

Biomi 5

B15

2. Hermoston rakenne ja toiminta



Luvun tavoitteena on

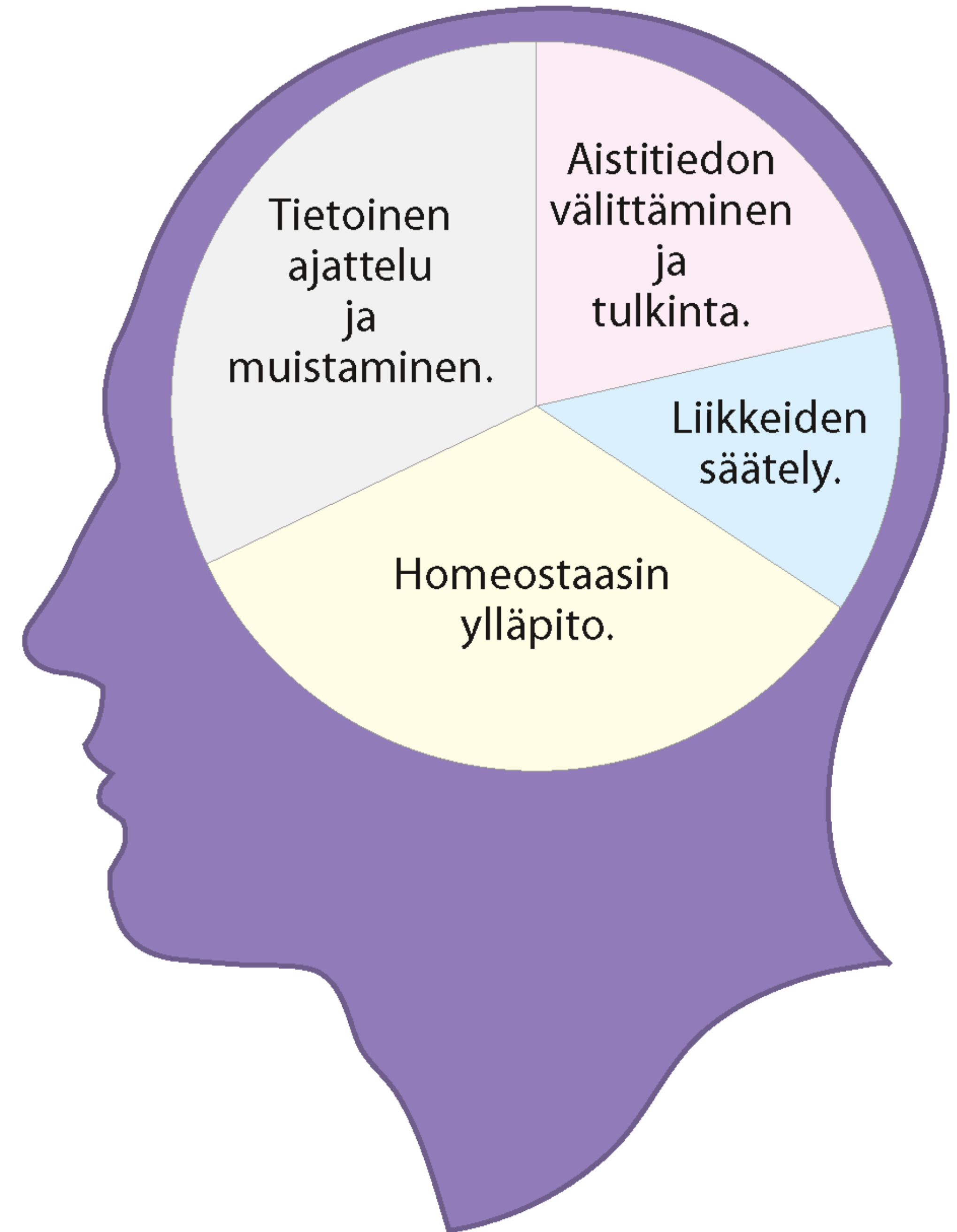
- osata nimetä hermostoon kuuluvat perusrakenteet
- osata nimetä hermosolun rakenteen osia
- osata selittää hermoimpulssin muodostuminen ja eteneminen
- ymmärtää hermoston merkitys elimistön toiminnan säätelyssä

Hermoston tehtävät

Kehon eri osien välillä on kuljettava tietoa, jotta ne toimisivat yhdessä tarkoituksenmukaisesti.

Hermosto

- ohjaa liikkumista ja sisäelinten lihasten toimintaa
- mittaa kehon sisäistä tasapainoa aistinsolujen avulla
- mahdollistaa aistien tuottaman tiedon ymmärtämisen ja tunteiden tuntemisen
- mahdollistaa ajattelun ja muistamisen

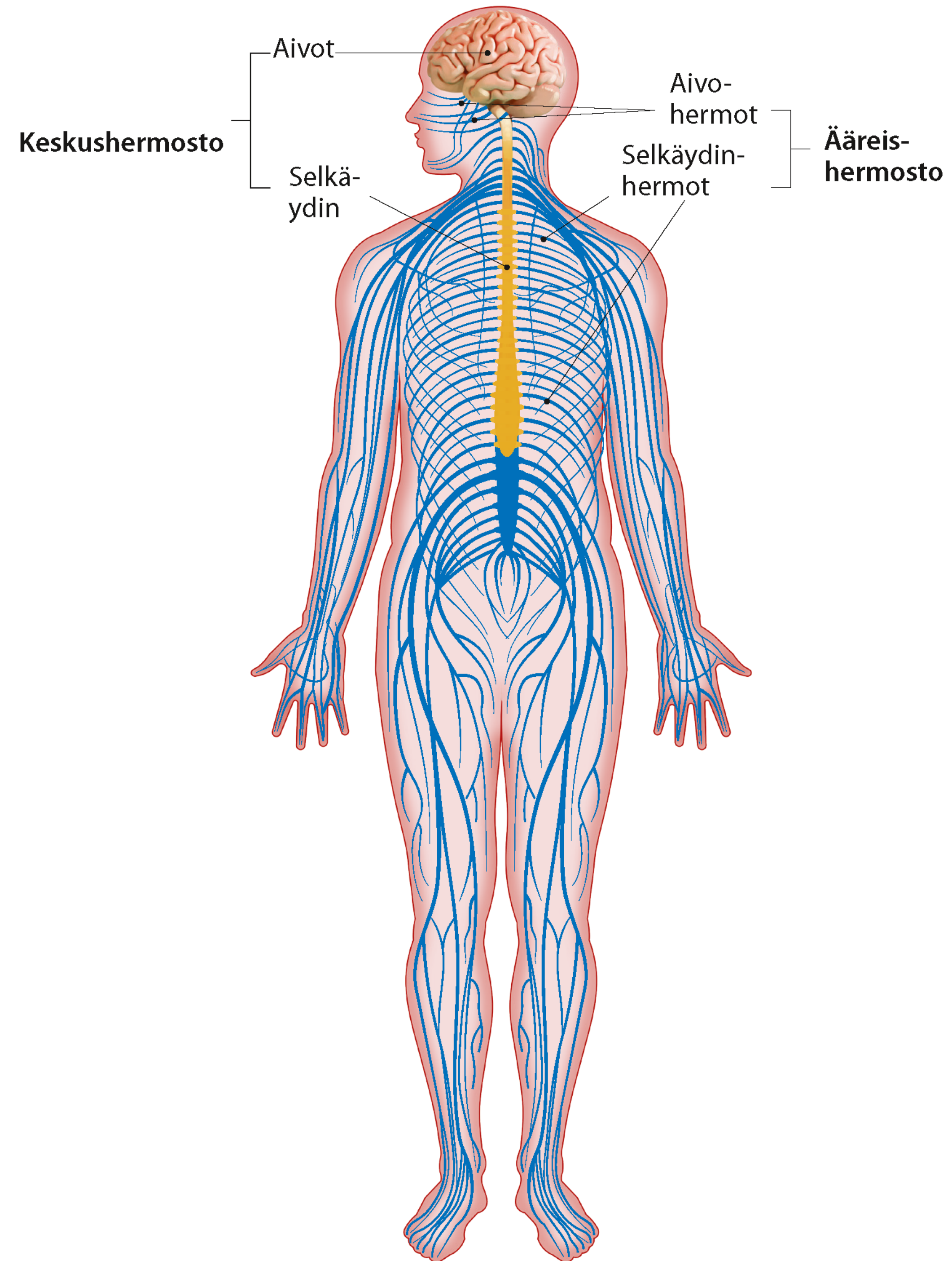


I Hermosolut ja niiden toiminta



Hermosto

- Hermosto koostuu **keskushermostosta** ja **ääreishermostosta**.
- Hermokudos koostuu hermosoluista ja hermotukisolusta.
- **Hermosolut** viestivät solukalvon sähköisten muutosten avulla.
- **Hermotukisolut** eristävät, tukevat ja korjaavat hermokudosta.

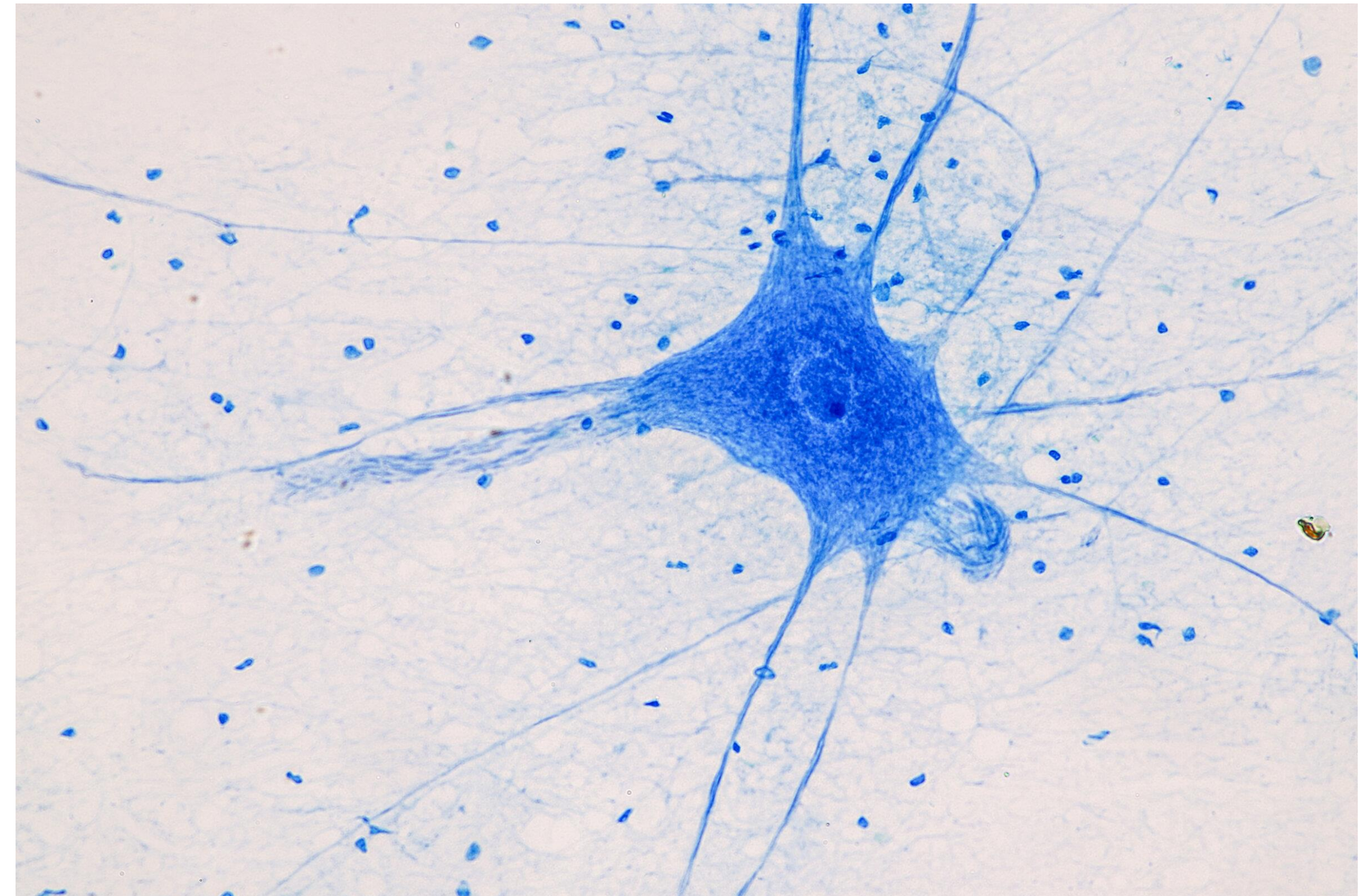




Hermosolu

Ääreishermoston liikehermon
hermosolu

- **tuojahaarakkeet** tuovat sähköisiä signaaleja **solukeskukseen**
- **viejähaarake** vie sähköisen signaalin solukeskuksesta eteenpäin (hermoimpulssin muodossa)

