e l'EEG ad alta densità, è possibile ottenere valutazioni dell'attività cerebrale con una risoluzione temporale dell'ordine dei millisecondi.

Maggiori informazioni e maggiore precisione possono essere raggiunte con registrazioni extracellulari e/o intracellulari mediante l'utilizzo di microelettodi di metallo o micropipette di vetro su singole cellule *in vitro*. Entrambe le tecniche, però, vengono usate principalmente su preparati animali o cellule umane in coltura. Per quanto concerne l'uomo, tuttavia, oltre all'EEG, è possibile ottenere misurazioni dalla superficie corticale, durante interventi neurochirurgici, con la tecnica dell'*elettrocorticogramma*, EcoG.

Generalmente, le registrazioni EEG vengono effettuate su soggetti addormentati o svegli e posti a sedere in un ambiente tranquillo. Spesso vengono utilizzate per valutare l'attività cerebrale durante particolari stimolazioni sensoriali: presentazione di lampi di luce o di toni acustici, per esempio. In questo caso si parla di registrazione di *potenziale evocato sensoriale* o *potenziale evento correlato* (*event-related potential*). Il tempo di presentazione dello stimolo, nel tracciato, viene considerato il discrimine temporale degli avvenimenti cerebrali.

---

[103] **Magnetoencefalogramma, MEG**: registrazione dei campi magnetici del cervello generati dalle correnti elettriche delle cellule nervose. Attraverso una serie di rilevatori (*detectors*), è possibile localizzare con precisione la sorgente magnetica proveniente dal cervello e avere una stima della sua intensità.
L'MEG è spesso impiegato in combinazione con la tecnica elettroencefalografica, per misurazioni simultanee o per misurazioni effettuate con il medesimo paradigma sperimentale: i dati così ottenuti risultano essere molto più precisi rispetto all'impiego di una sola delle due tecniche.
E' una tecnica assolutamente non invasiva e priva di qualsiasi rischio per i pazienti.

Per ottenere una misurazione elettroencefalografica attendibile, sono necessarie numerose registrazioni per condizione: i segnali elettrici misurati, in genere, sono minimi, quindi difficilmente identificabili tramite un unico tracciato. Mentre in casi eclatanti come gli attacchi epilettici, i segnali evento-correlati sono facilmente individuabili, in situazioni meno estreme, come la percezione di uno specifico stimolo sensoriale o l'attivazione di un particolare procedimento cognitivo, i segnali evento-correlati sono così deboli che si confondono spesso con l'attività cerebrale di fondo, il 'rumore'. Nel 1937, Dawson riuscì a far fronte a questo inconveniente dimostrando che, se si sommavano i tracciati EEG connessi ad un unico stimolo -*stimulus-locked*- registrati durante la ripetuta presentazione dello stesso, diveniva possibile distinguere le componenti spazio-temporali del segnale elettroencefalografico relativo a quel particolare stimolo, riducendo significativamente l'interferenza dovuta al rumore di fondo.

Questo metodo viene impegato tutt'ora come tecnica standard per la riduzione del rumore nello studio di potenziali evento-correlati. Tuttavia, bisogna notare che questo procedimento –l'*averaging* dei tracciati EEG- poggia su una fondamentale quanto discutibile assunzione: e cioè, che il cervello mantenga, durante l'intera sequenza sperimentale, una condizione 'stazionaria', stabile e permanente, su cui la ripetuta esposizione ad uno stimolo o ad un compito non dovrebbe incidere. In realtà, questo non è generalmente vero, soprattutto nel caso in cui il soggetto sia sottoposto ad un numero elevato di prove: l'adattamento o l'abitudine alle condizioni sperimentali possono determinare dei cambiamenti nell'attività cerebrale che con l'*averaging technique* non vengono evidenziati[104].

Un altro ostacolo alla registrazione deriva, poi, dal fatto che oltre al cranio ed allo scalpo, ad attenuare l'ampiezza delle onde dell'EEG vi sono anche le meningi ed il liquido cerebrospinale, il che rappresenta un limite soprattutto per quanto riguarda la precisa individuazione dell'origine del segnale elettroencefalografico.

Gli indici raccolti di volta in volta, comunque, dopo un numero sufficiente di registrazioni, vengono sottoposti ad elaborazione statistica.

[104] Cfr. Baillet, S., Mosher, J.C., Leahy, R.M. (2001), p. 17. A questo riguardo, recentemente è stato proposto, come possibile soluzione, lo studio delle variazioni *inter-trial* per un numero limitato di prove oppure l'analisi di tracciati EEG 'grezzi', tracciati a cui non sia stata applicata l'*averaging technique*, (si vedano i riferimenti bibliografici 20 e 21 dell'articolo sopra citato).

Il problema che si pone, però, una volta registrati, elaborati ed interpretati i dati, è se essi corrispondano effettivamente alla particolare funzione che si desiderava indagare. Infatti, se meno problematica sembra essere la relazione tra attività cerebrale e capacità percettive, motorie o linguistiche, non è così per le funzioni mentali "alte", come quelle che possono riguardare la coscienza o le emozioni, per esempio. Non vi è alcuna garanzia che il tracciato EEG stia effettivamente 'trasmettendo' il processo mentale che con l'EEG si intende indagare.

Il metodo elettreoencefalografico è stato spesso usato, quando ancora non vi era la disponibilità di tecniche di *brain imaging* più funzionali, per ottenere mappature del cervello, per localizzare cioè, il più precisamente possibile, le aree cerebrali. Anche in questo caso, però, sorgono delle obiezioni: fino a che punto è attendibile la configurazione cerebrale inferita dai *pattern* ottenuti da registrazioni dallo scalpo?[105] Pur essendo una tecnica con un elevato potere di risoluzione temporale, per quanto concerne la risoluzione spaziale la sua affidabilità è ancora una questione controversa.

Ad integrare l'EEG con lo scopo di sopperire ai suoi deficit tecnico-sperimentali sono state sviluppate le nuove tecniche di *brain imaging*, come la *risonanza magnetica funzionale* (fMRI) e la *tomografia ad emissione di positroni* (PET), e le tecniche di misurazione neuromagnetica, come la *magnetoencefalografia* (MEG), e, recentemente, la cosiddetta tecnica dell'*optical imaging*, ovvero la *visualizzazione da parametri ottici*. Alcune di queste tecniche forniscono una risoluzione spaziale molto elevata: dopo gli ultimi sviluppi, si è potenzialmente in grado di effettuare misurazioni dell'ordine di poche centinaia di micron. Tuttavia, in questo caso è la risoluzione temporale a peggiorare: nel *brain imaging*, infatti, la risoluzione temporale è soltanto di circa 1 secondo.

Per ridurre i limiti spaziali della tecnica elettroencefalografica e quelli temporali delle tecniche di brain imaging, è ormai diffusa la consuetudine per cui, ogni volta che sia possibile, i ricercatori tendono a creare una rappresentazione *integrata* delle zone del cervello prese in esame. Nel tentativo di ottenere, cioè, immagini ad alta risoluzione *spazio-temporale*, i ricercatori utilizzano una modalità di

[105]Cfr. Pollatsek, A., Rayner, K. (1998).

registrazione multipla, in cui l'indagine dell'attività cerebrale è affidata a più di una tecnica soltanto.
Basandosi su fMRI e PET per la localizzazione dell'attività neuronale ed a EEG e MEG per il suo *timing*, l'integrazione multimodale può avvenire tramite la semplice giustapposizione dei dati provenienti dalle diverse modalità di registrazione, oppure attraveso una vera e propria analisi integrata, in cui una combinazione di tecniche viene impiegata sullo stesso soggetto durante l'esecuzione del medesimo compito[106].

Il limite più evidente della tecnica elettroencefalografica, dunque, è rappresentato da una insufficiente risoluzione spaziale nella registrazione degli eventi cerebrali, a cui sopperiscono ormai le moderne tecniche di brain imaging. Tuttavia, anche nel caso di operazioni di timing, per cui l'EEG sembrerebbe dare i migliori risultati, non si possono avere garanzie di certezza assoluta: i dati che si ottengono tramite misurazioni EEG sono frutto di un processo di media basato sul principio altamente problematico secondo il quale lo stato cerebrale (e mentale) del soggetto, durante l'intera serie di prove a cui viene necessariamente sottoposto, rimarrà sempre lo stesso. Ma questa specie di fissità nell'attività neurale sottoposta ad analisi non è che un presupposto, anche se finora indispensabile, dettato dalle esigenze di registrazione.

[106] Cfr. Dale, A.M., Halgren, E. (2001).

# Capitolo 5 Prime obiezioni

Nel tentativo di rendere perspicua la relazione tra intenzione cosciente e movimento volontario, Libet ha ideato un esperimento complesso in cui tecniche come l'elettroencefalogramma (EEG) e l'elettromiogramma (EMG) forniscono, nelle sue 'intenzioni', un possibile correlato bioelettrico dei *reports* introspettivi dei soggetti. Tuttavia, l'impiego di misure elettrofisiologiche riferite all'uso di protocolli verbali va soggetto a limiti di validità.

Nel capitolo precedente abbiamo rintracciato quelli che vengono generalmente considerati i limiti della tecnica elettroencefalografica, ed abbiamo accennato alle soluzioni che oggi si tenta di dare a questi stessi limiti attraverso l'uso incrociato di più tecniche per una medesima condizione sperimentale. È importante sottolineare, a questo punto, che Libet non ha mai effettuato altre misurazioni del potenziale di preparazione, oltre a quelle eseguite, nei suoi esperimenti degli anni '80, con l'EEG. Quindi, a fronte delle informazioni acquisite fino ad ora, una primissima obiezione all'esperimento libettiano riguarda proprio l'eccessiva sicurezza con cui Libet propone i suoi risultati (quelli legati alla manifestazione del potenziale di preparazione, in questo caso), ottenuti impiegando un'*unica* tecnica di registrazione che, comunque, ha dei limiti intrinsechi accertati.

Considereremo successivamente quali sono i risultati conseguibili oggi, anche nell'indagine sul potenziale di preparazione, con l'uso delle più moderne tecniche di brain imaging, invece che soltanto con la tecnica elettroencefalografica: nel paragrafo 5.3 forniremo un quadro della ricerca attuale sul sistema motorio, mentre nel capitolo 8 avremo modo di discutere le ultime ipotesi di Kornhuber e Deecke sul potenziale di preparazione. In entrambi i casi, sarà evidente il maggiore apporto di informazione che si può ottenere quando si faccia ricorso ad una modalità multipla di registrazione dei fenomeni cerebrali. Da questi contributi recenti emergerà, inoltre, l'importanza di una considerazione anche neuroanatomica dei fenomeni elettrofisiologici -diversamente da quanto pensato da Libet. L'ipotesi di una specializzazione funzionale delle aree da cui questi fenomeni potrebbero essere originati, infatti, sembra suggerire una realtà ben più

complessa di quanto si fosse pensato, anche nel caso del potenziale di preparazione.

In questo capitolo, invece, ci occuperemo di quelle che sono -o vengono considerate tali- le assunzioni di Libet in merito all'impiego del metodo elettroencefalografico nella ricerca delle basi neurali del movimento volontario e dell'intenzione cosciente di agire dei soggetti/agenti. Cercheremo, dunque, di rendere espliciti i presupposti che hanno portato Libet alla conclusione secondo cui, il potenziale di preparazione è l'espressione di un inizio inconscio delle azioni libere e spontanee nell'uomo.

Infine, daremo un rapido sguardo a quelle che sono le ricerche attuali sul sistema motorio, segnalando in particolar modo un esperimento attuale di P. Haggard e colleghi (2002), in cui l'indagine sull'azione volontaria è stata estesa anche alla percezione soggettiva delle conseguenze dell'azione, con risultati sorprendenti.

## *5.1. Assunzioni libettiane*

La conclusione, a cui Libet giunge, è che l'intenzione di agire nasca del tutto inconsapevolmente e che l'agente possa accedere *coscientemente* alla genesi delle proprie azioni solo in maniera limitata.

La nostra prima obiezione è rivolta proprio all'assunzione che sembra stare alla base della correlazione libettiana tra fenomeni cerebrali e fenomeni mentali: assunzione per cui, la variazione di potenziale identificata come *Bereitschaftspotential* sarebbe, al livello neurale, ciò che, al livello mentale, è l'insorgere del desiderio di compiere un movimento o, più generalmente, del desiderio di agire. Il potenziale di preparazione, cioè, sembra possa essere considerato il correlato elettrofisiologico della volontà di agire.

Insomma, sembra proprio che Libet, per sostenere la sua conclusione, abbia bisogno di fare alcune discutibili assunzioni:

- che intenzione di agire e programmazione/preparazione dell'azione siano, in realtà, la medesima cosa;
- che processo preparatorio e processo intenzionale siano, *al livello neurale*, lo stesso identico processo;

Oppure, alternativamente,

- che intenzione di agire e programmazione/preparazione dell'azione, sebbene disinti, siano, comunque, due eventi *contemporanei*;
- che il processo intenzionale e quello preparatorio siano due eventi *neuralmente* differenti, ma presenti *contemporaneamente*.

Una citazione da M. Jeannerod anticipa chiaramente la nostre personale posizione a riguardo:

"*L'idea che un'azione possa essere rappresentata a differenti livelli emerge anche dalla classica dicotomia fisiologica fra il progetto dell'azione, che concerne lo scopo e le conseguenze dell'azione stessa, e il programma dell'azione, che riguarda invece la scelta e l'esecuzione della linea di condotta necessaria a realizzare le varie fasi del progetto*"[107].

Se è concepibile una distinzione tra il "progetto" dell'azione ed il "programma" della stessa, ancora più plausibile è, secondo noi, la netta separazione tra *intenzione*, *volontà* o *desiderio* di agire e preparazione o pianificazione dell'azione. Filosoficamente, anche quest'unica distinzione racchiude in sé molteplici spunti di riflessione, ma scopo principale di questa tesi è indicare i possibli sentieri di una critica agli esperimenti di Libet, non di discutere fino in fondo uno soltanto di essi. Quindi rimandiamo ad altri lo sviluppo e la discussione approfondita di questo interessante dilemma filosofico.

Per quanto riguarda l'identificazione, al livello *neurale*, dei due processi, ci sentiamo di sottolineare che tutt'oggi non ne esiste prova alcuna: non avremmo bisogno di discuterne ancora, altrimenti. Una soluzione che potrebbe trovare maggiori sostenitori, invece, è quella relativa alla simultaneità di due eventi neuralmente differenti. Ed è anche la soluzione in base alla quale le conclusioni *temporali* di Libet potrebbero avere più senso. Ma, allora, ci sarebbe la necessità di trovare il fondamento fisiologico del processo intenzionale, di scoprire la

[107] Jeannerod (1990), p. 7.

differenza di potenziale che lo caratterizza e l'eventuale regione cerebrale da cui ha origine. I dati registrati da Libet, però, non forniscono alcun elemento che indichi l'esistenza di un fenomeno bioelettrico parallelo al potenziale di preparazione. Inoltre, applicando la teoria libettiana della durata neuronale per fenomeni coscienti ai due diversi processi –quello intenzionale e quello preparatorio-, dovremmo concludere che un soggetto agente raggiunga *simultaneamente* sia la consapevolezza dell'intenzione di agire sia la consapevolezza di stare organizzando l'azione che vuole compiere.

Per chiarire meglio questo punto della nostra argomentazione, faremo ricorso ad alcune delle osservazioni di Green & Gillet (1995) e di Gomes (1999), grazie alle quali potremo meglio sottolineare l'arbitrarietà dei principi guida in base a cui Libet ha proseguito nei suoi esperimenti.

Secondo Green e Gillet, la tesi libettiana è basata sull'ipotesi di una stretta corrispondenza tra eventi mentali ed eventi cerebrali, ("*a strict one-to-one identity thesis*"). È solo adottando questa ipotesi, che Libet può sensatamente parlare di un ordine temporale in cui le *cause* fisiche sembrano precedere le *cause* mentali di un movimento volontario –il potenziale di preparazione, cioè, *prima* dell'intenzione cosciente di agire. Infatti, solo nel caso in cui si istituisca una relazione di identità stretta tra singolo processo cerebrale e singolo processo mentale, sarebbe ragionevole, ed interessante, porsi il problema di quale, dei due processi, si verifichi per primo. Perché se si scoprisse, per esempio, che gli eventi mentali sono prodotti e determinati da eventi fisici (da *cause* fisiche), allora si dovrebbe concludere per una *sopravvenienza* degli eventi mentali su quelli fisici o, più semplicemente, per un epifenomenismo degli stati di coscienza in generale.
Allora, però, una volta privati gli stati mentali di qualsiasi potere causale, anche un fenomeno come il libero arbitrio diventerebbe del tutto irrilevante e le azioni non sarebbero più frutto dell'esercizio di una libera volontà, bensì il risultato di una serie di cause fisiche.
Ma i due autori non sono affatto d'accordo con Libet e rifiutano questo "*naive model of brain function in which activity proceeds from identifiable state to*

*identifiable state in such a way as to suggest that there might be brain events apt to correspond to the mental events…*".

Più avanti[108] presenteremo quelle che sono le critiche specifiche di Green e Gillet a questo modello, critiche dirette soprattutto al concetto di simultaneità di due eventi mentali -presupposto nell'esperimento di Libet- ed a quello di introspezione, relativamente ad una condizione sperimentale in cui si ricorra all'associazione tra eventi mentali ed eventi cerebrali. Per ora ci basta aver sottolineato, ancora una volta, l'esistenza di un'assunzione libettiana di fondo non condivisa da tutti e di cui, comunque, non vengono fornite prove concrete[109].

Continuiamo con alcune iniziali considerazioni di Gomes (1999).

Il rapporto tra libero arbitrio e potenziale di preparazione, nel più vasto problema dei rapporti tra mente e cervello, può essere esaminato, secondo Gomes, adottando due differenti prospettive: nella prima, il libero arbitrio potrebbe semplicemente essere una delle attività di un ipotetico *brain system* ed essere, quindi, concordemente ad una posizione materialista, il prodotto dell'attività di una delle strutture cerebrali. In questo caso, il potenziale di preparazione potrebbe essere visto come una delle espressioni del sistema cerebrale che costituisce comunqe un agente libero[110].

Nella seconda prospettiva, invece, il libero arbitrio viene considerato il frutto dell'attività di una mente *immateriale*. Conseguentemente ad una visione *dualista*, dunque, il libero agente non è più un *brain system*, ma è l'espressione della capacità della mente di agire sul cervello, affinchè il cervello esegua le azioni che essa decide.

È in questa seconda prospettiva che si pone il problema di un ordine temporale degli eventi, perché, se il potenziale di preparazione rappresenta l'attività cerebrale legata alla preparazione di un'azione volontaria, allora, si dovrebbe ipotizzare che la *causa* di questa attività cerebrale sia un *atto* mentale. Ma Libet

[108] Cfr. cap. 7.

[109] Tutt'oggi non c'è modo di dimostrare una così stretta corrispondenza tra processo mentale e processo neurale. Un'assunzione piuttosto forte, circa una corrispondenza *ipotizzata* tra singole aree cerebrali e specifici processi cognitivi, può essere vista alla base delle teorie localizzazioniste.

[110] Gomes si rifà, per l'enunciazione di questa prospettiva, a Crick F. (1994) *The Astonishing Hypothesis*, London: Simon & Schuster.

sostiene che il potenziale di preparazione è un evento cerebrale inconscio e che è precedente ad ogni intenzione *conscia* di agire.

Anche se l'agente non sembra rendersi affatto conto della distanza temporale tra i due eventi, quello cerebrale e quello mentale.

È a questo punto che Libet è costretto a modificare la consueta immagine del libero arbitrio, che da causa mentale delle azioni volontarie diviene funzione cosciente di *veto* delle stesse, ma solo dopo l'avvio dei processi cerebrali e comparendo soltanto nella fase *cosciente* del processo intenzionale.

Tutto questo, però, non basta a salvare Libet dall'accusa di *dualismo*[111]. Nella sua soluzione, infatti, il processo cosciente *appare,* ad un certo punto, in un contesto di preparazione al movimento già attivato dal processo cerebrale. Ma nessun processo cerebrale sembra essere richiesto per l'insorgere del fenomeno cosciente che comprende, problematicamente, sia la consapevolezza di voler agire che la possibilità di una censura dell'azione[112].

Danto (1985)[113] sottolinea, a questo proposito, alcune contraddizione interne all'ipotesi libettiana del ruolo che nell'azione volontaria avrebbe il processo cosciente:

- mentre l'evento mentale che costituisce la consapevolezza di agire (*l'intenzione* di agire, prima ancora della consapevolezza, diremmo noi) è messo in corrispondenza ad un processo cerebrale che è il potenziale di preparazione, l'evento mentale rappresentato dal *controllo cosciente* del libero arbitrio sull'azione, invece, non ha, secondo Libet, alcun correlato neurale;
- mentre nell'intenzione consapevole di agire si prospetta l'ipotesi di un dualismo *interagente*, nel fenomeno identificato come controllo cosciente sull'azione si dovrebbe ipotizzare un dualismo *non-interagente*.

Aggiungiamo noi,

[111] Cfr. Wood C. C. (1985), in Open Peer Commentary , Libet (1985), in BBS.
[112] È Libet stesso che sostiene l'assenza e la non-necessità di un processo cerebrale per il *conscious veto*, analogo a quello ipotizzato per l'ntenzione *non cosciente* di agire. Cfr. Libet (1985) in BBS.
[113] Danto A. C. (1985), Open Peer Commentary, Libet (1985), in BBS, pp. 540-1.

- mentre per quanto riguarda la nascita dell'intenzione di agire, Libet assume il primato della causa fisica su quella mentale, nel caso del controllo cosciente sarebbe la causa mentale ad avere ragione dello stato fisico.

Se la causa prima delle azioni volontarie è, dunque, una causa fisica e la causa mentale –intenzione e/o libero arbitrio-, avendo perso la sua essenziale funzione di *origine* dell'azione, si è trasformata in semplice operazione di controllo o veto, non sembra avere più alcun senso parlare di azione "intenzionale" o di libertà di agire. E coloro che volessero sostenere una visione deterministica anche per quanto concerne il comportamento umano, non solo relativamente al mondo naturale ed alle leggi fisiche, avrebbero facile gioco nel dimostrare l'inutilità del libero arbitrio. Se le ipotesi di Libet fossero *vere*.

Libet propone la sua *time-on theory* e la sua teoria dell'adeguatezza neuronale come spiegazione plausibile della nascita della *coscienza/consapevolezza*. Nel caso dei movimenti volontari, la presenza di una prolungata ed osservabile attività neuronale, riflessa nel potenziale di preparazione, significherebbe, dunque, che esistono alcuni meccanismi cerebrali predisposti alla creazione dell'intenzione di agire, la quale diviene cosciente solo dopo 300 msec circa dall'inizio del potenziale di preparazione. Secondo questa interpretazione, la consapevolezza si manifesterebbe, ad un certo punto, in un processo già avviato, come esito del superamento di una soglia temporale ed in qualità di processo mai originale, ma sempre e solo secondario, ulteriore. Quasi epifenomenico.

Sopravvennendo in maniera così slegata, ancorato al solo discrimine temporale, non è chiaro, però, in quale punto del processo intenzionale attecchirebbe l'elemento cosciente. E di che cosa diviene inizialmente cosciente il soggetto: di *stare per agire* o di *voler agire*?

Inoltre, non c'è modo di capire se il potenziale di preparazione rappresenti la fase inconscia della preparazione al movimento o la fase inconscia dell'intenzione di agire. I 350 msec di potenziale di preparazione che rimangono al di fuori della coscienza, potrebbero servire alla preparazione e all'elaborazione di una strategia di azione, oppure alla preparazione e all'elaborazione dell'*intenzione* di agire.

In base ai dati ed alle indicazioni fornite da Libet non ci sembra possibile distinguere in maniera chiara ed univoca le fasi del processo intenzionale riferite all'attività neuronale in esame.

### *5.1.1. Ancora sulla corrispondenza di un unico evento neurale con un preciso processo mentale: l'intenzione di agire.*

Secondo la definizione, molto generale, proposta da R. Gregory[114],
"*Il formarsi di un'**intenzione** implica una libera volontà e la capacità di scegliere tra varie opzioni*".
L'intenzione, oltre ad essere solitamente attribuita a tutti gli esseri dotati di mente, viene anche solitamente distinta dal più ampio concetto di "intenzionalità"[115] perché, pur essendo come quest'ultima, una caratteristica esclusiva degli stati mentali, non esprime semplicemente la proprietà caratteristica di uno stato mentale di "essere diretto a" o "avere" un oggetto, ma racchiude in sé anche l'idea per cui si *fa* qualcosa, si *agisce* –o si *vorrebbe* agire- deliberatamente, per arrivare a quell'oggetto.
Al tema dell'intenzione, dunque, sono saldamente legati i concetti di azione, di volontà e di libertà. Si tratta di concetti che rimandano vicendevolmente l'uno all'altro, la cui definizione non può essere data separatamente ed una volta per tutte. Inoltre, parlando di intenzione non si può prescindere dal parlare di altri problematici atteggiamenti mentali, come la credenza o il desiderio[116]. Un modo consueto per definire il concetto di intenzione, infatti, è quello di ricorrere al concetto di "*azione intenzionale*", ma per spiegare quale azione sia di tipo *intenzionale*, si deve fare appello ad un certo stato di credenze o all'esistenza di qualche desiderio, oppure alla relazione tra le due cose, in base a cui si possa ragionevolmente sostenere che un agente *vuole* compiere una particolare azione. Insomma, come l'intenzione, anche le credenze ed i desideri sono generalmente considerati "moventi" dell'azione. I rapporti tra questi concetti si complicano ulteriormente se aggiungiamo al quadro appena delineato, la previsione degli

[114] R. Gregory, (1991): voce "*intenzione*".
[115] Cfr. Guttenplan ed. (1994-1995); cfr. MIT Encyclpedia of the Cognitive Science (1999).
[116] Cfr. Guttenplan ed. (1994-1995) alle voci "*intention*" e "*intentionality*".

eventi, o delle conseguenze future connesse ad un'azione, di cui solitamente un agente deve tener conto già nella fase intenzionale. Si può plausibilmente sostenere che il futuro abbia un peso non trascurabile sulle decisioni del presente, quindi, che costituisca anch'esso un movente delle nostre azioni *intenzionali*.
Se aggiungiamo anche una considerazione etica dell'intenzione e dell'azione intenzionale, otteniamo che l'intenzione è anche ciò che rende un'azione imputabile del bene o del male, quindi, è ciò che fa del soggetto agente un soggetto moralmente responsabile. L'intenzione, è ciò che distingue un'azione da un semplice movimento privo di finalità o compiuto senza il concorso della volontà dell'agente. È sempre l'intenzione, ciò che viene comunemente indicato come la *causa* delle proprie azioni.

In questa sede non è possibile dar conto di tutte le argomentazioni, filosofiche e non, nate relativamente ai concetti che abbiamo menzionato. Ci accontenteremo, quindi, di una definizione intuitiva dei concetti che mano a mano incontreremo, concentrando invece l'attenzione sulla inadeguatezza delle assunzioni libettiane.
Questa rapida rassegna dei problemi legati al concetto di intenzione, per esempio, ci serve per sottolineare, ancora una volta, quanto sia stato arbitrario il procedimento libettiano secondo cui ad un particolare fenomeno bioelettrico si sarebbe dovuto associare un 'unico' specifico processo mentale: come distinguere, infatti, in una così vasta rete di motivi, credenze e previsioni, quale, ed in quale momento dell'elaborazione mentale, è più connesso al potenziale di preparazione?

