

LEZIONE 10

SENSIBILITÀ SOMATICA – ELABORAZIONE CENTRALE

Una volta che le informazioni somatiche hanno interagito in periferia con i vari tipi di recettori, esse dovranno raggiungere la corteccia per essere elaborate.

Dunque le informazioni provenienti dalle varie modalità somato-sensoriali vengono trasmesse dai recettori periferici alle formazioni del midollo spinale, tronco encefalico e talamo, per poi risalire fino ad arrivare alla corteccia cerebrale.

Il **dermatomero** è l'area cutanea innervata da un singolo ganglio della radice dorsale.

Il **ganglio** è quella struttura anatomica dove si trovano i corpi cellulari di tutte le fibre afferenti che provengono da una determinata parte del corpo e portano informazioni relative alla sensibilità somatica. Entreranno poi in uno specifico segmento spinale. Per ciascun segmento spinale abbiamo un ganglio dorsale destro un ganglio dorsale sinistro.

Quindi il dermatomero è l'area di cute che poi porterà l'informazione. Le informazioni che provengono da un dermatomero entrano tutte nella stessa radice dorsale; ma all'interno di essa arrivano invece informazioni da più nervi spinali.

Dunque nervo spinale non è sinonimo di dermatomero poiché il primo porta informazioni a più di un segmento spinale, mentre il dermatomero trasporta tutte le informazioni all'interno di una radice dorsale.

La lesione di una sola radice spinale non comporta una completa perdita della sensibilità del corrispondente dermatomero perché essi sono sovrapposti gli uni agli altri.

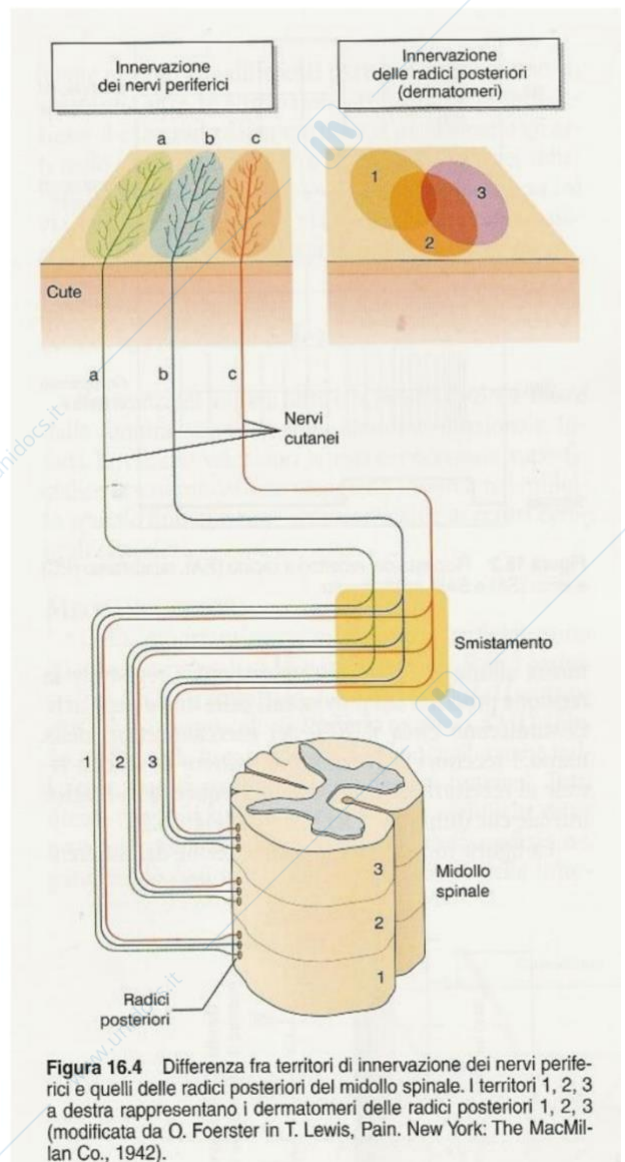


Figura 16.4 Differenza fra territori di innervazione dei nervi periferici e quelli delle radici posteriori del midollo spinale. I territori 1, 2, 3 a destra rappresentano i dermatomeri delle radici posteriori 1, 2, 3 (modificata da O. Foerster in T. Lewis, Pain. New York: The MacMillan Co., 1942).

Il concetto di dermatomero è molto importante dal punto di vista sia funzionale sia clinico. Esso nasce dal fatto che le fibre che provengono da nervi periferici differenti si raggruppano nuovamente nella radice posteriore, come mostrato nella figura 16.4. Per esempio, le fibre dell'arto superiore che provengono dal nervo mediano, radiale e ulnare si mescolano le une con le altre in modo tale che, a livello di una radice posteriore cervicale, vi sono alcune fibre provenienti dal nervo mediano, altre dal radiale e talaltre dall'ulnare. Il risultato è che il territorio di innervazione di questi nervi periferici è diverso da quello delle radici posteriori.

La conoscenza dell'organizzazione dermatomerica riveste un'importanza fondamentale dal punto di vista clinico. Infatti, in base al territorio cutaneo che presenta disturbi della sensibilità, è possibile risalire alla radice dorsale responsabile della sintomatologia dermatomerica. Nella figura 16.5 sono rappresentati i diversi dermatomeri.

La lesione di un nervo periferico causa la perdita della sensibilità dell'area innervata. L'informazione quindi non arriva più.

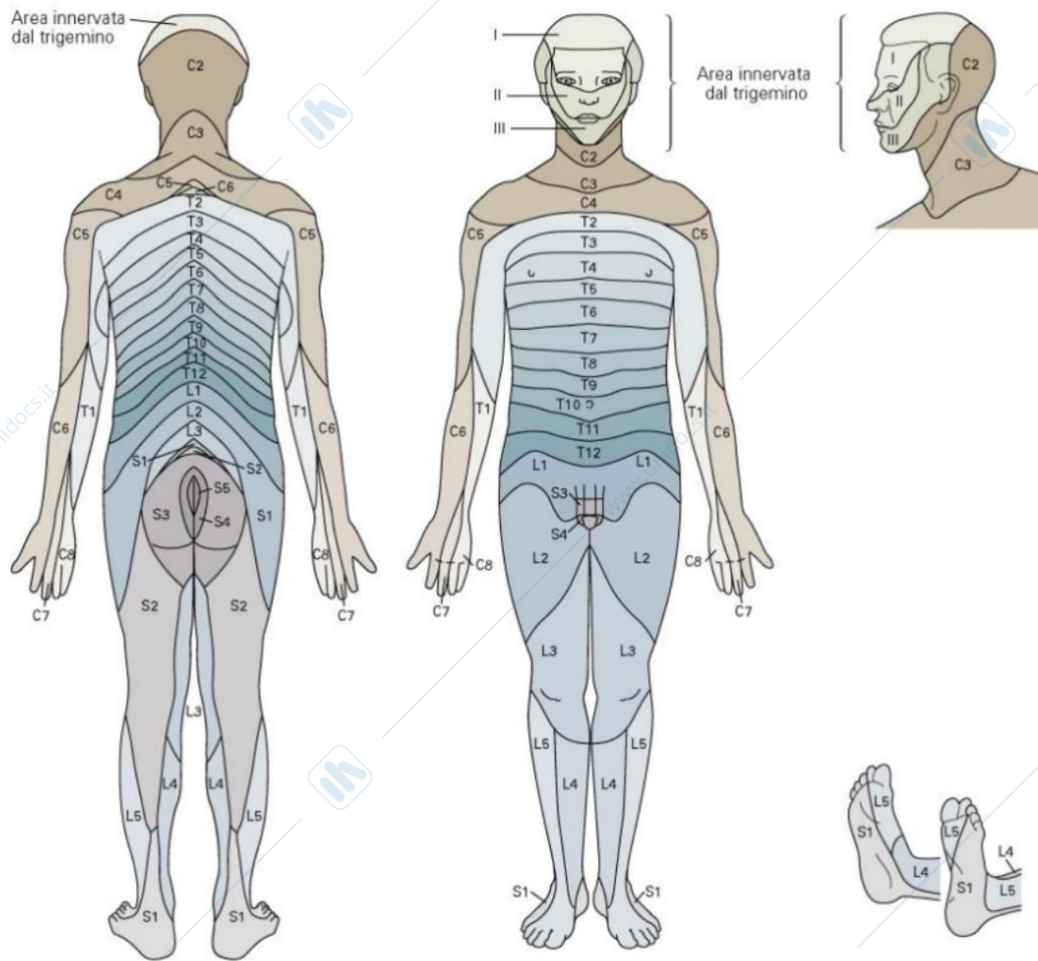


Figura 22.13 Distribuzione dei dermatomeri. Il nome delle radici dorsali deriva dal forame vertebrale attraverso il quale passa la corrispondente radice dorsale. Si distinguono 7 radici cervicali (C), 12 toraciche (T), 5 lombari (L) e 5 sacrali (S), la cui numerazione progredisce in senso rostro-caudale per ciascuna suddivisione

della colonna vertebrale. Si noti che a livello C1 non è presente alcuna radice dorsale, ma solo una radice ventrale (o motoria), e che il dermatomero S5, situato nella regione perineale, non è stato riportato nella figura. La cute della faccia è innervata dalle tre branche del trigemino: oftalmica (I), mascellare (II) e mandibolare (III).

I dermatomeri prendono il nome dall'ingresso nel midollo spinale; vanno da C2 a S1. L'area innervata dal trigemino comprende tutta la parte della faccia e parte della testa e del collo.

Abbiamo poi anche le informazioni che provengono a livello dei piedi. Uno tra i sistemi utilizzati per suddividere i dermatomeri e capire quindi come sono distribuiti, era quello di andare a studiare gli individui affetti dal cosiddetto **fuoco di Sant'Antonio**.

Viene definito come la "*varicella degli adulti*" perché l'agente che lo scatena è lo stesso e solitamente colpisce gli adulti che non si sono immunizzati in età infantile. In realtà il fuoco di Sant'Antonio è un'infezione della radice dorsale molto dolorosa perché all'interno della radice dorsale entrano anche tutte le fibre del dolore che appunto vengono attivate. Se infatti viene colpita tutta la radice dorsale, avrò una manifestazione a livello cutaneo e forti dolori muscolari o articolari.

Non colpisce sempre la stessa radice dorsale, ma può colpire anche a livello del nervo trigemino. Quindi può determinare manifestazioni di dolore e danni all'occhio molto grandi. Dopo qualche giorno dall'insorgenza, cominciano a presentarsi le stesse deformazioni cutanee proprie della varicella.

Herpes zoster

L'Herpes zoster (o fuoco di S. Antonio) è un'infezione virale che interessa quasi sempre le terminazioni nervose della pelle di un singolo dermatomero. È causato dallo stesso virus della varicella, una malattia esantematica che solitamente colpisce l'infanzia. L'herpes zoster colpisce circa il 3% della popolazione, qualche volta nella vita. In molti casi la malattia è una riattivazione del virus della varicella. Molto verosimilmente, il virus si propaga lungo un nervo cutaneo e resta poi quiescente per anni, dopo un episodio di varicella, nei gangli spinali. Si può riattivare quando diminuiscono le difese immunitarie, in età avanzata, oppure in caso di stress, di terapie radianti o di trattamenti con farmaci immunosoppressori. Se ciò avviene, il virus può viaggiare lungo le fibre nervose fino a un dato dermatomero. La figura mostra il dermatomero di un ragazzo di 13 anni colpito dall'herpes. Ne risulta un'eruzione dolorosa con placche rosse, rigonfie e piccole vesciche, che spesso si rompono e si ricoprono di croste, prima di rischiararsi in 2-3 settimane. In casi più gravi, l'estesa infiammazione, le vesciche a contenuto emorragico e possibili infezioni batteriche secondarie possono portare alla formazione di cicatrici permanenti. In molti casi di herpes zoster l'eruzione delle vesciche è preceduta per 4-5 giorni da dolore, bruciore e prurito, segni prodromici dell'eruzione nel dermatomero interessato. Sfortunatamente, un attacco di herpes zoster non conferisce immunità per un lungo periodo di tempo. Diversi individui ne soffrono tre o più volte nel corso della vita.

