

Fisiologia Umana

Il Sistema Nervoso Parte II

I Sistemi Sensoriali

La percezione sensoriale è la sequenza di tre eventi:

- 1) Uno stimolo fisico
- 2) La trasformazione dello stimolo in impulsi nervosi e la sua elaborazione
- 3) Una *risposta percettiva*

Psicologia Sperimentale

Experimental Psychology:

Studio sperimentale dei processi mentali (Qual'è la sequenza di eventi attraverso i quali uno stimolo produce una sensazione?)

Psychophysics: Studia la relazione fra le caratteristiche fisiche degli stimoli e percezione. Ad esempio, due stimoli di intensità doppia sono percepiti come tali?

Sensory Physiology: Studia l'effetto degli stimoli a livello nervoso. Ad esempio due stimoli di intensità doppia provocano un raddoppio della risposta del neurone?

Percezione = Illusione

La percezione di uno stimolo è diversa dalle caratteristiche fisiche dello stimolo.

Il sistema nervoso opera un **filtraggio** delle informazioni in arrivo e le *interpreta* sulla base delle esperienze precedenti.

Riceviamo onde di pressione ma percepiamo dei suoni.

I suoni, i colori, gli odori non esistono al di fuori del cervello.

Che rumore fa un albero che cade se non c'è nessuno a "sentire"?
L'albero che cade crea delle onde di pressione ma non un "rumore".
Il rumore viene creato dal cervello.

Percepire non vuol dire *registrare* direttamente ciò che avviene ma *costruire un'interpretazione* per mezzo del sistema sensoriale e dell'esperienza.

I sistemi sensoriali ricevono informazioni dai diversi tipi di **recettori** e la trasmettono al sistema nervoso centrale.

Quattro funzioni dei sistemi sensoriali:

- 1) percezione
- 2) controllo motorio
- 3) regolazione delle funzioni di organi interni
- 4) mantenimento dello stato di allerta

Non tutte le sensazioni sono “conscie” (ad esempio i riflessi)
Informazioni exteroceettive e propriocettive.

Le informazioni propriocettive sono utilizzate per regolare alcune funzioni del corpo umano (e.g. temperatura, pressione, ritmo cardiaco e respiratorio, alcuni riflessi motori).

Proprietà di uno stimolo (1)

Le **sensazioni** codificano almeno 5 proprietà dello stimolo:

- 1) **Modalità**: visiva, acustica, olfattiva, gustativa, somatica (tatto, temperatura, dolore, posizione degli arti).
 - 2) **Intensità**: dipende dalla “forza” dello stimolo (esiste in generale una **soglia di stimolazione** al di sotto della quale non viene percepita nessuna sensazione). Le soglie dipendono in generale da fattori quali esperienza e fatica o dal contesto.
- ...

Proprietà di uno stimolo (2)

- 3) **Sensitività**: esprime la capacità di discriminare due stimoli di intensità diversa (discriminiamo facilmente 1 kg da 2 kg ma non 50 kg da 51 kg).

Legge di Weber: $\Delta S = K \times S$

ΔS = Just Noticeable Difference

S = Reference Stimulus

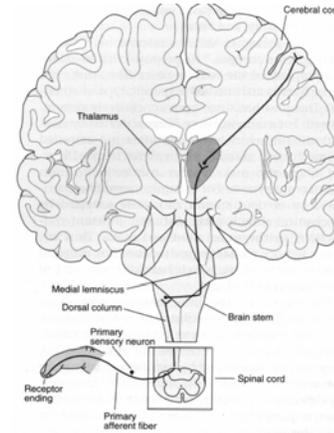
K = Constant

La differenza fra due stimoli deve crescere in modo proporzionale allo stimolo di riferimento:***

Proprietà di uno stimolo (3)

- 4) **Durata:** la durata di una sensazione dipende sia dall'ampiezza che dalla durata dello stimolo. Se lo stimolo dura a lungo la sensazione diminuisce (**Adattamento**). Si può parlare di **risoluzione temporale**.
- 5) **Posizione** (o localizzazione): la maggior parte delle sensazioni hanno una precisa origine spaziale (esterna o interna al corpo). Quasi sempre si può parlare di risoluzione spaziale (ad esempio la *two-point threshold*).
- ...

