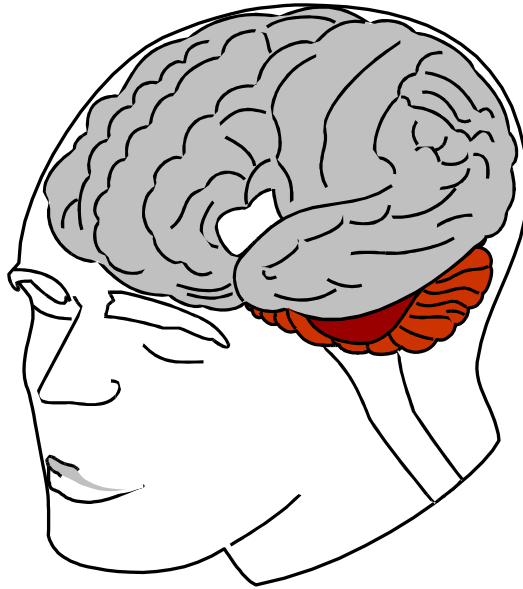


L'HARDWARE DELL'UOMO: IL CERVELLO



1.1 LA NEUROFISIOLOGIA E LA PSICOLOGIA FISIOLOGICA

La neurofisiologia è una branca della fisiologia (disciplina medica e biologica) che si dedica a studiare come funziona il sistema nervoso, interessandosi in modo particolare a quello umano.

Una parte consistente della neurofisiologia si occupa dei meccanismi elementari di base, che consentono al sistema nervoso di funzionare.

I neurofisiologi studiano come il sistema nervoso controlla altre attività del nostro organismo (circolazione, respirazione) e le basi anatomo-fisiologiche dei fenomeni mentali di livello più elevato, quali la memoria, la coscienza, il linguaggio.

La psicologia fisiologica non si limita a studiare le basi del funzionamento del sistema nervoso, ma si occupa delle attività mentali. Le analizza a livello di *hardware*, cioè di *processi anatomo-fisiologici*, costituiti da trasformazioni chimiche ed elettriche in questa o quella parte del sistema nervoso. I ricercatori della psicologia fisiologica si basano sull'acquisizione della psicologia da una parte e della fisiologia dall'altra: utilizzano procedure relativamente semplici, stimolano precisi punti del cervello, registrando gli effetti delle attività mentali.

