

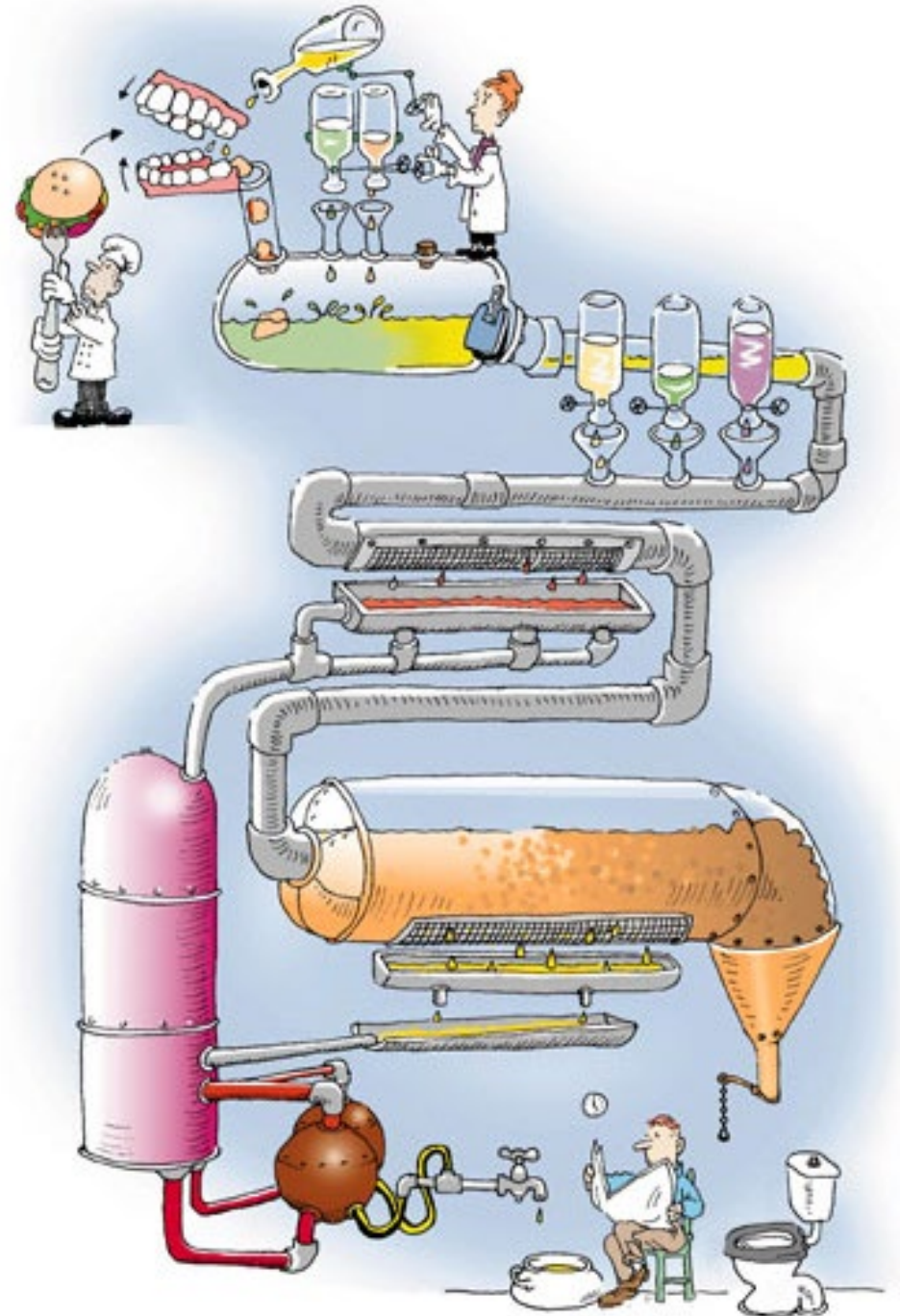
# Reglering av nedbrytningsprocessen I

**Jenny Gustafsson, Forskare**

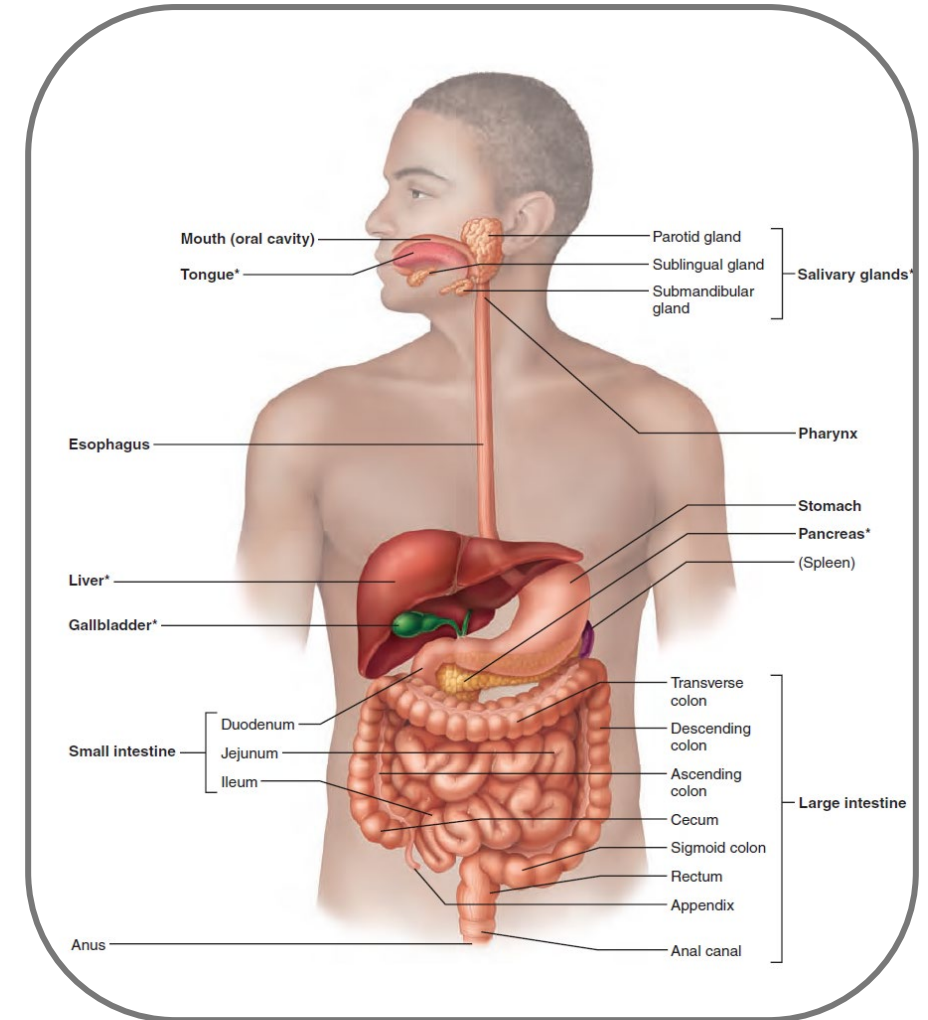
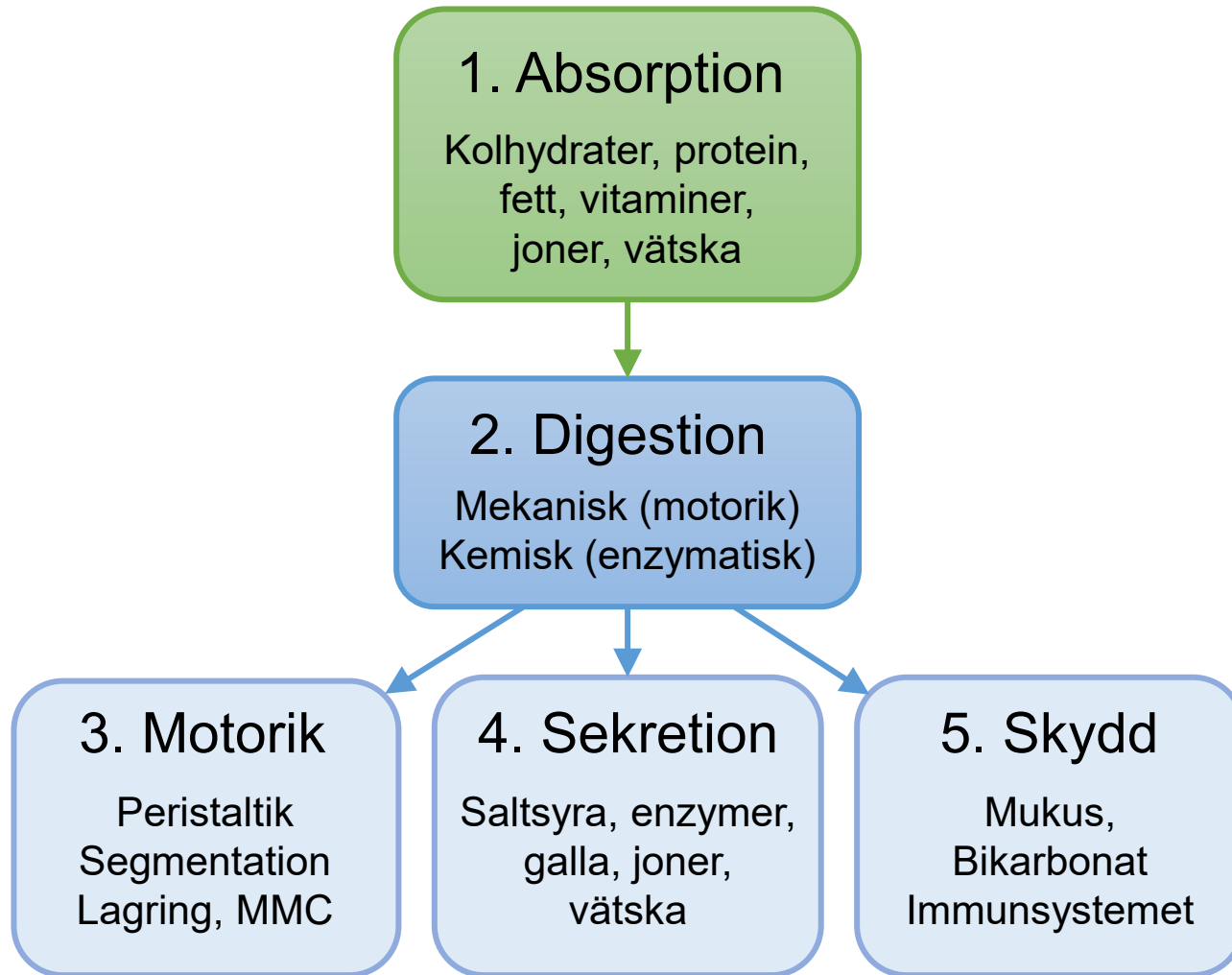
Institutionen för Neurovetenskap och Fysiologi  
Sahlgrenska akademien  
Epost: [jenny.gustafsson@gu.se](mailto:jenny.gustafsson@gu.se)



UNIVERSITY OF GOTHENBURG



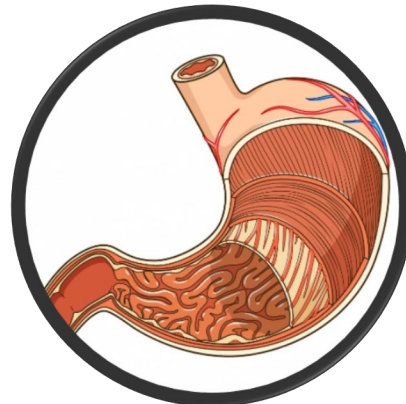
# Magtarmkanalens funktioner



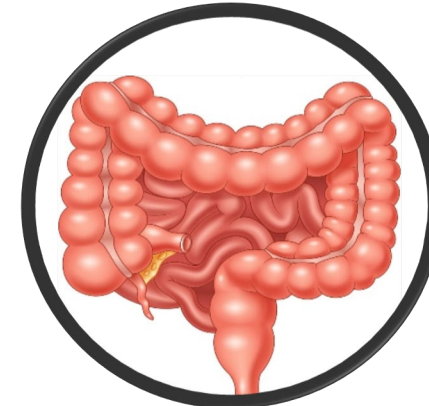
# Nedbrytningens olika faser



Kefala fasen



Gastriska fasen



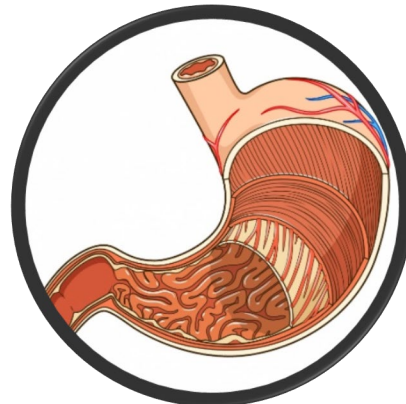
Intestinala fasen

Startar med att **kemoreceptorer** och **mekanoreceptorer** i **munnen** och **näshålan** stimuleras av **smak**, **lukt** och **tuggning**. Aktivering av neuronala responser via facialis, glossopharyngeus och vagus. Förbereder magtarmkanalen på kommande födointag.

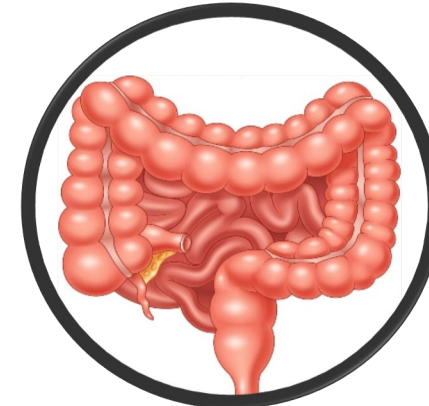
# Nedbrytningens olika faser



Kefala fasen



Gastriska fasen



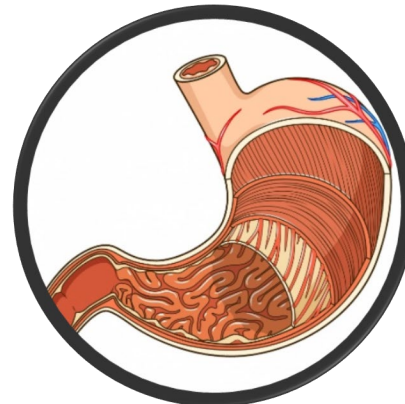
Intestinala fasen

Startar när **maten når magsäcken**. Distension av magsäcksväggen samt nedbrytningsprodukter (aminosyror och peptider) aktiverar neuronala, hormonella och parakrina responser. Aktiverar magsäcken och pankreas.

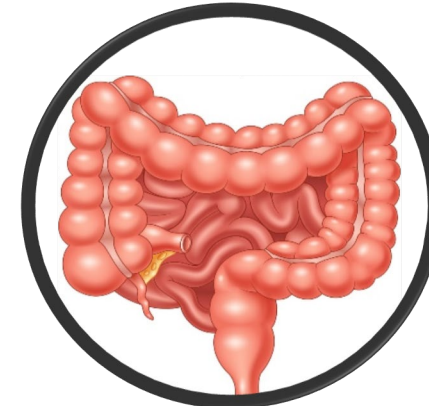
# Nedbrytningens olika faser



Kefala fasen



Gastriska fasen

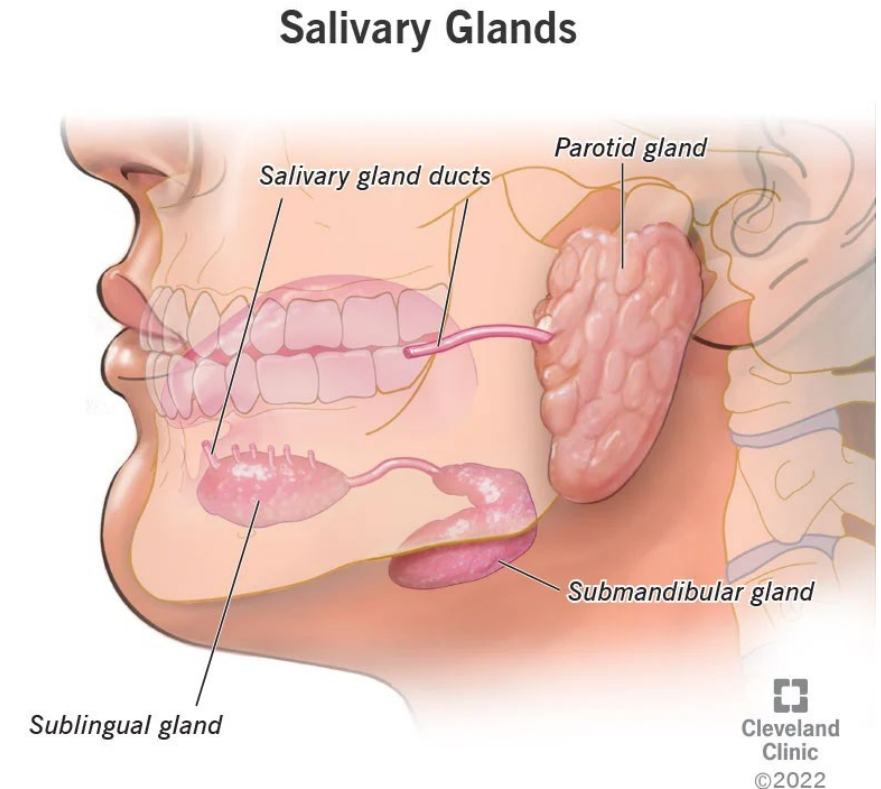


Intestinala fasen

Startar då **maten** når **duodenum**. Beroende på matens sammansättning (osmolaritet, fettsyror och pH) aktiveras hormonella, parakrina och neuronala responser. Hämmar magsäcken och stimulerar sekretion från **levern**, **gallblåsan** och **pankreas**.

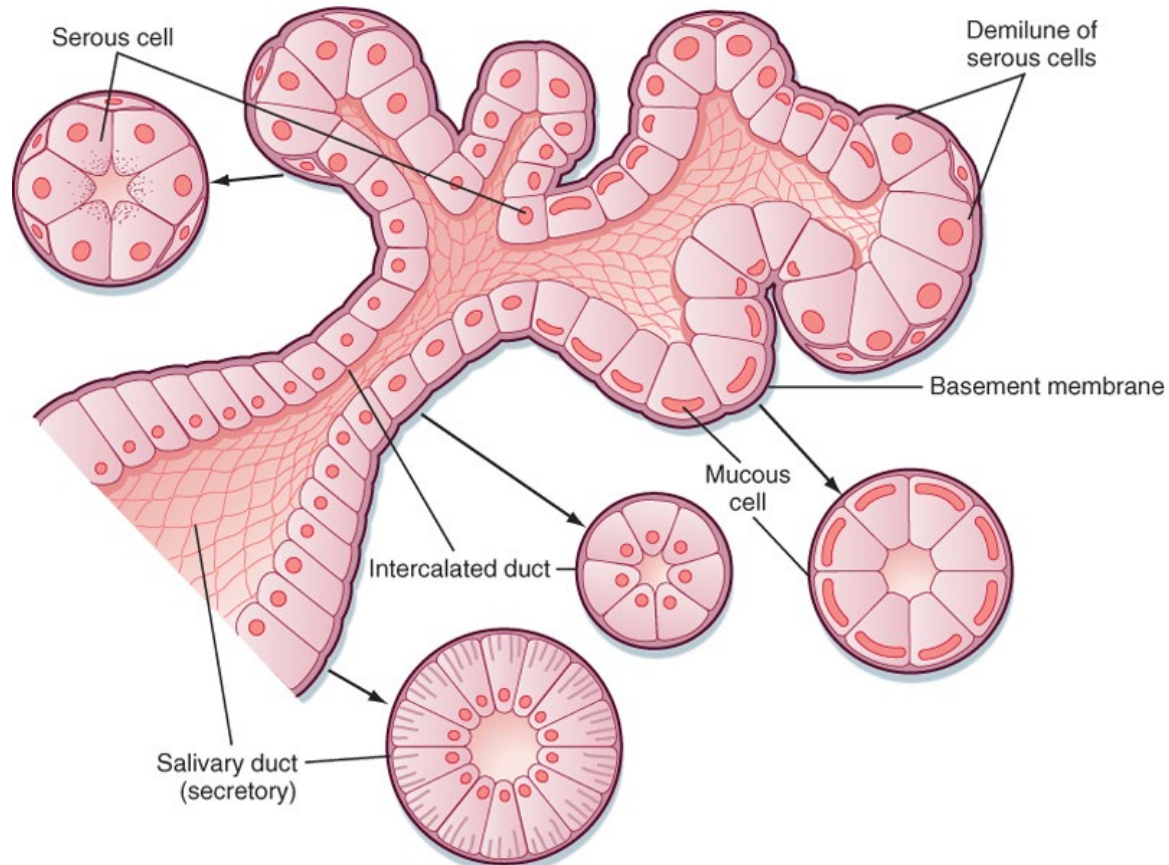
# Munhålan

- Mekanisk nedbrytning via tuggning.
- Kemisk nedbrytning av stärkelse ( $\alpha$ -amylas) och fett (tunglipas) mha. Enzymer som utsöndras tillsammans med saliven.
- 3 stora spottkörtlar som frisätter seröst (vattnigt) eller muköst saliv.
  - Parotis: Serös (vätska och enzymer:  $\alpha$ -amylas (20 %)
  - Submandibularis: Seromukös (10 % mukus, 90 % vätska) (65%)
  - Sublingualis: Muköst saliv (5%)
- Många små spottkörtlar ~1000 st. Körtlar på tungan producerar tunglipas.
- Frisätter ca. 1 liter saliv per dygn.
- Aktiveras av smak, temperatur, smärta, lukt och tryck.

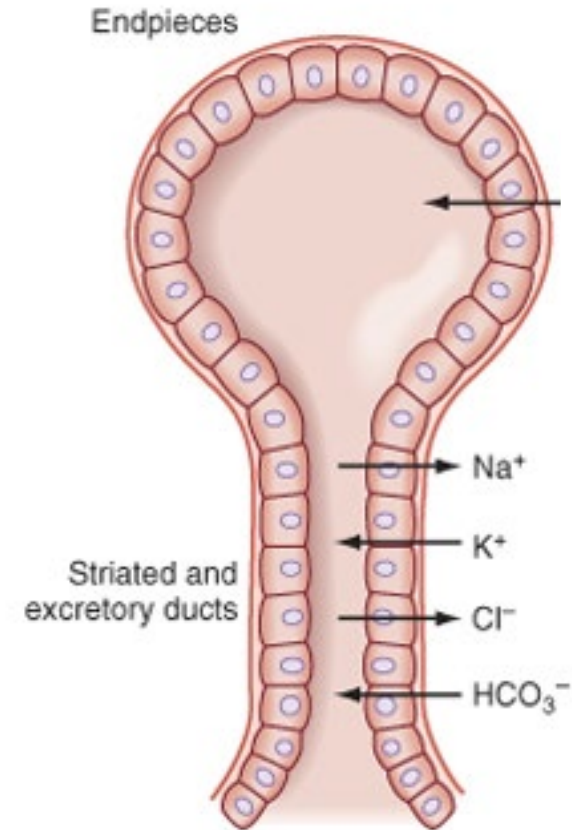


# Spottkörtlar

## Struktur och sekretion



Koeppen & Stanton: Berne and Levy Physiology, 6th Edition.  
Copyright © 2008 by Mosby, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved

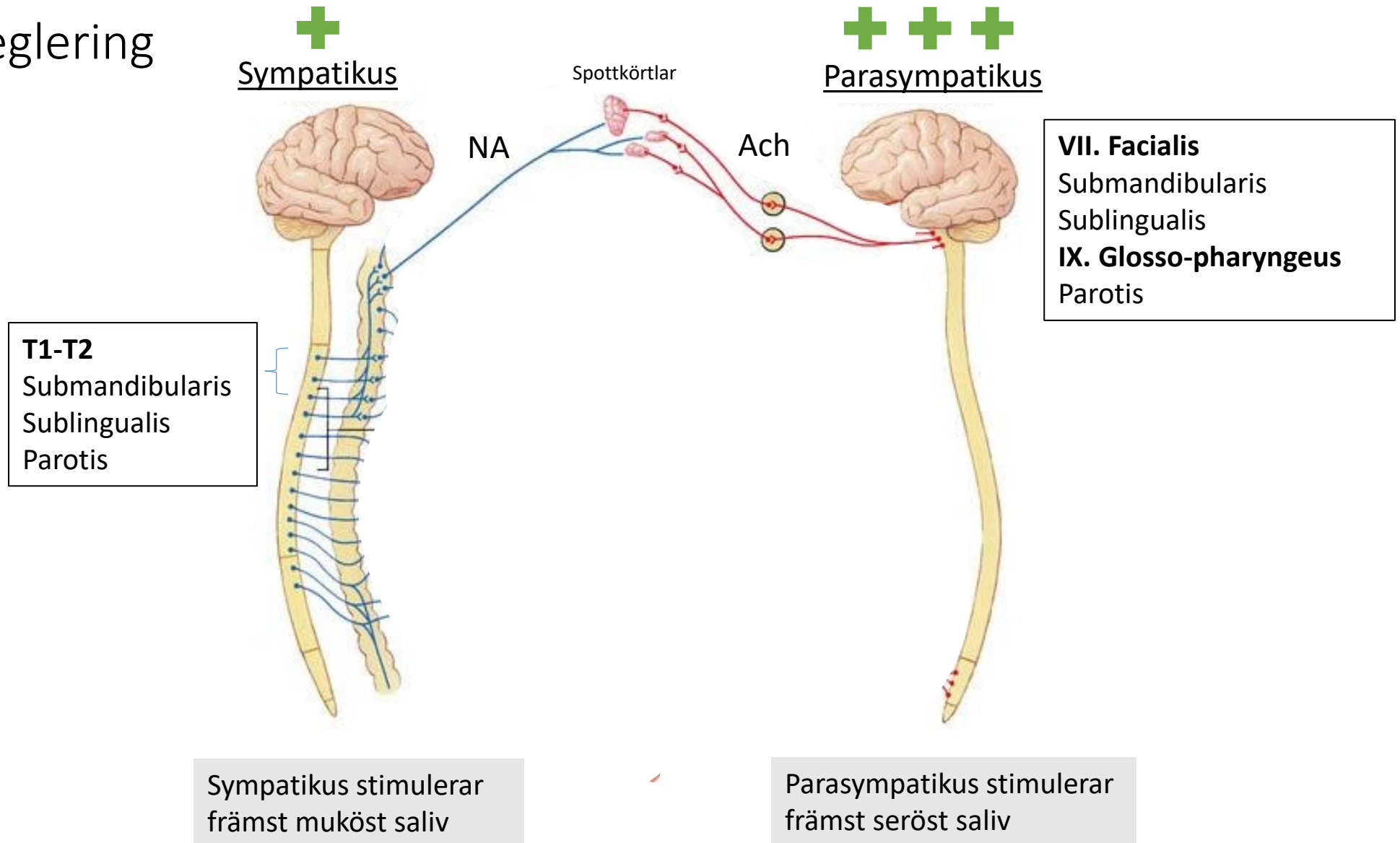


Primär sekretion:  
Isoton vätska. Plasma nivåer av  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$  och  $\text{HCO}_3^-$ .

