

INTRODUZIONE ALLE NEUROSCIENZE

QUESTIONE DI PAROLE

Dio *DISSE*: Sia luce; e fu luce (Genesi 1,3)

In principio era il *VERBO*, e il *VERBO* era presso Dio, e il *VERBO* era Dio.
(Giovanni 1,1)

Anche noi cominciamo dalle parole; dal Dizionario Etimologico (PIanigiani 1907) riportiamo:

SPIRITO

dal latino spiritus=soffio, alito d'aria, da spirare; dall'idea di soffio, che è leggero e invisibile, passò ad esprimere qualunque sostanza incorporea come l'anima, gli angeli, i demoni, i folletti, l'ombra di un morto.

ANIMA

forma femminile di animus/spiritus e come questo congiunta etimologicamente al greco anemos/vento; principio di vita in ogni essere organizzato; quella parte di noi stessi che pensa, delibera e che gli uomini non seppero meglio esprimere che ricorrendo alle idee di soffio, aura, vento, che si avverte ma non si vede.

PSICHE

alito, fiato, respiro e poiché questo è segno e condizione del vivere; anche: vita, spirito, anima. Per Omero la psiche abbandona l'uomo nel momento della morte, esce dalla bocca e viene emessa dal respiro o anche dalle ferite e vola verso l'Ade; là diventa spettro e conduce la pallida esistenza delle ombre come immagine del defunto.

Nella psicologia moderna e nell'uso comune è il complesso dei fenomeni e delle funzioni che consentono all'individuo di formarsi un'esperienza di sé e del mondo e di agire conseguentemente.

MENTE

che indica pensare, conoscere, intendere. Deriva dalla radice indoeuropea MA[^] che significa misura. La facoltà più eccellente dell'anima con la quale l'uomo intende, conosce: propriamente facoltà di misurare le cose e giudicarle.

...E DI VISIONE

Gli studiosi non finiranno mai di stupirsi di fronte all'evidenza che le osservazioni scientifiche sono molto meno oggettive di quanto essi credono e vorrebbero.

Un grandissimo anatomico del passato, Thomas Willis, nella prefazione al suo *CEREBRI ANATOMIE* (1664), nel riconoscere la fallacia delle sue pregresse osservazioni, si sente più simile ad un pittore che ha dipinto la testa umana secondo la propria fantasia, che ad un attento osservatore che descrive solo ciò che vede.

Gli studi più recenti sul funzionamento del sistema visivo sono concordi nel ritenere che paragonarlo ad una macchina fotografica o ad una videocamera è del tutto fuorviante: la visione è il risultato di un processo attivo e non di una mera ricezione passiva dello stimolo.

Ciò che vediamo dipende ovviamente dalla fisiologia del sistema visivo ma anche dalle "lenti" che ogni cultura impone, più o meno apertamente e consapevolmente, agli individui che quella cultura hanno creato e creano. (figg. vi.1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) Un bell'esempio di questa "cecità" culturale è dato dallo studio della corteccia cerebrale.

Le circonvoluzioni cerebrali sono visibili "prima facie" a tutti gli studiosi che aprono un cranio, eppure esse sono state letteralmente "oscurate" dall'assenza di significato che è stata a loro attribuita.

...E ANCHE DI STORIA

La corteccia è stata descritta in maniera accurata e veridica solo nel XVII secolo.

La prima descrizione scritta che ne abbiamo si trova in un papiro egizio; lì la corteccia è paragonata alle increspature della superficie del rame fuso.

Questa immagine così povera non deve stupirci; gli egizi infatti non attribuivano al cervello alcun significato e lo estraevano dal naso per rendere possibile l'imbalsamazione anche della testa; l'organo veramente importante, sede del Ka, era il cuore che veniva pesato dopo la morte dalla dea della giustizia Maat e doveva risultare più leggero di una piuma (fig. 1)

I giri corticali troppo assomigliavano a quelli osservati negli altri animali e agli ignobili intestini per pensare che lì potesse risiedere l'anima, nata per contemplare il bello, la cui esistenza Platone (V-IV sec. a.C.) raccogliendo l'eredità orfico-pitagorica andava teorizzando.

Per Aristotele (IV sec. a.C.) il cuore è la sede della percezione e della cognizione; il cervello si limita a raffreddare le passioni del cuore.

Sei secoli dopo, Galeno (II sec. d.C.), il più importante medico dell'antichità insieme ad Ippocrate, rigetta la teoria aristotelica che il cuore sia sede dell'anima, ma continua a pensare che anima e/o mente consistano di spiriti che emanano dal cuore ed arrivano al cervello. Nei suoi *Commentarii ad Ippocrate e a Platone* scrive che nel cervello, e nel plesso retiforme in particolare, avviene la trasformazione del "pneuma vitale" in "pneuma animale".

La parola pneuma è sempre stata tradotta con la parola “spirito”; tuttavia qui Galeno non allude ad un principio spirituale, ma ad un principio propriamente fisico, immaginato come aeriforme ed impalpabile, difatti sia “spiritus” che “pneuma” contengono principi inerenti al movimento dei corpi gassosi.

Galeno paragona il processo di rarefazione dello “spiritus” che avviene nel plesso retiforme cerebrale all’ analogo processo di rarefazione che avverrebbe nei testicoli per trasformare il sangue in sperma.

Le dottrine di Galeno dominano incontrastate fino al Rinascimento; col Rinascimento anima e mente vengono localizzate nella testa e, in particolare, nei ventricoli (fig. 2); uno dei principali sostenitori di questa teoria fu Leonardo da Vinci (14.../ 1514) che ce ne ha dato meravigliosi disegni (fig. 3).

Il filosofo, matematico e scienziato Cartesio (1596/1650) è praticamente sinonimo di dualismo (credenza che mente e corpo siano due entità separate, indipendenti e diverse per natura); tale credenza non è originariamente sua ma è lui che l’ha elaborata più compiutamente.

Per Cartesio i corpi animali sono come un orologio e la mente o l’anima, (termini da lui usati intercambiabilmente) non può essere spiegata in termini biologici; Cartesio inoltre, pur riconoscendo la somiglianza tra corpo umano e corpo animale, sostiene che l’anima razionale è solo umana.

Cartesio non immaginava che la percezione del mondo esterno e il pensare (il suo famoso “cogito ergo sum”) fossero il risultato del funzionamento del nostro corpo fisico.

Egli era tuttavia consapevole che l’anima razionale e il corpo devono interagire in qualche modo e si chiedeva come e dove questo fosse possibile: identificò la ghiandola pineale (epifisi) (fig. 4) come il luogo in cui avviene l’incontro tra anima spirituale e corpo materiale. Perché questa scelta? Perché la ghiandola pineale è unica e centrale (non in doppia copia come il resto del cervello (non rendendosi conto (?) che anche la ghiandola pituitaria cioè l’ipofisi è unica e centrale), così come unitaria è l’esperienza di sé e del mondo. E’ curioso che Cartesio non abbia notato che anche gli animali hanno la ghiandola pineale (o forse l’ha notato); in ogni caso questa parte della teoria cartesiana è assai debole perché non spiega come nella pineale possa realizzarsi l’incontro dell’anima con il corpo.

Ora sappiamo che la pineale produce melatonina ed è coinvolta nella regolazione del ritmo sonno-veglia.

Col passare del tempo gli scienziati sempre più erano portati a credere che fosse il cervello il responsabile di molte delle funzioni precedentemente attribuite all’anima. Uno dei più importanti tra loro è Thomas Willis (1621-1675). E’ stato lui a coniare il termine neurologia come scienza che si occupa dei disturbi del cervello; il suo nome è legato alla scoperta del circolo anastomotico della base cerebrale quell’anello cioè che collega le due arterie che irrorano il cervello: la carotide e la vertebrale. (fig. 5)

F.J. Gall (1758-1828) fortemente sostenne che il cervello fosse l’organo della mente e identificò 35 diverse facoltà mentali che egli collocò nella corteccia; sostenne inoltre che il diverso sviluppo delle facoltà mentali modella la forma del cranio (i

famosi bernoccoli) quindi è possibile secondo lui sapere se una persona ha una facoltà particolarmente sviluppata ispezionando la forma del cranio (es. bernoccolo al vertice del cranio indicherebbe benevolenza) (fig. 6). Questa “scienza” prese il nome di frenologia; ovviamente non ci si crede più, tuttavia, delle teorie di Gall abbiamo conservato l’idea che le diverse facoltà hanno nel cervello luoghi di elaborazione diversi.

