

4

---

---

---

---

---

---

---

---

### Terminazioni sensitive

Le terminazioni nervose periferiche dei neuroni dei Gangli delle Radici Dorsali (DRG) sono di due tipi:

- **Terminazioni nervose libere**
  - Sensazioni dolorifiche e termiche (nocicettori e termocettori)
- **Terminazioni nervose incapsulate** da strutture non nervose
  - modalità del tatto e della propriocezione (meccanocettori, propriocettori)
  - rilevano stimoli che modificano o deformano la superficie recettoriale

5

---

---

---

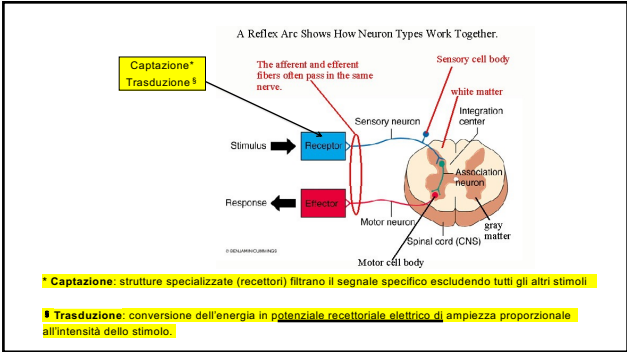
---

---

---

---

---



6

---

---

---

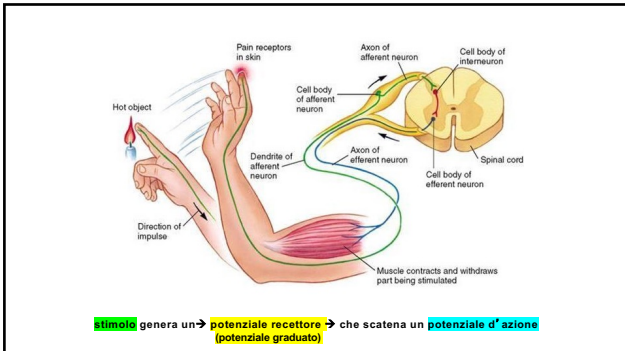
---

---

---

---

---



7

---

---

---

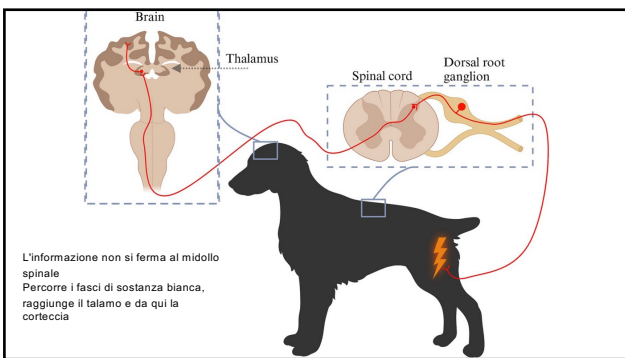
---

---

---

---

---



8

---

---

---

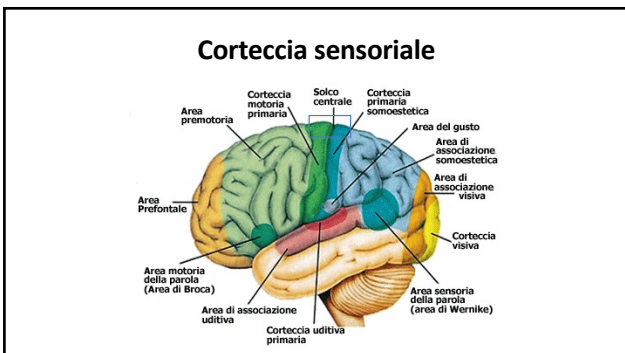
---

---

---

---

---



9

---

---

---

---

---

---

---

---

### Sensazione vs percezione

- **Sensazione**
  - informazione sensoriale che dalla periferia (o dall'interno del corpo) raggiunge il SNC
- **Percezione**
  - come il cervello interpreta le informazioni provenienti dai sensi
- **Adattamento**
  - diminuzione della sensibilità, con diminuzione di frequenza di scarica dei potenziali d'azione
  - funzione di **filtro** per non soccombere alle continue stimolazioni che raggiungono l'organismo, dando importanza solo a quelle significative

---

---

---

---

---

---

---

---

10

### Sensazioni somatiche

Sono tutte modalità mediate da recettori diversi che trasmettono al SNC attraverso vie diverse; essi hanno in comune i neuroni dei gangli (spinali, cranici). I singoli neuroni rispondono selettivamente a particolari stimoli a causa delle particolari caratteristiche morfologiche e molecolari delle loro terminazioni periferiche.