Anche assumendo che l'intenzione di agire sia identificabile con un'unica fase di un certo processo mentale, la correlazione del *potenziale di preparazione* con un preciso evento rimane comunque problematica: il potenziale di preparazione, infatti potrebbe essere

- il correlato neurale della *preparazione fisiologica* ad un movimento,
- il correlato neurale della *volontà* di fare il movimento richiesto dallo sperimetatore,

- il correlato neurale dell'*essere consapevoli* di *volere/avere l'intenzione di* compiere il movimento richiesto dallo sperimentatore,
- il correlato neurale della *consapevolezza di essere sul punto di* compiere il movimento richiesto dallo sperimentatore.

Ma in definitiva, è Libet stesso ad ammette di non essere in grado di stabilire, con certezza, quale sia il ruolo, nel processo intenzionale, del potenziale di preparazione:
"*The precise role of the cerebral activity represented by the RP in the initiation of the voluntary process is yet to be determined*"[117].

### *5.1.2. Una differenza di potenziale per movimenti consci ed inconsci*

Keller ed Heckhausen (1990) sostengono che, dopo aver ripetuto gli esperimenti di Libet sui movimenti volontari, i loro risultati hanno dimostrato la presenza della differenza di potenziale, detta potenziale di preparazione, durante i 500 msec che precedevano l'esecuzione di movimenti spontanei *sia consci che inconsci*.
Di fronte a questa possibilità, la loro conseguente interpretazione -alternativa a quella di Libet-, è stata che le istruzioni date ai soggetti degli esperimenti di Libet, per cui veniva loro chiesto di focalizzare l'attenzione sulla *primissima* manifestazione del desiderio di fare un movimento, abbia portato, alla fine, alla percezione *conscia* di processi che normalmente sarebbero stati *inconsci*.

Questa interpretazione è stata ripresa, in seguito anche da Gomes (1998), che l'ha inserita a pieno titolo nel novero delle critiche a Libet. Ma Libet ha sempre ribadito la correttezza delle sue conclusioni, tutt'al più concedendo che si possa ipotizzare un difetto di *memoria* nei resoconti introspettivi dei soggetti, per cui ci sarebbe una fase del desiderio *conscio* che non sarebbe accessibile alla memoria:

[117] Libet (1985) in BBS, p. 535.

"*It might be argued that a non-recallable phase of a conscious urge exists, so that the reported time would apply only to a later, recallable phase of awareness*"[118].

Libet, ammette[119] di aver registrato il potenziale di preparazione anche durante movimenti che i soggetti avevano dichiarato essere movimenti inconsci, ma sostiene si tratti di potenziali di minor ampiezza, "*smaller*"[120].

Questa risposta ci sembra veramente molto debole e, inoltre, non è sufficiente ad invalidare l'interpretazione proposta da Keller ed Heckausen. Il dubbio rimane: l'incoraggiamento fornito ai soggetti "di cercare di essere più spontanei possibile", insieme all'esplicita richiesta di fare attenzione al primo manifestarsi del desiderio di fare un movimento, potrebbe, realisticamente, aver indotto i soggetti ad assumere un atteggiamento consapevole verso un tipo di movimento che altrimenti sarebbe stato eseguito in maniera del tutto inconscia.

Inoltre, dal momento che non si può escluderne la presenza anche in movimenti non consci, il ruolo del potenziale di preparazione, nell'operazione di svelamento della volontà di agire va ridefinito: dando luogo a movimenti spontanei di cui i soggetti possono anche non essere consapevoli, il potenziale di preparazione, allora, in che modo è collegato alla volontà di agire?

Se il potenziale di preparazione è presente anche nei movimenti inconsci, pur avendo, in questo caso, un'ampiezza minore rispetto al caso di movimenti volontari consci, non può più essere considerato, come Libet fa, il processo discriminante tra i due tipi di movimento. Evidentemente, invece, la differenza tra movimento conscio e movimento inconscio è dovuta all'intervento di altri fattori o processi determinanti. E l'ipotesi di un'*adeguata durata neuronale* necessaria all'insorgere di fenomeni mentali consci, potrebbe non essere più sufficiente a spiegare come si realizzi il passaggio da conscio ad inconscio[121].

---

[118] Libet (1985) in BBS, p. 535.
[119] Libet (2000), p. 8.
[120] Ibid., "*In our study (Libet et al., 1983), a relatively small number of the spontanteous acts were also unconsciously performed. ... Even so, we found that the RPs associated with such reports of unconscious acts were smaller than those without such reports. One might conclude that the unconscious acts in our study may have contributed little or nothing to the 40 trial averaged RPs.*"
[121] Cfr. Edelman & Tononi (2000).

## *5.2. Una classificazione dei movimenti*

Il movimento che Libet chiede di eseguire ai suoi soggetti è la flessione del dito indice o del polso destro. Un movimento piuttosto veloce, da quello che possiamo capire –gli aggettivi usati da Libet per definirlo sono *quick* ed *abrupt*[122]- , un'azione senza alcuna precisa finalità se non il movimento in sé.

La scelta di questo particolare movimento è stata dettata, probabilmente, dalla necessità di limitare al massimo le interferenze di componenti più complesse sul processo cerebrale evidenziato dal potenziale di preparazione. Inoltre, lo scopo di indagare la natura più o meno cosciente dell'intenzione ad agire, evidentemente, date le definizioni operative di movimento volontario e di *free will* adottate da Libet, si riteneva potesse essere ugualmente raggiunto anche in presenza di una semplice flessione del dito.

Prima di passare ad una discussione incentrata su queste 'definizioni operative', sarà oggetto di breve riflessione proprio la modalità di movimento scelta da Libet.

E' possibile tracciare, infatti, una generica distinzione tra i vari tipi di movimento che un uomo è in grado di eseguire. Qui di seguito presenteremo un comune schema di classificazione del movimento, attraverso cui, successivamente, svilupperemo l'ipotesi secondo cui, il movimento volontario scelto da Libet, non sarebbe, in realtà, il miglior termine di paragone per una discussione anche etica dell'agire umano.

Esistono, dunque, differenti modalità di movimento, descrivibili nel modo seguente[123]:

- I cosiddetti *riflessi*, movimenti involontari rapidi, eseguiti in risposta a particolari stimolazioni, sono tra i movimenti più semplici e caratterizzati da un grado di controllo volontario molto

[122] Libet et al. (1983), in Brain, p. 625.

[123] Questa suddivisione segue, essenzialmente, lo schema proposto da P.N. Johnson-Laird in *La mente e il computer*, p. 212. Informazioni maggiori e più approfondite in E.R. Kandel, J.H. Schwartz, T.M. Jessell, *Principi di Neuroscienze*, capp. 35, 38, 39, 40.

ridotto. A questa categoria appartengono, per esempio, il riflesso patellare ed il battito protettivo delle palpebre;

- I movimenti sequenziali, o attività motorie *ritmiche*, quali camminare o masticare, che dipendono da un programma innato ma possono essere modulati dal controllo volontario;
- Le capacità acquisite, come scrivere, suonare uno strumento etc., abilità motorie inizialmente scandite da un apprendimento cosciente, poi eseguite in maniera del tutto automatica, ma che, all'occorrenza, possono essere nuovamente formulate in maniera conscia;
- I movimenti volontari, che a loro volta si dividono in movimenti *balistici* rapidi, ossia movimenti veloci innescati da un comando volontario che attiva un programma largamente automatico, avviato il quale non vi è possibilità alcuna di correzione (per esempio, il movimento che facciamo per scacciare una mosca o per afferrare un oggetto che sta cadendo); e movimenti volontari *lenti*, che sono, invece, controllati consciamente e possono essere guidati da informazioni visive e tattili;
- Infine, ci sono i movimenti che sono una combinazione di entrambe le modalità volontarie: per esempio, la sequenza di movimenti – prima un movimento balistico, poi uno lento e controllato- attuata quando si vuole portare del cibo alla bocca.

In base alla descrizione fornitaci da Libet, noi crediamo ragionevole annoverare la rapida flessione del dito o del polso tra i movimenti balistici: movimenti brevi e veloci, anche detti movimenti del tipo 'tutto-o-niente', gli unici, tra le risposte motorie, a non essere normalmente influenzate dal *feedback* sensoriale[124].

La conclusione di Keller ed Heckausen, di cui abbiamo parlato più sopra, inoltre, potrebbe costituire un valido sostegno a questa interpretazione. In un movimento balistico, infatti, solo la fase iniziale del movimento –l'intenzione o il desiderio di

[124] Cfr. J.P.J. Pinel (1992), p. 299.

agire- è volontaria nel senso proprio del termine. La fase successiva, vista la rapidità richiesta per l'esecuzione, segue un automatismo acquisito in precedenza, non controllabile e, quindi, non accessibile ad un'analisi cosciente.

Un altro spunto di riflessione è ricavabile dall'affermazione Libet per cui il potenziale di preparazione avrebbe una durata minore per i movimenti spontanei, mentre nei movimenti *self-paced* raggiungerebbe quasi il secondo. Se, per esempio, il potenziale di preparazione riflettesse l'attività neuronale collegata alla volontà di compiere un movimento, allora la differenza di durata indicherebbe forse, paradossalmente, una più grande volontà di agire nei movimenti self-paced piuttosto che in quelli puramente spontanei.
Alla luce di quanto detto nella nostra breve nota neurofisiologica sul controllo corticale dei movimenti, sappiamo che gli studi condotti sull'area motrice supplementare ne hanno rivelato l'indispensabile ruolo nella *programmazione* dei movimenti. Sappiamo inoltre, che più è complicato e preciso il movimento che si vuole fare, più tempo è necessario a questa area cerebrale per "programmare" il movimento scelto. Dunque, potrebbe essere ragionevole supporre che la prolungata attività neuronale, dimostrata con il potenziale di preparazione, sia semplicemente dovuta proprio alla preparazione intrinseca del movimento –al calcolo delle coordinate spaziali, degli obbiettivi da raggiungere, e della modalità che il movimento dovrebbe seguire, per esempio. La differenza temporale tra movimenti spontanei e movimenti self-paced, potrebbe risiedere proprio nel fatto che questi ultimi sono programmati anticipatamente e sono combinati con qualche elemento di attesa.
Infine, è stato verificato che la stimolazione intensa e prolungata di questa area dà luogo a movimenti più complessi rispetto a gesti semplici o unilaterali[125], non è stata notata la possibilità che si tratti di movimenti più consci di altri.

[125] Cfr. Kandel, Schwartz, Jessell (1994), p. 626; p. 635.

## *5.3. Brain imaging e sistema motorio*[126]

Qui di seguito riportiamo brevemente alcuni dei risultati dell'attuale ricerca neurobiologica sul sistema motorio, non solo per dare notizia di come e con quali mezzi questa ricerca si sia evoluta rispetto ai tempi in cui Libet ha condotto i suoi esperimenti, ma anche per evidenziare la complessità e la precarietà dei risultati che tutt'oggi essa presenta, *grazie a* e *a casusa de*lla repentina evoluzione delle tecniche di analisi del cervello.
Nelle nostre intenzioni, il quadro ben più articolato fornitoci da questi studi, sul funzionamento del sistema motorio, è una critica indiretta alle sicure conclusioni di Libet. Una critica che colpisce trasversalmente le certezze libettiane circa l'organizzazione cerebrale e temporale dei movimenti volontari.

Grazie all'eccezionale sviluppo delle tecniche di *brain imaging*, è oggi possibile ottenere numerose informazioni sul sistema motorio, per quanto riguarda la sua natura strutturale e funzionale. Nella tecnologia di *imaging* non invasivo, infatti, sono comprese tecniche di imaging funzionale[127] *–fMRI (functional Magnetic Resonance Imaging)*, *PET (Positron Emission Tomography)*, *SPECT (Single-Photon Emission Computerized Tomography)*- e tecniche di imaging strutturale[128] *–diffusion tensor MRI*, *voxel-based morphometry*, *PET* e *SPECT* con componenti di *selective neuroreceptor imaging*- con le quali è possibile esaminare sia soggetti sani che patologici. In particolare, per quanto riguarda l'imaging funzionale –fMRI, principalmente-, l'aumento della risoluzione spaziale e temporale consente, oggi, la distinzione tra risposte neurovascolari in colonne corticali distanti solo 0,5

[126] Per questo paragrafo abbiamo preferito fare riferimento agli articoli di Rowe & Frackowiak (1999), di Deiber et al. (1999) e di Menon et al. (1998), invece di quelli presentati nella raccolta di Libet, Freeman & Sutherland (1999), perché estranei al contesto libettiano. Segnaliamo comunque, nella racolta suddetta, gli articoli di Ingvar, di Spence & Frith e di Schultz.
[127] Imaging **funzionale** (IF): è un imaging dinamico volto ad evidenziare le aree di attivazione corticale in base all'aumento distrettuale della perfusione (bolo paramegnetico di contrasto) della massa encefalica o del consumo di ossigeno (ossiemoglobina, desossiemoglobina) o di glucosio delle stesse aree in relazione a patologie o task in esame.
[128] Imaging **strutturale** (IS): imaging che consente una visualizzazione della situazione morfologica e strutturale *in situ* attraverso sezioni sagittali e coronali di aree cerebrali. Nel caso di patologie del SNC , l'IS mostra una elevata sensibilità alle variazioni della composizione tissutale che si ha per effetto di processi traumatici, ischemici o di altra natura.

mm l'una dall'altra o tra eventi neurali con appena 125 ms di *differenza*[129] nell'ordine temporale di apparizione. Come abbiamo già accennato[130], c'è, inoltre, la possibilità di integrare i dati ottenuti con le diverse tecniche: per esempio, accostando all'imaging funzionale altre tecniche di imaging o tecniche di intervento (come la stimolazione elettrica o la chirurgia)[131].
Applicati al sistema motorio, questi nuovi metodi di ricerca hanno portato all'ipotesi di una specializzazione regionale e di una integrazione funzionale all'interno del sistema stesso, evidenziando *patterns* di interazione tra molteplici aree cerebrali.

Con uno studio incrociato circa gli effetti di diversi tipi di movimento sull'attivazione delle aree motorie mediane (*mesial motor areas*), Deiber e colleghi[132] sono riusciti a mettere in relazione l'attività di singole aree cerebrali con particolari caratteristiche del movimento, proponendo, così, una probabile specializzazione funzionale delle aree motorie rispetto al tipo di movimento che viene eseguito.
Essi hanno considerato modalità diverse di movimento -per andamento, complessità e modo di inizio- e, utilizzando una speciale tecnica di brain imaging, la risonanza magnetica funzionale ad alta risoluzione, sono stati in grado di individuare alcuni possibili legami tra il tipo di movimento e l'attivazione delle quattro aree motorie che si ritiene siano generalmente coinvolte nel controllo dei movimenti –l'area motrice supplementare anteriore, *pre-SMA*; l'area motrice supplementare posteriore, *SMA proper* o *SMA*; la regione rostrale del cingolo, *RCZ*; la regione caudale del cingolo, *CCZ*.

[129] Menon e colleghi (1998) sono riusciti ad eseguire analisi di cronometria mentale anche con la tecnica di risonanza magnetica funzionale, adottando un procedimento simile a quello dei potenziali evocati. Essi hanno ancorato la registrazione temporale ad una sola delle risposte vascolari considerate in un esperimento, definendola un "marcatore" a cui è stato assegnato il tempo zero nella registrazione. Rispetto al marcatore, quindi, è stato loro possibile ricavare l'ordine temporale dell'attivazione delle aree del cervello interessate in un dato compito, semplicemente confrontando i tempi assoluti delle singole risposte emodinamiche. La differenza temporale che è stato possibile misurare con questo metodo -la differenza tra il tempo d'inizio della risposta marcatore ed il tempo d'inizio di altre risposte vascolari presenti durante l'esecuzione del compito-, in compiti visuo-motori, è pari ai 125 ms sopra riportati.
[130] Cfr. parag. 4.2 di questa tesi.
[131] Rowe & Frackowiak (1999) p. 728.
[132] Deiber et al. (1999).

Il confronto tra categorie di movimenti era ordinato nel modo seguente: movimenti *self-initiated* contro movimenti *externally triggered*, movimenti ripetitivi (*fixed*) contro movimenti sequenziali (*sequence*), movimenti veloci contro movimenti lenti.

Mentre i risultati dell'analisi descrittiva hanno rivelato che per ciascun tipo di movimento è riconoscibile una attività *bilaterale* di tutte le quattro aree motorie, quelli dell'analisi quantitativa hanno evidenziato specifiche differenze nell'attività delle singole aree, come a suggerire una sorta di distribuzione delle competenze in relazione al tipo di movimento che sta per essere eseguito. Per quanto riguarda la complessità del movimento, per esempio, una differenza nell'attività dell'area SMA, rispetto a quella delle altre aree motorie, sembra sia dovuta ad un maggiore coinvolgimento di quest'area nei movimenti sequenziali che non in quelli ripetitivi. Un aumento specifico dell'attività dell'area pre-SMA sembra invece indicare un ruolo predominante di quest'area nei movimenti veloci e spontanei (self-initiated), piuttosto che in quelli lenti ed esternamente indotti. Le aree che formano il cingolo anteriore, infine, mostrerebbero una notevole attività particolarmente durante i movimenti spontanei, anche se la parte caudale sembrerebbe invece più sensibile all'andamento (veloce versus lento) ed alla complessità del movimento.

La conclusione degli autori, dunque, è che sia plausibile, in base a questi risultati, l'ipotesi di una specializzazione funzionale delle aree motorie, non solo rispetto alla modalità di inizio di un movimento –se spontaneo oppure indotto-, ma anche rispetto alla complessità e all'andamento dello stesso.

L'indagine relativa alle operazioni ed alle funzioni proprie di queste aree *del* sistema motorio si è andata evolvendo, oltre che con l'ausilio di nuove elaborazioni di *modeling*, anche grazie all'introduzione di nuovi strumenti concettuali che rispecchiano i principi guida dell'indagine stessa. Un esempio di notevole rilevanza, in questo caso, è il concetto di *functional connectivity*[133], con cui si definiscono le correlazioni temporali rintracciabili nell'attività cerebrale

[133] Rowe & Frackowiak (1999) p. 730.

prodotta da eventi neurofisiologici spazialmente distanti. Sulla scorta di questo concetto, l'analisi funzionale prende in considerazione sia gli eventi neurofisiologici dovuti ad una diretta connessione tra le aree, sia quelli provocati dagli stessi input in un'altra regione cerebrale.

In soggetti normali, la connettività funzionale viene messa in evidenza con lo studio delle interazioni psicofisiologiche, per cui alle interazioni psicologiche – cioè quelle che dipendono dal contesto sperimentale o psicologico- si fa corrispondere un certo tipo di interazione neurofisiologica –il reciproco entrare in contatto di un'area con un'altra[134]. A questo livello di analisi, le tecniche di brain imaging sembrerebbero fornire un mezzo di verifica delle predizioni teoriche circa il funzionamento del sistema che si prende in considerazione.

Per quanto riguarda il sistema motorio, l'indagine funzionale ha portato ad interessanti conclusioni a proposito di un tema centrale della ricerca psicologica: la relazione, cioè, tra le azioni volontarie e la previsione delle loro conseguenze.

Per verificare l'ipotesi secondo cui ogni movimento volontario è accompagnato dalla previsione delle sue conseguenze, è stato eseguito un confronto tra il risultato comportamentale *previsto*, e supposto, e l'uscita comportamentale effettiva di un'azione. Da studi[135] effettuati su ripetute misurazioni PET e fMRI, si è giunti ad ipotizzare l'esistenza di meccanismi distinti che separatamente darebbero origine, gli uni all'intenzione di agire, gli altri alla previsione delle conseguenze delle proprie azioni:

"*Separate cortical and subcortical systems have been identified that respond to discrepancies between intended actions and the subsequent proprioceptive feedback, visual or auditory feedback or predicted consequences of action.*"[136]

Un esempio in questa direzione, è costituito dalla proposta di Blakemore e colleghi[137] di considerare il cervelletto come la regione cerebrale coinvolta nella previsione di specifiche modificazioni sensorie causate dai movimenti e come il

[134] Per una visione generale in proposito si veda anche Pollatsek & Rayner (1998), *Behavioral experimentation*, in W. Bechtel & G. Graham, *A companion to cognitive science*, Blackwell, pp. 352-370.
[135] Rowe & Frackowiak (1999) p. 731.
[136] Ibid.
[137] Blakemore, S.J., Wolpert, D.M., Frith, C.D. (1998), *Central cancellation of self produced tickle sensation*, in «Nat Neurosci» 1, pp. 635-640.

possibile inibitore della risposta corticale sensoriale alla stimolazione auto-generata.

All'imaging funzionale si è fatto ricorso anche per descrivere i cambiamenti nel tempo dell'attività dell'intero sistema motorio, riuscendo a misurare le reazioni del sistema presenti dopo una frazione di secondo o dopo intere settimane.
Nel tentativo di individuare una sequenza nell' attivazione cerebrale, durante le poche centinaia di millisecondi precedenti un movimento volontario *self-initiated* di un dito, Pedersen et al.[138] hanno usato una combinazione di PET e MEG: hanno sottoposto i soggetti a misurazioni separate di PET e MEG, in relazione allo stesso tipo di movimento, e ne hanno poi combinato i risultati, integrando le informazioni che provenivano da ciascuna delle due tecniche. In seguito a questa operazione, essi hanno proposto la seguente ripartizione: attivazione del giro frontale centrale da 900 a 250 msec prima del movimento; attivazione dell'SMA da 300 a 100 ms prima del movimento; attivazione della corteccia premotoria da 100 a 0 ms prima del movimento; attivazione della corteccia motoria primaria da 0 a 100 ms dopo il movimento[139].
La conclusione che questi dati suggeriscono, secondo gli autori di questa ricerca, è che il *readiness field*[140] sia molto più complesso in origine di quanto si fosse pensato precedentemente.

Usando unicamente l'fMRI, Menon e colleghi[141] hanno tentato la stessa impresa, ma avendo come oggetto azioni volontarie "*cued*", indotte.
Mettendo in relazione una variabile comportamentale, il tempo di reazione (RT) di alcuni compiti visuo-motori, con l'inizio delle risposte emodinamiche evocate

[138] Pedersen, J.R., Johannsen, P., Bak, C.K., Kofoed, B., Saermark, K., Gjedde, A. (1998), *Origin of human motor readiness field linked to left middle frontal gyrus by MEG and PET*, in «Neuroimage» 8, pp. 214-220.
[139] La MEG e la PET, in questo caso, erano applicate ai medesimi soggetti, con il medesimo paradigma, ma non allo stesso tempo. Inoltre questa prima sessione sperimentale ha interessato soltanto due soggetti così che, nonostante l'elevata probabilità, i risultati non possono essere ancora generalizzati.
[140] Il *readiness field* è il corrispettivo MEG del *readiness potential*.
[141] Menon, R.S., Luknowsky, D.C., Gati J.S. (1998), *Mental chronometry using latency-resolved functional MRI*, Proc Natl Acad Sci USA 95, pp. 10902-10907.

durante quegli stessi compiti, essi hanno scoperto che il tempo di reazione risultava significativamente collegato alla differenza temporale, nell'evocazione della risposta emodinamica, intercorrente tra attivazione della corteccia visiva primaria, V1, e attivazione dell'area motrice supplementare, SMA, mentre non sembrava avere alcuna relazione con la differenza temporale tra attivazione dell'area motrice supplementare e attivazione della corteccia motoria primaria, M1. Prendendo come riferimento temporale l'attivazione della corteccia visiva primaria in relazione alla presentazione dello stimolo visivo –considerando, cioè, la risposta emodinamica di quest'area come il "tempo zero" in base a cui confrontare i tempi delle risposte vascolari delle aree motorie-, essi hanno osservato che, nella risposta motoria allo stimolo visivo, la differenza temporale *intersoggettiva* tra attivazione dell'area SMA e attivazione dell'area MI si manteneva costante, mentre variava, linearmente ai tempi di reazione, la differenza temporale tra attivazione dell'area V1 e attivazione dell'area SMA.
L'ipotesi che Menon e colleghi hanno proposto, dunque, è che l'appropriata risposta motoria venga selezionata prima dell'attivazione dell'SMA e che la successiva esecuzione della risposta sia semplicemente automatica:
"*Given that the intersubject variation in SMA → M1 latency was constant (28 ± 11 ms), we can conclude that the variation in RT between subjects occurs in the pathway between V1 and the motor planning areas and not in the motor program execution subsequent to stimulus detection*".

### *5.3.1. Percepire le conseguenze dell'azione: Haggard et al. (2002)*

Haggard e colleghi hanno creato recentemente un nuovo esperimento attraverso cui fosse possibile indagare, ancora una volta, la consapevolezza soggettiva delle azioni in un soggetto umano. Essi hanno utilizzato il medesimo espediente di Libet per i resoconti introspettivi, il dispositivo a forma di orologio, ma hanno pensato bene di estendere la loro ricerca anche alla percezione consapevole dei soggetti delle conseguenze sensoriali del movimento che avevano eseguito (*action-effect mismatch*).

La considerazione da cui ha preso le mosse questo esperimento è che, per produrre la normale esperienza soggettiva, secondo cui l'intenzione di agire, il movimento del corpo e gli effetti prodotti dal movimento, sono ordinati in un flusso coerente di eventi, l'attività del sistema nervoso centrale, CNS, deve riuscire ad organizzare insieme una serie maggiore di eventi neurali, tra cui, per esempio, la preparazione motoria, l'attivazione di specifici comandi motori, o il recupero di informazioni dal feedback sensoriale innescato dal movimento stesso. La consapevolezza propria di un'azione intenzionale, dunque, deriverebbe dall'attività integrata di svariati processi neurali. Scopo dello studio di Haggard e colleghi, allora, è scoprire quanto più possibile sull meccanismo che tiene unita questa molteplice attività cerebrale e che dà luogo alla rappresentazione globale e coerente della catena intenzionale.

In questo esperimento, i soggetti sono stati sottoposti a due diversi gruppi di esperimenti, i cui risultati sono stati, in seguito, messi a confronto. In una prima serie, *single-event baseline conditions*, i soggetti dovevano giudicare, facendo riferimento al dispositivo orario posto di fronte ad essi[142], i tempi di inizio di quattro eventi considerati singolarmente:

1. nella *voluntary condition*, essi dovevano premere un tasto con il dito indice destro, in un tempo che essi sceglievano autonomamente, e dovevano riferire il tempo a cui era loro sembrato di aver eseguito il movimento;
2. nella *TMS-induced condition*, i soggetti dovevano giudicare il tempo in cui si era verificata una contrazione muscolare involontaria della mano destra, provocata dalla *stimolazione magnetica transcranica* della corteccia motoria;
3. nella *sham-TMS condition*, il tempo che i soggetti dovevano riportare era quella di un *click* sonoro provocato da uno stimolo magnetico transcranico applicato alla corteccia parietale sinistra, che non dava però luogo ad alcuna attività motoria;

[142] Dispositivo che aveva le stesse caratterisitche di quello dell'esperimento di Libet.

4. nella *auditory-stimulus condition*, infine, i soggetti dovevano prestare attenzione al tempo in cui percepivano un particolare segnale acustico[143].