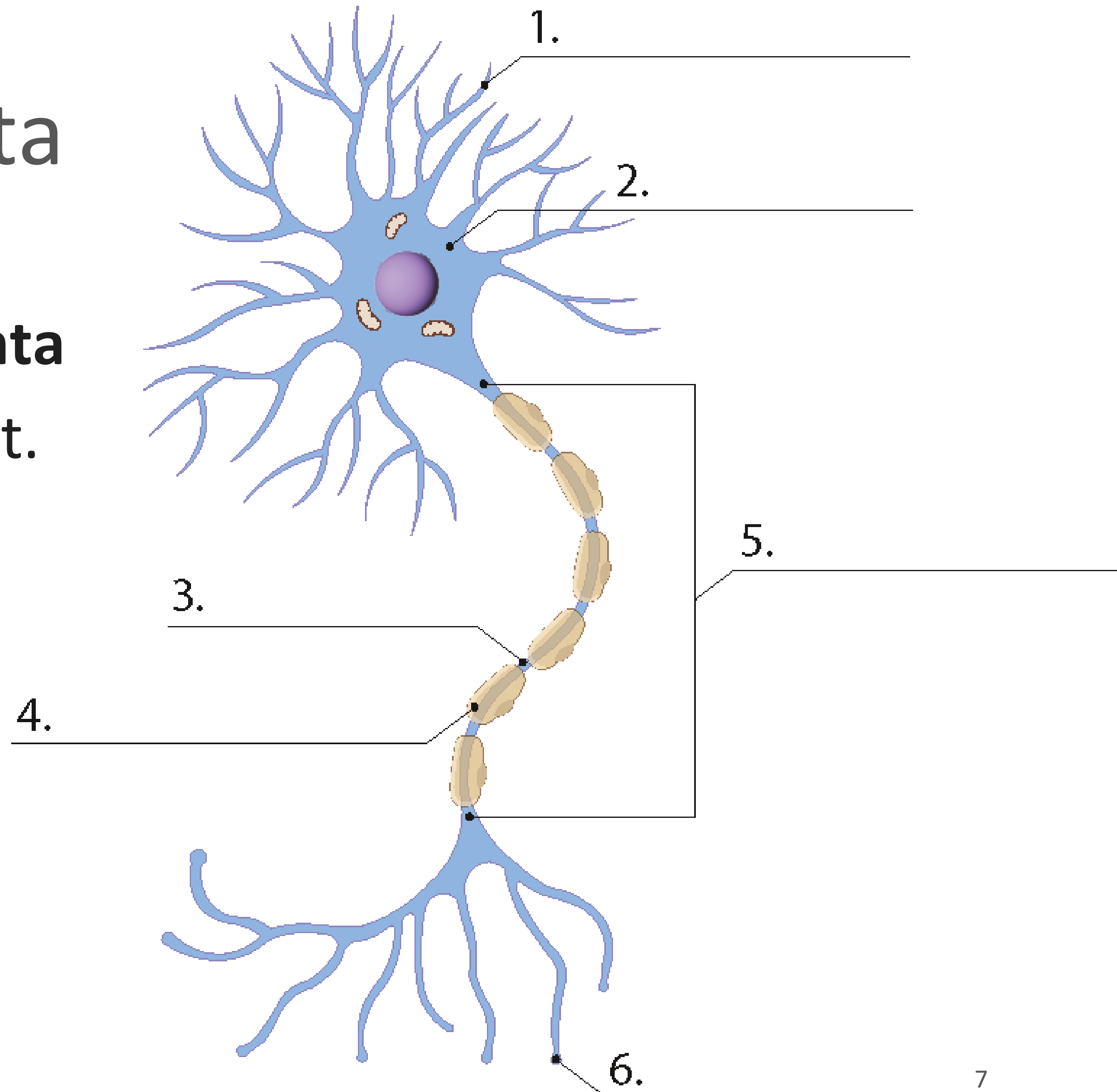


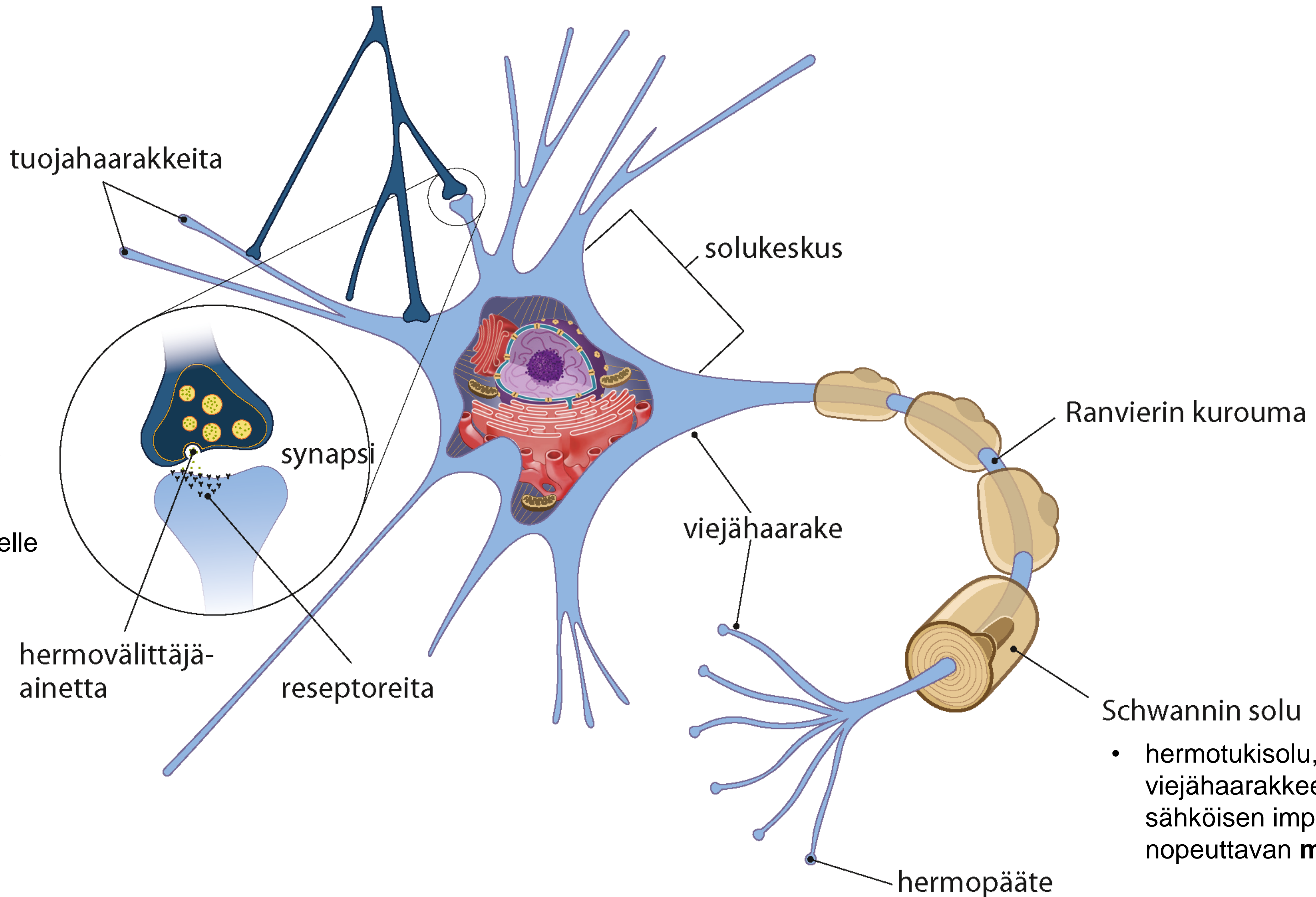
TEHTÄVÄ 5 digikirjasta

Hermosolun rakenne ja toiminta

Nimeä kuvaan merkityt kohteet.

Kerro, mitä hermosolun solukalvolla tapahtuu merkityissä kohdissa.





- hermoliitos, jossa tieto siirtyy kemiallisesti hermosolulta toiselle

- hermotukisolu, joka muodostaa viejähaarakkeen ympärille sähköisen impulssin kulkua nopeuttavan **myeliinitupen**

1. tuojahaarake

Tuojahaarakkeeseen saapuu viestejä aistinsoluilta tai muilta hermosoluilta hermovälittäjäaineiden välittämänä. Solukalvolla tapahtuu pieniä, asteittaisia kalvojännitteen muutoksia kun ionikanavia aukeaa tai sulkeutuu hermovälittäjäaineen vaikutuksesta.

2. solukeskus

Solukeskuksen alueen solukalvolla tuojahaarakkeiden erilaiset jännitemuutokset summautuvat. Jos ärsytyskynnys ylittyy, viejähaarakkeessa muodostuu hermoimpulssi eli toimintajännite. Solukeskuksessa on myös tuma ja mitokondrioita, sekä hermovälittäjäaineita (kuten aminohappoja ja pieniä peptidejä) tuottavia rakenteita.

3. Ranvierin kurouma

Viejähaarakkeessa muodostunut hermoimpulssi etenee Ranvierin kuroumasta seuraavaan ikään kuin hyppien myeliinituppien yli. (Vain Ranvierin kurouman alueella on jänniteherkkiä ionikanavia.)

4. Schwannin solu

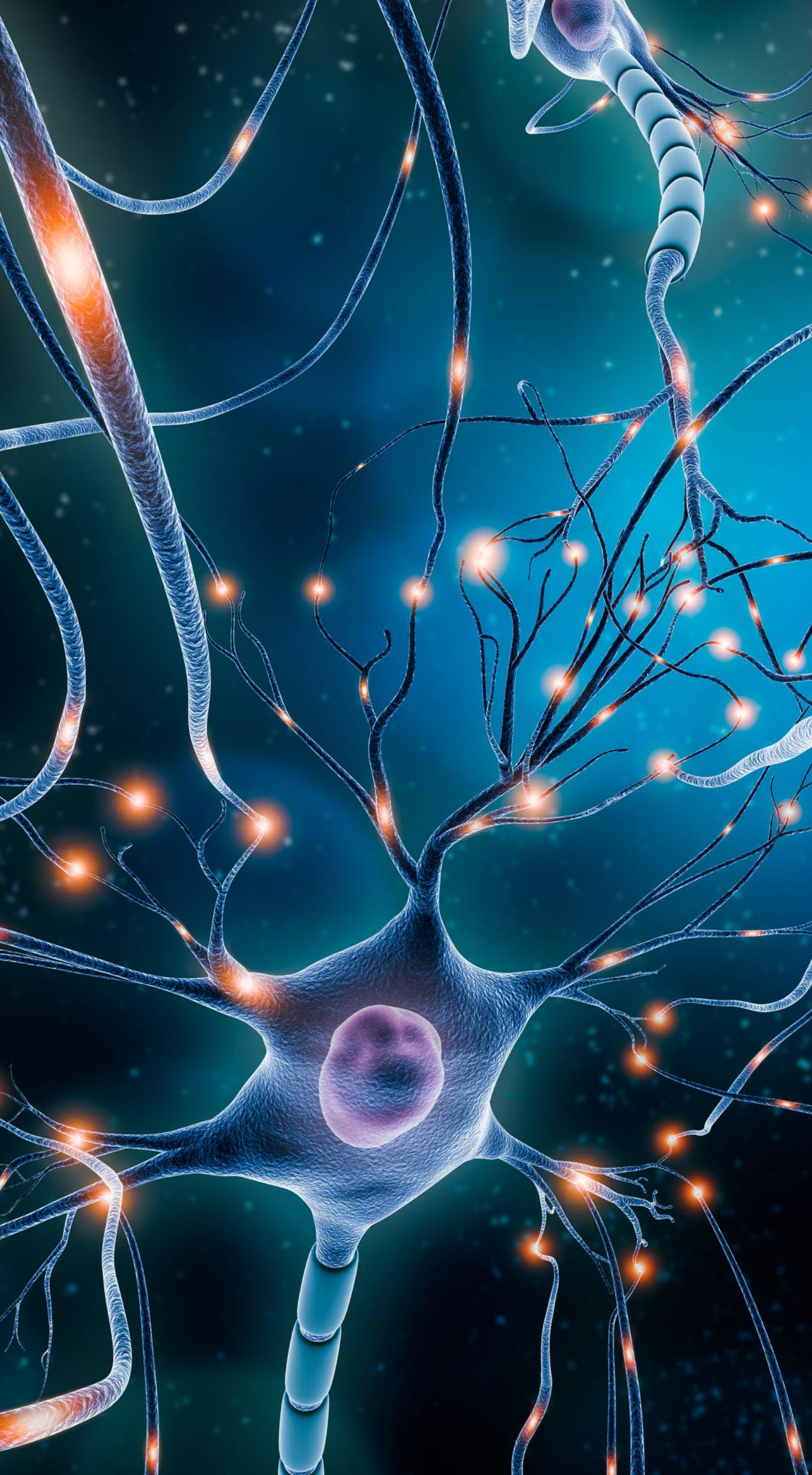
Schwannin solu muodostaa myeliinitupen viejähaarakkeen ympärille. Myeliinituppi toimii viejähaarakkeen solukalvon eristeenä. Se mahdollistaa hermoimpulssin nopeamman kulkemisen viejähaaraketta pitkin.

5. viejähaarake

Viejähaarakkeessa impulssi etenee kohti hermopäätettä jännitesäädelyjen ionikanavien auetessa ja sulkeutuessa kalvojännitteen muutosten mukaisesti.

6. hermopäätte

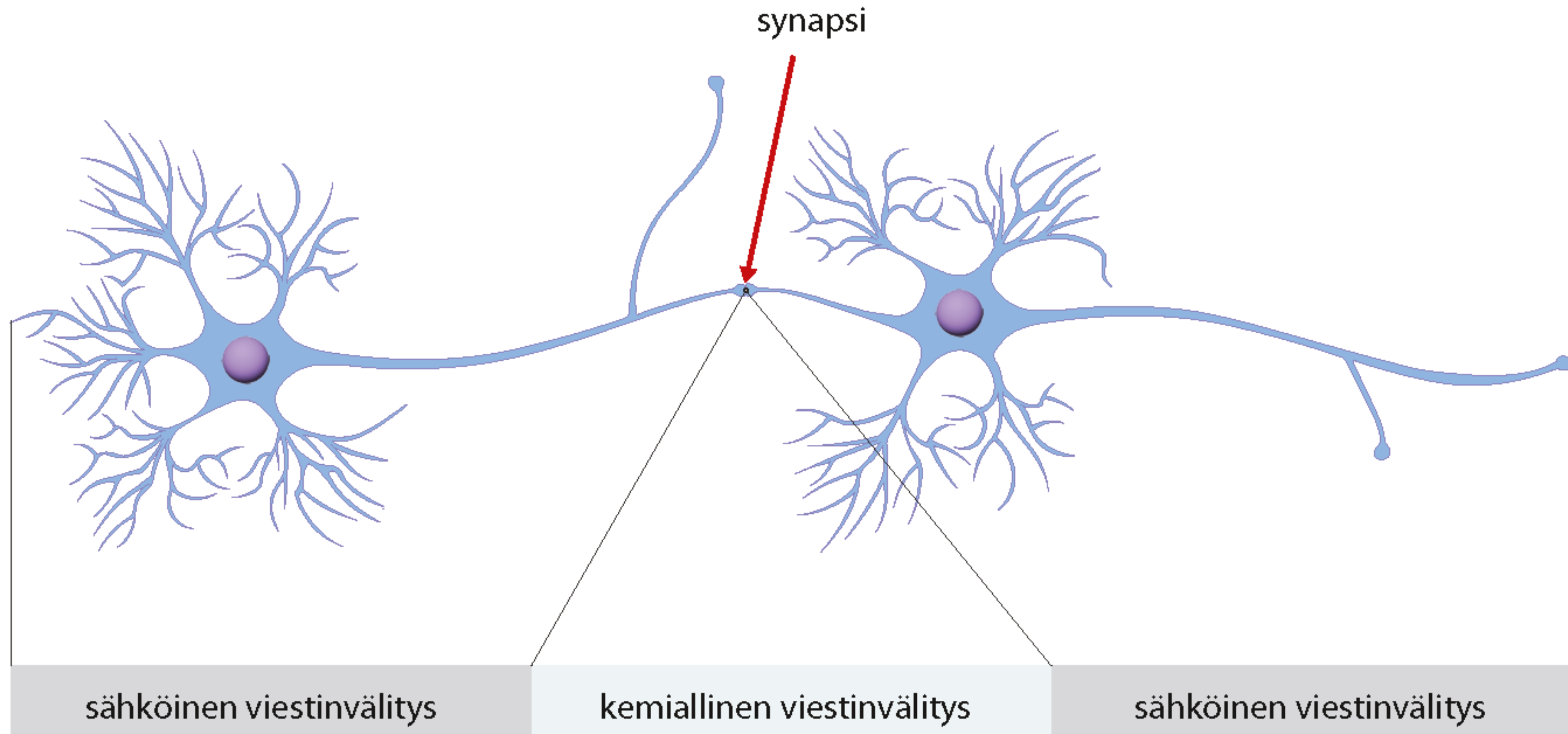
Hermopäätteessä (päätelevystä) vapautuu hermovälittäjäainetta synapsirakoon jos hermoimpulssi saavuttaa hermopäätteen. Hermovälittäjäaine voi ärsyttää toista hermosolua tai lihassolua



