

# Somatosensoriska systemet

## ”Kroppssinnessystemet”

Exteroception - påverkan på kroppen från den nära omgivningen t.ex. Beröring.

Proprioception (”ledsinne”) - ledvinklar samt musklers kontraktionskraft och längd.

Interoception - information från inre organ t.ex. om blodtrycket i systemkretsloppet.

Det somatosensoriska systemet kan delas in i tre olika funktioner:

- Exteroception som innebär att registrera påverkan på kroppen från den nära omgivningen.
- Proprioception att registrerar ledvinklar och musklers kontraktionskraft och längd.
- Interoception som avser information från inre organ.

### Betydelse - exempel

#### Stereognosi



Identifiera föremål med hudkänslan

#### Ledvinklar



Huddragningar vid böjning av fingrar

#### Motorisk kontroll



#### Matintag



Mat finfördelad? Sväljbar?

#### Balansreglering



Tryckfördelning över fotsula



Huddragningar av käppens krycka

#### Emotioner



Bild 1

Funktioner som bygger på information från hudreceptorer:

**Stereognosi** = Identifiera föremål som berörs med handen/fingrarna.

Ökar uppfattning av **ledvinklar** på så sätt att dragningar i huden runt en led ger information om vinkeln av den.

**Motorik**, information från huden används vid styrning av viljemässiga rörelser.

**Matintag** på så sätt att man kan känna om maten exempelvis är tillräckligt finfördelad.

**Postural kontroll/Balansreglering** genom att känna vilken del av foten som är i kontakt med marken, eller genom att man får en reducerad kroppssvavning när någon annan del av huden har kontakt med en fast punkt.

**Emotionella funktioner**, smekningar, kramar m.m.

## Lågtröskliga mekanoreceptorer i hud (ex. beröring, tryck, hudsträckning)

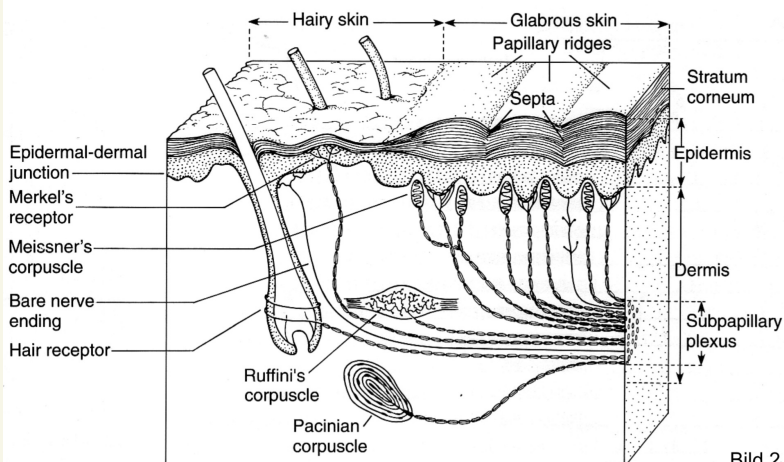


Bild 2

Finns olika typer av receptorer:

Bare nerve end, kapselomslutna receptorer (Meissners, Paccinis och Ruffinis), merkelreceptorer (egentligen cell som inriveras av afferent axon) samt hårfollikel receptorer.

**Fria nervändslut:** I eller precis under epidermis.

**Meissners/Merkels:** Ytligt i dermis under epidermis.

Meissners finns i papillerna och merkels mellan.

**Paccini/Ruffini:** Djupare i dermis + Subkutana fettvävnaden.

## Axongrupper

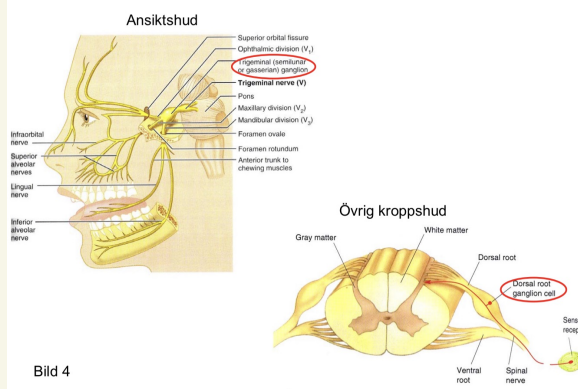
Axons from skin	A $\beta$	A $\delta$	C
Diameter ( $\mu\text{m}$ )	6–12	1–5	0.2–1.5
Speed (m/sec)	35–75	5–30	0.5–2
Skin receptors	Meissner, Pacini Merkel, Ruffini, Hårfollikel	Fria nervändslut Hårfollikel	Fria nervändslut

Bild 3

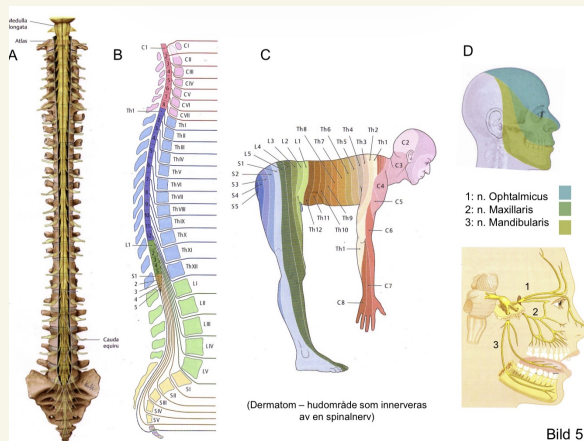
Axoner i perifera nerver klassificeras i 4 olika klasser utefter myelinisering och diameter (A-alfa, A-beta, A-gamma och C).