Nella seconda serie, invece, *operant conditions*, il movimento volontario, la stimolazione magnetica transcranica alla corteccia motoria e quella "simulata" alla corteccia parietale sinistra erano seguiti, ciascuno, da un segnale acustico che ricorreva 250 ms dopo l'evento.
Dal confronto delle variazioni percettive, tra singoli eventi base e corrispondente condizione operativa, e tra i risultati delle tre diverse categorie operative, secondo Haggard e colleghi, è emersa la seguente situazione:

- una forte "attrazione percettiva" sembra instaurarsi tra effetto dell'azione volontaria e segnale acustico conseguente, per cui la consapevolezza dell'azione volontaria sarebbe ritardata nel tempo, verso l'esperienza del segnale acustico, mentre la consapevolezza di quest'ultimo sembrerebbe essere anticipata, verso il momento dell'azione;
- nel caso delle azioni indotte dalla stimolazione magnetica transcranica, invece, l'effetto sembra essere opposto: la consapevolezza del movimento involontario sembrerebbe spostarsi indietro nel tempo, allontanandosi dalla percezione del segnale acustico, la cui consapevolezza, invece, sarebbe in qualche modo ritardata;
- variazioni percettive minime, non significative, risulterebbero, infine, nella condizione operativa corrispondente alla *sham-TMS condition*.

[143] "*… a pure tone (1,000 Hz, 100 ms duration) over a luodspeaker*", Haggard et al. (2002), p. 385.

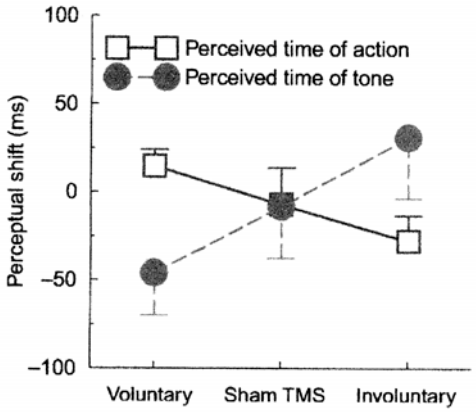


**Figura 6: *pattern* di variazioni percettive che mostrerebbero un *binding effect* per le azioni volontarie ma non per quelle indotte, (da Haggard et al. 2002).**

Un simile fenomeno potrebbe trovare una spiegazione, secondo gli autori, solo ipotizzando l'esistenza di una specifica funzione cognitiva del sistema nervoso centrale: un *active binding process*, cioè, attraverso cui le singole rappresentazioni coscienti, derivanti da un evento sensomotorio, siano legate l'una all'altra a formare un'esperienza cosciente coerente. Questo meccanismo di *binding* potrebbe, in realtà, essere un aspetto *cosciente* di un più vasto processo intenzionale, volto a segnalare anche le caratteristiche temporali delle rappresentazioni delle azioni e dei loro effetti[144].

Una seconda parte di questa ipotesi, molto interessante, riguarda, invece, l'aspetto propriamente *volontario* delle azioni. Secondo Haggard e colleghi, infatti, l'attrazione temporale, osservata tra la percezione del movimento eseguito s*pontaneamente* ed il suo effetto, e la reazione opposta, verificatasi nel caso di un movimento indotto, potrebbe essere il risultato di un'operazione mentale che discrimini attivamente tra gli eventi: quelli riferibili alla causalità propria dell'agente e quelli imposti all'agente dall'esterno.

[144] Haggard et al. (2002), p. 384: "*these results suggest that these perceptual shifts may be a conscious aspect of a general linkage through time between representations of actions and effects. Accordingly, we refer to this function as intentional binding*".

"*We speculate that our intentional binding effects reflect normal agency, whereas the experience of surprising mismatch may correspond to the perceptual repulsion that we observed for involuntary, TMS-induced movements*"[145].

[145] Ibid. p. 385.

# Capitolo 6 Analisi dei protocolli

"*A single verbal protocol is not an island to itself, but a link in a whole chain of evidence, stretching far into the past and the future, that gradually develops, molds, and modifies our scientific theories*"

*Ericsson & Simon (1993)*

In questo capitolo forniremo le basi per una considerazione epistemologica dei resoconti introspettivi nell'esperimento di Libet, utilizzando, come termine di paragone, il modello teorico proposto da A. K. Ericsson e H. A. Simon[146]. Sottolineeremo quelli che, in questo modello, sono considerati i requisiti fondametali di un resoconto verbale corretto e completo, anche descrivendo due esempi concreti dell'analisi dei protocolli eseguita secondo il metodo Ericsson & Simon.
Infine, enunceremo alcuni dei problemi che limitano, a loro volta, questo stesso modello.

## *6.1. Il ruolo dei protocolli nell' Information Processing Theory*

La base concettuale di cui questo studio si avvale, è rappresentata dalla teoria dell'elaborazione umana dell'informazione[147] -*Information Processing Theory*- i cui padri fondatori, verso la metà degli anni '50, sono stati A. Newell e H. A. Simon. I protocolli verbali vestono un ruolo fondamentale in questa teoria e la loro analisi può essere considerato un presupposto ineliminabile per la teoria stessa.

In questa teoria, la possibilità della simulazione del comportamento umano intelligente è basata sull'assunzione di un' "analogia operativa"[148] tra sistema intelligente umano –inteso come sistema di elaborazione e manipolazione di

[146] K. Anders Ericsson & Herbert A. Simon (1993), rev. edit.,Cambridge, MIT Press
[147] A. Newell & H. A. Simon, (1972), *Human Problem Solving*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
[148] Cordeschi (1984).

simboli e strutture simboliche- e programma per calcolatori digitali. I processi cognitivi a cui, ipoteticamente, un essere umano ricorre nell'elaborare un certo tipo di informazione, secondo questo teoria, possono essere tradotti in un linguaggio simbolico ed organizzati in un programma per calcolatore, "analogia", dunque, del comportamento cognitivo umano. In questa simulazione *non* vengono considerati né gli eventuali stati inconsci, né le componenti emotive che indubitabilmente accompagnano e interagiscono con l'attività conoscitiva di un essere umano.

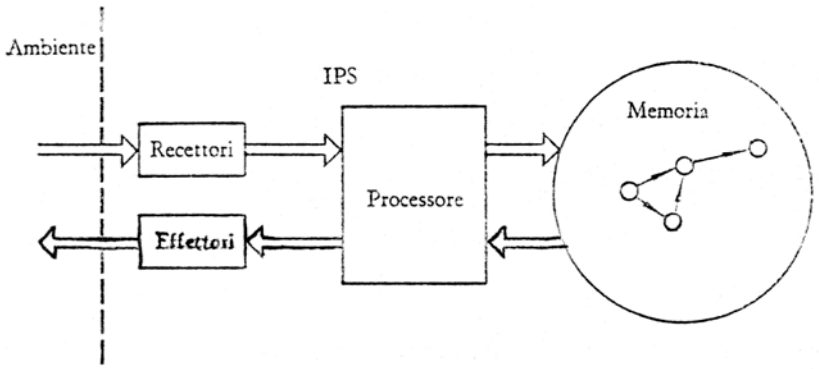


**Figura 7: schema generale degli elementi attivi nell'elaborazione dell'infromazione, (da Cordeschi, 1984)**

Il rapporto di simulazione viene realizzato, concretamente, attraverso l'implementazione dei programmi, elaborati in analogia con il comportamento umano, su calcolatori. Lo schema, molto generale, che viene proposto in questo particolare tentativo di simulazione è rappresentato nella figura 7, come si può vedere, l'elaborazione dell'informazione secondo il modello *IP*, è il risultato dell'interazione tra una coppia di dispositivi *effettori-recettori*, un *processore* ed un dispositivo di *memoria*. Nei termini usati da Cordeschi[149], questo schema concettuale del sistema di elaborazione dell'informazione, della teoria di Newell e Simon, può essere considerato il "genere" che comprende sia la "specie" del solutore umano che quella del solutore artificiale. Questa estrema generalità è

[149] Cordeschi (1984) pp. 347-348.

possibile solo non facendo alcuna assunzione sulle specifiche operazioni svolte nel e dal *processore*: secondo il modello *IP*, l'informazione viene recepita, elaborata ed immagazzinata nei differenti sistemi di memoria e da questi può essere richiamata per essere nuovamente elaborata e, quindi, trasmessa in forma di comportamento. Nessuna ipotesi di spiegazione regola l'ampio spazio riservato, nello schema, al *processore*: il processore opera su simboli o su strutture simboliche, le trasforma in quei contenuti di informazione che sono gli *input* e gli *output* dell'intera elaborazione mentale. Ma al di là delle uscite e degli ingressi, niente è dato sapere sulle eventuali regole che determinano la manipolazione di contenuti, pena, la perdita di generalità del sistema stesso. (Anche nel caso del solutore umano, nell'analisi dei protocolli di Ericsson e Simon, nessuna assunzione viene fatta in merito, come vedremo tra breve).

L'importanza dei protocolli verbali nella teoria *IP* è legata alla necessità di far maggiormente aderire lo schema concettuale generale per l'elaborazione dell'informazione alla realtà del solutore umano.

Per ovviare ad un'arbitraria generalizzazione del sistema, che avrebbe altrimenti minato il potere predittivo della tesi *IP*, si assume che ogni programma simuli il comportamento di un singolo individuo, non dell' "essere umano" in generale, o di una quantità di esseri umani sottoposta a medie statistiche[150].

Quindi: dato il modello iniziale, il programma; dato il caso particolare, il protocollo. La soluzione che lega queste due realtà in un rapporto di simulazione sempre più effettivo, secondo Newell e Simon, è individuabile in una progressiva e continua adattabilità del modello –del programma- al protocollo. Il programma, infatti, in una sorta di progressivo avvicinamento al contenuto del protocollo, può essere modificato in vista di una sempre maggiore aderenza all' 'originale'.

Il passaggio al livello dell'elaborazione dell'informazione, così come progettato da Newell e Simon, consentirebe, in questo senso, la produzione di modello *dinamici* di simulazione del comportamento umano. Attraverso il confronto con i dati empirici, con i protocolli dunque, i modelli *IP* possono essere continuamente 'migliorati', dal momento che la realtà umana, che la teoria tenta di riprodurre,

[150] Cordeschi (1984), p. 357: "*la conquista dell'esattezza nella simulazione del comportamento effettivo esige la rinuncia alla semplicità del caso ideale*".

non è definitivamente accolta in una struttura astorica di dati forniti dall'osservazione, ma contribuisce ogni volta alla riprogrammazione del modello. Si parla in questo caso, di "processo cumulativo" (*forward motion*), che tende a rinnovare la teoria dall'interno, automaticamente.

Il calcolatore è lo strumento di controllo della teoria. Attraverso l'implementazione del programma creato secondo i dettami *IP*, le discordanze con l'originale diventano evidenti e possono essere corrette, mentre le previsioni possono essere verificate. Il programma, riveduto e corretto (*revised version*), non è per questo definitivo, ma può essere, a sua volta, sottoposto a migliorie. Il confronto con il protocollo, infatti, innesca un processo retroattivo di controllo e costruzione del modello, che rende ogni programma continuamente perfettibile.

Concretamente, questa concezione trova applicazione nel metodo dell' "analisi del compito", ovvero *task analysis*[151], di cui, in vista di una considerazione critica dei protocolli adoperati da Libet nei suoi esperimenti, faremo un'esposizione piuttosto dettagliata.

### *6.1.1 Task Analysis*

Limitatamente ad un determinato compito -in relazione ad un campo prescelto: problemi aritmetici, compiti mnemonici, percezione di stimoli visivi, etc.-, il ricercatore che operi secondo il metodo *d*ell'*analisi del compito*, identifica quanti più possibili procedimenti un soggetto umano, compatibilmente con il suo bagaglio conoscitivo e con le proprie capacità di elaborazione dell'informazione, potrebbe impiegare nella risoluzione di quel particolare compito.

Ad ogni procedimento alternativo viene associata una differente sequenza di pensieri. Il confronto delle procedure ipotizzate con i dati empirici, raccolti durante l'effettiva risoluzione del compito da parte del soggetto, permette al ricercatore di scartare, mano a mano, i procedimenti non conformi alla prestazione umana, individuando, così, un'unica e accettabile sequenza di pensieri[152].

---

[151] K.A. Ericsson (1998), in W. Bechtel and Graham eds., pp. 427-8.

[152] Ericsson (1998), pp. 427-428; cfr. Ericsson & Simon, 1993, p. xv: "*The recorded verbalizations can then be encoded in categories defined a priori by the task analysis, and can be matched*

Punto fermo del metodo dell'*analisi del compito* è considerare i dati ricavabili dai resoconti verbali alla stregua di qualsiasi altro dato osservabile[153], in quanto generati anch'essi da specifici processi cognitivi. Solo accettando questa iniziale parificazione tra dati, infatti, il ricorso all'analisi introspettiva dei soggetti può divenire un metodo empiricamente controllabile e scientificamente informativo[154]. La questione della validità o attendibilità delle informazioni ricavabili dai resoconti verbali viene affrontata, da Ericsson e Simon, con un fondamentale capovolgimento di prospettiva: non si tratta più di sostenere la teoria dell'accesso privilegiato dei soggetti alla coscienza, quanto di provare la 'capacità', dei soggetti stessi, di generare un resoconto verbale dei processi cognitivi e delle strategie mentali messe in atto durante l'esecuzione di un particolare compito[155].

Vista l'importanza che il metodo introspettivo riveste negli espermenti di Libet, procederemo con una descrizione dettagliata dell'interpretazione che di questo metodo hanno dato Ericsson e Simon, mettendo in luce quelle che loro ritengono le pricipali caratteristiche ed i fondamentali requisiti di una corretta analisi dei protocolli.

Necessarie assunzioni del modello presentato da Ericsson e Simon, in accordo con il più generale modello *IP*, sono:

---

*against the alternative possible sequences of thoughts. Often all but one hypothesis will be rejected due to mismatches between observed (verbalized) thoughts and hypothesized thoughts*."

[153] Ericsson & Simon, (1993), p. 40: "*One of our major assertions is that verbal reports can be, and should be, understood in exactly the same way as we understand other kinds of responses*". Cfr. ibid., p. 8 e p. 60.

[154] Ericsson & Simon (1993), p. 9: "*Whether one can and should trust subjects' verbal reports is not a matter of faith but an empirical issue on a par with the issue of validating other types of behaviour, like eye fixations or motor behaviour*".

[155] Ibid. p. 7: "*The issue of the reliability of self-reports can (and, we think, should) be avoided entirely. The report 'X' need not be used to infer that X is true, but only that the subject was able to say 'X' –(i.e., had the information that enabled him to say 'X')*".

- la concezione per cui il pensiero umano può essere paragonato ad una "sequenza" di stati interni, modificata di volta in volta da una serie di processi di elaborazioni dell'informazione[156];
- l'adozione della convenzione[157] per cui l'informazione acquisita viene 'immagazzinata' in differenti memorie con differenti capacità e caratteristiche di accesso: la memoria "a breve termine", *short-term memory*, e la memoria "a lungo termine", *long-term memory*[158].

Ciò che questa teoria –trasformata in programma per simulazioni al calcolatore- *predice*, è che l'informazione reperibile dal soggetto, con maggiore probabilità di corrispondenza e di attendibilità, è quella a cui il soggetto ha prestato attenzione poco prima della verbalizzazione: vale a dire, quella ancora rintracciabile nella memoria a breve termine, oppure quella che , prima che venisse persa dalla memoria a breve termine, era passata nella memoria a lungo termine e vi era stata archiviata.

Di conseguenza, il tempo al quale avviene la verbalizzazione e la durata del compito stesso sono fattori decisivi, per riconoscere il tipo di memoria a cui il soggetto farà ricorso nel rintracciare l'informazione richiesta. Se al soggetto viene chiesto di dar conto dello svolgimento di un compito dopo un tempo piuttosto lungo o se il compito stesso richiede molto tempo e differenti passaggi, il resoconto che ne viene dato può non essere affidabile: in questi casi, infatti, l'informazione che viene fornita riflette più probabilmente delle inferenze del soggetto stesso, che non l'effettivo modo di procedere seguito durante il compito,

---

[156] Ibid. p. 11; cfr. K.A. Ericsson , 1998, p. 426: "*Aristotle's account of thinking as a sequence of thoughts has never been seriously challenged*."

[157] Ericsson & Simon, 1993, p. 13: "*We will use the conventional model of multiple memories in our description*". Nel descrivere le principali componenti dell'*information processing system*, i due autori specificano che, per quanto riguarda il modello che essi propongono, non fa alcuna differenza parlare di una singola ed omogenea memoria con differenti modi di attivazione o di distinti sistemi o riserve di memoria (*sensory stores, STM, LTM*), [cfr. ibid.].

[158] Ericsson & Simon, 1993, p. 11. Per una trattazione più estesa circa la distinzione tra memoria *a breve* e memoria *a lungo termine* si veda: H.L., Roediger III and L.M., Goff, *Memory*, in W. Bechtel & G. Graham eds., 1999, *A Companion to Cognitive Science*, Blackwell, pp. 250-264; MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences, Keil & Wilson eds.

perché il tempo trascorso ne rende lacunoso il ricordo. Un simile protocolloperciò, difficilmente sarà accurato e completo.

Per ottenere, allora, un resoconto attendibile e conforme alle capacità del soggetto, è necessario che:

- l'informazione richiesta sia o sia stata effettivamente oggetto di *attenzione* da parte del soggetto -il soggetto non può riferire su passaggi o prodotti del suo processo cognitivo a cui non abbia fatto in qualche modo attenzione;
- l'intervallo di tempo tra "occorrenza" di un pensiero e suo resoconto verbale sia più breve possibile;
- il tempo necessario alla risoluzione stessa del compito sia più breve possibile: latenza per risposta, meno di 5-10 secondi[159].

Ericsson e Simon ribadiscono continuamente che solo l'informazione a cui si è prestata attenzione viene affidata alla memoria ed è, quindi, riproducibile in un resoconto verbale. Per la nostra tesi, questo è un principio di fondamentale importanza: nell'esperimento di Libet i soggetti devono concentrare la loro attenzione su un evento esterno –il movimento del punto luminoso sullo schermo- e, *contemporaneamente*, sul proprio stato interno, in particolar modo, sul proprio desiderio cosciente di compiere il movimento del dito indice destro della mano. Il problema che solleveremo, anche sulla base di ciò che Ericsson e Simon ci indicano come riferibile correttamente in un resoconto verbale, riguarda, per l'appunto, la possibilità di fare attenzione a più di un evento in una volta sola.
Nell'analisi di Ericsson e Simon, però, non si parla solo di *attenzione*, come prerequisito di un adeguato recupero mnemonico dell'informazione: anche il termine *awareness* compare nell'enunciazione delle condizioni per un resoconto verbale affidabile. Ma *awareness*, in questo caso, non è traducibile immediatamente con "consapevolezza", perché si tratta, possiamo dire, di uno stadio anteriore al sentire con consapevolezza: *awareness* è, in realtà, l'essere

[159] K.A. Ericsson (1998), p. 431.

presenti al compito, l'essere vigili rivolti principalmente al compito da svolgere - una pre-condizione, in molti casi, dell'attenzione e della consapevolezza.

Forse sarà utile concederci, a questo punto, una digressione momentanea, per definire meglio il significato di *awareness* come stato di presenza vigile rispetto a quello di *awareness* come consapevolezza.

Per iniziare, useremo una prima distinzione proposta da Damasio nel suo libro *Emozione e coscienza*[160].

Spesso, dice Damasio, non solo non si distingue correttamente tra i seguenti termini, vigilanza (*alertness*), attivazione (*arousal*) e veglia (*wakefulness*), ma li si usa noncurantemente come sinonimi di attenzione (*attention*) e coscienza (*consciousness*). Lo stato di vigilanza, per esempio, viene spesso confuso con lo stato di veglia, mentre, in realtà, "*il termine* vigilanza *indica che il soggetto non soltanto è sveglio, ma è anche apparentemente incline a percepire e ad agire*"[161]. Essere vigile, quindi è una condizione a metà tra l'essere sveglio e l'essere attenti[162]. Il termine "attivazione", invece, si riferisce allo stato corporeo prodotto, in alcune particolari situazioni, dall'attivazione del sistema nervoso autonomo. Più comunemente, anche se in maniera imprecisa, si parla di *eccitazione*. Damasio fa notare che lo stato di attivazione può sussistere anche se non ci si trova in uno stato di veglia, di vigilanza o di piena coscienza: i cambiamenti corporei legati al sistema nervoso autonomo, infatti, possono presentarsi anche nel sonno o nel coma.

Parlando dei rapporti tra attenzione e coscienza, invece, Damasio propone una situazione di correlazione tra le due, in cui i differenti livelli o gradi di coscienza e attenzione si influenzano a vicenda. L'attenzione, rappresenta una condizione indispensabile alla nascita ed al mantenimento di stati coscienti: ad una totale mancanza di attenzione, infatti, come nei casi di sonnolenza o di stati confusionali, corrisponde la "dissoluzione della coscienza". La coscienza, tuttavia è anche in grado di indirizzare l'attenzione verso un punto focale.

---

[160] Damasio (2000) p. 118. in questo caso è stata utilizzata anche la versione inglese originale, (1999), p. 93.
[161] Damasio (2000), p. 118.
[162] Cfr. R. Gregory (1991), alla voce "vigilanza".

Questo ci porta alla distinzione tra un'attenzione *passiva*, in cui gli oggetti e gli stimoli esterni si impongono all'attenzione, ed una attiva, in cui il processo di selezione degli stimoli è attivamente indirizzato dall'interno[163].

Una nota importante, va comunque aggiunta: l'esistenza della coscienza, in Damasio, non dipende unicamente dalla capacità di concentrare, per un tempo adeguato, la propria attenzione su qualcosa, ma dipende anche, ampiamente, dal funzionamento dei sistemi di memoria, sia quello a breve che quello a lungo termine.

Torniamo al differente significato, in Ericsson e Simon, di "attenzione" e "presenza al compito".

Mentre lo stato di vigilanza di cui parla Damasio sembra indicare uno stato generico di "allerta", in Ericsson e Simon, questa condizione più generale, sotto il nome di *awareness* acquista una caratterizzazione tecnica ulteriore: è, potremmo dire, uno stato *disposizionale* del soggetto determinato dal compito, un stato di "vigilanza" fondamentalmente connesso all'esecuzione del compito. Sulla base di questo stato generale opera l'attenzione, focalizzandosi su specifici blocchi di informazione elaborati dal soggetto.

Va da sé che questa *awareness* non è ciò che Libet cerca di rintracciare nei suoi esperimenti. La "consapevolezza" di cui i soggetti dell'esperimento di Libet devono rendere conto, è una percezione cosciente di un certo stato interno di cose, a cui va aggiunta la costante auto-consapevolezza di fondo, grazie alla quale una determinata percezione cosciente è identificata come propria dal soggetto.

### *6.1.2. Tre diversi tipi di resoconto verbale*

Rispetto al modo in cui l'informazione, a cui si è atteso durante il compito, viene riprodotta dal soggetto, modo *direct* o *encoded*, la verbalizzazione può essere di tre tipi, o livelli[164]:

- verbalizzazione *concomitante* in cui al soggetto viene chiesto di "parlare" o "pensare, ad alta voce", (*talk aloud* e *think aloud*);

[163] Questa distinzione è comunemente riferita anche alle normali attività sensoriali.
[164] Ericsson & Simon (1993), pp. 16-20, pp.79-80; K.A. Ericsson (1998), p.428-9.

- verbalizzazione *retrospettiva* di primo tipo (*immediate retrospective reports*): al soggetto viene chiesto, immediatamente dopo il completamento del compito, un resoconto circa particolari passaggi della propria sequenza di pensieri, o dettagli percettivi, a cui ricorda di aver fatto attenzione durante l'esecuzione del compito;
- verbalizzazione *retrospettiva* di secondo tipo, in cui al soggetto può essere chiesto: di spiegare i propri pensieri, di fornire delle motivazioni per la procedura seguita, di descrivere le strategie adottate dopo l'esecuzione di numerosi tasks di una sessione sperimentale (*post-session reports*).

La validità dell'informazione riportata dipende dal tipo di *report* verbale che viene chiesto al soggetto. Adeguatamente all'apparato teorico ideato da Ericsson e Simon, i resoconti verbali che meglio sostengono la prova della completezza e dei possibili effetti della verbalizzazione[165], sono quelli concomitanti e quelli retrospettivi immediati. Per quanto possibile, comunque, i due autori consigliano il ricorso ad entrambe le modalità.

Quando ai soggetti viene chiesto di verbalizzare *concorrentemente* la propria sequenza di pensieri, vale a dire contemporaneamente all'esecuzione del compito, l'informazione focalizzata dall'attenzione viene esplicitata vocalmente e direttamente. I soggetti non devono ricorrere ad una analisi dei loro processi, ma semplicemente verbalizzano la sequenza di pensieri man mano che la pensano. In questo caso è molto difficile che un soggetto riesca volontariamente a modificare o falsare la propria risposta, e l'unico effetto evidente del processo di verbalizzazione sulla prestazione, è un tempo leggermente più lungo rispetto all'esecuzione silenziosa del compito: un ritardo unicamente dovuto alla necessità di 'dare voce' ai pensieri[166] e non ad un cambiamento nella sequenza cognitiva.

[165] Cfr. Ericsson & Simon (1993), capp. 2 e 3.
[166] Il confronto ed il controllo dei tempi necessari all'esecuzione del compito, rispetto ai tempi previsti ed a quelli effettivamente impiegati dal soggetto, si ottiene, spesso, attraverso l'analisi di

Nella prospettiva computazionale dell'*information processing theory*, i processi cognitivi a cui un soggetto ricorre durante lo svolgimento di un compito, possono essere paragonati ad una sequenza di stati: una sequenza di piccoli concentrati o blocchi di informazione, disponibili per la memoria a breve termine, ciascuno dei quali rappresenta l'*output* del processo che ha operato sul blocco precedente e l'*input* del processo che produrrà il blocco successivo[167].

Seguendo questa ipotesi, dunque, il soggetto si trova in uno stato di attenzione *vigile* (il soggetto è *aware*, nella terminologia dei due autori), spesso soltanto in relazione a questi *input* e *output* e non al processo intero. È attraverso di queste tracce informative che il soggetto riesce a "guadagnare l'accesso" alla memoria a lungo termine. Perciò, anche nel caso in cui il ricercatore chieda al soggetto la produzione di resoconti retrospettivi immediati, il soggetto sarà ugualmente in grado di richiamare alla mente quelle stesse informazioni elaborate nell'ormai concluso processo cognitivo: qualora non fossero più disponibili per la memoria a breve termine, infatti, rimarrebbe comunque possibile il ricorso alla memoria a lungo termine[168]. Sebbene non vi sia una corrispondenza stretta, tra la sequenza di pensieri e ciò che viene verbalizzato[169], anche in questo caso, la struttura dei processi cognitivi attuati non viene modificata da possibili interferenze con il processo di verbalizzazione.

Accanto ai processi specificamente legati alla memoria e all'elaborazione dei contenuti informativi, troviamo, dunque, l'essenziale elemento dell'attenzione.

---

altri osservabili indicatori di pensiero, per esempio: latenze di risposta, movimenti degli occhi, indicatori fisiologici (GSR, EEG).

[167] Per una descrizione più dettagliata della formula computazionale per resoconti verbali: Ericsson & Simon (1993), cap. 6. Inoltre, cfr. ibid. p. 119: "*We deliberately omit further description of the process that creates these input-output relations because, from the viewpoint of attention and consciousness, this process is opaque and its intermediate states are not reportable*".

[168] Condizioni ulteriori per un corretto uso dei resoconti verbali: accertarsi che il soggetto abbia capito bene la natura del task e che finalizzi i suoi sforzi innanzitutto alla risoluzione dello stesso, considerando l'operazione di verbalizzazione come secondaria; ridurre quanto più possibile l'interazione sociale tra sperimentatore e soggetto.

[169] K.A. Ericsson (1998), p. 430.