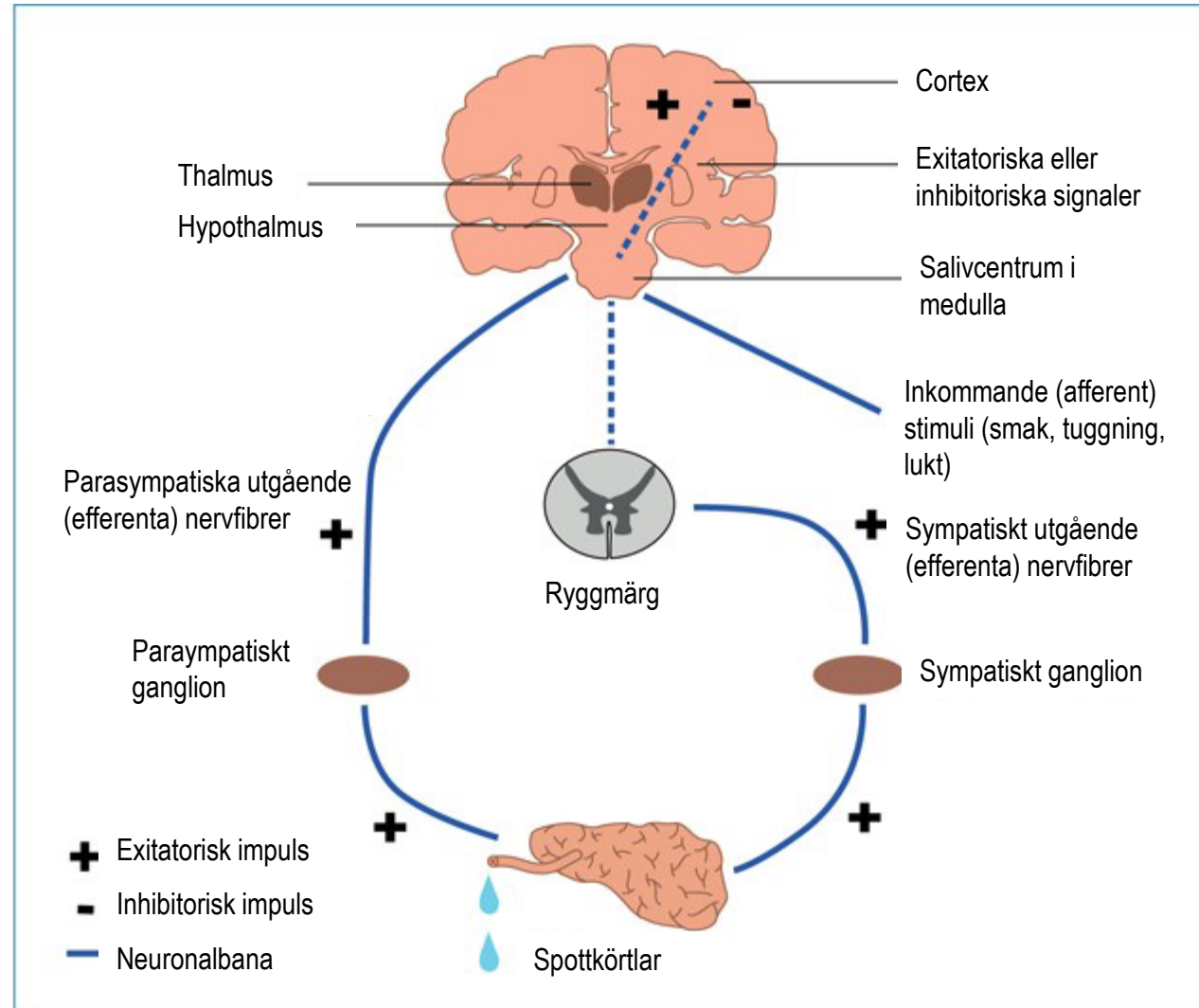
Reabsorption av joner men inte vätska. Gör saliven hypoton.

# Spottkörtlar

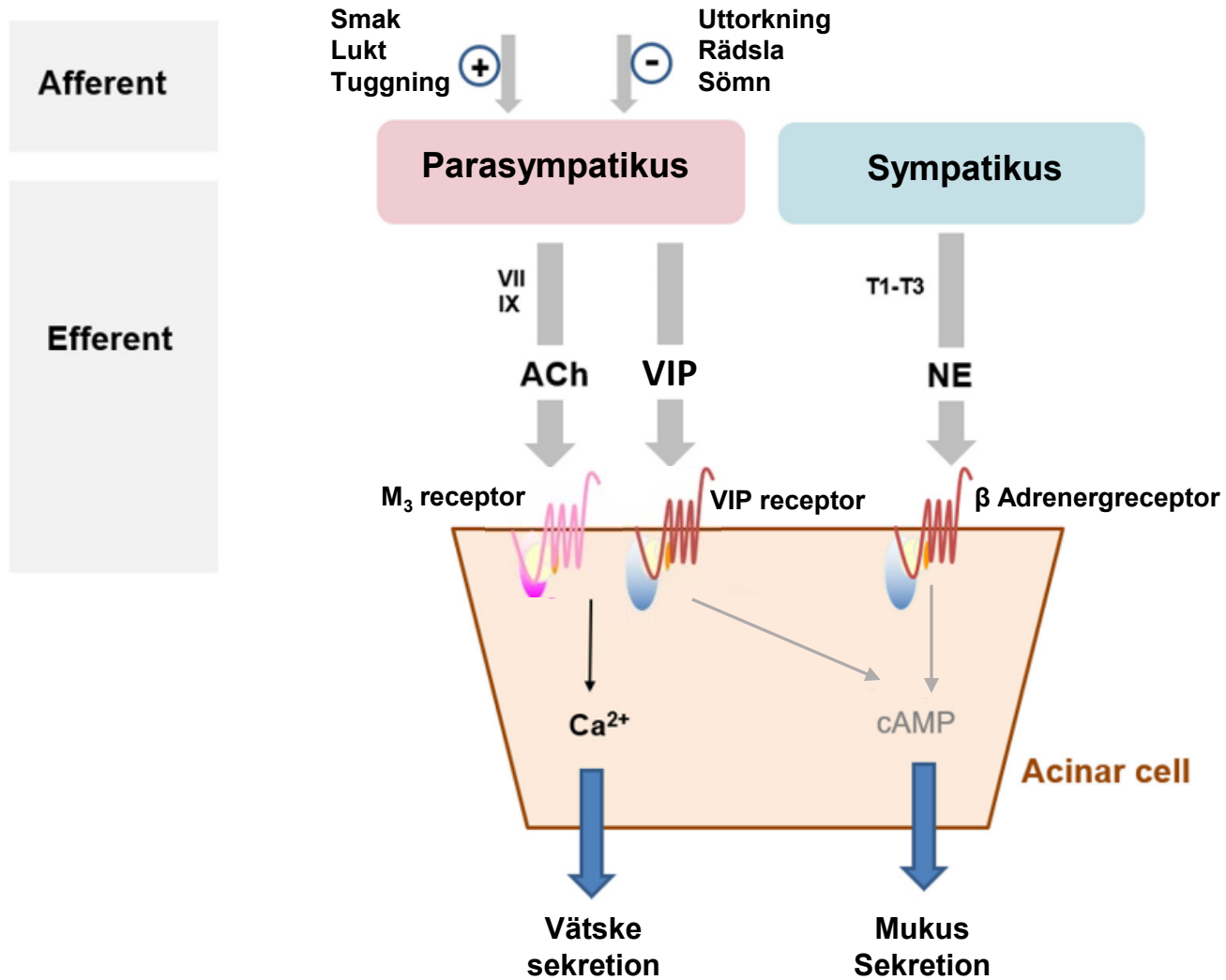
## Neuronalreglering



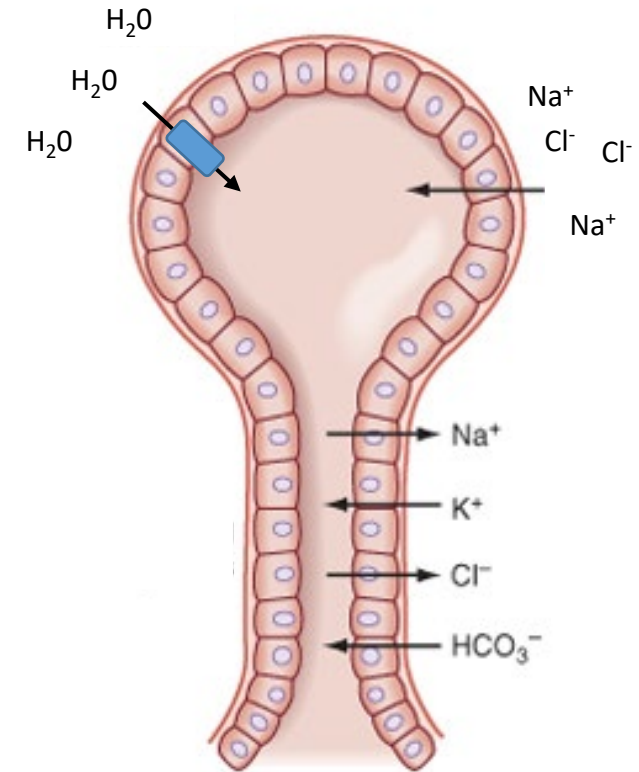
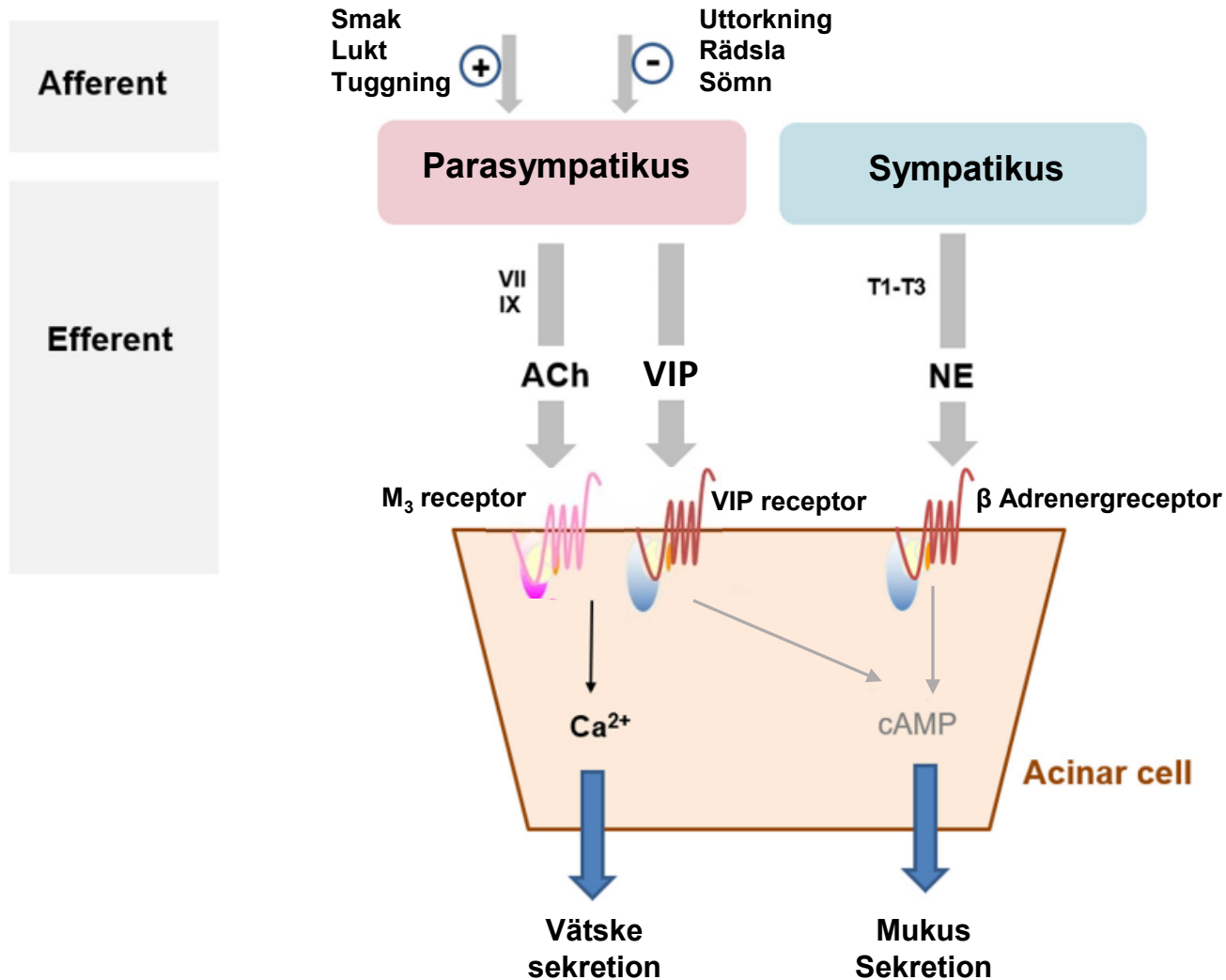
# Aktivering av salivsekretion



# Aktivering av salivsekretion

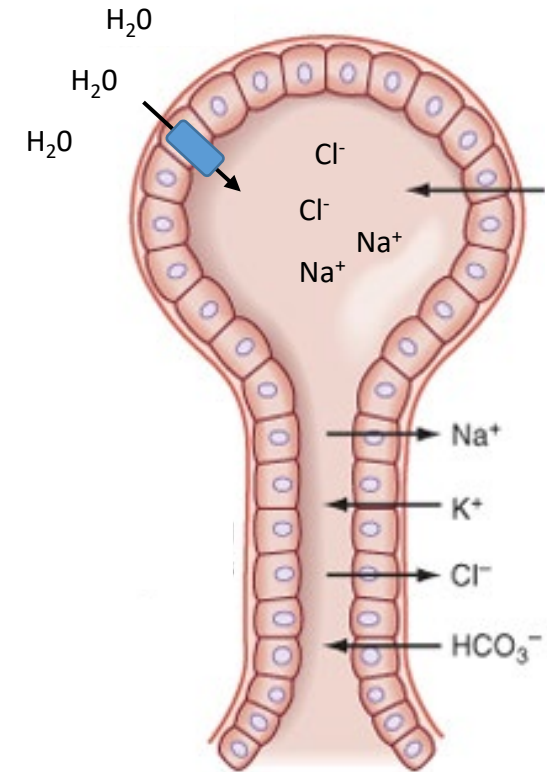
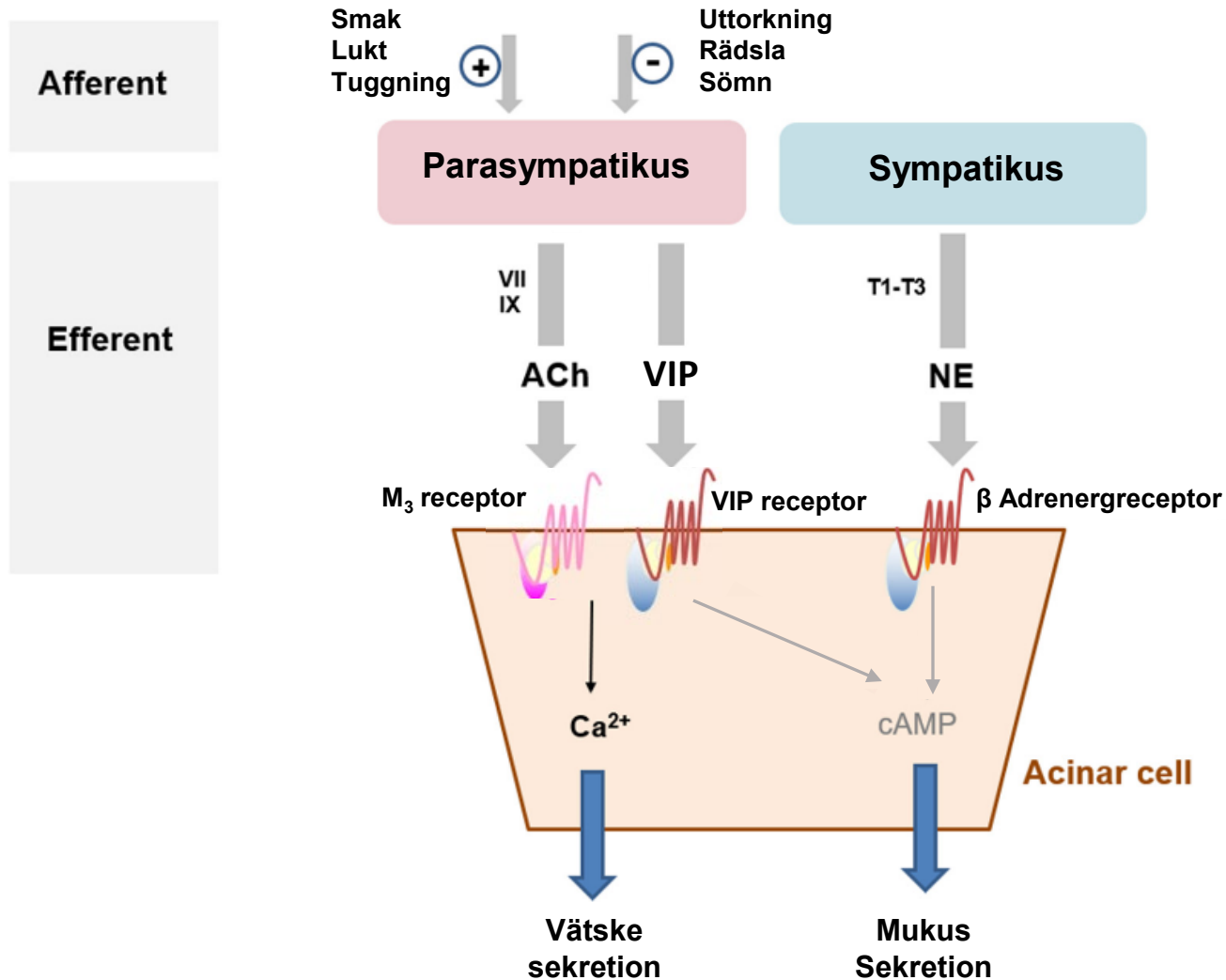


# Aktivering av salivsekretion



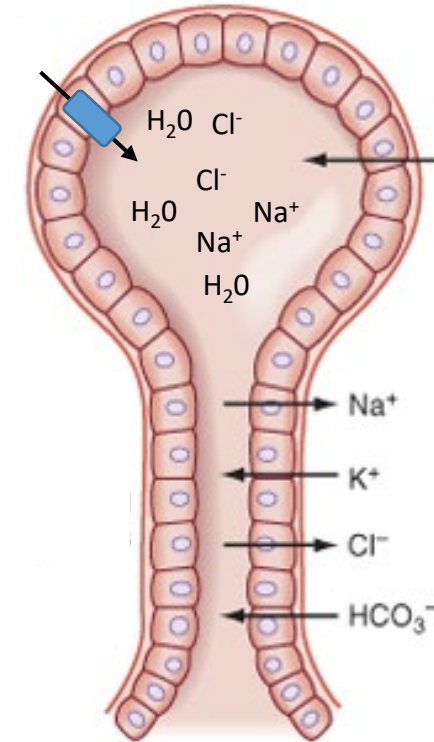
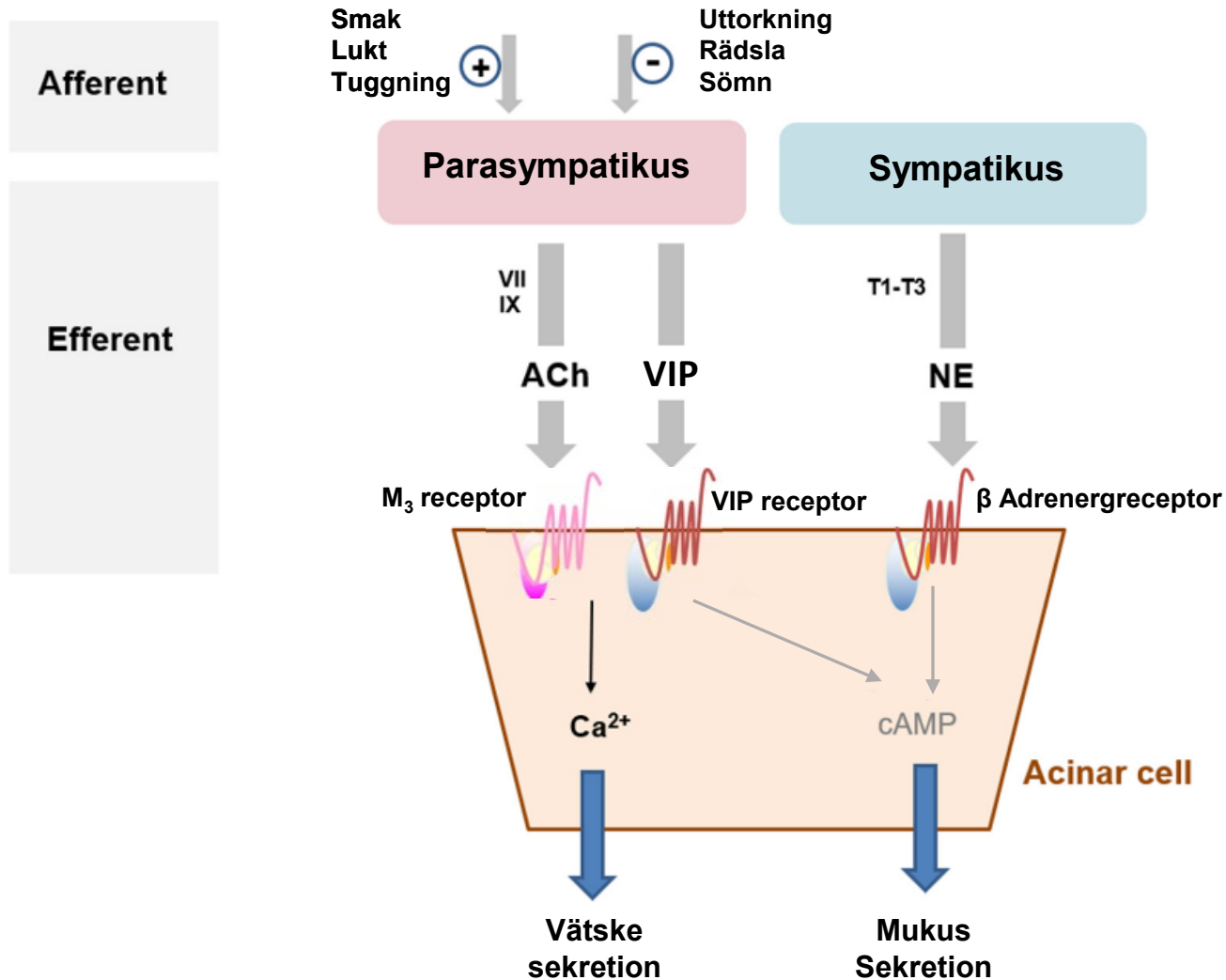
1. Transport av joner in i lumen.
2. Bygger upp en osmotisk gradient.
3. Vatten följer med via aquaporin 5.

