



Sense Organs

1. Sense organs – classification
2. Sensory receptors:
 - ✓ unencapsulated – free nerve endings
 - ✓ encapsulated receptors
3. Gustatory apparatus
4. Olfactory apparatus



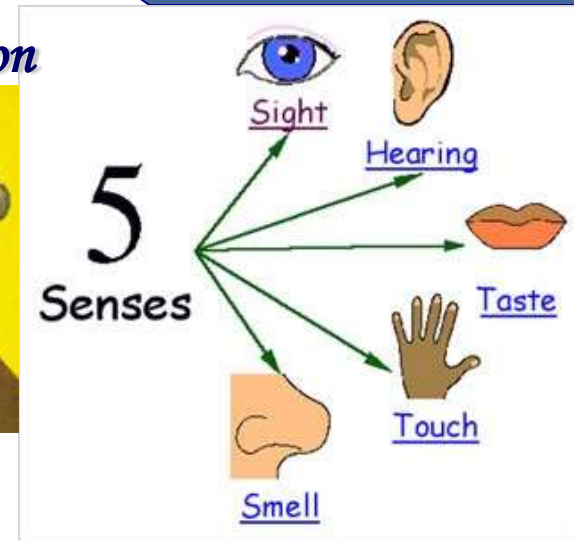


Human sense organs

- Immanuel Kant's theory of knowledge (1760):
our knowledge of the outside world depends on our perception

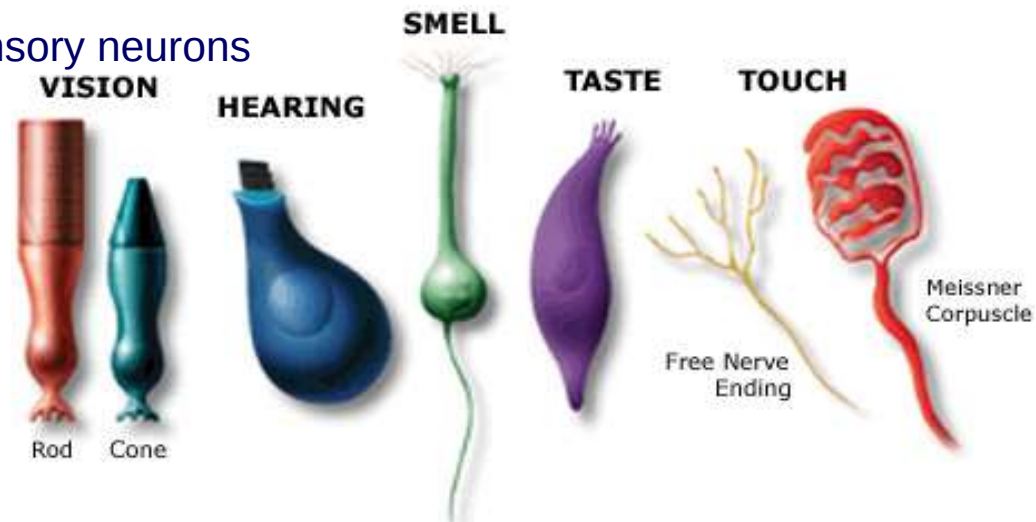
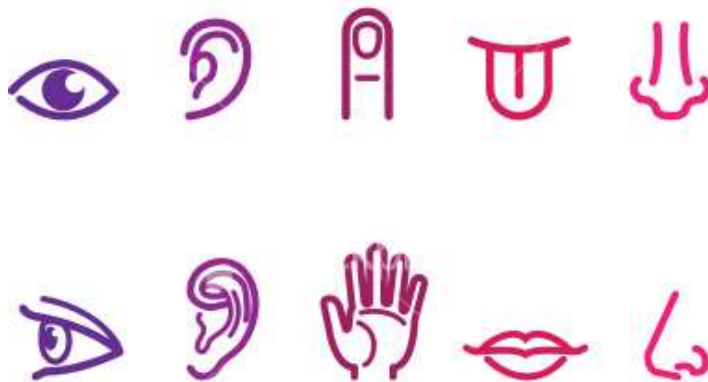
- five senses:

- ✓ touch
- ✓ taste
- ✓ smell
- ✓ sight
- ✓ hearing



- specialized cells – receptors for specific stimuli:

- ✓ confined to the head region
- ✓ receptors are not free endings of sensory neurons



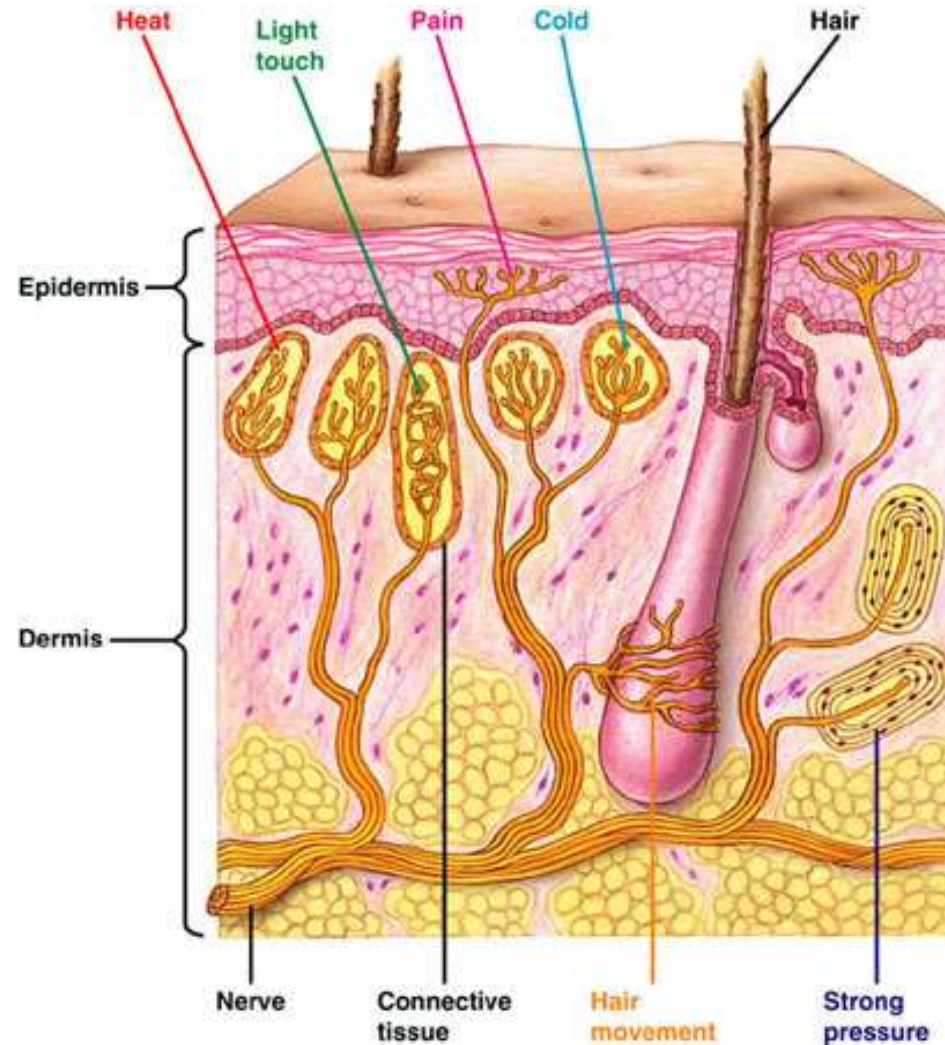
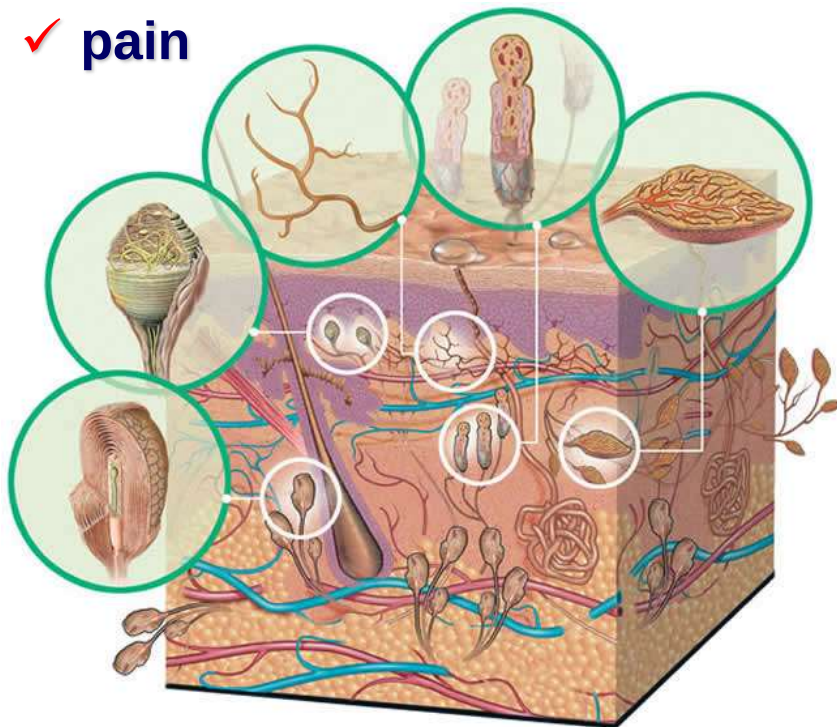
Five Senses Icons



Sense of touch

■ four kinds of touch sensations:

- ✓ light touch (contact)
- ✓ cold
- ✓ heat
- ✓ pain





Sensory receptors – classification

3 main groups – Sherrington, 1906:

- ✓ exteroceptors
- ✓ proprioceptors
- ✓ interoceptors

by sensory modality:

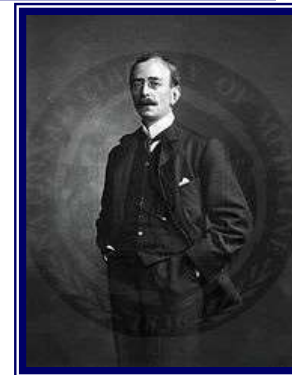
- ✓ baroreceptors – respond to pressure
- ✓ chemoreceptors – chemical stimuli
- ✓ mechanoreceptors – mechanical stress
- ✓ nociceptors – pain perception
- ✓ thermoreceptors – temperature (heat, cold or both)

by location:

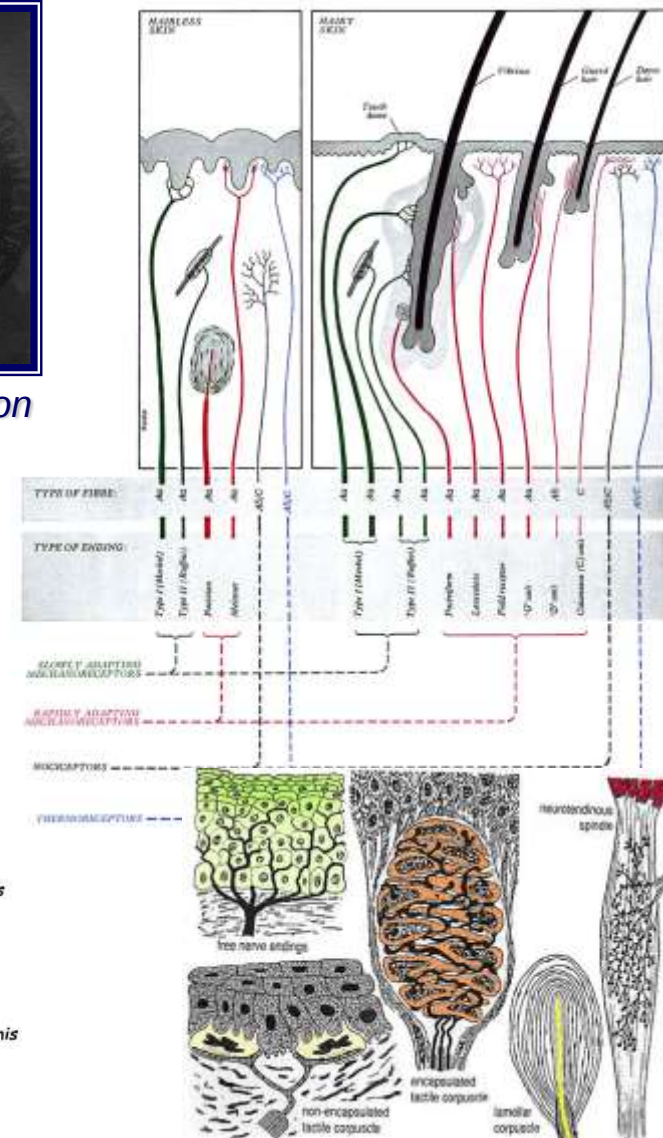
- ✓ cutaneous receptors
- ✓ muscle spindles

by morphology:

- ✓ free nerve endings
- ✓ encapsulated receptors



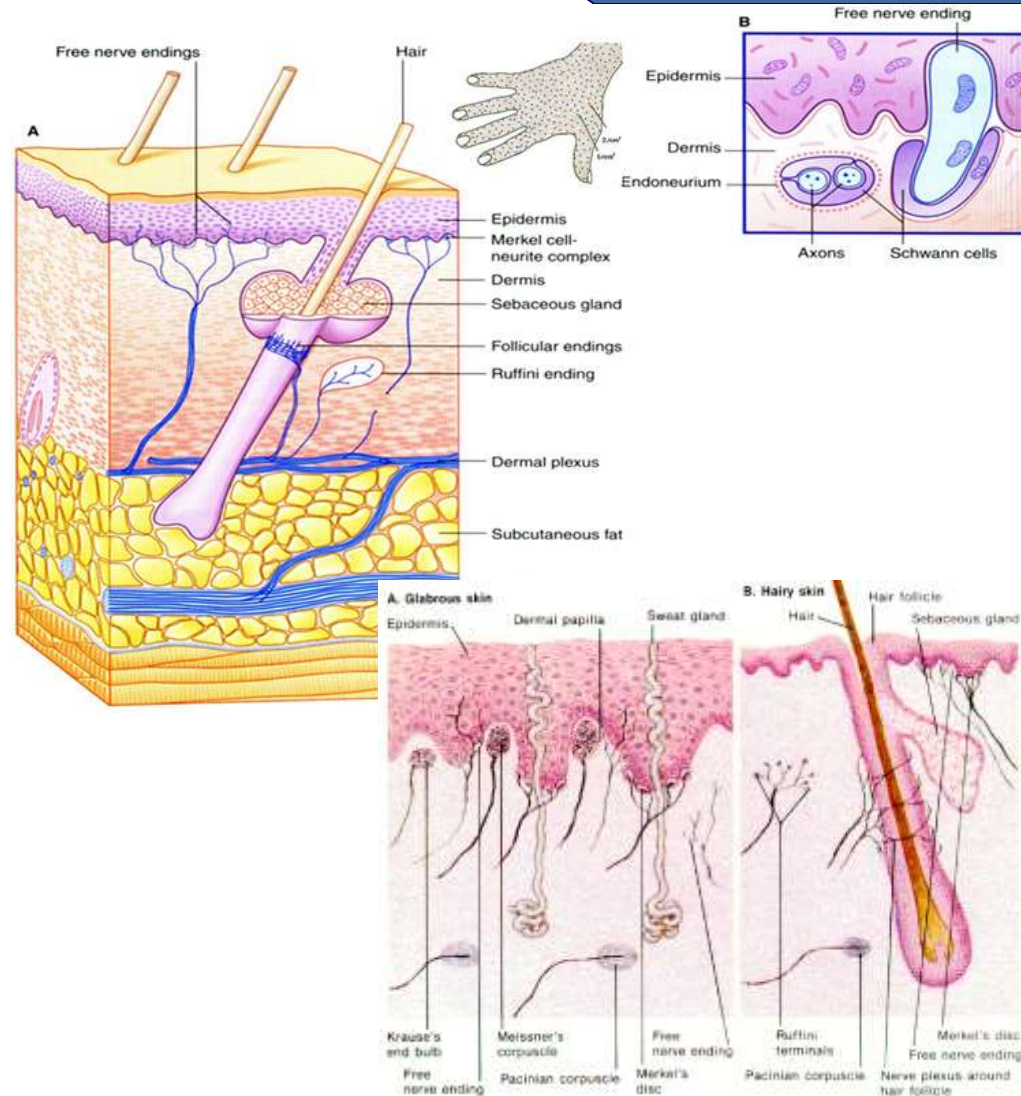
C.S. Sherrington
1857–1952





Unencapsulated receptors

- free nerve endings:
 - ✓ unencapsulated receptors
 - ✓ unspecialized, detect pain
 - ✓ most widely distributed
 - ✓ most numerous in the skin, mucous&serous membranes, muscle, deep fascia, viscera walls
- peritrichial (palisade) endings of hair follicles
 - ✓ nerve plexus around hair follicle
 - ✓ very light touch





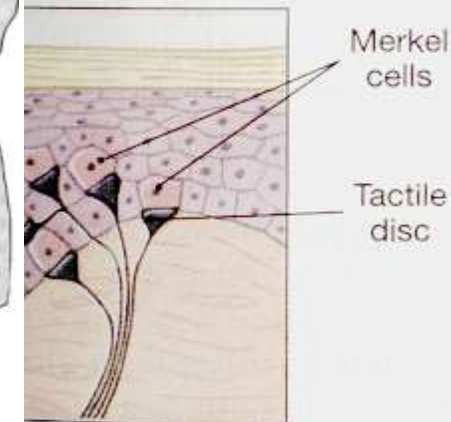
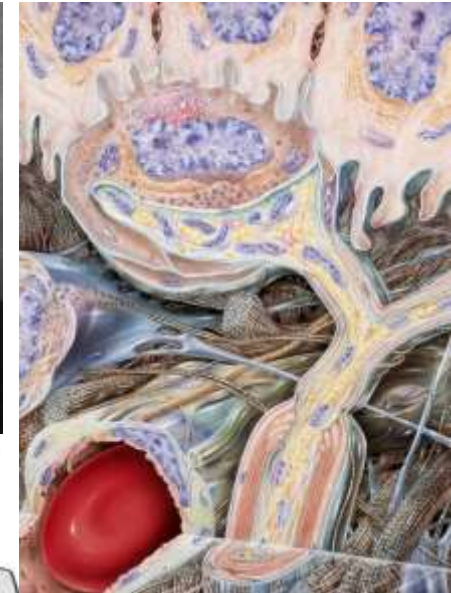
Unencapsulated receptors

■ tactile discs of Merkel:

- ✓ slowly adapting type I mechanoreceptors
 - pressure and vibration at low frequencies, around 5 to 15 Hz
- ✓ found in the basal layers of:
 - glabrous skin
 - hairy skin ("touch domes", "hair disks")
- ✓ in oral and anal mucosa
- ✓ in the mammary gland
- ✓ specialized epithelial cells of *Merkel*, "*Tastzellen*"
 - embryonic origin – nerve crest, epidermal
 - APUD cells – neuroendocrine function
 - specific granules
- ✓ Merkel nerve endings (tactile discs)
- ✓ Merkel cell–neurite complex



Friedrich Merkel
(1845-1919)



Merkel cells and tactile discs



Encapsulated receptors

■ Receptors without a lamellar inner core:

- ✓ Ruffini corpuscles (endings)
- ✓ Grandry corpuscles

■ Receptors with an asymmetrical lamellated inner core:

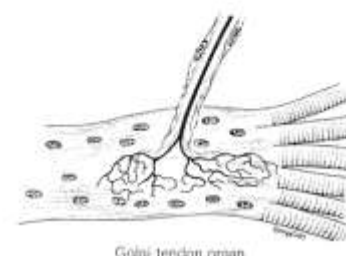
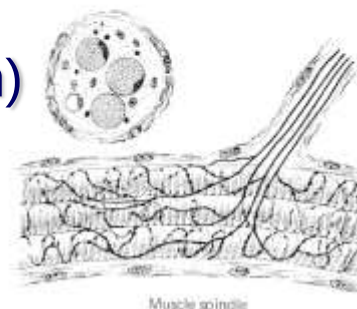
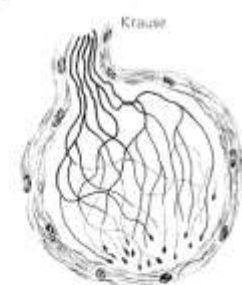
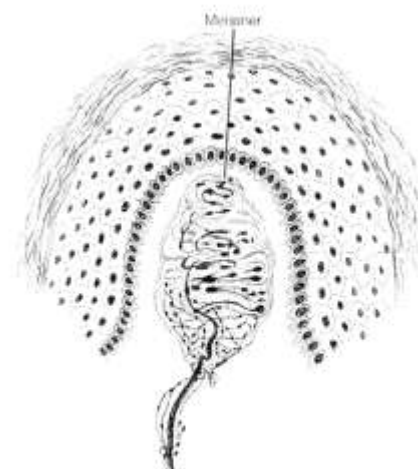
- ✓ tactile corpuscles of Meissner
- ✓ end bulbs (of Krause) – ‘genital’ corpuscles
- ✓ Golgi-Mazzoni corpuscles

■ Receptors with a symmetrical lamellated inner core:

- ✓ Pacinian (Vater-Pacini) corpuscles
- ✓ Herbst corpuscles

■ Muscle receptors:

- ✓ neurotendinous organ (Golgi tendon organ)
- ✓ neuromuscular spindles:
 - intrafusal fibers
 - extrafusal fibers





Cutaneous receptors

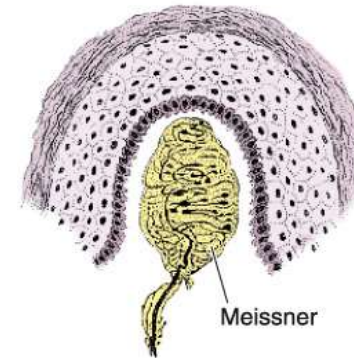
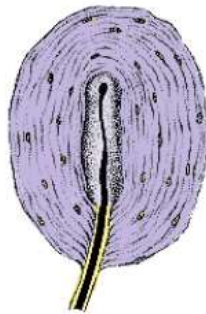
■ Pacinian (Vater-Pacini) corpuscles:

- ✓ oval-shaped and lamellated
- ✓ the largest cutaneous receptors – approximately 1 mm in length (2x4 mm)
- ✓ bulb-like nerve endings in the subcutaneous tissue of the skin:
 - palms and soles
 - joints and genitals
- ✓ capsule of 20 to 60 concentric lamellae
- ✓ inner core of modified Schwann cells
- ✓ afferent nerve fiber – parts:
 - myelinated
 - unmyelinated preterminal
 - nerve ending
- ✓ rapidly adapting (phasic) mechanoreceptors (vibration and pressure) with optimal sensitivity 150-300 Hz

Free endings

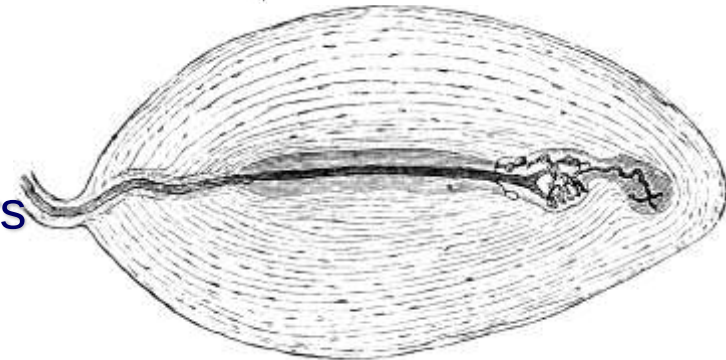


Pacinian



Meissner

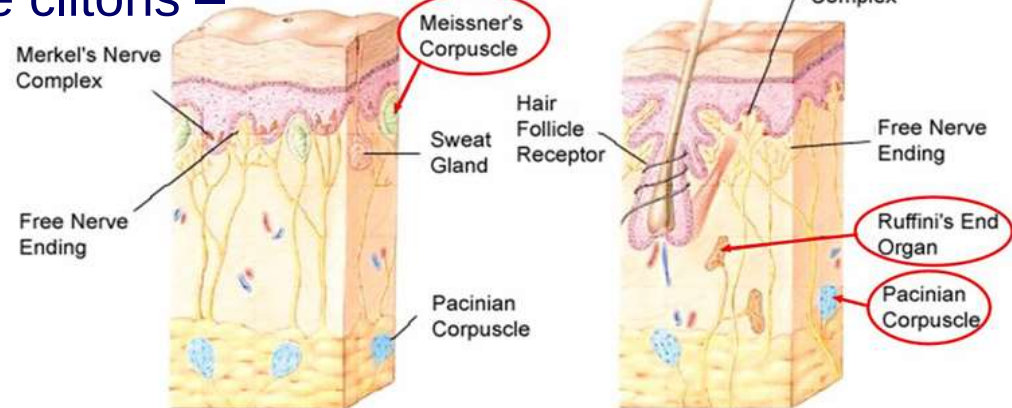
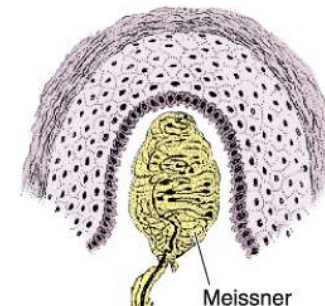
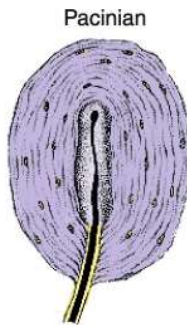
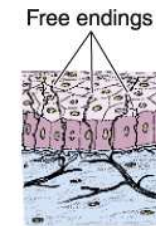
Krause





Cutaneous receptors

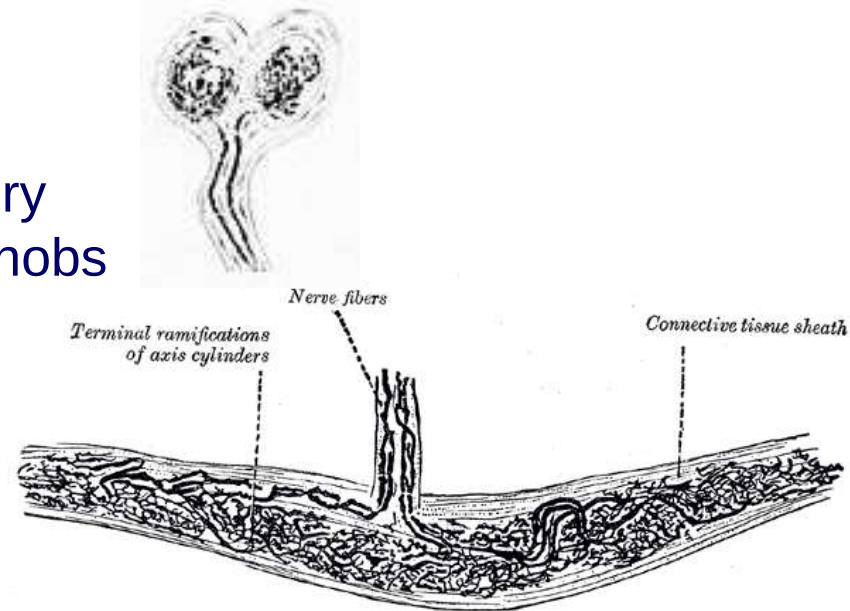
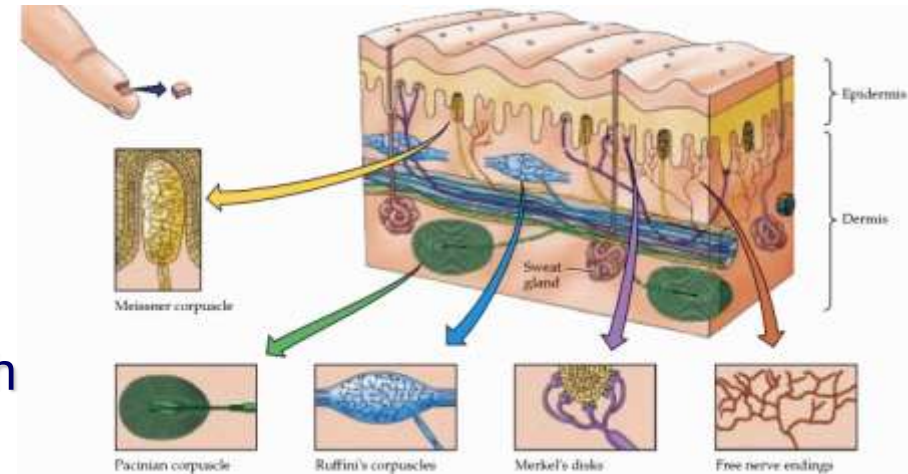
- **tactile corpuscles of Meissner:**
 - ✓ unmyelinated nerve endings in the dermis of glabrous skin
 - palm, fingers and lips
 - ✓ responsible for sensitivity to light touch
 - ✓ rapidly adapting receptors sensing vibrations lower than 50 (20-40) Hz
- **end bulbs of Krause:**
 - ✓ in the mucous membrane of the lips and tongue
 - ✓ also found in the penis and the clitoris – ‘genital’ corpuscles
 - ✓ respond to pressure – pressoreceptors
 - ✓ formerly – cold receptors (thermoreceptors)





Cutaneous receptors

- **Golgi-Mazzoni corpuscles:**
 - ✓ in the subcutaneous tissue of the human fingertips
 - ✓ similar in morphology to Pacinian corpuscles
 - ✓ sense vibratory pressure and touch
- **Ruffini endings – 0.5-2 mm:**
 - ✓ end organs in the subcutaneous connective tissues of the fingers
 - ✓ ovoid capsule within which the sensory fiber ends with numerous collateral knobs
 - ✓ respond to superficial pressure – slowly adapting mechanoreceptors
 - ✓ early thought to be thermoreceptors (mediate the sense of warmth)

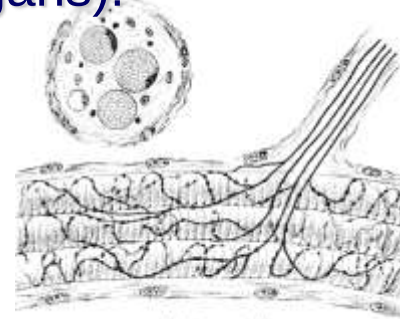




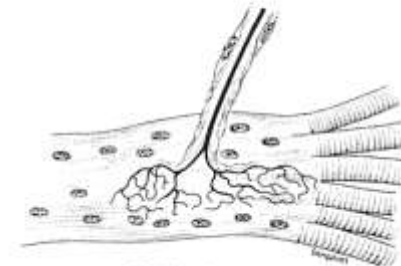
Muscle receptors

■ neurotendinous organs (Golgi tendon organs):

- ✓ located at the insertion of skeletal muscle fibers into the tendons
- ✓ proprioceptive – reflex regulation of muscle tension



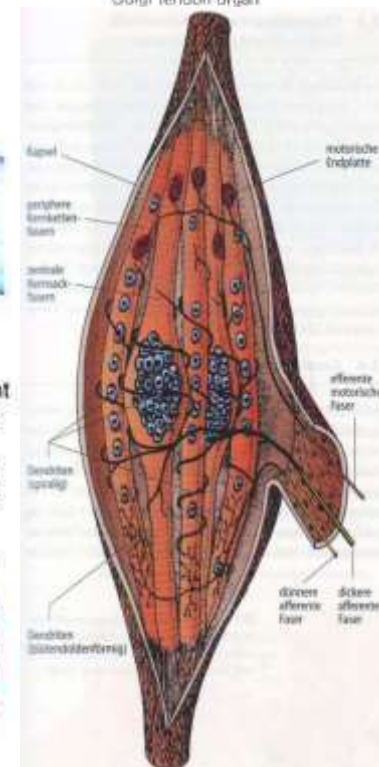
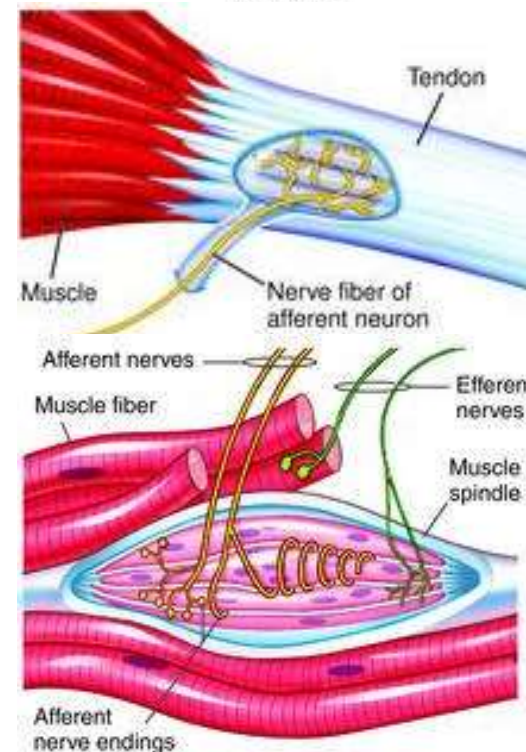
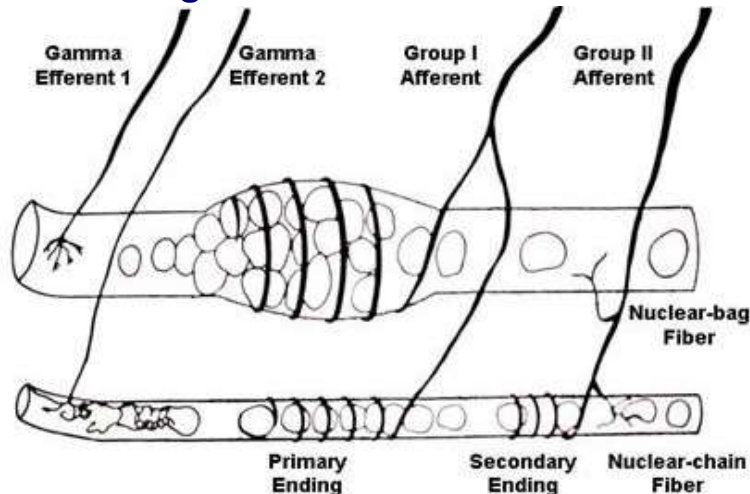
Muscle spindle