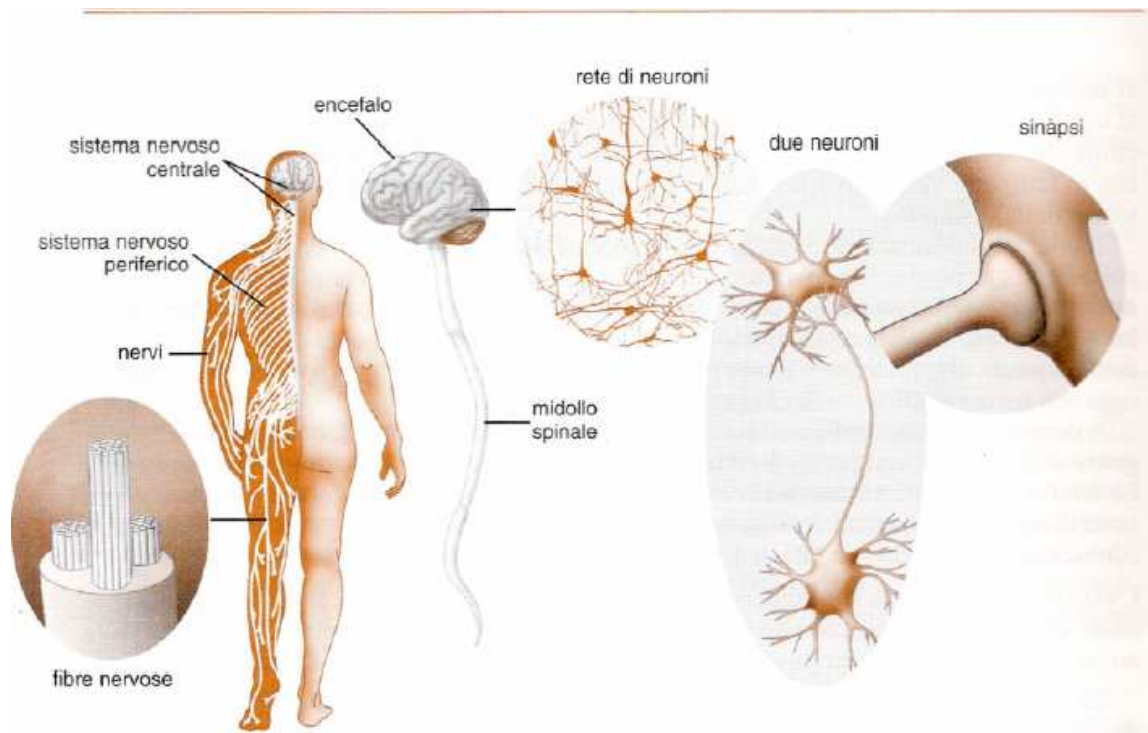
1.2 IL SISTEMA NERVOSO

L'*encefalo*, che si trova nel capo, e il *midollo spinale*, che sta dentro la colonna vertebrale, formano il *sistema nervoso centrale*, la parte più importante e complessa del sistema nervoso, che corrisponde a quello che comunemente chiamiamo cervello. Dal sistema nervoso centrale fuoriescono *nervi*, che diramandosi penetrano in tutto il corpo e che nel complesso formano il *sistema nervoso periferico*.

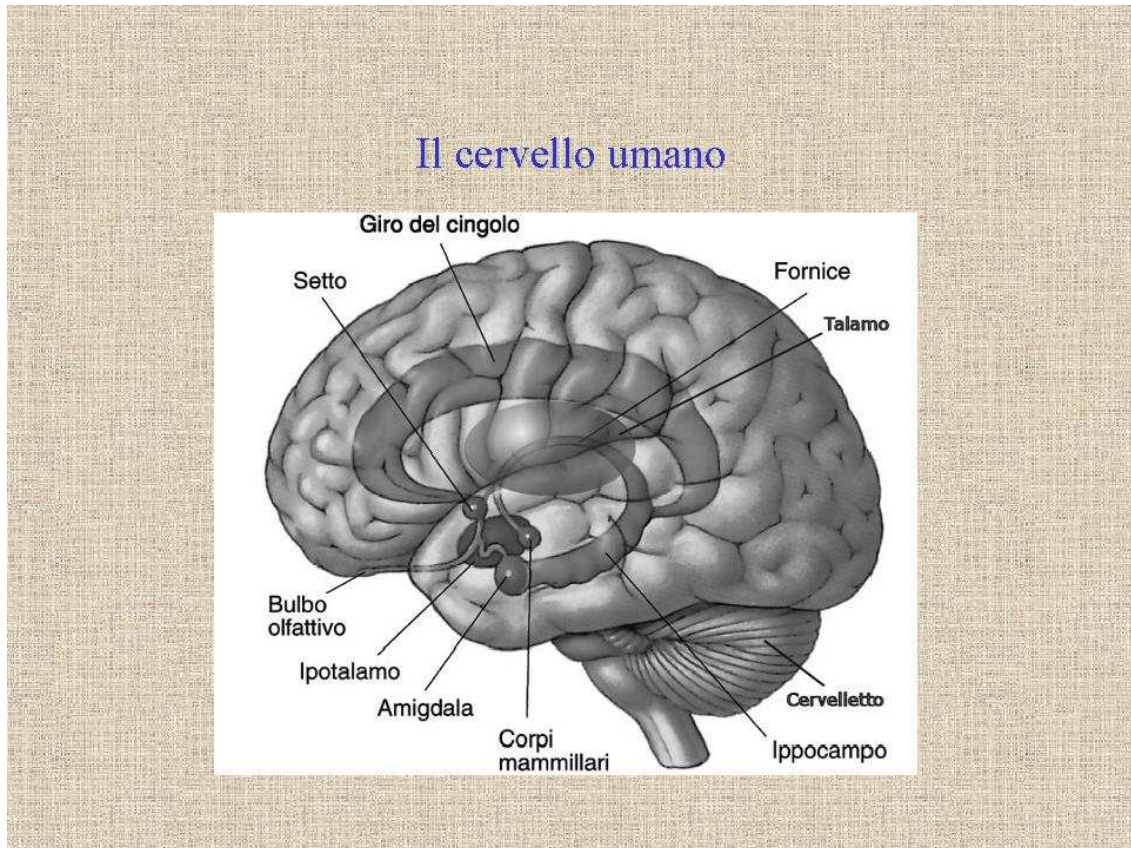
I nervi portano al corpo ordini provenienti dal sistema nervoso centrale e al sistema nervoso centrale informazioni sensoriali.