# Aktivering av salivsekretion



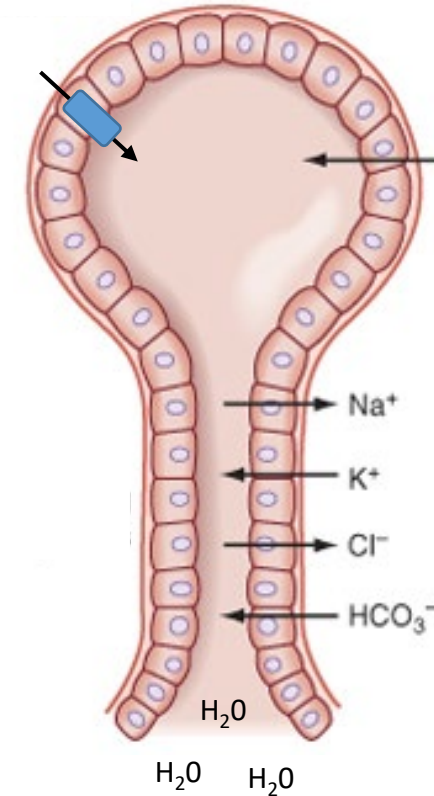
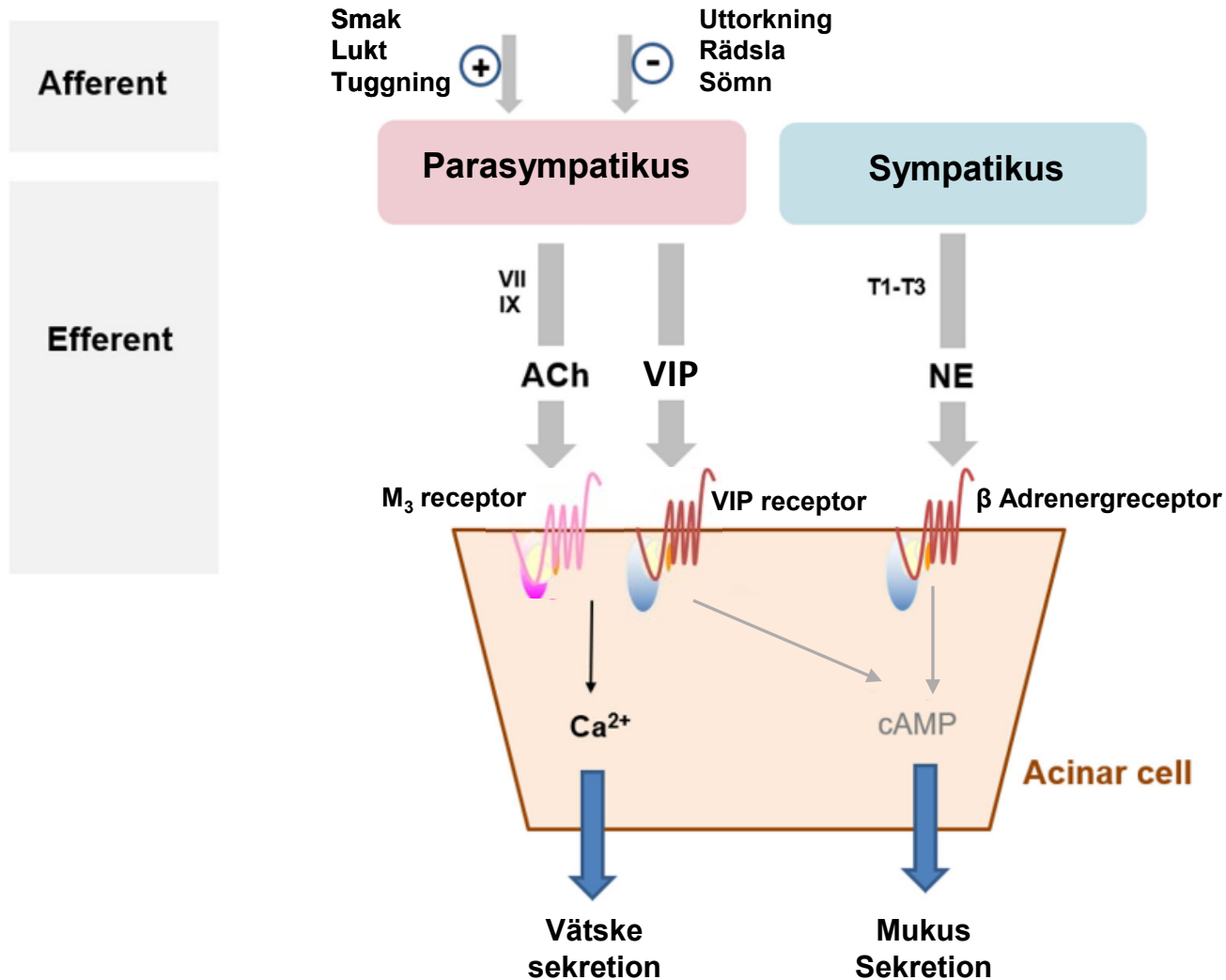
1. Transport av joner in i lumen.
2. Bygger upp en osmotisk gradient.
3. Vatten följer med via aquaporin 5.

# Aktivering av salivsekretion



1. Transport av joner in i lumen.
2. Bygger upp en osmotisk gradient.
3. Vatten följer med via aquaporin 5.

# Aktivering av salivsekretion

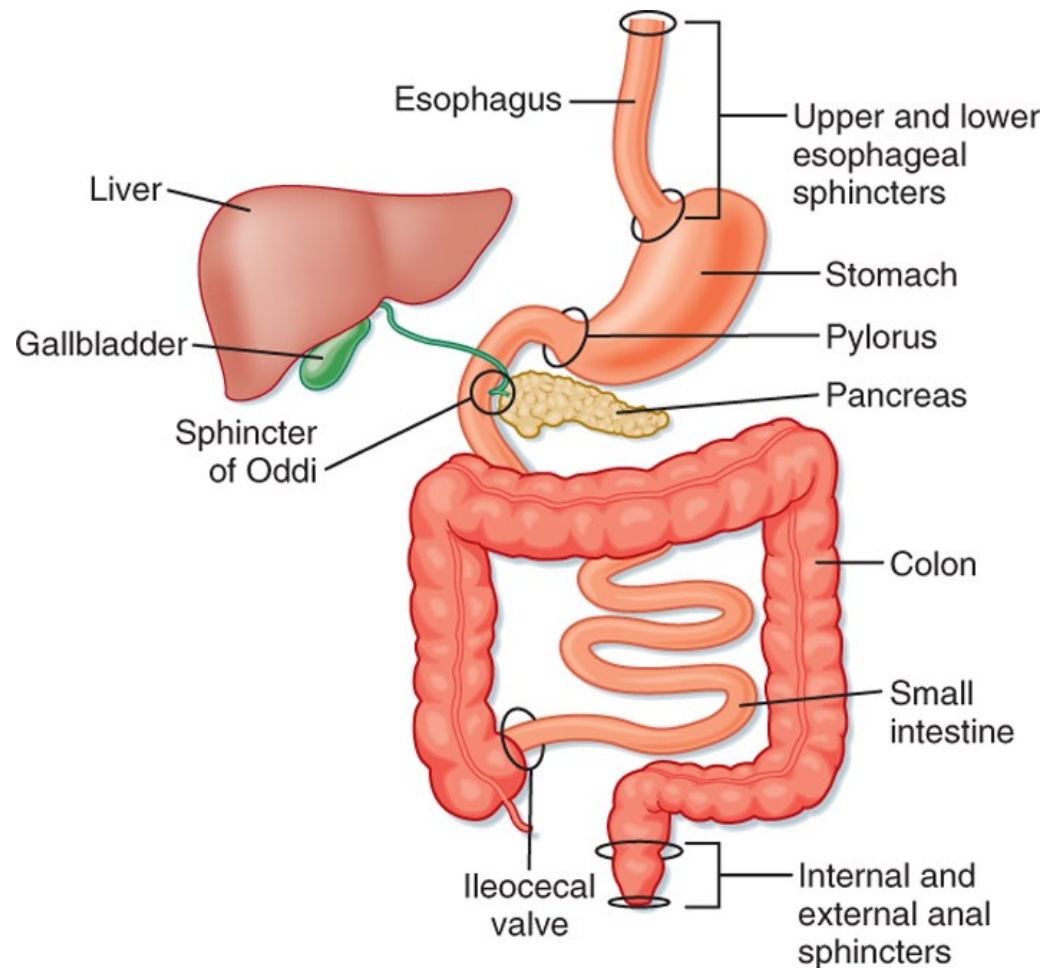


1. Transport av joner in i lumen.
2. Bygger upp en osmotisk gradient.
3. Vatten följer med via aquaporin 5.

# Esofagus

## Matstrupen

- Transportorgan
- Har ingen aktiv roll i nedbrytnings eller upptagsprocessen.
- Robust skivepitel, bra på att hantera mekanisk stress, men dåligt på att hantera kemiskstress (HCl).
- Neuronal reglering via vagus. Reglerar peristaltik och sfinktertonus.
- Mukus från saliven har en viss skyddande effekt på slemhinnan.

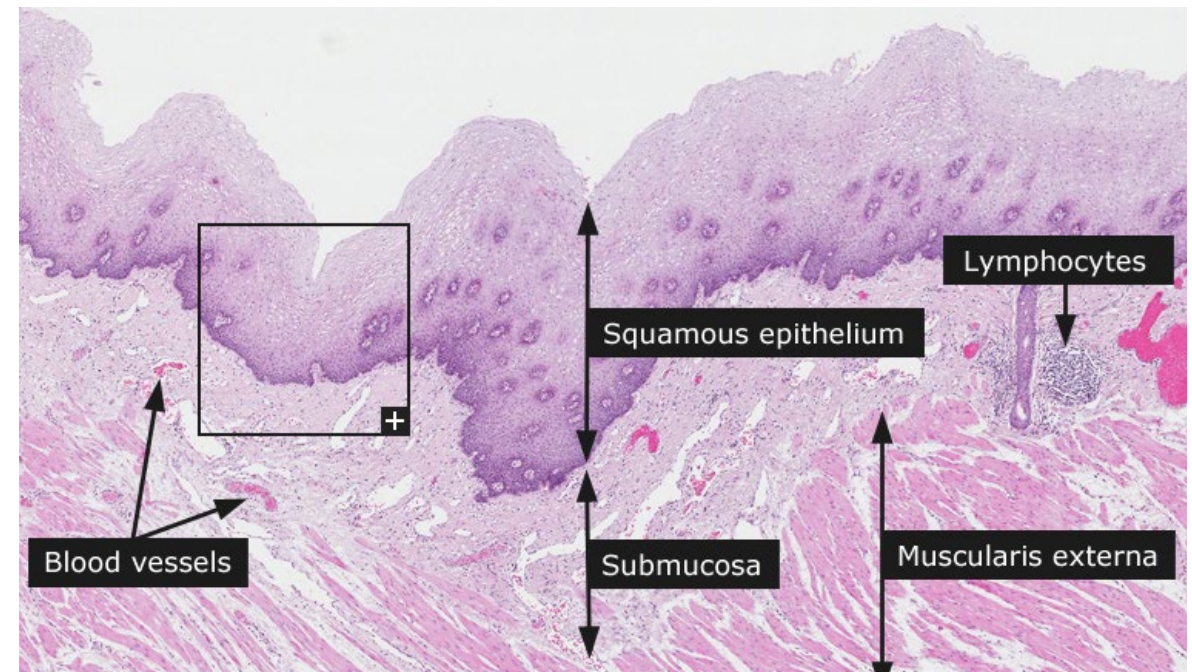
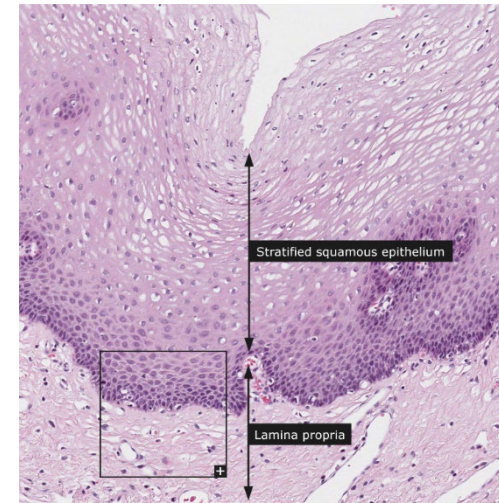


Koeppen & Stanton: Berne and Levy Physiology, 6th Edition.  
Copyright © 2008 by Mosby, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved

# Esofagus

## Matstrupen

- Transportorgan
- Har ingen aktiv roll i nedbrytnings eller upptagsprocessen.
- Robust skivepitel, bra på att hantera mekanisk stress, men dåligt på att hantera kemisk stress (HCl).
- Neuronal reglering via vagus. Reglerar peristaltik och sfinktertonus.
- Mukus från saliven har en viss skyddande effekt på slemhinnan.



# Magsäcken

## Funktioner

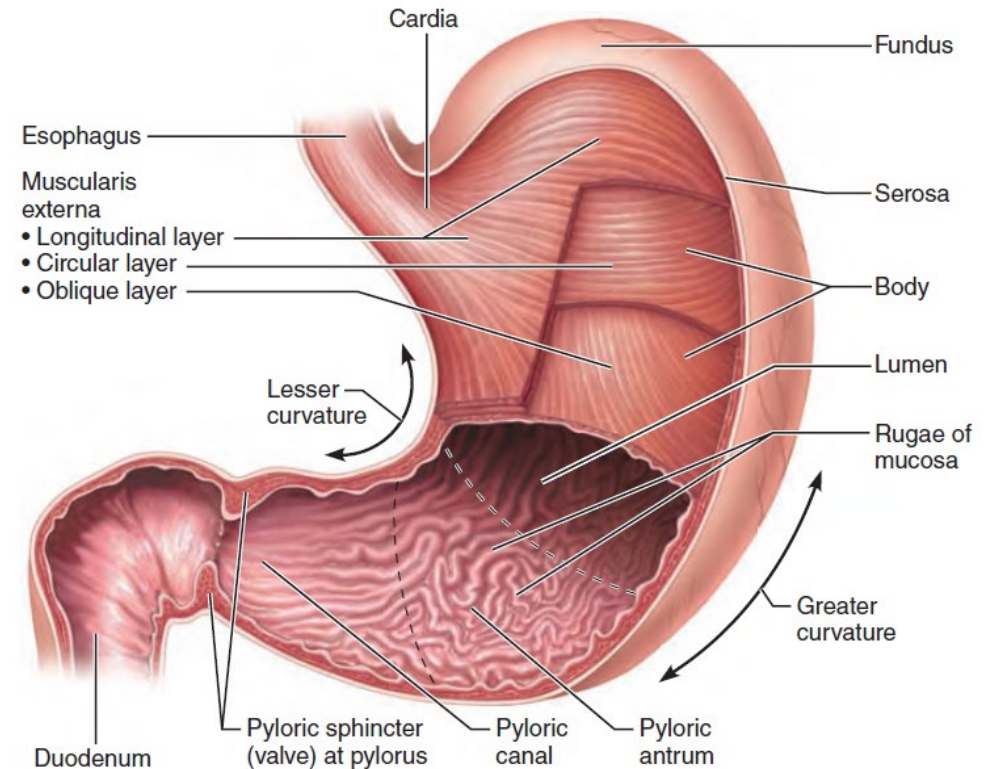
### 1. Reservoar (fundus)

Aktivering av vagus inducerar en receptiv relaxation av magsäcksväggen.

### 2. Nedbrytning (corpus & antrum)

Mekanisk: Blandningsmotorik som finfördelar födan

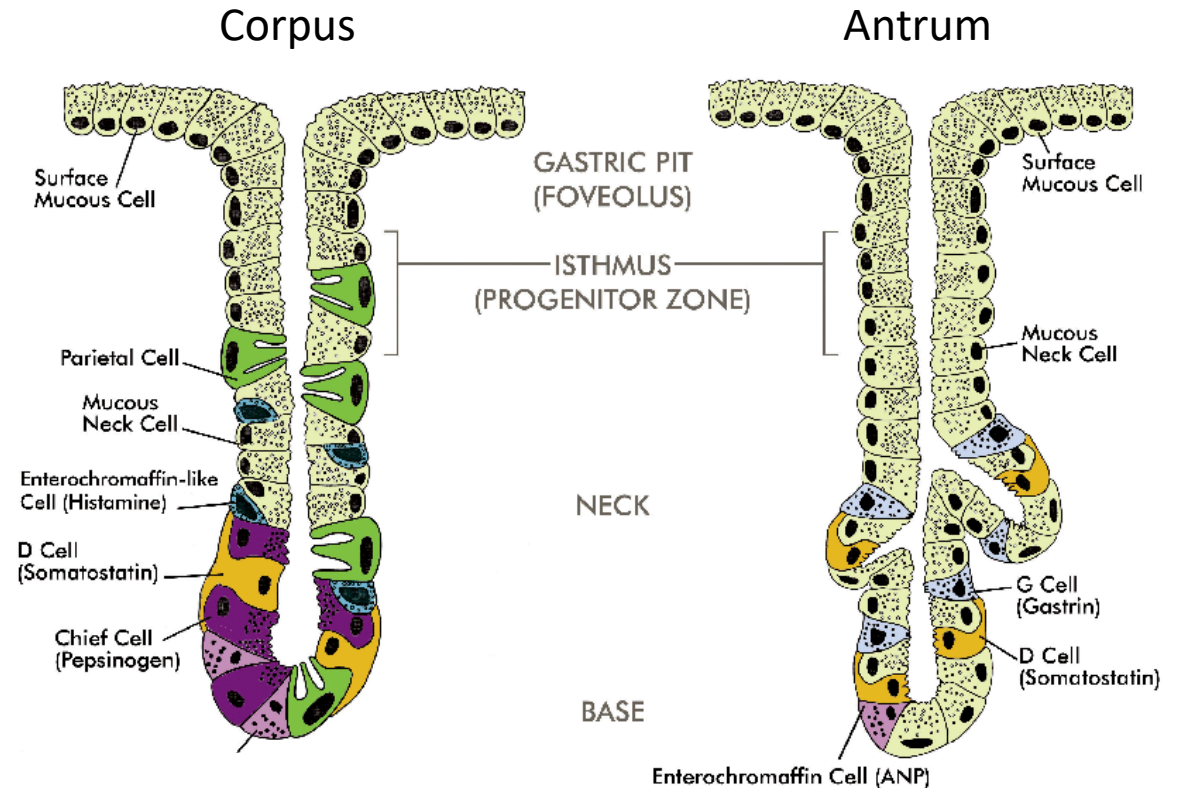
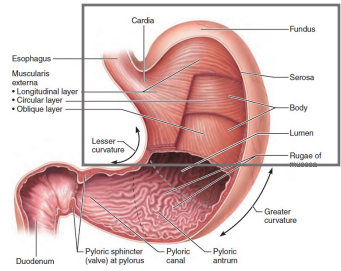
Kemisk: Sekretion av saltsyra och enzymer (pepsin och gastrisktlipas)



Lagrar och sönderdelar maten tills den är tillräckligt nedbruten för att tömmas ut i tunntarmen

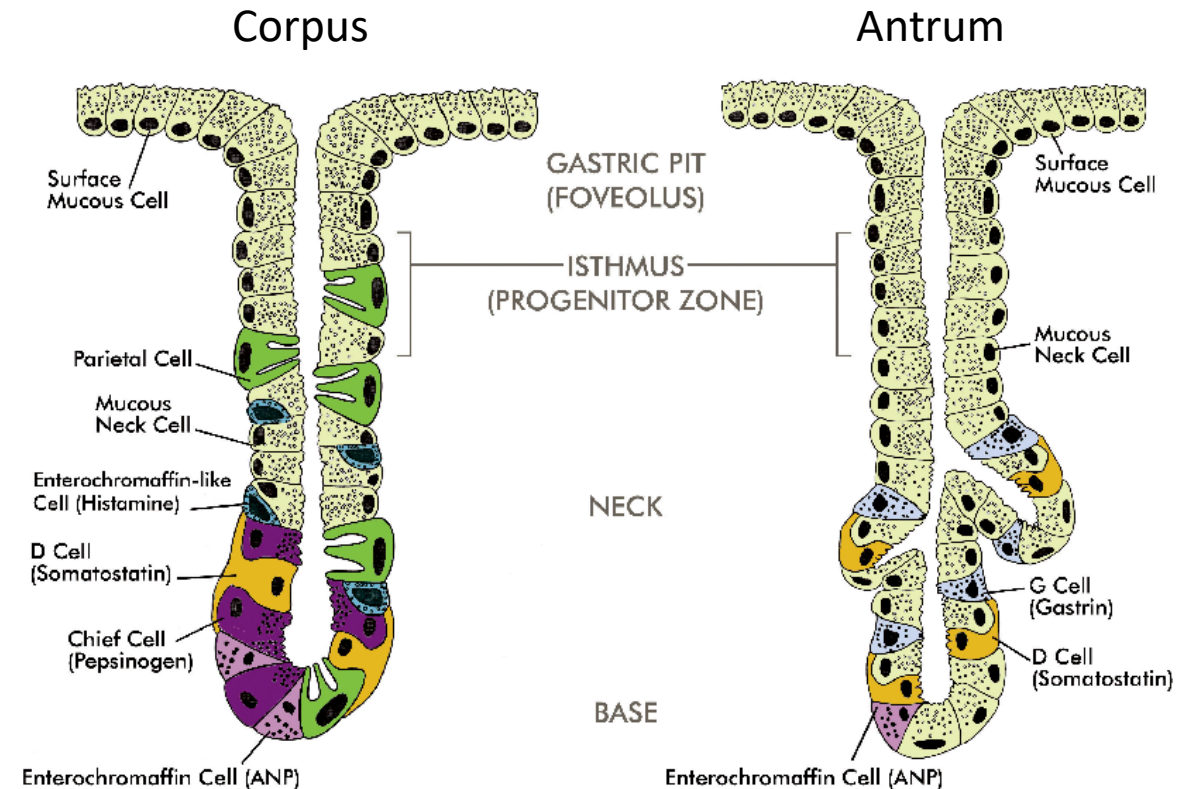
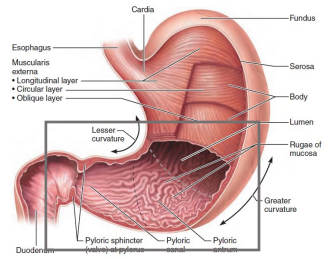
# Magsäcksepitelet

- Till skillnad från tarmen är magsäckens stamceller placerade i den övre delen av körteln (istmusregionen)
- Dotterceller migrerar både uppåt och nedåt
- Corpus: producerar saltsyra, pepsinogen, gastriskt lipas, intrinsic factor, bikarbonat, mukus och somatostatin
- Parietalcell: HCl, intrinsic factor
- Chief cell (huvudcell): Pepsinogen, lipas
- ECL cell: Histamin
- D cell: Somatostatin