A-alfa axon utgår från receptorer i tvåstrimmiga muskler (muskelspoler, Golgi senorgan). Resterande axon utgår från hudreceptorer.

## Var finns hudreceptorernas cellkroppar?

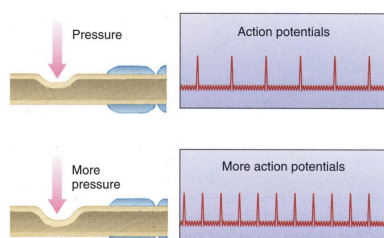


Cellkropparna för de afferenta hudaxonen är belägna i dorsalsrotsganglierna utanför ryggmärgen (undantag ansiktshud som innerveras av Nervus Trigeminus vars cellkroppar finns i trigeminusnervens ganglion utanför hjärnstammen).



Varje spinalnerv innerverar ett bandformat område av huden som kallas för dermatom och som i stort sett löper vertikalt vid stående framåtböjd position. Figur D visar hur ansiktets hud innerveras av 3 olika grenar av trigeminus.

## Hur fungerar en mekanoreceptor principiellt?



Mekanoreceptorer har jonkanaler som öppnas vid sträckning av membranet. Lågtröskliga mekanoreceptorer aktiveras av små mekaniska påfrestningar. Större mekaniskt tryck ger upphov till högre frekvens av aktionspotentialer. Ett annat sätt att signalera för en kraftigare mekanisk påfrestning är genom att flera axon aktiveras samtidigt.

## Sträck-känsliga jonkanaler - receptorpotential

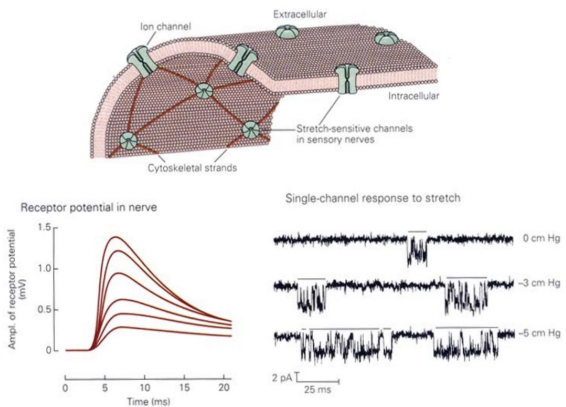
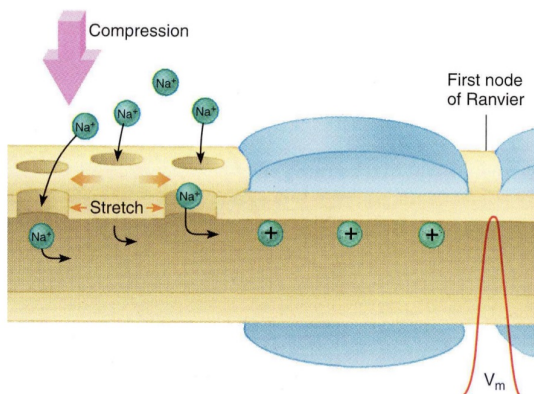


Bild 7

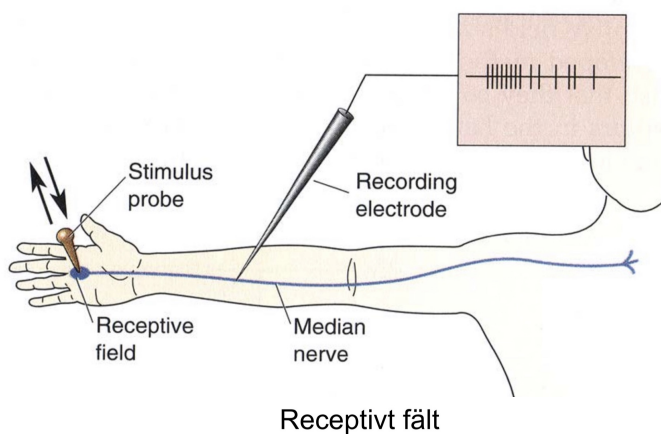
Sträckning av cellmembranet ger upphov till högre sannolikhet för öppning av en kanal. Strömmarna adderas till en så kallad receptorpotential (den förändring av membranpotentialen som uppstår när en receptor aktiveras), vars amplitud ökar i och med att spänningen ökar.

## Aktionspotential vid 1:a Ranvierska noden



Schematisk bild över förloppet. En större receptorpotential ger upphov till en högre frekvens av aktionspotentialer då membranpotentialen snabbare kan nå tröskeln för en ny AP under den relativa refraktärperioden.

## Mikroneurografi – "tjuvlyssna" från axon i perifera nerver



Ett axons aktivitet kan registreras med hjälp av mikroneurografi som innebär att man sticker in en tunn volframtråd i en perifer nerv och läser av dess elektriska aktivitet vid givna stimuli.