Dopo Gall molti scienziati hanno cercato di localizzare le diverse funzioni rimuovendo parti diverse del cervello per osservare il deficit che ne derivava.

Quello che gli scienziati sostengono oggi è che la percezione e la cognizione sono il risultato del lavoro del cervello per cui ci dedicheremo al suo studio, cominciando dalla organizzazione macro e microscopica.

IL SISTEMA NERVOSO

Con l’acronimo SNC (Sistema Nervoso Centrale) indichiamo il cervello e il midollo spinale;

SNP (Sistema Nervoso Periferico) invece indica le radici nervose, i nervi, i recettori...ma di esso non ci occuperemo.

Cominciamo ad osservare ad occhio nudo (senza microscopio) l’oggetto del nostro studio

IL CERVELLO

Il cervello, organo contenuto nel cranio, è in continuità con il midollo spinale attraverso il foramen magnum; il midollo spinale è protetto dalle vertebre che costituiscono la colonna vertebrale. (figg. 7 e 8)

Proprio come abbiamo due metà (quasi) simmetriche del corpo, così abbiamo due emisferi; questa è la visione laterale dell’emisfero dx (fig. 9), questa (fig. 10) è la sua faccia mesiale e questa (fig. 11) è la visione ventrale di tutto l’encefalo.

L’emisfero dx controlla l’emicorpo sx e viceversa (fig.12)

Familiarizziamoci con la terminologia in uso:

rostrale vs caudale = frontale vs occipitale = anteriore vs posteriore (fig.10 bis)

dorsale vs ventrale = superiore vs inferiore

mediale vs laterale = più vicino alla linea di simmetria vs più lontano dalla linea di simmetria.

Dal punto di vista filogenetico e cioè dell’antichità delle strutture cerebrali possiamo riconoscere: (fig. 13)

Telencefalo = tutto l’emisfero; è la parte più evoluta del cervello ed in particolare la corteccia

Diencefalo = talamo e ipotalamo; quasi tutte le informazioni dirette alla corteccia passano attraverso il talamo. L’ipotalamo è composto di varie strutture ed è incaricato del mantenimento dell’omeostasi del corpo (es. temperatura, ecc.)

Mesencefalo = ha molte funzioni, in particolare i riflessi come il riflesso di difesa ad una improvvisa luce forte; è presente anche negli animali.

Metencefalo = cervelletto (coordina movimenti) e ponte (collega cervelletto e corteccia)

Prendiamo per es. l'atto di toccare una cosa; occorre innanzitutto l'iniziativa motoria (è la corteccia che la dà), il cervelletto deve "sapere" dalla corteccia qual'è il movimento che sta iniziando per poterlo coordinare, quindi avremo (semplificando molto): corteccia- ponte- cervelletto

Midollo allungato = midollo allungato è la parte più antica del cervello.

Come abbiamo imparato tutto quello che sappiamo del cervello?

In vari modi; nel passato sono stati usati esperimenti anche molto crudeli che per fortuna oggi non vengono più eseguiti.

Le guerre sono state ahimè il più grande sperimentatore; i medici registravano fedelmente ed accuratamente quale o quali funzioni venivano perdute in seguito ad una certa lesione.

Ora possediamo strumenti abbastanza sofisticati da consentirci di individuare una funzione anche mediante la stimolazione di una certa area e non solo mediante la sua distruzione.

Cosa sappiamo di noi e del mondo e come lo sappiamo, in altre parole che cos'è la mente, sono domande centrali sia per la filosofia che per le neuroscienze.

Se il filosofo si chiede quali siano le categorie della mente e in che misura comprendiamo il mondo, il neuroscienziato si fa le stesse domande e indaga i processi cerebrali che sottostanno all'informazione così come ci è data.

Ciò che conosciamo del mondo e di noi stessi e come lo conosciamo dipende da come il cervello funziona.

Oggi il cervello è considerato il substrato della mente.

"La mente è solo il cervello che fa il suo lavoro" (Simon Levay, 1943).

"Gli uomini dovrebbero sapere che da nient'altro se non dal cervello vengono la gioia e i piaceri, il riso e i divertimenti e i dispiaceri, le miserie, l'arroganza e i lamenti. E attraverso di esso in modo speciale acquistiamo saggezza e conoscenza, e vediamo e sentiamo e sappiamo cosa è bello e cosa è giusto, cosa è male e cosa è bene e cosa è dolce e cosa è insipido... e attraverso lo stesso organo diventiamo furiosi e matti e le paure e i terrori ci assalgono..."

Si stenta credere che queste parole non siano di uno scienziato moderno, bensì di uno vissuto nel V se. a.C. cioè Ippocrate (Sulla malattia sacra).

IL NEURONE

Prendiamo ora in esame la cellula elemento costitutivo del cervello: il neurone (fig. 14); esso è composto da: un corpo cellulare dotato di nucleo, da vari dendriti e da un assone detto anche neurite.

La sua identificazione è stata resa possibile dalla invenzione nel XIX sec. di tecniche di conservazione e di colorazione; si è così scoperto che la sostanza grigia, il mantello che ricopre tutti gli emisferi (fig.23bis) è costituita esclusivamente da corpi di neuroni; alle stesse colorazioni appaiono grigi alcuni gruppi strutturali e funzionali che vengono chiamati nuclei della base (da non confondere con i nuclei

situati nelle singole cellule, depositari dell'informazione genetica DNA fig 15). Quando parleremo di nuclei non sarà in quest'ultimo senso ma ci riferiremo ai nuclei della base che sono un insieme di corpi di neuroni i quali formano una struttura con caratteristiche proprie ed una funzione specifica (fig.15bis).

Le tecniche moderne ci consentono di iniettare un colorante nel corpo di un neurone e seguire la sua propagazione nell'albero dendritico (fig. 16, 17).

Ogni neurone, proprio come ogni albero (è da lì che deriva la parola dendrite) ha una sua chioma specie specifica. Si contano circa 150 diversi tipi di neuroni.

Mentre i dendriti sono propaggini del neurone, gli assoni sono vere e proprie strutture specializzate.

Gli assoni si riuniscono in fasci e a seconda della strada che percorrono li distinguiamo in:

- .vie (o anche tratti) associative se connettono parti diverse della corteccia situate nello stesso emisfero
- .vie (o anche tratti) commisurali se collegano aree di corteccia situate nell'emisfero controlaterale, formano il corpo calloso che è costituito da 300 milioni (!) di assoni (fig. 18)
- .vie (o anche tratti) di proiezione se collegano nuclei diversi con funzioni diverse.

Sono state stimate non meno di 100.000 miliardi (!!!) di connessioni

La sostanza bianca, situata sotto la corteccia, è costituita da assoni.

Nel cervello ci sono vari tipi di cellule (per es. le cellule che rivestono i ventricoli o quelle dei vasi cerebrali, ecc.) ma i neuroni e le cellule gliali sono di gran lunga i più rappresentati.

Le cell. gliali si dividono in astrociti e oligodendrociti; a fronte dei 100 miliardi di neuroni, le cellule gliali sono da 10 a 100 volte più numerose!

Ci sono 150 tipi diversi di neuroni: nessun altro organo del corpo umano ha così tanti tipi diversi di cellule.