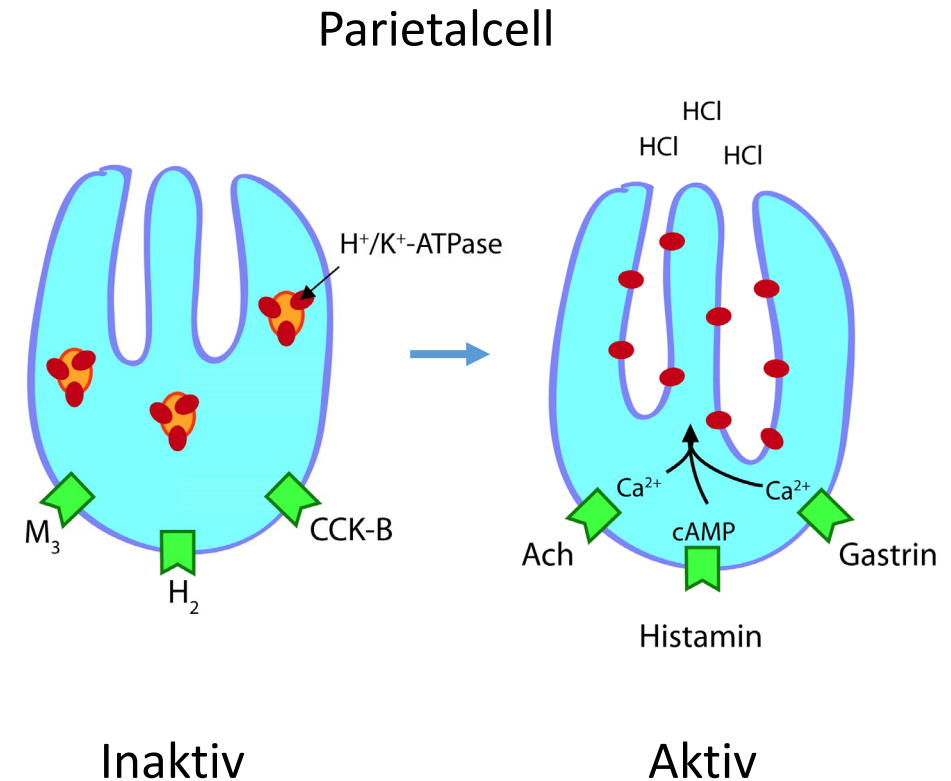
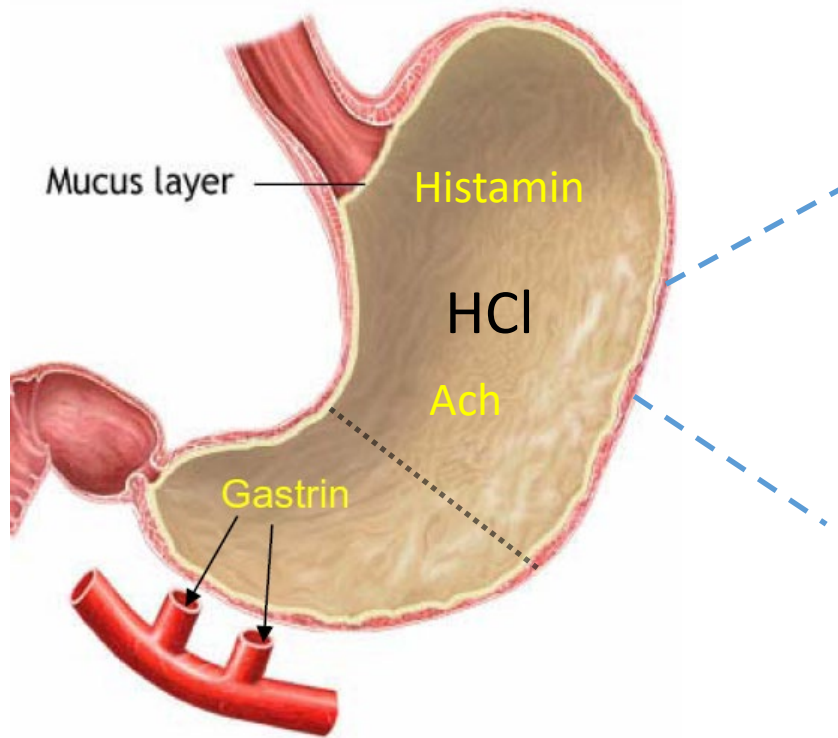
# Magsäcksepitelet

- Till skillnad från tarmen är magsäckens stamceller placerade i den övre delen av körteln (istmusregionen)
- Dotterceller migrerar både uppåt och nedåt
- Antrum: producerar hormoner, bikarbonat och mukus
- D cell: Somatostatin
- G cell: Gastrin



# Parietalcellen

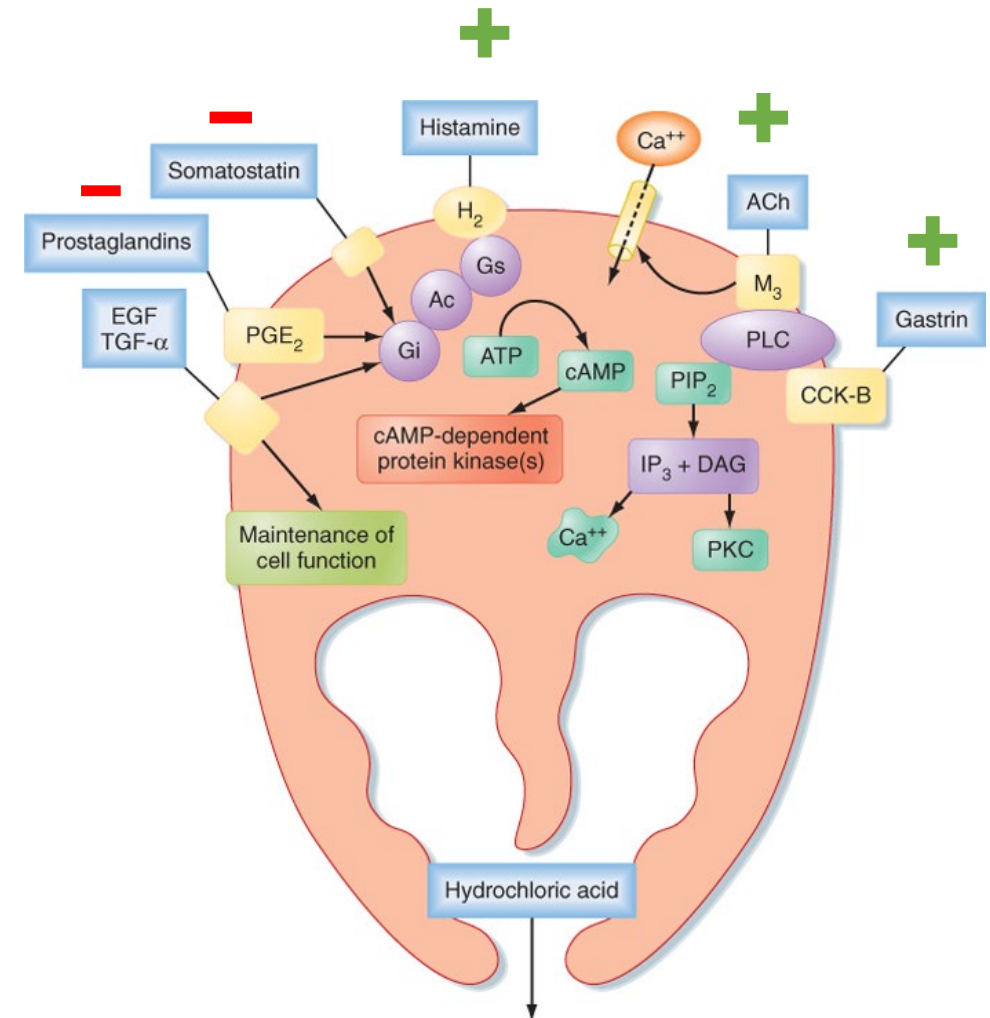
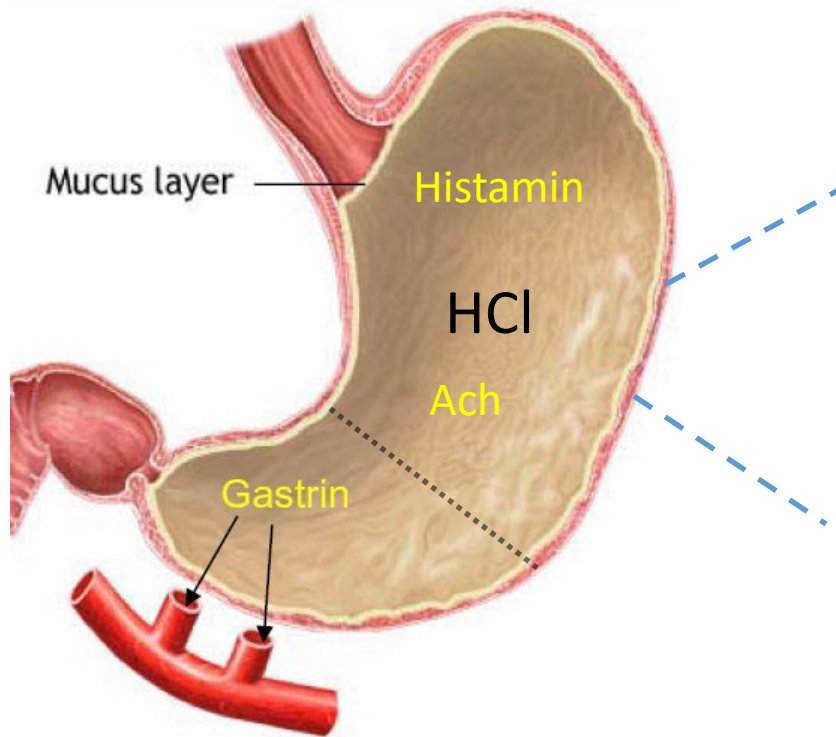
## HCl sekretion



- Histamin: ECL celler lokalt i corpus
- Acetylcholin (Ach): nervsystemet
- Gastrin: G celler i antrum

# Parietalcellen

## HCl sekretion

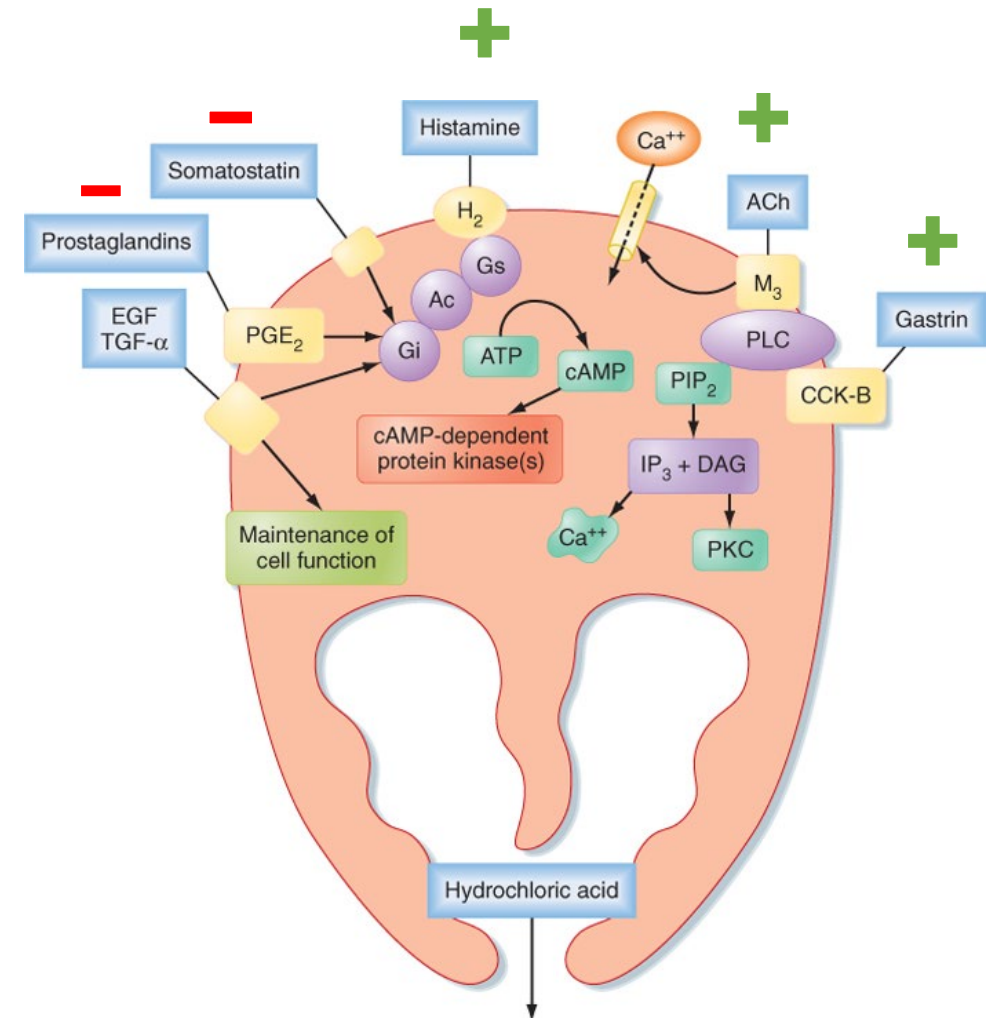
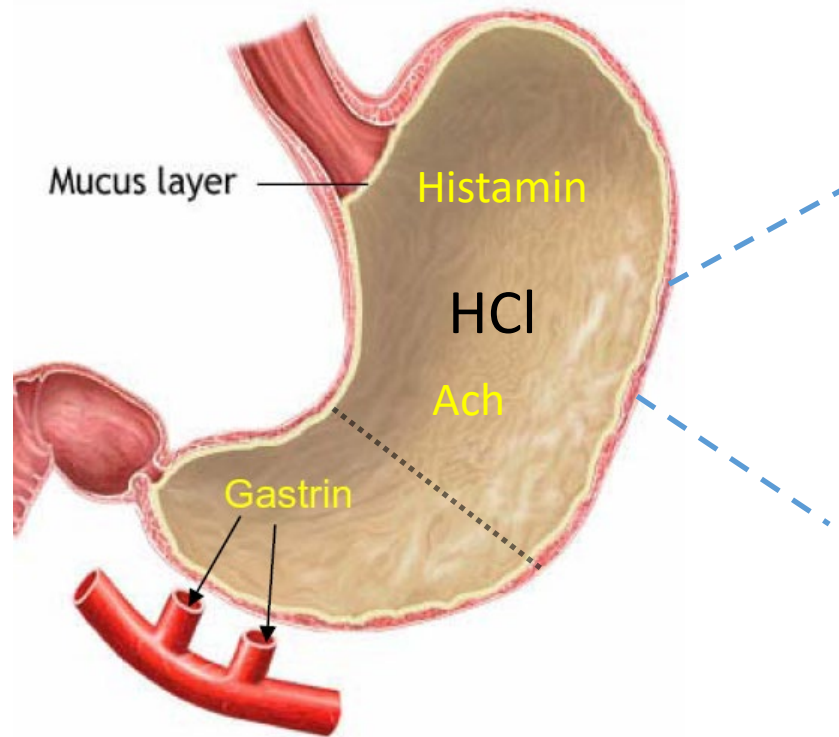


Koeppen & Stanton: Berne and Levy Physiology, 6th Edition.  
Copyright © 2008 by Mosby, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved

- Histamin: ECL celler lokalt i corpus
- Acetylcholin (ACh): nervsystemet
- Gastrin: G celler i antrum

# Parietalcellen

## HCl sekretion



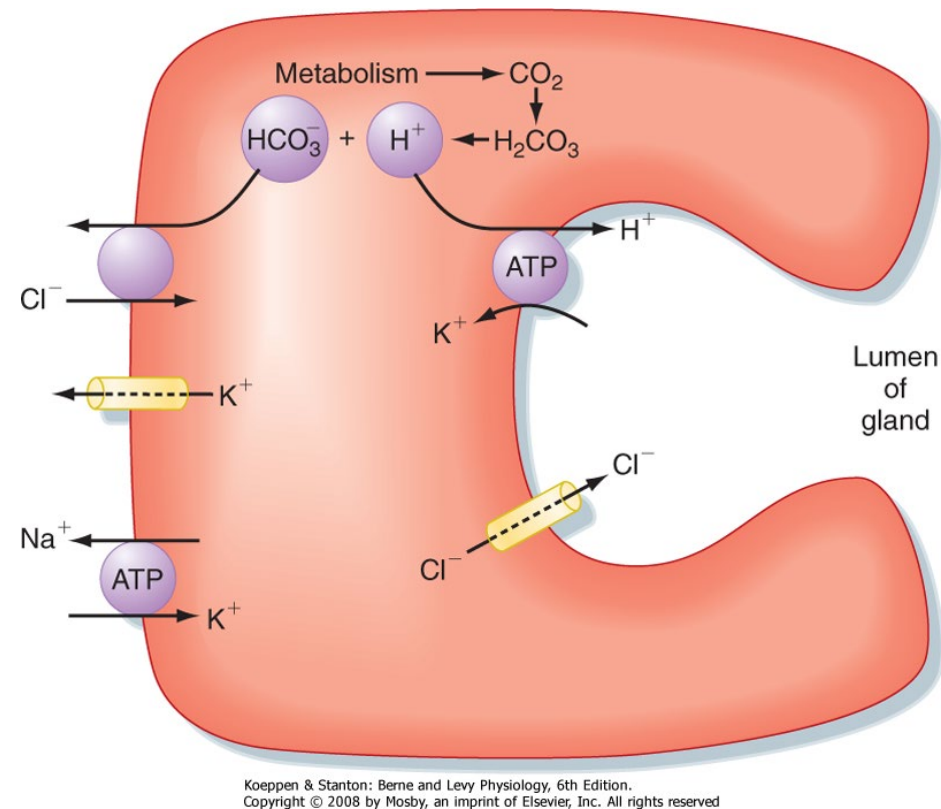
Koeppen & Stanton: Berne and Levy Physiology, 6th Edition.  
Copyright © 2008 by Mosby, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved

- Histamin stimulerar Gs = ökning av intracellulärt cAMP.
- ACh och gastrin stimulerar Gq = ökat intracellulärt Ca<sup>2+</sup>.
- Simultan aktivering av cAMP och Ca<sup>2+</sup> systemen har en synergistisk effekt på HCl sekretion.

- Somatostatin och prostaglandiner aktiverar Gi = hämmar cAMP produktion.
- Minskar histamins effekt på HCl sekretion.

# Parietalcellen

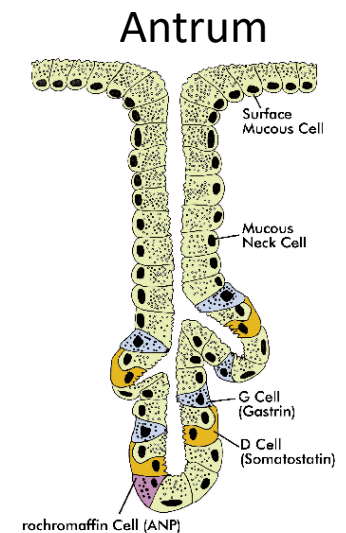
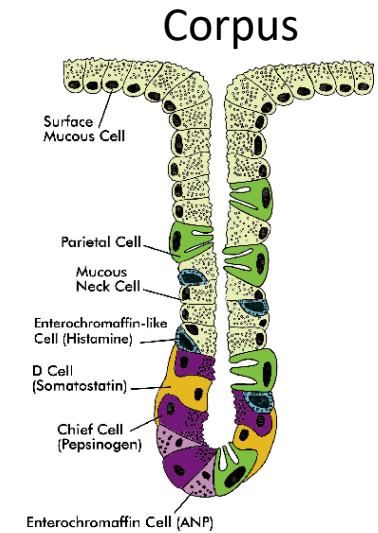
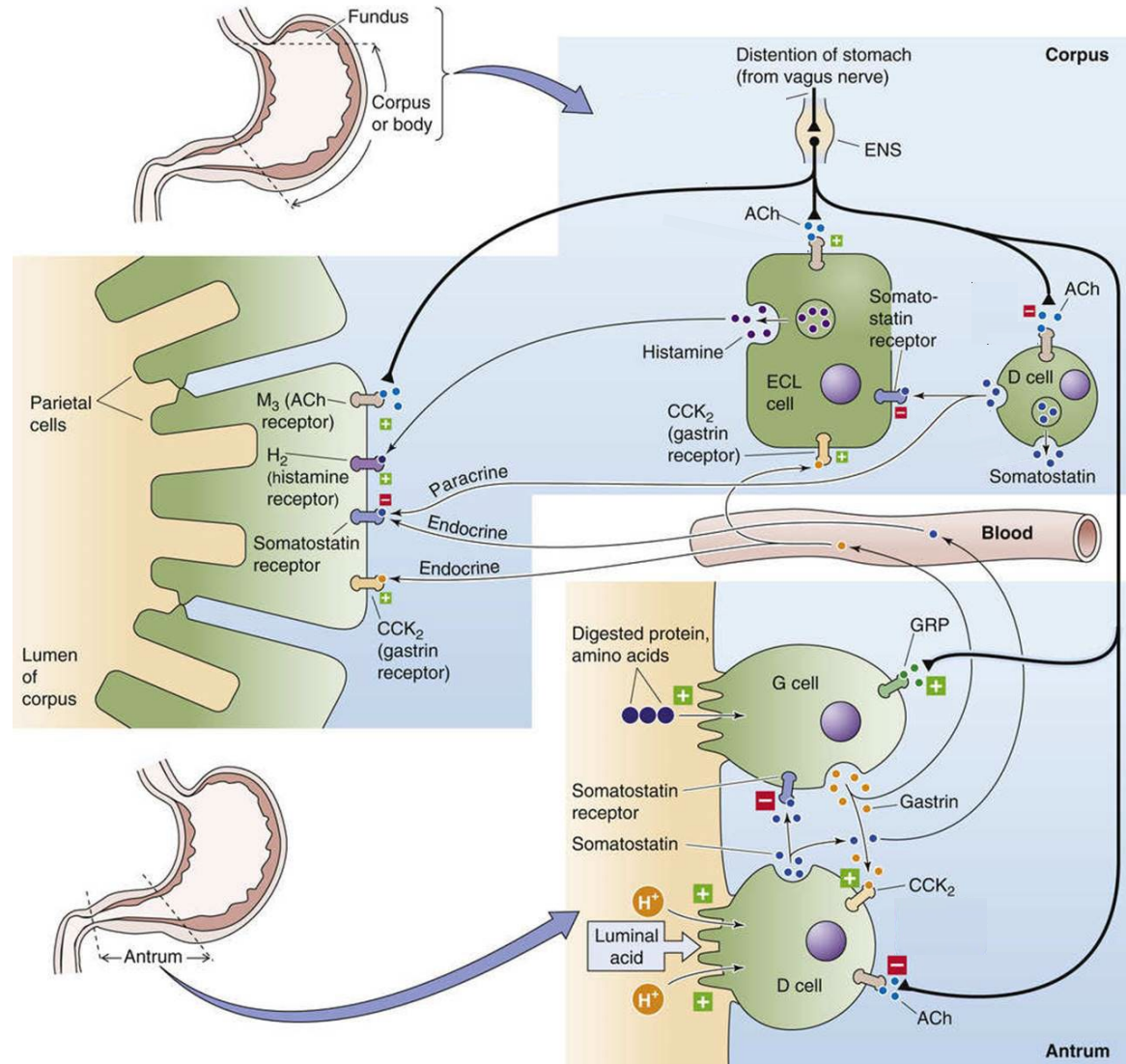
## HCl sekretion



$\text{H}^+$  lämnar cellen via en energikrävande process vilket gör att väldigt höga koncentrationer  $\text{H}^+$  kan transporteras ut i magsäckslumen.