Hermosignaalit

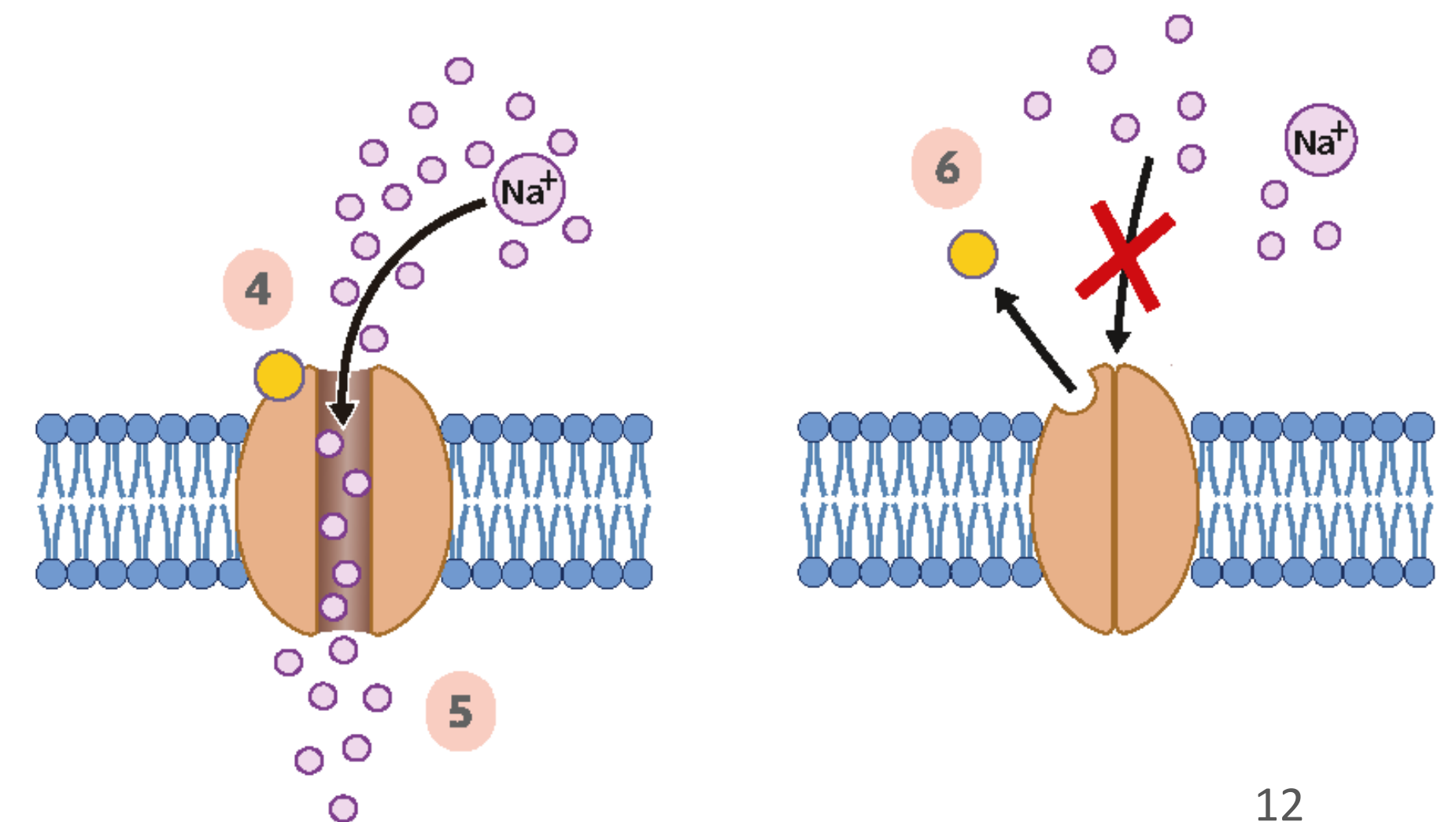
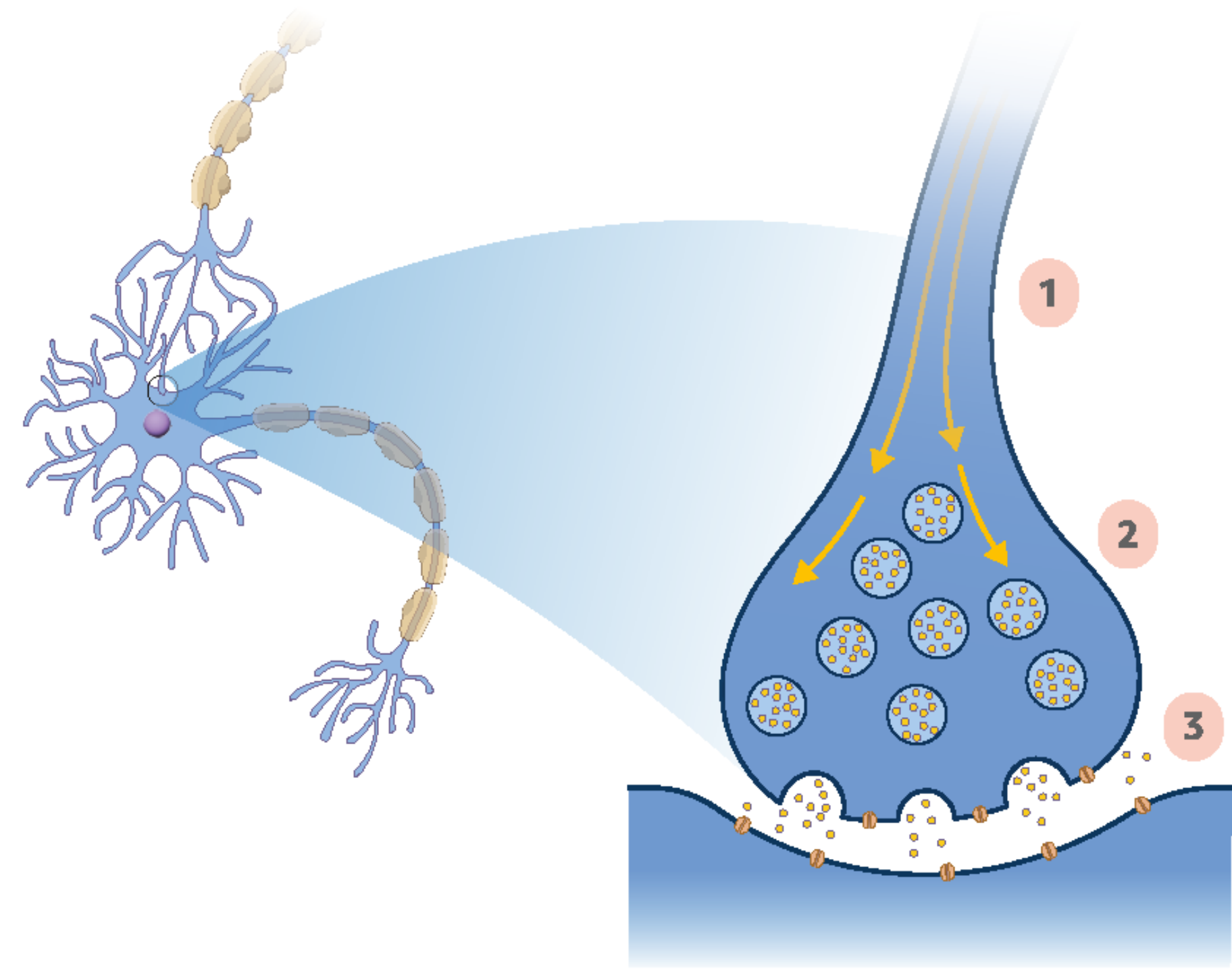
- ovat muutoksia **solukalvon jännitteessä**
- muodostuvat, kun solukalvon läpäisevyys jollekin ionille muuttuu
- **toimintajännite (aktiopotentiali)**
= hermoimpulssi

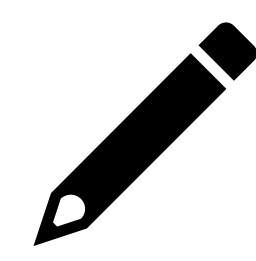
Viestin kulku hermosolujen välillä



Synapsi

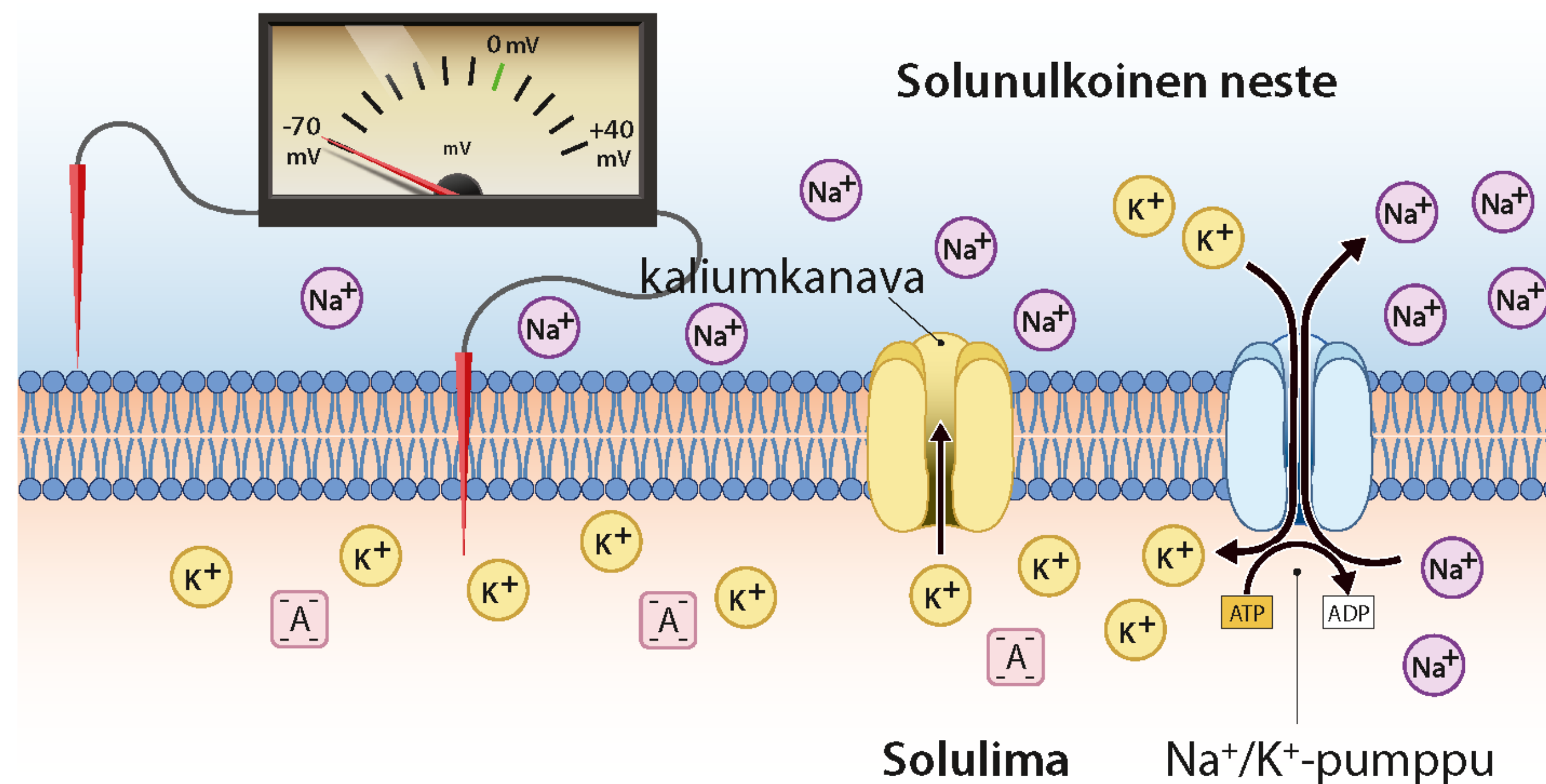
- Hermosolujen välillä tieto kulkee usein **hermovälittäjäaineiden avulla**
- Toimintajännite aikaansaa hermovälittäjäaineen vapautumisen **synapsirakoon**
- Välittäjäaine sitoutuu kohdesolun solukalvon **reseptoreihin**