Struttura di un canale sensoriale



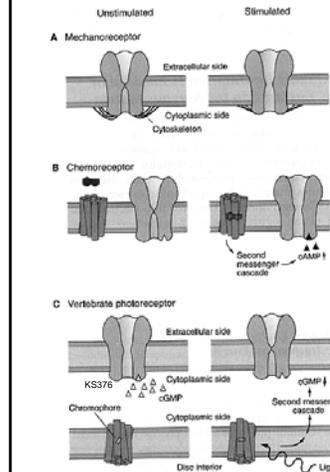
L'informazione sensoriale raggiunge le aree corticali attraverso un certo numero di neuroni. Nel caso somatico si tratta di tre neuroni.

Recettori sensoriali (1)

Modality	Receptor	CNS
Touch, pain, temperature, proprioception-limbs and trunk		Recettori diversi che codificano quantità fisiche diverse:
Proprioception-jaw		Visione: Luce
Olfaction		Udito: Onde di pressione
Gustation		Equilibrio: Accelerazione meccanica
Audition Balance		Tatto: Deformazione, Temperatura
Vision		Gusto, Olfatto: Concentrazione chimica

Recettori Sensoriali (2)

Modality	Receptor	CNS
Touch, pain, temperature, proprioception-limbs and trunk		Nei sistemi somatico e olfattivo i recettori fanno parte del neurone (Neurone sensoriale primario) che effettua sia la trasduzione che la codifica.
Proprioception-jaw		Nei sistemi visivo, gustativo, uditivo e per la misura dell'equilibrio, i recettori sono cellule di tipo epiteliale che comunicano con il neurone sensoriale primario attraverso un meccanismo simile a quello delle sinapsi.
Olfaction		
Gustation		
Audition Balance		
Vision		

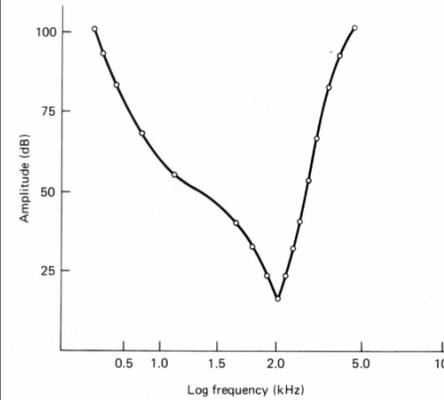


Recettori sensoriali (3)

Nell'uomo esistono recettori meccanici, recettori chimici, recettori di temperatura, foto recettori e recettori del dolore. Alcuni animali hanno anche recettori di campi elettrici e recettori di radiazioni infrarosse.

La trasformazione delle diverse forme di energia in energia elettrica (elettrochimica) avviene variando la permeabilità della membrana del recettore.

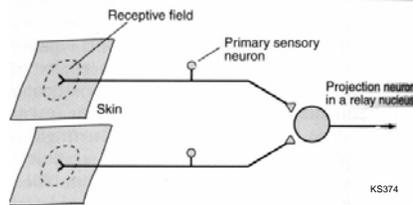
Funzione di sensibilità



Ogni recettore è sensibile (*tuned*) ad un intervallo limitato dello stimolo. Ad esempio i neuroni uditivi sono sensibili ad un intervallo limitato delle frequenze percepite.

È possibile definire una *tuning curve* o **funzione di sensibilità** del recettore.

Campo Recettivo



Il funzionamento di un recettore è descritto dal suo campo recettivo (ad esempio la dimensione del campo recettivo determina la risoluzione spaziale del recettore).

I neuroni sensoriali primari proiettano su neuroni secondari che, solitamente, sono raggruppati in "relay nuclei". Ad esempio i **nuclei talamici**. L'unica eccezione è l'olfatto nel quale i neuroni primari proiettano direttamente sulla corteccia olfattiva.

I neuroni sensoriali "centrali" hanno a loro volta un campo recettivo che è ottenuto dalla *combinazione* dei campi recettivi periferici. Questi campi recettivi sono via via più complessi o codificano informazioni spazio-temporali estratte dalle informazioni "base" (ad esempio CR sensibili al movimento visivo).

Parallelismo

La maggior parte dei sistemi sensoriali è costituita da percorsi paralleli (*parallel pathways*) che codificano parametri specifici dello stimolo.

Ad esempio nel sistema visivo esistono percorsi paralleli dell'informazione di colore, movimento, disparità.

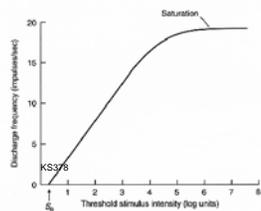
Nel sistema somatico esistono due percorsi paralleli per informazioni tattili, posizione, dolore e temperatura.