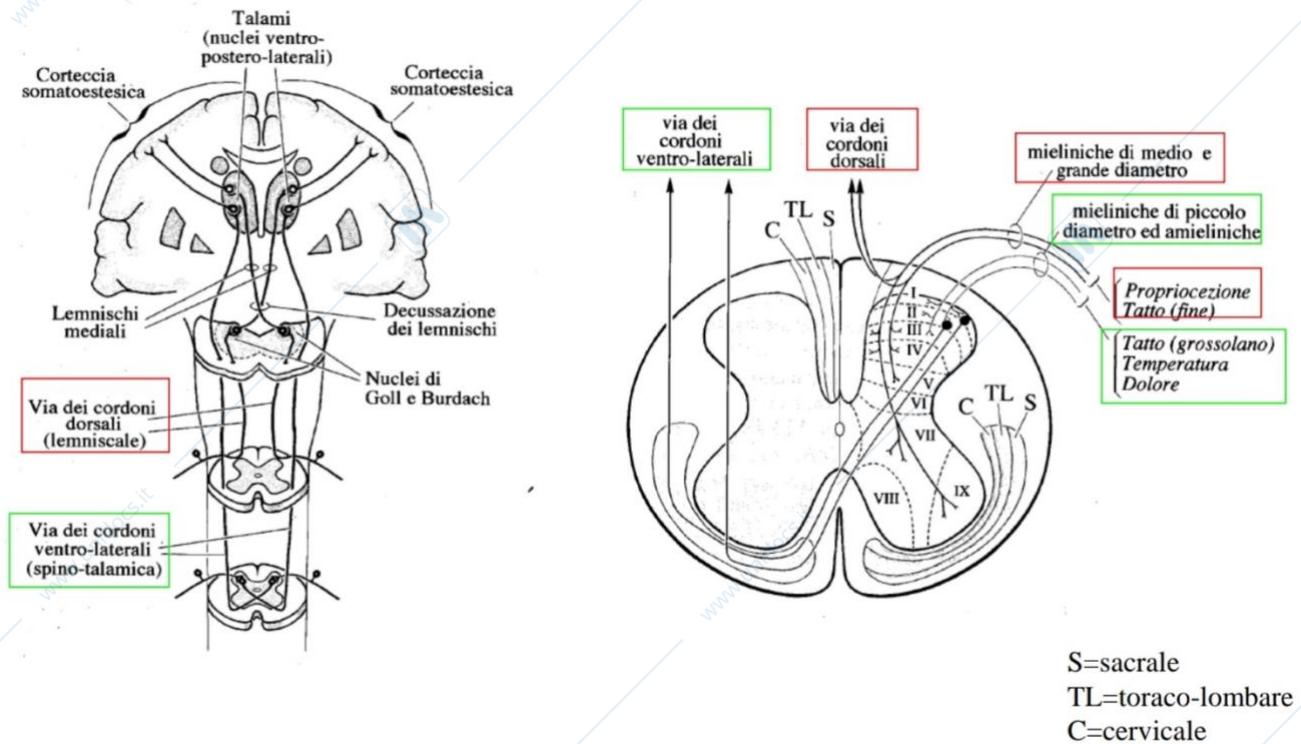
Dobbiamo far arrivare queste informazioni sensoriali a livello della corteccia, quindi far diventare l'interazione stimolo-recettore una presa di coscienza di questa interazione. Ieri ho fatto vedere e ho spiegato la definizione di dermatomero, e il fatto che le informazioni da determinate aree del nostro corpo, parlando di sensibilità somatica, entrano attraverso le corna dorsali con tutti i recettori che sono cellule pseudo unipolari a T e quindi noi abbiamo questa specificità tra dermatomero, ganglio della radice dorsale e segmento del midollo spinale; mentre le informazioni della faccia sono portate verso il SNC attraverso le fibre afferenti che vanno a costituire il Nervo Trigemino, nervo sia sensoriale che motorio.

LE VIE DELLA SENSIBILITÀ SOMATOVISCERALE

Lemniscale e spinotalamica

Le vie ascendenti sono facili, sia da capire che da studiare, anche perché questa parte delle vie, così come altre parti del programma, si sovrappongono con quello che fate ad anatomia e non ci sono grosse differenze tra come è impostato l'argomento tra fisiologia e anatomia, perché a volte ci posso essere delle impostazioni o un uso di nomi e classificazioni diverse. Quindi per studiare le vie delle sensibilità somatoviscerale, i nomi sono diversi ma vedrete che non ci sono problemi.

Nell'immagine, le vie sono due e sono differenziate da riquadrature rosse o verdi; indipendentemente dai colori, quello che dirò io a voce basterà per capire come funzionano.



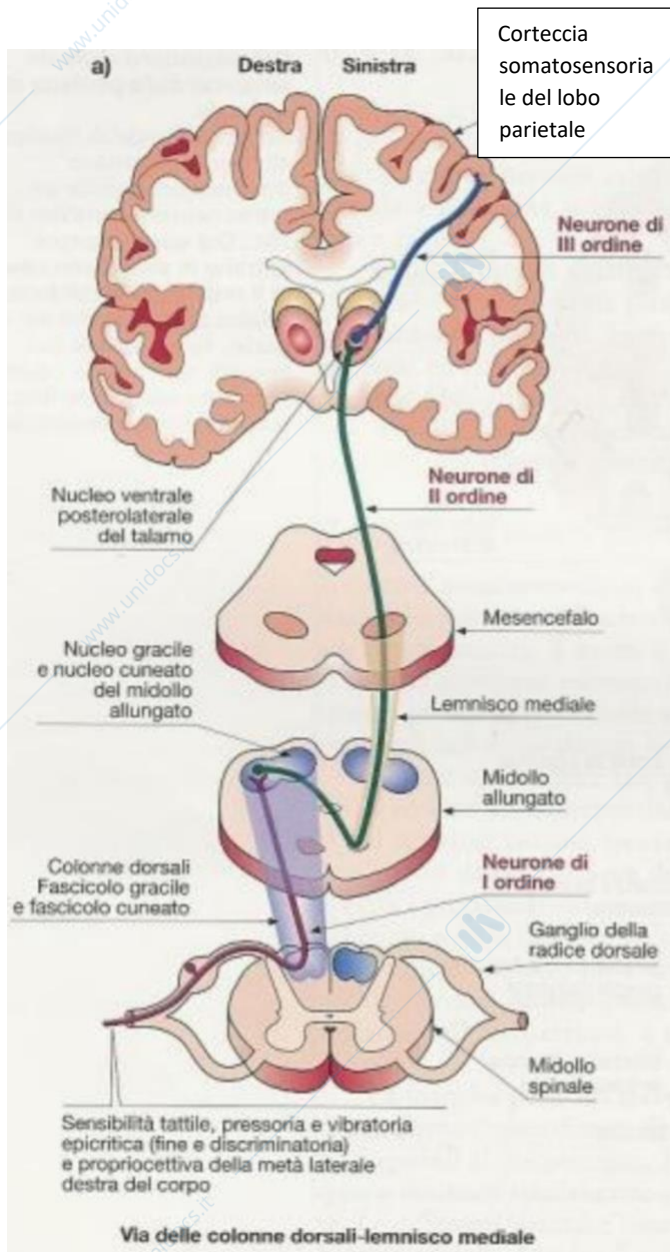
Vie dei cordoni dorsali (lemniscale)

➤ Propriocezione e tatto fine o epicritico

Parleremo prima della via che porta, almeno in parte, direttamente la propriocezione e quello che è il tatto fine o epicritico; cioè per tatto che abbiamo studiato, noi abbiamo attraverso l'interazione dei 4 recettori specifici di cui vi ho parlato ieri, e che quello più importante per avere la capacità di discriminare, di toccare un oggetto e di descriverlo, e della propriocezione se n'è parlato a lungo. Quindi le fibre che entrano attraverso le radici dorsali nel midollo spinale per questo tipo di sensibilità, sono fibre che abbiamo classificato di tipo $A\alpha$ o $A\beta$, oppure di tipo I e II, quindi fibre tutte mieliniche e di grande diametro.

Le fibre entrano attraverso i gangli delle radici dorsali e, se avranno una volta entrate nel midollo spinale diverse collaterali che andranno, come già detto, a formare quelli che saranno gli archi riflessi a interagire con altre informazioni, noi adesso seguiamo la collaterale di queste vie che risale verso i centri superiori e che va a formare quelli che vengono chiamate le **colonne dorsali**. Quindi questa è una via che, in fisiologia, di solito viene definita come *via delle colonne dorsali lemnisco mediale*, mentre dall'anatomia voi la conoscete come *via spino-bulbo-talamo-corticale*; ripeto abbiamo due nomi per la stessa via, della via che porta informazioni tattili fini o epicritica e della propriocezione.

Quindi le informazioni entrano nel midollo spinale, risalgono verso i centri superiori andando a formare le colonne dorsali. La caratteristica di queste colonne è che hanno un'organizzazione altamente somatotopica, cioè le fibre entrano e si dispongono in maniera ben precisa: le fibre che portano l'informazione propriocettiva dall'arto inferiore e tattile fine, via via entrano si dispongono più vicini alla linea mediale del midollo spinale andando a formare il **fascicolo gracile**; poi le fibre che portano l'informazione dalla parte superiore del corpo, si dispongono sempre più lateralmente, formando quello che è il **fascicolo cuneato**. Quindi c'è un'organizzazione ben precisa per quello che è un sistema biologico, ma non è uno strumento e perciò tutti avremmo delle piccole differenze. Questa prima disposizione è importante perché potremmo collegare una patologia, un'anestesia in



un punto del corpo con una mancanza di informazioni o un lesione specifica a livello del midollo spinale, perché le fibre che mi portano l'informazione, che entrano a livello dei segmenti sacrali o toraco-lombari, che sono più vicini alla linea mediana, quindi se mi succede qualcosa a questo livello, io in periferia avrò carenze sensoriali in punti precisi e potrò fare dei collegamenti. Ugualmente per l'arto superiore avrò una disposizione che va dalla parte più centrale alla parte più distale. Quindi risalgono e vanno a formare la prima sinapsi a livello del bulbo nel **nucleo gracile** e **nucleo cuneato**; alla prima sinapsi sarà il primo punto dove potrò avere integrazione, cioè un rielaborazione delle informazioni.

Quando ieri parlavo della possibilità di un'inibizione laterale, cioè di un circuito in cui possiamo avere la modulazione dell'informazione in modo da esaltare l'info che viene dal campo recettivo che ha avuto un'interazione di intensità maggiore rispetto a quello laterale che è stato meno eccitato, dobbiamo essere già a livello della prima sinapsi.

Quindi a livello della prima sinapsi abbiamo la possibilità di modulazione, informazioni che sono state portate possono in un certo senso non andare più avanti, quindi ecco una discriminazione anche del tipo della sensazione che noi abbiamo, e soprattutto dopo la prima sinapsi abbiamo la formazione dei lemnischi mediali, che sono dati da fibre che portano controlateralmente le informazioni.

Quindi l'informazione tattile e propriocettiva fino a livello del bulbo è ipsilaterale, poi diventa controlaterale. Una volta fatta questa decussazione risalirà andando a formare una seconda sinapsi a livello del talamo nei **nuclei ventro-postero-laterali** del talamo, e dal talamo arriverà alla corteccia.