Golgi tendon organ

■ neuromuscular spindles:

- ✓ intrafusal fibers
 - nuclear-bag fibers
 - nuclear-chain fibers
- ✓ extrafusal fibers
- ✓ proprioceptors – detect changes in the length of the muscle

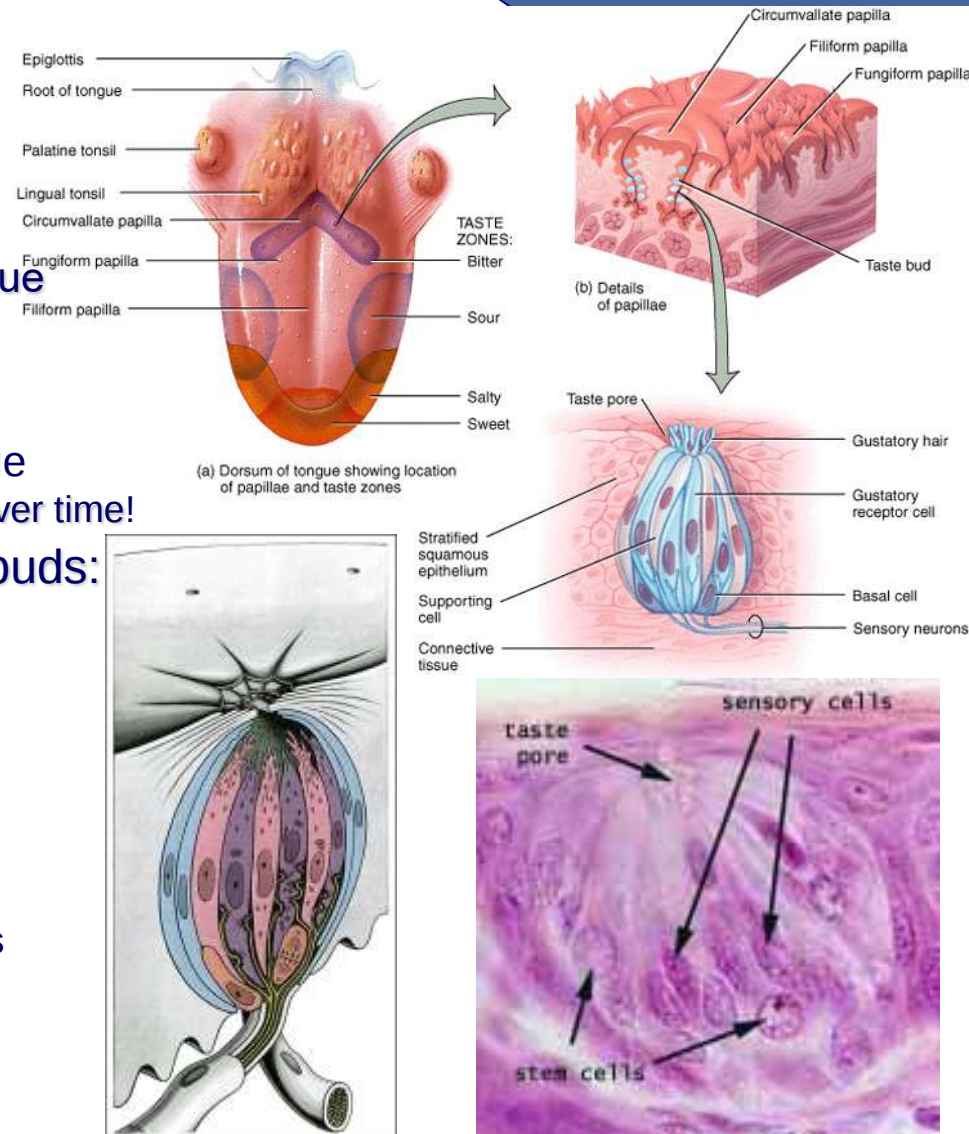




Gustatory apparatus

■ peripheral gustatory organs:

- ✓ taste buds
(gustatory caliculi) – 2000-9000:
 - vallate papillae – most numerous
 - plentiful in the posterior $\frac{1}{3}$ of the tongue
 - fungiform papillae
 - soft palate, epiglottis and pharynx
 - reduction in number (up to $\frac{1}{3}$) with age
 - ⇒ our sense of taste can and do change over time!
- ✓ no structural difference among taste buds:
 - gustatory (taste) pore – 2-3 μm
 - collection of 50-100 epithelial cells
 - contain long microvilli extend through a taste pore
 - contain two types of gustatory receptor cells
 - with and without dense-cored granules
 - supporting (non-sensory) cells
 - basal cells – undifferentiated, form new receptor cells every 10-14 days





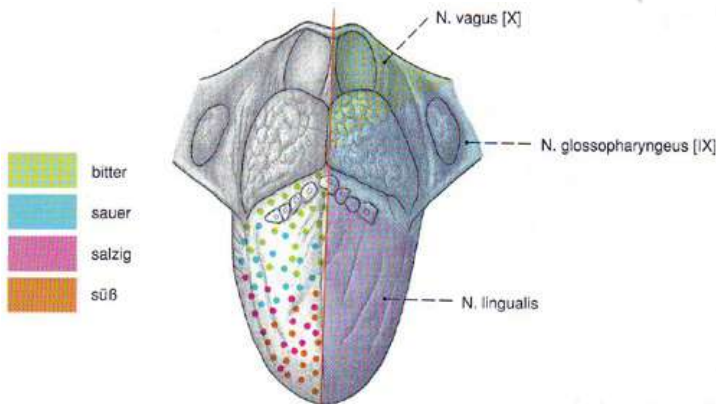
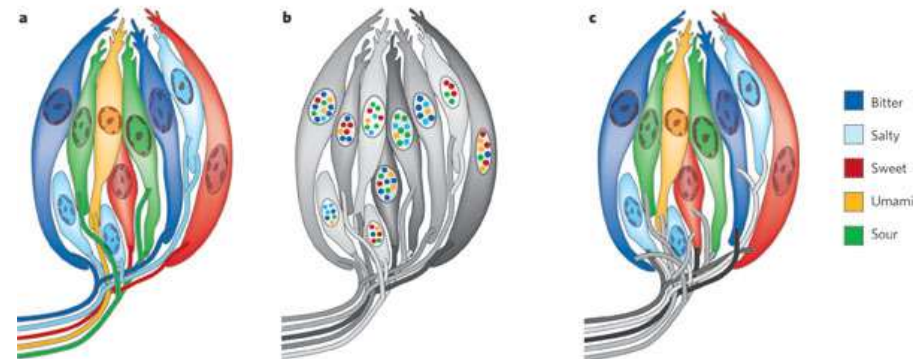
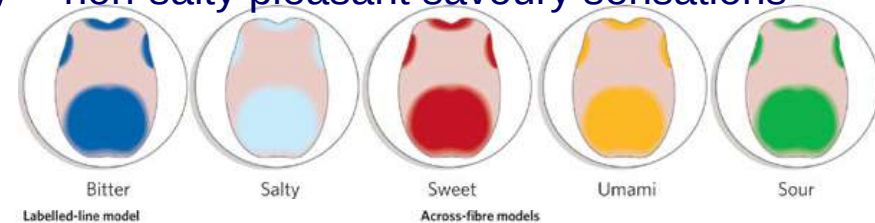
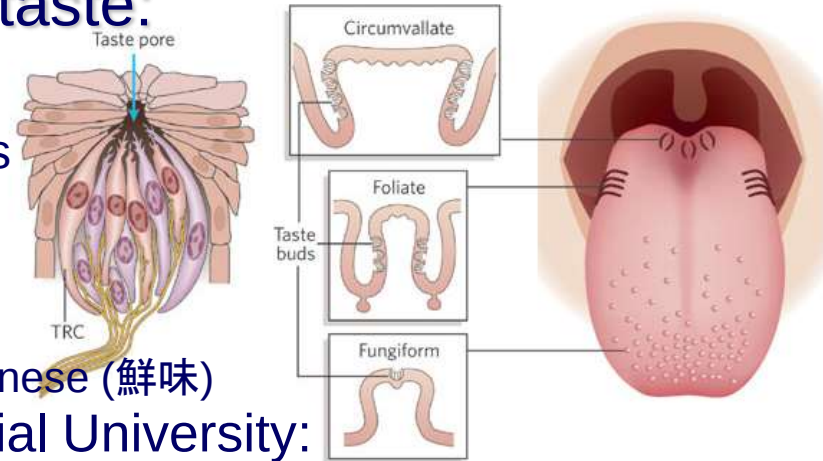
Gustatory apparatus

■ traditionally four basic qualities of taste:

- ✓ sweetness – T1R1 and T1R2 subunits
- ✓ bitterness – 30 subtypes of TR2 receptors
- ✓ sourness
- ✓ saltiness

■ fifth basic taste – umami (japanese: 味, chinese (鮮味) Prof. Kikunae Ikeda (1908), Tokyo Imperial University:

- ✓ umami (“deliciousness, savoriness”) – non-salty pleasant savoury sensations evoked by some amino acids – L-glutamate monosodium glutamate (aji-no-moto)
- ✓ T1R1 and T1R3 subunits (2000)





Gustatory apparatus

Obesity AND METABOLISM

The adipose tissue as a third brain

GEORGE N. CHALDAKOV¹, MARCO FIORE², ANTON B. TONCHEV¹, MARIYANA G. HRISTOVA³, GORANA RANČIĆ⁴, AND LUIGI ALOE²

¹Division of Cell Biology, Medical University, Varna, Bulgaria, ²Institute of Neurobiology and Molecular Medicine, National Research Council, Rome, Italy, ³Department of Endocrinology, Municipal Policlinic, Varna, Bulgaria, and ⁴Department of Embryology and Histology, Medical Faculty, University of Niš, Niš, Serbia

JLR
JOURNAL
OF LIPID
RESEARCH

Published by the American Society for
Biochemistry and Molecular Biology

The fatty acid translocase gene CD36 and lingual lipase influence oral sensitivity to fat in obese subjects

Ann Rev Nutr. 2014 ; 34 : 281-303. doi:10.1146/annurev-nutr-071812-161220.