Ce ne sono di grandi, per es. i motoneuroni il cui corpo sta nel midollo spinale (in particolare nel corno anteriore) (fig.m4 e m5) e i cui assoni si spingono tanto lontano da raggiungere un piede.

Ci sono neuroni piccolissimi come gli interneuroni i cui assoni non escono dal nucleo di cui fanno parte.

I neuroni ahimè non si moltiplicano (tranne che in poche eccezioni) per cui quando sono persi è per sempre; c'è tuttavia almeno un vantaggio: non ci sono tumori che originano da essi.

Se i corpi dei neuroni, come abbiamo detto già, formano la sostanza grigia, la sostanza bianca è costituita dagli assoni e dalla glia.

Un tempo si pensava che la glia avesse solo una funzione di sostegno, ora si sa che non è così.

Gli astrociti somigliano a piccole stelle, da cui il loro nome, derivano dagli stessi precursori dei neuroni, la loro funzione è di "guidare" i neuroni alla loro giusta collocazione nella corteccia inoltre regolano la concentrazione di ioni nello spazio extracellulare, incorporano (sequestrano) nel loro citoplasma eventuali elementi

dannosi presenti nello spazio extracellulare (per es. il sangue dopo un'emorragia cerebrale) e formano cicatrici circondando l'elemento dannoso.

Gli oligodendrociti si trovano soprattutto nella sostanza bianca; essi avvolgono gli assoni con una guaina detta mielina senza la quale, come vedremo meglio tra poco, gli assoni non possono condurre l'impulso nervoso (fig.18bis).

Le cellule gliali si riproducono, perciò è da esse che originano i tumori cerebrali.

Il neurone è una struttura polarizzata e cioè: il corpo cellulare e i dendriti sono specializzati per ricevere l'impulso nervoso, gli assoni sono specializzati per condurre l'impulso nervoso lontano dal corpo del neurone (fig.19 neurone ed evidenti oligodendrociti che costituiscono la mielina).

La sclerosi multipla attacca gli oligodendrociti il cui danneggiamento provoca a sua volta la morte del neurone.

Un altro elemento fondamentale del neurone è la sinapsi che è una giunzione altamente specializzata il cui compito è appunto quello di far passare un impulso elettrico da un neurone all'altro. (fig.19bis)

Ci sono sinapsi in tutto il contorno del corpo neurone e dei dendriti (fig.20, 20bis). Si calcola che ci siano tra 10 alla 13sima e 10 alla 15sima di sinapsi (cioè tra 100.000.000.000.000 e 10.000.000.000.000.000)

Parleremo adesso del funzionamento del neurone, cominciando da quella che gli studiosi chiamano la "dottrina del neurone".

Nel 1906 condivisero il premio Nobel gli scienziati Sherrington e Golgi; entrambi avevano visto i neuroni grazie alle colorazioni di recente inventate tra cui, molto importante appunto, quella inventata da Golgi.

Le colorazioni tuttavia non consentivano di capire come i neuroni si connettessero tra loro. Golgi affermava che i neuroni facessero parte di una rete continua; Sherrington postulava invece una discontinuità tra un neurone e l'altro; questa teoria era molto più difficile da sostenere perché non era chiaro come l'informazione potesse passare da un neurone all'altro se di mezzo c'era uno spazio da scavalcare.

Aveva ragione Sherrington, ma la conferma alla sua "dottrina del neurone" come elemento discreto all'interno della rete neurale, è arrivata solo con gli anni '50 quando è stato inventato il microscopio elettronico.

Si fece poi una scoperta incredibile: gli assoni producono elettricità!

Abbiamo già detto che un assone non è un semplice prolungamento del corpo neuronale ma una struttura altamente specializzata.

Come si genera un impulso nervoso?

La carica elettrica, portata dagli ioni presenti all'interno del corpo cellulare (sodio, potassio, calcio...) è distribuita in modo tale che quando il neurone è a riposo, all'interno della sua membrana cellulare la carica è negativa, all'esterno invece è positiva. Il mantenimento di tale differenza di potenziale richiede un'attività costante (altrimenti il potenziale tende, come tutto in natura all'equilibrio e cioè a diventare neutro) da parte di una pompa (fig. 21). Al mantenimento del potenziale positivo esterno concorrono anche gli astrociti; l'arrivo dell'impulso provoca una

repentina inversione di polarità: l'interno della cell. diventa positivo e l'esterno negativo.

L'impulso nervoso, detto "potenziale d'azione", si genera in un punto preciso chiamato "collinetta" (hillock) (fig. 20) al confine tra il corpo cellulare e il punto di partenza dell'assone e si propaga lungo l'assone con modalità tutto o nulla, l'impulso o c'è o non c'è, non può aumentare o diminuire in ampiezza.

E allora possiamo domandarci, come si fa ad avere un'informazione differenziata? modificando la frequenza con cui l'assone scarica

Quando l'impulso nervoso che si è generato e ha viaggiato nell' assone saltando da un nodo all'altro, (si parla appunto di conduzione saltatoria) (video) arriva alla sinapsi; le vescicole ivi situate che contengono il mediatore chimico, si aprono e lo liberano nello spazio intersinaptico (fig. 22); il mediatore va sui recettori situati sulla membrana postsinaptica e produce un potenziale postsinaptico che non è ancora il nuovo potenziale d'azione perché questo potenziale postsinaptico che viene generato nei dendriti e nelle spine del corpo cellulare, può essere eccitatorio o inibitorio e la sua intensità dipende dal tipo e dalla quantità di mediatore che viene rilasciato. Se il potenziale d'azione partirà o no dipende della sommatoria di queste depolarizzazioni e polarizzazioni locali.

Il mediatore che viene rilasciato nello spazio sinaptico trova recettori specifici nella membrana postsinaptica (la membrana di un altro neurone)

Ci sono diversi neurotrasmettitori o neuromodulatori:

- Trasmettitori aminoacidi: glutammato e acido gabaminobutirrico (GABA) questi due sono i più importanti nel cervello dei mammiferi.
 - Il glutammato è eccitatorio ed è usato nei lunghi assoni
 - il GABA è inibitorio ed è usato sia negli interneuroni che nei lunghi assoni
- Monoamine (dopamina, norepinefrina o noradrenalina e serotonina)
- Acetilcolina
- Peptidi (encefaline, endorfine)
- Istamina
- Epinefrina (o adrenalina presente nel SNC)

Fino ad oggi sono stati identificati circa 60 neurotrasmettitori.

Mediatori diversi possono coesistere in una terminazione sinaptica ed essere rilasciati insieme o singolarmente.

Nello spazio sinaptico ci sono meccanismi di inattivazione del mediatore:

- reuptake nel terminale sinaptico, in questo modo il mediatore è di nuovo rapidamente disponibile in loco senza dover aspettare che venga sintetizzato di nuovo nel corpo cellulare e trasportato fin lì.
- degradazione del mediatore nello spazio sinaptico
- rimozione del mediatore per opera degli astrociti.

Gli psicofarmaci e le droghe agiscono sui neurotrasmettitori. Per es. la cocaina agisce come il prozac sulla ricaptazione della serotonina, ma in più agisce sul sistema dopaminergico che è coinvolto nel circuito legato alla creazione di dipendenza.

Pur rappresentando solo l'1 o il 2 % della massa corporea, il cervello consuma, in riposo, il 20% della gittata cardiaca, capiamo così quanto l'apporto di ossigeno sia vitale per esso e al contrario, una sua mancanza o diminuzione sia devastante.

In Neurologia definiamo “segni” ciò che troviamo esaminando il paziente (per es. la motilità della pupilla) e “sintomi” ciò che il paziente lamenta.

Il cervello viene alimentato da 2 (per ogni lato) importanti arterie (figg. 23 e 23bis):

- la carotide per la sua parte anteriore
- la vertebrale per la sua parte posteriore.