A livello microscopico il sistema nervoso centrale è un'intricatissima rete fatta di *neuroni*, le cellule del tessuto nervoso. Un neurone tipo ha una parte centrale (il *corpo cellulare*) dal quale partono un lungo prolungamento lineare (*l'assone*) e vari prolungamenti ramificati, simili ad alberi (i *dendriti*, dal greco *déndron* = albero).

La rete viene a crearsi perché i prolungamenti di un neurone entrano in contatto con i corpi cellulari e con i prolungamenti di altri neuroni. I contatti, detti *sinàpsi* (dal greco *sunapto* = collego), si presentano come bottoncini e sono caratterizzati dal fatto che le due cellule non si toccano, ma restano divise da un intervallo piccolissimo (trentamila volte più piccolo di un millimetro). I nervi del sistema nervoso periferico sono costituiti in prevalenza da lunghissimi assoni, riuniti in fasci: le *fibre nervose*.



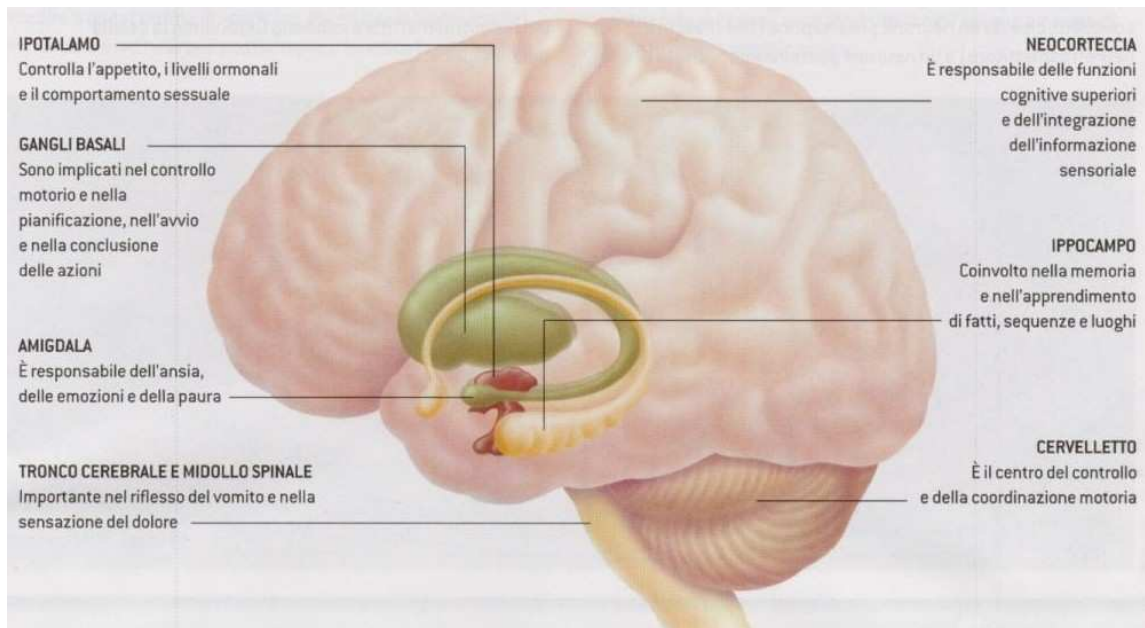
1.3 ANATOMIA DEL CERVELLO UMANO



È l'oggetto più complesso e misterioso che si conosca: **1.300-1.500 grammi** di tessuto gelatinoso composto da **100 miliardi** di cellule (i **neuroni**), ognuna delle quali sviluppa in media **10 mila connessioni** con le cellule vicine.

Ecco, in sintesi, come si forma, com'è organizzato, come si difende e come funziona il cervello. Durante la vita fetale l'organismo produce non meno di 250 mila neuroni al minuto. Ma 15-30 giorni prima della nascita, la produzione si blocca e per il cervello comincia una seconda fase che durerà per tutta la vita: la **creazione di connessioni tra le cellule**.

In questo processo, le cellule che falliscono le connessioni vengono eliminate, tanto che al momento della nascita sono già dimezzate. La moria diviene imponente dai 30-40 anni quando, senza che l'organismo le sostituisca (la rigenerazione di neuroni è stata realizzata solo in laboratorio), le cellule cerebrali cominciano a morire al ritmo di 100 mila al giorno, circa 1 al secondo. Per fortuna non c'è un corrispondente declino mentale: la **capacità di creare nuove connessioni** preserva, infatti, le facoltà mentali acquisite.