A parte il gusto e l'olfatto, i percorsi sensoriali sono organizzati in modo da conservare la relazione spaziale che esiste a livello dei recettori. **Neuroni vicini elaborano informazioni provenienti da recettori vicini. Somatotopia, Retinotopia e Tonotopia.**

Trasduzione e Codifica

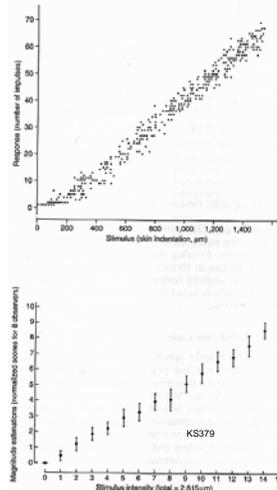
La frequenza di scarica di un neurone sensoriale primario codifica l'**intensità** dello stimolo.

La frequenza di scarica è proporzionale alla interpretazione percettiva dello stimolo.



Giulio Sandini

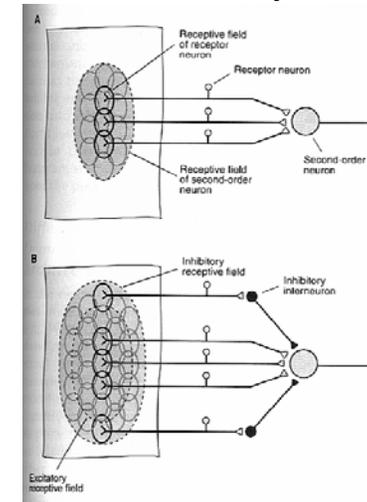
Fisiologia AA 2005/2006



47

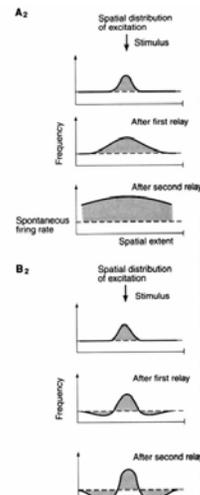
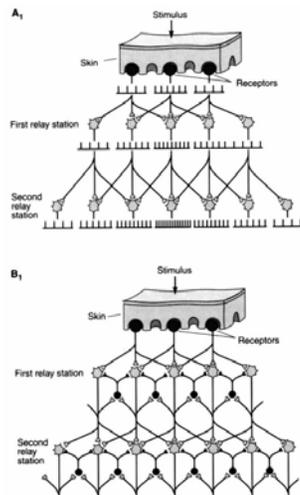
Inibizione Laterale

La discriminazione fra stimoli diversi è facilitata da un meccanismo nervoso (noto con il nome di *lateral inhibition*) che *amplifica i contrasti*.



Giulio Sandini

48



Giulio Sandini

Fisiologia AA 2005/2006

49

Basi Neuronali dei processi cognitivi

I diversi sistemi sensoriali possono essere studiati separatamente ma la **percezione** del mondo esterno è **unitaria**.

Percezione = illusione (ciò che percepiamo non dipende solo dalle leggi fisiche che stimolano i nostri sensi)