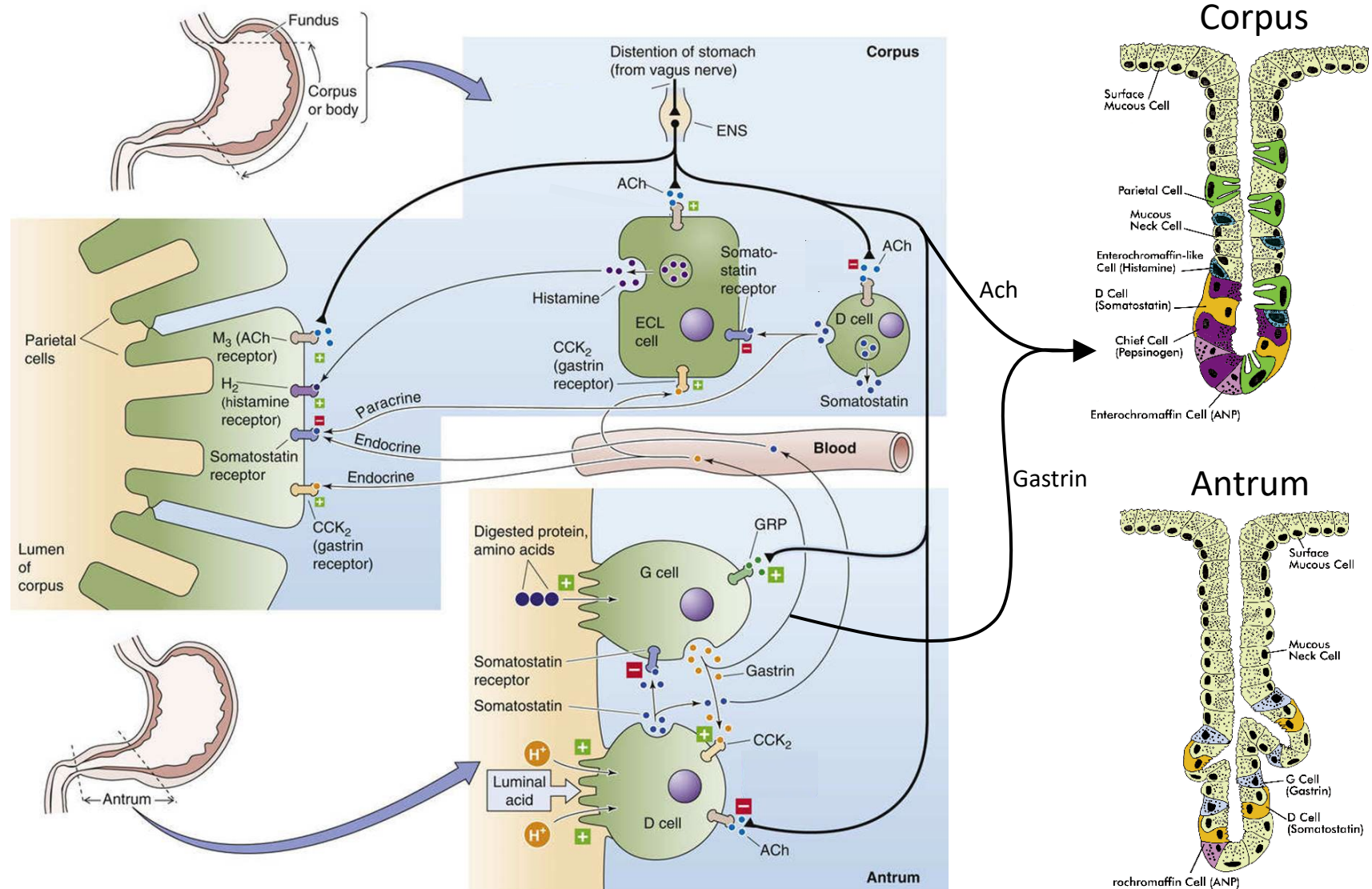
# Reglering av HCl sekretion

## Systemnivå



# Reglering av HCl sekretion

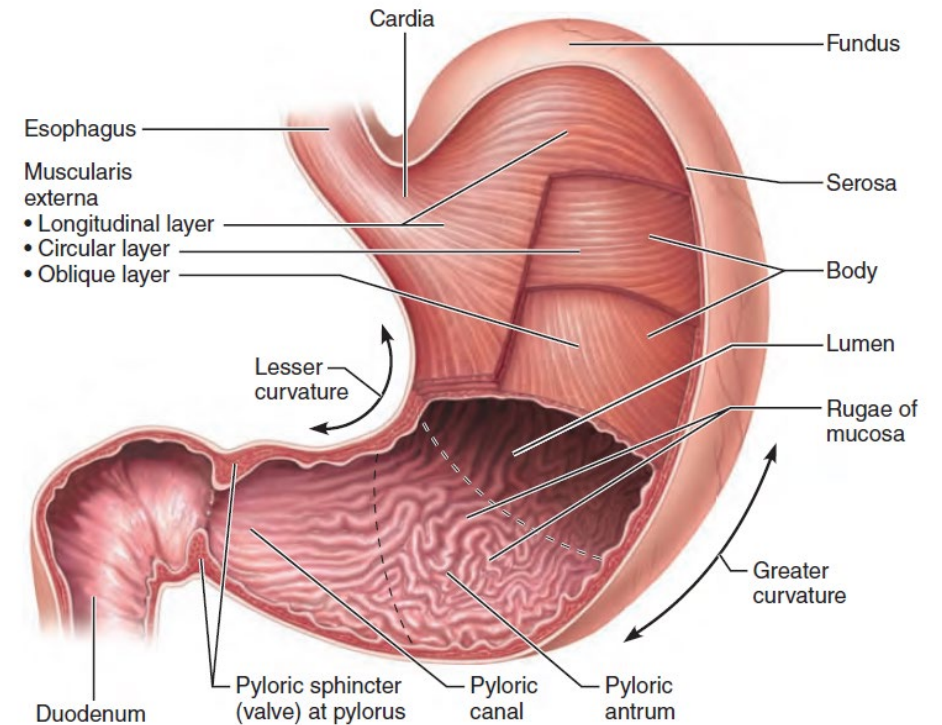
## Systemnivå



# Motorik

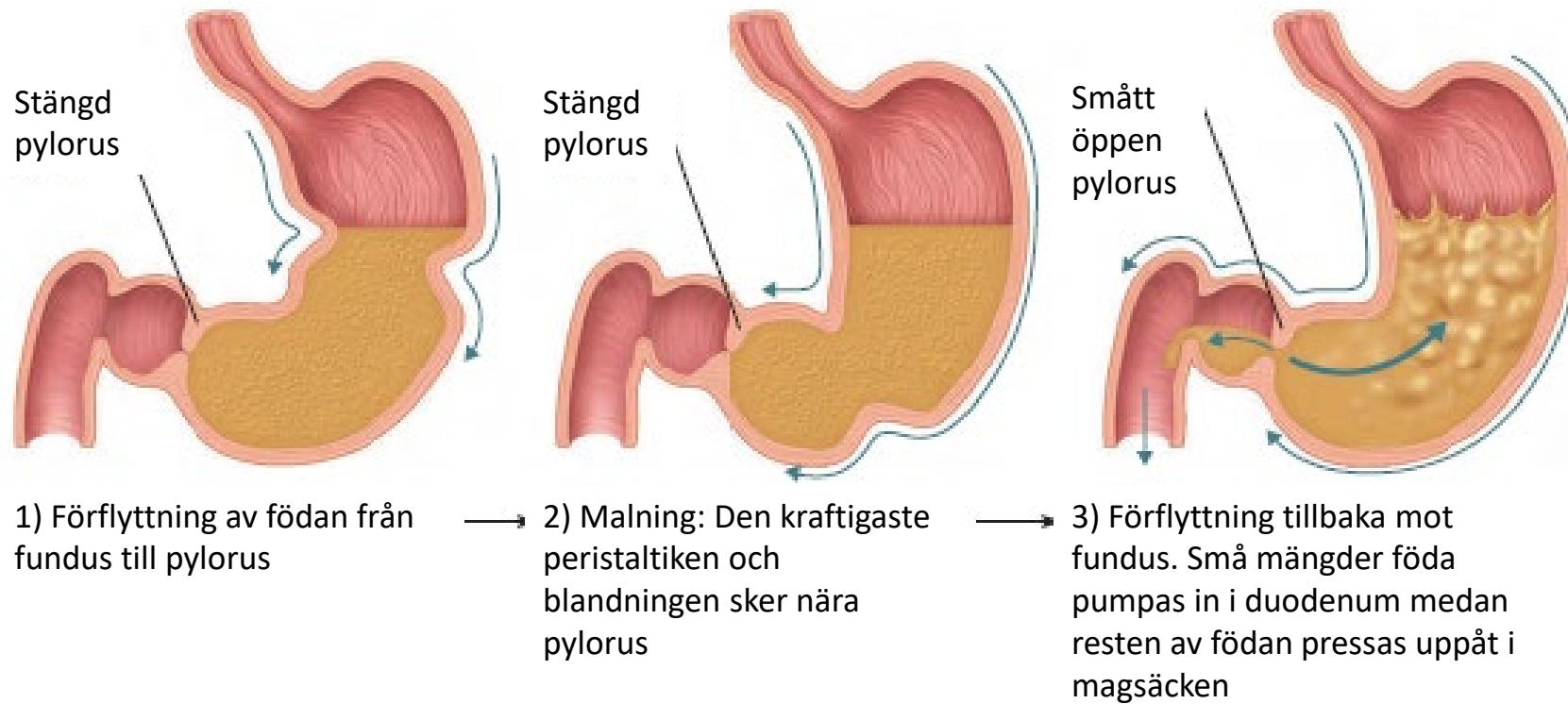
## Fyllnad, blandning och tömning

- Receptiv relaxation: Aktivering av vago-vagalareflexer ser till att magsäckens volym kan öka utan att trycket inuti magsäcken ökar.
- Lagrar vätska och fast mat.
- Antrum maler maten till en lös blandning som töms ut i duodenum.
- Isotonvätska och vatten töms utan fördröjning.
- Kaloririka och feta lösningar töms långsammare.
- Fast föda måste malas ner till  $<2$  mm för att passera pylorus sfinktern.



# Motorik

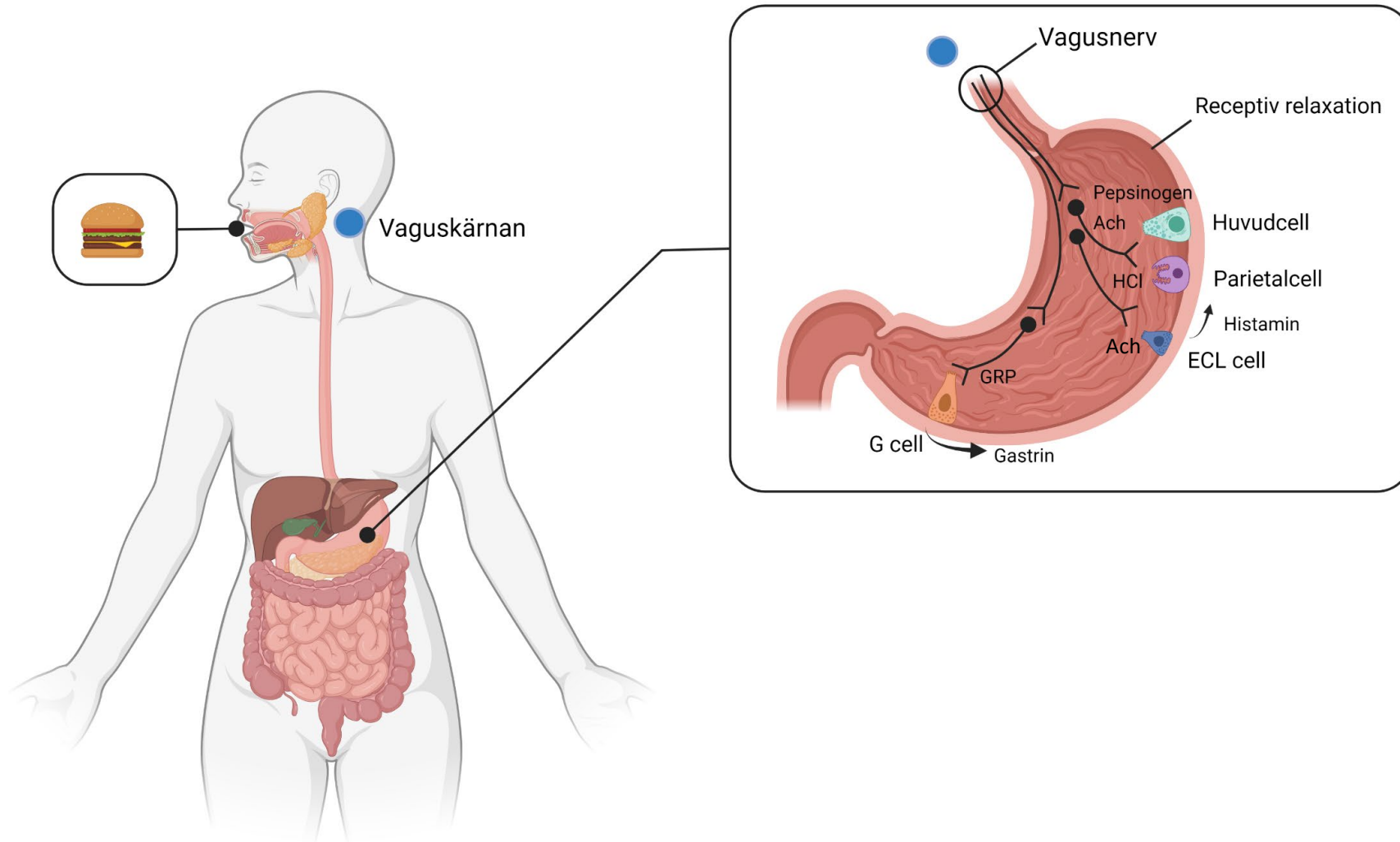
## Blandningsmotorik



Aktiveras av distension av magsäcksväggen. Regleras av lokala ENS reflexer och vago-vagala reflexer.

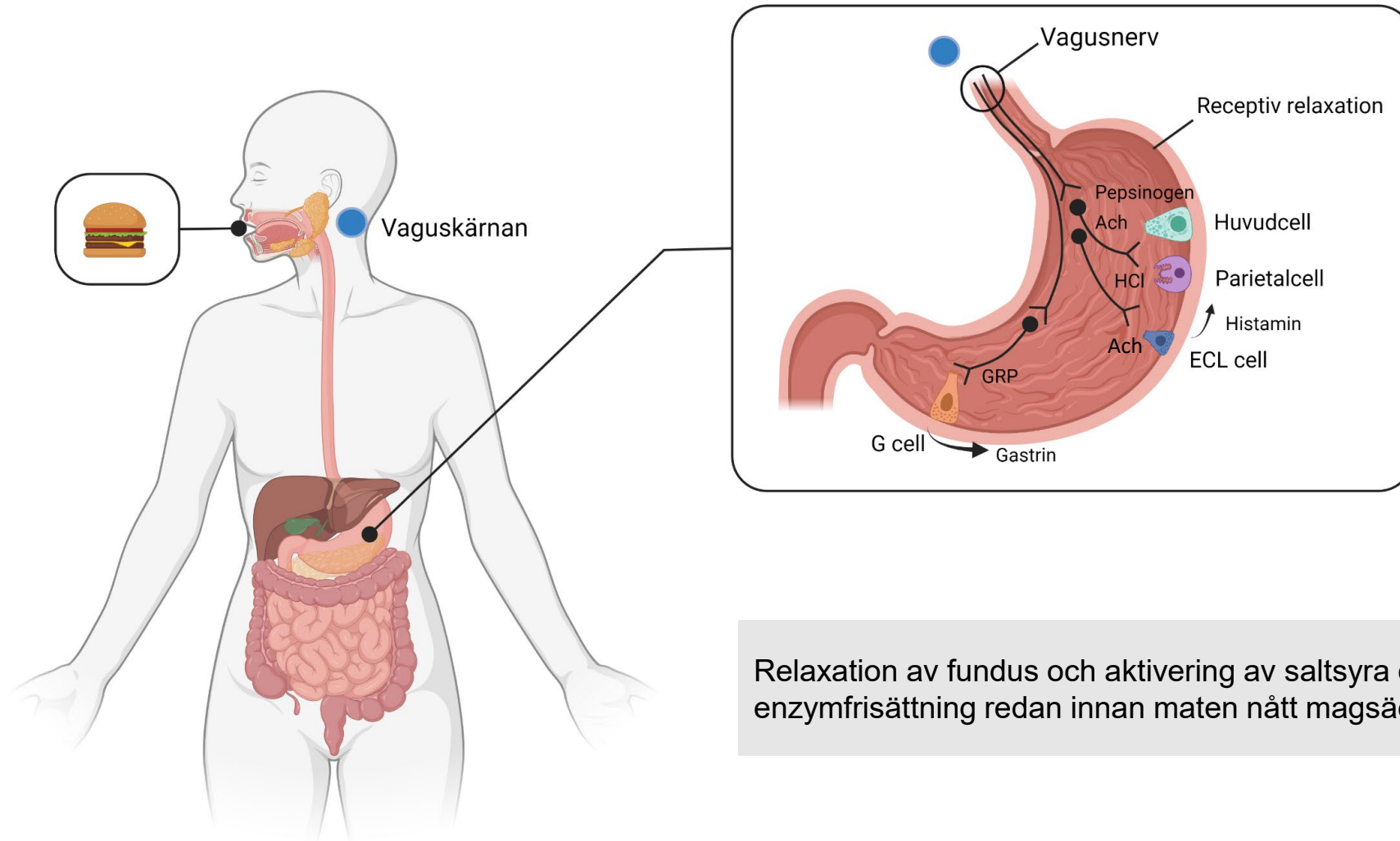
# Magsäckens roll i nedbrytningsprocessen

## Kefala fasen



# Magsäckens roll i nedbrytningsprocessen

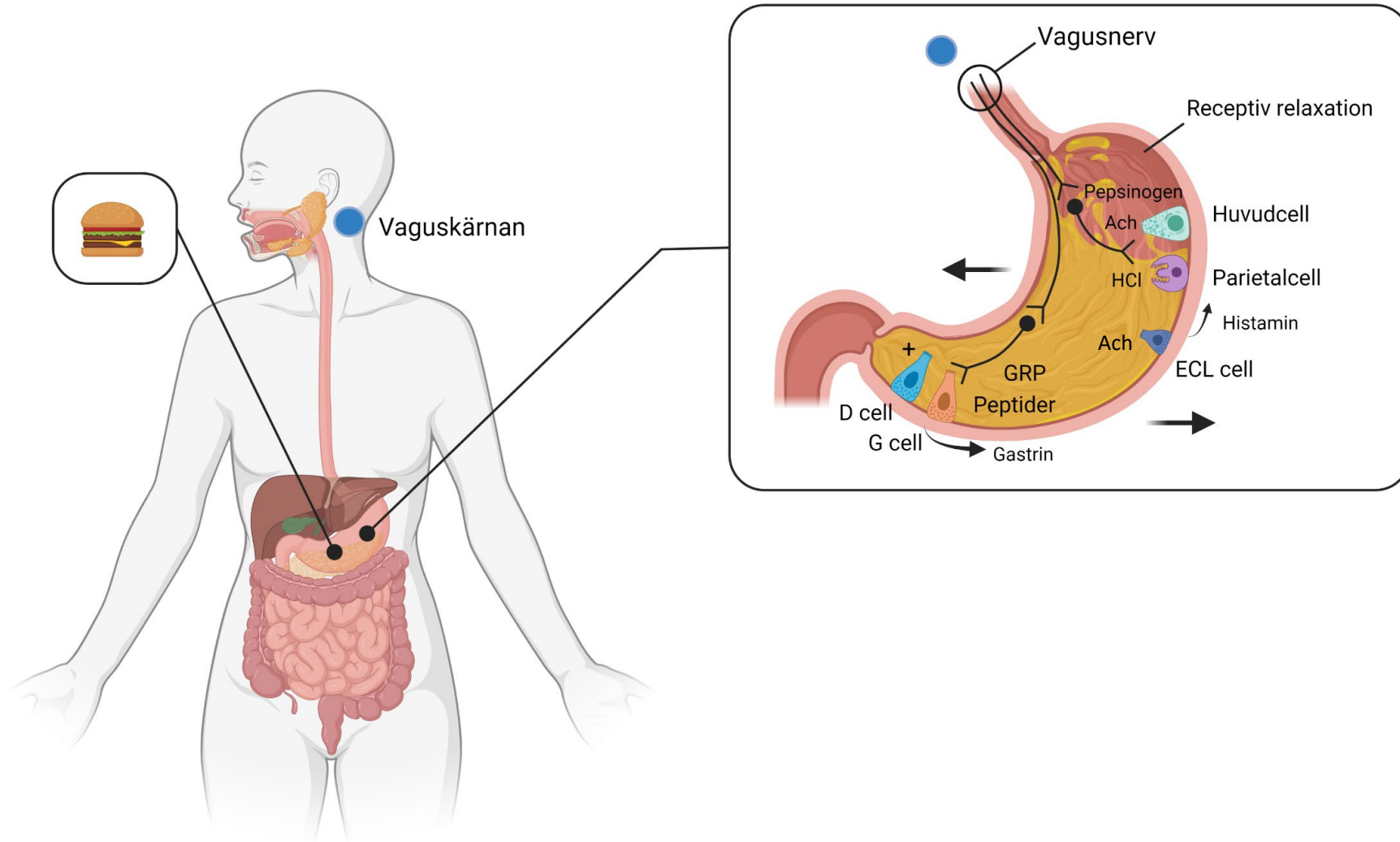
## Kefala fasen



Relaxation av fundus och aktivering av saltsyra och enzymfrisättning redan innan maten nått magsäcken.

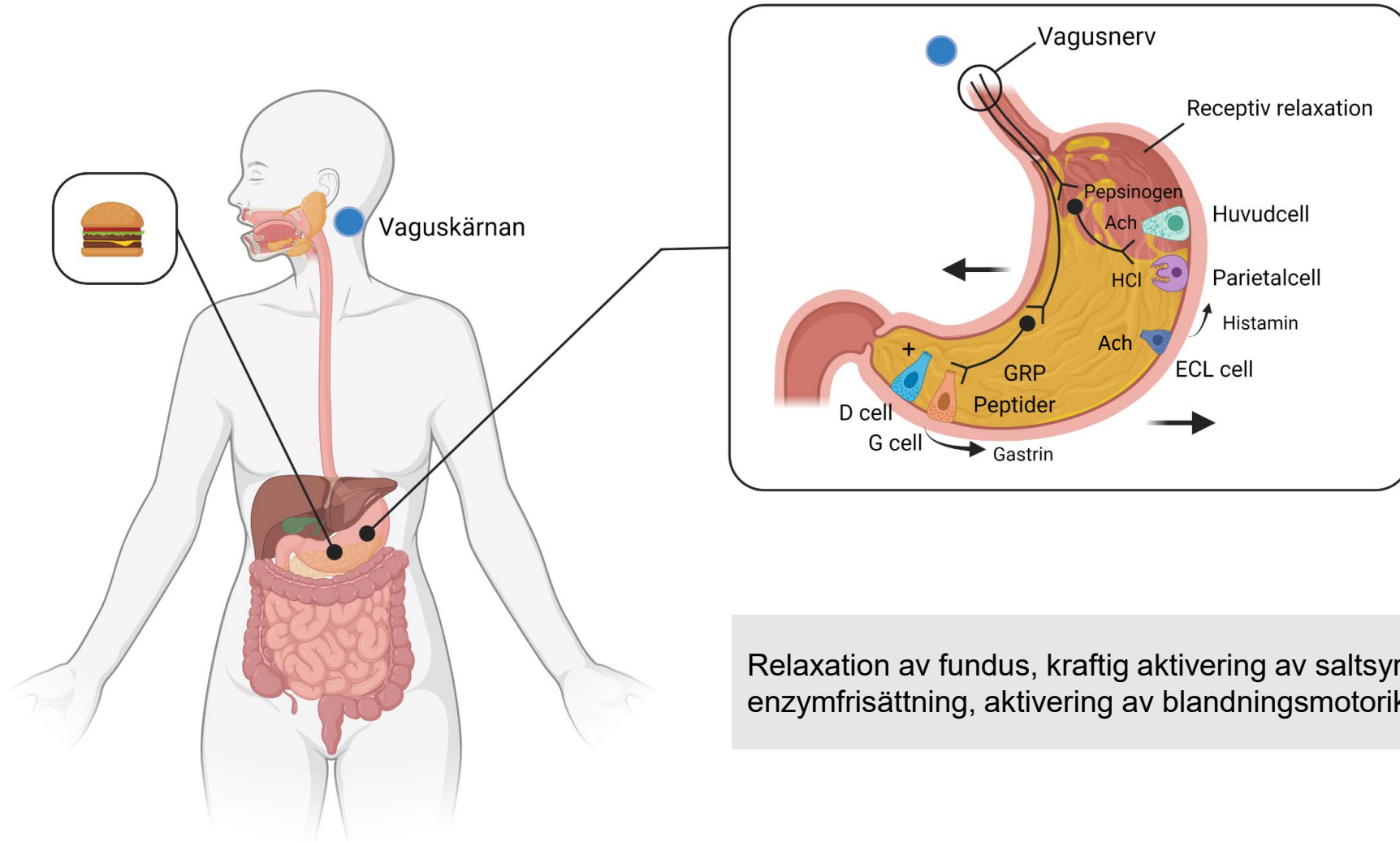
# Magsäckens roll i nedbrytningsprocessen