Il cervello umano (più correttamente "**encefalo**") è il risultato della sovrapposizione dei tre tipi di cervello apparsi nel corso dell'evoluzione dei vertebrati. Dal basso (alla base del cranio), il cervello più antico, o **romboencefalo**, specializzato nel controllo di **funzioni involontarie** come vigilanza, respirazione, circolazione e tono muscolare.

Comprende il **cervelletto** e le parti del **midollo spinale** che si allungano nel cervello. Salendo, c'è il **mesencefalo**: una piccola porzione di tessuto nervoso costituita dai cosiddetti peduncoli cerebrali e dalla lamina quadrigemina. Infine c'è il **prosencefalo**, la parte più "moderna", suddiviso in **diencefalo** e **telencefalo**. Il primo, chiamato anche "**sistema limbico**", contiene strutture come **talamo**, **ipotalamo**, **ipofisi** e **ippocampo**, da cui provengono sensazioni come fame, sete o desiderio sessuale. Infine, la parte più recente in assoluto: la **corteccia**, dove hanno sede le funzioni **intelligenza e linguaggio**.

La corteccia rappresenta la sede più alta delle nostre attività nervose e psichiche; avvolge gli emisferi cerebrali con uno spessore che oscilla tra i 2 e i 4 mm ed è difficile immaginare quanto sia estesa. La corteccia è, infatti, percorsa da profonde fenditure (le **scissure**) delimitanti molteplici ripiegature (le **circonvoluzioni cerebrali**) tanto che, se potessimo distenderla, occuperebbe un'area molte volte maggiore di quella della testa. La fenditura più profonda è quella che separa i due emisferi, uniti però dal **corpo calloso**, una fittissima trama di fibre nervose: se si recidessero, i due emisferi non comunicherebbero più. Le altre fenditure maggiori distinguono i cosiddetti "**lobi**". I maggiori sono quello **temporale** (udito ed equilibrio), **frontale** (movimenti volontari), **parietale** (sensibilità tattile e gusto) e **occipitale** (visione). Ad avvolgere l'encefalo troviamo infine le membrane chiamate **meningi** (**pia madre**,

aracnoide e dura madre): contrariamente a quanto suggeriscono le frasi fatte, non servono a pensare, ma a nutrire e proteggere il cervello vero e proprio. Sempre a scopo protettivo, l'encefalo è infine percorso da una serie di cavità piene di liquido (il **liquor cefalorachidiano**) che crea una sorta di "effetto galleggiamento" utile per contrastare la forza di gravità e le accelerazioni dovute ai rapidi movimenti della testa. C'è infine una difesa cerebrale che, tra l'altro, rende difficilissimo dimagrire a comando. Se un digiuno tende infatti a intaccare più i muscoli che la massa grassa, è infatti perché il cervello difende se stesso. Il suo nutrimento sono gli zuccheri, e i neuroni non sono in grado di demolire i grassi per fabbricarsi zuccheri. Perciò, finiti quelli disponibili subito nel fegato, usano le proteine (nel frattempo l'organismo demolisce anche i grassi) e intaccano i muscoli. Meglio così, perché gran parte delle fibre nervose sono "isolate" da un manicotto - la **guaina mielinica** - costituito da grassi... se i neuroni li potessero "mangiare", come accade in una malattia chiamata **sclerosi multipla**, diverrebbe impossibile l'attività cerebrale.

1.4 IL NEURONE: LA CELLULA BASE

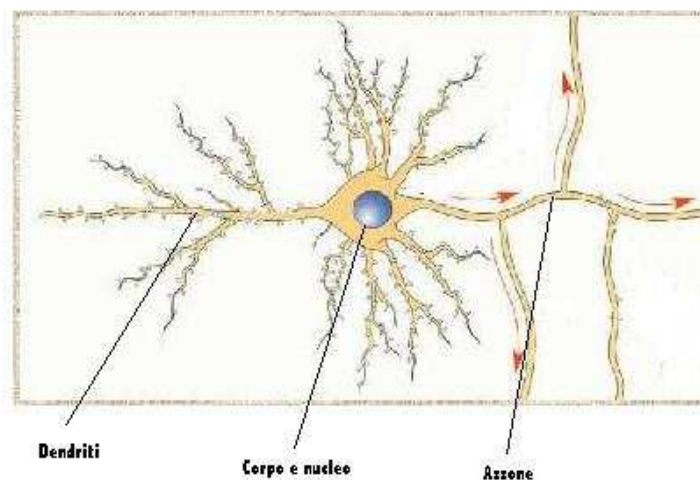
I mattoni del cervello, i **neuroni**, sono cellule specializzate nel raccogliere, elaborare e trasferire impulsi nervosi. Dal loro corpo cellulare si diramano vari rametti, i **dendriti**, e un ramo più grosso, l'**assone**. I primi ricevono i segnali in arrivo, il secondo conduce i messaggi in uscita. Grazie a dendriti e assoni, il numero totale delle connessioni

che i neuroni di un cervello umano

riescono a stabilire supera il numero di tutti i corpi celesti presenti nell'universo.