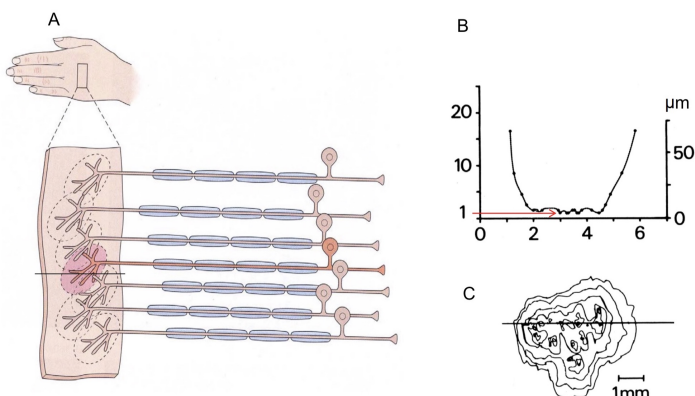
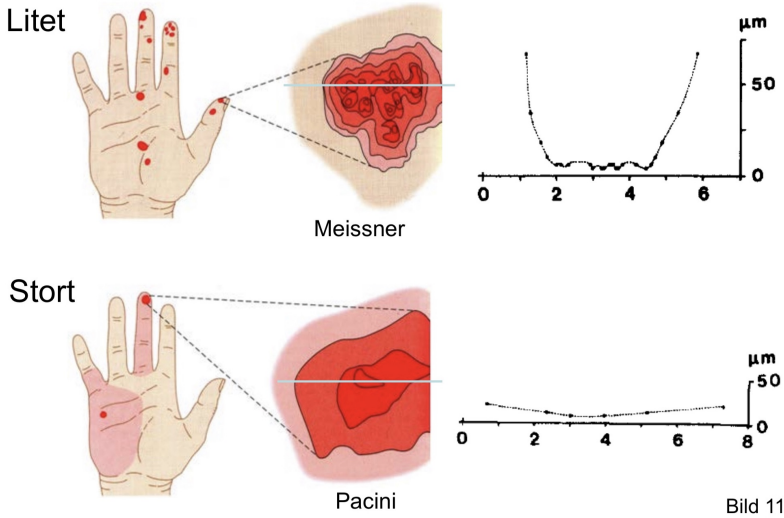


Bild 10

Varje axons förgrening över ett specifikt fält kallas för receptivt fält, och här sker hudstimulering. Dessa kan kartläggas genom att se hur den mekaniska tröskeln varierar längs med huden. Detta kan man se på figur B, och figur C representerar en sammanställning av detta vilket ser ut som en topografisk karta med olika trösklar.

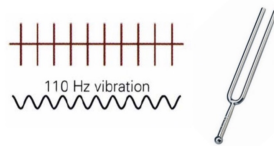
## Receptiva fältets storlek



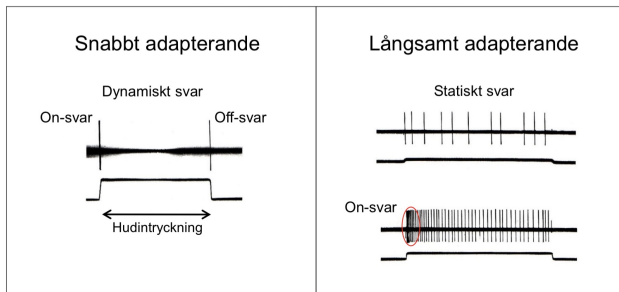
Axoner från lågtröskliga receptorer kan delas in i 2 grupper - stora eller små receptiva fält. De med stora receptiva fält har en tröskel som inte är lika tydligt avgränsad som den för små receptiva fält.

## Adekvat stimulus & adaptation

Vissa receptorer specialiserade på att känna av när beröring **förändras**  
 --> Adekvat stimulus = vibration



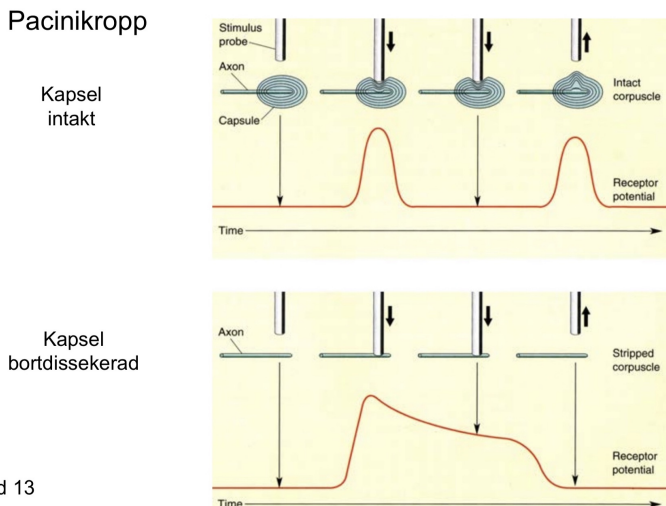
Bakgrund = olika adaptationsegenskaper



Impulssvaret som varje axon ger ut vid stimulering är en annan faktor som skiljer dem åt. De axon som ger AP under hela stimuleringen (statiskt svar) har en långsam adaptation medan de axon som endast ger AP vid första beröring (on-svar) exempelvis men som sedan slutar ge AP fram tills det att beröringen upphört (off-svar) sägs ha en snabb adaptation.

Detta har betydelse för ett axons adekvata stimulus, där ett axon med snabb adaptation är bra lämpad för vibration exempelvis då trycker på huden ständigt varierar.