Cognitive Neural Science

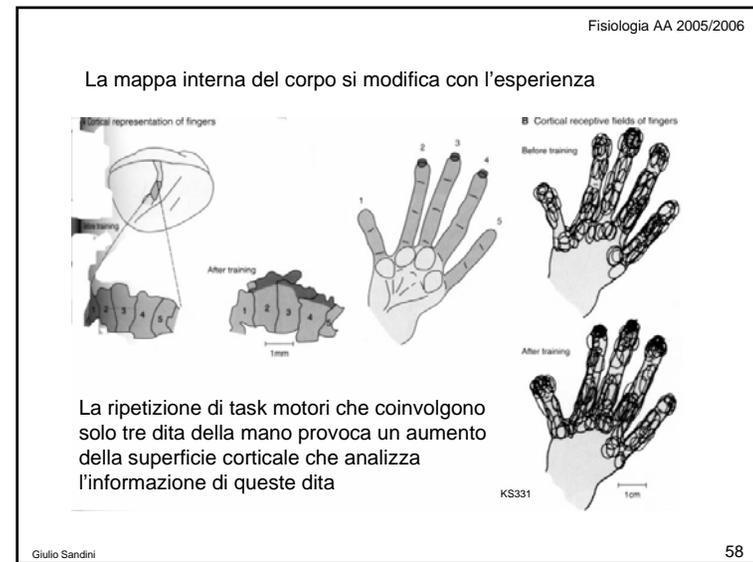
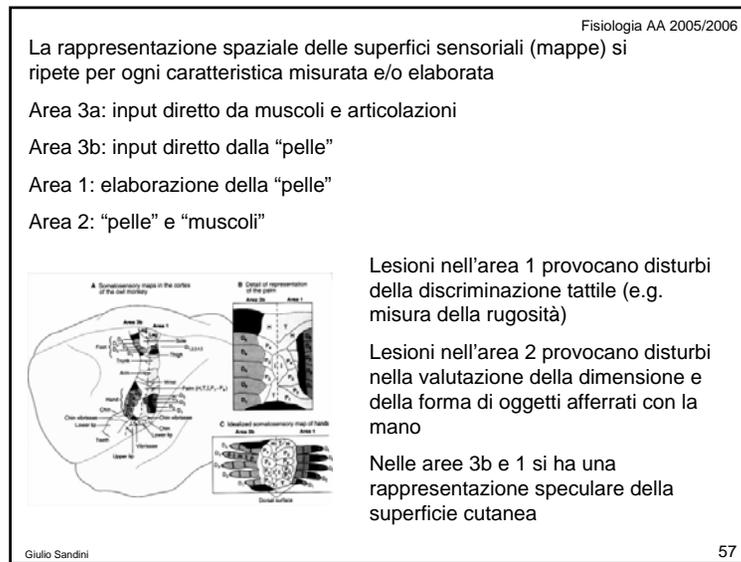
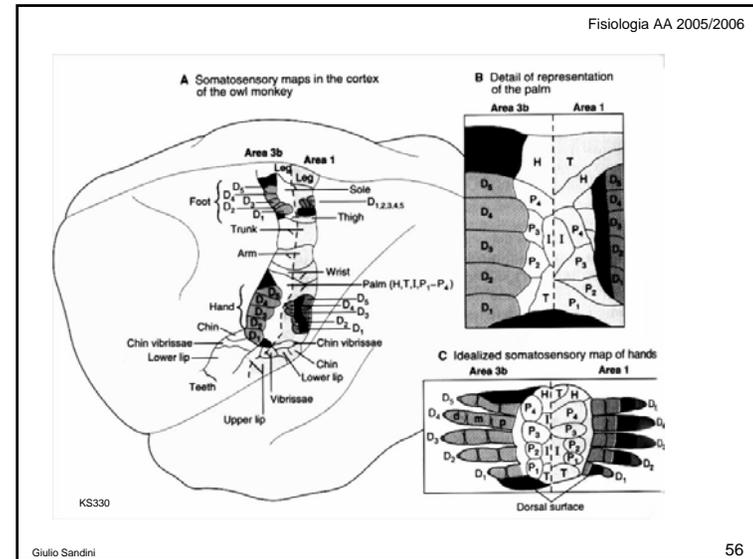
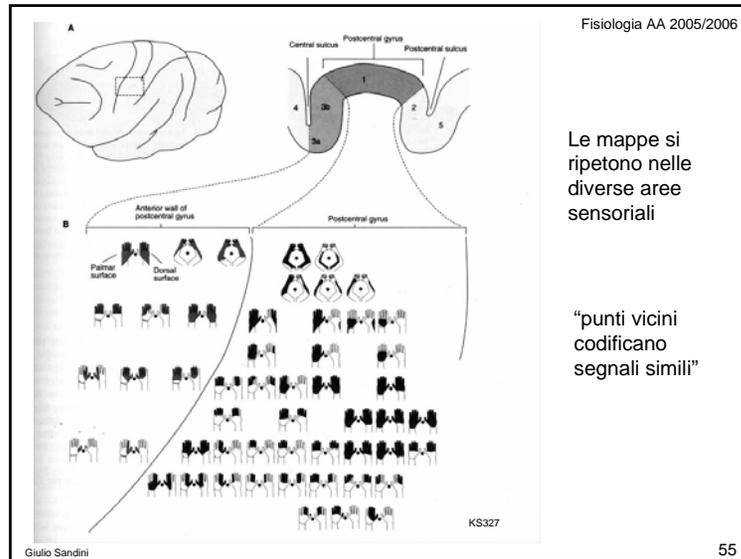
Lo studio dei singoli neuroni è necessario ma non sufficiente per capire il funzionamento del cervello.

Le **Scienze Neurali Cognitive** studiano le relazioni che esistono fra funzionamento di singoli neuroni e la "*cognizione*" (vale a dire l'insieme di conoscenza ed elaborazione che genera il comportamento).