Un mancato apporto d'ossigeno, se sufficientemente prolungato, dà origine ed un ictus che può essere emorragico (la parete di un'arteriola si rompe e da lì fuoriesce il sangue) oppure ischemico che è il più frequente (circa l'85% dei casi di ictus) per la presenza di placche, emboli o batteri che ostruiscono il lume del vaso impedendo la circolazione a valle.

La corteccia (fig. 24), ripetiamolo, è lo strato esterno o mantello, fatto di corpi cellulari che ricopre i due emisferi; è come arricciata per consentire ad una superficie maggiore di essere contenuta nel cranio

Questa (fig. 25) è la corteccia di un ratto: liscia; in quella degli esseri umani ci sono i giri e i solchi, i più importanti dei quali sono la scissura di Rolando e quella di Silvio.

Lo spessore della corteccia non è uguale dappertutto; la sua età filogenetica ne determina lo spessore: quella più antica (paleocorteccia) è più sottile, quella più recente (neocorteccia) è più spessa ed ha sei strati.

Brodmann (1868-1918) è lo studioso che ha mappato la corteccia dividendola in aree sulla base della sua struttura istologica senza tuttavia individuarne la funzione. Brodmann ha praticamente fatto dei carotaggi della corteccia e di ogni cilindro così ricavato ha descritto la struttura. Ogni “cilindro” (fig. 26) è un modulo indipendente ed uno dei principali problemi della neurofisiologia di oggi è capire come questi moduli si connettano tra loro. Ancora oggi è in uso la numerazione di Brodmann (fig. 27) che divide la corteccia in aree istologicamente diverse e che portano ognuna un numero seguito dal nome Brodmann (es. area 4 di Brodmann). Le diverse aree funzionali della corteccia non coincidono con le aree di Brodmann.

I primi studi sulla corteccia l'hanno divisa in:

- aree motorie e sensoriali (primarie e secondarie)
- aree associative

Negli ultimi 40 anni si è scoperto che la maggior parte delle cosiddette aree associative sono in realtà corteccia sensoriale di ordine più alto.

Nella figura 28 il blu indica l'area sensoriale primaria, il verde le aree sensoriali secondarie (di livello più alto).

Oggi si riconoscono:

- una corteccia senso-motoria primaria
- una corteccia senso-motoria secondaria (responsabile della grande varietà e raffinatezza di risposta agli stimoli sensoriali più diversi) che occupa le aree un tempo attribuite alle funzioni associative
- una corteccia associativa:

- prefrontale che modula il comportamento in ragione dei parametri culturali vigenti;
- parieto-temporo-occipitale la cui estensione è oggi assai ridimensionata, svolge funzioni multimediali;

➤ limbica: responsabile di emozioni e memoria.

Abbiamo già detto che la conoscenza delle funzioni ci deriva da lesioni localizzate e da tecniche moderne di indagine quali la risonanza magnetica¹ o la PET (Tomografia ad emissione di positroni)².

Una delle prime cose che sono state scoperte è la dominanza emisferica: una funzione particolare è primariamente regolata da uno solo dei due emisferi; nel 95% dei casi il sx è dominante per il linguaggio, indipendentemente dalla preferenza manuale; tuttavia anche l'emisfero dx partecipa alla strutturazione del normale linguaggio.

In generale è vero che un emisfero controlla l'emicorpo controlaterale.

Un ictus che colpisca l'emisfero sx dà paralisi dell'ematato dx, difficoltà di linguaggio, umore depresso.

Un ictus che colpisca l'emisfero dx dà paralisi dell'ematato sx, umore maniaco.

L'ippocampo sx è più coinvolto nel ricordare le parole e gli episodi della propria vita; mentre l'ippocampo dx è coinvolto nella memoria spaziale.

E' un po' come se avessimo due cervelli indipendenti nella nostra testa, ci si chiede come collaborino: mediante il corpo calloso attraverso il quale passano 300 milioni di assoni che collegano aree omotopiche.

Facciamo un esempio clinico: un paziente ha un'epilessia resistente a tutti i farmaci e presenta crisi di grande male molto frequenti; le crisi nascono in un emisfero, per impedirne la propagazione all'emisfero controlaterale, il corpo calloso viene sezionato (è quello che gli studiosi chiamano split brain).

L'individuo sembra perfettamente normale a prima vista ma se uno stimolo luminoso viene presentato nell'emicampo sx, il paziente lo vede ma non è in grado

¹ Si tratta di una tecnica diagnostica che si basa sulla creazione di campi magnetici da parte di un grosso magnete; questi campi magnetici orientano i piccoli campi magnetici degli atomi di idrogeno; appena tolta la magnetizzazione, gli atomi di idrogeno nel tornare al loro stato di prima emettono energia che viene captata dalla macchina e trasformata in immagini. (fig.28bis).

² Si tratta di una tecnica diagnostica di medicina nucleare che comporta la somministrazione per via endovenosa di una sostanza normalmente presente nell'organismo (per lo più glucosio); la sostanza è marcata con una molecola radioattiva (nel caso del glucosio, il Fluoro 18) e il tomografo PET rileva la distribuzione di questa sostanza. In questo modo possiamo avere informazioni sulle aree che captano di più rivelando così tumori o comunque zone che stanno "lavorando". La sostanza tracciante, una volta immessa in circolo andrà a depositarsi nelle cellule che sono in grado di captarla. (fig. 29).

di dire cos'è perché la connessione tra l'emisfero dx, (in cui arriva lo stimolo) e l'emisfero sx in cui lo stimolo "riceve un nome" è perduta.

Se lo stesso stimolo è presentato nell'emicampo dx, e quindi l'informazione viene processata nell'emisfero sx, il paziente può vederlo e dargli un nome.

E ora un brevissimo cenno alla storia dello sviluppo del cervello.

Si calcola che nell'embrione si creino circa 250.000 cellule nervose al minuto!

E' difficile riuscire ad immaginarsi il nascere di tutte le diverse cellule del cervello, la loro migrazione nel posto giusto, lo sviluppo degli assoni che "sanno" dove andare, quali nuclei raggiungere per fare le giuste connessioni.

La crescita e la migrazione avvengono soprattutto nella parte dorsale del tubo neurale (fig. 30, 30bis, 31).

Dopo la nascita c'è una fase "regressiva" perché molti neuroni muoiono; in alcuni nuclei ne muoiono fino al 70%; la fig. 32 mostra un feto in cui la doccia superiore non si è chiusa.

Questo feto è nato vivo perché il tronco che controlla il respiro, il battito cardiaco ecc. si era sviluppato; e tuttavia non è riuscito a sopravvivere: chiamiamo questa condizione: anencefalia.

Alla nascita abbiamo circa 100 miliardi di neuroni, più o meno lo stesso numero di galassie stimate esistenti nell'universo.

Occupiamoci ora di come funzionano i più importanti sistemi cerebrali.

Cominciamo dai sistemi sensoriali che ci informano sul modo esterno e sul nostro corpo.

IL SISTEMA VISIVO

Gli esser umani e i primati sono animali soprattutto visuali.

Ma non è l'occhio che vede, bensì la corteccia visiva che, sulla base di poche informazioni, letteralmente crea o ricrea il mondo (fig. v1).

Compito dell'occhio è, per iniziare, concentrare i fasci luminosi sulla retina ed in particolare sulla macula; la retina è una superficie stratificata fatta di neuroni; la zona della retina in cui l'acuità visiva è maggiore e dove i colori vengono percepiti è la fovea situata al centro della macula. (fig. v2).

Nella retina c'è anche una macchia cieca che è l'area in cui gli assoni delle cellule nervose della retina si riuniscono per formare il nervo ottico; è interessante notare che la presenza di un'area cieca nel nostro campo visivo non è percepita.

Le più importanti cellule della retina sono i coni e i bastoncelli; questi ultimi, nel numero di circa 120 milioni, sono specializzati nella vista con scarsa illuminazione (pensate che sono sensibili anche ad un singolo fotone!) e sono più numerosi alla periferia della retina.