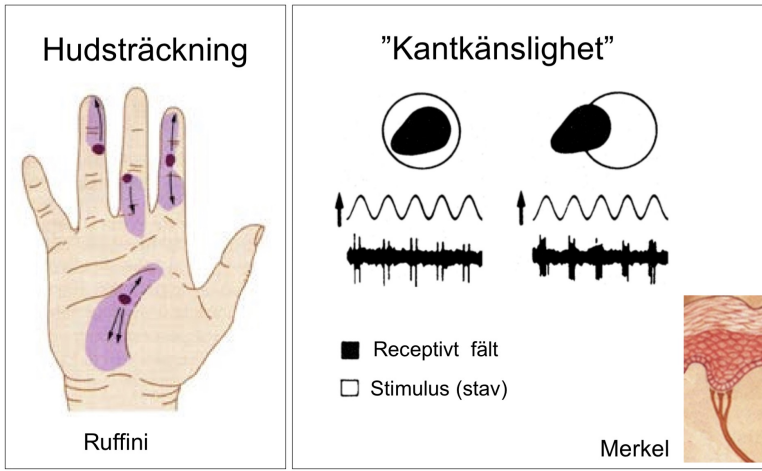
## En mekanism för adaptation



De receptorer som uppvisar snabb adaptation är Meissners- och paccinikroppar. Detta har att göra med kapseln som omsluter dem. Detta då trycket som sträcker membranet successivt omdistribueras i kapseln så att axonet inte längre påverkas tills det att trycket upphör.



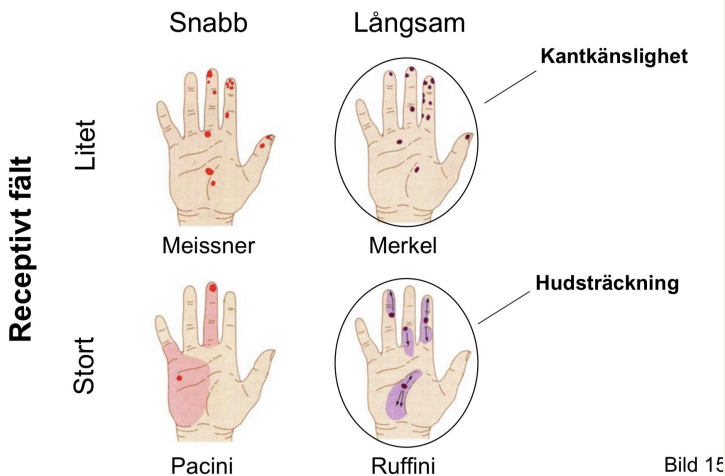
# Andra egenskaper



De flesta receptorer känner av hudsträckningar men Ruffinies är extra känsliga för detta. Kantkänslighet innebär att Meissners och merkelreceptorer har en uttalad känslighet för kanter, alltså om en kant från ett föremål trycker på konturen av ett receptivt fält så kommer AP att uppkomma med högre frekvens.

## Hårlös hud - Handflata

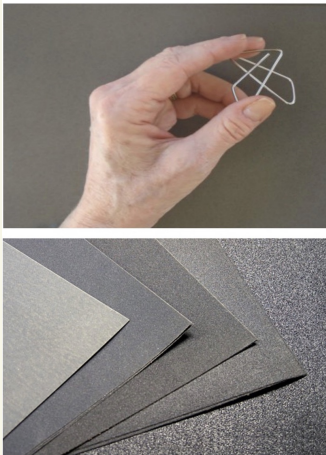
### Adaptation



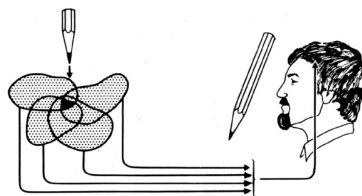
Denna figur sammanfattar kartläggningen över hudaxoners egenskaper.

## Vad tolkar CNS?

Information från axoner från olika typer av mekanoreceptorer



Information från axoner med olika receptiva fält



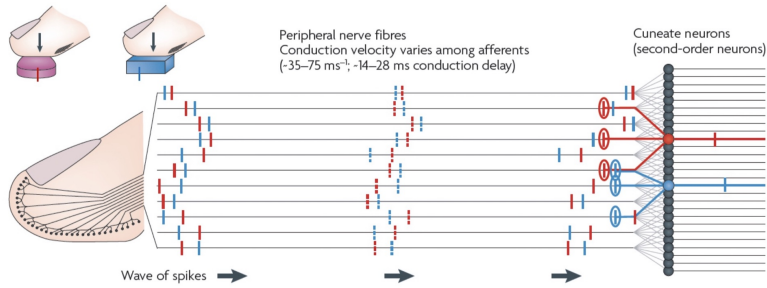
Axoner från hudens lågtröskliga mekanoreceptorer ger information till CNS om:

- När en hudretning börjar (första AP)
- Hur länge den pågår
- Vart på huden det sker.
- Vilke sorts hudretning som sker.
- Hur stark den är.

Kombination av alla dessa faktorer gör att CNS kan identifiera en specifik hudretning framför en annan.

Bild 17

### Integration av flera beröringsafferenter

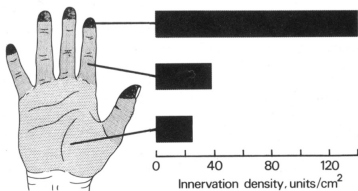


Detta är en modell för hur CNS teoretiskt sett gör för att skilja på olika mönster av AP. Genom att flera axon skickar ut signaler i samband med beröring av en rund knapp respektive en platt knapp kommer olika mönster uppstå. Dessa signaler kommer dessutom att färdas olika snabbt fram till CNS, men när de väl kommit dit så kommer vissa av signalerna komma fram samtidigt och konvergera på en och samma nervcell vilket kommer ge upphov till aktivering. Detta kallas coincidence detection och menar på att när flera axoners AP förmedlas samtidigt kommer olika celler aktiveras beroende på vilka axon som aktiveras samtidigt.