## Gastriska fasen



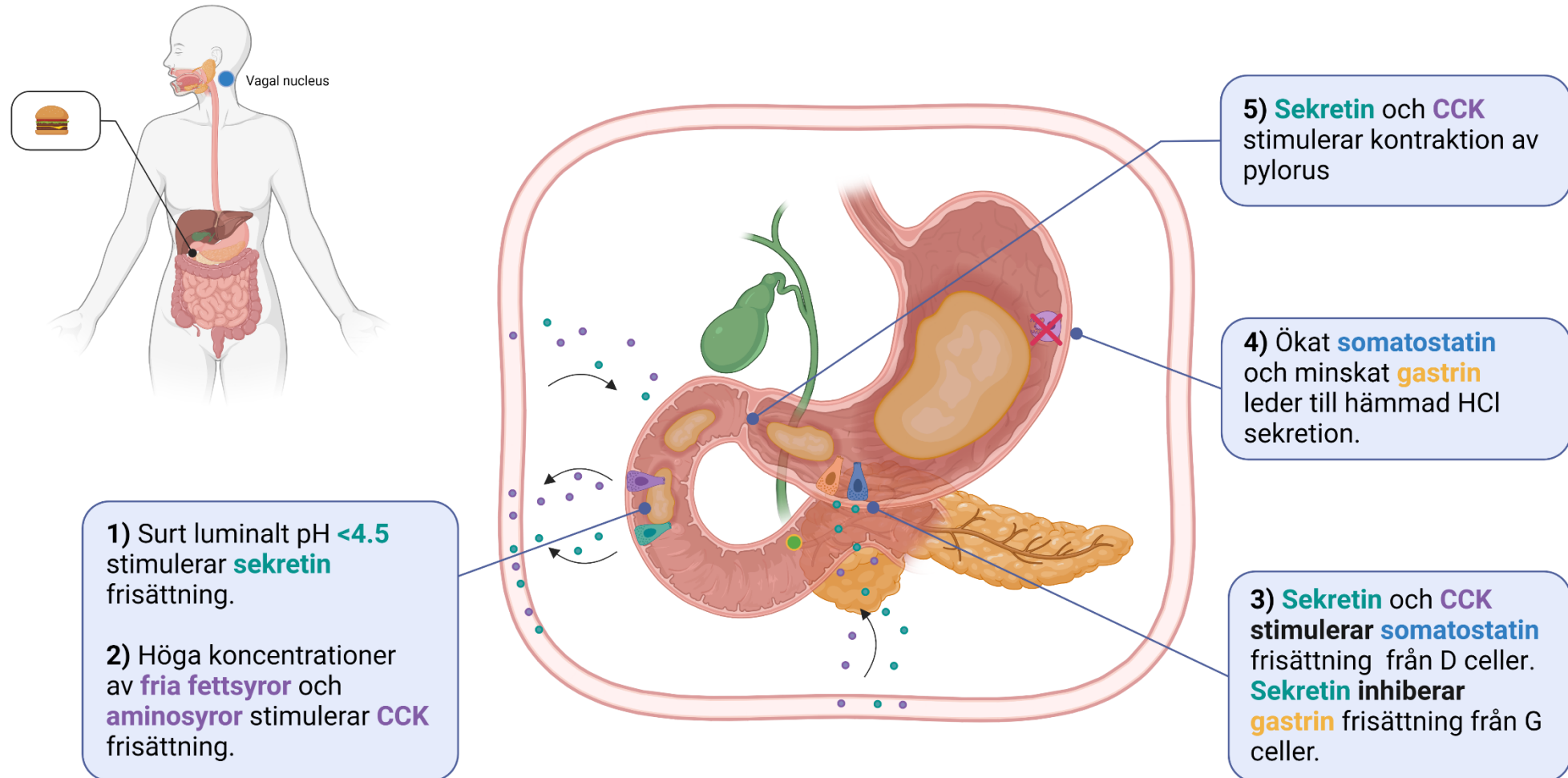
# Magsäckens roll i nedbrytningsprocessen

## Gastriska fasen



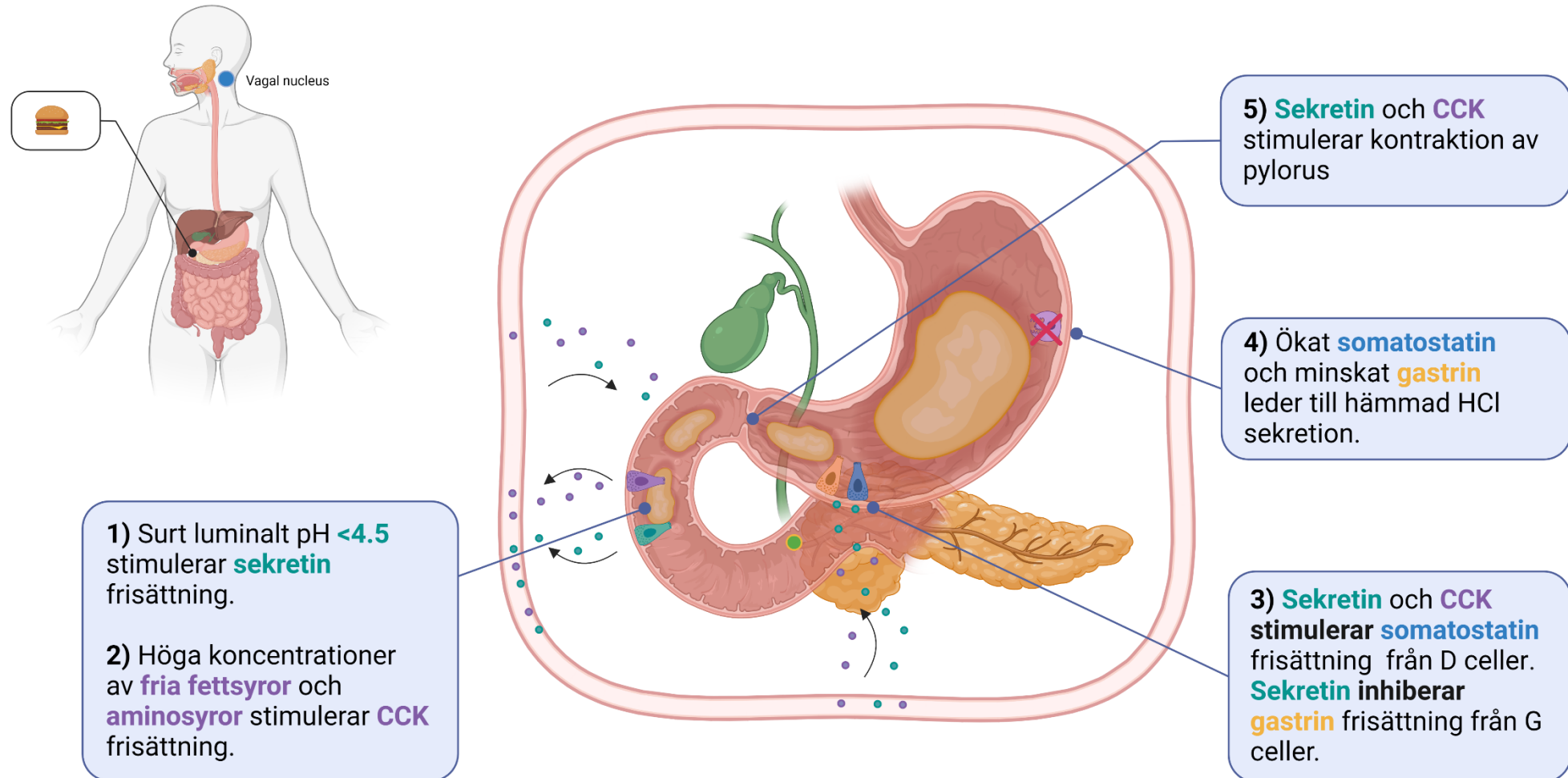
# Magsäckens roll i nedbrytningsprocessen

## Intestinala fasen



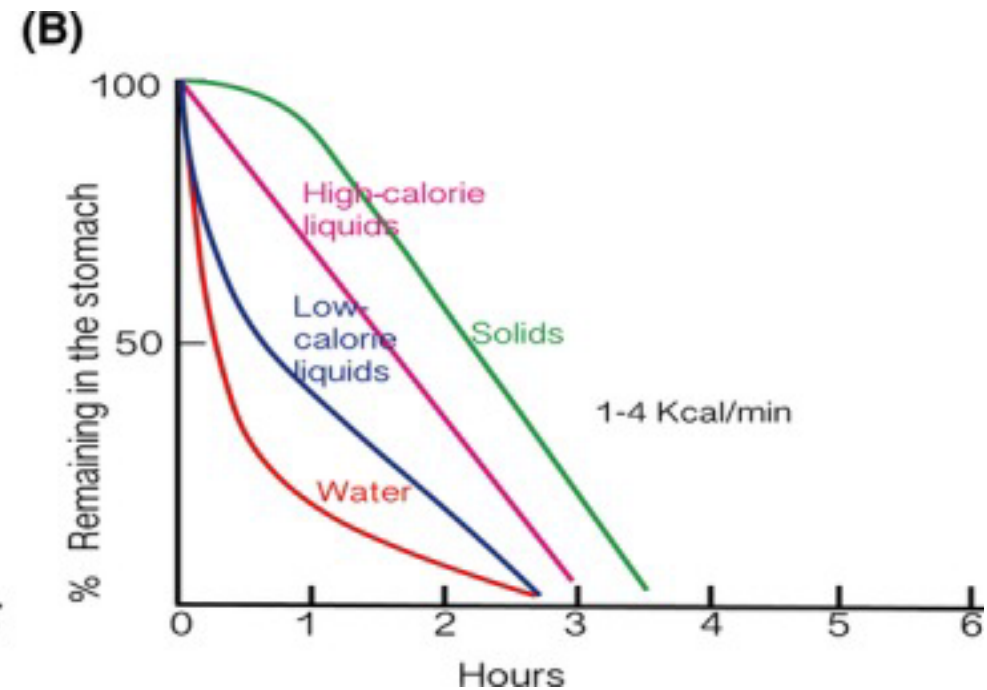
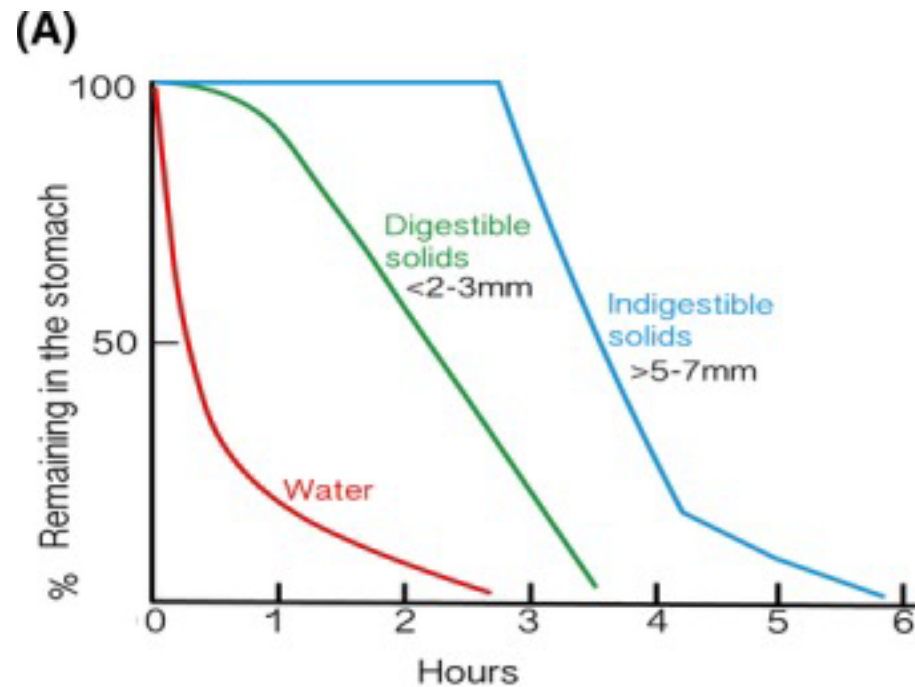
# Magsäckens roll i nedbrytningsprocessen

## Intestinala fasen



# Motorik

## Tömningshastighet

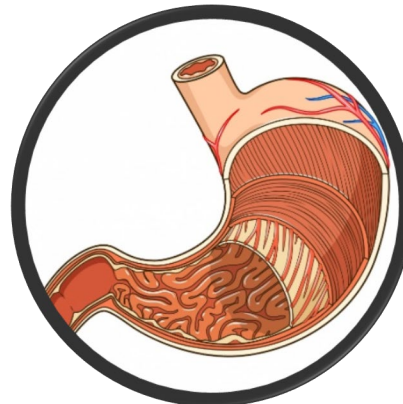


# Reglering av nedbrytningsprocessen

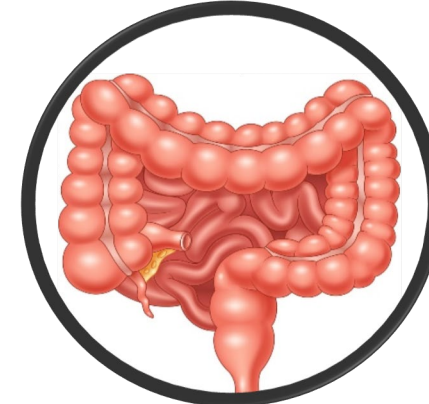
## Magsäcken



Kefala fasen



Gastriska fasen



Intestinala fasen

Aktivering av vagus leder till relaxation av fundus och aktivering av syra och enzymfrisättning redan innan maten nått magsäcken. Neuronalt reglerat

# Reglering av nedbrytningsprocessen

## Magsäcken



Distension av magsäcken aktiverar vago-vagalreflexer och ENS. Fortsatt HCl och enzymsekretion. Aktivering av blandningsmotorik. Nedbrytningsprodukter (aminosyror och peptider) aktiverar gastrin frisättning som i sin tur stimulerar HCl och pepsin sekretion.

# Reglering av nedbrytningsprocessen

## Magsäcken



Tömning av magsäcksinnehållet ut i duodenum aktiverar hormonella, parakrina och neuronalasignaler. Resulterar i relaxation av fundus, kontraktion av pylorus och hämning av HCl och enzymsekretion. Lågt duodenalt pH och hög koncentration fria fettsyror hämmar magsäcken via CCK och sekretin.

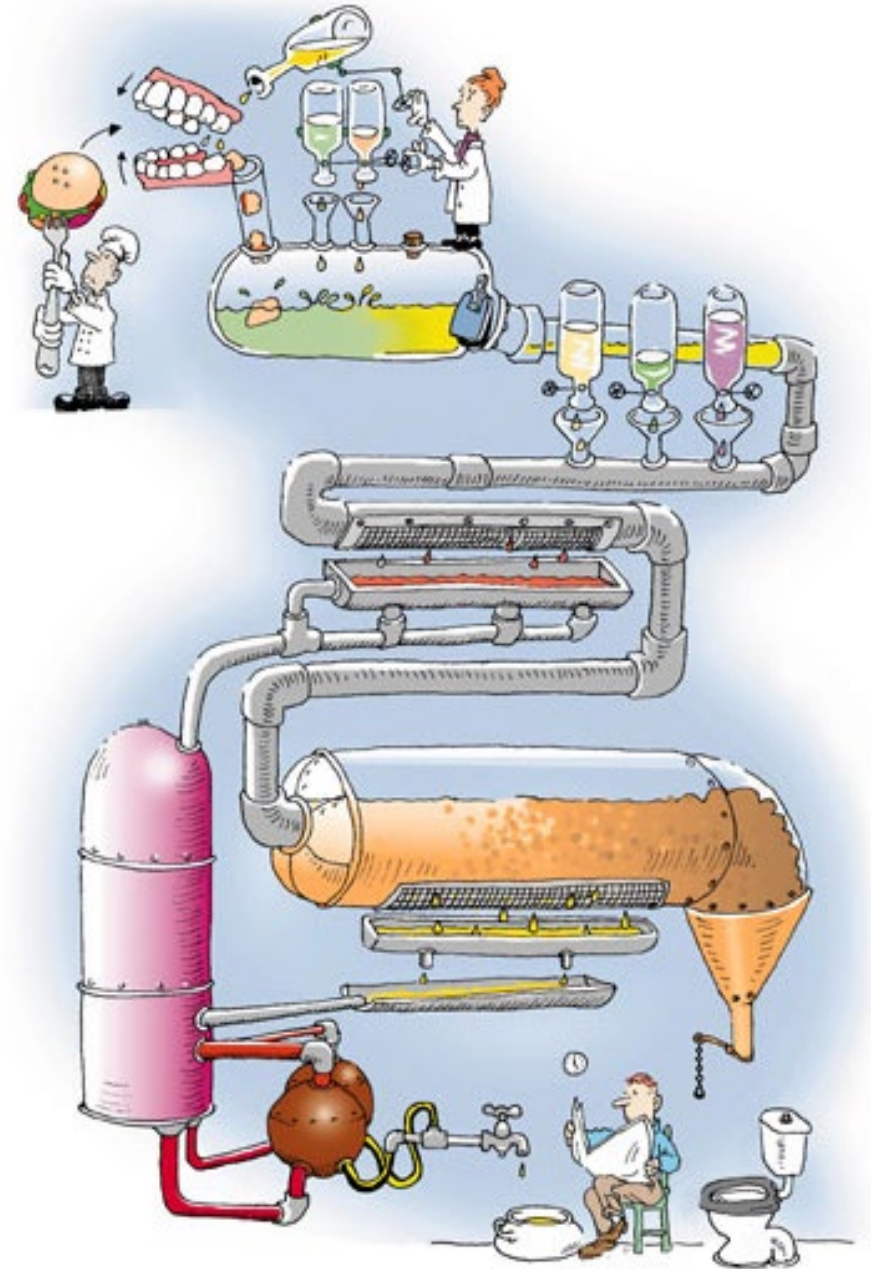
# Reglering av nedbrytningsprocessen II

**Jenny Gustafsson, Forskare**

Institutionen för Neurovetenskap och Fysiologi  
Sahlgrenska akademien  
Epost: [jenny.gustafsson@gu.se](mailto:jenny.gustafsson@gu.se)



UNIVERSITY OF GOTHENBURG

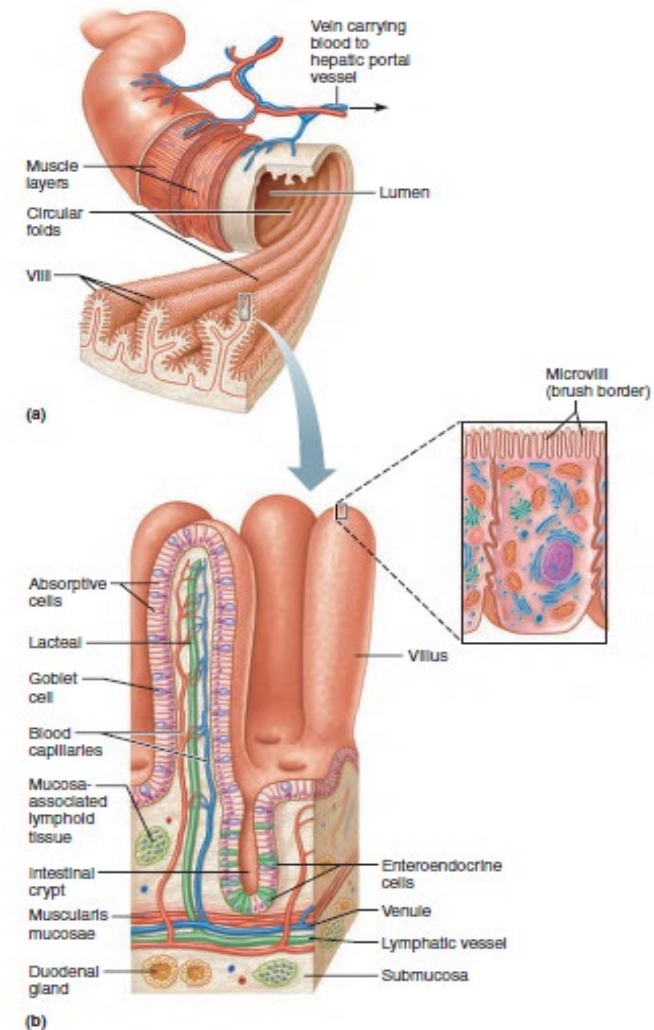
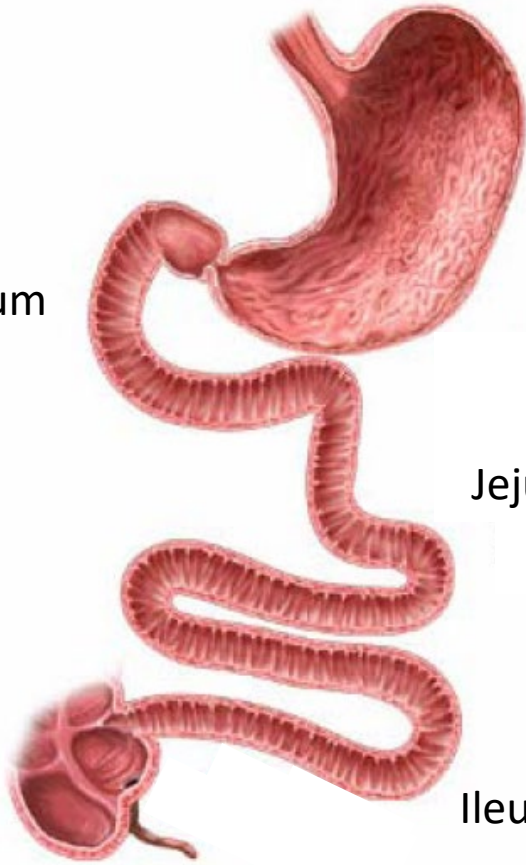


# Tunntarmen

Duodenum

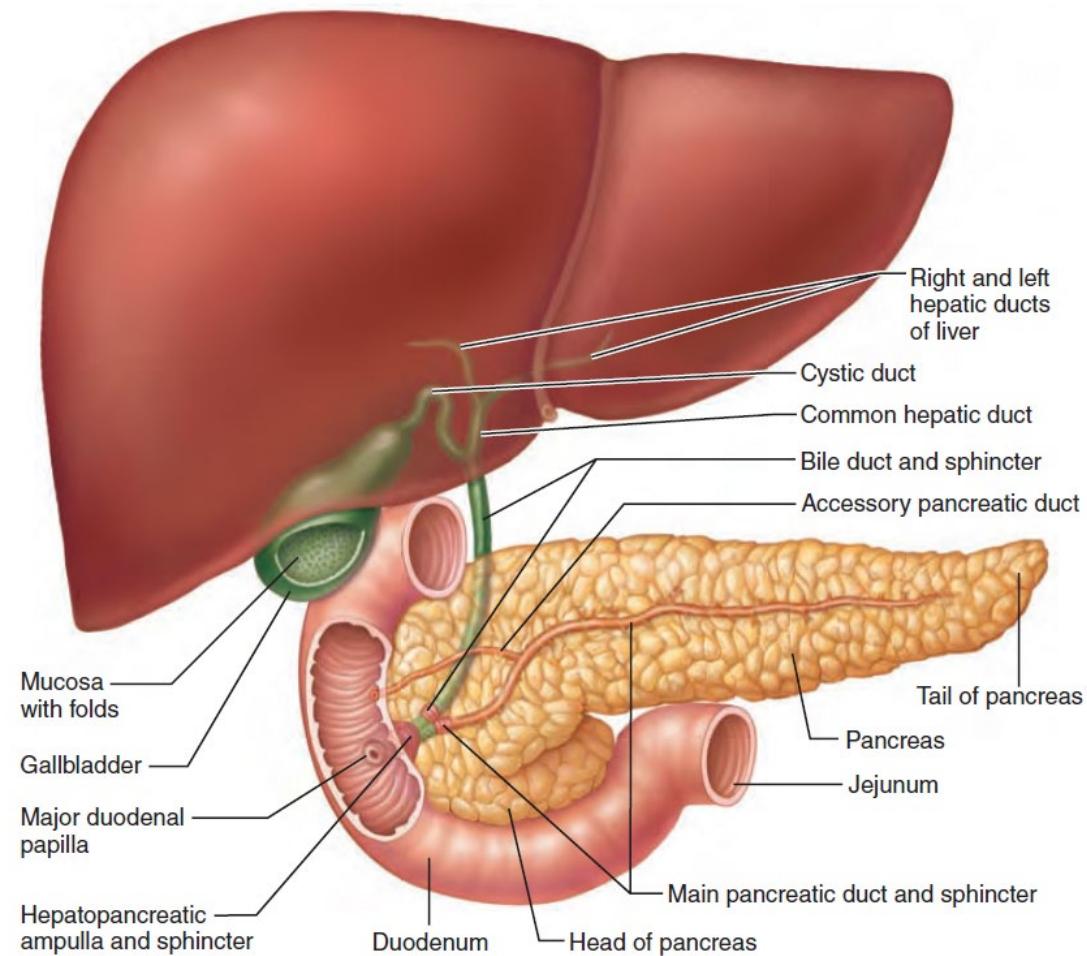
Jejunum

Ileum



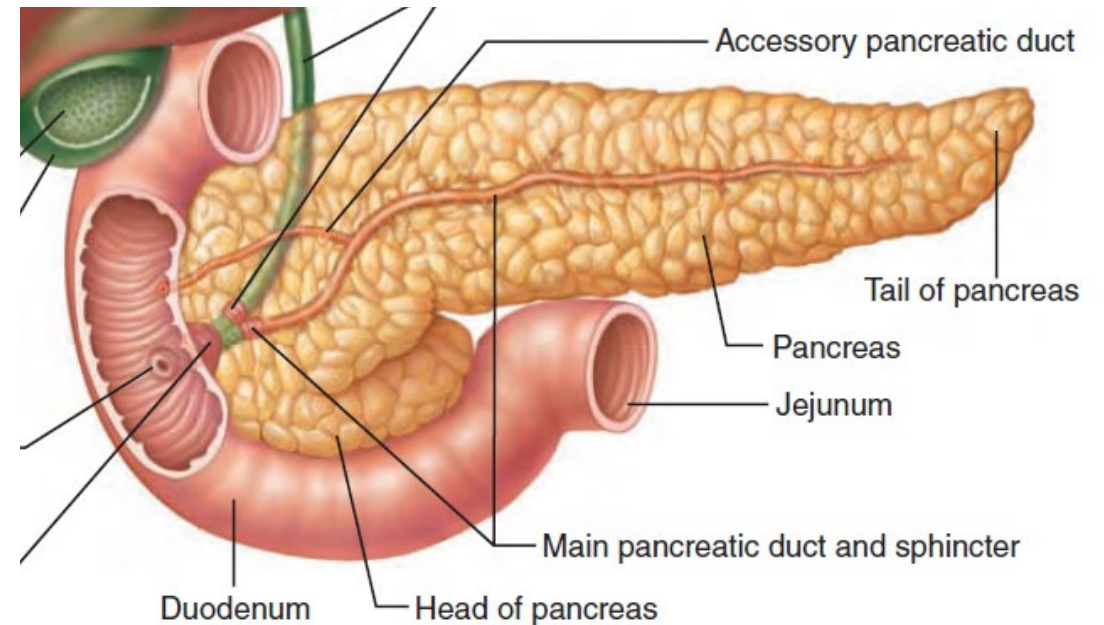
I tunntarmen fortsätter den mekaniska och kemiska nedbrytningen av födan. Absorption av kolhydrater, protein, fett, vitaminer, joner och vatten.