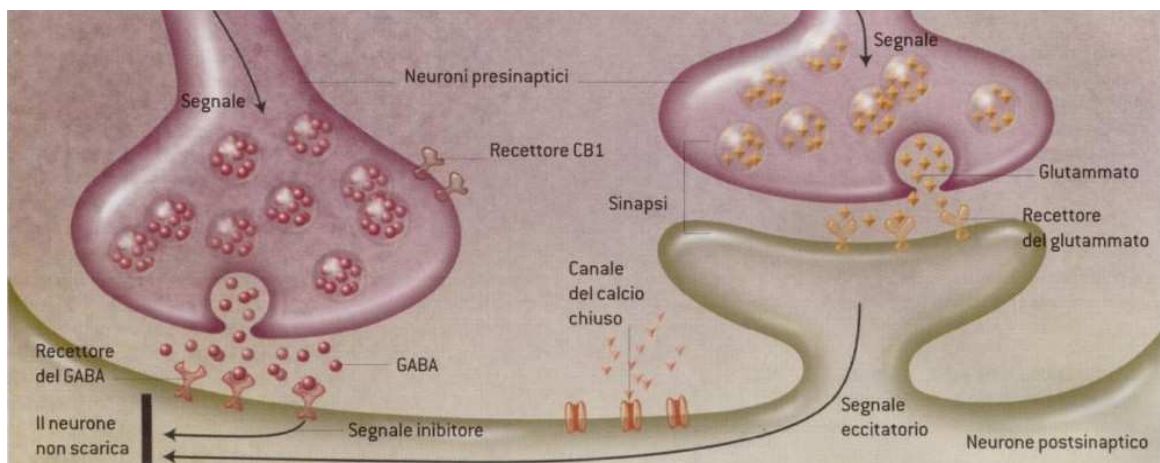
L'esistenza di queste connessioni, o **sinapsi**, fu scoperta alla fine del XIX secolo dal

fisiologo inglese Charles Scott Shemngton, anche se non si tratta di



connessioni fisiche perché tra due neuroni s'interpone sempre una microscopica fessura. La terminazione dell'assone rilascia sostanze, dette **neurotrasmettitori**, che sono raccolte dagli appositi **recettori** presenti sulla membrana della cellula-obiettivo. Catturato il neurotrasmettitore, il messaggio chimico viene riconvertito in impulso elettrico. Per rendere il viaggio più veloce, sull'assone l'impulso procede a balzi. L'assone, infatti, è ricoperto da un materiale isolante chiamato **guaina mielinica** costituita dalle **cellule di Schwann**, che però lascia scoperti alcuni punti: i **nodi di Ranvier**. E saltando da un nodo all'altro, l'impulso raggiunge i 400km/h. I **neurotrasmettitori** sono come parole di un linguaggio limitato ma molto complesso, composto da appena una cinquantina di vocaboli, ma capaci di fornire istruzioni dettagliate. Purtroppo non esiste ancora un vocabolario per tradurre i messaggi chimici, ma possiamo almeno raggruppare i neurotrasmettitori in due gruppi distinti: **quelli ad azione rapida e quelli ad azione lenta**.