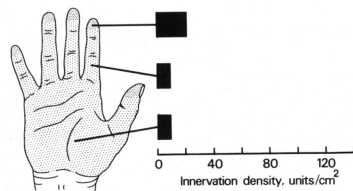
Bild 18

### Hårlös hud - handens palmarsida

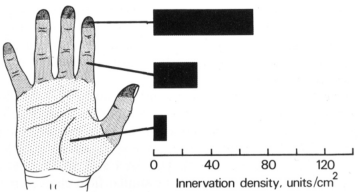
Meissner



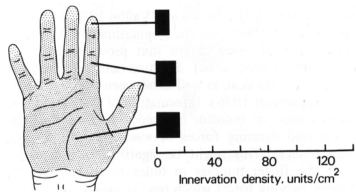
Pacini



Merkel



Ruffini



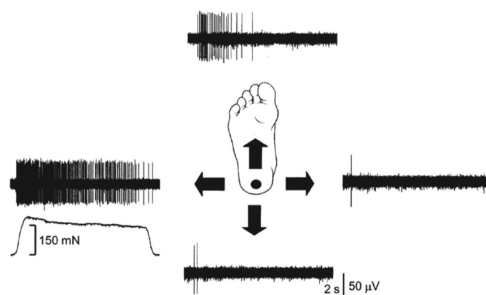
Tätheten av de olika receptorerna varierar i handflatan enligt diagrammet. Ökningen av dessa receptorer vid fingertopparna finns bara hos de receptorer med små receptiva fält.

### Hårlös hud - Fotsula

Fördelning över hudyta



Axon från sträckkänslig receptor



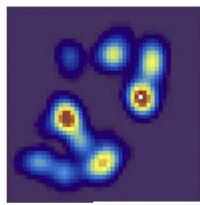
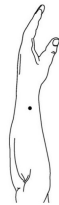
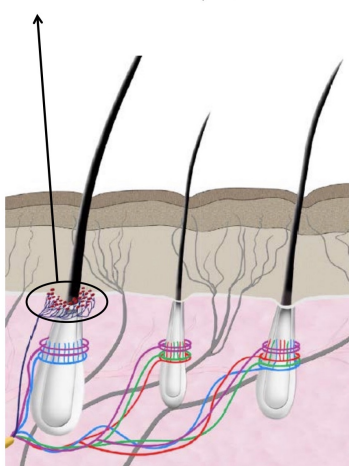
Detta mönster uppstår inte alls på samma sätt i foten, där man istället kan se mycket större receptiva fält vilket hjälper för att registrera tryckfördelningen över sulan för balanskontroll.

Bild 20

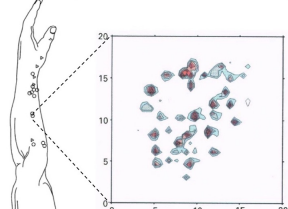
## Behårad hud

## C-beröringsafferent

Merkel Ruffini, Pacini



## Hårfollikelafferent



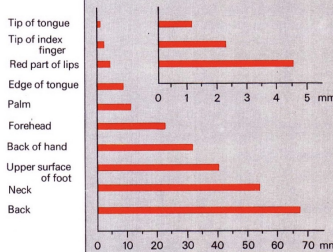
I behårad hud vet man att Meissnerskroppar saknas. Men det finns 2 andra receptortyper som inte finns i hårlös hud.

- Hårfollikelreceptorer. Receptorer som är känsliga för beröring av hårstrån. De består av axoner som löper runt hårfollikeln. Finns även ibland uppsättningar av merkelreceptorer vid toppen av folliklarna som kan antas registrerar böjningar av hårstrået. (Skyddande funktion).
- C-fiberafferenter för beröring. Känsliga för lätt beröring, anses ha en emotionell funktion.

Bild 21

## Test av "beröringssinne"

- "Sensibilitet grovt testad"
- Lokognosi
- Sträckkänslighet
- Tvåpunktsdiskrimination



Sensibilitet grovt testad: Systematisk bilateral beröring för att avgöra om det finns någon sidoskillnad.

Lokognosi: Att peka ut en punkt på patient när den blundar och sedan be dem peka ut den.

Sträckkänslighet: Innebär att man undersöker en patients förmåga att identifiera sträckningar i huden med hjälp av en apparat.

Tvåpunktsdiskriminering: Varierande beröring med en passare (med antingen båda sidorna eller endast en) där patienten ska avgöra varje gång om den berörs av en eller 2 punkter. Genom att successivt minska området kan man kartlägga upplösningsförmågan i hundområdet.

## Lateralinhibition i CNS

The functional and anatomical organization of sensory processing networks is hierarchical. Stimulation of a population of receptors initiates signals that are transmitted through a series of relay nuclei to higher centers in the brain (only one relay is shown). At each processing stage the signals are integrated into more complex sensory information.

A. In the somatosensory system excitatory synaptic connections from each receptor in the skin are widely distributed to a large group of postsynaptic neurons at each relay nucleus. Each relay neuron receives sensory input from a large group of receptors and therefore has a bigger receptive field than any of the input neurons. Receptors closest to the stimulus respond more vigorously than distant receptors.

B. The addition of inhibitory interneurons (gray) narrows the discharge zone. On either side of the excitatory region the discharge rate is driven below the resting level by feedback inhibition.