E' l'attenzione la chiave d'accesso ai sistemi operativi della memoria ed è ancora, conseguentemente, l'attenzione il requisito fondamentale che deve essere soddisfatto se si desidera ottenere un protocollo attendibile,veritiero e completo.
Un protocollo, dunque, sarà inevitabilmente *incompleto* se l'informazione richiesta al soggetto non è stata oggetto di attenzione da parte di quest'ultimo o se si tratta di un'informazione che non può, in ogni modo, essere oggetto di attenzione[170].
A questo proposito, un caso molto comune è quello di protocolli in cui non si tenga conto del pericolo *automatismo*: acquistando familiarità con il compito, il soggetto può velocizzare la propria prestazione, rendendone l'esecuzione automatica in buona parte. In questo caso, pochi -o nessuno- degli stati intermedi dell'intero processo saranno ancora disponibili per la memoria a breve termine e, quindi, non sono disponibili per un resoconto verbale[171].
*"STM would symbolize the process only down to some modest level of detail (corresponding to elementary processes of a second or two in duration), and we would not expect to find information there about simple, automated processes (e.g., the processes of retrieval from LTM or recognition processes), much less about neuronal events."*[172].

Un altro esempio di protocollo incompleto si riferisce ai *perceptual-motor tasks* ed ai compiti che richiedono la verbalizzazione di *visual encodings*[173]. Anche in questo tipo di esperimenti, la richiesta di un resoconto verbale non avrà esito valido, poiché al soggetto viene chiesto il recupero di informazioni normalmente non disponibili in forma di codifica verbale. La deviazione dall'optimum dei resoconti concomitanti o retrospettivi immediati è inerente, in questo caso, proprio al tipo di compito e non alle istruzioni date dal ricercatore.

---

[170] Ericsson & Simon (1993), p. 130: "*A strict interpretation of our model argues that the subject only knows what cues and task information he heeded just prior to heeding the retrieved structure*".
[171] Ericsson & Simon (1993), p. 15 ; p. 23; pp. 126-129. A p. 106: "*Although we hypothesize that attention is necessary for learning or changing cognitive structures, it is no longer necessary when the same cognitive process has been executed many times*".
[172] Ibid., p. 14.
[173] Ibid., pp. 92-100; p. 106; pp. 129-130.

"*In manipulative tasks there is a relatively high frequency of higher-level evaluations of unverbalized solutions attempts […] and of verbalizations denoting attention to control processes […]. When engaged in perceptual-motor manipulation, the subject does not appear to be aware of, and does not verbalize, the lower-level content or structure of his thought processes.*"[174]
In questi task, il soggetto non può *strutturalmente* riferire sui processi sottostanti al comportamento.

Se un protocollo è completo solo quando il soggetto *può* ed *ha* effettivamente fatto attenzione al tipo di informazione necessaria a risolvere il compito affidatogli dal ricercatore, allora c'è ancora un altro caso in cui non vi è possibilità di protocolli completi. O meglio, nella prospettiva *IP*, probabilmente non vi è possibilità alcuna di ottenere un protocollo. Si tratta dei protocolli riguardanti processi o contenuti *inconsci*:
"*An important problem arises in using verbal reports as data: the processes underlying behavior may be unconscious and thus not accessible for verbal reporting, or at least may be reportable only very completely*"[175].
Tutto ciò che non è stato oggetto di attenzione per un sufficiente periodo di tempo non può essere memorizzato. Tutto ciò che non può essere memorizzato non può essere *appreso*. Quindi, si apprende solo ciò a cui si è dedicata una sufficiente quantità di attenzione.
Il soggetto ricorda, del proprio processo di elaborazione dell'informazione, solo quei passaggi o quei contenuti informativi focalizzati effettivamente attraverso un sufficiente grado di presenza al compito, in modo che quegli stessi contenuti informativi potessero essere ancorati per un tempo sufficiente nella memoria a breve termine, dopo di che, inviati al sistema di memoria a lungo termine e, quindi, recuperati dall'attenzione:
*"... if and only if information is heeded in STM for a sufficient interval of time will it be stored (and indexed) in LTM. Attention (in a sufficient amount) provides the necessary and sufficient condition for learning. This hypothesis implies that*

[174] Ibid., p. 92 e pp. 243-244.
[175] Ibid., p. 109.

*learning does not occur without* ***awareness****, and that the information available in LTM is a subset of the information that, at some earlier time or times, was held in STM*"[176].

E ancora una volta, gli autori ammettono di non poter spiegare attraverso quali processi, secondo quali criteri si giunga ad una selezione e all'attenzione verso alcuni stimoli o alla loro memorizzazione[177].

Un'interessante dichiarazione programmatica dei due autori può servire a chiarire maggiormente la loro posizione riguardo al problema di ciò che è *coscientemente* accessibile ad un soggetto:

"*Most of the evidence for 'unconscious' processing comes from interviews and post-experimental questioning of subjects. These investigators rarely concern themselves with the cognitive processes by which subjects generate their answers. Although few investigators explicitly claim that their subjects have 'direct privileged' access to relevant information about past thoughts and behavior, such a general view can be inferred from the investigators' claim that the lack of reportable information by the subjects implies 'unconscious' processing.* ***We reject any special mechanism associated with questions about one's consciousness and argue that answers to these types of questions are mediated by the same type of cognitive processes responsible for all other types of cognition.***"[178]

Per quanto riguarda il problema di quella che possiamo chiamare la *correttezza* dei protocolli, invece, i due autori affermano che l'attendibilità e l'accuratezza dei resoconti verbali è pericolosamente compromessa ogni qual volta ai soggetti venga chiesto di 'spiegare' la propria sequenza di pensieri o di descriverla dettagliatamente, oppure quando, insieme alle istruzioni minime per eseguire il compito, ai soggetti venga in realtà detto anche *come* procedere nella

[176] Ibid. p. 116. Un'altra interessante conclusione deducibile da queste righe, è che l'attenzione sembra essere la componente necessaria e sufficiente per poter procedere alla memorizzazione di qualsiasi contenuto informativo.
[177] Ibid.
[178] Ibid., p. xlix.

verbalizzazione. In questi casi, la struttura cognitiva dei processi ,attuati o attuabili da parte del soggetto, viene irrimediabilmente modificata.
La richiesta di motivazioni (*why questions*) o di ipotesi, per esempio, induce i soggetti ad una ricerca di informazioni ulteriori rispetto a quelle a cui essi avevano realmente atteso durante il compito e alla produzione di un'attività cognitiva aggiuntiva, che influenza ed ostacola il recupero della procedura utilizzata.
Analogamente, se ai soggetti viene chiesto di ricordare, dopo lungo tempo o dopo aver risolto numerosi e differenti tasks in una sessione, le proprie sequenze di pensieri: un intervallo di tempo troppo lungo rende il ricordo più incerto ed i soggetti cercheranno di inferire i loro pensieri, anziché rintracciarli nella loro memoria. Solo nel caso dell'applicazione di un'unica generale strategia di risoluzione dei tasks, i soggetti dovrebbero essere in grado di fornire informazioni attendibili. Ma tipicamente, le strategie adottate cambiano spesso, soprattutto grazie a processi di apprendimento[179].

### *6.1.3. Due esempi di analisi del compito*

Un esempio di *task analysis* ricorrente nella formulazione del modello teorico presentato da Ericsson e Simon, è l'analisi rivolta ad una operazione matematica: la moltiplicazione[180]. Ad un soggetto viene chiesto di moltiplicare mentalmente due numeri dati e di verbalizzare, concorrentemente, la strategia adottata, esplicitandone i passaggi. Il protocollo registrato viene, poi, confrontato con le strategie di soluzione ipotizzate dal ricercatore indipendentemente dall'esecuzione del medesimo compito da parte del soggetto.
Questo, il procedimento da adottare, secondo gli autori:

[179] Ericsson & Simon, (1993), p. 131.
[180] Ericsson (1998), p.427 e p. 429; Ericsson & Simon (1993), p. xiii, p. xv, p. 14.

1. ponendo che si tratti di moltiplicare 36 x 24, in una prima fase il ricercatore ha individuato *a priori* -ha previsto- alcune delle strategie risolutive che un soggetto umano, dotato di una minima conoscenza matematica, potrebbe adottare:
    - un modo potrebbe essere quello di moltiplicare prima 4 x 36 e poi aggiungervi il risultato ottenuto da 20 x 36;
    - oppure, riconoscendo che 24 x 36 è equivalente a (30 - 6) x (30 + 6), un altro percorso da seguire potrebbe essere quello di applicare la formula $(a + b) \times (a - b) = a^2 - b^2$ e quindi calcolare 36 x 24 come $30^2 - 6^2 = 900 - 36 = 864$;
    - un altro percorso ancora, potrebbe essere quello di riconoscere il prodotto di 36 x 24 come il prodotto di $(3 \times 12) \times (2 \times 12) = 6 \times 12^2 = 6 \times 144 = 864$, ecc.
2. In una seconda fase, il ricercatore registra il comportamento 'verbale' del soggetto durante l'esecuzione del compito –il protocollo. Non ha alcuna importanza se il materiale raccolto sembra non avere molto senso: scopo della verbalizzazione è riflettere i processi di elaborazione mentale così come avvengono, nella loro massima *spontaneità*.
3. Nella fase finale dell'analisi del compito, il ricercatore procede al confronto del protocollo con il modello di comportamento previsto o ipotizzato: l'evidenza empirica prodotta dal protocollo ne costituisce la principale verifica. Tra le tante ipotesi formulate per poter *interpretare* il comportamento intelligente del soggetto, ne viene, quindi, scelta una: quella che sembra meglio simulare la sequenza di pensieri attuata dal soggetto durante il compito

Chiedere al soggetto di 'pensare ad alta voce' mentre esegue la moltiplicazione, secondo Ericsson e Simon, dà la possibilità al ricercatore di osservare il modo in cui egli procede *effettivamente* durante il compito e di confrontare, in seguito, gli indizi presenti nel protocollo verbale con i differenti processi di risoluzione ipotizzati in partenza.

Come abbiamo visto, secondo Ericsson e Simon è l'informazione che si trova di volta in volta al centro dell'attenzione del soggetto che viene vocalizzata. Questo vuol dire che l'informazione verbalizzata rappresenta o l'informazione momentaneamente trattenuta nella memoria a breve termine o quella rievocata dalla memoria a lungo termine – "*the chunks they had stored in LTM*"[181] – in quanto necessaria alla soluzione del problema (o compito). Nel caso della moltiplicazione, per esempio, l' informazione a cui si attende, 'a breve termine', può essere un numero, un prodotto o il procedimento che si vuole immediatamente eseguire, mentre l'informazione recuperata dalla memoria a lungo termine può essere il richiamo alle tavole di moltiplicazione o ad una particolare formula matematica.

Il breve commento di Ericsson, Chase e Simon ad un articolo di Ralph Norman Haber sulla immaginazione eidetica[182] -*eidetic imagery*-, ci fornisce un ulteriore e più interessante esempio di come concretamente operi il metodo del task analysis. In questo caso, diversamente dalla semplice richiesta di moltiplicare due numeri, gli autori intervengono direttamente su risultati e conclusioni teoriche già tracciate, ottenute sulla base di misure sperimentali estranee al contesto dell'*information processing theory*, quindi, non confrontate con alcun tipo di programma simulativo precedentemente elaborato. Descriveremo, allora, sia l'esperimento attuato da Haber che la critica dei tre commentatori.
L'*eidetic imagery* può essere definita come la capacità, propria di pochi individui -per lo più bambini tra i 6 e i 12 anni-, di 'vedere' una figura, o un qualsiasi stimolo visivo, dopo una breve presentazione, anche quando essa non sia più fisicamente presente e disponibile alla vista. L'immagine che ne prende il posto persiste per pochi secondi, fintanto che il soggetto eidetico sotiene di poter 'vedere', presente alla sua mente come se l'avesse ancora davanti agli occhi, lo stimolo visivo accessibile fino a poco tempo prima. L'*eidetiker* sembra, perciò, in grado di riferire sul contenuto figurativo -non solo informativo- di un'immagine vista e non più presente, anche riuscendo ad ispezionarla in dettaglio, non

[181] Ericsson & Simon (1993), p. 14.
[182] R.N.Haber (1979) in BBS.

basandosi semplicemente sul ricordo, ma sulla persistente *ricezione* visiva dell'immagine.

L'esperimento ideato per cogliere questa particolare facoltà consiste nel presentare al soggetto delle tavole illustrate, raffiguranti differenti scene, collocate su di un cavalletto a 20 pollici di distanza dal soggetto preso in esame. La base di appoggio delle tavole, di un colore neutro, misura 30x24 pollici, rispettivamente larghezza e altezza. Al soggetto viene chiesto di guardare attentamente l'immagine presentata non focalizzandosi su di un unico punto, ma cercando di ispezionarla quanto più possibile, visualizzando bene il maggior numero di dettagli. La tavola rimane a disposizione del soggetto per 30 secondi, dopo di che viene rimossa. Il soggetto non deve seguire quest'ultimo movimento, ma rimanere concentrato sullo sfondo dove prima campeggiava l'immagine. Se il soggetto sostiene di poter ancora vedere l'immagine, gli viene chiesto che cosa riesce a vedere in particolare. Per accertarsi che il soggetto riesca effettivamente a vedere ancora la scena precedentemente proposta, il ricercatore può fare domande sul contenuto in essa raffigurato e su particolari o dettagli relativi alla diposizione spaziale della scena.

Un indizio di notevole rilevanza, infatti, nel determinare l'eideticità di un soggetto, riguarda il movimento degli occhi. Il soggetto eidetico, mentre descrive l'immagine non più presente, scorre con lo sguardo lo spazio dove prima era l'immagine, soffermandosi *effettivamente* con gli occhi nei punti in cui si trovava un particolare di cui deve riferire. In alcuni casi di elevata abilità, l'eidetiker è addirittura in grado di 'lavorare' con l'immagine: per esempio, è in grado di cambiare l'orientamento di un cubo di Necker o di comporre in un'unica immagine due immagini complementari, presentate una di seguito all'altra.

La percezione eidetica si interrompe, generalmente, non appena il soggetto sbatte le palpebre: allora l'immagine non è più visivamente disponibile al soggetto, che può proseguire nella sua descrizione solo ricorrendo alla memoria.

Sostenendo la necessità di distinguere i casi di *eidetic imagery* dal fenomeno dell'*afterimage* e dalla memoria fotografica, Haber crede sia possibile proporre,

sulla base della sua ricerca decennale, sette[183] differenti requisiti come validi criteri di identificazione del soggetto eidetico, soddisfatti i quali, vi è un'elevata possibilità di trovarsi di fronte ad un eidetiker:

1. il soggetto dice di vedere un'immagine;
2. l'immagine si trova di fronte ai suoi occhi, sul piano da cui proveniva lo stimolo precedentemente visionato;
3. la persistenza dell'immagine è considerevole, specialmente se paragonata all'effetto *afterimage* prodotto da stimoli simili;
4. il soggetto usa il verbo al tempo presente per descrivere la sua immagine, mentre usa il tempo passato per descrivere, ricorrendo alla memoria, quelle parti che non vede più o che non ha proprio visto durante la presentazione dello stimolo;
5. il soggetto può far scorrere lo sguardo sullo stimolo mentre lo ispeziona;
6. il soggetto è in grado di far scorrere lo sguardo sulla sua immagine: per esempio, guarda verso il lato sinistro della superficie quando descrive il lato sinistro dell'immagine;
7. il soggetto dimostra un'accuratezza, nel descrivere i dettagli, maggiore e migliore rispetto a quanto ci si aspetterebbe se riferisse in base ad un semplice ricordo.

I primi tre criteri sono detti criteri "fenomenologici": dipendono cioè dall'accettare come fatto che il soggetto *vede* ciò di cui sta riferendo. Gli altri criteri, invece, vengono considerati 'operazioni convergenti' volte ad aumentare la fiducia nelle descrizioni fenomenologiche. Il criterio relativo all'uso del tempo presente, per esempio, ha una particolare rilevanza nell'interpretazione di Haber, "*is a powerful one*"[184], in quanto avvalora la distinzione tra percezione corrente e memoria di una precedente percezione.

Il tentativo di Haber di dare fondamento all'*eidetic imagery* consiste nel riuscire ad evidenziarne le caratteristiche propriamente visive. Dimostrare che queste

[183] Ibid. p. 587.
[184] Ibid. p. 588.

caratteristiche rendono l'immaginazione eidetica paragonabile ad un normale processo visivo, equivarrebbe alla possibilità di una efficace distinzione del resoconto eidetico dalla semplice inferenza mnemonica. Tuttavia, la contrapposizione a cui ricorrere principalmente, non è quella di contenuto visivo contrapposto a contenuto di memoria, quanto quella di contenuto visivo contro contenuto non-visivo. I criteri 5 e 6 evidenziano chiaramente questa tendenza. Nonostante tutto, il processo in atto nei resoconti di soggetti eidetici, pur essendo di natura visiva, è un processo che avviene in assenza dello stimolo fisico, è un ricordo:

"*by definition, reports of imagery are memories; they require some maintenance of a representation of information that outlasts stimulation*"[185].

La conclusione di Haber è che l'eideticità del ricordo, riscontrata in alcuni soggetti, possa essere spiegata ipotizzando l'esistenza, in quei soggetti soltanto, di due distinti modi di elaborare e recuperare gli stimoli visivi: "*a visual mode*", che crea direttamente un'immagine visiva, e "*a verbal rehearsal mode*", probabilmente un'acquisizione dell'informazione visiva in formato proposizionale, anziché analogico.

L'analisi[186] che Ericsson, Chase e Simon fanno di questo tipo di esperimento procede secondo il modello che abbiamo poco sopra delineato. Ericsson e Simon avevano stabilito principi di validità per resoconti verbali di processi cognitivi già nel 1978[187] e quello che viene ribadito ancora una volta, anche in questo caso, è che i resoconti verbali devono essere considerati alla stregua di qualsiasi altro tipo di dati: qualunque modello che sia in grado di riprodurli, e di riprodurre il loro contenuto, quindi, è legittimo. La veridicità dei resoconti, inoltre, è una questione che deve essere rimandata ad una precisa analisi del compito a cui è stato sottoposto il soggetto: è il *task analysis* che ne proverà l'affidabilità, non la fiducia nell'onestà del soggetto stesso.

---

[185] Ibid. p. 588.
[186] Ericsson, Chase , Simon (1979) in BBS, 2, p. 601-2.
[187] Ericsson, K.A. and Simon, H.A. (1978), *Retrospective verbal reports as data*, C.I.P. working paper n. 388; (1979), *Thinking aloud protocols as data: effect of verbalization*, C.I.P. working paper n. 397.

"*If we want to use verbal reports as data in support of some proposed cognitive mechanism, we need to propose an explicit model for how the verbalized information is generated by accessing this mechanism. Second, we need to show that alternative hypotheses for how the subjects generate their verbal reports without this mechanism are not plausible given the recorded verbal reports.*"[188]

Il 'meccanismo cognitivo' a cui ricorrere fa perno sul grado di attenzione che il soggetto ha dedicato alle informazioni su cui deve riferire: solo l'informazione a cui si è realmente atteso, è direttamente accessibile e disponibile per un'ulteriore codifica verbale. I resoconti non validi sono 'invariabilmente' quelli in cui il soggetto è indotto a fare inferenze o a dare motivazioni per il proprio comportamento: in questo caso il soggetto ricava l'informazione necessaria da una forma di conoscenza generale e non direttamente dalla traccia mnemonica lasciata dal processo cognitivo impiegato.

Operando con questo tipo di strumenti concettuali sull'esperimento di Haber, la prima domanda che gli autori si pongono riguarda, inevitabilmente, la possibilità che i soggetti interrogati stessero o meno riferendo di un certo tipo di informazione visiva precedentemente focalizzata:

"*...in the composite picture test (fig. 6), do eidetic subjects actually 'see' a composite image of a face directly, or do they 'figure it out'? Are people classified as eidetic on the basis of their visual imagery processes, or on the basis of thier ability to make the appropriate inferences?*"

Distinguere l'immaginazione eidetica da una buona capacità di memoria, sembra dunque dipendere, nel caso di Haber, più dal tipo di istruzioni e domande elaborate dai ricercatori che non da una certa ed evidente facoltà propria a pochi soggetti. I risultati conseguiti da Haber nei suoi esperimenti, secondo Ericsson e Simon, potrebbero essere spiegati ricorrendo ad altre ipotesi e non solo grazie all'esistenza di una distinta memoria eidetica. Per esempio, le domande poste potrebbero avere in qualche modo influenzato (*biased*) il contenuto dei reports, potrebbero non essere, cioè, domande scevre da presupposizioni: generalmente, un soggetto eidetico non è 'spontaneamente' consapevole della propria abilità

[188] Ericsson, Chase , Simon (1979), p. 601.

eidetica. Il fenomeno dell'*eidetic imagery* potrebbe, quindi, non essere un fenomeno autentico:

"*…we cannot rule out the possibility that reports were generated without access to a phenomenological experience.*"

Sulla base delle risposte dei soggetti, sulla base di quale e di quanta informazione viene riportata, Haber sostiene di poter discriminare tra soggetti eidetici e non eidetici. Ma anche su questo, Ericsson Chase e Simon non sono d'accordo: le affermazioni e i dati riscontrati da Haber non sono sufficienti ad eliminare la possibilità di altre interpretazioni. Il criterio relativo al differente uso del tempo verbale, a seconda che l'informazione sia eidetica o inferita dalla memoria, non basta di per sé a spiegare né a garantire, ancora una volta, l'esistenza di una distinta memoria eidetica. Ci sono altri modelli, più "coerenti" del modello elaborato da Haber, che forniscono spiegazioni accettabili per gli stessi risultati ottenuti da Haber[189].

Ancora molto lavoro è auspicabile venga fatto in questo campo, secondo gli autori, dal momento che :

"*...yet the particular evidence cited by Haber does not present convincing evidence for eidetic imagery*".

## *6.2. Protocolli verbali e information processing theory: alcuni problemi.*

Prima di passare ad un confronto del metodo libettiano con il modello di analisi dei protocolli proposto da Ericsson e Simon -modello che tutt'oggi è ancora uno dei più completi ed accurati-, accenneremo ad alcuni dei limiti a cui l'*information processing theory* va incontro, nonostante la sua scrupolosità, nell'affiancare protocolli verbali e programmi per calcolatori[190].

Alcune immediate osservazioni si concentrano proprio sul rapporto di confronto e simulazione che la teoria *IP* pretende di stabilire tra programma e protocollo.

---

[189] Ibid. p. 602. Il riferimento è a Gray & Gummerman (1975).

190 Linea guida di questa critica sarà, principalmente, Cordeschi (1984).

Il programma, come abbiamo visto, per dare luogo ad una *simulazione* sempre più efficace, viene sottoposto ad un processo "cumulativo" che ne modifichi i tratti meno conformi al protocollo di riferimento. Tale processo viene postulato dai teorici *IP* come "continuo" e "continuamente" applicabile al programma, in vista di una sempre maggiore aderenza all'originale.
Ma fino a che punto questo processo cumulativo può essere portato avanti?
Un programma *non* può essere modificato incondizionatamente, perché ha dei limiti strutturali intrinseci. Un confronto che richieda continue, ulteriori modifiche, porterebbe all'estrema conseguenza di un programma che, per essere sempre più vicino all'originale, potrebbe perdere anche le sue caratteristiche fondamentali di programma, subendo anche modifiche sostanziali della propria struttura. Ma, evidentemente, sottostare ad una simile necessità equivarrebbe alla rinuncia del programma stesso come mezzo adeguato di simulazione. Allora, paradossalmente,
"*il miglior modello di un gatto è il gatto stesso*" (Rosenblueth e Wiener, 1945).

Considerando, invece, la portata generale che, nelle intenzioni di Newell e Simon, la teoria *IP* presenterebbe rispetto ad altri modelli di simulazione del comportamento intelligente -pur rispettando l'unicità di singoli casi individuali-, ci accorgiamo che questa universale applicabilità del modello *IP* viene ottenuta sulla base di notevoli rinunce e restrizioni. Il comportamento che il programma tenta di riprodurre nella maniera più particolareggiata possibile, infatti, è il comportamento ideato da una mente intesa essa stessa come programma:

- che opera secondo precisi schemi di elaborazione dell'informazione, appunto,
- che non subisce alterazioni dovute a processi mentali inconsci o a interferenze emotive,
- che non intrattiene alcun tipo di rapporto con il mondo esterno – non vengono prese in considerazione, cioè, eventuali modifiche del comportamento dovute all'interazione con un ambiente esterno.

Proprio quella situazione di "normalità" statistica e omologante, dell'essere umano "in generale", che voleva essere evitata con un uso costruttivo dei

protocolli verbali di *singoli* individui, ritorna, nell'impossibilità per il modello IP di considerare caratteristiche così essenziali e "comuni" in un qualunque soggetto umano.

Del resto, nella presentazione del loro metodo di analisi come parte della più ampia *Information Processing View*, Ericsson e Simon avvertono:

"*For the moment, we will disregard information from the external environment that is available in sensory stores…*"[191].

Un altro problema, infine, è relativo anch'esso al contenuto informativo riprodotto dal programma, ma in questo caso riguarda più specificamente il grado di riproducibilità che il programma può effettivamente raggiungere ed il *livello* a cui dovrebbe avvenire il rapporto di simulazione.

In questo caso, ad essere messi in discussione sono la tecnica di registrazione dei protocolli ed i metodi adottati per verificare la corrispondenza del protocollo con la traccia del programma. Di per sé, infatti, già il protocollo stesso si presenta come un resoconto parziale ed inevitabilmente incompleto dei processi cognitivi (anche solo di questi stessi, pur non tenendo conto delle componenti inconscie ed emotive) a cui un soggetto farebbe ricorso durante l'esecuzione di un compito. La trasposizione dei dati contenuti nel protocollo nella traccia del programma, a sua volta, si presenta come un ulteriore impoverimento del protocollo stesso:

"*Ovviamente, il confronto protocollo-traccia non può avvenire parola per parola, e nemmeno frase per frase. Di norma, vi sono cose che compaiono nel protocollo e non nella traccia o viceversa; o vi sono più cose nel primo che non nella seconda (per esprimere uno stesso processo) o viceversa.*"[192]

La situazione che si presenta, quindi, è la seguente:

- il protocollo verbale di un soggetto non può essere considerato un resoconto completo dei processi cognitivi in atto nel soggetto durante la soluzione o l'esecuzione di un compito,
- la simualzione, tramite programma per calcolatore, avviene ad un livello non ben definito di "dettagli" del protocollo

[191] Ericsson & Simon (1993), p. 118.
[192] Cordeschi (1984), p. 359.

- la traccia del programma non riesce a rispecchiare completamente il contenuto informativo contenuto nel programma
- la traccia del programma deve essere continuamente modificata e perfezionata.

Rimane imprecisato, perciò, a quale funzione o a quale tipo di processo, racchiuso nel protocollo, si rivolga l'analisi di un ricercatore *IP* per creare un programma di simulazione per uno specifico comportamento.