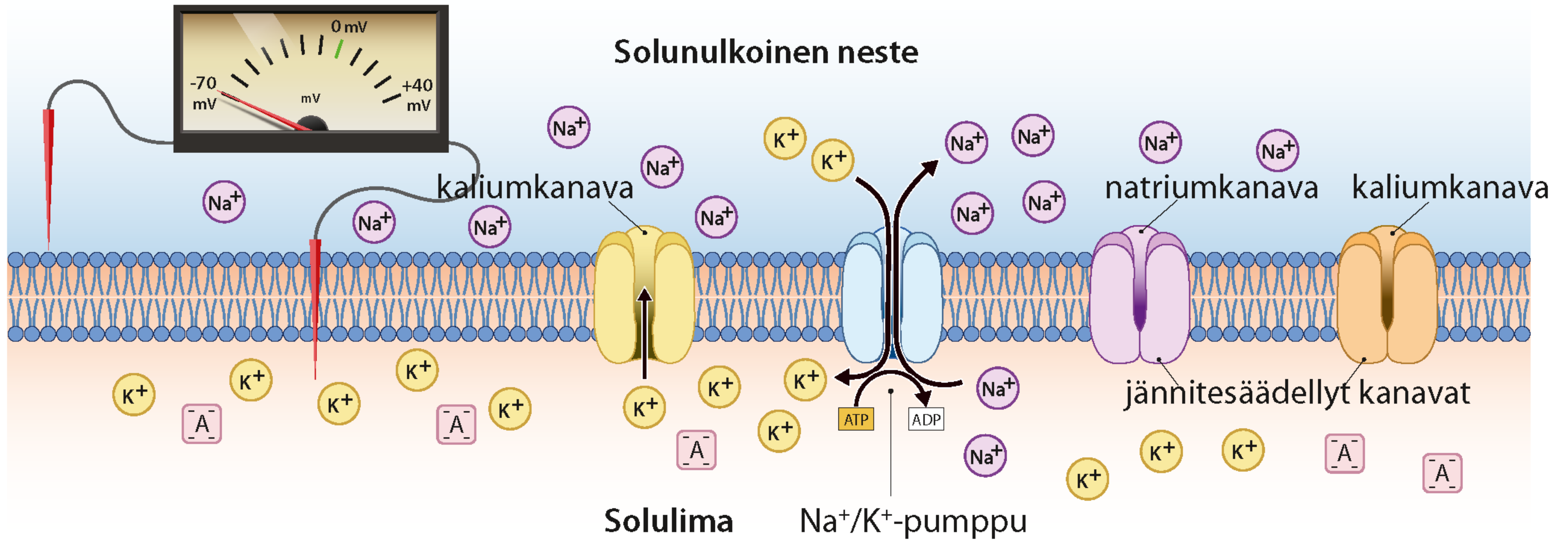




Lepojännite

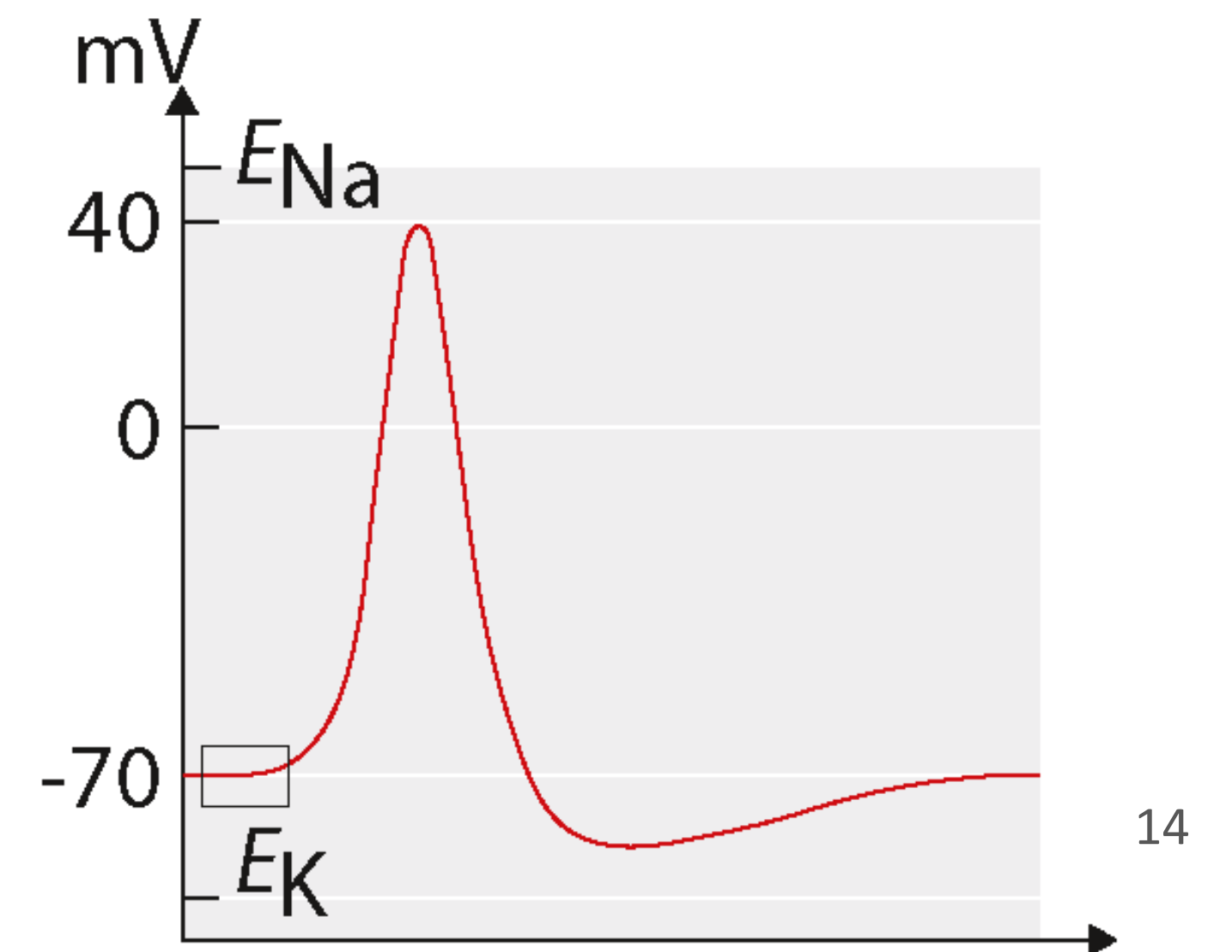
- Lepotilassa olevan hermosolun solukalvolla vallitsee **lepojännite**
- Solukalvon sisäpuolella on negatiivinen varaus ja ulkopuolella on positiivinen varaus
- Lepojännite aiheutuu natrium-kalium-pumpun toiminnasta ja aina avoimista kaliumkanavista





Jännitesäädelyt ionikanavat ovat lepojännitteen aikana kiinni

Lepojännitteen aikana jännite-ero hermosolussa n. -70 mV (millivolttia)



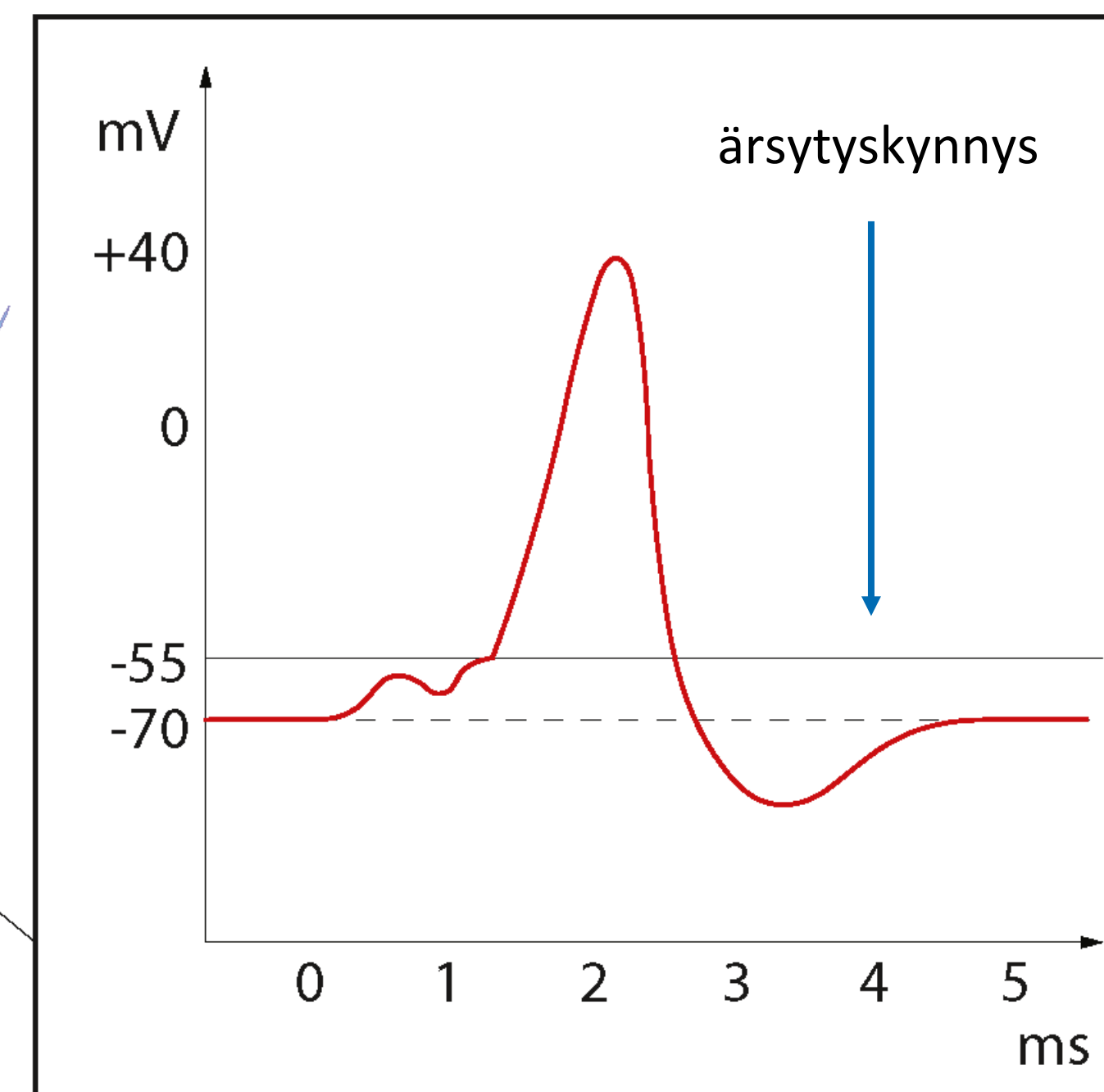
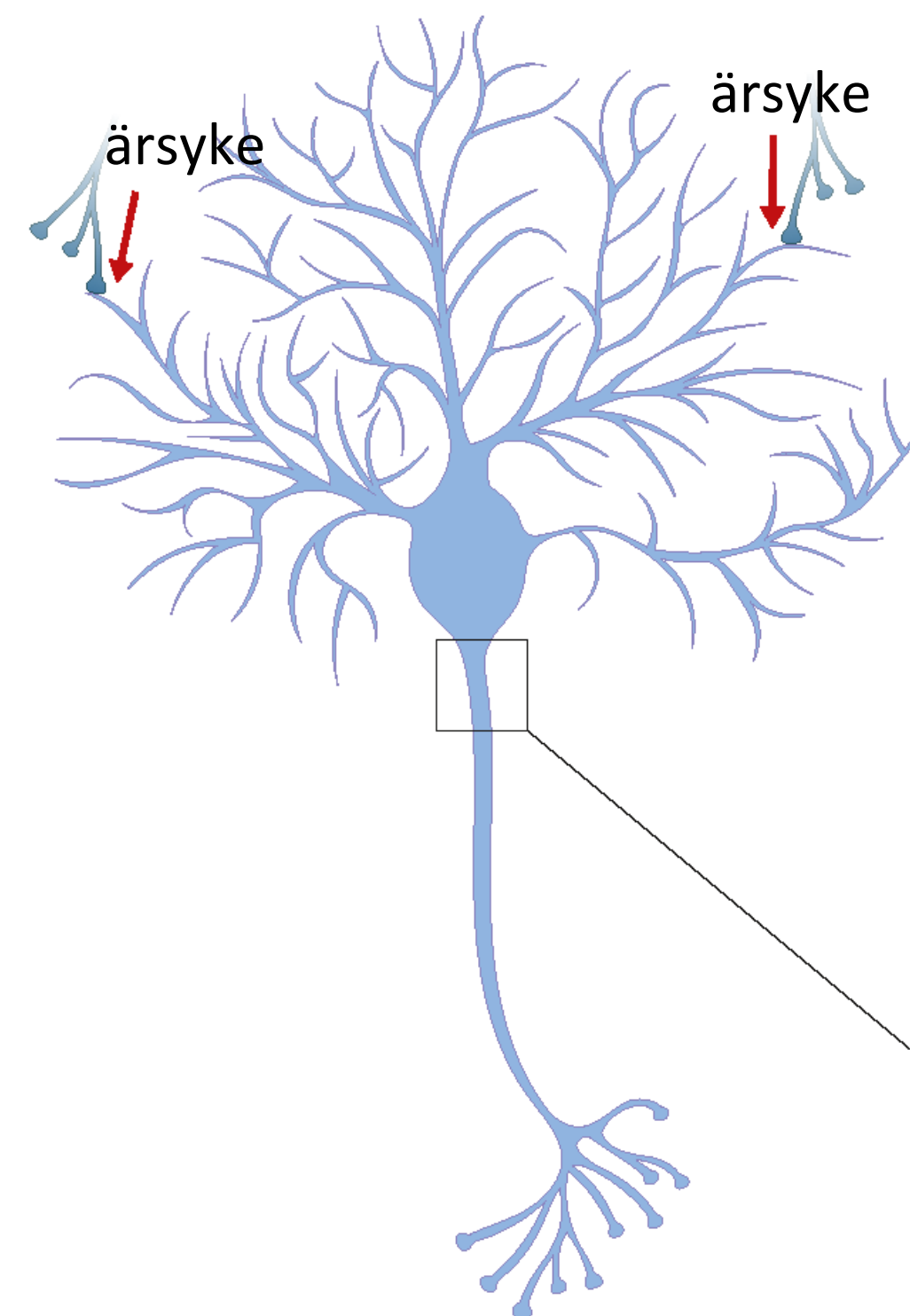
Hermoimpulssin vaiheet

1. Toimintajännitteen muodostuminen (depolarisaatio)
2. Palautuminen lepojännitteeseen (repolarisaatio)
3. Hyperpolarisaatio