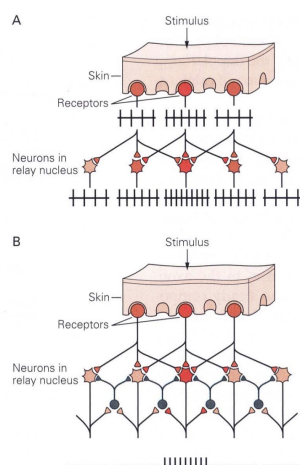


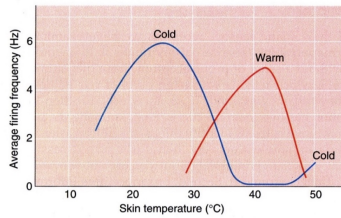
Bild 22

En hög upplösningsförmåga är förenat med ett större antal axon från hudområdet. Men det finns inbyggda mekanismer i CNS som bidrar till diskriminationsförmågan. Lateralinhibition innebär att eftersom neuron i reläkärnor i ascenderande banor stimuleras olika starkt beroende på vilka receptorer som stimuleras mest, så finns det inhibitoriska interneuron som inhiberar signalöverföringen från neuron som är lateralt placerade om det starkast stimulerade neuronet, detta för att skapa en större diskrimineringsförmåga.

## Temperurreceptorer

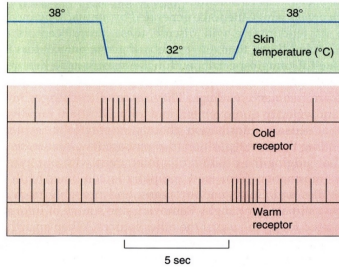
A

Statiskt svar vid olika temperaturer



B

Dynamiskt svar vid temperaturändring



Fria nervänslut

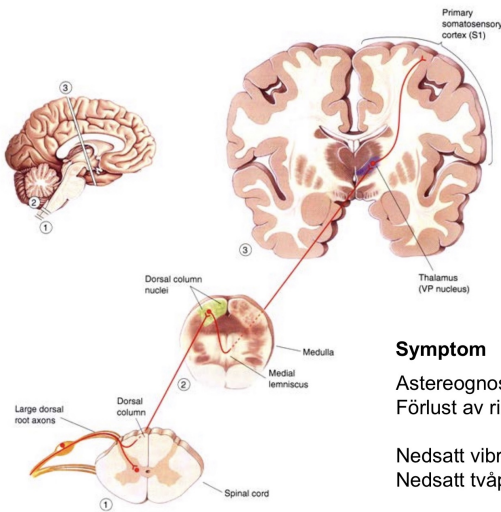
Temperaturkänsliga jonkanaler

Bild 23

Temperurreceptorer består av fria nervändslut och brukar delas in i köld- och värmereceptorer. De har dels ett statiskt svar vars intensitet varierar med temperaturen, så som man kan se i bilden till höger. Men utöver det statiska svaret så har de även ett dynamiskt svar på temperaturförändringar där köldreceptorn aktiveras vid temperatursänkningar och värmereceptorer på temperaturökningar. Dessa receptorer fungerar genom temperaturkänsliga jonkanaler, som annars också återfinns i C-fiberafferenter.

Bild 24

## Baksträngsbanan



### Symptom

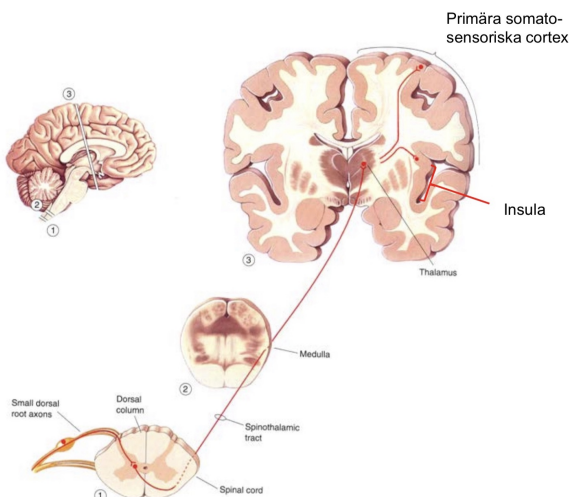
Astereognosi  
Förlust av riktningkänsl

Nedsatt vibrationskänsl  
Nedsatt tvåpunktsdiskrimination

Afferenten från perifera nerver går in i ryggmärgen via dorsalhornet och fortsätter direkt till hjärnstammen via dorsalkolumnen. Första omkopplingen sker i dorsalkolumn kärnorna (Nucleus gracilis och Nucleus cuneatus) axonerna från cellerna i dessa relä-kärnor korsar sedan medellinjen för att sedan ta sig vidare i den mediala lemniscen (lemniscus medialis) till thalamus och därifrån till den somatosensoriska hjärnbarken.

Skada på baksträngsbanan påverkar framförallt den mer komplexa informationsbearbetningen från lågtröskliga mekanoreceptorer, såsom vibrationsinne och tvåpunktsdiskrimination.