Quindi è una via in cui abbiamo fibre di grande diametro, un basso numero di sinapsi, e la controlateralità arriva a livello del bulbo. I nuclei dove viene fatta la sinapsi a livello del talamo, i nuclei ventro-postero-laterali principalmente, sono nuclei definiti a **proiezione specifica**, ovvero che tutte queste info risalgono al talamo e dal talamo alla corteccia senza fenomeni di convergenza, con una specificità nel senso che arriva un'informazione in un punto e viene proiettata in un punto specifico della corteccia. Questo permette di mantenere la discriminabilità, l'acuità di un'informazione e anche di mantenere, anzi in maniera sempre più precisa, quella che è un'organizzazione somatotopica.

Il fatto che i due nomi che vengono dati non creano confusione, è perché se pensate i nomi che io ho dato parlando di questa via ho detto: entra a livello del midollo spinale, va a formare le colonne dorsali, fa una prima sinapsi a livello del bulbo, forma i lemnischi mediali, la sinapsi a livello del

talamo e poi la corteccia. Quindi i due modi di chiamare la via, sono complementari l'uno all'altro per ricordare tutti gli elementi principali di questa via. Quindi una via rapida perché ci sono fibre di grande diametro quindi elevata conduzione del PdA, e una via rapida perché c'è un basso numero di sinapsi ma dove c'è sinapsi c'è anche una certa rielaborazione delle informazioni, e con una alta specificità nell'arrivo dell'info a livello corticale.

Quindi nell'immagine sopra è riportata la via delle colonne dorsali detta anche sistema dorale lemniscale in quanto i segnali che entrano nel SNC prima viaggiano attraverso le colonne dorsali fino al midollo allungato e poi, tramite il neurone di II ordine, arrivano al talamo attraverso il lemnisco mediale. A livello dei nuclei talamici entrano in sinapsi con i neuroni di III ordine che proiettano alla corteccia somatosensoriale del lobo parietale.

Via dei cordoni ventro-laterali (spino-talamica)

➤ Tatto grossolano, temperatura e dolore

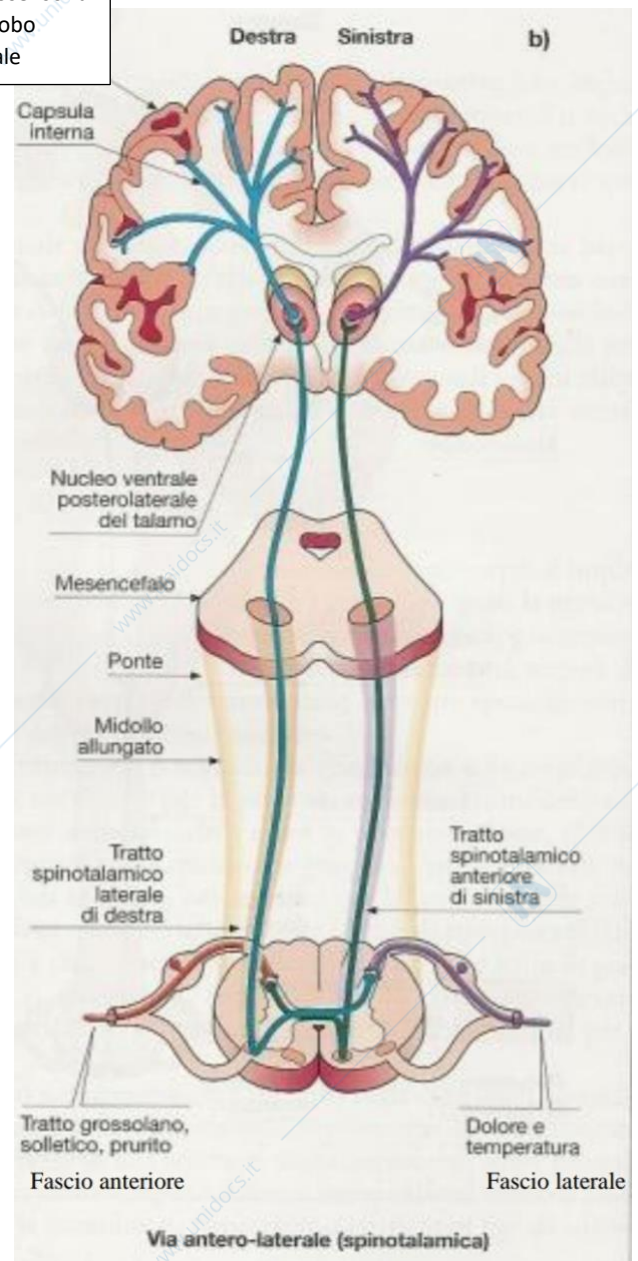
L'altra via è una via più complessa che riprenderemo facendo il dolore, è una via che ha nomi diversi e che io tendo a chiamarla **sistema o via antero-laterale**. Questa seconda via ascendente porta le informazioni di tatto grossolano protopatico, cioè informazioni tattili che vengono dalle fibre per il tatto che non sono recettori capsulati ma sono terminazioni libere, e che portano informazioni di temperatura e dolore.

Sono fibre che abbiamo classificato di tipo A δ o C, o di tipo III e IV tipo, fibre di piccolo diametro e mieliniche, oppure fibre di diametro ancora più piccolo e amieliniche.

L'ingresso è sempre dalle radici dorsali, però queste fibre possono risalire o scendere per alcuni segmenti del midollo spinale e fanno sinapsi subito a livello di 1-2 segmenti di differenza con un'altra cellula nervosa, che diventa controlaterale. Quindi la sensibilità tattile grossolana, termica e dolorifica sono informazioni che diventano subito controlaterali. Ci sono due fasci e decorrono antero-lateralmente; viene anche detta via spino-talamo-corticale perché per arrivare alla coscienza dovrà sempre arrivare alla corteccia.

Una volta che risale, secondo alcuni testi facendo altri sinapsi o arrivando direttamente al talamo, quindi il numero di sinapsi è di 3 o di più, nel talamo fanno sinapsi alcuni a livello sempre dei nuclei ventro-postero-laterali mentre altri

Corteccia somatosensoriale del lobo parietale

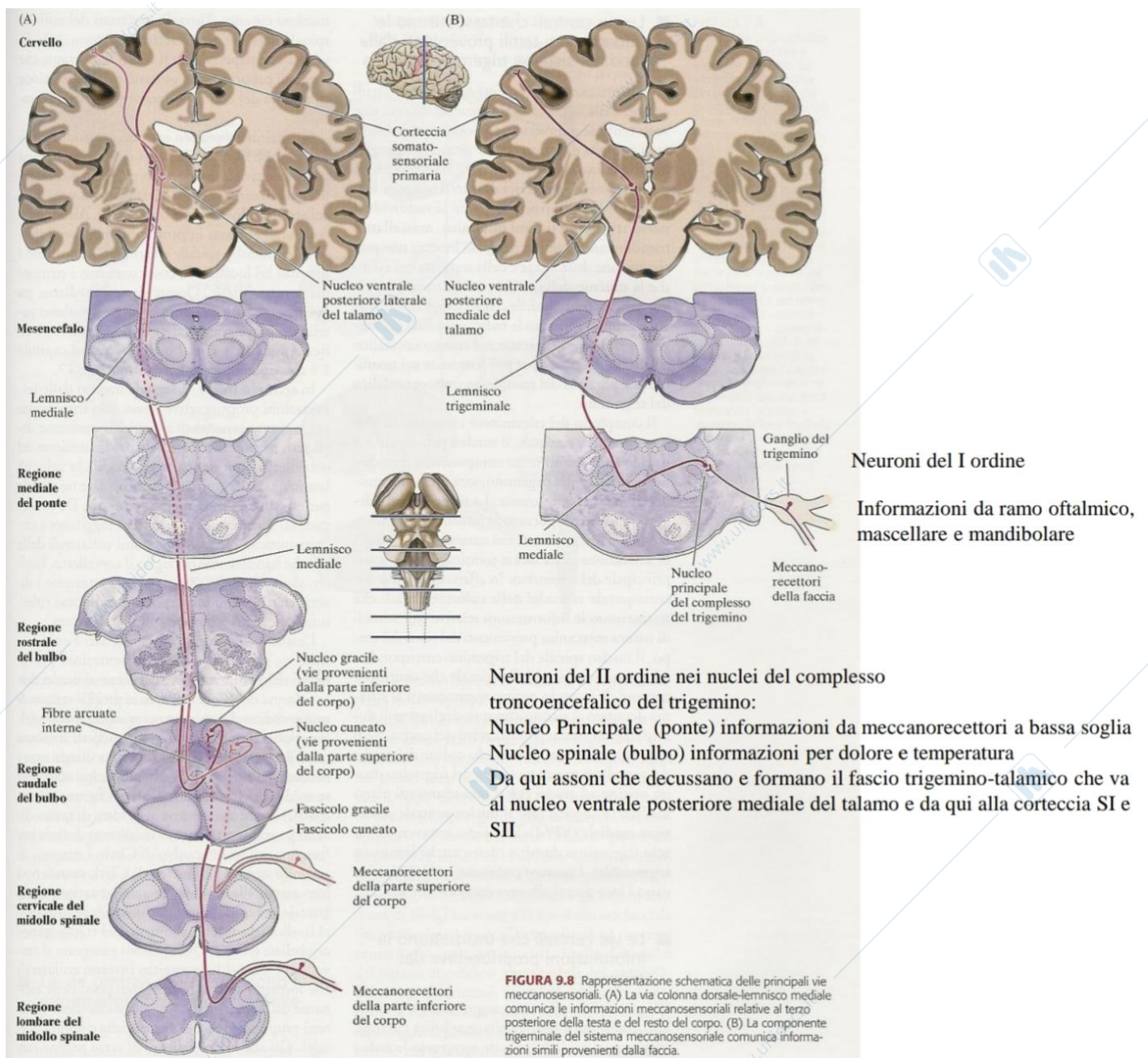


fanno sinapsi a livello dei **nuclei intralaminari**, che sono invece nuclei a **proiezione diffusa**, ovvero una proiezione in cui l'informazione non va solo in un punto specifico della corteccia ma va a portare l'info anche ad altri centro corticali o sub-corticali, perché questo tipo di informazioni, soprattutto temperatura e dolore, porterà info e sarà memorizzata anche in tutti questi centro corticali o sub-corticali che ci serviranno per l'emozione e la memoria; però è una sensazione meno discriminabile, non parliamo in questo caso di alta acuità dell'informazioni.

I **due fascicoli**: quello **anteriore** porta il *tatto grossolano solletico e prurito*, quello **laterale** porta invece *dolore e temperatura*; noi abbiamo anche diverse sensazioni contemporaneamente che rispondono a stimoli diversi e risalgono verso la corteccia.

La proiezione, mentre per la via precedente è specifica, a livello della temperatura e tatto grossolano andiamo a interessare più aree corticali e subcorticali.

Informazioni che provengono e vengono veicolate da trigemino



Abbiamo un'organizzazione con neuroni pseudo unipolari a T che però faranno sinapsi a livello del **nucleo principale del complesso del trigemino**, anche loro decusseranno, e poi andranno nella stessa parte in cui arrivano le informazioni dalle altre parti del corpo, più o meno è sempre la stessa area corticale.

Portano info dal **ramo mascellare, ramo mandibolare e ramo oftalmico**.

Poi avremmo dei neuroni del secondo ordine, che appunto sono i nuclei del complesso tronco-encefalico del trigemino, che vanno a livello del nucleo principale del ponte che portano informazioni da meccanocettori a bassa soglia specifici per il tatto, e nel nucleo spinale del bulbo informazioni per dolore e temperatura.

Quindi il trigemino veicola sia informazioni simili alle colonne dorsali lemnisco mediali, sia informazioni simili a quelle veicolate dalla via antero-laterale.

Dai nuclei del bulbo e del ponte si forma un fascio detto **fascio trigemino-talamico** che va ai nuclei **ventro-postero-mediali** del talamo e poi sulla corteccia sensoriale. Ricordatevi che il talamo è una stazione, un centro sotto-corticale che riceve informazioni sensoriali direttamente da tutte le vie ascendenti di tutti i nostri sensi, escluso l'olfatto che arriva alla corteccia senza avere un punto di ritrasmissione a livello del talamo; ugualmente vedremo come anche tutte le vie discendenti ripassano tutte dal talamo.