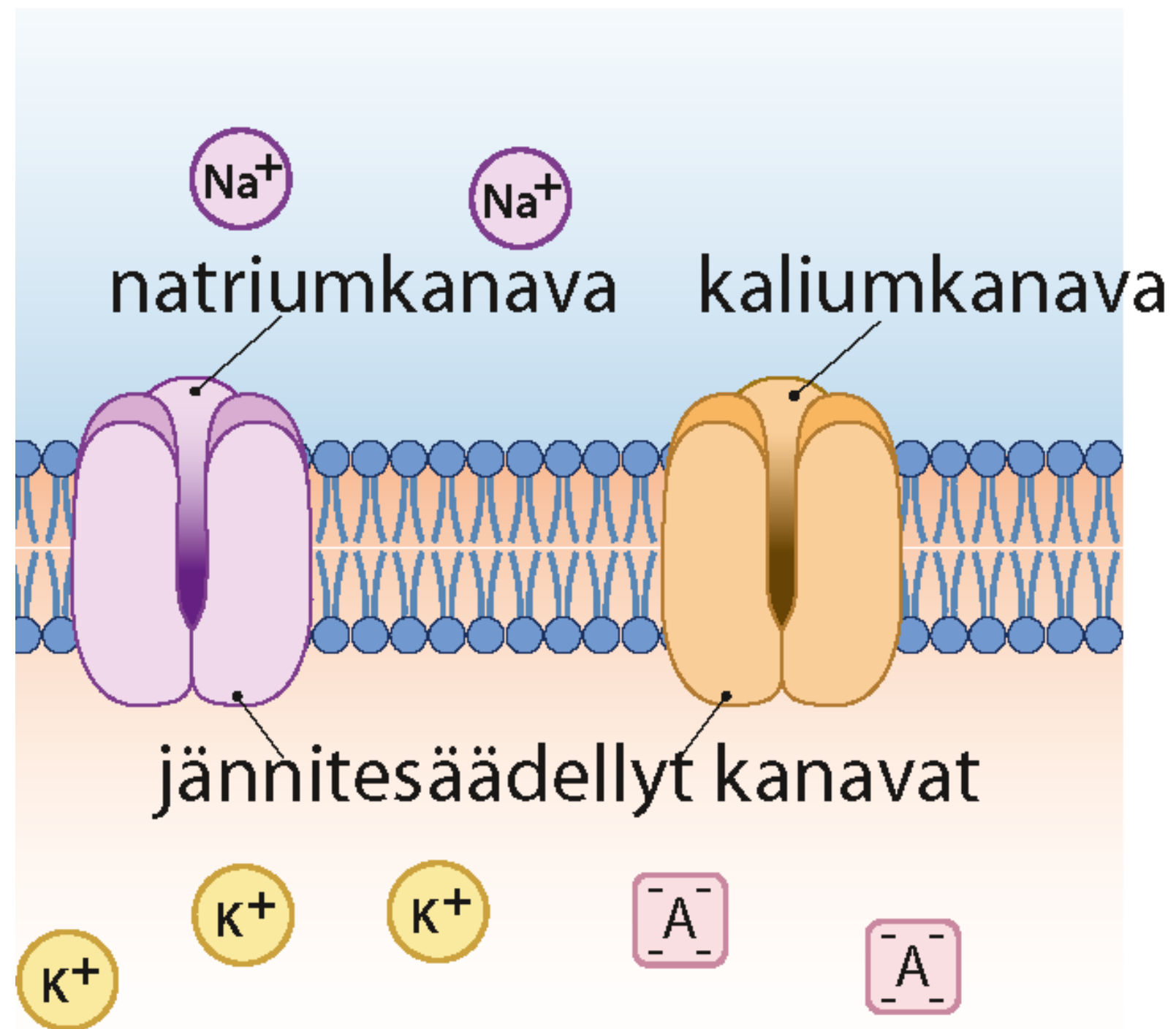


1. Toimintajännitteen muodostuminen

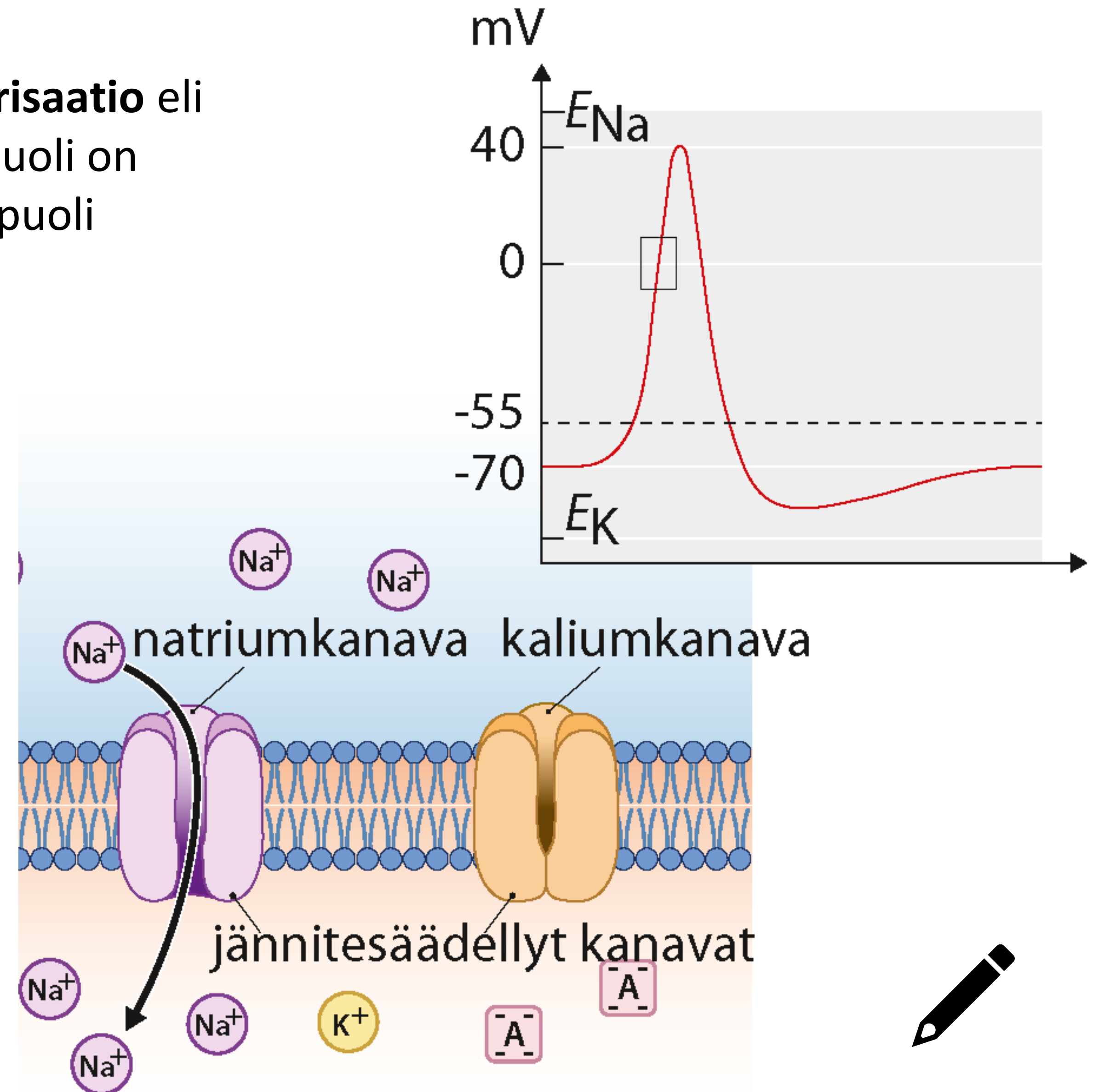
- **Hermoimpulssi muodostuu ärsykkeen seurauksena**
- Ärsyke usein toisen hermosolun erittämä välittäjäaine
- Toimintajännite muodostuu, mikäli **ärsytyskynnys (-55 mV)** ylittyy



- Toimintajännitteen aikana tapahtuu **depolarisaatio** eli napaisuuden vaihtuminen: solukalvon ulkopuoli on hetkellisesti negatiivisesti varautunut ja sisäpuoli positiivisesti varautunut



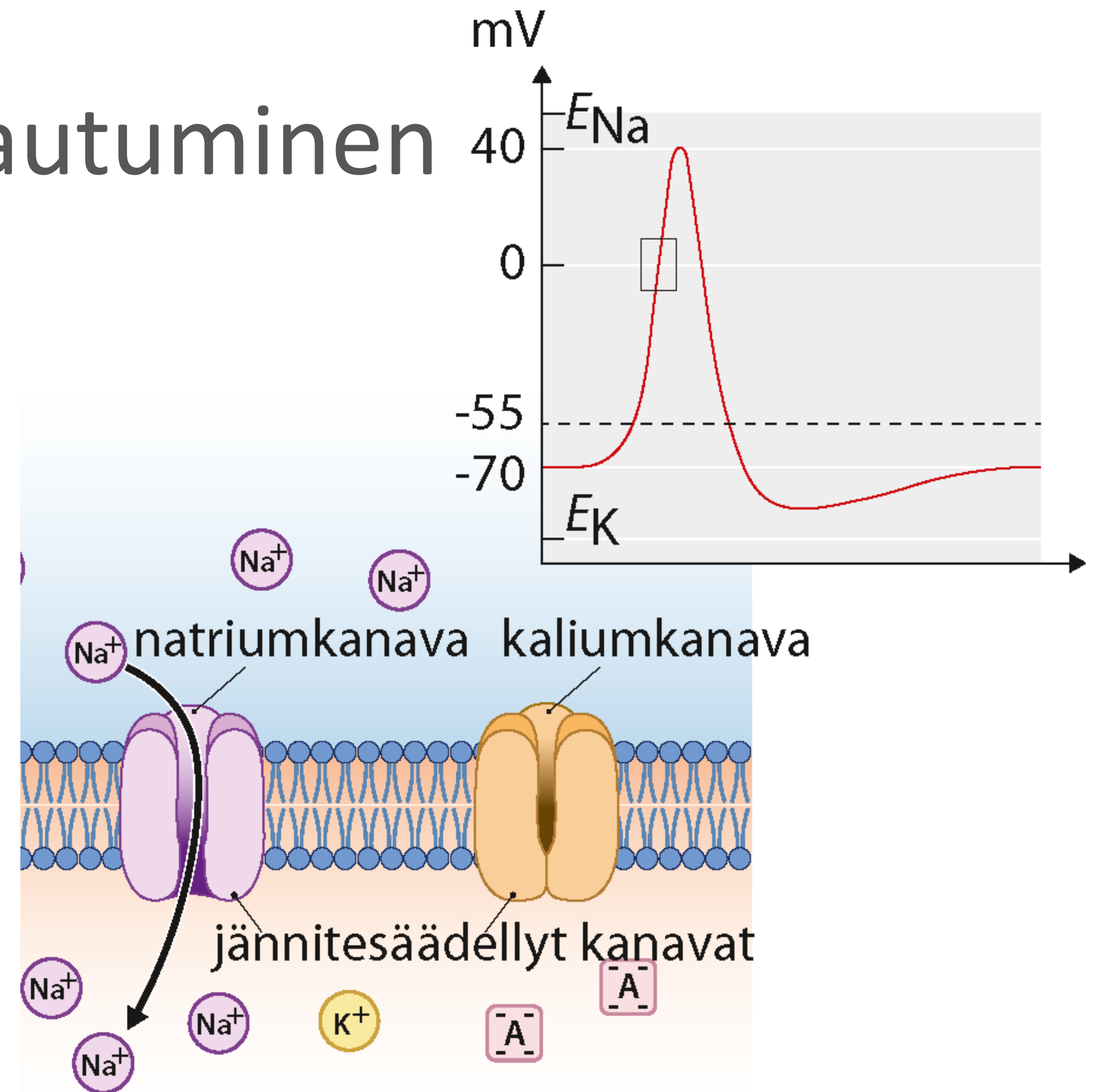
Lepojännitteen aikana jännitesäädelyt ionikanavat ovat kiinni.



Toimintajännite muodostuu, kun natriumkanavia aukeaa ja natriumia vuotaa solukalvon läpi solun sisälle.

2. Toimintajännitteestä palautuminen

- Toimintajännitteen saavuttaessa huippunsa (+ 40 mV) **natriumkanavat sulkeutuvat ja kaliumkanavat aukeavat**
- Kaliumin ulosvuoto kompensoi sisäänvuotaneen natriumin aiheuttaman jännitemuutoksen
- Napaisuus palautuu takaisin (**repolarisaatio**)

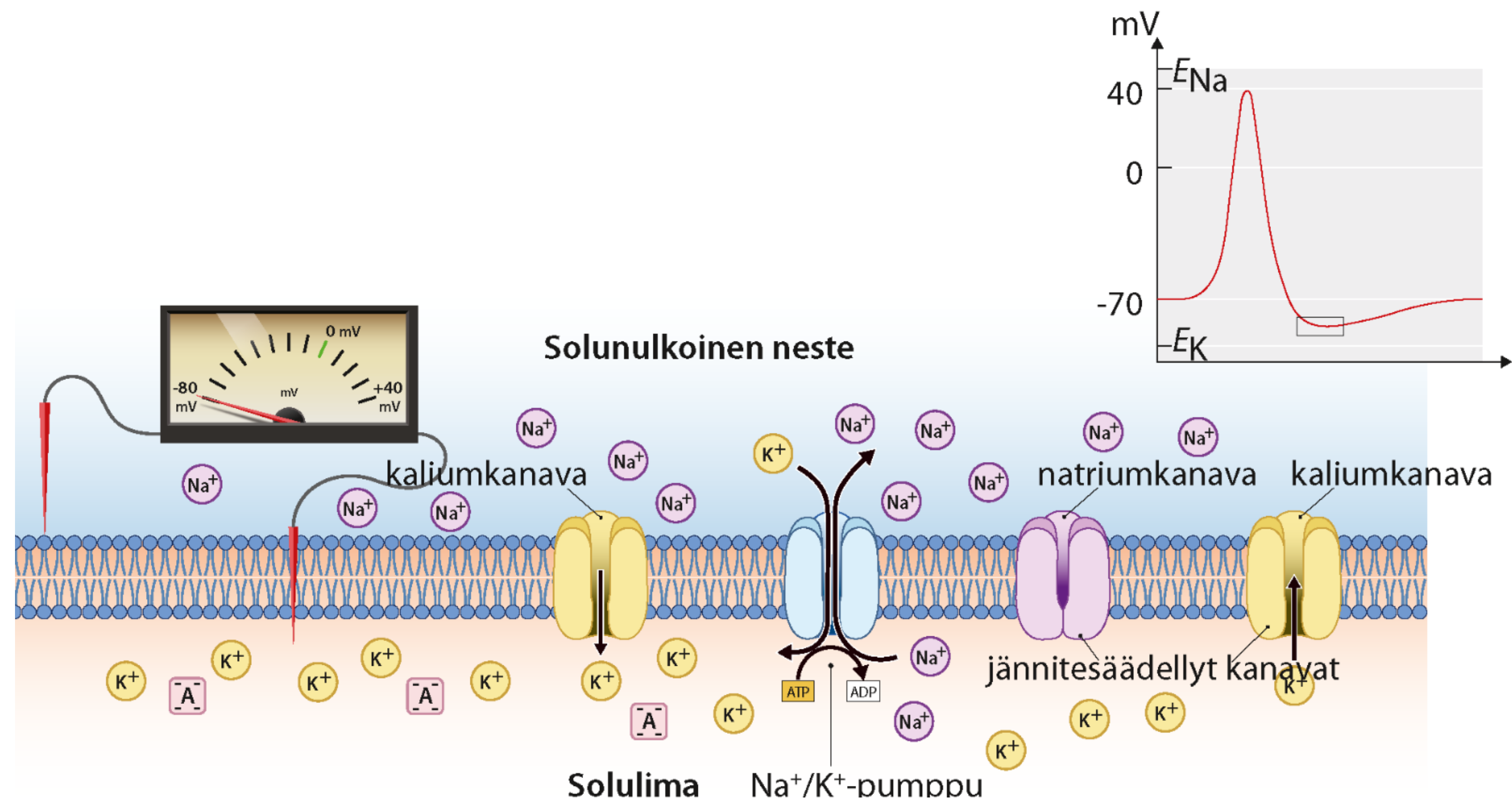


Natriumkanavat sulkeutuvat ja kaliumkanavia aukeaa, jolloin kaliumia vuotaa solukalvon läpi ulos solusta



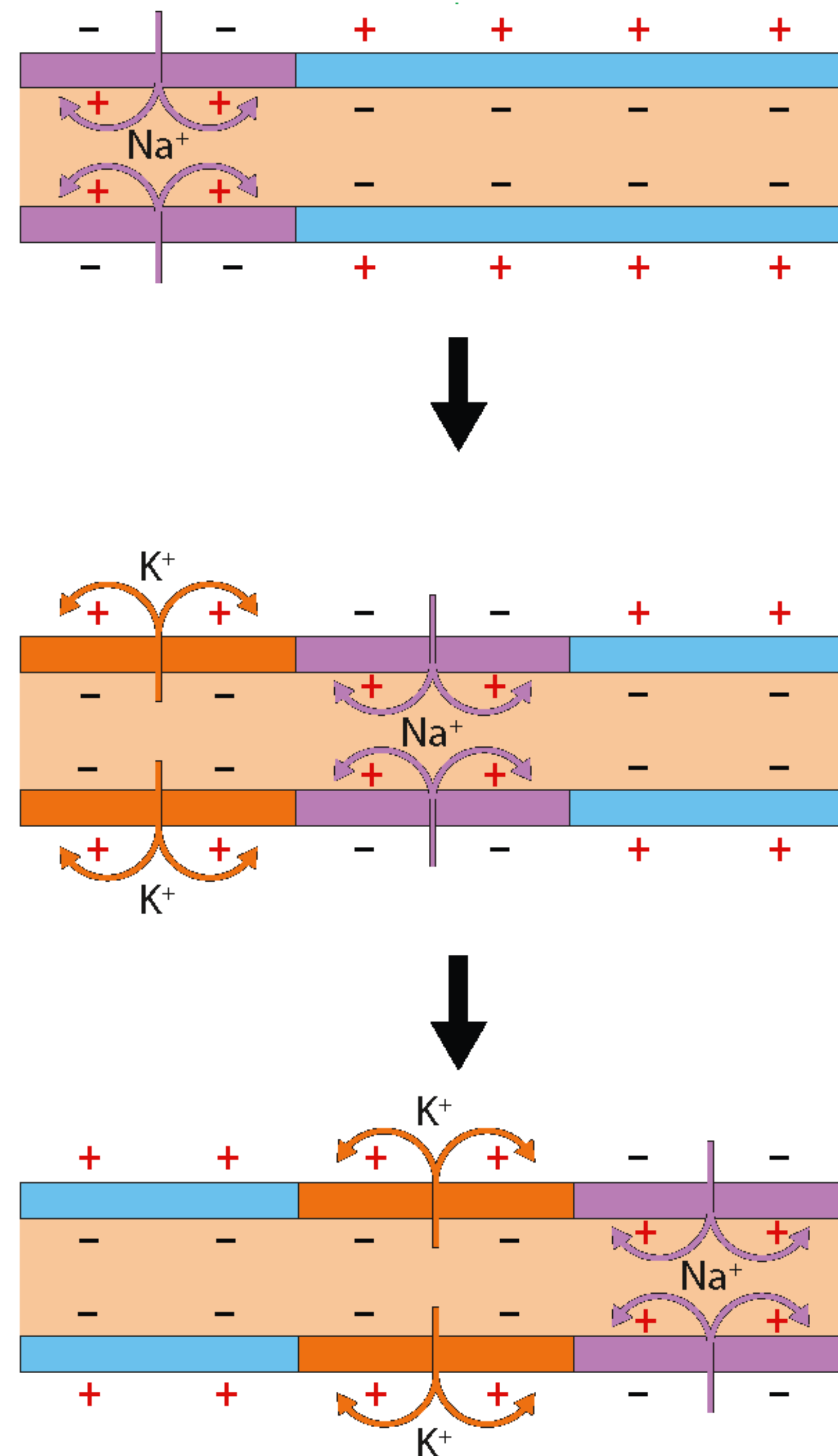
3. Hyperpolarisaatio

- Kaliumkanavat sulkeutuvat natriumkanavia hitaammin
→ Repolarisaatio ajautuu hieman lepopotentiaalia negatiivisemmaksi
- Palautuu nopeasti, kun kaliumia vuotaa avointen kaliumkanavien kautta taas soluun sisään