I coni sono solo 6 milioni, non sono molto sensibili alla luce per cui funzionano solo in condizioni di buona illuminazione; sono concentrati nella macula (ecco perché se vogliamo vedere chiaramente qualcosa che sia comparsa nella parte laterale del campo visivo, giriamo la testa verso quella parte). Ci sono vari tipi di

coni, ognuno sensibile ad una diversa lunghezza d'onda (cioè di colore); a cosa serve il colore? ad aumentare il contrasto (fig. v2 bis).

Una volta che i fotorecettori (coni e bastoncelli) siano stati stimolati, trasmettono l'impulso ai neuroni bipolari (si tratta di interneuroni intercalati tra i fotorecettori e le cellule gangliari della retina; queste ultime sono le uniche cellule della retina che inviano i loro assoni fuori dall'occhio per connettersi con varie strutture cerebrali (fig. v3).

Di fronte ai 120 milioni di bastoncelli e ai 6 milioni di coni, ci sono solo un milione di cellule gangliari, questo significa che molte informazioni sono già state perse prima ancora di essere inviate al cervello, ma poco importa perché ciò che importa al cervello è il cambiamento.

Disposte nello strato tra i fotorecettori (coni e bastoncelli) e le cellule gangliari della retina ci sono le cellule orizzontali e le cellule amacrine, esse agiscono inibendo la parte stimolata più perifericamente in modo da rendere più netti i contorni e rendere più evidente i contrasti.

Secondo calcoli matematici le cellule gangliari inviano al cervello un miliardo di bit al secondo!

Gli uccelli da preda hanno più di una fovea, questo permette loro di seguire ciò che si muove a terra senza dover girare la testa.

Gli esseri umani sono interessati alla forma e al colore, gli animali no; la retina è costituita diversamente a seconda della specie.

Il campo visivo è ciò che una persona vede (figg. v4, v5). C'è una proiezione del campo visivo nel corpo genicolato controlaterale, (fig. v6) ma non è una proiezione punto per punto, è piuttosto una proiezione distorta, nel senso che alla fovea è dedicata un'area molto maggiore rispetto al resto della retina. Se osserviamo la fig. v8, ci rendiamo conto che la parte centrale del campo visivo è vista da entrambi gli occhi, ciò significa che l'informazione proveniente da questa parte centrale del campo visivo è processata da entrambi gli emisferi, mentre la parte più periferica è processata solo unilateralmente

L'informazione che riguarda il movimento viene tenuta separata sia da quella del colore che della forma.

Ci sono neuroni che reagiscono solo alle facce di fronte, altri solo alle facce di profilo. Ci sono almeno 30 aree corticali diverse destinate a processare il complesso dell'informazione visiva scomponendola nelle sue varie componenti: forma, colore, movimento, per poi però riunificarla con l'aggiunta del significato!

Vedremo più avanti, quando parleremo delle agnosie, cosa comporta una lesione delle aree deputate all'analisi dello stimolo visivo. (figg. v9 e v10).

IL SISTEMA Uditivo

Noi non udiamo semplicemente dei suoni ma piuttosto suoni dotati di significato. I suoni, o meglio le onde di compressione e decompressione che noi chiamiamo suoni raggiungono l'orecchio (fig. u1) il quale si divide in orecchio esterno, orecchio medio, orecchio interno.

Gli esseri umani non sono dotati di padiglioni auricolari particolarmente grandi ragion per cui girano la testa verso la sorgente sonora per sentire meglio.

Quando l'onda raggiunge l'orecchio esterno, fa vibrare la membrana timpanica che a sua volta trasmette la vibrazione al liquido in cui la catena di tre ossicini, martello, incudine, staffa (tra i più piccoli del corpo umano) è immersa; a loro volta gli ossicini trasmettono la vibrazione, dopo averla amplificata 30 volte (in alcuni animali l'amplificazione è di addirittura 100 volte) al liquido denso in cui è immersa la coclea; lungo il pavimento della rampa centrale della coclea c'è l'organo di Corti (fig. u2) : il recettore specializzato per processare i suoni. (figg. u3, u4).

Un suono che giunga all'orecchio interno fa vibrare la membrana basilare la quale a sua volta fa vibrare le ciglia delle cellule cigliate; queste hanno un corpo cellulare e due prolungamenti: uno costituito appunto dalle ciglia. l'altro va a costituire insieme ad altri le fibre nervose che si dirigono verso il cervello. La membrana basilare risponde in maniera differenziata alle diverse frequenze dei suoni: nella parte basale della coclea risponde alle alte frequenze, nella parte apicale della coclea risponde alle basse frequenze. Non ci sorprenderemo nello scoprire che le proiezioni degli stimoli acustici, che nel frattempo sono stati trasformati in potenziali d'azione, rispettano una organizzazione tonotopica (le diverse frequenze vengono elaborate in aree cerebrali diverse) e che le aree deputate all'elaborazione dei suoni del linguaggio sono sproporzionatamente più grandi delle aree incaricate dell'analisi degli altri suoni.

Un primo grande problema che il cervello deve risolvere è la provenienza del suono, un altro è la necessità di una finissima discriminazione tra suoni simili, necessaria per le abilità linguistiche:

Le proiezioni che arrivano dai recettori del Corti sono complicatissime e prendono un'infinità di vie sia omo- che contro-laterali; è per questa ragione che una lesione cerebrale non dà sordità completa.

Per avere una percezione acustica è necessario che l'impulso arrivi alla corteccia, ma prima, come nelle altre modalità sensoriali, esso deve fare tappa nel talamo.

L'area di corteccia primariamente interessata è l'area 41 di Brodmann a cavallo del lobo temporale (fig. u5), da lì l'informazione passa alle aree 42 e 22 di Brodmann per essere ulteriormente elaborata. (fig. u6)

Ricordate la domanda: “se un albero cade in una foresta fa rumore?” la risposta è no perché il rumore, per definizione, è una percezione e richiede pertanto un cervello che lo percepisca, non è necessario che sia un cervello umano, basta che sia un cervello.

IL SISTEMA SOMATO-SENSORIALE

Il sistema somato-sensoriale dà al cervello le informazioni che gli servono per percepire il mondo intorno a noi e il mondo costituito dal nostro corpo; di quest'ultimo ci occuperemo tralasciando tuttavia la testa il cui funzionamento è simile ovviamente, ma ancora più complicato.

Abbiamo imparato fin da piccoli che i nostri sensi sono 5: vista, udito gusto, tatto, olfatto; in realtà i sensi sono 6: dobbiamo aggiungere la propriocezione; quest'ultima ci informa della posizione del nostro corpo e di parti di esso (sia esso fermo o in movimento) nello spazio.

La vista e l'udito ci informano circa il mondo distante, l'olfatto ci informa del mondo vicino, il gusto e il tatto del mondo che tocchiamo con la lingua o con la pelle); la propriocezione ci informa su noi stessi.

I recettori del sistema somato-sensoriale sono localizzati in tutto il corpo, sia in superficie che in profondità e la loro attività non è spontanea ma devono essere stimolati.

Sperimentare un diverso tipo di sensibilità (dolore, temperatura, tatto, propriocezione, ecc.) dipende da:

- . tipi diversi di recettore
- . strade diverse che portano i segnali
- . interpretazione che ne dà il cervello.

Ad esempio la percezione del dolore dipende da terminazioni nervose libere (non organizzate in recettori specializzati) nella pelle.

I sistemi più antichi sono quelli del dolore e della temperatura, vengono anche chiamati nocicettori perché avvertono il cervello di uno stimolo potenzialmente dannoso.

La dimensione, la consistenza e la forma degli oggetti richiedono strumenti altamente discriminatori come per es. i corpuscoli di Meissen numerosi soprattutto nelle mani, nei piedi e nei genitali esterni.