**Diversi tipi di recettori per diverse modalità:**

---

---

---

---

---

---

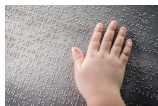
---

---

11

### Sensazioni somatiche

- **Tatto discriminativo:** dimensioni, forma, caratteristiche superficiali, movimento sulla cute
- **Propriocezione:** senso di posizione statica e di movimento degli arti e del corpo




---

---

---

---

---

---

---

---

12

**Sensazioni somatiche**

- **Nocicezione:** segnala il danno o l'irritazione chimica dei tessuti (dolore o prurito)

The diagram consists of three overlapping circles. The top-left circle is labeled 'NOCICETTIVO' and 'deriva da danno ai tessuti'. The top-right circle is labeled 'NEUROPATICO' and 'deriva da danno ai nervi stessi'. The bottom circle is labeled 'ALTRO DOLORE' and 'per disfunzioni neurologiche anziché da danno (es: fibromialgia)'. A lightning bolt icon is placed in the center where all three circles overlap.

13

---

---

---

---

---

---

---

---

**Sensazioni somatiche**

- **Senso termico:** sensazioni di caldo e freddo

**Dogs can sense weak thermal radiation**  
Anna Ballerini<sup>1</sup>, Paolo Andico, Maria Giacci, Anna Gallo, Kálmán Csabari, Chelsey M. Luce, Adam Mátzoi & Ronald M. W. Sillito  
Scientific Reports | 10, Article number: 17304 (2020) | View this article

The image shows a dog's face with a color scale overlay. The scale ranges from 22 (purple) to 38 (red). The dog's face is predominantly red and orange, indicating higher temperatures. A white scale bar is visible in the bottom left corner of the image.

14

---

---

---

---

---

---

---

---

**Recettori del follicolo pilifero**

- Sono a rapido adattamento
- Rispondono al movimento del pelo. Diversi tipi:
  - recettori annessi alla lanugine (b)
  - recettori annessi ai peli\* robusti e più lunghi (a: peli di giarra)
  - recettori dei peli tattili
- Differiscono tra loro per
  - sensibilità al movimento del pelo
  - velocità di conduzione

\*esistono anche crini, setole, aculei

The diagram shows a cross-section of a hair follicle with two types of receptors labeled 'a' and 'b'. 'a' is a longer, thicker receptor, and 'b' is a shorter, thinner one. To the right is a photograph of a dog's head, showing its fur and facial features.

15

---

---

---

---

---

---

---

---

**Durata delle sensazioni**

- Dipende in parte dalla velocità di adattamento dei recettori
- Quando uno stimolo rimane costante senza cambiare posizione o intensità la scarica del neurone sensoriale diminuisce e la sensazione scompare → **ADATTAMENTO**
- L'adattamento dei recettori è alla base dell'**adattamento percettivo**, meccanismo nervoso di estrema importanza perché fa sì che uno stimolo costante cessi di esistere