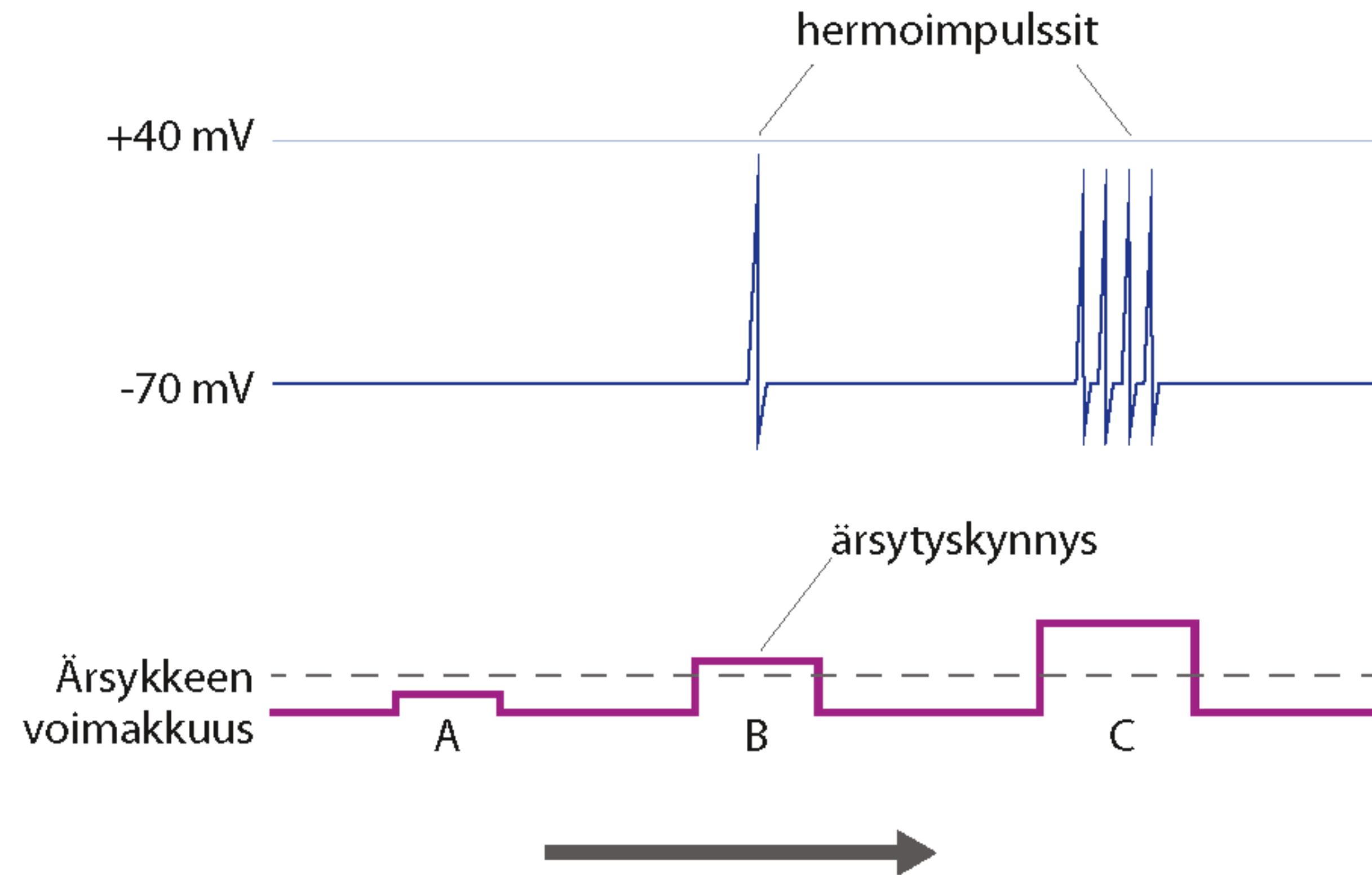
Hermoimpulssin eteneminen

- Natriumionien läpäisevyyden muutos etenee solukalvolla kuin dominoefekti
- Kaliumionien läpäisevyyden muutos seuraa puolestaan natriumin vuodon aiheuttamasta jännitemuutoksesta.
- Kaliumkanavat pysyvät auki kauemmin kuin mitä palautuminen lepojännitteeseen vaatii (hyperpolarisaatio) → hermoimpulssi ei pääse etenemään "taaksepäin"



Hermoimpulssin voimakkuus

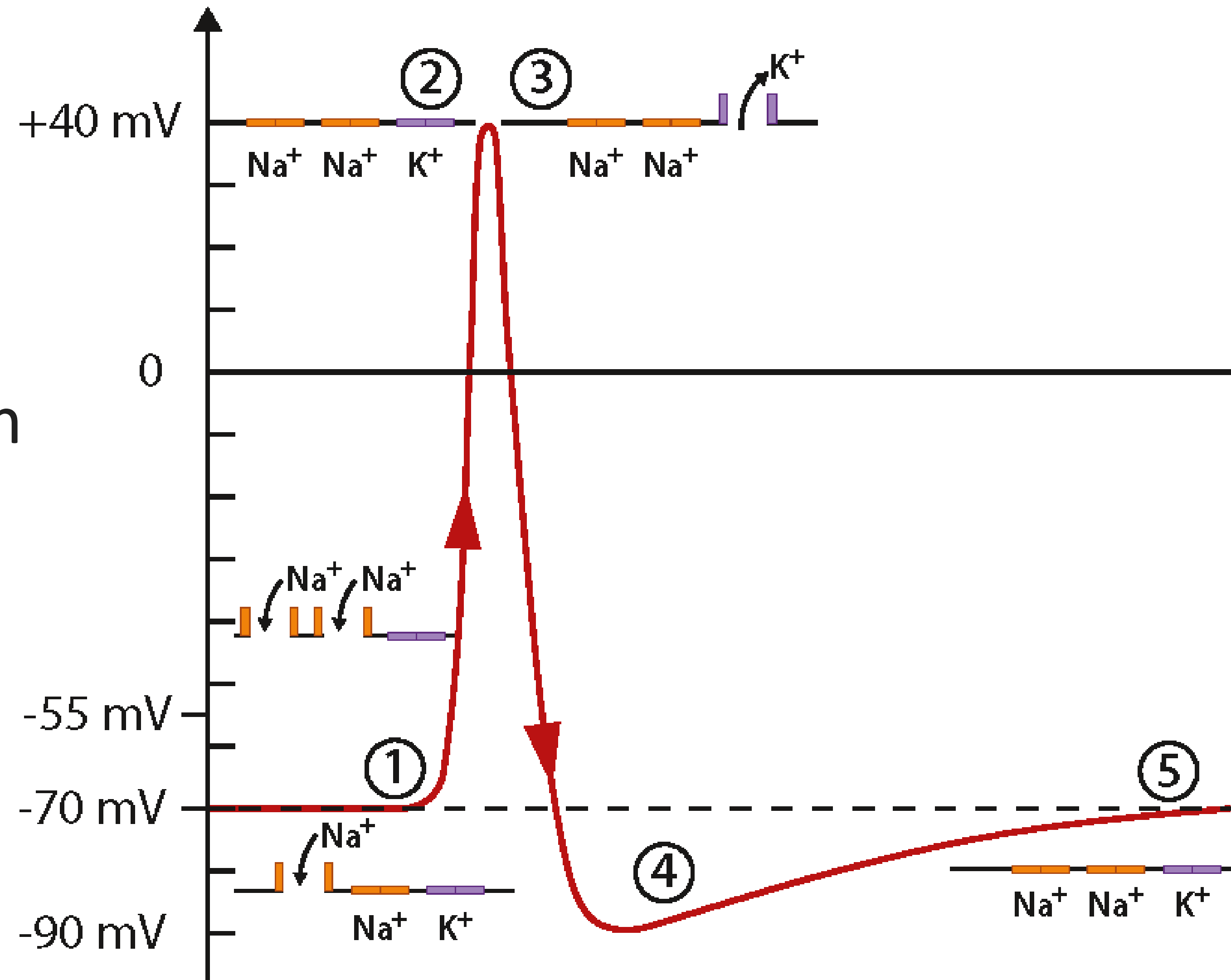
- Hermoimpulssi muodostuu solukeskuksessa **kaikki-tai-ei-mitään-periaatteella**
- Viejähaaraketta pitkin etenevän impulssin voimakkuus on aina sama
- Mitä voimakkaampi ärsyke on, sitä tiheämmin hermoimpulsseja muodostuu



TEHTÄVÄ

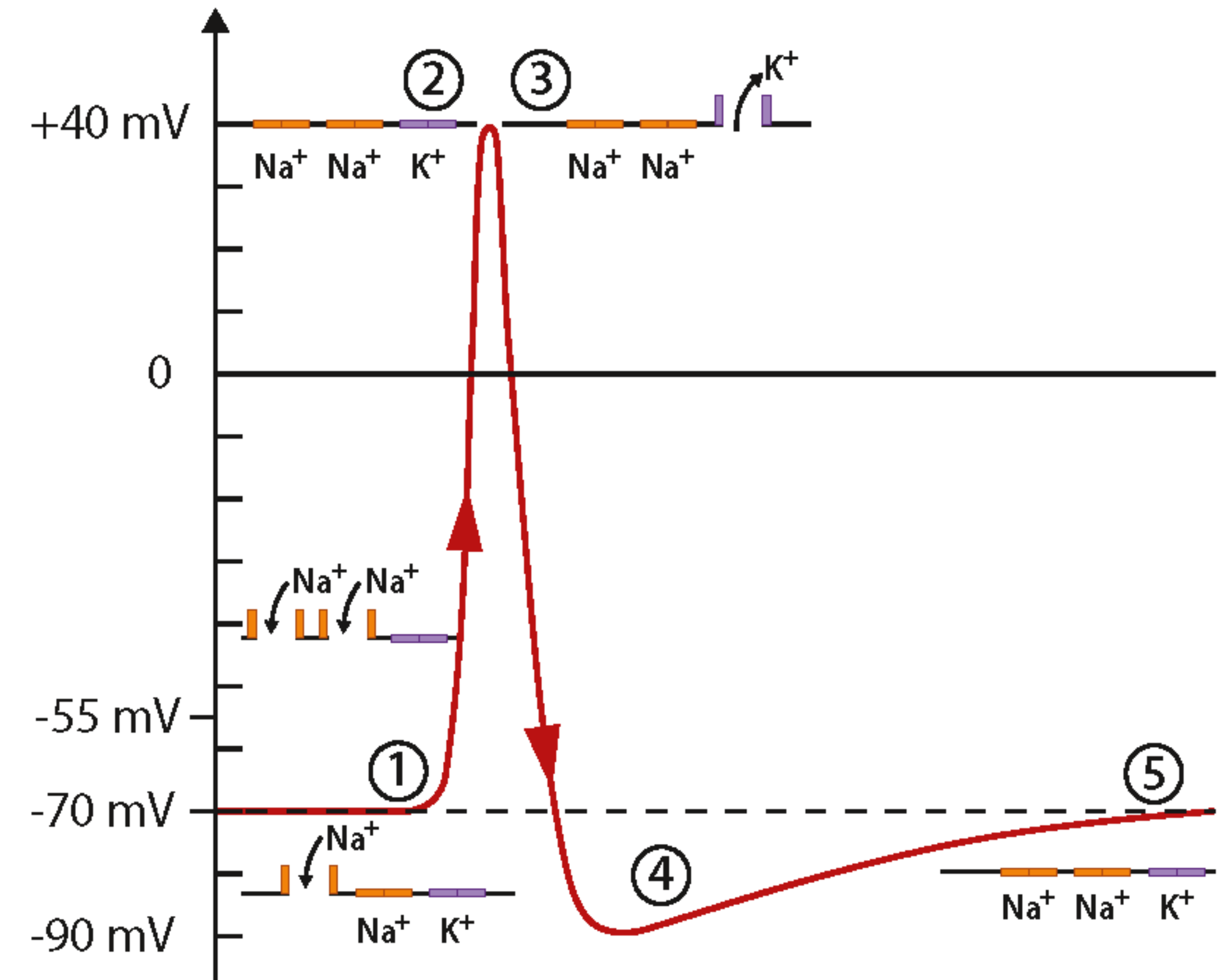
Toimintajännitteen muodostuminen.

Kertaa vielä mielessäsi/kaverin kanssa, mitä kuvan numeroiduissa kohdissa tapahtuu solukalvolla ja miksi niin tapahtuu.



Vastaus

1. **Ärsyke** (esim. hermovälittäjäaine) saa aikaan kalvojännitteen muutoksen. Kun asteittainen kalvojännitteen muutos ylittää ärsykekyynnyksen (-55 mV) viejähaarakkeen tyvellä solukalvon kaikki **jännitesäädellyt natriumkanavat aukeavat**. Natriumioneja virtaa natriumin konsentraatiogradientin mukaisesti solun sisään ja **kalvojännite muuttuu positiiviseksi**. Tämä kalvojännitteen muutos saa myös lähellä olevat viejähaarakkeen solukalvon jännitesäädellyt natriumkanavat aukeamaan.
2. Kun kalvojännite saavuttaa $+40\text{ mV}$:n rajan, **jännitesäädellyt natriumkanavat sulkeutuvat** ja kalvojännite ei enää nouse positiivisemmaksi.
3. Kalvojännitteen muutos yli $+40\text{ mV}$:n saa myös jännitesäädellyt **kaliumkanavat aukeamaan**. Kaliumin vuotaessa ulos solusta kalvojännite muuttuu jälleen negatiivisemmaksi kun solukalvon sisäpuolen positiivisten varausten määrä pienenee.
4. **Kaliumkanavat ovat edelleen auki** ja kalvopotentiaali muuttuu yhä negatiivisemmaksi.
5. Jännitesäädellyt kaliumkanavat pysyvät auki vielä hetken, vaikka lepopotentiaali (-70 mV) on saavutettu ja siksi **kalvopotentiaali laskee jopa -90 mV :iin** ennen kuin jännitesäädellyt kaliumkanavat sulkeutuvat. Tämä solukalvon hyperpolarisaatio estää uuden toimintajännitteen muodostumista kunnes lepojännite on taas saavutettu. **Lepojännite saavutetaan nopeasti** aina avointen kaliumkanavien (kaliumvuotokanavien) ja Na-K-pumpun avulla.