Quindi il talamo è un centro di informazioni molto importante, diciamo è il punto in cui avremmo tutti i loop e vedremo che anche con i nuclei della base si ripassa dal talamo. Quindi il ruolo del trigemino è quello di portare informazioni di tutti e due i generi. Sapendo che ho un'organizzazione somatotopica, riesco a collegare periferia con sistema centrale.

Propriocezione dal corpo

Per quanto riguarda la propriocezione, noi abbiamo una propriocezione cosciente e una non cosciente: quella **non cosciente** è il fatto che i fusi neuromuscolari (FNM) e organi muscoli tendinei del Golgi (OMTG) e i recettori articolari mandano informazioni non soltanto attraverso una via, che ora vi descriverò, che arriva anche al cervelletto oltre che alla corteccia sensoriale. Le informazioni sensoriali che arrivano al cervelletto servono per il compito che il cervelletto ha di comparare le informazioni periferiche e centrali, e far sì di ottenere un movimento corretto e non solo. Infatti nel cervelletto è un punto di comparazione delle informazioni che arrivano dal vestibolo, collegato all'equilibrio e postura.

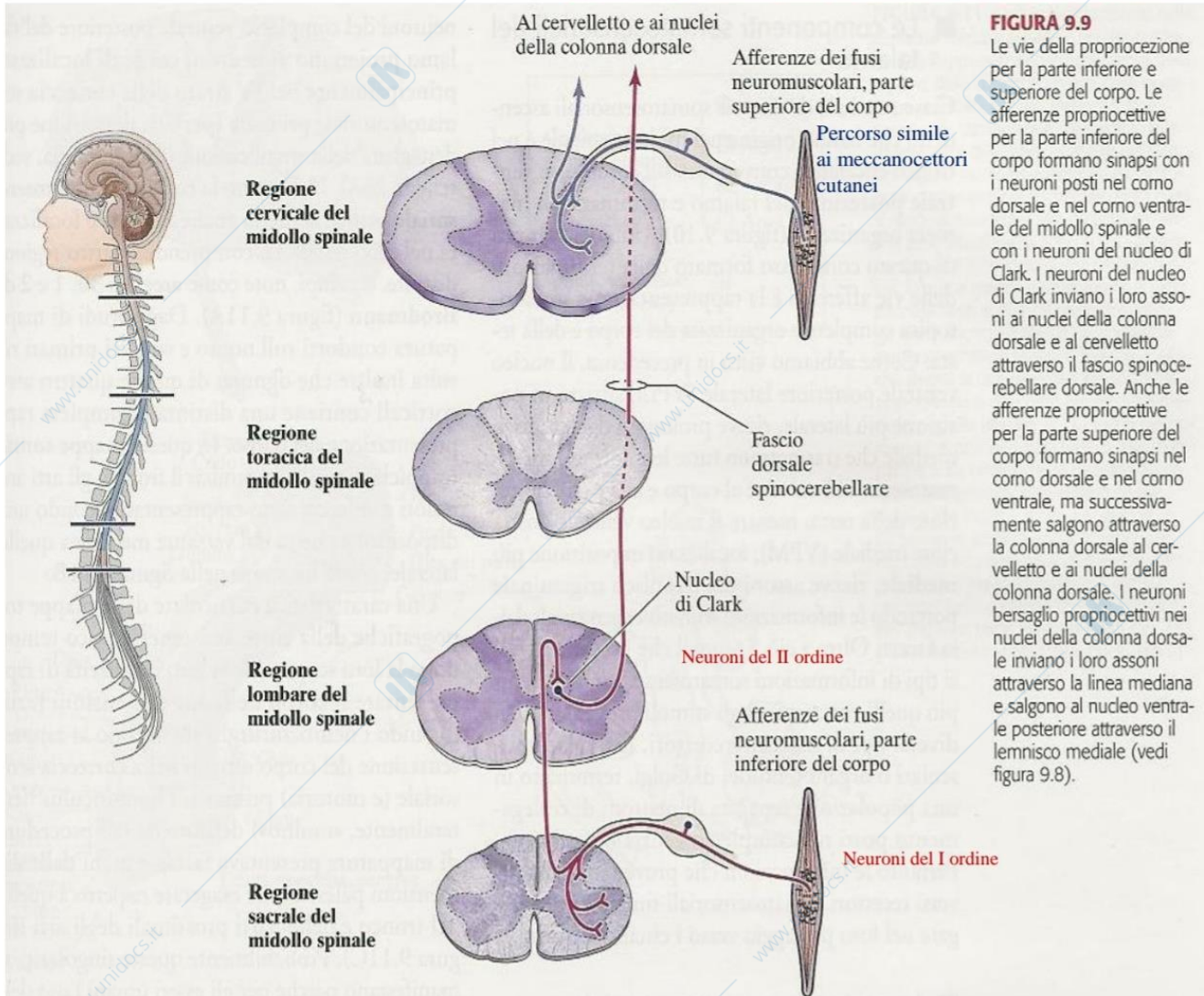
Quindi i fusi e i propriocettori mandano informazioni parallelamente a queste due strutture. Quindi nell'uomo, che come sapete è bipede, in cui l'arto inferiore è quello principalmente coinvolto nel mantenimento della postura, se noi si parla di propriocezione in maniera specifica non possiamo, diciamo in generale ci sono anche delle fibre che seguono direttamente le vie delle colonne dorsali, ma la maggior parte delle fibre che provengono dai fusi entrano tramite i gangli delle radici dorsali nella parte posteriore del midollo spinale, decorrono per un certo tratto (parlo dell'arto inferiore), fanno una sinapsi sempre restando ipsilateralmente nel **nucleo del Clark**, poi risalgono formando un **fascio intermedio-laterale o spino-cerebellare**, risale portando informazioni al cervelletto, ma questi assoni manderanno delle collaterali in maniera che poi quelli che sono i neuroni, faranno sinapsi e troveranno la stessa via ascendente per l'arto inferiore e riprenderà poi in alto verso il bulbo, farà sinapsi e poi farà i lemnischi mediali e riprenderà la stessa strada.

Però rispetto alle altre parti del corpo e agli altri recettori, i propriocettori hanno una specie di deviazione in quanto decorrono sempre ipsilateralmente ma più diretti verso il cervelletto, poi avranno collaterali in modo da mandare informazioni sia al cervelletto che alla corteccia. Invece le afferenze dei fusi neuromuscolari della parte superiore del corpo, hanno un percorso simile ai meccanocettori cutanei, quindi

questo di nuovo per capire l'importanza delle informazioni provenienti dai propriocettori, il fatto che questa informazione deve andare anche a interagire con altri circuiti, tra cui quelli del cervelletto.

Propriocezione dal corpo

Neuroni del III ordine sono vicini al nucleo gracile, i loro assoni decussano e si uniscono al Lemnisco mediale, andando verso il NVPL del Talamo



Parlando quindi dei fusi e via ascendenti dei fusi, dobbiamo specificare anche questa caratteristica. Le informazioni proprioceettive della faccia sono trasmesse in maniera simile alle info dei meccanocettori cutanei attraverso il nervo trigemino.

Tuttavia i corpi cellulari dei neuroni proprioceettivi di primo ordine hanno una localizzazione particolare, perché non si trovano nei gangli trigeminali, ma nei **nuclei mesencefalici trigeminali** (nell'estensione laterale della regione grigia centrale del mesencefalo), quindi hanno una specifica dislocazione.

Sono sempre neuroni pseudounipolari con processi periferici che innervano fusi NM e gli OMTG della muscolatura facciale, e processi centrali che fanno sinapsi nei nuclei del tronco encefalico responsabili del controllo dei riflessi dei muscoli facciali e mandano informazioni verso il talamo e da qui alla corteccia, ma i circuiti non sono del tutto chiari; abbiamo comunque un'organizzazione precisa per tutto quello che sono le informazioni sensoriali.

Quindi il nervo trigemino porta tutte le informazioni con punti di rielaborazione diversi. Quando si usa il termine **nucleo** si intende una porzione con nuclei e sinapsi in cui si ha rielaborazione, altrimenti si parla di fasci dove ci sono solo assoni.

Se io faccio un'emissione a destra a livello toracico/lombare del midollo spinale, quale sarà la situazione dell'individuo dal punto di vista sensoriale?

Se io rispondo che perdo la sensibilità dalla parte sinistra dell'arto inferiore è giusto solo in parte. La sensibilità tattile protopatica termica e dolorifica decussa immediatamente, quindi le informazioni di destra che sono entrate sono già passate a sinistra immediatamente. Quindi nella gamba di destra mi verranno a mancare le informazioni tattili fini e propriocettive, ma mi verranno a mancare anche le informazioni tattili grossolane termiche e dolorifiche dell'arto inferiore sinistro.

Quindi l'emissione porta grossi deficit, ma il fatto che io abbia due vie che comunque mi portano delle forme di sensibilità e che risalgono con decussazioni ben diverse, fanno sì che in seguito a un'emissione io non perda tutta l'informazione sensoriale. Questo è importante per il discorso della riabilitazione perché la sensazione è sempre collegata alla possibilità di una risposta motoria: se io perdo totalmente la sensibilità (per es. se causo una sezione totale del midollo), il danno è elevato perché non ho risposte motorie da quelle parti del corpo. Se invece ho un'emissione, ho informazioni che provengono da entrambi le parti del corpo, anche se avrò comunque delle mancanze, e potrò sfruttare le sensazioni; è stato visto che quando ho il raddoppio delle informazioni con le vie in parallelo, è sempre un vantaggio sia per l'individuo che per il terapeuta. Uno deve sapere queste cose proprio perché può capire il tipo di lesione a seconda della risposta sensoriale che l'individuo viene ad avere. Quindi in seguito ad'emissione della parte destra del midollo, abbiamo la riduzione della sensibilità tattile epicritica e propriocettiva omolaterale, e la riduzione della sensibilità tattile protopatica termica e dolorifica contro laterale. Si parla di riduzione perché a volte si riesce a mantenere un certo grado di sensibilità anche in seguito a traumi gravi; perciò la variabilità è importante.

LE PRINCIPALI SUDDIVISIONI DEL TALAMO

E' una struttura doppia ma connessa, suddivisa in tanti nuclei in cui arrivano informazioni di tutte le vie sensoriali che risalgono alla corteccia, e tutte le informazioni motorie che scendono, tra cui accentuato l'olfatto; quindi è un centro di integrazione molto importante oltre ad avere tante altre funzioni.

Una caratteristica del talamo è che ha nuclei a proiezione specifica che mantengono l'acuità a precisione dell'informazione, e altri nuclei a proiezione diffusa che mandano informazioni ad aree diverse senza un'informazione sensoriale specifica.

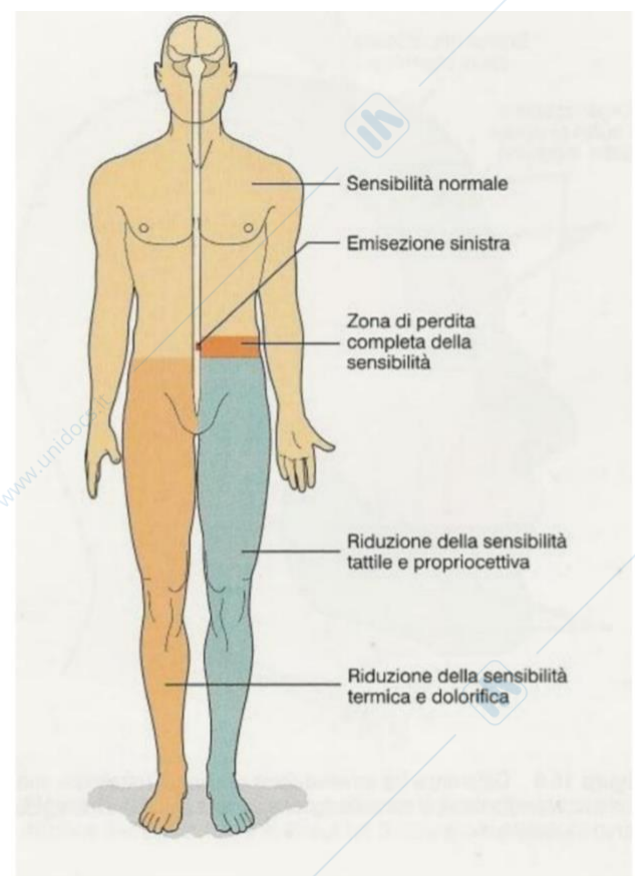


Figura 16.6 Sintomatologia sensoriale in seguito a emissione della parte sinistra del midollo spinale.