18

---

---

---

---

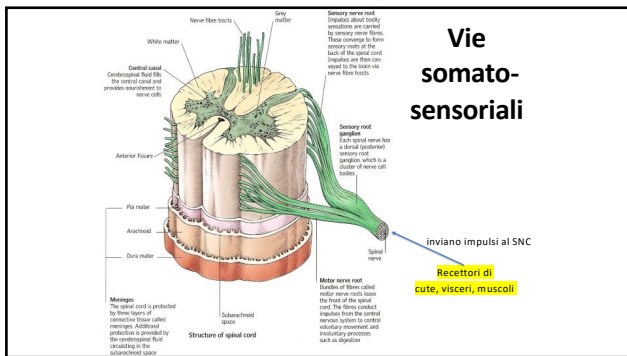
---

---

---

---

**Vie somato-sensoriali**



19

---

---

---

---

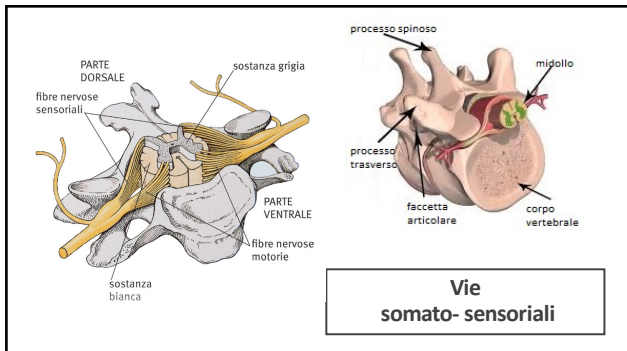
---

---

---

---

**Vie somato-sensoriali**



20

---

---

---

---

---

---

---

---

### Vie somato-sensoriali ascendenti

Dal midollo spinale la prima tappa è nel tronco cerebrale (sostanza reticolare, la cui attivazione spiega il risveglio in presenza di dolore) e nel talamo

21

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Dolore dell'arto fantasma

Il dolore dell'arto fantasma è un esempio della complessità della mente e della plasticità cerebrale. È causato da una riprogrammazione caotica del cervello, unita a residui di attività nervosa periferica, e può essere molto invalidante. Le principali teorie:

- Riorganizzazione della corteccia cerebrale (plasticità neuronale)**  
Dopo l'amputazione, la parte di corteccia che riceveva segnali dall'arto scomparso diventa "disoccupata". Le aree cerebrali vicine invadono questa zona, ma i "circuiti fantasma" possono rimanere attivi e continuare a generare impulsi dolorosi. Il cervello continua a "credere" che l'arto ci sia, e trasmette dolore

A livello corticale l'area in precedenza rappresentata dalla mano amputata riceve ora afferenze da aree vicine come il braccio e la faccia

23

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Arto fantasma: 1. teoria della riorganizzazione dei circuiti cerebrali

La rappresentazione di un arto amputato si può ritrovare nella cute della faccia (Ramachandran).

Ciò significa che la stimolazione della guancia può evocare una sensazione avvertita nell'arto fantasma

Questa osservazione indica che il dolore dell'arto fantasma può essere collegato alla vicinanza delle differenti parti del corpo nella corteccia somato-sensoriale

In seguito alla rimozione dello stimolo (amputazione) le regioni corticali confinanti invadono l'area silente, trasferendovi gli input

24

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Dolore dell'arto fantasma. Teorie

#### 2. Riorganizzazione a livello del talamo

Dopo l'amputazione, il talamo subisce una riorganizzazione simile ai cambiamenti corticali, con i neuroni inizialmente responsabili dell'elaborazione sensoriale dell'arto amputato che rispondono agli input provenienti dalle aree corporee circostanti. Ciò porta alla percezione errata del dolore nell'arto mancante. Alcuni studi dimostrano che la rappresentazione talamica dell'arto residuo è ingrandita negli amputati rispetto agli individui con arti intatti e la microstimolazione del talamo in assenza di stimoli periferici può evocare sensazioni fantasma e dolore post-amputazione.

#### 3. Sensibilizzazione a livello di midollo spinale

Il fenomeno del "wind-up", caratterizzato da aumenti dell'eccitabilità dei neuroni del midollo spinale dipendenti dalla frequenza, dovuti alla stimolazione delle fibre C, funge da precursore della sensibilizzazione centrale.

La stimolazione ripetitiva durante il wind-up può portare a un ampliamento del campo recettivo, una caratteristica significativa della sensibilizzazione centrale.

---

---

---

---

---

---

---

---

25

### Dolore dell'arto fantasma. Teorie

#### 4. Neuromi

Dopo l'amputazione, le terminazioni nervose recise nel moncone possono formare neuromi (ispessimenti nervosi ipersensibili). Questi possono generare impulsi dolorosi spontanei, che il cervello interpreta come provenienti dall'arto mancante.

Livello centrale  
Corteccia, talamo

Livello spinale

#### 3. Memoria del dolore

Se l'arto era dolorante prima dell'amputazione, il cervello può "memorizzare" quel dolore e continuare a riprodurlo, anche dopo l'esportazione.