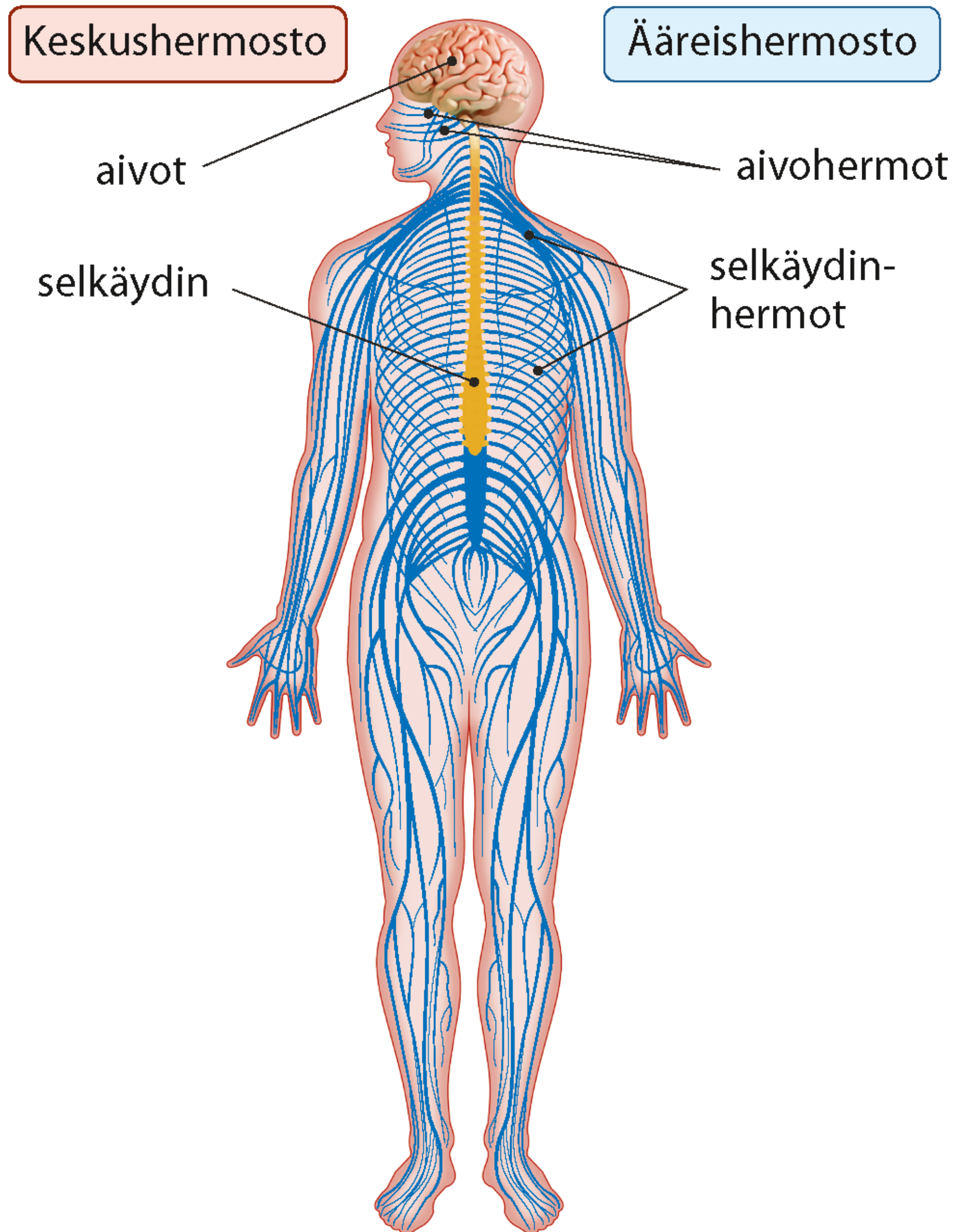


II Hermoston toiminnallinen jako

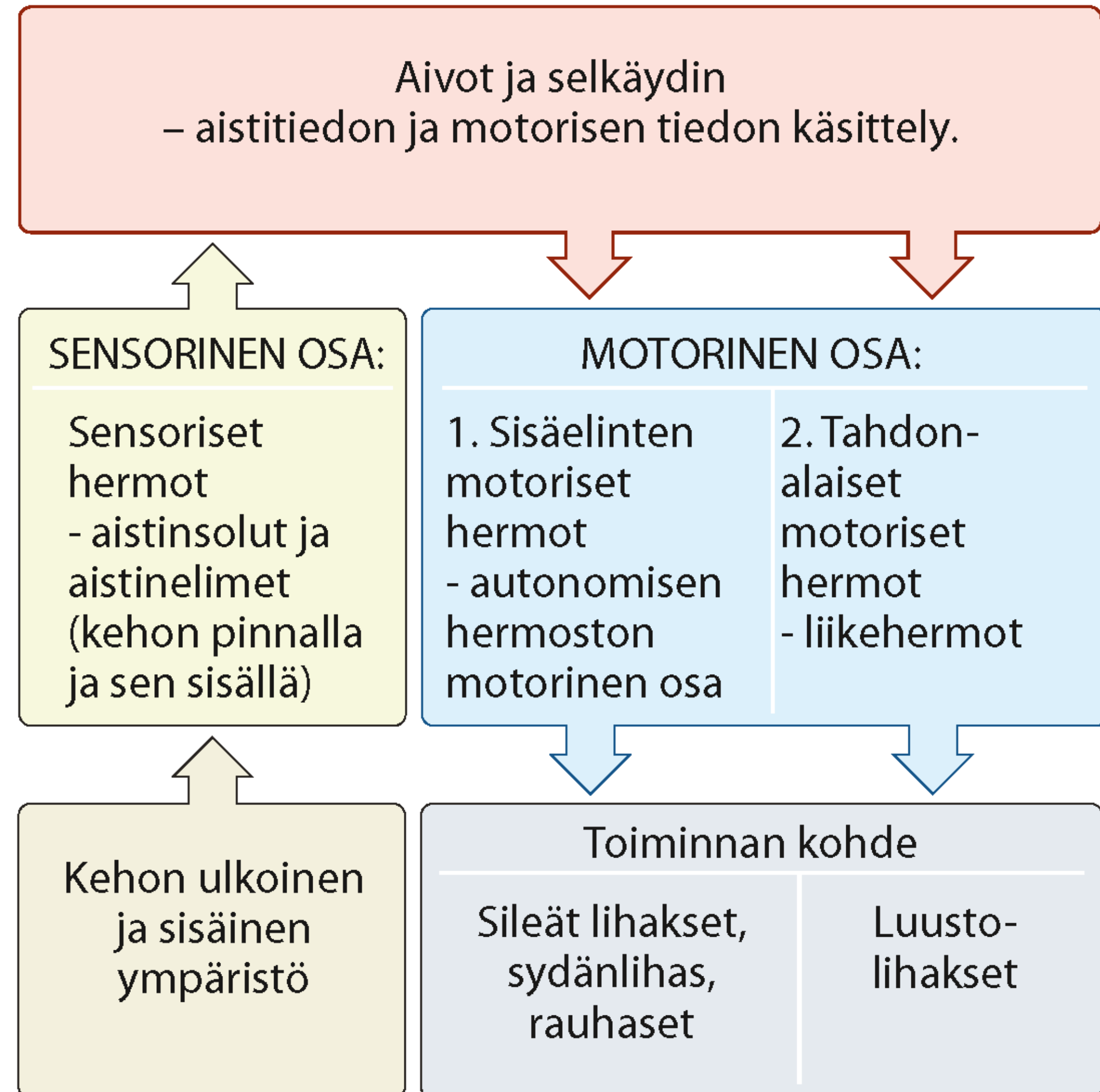




Hermoston anatominen jako



Hermoston toiminnallinen jako



Tehtävä

Selvitä, mitä tarkoittavat käsiteparit:

-sensorinen hermo – motorinen hermo

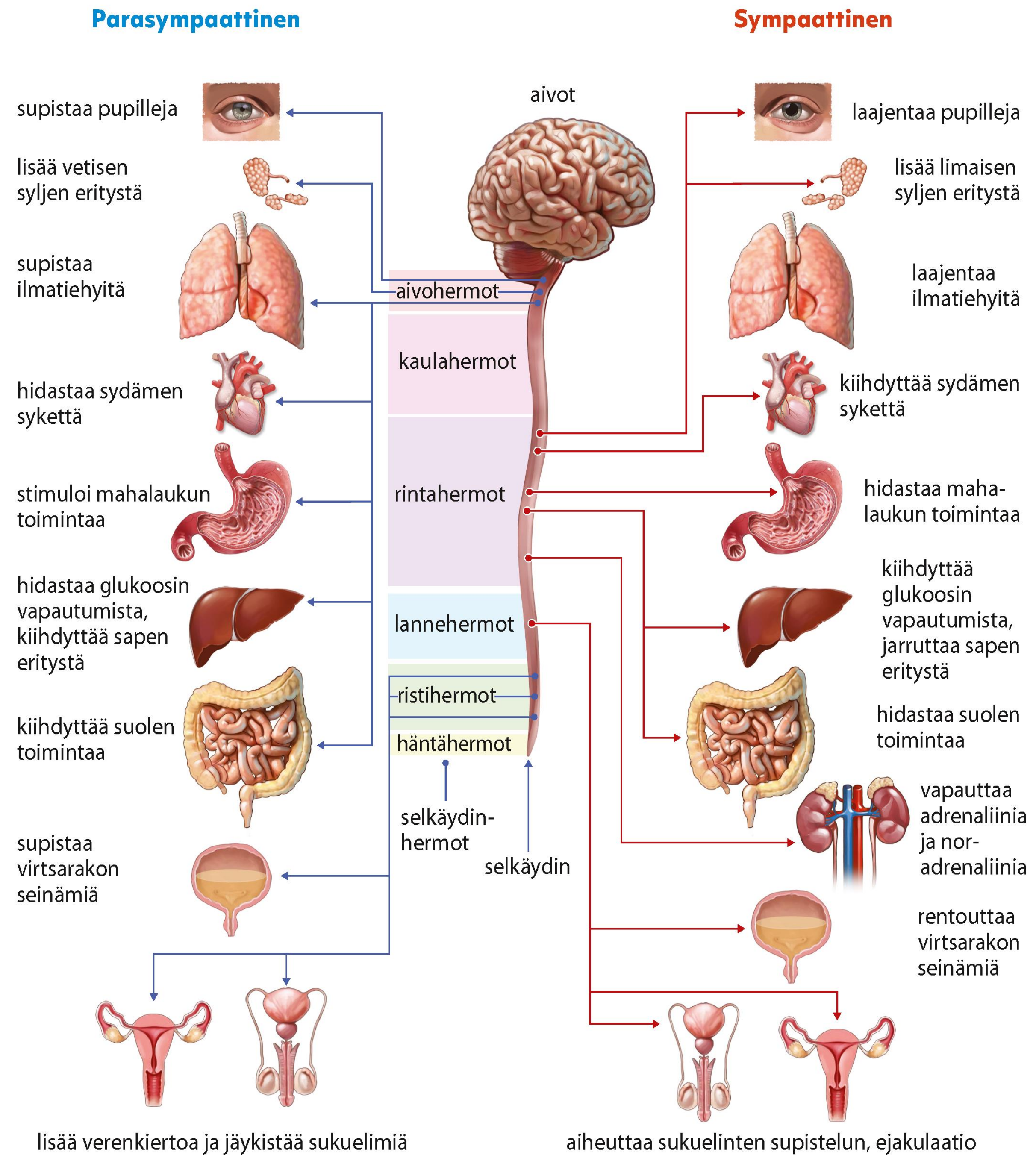
-somaattinen hermo – autonominen hermo

-sympaattinen hermo – parasympaattinen hermo

Ääreishermosto

- **Sensoriset hermot** = aistivat hermot
- **Motoriset hermot** = lihaksia ohjaavat hermot
 - Tahdonalaiset motoriset hermot = liikehermot
 - Sisäelinten motoriset hermot (autonomisen hermoston motorinen osa)
- **Somaattiset hermot:** tahdonalaisten liikkeiden säätely
- **Autonomiset hermot:** sisäelinten toimintojen säätely
 - **Sympaattiset hermot** auttavat ottamaan kehon energiavarastoja käyttöön
 - **Parasympaattiset hermot** auttavat varastoimaan ja säästämään energiaa