I corpuscoli di Pacini (fig. s1) assomigliano a cipolle, vengono attivati dalla compressione e servono sia per il tatto che per la propriocezione a seconda se siano collocati nella pelle o nei muscoli; in questo caso la corteccia riconosce la diversità dello stimolo sulla base della diversità della via percorsa nonostante il recettore sia lo stesso.

La via del dolore parte dal recettore, fa una tappa nelle corna posteriori del midollo spinale (fig. s1bis) e da lì prosegue per il cervello, ma non è necessario che arrivi fino alla corteccia, si ferma nel talamo e ciò è sufficiente per percepire il dolore.

Quando il suo nucleo ventro-posteriore (fig. s2) è colpito, tutte le modalità sensoriali controlaterali sono interessate, ma col passare del tempo le sensazioni più evolute tornano e rimane un dolore urente, insopportabile.

Il dolore è trattato in modo diverso da ogni altra modalità sensoriale: per localizzarlo abbiamo bisogno della corteccia, per percepirlo no!

Il talamo riceve vie che discendono dalla corteccia che possono inibire la trasmissione del dolore al cervello e che potrebbero essere responsabili dell'effetto placebo.

Le informazioni che riguardano il dolore sono presenti anche nel subconscio; per es. compio, senza pensarci, piccoli movimenti mentre sono intento a leggere un libro o a guardare un film, in questo modo evito che una zona del corpo non venga irrorata troppo a lungo per via della compressione a cui è sottoposta. Nelle persone più anziane o defedate si verificano piaghe da decubito perché la soglia del dolore

si è innalzata oppure, nel caso di lesioni del midollo spinale, per l'impossibilità dell'informazione di arrivare al cervello.

Piaghe da decubito si producevano anche in pazienti lobotomizzati (asportazione di un lobo della corteccia oppure in pazienti leucotomizzati (interruzione degli assoni che vanno e vengono da una certa area.)

La leucotomia veniva praticata allo stesso modo in cui gli egizi estraevano il cervello dal cadavere, infilando cioè una lama nel naso e muovendola avanti e indietro per isolare i lobi prefrontali. Questa tecnica veniva usata nei pazienti con dolore intrattabile e sembrava che questa procedura togliesse il dolore. Ma se si interrogava il paziente in modo più approfondito, si scopriva che il paziente il dolore lo sentiva ancora ma non gli importava più. In questo caso la componente emotiva era stata dissociata dalla sensazione dolorosa.

La via del tatto invece non fa tappa nel midollo spinale.

Tutta l'informazione relativa alla sensazione corporea viene processata nella corteccia somato-sensoriale primaria (le aree 3 1 2 dietro la scissura di Rolando, fig. 27) da lì inviata alle aree vicine per un'ulteriore elaborazione. Nell'area somato-sensoriale primaria c'è la rappresentazione distorta di tutto l'emicorpo controlaterale (Homunculus sensoriale) (fig. s.3). Non ci stupirà scoprire che alla bocca, alla lingua, alle mani e ai piedi sono dedicate aree più ampie che per es. alla schiena.

Nei gatti e nei roditori i baffi sono usati come organo somato-sensoriale (es. sono usati per orientarsi nel buio) e nella loro corteccia ampie aree sono dedicate ad ogni singolo baffo.

Il filosofo americano Thomas Nagel nel 1974 ha scritto un libro che ha avuto molto successo: Cosa si prova ad essere un pipistrello? Risultato: è impossibile immaginarsi come si sta nella pelle di un altro animale.

LE AGNOSIE

Cosa hanno in comune i sistemi uditivo, visivo e somato-sensoriale?

- presenza di recettori diversi che rispondono selettivamente a stimolazioni diverse
- presenza in ogni sistema di sottocategorie che vengono trasmesse al cervello seguendo vie parallele
- per diventare cosciente la sensazione, dopo essere passata dal talamo, deve arrivare alla corteccia.

Gli esperimenti condotti negli animali ci danno informazioni sull'attività delle aree che vengono stimulate o danneggiate, ma ovviamente non possono dirci come questo nuovo stato venga percepito.

Questa informazione possiamo ottenerla solo dai casi clinici; naturalmente le lesioni non interessano un'area specifica soltanto, tuttavia, studiando un gran numero di pazienti, possiamo dire con una certa sicurezza cosa succede in seguito alla lesione di una certa area e qual'è il vissuto del paziente.

Un richiamo alla “pietas” forse non è fuori luogo: bisognerebbe sempre ricordarsi che abbiamo davanti a noi una persona e non solo un caso clinico.

Cominciamo con l’area 17 di Brodmann (corteccia visiva primaria, fig. v6): una sua lesione provoca cecità nell’emicampo visivo controlaterale; lesioni che interessano le aree intorno all’area 17 che resta intatta, provocano un’agnosia cioè una perdita della capacità di riconoscere l’oggetto, cioè la persona vede l’oggetto ma non sa cosa ha visto (non si tratta né di un problema visivo né di linguaggio).

Come lo sappiamo? Se mostriamo un oggetto comune nell’emicampo interessato, il paz riferisce di vedere qualcosa, ma di non sapere cos’è; se poi glielo si fa toccare, lo riconosce.

Nell’agnosia somato-sensoriale invece, se ad occhi chiusi si fa manipolare al paz un mazzo di chiavi, il paz. non lo riconosce, ma se lo si scuote e ne sente il rumore può riconoscerlo.

L’agnosia motoria, provocata da una lesione tra i lobi temporali e occipitali (fig. v7), fa sì che il paz. non sia in grado di versare il caffè perché non percepisce il liquido che scende ma improvvisamente vede il liquido già nella tazza.

Questo tipo di agnosia provoca anche difficoltà di tipo sociale perché il paz non vede i movimenti della faccia o della bocca di chi gli parla; la folla compare improvvisamente e altrettanto improvvisamente scompare; attraversare la strada è difficile perché l’auto sembra lontana e poi subito vicina. (ai paz. si insegna l’uso dell’udito per stabilire se un’auto è vicina o lontana).

Nell’agnosia per i colori (lesione dell’area V4) il mondo appare in bianco e nero. Un pittore che, in seguito ad un incidente d’auto ha avuto un’agnosia per i colori, ha smesso di dipingere, odiava la pittura e ha finito per dormire di giorno e vivere di notte.

Nella prosopoagnosia (lesione del lobo temporale) il paz. non riconosce più le facce, sa descriverle ma non sa individuarle tra altre; può usare i vestiti indossati dall’interlocutore per decidere se si tratta di un uomo o di una donna; non si riconosce allo specchio o in foto; andare al cinema non ha senso perché non riconosce i personaggi; non riconosce gli animali dal muso ma dalla forma del resto del corpo.

Una lesione delle aree 5 e 7 del lobo parietale può provocare una “negligenza”; il paz. cioè ignora un lato del proprio corpo e del mondo. Per es. se si solleva il braccio del paz. e gli si chiede se lo vede, risponde di sì, ma se gli si chiede di chi sia, risponde “nella stanza ci siamo solo io e lei, dottore, mio non è, deve essere il suo”. Questo succede anche se il paz. e il medico sono di razze diverse: “non vedi che questo braccio è di colore diverso?” il paz. capisce ma ripete che deve essere il braccio del dottore. Il paz. può non radersi una guancia., non infilarsi una delle due gambe dei pantaloni, non pettinarsi metà testa e non mettersi il rossetto su una metà delle labbra.

Abbiamo, se ancora ce n’è bisogno, la conferma che la consapevolezza di sé e del mondo è una costruzione del cervello.

Se ad un paz con tale agnosia viene richiesto di immaginare una piazza che ben conosce e quindi una volta collocato con le spalle ad un edificio (potrebbe essere

per es: la Basilica di San Marco), gli si chiede di descrivere la piazza, ricorderà le Procuratie Vecchie ma non le Nuove e se gli si chiederà di mettersi con le spalle al museo Correr, riuscirà ad immaginare le Procuratie Nuove ma non le Vecchie. Forse questo paz ha perso l'accesso ad alcuni aspetti della memoria spaziale. Poiché il mondo viene costruito in riferimento al proprio corpo, se il suo orientamento viene danneggiato, lo è anche l'orientamento nello spazio.