## Spinothalamabanan



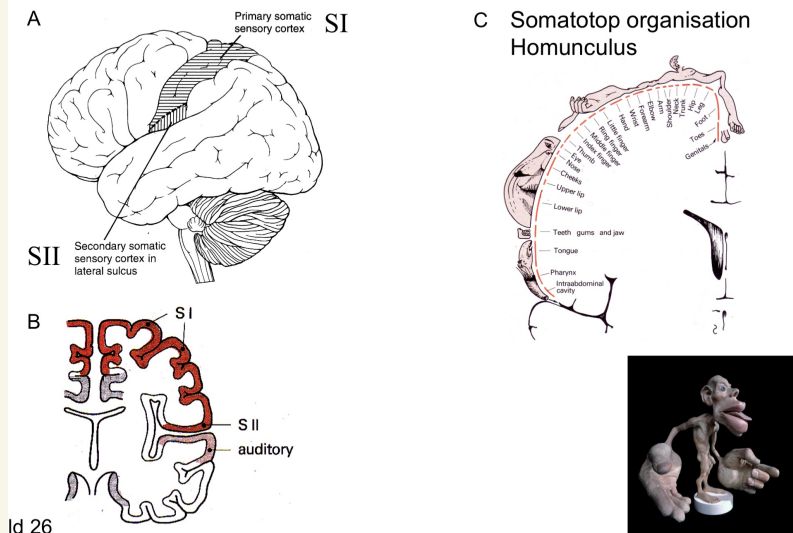
Vid inträdesnivå korsar de afferenta axonen medellinjen för att sedan löpa längs med lateralfunikeln ventrala del för att sedan förenas med den mediala lemniscen vid hjärnstammen upp till thalamus. De går till sist vidare till den primära somatosensoriska hjärnbarken. Förbindelser med ursprung från de beröringskänsliga C-fiberafferenterna i behårad hud, går till insula området i kortex.

Skada på den spinothalamiska banan i ryggmärgen ger förlust av smärta samt oförmåga att ange om ett föremål på huden känns varmt eller kallt.

Bild 25



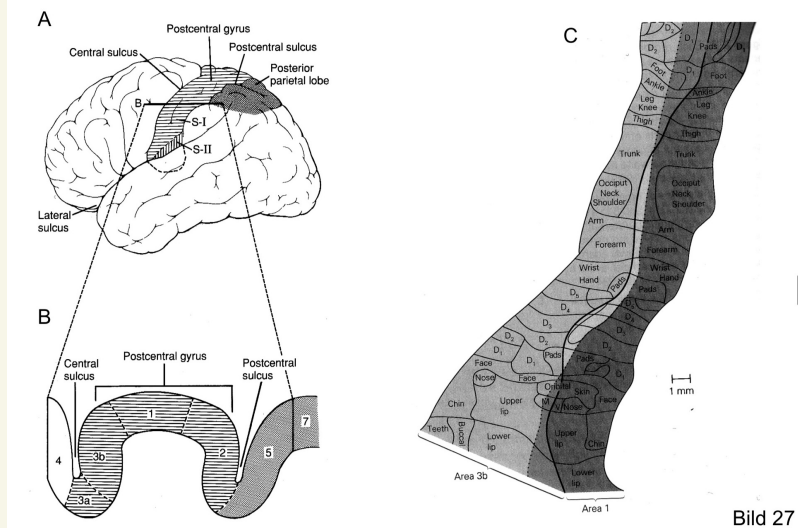
## Primära somatosensoriska cortex (SI) – BA 1,2,3



Det finns 2 kortikala fält som är involverade i bearbetning av somatosensorisk information, S1 och S2. S1 finns i Gyrus postcentralis medans S2 börjar på lateralsidan precis under S1 och fortsätter ner längs med sulcus lateralis (operculum parietale). S1 mottar direkta förbindelser från thalamus medans S2 mottar förbindelser från S1.

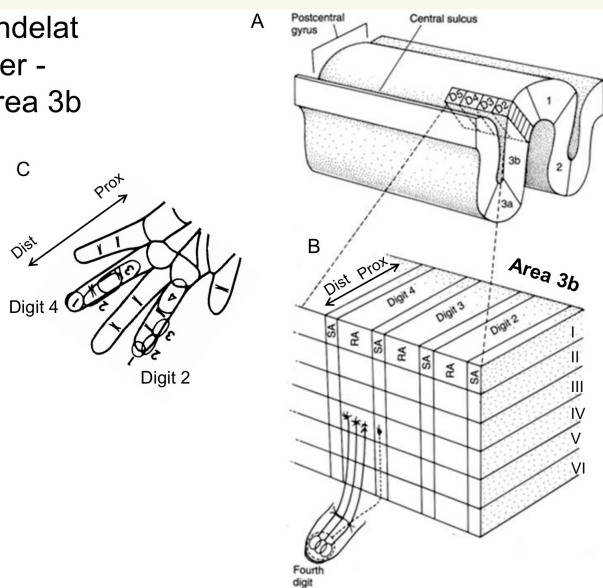
Genom undersökningar har man kartlagt att olika delar av cortex i S1 och S2 ansvarar för olika delar av kroppens somatosensorik. Dessa områdens storlek är inte proportionerliga med kroppens storlek utan snarare med axontätheten i de respektive områdena. Denna kartläggning kallas för en somatotop organisation.

## Primära somatosensoriska cortex (SI) – flera kartor



S1 innehåller egentligen 3 olika kroppskartor och de finns i olika s.k broddmann-areor av Gyrus postcentralis. Hela hjärnbarken kan delas upp i ett femtiotal broddman-areor baserat på histologiska skillnader. Gyrus postcentralis kan delas upp i 4 sådana, 1, 2, 3a och 3b, där alla utom 3a mottar information från hudreceptorer, och dessa har varsin kroppskarta. Dessa kartor ligger bredvid varandra och de olika kroppsområdena löper parallellt.