Tunntarmen koordinerar nedbrytningsprocessen via hormonell reglering av pankreas, levern och gallblåsan



# Exokrina pankreas

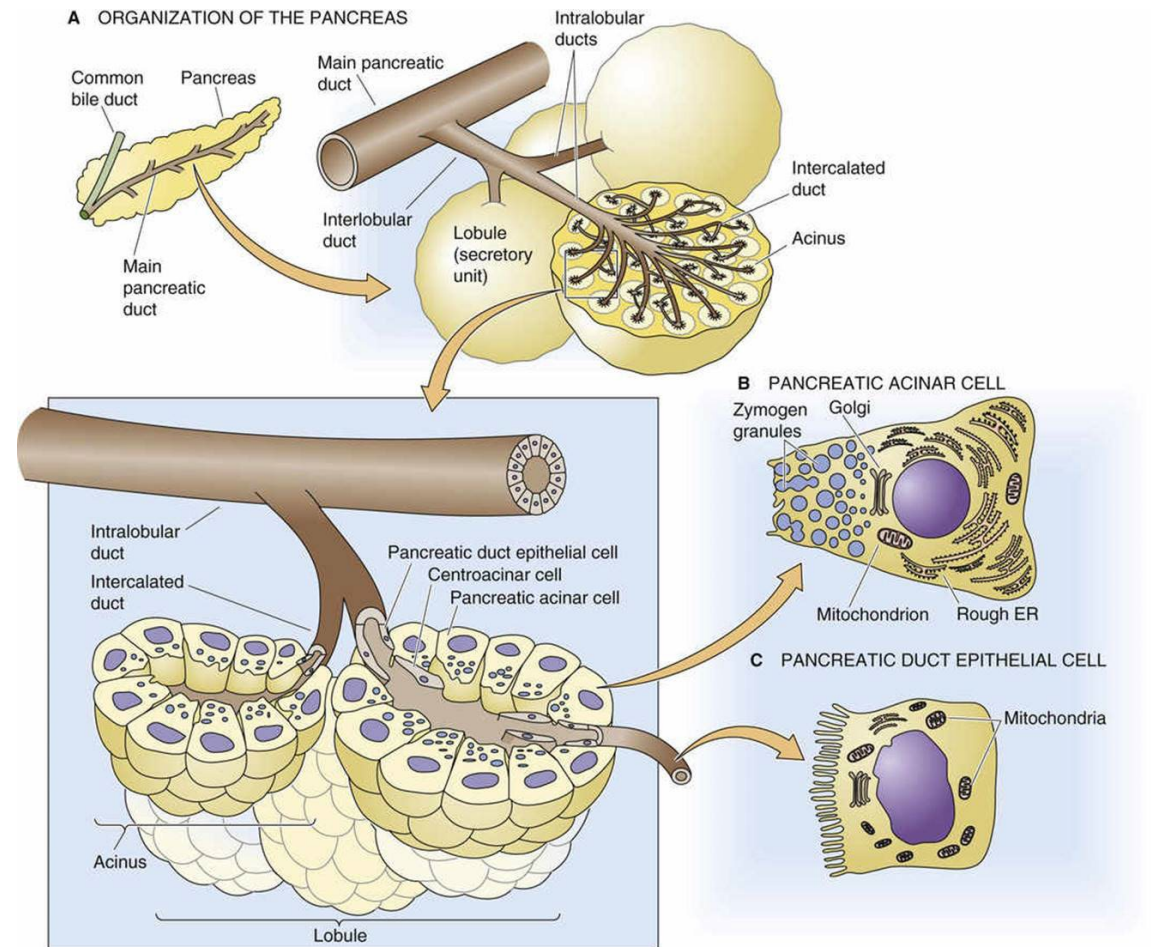
- Producerar och frisätter digestionsenzymer och en bikarbonatrik vätska
- Nervös reglering via vagus (Ach och VIP)
- Hormonell reglering via **sekretin** som aktiverar frisättning av **bikarbonat** från körtelceller och **kolecystokinin (CCK)** som aktiverar frisättning av **enzymer** från acinarceller.



**Primär funktion i magtarmkanalen:** Leverera enzymer för spjälkning av tarminnehållet. Frisätter stora mängder bikarbonat som neutraliserar det sura tarminnehållet så att enzymerna kan fungera optimalt.

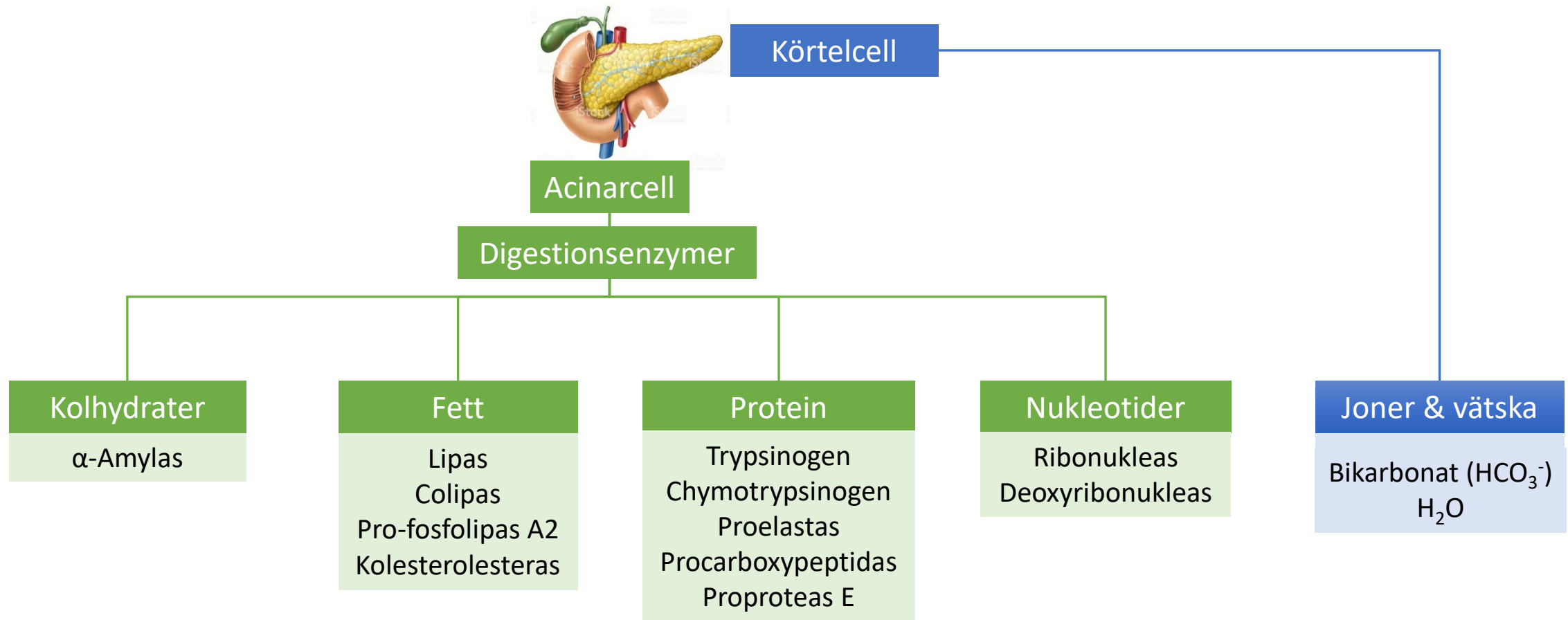
# Exokrina pankreas

- Producerar och frisätter digestionsenzymer och en bikarbonatrik vätska
- Nervös reglering via vagus (Ach och VIP)
- Hormonell reglering via **sekretin** som aktiverar frisättning av **bikarbonat** från körtelceller och **kolecystokinin (CCK)** som aktiverar frisättning av **enzymer** från acinarceller.



**Primär funktion i magtarmkanalen:** Leverera enzymer för spjälkning av tarminnehållet. Frisätter stora mängder bikarbonat som neutraliserar det sura tarminnehållet så att enzymerna kan fungera optimalt.

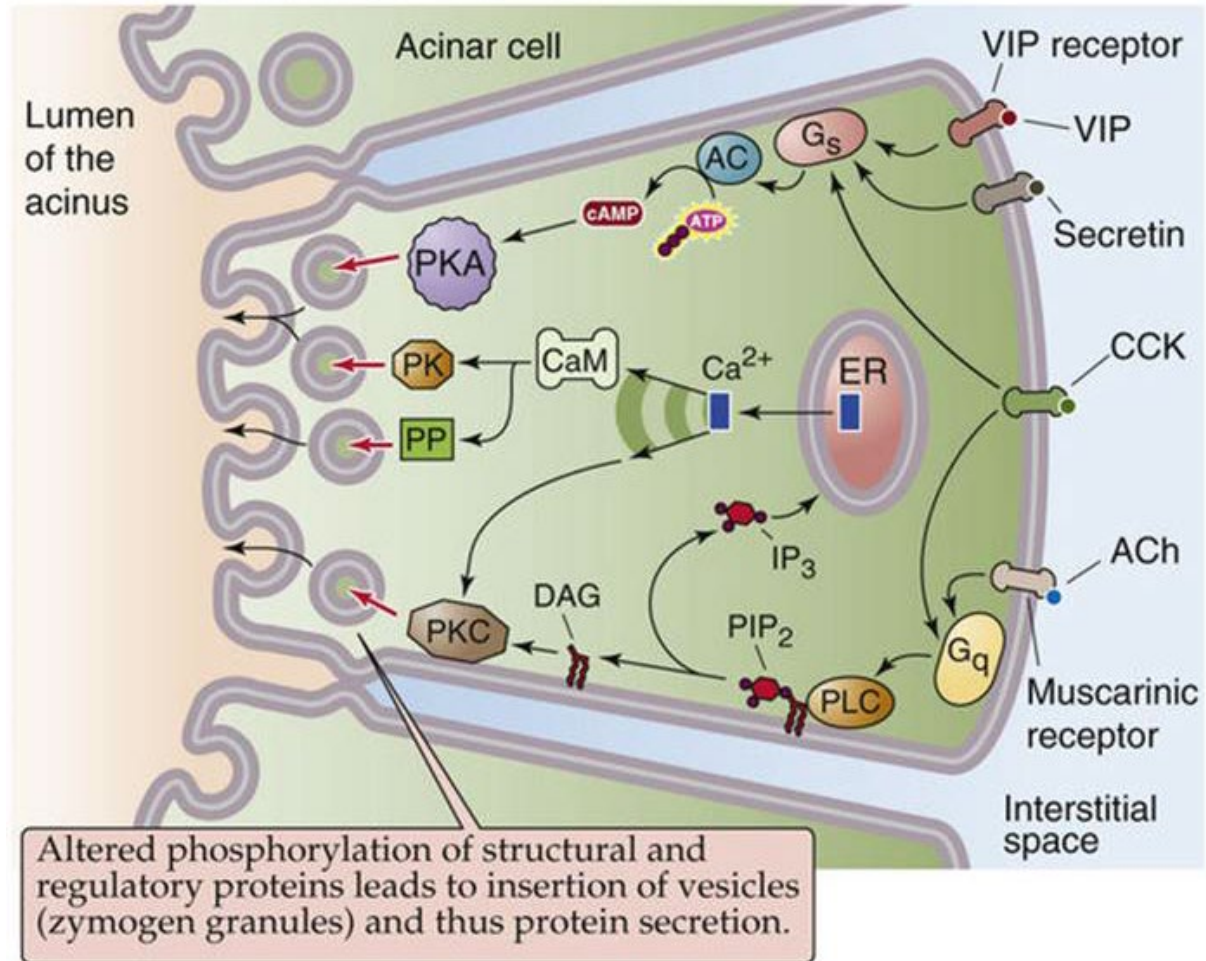
# Exokrina pankreas



Pankreasenzymerna är aktiva i **neutralt pH**. Bikarbonaten neutraliserar tarminnehållet så att enzymerna kan fungera optimalt.

# Enzymsekretion

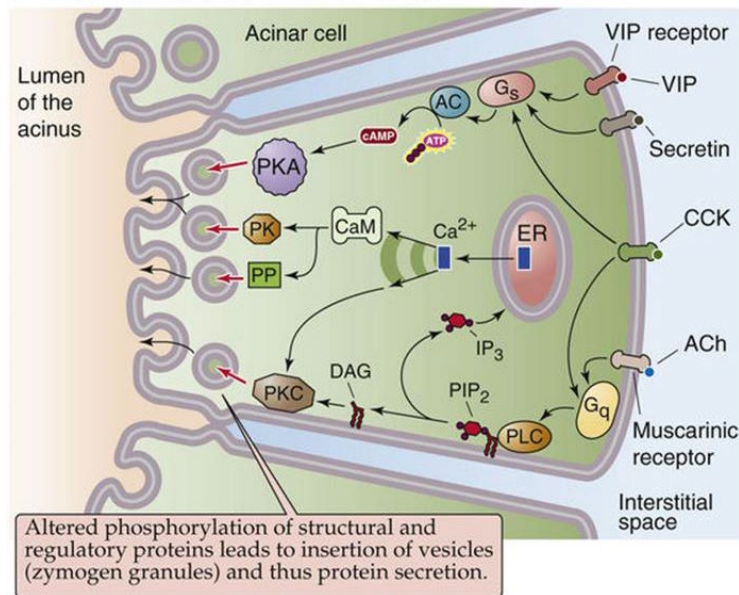
## Acinar cell



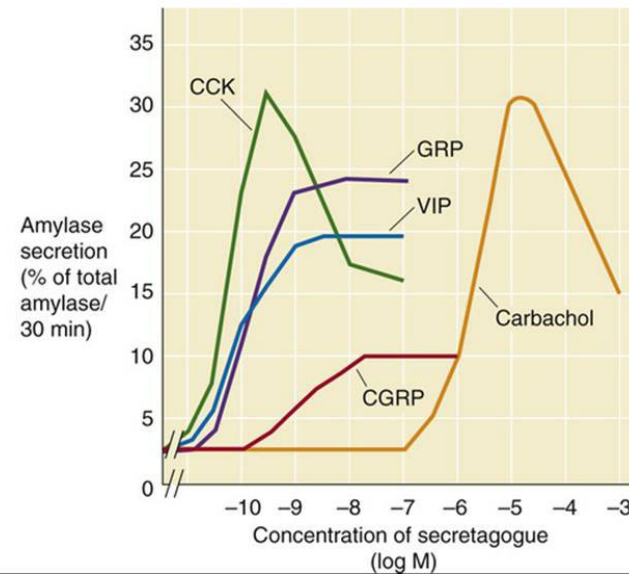
Neuronalreglering via ACh och VIP. Hormonell reglering via sekretin och CCK.

# Enzymsekretion

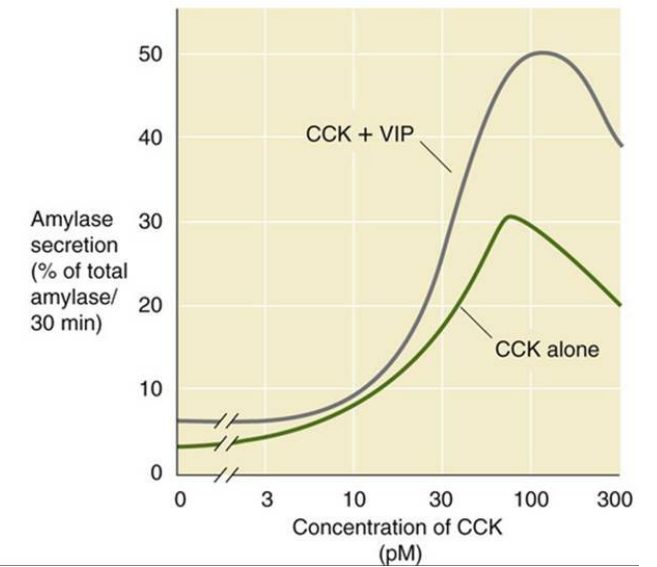
## Acinarcell



**A PANCREATIC SECRETAGOGUES**



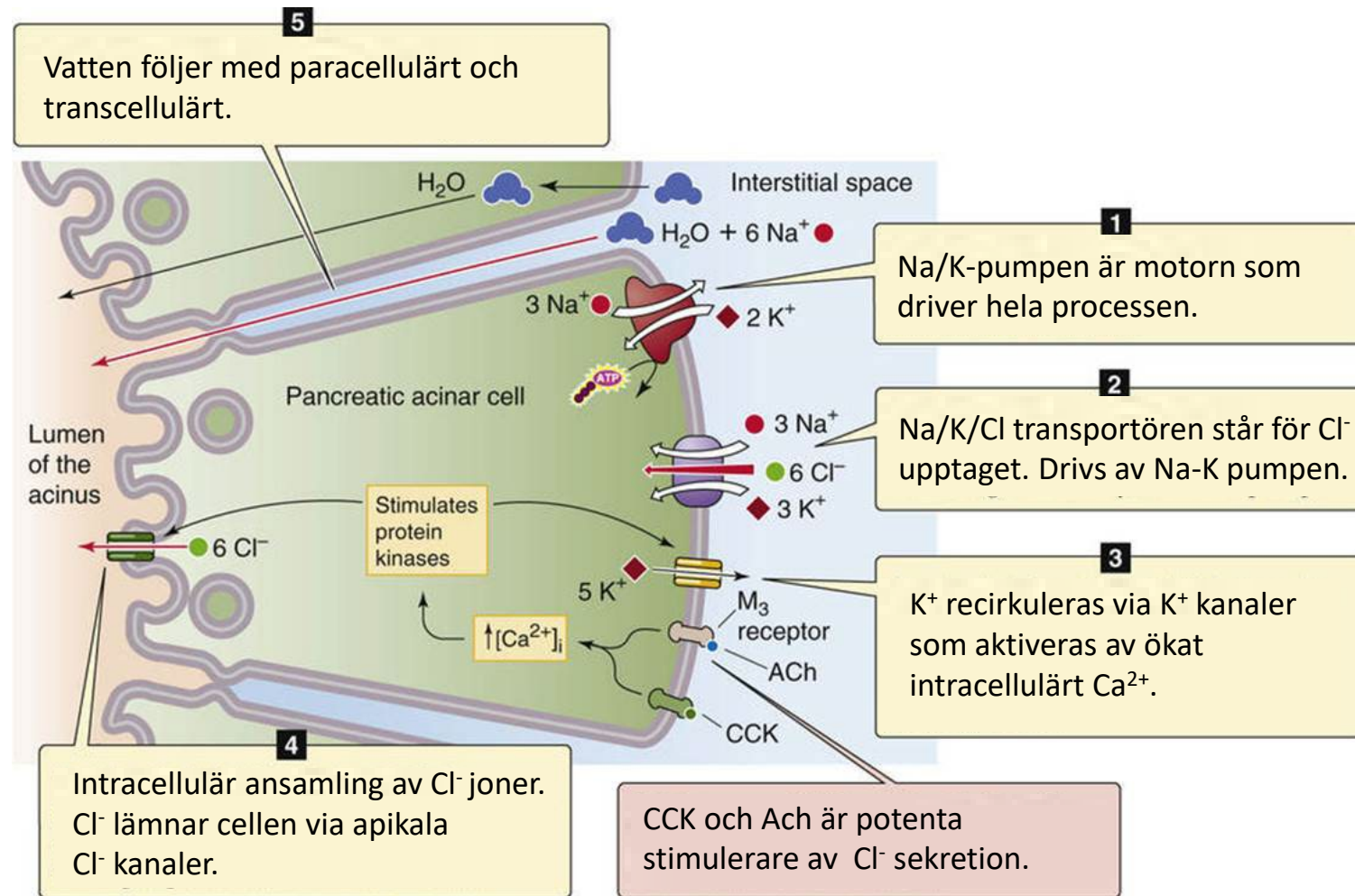
**B POTENTIATED SECRETAGOGUE RESPONSE**



Additiv och viss synergistisk effekt av att kombinera cAMP & Ca<sup>2+</sup> signalering. CCK och sekretin kan tillsammans tömma hela acinarcellen på sitt enzyminnehåll.