Structure-Function of CD36 and Importance of Fatty Acid Signal Transduction in Fat Metabolism

Marta Yanina Pepino¹, Ondrej Kuda², Dmitri Samovski¹, and Nada A Abumrad^{1,2,*}

J Biol Chem. 2014 ; 289 : 10000-10010. doi:10.1074/jbc.M114.050000.

News and Analysis | Learning | Opinion | Career | Special report

More evidence that fat is the sixth primary sense of taste



Posted by: Roger Poole

24 FEB 2015

■ sixth basic taste (2015) – *oleogustus*
Prof. Russell Keast and Andrew Constanzo
Deakin University in Melbourne:

- ✓ CD36 and G protein-coupled receptor 120 – transporters and receptors for fatty acids
- ✓ fatty acid receptors on taste cells
- ✓ fatty acid stimuli activate receptors on taste cells
- ✓ the signal is sent from the taste cells to taste-processing regions of the brain



Вкусът – неустоимото изкушение на човешките сетива

Николай Лазаров

Вкусът е едно от петте основни човешки сетива, а всички те имат важно значение за качеството на живот на хората. На пръв поглед вкусът изглежда като едно от най-простите и лесни за разбиране сетива. А всъщност учените знаят по-малко за вкуса, отколкото за зрението и слуха – сетива, които са много по-комплексни и развити у хората. Защо нещо наглед толкова елементарно е така сложно и противоречиво? Защо вкусът е толкова мистериозен? Вероятно защото чрез вкуса човек оценява храната, която приема, а тя е инструмент за среща с околния свят и осъществяване на персонална връзка с реалността.

Храната е допринесла за развитието на човешката цивилизация, но тя нямаше да е същата без работата на един малък орган, езикът, който играе ключова роля за цялостното здраве на човека и представлява своеобразно огледало на организма. Неговият отпечатък, също като този на пръстите, е уникален за всеки човек и може да бъде използван за биометрична идентификация на индивида.

Човек непрекъснато използва езика си по време на дъвкане, преглъщане и говорене, но освен като орган на речта, той играе първостепенна роля при вкусовите възпри-

ятия. Езикът е мускулист орган с голяма подвижност, изграден от осем преглестени напречнонабраздени мускула, ориентирани в три взаимноперпендикулярни равнини. Без да се залавят за части на скелета и независимо от него, те работят неуморно като единен орган. Езикът не е най-силният мускул в човешкото тяло, но той разполага с биологична машинария за разпознаване на вкуса на храната. Този относително къс орган (със средна дължина около 8.5 cm у мъже и около 7.9 cm у жени) притежава общо между 4000 и 9000 невидими за око вкусови луковци, преобладаващата част от които

представлява директна хеморецепция като химичните молекули (тастанти) в храната, разтворени в слюнката, въздействат избирателно върху рецептори по повърхността на сетивните вкусови клетки, които са кодирани от два вкусови рецепторни (taste receptor, TR1 и TR2) гена. Независимо от факта, че молекулярният механизъм на възприемане на различни вкусове е еднакъв, всяка вкусовосетивна клетка експресира само един вид рецепторен протеин. Това означава, че преносът на вкусовата информация до централната нервна система се осъществява чрез различни нервни влакна.

До началото на XX век специалистите мислеха, че човешкият език може да разграничи само четири основни вкуса – сладко, солено, кисело и горчиво. Сладкото възприятие се предизвиква от захари и сродни съединения, солено – от натриевите йони, кисело – от водородните йони в киселини и горчиво – от алкалоиди и някои токсини. Известно е също, че киселият и соленият вкус се възприемат и предават чрез йонни канали по мембраната на вкусовосетивната клетка, а разпознаването на останалите два основни вкуса се опосредства от G



Вкусова карта на езика с представителство на класическите вкусови зони
(Източник: fitnesscares.blogspot.com)

представлява директна хеморецепция като химичните молекули (тастанти) в храната, разтворени в слюнката, въздействат избирателно върху рецептори по повърхността на сетивните вкусови клетки, които са кодирани от два вкусови рецепторни (taste receptor, TR1 и TR2) гена. Независимо от факта, че молекулярният механизъм на възприемане на различни вкусове е еднакъв, всяка вкусовосетивна клетка експресира само един вид рецепторен протеин. Това означава, че преносът на вкусовата информация до централната нервна система се осъществява чрез различни нервни влакна.

До началото на XX век специалистите мислеха, че човешкият език може да разграничи само четири основни вкуса – сладко, солено, кисело и горчиво. Сладкото възприятие се предизвиква от захари и сродни съединения, солено – от натриевите йони, кисело – от водородните йони в киселини и горчиво – от алкалоиди и някои токсини. Известно е също, че киселият и соленият вкус се възприемат и предават чрез йонни канали по мембраната на вкусовосетивната клетка, а разпознаването на останалите два основни вкуса се опосредства от G

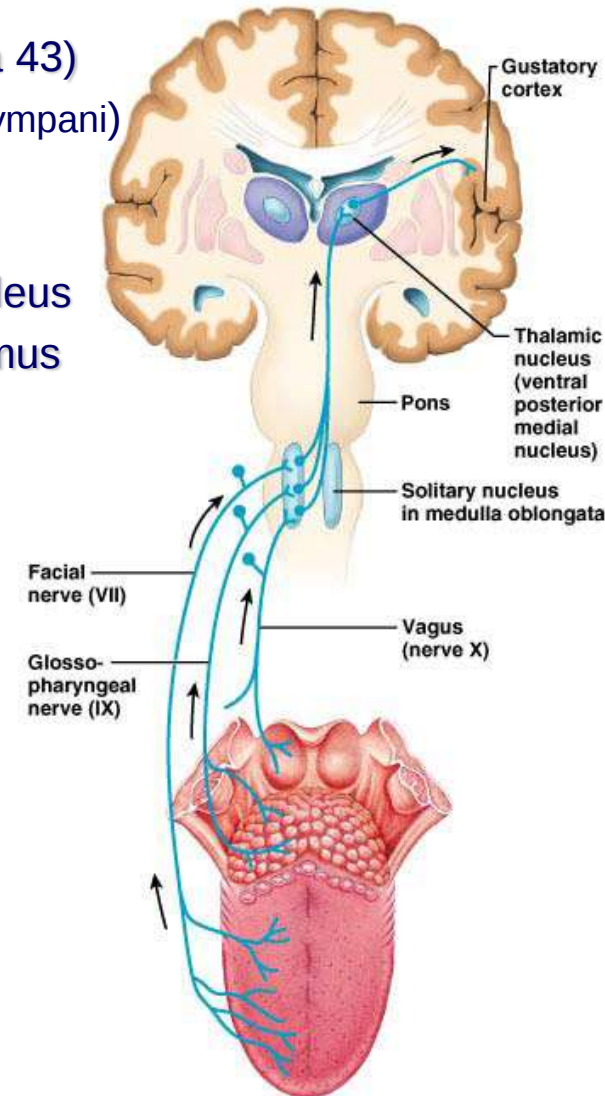
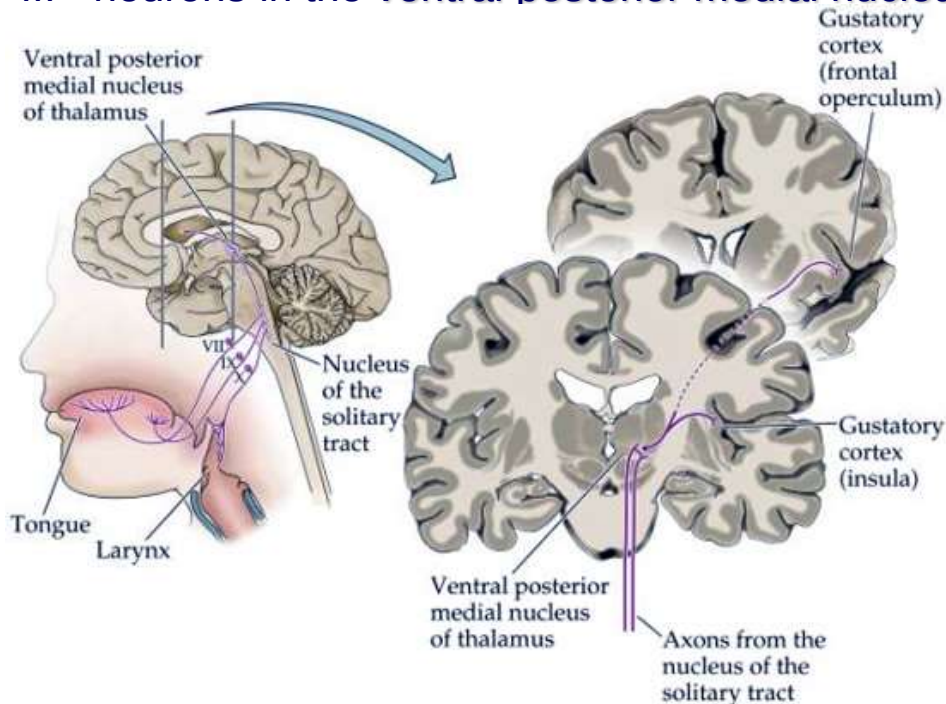
протеин-свързани вкусови рецептори, и по-конкретно, горчивият вкус се възприема от около 30 различни вида TR2 хеморецептора, а рецепторите за сладък вкус имат две протеинови субединици на TR1 рецептора – T1R2 и T1R3.