SISTEMI MOTORI

Ci concentreremo ora sui sistemi che controllano il movimento.

Per compiere correttamente un movimento sono necessarie moltissime informazioni, questa è la ragione per cui dalle aree somato-sensoriali partono proiezioni verso le aree motorie.

Esistono vari sistemi che controllano il movimento:

1. via piramidale o cortico-spinale
2. via extrapiramidale
3. cervelletto.

1. è responsabile dell'inizio al movimento; si chiama piramidale perché i neuroni dell'area 4, area da cui parte appunto l'iniziativa motoria, hanno forma di piramide, essi proiettano nei neuroni collocati nei corni anteriori del midollo spinale controlaterale (fig. m1); questi motoneuroni sono gli unici i cui assoni raggiungono i muscoli (pertanto si parla anche di "via ultima comune" poiché tutte le informazioni e le decisioni che riguardano un certo movimento sono già state integrate e raggiungono quella che è l'unica "uscita" dal SNC).

Le vie cortico-spinali percorrono tutto il midollo, ma quelle destinate agli arti superiori si connettono coi motoneuroni che stanno più in alto e così via via sempre più in basso.

Nell'immagine potete vedere una sezione del midollo a livello lombare; nella regione indicata dalla freccia (fig. m2) ci sono solo gli assoni destinati alla parte inferiore del corpo; quelli destinati alla parte superiore del corpo hanno già preso contatto con i motoneuroni situati più in alto nel midollo spinale. (fig. m3).

Ciò significa che gli assoni il cui corpo si trova nella corteccia percorrono tutto il midollo spinale e non escono che a livello lombare. Ricordiamo che solo i motoneuroni prendono contatto con i muscoli.

Quella che abbiamo descritto è la via cortico-spinale diretta. Ci sono però anche vie cortico-spinali indirette cioè tra le cellule della corteccia e quelle del midollo spinale ci sono di mezzo i neuroni che formano i nuclei della base (fig. m4); la loro funzione è in primo luogo quella di mantenere un tono muscolare antigravitario: qualunque movimento viene iniziato "contro" un tono muscolare di base. La via cortico-spinale diretta e quella indiretta

corrono parallele e vicine, per cui quando una viene danneggiata lo è anche l'altra.

L'elaborazione della strategia motoria avviene nelle aree anteriori all'area 4 che ricevono assoni, cioè informazioni da molte aree somato-sensoriali di secondo livello.

Nella corteccia motoria (area 4), analogamente a quanto accade nella corteccia somato-sensoriale primaria, c'è l'homunculus motorio (fig.m5) e, come nell'homunculus sensoriale, c'è una rappresentazione punto per punto ma sproporzionata dell'emilato controlaterale.

2. il sistema extrapiramidale comprende un gran numero di nuclei interconnessi in modo assai complesso che giocano un ruolo primario nell'apprendimento di programmi motori e della loro esecuzione.

In ogni istante ci sono centinaia se non migliaia di programmi motori in atto (si pensi per es. alla quantità di muscoli, tendini, articolazioni che deve essere attivata per camminare normalmente).

Citiamo solo alcuni dei nuclei del sistema extrapiramidale:

- nuclei della base
- nucleo subtalamico
- sostanza nigra (figg. m6)

La differenza principale tra il sistema piramidale e quello extrapiramidale è che i nuclei del sistema extrapiramidale NON si connettono con i motoneuroni (situati nel midollo spinale).

Tutti questi nuclei ed altri che non abbiamo menzionato, influenzano l'atto motorio mediante circuiti di feed-back e feed-forward che, via talamo, impattano sul sistema piramidale.

Ma come fanno i nuclei extrapiramidali a sapere quale movimento l'area 4 vuole iniziare?

Dall'assone (fig.m7) si dipartono collaterali che raggiungono moltissime strutture che così vengono informate su cosa sta facendo l'area 4 la quale a sua volta riceve informazioni dagli organi di senso, via aree somato-sensoriali prima e via aree prefrontali dopo.

il circuito si può così schematizzare:

organi di senso ➡ aree somato-sensoriali ➡ aree prefrontali ➡ area 4 (inizio del movimento) ➡ vie piramidali ed extrapiramidali ➡ motoneuroni ➡ muscoli.

Un danno ai sistemi piramidali, diretti e non, provoca una paralisi controlaterale.

Una lesione del nucleo subtalamico provoca emiballismo controlaterale. Il paz. finisce col morire perché urta continuamente contro ostacoli non essendo in grado di controllare i movimenti.

3. il cervelletto è una delle strutture più studiate. (figg. c1, c2, c3)

Degli oltre 100 miliardi di neuroni del cervello umano, la metà si trova nel cervelletto!

Le funzioni principali del cervelletto sono:

mantenimento dell'equilibrio e della postura
sincronizzazione delle abilità motorie apprese e controllo della forza
impressa ad un movimento
aggiustamenti degli errori commessi nel corso del movimento.

Cervello e cervelletto si somigliano in quanto:

- entrambi hanno due emisferi
- entrambi sono coperti da corteccia
- sotto la corteccia sono presenti sostanza bianca e nuclei
- presenza di scissure che li dividono in giri; quelle del cervelletto però sono più profonde.

Per avvicinarci all'aspetto del cervelletto, dobbiamo immaginare un foglio di carta così stropicciato da entrare in un pugno.

Negli esseri umani l'area della corteccia cerebellare è circa il 75% dell'area corticale totale.

Come per il cervello, anche nel cervelletto ci sono aree di diversa età filogenetica.

Gli alligatori sono stati studiati a lungo perché si voleva capire quali circuiti di controllo e di modulazione fossero necessari per rendere le loro mascelle capaci di portare in bocca un uovo senza romperlo per chilometri e però anche di spezzare il femore di un bufalo.

Si scoprì quello che a posteriori risultò ovvio: per modulare un movimento sono necessarie moltissime informazioni propriocettive, somato-sensoriali e visive.

A differenza della corteccia cerebrale, quella cerebellare ha 3 strati dappertutto per cui non ci sono aree di Brodmann.

Abbiamo detto che circa la metà delle cellule dell'intero cervello, e cioè circa 50 miliardi, si trova nel cervelletto ma solo 15 milioni hanno proiezioni fuori di esso, questo testimonia dell'enorme quantità di integrazione che viene eseguita prima dell'uscita di un potenziale d'azione dal cervelletto.

Il cervelletto riceve informazioni da:

- area 4 attraverso il ponte che si chiama così proprio perché collega il cervello e il cervelletto con informazioni che viaggiano in entrambe le direzioni (fig.c4)
- molti nuclei della base
- sistemi sensoriali.

Il cervelletto non è collegato direttamente al midollo spinale, ma influenza i comportamenti motori attraverso le vie corticospinali dirette e indirette.

Imparare una nuova abilità motoria (es. camminare, sciare, andare in bici, suonare...) significa creare nuovi circuiti nel cervelletto che, con la ripetizione, si "solidificano".

Una lesione del cervelletto (ischemia, tumore, infezioni virali durante la gravidanza, malattie genetiche, trauma, alcol ecc.) provoca dismetria, adiadococinesia, disritmia, atassia, tremore intenzionale.

LINGUAGGIO

La specie umana è l'unica che comunica mediante simboli; dalla maggior parte degli studiosi il linguaggio è considerato un istinto, cioè qualcosa di geneticamente trasmesso.

I bambini nascono con la capacità di distinguere i fonemi di qualunque lingua umana, poi, man mano che imparano la lingua a cui sono esposti, conservano la capacità di distinguere solo i fonemi della propria lingua e perdono la capacità di distinguere tutti gli altri.

L'emisfero sx mostra aree specializzate per il linguaggio ancora prima della nascita.