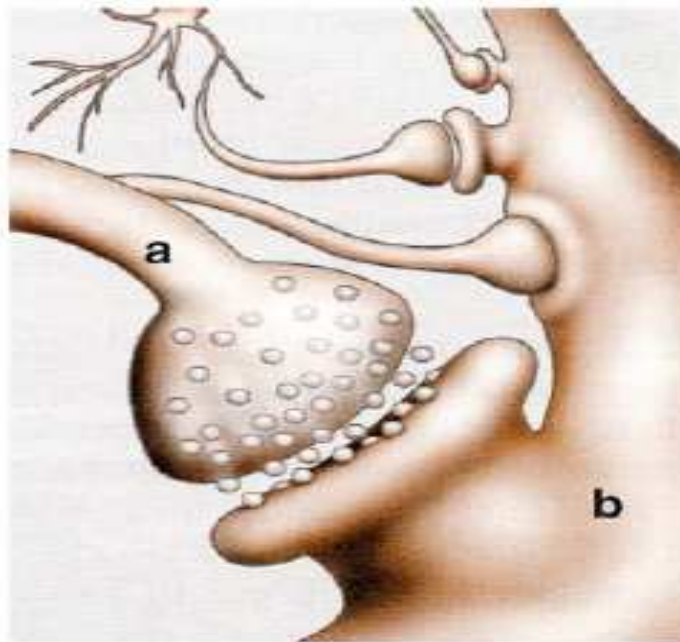
Tra i primi troviamo molecole come l'**acetilcolina**, l'**adrenalina**, la **noradrenalina**, la **dopamina**, la **serotonina**, l'**acido gamma-ammino-butyrico (GABA)**: molecole di piccole dimensioni, che hanno il compito di provocare risposte immediate, dalla percezione di un profumo alla reazione (per esempio, un sorriso). Del secondo gruppo fanno parte i **neuropeptidi** (i più noti sono la **somatostatina** e le **betaendorfine**): grosse molecole, lente ad agire ma capaci di indurre modifiche durevoli. Danno per esempio forma alle sinapsi, ma possono anche ridurre i **recettori** per un certo neurotrasmettitore, rendendo così i neuroni "sordi" a certi comandi.



Trasmissione sinaptica.

Sulla superficie della cellula *b* arrivano diversi prolungamenti di altre cellule. Nelle sinapsi - i punti di contatto - si vedono chiaramente un *bottone presinaptico*, il rigonfiamento con cui termina il prolungamento cellulare in arrivo, e lo *spazio intersinaptico*, che separa le due superfici cellulari. Il

bottone presinaptico *a* contiene vescicole cariche di un mediatore chimico che, liberato nello spazio intersinaptico, va a stimolare la cellula *b*.



1.5 ANALOGIA TRA CERVELLO UMANO E COMPUTER: DATI IN INPUT E PROCESSO DI ELABORAZIONE

Il cervello ha alcuni punti di contatto con i computer, ma anche una differenza essenziale: è "plastico". Ciò significa che ogni volta che lo usiamo, si modifica. Abbiamo già visto che **due neuroni, per comunicare, si scambiano sostanze chimiche che li inducono a generare particolari impulsi elettrici**. Immaginate di ripetere questo processo milioni, miliardi di volte e avrete descritto, pur se in maniera semplificata, il trasferimento di un'informazione (visiva, acustica...) all'interno di un circuito neuronale del cervello umano. Vediamo un caso semplice; immaginiamo per esempio di cogliere un fiore mai visto prima e caratterizzato da un profumo piacevolissimo. Questo tipo di informazione viaggerà dalla mucosa olfattiva (la parte interna del naso che "sente" gli odori), lungo il nervo olfattivo, fino alla parte della corteccia cerebrale organizzata per analizzare e comprendere i profumi. Nel fare ciò, l'informazione attraverserà un numero enorme di sinapsi creando l'equivalente di un "sentiero" neuronale. Al ripetersi dell'esperienza, l'informazione viaggerà nuovamente lungo lo stesso percorso **rinforzandolo** ancora di più, proprio come il passaggio di molte persone in un bosco crea un sentiero. Questo processo, chiamato **facilitazione**, è, con tutta probabilità, la base fisica dei processi di apprendimento e memorizzazione: quando un'informazione è passata un gran numero di volte attraverso la medesima sequenza di sinapsi, le sinapsi stesse

sono così "facilitate" che anche segnali o impulsi diversi, ma attinenti (per esempio il nome del fiore che ha un certo profumo) generano una trasmissione di impulsi nella stessa sequenza di sinapsi. Ciò determina nel soggetto la percezione dell'esperienza fatta in precedenza numerosissime volte, e cioè il sentire quel piacevole profumo anche se il profumo non viene in realtà "sentito".

Ecco generato il ricordo. Lo stesso accade quando si cerca di memorizzare un nuovo numero telefonico o un nuovo numero del Bancomat: occorrerà ricomporlo più volte prima di fissarlo nella memoria¹. Questo meccanismo spiega anche un altro piccolo mistero: perché mai, quando abbiamo imparato una canzone o una poesia, è così difficile recitarla partendo dalla seconda strofa e non dall'inizio? Proprio perché l'intera memorizzazione fa parte di un percorso "facilitato": solo imboccandolo dall'inizio si riesce a ripercorrerlo senza difficoltà. Ovviamente il processo dell'apprendimento è molto più complesso. Le informazioni da apprendere e memorizzare sono caratterizzate da diversi parametri (colore, sapore, suono, emozione, dimensione, sofferenza...) che, presi uno per uno, interessano aree cerebrali differenti. Il cervello è infatti suddiviso in centinaia di **aree**, ognuna delle quali governa una specifica funzione. Ogni volta che pensiamo, ricordiamo, parliamo, cantiamo, corriamo, annusiamo o soffriamo, queste aree si attivano in maniera trasversale, attraverso un processo ancora non ben chiarito d'integrazione dei singoli aspetti della realtà.