До неотдавна се считаше, че възприятието за сладко се възприема от вкусовите луковци в предната част (върха) на езика, за солено – от тези, разположени непосредствено зад него и по ръбовете му, за кисело – от страничната езикова повърхност, а за горчиво от неговата задна част в близост до корена му. Изследванията с топлнна стимулация на езика по-късно са показали, че тази своеобразна вкусова карта на езика е твърде опростена и на практика езикът не притежава вкусова избирателност, т.е. всеки от основните вкусове се възприема от всяка негова част по цялото му протежение. Определени езикови области обаче са по-възприемчиви към някои вкусови модалности като страничните му части имат по-голяма чувствителност в сравнение с вътрешността. Има данни също така, че налице са и полови различия във вкусовото възприятие. По принцип се смята, че жените имат по-изострени сетива и в частност са по-чувствителни към вкуса и аромата на храната. Нещо повече, известно е, че всеки индивид притежава специфичен праг на чувствителност към всеки един от основните вкусове. Около 25 % от човешката популация са хора, които имат повишено вкусово възприятие, най-вече към горчиви вещества, и специалистите ги наричат „супервкусвачи“, също толкова са тези от тях с понижена вкусова рецепция, описвани като „невкусвачи“. Частичната загуба на вкус, свързана с намалени вкусови възприятия е известна като хипозеузия. Нерядко тя е съчетана и със загуба на обонянието и често води до други здравословни проблеми, вкл. психически нарушения. Това се свързва с факта, че наред с вкусовите рецептори за цялостното възприемане на вкусовите качества на храната допринасят също и обонятелни и зрителни дразнения от аро-



Taste pathways

- taste information reaches the cerebral cortex:
(the lowest part of *gyrus postcentralis*, parietal operculum = area 43)
 - ✓ primarily through the facial (anterior $\frac{2}{3}$; lingual nerve $\Leftarrow$ chorda tympani) and glossopharyngeal (posterior $\frac{1}{3}$) nerves
 - ✓ some taste information through the vagus nerve
 - ✓ sensory neurons synapse in the medulla – solitary tract nucleus
 - ✓ IIIrd neurons in the ventral posterior medial nucleus of thalamus





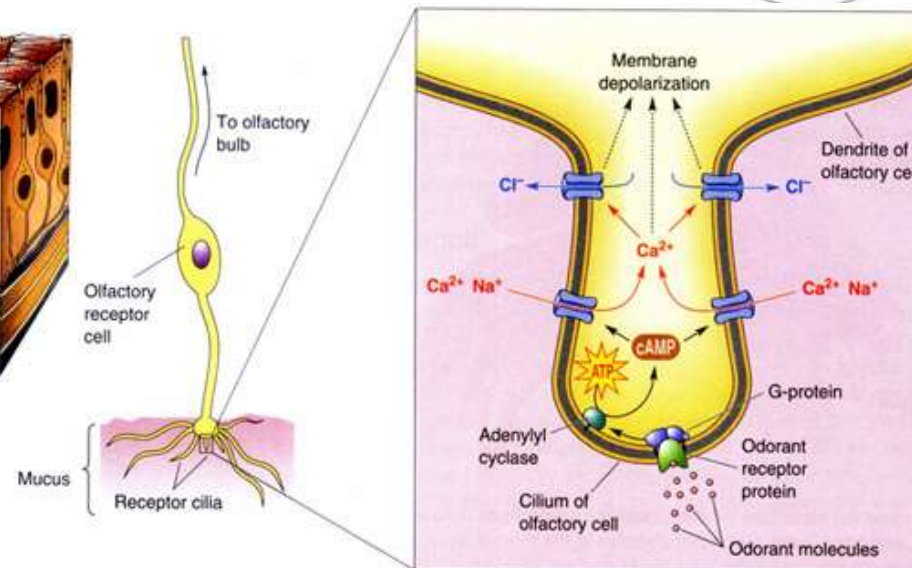
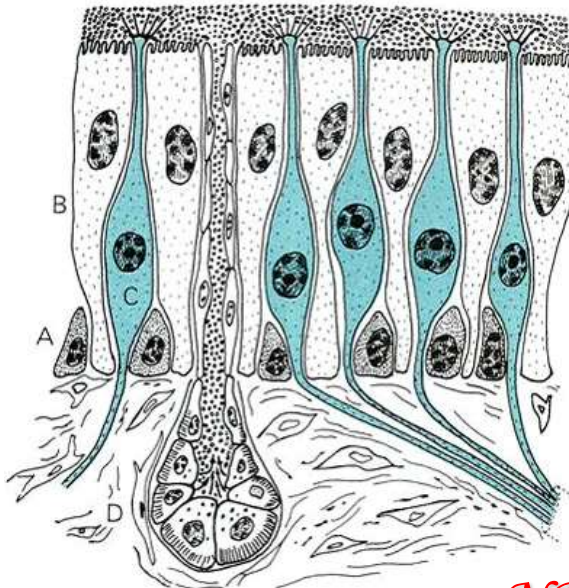
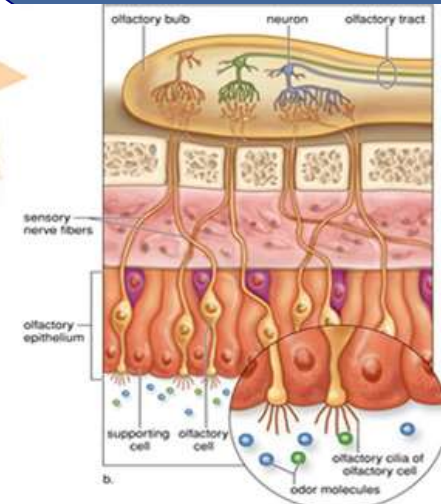
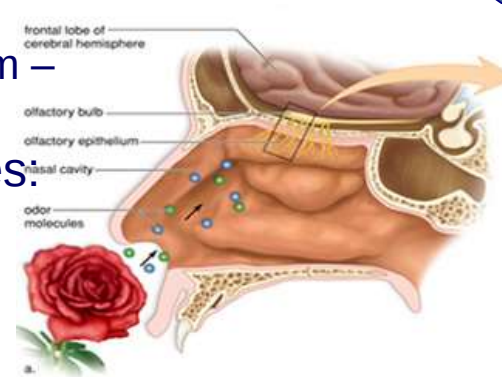
Olfactory apparatus

the sense of smell (olfaction):

- ✓ receptors are part of the olfactory epithelium – 3% of nasal cavity, yellowish-brown

olfactory mucosa – 5-10 mm²; 3 cell types:

- ✓ cell bodies of olfactory receptor cells (40 million in human olfactory epithelium)
- ✓ supporting cells – columnar cells
- ✓ basal cells – form new receptor neurons (4-8 weeks)
- ✓ olfactory (Bowman's) glands – in lamina propria



NB: The smell receptors are sensitive to ten types of odors: camphor,



Човешкото обоняние – подценяваното сетиво

Николай Лазаров

Обонянието е най-древното от всички човешки сетива, но в продължение на дълги години е било неоснователно пренебрегвано и недостатъчно оценявано. Напоследък се натрупала убедителни доказателства, че човешкото обоняние е много по-съвършено, отколкото се е предполагало.

Човек принадлежи към животинските видове с ниска обонятелна чувствителност, т.нар. микросматици. В биологичната еволюция обонянието е основен източник на информация за заобикалящия ни свят. За животните то е главен приспособителен механизъм и е пряко свързано с важни поведенчески реакции като намиране на храна и сексуален партньор, разпознаване на дебнеща опасност и маркиране на своя територия, които са в основата на борбата за съществуване и биологичния закон да запазване на вида. До неотдавна се смяташе, че хората имат по-слабо обоняние в сравнение с повечето бозайници. Чарлз Дарвин (Charles Darwin, 1809 – 1882) приема, че през милионите години еволюция човешкото обоняние е загубило своето жизненоважно значение. И наистина, съвременната цивилизация не изисква от нас използването на обонянието в такава степен, в каквато то е било нужно в миналото. Това обаче съвсем не означава, че това сетиво няма своето важно място в начина, по който възприемаме околния свят.

Миризмите са първоначални стимули, които се улавят от обонятелни неврони в носа и се доставят в обонятелната луковица, където се осъществява първоначалното интегриране на мирисната информация, след което тя директно се предава за по-нататъшна обработка към малък участък (около 3 cm²) на крайномозъчната кора, наречен обонятелна кора. Оттук декодираната обонятелна информация се изпраща до лимбичната система и новата кора, *neocortex*.

Способността на даден организъм да улавя и разпознава миризмите зависи от начина му на живот. Ето защо кучетата, които изучават обкръжаващата ги среда главно с носа си, имат много по-голям брой мирисни рецепторни клетки на единица площ в обонятелната лигавица в сравнение с броя им при хората. У човек обонятелната зона заема малка площ (3 %) от носната лигавица и е локализирана в горната част на носната кухина и съответстващата ѝ част от носната преграда. В тази зона на около 5 – 10 cm² са разположени 10 – 11 млн. обонятелни рецепторни клетки, които са

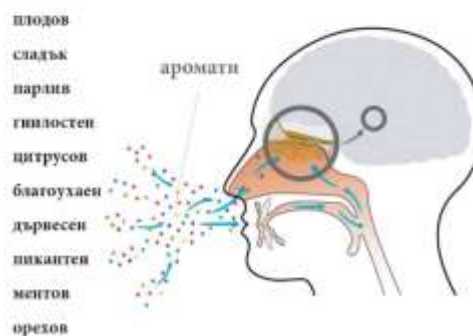
типични биполярни неврони. За сравнение, зайците имат 100 млн. обонятелни клетки, а при кучета те са 220 млн. Всяка обонятелна клетка притежава само един вид обонятелен мембранен рецептор, който представлява своеобразен ароматен детектор, и всеки от тях може да улови само ограничен брой миризми. Обонятелните рецептори представляват рецепторни протеини в клетъчната мембрана на обонятелните клетки и се отличават с висока чувствителност. Доскоро учените, изучаващи ароматите, твърдяла че човешкият нос е в състояние да възприеме около 10 000 различни миризми, които представляват комбинации от десетте основни типа мирис: благоуханен (мирис на цветя и парфюм/мускус), плодов (на нецитрусови плодове), цитрусов, дървесен (на бор или пряно окосена трева), парлив химичен (белина, етер), сладък (шоколад, ванилия, карамел), ментов (евкалипт, камфор), орехов (пуканки, фъстъчено масло, бадем), остър/пикантен (синьо сирене, цигарен дим), и злиостен (гниещо месо, вкиснато мляко). В последните години група изследователи под ръководството на Лесли Восхол (Leslie Vosshall), молекулярен невробиолог от Рокфелеровия университет в Ню Йорк, публикува в списание *Science* нови



Николай Лазаров е доктор на медицинските науки, професор по анатомия и клетъчна биология в Медицинския университет – София и Института по невробиология – БАН. Научните му интереси са в областта на невроморфологията на тригеминалната сетивна система и периферната хеморецепция. Заместник-председател на Хумболтовия съюз в България (2011 – 2015).

данни, показващи, че човешкото обоняние може теоретично да различи не по-малко от един трилион различни аромата.