Passiamo ora a considerare l'applicabilità dei concetti propri di una teoria dell'elaborazione dell'informazione ad ipotesi o esperimetni che mirano a spiegare il funzionamento della mente cosciente, come nel caso di Libet.
Quanto è adeguata l'*information processing theory* nel caso di ricerche che abbiano come oggetto la coscienza? La coscienza può essere considerata un processo di elaborazione di dati contenuti in memoria o semplicemente "percepiti"?
Consideriamo una distinzione ormai molto comune, tra coscienza *cognitiva* e coscienza *fenomenica*[193].
Il termine "coscienza cognitiva" definisce una serie di stati o processi mentali interni descrivibili in base alle loro funzioni, alle relazioni che intrattengono con gli altri stati mentali ed al tipo di comportamento cui danno luogo. Si tratta cioè dei fenomeni mentali per cui la scienza cognitiva ha potuto creare dei modelli,
"modelli *di capacità cognitive come la percezione, la memoria, la progettazione dell'azione, capaci di spiegare in che modo l'organismo costruisce la propria* rappresentazione *dell'ambiente esterno e realizza i propri scopi cognitivi*"[194].
Di questi particolari stati mentali, insomma, si riesce a dar conto anche adottando la prospettiva *in terza persona* propria dell'indagine scientifica.
Il termine "*coscienza fenomenica*", invece, comprende tutti quei fenomeni mentali riconducibili all'esperienza *soggettiva* di un individuo, caratterizzati soprattutto da proprietà *qualitative*, non descrivibili oggettivamente e accessibili solo da una prospettiva personale, *in prima persona*. Sono fenomeni di cui non si riesce

[193] Questa distinzione verrà qui esposta secondo la presentazione di Di Francesco (2000).
[194] Di Francesco (2000), p. 31.

ancora a dare una spiegazione in termini puramente scientifici, la cui comprensione colmerebbe il noto *explanatory gap*[195] che si viene a creare ogni volta che si tenti di dare una spiegazione al legame tra fenomeni fisici e fenomeni mentali.

Abbiamo introdotto questa distinzione per poter meglio contestualizzare l'analisi dei protocolli verbali di Ericsson e Simon.

Non è difficile capire, a questo punto, anche ricordando che i due autori non parlano mai di "coscienza", né di "consapevolezza" nel senso libettiano del termine, che il modello che essi propongono vale solo per una considerazione di processi cognitivi descrivibili nei termini di una coscienza *cognitiva*.

Si potrebbe obiettare che, nel momento in cui un preciso contenuto mentale diviene l'oggetto della nostra attenzione, noi diveniamo inevitabilmente *consapevoli* di quel contenuto mentale. Ma questo senso di consapevolezza, di appartenenza ad un privato stato di coscienza (a cui si unisce spesso un senso di auto-coscienza) non è riproducibile nella traccia di un programma.

Dobbiamo ricordare, inoltre, che vi sono vari livelli di attenzione e non sempre si tratta di attenzione *cosciente*, unita cioè ad un senso di consapevolezza[196]. Infine, l'identificazione di attenzione e consapevolezza comporterebbe la problematica conclusione che un calcolatore -in cui una particolare forma di attenzione può essere ravvisata nella scelta del passaggio successivo di un'operazione o di un tipo particolare di euristica da seguire- è un 'essere consapevole' tanto quanto un essere umano.

Nei paragrafi precedenti abbiamo sottolineato che il presupposto fondamentale per un'analisi dei protocolli nella prospettiva *IP* è considerare i protocolli ed il loro contenuto informativo alla stregua di dati empirici qualunque,

"*Pensare ad alta voce è un vero e proprio comportamento, come segnare la risposta esatta in un questionario*"[197].

---

[195] Cfr. MIT Encyclopedia (1999).

[196] Si vedano in proposito, Kihlstrom (1996); Edelman & Tononi (2000), cap. 6; Damasio (1999), cap. 3. Tipico esempio di attenzione senza consapevolezza, il caso della percezione subliminale, o percezione senza consapevolezza, oltre che oggetto di ricerca scientifica, è divenuto elemento narrativo di alcuni testi di letteratura fantastica contemporanea: impossibile non citare *Brave New World* di Aldous Huxley, (1932), con la sua magistrale visione dystopica del mondo *futuro*.

[197] Newell, Shaw, Simon (1958) citati da Cordeschi (1984), p. 357.

L'assunzione della prospettiva in terza persona è, quindi, inevitabile ed irrinunciabile. E questo spiega anche perché, l'analisi dei protocolli, per i teorici IP è molto di più di un semplice metodo di analisi introspettivo[198].

Riprendiamo la nostra domanda: quanto è adeguata l'*information processing theory* nel caso di ricerche che abbiano come oggetto la coscienza? Soprattutto, l'analisi dei protocolli proposta da Ericsson e Simon, è un mezzo adeguato per provare l'affidabilità dei resoconti introspettivi che Libet ha chiesto ai suoi soggetti?
Noi riteniamo di si.
Libet usa il metodo introspettivo per avere a disposizione una valutazione soggettiva del tempo dell'intenzione cosciente di agire e considera i risultati, ottenibili da questa valutazione, passibili di elaborazione statistica, accertabili e riproducibili. Di fatto, il confronto tra i tempi elettroencefalografici del potenziale di preparazione ed i tempi "mentali" rilevati dai soggetti non sarebbe altrimenti proponibile. Quindi, possiamo conlcudere che anche per Libet, come per Ericsson e Simon, i dati riferiti dai soggetti dei suoi esperimenti sono dati *empirici*.

Dei problemi che questa assunzione comporta e della non aderenza al modello di Ericsson e Simon, comunque accertata, parleremo nel capitolo seguente.

[198] Cordeschi (1984), p. 357.

# Capitolo 7 I resoconti verbali in Libet

Tenendo presente l'analisi concettuale proposta da Ericsson e Simon, considereremo ora la seconda parte dell'esperimento di Libet, quella dei resoconti introspettivi, considerandone la modalità, i contenuti e le ipotesi.
Le critiche individuate sulla linea generale di Ericsson e Simon verranno, di volta in volta, rafforzate con i commenti e le osservazioni di altri autori.

## *7.1. La validità del metodo introspettivo negli esperimenti di Libet*

Sebbene i soggetti siano sottoposti a sessioni di 40 prove per ciascun tipo di movimento[199], Libet sottolinea che i resoconti introspettivi vengono registrati dopo ogni singolo evento, dopo pochi secondi, cioè, che il soggetto abbia mosso spontaneamente il dito indice, o il polso, destro. Vista la necessità di confrontare i tempi di evocazione del potenziale di preparazione con i tempi dell'intenzione di agire riportati dai soggetti, ci sembra del tutto ragionevole che si proceda nel modo più rapido possibile. Ed in questo caso, l'esperimento di Libet sembra rientrare perfettamente in una delle categorie di registrazione ritenute valide da Ericsson e Simon: quella dei resoconti retrospettivi immediati.
Ma da qui in poi, l'affidabilità dell'operazione imbastita da Libet, per catturare l'attimo di coscienza nel desiderio dei soggetti di fare un movimento, si fa sempre più incerta, e non solo nella prospettiva dell'*information processing theory*.

Il problema principale ed immediatamente evidente, in una considerazione critica del metodo di *timing* a cui Libet ha fatto ricorso per 'agevolare' l'introspezione dei soggetti, è quello relativo all'*attenzione*[200].
Abbiamo già detto della distinzione tra i due modi di *fare* attenzione: uno 'automatico', passivo, l'altro attivo, determinato da un controllo volontario

[199] Cfr. Libet et al. (1983) in EEG and clin. Electr., p. 367: "*In each 2-3 session at least one motor and one sensory of 40 trials were studied, after some training runs…".*
[200] Oltre alle indicazioni menzionate nella nota 196, si vedano : MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences; R.Gregory (1991); P. Buser 1999).

dell'attenzione. Un esempio molto semplice, per capire meglio questa distinzione, riflette una situazione che chiunque può verificare: portare lo sguardo su una porzione definita di spazio. Si noterà che è possibile sia avere soltanto una visione generale della scena che stiamo guardando (magari perché pensiamo ad altro, mentre guardiamo), sia focalizzarci su un unico punto della scena che ha, appunto, colpito la nostra attenzione.

Questa duplice proprietà dell'attenzione è anche ciò che ha dato origine alle principali linee di ricerca delle teorie sull'attenzione, che tentano ancor oggi di dare risposta a due principali domande:

- su quanti eventi o stimoli sia in grado di focalizzarsi l'attenzione in una volta sola –problema della *divisione* dell'attenzione,
- come sia possibile dirigere la propria attenzione sull'unico stimolo prescelto, ignorando o rendendo inefficaci altri stimoli –problema della *selezione* dell'attenzione.

Dai tempi di William James ad oggi, la ricerca sull'attenzione si è arricchita di sempre più numerose informazioni e conseguenti ipotesi. Noi non possiamo, in questa sede, renderne conto, perciò ci limiteremo a dire che l'attenzione viene generalmente considerata un modello di "*canale dell'informazione a capacità limitata*", perché ciò che attraverso il *filtro* dell'attenzione giunge alla *coscienza* è molto limitato. Si vuole sottolineare con questo, che l'attenzione può agire a diversi livelli, la maggior parte dei quali, però, non approda sempre ad un risultato cosciente. Esistono attività o casi particolari in cui il livello di attenzione richiesta è molto basso (come nell'esecuzione di movimenti automatici, per esempio), per cui, anche se si tratta di un livello di attenzione comunque sufficiente a dare una risposta comportamentale adeguata, non è un livello tale da entrare in contatto con la sfera cosciente.

Ma torniamo alla nostra analisi.

Secondo il modello *IP* che abbiamo descritto nel capitolo precedente, un soggetto è in grado di riferire solo ciò a cui ha prestato attenzione, in special modo, solo ciò verso cui ha indirizzato il suo essere vigile.

Nell'esperimento di Libet, il soggetto deve essere in grado di cogliere il primo attimo di intenzione cosciente di compiere il movimento, concentrandosi interiormente su se stesso e *contemporaneamente* prestando attenzione alla rivoluzione oraria del punto luminoso sullo schermo –che deve guardare continuamente durante l'esecuzione della prova, pur non seguendo effettivamente il punto luminoso nel suo movimento orario. In che modo, allora, e *in che tempi* il soggetto riferirà sul suo desiderio cosciente di agire?

La situazione che si viene a creare, secondo noi, è quella di uno *shift,* di attenzione e di tempi, inevitabile: tra l'essere consapevoli del proprio desiderio e l'essere consapevoli del tempo segnato dal punto in movimento sullo schermo ( a cui andrebbe aggiunto l'essere consapevoli di dovere/volere essere consapevoli ed il sempre presente essere consapevoli di se stessi).

Le combinazioni possibili, nell'ordine di apparizione dei due eventi sono le seguenti:

- il soggetto diviene cosciente del proprio desiderio di muoversi e *poi* prende coscientemente nota della posizione del punto sullo schermo;
- il soggetto annota mentalmente il tempo e *quindi* dà libero sfogo al proprio bisogno di muoversi;
- il soggetto integra *simultaneamente* la percezione cosciente del tempo esterno ed il sentire interno[201].

Abbiamo ipotizzato che anche la percezione del tempo indicato dal punto sullo schermo sia cosciente, ma qualcuno potrebbe obiettare che esiste anche un'altra possibilità, in cui la percezione del tempo esterno non sia necessariamente *cosciente*:

- il soggetto, dunque, percepisce non-coscientemente il tempo indicato sullo schermo, mentre, concentrato sul proprio desiderio di agire 'percepisce' coscientemente solo quest'ultimo, riuscendo

[201] Cfr. Salter (1989) in BBS.

a registrare, così, *simultaneamente* l'evento cosciente ed un preciso istante temporale.

In questo caso potremmo considerare, allora, l'ipotesi di un processo non esplicito, latente rispetto ad un processo invece chiaramente focalizzato. Ma secondo il modello di Ericsson e Simon, rimanendo implicito, il contenuto informativo portato da questo processo non potrebbe essere verbalizzato: per essere riportati in un resoconto verbale, operazione mentale e contenuto dell'operazione devono rimanere per un tempo sufficiente nel fuoco dell'attenzione, così da poter essere memorizzati e poi ricordati ogni volta che se ne abbia bisogno. Un contenuto non cosciente può influire -*inconsciamente*, appunto- sull'uscita comportamentale, ma non può essere esplicitato attraverso un semplice resoconto verbale, né concomitante, né retrospettivo.

Quindi, sembra evidente che anche la percezione del tempo evidenziato dal punto sullo schermo, per poter essere riferita, deve essere cosciente. Ma allora dobbiamo ancora capire quale dei due eventi –percezione del tempo e percezione del proprio desiderio conscio di fare il movimento- si verifichi per primo.

Che il soggetto debba avvertire per prima cosa il bisogno di agire, ci sembra una condizione necessaria, dettata dalla situazione sperimentale stessa: il soggetto deve essere principalmente concentrato su se stesso, deve guardare l'orologio al centro e *solo* quando sente, consapevole, insorgere dentro di sé il desiderio di fare un movimento, deve osservare qual è la precisa posizione del punto luminoso, in quel momento, nel quadrante e deve riportarla poi alla fine della prova. Le istruzioni riportate da Libet, infatti, sono queste.

Ciononostante, Libet assume che il soggetto sia in grado di *percepire* contemporaneamente i due eventi: il sentire consapevolmente il bisogno o desiderio di compiere un movimento ed il riconoscimento della posizione temporale del punto sullo schermo.

Il problema della *divisione* dell'attenzione, a cui andrebbero incontro i soggetti dell'esperimento libettiano, è stato più volte sottolineato e da diversi autori[202].

[202] Cfr. Open Peer Commentary in BBS (1985) : articoli di Breitmeyer, Rollman, Stamm. Cfr. Gomes 1996. Cfr. Salter (1989), in BBS.

La simultaneità della percezione *esterna* del tempo sullo schermo e della percezione *interna* dell'apparire del desiderio conscio di agire è un'assunzione teorica che Libet fa, ma che non può essere ancora dimostrata. L'attenzione opera in maniera selettiva ed è molto improbabile che un soggetto sia in grado di focalizzarsi, allo stesso tempo, su due eventi indipendenti.

Libet replica[203] che questa obiezione al metodo che egli ha adottato non è altro che una costruzione *ad hoc* e che non c'è alcuna evidenza, invece, che dimostri una reale difficoltà dei soggetti nel sincronizzare le due differenti percezioni[204].

Ma come abbiamo detto, anche la sua obiezione potrebbe essere *ad hoc*, dal momento che non esistono dimostrazioni in tal senso del problema.

Libet sembra assumere, in questo caso, la visione per cui i due eventi si verificherebbero allo stesso tempo poichè il processo cosciente e l'elaborazione dei dati sensoriali potrebbero essere due fenomeni separati ed indipendenti l'uno dall'altro, tali, tuttavia, da entrare in contatto tra loro ad un tempo prestabilito e secondo regole ancora da scoprire.

Per esempio, continuando con questa nostra congettura, la coscienza dell'intenzione di agire dovrebbe apparire nel momento in cui l'elaborazione cerebrale dell'input visivo è terminata, (accompagnata anch'essa da una certa consapevolezza), in modo che desiderio di compiere un movimento e visualizzazione di un preciso istante coincidano temporalmente. Intanto, però, il processo cerebrale deputato alla fase motoria di questa intenzione è già iniziato: prima che il desiderio stesso di compiere il movimento divenga cosciente. Non essendo ancora chiaro se il potenziale di preparazione rifletta, o meno, l'attività di meccanismi neurali specificamente volti alla nascita dell'intenzione di agire –non cosciente-, potremmo anche concludere che l'attivazione cerebrale si verifica anche prima che un qualsiasi desiderio si materializzi, in maniera cosciente o meno che sia. Inoltre, secondo i dettami della time-on theory, la percezione cosciente del tempo sullo schermo dovrebbe essere seguita da un'intensa e verificabile attivazione neuronale, ma i potenziali evocati rilevati da Libet sono

[203] Cfr. Libet 1989, in BBS 12, p. 183.

[204] In realtà, i risultati ottenuti da Libet sono stati ancora una volta criticati di recente proprio sulla base di questa divisione dell'attenzione, cfr. Haggard et al. (2002).

soltanto ptenziali relativi al movimento e anche attraverso analisi di EOG, non sono state accertate influenze derivanti da altre attivazioni neurali[205].

Un'osservazione fatta da Grant e Gillet (1995) sottolinea che, per poter procedere ad un confronto temporale tra evento mentale ed evento fisico/cerebrale, si dovrebbe preventivamente definire anche neuralmente, l'inizio e la fine dell'evento cerebrale, in modo da distinguere chiaramente, cioè, tra un prima ed un dopo in relazione a specifici processi cerebrali. Ma, continuano gli autori, c'è una seria difficoltà nel determinare il tempo degli eventi mentali di per sé, come anche una corrispondente difficoltà nel determinare le caratteristiche spazio-temporali di rilevanti eventi cerebrali,

"*The brain has a complex stream of activity in which it is unclear where processes start and stop…*"[206].

In realtà, i risultati ottenuti da Libet sono stati ancora una volta criticati, di recente, proprio sulla base del problema creato dalla divisione dell'attenzione. Nell'articolo di cui abbiamo già parlato -Haggard e colleghi (2002)- gli autori, riferendosi a Libet et al. (1983), scrivono:

"*Previous studies of awareness of action have been criticized because of an attentional bias, known as prior entry, in timing judgment tasks. In prior entry, an event on an attended perceptual stream seems to occur earlier than a synchronous event on an unattended stream. […] Any single estimate of judgment error therefore depends on the precise division of attention,* ***which is unknown***"[207].

E questo, forse, potrebbe spiegare i tempi, sorprendentemente negativi ottenuti a volte dai soggetti nella serie di esperimenti per la determinazione di M e S.

Questo della *prior entry* non sembra, invece, costituire un problema per l'esperimento di Haggard stesso, esperimento che, comunque, si basa sul

[205] cfr. Libet et al. (1983), in Brain.
[206] Green & Gillet (1995).
[207] Haggard, P., Clark, S. and Kalogeras, J. (2002), *Voluntary action and conscious awareness*, in Nature *Neuroscience*, v. 5, n. 4, pp. 382-385.

resoconto introspettivo dei soggetti che guardavano anch'essi verso uno schermo orario del tipo utilizzato da Libet.
In questo esperimento, la possiblità riconosciuta[208] della divisione dell'attenzione per i soggetti, non costituisce un ostacolo al buon esito della prova: poiché ad essere considerata è solo la differenza temporale tra la prova base di un singolo evento e la condizione operativa corrispondente, il confronto non ha la necessità del riconoscimento del tempo prodotto eventualmente dal fenomeno della divisione dell'attenzione per ogni singola prova considerata. I tempi confrontati, cioè, sono tempi relativi, non assoluti,
"*... our approach involves differences in judgement error between single-event and operant conditions, and requires only comparable division of attention in both conditions*"[209].

La possibilità di una cronometrizzazione "ritardata", o comunque non corretta, è ricavabile anche da un altro fondamentale problema, che Libet non sembra prendere seriamente in considerazione: il problema dell'incommensurabilità di tempo oggettivo e tempo soggettivo. Una critica che proceda da questo problema può essere sviluppata in due direzioni: la prima, a proposito di una migliore definizione di ciò che *W* ed *M* dovrebbero significare; la seconda, a proposito di una reale ed irrisolta difficoltà nel confrontare i tempi mentali con quelli neurali, (oltre che con quelli 'dell'orologio', ovvero il tempo *oggettivo*).

### *7.1.1. Ulteriori obiezioni al metodo di Libet*

Sempre seguendo il modello di Ericsson e Simon, l'esperimento di Libet sembra ricadere nella categoria dei *perceptual-motor tasks,* compiti percettuo-motori i cui processi sottostanti non raggiungono il grado di consapevolezza adeguata ad un resoconto introspettivo valido. L'esperimento di Libet, secondo noi, può essere considerato una variante di questo tipo di compito, quindi, sempre rispetto al modello di Ericsson e Simon, è sensato che i soggetti non siano in grado di

[208] Haggard et al. (2002), p. 384: "*our subjects presumably divided attention between the clock and the events they judged*".
[209] Ibid.

individuare in loro stessi alcuna traccia cosciente dell'evento neurale che dà luogo al potenziale di preparazione. In compiti motori come quelli presi in considerazione da Libet, i resoconti verbali che si ottengono non sono soddisfacenti o sono per lo meno parziali: il soggetto non è in grado di fornire informazioni *complete*, a proposito del proprio processo motorio, ed il confronto temporale ideato da Libet, date queste premesse, non può avere, ancora una volta, un peso determinante in questioni di coscienza. Sarebbe un confronto falsato.

Il numero delle prove e delle sessioni a cui i soggetti vengono sottoposti –40 prove per ogni classe di esperimenti, da 6 a 8 sessioni per soggetto-, sebbene per alcuni possa sembrare insufficienti a trarre conclusioni certe circa i rapporti del potenziale di preparazione con l'intenzione di agire[210], a nostro parere può dare adito anche alla minaccia di *automatismo*. Il movimento che i soggetti devono compiere durante l'esperimento, infatti, potrebbe, inizialmente, essere percepito come spontaneo ed effettivamente desiderato, ma, in seguito, vista la ripetizione e la mancanza di un vero e proprio scopo, potrebbe facilmente trasformarsi in un movimento automatico.
Anche di fronte a simile eventualità, come abbiamo visto, Ericsson e Simon si mostrano critici: il protocollo verbale di un compito eseguito tramite processi ormai automatici è inevitabilmente incompleto.

Un altro possibile dubbio, sulla validità del procedimento libettiano, e che non possiamo non considerare, è relativo alle istruzioni che Libet dà ai suoi soggetti: i soggetti vengono "incoraggiati" a dare sfogo alla loro libera intenzione di agire:

"*An additional instruction to encourage 'spontaneity' of the act was given* routinely *to the subjects…*", "*...the subject was instructed 'to let the urge to act apper on its own at any time without any pre-planning or concentration on when to act…*"[211]

[210] Cfr. Gomes (1998).
[211] Libet et al. (1982), p. 324.

Quanto appropriate sono state queste parole, usate per incoraggiare o semplicemente istruire i soggetti all'esecuzione del compito? Possiamo escludere che queste istruzioni abbiano influenzato in qualche modo i soggetti, compromettendo così l'andamento dell'esperimento? Secondo noi no.
A sostegno di questa affermazione portiamo ad esempio una citazione, tratta da uno dei primi articoli di Libet sul potenziale di preparazione[212]. In questo articolo Libet espone i dati ottenuti dai suoi esperimenti, distinguendo tre tipi di potenziale di preparazione. Questa distinzione, però, non è sempre netta e infatti si verificano casi in cui, in uno stesso soggetto e nella stessa sessione, il *Readiness Potential* passa da potenziale di primo tipo a potenziale di secondo tipo. Grazie all'introduzione di un 'incoraggiamento':

"*A striking example of a switch from type I to type II RP in the same session,* ***after introducing the instruction for spontaneity…***"

Questa conclusione non è molto lontana dalle obiezioni che già erano state mosse da Keller & Heckausen (1990), per cui la richiesta di Libet di concentrare l'attenzione sui propri stati interni avrebbe indotto i soggetti a 'percepire' coscientemente qualcosa che normalmente rimane allo stato inconscio.

[212] Libet et al. (1982), p. 326.

# Capitolo 8 Livelli di azione

Libet non è certamente il solo che abbia tentato di spiegare in che modo un essere umano arrivi a compiere un'azione o un movimento in maniera del tutto volontaria. Altre proposte sono state avanzate, anche recentemente. Soprattutto, oltre allo studio dell'intrinseca organizzazione motoria in movimenti di vario tipo, si è cercato di capire quali siano i meccanismi, le basi neurali e le strutture mentali, da cui origina un'azione *diretta ad uno scopo*.

Dei numerosi modelli scaturiti dalla mente e dal lavoro di teorici appartenenti ad ambiti di ricerca distinti, ne presentiamo alcuni che, a confronto con l'interpretazione libettiana, risultano più articolati e, secondo noi, più plausibili, intesi a dare una visione più completa del problema, in cui trovino posto, per esempio, anche la componente motivazionale o quella prettamente emotiva. Componenti non considerate, deliberatamente sottovalutate da Libet, come vedremo nella sezione dedicata ad A. Damasio ed alla sua ricerca sulle emozioni.

Descriveremo, quindi, gli ultimi sviluppi della ricerca sul potenziale di preparazione di Kornhuber e Deecke, iniziata da questi autori ancor prima degli esperimenti di Libet, sottolineandone il differente approccio sperimentale e le conclusioni alternative rispetto a quelle di Libet.

Dopo un rapido sguardo all'ipotesi computazionale dell'organizzazione del movimento di Johnson-Laird, ci soffermeremo sugli studi recenti di M. Jeannerod sulla relazione tra azione e consapevolezza dell'azione, in base a cui suggeriremo un ennesimo confronto con le conclusioni di Libet.

In ultimo, accenneremo agli studi di Damasio sul ruolo delle emozioni.

## *8.1. I successivi esperimenti di Kornhuber e Deecke*

Il primo esempio che riportiamo è l'interpretazione fornita da due autori di cui abbiamo già parlato: Kornhuber e Deecke, i due scopritori del *Bereitschaftspotential*.

Insieme ai loro collaboratori, essi hanno effettuato numerose ricerche sul ruolo del potenziale di preparazione e sulla sua possibile sorgente neurale.

Coerenti con il loro iniziale intento localizzazionista, essi hanno continuato le loro indagini fino ad oggi, adoperando nei loro esperimenti anche le tecniche di brain imaging più avanzate. Diversamente da Libet, inoltre, essi hanno esteso la loro ricerca ad una gamma di movimenti più vasta di quella iniziale: dall'esperimento con il movimento di un piede o del dito indice di una mano, infatti, sono passati ad esperimenti in cui i movimenti fossero finalizzati a compiti di scrittura, di disegno o di semplice espressione vocale, considerando, inoltre, anche movimenti bilaterali.

La conclusione a cui sono giunti, quella che guida tutt'ora gli esperimeti più recenti, è che un'azione determinata volontariamente debba essere pensata, anche al livello cerebrale, come il prodotto di una organizzazione tripartita[213].

Dal momento che, nell'ideazione di un movimento spontaneo qualsiasi, è possibile distinguere un *che cosa* fare, un *come* ed un *quando*, l'ipotesi che questi autori propongono è che la risposta corticale a queste tre domande vada rintracciata nell'attivazione di tre differenti aree cerebrali, ognuna delle quali specializzata nell'elaborazione di un unico tipo di risposta.

La sede dell'intera pianificazione potrebbe essere la corteccia frontale e la divisione che essi propongono è la seguente:

- la corteccia frontale orbitale come responsabile del "che cosa" fare;
- la corteccia frontale laterale (incluse le aree prefrontale e premotoria della convessità frontale) principalmente attiva nella risposta al "come" fare;
- la corteccia frontale centrale mediana, in cui è compresa l'area motrice supplementare (SMA), come l'area cerebrale a cui spetta il compito di rispondere al "quando".

[213] Questa ipotesi è stata presentata per la prima volta in H.H. Kornhuber, 1984, Attention, Readiness for action, and the Stages of Voluntary Decision – Some Electrophysiological Correlates in man, in Experimental Brain Research, Suppl. 9, pp. 420-429.

A sostegno della prima correlazione –attività della corteccia frontoorbitale e determinazione del "che cosa" fare-, gli autori riferiscono di studi neuropsicologici su soggetti in cui, ai danni subiti in corrispondenza dell'area frontale orbitale, avevano fatto seguito notevoli difficoltà nel decidere *che cosa* fare, particolarmente che cosa fosse *appropriato* fare[214].
La seconda associazione, quella relativa all'attività della corteccia frontale laterale, invece, è stata ipotizzata dagli autori perché si tratta di un'area caratterizzata da numerose e forti connessioni corticocorticali con le aree di associazione sensoriale dei lobi parietali, e la decisione di quale sia il miglior modo di agire non può prescindere da una continua informazione sensoriale (feedback sensoriale).