Giulio Sandini

Fisiologia AA 2005/2006

50



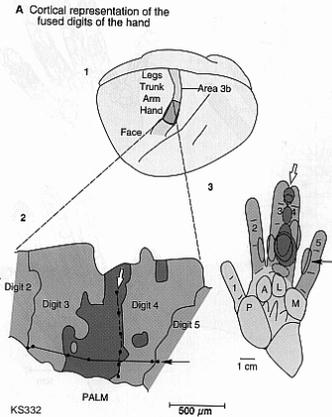
Cells that fire together, wire together

Correlated firing

La netta separazione fra le rappresentazioni delle dita sparisce dopo alcuni mesi che le due dita 3 e 4 sono "incollate" fra loro.

La rappresentazione non dipende solo da fattori genetici ma può essere alterata dall'attivazione sincronizzata dei neuroni.

Questo mappaggio è reversibile



The Phantom Limb Syndrome

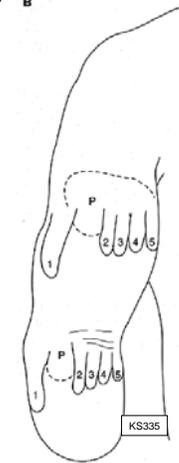
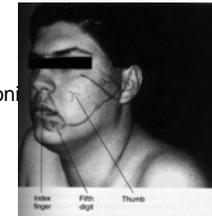
(pazienti amputati continuano a percepire l'arto mancante)

In passato si pensava che queste sensazioni fossero dovute da impulsi nervosi generati dalla zona rimarginata dalla ferita

Più recentemente: la rappresentazione delle parti del corpo vicine a quella dell'arto amputato occupano le zone che non ricevono più sensazioni.

Stimolazioni del volto e dell'avambraccio sono percepite come stimolazioni dell'arto mancante

Viene mantenuta la topologia

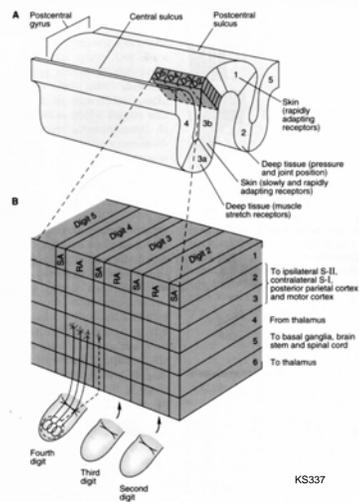


L'architettura corticale ha una struttura a strati e colonnare

L'architettura corticale è costituita a più livelli.

Le aree 3a, 3b, 1 e 2 ricevono input da tutta la superficie sensoriale e una modalità tende ad essere dominante.

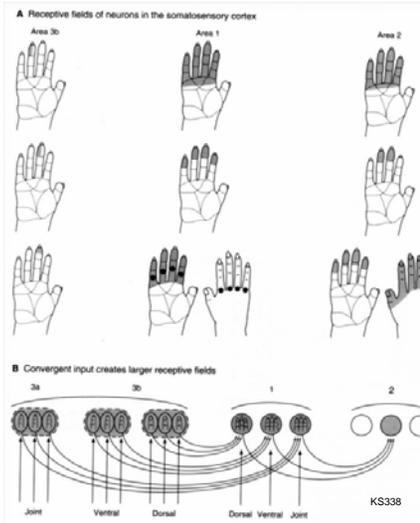
lo "strato" codifica le connessioni
la "colonna" codifica la provenienza e la funzione

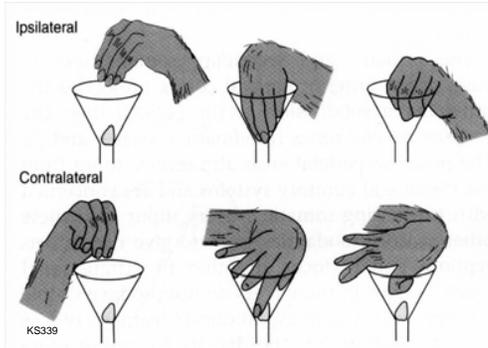


Integrazione sensoriale

- 1) diverse sottomodaliità convergono su un singolo neurone
- 2) i campi recettivi diventano più ampi
- 3) le risposte dei neuroni diventano più complesse

Nelle aree 1 e 2 i neuroni sono sensibili all'orientamento, alla velocità e alla forma 3D





L'iniezione di un inibitore della
trasmissione nervosa (muscimol)
nell'area 2 provoca la perdita del
coordinamento delle dita