Il cervello ha molte altre funzioni, oltre all'apprendimento e alla memoria. In particolare, funge da centrale di controllo per le sensazioni e il movimento. E oggi i ricercatori hanno costruito con una certa precisione la **mappa sensoriale** e **motoria** del cervello. Come? Un sistema è quello di applicare, nel corso di interventi chirurgici in anestesia locale, minime stimolazioni elettriche in aree precise della corteccia e chiedere al paziente quali sensazioni prova. Viceversa, una stimolazione periferica (per esempio una puntura su un piede) produce nella corteccia un segnale elettrico che può essere rilevato grazie, per esempio, alla risonanza magnetica. Lo stesso dicasi per la corteccia motoria, la cui stimolazione elettrica può produrre un movimento specifico e viceversa.

1.6 SINAPSI IN COSTRUZIONE

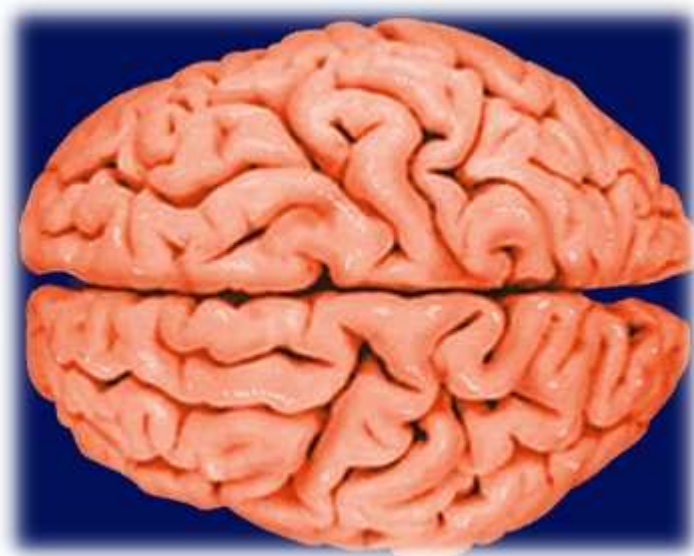
Una cosa però è certa: alla base della memoria c'è la **plasticità neuronale**. Con queste parole si definisce l'abilità del cervello di

¹ A meno che non si usino strategie di memorizzazione che legano il nuovo numero a percorsi già formati; sarebbe facile per esempio ricordare un numero come 191518 collegandolo al concetto "Prima guerra mondiale" (cominciata nel 1915 e finita nel 1918).

plasmare se stesso attraverso il **continuo rimodellamento delle sinapsi vecchie e la creazione di sinapsi nuove**. Il cervello è, infatti, in costante rimodellamento, ed è proprio per questo che si deve mantenerlo sempre in esercizio per garantirne l'efficienza. Certo, è legittimo pensare che l'apprendimento sia qualcosa di più della ristrutturazione di un certo numero di sinapsi... ma esiste una prova concreta che senza la plasticità neuronale non saremmo più capaci di apprendere. Innanzi tutto, una premessa: per essere "plastico", il **cervello deve poter fabbricare rapidamente nuove proteine**. La semplice espulsione del neurotrasmettitore dall'estremità dell'assone richiede la presenza di proteine: il loro compito in questo caso, è quello di spingere le vescicole piene di neurotrasmettitori in prossimità della **membrana presinaptica**. Altre proteine hanno una funzione simile a quella delle gru nelle costruzioni edilizie: spostano i dendriti e gli assoni in nuove posizioni, dove possono connettersi con altre cellule prima fuori portata. Ebbene, è stato notato che l'uso di farmaci capaci di bloccare la sintesi proteica blocca anche apprendimento e memorizzazione. Il cervello, insomma, non impara se non modificandosi.