Ci sono circa 7000 lingue diverse parlate sulla terra e tutte egualmente complesse, di queste circa 800 sono parlate in Papua Nuova Guinea.

Ogni lingua consta di un certo numero di fonemi, ognuno dei quali è portatore di una differenza significativa (per es. pane e cane).

I morfemi sono le combinazioni più semplici di fonemi in un gruppo dotato di significato (per es. sillabe).

Una o più sillabe formano una parola; le frasi sono successioni di parole sistemate in un ordine definito dalle regole della grammatica e della sintassi proprie a ciascuna lingua.

Paul Broca e Karl Wernicke (entrambi attivi verso la metà del 1800) sono gli studiosi che per primi hanno descritto gli effetti delle lesioni cerebrali sul linguaggio.

In particolare Broca descrisse l'afasia motoria (o di espressione) causata da un danno alle aree 44 e 45 del lobo frontale sx (fig. L1); i pazienti con questa afasia sono esitanti nel parlare, perdono pezzi di frase, consapevoli del loro deficit, spesso diventano mutacici.

L'afasia di Wernicke invece è un'afasia sensoriale o ricettiva; è causata da un danno ad una parte dell'area 22 del lobo temporale sx. (fig. L2). Il paziente non capisce quello che gli si dice, può parlare fluentemente ma senza alcun senso (es. "sa perché è stato portato in ospedale oggi?" risposta "il cielo è blu" ecc.); è l'alterazione a carico della cerebrale media che irrorla la maggior parte della faccia laterale dell'emisfero, a provocare questa afasia in cui il paz non capisce e alla lunga smette anche di parlare (figg. L3, L4).

Cosa fanno nell'emisfero dx le aree corrispondenti a quelle di Broca e di Wernicke? Controllano la prosodia (intonazione, ritmo, aspetti melodici...)

Una lesione nell'emisfero dx dell'area corrispondente a quella di Broca provoca una parlata piatta; una lesione dell'area corrispondente a quella di Wernicke impedisce la comprensione del tono del discorso.

A lungo si è pensato che il linguaggio dei segni che ha come componente principale lo spazio, fosse appannaggio dell'emisfero dx, ma non è così. Il linguaggio rimane linguaggio se presenta gli elementi che lo caratterizzano: uso di simboli, presenza

di regole grammaticali e sintattiche, qualunque sia il mezzo che lo veicola e gli effetti dei danni sono gli stessi.

Il cervello è istintivamente portato ad accoppiare suoni e cose: nessuno insegna ai propri figli a parlare, semplicemente parla con loro e i bambini imparano “spontaneamente”; per imparare a leggere e scrivere invece bisogna essere addestrati. Un ictus che interessi le aree 39 e 40 (fig. L6) fa perdere la capacità di leggere.

Il linguaggio non serve solo per comunicare ma struttura l’esperienza sensoriale e il pensiero interiore; anche quando siamo in silenzio il pensiero è fatto di parole.

Essere bilingui o poliglotti è possibile se si viene esposti fin da piccoli a più lingue; col passare degli anni il cervello perde la capacità di estrarre, senza studiarle, le regole che sottostanno ad ogni lingua parlata e da adulti le lingue devono essere studiate.

In Nicaragua alla fine degli anni ‘70, dopo un terribile terremoto circa 550 bambini sordi raccolti in orfanotrofio hanno sviluppato tra loro un linguaggio dei segni completo, mai esistito prima sulla terra, che i linguisti riconoscono come vera e propria lingua: Idioma de Signos Nicaraguense.

SISTEMA LIMBICO

Se non solo sperimentiamo il mondo ma proviamo emozioni ed abbiamo memoria di esso, lo dobbiamo al sistema limbico; è il sistema limbico che rende la nostra personalità unica: ognuno vive nel mondo in maniera diversa grazie al complesso di cognizioni, emozioni e memorie che fa di ognuno di noi un essere unico per gli altri e per noi stessi.

Il sistema limbico è un sistema assai complesso di aree e nuclei interconnessi che è coinvolto nell’ apprendimento, nella memoria, nelle emozioni e nel sistema esecutivo.

Broca (lo studioso che abbiamo già incontrato) scopre quello che egli definisce il “lobo limbico” (era l’epoca della identificazione e definizione dei vari lobi), (fig.li1) che invece non è un lobo ma consiste di diverse strutture che sono visibili sulla superficie mediale del cervello; si chiama “limbico” perché è al limite, ai margini degli emisferi (fig. li2, li3).

Negli anni 30 del ‘900 J. Papez identifica un sistema limbico (all’epoca erano diventati d’attualità i “sistemi”: visivo ecc.), un circuito cioè in cui le informazioni tornano su sé stesse; in questo modo l’umore può essere modulato istante per istante; ogni esperienza viene “colorata” da altre esperienze precedenti.

I circuiti non sono appannaggio esclusivo del sistema limbico; essi rappresentano, in qualunque ambito sensoriale e motorio, la possibilità di apprendere e modificare.

Oggi il sistema limbico è considerato un megasistema che contiene numerosi sistemi che si influenzano reciprocamente (es. la corteccia deve essere coinvolta per avere coscienza delle emozioni; l’ippocampo, in quella sua parte che regola la temperatura, ci fa “scaldare” per l’ira, arrossire, ecc) (fig. li4)

In particolare la corteccia orbitofrontale è coinvolta nel controllo degli impulsi, nell'acquisizione di costumi, abitudini culturali, nella capacità di valutare le conseguenze di un'azione.

La corteccia prefrontale dorsolaterale è coinvolta soprattutto nelle funzioni esecutive contribuendo alla capacità di stabilire le priorità e l'adattamento ai cambiamenti.

Anche le caratteristiche che gli scienziati attribuiscono al sistema limbico cambiano man mano che si fanno nuove scoperte.

UN CASO CLINICO

La storia di Phineas Gage: si può dire che abbia dato inizio alle Neuroscienze.

Era costui un giovanotto americano di 25 anni che lavorava alla ferrovia piazzando candelotti di dinamite per gli sbancamenti necessari. Nel 1849 un'esplosione gli sparò una sbarra di ferro attraverso i lobi prefrontali (fig. ga1); non perse mai conoscenza ma dopo l'incidente non era più lui.

Se prima era un giovane ammodo, beneducato, rispettoso, assennato, divenne un essere rozzo, asociale...

Il suo medico 20 anni dopo l'incidente scriveva:” L'equilibrio in Gage tra le sue facoltà intellettuali e le spinte animali sembra distrutto; egli è irriverente, imprevedibile, grossolano, poco rispettoso, impaziente di ogni limitazione o consiglio se entra in conflitto con i suoi desideri, ostinato, capriccioso...

Non ha più casa, amici, lavoro; ha finito con l'essere un freak nel circo Barnum di N.Y.

E' morto all'età di 38 anni in stato di male epilettico.”

Da questo caso si è capito che le cose erano molto più complicate di quello che si pensava; il cervello non era semplicemente diviso in sistemi funzionali rigidamente separati, Gage infatti conservava funzioni quali il cammino, il linguaggio, la vista ecc. ma, nonostante questo, il suo carattere era cambiato, non era più lui. A quel tempo non si poteva credere che anche valori quali la morale, l'affidabilità, la buona educazione ecc. dipendessero dal normale funzionamento di certe aree del cervello: se anche il carattere dipendeva dal cervello, la mente non poteva più coincidere con l'anima; la mente venne ritenuta responsabile delle funzioni cognitive ma l'anima era un'altra cosa.

UN ALTRO CASO CLINICO

Un altro paz. che negli aa. '50 era stato sottoposto a lobectomia temporale bilaterale per una epilessia ribelle a qualunque trattamento, divenne completamente amnesico: non ricordava niente e non imparava niente; il circuito di Papez era già stato scoperto ma i medici si mostrarono sorpresi del deficit mnemonico!

Il paz è stato seguito per 40 anni e il suo QI come pure l'attenzione, venivano riportati intatti.