# Vätskesekretion

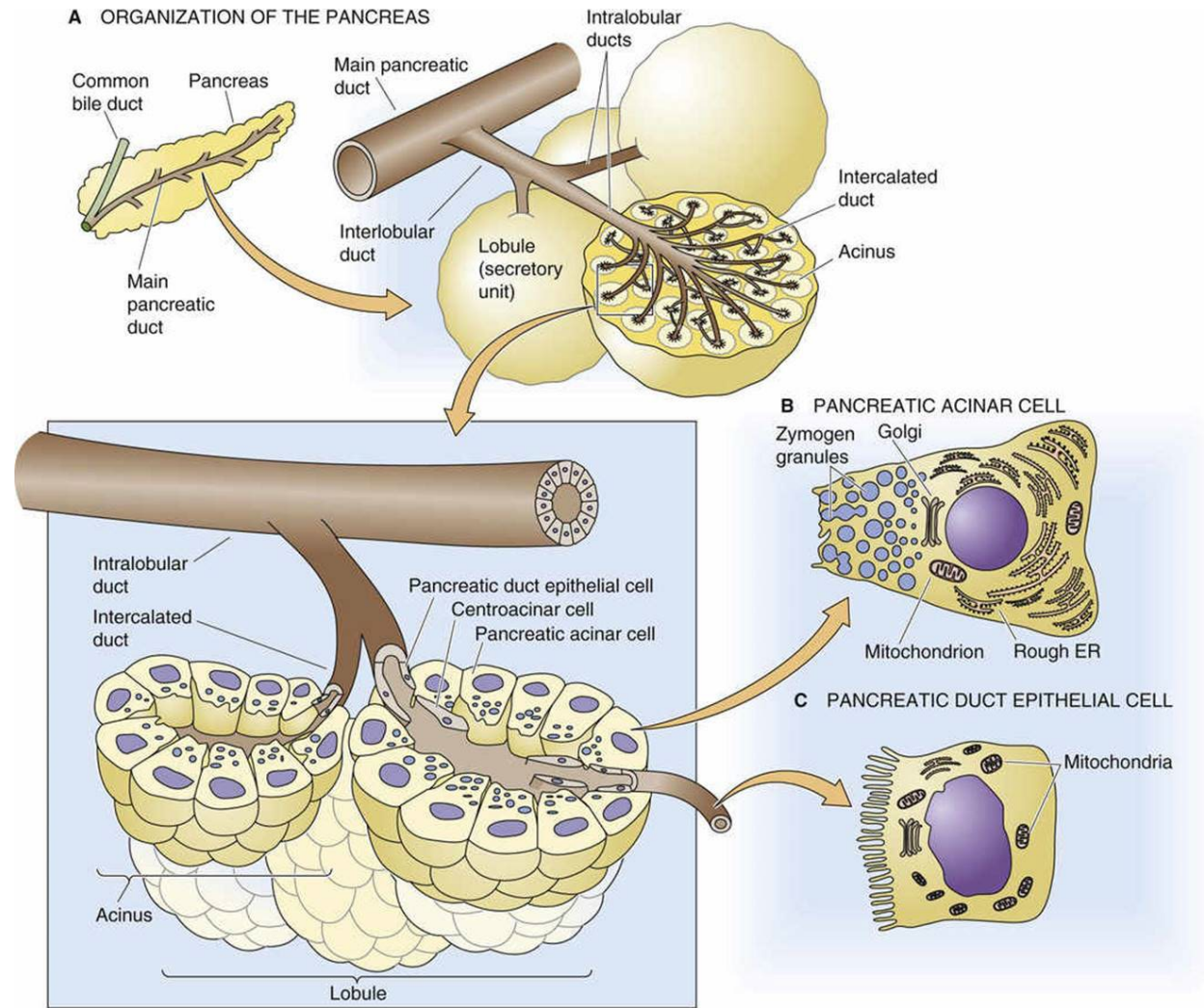
## Acinarcell



Paralell sekretion av enzymer och vätska ser till att enzymerna transporteras ut i körtelgångarna. Kloridsekretion driver vätskesekretion

# Vätskesekretion

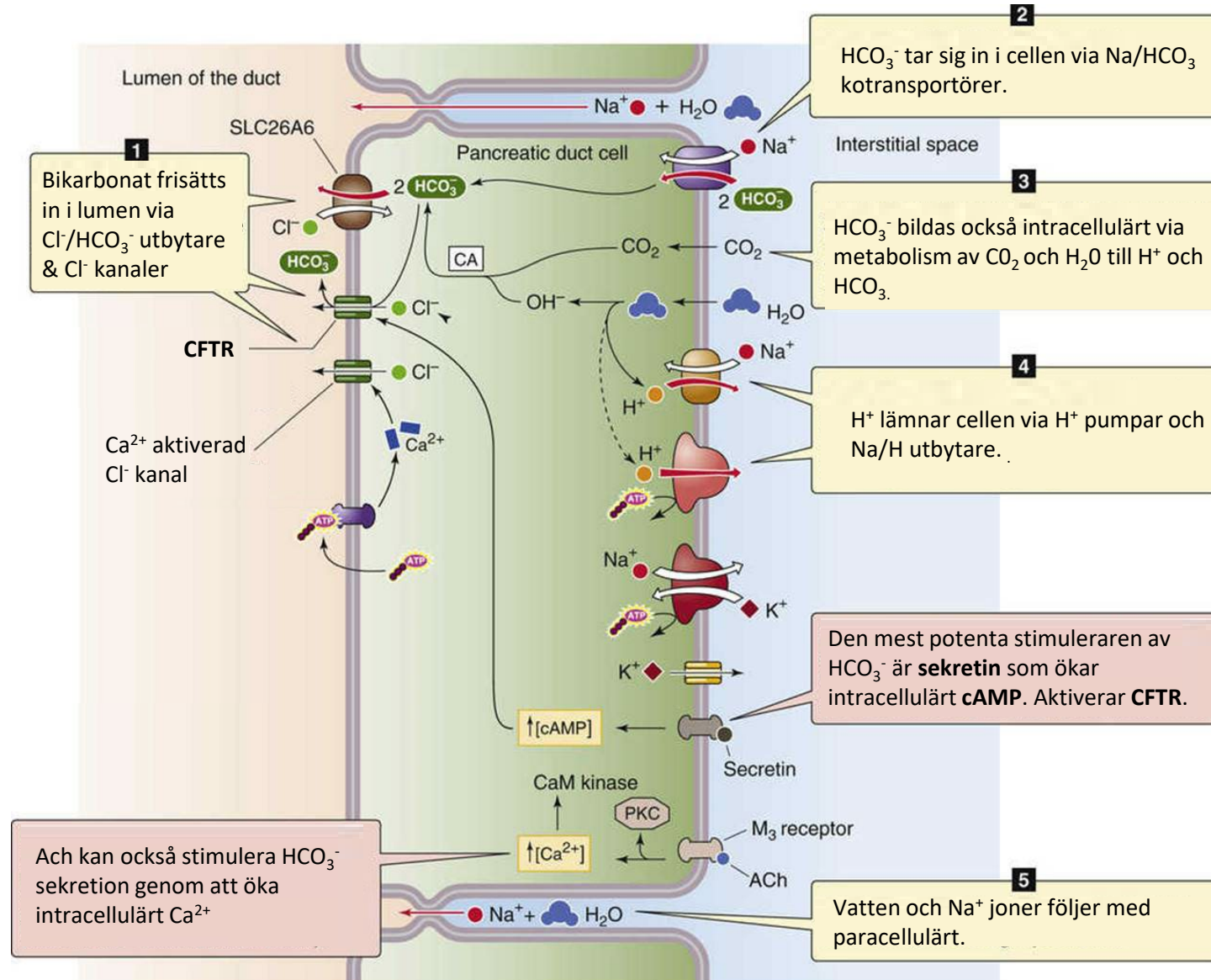
## Acinarcell



Parallell sekretion av enzymer och vätska ser till att enzymerna transporteras ut i körtelgångarna. Kloridsekretionen driver vätskesekretionen genom att bygga upp ett osmotiskt tryck.

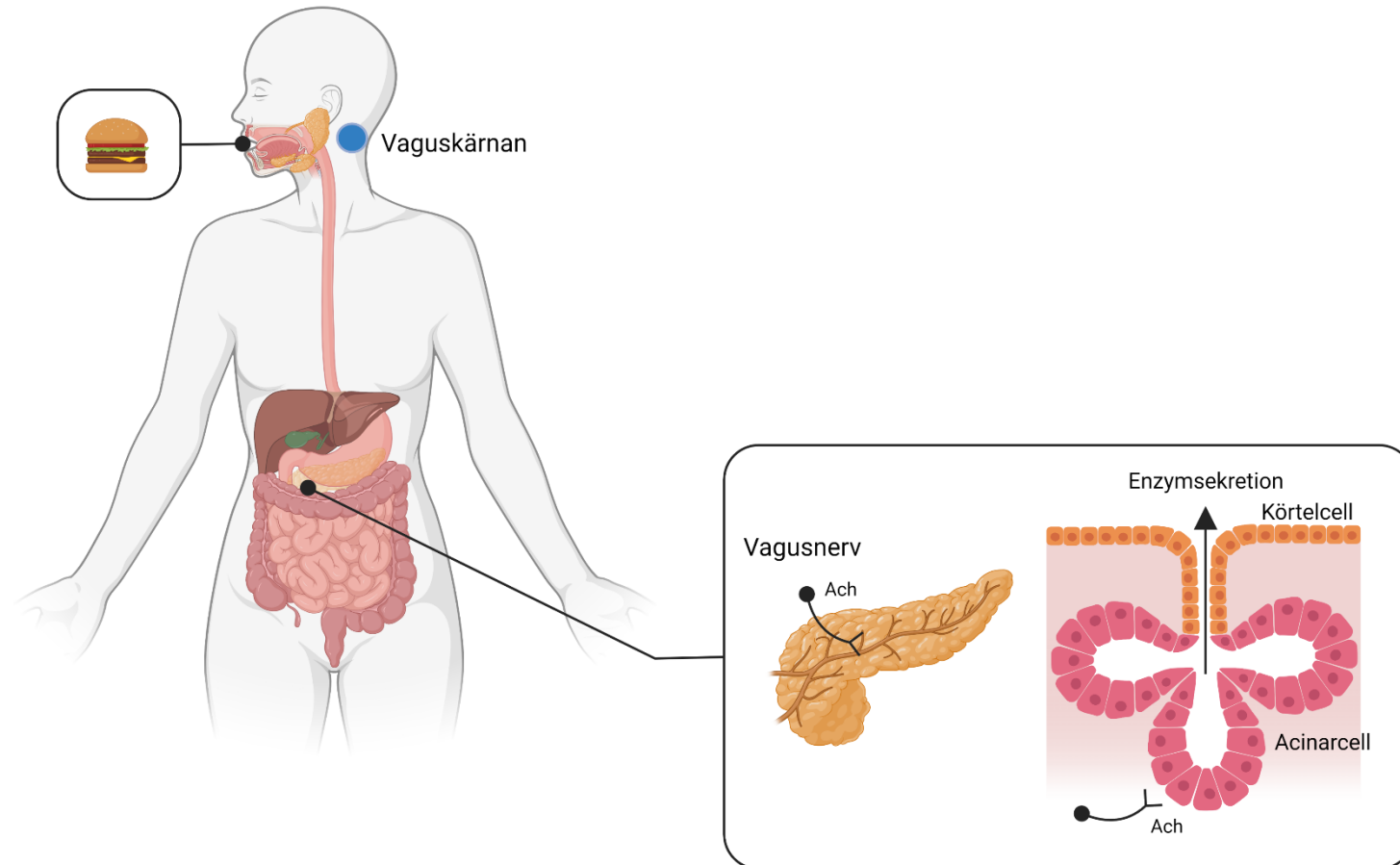
# Bikarbonatsekretion

## Körtelcell



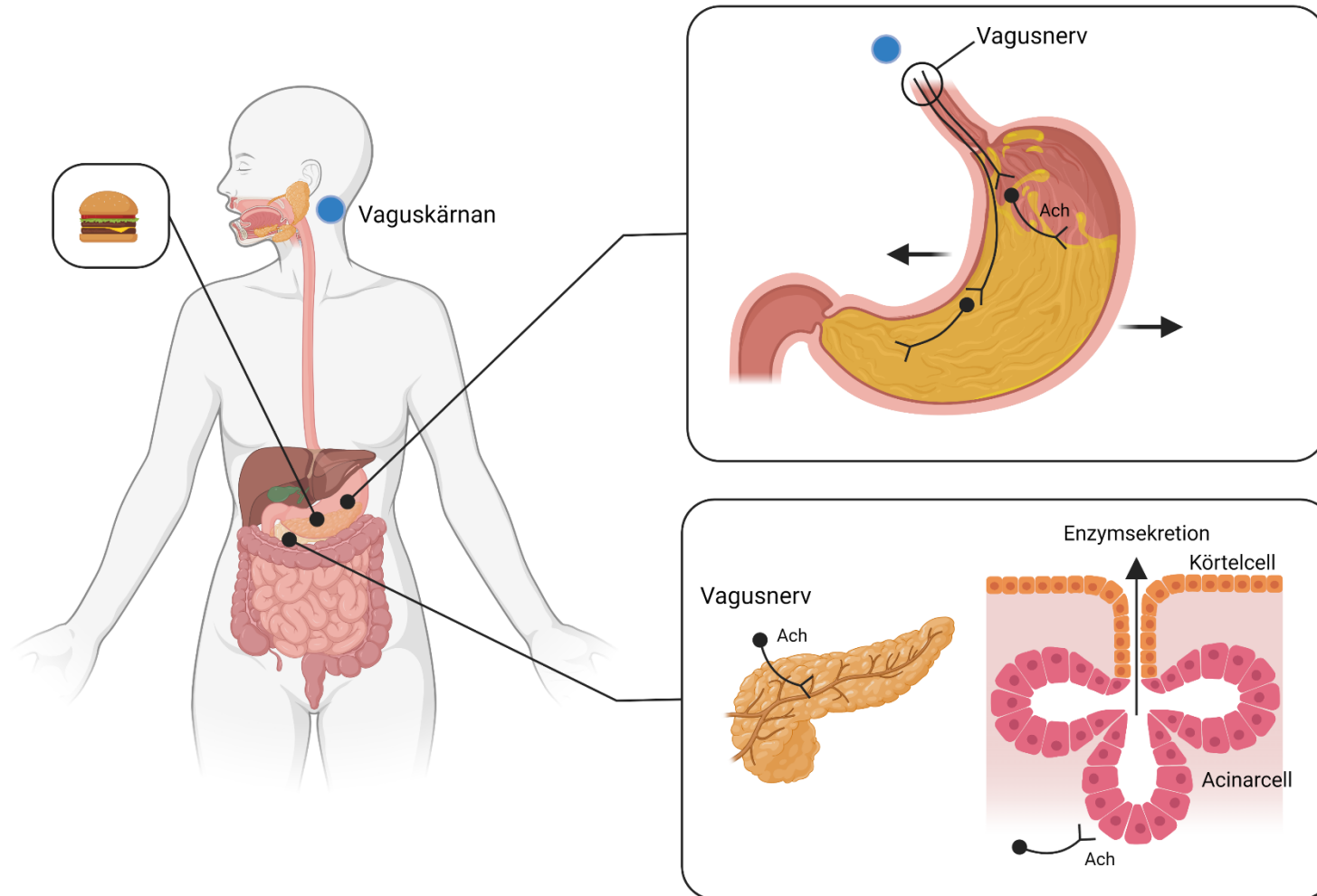
# Pankreas roll i nedbrytningsprocessen

## Kefalafasen



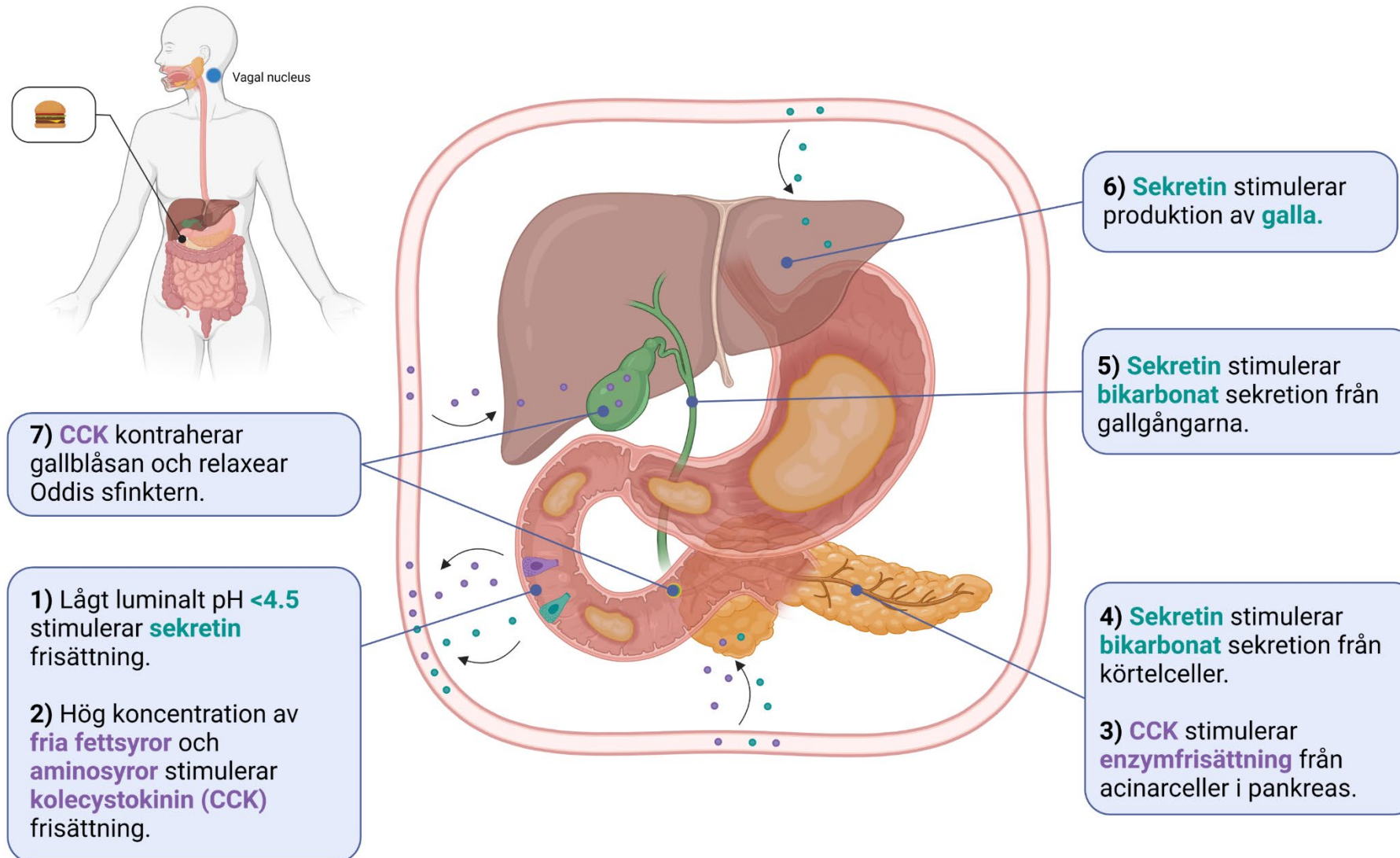
# Pankreas roll i nedbrytningsprocessen

## Gastriskafasen



# Pankreas, levern och gallblåsans roll i nedbrytningsprocessen

## Intestinalafasen



# Reglering av nedbrytningsprocessen

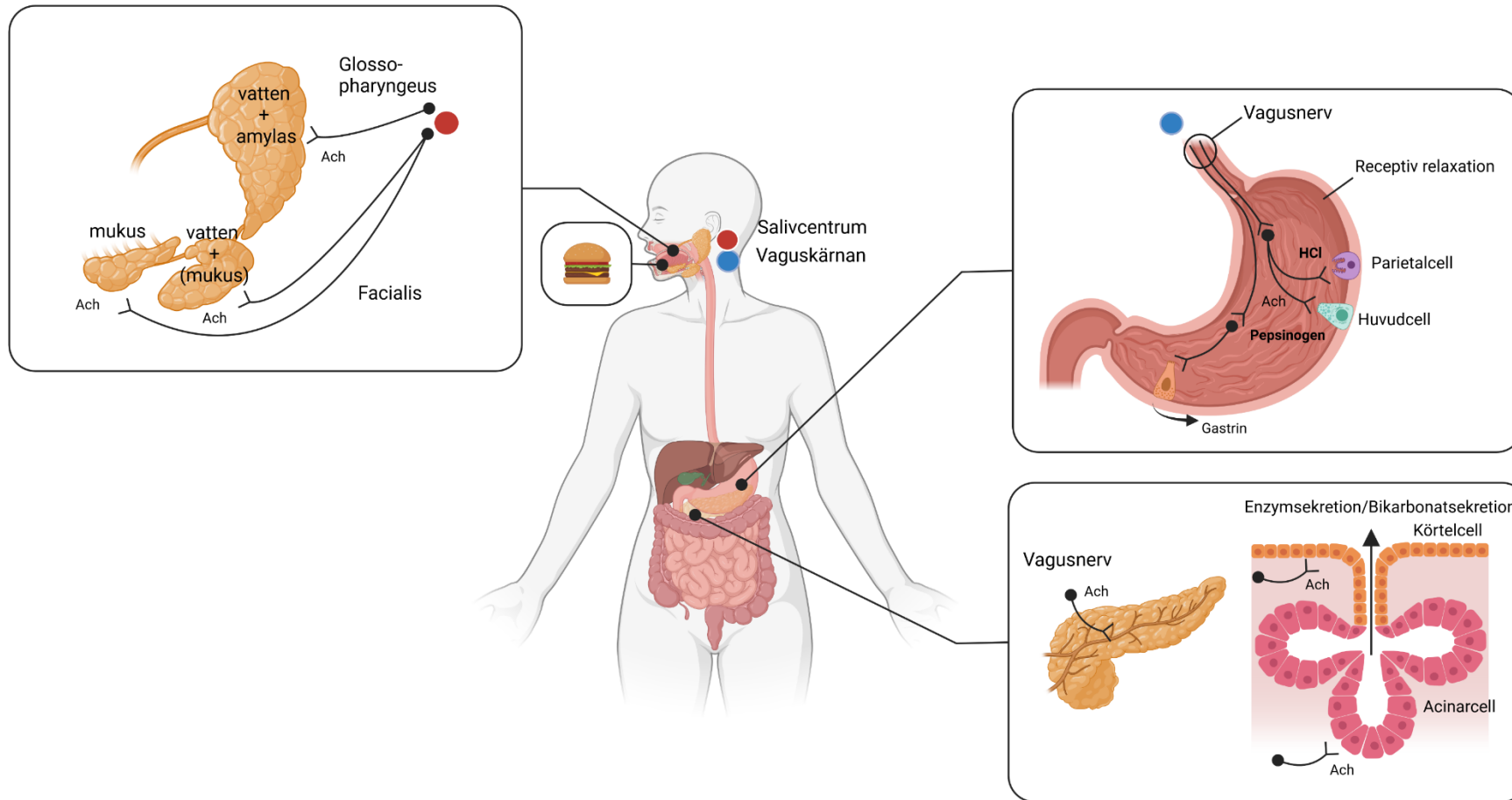
## Tunntarmen

- “Ileal break”: Höga koncentrationer av näringsämnen i ileum (främst fett men även kolhydrater och protein) hämmar mer proximala delar av magtarmkanalen.
- Enteroendokrinaceller i ileum känner av tarminnehållet och frisätter **peptid YY** och **GLP-1** ut i cirkulationen.
- Hämning av magsäckssekretion, magsäckstömning, pankreassekretion och den propagerande tarmmotoriken (peristaltik).
- Aktivering av blandningsmotorik i tunntarmen (segmentation).
- Effektiviserar nedbrytnings och upptagsprocessen genom att öka tiden för hur länge maten hålls i magtarmkanalen.
- “Colonic break”: PYY, (GLP-1)
- “Jejunal break” : PYY, GLP-1
- “Duodenal break”: Sekretin, CCK



# Reglering av nedbrytningsprocessen

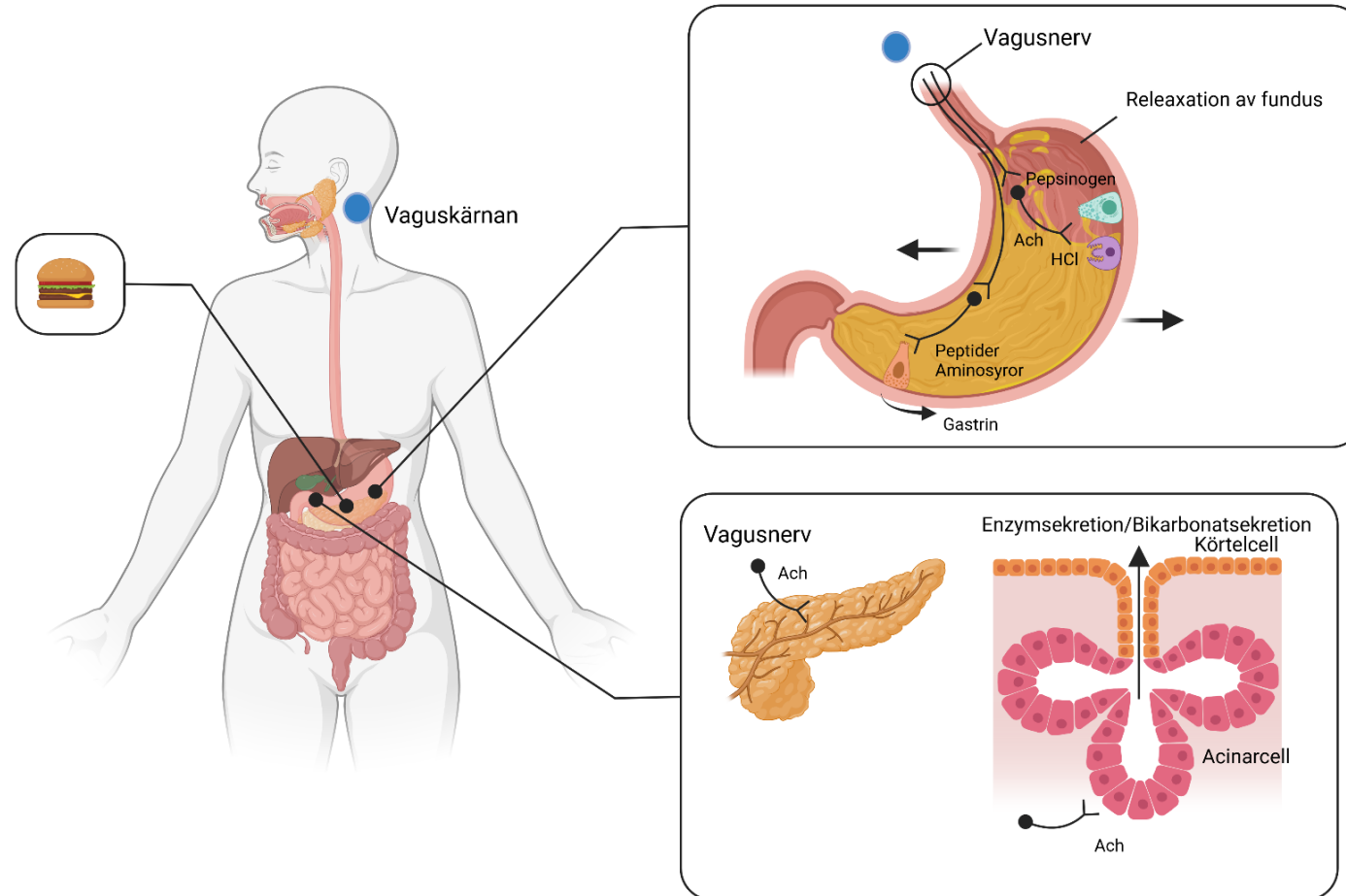
## Kefala fasen



Stimuleras av **smak, lukt** och **tuggning**.

# Reglering av nedbrytningsprocessen

## Gastriska fasen



# Reglering av nedbrytningsprocessen

## Intestinala fasen