Livello periferico

---

---

---

---

---

---

---

---

26

### Tripodi

- Tentativi di lambimento dell'arto fantasma
- Manifestazioni di dolore (il cane sembra pazzo)
- Dolore CRONICO associato all'arto fantasma



Nell'uomo le terapie sono rappresentate da:

**Terapia dello specchio:** si usa uno specchio per "ingannare" il cervello. In alcuni casi, riduce o elimina il dolore.

**Stimolazione cerebrale** con elettrodi o tecnologie come la stimolazione magnetica transcranica (TMS).

**Farmaci:** anticonvulsivanti, antidepressivi, oppioidi (efficacia variabile).

---

---

---

---

---

---

---

---

27

### Nocicezione vs dolore

- La nocicezione è il **rilevamento** di una informazione proveniente dai **recettori del dolore**: captazione, trasduzione e trasmissione del segnale
- Il dolore è una **esperienza** (risposta sensoriale ed emozionale), cioè il prodotto di una parte del SNC responsabile della processazione mentale dello stimolo nocivo. "Il dolore ha luogo nel cervello"

28

---

---

---

---

---

---

---

---

### Definizione di dolore

Il dolore è una **percezione** (esperienza) sensitiva ed emozionale sgradevole associata a una condizione di danno reale o potenziale dei tessuti

Il carattere di **soggettività** del dolore è uno dei fattori che rendono difficile la sua definizione (e il trattamento terapeutico)

per esempio un atleta spesso non si rende conto di essersi provocato una lesione finché non è terminata una gara; stesso discorso per animali intrappolati da lacci e tagliole che si mutilano pur di fuggire...



29

---

---

---

---

---

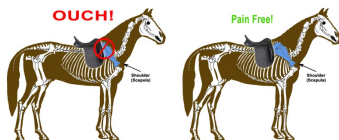
---

---

---

### Dolore

È una submodalità della **sensibilità somatica**  
 Ha una **funzione protettiva**  
 Si presenta con le caratteristiche dell'urgenza e della primordialità  
 L'intensità con cui uno stimolo doloroso viene percepito dipende dall'ambiente e dal soggetto  
 Negli animali il dolore ha come risultato risposte di evitamento (apprendimento) e può modificare specifici tratti comportamentali, incluso il comportamento sociale



30

---

---

---

---

---

---

---

---

### Variabili sul dolore

- Specie
  - Razza
  - Età
  - Sesso
  - Stato di salute (sensibilizzazione)
- Alcuni di questi concetti sono stati ampiamente superati dall'approfondimento delle conoscenze sul comportamento animale
- NB: per il dolore non c'è adattamento.

---

---

---

---

---

---

---

---

31

### Classificazione clinica in base alla durata

- Dolore acuto
- Dolore cronico: afinalistico, non ha alcuna utilità, se non la sofferenza del paziente  
Il dolore cronico, infatti, non è MAI specchio del reale stato dei tessuti ma è frutto bensì di un'alterazione della sensibilità\* a livello del sistema nervoso centrale.

\*la zona nell'homunculus può aumentare per stimolazioni ripetute e invadere altri campi

---

---

---

---

---

---

---

---

33

### Nocicettori

- sono le terminazioni di neuroni sensitivi localizzati
  - nei gangli delle radici dorsali
  - nei gangli nn. cranici (es. ganglio di Gasser trigemino)
- tre classi principali
  - termici
  - meccanici
  - polimodali
- una classe a parte
  - silenti

---

---

---

---

---

---

---

---

34

Nocicettori termici, meccanici e polimodali spesso operano insieme.  
Ad esempio un colpo di martello su un dito:

- **primo dolore** di tipo puntorio (fibre A $\delta$ )
- **secondo dolore** di tipo sordo, lento (fibre C)

35

---

---

---

---

---

---

---

---

**Su alcuni neuroni sensitivi delle corna dorsali convergono anche afferenze da recettori viscerali**

I centri superiori non riescono a discriminare (anche perché le afferenze cutanee sono di norma superiori a quelle viscerali)

36

---

---

---

---

---

---

---

---

**Stimoli nocicettivi**

- Sostanze chimiche
  - prostaglandine
  - istamina
  - bradichinina
  - enzimi tissutali
- Schiacciamento
- Temperature estreme

39

---

---

---

---

---

---

---

---

**Diagnosi**

- **Rilievo oggettivo:**
  - Risposte comportamentali (postura, evitamento, freezing, fuga, vocalizzazioni etc)
  - Risposte fisiologiche: coinvolgimento SNA (cuore, respiro, pupilla, pelo etc) e asse ipotalamo-ipofisi-surrene
  - Risposte metaboliche e biochimiche: glucosio, acute phase proteins, enzimi
- **Rilievo soggettivo:**
  - Descrizioni verbali, scale del dolore