Мирисните молекули (огоранкти) се свързват селективно към специфичните места на обонятелните рецептори, които разпознават конкретния мирис, т.е. мирисното възприятие е вид директна хеморецепция, своеобразна „любов от първи мирис“. Всеки специфичен обонятелен рецептор е кодиран от един обонятелен ген. Човешкият геном съдържа 350 функционално активни обонятелни рецепторни гена (около 1,4 % от всички гени в него) и те представляват най-голямото семейство от гени, известно досега на учените. При шимпанзетата са идентифицирани

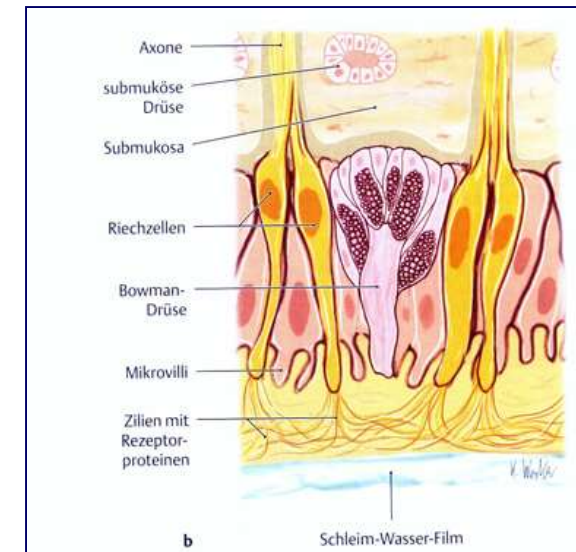
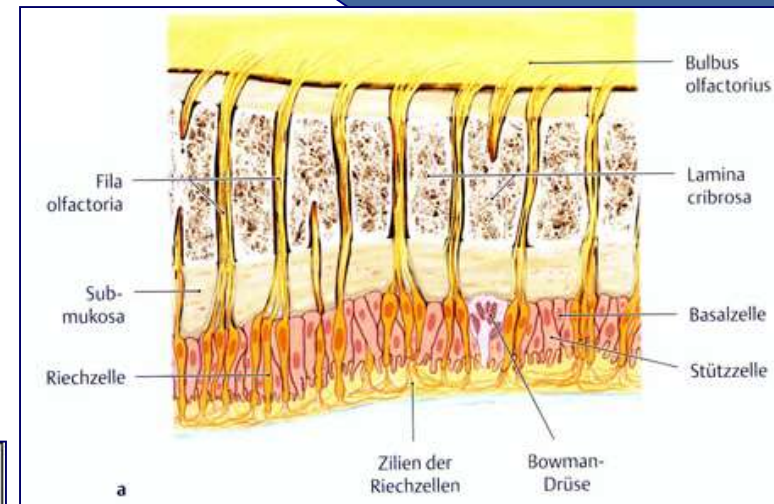
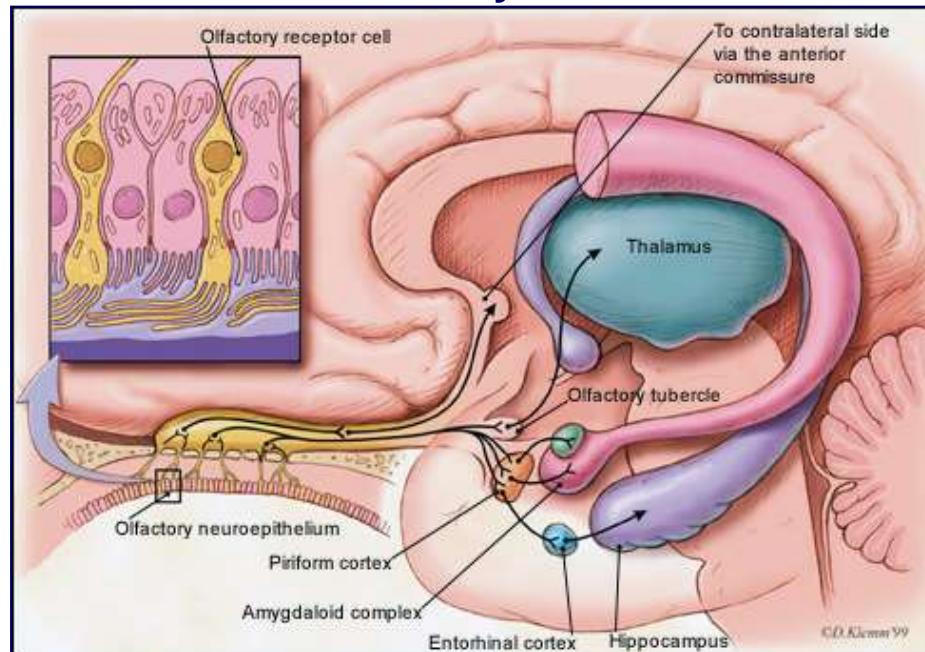


Основни типове мирис
(Модифицирана от <https://www.foodpairing.com>)



Olfactory neuroepithelium

- non-myelinated axons of the olfactory epithelium:
 - ✓ gather into 18-20 bundles – filaments of the olfactory nerve (CNI)
 - ✓ pass through the cribriform plate of the ethmoid bone
 - ✓ attach to the olfactory bulbs



Odorant Receptors and the Organization of the Olfactory System

The Nobel Prize in Physiology or Medicine 2004 was awarded jointly to Richard Axel and Linda B. Buck *"for their discoveries of odorant receptors and the organization of the olfactory system"*

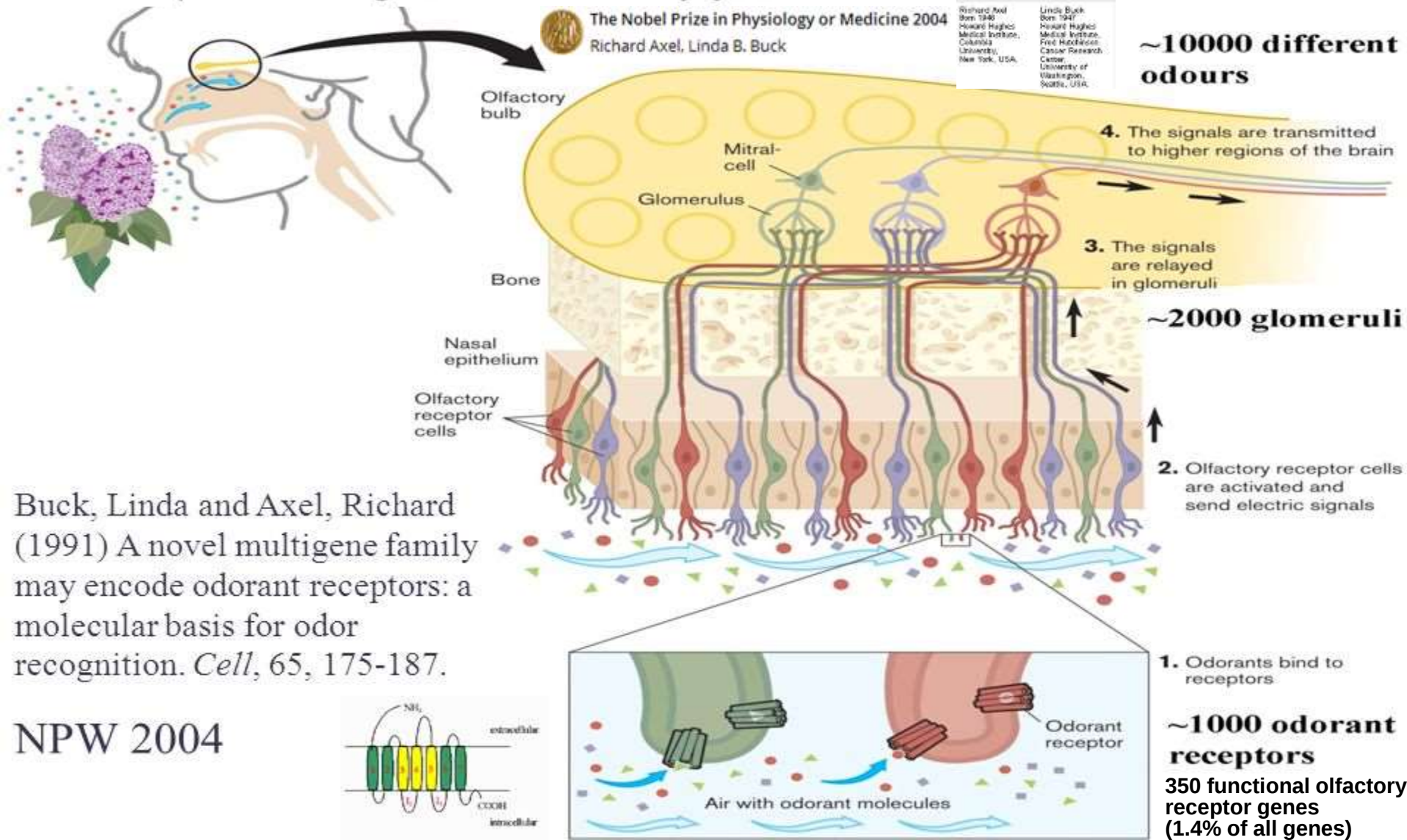


Richard Axel
Born 1946
Howard Hughes
Medical Institute,
Columbia
University,
New York, USA.

Linda Buck
Born 1947
Howard Hughes
Medical Institute,
Fred Hutchinson
Cancer Research
Center,
University of
Washington,
Seattle, USA.

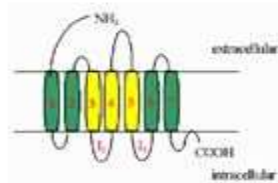


The Nobel Prize in Physiology or Medicine 2004
Richard Axel, Linda B. Buck



Buck, Linda and Axel, Richard (1991) A novel multigene family may encode odorant receptors: a molecular basis for odor recognition. *Cell*, 65, 175-187.