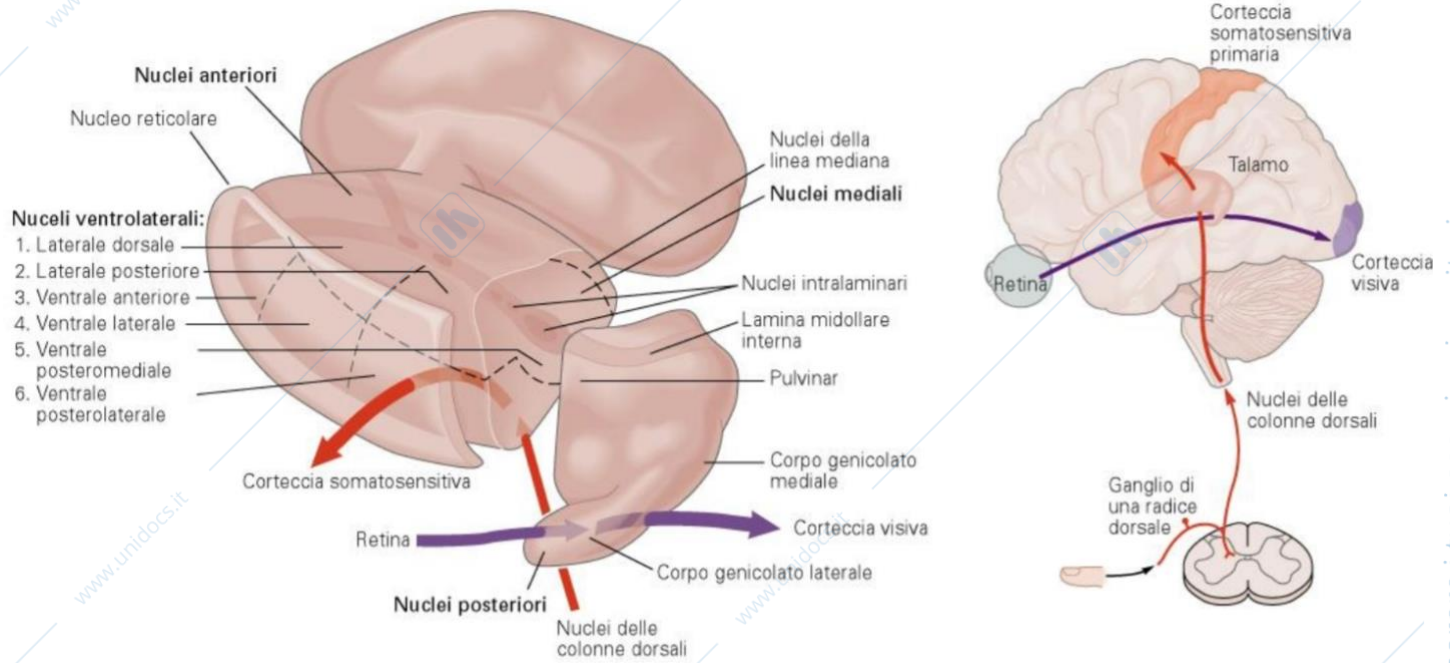


Tabella 20-1 Connessioni e funzioni dei nuclei talamici.

Nuclei	Principali afferenze	Principali proiezioni	Funzioni
<i>Nuclei di ritrasmissione</i>			
Gruppo nucleare anteriore	Corpo mammillare dell'ipotalamo	Giro del cingolo	Limbica
Ventrale anteriore	Globus pallidus	Corteccia premotoria (area 6)*	Motoria
Ventrale laterale	Nucleo dentato del cervelletto, attraverso il brachium conjunctivum (peduncolo cerebellare superiore)	Cortecce motrice e premotoria	Motoria
Ventrale posteriore			
Parte laterale	Via colonne dorsali-lemnisco mediale e vie spinotalamiche	Corteccia somatosensitiva del lobo parietale	Sensazione somatica (corpo)
Parte mediale	Nuclei sensitivi del nervo trigemino (V)	Corteccia somatosensitiva del lobo parietale	Sensazione somatica (faccia)
Genicolato mediale	Collicolo inferiore, attraverso il brachium del collicolo inferiore	Corteccia uditiva del lobo temporale (aree 41 e 42)*	Udito
Genicolato laterale	Cellule gangliari della retina, attraverso il nervo ottico e il tratto ottico	Corteccia visiva (area 17)*	Visione
Laterale dorsale	Giro del cingolo	Giro del cingolo	Espressione emotiva
Laterale posteriore	Lobo parietale	Lobo parietale	Integrazione delle informazioni sensoriali
Pulvinar	Collicolo superiore, lobi temporale, parietale ed occipitale	Lobi temporale, parietale ed occipitale	Integrazione delle informazioni sensoriali
Dorso-mediale	Complesso nucleare dell'amigdala, afferenze olfattive e ipotalamo	Corteccia prefrontale	Limbica
<i>Nuclei a proiezione diffusa</i>			
Nuclei della linea mediana	Formazione reticolare ed ipotalamo	Proencefalo basale	Limbica
Nuclei intralaminari, centromediano e centrolaterale	Formazione reticolare, tratto spinotalamico, globus pallidus ed aree corticali	Nuclei della base e corteccia	
Nucleo reticolare	Corteccia cerebrale, nuclei talamici e tronco dell'encefalo	Nuclei talamici	Modulazione dell'attività talamica

*Vedi Figura 20-11 per la mappa delle aree di Brodmann

Nella parte laterale arrivano le colonne dorsali lemnisco mediali, la via spino-talamica, ma anche nuclei sensitivi del trigemino, corteccia sensitiva del lobo parietale sono coinvolte in questa porzione.

Già a livello del talamo, quando parlo di organizzazione somatotopica, abbiamo la rappresentazione di un omuncolo anche qui però la faccia è nel nucleo ventrale postero-mediale, mentre la restante parte del corpo è nel nucleo ventrale postero-laterale; quindi abbiamo una disposizione già particolare che avevamo già nelle colonne e si mantiene a questo livello. Una lesione a questo livello di un nucleo talamico, farà perdere la sensibilità in una porzione ben precisa del nostro corpo; sapere questa organizzazione serve per es. in caso di operazione per sapere quale parte si va a ledere e quali conseguenze mi aspetto.

Una cosa che vi può interessare è che le informazioni che provengono da più recettori articolari vengono unite a livello del talamo per avere il valore assoluto in movimento articolare, quindi nel talamo le informazioni vengono rielaborate e diciamo avendo lesione al talamo non abbiamo informazioni precise sulle caratteristiche spaziali di un arto per esempio.

A un certo punto faremo una lezione specifica delle corteccie da un punto di vista fisiologico; quello che ora mi serve ricordarvi è che tutta la corteccia è stata divisa in aree da un ricercatore **Brodmann** che aveva riconosciuto **52 aree**, poi aumentate.

Ogni area ha una caratteristica specifica, di essere o sensoriale o motoria o di tipo diverso collegata a una funzione a livello dell'organismo.

Tutte le informazioni di cui abbiamo parlato fino a ora arriveranno in questa area 3,1,2, una piccola striscia di corteccia in cui arrivano tutte le informazioni sensoriali. Un danno a livello di questa area porta a una perdita totale delle informazioni sensoriali di cui abbiamo parlato fino a ora. Le informazioni arrivano nell'area 3,1,2 in questo ordine per importanza.

L'area somatosensoriale primaria si trova nel giro postcentrale, avremmo poi un'area somatosensoriale secondaria che si trova nella zona superiore del solco laterale di Silvio.

La primaria può essere suddivisa a sua volta nelle aree 3a, 3b, 1, 2 è questa striscia vicina a un'altra area detta corteccia parietale posteriore aree 5, 7; quindi questi numeri vanno saputi.

L'area 4 è l'area motrice primaria.

L'area 3b e 1 ricevono dal nucleo ventrale postero-laterale principalmente afferenze dei recettori cutanei di tutti i tipi, mentre le aree 3a e 2 ricevono dal nucleo ventrale postero-mediale principalmente afferenze dei recettori muscolari articolari: in particolare la 3a stimoli propriocettivi mentre la 2 stimoli tattili e propriocettivi. Quindi quando parlo di nuclei a proiezione specifica, è perché ricevono informazioni da un tipo specifico di recettori in quel punto del talamo e le rinviando in punti specifici della corteccia. Quindi dal talamo principalmente afferenze alle aree 3, ma anche 1 e 2, poi queste informazioni vengono rielaborate e passate tutte all'area somatosensoriale secondaria.

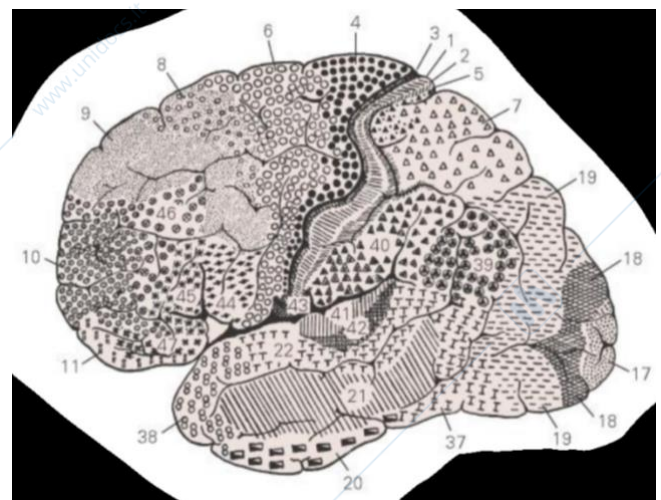


Figura 1.5 Nei primi decenni del ventesimo secolo Korbinian Brodmann suddivise la corteccia cerebrale dell'Uomo in 52 aree distinte in base alla struttura caratteristica delle cellule nervose e alla loro disposizione in strati. Lo schema della corteccia di Brodmann è ancora ampiamente usato oggi e viene continuamente aggiornato. Nel disegno illustrato in figura ogni area è indicata con un proprio simbolo ed è contrassegnata da un numero particolare. Abbiamo oggi le prove che parecchie delle aree classificate da Brodmann controllano funzioni cerebrali specifiche. Per esempio, l'area 4 è la corteccia motrice ed è responsabile del movimento volontario. Le aree 1, 2 e 3 formano la corteccia somatosensitiva primaria che riceve le informazioni relative alle sensazioni somatiche. L'area 17 è la corteccia visiva primaria che riceve informazioni dagli occhi e le invia alle cortecce visive superiori per ulteriori analisi. Le aree 41 e 42 sono la sede della corteccia uditiva primaria. Le aree non visibili sulla superficie esterna della corteccia non sono rappresentate in questa figura.