Secondo gli autori, in un contesto sperimentale in cui ad essere indagati siano i movimenti volontari, le istruzioni del ricercatore forniscono già, anticipatamente, una risposta alle prime due domande –che cosa fare e come farlo. Perciò, l'unico compito lasciato al soggetto è la decisione del "quando" fare effettivamente il movimento.
La scelta del momento, quindi, sarebbe l'ultimo dei problemi, nella catena motivazionale, ma anche la componente più vicina alla fase motoria vera e propria, quella che darà luogo all'attivazione muscolare. *Il* paradigma sperimentale di riferimento nello studio dei movimenti volontari spontanei, allora, non può che essere quello in cui si faccia riferimento al *Bereitschaftspotential*, il potenziale di preparazione, date le sue caratteristiche temporali e la sua localizzazione nella mappatura cerebrale[215]. Ma il potenziale di preparazione, che secondo gli autori precede tutti i tipi di movimento volontario, è massimo proprio in corrispondenza della corteccia frontale centrale mediana, in cui si trova, predominante, l'area motrice supplementare.

[214] cfr. Damasio (1995): la regione cerebrale la cui attività, secondo Damasio, è fondamentale nel processo di decisione è quella che lui chiama la regione "ventromediana" del lobo frontale.
[215] Il paradigma sperimentale a cui fare riferimento nel caso di esperimenti in cui i movimenti siano, invece che volontari, indotti da eventi esterni –re-azioni- è quello che dà luogo al CNV, la variazione negativa contingente.

Analizzando con maggiore precisione il *Bereitschaftspotential*, anche grazie all'impiego della magnetoencefalografia, MEG, l'ipotesi di questa particolare specializzazione dell'area motrice supplementare si è andata sempre più consolidando nell'opinione di questi autori, fino alla recente proposta di un ruolo di "supervisore" dei processi motori imminenti in un movimento volontario, da attribuire essenzialmente a questa area[216].

Questa ipotesi -in cui l'inizio del movimento è un inizio legato ad un fattore esclusivamente cronologico, successivo alla decisione di un contenuto e di una modalità, ben lontano dall'essere ricondotto a problemi di determinismo e libero arbitrio, come in Libet- è basata, oltre che su di un ormai riconosciuto coinvolgimento del fenomeno Bereitschaftspotential nel processo intenzionale, anche sulla distinzione, all'interno del potenziale stesso, di due componenti, $BP_1$ e $BP_2$, diverse per tempo di inizio e per sorgente corticale.

Una prima componente del potenziale di preparazione, il $BP_1$, si manifesta da 1-2 sec, o anche più, prima dell'inizio del movimento, fino a quasi ½ sec prima. Una componente più tarda, il $BP_2$, è presente, invece, nel ½ sec precedente l'inizio del movimento. Il $BP_1$ è simmetrico, anche per movimenti unilaterali, ed è probabilmente generato dalla corteccia frontale centrale mediana, inclusa l'area motoria supplementare, SMA, e forse anche l'area motoria del cingolo anteriore, CMA. La seconda componente, il $BP_2$, è unilaterale, maggiore nell'emisfero controlaterale, e sembra sia legata all'attivazione della corteccia motoria primaria, MI.

L'interpretazione di questa ennesima scoperta, che Deecke e colleghi forniscono, è che il potenziale di preparazione rifletta in realtà, due possibili momenti del movimento volontario: una fase, più lunga, in cui la motivazione e l'intenzione di agire (una volta formulate, aggiungiamo noi) vengono "canalizzate" verso l'esecuzione motoria, mentre contemporaneo si forma quello che gli autori definiscono un "atto di volontà", *an act of will*[217], necessario per dare

[216] Deecke et al. 1996, p. 61, "*...the SMA activity is not immediately associated with processes such as the programming and execution of movement but rather with a supervising control of these processes. Thus, SMA activity is not only necessary for the intention and initiation of the voluntary movement but also for its supervising control during the execution...*".

[217] cfr. Deecke et al. 1996 e Deecke et al. 1998.

spontaneamente avvio al movimento; una fase successiva, molto breve, in cui il coinvolgimento della corteccia motoria primaria dà il via all'attivazione muscolare, per l'esecuzione effettiva del movimento. La funzione dell'SMA e del giro del cingolo potrebbe, dunque, essere una funzione 'pre-motoria' anche in senso temporale:

"*Activation of SMA/CMA leads activation of MI in time. For this and other reasons we attribute the* starting function *of voluntary action to the SM.*"[218]

E come prova di questo ragionamento, ancora una volta, gli autori parlano dei disturbi legati alle lesioni dell'SMA: per esempio, la *motor dysrhythmia*, un disturbo relativo all'andamento dei movimenti, *e dyschronokinesia*, un disturbo della coordinazione temporale dei movimenti[219].

Un'altra osservazione riguarda, infine, la complessità dei movimenti. Deecke e colleghi affermano di aver dimostrato una relazione tra il tempo d'inizio del BP, la latenza, e la complessità del movimento che si va ad eseguire: quanto più complesso è il movimento, tanto prima inizia il potenziale di preparazione, fino a quasi 3 sec prima dell'inizio del movimento[220].

L'esistenza di due distinte componenti, evidenziabili nel potenziale di preparazione, viene ribadita da Deecke in un articolo di commento alla tesi libettiana in cui, oltre alla riaffermazione delle osservazioni raccolte, l'autore ironizza sottilmente sulla divisione tra conscio e non-conscio operata da Libet[221]. Deecke, inoltre, ritenendo che i due tipi di potenziale RP I ed RP II individuati da Libet non siano altro che le due componenti $BP_1$ e $BP_2$, critica la ricerca libettiana per due motivi principali:

---

[218] Deecke et al. 1998. Questa ipotesi sembra confermata dalla ricerca di Menon e colleghi (1998) secondo cui l'attivazione della SMA precede l'attivazione della MI di circa 50 ms.

[219] Ibid.; cfr. anche Kornhuber & Deecke, 1985, in BBS.

[220] Deecke et al. 1998, "*We have shown that BP onset times ('latencies') increase with the level of complexity of the movement, the longest onset times having been observed with speaking or writing and drawing*". In proposito, cfr. P. Haggard, *Lecture 4, Supplementary Motor area*, on line.

[221] Deecke 1987, BBS 10, p. 781: "*The existence of these components, however, does not depend on constructs so remote from experimental verifiability that they abandon the firm ground of natural science*".

a) la sola tecnica elettroencefalografica non è sufficiente per un riconoscimento accurato delle due componenti e, inoltre, gli elettrodi utilizzati da Libet erano in numero inadeguato;
b) l'introspezione è un metodo non privo di limiti: "*Introspection may fail, but this does not mean that all that is not accessible to it is supernatural*"[222].

Abbiamo già parlato dei problemi che sorgono relativamente al metodo introspettivo. Ci sentiamo solo di aggiungere che non si può sempre prescindere dalla considerazione di informazioni che provengano da un'analisi introspettiva: se vogliamo sapere *cosa* un individuo percepisca interiormente o *come* si senta, per esempio in riferimento alla stimolazione di un particolare sistema sensoriale oppure in una data situazione sperimentale o, più banalmente, in presenza di un qualsiasi problema di natura medica, non vi è altro modo di accedere all'esperienza soggettiva di quell'individuo, se non chiedendo all'individuo stesso un resoconto introspettivo. Resta comunque il fatto che, anche in questo caso, la cautela è d'obbligo, soprattutto nel trarre inferenze generalizzabili e generalizzanti. Ci sembra possa essere utile ricordare, a questo punto, la distinzione tra *soglia soggettiva* e *soglia oggettiva* di una percezione:

"*... la soglia oggettiva è il livello di presentazione di uno stimolo sopra il quale un test di scelta-forzata evoca risposte superiori al puro caso, un segno che è stato percepito. La soglia soggettiva è invece un livello di presentazione dello stimolo sopra il quale il soggetto riferisce la percezione cosciente.*"[223]

Ben più rilevante è, invece, la critica che Deecke indirizza alla tecnica elettroencefalografica ed al numero insufficiente di elettrodi che Libet avrebbe usato per studiare la manifestazione del potenziale di preparazione.

Anche se, ricordiamo, l'intento di Libet non è quello di ricondurre la presenza del potenziale di preparazione all'attività di una precisa area cerebrale, l'aver considerato unicamente una delle due componenti di cui è costituita questa differenza di potenziale -anche a causa di una strumentazione inadeguata-, limita

[222] Ivi p. 782.
[223] Edelman & Tononi (2000), nota 16 del cap. VI.

drasticamente la portata informativa dei risultati ottenuti da Libet. Le premesse da cui origina l'impresa libettiana sarebbero vere solo in minima parte e non potrebbero sostenere, comunque, conclusioni di carattere così generale ed eticamente rilevanti come quelle che Libet proclama a proposito del ibero arbitrio. L'obiezione forte di Deecke -che noi condividiamo pienamente- sembra pertanto voler suggerire una ricerca a più ampio raggio, con l'utilizzo di più tecniche, non della sola elettroencefalografia, (Deecke cita, per esempio, la magnetoencefalografia), in modo da ricavare quante più informazioni possibili, anche in merito alla localizzazione di aree o strutture neurali coinvolte con il fenomeno "potenziale di preparazione".

Come si può vedere facilmente, trarre delle conclusioni certe da un dato come il potenziale di preparazione non è impresa da poco. L'articolata ipotesi messa in campo da Kornhuber, ripresa e sviluppata da Deecke, non è certo più chiara di quella di Libet: non si capisce bene, per esempio, la relazione tra maggiore latenza del potenziale in caso di movimenti complessi ed il ruolo di 'iniziatore' e 'supervisore', nel movimento volontario, attribuibile alle aree pre-motorie, a scapito di un loro coinvolgimento nella programmazione del movimento stesso[224].

Una soluzione a questa discordanza di ruoli ci sembra possa derivare dagli studi recenti[225] sulla specializzazione funzionale dell'area motoria frontale mediana. In base a questi studi, infatti, all'interno dell'SMA stessa si può distinguere tra una *pre-SMA* -ovvero "area motrice supplementare anteriore"- ed una *SMA-proper* - "area motrice supplementare posteriore". Queste due aree dell'SMA sembra siano attive in corrispondenza di diverse fasi del controllo del movimento, la *pre-SMA* in relazione alla preparazione e all'inizio spontaneo del movimento, l'*SMA-proper* per quanto riguarda il controllo di movimenti complessi, e questo spiegherebbe la poco chiara definizione di ruoli dell'SMA di cui parlavamo sopra[226].

---

[224] Cfr. nota 173 più sopra.

[225] Abbiamo già parlato degli esperimenti di Deiber e colleghi (1999) nel parag. 6.2. Aggiungiamo, a questo proposito, il riferimento a Tanji (1994), citato da Haggard in *Lecture 4*, *SMA*.

[226] Haggard, *Lecture 4, SMA*: "*… recent studies, reviewed in Tanji 1994, report a difference between "pre-SMA" and "SMA-proper", the anterior and posterior parts of medial area 6*

Ciononostante, la distinzione di due componenti del potenziale di preparazione, e l'interpretazione che Kornhuber e Deecke ne danno, ci sembra molto interessante, soprattutto in un confronto con le conclusioni di Libet.

Libet, sebbene a conoscenza delle due componenti del potenziale di preparazione, anche dall'articolo di Shibasaki et al. (1980)[227], ha invece preferito una distinzione tra RP di primo tipo e RP di secondo tipo, affiancando ai movimenti volontari e *spontanei* solo il RP di secondo tipo, presente in media 500 ms prima dell'inizio del movimento. Nella replica al commento di Deecke, Libet sostiene che RP I ed RP II non sono la stessa cosa di $BP_1$ e $BP_2$, anche perché i movimenti indagati da Deecke e Kornhuber erano *self-paced movements* e non *self-initiated*. Inoltre, obietta che anche nel caso di una completa comprensione, al livello neuronale, del potenziale di preparazione, non si riuscirebbe comunque a spiegare come questo potenziale sia collegato al fenomeno dell'intenzione cosciente[228].

Ma questo non è vero, poiché è proprio sulla distinzione tra RP di I tipo e RP di II tipo e sulla scelta del secondo tipo di potenziale come caratteristica *principale* dei movimenti volontari autoiniziati, che Libet ha creato la sua teoria sull'attivazione non cosciente dei meccanismi cerebrali finalizzati ad un movimento volontario spontaneo. Ed è ancora sulla distinzione di alcune particolari proprietà dei potenziali registrati – proprietà *temporali* e non di nautra 'anatomica'-, che Libet ha costruito la sua *time-on theory*. Quindi, appare evidente che un'indagine più accurata, sulla natura di questi due tipi di potenziale di preparazione, o "componenti", e sul ruolo che essi sembrano avere nei movimenti esaminati, è necessaria, anche nel caso che si vogliano sostenere le conclusioni libettiane.

Infine, l'identificazione dei due tipi di potenziale descritti da Libet con le due componenti rintracciate da Kornhuber e Deecke era apparsa plausibile, notevolmente, anche a Libet. Riferendosi alle componenti rilevate dallo studio di Shibasaki e colleghi, infatti, nel suo articolo del 1982, è Libet stesso ad indicare

---

*respectively. More data is needed, but pre-SMA appears to be involved more in preparation and volition, and SMA- proper in parametrising complex movements*".

[227] Cfr. Libet et al. !982.

[228] Cfr. Libet 1987, in BBS 10, p. 785.

una possibile identificazione tra RP II e la componente che Shibasaki aveva chiamato NS´:

"*Type II RPs resemble in form and timing that component of self-paced RPs occupying the –500 to –90 msec interval termed NS´ by Shibasaki et al….*"

E tra i tanti riferimenti citati in proposito, compare anche *Deecke et al. 1969*[229].

Se confrontiamo i tempi, sopra riportati, relativi a $BP_1$e $BP_2$, dunque, il potenziale di preparazione scelto da Libet, come determinante nel processo intenzionale spontaneo, sembra proprio coincidere con la seconda componente identificata da Deecke e colleghi, il $BP_2$, meglio riconducibile, secondo questi ultimi, all'attivazione dell'area motoria primaria, nella fase ultima della catena motivazionale.

Se le cose stessero realmente così, allora, l'interpretazione libettiana risulterebbe pericolosamente inaccurata o, quantomeno, affrettata. Se il tipo di potenziale di preparazione scelto da Libet non fosse altro che la componente del potenziale di preparazione connessa con l'attivazione dell'area motoria primaria, -e, quindi, con il comando motorio- la teoria libettiana sull'inizio inconscio delle azioni volontarie non avrebbe più valore, poiché si riferirebbe semplicemente all'avvio del processo motorio, destinato specificamente all'attivazione muscolare e non all'origine intenzionale dello stesso.

L'idea, che i movimenti eseguiti dai soggetti degli esperimenti di Libet non fossero altro che movimenti, volontari si, ma balistici, potrebbe divenire, perciò, sempre più plausibile.

## *8.2. La proposta di Johnson-Laird*

Descriveremo ora, brevemente, il modello elaborato da P. N. Johnson-Laird[230] per spiegare, da un punto di vista strettamente funzionale -la prospettiva fisiologica o neurofisiologica non viene discussa-, i vari *livelli* di un movimento.

[229] Libet et al. 1982, p. 332.
[230] P.N. Johnson-Laird (1990).

L'ipotesi proposta è quella di un piano gerarchico predefinito, attraverso cui il cervello darebbe luogo a movimenti ed azioni[231]. Si tratta, quindi, di una possibile rappresentazione delle operazioni e dei processi 'in azione' nel cervello ogni volta che l'organismo sta per compiere o compie un movimento.

Johnson-Laird indica con il nome di "*sistema esecutivo centrale*"[232] o "*sistema operativo*"[233], nella sua "*congettura sull'architettura della mente*"[234], il sistema della coscienza grazie al quale diviene possibile l'integrazione dell'informazione prodotta da una serie di processi inconsci, che lavorano in modo parallelo e che controllano i livelli inferiori della gerarchia.
Sviluppando una analogia tra mente e computer, Johnson-Laird paragona il lavoro inconscio dei processi mentali che sottostanno alla percezione e all'attività cognitiva, all'elaborazione dell'informazione da parte di una rete di processori che lavorano in parallelo. Le relazioni che intercorrono tra questi processori sono limitate alla comunicazione ed allo scambio di informazione: non possono interferire l'uno con il lavoro dell'altro, né sono in grado di 'conoscere' i reciproci contenuti operativi. L'attivazione di questi processi, o processori, non è regolata da alcun tempo prestabilito: "*ciascun processore balza alla vita non appena riceve un input adeguato*"[235].
La formazione di gruppi di processori specializzati in ben precisi compiti, i cosiddetti "*moduli dedicati*", operando in parallelo consente una maggiore velocità ed affidabilità del processo di elaborazione dell'informazione: il prezzo da pagare per ottenere simili risultati, però, è il non accesso al livello cosciente del sistema.
La coscienza, secondo Johnson-Laird, -"*la pura consapevolezza di eventi come il dolore*"[236] - è una proprietà (o il prodotto) di un livello più alto nella gerarchia operativa: un controllore che "*stabilisce gli scopi per i processori di livello più*

[231] Johnson-Laird attribuisce la paternità di questa idea ad un neurologo del diciannovesimo secolo: Hughlings Jackson (cfr. p. 226).
[232] Ibid., p. 211.
[233] Ibid., p. 386.
[234] Johnson-Laird (1990), p. 384.
[235] Ibid., p. 385.
[236] Ibid., p. 386.

*basso e monitorizza la loro prestazione*". Anche questo livello, però, è in qualche modo limitato: sempre per permettere all'intero sistema di operare nel minor tempo possibile, al sistema operativo non è concesso di osservare, consapevolmente, l'elaborazione dell'informazione ai livelli inferiori. Per "*valide ragioni evolutive*", non il processo, bensì solo il risultato del processo può raggiungere la coscienza.

Applicando questa congettura anche all'ambito motorio, Johnson-Laird attribuisce l'ideazione e la coscienza della finalità dell'azione al livello gerarchicamente più alto, al sottoinsieme di processi inconsci, invece, la definizione e l'esecuzione dei "dettagli" del piano d'azione. Tra questi dettagli vi è, per esempio, il calcolo delle traiettorie, "*ciò che deve essere computato per muoversi*"[237].

Una nozione fondamentale che viene introdotta a questo punto, è quella di *feedback*.

Gli input che devono essere analizzati ed elaborati, perché un movimento possa essere portato a termine in maniera adeguata, sono numerosi. Oltre alle informazioni circa l'obiettivo da raggiungere, informazioni fornite dal sistema operativo, vi sono i dati ricavati dalla percezione dell'ambiente esterno al corpo – per esempio quelli forniti dalla visione- ed i dati provenienti dall' "immagine corporea" interna –sorta di rappresentazione interiore del corpo stesso. L'esecuzione corretta di un movimento comporta un continuo confronto di questi dati da parte dei processi che operano inconsciamente: un continuo aggiustamento della postura e del movimento stesso, calcolato mano a mano che l'obiettivo si avvicina, calcolato necessariamente con una tale velocità da non poter essere percepito coscientemente, se non imponendo all'esecuzione una lentezza ed una attenzione del tutto innaturale. In conclusione, quindi,

"*L'organizzazione del movimento dipende in ultima analisi da una gerarchia di controllo temperata da numerose forme di feedback. Ai vari livelli sono eseguite in parallelo e ci sono occasioni in cui le informazioni provenienti da livelli*

[237] Ibid. p. 212.

*differenti vengono integrate all'interno di un unico schema di rappresentazione*"[238].

## *8.3. Le ipotesi di Jeannerod*

A conclusioni analoghe, cioè verso un modello gerarchico delle azioni, era giunto inizialmente anche M. Jeannerod, il quale, non all'oscuro di alcune delle teorie di Johnson-Laird[239], si riferiva esplicitamente, tuttavia, al modello dei livelli funzionali di Marr ed a quello dei sistemi *centrali* e *periferici* di Fodor.

In questa sua precedente proposta, ai differenti livelli di organizzazione supposti venivano fatti corrispondere differenti modi di attivazione delle strutture nervose. I livelli erano tre: livello superiore, livello intermedio e livello inferiore, ed a ciascuno era attribuibile un preciso ruolo nel piano dell'azione.

Il "progetto dell'azione", la programmazione globale dell'azione, non riferita ai dettagli, era la mansione del livello *superiore*, gerarchicamente preposto agli altri due livelli: quello intermedio e quello inferiore. Questo livello, come in Johnson-Laird, costituiva un livello di controllo, a cui afferivano le informazioni provenienti dai canali di senso e dai livelli inferiori del sistema motorio. Nella tripartizione dei livelli, era anche l'unico livello a cui la coscienza avesse accesso.

Il livello *intermedio* era, invece, il livello in cui la rappresentazione globale dell'azione e dello scopo si concretizzava nella scelta della migliore strategia e del miglior tempo per l'azione. A questo livello spettava il controllo diretto del livello inferiore del sistema motorio, quello esecutivo, da cui riceveva informazioni dettagliate sugli stimoli che modificano il corso dell'azione e sulle conseguenti risposte interne.

Al livello intermedio era posto anche il feedback sensoriale: grazie ad una struttura modulare, infatti, –"*tanti moduli quanti sono i movimenti*"-, a questo livello avveniva l'analisi rapida delle informazioni provenienti sia dal livello superiore che da quello inferiore. Anche in questo caso, l'elevata velocità di elaborazione limitava fortemente la possibilità di accesso alla coscienza.

---

[238] Ibid. p. 230.

[239] Nella bibliografia dell'autore figura un articolo di Johnson-Laird del 1982.

Il livello *inferiore*, infine, veniva considerato il livello dell'esecuzione fisica della strategia motoria, decisa dal livello intermedio per raggiungere lo scopo fornito dal livello superiore.

L'analisi dell'azione, e dei suoi correlati neurali, che Jeannerod oggi propone, è caratterizzata dall'introduzione del concetto di "rappresentazione" –Jeannerod parla, ora, di livelli di *rappresentazione* dell'azione- e da un accentutato interesse per il problema della *consapevolezza*, legata all'azione stessa ed ai suoi obbietivi, oppure propria dell'agente che compie l'azione.
Secondo questa posizione modificata, che Jeannerod definisce "*a cognitive neuroscience approach*"[240], i livelli di rappresentazione dell'azione sono di nuovo tre, ma non corrispondono a quelli enunciati precedentemente:

- il primo livello è il livello *automatico*, che potremmo definire l'unione del livello intermedio e del livello inferiore di cui sopra, con l'aggiunta di un fondamentale principio, l'*elaborazione pragmatica*;
- il secondo livello è quello della consapevolezza dell'azione, effettivamente eseguita o anche solo immaginata;
- il terzo livello, ancora più problematico dei precedenti, riguarda, invece, l'attribuzione della paternità dell'azione all'agente, quindi, riguarda l'auto-coscienza dell'agente stesso.

Al livello automatico non sarebbe possibile la produzione di esperienza cosciente se non nel caso in cui l'azione fallisca e ci sia bisogno di una correzione delle operazioni precedentemente attivate. Questo livello di rappresentazione corrisponderebbe, in sostanza, al livello "pragmatico" dell'azione, quello in cui si creano effettivamente le interazioni con gli oggetti ed il mondo esterno.
Il livello a cui appare la consapevolezza dell'azione, invece, è soprattutto quello della rappresentazione/simulazione mentale dell'azione, un livello particolarmente interessante per noi, se consideriamo le parole di Jeannerod, per cui questo sarebbe il livello in cui

[240] Jeannerod (2000-1).

"*the representation is voluntarily activated from within, or intentionally selecting an action from several possible alternatives…*"[241]

Tralasciando la discussione dell'ultimo punto, in cui il discorso di Jeannerod si fa ampiamente ipotetico, ci limitiamo alla seguente considerzione: ancora una volta, ci sembra plausibile l'ipotesi che il movimento indagato da Libet non fosse altro che un movimento automatico, in cui la pianificazione volontaria e l'intenzione, in realtà, non potessero essere correttamente studiate. La non consapevolezza che Libet sottolinea costantemente, poi, potrebbe significare che non sono stati indagati i processi superiori, deputati ad una rappresentazione generale dell'azione, bensì solo quelli del livello inferiore, in cui, appunto, avviene l'attivazione automatica di processi legati al concreto compimento del movimento.

## *8.10. Damasio: l'importanza delle emozioni*

La componente emotiva delle azioni rappresenta, secondo noi, un altro fondamentale limite dell'analisi libettiana, nel senso che non è stata assolutamente considerata. La giustificazione che Libet adotta, a sostegno di questa sua scelta, è collegata alla necessità di estendere l'indagine sul potenziale di preparazione ai resoconti introspettivi dei soggetti dell'esperimento. Secondo Libet, infatti, ridurre quanto più possibile il contenuto emotivo di una particolare esperienza soggettiva, renderebbe più accettabile, da un punto di vista propriamente scientifico, il ricorso all'introspezione: senza contenuto emotivo, l'esperienza soggettiva potrebbe essere semplicemente trattata come un "dato grezzo" della coscienza su cui applicare un'appropriata analisi.

"*...any discrepancies between what the subject experiences introspectively and what he/she reports to an external observer can be minimized and made insignificant in practice, by selecting for study simple kinds of experiences which are* ***devoid of emotional content*** *and which can be tested for reliability*"[242].

[241] Ibid.
[242] Libet (1993), *Neurophysiology of consciousness*, pp. ix-x.

Una lunga discussione, a questo punto, si potrebbe avviare su quello che è già di per sé un enorme problema metodologico, vale a dire, come e attraverso quale procedimento sia possibile filtrare l'esperienza soggettiva in modo da lasciarne fuori lo specifico contenuto emotivo. Non è nei nostri scopi parlare anche di questa operazione, che francamente riteniamo inverosimile, ci limitiamo, dunque, a sottolinearne la difficoltà metodologica che, ancora una volta, può costituire, secondo noi, un punto a sfavore dell'esperimento libettiano.
Accenneremo, invece, al lavoro di A. R. Damasio, neurologo ormai molto noto, che dell'emozione ha fatto il suo principale oggetto di indagine, riuscendo a dimostrarne l'importanza e, a volte, la necessità, anche in processi cognitivi come la decisione o il ragionamento, da sempre considerati meglio operanti in assenza di fattori emotivi.

Le emozioni, secondo Damasio, sono dei "marcatori somatici" che guidano le nostre scelte, fornendo una valutazione somatica delle possibili alternative tra cui si deve scegliere. Di fronte ad una certa situazione, cioè, il nostro corpo attiva dei meccanismi di segnalazione –di pericolo o di piacere-, acquisiti tramite l'eseprienza durante tutto il corso della vita, che si affiancano alla pura valutazione razionale, contribuendo al raggiungimento di una decisione finale.
"*…i marcatori somatici sono esempi speciali di sentimenti generati a partire dalle emozioni secondarie. Quelle emozioni e sentimenti sono stati connessi, tramite l'apprendimento, a previsti esiti futuri di certi scenari.*"[243]
In un certo senso, quindi, le emozioni sono dei catalizzatori del processo decisionale: anche se non possono essere considerati i diretti responsabili della scelta finale ("*essi* [i marcatori somatici] *non deliberano per noi*"), anche se non sempre agiscono al livello cosciente, essi influenzano le nostre scelte, perché riattivano immagini e sensazioni legate alle nostre precedenti esperienze di situazioni simili. Il corpo ha in questo una propria memoria, che si esplicita contemporaneamente alle immagini mentali di cui il processo razionale fa uso e

[243] Damasio (1995), p. 246.

che dà voce al corpo stesso, esprimendone la preferenza per una o per un'altra delle opzioni comportamentali ideate al livello cognitivo.