## Cortex är indelat i kolumner - exempel Area 3b



Här ser man en detaljerad 3D karta över 3b, där varje kolumn har receptiva fält på olika områden av huden så att hela fingret täcks in. Utöver detta så kan varje kolumn delas in i 2 underkolumner, SA (slow adaptation) eller RA (rapid adaptation). Längs med kolumnen kan man se att de receptiva fälten förflyttas distalt/proximalt längs med kolumnen.

### Cortex är indelat i kolumner

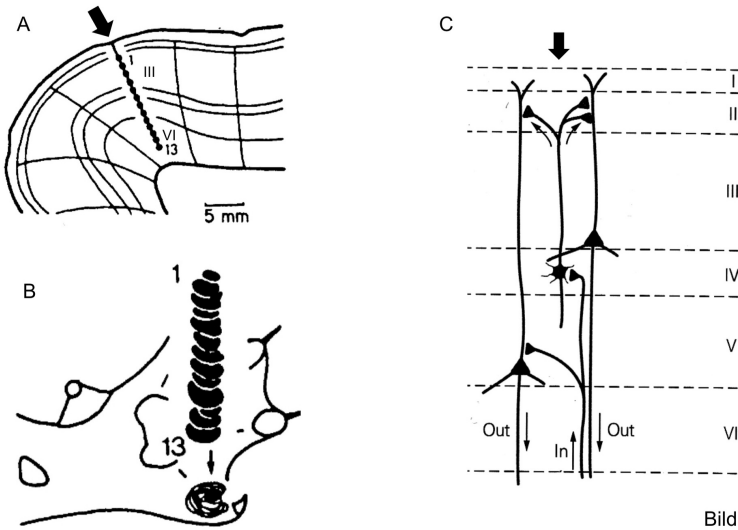


Bild 29

Cellerna som ligger i samma kolumn utgör överlappande receptiva fält inom ett specifikt område. De har då även gemensamma kopplingar från hud till cortex.

### Exempel på högre bearbetning – area 1 & 2

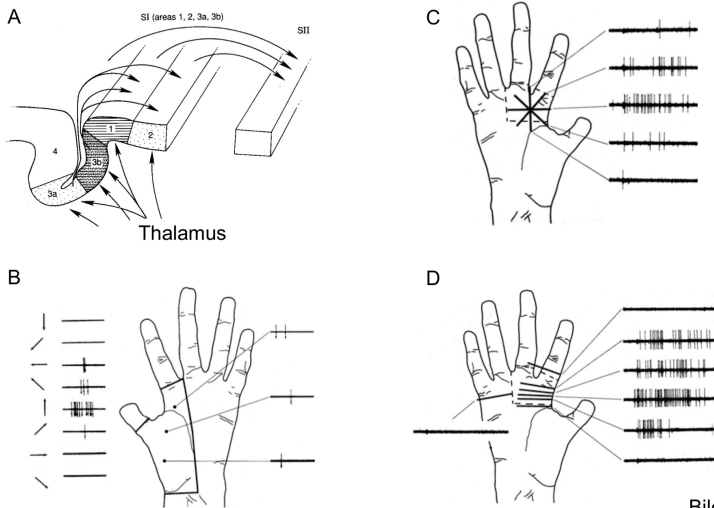
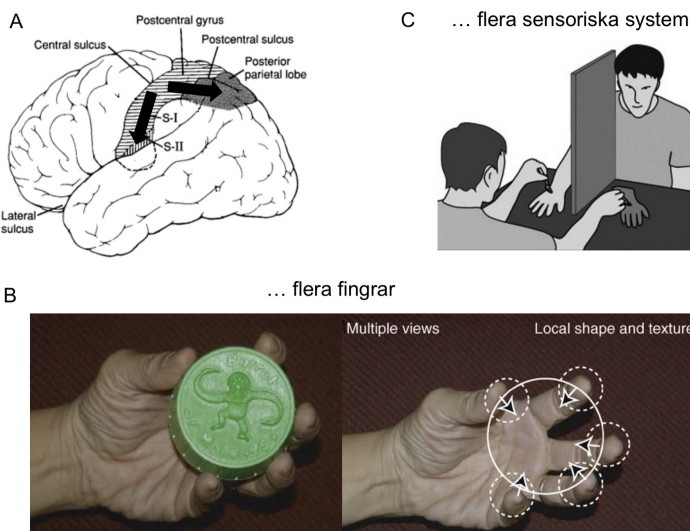


Bild 30

Inflödet till Area 1 och 2 kommer från 3b (finns även ett litet inflödet från thalamus). Här finns förutom beröringskänsliga celler även celler som registrerar rörelser över hudytan. Dessa aktiveras inte av punktberöringar utan av rörelse. Det finns även celler som bara aktiveras om de berörs av kanter.

### Bild 31 Högre bearbetning - integration mellan ...



S1 projiceras även till S2 respektive Parietalkortex. Här har cellerna ännu mer komplexa egenskaper, då de inte bara har större receptiva fält utan även får inflöde från andra sensoriska system. Exempelvis finns det i S2 celler med receptiva fält som täcker flera fingrar samt också mottar information från muskelpolar i muskler som styr händer och fingrar. För celler i parietalkortex kan de receptiva fälten täcka exempelvis större delen av en arm samtidigt som cellerna får inflöde från syn- och muskelreceptorer, en konvergens som sägs ge uppfattning om vart olika kroppsdelar befinner sig.

Att vara medveten om sin egen kropp och sina kroppsdelar kallas för somatognosi, och denna förmåga kan störas av neurologiska sjukdomstillstånd.