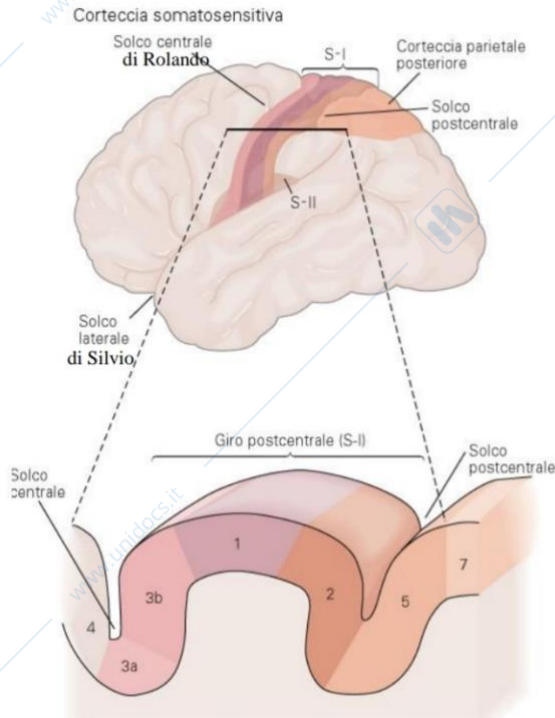


Figura 20.1 Organizzazione anatomica del sistema somatosensitivo.

In alto: veduta laterale di un emisfero cerebrale dalla quale è possibile apprezzare la sede delle cortecce somatosensitive primarie del lobo parietale. La corteccia somatosensitiva comprende tre suddivisioni principali: le cortecce somatosensitive primaria (S-I) e secondaria (S-II) e la corteccia parietale posteriore. I rapporti spaziali di S-I con S-II e con la corteccia parietale posteriore si apprezzano meglio da una veduta laterale della superficie corticale. In basso: sezione corticale nella quale sono visibili le quattro aree citoarchitettoniche di S-I (aree 3a, 3b, 1 e 2 di Brodmann) e le loro relazioni spaziali con l'area 4 della corteccia motrice e le aree 5 e 7 della corteccia parietale posteriore.

SI nel giro postcentrale; SII nella zona superiore del solco laterale

Aree 3b e 1 rispondono principalmente a stimoli cutanei
Area 3a a stimoli propriocettivi
Area 2 stimoli sia tattili che propriocettivi

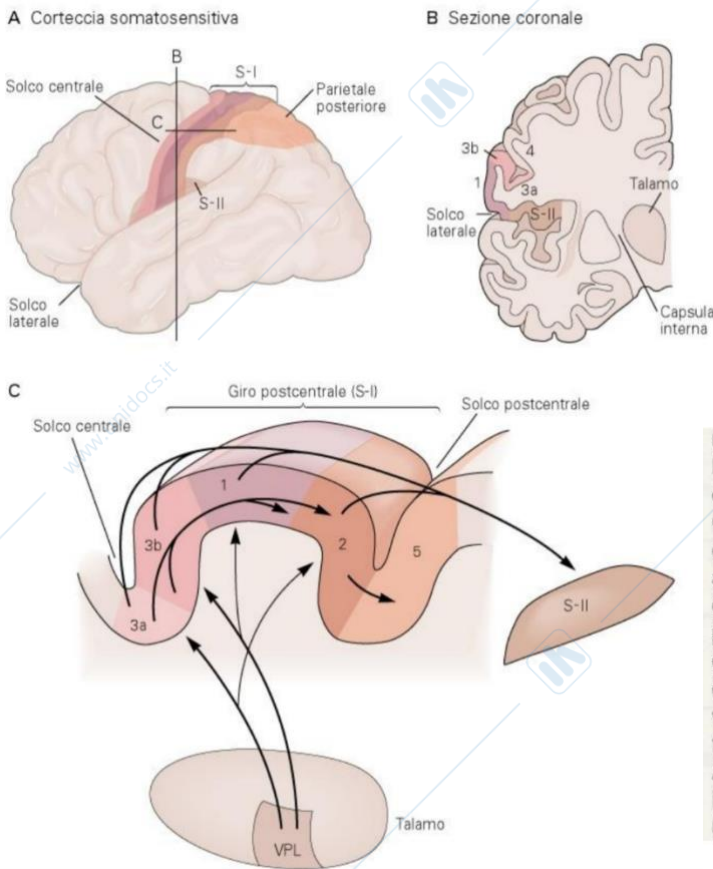


Figura 23.1 La corteccia somatosensitiva presenta tre suddivisioni principali: le cortecce somatosensitive primaria e secondaria e la corteccia parietale posteriore.

A. Le sedi anatomiche delle tre suddivisioni della corteccia somatosensitiva si valutano meglio da una veduta laterale della corteccia cerebrale. La *corteccia somatosensitiva primaria* (S-I) occupa la parte più rostrale del lobo parietale. È situata nel giro postcentrale, fra il fondo del solco centrale rostralmente e i solchi postcentrale ed intraparietale posteriormente. Il giro postcentrale si estende anche sulla superficie mediale di ogni emisfero, fino a livello del giro del cingolo. La *corteccia parietale posteriore* (aree di Brodmann 5 e 7) è situata posteriormente alla S-I. La *corteccia somatosensitiva secondaria* (S-II) si trova nell'opercolo parietale del solco laterale (scissura di Silvio).

B. I rapporti fra la S-I e la S-II sono illustrati in una sezione coronale della corteccia. La S-II è disposta lateralmente alla S-I e si estende lateralmente

nella corteccia dell'insula, occupando il labbro superiore del solco laterale. I numeri riportati nella sezione della corteccia indicano le aree citoarchitettoniche di Brodmann.

C. La S-I viene suddivisa in quattro aree citoarchitettoniche distinte (aree di Brodmann). In questa sezione sagittale della corteccia si possono apprezzare le relazioni spaziali di queste quattro aree con l'area 5 della corteccia parietale posteriore. Le afferenze somatosensitive alla corteccia prendono origine dal nucleo ventrale posterolaterale del talamo. I neuroni di questo nucleo proiettano a tutte le aree della S-I, ma soprattutto alle aree di Brodmann 3a e 3b, con una modesta proiezione alle aree 1 e 2. A loro volta, i neuroni delle aree 3a e 3b proiettano alle aree 1 e 2, e i neuroni di tutte e quattro le aree proiettano alla S-II e alla corteccia parietale posteriore. Anche le aree somatosensitive di ordine superiore vengono suddivise in regioni citoarchitettoniche e funzionali distinte, non illustrate nella figura. (Modificata, da Jones e Friedman, 1982.)

SI nel giro postcentrale SII zona superiore del solco laterale

Perché le info arrivano divise in tattili e propriocettive in aree diverse della somatosensoriale, e poi vanno uniformate e elaborate insieme?

Perché come vi dicevo una sensazione di tatto non è mai scissa da una sensazione propriocettiva; noi non pensiamo quando tocchiamo un oggetto alla posizione della mano, ma la posizione della mano ci serve a capire le caratteristiche dell'oggetto. Quindi dal complesso ventrale posteriore del talamo arrivano principalmente informazione all'area sensoriale primaria 3b, 3a, 1 e 2: dalla 3b le informazioni vanno a 1 e 2, così come dalla 3a vanno all'area 2; c'è una rielaborazione.

Informazioni dalle quattro aree della corteccia sensoriale primaria

andranno alla corteccia sensoriale secondaria, in cui avremo un'ulteriore rielaborazione in quanto le informazioni arrivano tutte insieme. Le informazioni vanno poi anche alle aree 5 e 7, considerata l'area in cui si ha l'elaborazione più complessa e che porta al passaggio tra sensazione e percezione.

Le informazioni poi andranno verso l'amigdala e l'ippocampo, verso le aree motorie e premotorie corticali: perciò il passaggio dalla corteccia somatosensoriale secondaria è più legata alla memoria e alla componente affettiva e tutto quello che sarà legato alle risposte del SNA attraverso successivi passaggi.

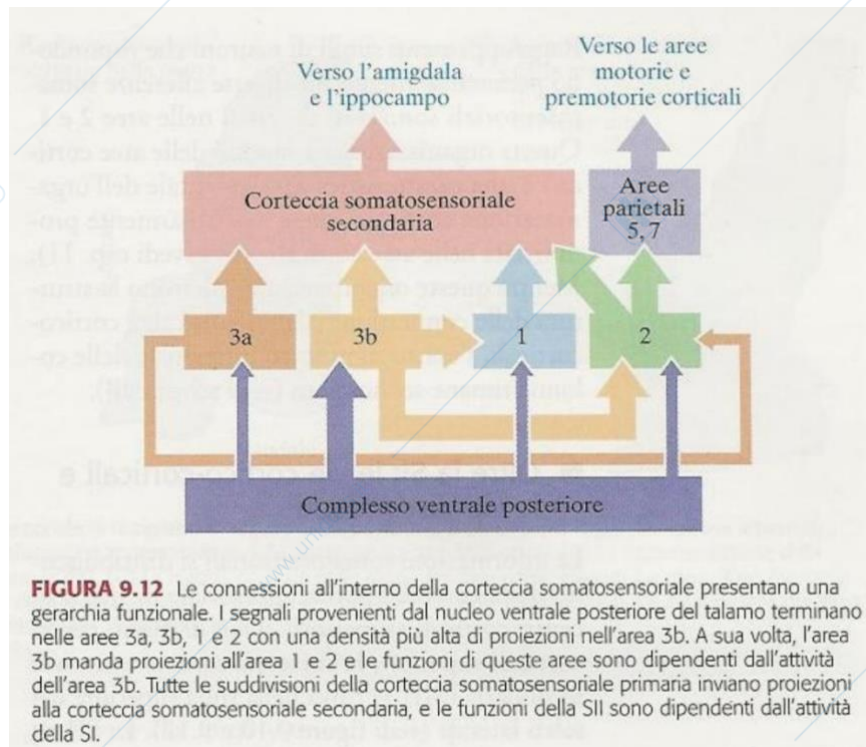
Ci sono molte connessioni, molti scambi, quindi informazioni dalla corteccia sensoriale primaria che vanno alla corteccia motrice e al lobo parietale anteriore, alla corteccia premotoria, e alle aree associative.