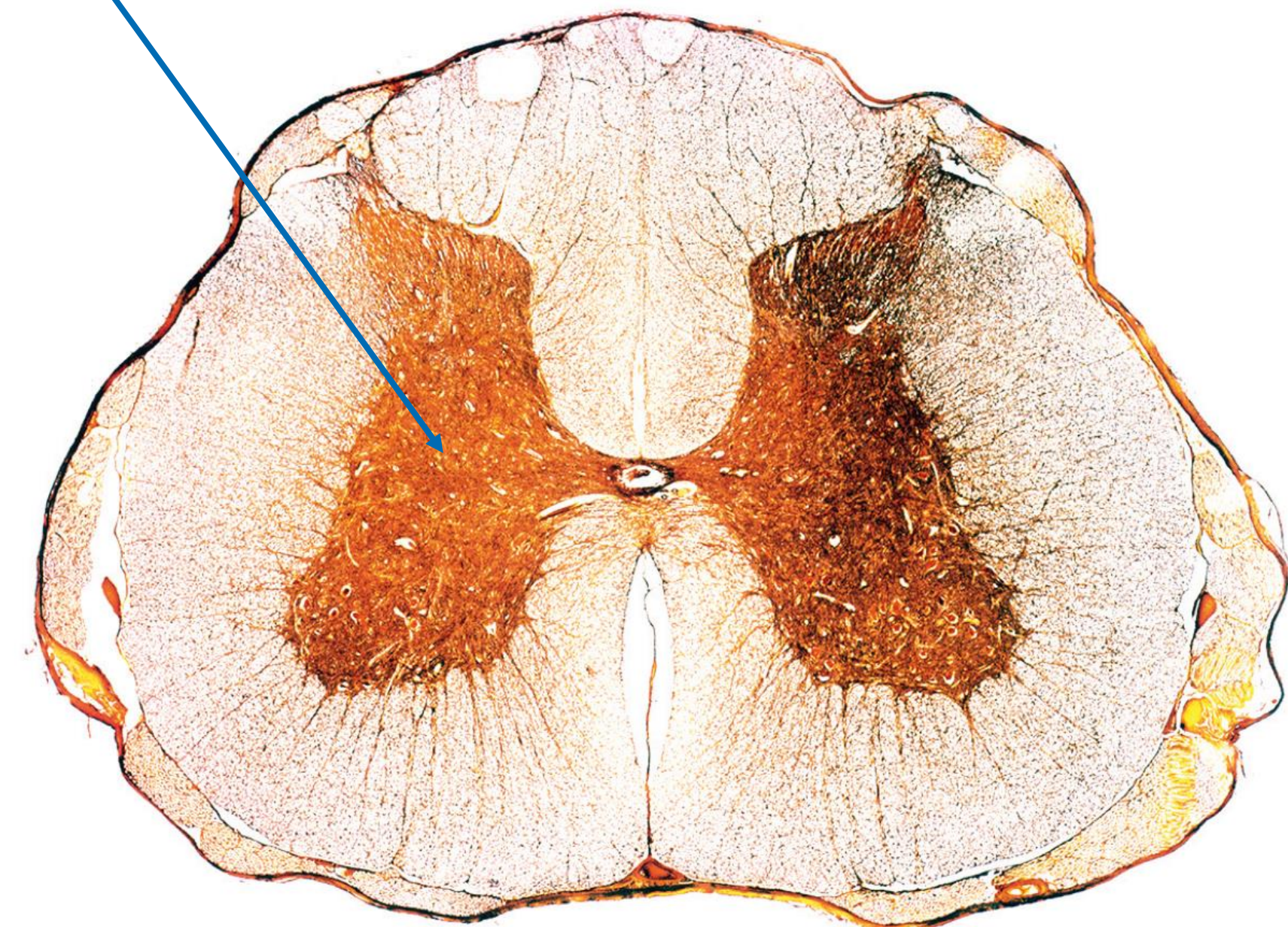
Autonominen hermosto



Keskushermosto

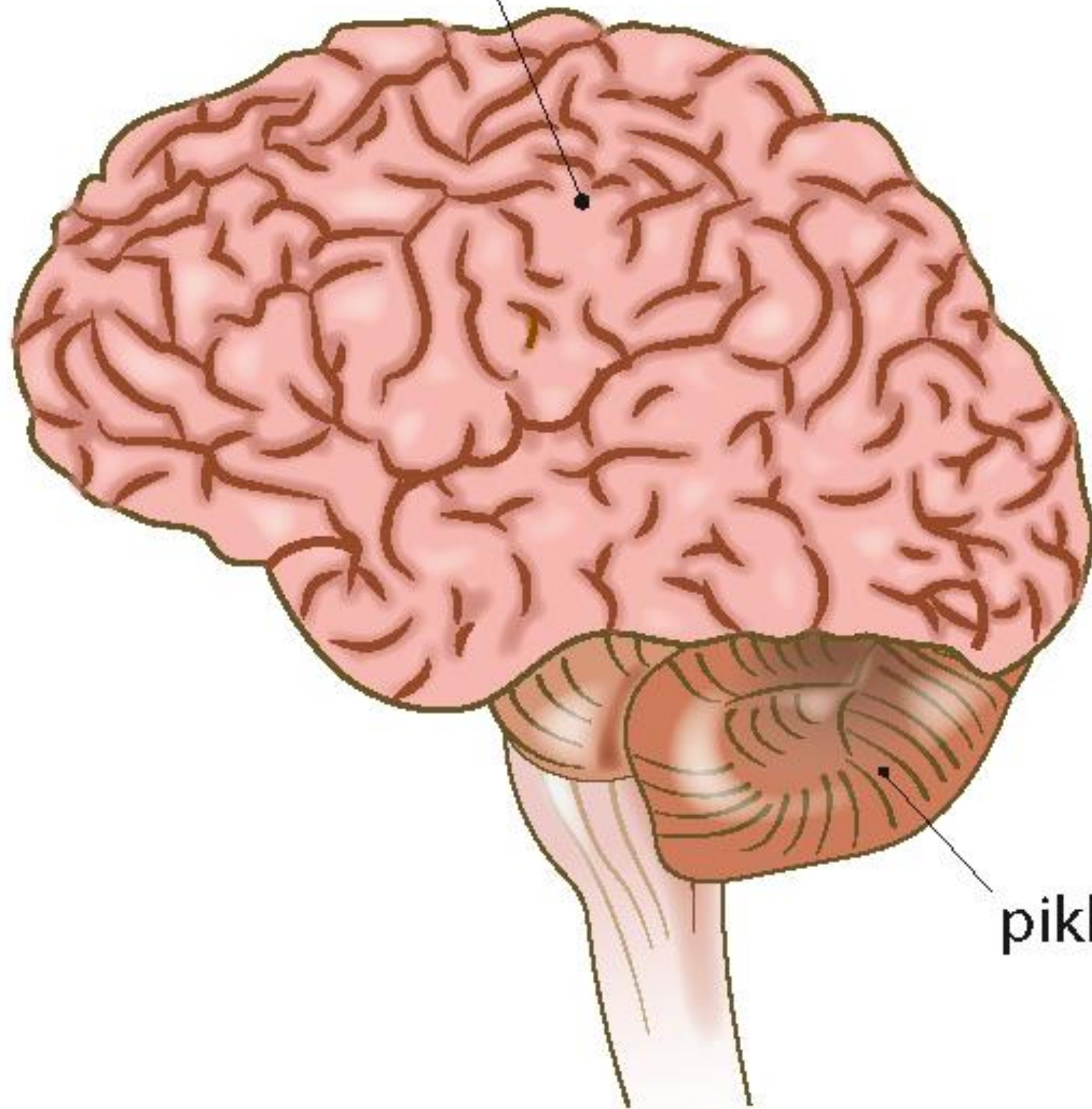
- Koostuu harmaasta ja valkeasta aineesta
- harmaa aine on myelinisoitumattomia hermosolujen osia
 - tuojahaarakkeita
 - solukeskuksia
- valkea aine on myelinisoitunutta
 - viejähaarakkeita

harmaa
aine



Aivot = isoaivot, pikkuaivot ja aivorunko

isoaivot



pikkuaivot

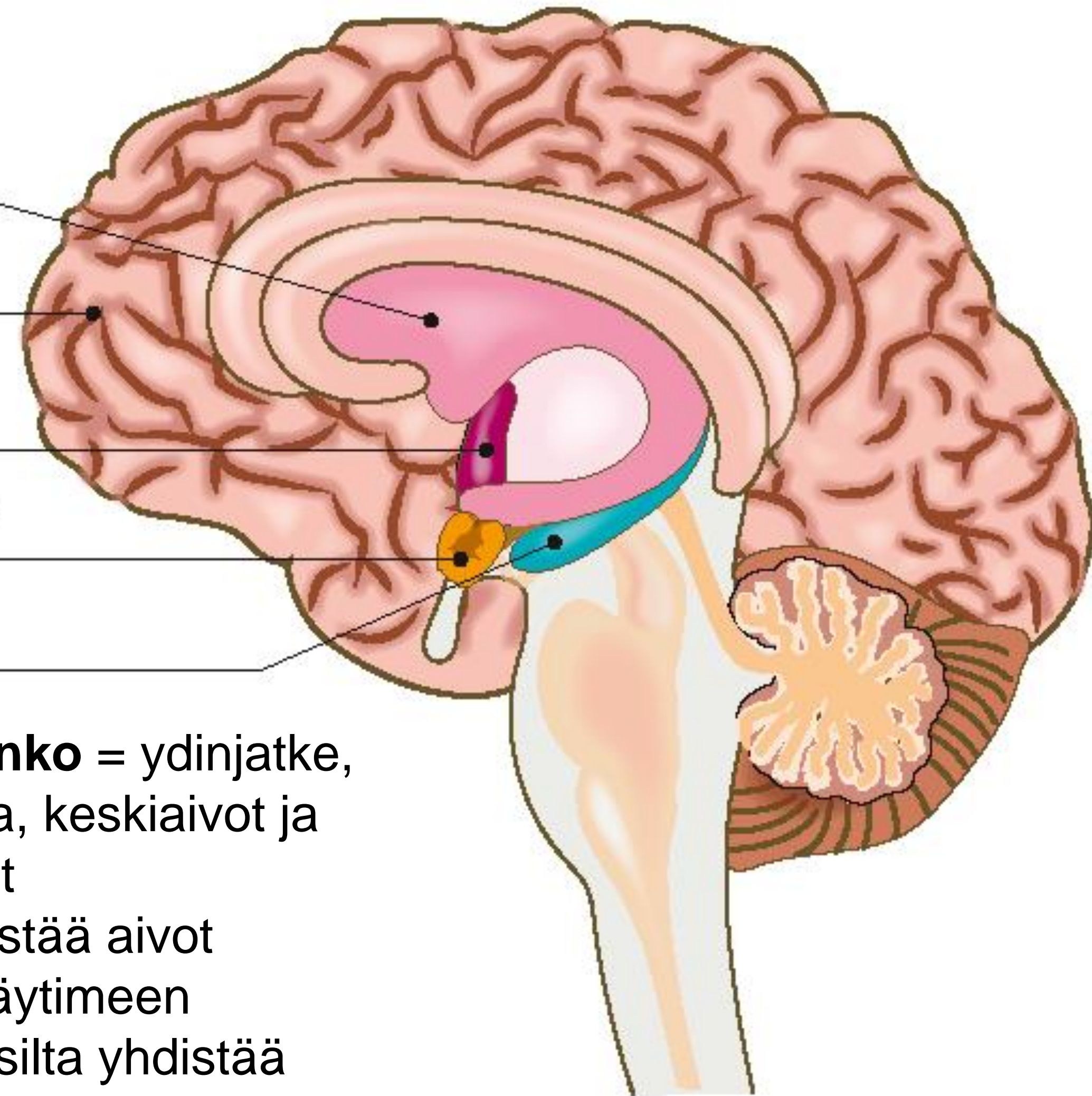
tyvitumake

aivokuori

hypotalamus

manteliumake

hippokampus



Aivorunko = ydinjatke,
aivosilta, keskiaivot ja
väliaivot

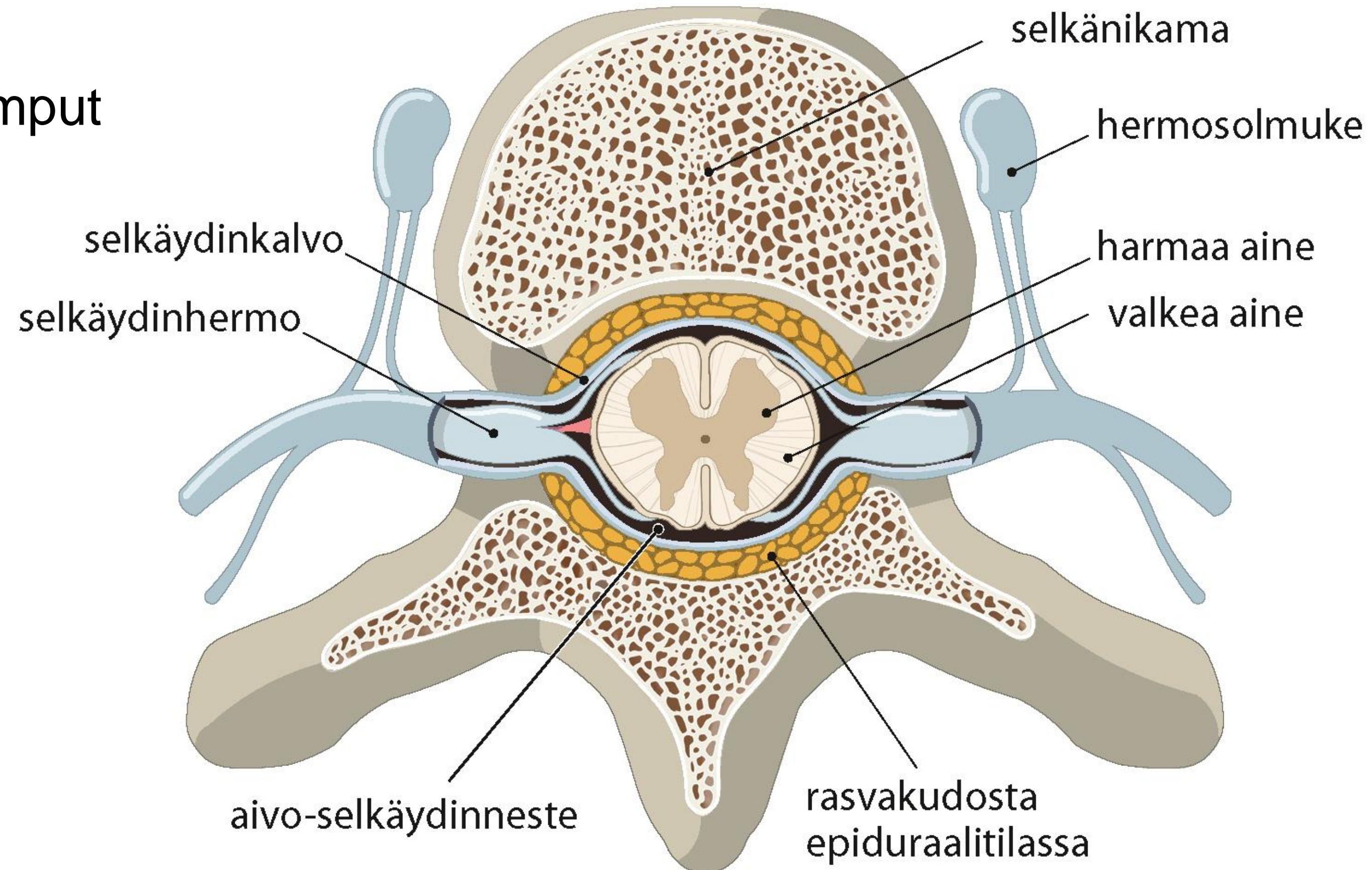
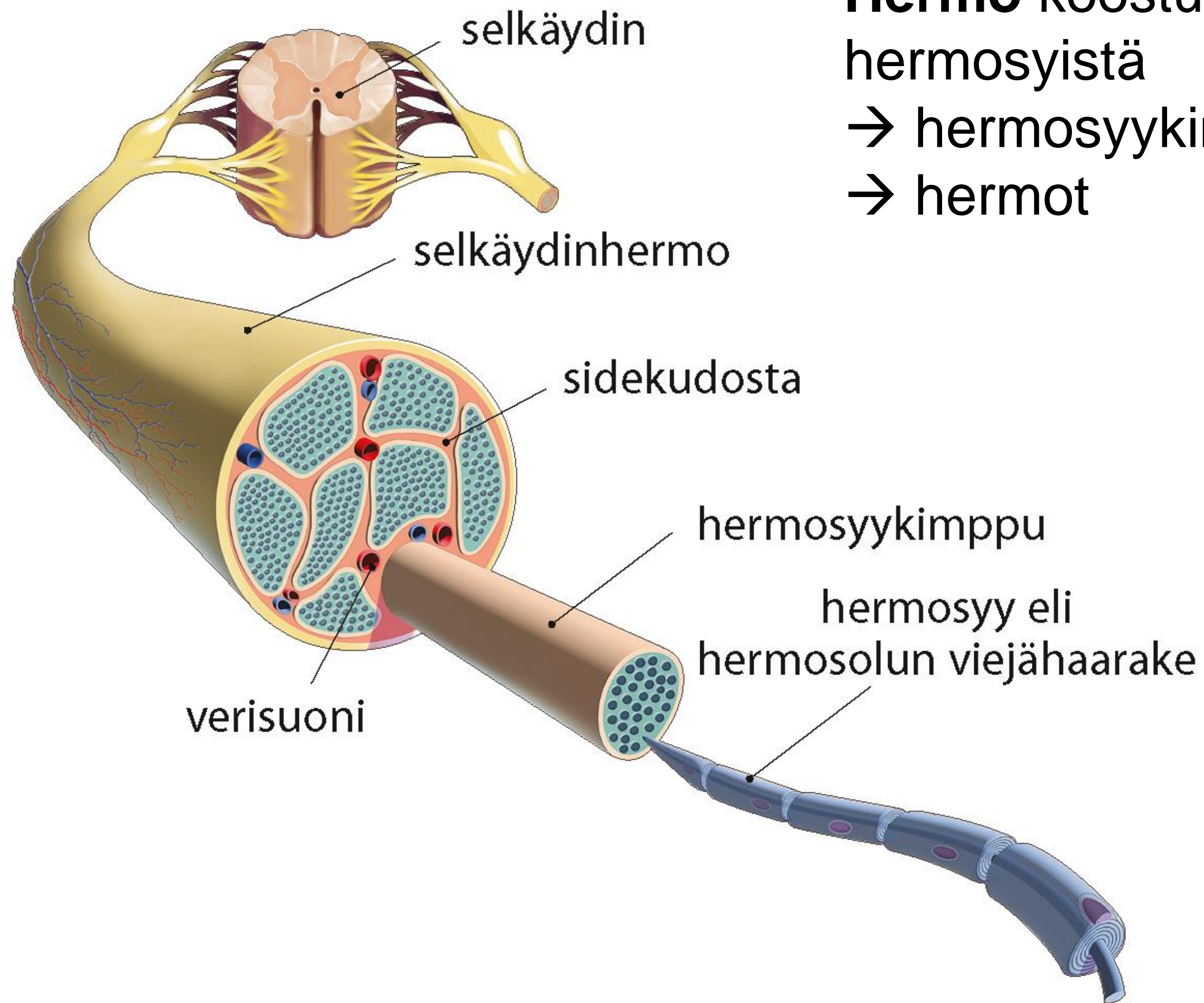
- Yhdistää aivot selkäyttimeen
- Aivosilta yhdistää pikkuaivot iso- ja keskiaivoihin

Hermot ja selkäydin

Selkäydin on selkäydinkanavassa sijaitseva keskushermoston osa

- Jokaisen selkärangan nikaman kohdalta lähtee kaksi selkäydinhermoa
- Refleksit

Hermo koostuu hermosyistä
→ hermosyykimput
→ hermot



Kotona

Lue kpl 2. Vastaa seuraaviin kysymyksiin (vanhoja yo-tehtäviä):

- a) Määrittele keskushermosto ja ääreishermosto.**
- b) Mikä on myeliinituppi, ja mikä sen merkitys on hermoston toiminnassa?**
- c) Kuvaa ihmisen isoaivojen perusrakenne ja keskeiset toiminnot.**