È grazie ad un apparato neurale capace di generare specifici stati somatici in risposta a particolari classi di stimoli (per esempio una sensazione di dolore in seguito ad una bruciatura) che riusciamo ad assicurarci la sopravvivenza[244] ed è attraverso l'eseprienza, processo di apprendimento continuo, che manteniamo e rendiamo sempre più efficace questa corrispondenza emotiva con il mondo esterno.

[244] Damasio (1995) p. 252: "*La conquista della sopravvivenza coincide con la riduzione massima degli stati somatici insoddisfacenti e con il raggiungimento di stati omeostatici, cioè di stati biologici funzionalmente in equilibrio. Il sistema di preferenze interno è intrinsecamente orientato a evitare il dolore e cercare il potenziale piacere…*".

# Capitolo 9 Gli elementi raccolti

In questo capitolo conclusivo intendiamo riproporre sinteticamente alcuni dei dubbi e delle obiezioni che abbiamo sollevato nel corso di questa analisi metodologica degli esperimenti di Libet sul movimento volontario. Sulla base di queste critiche svilupperemo un'interpretazione personale dei risultati di Libet, riunendo in un'unica proposta le indicazioni già presenti nei capitoli 5 e 8 e suggeriremo una definizione di movimento *volontario* diversa da quella di Libet.
Cercheremo, inoltre, di dare una spiegazione al favore che le teorie di Libet hanno ottenuto da parte di molti autori, suggerendo che spesso questo favore sia concesso in vista di una validazione ulteriore delle teorie proprie agli autori stessi. Validazione possibile, secondo noi, alla sola condizione di una preliminare accettazione *acritica* dell'esperimento e delle conclusioni di Libet.
Infine, tenendo conto dei tempi in cui Libet ha operato e dei mezzi a sua disposizione, rivaluteremo le sue idee sull'esistenza di un possibile correlato neurale della consapevolezza, idee certamente originali e stimolanti, oltre che precorritrici dell'era in cui noi tutt'ora viviamo.

## *9.1. Un primo gruppo di obiezioni*

La nostra considerazione delle proposte libettiane –l'inizio inconscio delle azioni volontarie e la conseguente modificazione del ruolo che il libero arbitrio assumerebbe in queste azioni- è fondata principalmente sull'analisi metodologica dell'esperimento condotto da Libet. Abbiamo ritenuto necessario, infatti, esaminare i presupposti metodologici e concettuali della ricerca libettiana, prima ancora di dare o negare il nostro assenso alle conclusioni teoriche di Libet. Una discussione di queste stesse conclusioni non avrebbe alcun senso, secondo noi, senza una indagine preventiva sulle condizioni sperimentali attraverso cui l'autore vi è giunto. Perciò, una volta individuati i due principali metodi di cui Libet si è avvalso in questa classe di esperimenti, abbiamo cercato di mettere in luce sia i limiti intrinseci ai metodi stessi che quelli dovuti ad una loro inadeguata applicazione sperimentale.

Per quanto riguarda il metodo ideato da Libet per ottenere un resoconto dell'intenzione cosciente di agire dei soggetti, abbiamo evidenziato:

1. la non aderenza del metodo libettiano al modello di analisi dei protocolli presentato da Ericsson e Simon. In particolare, sono stati riscontrati problemi relativamente
   - al requisito fondamentale dell'attenzione
   - al tipo di istruzioni date ai soggetti
   - al tipo di compito richiesto ai soggetti.

I soggetti dell'esperimento di Libet sono costretti a *dividere* la loro attenzione tra la percezione di un evento interno –la consapevolezza della propria intenzione o del proprio desiderio di compiere il movimento indicato- e la percezione di un evento esterno –la percezione del tempo indicato dalla posizione del punto sullo schermo. La nostra conclusione è stata che non è possibile dimostrare che i due eventi siano simultanei, né quale dei due si verifichi per primo. Di conseguenza, non è possibile accertare a quale dei due eventi si riferisca il tempo individuato dai soggetti.

2. Il bisogno *operativo* di Libet di riconoscere affidabili i resoconti introspettivi dei soggetti, in quanto questi ultimi hanno un accesso privilegiato, oltre che privato, alla coscienza, non riuscendo la scienza a spiegare i fenomeni mentali in termini puramente fisici.

Questa assunzione è la precondizione dell'impiego dei resoconti introspettivi dei soggetti. Libet sottolinea più volte che, per studiare la produzione di eventi cerebrali in concomitanza ad eventi mentali *coscienti*, non si può prescindere dal ricorso ai protocolli verbali dei soggetti: perciò, ai soggetti dell'esperimento viene direttamente chiesto *quando* essi abbiano sentito *coscientemente* il desiderio di compiere il movimento.

Abbiamo inoltre messo in luce quella che può essere considerata l'ambiguità del *dualismo* di Libet, per cui:

- mentre la consapevolezza legata all'inizio dell'azione ha luogo in seguito ad una attivazione cerebrale sufficientemente lunga, il potenziale di preparazione,
- al controllo cosciente dell'uscita dell'azione non corrisponderebbe, invece, alcuna attività cerebrale accertata.

Ricordando quanto enunciato da Libet nella sua *time-on theory*, e, cioè, che ogni esperienza cosciente si verifica solo dopo che l'attivazione del processo neurale da cui ha origine raggiunge lo stato di adeguatezza neuronale, ci troveremmo, dunque, di fronte alla necessità di dover ammettere che non abbiamo elementi empirici su cui basare l'esistenza di un processo cosciente per il libero arbitrio. Dovremmo quindi escludere la possibilità di un *conscious veto of act*.
Se, invece, per sostenere l'esistenza di un processo cosciente identificabile con l'azione di censore dell'azione, svolto dal libero arbitrio, ammettessimo l'esistenza di fenomeni coscienti *slegati* da qualsiasi attività cerebrale, saremmo allora costretti ad ammettere che le ipotesi libettiane non sono universalmente applicabili. Dovremmo, cioè, rifiutare l'ipotesi generalizzante di una caratteristica temporale in base alla quale determinare (e *prevedere*) quali processi cerebrali daranno luogo alla formazione di un'esperienza soggettiva cosciente.

Secondo alcuni autori (Green & Gillett, 1995), Libet, per sostenere la sua posizione, dovrebbe adottare una prospettiva riduzionista di tipo neurobiologico: dovrebbe, cioè, assumere che esista una relazione di identità stretta tra stati mentali e stati cerebrali.
Se questa considerazione fosse esatta, allora, il problema che si presenterebbe, in questo caso, riguarderebbe la necessità di criteri in base a cui circoscrivere sia uno stato mentale che uno stato cerebrale. Nei termini di Green e Gillet (1995), dovrebbe, cioè, essere possibile indicare un inizio ed una fine di entrambi gli stati. Ma Libet non fornisce alcun criterio di questa specie.
Noi ci siamo limitati a sottolineare che Libet stesso ammette di non saper dare una

chiara indicazione del ruolo che il potenziale di preparazione rivestirebbe nell'inizio del processo intenzionale. Motivo per cui, abbiamo criticato l'idea di Libet di far corrispondere la manifestazione del potenziale di preparazione con un inizio inconscio del processo intenzionale.

Un problema che sarebbe interessante affrontare a questo punto, è quello relativo alle cause dell'azione o alla natura dell'azione.

Le prospettive filosofiche a riguardo sono come sempre numerose, perciò ci limiteremo a sottolineare alcune tematiche principali.

Innanzitutto, è necessario distinguere l'azione da ciò che, con un termine classico, possiamo chiamare *affezione*, il subire passivamente l'azione di qualcos'altro. In questo senso l'azione viene intesa come un fare qualcosa in seguito ad una intenzione, ad una volontà o desiderio dell'agente. Uno schema[245] che è stato proposto può servire per un maggiore chiarimento:

a. l'azione è un "fare" che ha un certo tipo di spiegazioni mentalistiche
b. l'azione è un "fare" che è *intenzionale* sotto alcuni aspetti
c. l'azione è un "fare" che inizia con un certo tipo di eventi
d. l'azione è un "fare" di cui, colui che agisce, ha un certo tipo di consapevolezza.

Secondo questo schema, una definizione di "azione" dovrebbe contenere in sé almeno tutti gli elementi indicati nei vari punti.

Come è facile vedere, già in un tentativo così generale di 'definizione', ricorrono concetti che richiederebbero a loro volta discussioni molto ampie: l'intenzionalità, per esempio, che abbiamo visto essere spesso definita proprio a partire dal concetto di *azione intenzionale*; il concetto di spiegazione "mentalistica"; il concetto di *causa* di un'azione; la definizione di *inizio* dell'azione.

Se spostiamo il problema alle argomentazioni di Libet, è evidente la mancanza di una definizione precisa dell'azione in questi termini. L'azione considerata nei suoi esperimenti è il movimento sentito come volontario e non ostacolato o impedito da fattori esterni. Ma una considerazione dei correlati neurali dell'azione

[245] Cfr. Guttenplan (1994-1995).

volontaria, in cui si pretenda di stabilire un *inizio* inconscio dell'azione volontaria, come fa Libet, dovrebbe essere basata sulla chiarificazione precedente di concetti come *inizio* e *causa* dell'azione.

Dall'ipotesi di Libet, per esempio, secondo cui un'azione, anche volontaria e del tutto spontanea, ha un inizio inconscio, potrebbe seguire che le cause dell'azione sono costituite dai processi cerebrali che portano al compimento (o alla programmazione?) dell'azione stessa, mentre l'inizio dell'azione potrebbe essere identificato con un preciso processo neurale anziché con la semplice attivazione muscolare.

### *9.1.1 L'ipotesi di un movimento automatico. Il secondo gruppo di obiezioni*

La registrazione della variazione di potenziale identificata con il potenziale di preparazione è dovuta all'elaborazione statistica di svariati tracciati elettroencefalografici. La nostra attenzione, dunque, si è concentrata, per prima cosa sulla tecnica EEG, di cui abbiamo evidenziato i limiti accertati:

- l'EEG è una tecnica con elevato potere di risoluzione temporale, ma con scarso potere di risoluzione spaziale (con l'EEG non è possibile visualizzare adeguatamente i correlati neuroanatomici del potenziale di preparazione)
- il processo di media con cui vengono elaborati i tracciati EEG è basato sulla problematica assunzione che lo stato cerebrale del soggetto, durante tutte le prove a cui viene sottoposto, sia sempre identico.

Libet non ha mai eseguito altre misurazioni del potenziale di preparazione, oltre a quelle eseguite durante gli esperimenti dell' '80 e, nonostante la capacità di risoluzione temporale della tecnica elettroencefalografica sia decisamente maggiore rispetto alla medesima capacità di tecniche come PET e fMRI, egli non ha mai tentato, neanche in tempi recenti, il confronto tra i dati ricavati dall'EEG con altri dati, sul potenziale di preparazione, ottenibili dall'impiego di altre

tecniche. Egli ha limitato il suo interesse alle sole caratteristiche temporali del potenziale.

Alcuni autori, a questo proposito, oltre a criticare questa unicità di mezzi, hanno sollevato obiezioni molto importanti, di tipo tecnico, riguardo ai risultati dichiarati da Libet:

- Deecke sostiene, infatti, che Libet non ha utilizzato un numero sufficiente di elettrodi per una registrazione adeguata del potenziale di preparazione.

Un'obiezione meno forte, ma comunque indirizzata direttamente al fenomeno rappresentato dal potenziale di preparazione, è quella di Searle, il quale sostiene che non vi sia alcuna realtà mentale per la formazione del potenziale di preparazione[246].

Ma le obiezioni forse più determinanti, circa l'importanza ed il ruolo probabilmente svolto dal potenziale di preparazione nell'attivazione cerebrale che caratterizza la fase immediatamente precedente all'esecuzione motoria, derivano dagli studi recenti sulle aree cerebrali motorie:

- Le ricerche recenti di Kornhuber e Deecke hanno rivelato l'esistenza di due distinte componenti nel potenziale di preparazione, che potrebbero avere ruoli diversi nel processo intenzionale: la prima, $BP_1$, sarebbe coinvolta nella progettazione –soprattutto nella determinazione dei tempi di esecuzione- dell'azione, la seconda, $BP_2$, presente nei *500 ms* prima del segnale EMG-0, potrebbe invece rappresentare il comando motorio che innesca l'attivazione muscolare necessaria al movimento;
- Altri esperimenti sul sistema motorio, basate sull'impiego di MEG e fMRI, hanno dimostrato la complessità delle interazioni tra le diverse aree del sistema motorio nella fase precedente ad un

[246] Cfr.Gomes (1998), p. 586.

> movimento volontario, arrivando anche a proporre che l'attivazione dell'SMA e dell'area M1, in vista di un'esecuzione semplicemente automatica del movimento, avvenga solo *dopo* la pianificazione dell'azione (Menon et al. 1998).

Da questi primi elementi, anche considerando le ultime proposte di Jeannerod sulle differenti rappresentazioni dell'azione –rappresentazioni del tutto inconscie al livello dell'esecuzione automatica del movimento-, abbiamo tratto la convinzione che Libet si sia limitato ad analizzare solo l'ultima fase del processo intenzionale, quella cioè, in cui l'attivazione cerebrale di specifiche aree motorie porta direttamente all'esecuzione del movimento, mentre l'ideazione dell'intenzione di compiere quel movimento è da ritenersi precedente.

Se il movimento che Libet ha chiesto di eseguire nei suoi esperimenti non fosse altro che un movimento automatico –balistico, abbiamo proposto noi-, allora i dati EEG del potenziale di preparazione e l'incoscienza corrispondente dei soggetti che Libet ha riscontrato, potrebbero avere maggiormente senso: alla luce dell'interpretazione ultima di Kornhuber e Deecke, infatti, il potenziale di preparazione indagato da Libet altro non sarebbe che la seconda componente $BP_2$. Anche i tempi corrisponderebbero. Il potenziale di preparazione su cui Libet basa tutte le sue conclusioni, dunque, potrebbe semplicemente riflettere l'attivazione dell'ultimo livello nella gerarchia del movimento: quello finalizzato alla scelta delle strategie e delle coordinate spaziotemporali che il movimento deve rispettare per essere eseguito correttamente. Ma, in questo caso, non potrebbe più essere considerato l'*inizio neurale inconscio* di un'azione volontaria.

Come conseguenza di tutto questo, dunque, né l'ipotesi di un inizio inconscio delle azioni volontarie, né l'ipotesi di un libero arbitrio inefficace, se inteso nei termini tradizionali di promotore delle azioni, potrebbero più essere validamente sostenute.

Una considerazione ulteriore, ancora una volta *precondizione* di una discussione generale sul libero arbitrio, riguarda la definizione di movimento *volontario*.

Abbiamo visto che nelle intenzioni di Libet, il movimento richiesto ai soggetti, deve essere il più "spontaneo" possibile, deve avvenire, cioè, in un tempo scelto

dal soggetto e deve essere riconosciuto come *volontario*, in quanto derivante dalla volontà del soggetto stesso e non da condizionamenti o imposizioni esterne.
I termini che Libet usa per definire questa "intenzione" o "volontà" di compiere il movimento, sono i seguenti: *wanting*, *urge, decision*, *intention*.
Ma questi termini non indicano tutti la medesima cosa: ognuno di essi esprime stati psicologici diversi.
Avere l'intenzione di fare qualcosa non dà sempre luogo alla *volontà* di fare quella cosa. La decisione di fare qualcosa, invece, secondo noi, è sicuramente conseguente ad uno stato psicologico in cui volontà, intenzione, desiderio, credenza, emozione e altro ancora, sono già state elaborate mentalmente. In genere, poi, si decide in base a qualcosa e su qualcosa che c'è già, prima del nostro dover o voler decidere.
*Urge*, a sua volta, che sia considerato un forte desiderio o più semplicemente un *impulso*, non esprime certo lo stesso contenuto mentale di *volontà* o *intenzione*.
L. H. Davis (1987), obietta questo, a proposito *di* che cosa il momento W ed il momento M dovrebbero essere la rappresentazione consapevole,
"*… urges and intentions are often quite different. An urge is a felt push toward action, which might persist against one's will. Intentions are not 'felt' at all; they pretty much constitute one's will, and so cannot 'push' one to act against it. An urge can stimulate one to deliberate and decide; intentions often result from deliberation and decision*".
Sottolineamo che, in questo caso, Davis ritiene, diversamente da quanto proposto sopra, che la decisione possa precedere l'intenzione. Questo perchè la sua critica a Libet prosegue con l'affermazione che i movimenti dei soggetti, nel suo esperimento, derivavano, in realtà, da una iniziale e generale intenzione di adeguarsi alle istruzioni del ricercatore. Ricordiamo a questo proposito, che Kornhuber e Deecke consideravano già decisi i contenuti e le modalità dell'azione, nella situazione sperimentale, per cui ai soggetti rimaneva da decidere solo il tempo di essa.

Senza avere, qui, la pretesa di dare definizioni univoche di concetti che, come abbiamo più volte sottolineato, sono alla base di complesse discussioni

filosofiche, vorremmo solo suggerire la possibilità che il movimento volontario su cui Libet basa tutte le sue congetture sul libero arbitrio, non è affatto un modello adeguato di "azione *volontaria*" da cui si possano trarre conclusioni così generali e generalizzanti come le sue.

Abbiamo ipotizzato che il movimento rapido, del dito della mano, che Libet ha scelto come oggetto dei suoi esperimenti sia in realtà un movimento balistico o automatico. Se l'intenzione di agire è letteralmete *presupposta*, nei termini dibattuti da Davis, allora, ancora una volta, il movimento potrebbe essere soltanto una esecuzione meccanica del movimento indicato dallo sperimentatore.

Più generalmente, l'esclusione di componenti solitamente determinanti per l'esecuzione dell'azione, quali l'emozione, la valutazione delle conseguenze e delle modificazioni future legate al proprio atto o l'interazione tra differenti desideri e intenzioni, priva il movimento scelto da Libet proprio di quel contenuto in base al quale potrebbe essere legittimamente ritenuto termine di paragone di un'azione volontaria propriamete detta.

Con questo intendiamo affermare che esistano movimenti "più volontari" di quello considerato da Libet, che meglio potrebbero sostenere una discussione sulla natura del libero arbitrio e sulla libertà di agire dell'uomo. Inoltre, seguendo una definizione classica[247] di volontà, come principio *razionale* dell'azione, e non come principio generale dell'azione, proponiamo che il movimento da considerarsi "più volontario" sia quello in cui l'esecuzione motoria *non* segua immediatamente da un impulso al movimento, ma derivi da una riflessione precedente o da una precedente pianificazione, in cui trovino posto tutte quelle componenti a cui accennavamo sopra. Insomma, un concetto di volontà che distingua utilmente tra la libertà di movimento di un uomo e quella di un lombrico[248], per esempio, un concetto per cui agire secondo volontà è allo stesso tempo agire *secondo ragione*.

---

[247] Cfr. Abbagnano, *Dizionario di filosofia*. Per una definizione che comprende la riflessione contemporanea sul concetto di volontà cfr. Guttenplan (1994-1995).

[248] Cfr. Kornhuber (1984). Una interessante discussione sul concetto politico di *libertà* si trova invece in I. Carter & M. Ricciardi (1996).

## *9.2. Alcuni autori che hanno 'accettato' le conclusioni di Libet*

L'analisi metodologica degli esperimenti di Libet che abbiamo delineato, ha messo in luce alcuni fondamentali punti deboli del procedimento libettiano. La nostra conclusione, dunque, è che la dimostrazione dell'ipotesi di un'inizio cerebrale inconscio nei movimenti volontari non sia da considerarsi certa ed inoppugnabile.

Ci sono autori, comunque, che hanno accolto le conclusioni che Libet ha tratto dai suoi esperimenti. Bisogna precisare, tuttavia, che tra coloro che si sono fidati della ricerca libettiana, molti hanno ripreso ed utilizzato, a sostegno di proprie proposte teoriche, soprattutto i risultati dell'artificiosa operazione di *timing* a cui Libet ha fatto ricorso per tentare una spiegazione del passaggio da processo mentale *inconscio* a processo mentale *conscio*. Più che l'ipotesi libettiana sul ruolo del libero arbitrio come veto delle nostre azioni, dunque, molti studiosi hanno preferito sviluppare le potenzialità di quello che sembrava essere un dato scientificamente osservabile: cioè, il ritardo della coscienza rispetto all'attività cerebrale, relativamente alla percezione tattile di uno stimolo indotto o all'inizio volontario e spontaneo di un movimento.

Ma anche così facendo e anche quando non si sia verificata una semplice e diretta assunzione dei dati riportati da Libet, ma gli autori ne abbiano fatto uso *integrandoli*, di volta in volta, con dati e argomentazioni ricavati da ricerche proprie, si è trattato comunque di un uso acritico dei risultati libettiani, in cui non si è andati a fondo in un'analisi preventiva degli esperimenti. Ci riferiamo, per esempio, ad autori come Velmans (1991), come Dennett & Kinsbourne (1992) o come Bittner (1995).

Dennet & Kinsbourne si sono avvalsi dei risultati libettiani per sostenere la validità del loro modello di coscienza, il *multiple drafts model*, modello che si oppone alla concezione classica della coscienza del "teatro cartesiano".

Bittner, invece, sostiene che i risultati libettiani ben si adattano ad una spiegazione della coscienza nei termini di una *Higher-Order-Perception theory of consciousness*.

Velmans, infine, sebbene segnali il dibattito corrente sull'affidabilità dei risultati

libettiani[249], assume la ricerca libettiana a sostegno della propria visione dell'elaborazione dell'informazione umana.
Poichè una discussione dei primi tre autori che abbiamo citato comporterebbe una lunga digressione sui modelli di coscienza che le loro posizioni presuppongono, tratteremo più ampiamente la posizione di Velmans, che mette in discussione che la 'coscienza' faccia attivamente parte dei processi di elaborazione dell'informazione.

Velmans sostiene che il processo di elaborazione dell'informazione e la consapevolezza di esso siano inevitabilmente "dissociati". Non sarebbe dimostrabile, secondo questo autore, un ruolo attivo della coscienza all'interno dei processi di elaborazione dell'informazione. Se consideriamo la consapevolezza che accompagna spesso l'esperienza soggettiva, per esempio, ci accorgiamo che quasi sempre essa risulta *successiva* rispetto ai processi di elaborazione dell'informazione, sembra, cioè, essere una sorta di output di questi, ma non svolge all'interno o durante la loro elaborazione, nessuna specifica funzione. Una prova di questo è il fatto che esistono processi di elaborazione che procedono comunque anche senza alcun senso di consapevolezza. Il lavoro di Libet fornirebbe un chiaro esempio di ciò.
La consapevolezza, spesso sembra essere necessaria per alcuni processi che Velmans chiama *focal-attentive processing*, processi in cui sia richiesto un elevato grado di concentrazione dell'attenzione. Ma anche in questo caso, il senso di consapevolezza apparirebbe solo nel momento in cui l'elaborazione dell'informazione avesse già prodotto il suo contenuto.
La considerazione ulteriore, in base a cui si può distinguere, una volta per tutte, il processo di elaborazione dell'informazione dal senso di consapevolezza che lo accompagna riguarda l'esistenza di due differenti modi di indagine: mentre i processi di elaborazione dell'informazione si riferiscono "*to a functional subdivision within an information processing model of the brain*", e sono indagabili attraverso l'esecuzione di test come i tempi di reazione, per esempio, la

[249] Velmans (1991), p. 662.

consapevolezza, che ad essi si accompagna, viene indagata attraverso l'uso di resoconti soggettivi. Questa considerazione sostiene la distinzione tra una prospettiva "in prima persona" ed una "in terza persona", che Velmans pone al centro della sua visione "unificata non riduzionista" dei rapporti tra coscienza e cervello: ovvero il modello di coscienza da lui proposto, *the reflexive model of consciousness*[250].

Questo modello cerca di conciliare le due distinte prospettive con cui è possibile considerare i processi mentali: la prima, *first-person*, che appartiene unicamente al soggetto, il quale vi accede esclusivamente attraverso l'introspezione; la seconda, *third-person*, è la prospettiva con cui si possono indagare i fenomeni mentali dal punto di vista dell'osservatore esterno e costituisce il punto di vista tradizionalmente adottato dalla scienza. Queste due prospettive si escludono a vicenda, ma, secondo Velmans, vanno considerate entrambe, perchè sono complementari ed ugualmente necessarie in una visione globale del fenomeno della coscienza.

Nel caso specifico delle azioni, la prospettiva in terza persona sarebbe quella che porta ai risultati di Libet e, quindi, alla scoperta di meccanismi inconsci che regolano anche l'inizio delle singole azioni, ma di cui i soggetti non sono consapevoli. La prospettiva in prima persona, invece, è quella per cui il soggetto/agente *sente* comunque di essere la *causa* delle proprie azioni. Entrambe le prospettive, secondo Velmans, sono legittime, ma non sono riducibili l'una all'altra.

### *9.2.1. Libet in Edelman & Tononi*

Edelman & Tononi non accettano incondizionatamente i risultati di Libet, proprio perchè il modello della coscienza che essi propongono richiede ben più del principio libettiano dell'adeguatezza neurale temporalmente intesa. Libet, però, sembra costituire un antecedente della loro ricerca che, progredita sulla base di esperimenti simili a quelli di Libet, ma con l'aiuto delle moderne tecnologie di

[250] Cfr. Velmans (1996).

brain imaging, presenta ben più di un semplice requisito temporale per la nascita dell'esperienza cosciente.

L'interpretazione scientifica della coscienza che Edelman e Tononi propongono, parte dall'assunto generale dell'esistenza di una "convergenza" tra coscienza fenomenica e coscienza *neurobiologica*: il modello di coscienza che essi propongono, infatti, è fondato su una basilare corrispondenza tra le proprietà che caratterizzano la coscienza fenomenologicamente intesa –l'unità nella molteplicità di aspetti e contenuti- e le proprietà attribuibili, invece, ai processi neurali alla base dell'esperienza cosciente -processi "*estremamente integrati e differenziati*".
La comprensione dei meccanismi neurali *della* coscienza, però, necessita di una distinzione ulteriore, nella coscienza fenomenica, tra coscienza *primaria* e coscienza *di ordine superiore*.
Con il termine di "coscienza primaria" Edelman e Tononi intendono la capacità, propria dell'uomo e degli animali con strutture cerebrali simili all'uomo, di ordinare ed integrare l'enorme quantità di informazione che i sistemi sensoriali producono di continuo. La funzione di questo tipo di coscienza, dunque, è la produzione di scene mentali coerenti attraverso cui l'uomo o l'animale possano regolare il proprio comportamento presente o immediato.
La coscienza di ordine superiore, invece, è una caratteristica dell'uomo soltanto. Oltre all'esistenza della coscienza primaria, infatti, la coscienza di ordine superiore presuppone la capacità di un elevato grado di elaborazione simbolica e semantica dell'informazione, tale per esempio, da favorire lo sviluppo di un vero e proprio linguaggio. È a questo livello di coscienza, inoltre, che si sviluppano il senso del sé e la capacità, durante lo stato di veglia, di coordinare e collegare tra loro scene mentali passate e future.
Se volessimo azzardare una corrispondenza tra la forma di coscienza indagata negli esperimenti di Libet ed i due tipi di coscienza proposti da Edelman e Tononi, potremmo dire che essa è situabile ad un livello di coscienza che ha sicuramente le caratteristiche della coscienza primaria, ma che, comportando il concetto di soggettività, non è definibile attraverso le proprietà di questa forma di coscienza soltanto. D'altra parte, però, non si tratta neanche di una forma di

coscienza assimilabile alla coscienza di ordine superiore. Sebbene una conclusione che interessi il fenomeno del libero arbitrio è da riferire, certamente, alla sfera di problematiche riguardanti la coscienza di ordine superiore, l'obiettivo sperimentalmente perseguito dalla ricerca libettiana si può collocare già al livello della coscienza primaria. Non è l'esistenza o meno di un libero arbitrio e di altre possibli qualità "superiori", infatti, che Libet cerca di stabilire in primo luogo, bensì l'esistenza di alcuni identificabili presupposti neurali dell'esperienza cosciente, intesa nel suo senso più generale di *consapevolezza* di stati mentali soggettivi.