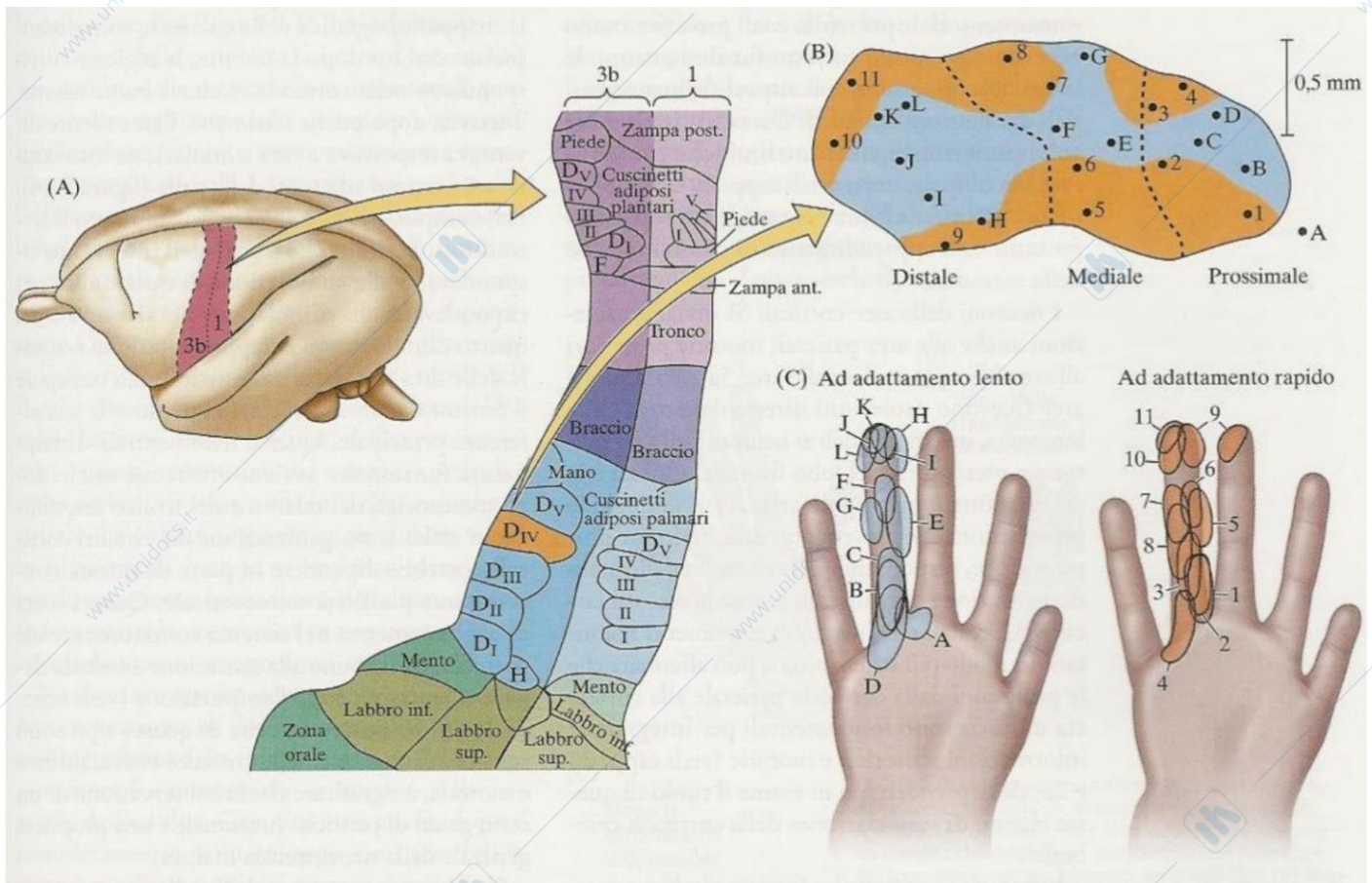
Mentre una lesione all'area sensoriale primaria porta all'**anestesia**, cioè alla mancanza di sensazione, se le lesioni arrivano alle aree corticali superiori non abbiamo la perdita della sensazione semplice ma possiamo essere capaci di riconoscere le forme, o appunto come si diceva di un **aprassia sensoriale**, ovvero toccare un oggetto ma non riuscire a riconoscerlo che dipende dalle elaborazioni successive.

Come abbiamo visto, nella mano umana abbiamo 120 recettori di Merkel 80 di Meissner, più i corpuscoli di Pacini e Ruffini; le informazioni che vengono da questi recettori risalgono senza fenomeni di convergenza, anzi risalgono in punti specifici del midollo spinale, e vengono portati in parti specifiche della corteccia.

Abbiamo molte più info sensoriali dal dito indice rispetto al tronco ed è per questo che si esplora con la mano e non con il tronco, perché le sensazioni che arrivano alla corteccia sono molto più numerose e ben diverse in percentuali di corteccia interessate da questo.

C'è una suddivisione addirittura delle aree dell'indice per i recettori da cui provengono le info dai recettori di Merkel o Meissner: c'è quindi un'organizzazione colonnare della corteccia, le informazioni arrivano in diversi strati della corteccia, vicini tra loro per quelli del terzo dito, per i recettori a lento e rapido adattamento, e ciascuno porterà una qualche informazione che poi verrà rielaborata.





I neuroni della corteccia somatosensoriale primaria formano colonne distinte da un punto di vista funzionale.

A: Mappa somatotopica della corteccia somatosensoriale primaria dei nictipiteco (una scimmia notturna) basata sulle risposte elettriche della corteccia agli stimoli periferici.

L'ingrandimento sulla destra mostra le aree di Brodmann 3b e 1, che elaborano la maggior parte delle informazioni relative alla sensibilità meccanica della cute. In generale, l'organizzazione è simile a quella rilevata nell'uomo. È da notare la presenza di regioni responsabili per la rappresentazioni delle singole dita.

B: Organizzazione a moduli delle risposte all'interno della rappresentazione di un singolo dito.

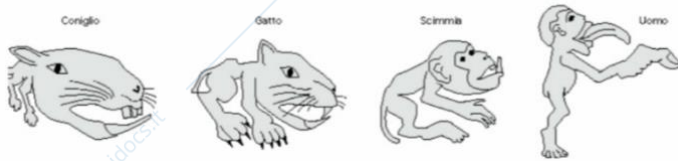
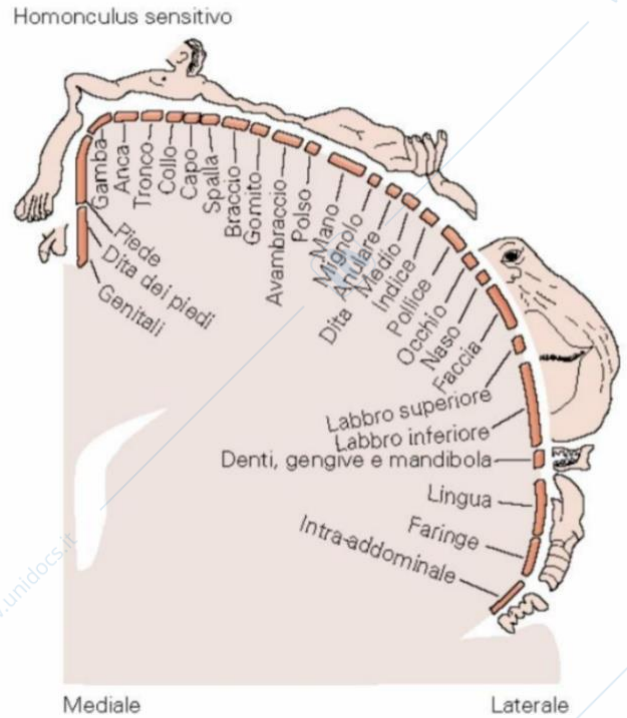
Nella figura sono stati rappresentati i punti di rappresentazione del quarto dito.

C: Localizzazione dei campi recettoriali ad adattamento lento e ad adattamento rapido che sono stati usati per creare il diagramma nell'immagine B. Sebbene i campi recettoriali di queste diverse classi di afferenze si sovrappongano sulla superficie della pelle, essi sono separati a livello della rappresentazione corticale.

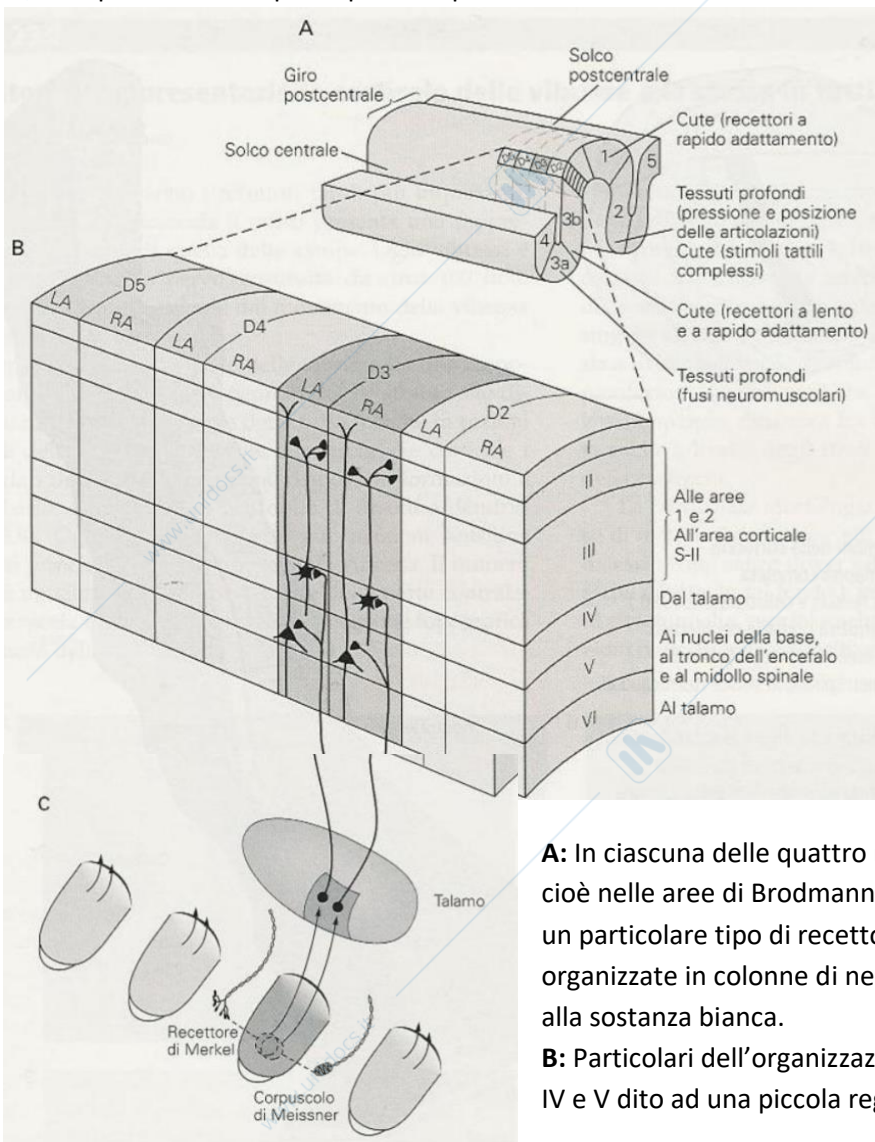
Homunculus sensitivo

Quindi una volta che si è capito questo, anche nell'uomo si pensava che si avesse una sola rappresentazione somatotopica in tutto quello che è la corteccia somatosensoriale primaria; oggi si sa che non solo abbiamo una rappresentazione di un omuncolo nelle aree 3a, 3b, 1 e 2, ma anche nell'area somatosensoriale secondaria, e sembra che ci siano addirittura più rappresentazioni all'interno di un'unica area di Brodmann. E questo fa sì che noi abbiamo la rappresentazione di un omuncolo, ovvero un individuo che non ha le stesse dimensioni dell'uomo, ma in cui sono rappresentate le parti più coinvolte in quella che è la sensazione e la sensibilità.

Questo per quanto riguarda la sensazione; vedremo che ci sono altre rappresentazioni in cui è mostrato il dito indice come più sviluppato e qui fa vedere un individuo che ha la testa staccata dal corpo perché abbiamo visto che le informazioni dalla testa non seguono la stessa via, ma dipendono dal trigemino e arrivano al talamo in un nucleo diverso. L'omuncolo sensoriale e motorio che tendono ad avere rappresentazioni simili ma non uguali perché ci sono delle differenze a livello del movimento.



Qui c'è la rappresentazione dei diversi animali, se andiamo a vedere come appare l'animale rispetto all'uomo, saranno maggiormente rappresentate quelle parti che sono più importanti per la sensazione. Per



esempio l'uomo esplora con le mani mentre il gatto esplora con le vibrisse, perciò tutta la parte relativa alle caratteristiche delle vibrisse sarà maggiormente rappresentate. C'è anche una differenza nell'evoluzione, in quanto si stanno osservando delle variazioni in quella che è la rappresentazione della mano, perché l'indice dovrebbe essere molto più sviluppato ma il pollice nel tempo sta sviluppando maggiore sensibilità, in quanto ultimamente viene stimolato sempre di più con il fatto anche di scrivere messaggi o giocare.