1.7 GLI EMISFERI DEL CERVELLO E IL PROCESSO DI ELABORAZIONE

I due emisferi del cervello che sono sostanzialmente identici, **si sono suddivisi alcune importanti funzioni**. **L'emisfero destro** è più specializzato nei **compiti spaziali e di sintesi** come la lettura delle mappe, l'esecuzione di disegni geometrici, il riconoscimento dei volti e la sensibilità musicale. **L'emisfero sinistro** predilige invece l'espressione e la comprensione del **linguaggio**, l'analisi dei **dettagli**, il **ragionamento simbolico**.



Sono legate proprio a questa differenziazione tra gli emisferi anche alcune differenze statistiche tra i due sessi: gli uomini, che usano prevalentemente l'emisfero destro, si rivelano migliori nell'orientamento spaziale e nella logica matematica, le donne nella ricchezza di vocabolario e nell'abilità manuale.

E la nota differenza di volume tra il cervello di lui e quello di lei? Esiste, ma pare che ciò sia dovuto soltanto al fatto che il maschio è più grosso e ha più muscoli, per cui al suo cervello è richiesto un maggior lavoro di controllo: per quanto riguarda la corteccia con funzioni cognitive, però, l'estensione è assolutamente identica nei due sessi. C'è invece una disparità, meno nota, che si manifesta a livello di emisferi: nella donna i due emisferi cerebrali sono mediamente più simili tra loro. Con la conseguenza che, nel caso di una malattia che colpisce soltanto un emisfero, le capacità di recupero della donna risultano nettamente superiori a quelle del maschio.

Le ultime scoperte sulla differenza del cervello tra donne e uomini sono riconducibili ai ricercatori dell'Università della California (a Irvine). Sarebbero infatti diverse, tra uomini e donne, le aree del cervello attivate per il processo di ragionamento. A parità di quoziente intellettivo, spiegano gli scienziati, gli uomini hanno sei volte e mezzo la materia grigia delle donne, che è collegata all'intelligenza generale, mentre le donne hanno dieci volte la materia bianca dell'uomo, che ha la funzione di relazionare le aree cerebrali. Richard Haier, che ha condotto lo studio, cerca poi di interpretare i risultati ottenuti: "Questo suggerisce quasi che nel corso dell'evoluzione umana si siano sviluppati due differenti tipi di cervelli ed entrambi sono stati in grado di adattarsi e di affrontare la vita sul nostro pianeta". A sostenere la tesi anche il fatto che le donne utilizzano in maniera dominante il lobo frontale, invece l'uomo è tendenzialmente portato a coinvolgere, nel processo di ragionamento, una zona più vasta di corteccia. Queste scoperte non sono semplici curiosità scientifiche, ma potrebbero avere una grande importanza per lo studio di terapie riguardanti la demenza e le malattie neurodegenerative. Per portare a termine la ricerca, Richard Haier e la sua equipe hanno impiegato dei sofisticati scanner per la risonanza magnetica, incaricati di osservare le zone del cervello coinvolte durante i test intellettivi e gli stimoli a cui sono stati sottoposti i volontari dello studio. Con tale metodologia di lavoro e grazie anche a software avanzati, gli scienziati dell'Università della California sono così riusciti ad ottenere una mappatura delle zone cerebrali coinvolte nel processo di ragionamento e a seguire l'attivazione dei neuroni in relazione a stimoli diversi.



Esperimento di D. Kimura sull'asimmetria funzionale degli emisferi cerebrali (1973).

Il nostro cervello non è unico, ma formato da due cervelli, pressoché identici, affiancati e collegati da una specie di ponte. Siccome ciascuna formazione è come una mezza sfera, si parla di *emisfero destro* e di *emisfero sinistro*. Ogni emisfero è specializzato in determinate attività, anche se non le svolge in esclusiva, ma si limita a dominare sull'altro quando facciamo quelle cose. L'esperimento di Kimura, ormai classico, dimostra che quando comprendiamo il linguaggio domina l'emisfero sinistro, mentre quando cogliamo l'armonia di una melodia domina il destro. L'esperimento si basa sulla *tecnica dell'ascolto dicotico*: ad un auricolare della cuffia arrivano messaggi diversi da quelli che arrivano all'altro. Se il soggetto sta ascoltando parole, afferra meglio quelle che arrivano all'orecchio destro, mentre, se sta ascoltando musiche, percepisce meglio quelle che arrivano al sinistro. Siccome le vie nervose si incrociano, gli stimoli in arrivo all'orecchio destro sono quelli che vengono elaborati nell'emisfero sinistro, mentre quelli in arrivo all'orecchio sinistro vengono elaborati nell'emisfero destro.

Evidentemente quando si tratta di parole è più impegnato l'emisfero sinistro e quando si tratta di melodie il destro.