---

---

---

---

---

---

---

---

42

**Riconoscimento del dolore: comportamento**

1. **Cambiamento del carattere** es un animale tranquillo può diventare aggressivo
2. **Vocalizzazioni:** è un parametro poco sensibile e specifico e non può essere l'unico parametro per la valutazione del dolore
3. **Immobilità (freezing)**
4. Leccare, mordersi, grattare o scrollare la parte dolente fino a autolesionismo
5. Scarsa cura del mantello e piloerezione
6. Cambiamenti nella postura e nella deambulazione contrazione dell'addome e cifosi; zoppie o trascinarsi dell'arto dolente
7. Cambiamento di interessi e attività (gioco)

---

---

---

---

---

---

---

---

44

**Riconoscimento del dolore: comportamento**

1. Riduzione dell'appetito (perdita di peso)
2. Riduzione della sete (disidratazione)
3. Espressione: occhi sbarrati, pupille dilatate, fotofobia, orecchie vigili o abbassate
4. Eccessiva sudorazione (cavalli)
5. Eccessiva salivazione (roditori)
6. Digrignamento dei denti (ruminanti e roditori)
7. Alterazione di minzione (disuria) o defecazione (diarrea, tenesmo)

---

---

---

---

---

---

---

---

45

### Controllo del dolore

Esistono **meccanismi centrali** di modulazione che regolano la percezione del dolore:

**controllo a cancello**  
**endorfine**

---

---

---

---

---

---

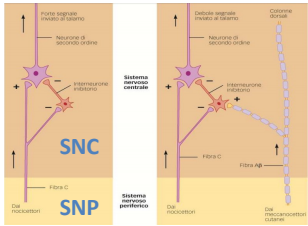
---

---

52

### Teoria del controllo a cancello

- I neuroni del corno dorsale ricevono afferenze da
  - fibre Aβ mieliniche, non nocicettive,
  - fibre Aδ e C, nocicettive
- Le fibre Aβ di grande Ø inibiscono i neuroni tramite interneuroni inibitori
- Le fibre Aδ e C eccitano i neuroni ma inibiscono gli interneuroni inibitori attivati da Aβ



---

---

---

---

---

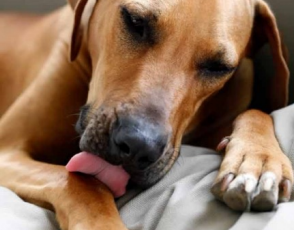
---

---

---

53

### Funzionamento del cancello



- 
- 

---

---

---

---

---

---

---

---

54

### Trattamento non farmacologico del dolore

Migliorare l'ambiente circostante attraverso pratiche che danno una sensazione di tranquillità

Il massaggio permette di stimolare le fibre nervose A beta, capaci di ridurre l'impulso nocicettivo

- Tenere l'animale asciutto, pulito, al caldo (coperte termiche, tappetini riscaldati, lampade a infrarossi)
- T° ambiente 30 gradi C
- Umidità 30-70%
- Porre l'animale su superfici imbottite o morbide

---

---

---

---

---

---

---

---

58

### Trattamento non farmacologico del dolore

- evitare decubiti prolungati su uno stesso lato
- evitare rumori improvvisi e forti
- evitare ambienti troppo illuminati
- assicurare il contatto con manipolazioni, t-touch
- cullare l'animale (rilassamento attraverso la stimolazione degli otoliti)
- nutraceutici: sostanze non farmacologiche che rinforzano i tessuti migliorandone il metabolismo:
  - ac. grassi essenziali (Q3 e Q6), condroitinsolfato, glucosamina etc. (nelle artriti e processi degenerativi)

---

---

---

---

---

---

---

---

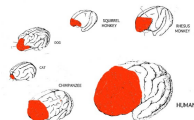
59

### Temple Grandin-la paura

**La paura è peggio del dolore.**

Sembra probabile che animali (e autistici) siano eccessivamente inclini alla paura (lobi frontali meno "potenti" delle persone normali).

Inoltre una volta traumatizzato, l'animale non può essere aiutato a cancellare il trauma; un animale non dimentica mai una grande paura (vedi soggetti con stress post traumatico)




---

---

---

---

---

---

---

---

60