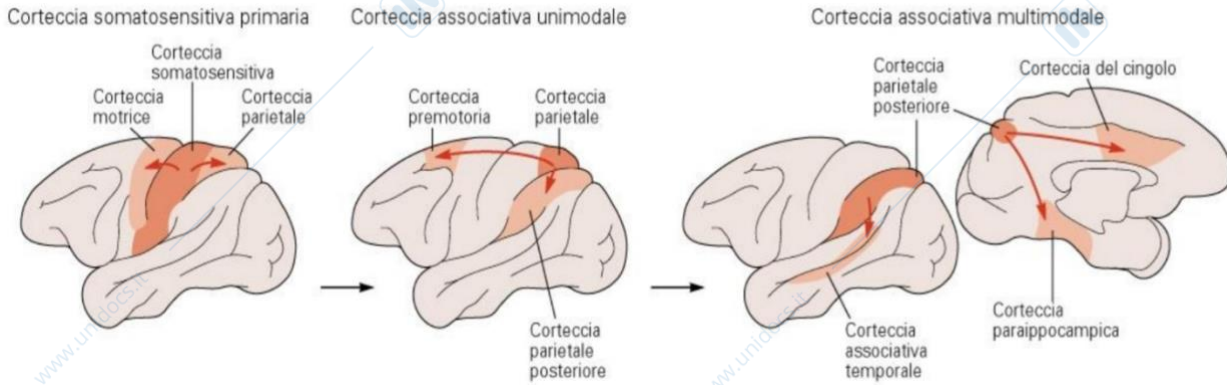
Ogni regione della corteccia somatosensitiva riceve afferenze principalmente da un solo tipo di recettori.

A: In ciascuna delle quattro regioni della corteccia somatosensitiva, e cioè nelle aree di Brodmann 3a, 3b, 1 e 2, le afferenze provenienti da un particolare tipo di recettori di una certa regione somatica sono organizzate in colonne di neuroni che vanno dalla superficie corticale alla sostanza bianca.

B: Particolari dell'organizzazione delle afferenze provenienti da II, III, IV e V dito ad una piccola regione dell'area 3b di Brodmann. Colonne

contigue di neuroni ricevono alternativamente afferenze da recettori a rapido adattamento (*RA*) e a lento adattamento (*LA*) degli strati superficiali della cute

C: Recettori a rapido adattamento e a lento adattamento aventi campi recettivi sovrapponibili proiettano a colonne diverse dell'area 3b.



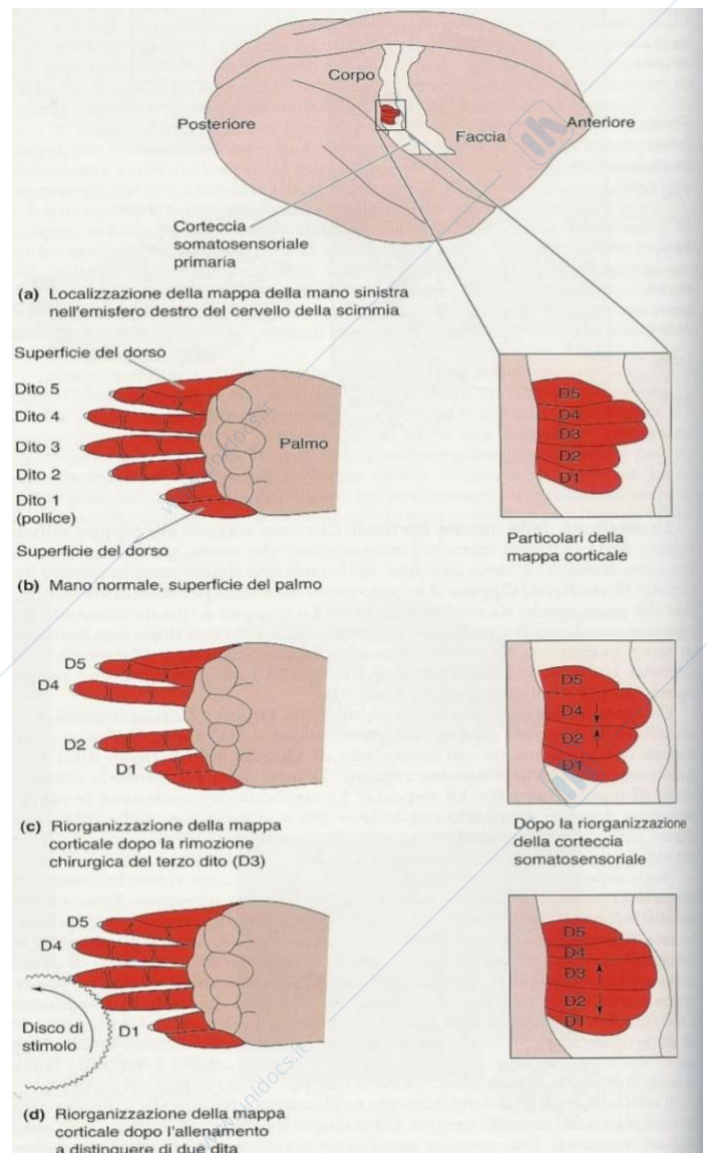
Plasticità corticale

Mentre fino a diversi anni fa non si parlava di plasticità corticale, si diceva che il tessuto cerebrale una volta leso veniva perso; oggi si sa che è comunque presente questa plasticità, per cui anche la corteccia, nonostante non abbia la capacità del muscolo scheletrico di variare e diminuire in maniera semplice, può comunque non essere perduta in casi di lesioni o anche utilizzato in maniera diversa.

Dal punto di vista della sensazione, è stato osservato che in questo animale, la rappresentazione delle cinque dita ha una distribuzione più o meno uguale di tutte le cinque dita.

In situazioni in cui c'è stata un'amputazione di un dito, le informazioni sensoriali da quel punto non arrivano più; come il tessuto muscolare si atrofizza, si dovrebbe atrofizzare anche il tessuto nervoso e non far arrivare le info sensoriali. In realtà si è visto che, nonostante abbia perso un dito riceve le informazioni sensoriali dalle altre dita anzi forse le utilizzerà di più, fa sì che ci sia una colonizzazione delle aree corticali da parte delle zone maggiormente stimolate; perciò non abbiamo la perdita della parte corticale, ma abbiamo un'estensione delle aree relative alle dita rimaste, quindi vicine al dito amputato.

In questo modo è importante perché il materiale corticale non viene perso ma rimane, ed è un



miglioramento rispetto al fatto che la materia venga persa, perché può essere riutilizzato e posso trarre vantaggio.

Ugualmente è stato osservato che si ha una plasticità sia da disuso che da maggior uso, se l'animale viene continuamente stimolato su uno dei polpastrelli, del dito medio appunto o altre dita, si vede che la parte dedicata alle cinque dita si espande e diventa molto maggiore; logicamente si avrà una rimodulazione perché non può aumentare massa cerebrale, ma c'è una redistribuzione, forse la riattivazione di cellule nervose che non sarebbero state utilizzate, quindi si riesce a utilizzare meglio quello che noi abbiamo. Studi sull'uomo sembra che chi abbia stimolazioni specifiche e continue, come chi suona strumenti a corda e quindi la stimolazione dovuta a un oggetto sottile, porta a una stimolazione tattile in cui viene utilizzato sicuramente di continuo il circuito a inibizione laterale, perché il suonatore deve avere un'elevata sensibilità nella pressione che usa, e sembra che appunto in questi individui che si esercitano costantemente, riesce ad avere questa risistemazione dei tessuti cerebrali.

Immagine sovrastante della scimmia amputata: l'immagine rappresenta la plasticità delle mappe somatotopiche.

a, b: le dita della mano di uno scimpanzé sono mappate sulla superficie della corteccia S1.

c: se il dito 3 viene rimosso, col tempo la corteccia si riorganizza così che le rappresentazioni delle dita 2 e 4 si espandono.

d: se le dita 2 e 3 sono stimulate selettivamente, anche le loro rappresentazioni corticali si espandono.

E questo rientra su quello che voi potrete andare a fare; la perdita di una parte sensoriale del corpo, se riattivate o fate lavorare quella che può lavorare, secondo alcune teorie porta a non perdere materiale cerebrale e quindi tutta la scala della via ascendente che potrebbe essere stata danneggiata, e sempre collegando il discorso sensoriale a quello motorio, si può riuscire a migliorare il sensoriale. Stimolazioni sensoriali per attivare il movimento sono specifiche.

Homunculus plastico

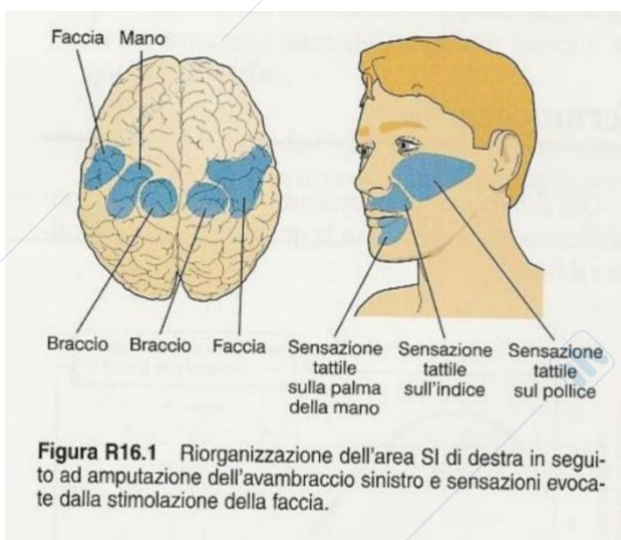


Figura R16.1 Riorganizzazione dell'area S1 di destra in seguito ad amputazione dell'avambraccio sinistro e sensazioni evocate dalla stimolazione della faccia.

La rappresentazione della superficie cutanea nel sistema nervoso centrale non è rigida, ma si può modificare in seguito a molti eventi.

Per esempio, l'amputazione di un arto produce la riorganizzazione dell'homunculus somestesico.

La figura mostra le mappe sensoriali in S1 a destra e a sinistra, analizzate con la magnetoencefalografia, in un paziente precedentemente amputato al braccio sinistro al di sotto del gomito.

L'emisfero sinistro presenta una normale rappresentazione della faccia, della mano e della parte superiore del braccio, mentre nell'emisfero destro manca la rappresentazione della mano e si ha

l'espansione della rappresentazione della faccia.

Perciò dell'homunculus somestesico rappresentante la mano è stata sostituita dalla rappresentazione della faccia. Ne consegue che, se si stimola con un ago la faccia e si chiede al paziente cosa sente, egli riferisce di sentire l'ago in punti diversi da quelli stimolati. Infatti le tre zone della faccia stimolate nella figura (guancia, labbro inferiore e superiore) danno origine ad una sensazione tattile alla mano sinistra che non esiste più.

Inoltre queste sensazioni sono organizzate topograficamente. Per esempio, la stimolazione della guancia produce sensazioni tattili sul pollice, quella del labbro superiore produce sensazioni sull'indice, quella del labbro inferiore produce sensazioni sul palmo della mano. Questo succede non solo per le sensazioni tattili, ma anche per il caldo, il freddo, la vibrazione e il dolore.

Questi fenomeni sono molto comuni negli amputati e vanno sotto il nome generale di *sindrome dell'arto fantasma*, in cui il soggetto percepisce l'arto amputato come se esistesse ancora.

Ricapitolano: vi dicevo appunto dell'arto fantasma, in un individuo che ha subito un'amputazione per esempio a livello dell'avambraccio/mano. Nella sindrome dell'arto fantasma si crea una situazione particolare: se veniva stimolato in certi punti della faccia, risentiva delle stimolazioni in una certa parte della mano amputata. Quindi la faccia è rappresentata, anche se a livello talamico da nuclei diversi, a livello corticale è vicina alla mano, quindi si è pensato che non c'erano più informazioni dirette dalla mano, ma che ci sia stata una gemmazione di altre collaterali dalle vie afferenti della faccia, per cui l'individuo aveva errori di localizzazione. In questo caso non erano situazioni con dolore, ma comunque di sensazioni non corrette. In altre situazioni avrebbe potuto dire che aveva dolore o sentire la mano in una certa posizione, perché le info che venivano dal braccio potevano aver colonizzato la parte della mano e quindi riportare informazioni sbagliate. Perciò in un individuo sano dove abbiamo faccia-mano-braccio separati, in un individuo con amputazione si ha una rimodulazione delle aree corticali, e in questi casi appunto può essere semplicemente una decolonizzazione o può andare ad attivare altre fibre nervose.