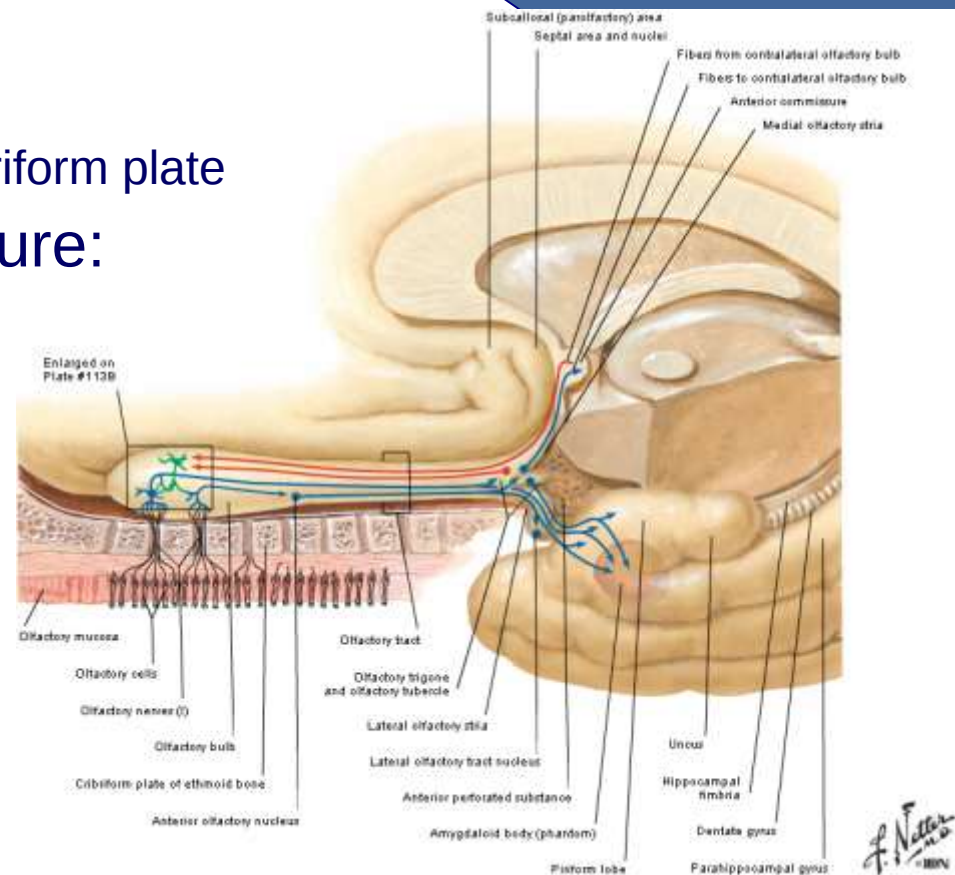
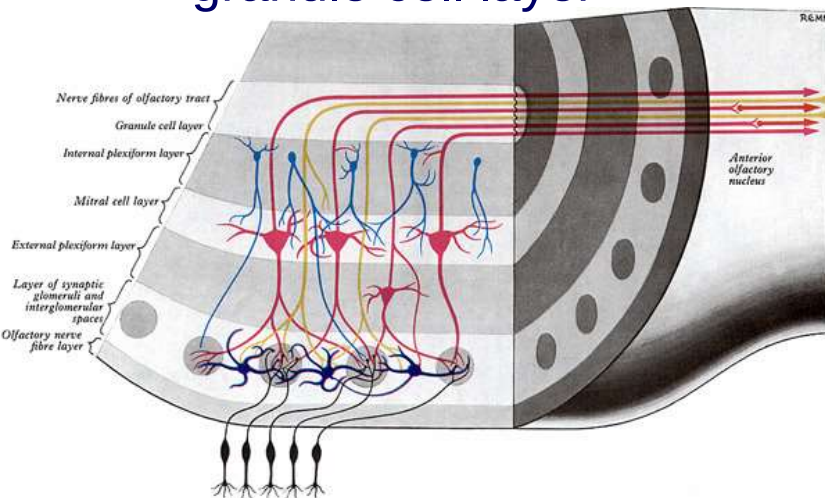
NPW 2004





Olfactory bulb

- transmits smell information from the nose to the brain:
 - ✓ supported and protected by the cribriform plate
- multi-layered cellular architecture:
 - ✓ glomerular layer
 - ✓ external plexiform layer
 - ✓ mitral cell layer
 - ✓ internal plexiform layer
 - ✓ granule cell layer

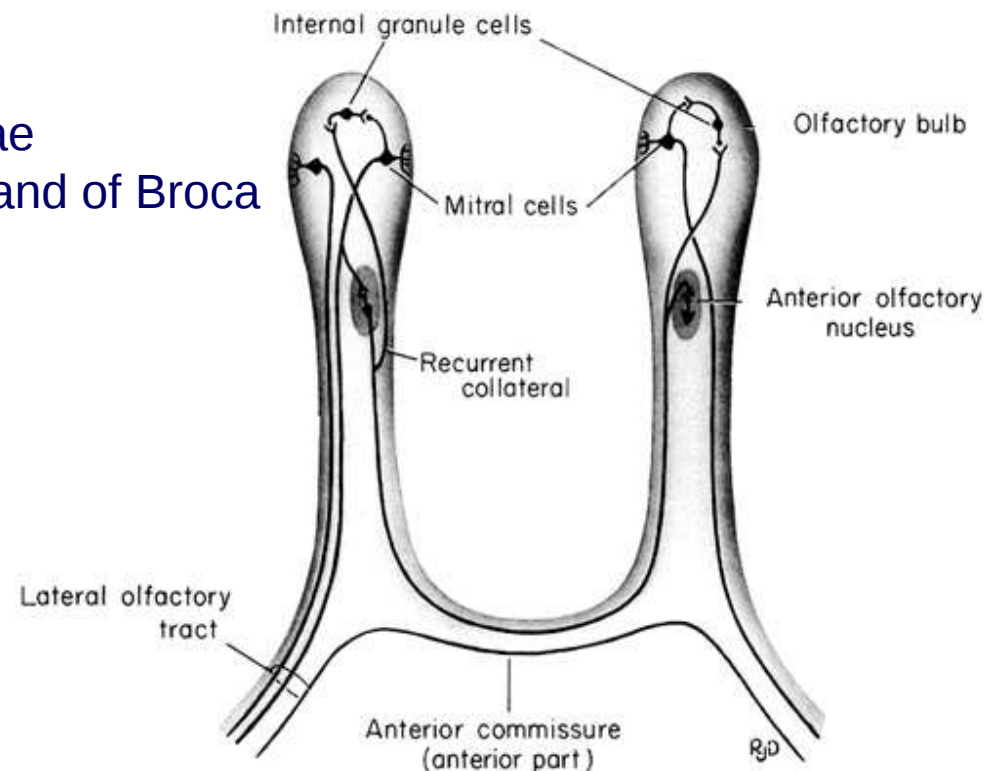
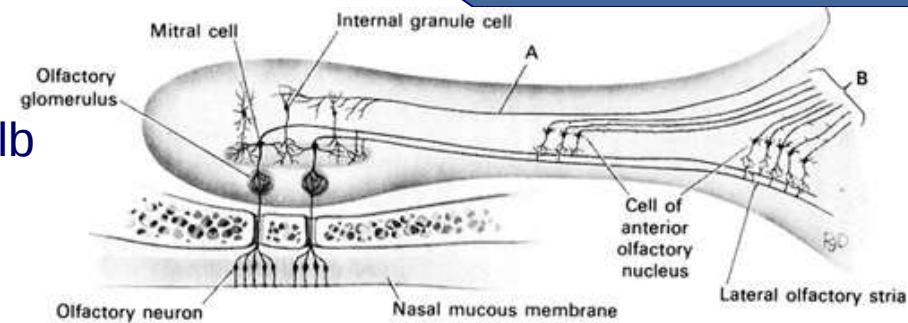


- olfactory bulb – synaptic glomeruli:
 - ✓ nucleus of termination of cranial nerve I
 - ✓ mitral, granule and periglomerular cells
 - ✓ initial part of *rhinencephalon*



Olfactory tract

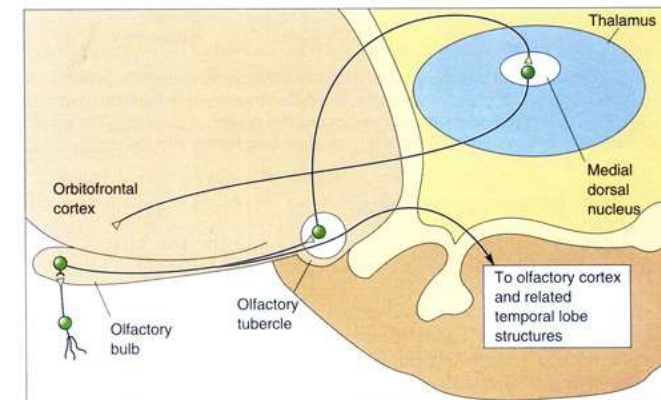
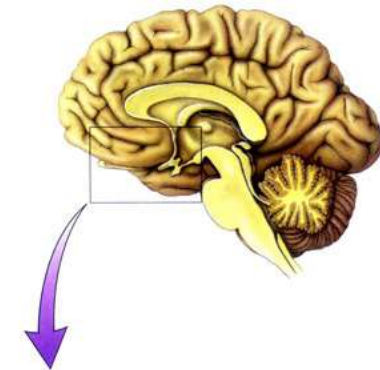
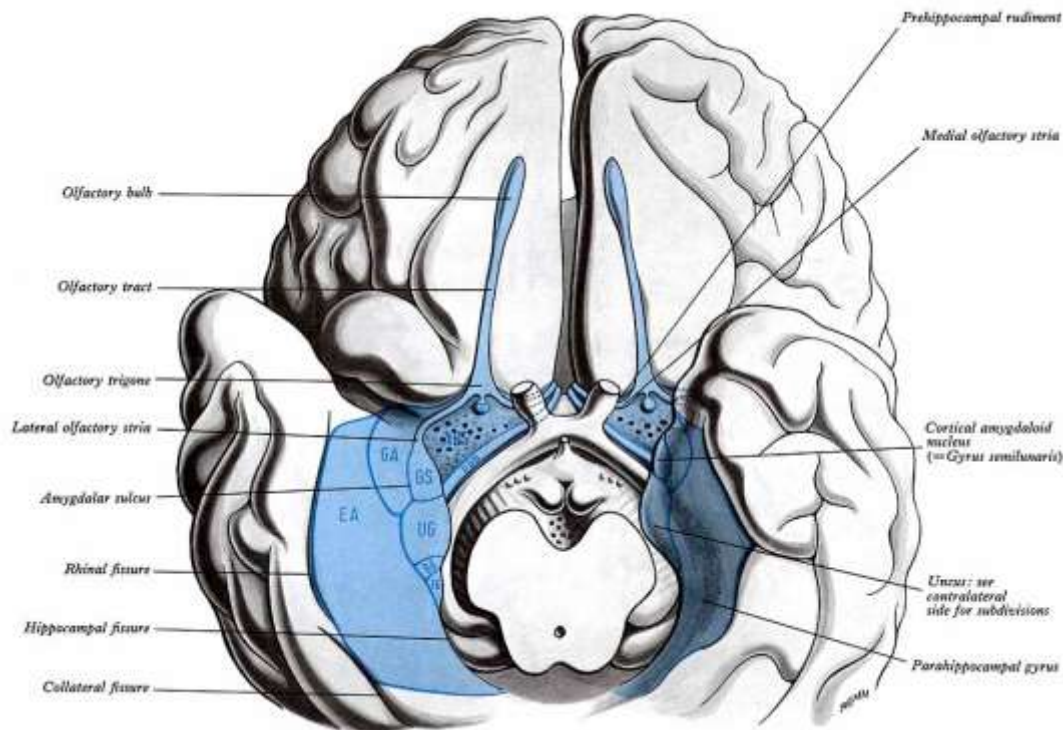
- consists of:
 - ✓ axons of the mitral and tufted cells
 - ✓ centrifugal axons from the opposite bulb
- anterior olfactory nucleus:
 - ✓ medium-sized multipolar neurons
 - ✓ their axons continue into the olfactory striae and trigone
- olfactory striae:
 - ✓ lateral olfactory stria $\Rightarrow$ limen insulae
 - ✓ medial olfactory stria $\Rightarrow$ diagonal band of Broca
- anterior perforate substance
- olfactory tubercle – reduced in man





Olfactory cortex (piriform lobe)

- primary olfactory cortex:
 - ✓ prepiriform cortex – lateral olfactory gyrus $\Rightarrow$ gyrus ambiens
 - ✓ periamygdaloid area – lateral olfactory stria $\Rightarrow$ gyrus semilunaris
- secondary olfactory cortex:
 - ✓ entorhinal area, cranial part of parahippocampal gyrus





www.CartoonStock.com



RON MORGAN

*"It's the same thing every day,
Mother. The first thing he does when
he gets home is check his peemail."*

Thank you...