Per spiegare quale ruolo abbia la breve presentazione della ricerca di Libet nel contesto più ampio dell'opera di Edelman e Tononi, non abbiamo bisogno di esporre dettagliatamente l'ipotesi di spiegazione che i due autori forniscono - l'"ipotesi del nucleo dinamico"-, ma ci basterà accennare ad alcuni dei requisiti che essi considerano, al livello neurale, indispensabili per la nascita di qualsiasi forma di esperienza cosciente.

Tra i requisiti proposti, quelli che secondo noi rivestono un ruolo fondamentale sono il principio del *rientro* ed il principio di *integrazione*.

Il rientro, "*il più importante meccanismo integrativo dei cervelli superiori*", è un meccanismo di integrazione dell'informazione che contribuisce alla creazione di scene mentali coerenti nell'ambito della coscienza primaria. Più specificamente, il rientro è un processo di segnalazione dinamica, in parallelo e ricorsivo, attuato attraverso reciproche connessioni anatomiche tra differenti mappe cerebrali.

Il problema del legame (*binding*), dell'unione e della coerenza, cioè, con cui viene percepito un insieme numeroso di stimoli sensoriali differenti relativi ad un singolo oggetto (per esempio, un insieme di stimoli visivi che contengono informazioni sul colore, la forma ed il movimento di un oggetto), può essere risolto, secondo Edelman e Tononi, proprio ipotizzando un simile principio. Attraverso il meccanismo di rientro, il cervello darebbe luogo alla *sincronizzazione* dell'attività di gruppi neuronali appartenenti a mappe cerebrali diverse, collegandoli in circuiti che emettono segnali in uscita coerenti temporalmente. La coordinazione spaziotemporale degli eventi sensoriali e motori, quindi, potrebbe essere il risultato delle operazioni cerebrali eseguite

secondo questo principio. Precondizione necessaria al principio del rientro, è che *anatomicamente* sussista già uno schema di connessioni reciproche e parallele tra le aree cerebrali.

Il rientro però, non è l'unico principio che interviene nel processo di binding: oltre al rientro, infatti, è necessaria l'*integrazione*. Per la produzione di esperienza cosciente la sincronizzazione dell'attività di riconoscibili gruppi neuronali non è sufficiente: le diverse informazioni provenienti dai sistemi sensoriali devono anche essere integrate tra loro, secondo un principio di associazione funzionale.

Per agevolare la comprensione di questo meccanismo, gli autori propongono la seguente definizione intuitiva:

"*Un sottoinsieme di elementi in un sistema costituirà un processo integrato se, in una determinata scala temporale, gli elementi interagiranno con più forza tra loro che con il resto del sistema*"[251].

Se consideriamo il resoconto che Edelman e Tononi fanno della ricerca libettiana, ci accorgiamo che questi due principi sono in un certo modo già presupposti. Edelman e Tononi non si limitano ad esporre i dati che Libet dichiara di aver ottenuto con i suoi esperimenti, ma li integrano, appunto, con le loro stesse ipotesi, trasformando gli esperimenti di Libet, non in un'indiretta prova della loro teoria, ma in un diretto antecedente di essa.

Alla fine della descrizione dell'esperimento libettiano sulla percezione sensoriale di stimoli tattili, per esempio, i due autori inseriscono il seguente commento:

"*Questi risultati indicano che, affinché uno stimolo sia percepito in modo cosciente, sono necessarie interazioni rientranti in corso tra molteplici aree cerebrali*"[252].

Ma questa non è certamente l'ipotesi che esprime Libet, il quale si limita a sostenere la necessità di un tempo minimo dell'attività neurale per la produzione di fenomeni mentali coscienti. L'integrazione tra le aree non era stata minimamente considerata da Libet –anche a causa di una concreta non disponibilità delle tecnologie di visualizzazione del cervello odierne. La

[251] Edelman & Tononi (2000), p. 142.
[252] Edelman & Tononi (2000), p. 84.

corrispondenza tra esperienza cosciente ed intensa attività neurale è, in Edelman e Tononi, invece, un primo passo verso l'affermazione dei principi di cui abbiamo detto sopra e di altri fondamentali requisiti della coscienza. Infatti, nella discussione immediatamente successiva alla presentazione dell'ipotesi di Libet, i due autori ricorrono ai dati forniti da altre ricerche più recenti, in base ai quali dimostrare che la durata della risposta neurale *non* è ancora sufficiente alla produzione di un'esperienza cosciente.
Un processo neurale, dunque, per dare luogo a fenomeni di esperienza cosciente deve soddisfare le seguenti condizioni:

- deve verificarsi in seguito ad interazioni *distribuite* efficaci e *durevoli*,
- deve essere *integrato* -l'attività neurale, cioè, deve essere intensa, ma anche originata dall'integrazione dell'attività di aree cerebrali spazialmente separate,
- deve riflettere un'attività neurale notevolmente *differenziata*, non uniforme o omogenea, bensì specifica ed estremamente diversificata, diversa, cioè, da un grandissimo numero di altre possibili attività neurali, e quindi, con un alto contenuto informativo.

Senza dare un assenso del tutto evidente agli esperimenti ed alle conclusioni di Libet, Edelman e Tononi sembrano più semplicemente accettarne in parte le ipotesi originali, nella misura in cui si sarebbero rivelate precorritrici di alcune delle caratteristiche della coscienza messe in luce dalla loro personale ricerca. Una accettazione totale sarebbe improponibile, visti gli sviluppi della ricerca neuroscientifica e, infatti, i due autori inseriscono da subito alcuni particolari aggiornamenti che possano correggere, in un certo senso, le conclusioni libettiane. Per esempio, per quanto riguada la percezione di stimoli tattili, i due autori riferiscono i risultati di Cauller (1995) di cui abbiamo parlato, sottolineando il possibile intervento di processi legati all'attenzione anche nella 'semplice' percezione tattile. Per quanto riguarda la conclusione più generale della specifica

durata neuronale, che sarebbe richiesta dai processi coscienti, invece, essi propongono il confronto tra attività cerebrale durante casi di convulsione epilettica o di sonno a onde lente e l'attività cerebrale durante la veglia.
Per dimostrare che un'intensa attività neurale non è sufficiente perchè vi sia coscienza, Edelman e Tononi confrontano i tracciati EEG registrati in questi vari casi. Ciò che differenzia l'attività EEG della veglia da quella dell'epilessia o da quella del sonno lento è che l'*andamento* dell'attività cerebrale specifico degli stati di veglia è molto differenziato ed è soggetto a variazioni molto rapide, mentre l'attività neurale che si registra nel sonno a onde lente o nelle convulsioni epilettiche è un'attività ad elevata frequenza di scarica, estremamente sincronizzata, ma intervallata da regolari pause silenti.
Nonostante l'intensa attività cerebrale ipersincrona che li caratterizza, l'epilessia ed il sonno a onde lente costituiscono esempi di evidente dissociazione tra attività corticale e coscienza. La conclusione, dunque, è che "*la presenza di* livelli *normali di scarica nella corteccia cerebrale* non *è un criterio sufficiente perchè vi sia coscienza*"[253]. La possibilità di un processo neurale cosciente deve includere anche una differenza nell'*andamento* delle scariche neuronali: come abbiamo detto, l'attività neurale deve anche *variare* nel tempo.

## *9.3. Una riflessione positiva*

Nonostante le conclusioni della nostra analisi siano fondamentalmente critiche, una considerazione positiva del lavoro di Libet è ancora possibile.
Il problema della coscienza è da sempre un problema che appartiene alla sfera di riflessione della filosofia o della psicologia, oltre che della religione. L'interesse delle neuroscienze al problema della coscienza, invece, ricorre solo in tempi molto recenti.
A Libet si può sicuramente riconoscere il merito di aver stimolato la creazione di prospettive diverse da quella filosofica e psicologica, con cui indagare almeno

[253] Ibid. p. 89.

alcuni dei fenomeni della mente cosciente. Usando le parole di Damasio[254], Libet può essere considerato un "pioniere" della ricerca neuroscientifica sulla coscienza. I suoi esperimenti, in definitiva, hanno dato luogo ad originali ipotesi di spiegazione che ancor oggi danno vita ad accesi dibattiti.

Anche se non riteniamo validi i risultati che Libet ha tratto dai suoi esperimenti, non possiamo negarne l'originalità dell'intuizione: considerare la possibilità che il fattore temporale possa essere determinante per la nascita di stati mentali coscienti e ideare un esperimento in cui si potessero in qualche maniera mettere in luce i legami tra esperienza cosciente ed attività cerebrale, non può certo ritenersi frutto di un'idea banale. Anche la tecnica che Libet ha prediletto, nella sua indagine sui potenziali evocati, la tecnica elettroencefalografica, era in realtà il metodo migliore -per i tempi in cui gli esperimenti sono stati eseguiti- per portare avanti un'indagine sulle caratteristiche temporali di specifici potenziali evocati. Quello che forse sarebbe stato utile fare, vista la riproposizione di Libet di risultati conseguiti anni prima, era una riconsiderazione dell'esperimento mediante l'impiego di tecniche odierne di brain imaging, come quelle adoperate negli esperimenti recenti di cui abbiamo parlato nel capitolo 5.

[254] Cfr. Damasio (2000), p. 406. Un'osservazione finale: anche Damasio menziona Libet nel suo secondo libro, ma ne prende in considerazione solo la prima classe di esperimenti, quella relativa alla percezione di stimoli sensoriali e solo per sostenere la conclusione che i processi di elaborazione dell'informazione mentale richiedono sicuramente tempo e che, poiché risentiamo tutti dello stesso "ritardo", non ce ne possiamo facilmente rendere conto. Cfr. Damasio (2000), pp. 157-158.

# Bibliografia

(Nella bibliografia compaiono anche riferimenti che non vengono direttamente menzionati nel corpo della tesi, ma che sono stati comunque presi in considerazione al fine di un'elaborazione migliore della tesi stessa.)


AA.VV. (1996) Le Scienze, Quaderni, 91

Baillet, S., Mosher, J.C., Leahy, M.R. (2001) - Electromagnetic brain mapping, in «IEEE Signal Processing Magazine» november 2001, pp. 14-30

Bittner, Th. (1996) - Consciousness and the act of will, in «Philosophical Studies», 81, pp. 331-341

Buser, P. (1999) – Il cervello allo specchio, McGraw-Hill

Carter, I., Ricciardi, M. a cura di, (1996) - L'idea di libertà, Milano, Feltrinelli

Cauller, L. (1995) - Layer I of primary sensory neocortex: where top-down converges upon bottom-up, in «Behavioural Brain Research», 71, pp. 163-170

Cordeschi, R. (1984) - La teoria dell'elaborazione umana dell'informazione. Aspetti critici e problemi metodologici, in AA. VV. (1984), «Evoluzione e modelli», Editori Riuniti

Dale, A.M., Halgren, E. (2001) - Spatiotemporal mapping of brain activity by integration of multiple imaging modalities, in «Current Opinion in Neurobiology», 11, pp. 202-208

Damasio, A. R. (1995) - L'errore di Cartesio, Adelphi

Damasio, A. R. (2000) - Emozione e coscienza, Adelphi

De Caro, M. (1998) - Determinismo e libero arbitrio : rinascita di una controversia, in M. Cini ed., Caso Necessità Libertà, CUEN, pp. 167-195

Deecke, L. (1987) - The natural explanation for the two components of the readiness potential, in «Behavioural and Brain Sciences» 10, pp. 781-2

Deecke, L. (1996) - Planning, preparation, execution, and imagery of volitional action, in «Cognitive Brain Research», 3, pp. 59-64

Deecke, L., Grözinger, B., Kornhuber, H.H. (1976) - Voluntary Finger Movement in Man: Cerebral Potentials and Theory, in «Biological Cybernetics», 23, pp. 99-119

Deecke, L., Lang, W. (1996) - Generation of Movement-Related Potentials and Fields in the Supplementary Sensorimotor Area and the Primary Motor Area, in «Advances in Neurology», vol. 70: Supplementary Sensorimotor Area, pp. 127-146

Deecke, L., Lang, W., Beisteiner, R., Uhl, F., Lindinger, G., and Cui, R.Q. (1998) - Experiments in Movement Using DC-EEG, MEG, SPECT and FMRI, in «Current Progress in Functional Brain Mapping – Science and Applications», London, Smith-Gordon & Co Ltd., pp. 53-60

Deiber, M.P., Honda, M., Ibanez, V., Sadato, N., Hallett, M. (1999) – Mesial motor areas in self-initiated versus externally triggered movements examined with fMRI: effect of movement type and rate, in «Journal of Neurophysiology, 81, pp. 3065-3077

Dennett, D.C. & Kinsbourne, M., (1992) – Time and the observer: The where and when of consciousness in the brain, in «Behavioural and Brain Sciences», 15, pp. 183-247

Di Francesco, M. (2000) - La coscienza, Roma-Bari, Laterza

Eccles, J.C. (1982) - The Initiation of Voluntary Movements By the Supplementary Motor Area, in «Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten / Archives of Psychiatry and Neurological Sciences», 231, pp. 423-441

Edelman, G.M., Tononi, G. (2000) - Un universo di coscienza. Come la materia diventa immaginazione, Biblioteca Einaudi

Ericsson, A.K. (1998) - Protocol Analysis, in W. Bechtel and G. Graham eds, *A companion to cognitve science*, Blackwell, pp. 425-432

Ericsson, A.K. & Simon, H.A. (1993) - Protocol Analysis. Verbal reports as data, rev. edn., Cambridge, Mass., MIT Press

Ericsson, A.K., Chase, W.G. & Simon, H.A. (1979) – Phenomenological reports as data, in «Behavioural and Brain Sciences», 2, pp. 601-602

Fourneret, P., Jeannerod, M. (1998) - Limited conscious monitoring of motor performance in normal subjects, in «Neuropsycologia», vol. 36, n. 11, pp. 1133-1140

Gomes, G. (1998) - The timing of conscious experience: a critical review and reinterpretation of Libet's research, in «Consciousness and Cognition», 7, pp. 559-595

Gomes, G. (1999) - Volition and the Readiness Potential, in Libet B., Freeman A. & Sutherland K. eds, *The Volitional Brain*, Imprint Academic, pp. 59-76

Graham, G. (2000) - Behaviorism, in Stanford Encyclopedia of Philosophy

Green, C. & Gillett, G. (1995) – Are mental events preceded by their physical causes?, in «Journal of Philosophical Psychology», 8. (disponibile on-line)

Gregory, R.L., a cura di, (1991) – Enciclopedia Oxford della mente, Sansoni Editore

Guttenplan, S., a cura di, (1994-1995) – A companion to the philosophy of mind, Blackwell

Haber, R. N. (1979) - Twenty years of haunting eidetic imagery: where's the ghost?, in «Behavioural and Brain Sciences» 2, pp. 583-629

Haggard, P., Clark, S., Kalogeras, J. (2002) - Voluntary action and conscious awareness, in «Nature *Neuroscience*», vol. 5, n. 4, pp. 382-385

Haggard, P. - Motor skills. Lecture 4: Motor representations, on-line

Haggard, P. - Neural control of action. Lecture 4. Supplementary Motor Area (SMA), on-line

Jeannerod, M. (1990) - Un modello gerarchico delle azioni volontarie dirette a uno scopo, in «Sistemi Intelligenti», 1990, n. 1, pp. 7-24

Jeannerod, M. (1994) - The representing brain: neural correlates of motor intention and imagery, in «Behavioural and Brain Sciences» 17, pp. 187-245

Jeannerod, M. (2000-1) – Consciousness of action and self consiousness. A cognitive neuroscience approach, ISC Working Papers, on-line

Johnson-Laird, P.N. (1990) - La mente e il computer, il Mulino

Kandel, E.R., Schwartz, J.H., Jessell, T.M. (1994) - Principi di Neuroscienze, 2ª ed., C.E.A., Milano

Keller, I., Heckhausen, H. (1990) - Readiness potentials preceding spontaneous motor acts: voluntary vs. involuntary control, in «Electroencephalography and clinical Neurophysiology», 76, pp. 351-361

Keller, I. (1992) - Reply to Dr. Benjamin Libet's 'Letter to the Editor', in «Electroencephalography and clinical Neurophysiology», 82, p. 86

Kihlstrom, J.F. (1996) - Perception without awareness of what is perceived, learning without awarenessof what is learned, in M. Velmans ed., The Science of Consciousness, Routledge 1996, pp. 23-46

Kiloh, L.G., McComas, A.J., Osselton, J.W. (1975) - Elettroencefalografia Clinica, E.M.S., Salerno

Kornhuber, H.H. (1984) - Attention, Readiness for Action, and the Stages of Voluntary Decision – Some Electrophysiological Correlates in Man, in «Experimental Brain Research», Suppl. 9, pp. 420-429

Kornhuber, H.H., Deecke, L. (1965) - Hirnpotentialänderungen bei Willkürbewegungen und passiven Bewegungen des Menschen: Bereitschaftspotential und reafferente Potentiale, in «Pflügers Archiv für Gesamte Physiologie», 284, pp.1-17

Kornhuber, H.H., Deecke, L. (1985) - The starting function of the SMA, in «Behavioural and Brain Sciences» 8, pp. 591-2

Libet, Benjamin (1965) - Cortical activation in conscious and unconscious experience, in «Perspectives in Biology and Medicine», 9, pp. 77-86

Libet, Benjamin (1966) - Brain stimulation and the threshold of conscious experience, in J. C. Eccles ed., Brain and Conscious Experience, Springer-Verlag, New York, pp. 165-181

Libet, Benjamin (1973) - Electrical stimulation of cortex in human subjects and conscious sensory aspects, in A. Iggo ed., Handbook of Sensory Physiology, vol. 2, Springer-Verlag, Berlin, pp. 743-790

Libet, Benjamin (1978) - Neuronal vs subjective timing, for a conscious sensory experience, in P.A. Buser and A. Rougeul-Buser eds, Cerebral Correlates of Conscious Experience, Elsevier, North Holland Biomedical Press, Amsterdam, pp. 69-82

Libet, Benjamin (1978) - What is conscious sensory experience, operationally?, in «Behavioural and Brain Sciences», 1, commentary to P.E. Roland, p. 156

Libet, Benjamin (1979) - Can a theory based on some cell properties define the timing of mental activities?, in «Behavioral and Brain Sciences», 2, commentary to G.S. Wasserman and K.-L. Kong, pp. 270-271

Libet, Benjamin (1981) - The Experimental Evidence for Subjective Referral of a Sensory Experience Backwards in Time: reply to P.S. Churchland, in «Philosophy of Science», 48, pp. 182-197

Libet, Benjamin (1981) - ERPs and conscious awareness; neurons as generetors, in «Electrophysiological Approaches to Human Cognitive Processing», NRP Bullettin, vol. 20,

Libet, Benjamin (1981) - Timing of cerebral processes relative to concomitant conscious experience in man, in G. Adam, I. Meszaros and E.I. Banyai eds, Advances in Physiological Sciences, Pergamon Press, Elmsford, New York

Libet, Benjamin (1982) - Brain stimulation in the study of neuronal functions for conscious sensory experiences, in «Human Neurobiology», 1, pp. 235-242

Libet, Benjamin (1985) - Subjective antedating of sensory experience and mind-brain theories. Replay to Honderich, in «Journal of Theoretical Biology», 114, pp. 563-570

Libet, Benjamin (1985) - Unconscious cerebral initiative and the role of conscious will in voluntary action, in «Behavioural and Brain Sciences», 8, pp. 529-566

Libet, Benjamin (1985) - Volitional processes (planned, spontaneous and conscious) in relation to the SMA, in «Behavioural and Brain Sciences» 8, pp. 592-4

Libet, Benjamin (1987) - Consciousness: conscious, subjective experience, in G. Adelman ed., Encyclopedia of Neuroscience, Birkhäuser, Boston, pp. 271-275

Libet, Benjamin (1987) - Awareness of wanting to move and of moving, in «Behavioural and Brain Sciences», 10, pp. 318-321

Libet, Benjamin (1987) - Are the mental experiences of will and self-control significant to performance of a voluntary act?, in c 10, pp. 781-786

Libet, Benjamin (1989) - Conscious subjective experience vs unconscious mental functions: a theory of the cerebral processes involved, in R.M.J. Cotterill ed., Models of Brain Function, Cambridge University Press, pp. 35-49

Libet, Benjamin (1989) - The timing of a subjective experience, in «Behavioural and Brain Sciences», 12, pp.183-185

Libet, Benjamin (1990) - Subjective perception, in «Science», 247 (4943), p. 727

Libet, Benjamin (1991) - Conscious or unconscious?, in «Nature», 351 (6323), pp. 194-195

Libet, Benjamin (1991) - Conscious vs neural time, in «Nature», 352 (6330), pp. 27-28

Libet, Benjamin (1991) - Conscious functions and brain processes, in «Behavioural and Brain Sciences» 14, pp. 685-6

Libet, Benjamin (1992) - Voluntary acts and readiness potentials, in «Electroencephalography and clinical Neurophysiology», 82 (1), pp. 85-86

Libet, Benjamin (1993) - Neurophysiology of Consciousness. Selected papers and new essays, Birkhäuser, Boston

Libet, Benjamin (1994) - A testable field theory of mind-brain interaction, in «Journal of Consciousness Studies», 1, pp. 119-126

Libet, Benjamin (1996) - Conscious mind as a field, in «Journal of Theoretical Biology», 178, pp. 223-224

Libet, Benjamin (1996) - Neural processes in the production of conscious experience, in M. Velmans ed., The Science of Consciousness. Psycological, Neuropsycological and Clinical Reviews, Routledge

Libet, Benjamin (1996) - Neural time factors in cerebral mediation of conscious and unconscious sensory perception, in C. Taddei-Ferretti and C. Musio eds, Downward Processes in the Perception Representation Mechanisms, vol. 6, World Scientific

Libet, Benjamin (1996) - Unconscious cerebral initiative and the role of conscious will in voluntary action, in C. Taddei-Ferretti and C. Musio eds, Downward

Processes in the Perception Representation Mechanisms, vol. 6, World Scientific

Libet, Benjamin (1996) - Solutions to the hard problem of consciousness, in «Journal of Consciousness Studies», 3, n. 1, pp. 33-5

Libet, Benjamin (1998) - Do the models offer testable proposals of brain functions for conscious experience?, in «Advances in neurology», 77, pp. 213-217

Libet, Benjamin (1999) - How does conscious experience arise? The neural time factor, in «Brain Research Bulletin», vol. 50, Nos 5/6, pp. 339-340

Libet, Benjamin (1999) - Do We Have Free Will?, in B. Libet, A. Freeman and K. Sutherland eds, The Volitional Brain. Towards a neuroscience of free will, Imprint Academic

Libet, Benjamin (2000) - Time Factors in Conscious Processes: Reply to Gilberto Gomes, in «Consciousness and Cognition» 9, pp. 1-12

Libet, B., Alberts, W.W., Wright, E.W.Jr., 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.Jr., Feinstein, B. (1967) - Responses of Human Somatosensory Cortex to Stimuli below Threshold for Conscious Sensation, in «Science», 158, pp. 1597-1600

Libet, B., Alberts, W.W., Wright, E.W.Jr., Feinstein, B. (1972) - Cortical and thalamic activation in conscious sensory experience, in G.G. Somjen ed., Neurophysiology studied in man, pp. 157-168

Libet, B., Alberts, W.W., Wright, E.W.Jr.,Lewis, M., Feinstein, B. (1975) - Cortical Representation of Evoked Potentials Relative to Conscious Sensory Responses, and of Somatosensory Qualities – in Man, in H.H. Kornhuber ed., The Somatosensory System, pp. 291-308

Libet, B., Kobayashi, H., Tanaka, T. (1975) - Synaptic coupling into the production and storage of a neuronal memory trace, in «Nature», 258 (5531), pp. 155-157

Libet, B., Wright, E.W.Jr, 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, E.W.Jr., Gleason, C.A. (1982) - Readiness-Potentials preceding unrestricted 'spontaneus' vs pre-planned voluntary acts, in «Electroencephalography and clinical Neurophysiology», 54, pp. 322-335

Libet, B., Wright, E.W.Jr., Gleason, C.A. (1983) - Preparation- or intention-to-act, in relation to pre-event potentials recorded at the vertex, in «Electroencephalography and clinical Neurophysiology», 56, pp. 367-372

Libet, B., Gleason, C.A., Wright, E.W.Jr, Pearl, D.K. (1983) - Time of conscious intention to act in relation to onset of cerebral activity (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., Barbaro, 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, E.W.Jr, 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

Mecacci, L. a cura di, (1982) - Tecniche psicofisiologiche, Zanichelli

Menon, R. S., Luknowsky, D.C., Gati. J.S., (1998) – Mental chronometry using latency-resolved functional MRI, in «Proc. National Academy of Sciences», vol. 95, pp. 10902-10907

MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences (1999), MIT Press
Nelli, S. (1982) - Determinismo e libero arbitrio da Cartesio a Kant, Loescher, Torino

On-line Medical Dictionary

Pinel, J.P.J. (1992) - Biopsicologia, EdiSES

Pollatsek, A., Rayner, K. (1998) - Behavioral experimentation, in W. Bechtel & G. Graham, *A companion to cognitive science*, Blackwell, pp. 352-370

Robinson, W.S. (1999) - Epiphenomenalism, in Stanford Encyclopedia of Philosophy

Rowe, J.B., & Frackowiak, S.J. (1999) – The impact of brain imaging technology on our understanding of motor function and dysfunction, in «Current Opinion in Neurobiology», 9, pp. 728-734

Rosenthal, D.M. (1994) - Dualism, in Routledge Encycolpedia of Philosophy

Salter, D. (1989) – Voluntary process and the readiness potential: asking the right questions, in «Behavioural and Brain Sciences», 12, pp. 181-182

Shibasaki, H., Barrett, G., Halliday, E., Halliday, A.M. (1980) - Components of the movement-related cortical potential and their scalp topography, in «Electroencephalography and clinical Neurophysiology», 49, pp. 213-226

Stein, B.E., Wallace, M.T., Stanford, T.R. (1998) - Single neuron Electrophysiology, in W. Bechtel & G. Graham, *A companion to cognitive science*, Blackwell, pp. 433-449

Strawson, G. (1999) - Free Will, in Routledge Encyclopedia of Philosophy, Version 1.1, London and New York: Routledge, on-line

Strawson, P. (1962) - Freedom and Resentment, in «Proceedings of the British Academy», 48, pp. 1-25.

Taraborelli, D. (2000) - Mappe della mente, tesi di laurea in filosofia, presso l'università di Pisa

Velmans, M. (1991) - Is human information processing conscious?, in «Behavioural and Brain Sciences» 14, pp. 651-726

Velmans, M. (1996) – What and where are conscious experiences?, in M. Velmans ed., The Science of Consciousness. Psycological, Neuropsycological and Clinical Reviews, Routledge

Wilsong, G., (2002) - Action, in Stanford Encyclopedia of Philosophy, on-line